وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان

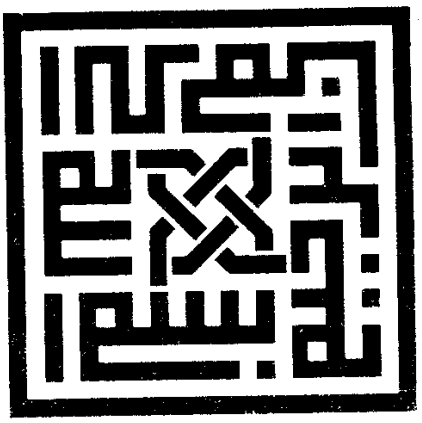
راهنمای جوش
و
اتصالات جوشی

در ساختمانهای فولادی



دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان

راهنمای جوش و اتصالات جوشی

تهیه از:
شاپور طاحونی
(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

راهنمای جوشی و اتصالات جوش/ تهیه از شاپور طاحونی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.— تهران: مدیریت، ۱۳۷۹.
دوازده، ٤٥٤ ص.: مصور، جدول، نمودار.
ISBN 964-6561-10-1: ۲۲۰۰۰ ریال
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
۱.سازه‌های فولادی جوش شده. ۲.جوشکاری. ۳.اتصالهای جوش شده. الف.ایران. وزارت مسکن و شهرسازی. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی. ب.عنوا.

TA۶۸٤/ط۲ر۱۶ ۶۲٤/۱۸۲

کتابخانه‌ملی‌ایران ۲۹۵٤-۷۹م

راهنمای جوش و اتصالات جوشی

• **تهیه کننده** : دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
• **ناشر** : انتشارات مدیریت
• **نوبت چاپ** : اول
• **تاریخ چاپ** : ۱۳۷۹
• **شمارگان** : ۵۰۰۰ جلد
• **چاپ و صحافی**: چاپخانه دانشگاه الزهرا

حق چاپ برای تهیه کننده محفوظ است

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

پیشگفتار

سازهٔ فولادی مجموعه‌ای از اعضای باربر، ساخته شده از ورق و یا نیمرخ‌های فولادی می‌باشد که به‌کمک اتصالات به‌یکدیگر متصل شده و اسکلت ساختمان را به‌وجود می‌آورند.

نیمرخ‌های فولادی تولیدات کارخانه‌ای هستند که با توجه به‌روش‌های تکامل‌یافته برای تولید آنها، غالباً رفتاری در حد انتظار از خود نشان می‌دهند.

موضوعی که همیشه بحث‌برانگیز بوده و موجب نگرانی طراحان و سازندگان سازه‌های فولادی است، چگونگی رفتار اتصالاتی است که؛ (الف) برای ساخت اعضای مرکب از نیمرخ و ورق، و (ب) برای یکپارچه نمودن اعضا (شامل تیر، ستون و مهاربندها) در محل گره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

وسایل اتصالی که برای ساخت اعضا و اتصال آنها به‌یکدیگر به‌کار می‌رود شامل پرچ، پیچ و جوش است. در این میان استفاده از جوش در ساختمانسازی متعارف در ایران بسیار رایج است. در سطح جهانی، قدمت استفاده از جوش در ساخت اسکلت فولادی شاید به ۱۰۰ سال برسد. در کشور ما نیز شاید بتوان قدمتی ۵۰ ساله برای استفاده از جوشکاری در ساختمان تصور نمود. طی این سالیان نسبتاً طولانی، مسلماً پیشرفت‌های قابل توجهی در شناخت جوش و توسعهٔ فن‌آوری مربوطه صورت گرفته است. اما هنوز هم بدگمانی‌هایی درخصوص رفتار اتصالات جوشی در ذهن مهندسین وجود دارد. صدمات به‌وجود آمده در اتصالات جوشی ساختمان‌های بلندمرتبه تحت اثر زلزله، عاملی برای افزایش این بدگمانی‌هاست.

با وجود تمام این معضلات، هنوز نمی‌توان جانشینی برای اتصالات جوشی متصور بود. عقیدهٔ اهل فن بر این است که اگر استانداردهای مربوطه در طراحی و اجرای اتصالات جوشی به‌کار گرفته شود، با توجه به‌خواص متالورژیک و مکانیکی ناحیهٔ جوش شده، نباید اشکال خاصی در رفتار اتصال جوشی به‌وجود بیاید. گواه خوب این ادعا استفادهٔ موفق از جوش در صنایع کشتی‌سازی، اتومبیل‌سازی، ظروف تحت فشار، خطوط انتقال گاز و صنایع نظیر می‌باشد که در آنها اتصالات جوشی به‌طور موفقیت‌آمیزی ایفای نقش نموده‌اند. با توجه به‌این موضوع می‌توان

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

نتیجه‌گیری نمود که عامل اساسی بروز مشکلات در جوشکاری‌های ساختمانی، عدم رعایت اص
اساسی درحین اجراست. متأسفانه این معضل در ساختمانسازی کشور ما بسیار حادتر است. با وجود سابقهٔ نسبتاً طولانی در استفاده از جوشکاری در صنعت ساختمان در ایران و وجود کارخانه‌های تولیدکنندهٔ تجهیزات و لوازم جوشکاری از قبیل دستگاه‌های جوش، الکترود و غیره، از لحاظ سطح آموزش پرسنل جوشکاری و به‌کارگرفتن آیین‌نامه‌های تعیین صلاحیت جوشکاران و تأیید کیفیت درزهای جوش، بسیار فقیر هستیم.

اگر از تعدادی پروژه‌های عمرانی خاص صرفنظر نماییم، غالباً اکثر پرسنل جوشکاری شاغل در بخش ساختمان، آموزش خاصی ندیده و فاقد تبحر لازم هستند و معضل مهمتر اینکه هیچ کنترلی بر روی کیفیت اجرای جوش وجود ندارد.

با توجه به‌قوانین جاری، در سطح ساختمانسازی مسکونی، تنها فرد مسئول در قبال کیفیت ساختمان و رعایت موارد آیین‌نامه‌ای، مهندس ناظر می‌باشد که با توجه به‌برنامهٔ آموزشی دوره‌های مهندسی، اغلب مهندسین نیز از قواعد و آیین‌نامه‌های اجرایی مربوط به‌جوشکاری کم‌اطلاع و شاید بی‌اطلاع هستند.

با توجه حساسیت امر، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان از چند سال قبل اقداماتی به منظور افزایش آگاهی های مهندسین ناظر در این زمینه برنامه ریزی نمود. این اقدامات شامل تشکیل کلاس های آموزشی، و تدوین مبحث ویژه ای در مورد اجرای سازه های فولادی می شد. مجموعهٔ حاضر نیز بخشی از این اقدامات است که هدف اصلی آن آشنایی مهندسین ناظر با دستگاه ها و اصول اجرایی جوشکاری است. این مجموعه شامل ۱۲ فصل است که به استثنای فصول ۱۰ و ۱۱ که در برگیرندهٔ اصول طراحی اتصالات جوشی است، باقی فصول در ارتباط مستقیم با مسائل اجرایی، نظارت و کنترل کیفیت جوش می باشند.

این دفتر با اذعان به این که هیچ کاری بویژه کاری که برای نخستین بار به انجام می رسد خالی از نقص نیست صرفاً از این نظر که می توان این مجموعه را با برخورداری از نظریات استفاده کنندگان کامل کرد به انتشار آن مبادرت می ورزد و از کلیه صاحبنظران، استادان و خوانندگان محترم تقاضا دارد هر گونه پیشنهاد خود را به این دفتر ارسال نمایند.

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فهرست مطالب

فصل ۱ معرفی جوشکاری ساختمانی ..... (۱۱ تا ۱)

۱ ـ ۱ جوشکاری با قوس الکتریکی ۱

۱ ـ ۲ انواع اتصالات جوشی ۲

۱ ـ ۳ انواع جوش ۳

۱ ـ ۴ جوش گوشه ۳

۱ ـ ۵ انواع جوش شیاری ۵

۱ ـ ۶ علائم جوشکاری ۵

فصل ۲ وسایل و تجهیزات جوشکاری قوس الکتریک ..... (۴۵ تا ۱۳)

۲ ـ ۱ معرفی ۱۳

۲ ـ ۲ قابلیت‌های جوشکاری قوس الکتریک ۱۴

۲ ـ ۳ اصول کلی ۱۴

۲ ـ ۴ منابع انرژی جوشکاری ۱۵

۲ ـ ۵ انواع شیب خروجی ۱۶

۲ ـ ۶ انواع منبع انرژی ۱۸

۲ ـ ۷ خصوصیات جریان ثابت ۱۹

www.niazit-ceiling.com

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۲ ـ ۸ ماشین‌های مورد استفاده در جوشکاری دستی با الکترود روکش‌دار ۲۱
۲ ـ ۹ کابل و وسایل اتصال ۳۲
۲ ـ ۱۰ تجهیزات حفاظتی ۳۸

فصل ۳ الکترود ..... (۸۵ تا ۴۷)
۳ ـ ۱ معرفی ۴۷
۳ ـ ۲ تعاریف عمومی ۴۷
۳ ـ ۳ مقایسه الکترودهای بدون روکش و روکش‌دار ۴۹
۳ ـ ۴ جایگزینی یا بهبود فلز مبنا (فلز پایه) ۴۹
۳ ـ ۵ کنترل خصوصیات قوس الکتریکی ۵۰
۳ ـ ۶ ترکیب پوشش الکترود ۵۰
۳ ـ ۷ وظایف پوشش الکترود ۵۰
۳ ـ ۸ مواد متشکلهٔ روکش الکترود ۵۱
۳ ـ ۹ تأثیر روکش بر قطبیت ۵۲
۳ ـ ۱۰ شناسایی الکترود ۵۴
۳ ـ ۱۱ طبقه‌بندی و شماره‌گذاری الکترودها طبق AWS ۵۴
۳ ـ ۱۲ انتخاب الکترود ۵۷
۳ ـ ۱۳ اندازهٔ الکترودها ۵۸
۳ ـ ۱۴ نوع کار ۵۸
۳ ـ ۱۵ مشخصه‌های کاربردی الکترودها ۵۹
۳ ـ ۱۶ فلز پایه ۶۳
۳ ـ ۱۷ جریان جوشکاری ۶۳
۳ ـ ۱۸ ضخامت و شکل فلزات مورد جوشکاری ۶۳
۳ ـ ۱۹ شکل درز و مونتاژ آن ۶۴
۳ ـ ۲۰ وضعیت جوشکاری ۶۴
۳ ـ ۲۱ شرایط بهره‌برداری ۶۵
۳ ـ ۲۲ شرایط اجرایی ۶۵
۳ ـ ۲۳ انواع الکترودها و کاربرد آنها ۶۵

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۳ـ۲۴ نگهداری الکترود ۸۲
۳ـ۲۵ بسته‌بندی الکترود ۸۴

فصل ۴ طراحی درزجوش ..... (۸۷ تا ۱۰۴)

۴ـ۱ مقدمه ۸۷
۴ـ۲ انواع اتصال ۸۷
۴ـ۳ انواع جوش ۸۸
۴ـ۴ انواع درز ۹۰
۴ـ۵ دهانه یا بازشدگی ریشه ۹۳
۴ـ۶ تسمه‌های پشت‌بند ۹۵
۴ـ۷ گردهٔ جوش ۹۵
۴ـ۸ آماده کردن لبه ۹۸
۴ـ۹ سنگ زدن ریشه از پشت ۱۰۱

فصل ۵ جوشکاری و جوش‌پذیری ..... (۱۰۵ تا ۱۳۵)

۵ـ۱ معرفی ۱۰۵
۵ـ۲ جوش‌پذیری ۱۰۵
۵ـ۳ کیفیت جوش ۱۰۷
۵ـ۴ جوش قوسی تحت حفاظ ۱۰۷

قسمت ۱: ترک‌خوردگی جوش

۵ـ۵ ترک جوش ۱۱۰
۵ـ۶ خال‌جوش ۱۱۲
۵ـ۷ ورق‌های نازک ۱۱۲
۵ـ۸ ورق‌های ضخیم ۱۱۳
۵ـ۹ جوش‌های شیاری ۱۱۶
۵ـ۱۰ ترک‌های داخلی در نوارجوش و نسبت عرض به‌عمق نوار جوش ۱۱۸

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۵ـ۱۱ ترک در زیر نوار جوش (ترک‌های عمقی) ۱۱۹
۵ـ۱۲ جمع‌بندی مطالب ارائه‌شده در مورد ترک ۱۲۲

قسمت ۲: پیش‌گرمایش

۵ـ۱۳ چرا و چه وقت نیاز به‌پیش‌گرمایش است؟ ۱۲۲
۵ـ۱۴ حداقل احتیاجات AWS ۱۲۴
۵ـ۱۵ حرارت تولیدی در هنگام جوشکاری ۱۲۵
۵ـ۱۶ سرعت خنک شدن ۱۲۶
۵ـ۱۷ جریان دمای دوبعدی در مقابل سه‌بعدی ۱۳۰
۵ـ۱۸ کربن معادل ۱۳۲
۵ـ۱۹ سرعت خنک شدن و کربن معادل ۱۳۲
۵ـ۲۰ تعیین درجه حرارت پیش‌گرمایش لازم ۱۳۴
۵ـ۲۱ ملاحظات جنبی ۱۳۵

فصل ٦ تغییرشکل‌های جوشکاری ..... (۱۵۷ تا ۱۳۷)

۶ـ۱ عوامل مؤثر در تغییرشکل‌های ناشی از جوشکاری ۱۳۷
۶ـ۲ عوامل اعوجاج ۱۳۸
۶ـ۳ تأثیرات نامطلوب جوش بیش از حد ۱۳۹
۶ـ۴ کنترل انقباض جوش ۱۴۰
۶ـ۵ انقباض عرضی ۱۴۴
۶ـ۶ پرانتزی شدن بال ۱۴۹
۶ـ۷ شمشیری شدن ۱۴۹
۶ـ۸ هم‌راستایی ورق‌ها ۱۵۳
۶ـ۹ استفاده از چکش‌کاری و حرارت برای رفع انقباض‌های جوشکاری ۱۵۵
۶ـ۱۰ جمع‌بندی مطالب ارائه‌شده ۱۵۶

فصل ۷ کیفیت و بازرسی جوش ..... (۱۸۱ تا ۱۵۹)

۷ـ۱ [illegible] در مقابل [illegible] ۱۵۹

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۷ـ۲ یک جوش خوب چیست؟ ۱۶۰
۷ـ۳ راه‌حل چیست؟ ۱۶۰
۷ـ۴ نظارت و بازرسی از چه زمانی شروع می‌شود؟ ۱۶۰
۷ـ۵ شناسایی عیوب کوچک و اصلاح آنها ۱۶۱
۷ـ۶ درزهای پیش‌ارزیابی‌شده ۱۶۲
۷ـ۷ ارتباط و هماهنگی ۱۶۳
۷ـ۸ پنج دستورالعمل برای جوش ساختمانی خوب ۱۶۳

فصل ۸ آزمایش‌های ارزیابی ..... (۲۶۲ تا ۱۸۳)

قسمت الف: کلیات

۸ـ۱ معرفی ۱۸۳
۸ـ۲ معایب جوش و آزمایش‌های ارزیابی و تأیید ۱۸۳
۸ـ۳ ارزیابی دستورالعمل جوشکاری ۱۸۵
۸ـ۴ ارزیابی جوشکاری ۱۸۸

قسمت ب: آزمایش‌های غیرمخرب

۸ـ۵ آزمایش غیرمخرب ۱۸۹

قسمت پ: آزمایش‌های مخرب

۸ـ۶ آزمایش مخرب ۲۰۱
۸ـ۷ آزمایش‌های دیگر ۲۳۹
۸ـ۸ بازرسی عینی ۲۴۳

قسمت ت: عیوب جوشکاری

۸ـ۹ معایب اصلی جوش ۲۴۴
۸ـ۱۰ اندازه‌گیری جوش ۲۵۰

قسمت ث ضوابط پذیرش

۸ـ۱۱ ضوابط پذیرش ۲۵۳

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۱۱ ـ ۲ اتصال سادهٔ تیر با نبشی جان ۳۳۸
۱۱ ـ ۳ اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن انعطاف‌پذیر ۳۴۲
۱۱ ـ ۴ اتصال سادهٔ تیر با نشیمن تقویت‌شده ۳۴۷
۱۱ ـ ۵ اتصالات صلب تیر به‌ستون ۳۵۷
۱۱ ـ ۶ وصله تیرها ۳۸۵
۱۱ ـ ۷ وصله ستون‌ها ۳۹۱
۱۱ ـ ۸ اتصال بادبندی ۳۹۸
۱۱ ـ ۹ اتصال پای ستون ۴۰۴

فصل ۱۲ جوش درزهای استاندارد ..... (۴۴۴ تا ۴۲۵)

پیوست ۱ مشخصات هندسی نیمرخ‌های ساختمانی ۴۴۵

پیوست ۲ فرم‌های استاندارد ۴۵۷

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

فصل ۱

معرفی جوشکاری ساختمانی

۱ ـ ۱ جوشکاری با قوس الکتریکی

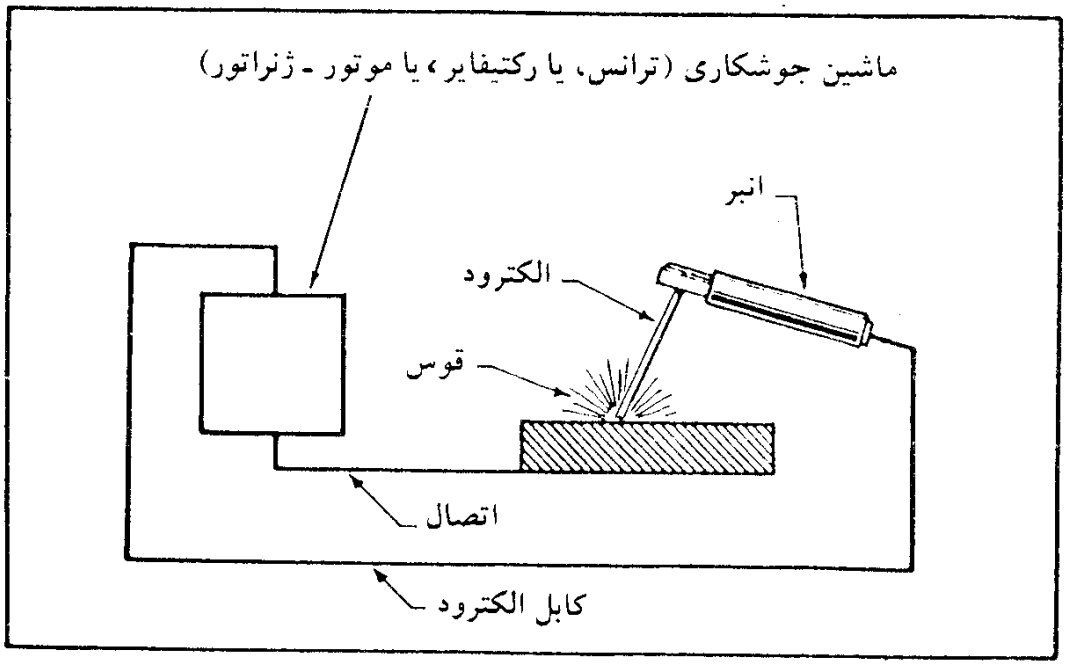
در جوشکاری با قوس الکتریکی که متداولترین نوع جوشکاری در ساختمان‌سازی است، اتصال بین مصالح با ذوب کردن لبه‌های درز و سخت شدن بعدی آنها صورت می‌گیرد. در حین ذوب، فلز پایه و فلز جوش با یکدیگر ممزوج شده و پس از سخت شدن، اتصال قطعات تأمین می‌گردد.

حرارت لازم برای ذوب مصالح، به‌وسیلهٔ قوس الکتریکی تأمین می‌شود. قوس بین یک مفتول فولادی که الکترود خوانده می‌شود و فلز پایه تشکیل می‌یابد. با نزدیک کردن الکترود به‌درز جوش، قوس ایجاد شده و حرارتی معادل ۳۶۰۰ درجه در نوک الکترود تولید می‌شود. این حرارت زیاد، باعث ذوب فلز پایه و نوک الکترود می‌شود و یک حوضچهٔ مذاب از هر دو فلز در نوک الکترود به‌وجود می‌آورد. با حرکت الکترود، حوضچهٔ مذاب به‌سمت جلو حرکت کرده و حوضچه‌های مذاب پشتی سرد و منجمد شده و باعث امتزاج و یکپارچگی دو فلز در محل درز می‌شوند.

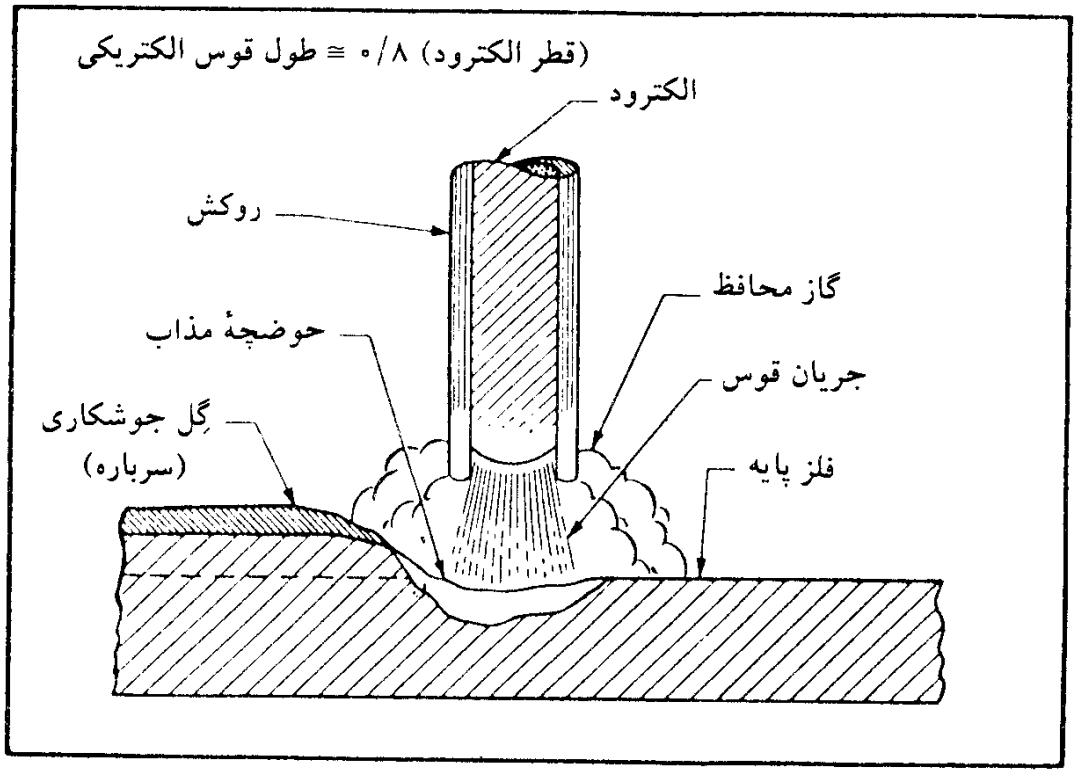
در تمام جوشکاری‌های دستی مدرن امروزی، برای افزایش کیفیت جوش و جلوگیری از انجماد و زود سرد شدن حوضچهٔ مذاب، روی الکترود روکش می‌شود.

روکش همراه با فلز پایه و الکترود ذوب شده و در حین انجماد به‌علت سبکتر بودن رو می‌آید و به‌صورت غشایی روی فلز مذاب در حال سرد شدن را می‌پوشاند. این غشاء که به‌گل جوشکاری موسوم است، از اکسیداسیون جوش نیز جلوگیری می‌کند. در شکل ۱ ـ ۱ مدار جوشکاری و در شکل ۱ ـ ۲ تشکیل حوضچهٔ مذاب در نوک الکترود نشان داده شده است.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۱ ـ ۱ ـ مدار جوشکاری.



شکل ۱ ـ ۲ ـ تشکیل حوضچهٔ مذاب در نوک الکترود.

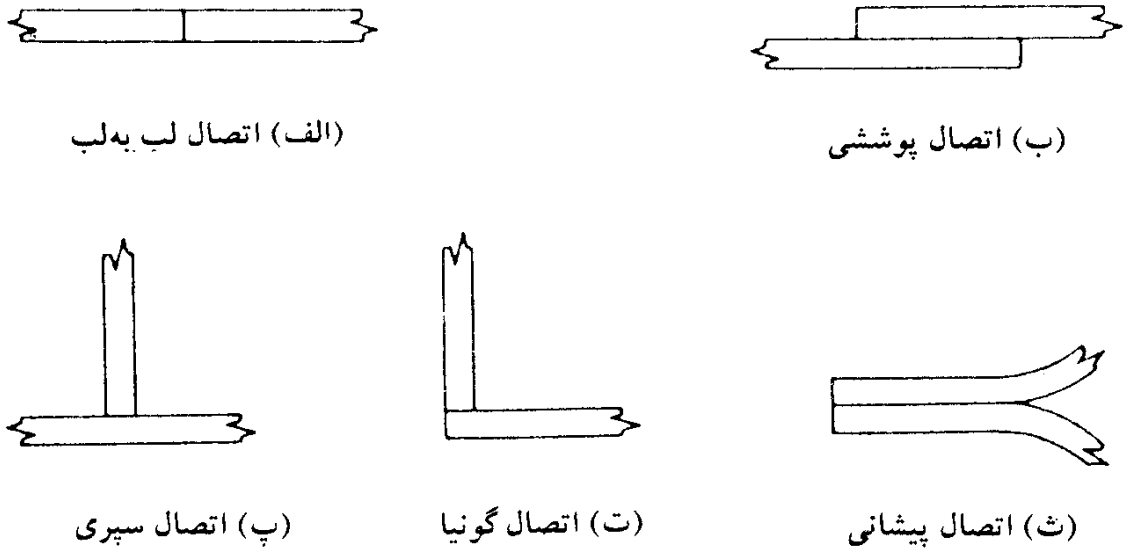
۱ ـ ۲ انواع اتصال جوشی

در شکل ۱ ـ ۳ انواع اتصالات جوشی نشان داده شده است. این اتصالات عبارتند از:

الف ـ اتصال لب به‌لب؛

ب ـ اتصال پوششی (رویهم)؛

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



شکل ۱ ـ ۳ ـ انواع اتصال جوشی.

پ ـ اتصال سپری؛
ت ـ اتصال گونیا؛
ث ـ اتصال پیشانی.

۱ ـ ۳ انواع جوش

در شکل ۱ ـ ۴ انواع جوش نشان داده شده است که عبارتند از:

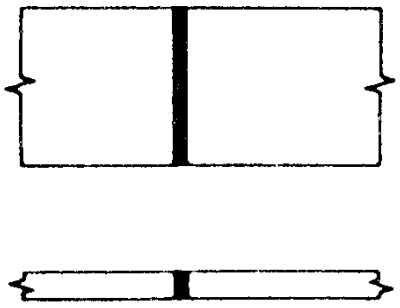
الف ـ جوش شیاری؛
ب ـ جوش گوشه؛
پ ـ جوش کام؛
ت ـ جوش انگشتانه.

جوش گوشه متداولترین نوع جوش در سازه‌های فولادی است. بعد از آن جوش شیاری قرار دارد. کاربرد جوش انگشتانه و کام به‌موارد مخصوصی که در آن مقاومت جوش انجام شده در لبه‌ها به‌حد کافی نباشد، محدود می‌شود.

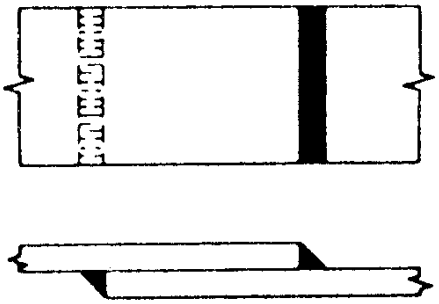
۱ ـ ۴ جوش گوشه

جوش گوشه متداولترین جوش در ساختمانهای فولادی است. از این جوش می‌توان در اتصال رویهم، اتصال سپری، و اتصال گونیا از شکل ۱ ـ ۳ استفاده کرد که نتیجهٔ آن در شکل ۱ ـ ۵ نشان داده

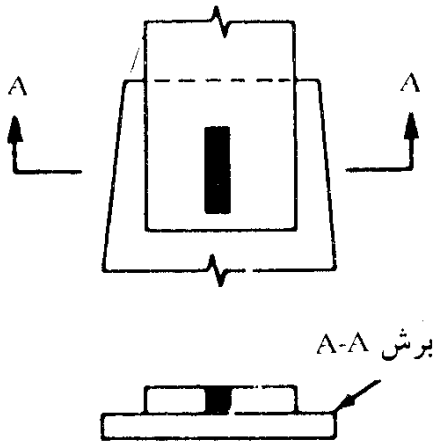
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



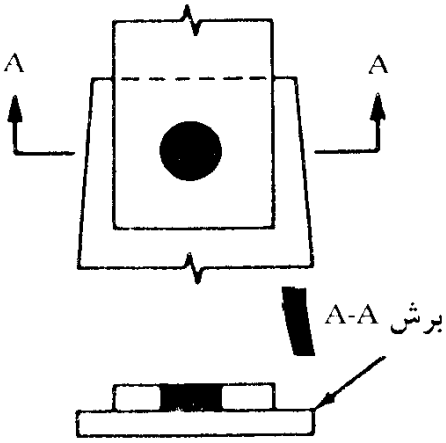
(الف) جوش شیاری



(ب) جوش گوشه



(پ) جوش کام

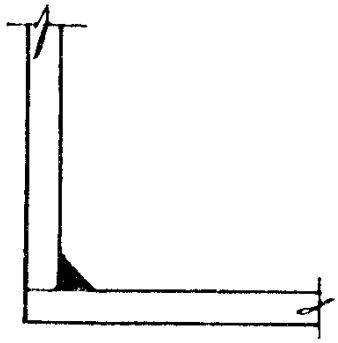


(ت) جوش انگشتانه

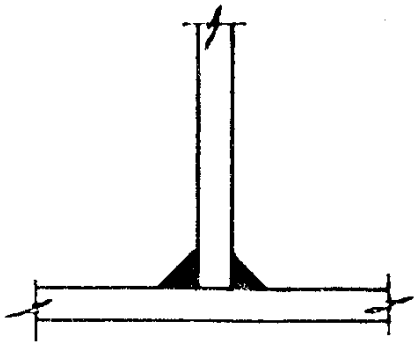
شکل ۱ ـ ۴ ـ انواع جوش



جوش گوشه در اتصال رویهم



جوش گوشه در اتصال گونیا



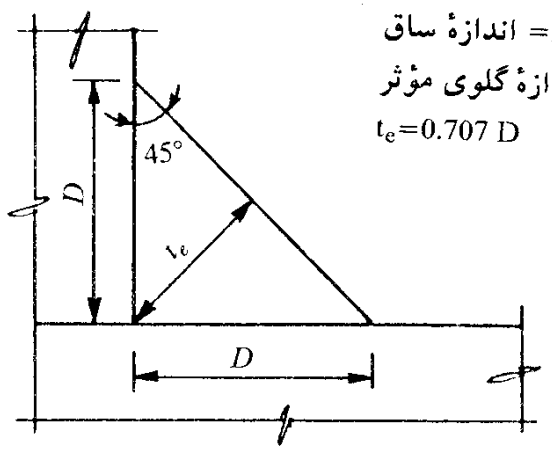
جوش گوشه در اتصال سپری

شکل ۱ ـ ۵

شده است. در شکل ۱ ـ ۶ مشخصات هندسی جوش گوشه با دو ساق مساوی نشان داده شده است. در این شکل به‌اختلاف بین اندازهٔ گلو و اندازهٔ ساق توجه داشته باشید. اگر t_e اندازهٔ گلو و D اندازهٔ ساق جوش گوشه باشد، داریم:

$$t_e = 0.707\ D$$

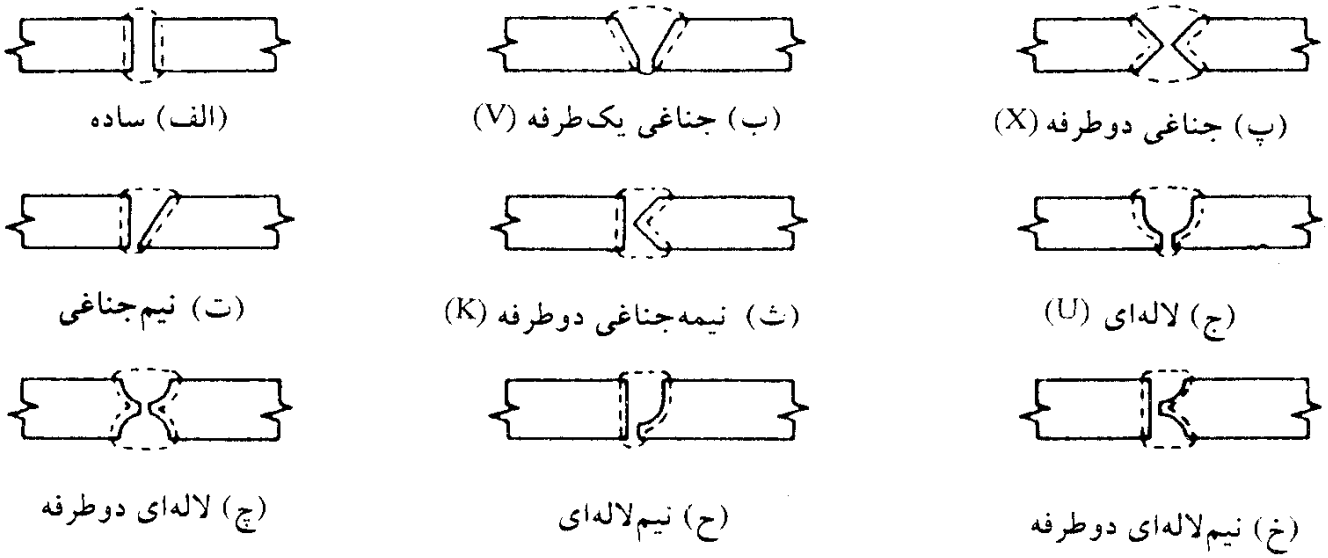
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱ ـ ۶ ـ هندسهٔ جوش گوشه با ساق‌های مساوی.

۱ ـ ۵ انواع جوش شیاری

برای انجام جوش شیاری در دو لبهٔ مجاور هم، لازم است لبه‌های کار به‌منظور نفوذ کامل جوش آماده گردند. در شکل ۱ ـ ۷ انواع آماده‌سازی لبه‌ها ارائه شده است.



شکل ۱ ـ ۷ ـ انواع جوش شیاری.

۱ ـ ۶ علائم جوشکاری

قبل از اینکه یک درز یا اتصال جوش شود، طراح باید قادر باشد به‌طریقی دستورات خود در مورد اندازه و نوع جوش لازم را به‌نقشه‌کش و یا سازنده اتصال ارائه نماید. انواع اصلی جوش و بعضی انواع فرعی در بخش‌های قبل مورد بحث قرار گرفت. اگر برای ساخت هر اتصال جدیدی، به‌دستورالعمل‌های اختصاصی و مشروحی احتیاج باشد، کار طراح در تهیهٔ دستور ساخت یک اتصال، بسیار مشکل می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

نیاز به‌یک وسیلهٔ ساده و در عین حال دقیق برای برقراری تفاهم میان طراح و سازنده، به‌استفاده از علائم اختصاری که نمایشگر انواع جوش‌ها و اندازهٔ آنهاست، رواج بخشیده است. علائم استانداردی که در شکل ۱ ـ ۸ به‌نمایش درآمده است، به‌خوبی هر دستورالعمل اختصاصی، مشخص‌کنندهٔ نوع، اندازه، طول و محل هر جوش می‌باشد.

اغلب اتصالاتی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، احتیاج به‌دستورالعمل خاصی ندارند و به‌ترتیبی که به‌طور نمونه در شکل ۱ ـ ۹ نمایش داده شده مشخص می‌گردند.

ممکن است خواننده احساس کند که تعداد علائم بی‌جهت زیاد است، در صورتی که سیستم نمایش جوش‌ها به‌تعداد کمی انواع اصلی تقسیم شده، که با سرهم کردن آنها دستورالعمل‌های کامل تهیه می‌شوند. هرگاه از یک نوع اتصال خاص در قسمت‌های مختلف یک سازه استفاده به‌عمل آید، ممکن است تنها به‌نمایش یک جزییات تیپ مانند شکل ۱ ـ ۱۰ ـ الف، بسنده کرد. هرگاه اتصالات خاص مورد استفاده قرار گیرند، باید به‌قدر کافی جزییات هریک را مشخص ساخت تا هیچ تردیدی دربارهٔ نقطه‌نظرهای طراح باقی نماند (شکل ۱ ـ ۱۰ ـ ب).

در شکل ۱ ـ ۱۰ ـ ب، طراح مشخص ساخته که جوش انگشتانه در کارخانه و بر روی زمین انجام می‌گیرد در حالی‌که جوش نیم‌جناغی دوطرفه که ورق اتصال را به‌ستون متصل می‌سازد، در محل کارگاه و موقع نصب اجرا می‌شود.

از آنجایی که طراح مشخص نساخته که آیا جوش گوشه متصل‌کننده نبشی به‌ورق در کارخانه یا در کارگاه و محل نصب انجام پذیرد، سازنده اسکلت فلزی آزاد خواهد بود که در این مورد تصمیم بگیرد.

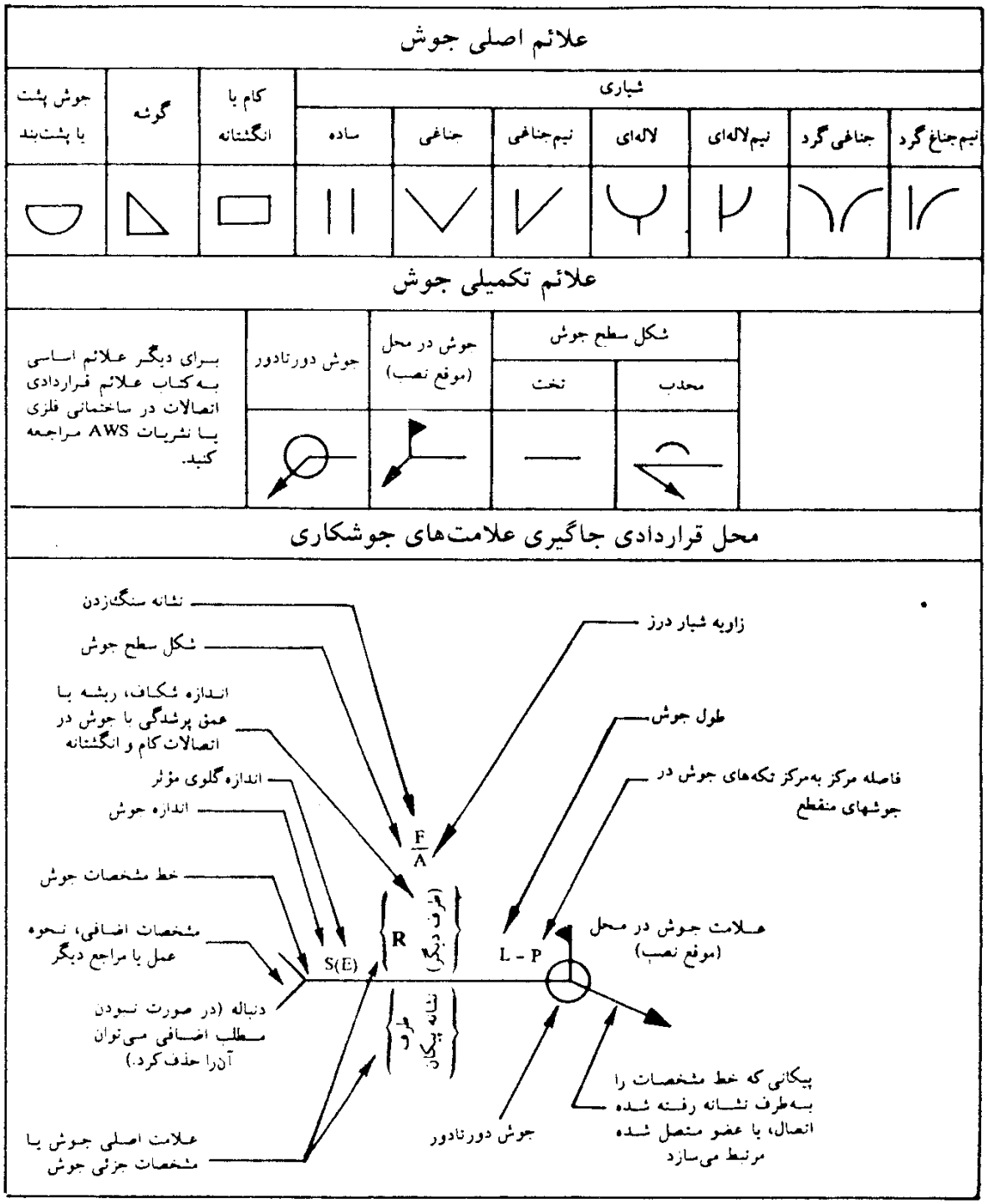
در این مورد خاص بهتر است که جوش گوشه در کارخانه یا روی زمین انجام شود. چرا که در غیر این‌صورت ممکن است جوش انگشتانه در حین عملیات نصب تحت تنش‌های اضافی قرار گیرد. عموماً به‌دلیل ملاحظات اقتصادی سازنده سعی می‌کند تا آنجا که امکان دارد جوش‌ها را در روی زمین انجام دهد. بنابراین مشخص ساختن جوش‌هایی که طراح می‌خواهد حتماً در محل نصب و پای کار انجام شود، از اهمیت بسیار برخوردار است.

۱ ـ ۷ روش‌های جوشکاری الکتریکی

روش‌های متنوعی برای جوشکاری الکتریکی وجود دارد که در حالت کلی به‌روش‌های دستی و روش‌های اتوماتیک تقسیم می‌شوند.

روش دستی که در کارگاه‌های ساختمانی بسیار متداول است، جوشکاری با الکترود

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

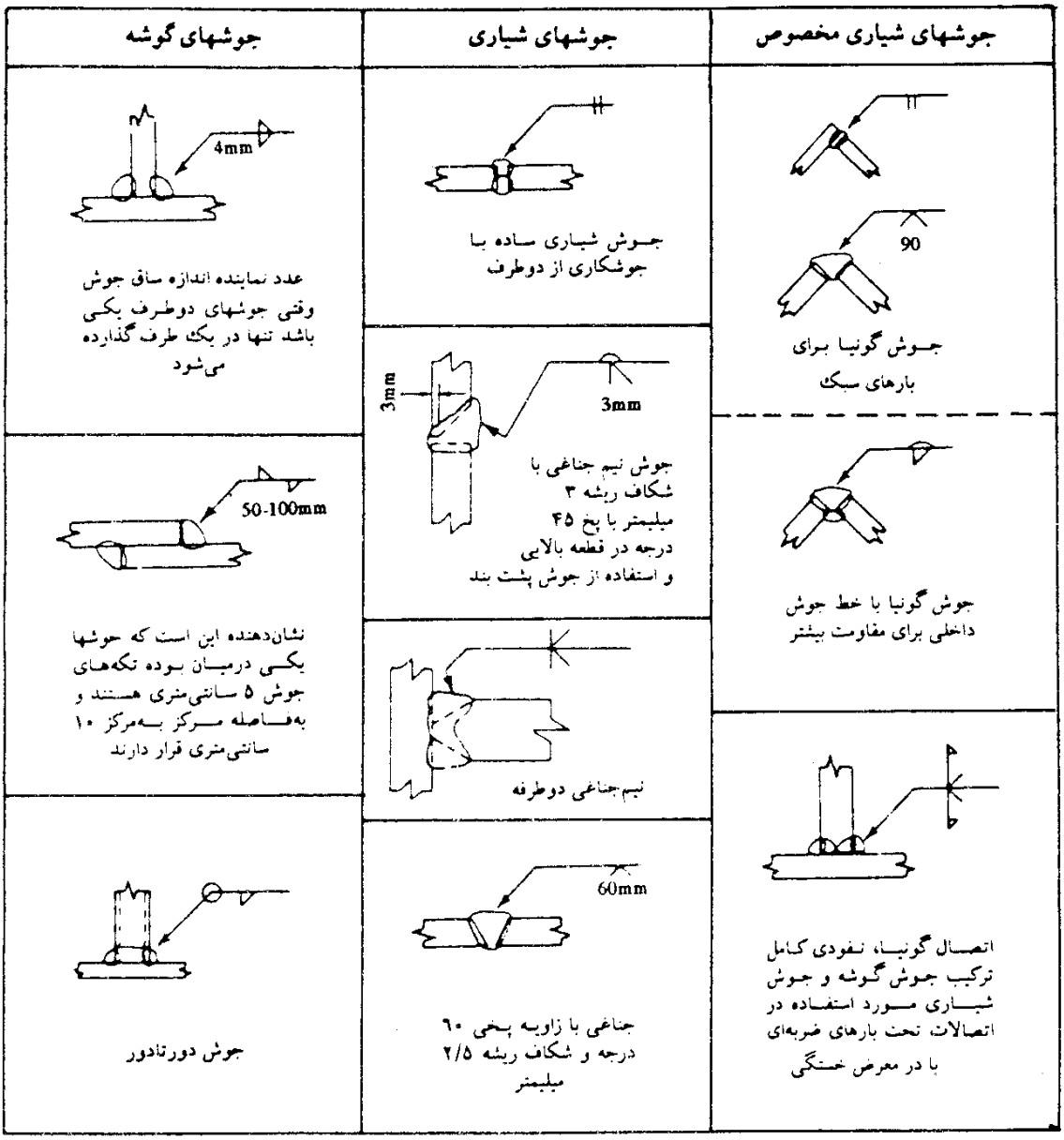


شکل ۱ ـ ۸ ـ پیکان جوش.

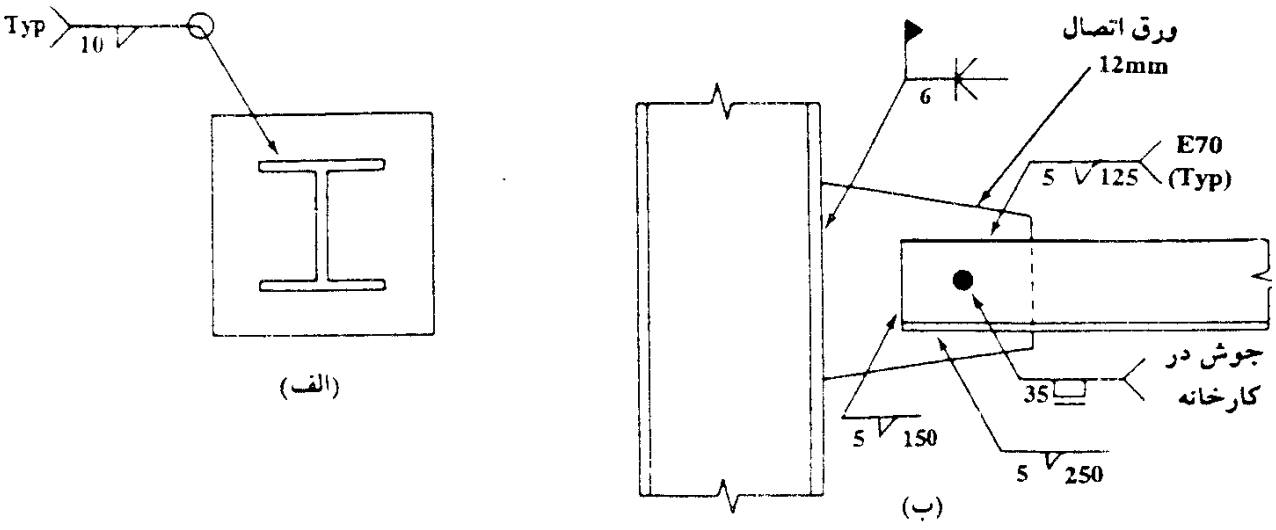
تذکر:

- اندازه علامت، طول جوش و فاصلهٔ تکه‌های آن باید به‌همین ترتیب از چپ به‌راست روی خط مشخصات نوشته شود.
- جهت خط مشخصات یا محل پیکان تغییری در این قاعده ایجاد نمی‌کند.
- ساق قائم جوش‌های ۷، ۲، ۷ باید در طرف چپ قرار گیرد.
- جوش‌های طرف نشانه پیکان و طرف دیگر دارای یک‌اندازه می‌باشند. مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد.

www.niazit-ceiling.com
نیازفیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱ ـ ۹ ـ کاربرد علایم جوشکاری.



شکل ۱ ـ ۱۰

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

روکش‌دار[1] نامیده می‌شود. در این روش هدایت انبر توسط کارگر انجام شده و طول الکترود که روی آن را روکش پوشانده است، محدود بوده و با ذوب هر الکترود، الکترود باید تعویض گردد. در روش‌های اتوماتیک، الکترود به‌صورت ممتد و مداوم بوده و بدون روکش (لخت) است. هدایت الکترود توسط ماشین انجام شده و جای جوشکار را اپراتور جوشکاری می‌گیرد. انواع روش‌های جوشکاری اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک عبارتند از:

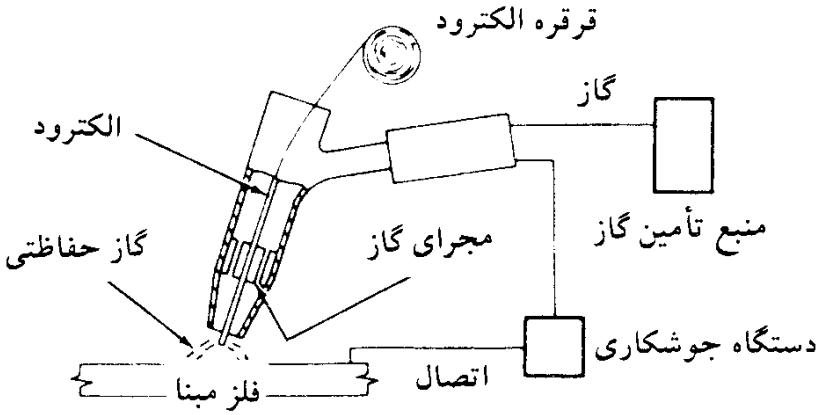
۱ ـ جوشکاری زیرپودری[2]

۲ ـ جوشکاری تحت حفاظت گاز[3] (با الکترود فلزی و یا الکترود تنگستن)

۳ ـ جوشکاری با الکترود مغزه‌دار[4]

جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

در این روش الکترود مفتول لخت ممتد است که از میان گیرهٔ الکترود گذشته، و با یک قرقره تغذیه می‌شود (شکل ۱ ـ ۱۱).



شکل ۱ ـ ۱۱ ـ جوش الکتریکی گازی فلزی.

حفاظت در این روش اصولاً با سپری از گاز غیرفعال صورت می‌گیرد. گازهای مرکب معمولاً به‌تنهایی برای این منظور به‌کار نمی‌روند. فقط CO_2 (دی‌اکسید کربن) در این مورد استثناست. استفاده از CO_2 به‌تنهایی و یا مخلوط با دیگر گازهای غیرفعال به‌طور وسیعی در جوشکاری فولاد رواج پیدا کرده است.

جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود مغزه‌دار

این روش جوشکاری شبیه جوشکاری به‌روش قوس گازی است، با این تفاوت که الکترود ممتد

1– sheilded metal arc welding (SMAW)
2– submerged arc welding (SAW)
3– gas metal arc welding (GMAW)
4– flux cored electrode arc welding (FCAW)

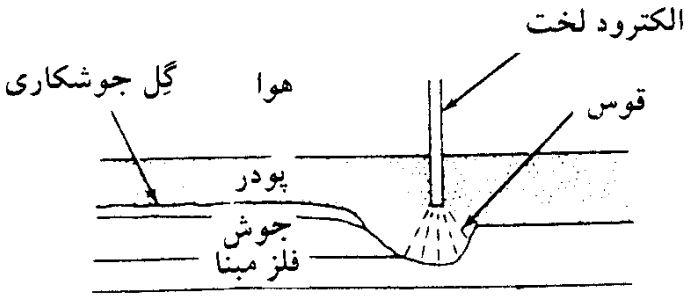
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

فلزی آن لوله‌ای شکل بوده، مواد حفاظتی را در داخل خود دارا می‌باشد. این ماده همان نقشی را به‌عهده دارد که روکش در روش جوش قوس الکتریکی با الکترود روکشدار، و یا پودر در روش جوش زیرپودری به‌عهده داشتند. در مورد مفتول‌های قرقره‌پیچ، حفظ روکش بر روی سیم امکان ندارد. به‌این جهت سپر گازی به‌وسیلهٔ پودر مغزی تأمین می‌گردد اما حفاظت بیشتر اغلب به‌وسیلهٔ گاز CO_2 انجام می‌گیرد.

جوشکاری قوس الکتریکی زیرپودری

در جوشکاری به‌روش زیرپودری، مادهٔ حفاظت‌کننده، به‌صورت یک نوار پودری در روی درز ریخته می‌شود. سپس قوس الکتریکی توسط الکترود لخت در زیر این پودر برقرار می‌گردد. در حین جوشکاری، قوس زیر پودر برقرار شده و دیده نمی‌شود (شکل ۱ ـ ۱۲).

الکترود فلزی لُخت، که در این نوع جوشکاری از آن استفاده می‌گردد، به‌مصرف پُر کردن درز می‌رسد. انتهای الکترود دائماً به‌وسیلهٔ پودر ذوب شده‌ای که روی آن لایهٔ دیگری از پودر ذوب نشده به‌صورت دانه‌ای قرار دارد حفاظت می‌گردد.

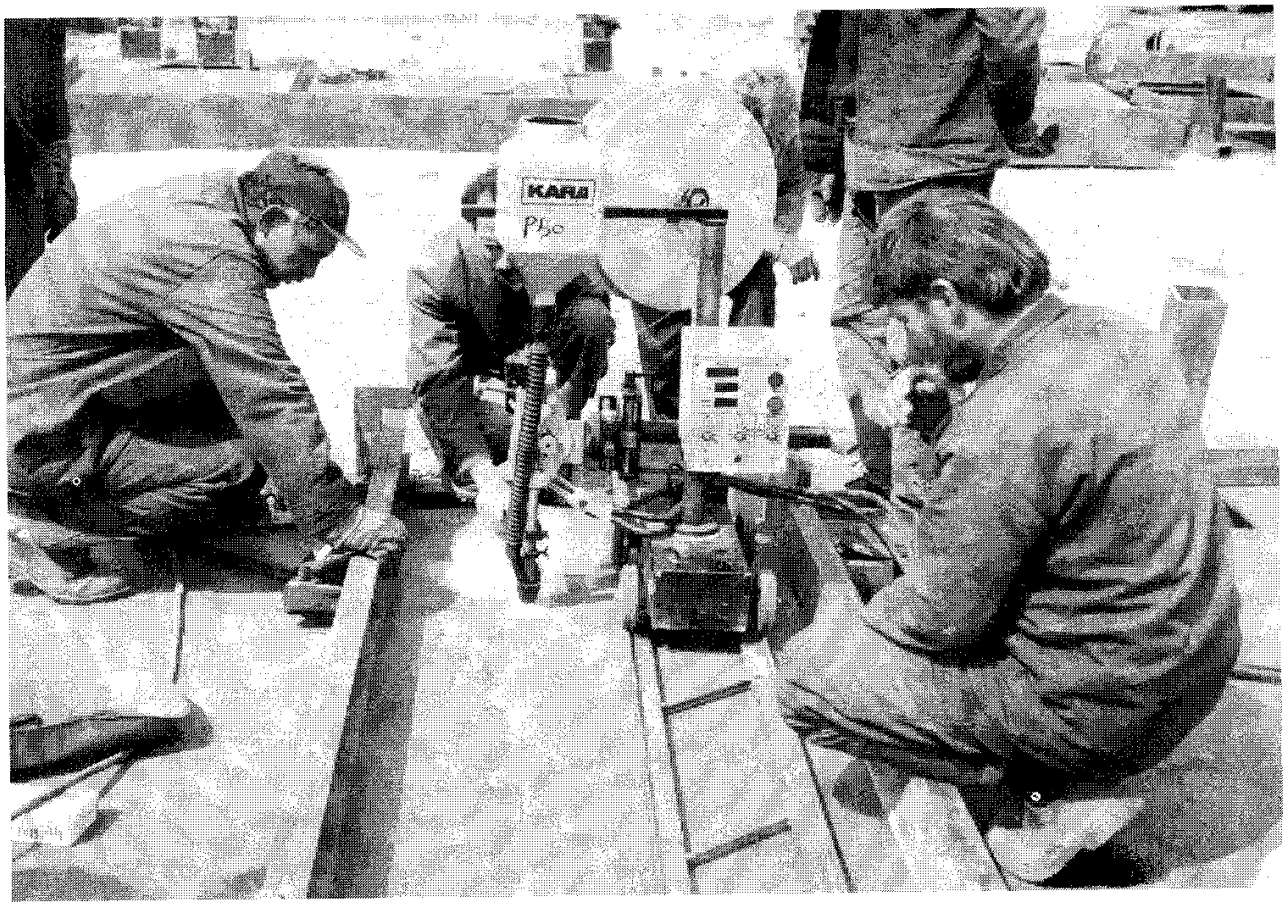


شکل ۱ ـ ۱۲ ـ جوش قوس الکتریکی زیرپودری

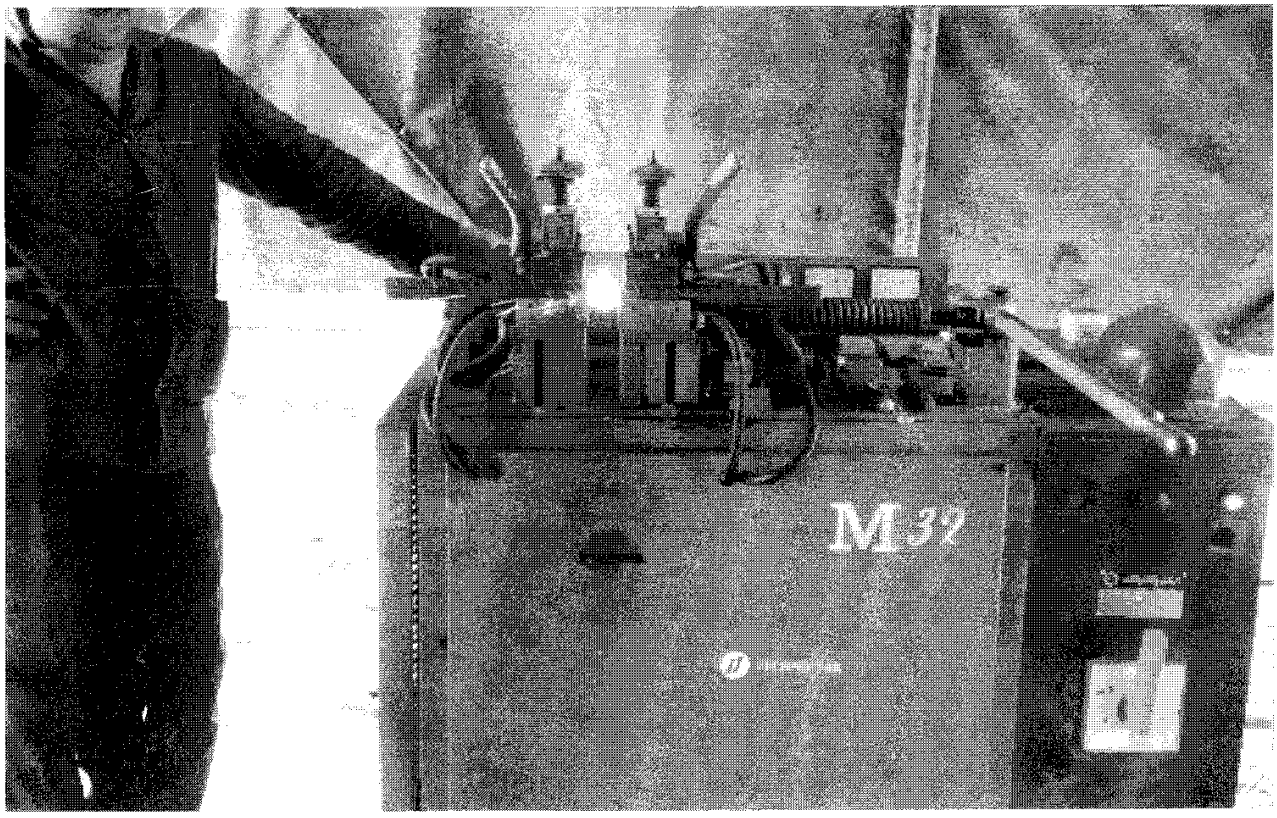
پودر که عامل مشخصهٔ این روش جوشکاری است، روکشی ایجاد می‌کند که اجازه می‌دهد عمل جوشکاری بدون پراکندگی، جرقه زدن یا ایجاد دود انجام پذیرد. پودر دانه‌ای معمولاً به‌طور خودکار روی خط جوش و در پیشاپیش الکترود، که در حال حرکت به‌جلو می‌باشد، قرار می‌گیرد. این ماده حوضچهٔ مذاب را در مقابل گازهای هوا محافظت نموده به‌تمیزی فلز جوش کمک می‌کند، در ضمن ترکیب شیمیایی فلز جوش را نیز بهبود می‌بخشد.

جوشکاری به‌روش قوس زیرپودری اغلب برای جوش فولاد در کارخانه و برای کار با وسایل خودکار یا نیمه‌خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱ ـ ۱۳ ـ دستگاه جوش زیرپودری با دو انبر.



شکل ۱ ـ ۱۴ ـ دستگاه جوش خمیری آرماتور.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۱ ـ ۸ وضعیت‌های جوشکاری[5]

برحسب وضعیت قطعهٔ مورد جوش و الکترود نسبت به‌هم چهار وضعیت جوشکاری وجود دارد.

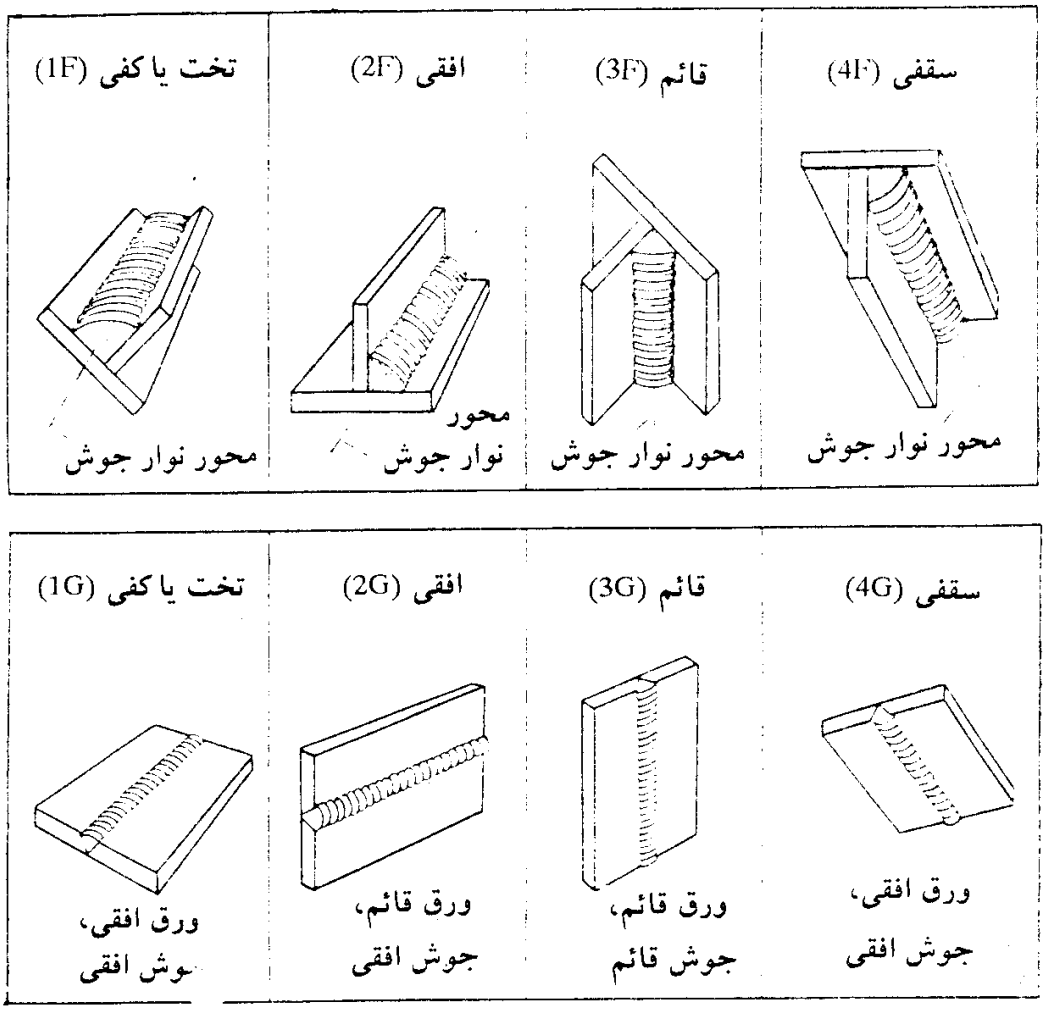
۱ ـ وضعیت تخت یا کفی (با علامت 1F در جوش گوشه و 1G در جوش شیاری)؛

۲ ـ وضعیت افقی (با علامت 2F در جوش گوشه و 2G در جوش شیاری)؛

۳ ـ وضعیت سربالا یا قائم (با علامت 3F در جوش گوشه و 3G در جوش شیاری)؛

۴ ـ وضعیت سقفی (با علامت 4F در جوش گوشه و 4G در جوش شیاری).

جوشکاری در وضعیت تخت ساده‌ترین و در وضعیت سقفی، مشکل‌ترین می‌باشد.



شکل ۱ ـ ۱۵ ـ وضعیت‌های جوشکاری.

5– welding position

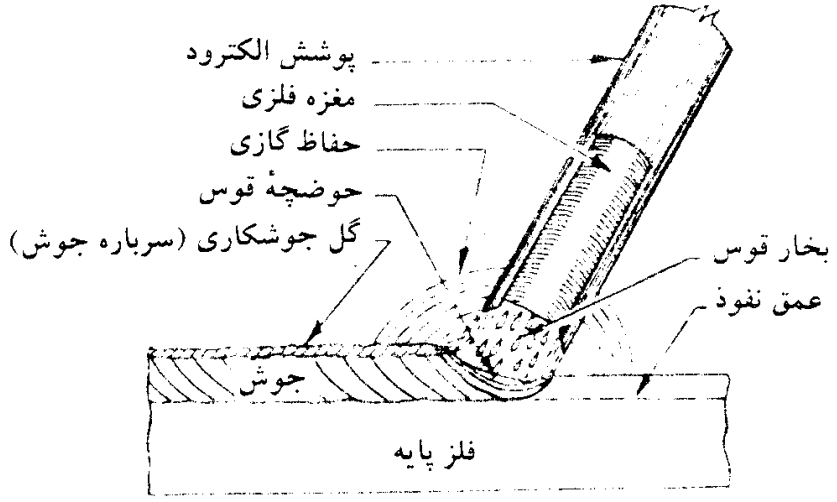
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

فصل ۲

وسایل و تجهیزات جوشکاری قوس الکتریکی

۲ـ۱ معرفی

جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار[1] (SMAW) نوعی جوشکاری قوسی دستی است که در آن حرارت لازم برای جوشکاری، توسط قوس الکتریکی بین یک مفتول فلزی روکش شده که الکترود خوانده می‌شود و قطعهٔ فلز پایه فراهم می‌شود. به‌همین دلیل این فرآیند گاهی جوشکاری دستی با الکترود[2] نیز خوانده می‌شود. سوختن و تجزیهٔ روکش الکترود یک حفاظ گازی ایجاد می‌کند که انتهای الکترود، حوضچهٔ مذاب جوشکاری، قوس و قطعه فلز حرارت‌دیده را از نفوذ هوا محافظت می‌کند (شکل ۲ ـ ۱). این حفاظ گازی باعث تثبیت قوس الکتریکی و همچنین کاهش



شکل ۲ ـ ۱ ـ نمایش شماتیک جوش قوس الکتریک با الکترود روکش‌دار

1– Shielded Metal-Arc Welding ...ick electrode welding

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ترشح جوش و سهولت کار خواهد شد. حفاظت بیشتر برای فلز مذاب در حوضچهٔ مذاب، توسط پوششی از گِل جوشکاری[3] در حین عمل جوشکاری به‌وجود می‌آید.

فلز جوش، توسط مغزه فلزی الکترود تأمین می‌شود و این مغزه فلزی براساس طبقه‌بندی الکترود دارای خواص مختلفی است. روکش و فلز پرکننده خواص مکانیکی، شیمیایی، متالورژی و الکتریکی جوش را به‌مقدار زیاد کنترل می‌کنند. اطلاعات بیشتر در مورد الکترود در فصل بعد ارائه شده است.

۲ ـ ۲ قابلیت‌های جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات مورد نیاز برای جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار، ساده و قابل حمل و نسبت به‌تجهیزات لازم برای انواع دیگر جوشکاری ارزان‌قیمت هستند. با اجرای تمهیدات لازم جهت تهویهٔ کافی، جلوگیری از آتش‌سوزی و دیگر خطرات موجود، این نوع جوشکاری می‌تواند در محیط بسته و هوای آزاد و در هر مکان و موقعیتی انجام شود.

الکترودهای روکش‌دار در جوش قوس الکتریکی از لحاظ خواص و مقاومت قابل سازگاری با بسیاری از فلزات پایه می‌باشند. جوشکاری فولاد کم‌آلیاژ و کم‌کربن، فولاد زنگ‌نزن و فولاد اصلاح شده با این روش بسیار آسان می‌باشد و جوشکاری چدن و فولاد پرمقاومت با اجرای تمهیدات خاص در مورد پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش، با این روش امکانپذیر است. همچنین جوشکاری آلیاژهای مس و نیکل با این شیوه امکانپذیر بوده ولی جوشکاری تحت حفاظت گاز[4] با الکترود فلزی و یا تنگستن، در این موارد ارجح است.

روش الکترود روکش‌دار برای فلزات نرم نظیر روی، برنج و قلع که نقطهٔ جوش و نقطهٔ ذوب پایینی دارند، مورد استفاده نیست.

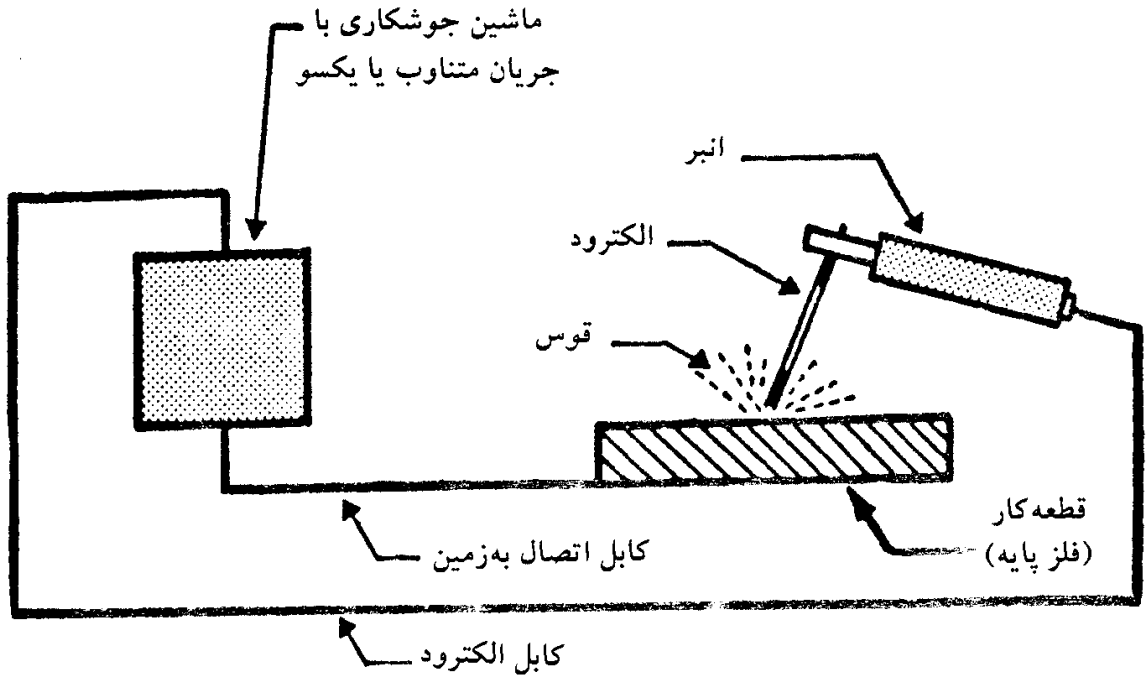
۲ ـ ۳ اصول کلی

تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری قوس الکتریکی در یک مدار جوشکاری، شامل ماشین جوشکاری، فلز پایه، کابل‌ها، انبر، الکترود، و گیره اتصال به‌زمین می‌باشند (شکل ۲ ـ ۲). حرارت ایجاد شده توسط قوس الکتریکی،فلز پایه و الکترود مصرفی را به‌حالت مذاب درمی‌آورد. گرمای قوس بسیار زیاد است، به‌گونه‌ای که درجه حرارتی معادل ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مرکز

3– slag (سرباره)

4– Gas Metal-Arc Welding

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۲ ـ ۲ ـ عناصر تشکیل‌دهندهٔ یک نمونه مدار الکتریکی جوش قوس الکتریک با الکترود روکش‌دار.

قوس اندازه‌گیری شده است. جوشکاری با تشکیل قوس الکتریکی در هنگام نزدیک کردن مغزهٔ فلزی الکترود به‌قطعهٔ فلز پایه، آغاز می‌شود. حرارت حاصل از قوس الکتریکی، الکترود و سطح فلز را در مجاورت قوس ذوب می‌کند. سپس قطرات کوچک فلز مذاب از انتهای الکترود به‌داخل حوضچهٔ مذاب بر روی سطح قطعهٔ فلزی منتقل می‌شود. در جوشکاری تخت این انتقال و جابه‌جایی توسط نیروهای ثقلی، جاذبه مولکولی و کشش سطحی انجام می‌شود. وقتی جوشکاری در وضعیت قائم و یا وضعیت سقفی است، نیروهای جاذبه مولکولی و کشش سطحی موجب انتقال قطرات فلز مذاب می‌شوند. به‌خاطر درجه حرارت زیاد قوس الکتریکی، فلز مذاب که به‌حالت روان درآمده است، فوراً از محل تشکیل قوس الکتریکی جابه‌جا می‌شود. پس از آغاز جوشکاری،قوس در طول قطعه حرکت داده شده و عملیات ذوب و ترکیب فلزات پیشرفت می‌کند.

۲ ـ ۴ منابع انرژی جوشکاری

هر نوع فرآیند جوشکاری هنگامی به‌حداکثر مقدار بازده خود می‌رسد که منبع انرژی طراحی شده متناسب با آن مورد استفاده قرارگیرد. هر نوع منبع انرژی دارای اختلاف اصولی از لحاظ الکتریکی با انواع دیگر است که آن را برای یک فرآیند و هدف خاص مناسب می‌سازد.

جوشکاری قوس الکتریک به‌جریان الکتریکی کافی (برحسب آمپر) برای ذوب فلز پایه و الکترود، و ولتاژ مناسب (برحسب ولت) برای تولید قوس نیاز دارد. الکترودها بسته به‌نوع و

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

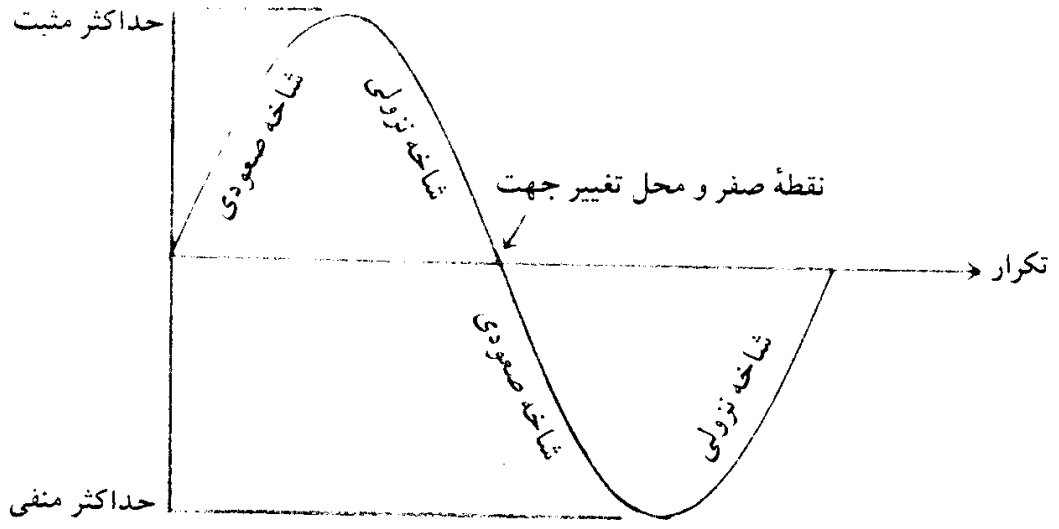
اندازه‌شان به‌ولتاژی حدود ۱۸ تا ۴۵ ولت و جریان تقریبی بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ آمپر نیاز دارند. جریان الکتریکی می‌تواند متناوب و یا یکسو باشد، ولی باید از منبعی تأمین شود که جهت برآوردن شرایط مختلف کاری قابل کنترل باشد. شکل ۲ ـ ۳ یک چرخه از جریان متناوب را نشان می‌دهد.

ماشین‌های جوشکاری متناسب با نیازهای مختلف جوشکاری از لحاظ نوع فرآیند، عملکرد و نوع قطعه فلز پایه در انواع و ابعاد گوناگون دردسترس می‌باشند. شمار زیادی از ماشین‌های ساخته شده وجود دارند که هرکدام دارای طرح خاص خود بوده و صفحهٔ کنترل هر مدل از جهات مختلف با انواع دیگر متفاوت است. انتخاب یک ماشین خاص به‌هزینهٔ ماشین، قابلیت حمل و سلیقهٔ شخصی وابسته است.

منابع انرژی جوشکاری به‌نام‌های مختلف از قبیل مولد[5]، جوشگر[6] و یا ماشین جوشکاری[7] خوانده می‌شوند. همهٔ ماشین‌ها براساس، (۱) شیب خروجی[8] خواه با جریان ثابت و یا با ولتاژ ثابت و (۲) نوع منبع تأمین انرژی نظیر مبدل[9]، مبدل / یکسوکننده[10] و یا موتور ـ مولد[11] طبقه‌بندی می‌شوند.

۲ ـ ۵ انواع شیب خروجی

ماشین‌های جوشکاری دارای دو نوع شیب خروجی اصلی هستند؛ شیب خروجی با شدت جریان



شکل ۲ ـ ۳ ـ یک چرخه از جریان متناوب.

5– power supplies
6– welders
7– welding machines
8– out put slope
9– transformer
10– transformer/rectifier
11– generator

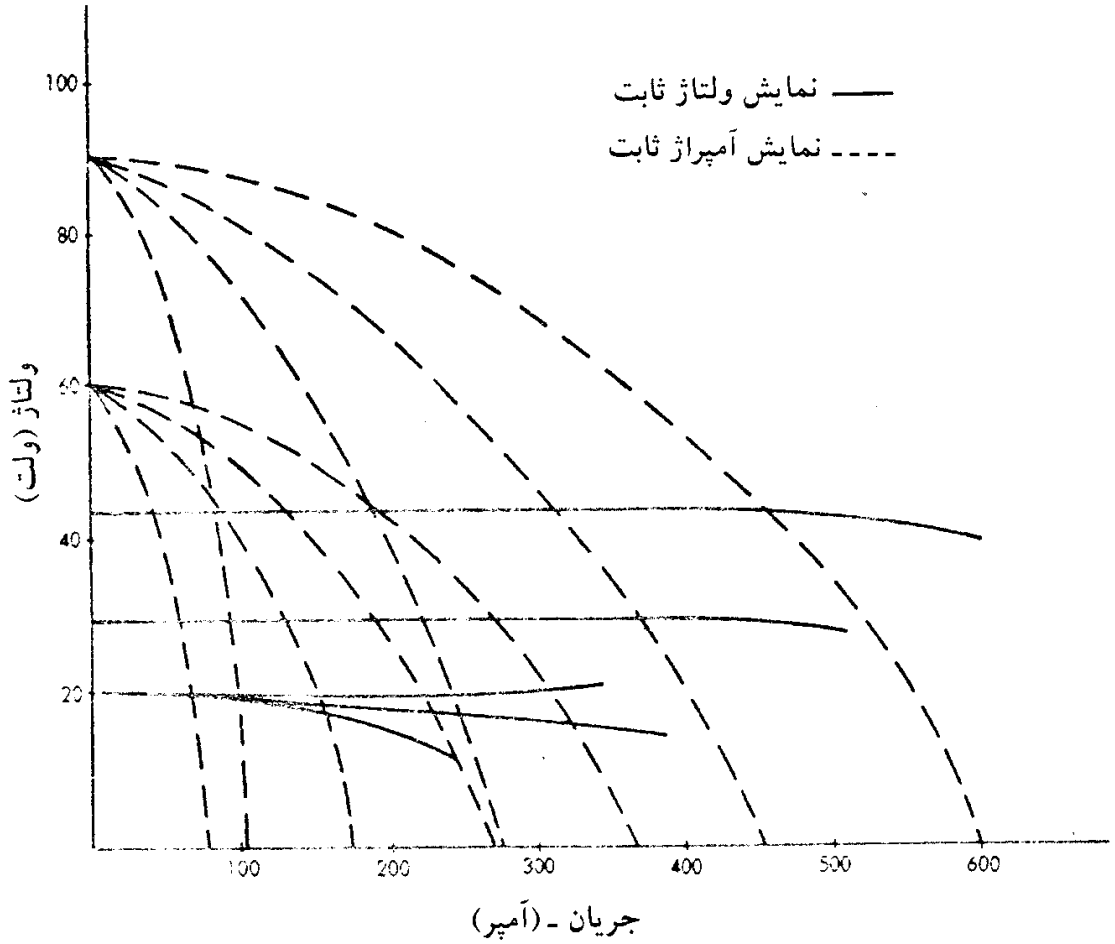
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ثابت و شیب خروجی با ولتاژ ثابت که گاهی به‌آن پتانسیل ثابت نیز می‌گویند.

شیب خروجی که گاهی به‌نام مشخصهٔ ولت ـ آمپر[12] و یا انحنا[13] خوانده می‌شود، رابطهٔ بین ولتاژ و آمپراژ خروجی ماشین در حین افزایش یا کاهش بار جوشکاری[14] است (شکل ۲ ـ ۴). شیب خروجی میزان تغییرات جریان جوشکاری را براساس یک تغییر مفروض برای بار ولتاژ، تعیین می‌کند. بنابراین شیب خروجی به‌ماشین اجازه می‌دهد تا حرارت ایجاد شده در عملیات جوشکاری راکنترل کرده و یک قوس پایدار ایجاد کند. شیب خروجی همچنین نوع و مقدار جریان الکتریکی که ماشین برای تولید آن طراحی شده است را معین می‌کند.

هر نوع روش جوشکاری قوس الکتریکی، خواص شیب خروجی مشخصی دارد:

- جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن[15]، و جوشکاری دستی با الکترود روکش‌دار نیاز به‌شیب خروجی تند از یک منبع انرژی با جریان ثابت دارند. شدت جریان الکتریکی



شکل ۲ ـ ۴ ـ نمونه‌ای از شیب‌های خروجی برای منابع انرژی با شدت جریان ثابت و اختلاف پتانسیل ثابت.

12– volt-ampere characteristic
13– curve
14– welding work load
15– Gas Tungsten-Arc Welding

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ثابت جهت کنترل پایداری و تثبیت قوس الکتریکی ضروری است.

- جوشکاری تحت حفاظت گاز با الکترود فلزی[16]، نیاز به‌یک شیب خروجی نسبتاً افقی دارد و جهت تثبیت قوس الکتریکی این شیب خروجی باید از منبع انرژی با ولتاژ ثابت به‌دست آید.
- جوشکاری زیرپودری[17] بسته به‌نوع کاربرد و کنترل دقیق تجهیزات،قابل سازگاری با شیب‌های خروجی مختلف است.

بعضی از ماشین‌های جوشکاری جریان مستقیم ممکن است دو نوع اصلی از شیب خروجی را در یک واحد منفرد ترکیب کنند. در این حالت می‌توان با زدن کلید انتخاب‌کننده یک شیب تند (با جریان ثابت) یا یک شیب تخت (با ولتاژ ثابت) تولید کرد.

۲ـ۶ انواع منبع انرژی

ماشین‌های جوشکاری با جریان ثابت براساس شیوهٔ تولید جریان جوشکاری طبقه‌بندی می‌شوند و دارای سه نوع عمومی می‌باشند:

دستگاه موتور ـ مولد[18] ***(موتور ژنراتور و دینام)***. که با یک موتور الکتریکی جریان یکسو (d.c.) یا جریان متناوب (a.c.) و یا یک موتور احتراقی درونسوز راه‌اندازی می‌شود و قادر به‌تولید جریان یکسو، متناوب، و یا یکسو/متناوب می‌باشند.

مبدل ـ یکسوکننده[19] ***(رکتیفایر)***. در این دستگاه از یک مبدل جهت کاهش ولتاژ الکتریکی جریان متناوب ورودی (مثلاً ولتاژ برق شهر) به‌ولتاژ لازم برای جوشکاری (با جریان متناوب) استفاده می‌شود. سپس جریان الکتریکی برای تبدیل از جریان متناوب به‌جریان یکسو، داخل یکسوکننده یا رکتیفایر می‌گردد.

مبدل جریان متناوب (ترانس)[20]. در این حالت از یک مبدل الکتریکی برای کاهش ولتاژ ورودی جریان متناوب به‌ولتاژ لازم برای جوشکاری با جریان متناوب استفاده می‌شود.

16– Gas-shielded Metal-Arc Welding
17– Submerged Arc Welding
18– Motor-generators
19– Transformers-rectifiers
20– a.c. Transformer

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۲ـ۷ خصوصیات جریان ثابت

ماشین‌های جوشکاری جریان ثابت اصولاً برای جوشکاری دستی با الکترود روکش‌دار و جوشکاری گازی با قوس تنگستن به‌کار می‌روند. زیرا جریان تولید شده توسط این نوع منابع علیرغم تغییرات طول قوس، ثابت می‌ماند. این ماشین‌ها را گاهی ولتاژ افتان[۲۱] یا افت‌دهنده[۲۲] گویند زیرا با افزایش جریان، ولتاژ کاهش یافته و یا اصطلاحاً افت می‌کند.

شیب خروجی

ماشین‌های جوشکاری جریان ثابت دارای شیب خروجی تندی بوده و در هر دو نوع جریان یکسو و متناوب قابل دسترسی و استفاده هستند. طبق شکل ۲ ـ ۵ هر چقدر شیب منحنی ولت ـ آمپر در محدودهٔ شدت جریان جوشکاری تندتر باشد، تغییرات جریان برای یک تغییر ولتاژ مفروض در قوس الکتریکی، کوچکتر است. در بعضی موارد احتیاج به‌منحنی ولت ـ آمپر با شیب تند (منحنی A) و در بعضی موارد احتیاج به‌یک منحنی با شیب ملایم (منحنی B) می‌باشد. منبع انرژی جریان ثابت،جوشکار را قادر می‌سازد تا میزان جریان را در یک محدودهٔ مشخص، با تغییر طول قوس الکتریکی در حین پیشرفت عملیات جوشکاری کنترل نماید.

ولتاژ مدار باز و ولتاژ قوس

ولتاژ مدار باز[۲۳] ولتاژی است که توسط ماشین جوشکاری قبل از آغاز عملیات تولید می‌گردد. در این حالت ماشین بیهوده روشن است. ولتاژ قوس[۲۴]، ولتاژ تولیدشده میان الکترود و قطعه‌فلز در حین عمل جوشکاری است. ولتاژ مدار باز عموماً بین ۵۰ تا ۱۰۰ ولت و ولتاژ قوس بین ۱۸ تا ۳۶ ولت می‌باشد (شکل ۲ ـ ۵).

در هنگام تشکیل قوس و استفاده از ماشین برای جوشکاری،ولتاژ مدار باز به‌میزان ولتاژ قوس افت می‌کند. ولتاژ قوس براساس طول قوس ایجاد شده توسط جوشکار و نوع الکترود مصرفی تعیین می‌شود. هنگامی که قوس بلند باشد ولتاژ قوس افزایش یافته و جریان کاهش می‌یابد و برعکس هنگامی که طول قوس کوتاه باشد، ولتاژ قوس کاهش یافته و شدت جریان افزایش می‌یابد. بر این اساس طبق شکل ۲ ـ ۵ در منحنی B اختلافی معادل ۴۰ آمپر میان شدت جریان لازم برای تولید قوس بلند و کوتاه وجود دارد. میزان این تغییرات بستگی به‌وضعیت ولتاژ مدار باز دارد.

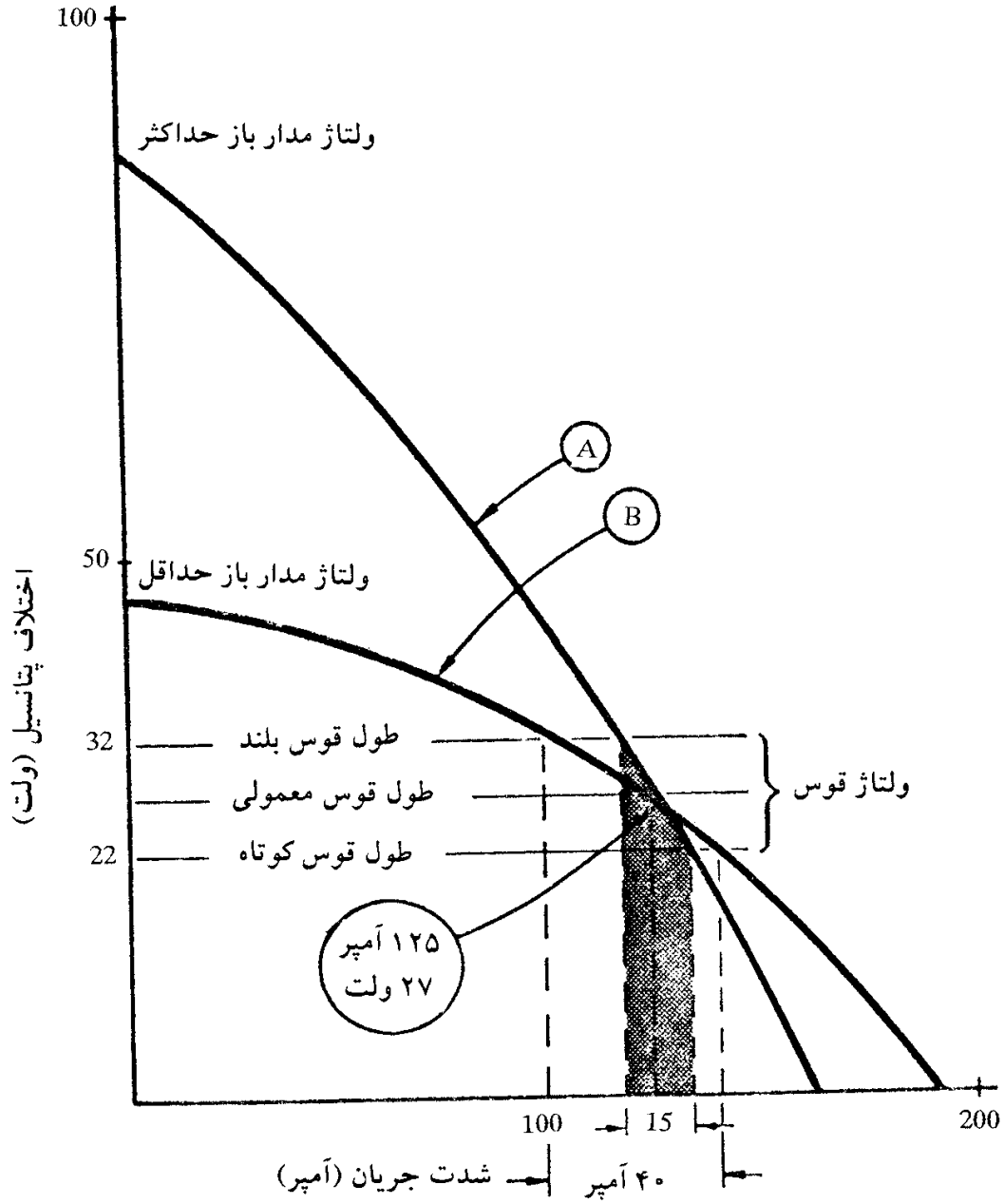
21– Drooping voltage

22– Drooper

23– open circuit voltag

24– Arc voltage

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۲ ـ ۵ ـ دو شیب خروجی ممکن برای یک منبع انرژی جوشکاری با جریان ثابت. شیب تند (A) حداقل تغییرات جریان را می‌دهد. شیب ملایم‌تر (B) به‌واسطهٔ تغییر طول قوس موجب تغییرات مقدار جریان می‌شود. به‌طور خلاصه تغییر ولتاژ مدار باز موجب تغییر در شیب منحنی ولت ـ آمپر خواهد شد.

هرچند که دامنهٔ جریان میان قوس بلند و کوتاه در شکل ۲ ـ ۵ (منحنی B)، مساوی ۴۰ آمپر است، دامنهٔ جریان مربوط به‌دو ولتاژ مدار باز در حالت متعارف فقط ۱۵ آمپر است. با توجه به‌شکل، برای یک محدوده ولتاژ مشخص، منحنی ولتاژ مدار باز حداقل (B) ، دامنهٔ بزرگتری نسبت بـه‌منحنی ولتاژ مدار باز حداکثر (A) ایجاد می‌کند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ولتاژ مدار باز در ماشین‌های جریان ثابت نسبت به‌ماشین‌های ولتاژ ثابت، بیشتر است (برای نوع اول حدوداً ۸۰ ولت و در نوع دوم ۵۰ ولت است). بر روی ماشین‌های جوشکاری جریان ثابت صفحه تنظیم ولتاژ وجود ندارد، هرچند ولتاژ مدار باز می‌تواند با صفحه تنظیم جریان در ماشین‌هایی که دارای کنترل دوگانه[۲۵] هستند، تنظیم شود.

در ماشین‌های ولتاژ ثابت، تغییرات طول قوس، تغییر نسبتاً کوچکی را در شدت جریان به‌وجود می‌آورد. بنابراین حرارت جوشکاری و سرعت سوختن الکترود خیلی کم تحت تأثیر قرار گرفته و جوشکار قادر به‌کنترل مناسب حوضچهٔ مذاب و پیشرفت عملیات جوشکاری خواهد بود.

۲ ـ ۸ ماشین‌های مورد استفاده در جوشکاری دستی با الکترود روکش‌دار

به‌طور کلی سه نوع ماشین جوشکاری وجود دارد:

(۱) موتور ـ مولدها شامل موتور درونسوز یا موتور برقی (موتور ـ ژنراتور و دینام‌ها)؛

(۲) مبدل ـ یکسوکننده‌ها (رکتیفایر)؛

(۳) مبدل‌ها (ترانس‌ها).

۲ ـ ۸ ـ ۱ ماشین‌های جوشکاری موتور ـ مولد[۲۶]

موتور ـ مولدها (موتور ـ ژنراتورها) معمولاً تنها جریان یکسو تولید می‌کنند، هرچند می‌توانند برای تولید جریان متناوب نیز طراحی و ساخته شوند. اکثر موتور ـ مولدها از نوع جریان ثابت بوده و آنها بویژه برای الکترودهای روکش‌دار و جوشکاری تحت حفاظت گاز با قوس تنگستن مورد استفاده می‌باشند. یک مدل از این ماشین‌ها در شکل ۲ ـ ۶ نشان داده شده است.

ماشین‌های موتور ـ مولد برقی (دینام‌ها)، شامل یک موتور با جریان متناوب، یک مولد جریان یکسو یا متناوب و یک مولد میدان مغناطیسی[۲۷] مستقر بر روی یک شفت می‌باشد. جریان متناوب حاصل از منبع نیرو (مثلاً برق شهر) موتور الکتریکی را به‌کار انداخته و این‌موتور مولدی را به‌کار می‌اندازد که جریان لازم برای جوشکاری را تولید می‌کند. این قسمت‌ها در شکل ۲ ـ ۶ نشان داده شده است.

انواع دیگری از مولدها در مواقعی‌که تأمین انرژی الکتریکی در محل مقدور نباشد، توسط یک

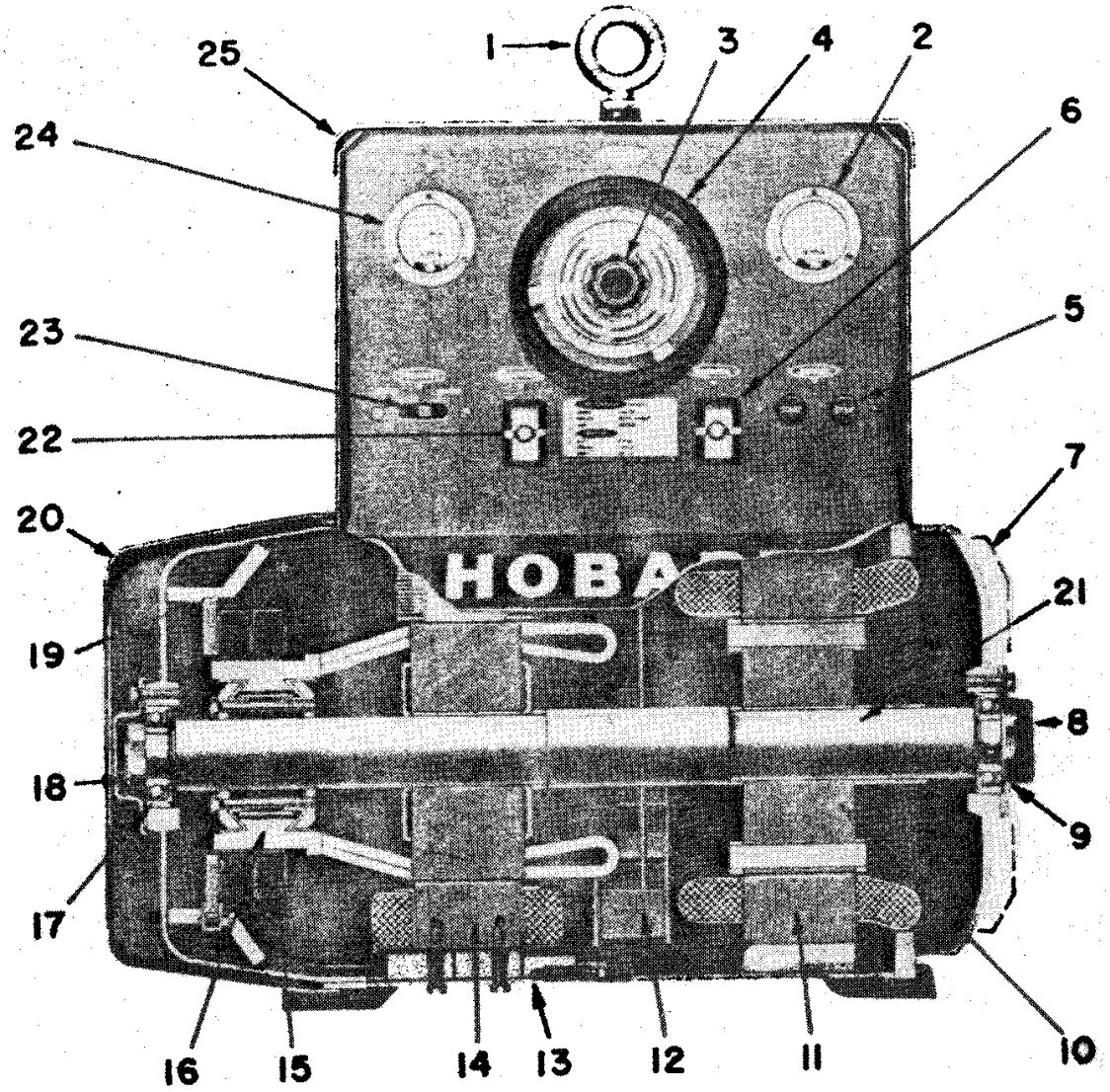
25– dual control

26– d.c. and a.c. Motor-Generator Welding Machines

27– exciter

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

موتور درونسوز بنزینی و یا دیزلی مشابه آنچه در اشکال ۲ ـ ۷ و ۲ ـ ۸ نشان داده شده، راه‌اندازی می‌شوند.

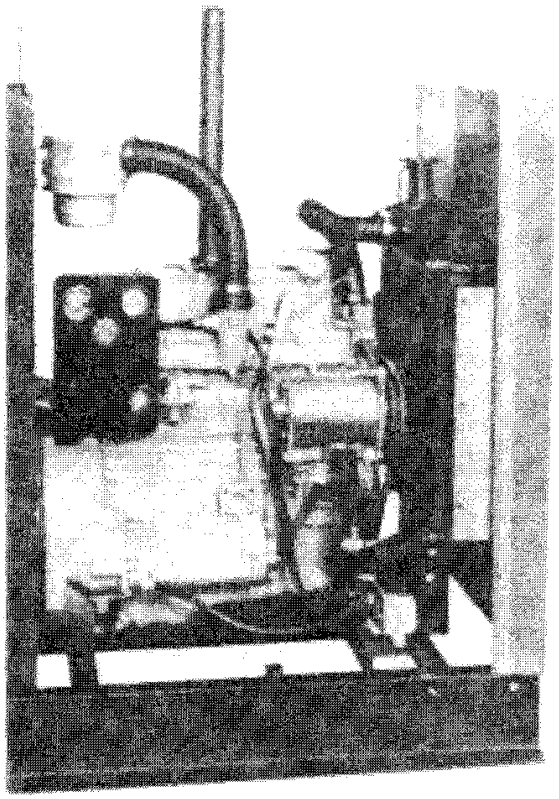


شکل ۲ ـ ۶ ـ موتور ـ مولد برقی (دینام).

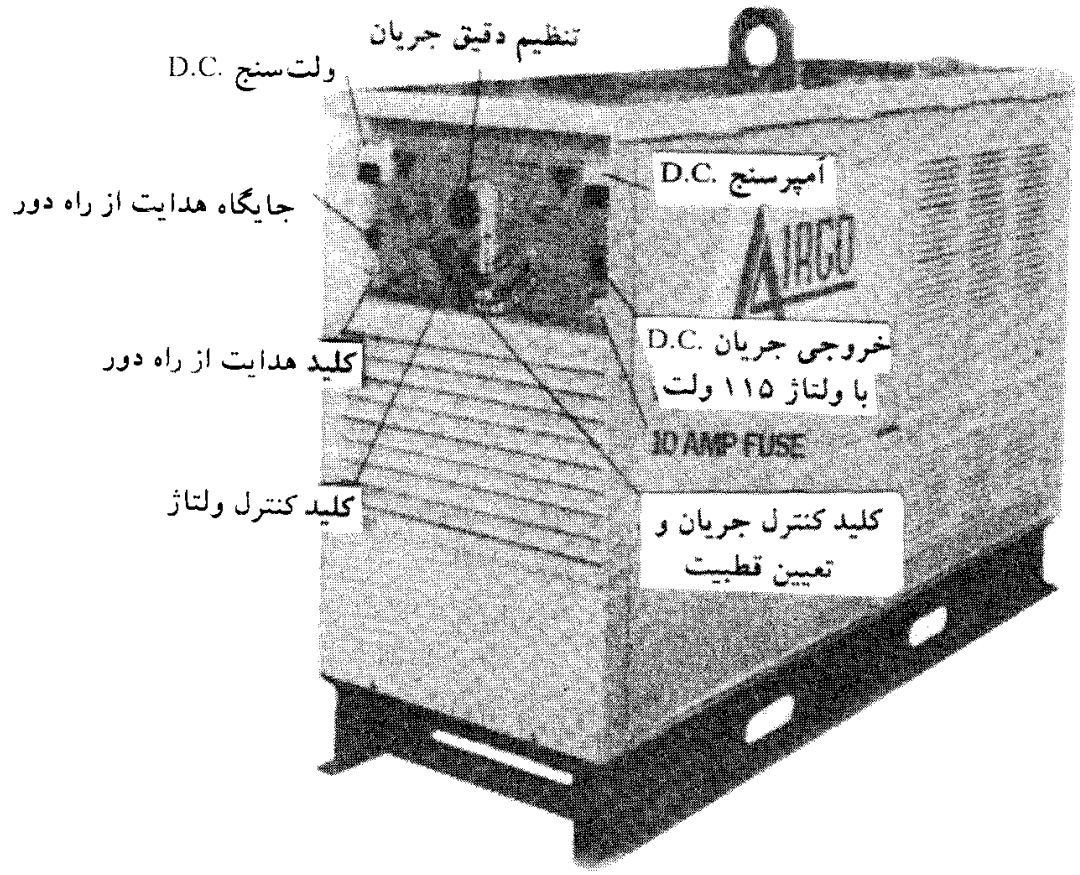
قسمت‌های داخلی طبق شکل به‌شرح زیر است:

۱ ـ قلاب فلزی بزرگ و محکم؛ ۲ ـ ولت‌سنج بزرگ؛ ۳ ـ تنظیم ریز شدت جریان؛ ۴ ـ تنظیم در شدت جریان؛ ۵ ـ کلید خاموش ـ روشن؛ ۶ ـ اتصال‌دهندهٔ کابل‌های زمین؛ ۷ ـ حفاظ فلزی؛ ۸ ـ درپوش یاتاقان؛ ۹ ـ یاتاقان؛ ۱۰ ـ محفظهٔ مسی روتور؛ ۱۱ ـ موتور سه‌فاز؛ ۱۲ ـ پروانهٔ فلزی خنک‌کن؛ ۱۳ ـ قاب فلزی؛ ۱۴ ـ مولد جریان؛ ۱۵ ـ جاروک گرافیتی ـ فلزی؛ ۱۶ ـ یکسوکننده؛ ۱۷ ـ یاتاقان توپی؛ ۱۸ ـ درپوش یاتاقان؛ ۱۹ ـ قاب فلزی؛ ۲۰ ـ روکش فلزی متحرک؛ ۲۱ ـ شفت؛ ۲۲ ـ کابل‌های اتصال‌دهندهٔ جوشکاری؛ ۲۳ ـ کلید قطبیت؛ ۲۴ ـ آمپرسنج بزرگ؛ ۲۵ ـ روکش.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۲ ـ ۷ ـ یک موتور درونسوز (با سیستم سردکنندهٔ آبی) که انرژی لازم برای راه‌اندازی ماشین جوشکاری نشان داده شده در شکل ۲ ـ ۹ را تأمین می‌کند.



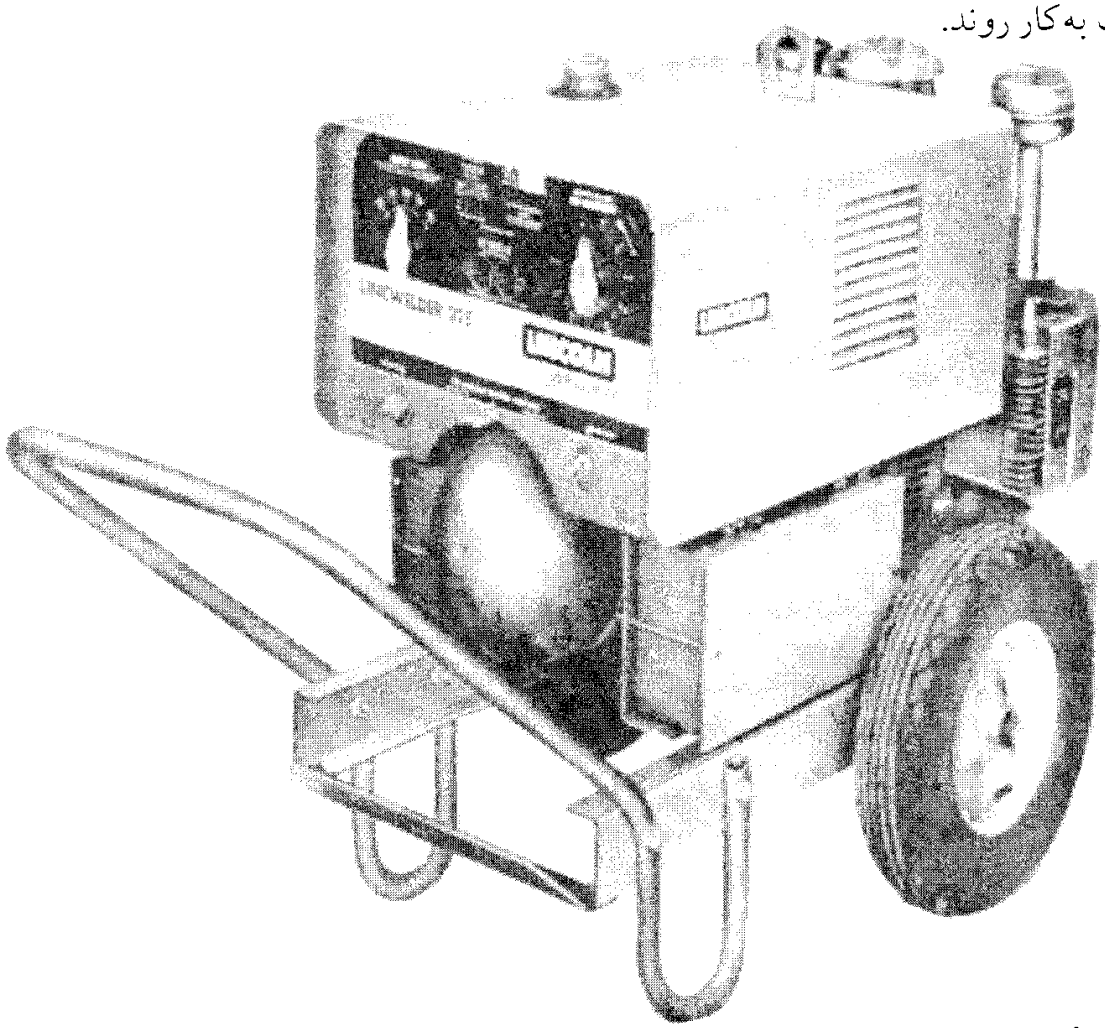
شکل ۲ ـ ۸ ـ دیزل ـ ژنراتور جوشکاری با جریان یکسو با ظرفیت ۴۰۰ آمپر. دارای تنظیم پیوسته دقیق میان شدت جریان‌های اصلی بوده و می‌تواند برای جوشکاری با الکترود معمولی و جوشکاری گازی استفاده شود. این دستگاه را می‌توان بر روی شاسی متحرک سوار نمود. شکاف‌های موجود بر روی پایه برای استفاده جرثقیل‌های بالابر می‌باشد.

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING
www.niazit-ceiling.com

در بعضی از کارهای ساختمانی و کارهای تعمیری استفاده از منبع انرژی الکتریکی مقرون به‌صرفه نبوده، همچنین در بعضی موارد انرژی الکتریکی قابل دسترس نیست. بنابراین استفاده از موتورهای بنزینی و دیزلی به‌عنوان منبع انرژی جهت راه‌اندازی مولد جوشکاری ضروری است. کنترل جوشکاری توسط این ماشین‌ها مشابه موتور ـ مولدهای برقی (دینام) است. واحدهای مختلف دستگاه بر روی یک شاسی ساخته می‌شود که در زیر آن چرخ‌های لاستیکی مشابه لاستیک اتومبیل وجود دارد که باعث سهولت حرکت آن در قسمت‌های مختلف کارگاه می‌گردد (شکل ۲ـ۹).

سوخت موتورها معمولاً بنزین، گازوئیل و گاز پروپان می‌باشد. موتور ـ مولدهای جریان یکسو و متناوب و موتورهای درونسوز دارای خصوصیات مطلوب برای جوشکاران جوش قوس الکتریک به‌شرح زیر می‌باشند:

- دارای یک قوس نفوذی و قوی می‌باشند.
- تنوع کاربرد زیادی داشته و می‌توانند برای کلیهٔ فلزات قابل جوشکاری با جوش قوس الکتریک به‌کار روند.



شکل ۲ ـ ۹ ـ این موتور درونسوز بنزینی، ماشین جوشکاری را راه‌اندازی کرده و برای روشنایی اضطراری و برای وسایل برقی برق متناوب تأمین می‌کند.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

● دارای دوام و عمر طولانی می‌باشند.

ابعاد

ابعاد ماشین براساس آمپراژ جریان خروجی تعیین می‌شود. این محدوده ماشین‌های ۱۰۰ آمپری برای کارهای کوچک خانگی تا ماشین‌های با ظرفیت بیش از ۱۵۰۰ آمپر را که با تجهیزات جوشکاری زیرپودری اتوماتیک استفاده می‌شوند، شامل می‌شود.

در کارهای جوشکاری دستی لازم نیست که ماشین به‌طور دائمی و پیوسته جریان الکتریکی تولید کند. در حین تعویض الکترود، انجام عملیات حرارتی (پیش‌گرمایش)، تنظیم وضعیت قطعه‌کار، تمیز کردن جوش درحد فاصل پاس‌ها و تغییر موقعیت جوشکاری، نیازی به‌روشن بودن دستگاه تولید جریان نیست. برای ماشین با ظرفیت ۲۰۰ آمپر و بیشتر، نرخ جریان خروجی بر پایه ۶۰ درصد زمان کارکرد* می‌باشد. بدین‌معنی که ماشین جوشکاری مثلاً در هر ۱۰ دقیقه، تنها ۶ دقیقه می‌تواند بار خروجی مورد نظر را تأمین کند. برای ماشین‌های با ظرفیت ۱۰۰ آمپر و کمتر نرخ جریان خروجی عموماً براساس ۵۰ درصد زمان کارکرد می‌باشد. در بسیاری موارد ماشین‌ها به‌طور دستی قابل حمل و جابه‌جایی هستند که معمولاً برای جوشکاری مداوم و پیوسته استفاده نمی‌شوند. واحدهای تأمین انرژی کاملاً اتوماتیک عموماً براساس نرخ زمان کارکرد معادل ۱۰۰ درصد، جریان تولید می‌کنند.

یک ماشین جوشکاری مقدار جریان بیشتری را نسبت به‌آنچه که درجه نشان می‌دهد، تحویل می‌دهد بنابراین یک جوشکار مثلاً براساس درجه ۲۰۰ آمپر جریانی معادل ۲۰۰ الی ۲۵۰ آمپر را جهت جوشکاری تحویل خواهد گرفت. مقدار خروجی واقعی از خروجی نشان داده شده طبق درجه‌بندی همواره بیشتر است، بنابراین یک ماشین نباید در حداکثر ظرفیت خود در یک دورهٔ ممتد و یا حتی نزدیک به‌این ظرفیت مورد استفاده قرار گیرد.

نگهداری و تعمیر

مولدهای جریان یکسو در صورتی که به‌طور صحیح نگهداری شوند بسیار بادوام بوده و مدت خدمت‌دهی آنها طولانی است. مناطقی که در این ماشین‌ها دچار فرسودگی می‌شوند عبارتند از: جاروبک ذغالی (بخشی که روی کولکتور قرار دارد و پس از مدتی ساییده شده و باید تعویض

---

* نسبت زمان روشن بودن قوس به‌روشن بودن دستگاه جوش در زمان معین را سیکل تناوب (duty cycle) یا زمان مؤثر کارکرد گویند.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

گردد). عایق سطح یکسوکننده[۲۸]، نقطهٔ تماس کلید استارت[۲۹]، و رئوستای کنترلی. یاتاقان‌های اصلی روی شفت باید به‌طور مرتب هر ۶ ماه یکبار بازرسی و گریس‌کاری شوند. برای تمیز کردن گریس‌کاری قبلی باید یاتاقان از محل خود بیرون آورده شود.

کنترل‌های موتور ـ مولد جریان یکسو

(الف) دکمه‌های شروع و توقف

این قبیل کنترل‌ها در هنگام شروع و پایان کار موتوری که مولد ماشین جوشکاری را به‌راه می‌اندازد لازم است. دکمهٔ شروع (استارت) به‌رنگ سیاه و دکمهٔ توقف به‌رنگ قرمز است. پس از آغاز کار دستگاه، قرار گرفتن این دکمه‌ها به‌طور محکم در محل خود بسیار مهم است. از عملکرد تند و خشن با دکمه‌ها باید پرهیز شود چراکه امکان صدمه دیدن نقاط تماس و قطع جریان برق دستگاه و فیوز، وجود دارد. شرح این موارد در شکل ۲ ـ ۶ آورده شده است.

(ب) کلید قطبیت[۳۰]

در جوشکاری با جریان یکسو، دو نوع قطبیت مستقیم (منفی) و یا معکوس (مثبت) مورد استفاده است. قطبیت (مستقیم یا معکوس) جهت جریان الکتریکی را در مدار جوشکاری نشان می‌دهد.

هنگامی که جوشکاری با قطبیت مستقیم (DCSP)[۳۱] انجام می‌شود انبر الکترود به‌خروجی منفی و فلز پایه به‌خروجی مثبت متصل می‌گردد. در قطبیت مستقیم یا قطبیت منفی، مسیر جریان از قطب منفی منبع انرژی به‌سمت الکترود، سپس در عرض قوس الکتریکی بر روی قطعه فلز پایه بوده و نهایتاً به‌قطب مثبت منبع انرژی باز می‌گردد.

در جوشکاری با قطبیت معکوس (DCRP)[۳۲]، انبر الکترود به‌قطب مثبت و فلز پایه به‌قطب منفی منبع انرژی متصل می‌گردد. در قطبیت معکوس، مسیر جریان الکتریکی از انتهای منفی منبع به‌سمت فلز پایه، قوس، الکترود و سپس به‌سمت قطب مثبت منبع انرژی می‌باشد. دکمه‌های قطبیت، نوع قطبیت را از مستقیم به‌معکوس و یا برعکس تبدیل می‌کنند. نام دیگر برای قطبیت معکوس، قطبیت مثبت[۳۳] بوده و اسامی دیگر قطبیت مستقیم عبارت از قطبیت منفی[۳۴]، قطبیت

28– commutator
29– start
30– polarity switch
31– Straight Polarity
32– Reverse Polarity
33– positive polarity
34– negative polarity

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

استاندارد[۳۵] و قطبیت نرمال[۳۶] می‌باشد. هرکدام از این اسامی ممکن است بر روی دکمه‌های مربوطه به‌کار رفته باشد.

(پ) ولت ـ آمپرسنج

دستگاه‌های اندازه‌گیری گاهی دو هدف را برآورده می‌سازند. در بعضی ماشین‌ها، همراه با نمایش جریان و ولتاژ برحسب اهم و آمپر، نوع قطبیت را نیز مشخص می‌کنند. بعضی ماشین‌ها، مانند شکل (۲ ـ ۶)، دارای ولت‌سنج و آمپرسنج جداگانه، و بعضی دارای یک صفحه مدرج نمایش می‌باشند که برای قرائت توأم ولتاژ و آمپراژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دستگاه‌های اندازه‌گیری ترکیبی، به‌کمک یک کلید اضافی نوع قرائت (برای ولت یا آمپر) مشخص می‌شود. در حقیقت برای تعیین صحیح میزان ولتاژ یا آمپراژ مورد استفاده، شخص دیگری باید درکنار فرد جوشکار باشد تا دستگاه اندازه‌گیری را حین عمل جوشکاری برحسب مورد کنترل کند. همهٔ ماشین‌های جوشکاری مجهز به‌دستگاه سنجش ولتاژ و آمپراژ نیستند.

(ت) تنظیم جریان

اگر در ذهن خود شدت جریان عبوری از سیم مدار را با جریان آب در یک لوله مقایسه نمایید، مفهوم کنترل و تنظیم جریان بهتر درک می‌شود. آمپراژ، مقدار یا دبی جریان است و مقدار حرارت تولید شده در جوشکاری را معین می‌کند. ولتاژ در حکم اختلاف ارتفاع موجود برای رانش جریان در لوله است. ولتاژ قابلیت روشن شدن و (تشکیل) قوس الکتریکی را معین کرده و میزان پایداری، یا دوام آن را مشخص می‌کند. اگر ولتاژ زیاد باشد، قوس خیلی تند[۳۷] بوده و ممکن است موجب انحراف قوس[۳۸*] گردد. اگر میزان ولتاژ خیلی کم باشد، برقراری قوس بسیار مشکل است. مولدهای جوشکاری به‌کمک عقربهٔ تنظیم، دامنهٔ عریضی را برای انتخاب جریان جوشکاری فراهم کرده و امکان تأمین حرارت مناسب و دقیق را ممکن می‌سازند. کنترل مطلوب قوس امکانپذیر است زیرا شیب خروجی ماشین جوشکاری می‌تواند به‌میزان دلخواه تنظیم شود. یک پیچ یا اهرم دستی به‌جوشکار اجازه می‌دهد تا جریان را در یک نرخ معین قرار دهد. دو نوع تنظیم مولد وجود دارد:

35– standard polarity
36– normal polarity
37– harsh
38– arc blow

* پدیده‌ای که موجب انحراف قوس از کوتاهترین مسیر به‌علت ایجاد حوزه‌های مغناطیسی خودالقای ناهمگن در اطراف قوس می‌شود.

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

تنظیم جریان غیرپیوسته (پله‌ای[۳۹]) و تنظیم جریان پیوسته[۴۰].

(ث) تنظیم جریان مضاعف غیرپیوسته (پله‌ای)

در مولدها با شدت جریان پله‌ای ثابت، یک صفحهٔ تنظیم درشت[۴۱]، دامنهٔ شدت جریان را انتخاب می‌کند. این دامنه را گام[۴۲و۴۳] گویند. عقربهٔ تنظیم درشت باید در دامنهٔ مناسب قرار گیرد تا از سوختن فیوز دستگاه و آسیب رسیدن به‌آن جلوگیری شود.

تنظیم ریز[۴۴]، جریان را بین دو گام متوالی اصلاح می‌کند. بسته به‌قطر الکترود، وضعیت جوشکاری، و ضخامت فلز پایه، تنظیم ریز به‌سمت بالا یا پایین پیچانده می‌شود. ماشین جوشکاری شکل ۲ ـ ۶ دارای کنترل دوگانه پله‌ای است.

(ج) تنظیم جریان مضاعف پیوسته

در مولدها با شدت جریان ثابت و کنترل مضاعف پیوسته، صفحه تنظیم درشت، جریان را به‌طور پیوسته تنظیم می‌کند. (بعضی از اپراتورها، صفحه تنظیم درشت را سلکتور قطعه[۴۵] یا الکترود[۴۶] می‌نامند). صفحه تنظیم ریز، هم شدت جریان و هم ولتاژ مدار باز را تنظیم می‌کند. اپراتور شیب خروجی را برای یک وضعیت جریان مفروض با تنظیم دستی هر دو صفحهٔ تنظیم درشت و ریز، تنظیم می‌کند.

یک چرخ یا طوقه گرد که دور هر دو صفحه تنظیم آمپراژ و ولتاژ قرار دارد، تنظیم پیوسته جریان و ولتاژ را برای جوشکار مقدور می‌سازد. جدایی در کنترل ولتاژ و آمپراژ این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان ترکیبات مختلفی از ولتاژ ـ آمپراژ در دامنهٔ خروجی دستگاه از حداقل ولتاژ همراه با حداقل جریان تا حداکثر ولتاژ همراه با حداکثر جریان را به‌وجود آورد. بنابراین امکان انجام جوشکاری قوسی با خصوصیات مختلف متغیر فراهم می‌شود.

(چ) تنظیم از راه دور

بعضی ماشین‌های جوشکاری برای کنترل واحدهای جریان مجهز به‌سیستم کنترل از راه دور[۴۷]

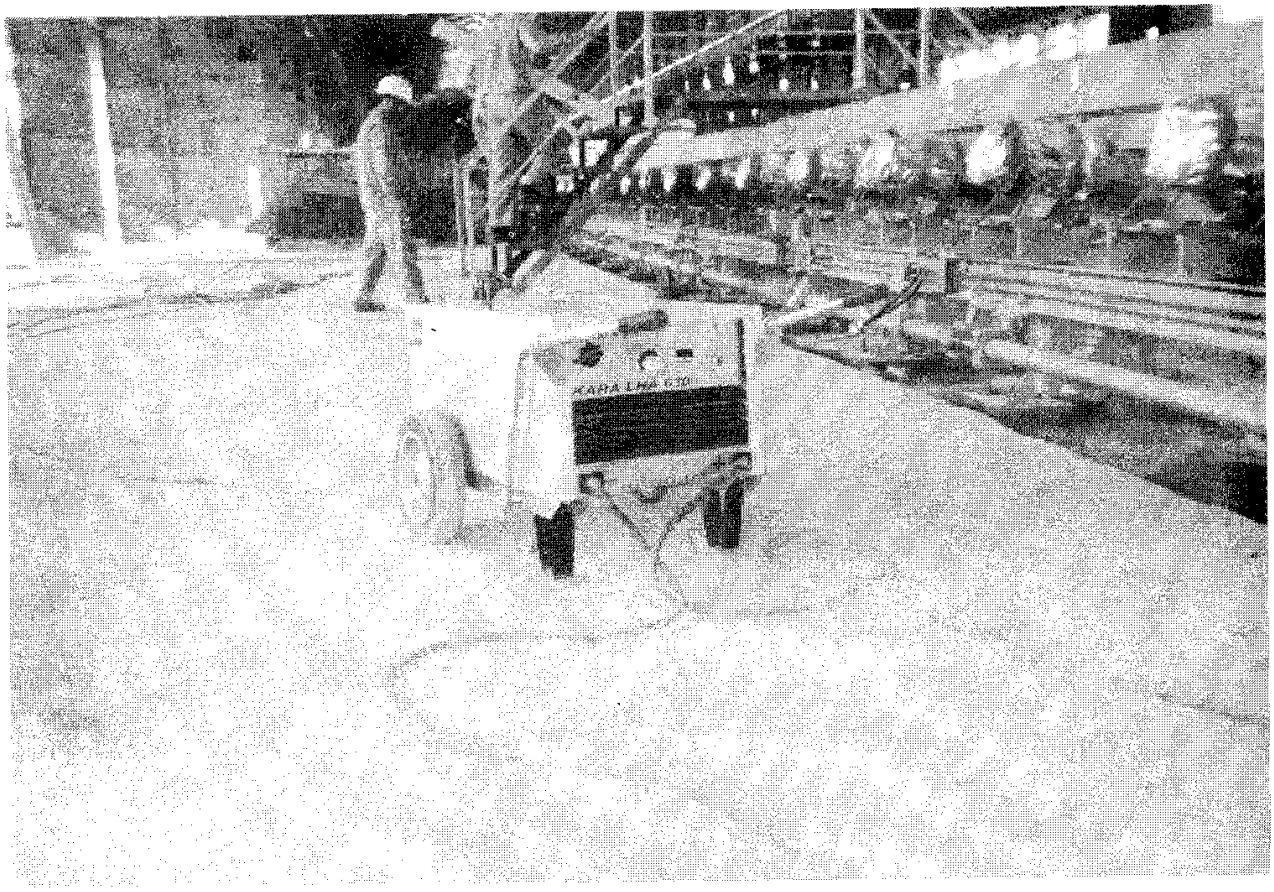
39– tapped-step current control
40– continuously variable current
41– coarse adjustment dial
42– steps
43– taps
44– fine adjustment
45– job selector
46– electrode selector
47– remote control

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

می‌باشند. ممکن است ماشین جوشکاری در مکانی دور از محل کار نصب و راه‌اندازی گردد و در ضمن امکان ترک کارگاه جهت تنظیم دستگاه برای جوشکار فراهم نباشد. در این حالت استفاده از سیستم کنترل از راه دور برای جوشکاری که مجبور به‌ترک محوطه جهت تنظیم دستگاه می‌باشد، موجب صرفه‌جویی در وقت خواهد شد.

۲ ـ ۸ ـ ۲ ماشین جوشکاری مبدل ـ یکسوکننده D.C. (رکتیفایرها)

ماشین‌های مبدل ـ یکسوکننده که نمونه‌ای از آن در شکل ۲ ـ ۱۰ نشان داده شده، دارای طرح‌های متعدد برای مقاصد مختلف می‌باشند. انعطاف‌پذیری، یکی از دلایل پذیرش گستردهٔ این ماشین در صنعت جوشکاری است. این ماشین‌ها قادر به‌تحویل جریان با قطبیت مستقیم یا معکوس می‌باشند، همچنین ممکن است برای جوشکاری دستی با الکترود، جوشکاری تحت حفاظت گاز، جوشکاری زیرپودری و جوشکاری گل‌میخ‌ها[۴۸] مورد استفاده قرار گیرند و امکان سرویس‌دهی



شکل ۲ ـ ۱۰ ـ ماشین جوشکاری یکسوکننده (رکتیفایر).

48– stud welding

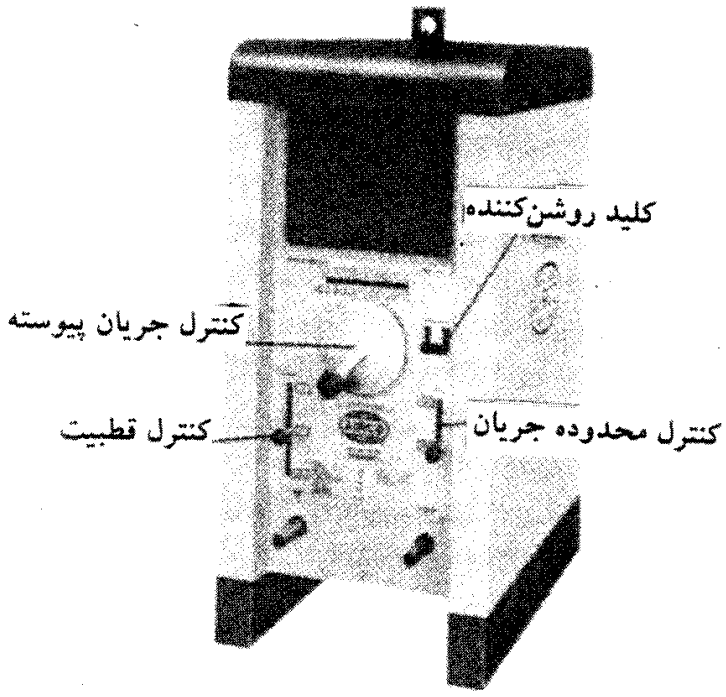
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

همزمان چندین کاربر را دارا می‌باشند.

همهٔ ماشین‌های مبدل ـ یکسوکننده دارای دو قسمت اصلی هستند: (۱) یک مبدل (ترانسفورماتور) جهت تنظیم جریان متناوب ورودی به‌ماشین، (۲) یکسوکننده که جریان متناوب را به‌جریان مستقیم تبدیل می‌کند. مهمترین قسمت دیگر این ماشین‌ها یک پروانه تهویه است. این پروانه از افزایش حرارت یکسوکننده در حین کار و در نتیجه کاهش طول عمر مفید آن جلوگیری می‌کند. مشابه موتور ـ مولدهای یکسو، کنترل جریان پیوسته در یک دامنهٔ وسیع امکانپذیر است. مبدل ـ یکسوکننده‌ها دارای قسمت اصلی گردنده نیستند بنابراین در هنگام عدم استفاده و یا کارکرد آهسته انرژی کمتری مصرف می‌کنند. این ماشین‌ها به‌نگهداری و مراقبت کمتری نیاز دارند.

ماشین‌های جوشکاری مبدل ـ یکسوکنندهٔ AC-DC

ماشین‌های a c -d c به‌کاربر اجازه می‌دهند که نوع جریان را به‌صورت مستقیم یا متناوب و نوع قطبیت را به‌صورت مستقیم یا معکوس انتخاب کند. این ماشین‌ها در اصل یک مبدل ـ یکسوگر جریان a.c. هستند. یک کلید به‌کاربر اجازه می‌دهد تا فقط از قسمت مبدل برای جریان متناوب استفاده کند. با زدن یک کلید یا چرخاندن یک صفحه،جریان خروجی به‌داخل یکسوکننده فرستاده می‌شود و این دستگاه جریان را به‌جریان مستقیم جوشکاری تبدیل می‌کند. مدار یکسوکننده این ماشین مشابه سایر ماشین‌های مبدل ـ یکسوکننده می‌باشد (شکل ۲ ـ ۱۱).



شکل ۲ ـ ۱۱ ـ ماشین مبدل ـ یکسوکننده a.c.-d.c.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

دستگاه‌های تشکیل قوس با فرکانس زیاد، هدایت جریان آب و گاز در حین جوشکاری، فیلترهای عملکرد جریان متناوب، و سایر تنظیم‌ها نظیر کنترل از راه دور همواره برای این ماشین‌ها پیش‌بینی می‌شود.

۲ ـ ۸ ـ ۳ ماشین‌های جوشکاری جریان متناوب (A.C.)

خاصیت جریان متناوب این است که در هر $\frac{۱}{۱۲۰}$ ثانیه جهت آن عکس می‌شود. این تغییر فاز مداوم جریان، باعث کاهش میدان مغناطیسی جریان شده و در نتیجه از انحراف قوس می‌کاهد. انحراف قوس باعث ترشح شده و در ترکیب جوش ایجاد تداخل می‌کند.

هرچند که تشکیل قوس با جریان متناوب نسبت به‌حالت استفاده از جریان یکسو، تا اندازه‌ای مشکل است، لیکن عدم وجود انحراف قوس و ولتاژ زیاد، باعث دوام و پایداری قوس می‌شود. این شرایط همچنین اجازه استفاده از الکترودهای بزرگ را داده و باعث افزایش سرعت کار در جوشکاری فلزات سنگین و ضخیم می‌گردد. دیگر مزایای ماشین‌های جریان متناوب، قیمت پایین، کاهش مصرف انرژی، بازده تولید جریان زیاد، عملکرد بیصدا و کاهش نیاز به‌مراقبت و نگهداری نسبت به‌انواع دیگر است.

ماشین جوشکاری جریان متناوب مخصوصاً مناسب برای جوشکاری شیارها و پر کردن درزهای صفحات ضخیم در موقعیت جوشکاری تخت و پایین‌دست می‌باشد. دو نوع اصلی ماشین‌های جریان متناوب، شامل مبدل، و موتور ـ مولد (ژنراتور) می‌باشند.

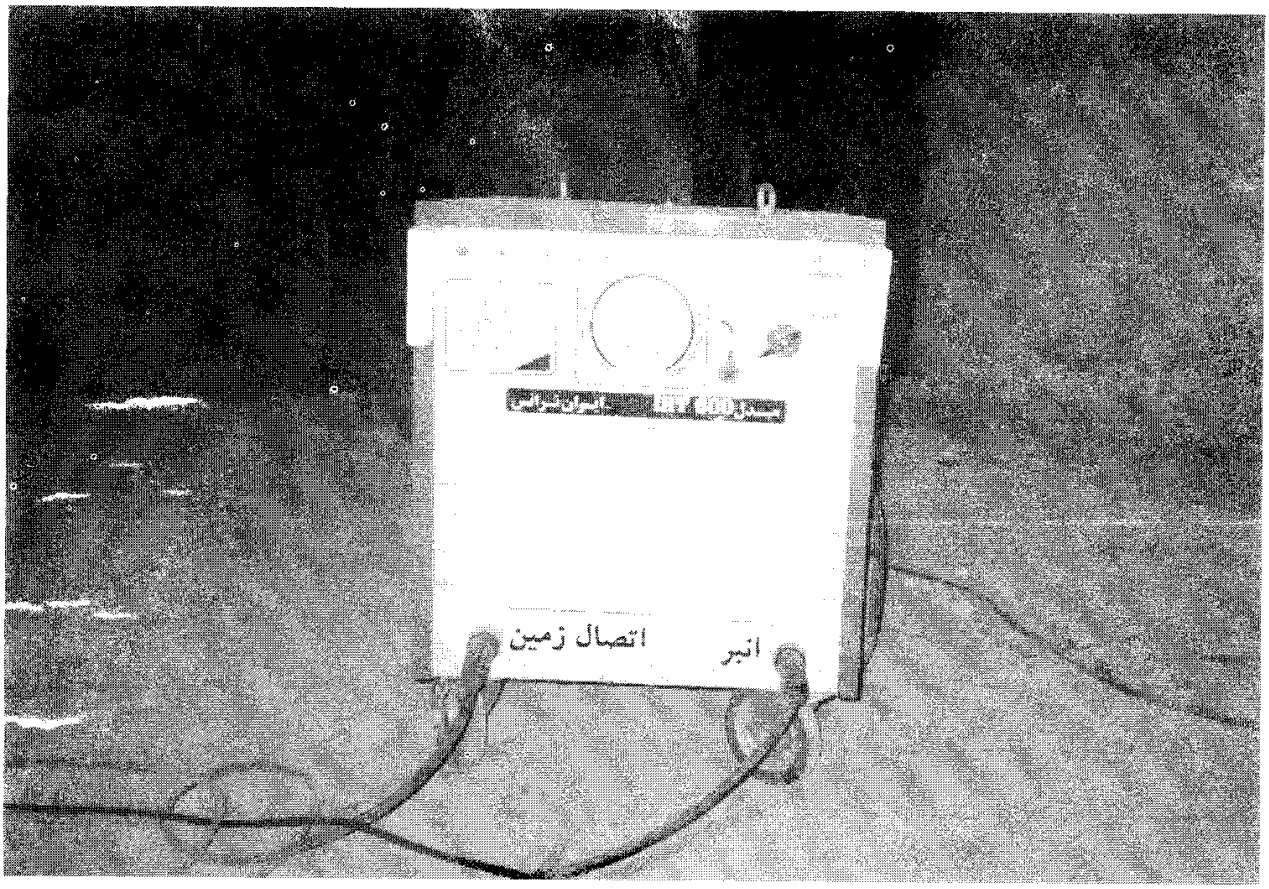
مبدل‌های جریان متناوب (ترانس‌ها)

مبدل‌های a.c. یا ترانس‌ها، رایج‌ترین ماشین‌های جوشکاری جریان متناوب می‌باشند (شکل ۲ ـ ۱۲). عملکرد مبدل کاهش ولتاژ ورودی (که مثلاً ۱۱۰، ۲۲۰ یا ۴۴۰ ولت است) و افزایش آمپراژ می‌باشد. زیرا همان‌طور که ذکر شد، در جوشکاری معمولاً به‌ولتاژی پایین‌تر از ولتاژ برق شهر نیاز است.

تنظیم جریان در ترانس‌ها

روش‌های مختلفی برای کنترل شدت‌جریان وجود دارد. بعضی‌ماشین‌ها دارای‌کلید و یا انگشتی برای این کار می‌باشند. بعضی دیگر دارای تنظیم پیوسته دامنهٔ جریان ورودی هستند. کنترل جریان پله‌ای اغلب بر روی ماشین‌های کوچک انجام می‌شود. کنترل جریان پیوسته که ممکن است به‌صورت مکانیکی و یا الکتریکی باشد، در اکثر صنایع جوشکاری وجود دارد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۲ ـ ۱۲ ـ مبدل A.C. (ترانس).

۲ ـ ۹ کابل و وسایل اتصال

۲ ـ ۹ ـ ۱ کابل برق

کابل‌های برق که ماشین جوشکاری را به‌منبع انرژی متصل می‌کنند باید کاملاً عایق بوده و توانایی انتقال جریان الکتریسیته مورد نیاز را داشته باشند. محل نصب و استقرار ماشین جوشکاری در کارگاه بسیار مهم است چون در صورت از بین رفتن عایق کابل‌های برق یا لایه عایق بدنه ماشین جوشکاری امکان برقراری شوک (ضربه) الکتریکی به‌منظور تشکیل قوس ازبین خواهد رفت.

کابل الکترود[۴۹] و کابل اتصال به‌زمین[۵۰]

جهت تکمیل مدار الکتریکی میان ماشین جوشکاری و قطعه فلز مورد جوش، دو کابل با ظرفیت کافی برای انتقال جریان مورد نیاز می‌باشد. یکی کابل الکترود که کابل جوشکاری نیز خوانده

49– electrode cable

50– ground cable

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

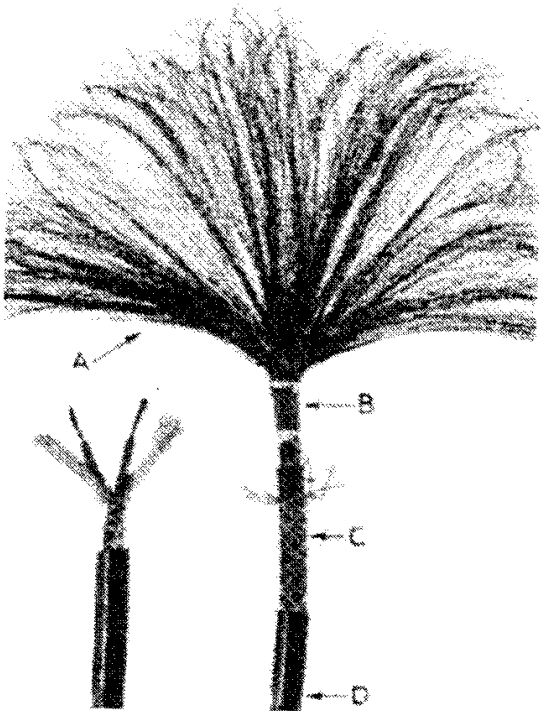
می‌شود و به‌انبر الکترود متصل می‌شود و کابل اتصال به‌زمین یا کابل زمین که به‌قطعه کار وصل می‌شود.

کابل‌های مورد استفاده، عموماً کابل‌های رشته‌ای از جنس مس و با پوشش لاستیکی مطابق شکل ۲ ـ ۱۳ هستند که مشخصاً برای جوشکاری طراحی و ساخته می‌شوند. استفاده از کابل‌های از جنس رشته‌های آلومینیوم نیز در حال گسترش است. کابل، به‌ویژه کابل الکترود باید کاملاً انعطاف‌پذیر باشد تا موجب خستگی و یا مزاحت جوشکار در حین کار نگردد.

جوشکاری قائم و سقفی که در آنها در بسیاری از موقعیت‌ها جوشکار باید وسیلهٔ جوشکاری (الکترود) را بالای سر نگه دارد، وضعیت دشواری را برای وی ایجاد می‌کند. یک کابل الکترود با انعطاف‌پذیری کم، دشواری کار را بیشتر کرده و باعث خستگی بیشتر جوشکار خواهد شد. بنابراین، در چنین حالتی حفظ سرعت و کیفیت بالای جوش توسط جوشکار بسیار مشکل و یا غیرممکن است.

انعطاف‌پذیری زیاد در سیم الکترود ناشی از ساختمان مغزه آن می‌باشد. مغزهٔ کابل الکترود از هزاران رشتهٔ مویی و ریزمسی تشکیل شده است و هر چقدر تعداد این رشته‌های باریک در یک کابل برای یک شماره مشخص بیشتر باشد، انعطاف‌پذیری کابل بالاتر است. شکل ۲ ـ ۱۳ ساختمان داخلی یک کابل مسی با روکش لاستیکی را نشان می‌دهد.

کابل‌های الکترود آلومینیومی نیز به‌صورت رشته‌ای هستند. هرچند، این رشته‌ها در یک سیم آلومینیومی نسبت به‌سیم مسی هم‌شماره، بزرگتر می‌باشند. بنابراین برای یک شرایط مفروض



شکل ۲ ـ ۱۳ ـ ساختمان داخلی کابل جوشکاری.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

شماره بزرگتری از یک کابل آلومینیومی (نسبت به‌کابل مسی) باید انتخاب شود. علیرغم اندازهٔ بزرگتر، وزن کابل آلومینیومی و روکش آن تقریباً نصف وزن کابل مسی می‌باشد.

انتخاب شماره (اندازه) کابل

میزان آمپراژ ماشین جوشکاری (و یا عمل جوشکاری خاص)، همچنین فاصلهٔ ماشین از محل کار دو عامل مهم در انتخاب‌کابل جوشکاری مناسب می‌باشند. جدول ۲-۱ این‌موضوع را نشان می‌دهد.

هر چقدر شدت جریان (آمپراژ) و فاصلهٔ ماشین جوشکاری از محل کار بیشتر باشد، کابلی با اندازهٔ بزرگتر باید انتخاب گردد. با کاهش قطر کابل، مقاومت آن افزایش می‌یابد، ولی اگر کابل خیلی کوچک (نازک) باشد، بیش از حد گرم شده و اثر سوء روی عمل جوشکاری خواهد داشت. افزایش طول کابل نیز موجب افزایش مقاومت خواهد شد، بنابراین ماشین جوشکاری باید حتی‌المقدور در

جدول ۲ ـ ۱ انتخاب اندازه مناسب کابل جوشکاری.

انتخاب شماره مناسب کابل جوشکاری برای یک ماشین عاملی مهم در به‌دست آوردن یک جوش سالم می‌باشد. برای مثال یک کابل نمره ۴۱۰ به‌طول ۳۰ متر در جریانی معادل ۵۰۰ آمپر افتی معادل ۴ ولت خواهد داشت. در یک ولتاژ خروجی معادل ۴۰ ولت، افت انرژی حدود ۱۰٪ خواهد بود. در این حالت جریان باید به‌میزان ۱۰٪ برای جبران این افت افزایش یابد.

حداکثر طول کابل مورد استفاده (متر)

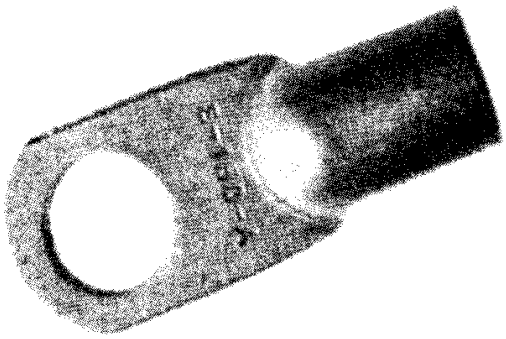
ظرفیت ماشین برحسب آمپر	15	22.5	30	37.5	45	52.5	60
100	2	2	2	2	1	1/0	1/0
150	2	2	1	1/0	2/0	2/0	3/0
200	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0
250	2	1/0	2/0	3/0	4/0		
300	1	2/0	3/0	4/0			
350	1/0	3/0	4/0				
400	1/0	3/0	4/0				
450	2/0	3/0					
500	3/0	4/0					

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

نزدیکی محل جوشکاری مستقر گردد. کابل‌های جوشکاری با طول زیاد ممکن است باعث افت ولتاژ قابل ملاحظه‌ای در طول خود گردند که این موضوع اثرات مهمی روی جریان الکتریکی و تشکیل قوس خواهد داشت.

کفشک کابل[۵۱] و گیره اتصال به‌زمین[۵۲]

کفشک‌های مناسب طبق شکل ۲ ـ ۱۴ هم برای کابل الکترود و هم برای کابل زمین (کابل اتصال) جهت اتصال آنها به‌ماشین جوشکاری مورد نیاز می‌باشند. این کفشک‌ها باید با لحیم یا اتصال مکانیکی مناسب به‌کابل‌های موردنظر وصل شوند. اتصال این کفشک‌ها به‌محل خروجی ماشین جوشکاری باید کاملاً سفت و محکم باشد. لق شدن این اتصال باعث گرم شدن کفشک و ذوب شدن لحیم اتصال کابل به‌کفشک می‌گردد، سپس محل اتصال و کفشک‌ها سوخته و موجب اختلال در جریان جوشکاری خواهد شد.



شکل ۲ ـ ۱۴ ـ کفشک کابل الکترود و کابل اتصال.

انتهای دیگر کابل الکترود به‌انبر الکترود متصل شده و انتهای دیگر کابل اتصال باید به‌گونه‌ای مناسب به‌قطعه‌کار وصل باشد. اگر این اتصال مطمئن نباشد، تشکیل قوس در محل اتصال آن را سوزانده و احتمال دارد شرایط مطلوب جهت جوشکاری فراهم نگردد.

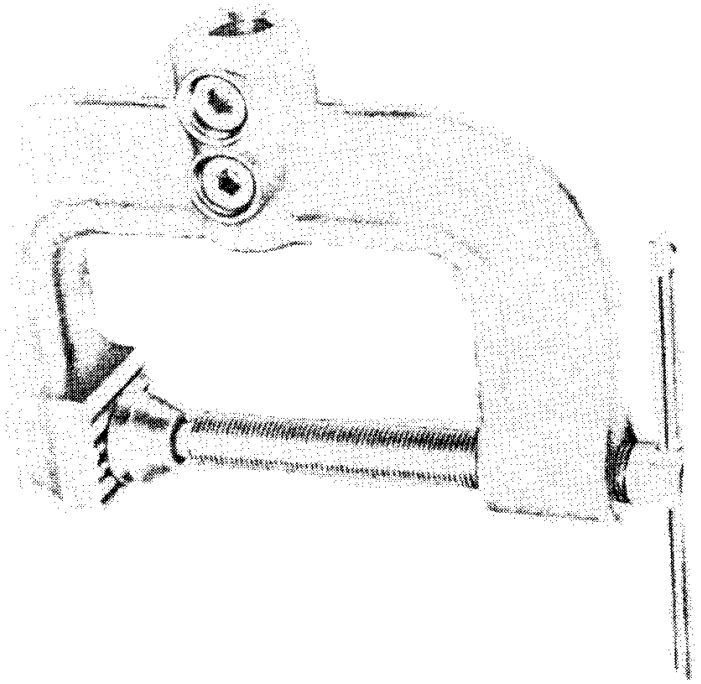
اگر جوشکاری به‌گونه‌ای است که قطعه‌کار می‌تواند روی میز جوشکاری[۵۳] یا در یک گیره ثابت و دائمی قرار گیرد، کابل اتصال معمولاً به‌میز یا گیره پیچ می‌شود. اگر جوشکار باید بر روی سازه‌هایی در قسمت‌های مختلف کارگاه کار کند، انواع مختلفی از وسایل اتصال از قبیل قلاب مسی، یک وزنهٔ فلزی سنگین، گیرهٔ C شکل و یا گیره‌های اتصال ویژه مطابق شکل ۲ ـ ۱۵ مورد استفاده

51– calbe lug

52– ground clamp

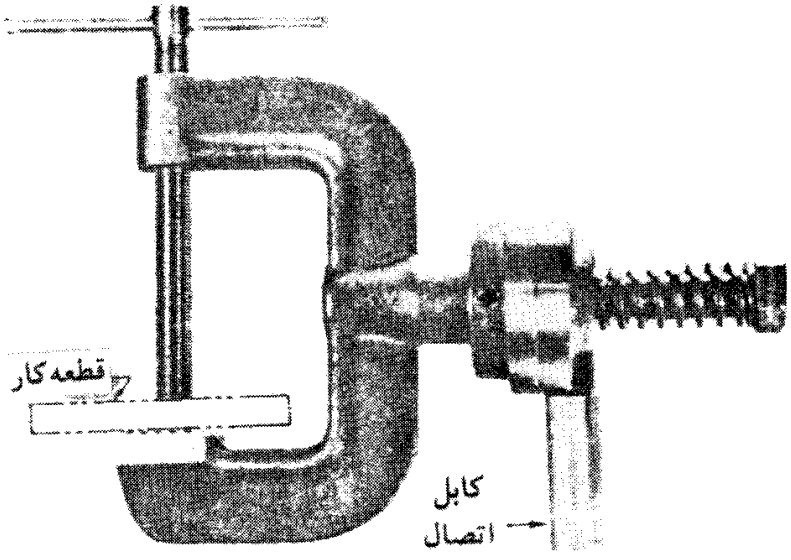
53– welding bench

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۲ ـ ۱۵ ـ گیرهٔ C شکل از انواع گیره‌های اتصال و با ظرفیت ۶۰۰ آمپر، گلویی عمیق آن را برای قطعات معین مناسب می‌سازد.

قرار می‌گیرند. شکل ۲ ـ ۱۶ یک نوع خاص از گیرهٔ اتصال چرخشی را نشان می‌دهد. این نوع گیره از تابیدن کابل جوشکاری متصل به‌گیره و موقعیت‌دهنده‌ها[۵۴]، در مواردی که قطعه می‌چرخد



شکل ۲ ـ ۱۶ ـ این گیرهٔ چرخشی هنگامی استفاده می‌شود که قطعه باید بگردد. گیره با قطعه می‌چرخد ولی کابل اتصالی نه می‌گردد و نه می‌پیچد.

---

54 - positioners: دستگاهی که قطعات مورد جوش را در جهات مختلف به‌گونه‌ای حرکت می دهد تا جوشکاری حتی‌المقدور به‌صورت تخت انجام گیرد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جلوگیری می‌کند. گیرهٔ C شکل تقریباً برای همه اشکال قطعات اجازه می‌دهد تا اتصال به‌زمین از دو نقطه برقرار شود. این گیره عموماً در ساخت مخازن و ظروف تحت فشار و در مورد موقعیت‌دهنده‌ها مورد استفاده است.

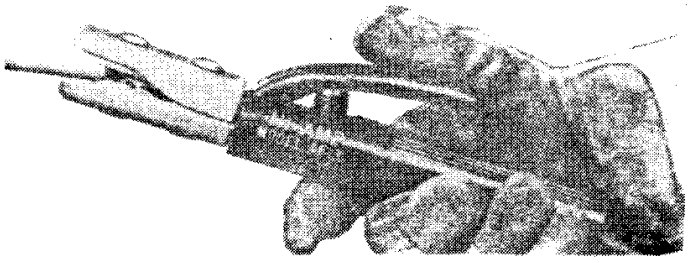
اگر کار به‌گونه‌ای است که در مراحل مختلف، طول‌های متفاوتی از کابل الکترود مورد نیاز است، می‌توان کابل‌ها را در طول‌های مشخص و مجهز به‌وسایل اتصالی ساخت، به‌گونه‌ای که بتوان آنها را با سهولت و کیفیت بالا به‌یکدیگر متصل کرده و طول مورد نظر در هر مرحله را به‌وجود آورد.

۲ ـ ۹ ـ ۲ انبر الکترود[55]

انبرهای فلزی

انبر فلزی الکترود وسیله‌ای برای نگهداشتن الکترود به‌صورت مکانیکی است. این وسیله جریان الکتریکی را از کابل جوشکاری به‌الکترود می‌رساند. دارای یک دسته عایق می‌باشد که دست جوشکار را از حرارت محافظت می‌کند.

فک‌های انبر باید به‌گونه‌ای طراحی شوند تا بتوانند الکترود را محکم و در زاویهٔ دلخواه نگه دارند. آنها باید از فلزی با خاصیت هدایت الکتریکی زیاد ساخته شده و در مقابل درجه حرارت بالا مقاوم باشند (شکل ۲ ـ ۱۷). در بسیاری از انبرها، فک‌هایی که در اثر استفاده نادرست می‌سوزند و خراب می‌شوند، قابل تعویض با یک فک جدید می‌باشند. انبر باید سبک، متعادل و دارای گیره راحت باشد. تعویض الکترود باید آسان باشد و مقاومت کافی برای استفادهٔ زیاد و سخت را داشته باشد. قسمت‌های انتقال جریان باید به‌اندازهٔ کافی بزرگ باشند تا از گرم شدن بیش از حد آنها که باعث گرم شدن زیاد دسته انبر برای جوشکار خواهد شد، جلوگیری شود. به‌همین دلیل اندازهٔ انبر باید متناسب با اندازهٔ ماشین جوشکاری باشد، بدین‌معنی که برای یک ماشین جوشکاری با ظرفیت ۴۰۰ آمپر انبر الکترود بزرگتری نسبت به‌یک ماشین با ظرفیت ۲۰۰ آمپر نیاز است. اغلب انبرها به‌طور کامل عایق بوده و در محلی از قطعه فلز مورد جوش قرار می‌گیرند که خطر تشکیل مدار کوتاه



شکل ۲ ـ ۱۷ ـ انبر الکترود با عایق کامل. این انبر بدون خطر تشکیل مدار کوتاه به‌قطعه‌کار وصل می‌شود.

55– electrode holder

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

وجود نداشته باشد. این مورد مخصوصاً مناسب کار در فواصل خیلی نزدیک به‌هم می‌باشد.

انبر معمولاً با اتصال بدون لحیم به کابل جوشکاری متصل می‌شود، در این حالت وجود یک اتصال خوب جهت جلوگیری از گرم شدن بیش از حد گیره و کابل ضروری است.

۲ ـ ۱۰ تجهیزات حفاظتی

۲ ـ ۱۰ ـ ۱ ماسک دستی[۵۶] و ماسک کلاهی[۵۷]

نور درخشان حاصل از قوس الکتریکی دارای دو نوع پرتو نامرئی می‌باشد که برای چشم‌ها و پوست بدون محافظ مضر است. یکی از پرتوها اشعهٔ فرابنفش و دیگری اشعه مادون قرمز است. تکرار مشاهده این نور خواه به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم، باعث درد چشم می‌شود که البته درد آن دائمی نیست. جوشکاران این نوع درد را «ریگ داغ در چشم» می‌گویند. این پرتوها گاه سوزشی مشابه آفتاب‌سوختگی و گاهی تولید عفونت می‌کنند. آنها در فواصل کمتر از ۱۵ متر بر روی چشم و در فاصله‌ای کمتر از ۶ متر بر روی پوست اثر می‌گذارند.

پوشش‌های حفاظتی تنها برای مقابله با پرتوهای زیان‌آور نبوده بلکه جهت حفاظت جوشکار در مقابل قطره‌های فلز مذاب نیز هستند که بخصوص در جوشکاری‌های قائم و سقفی به‌جوشکار صدمه می‌زند.

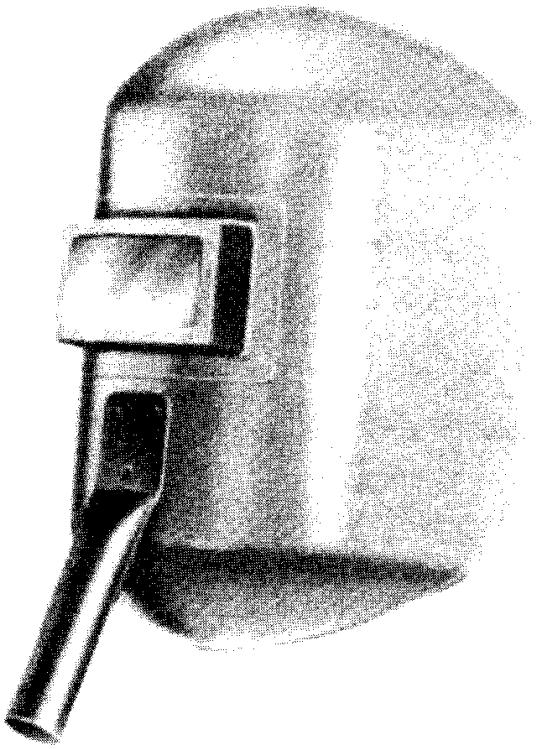
ماسک دستی، طبق شکل ۲ ـ ۱۸ دارای دسته‌ای است که شخص با استفاده از آن ماسک را جلو صورت خود نگه می‌دارد. بازرسین و ناظرین جوشکاری از این نوع ماسک استفاده می‌کنند. این نوع ماسک برای جوشکاری مناسب نیست چراکه در هنگام استفاده از آن جوشکار تنها با یک دست قادر به‌کار کردن می‌باشد و کنترل الکترود و انجام همزمان یک عمل ضروری دیگر با یک دست امکانپذیر نیست.

ماسک کلاهی، طبق شکل ۲ ـ ۱۹ که گاهی کلاه ایمنی[۵۸]، یا سربند[۵۹] نیز خوانده می‌شود، مانند یک کلاه استفاده می‌شود. این ماسک به‌یک نوار روی سر[۶۰] قابل تنظیم متصل می‌شود که به‌آن اجازه حرکت به‌سمت بالا یا پایین را به‌دلخواه می‌دهد. در هنگام استفاده از این ماسک، هر دو دست جهت گرفتن انبر الکترود و شرکت در اعمال دیگر آزاد هستند.

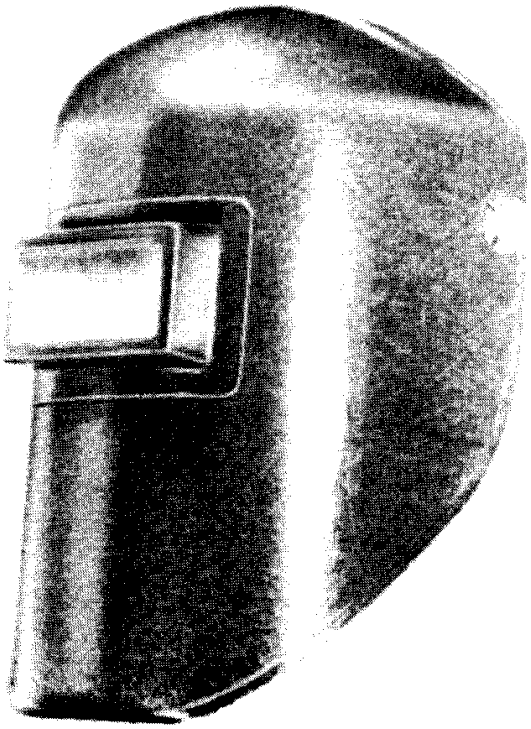
وسایل ایمنی مذکور برای قسمت فوقانی سر تهیه شده‌اند، ولی جوشکاران باید یک نوع کلاه چرمی[۶۱] جهت حفاظت کاملتر بپوشند. این پوشش باید صاف بوده و فاقد جیب یا لبه‌های گرد شده

56– hand shield
57– head shield
58– hood
59– helmet
60– head band
61– leather cap

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۲ ـ ۱۸ ـ ماسک دستی معمولاً توسط بازرسین و ناظرین جوشکاری استفاده می‌شود.



شکل ۲ ـ ۱۹ ـ ماسک کلاهی استاندارد.

باشد تا قطرات فلز مذاب را در خود نگه ندارد.

هر دو نوع ماسک دستی و کلاهی از مواد لاستیکی فشرده عایق و مقاوم حرارتی ساخته

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقفی NIAZIT CEILING

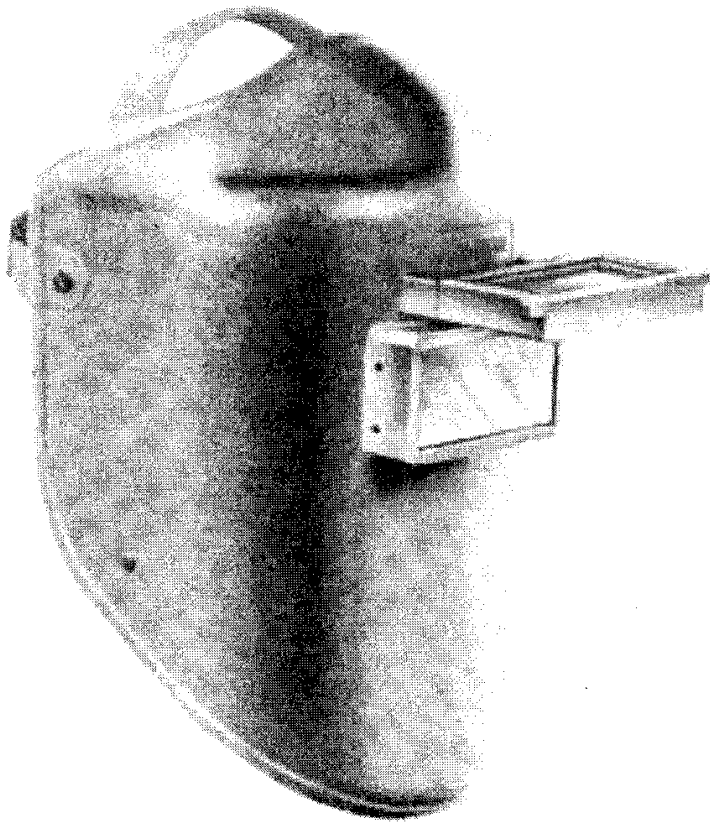
شده‌اند. این ماسک‌ها به‌طور کامل ناحیه سر و گردن را از ذرات فلز، دود، جرقه و پرتوهای خطرناک محافظت می‌کنند و جهت کاهش انعکاس نور معمولاً به‌رنگ سیاه می‌باشند. این ماسکها دارای یک قاب پنجره‌ای برای نگهداشتن شیشهٔ رنگی[۶۲] محافظ هستند که اجازه می‌دهد جوشکار با ایمنی کامل عملیات را زیرنظر داشته باشد. اندازهٔ این شیشه ۵×۱۱/۲۵ سانتی متر می‌باشد و رنگی است، به‌گونه‌ای که مانعی در مقابل اشعه فرابنفش و مادون قرمز و بسیاری از اشعه‌های مرئی ناشی از قوس الکتریکی می‌باشد. رنگ‌های مختلفی جهت تیره‌کردن شیشه محافظ ممکن است به‌کار رود. چگالی رنگ انتخاب شده بستگی به‌میزان درخشش قوس دارد که این درخشش براساس نوع الکترود و میزان جریان متغیر است. برای جوشکاری قوسی با الکترود فلزی با شدت جریان تا ۳۰۰ آمپر، درجه تیرگی ۱۰ و برای شدت جریان بیش از ۳۰۰ آمپر و برای جوش قوسی با گاز، درجه ۱۲ توصیه می‌شود. شیشه‌های تیره با کیفیت خوب، جذب ۹۹/۵ درصد یا بیشتر از اشعه مادون قرمز و جذب ۹۹/۷۵ درصد یا بیشتر از اشعه فرابنفش را تضمین می‌کنند. استفاده از شیشه‌های با صافی ضعیف توصیه نمی‌شود.

وجهی از شیشه محافظ که رو به‌جوش قرار دارد (وجه بیرونی) توسط یک شیشه شفاف یا روکش پلاستیکی محافظت می‌شود. این روکش به‌خاطر حفاظت شیشه تیرهٔ اصلی (که معمولاً گرانقیمت است) از ترشح فلز مذاب و لبه‌های شکسته و تیز است. شیشه روکش[۶۳] نسبتاً ارزان‌قیمت بوده و ممکن است با یا بدون پوشش شفاف[۶۴] تولید شود. روکش‌هایی که تحت عملیات شیمیایی خاص قرار می‌گیرند دوام بیشتری نسبت به‌انواع دیگر دارند. هنگامی که شیشه روکش براثر دود و بخار و ترشحات جرقه جوشکاری کثیف می‌شود، باید تعویض گردد. جوشکاری با شیشه لکه‌دار برای دید مضر بوده و موجب التهاب چشم می‌گردد. بعضی از جوشکاران محافظت هر دو طرف شیشه رنگی را با استفاده از روکش شفاف ترجیح می‌دهند.

نوع دیگری از ماسک کلاهی در شکل ۲ ـ ۲۰ نشان داده شده است. این نوع به‌خاطر مجهز بودن به‌یک عینک (یا نقاب) بازشو متمایز از انوع دیگر است. گیره‌ای که شیشه محافظ اصلی و روکش شفاف را نگه می‌دارد، با اشاره انگشت بالا زده می‌شود. یک روکش شیشه‌ای شفاف که در جای خود ثابت است چشم‌ها را از پوسته داغ در هنگام بازرسی جوش گرم و همچنین از ذرات گل و فلز پخش شده در هوا هنگام تمیز کردن و برس زدن جوش محافظت می‌کند. این نوع مخصوصاً در هنگام کار در فواصل نزدیک به‌هم و محیط بسته که درآوردن کل ماسک مشکل می‌باشد، مورد

62– protective lens
63– cover glass
64– transparent coating

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۲ ـ ۲۰ ـ ماسک جوشکاری با نقاب بازشو که اجازه می‌دهد جوشکار بدون درآوردن ماسک، جوش را بازرسی کرده و با برس سیمی آن را تمیز کند.

استفاده است.

ماسک‌های ویژه

ماسک‌های کلاهی زیر برای شرایط ویژه طراحی شده‌اند:

- شیشه‌های با حوزه دیده وسیع برای دید بهتر ممکن است در ماسک‌های استاندارد معمولی قرار داده شوند. اندازهٔ این شیشه‌ها ۱۱/۲۵×۱۳/۱۲۵ سانتی‌متر است.
- ماسک‌های کلاهی از جنس کروم با پوشش چرم[۶۵]، در مکان‌های صعب‌الورود که فضای کافی برای ماسک‌های معمولی وجود ندارد استفاده می‌شود. این نوع دارای یک دریچه تهویه گرد و کوچک در قسمت فوقانی خود می‌باشد.
- ماسک‌های از جنس فیبر (تار) فلزی با کلاهک ایمنی که استفاده از آن جهت حفاظت در مقابل خطر سقوط اجسام و یا برخورد با اشیا آویزان در کارگاه پیشنهاد می‌شود.
- ماسک کلاهی با تهویه مطبوع[۶۶] دارای یک مخزن هوای تازه به‌همراه شیلنگ تغذیه است

65– chrome leather helmet

66– air-conditioned helmet

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

که مستقیماً به‌سمت ناحیهٔ تنفس هدایت می‌شود. این نوع ماسک، سر و صدا را کاهش داده و جهت عبور هوا هیچ مزاحمتی برای چشم ندارد. این نوع در کار تعمیر و نگهداری و مواقعی که وجود گرما و دود و بخار ایجاد مشکل می‌کند، مورد استفاده است.

● لوله‌های هوای تنفس[۶۷] که از دو جهت برای جوشکار اطمینان و ایمنی ایجاد می‌کند. اول آنکه هوای تمیز و خنک که در مقابل بخارات سمی محافظت شده را فراهم می‌کنند. دوم، آنها دارای یک شیر تنفس مخصوص هستند که بخارات را از داخل ماسک خارج کرده و یک دید واضح برای جوشکار فراهم می‌کنند.

۲ ـ ۱۰ ـ ۲ عینک ایمنی[۶۸]

استفاده از عینک در پشت ماسک ایمنی یک نیاز ضروری است (شکل ۲ ـ ۲۱). این مورد در کارگاه‌هایی که کارگران جوشکار نزدیک یکدیگر کار می‌کنند کاملاً ضروری است. تحت این شرایط حفاظت چشمها در مقابل درخشش قوس بدون عینک امکانپذیر نیست. این عینک‌ها همچنین چشم جوشکاران را در هنگام نظارت جوش تکمیل شده، هنگام تمیز کردن گل جوش، خرد کردن و تراشیدن جوش معیوب محافظت می‌کنند. این عینک‌ها توسط دستیاران جوشکاری، ناظرین، بازرسین و دیگر افرادی که با جوش سر و کار دارند، استفاده می‌شود. عینک باید سبک‌وزن، دارای تهویه مناسب به‌منظور جلوگیری از عرق کردن شیشهٔ داخلی و راحت باشد. جهت حفاظت چشم از نور شدید،اطراف این عینک‌ها باید دارای چشم‌بند[۶۹] یا سایه‌بان بوده و شیشه‌های آنها رنگی (با درجه تیرگی کم) باشد.

۲ ـ ۱۰ ـ ۳ لباس محافظ[۷۰]

در هنگام جوشکاری جرقه‌های آتش و قطرات فلز مذاب که توسط قوس الکتریکی ایجاد می‌شود به‌طور مداوم بیرون ریخته می‌شود. اگر این قطرات و جرقه‌ها با پوست بدون محافظ تماس پیدا کند موجب سوختگی شدید خواهد شد. لباس‌های معمولی ضخامت کافی جهت مقابله با این موارد را نداشته و مواد آنها در مقابل آتش مقاوم نیستند. جوشکار باید در هنگام کار لباس جوشکاری بپوشد که از پارچه ضخیم برای محافظت بدن در مقابل اشعه‌های ساتع‌شده از قوس الکتریکی و همچنین جرقهٔ آتش و فلز مذاب بافته شده است. شکل (۲ ـ ۲۲) جوشکاری را نشان می‌دهد که به‌طور

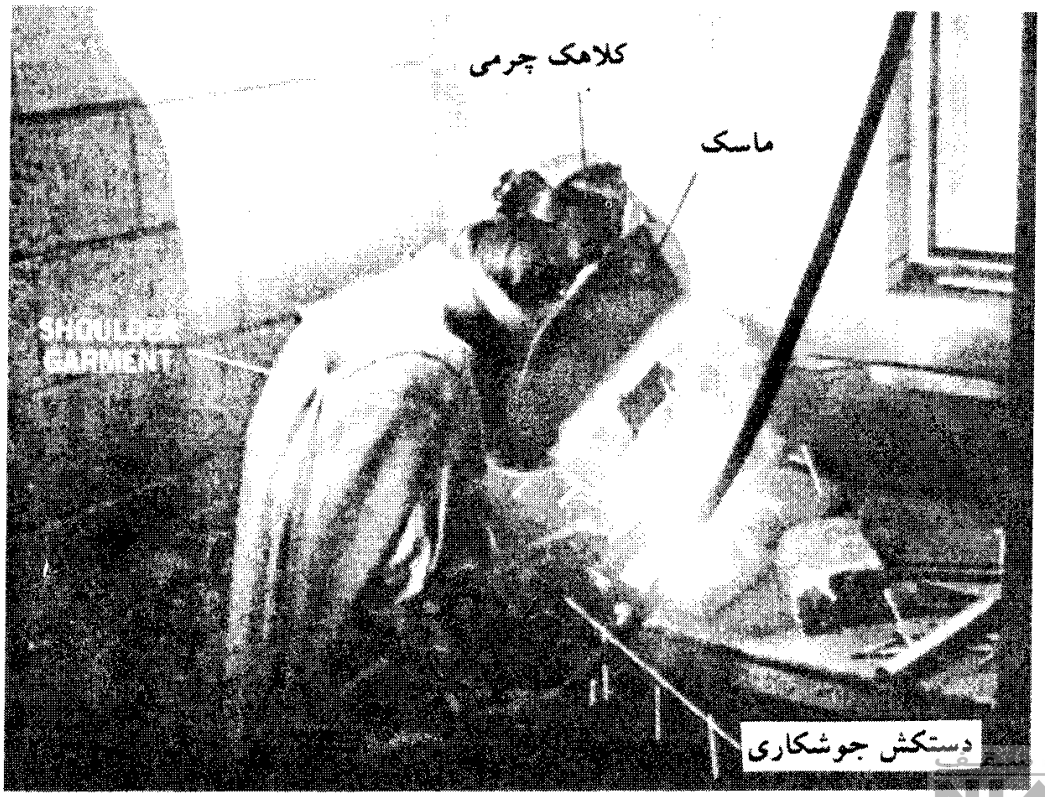
67– air line respirators
68– flash goggle
69– blinder
70– protective clothing

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۲ ـ ۲۱ ـ این جوشکار در پشت ماسک ایمنی خود از عینک استفاده کرده است. عینک چشم را از اشعه فرابنفش و نور شدید فلز مذاب حوضچهٔ جوشکاری محافظت می‌کند.

شکل ۲ ـ ۲۲ ـ یک کارآموز جوشکاری با لباس محافظ مناسب.



www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۲ ـ ۲۳ ـ دستکش چرمی جوشکاری.

مناسب در مقابل جرقه‌های آتش،اشعه و حرارت محافظت شده است.

همیشه پوشیدن لباس‌های محافظ به‌طور کامل که در بالا شرح داده شد برای همه نوع جوشکاری و در همه موقعیت‌ها لازم نیست. جوشکار می‌تواند بهترین قاضی در مورد لباس محافظ براساس نوع کار خود باشد. استفاده از دستکش جوشکاری[71] همواره جهت حفاظت دست‌ها لازم است. دستکش‌ها را از چرم، پنبهٔ نسوز و دیگر مواد مقاوم حرارتی می‌سازند.

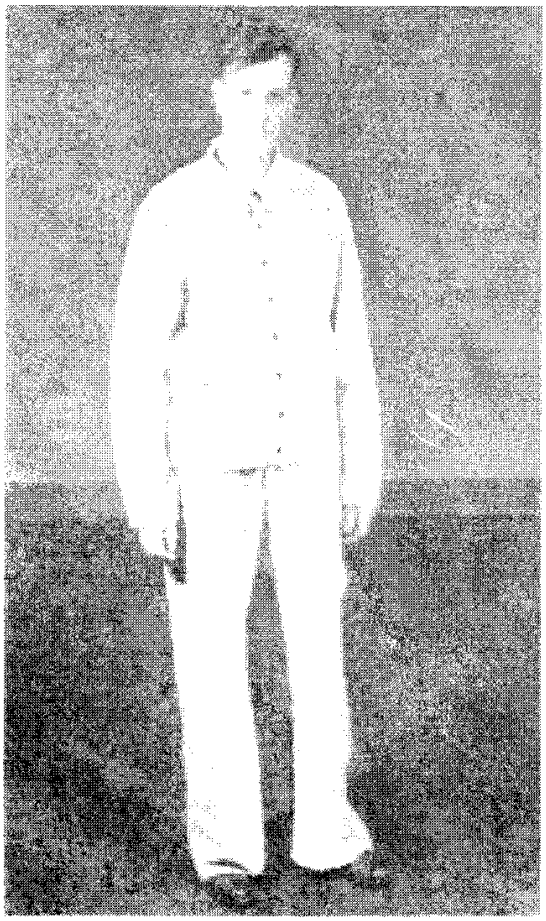
آستین‌های چرمی، شانه‌بند و پیش‌بند، لباس و بدن جوشکار را از آسیب حرارت و جرقه محفوظ می‌دارد (شکل ۲ ـ ۲۴). این لباس‌ها هنگامی که جوشکاری در موقعیت قائم و یا بالای سر



شکل ۲ ـ ۲۴ ـ لباس محافظ به‌حفاظت جوشکار در مقابل جرقه و حرارت کمک می‌کند.

71– glove

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۲ ـ ۲۵ ـ پوشش کامل چرمی و لباس‌های گشاد چرمی موجب حفاظت کل بدن می‌گردد.

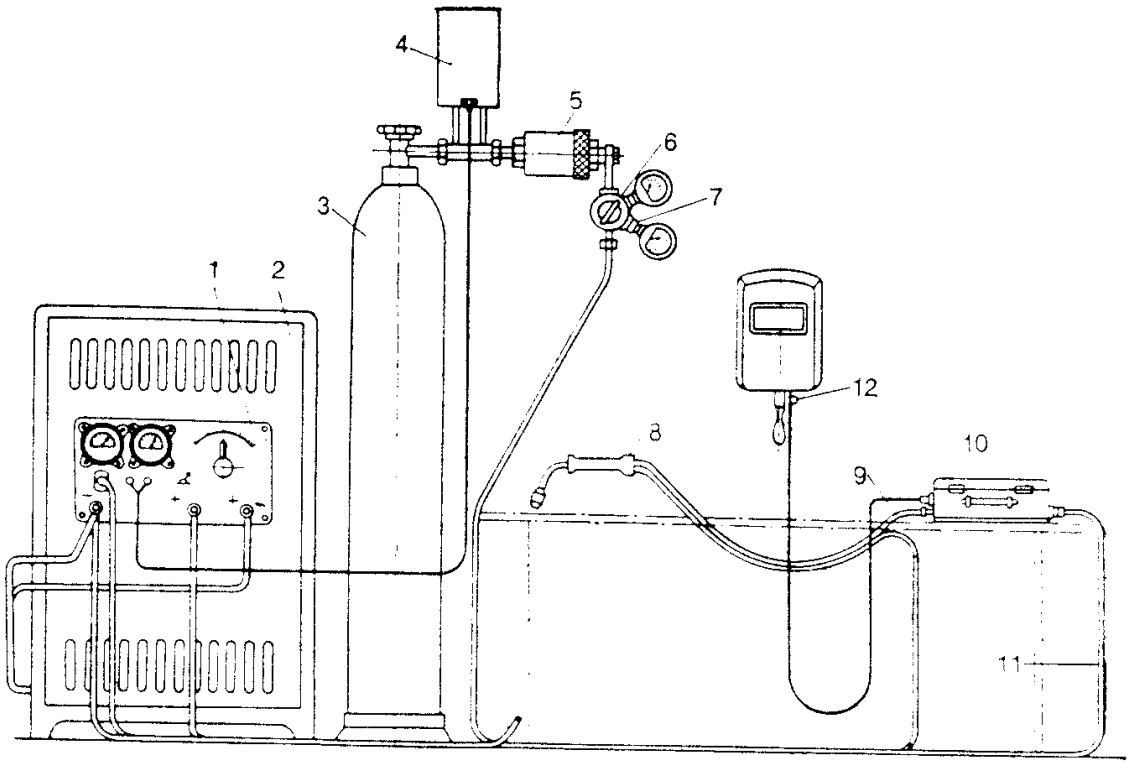
است، کاملاً مورد نیاز می‌باشد. هنگامی که قسمت اعظم کار در موقعیت نشسته انجام می‌شود، جوشکار باید از یک لباس گشاد یا پیش‌بند چاک‌دار استفاده کند، زیرا پیش‌بند کامل (بدون درز) در مقابل ذرات داغ به‌دور خود می‌پیچد و برای جوشکار ایجاد مزاحمت می‌کند. ممکن است این نوع لباس گشاد از جنس چرم به‌همراه یک ژاکت چرمی پوشیده شود.

در جوشکاری باید از کفش‌های تخت بلند استفاده شود. پا و ساق پا می‌توانند توسط ساق‌بند و مچ‌بند بیشتر محافظت شوند. سوختگی در پا بسیار دردناک بوده و به‌سرعت عفونی می‌شود و به‌کندی التیام می‌یابد. به‌همین جهت حفاظت پا و استفاده از کفش‌های ایمنی در کارگاه جوشکاری بسیار مهم است. لبه‌های گرد شده آستین پیراهن و یا پاچه‌های برگشته شلوار مکان مناسبی برای قرار گرفتن قطرات و جرقه‌های فلز مذاب و داغ می‌باشند و به‌همین جهت از قرار دادن آنها در لباس باید خودداری کرد.

۲ ـ ۱۱ تجهیزات جوش‌های اتوماتیک

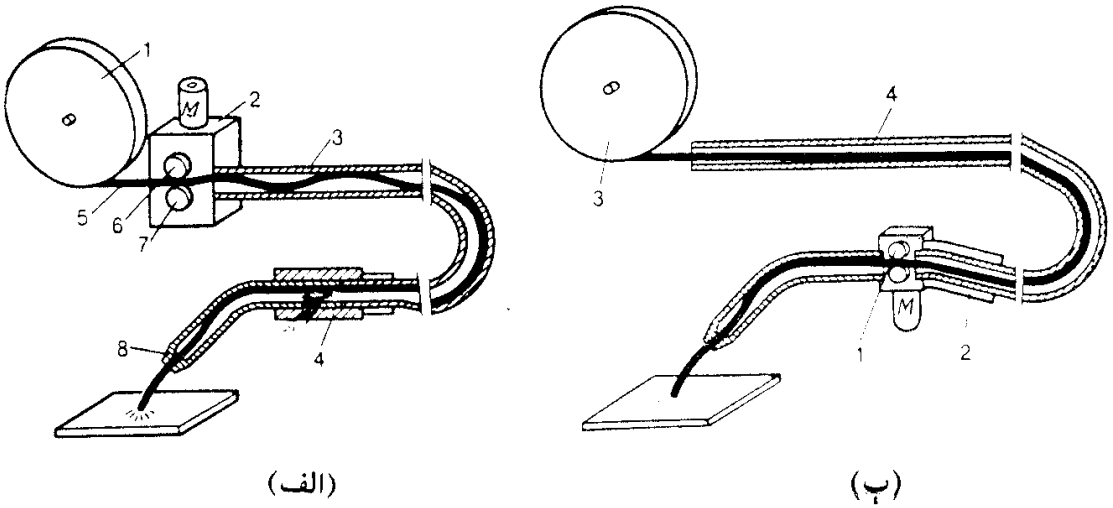
در اشکال ۲ ـ ۲۶ و ۲ ـ ۲۷ بعضی از تجهیزات دستگاه‌های جوش اتوماتیک نشان داده شده است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



۱ ـ تابلوی کنترل؛ ۲ ـ مولد جوش؛ ۳ ـ سیلندر گاز؛ ۴ ـ پیش‌گرمایش گاز؛ ۵ ـ رگلاتور؛ ۶ ـ جعبه‌دنده؛ ۷ ـ کنتور گاز؛ ۸ ـ انبر جوش؛ ۹ ـ مجرای الکترود؛ ۱۰ ـ دستگاه تغذیه الکترود؛ ۱۱ ـ الکترود (مفتول جوش)؛ ۱۲ ـ ماسک و دگمه شروع‌کننده.

شکل ۲ ـ ۲۶ ـ تجهیزات جوشکاری تحت حفاظت گاز.



(الف) (ب)

شکل ۲ ـ ۲۷ ـ تغذیه اتوماتیک الکترود ممتد. (الف) فشاری؛ (ب) کششی.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

فصل ۳

الکترود

۳ـ۱ معرفی

جوشکاری قوس‌الکتریکی با الکترود روکش‌دار (SMAW)[1] که در این‌متن اغلب تحت‌عنوان جوشکاری قوسی[2] و در کارگاه توسط جوشکاران تحت عنوان جوشکاری دستی با الکترود[3] نامیده می‌شود، دارای یکی از وسیعترین کاربردها در ساخت، مونتاژ، و تعمیر و تقویت سازه‌های فولادی است. این مقبولیت به‌لحاظ گسترش الکترودهای روکش‌دار است که توانایی ایجاد جوش با خواص مکانیکی معادل و یا حتی بهتر از خواص فلز مورد جوشکاری را دارا می‌باشند.

در این فصل بعد از آشنایی با خواص عمومی الکترودها، مشخصات خصوصی آن دسته از الکترودها که دارای کاربرد وسیع در صنعت ساختمان هستند، مورد توجه قرار می‌گیرد.

هدف این است که قادر باشیم تا آنجا که خواص الکترود اجازه می‌دهد، جوشی ایجاد نماییم که دارای مطلوبترین خواص فیزیکی و شیمیایی، سلامت، و ظاهر باشد. مطالعهٔ شکل ۳ ـ ۱، شناخت خوبی از تمایز بین جوش خوب و بد بدست داده و عوامل دخیل در یک جوش‌خوب و بد را می‌شناساند. بعداز آشنایی‌با خواص الکترودهای‌شرح داده‌شده در این‌قسمت، برای کسب اطلاعات مربوط به‌الکترودهای خاص، باید به‌کاتالوگ‌های تهیه شده توسط کارخانهٔ سازنده مراجعه نمایید.

۳ـ۲ تعاریف عمومی

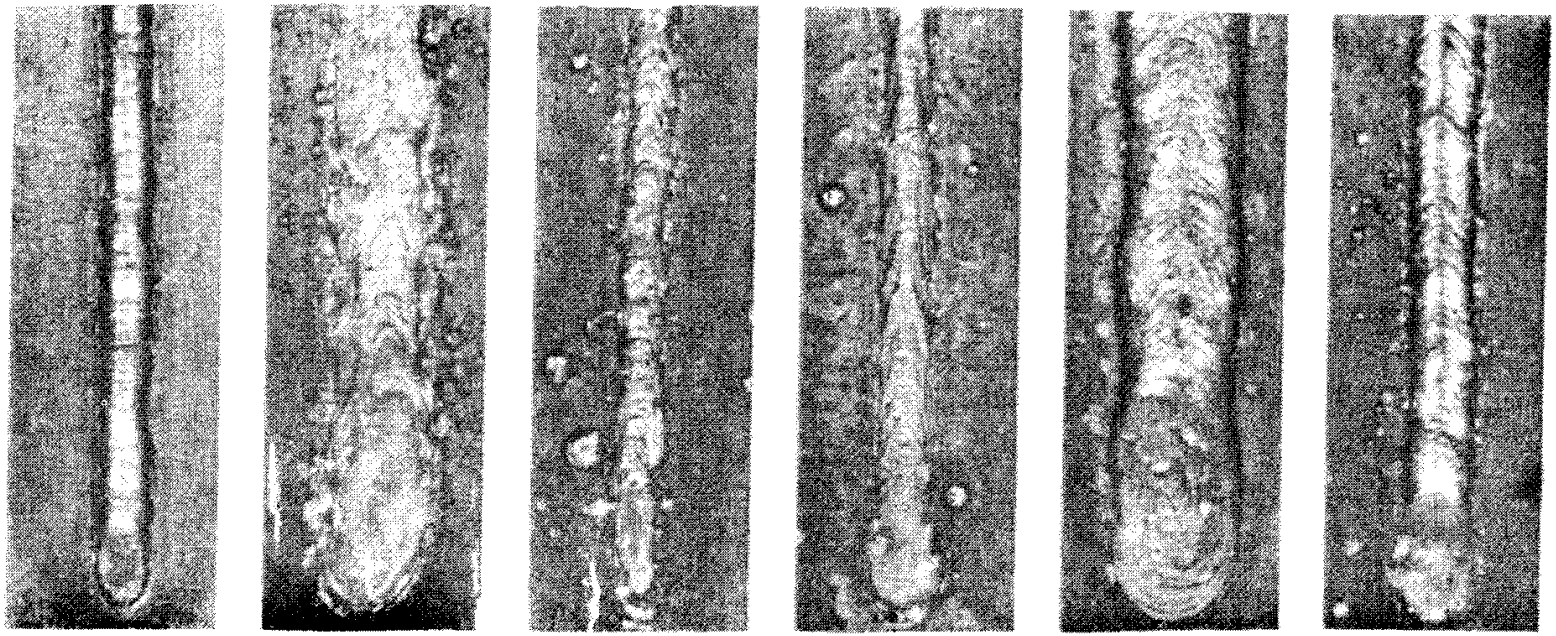
● ***الکترود جوشکاری قوسی***[4]: فلز پرکننده به‌شکل مفتول با روکش یا بدون روکش که جریان الکتریکی توسط آن بین انبر الکترود و قوس الکتریکی منتقل می‌شود.

1– Shielded Metal-Arc Welding
2– arc welding
3– stick electrode welding
4– metal arc welding electrode

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

A	B	C	D	E	F
شدت جریان جوشکاری خیلی کم	شدت جریان جوشکاری خیلی زیاد	قوس بلند (ولتاژ زیاد)	جوشکاری با سرعت زیاد	جوشکاری با سرعت خیلی کم	شدت جریان، ولتاژ و سرعت مناسب
گرده شدن زیاد فلزجوش	پاشش یا ترشح زیاد	خط جوش نامنظم با نفوذ نسبی	خط جوش باریک و نامنظم	گرده شدن زیاد فلز جوش	خط جوش صاف، منظم و با شکل خوب
عدم نفوذ در لبه‌ها (لوچه)	بریدگی(گودافتادگی) لبهٔ جوش در طول درز اتصال	پوشش نامناسب فلزجوش	کمبود فلزجوش در مقطع درز	عدم نفوذ در لبه‌ها	عدم بریدگی کناره جوش
پیشرفت کند	نشست نامنظم	جوش کم‌بازده	فاقد مقاومت کافی	مصرف زمان زیاد	یکنواخت در مقطع عرضی
اتلاف الکترود و زمان مفید	اتلاف الکترود و زمان مفید	اتلاف الکترود و زمان مفید	اتلاف الکترود و زمان مفید	اتلاف الکترود و زمان مفید	جوش‌عالی‌با کمترین مصالح و هزینه



شکل ۳ ـ ۱ ـ پلان و مقطع جوش انجام شده با الکترود قوسی روکش‌دار در شرایط مختلف.

www.niazit-ceiling.com

● ***الکترود مداوم*** : الکترود لخت پیوسته که به‌دور قرقره پیچیده و در جوشکاری اتوماتیک یا نیمه‌اتوماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

● ***الکترود مغزه‌دار***[5]: یک نوع الکترود مداوم (پیوسته) که پودر جوشکاری در مغزهٔ آن قرار دارد و در جوشکاری اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

● ***الکترود روکش‌دار***[6]: یک الکترود فلزی با طول محدود (استیک) و روکش نسبتاً ضخیمی از موادی که دو هدف را برآورده می‌کنند؛ (۱) تثبیت قوس الکتریکی و (۲) بهبود خواص فلز جوش.

الکترودها در ۵ گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: الکترود فولاد نرمه، فولاد پرکربن، فولادهای آلیاژدار خاص، چدن، و انواع الکترودهای غیرآهنی.

۳ـ۳ مقایسه الکترودهای بدون روکش (لخت) و روکش‌دار

در سال‌های نه چندان دور، الکترودهای بدون روکش به‌طور وسیعی در جوشکاری قوسی به‌کار می‌رفتند. حاصل کار، ظاهر ناخوشایندی بود. با وجود داشتن مقاومت کششی رضایتبخش، شکل‌پذیری آنها پایین و مقاومتشان در برابر بارهای خستگی و بارهای ضربه‌ای کم بود.

استفاده از الکترودهای روکش‌دار، باعث غلبه بر عیوب الکترودهای بدون روکش گردید. وجود روکش در روی مفتول فولادی الکترود، قوس الکتریکی و فلز جوش را در حین عملیات جوشکاری از مرحله ذوب تا انجماد از هوای اطراف محافظت می‌کند. حاصل این محافظت، ترکیب فلز جوشی است که دارای خواص قابل مقایسه با فلز پایه می‌باشد.

امروزه الکترودلخت فقط در جوش زیرپودری و یا تحت‌حفاظت گاز مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۴ـ۳ جایگزینی یا بهبود فلز پایه

روکش الکترود در حد وسیعی ترکیب فلز جوش را تنظیم می‌کند، خواه از طریق حفظ ترکیب اصلی مفتول مغزی الکترود یا با اضافه کردن عناصر دیگر. در این روش عناصر آلیاژی به‌فلز جوش اضافه شده و یا عناصر قبلی اصلاح می‌شوند.

یکی از شیوه‌های نسبتاً جدید اضافه کردن پودر آهن به‌روکش الکترود می‌باشد. در حرارت شدید قوس الکتریکی، پودر آهن به‌فولاد تبدیل شده و به‌ترسیب جوش روی فلز مبنا کمک می‌کند.

5– cored electrode

6– covered electrode

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

با افزایش مقدار پودر آهن به‌مواد روکش، سرعت جوشکاری افزایش یافته و ظاهر جوش بهبود می‌یابد. به‌الکترودهایی که دارای پودر آهن هستند، الکترودهای پرجوش[7] می‌گویند. بازده جوش چنین الکترودهایی زیاد بوده و معمولاً از آنها در حالت تخت استفاده می‌شود.

ورود الکترودهای کم‌هیدروژن به‌صنعت جوشکاری، اصلاح و بهبود خواص جوشکاری فولادهای پرکربن، فولاد آلیاژی، فولاد پرگوگرد و فولادهای فسفردار را به‌دنبال داشت. بعضی از فولادها تمایل به‌تخلخل و ترک در زیر نوار جوش را دارند که کاهش مقدار هیدروژن در جوشکاری، این خواص مضر را برطرف می‌کند.

۳ـ۵ کنترل خصوصیات قوس الکتریکی

روکش الکترود باعث سهولت تشکیل قوس در آغاز عملیات جوشکاری و حفظ پایداری و تثبیت قوس در حین پیشرفت عملیات جوشکاری می‌گردد. همچنین این روکش به‌مثابهٔ یک عایق بر روی مفتول مغزه الکترود عمل می‌کند. تمایل به‌امتزاج با فلز پایه در الکترودهای روکش‌دار نسبت به‌الکترودهای بدون روکش کمتر است و این الکترودها اجازهٔ تلرانس بیشتری را در طول قوس می‌دهند. کنترل دقیقتر و بهتر قوس الکتریکی، اجازه استفاده از شدت جریان بیشتر و الکترودهای ضخیمتری را می‌دهد.

۳ـ۶ ترکیب پوشش الکترود

نوع روکش الکترود بر روی طول قوس و ولتاژ جوشکاری و همچنین موقعیت جوشکاری که این الکترود برای آن شرایط قابل استفاده است، مؤثر می‌باشد. جنس و ترکیب داخلی روکش بسیار مهم بوده و عامل تفاوت میان الکترودها است. مفتول داخلی الکترودهای فولاد نرمه، معمولاً از جنس همان فولاد جوشکاری (فولاد نرمه) ساخته می‌شوند.

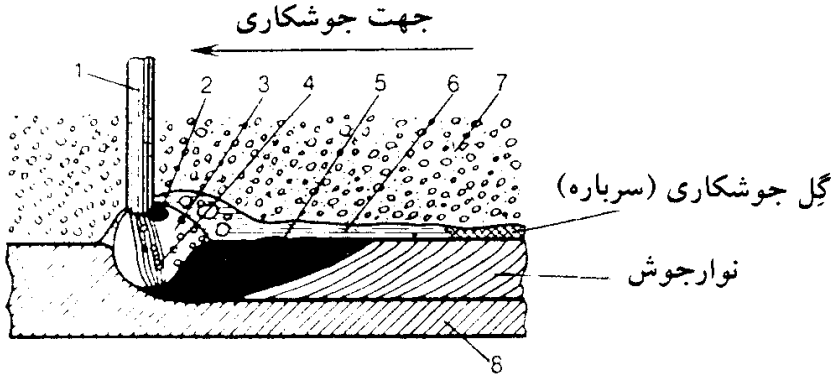
۳ـ۷ وظایف روکش الکترود یا پودر در جوش زیرپودری

روکش الکترود دارای عملکردهای زیر است:

- تأمین حفاظ گازی در مقابل ورود اکسیژن و ازت به‌حوضچهٔ مذاب و یک پوشش از سرباره مذاب بر روی فلز مذاب جوشکاری (شکل ۳ ـ ۲).

7– full fill

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



۱ ـ الکترود لخت
۲ ـ قطرات ذوب شدهٔ الکترود
۳ ـ حباب‌های گازی
۴ ـ قوس الکتریکی
۵ ـ حوضچهٔ مذاب (یک کورهٔ ذوب بسیار کوچک می‌باشد)
۶ ـ گِل جوش مذاب
۷ ـ پودر جوشکاری ذوب‌نشدهٔ (مواد گدازآور)
۸ ـ قطعهٔ مورد جوش

شکل ۳ ـ ۲ ـ مقطع عرضی از عمل قوس، حفاظ گاز و جریان فلزمذاب درخلال جوشکاری زیرپودری.

- مشابه یک نظافتچی در زدودن اکسیدها و آلودگی‌ها عمل می‌کند.
- نرخ سرد شدن فلز جوش را کاهش می‌دهد و بالطبع یک جوش با شکل‌پذیری زیاد ایجاد می‌کند.
- باعث سهولت شروع عملیات جوشکاری، تثبیت قوس و کاهش میزان ترشح (پاشش) جوش می‌گردد.
- باعث نفوذ بهتر و ذوب کاملتر فلز مبنا می‌گردد.
- شکل ظاهری نوار جوش را کنترل می‌کند.
- سرعت جوشکاری را افزایش می‌دهد.

۳ ـ ۸ مواد متشکله روکش الکترود

سیلیکات سدیم و پتاسیم عموماً به‌عنوان حامل (ملات)* به‌کار می‌روند. بعضی‌از چسب‌های‌گیاهی نیز دارای کاربردهای محدودی در این زمینه هستند. آلیاژهای آهن‌دار و فلزات خالص به‌عنوان عناصر

* binder (مادهٔ چسبان)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

احیاکننده و عناصر آلیاژی به‌کار می‌روند. فلزات قلیایی خاکی بهترین تثبیت‌کننده قوس الکتریکی هستند. خاک‌اره، خمیر چوب، سلولز، کتان، نشاسته، شکر و مواد گیاهی دیگر حفاظی در مقابل گازهای اتمسفر و آلودگی هوا ایجاد می‌کنند. عناصر گدازآور و سرباره‌ساز شامل سیلیکا، آلومینیا، رس، سنگ معدن آهن، روتیل، سنگ آهک، مگنزیت، پنبه نسوز و میکا و بسیاری مواد معدنی دیگر می‌باشند. در ضمن بعضی از مواد مصنوعی مانند تیتانات پتاسیم و دی اکسید تیتانیوم نیز عملکردی مشابه مواد معدنی فوق‌الذکر را دارند.

۳ـ۹ تأثیر روکش بر قطبیت[8]

ترکیب روکش در انتخاب قطبیت در جوشکاری با جریان یکسو، نقش اساسی دارد. بعضی از روکش‌ها با قطبیت مستقیم (الکترود منفی) بازده بیشتری داشته و روکش‌های دیگر بازده الکترود را با قطبیت معکوس (الکترود مثبت) افزایش می‌دهند. هر دو نوع روکش‌های فوق مزایایی دارند که آنها را برای کاربرد مشخصی قابل استفاده می‌سازد. امروزه ساخت روکش‌هایی در حال توسعه است که عملکرد آنها در مقابل هر دو نوع قطبیت مستقیم و معکوس یکسان بوده و در جریان متناوب نیز قابل استفاده هستند.

جدول ۳ ـ ۱ تأثیر روکش را بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی فلز جوش شرح می‌دهد. خواص مختلف الکترودها را که در جدول ۳ ـ ۲ ارائه شده با دقت مطالعه کنید. از جدول ۳ ـ ۳ نیز

جدول ۳ ـ ۱ مقایسهٔ خواص فیزیکی و مکانیکی فلز جوش حاصل از الکترود روکش‌دار و بدون روکش.

	فلز جوش با الکترود لخت	فلز جوش با الکترود روکش‌دار	فلز پایه
F_u (kg/cm^2)	3500 ~ 4200	4200–5250	3800–4900
F_y (kg/cm^2)	2660–3150	3150–4200	2100–2240
افزایش طول در ۵ سانتی‌متر (درصد)	5.0–10.0	20.0–40.0	30.0–40.0
افزایش طول در خم آزاد (درصد)	10.0–20.0	35.0–60.0	. . .
کاهش سطح مقطع (درصد)	8.0–20.0	35.0–65.0	60.0–70.0
دانسیته	7.5–7.7	7.80–7.85	7.85
مقاومت‌خستگی (حددوام) (kg/cm^2)	840–1260	1820–2100	1820–2100
آزمایش ضربهٔ ایزود (m/kg)	3.5–10.5	28–49	35–56

8– polarity interchangeability

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جدول ۳ ـ ۲ خصوصیات جوشکاری با الکترودهای فولادنرمه.

	نوع روکش	وضعیت جوشکاری	نوع جریان	نفوذ	سرعت حرکت	ظاهر نوارجوش	پاشش	جدا شدن سرباره (گل)	حداقل مقاومت کششی kg/cm^2	نقطهٔ تسلیم kg/cm^2	ازدیاد طول نسبی در ۵۰ میلی‌متر
E6010	پر سلولز ـ سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP	عمیق	متوسط	موجدار و تخت	متوسط	تقریباً آسان	4340	3500	22%
E6011	پرسلولز ـ پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	عمیق	متوسط	موجدار و تخت	متوسط	تقریباً آسان	4340	3500	22%
E6012	روتیلی* ـ سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCSP, a.c.	متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	آسان	4690	3850	17%
E6013	روتیلی ـ پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	کم	خوب	صاف و تخت تا محدب	کم	آسان	4690	3850	17%
E7014	روتیلی ـ پودر آهن	تمام وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	متوسط	بالا	صاف و تخت تا محدب	کم	آسان	4900	4200	17%
E7015	کم‌هیدروژن سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	تقریباً آسان	4900	4200	22%
E7016	کم‌هیدروژن پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	خیلی آسان	4900	4200	22%
E6020	اکسید آهن	تخت ـ افقی	تخت: d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	عمیق	بالا	صاف و تخت تا مقعر	کم	خیلی آسان	4340	3500	25%
E7024	روتیل ـ پودر آهن	تخت ـ افقی	DCSP, DCRP, a.c.	کم	خیلی بالا	صاف و کمی محدب	کم	آسان	5040	4200	17%
E6027	پودر آهن ـ اکسید آهن	تخت ـ افقی	تخت: d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	متوسط	خیلی بالا	تخت تا مقعر	کم	آسان	4340	3500	25%
E7018	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم	بالا	صاف و تخت تا محدب	کم	خیلی آسان	5040	4200	22%
E7028	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	تخت ـ افقی	DCRP, a.c.	کم	خیلی بالا	صاف و کمی محدب	کم	خیلی آسان	5040	4200	22%

a.c.= جریان متناوب ؛ d.c.= جریان مستقیم ؛ DCRP= جریان یکسو با قطبیت معکوس (الکترودمثبت) ؛ DCSP= جریان یکسو با قطبیت مستقیم (الکترود منفی) .

* روتیل اکسید تیتان می‌باشد.

www.niazi-ceiling.com
NIAZI CEILING نیازی سقف

جدول ۳ ـ ۳ دامنهٔ شدت جریان الکتریکی برای جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه و فولاد کم‌آلیاژ.

قطر الکترود اینچ (میلی‌متر)	دامنهٔ شدت جریان (آمپر)								
	نوع الکترود								
	E6010,E6011 DC+	E6012	E6013	E6020	E6027	E7014	E7015,E7016	E7018	E7024,E7028
1/16(1.6)	–	20–40	20–40	–	–	–	–	–	–
5/64(2)	–	25–60	25–60	–	–	–	–	–	–
3/32(2.4)	40–80	35–85	45–90	–	–	80–125	65–110	70–100	100–145*
1/8 (3.2)	75–125	80–140	80–130	100–150	125–185	110–160	100–150	115–165	140–190
5/32 (4)	110–170	110–190	105–180	130–190	160–240	150–210	140–200	150–220	180–250
3/16 (4.8)	140–215	140–240	150–230	175–250	210–300	200–275	180–255	200–275	230–305
7/32 (5.6)	170–250	200–320	210–300	225–310	250–350	260–340	240–320	260–340	275–365
1/4 (6.4)	210–320	250–400	250–350	275–375	300–420	330–415	300–390	315–400	335–430
5/16 (8)	275–425	300–500	320–430	340–450	375–475	390–500	375–475	375–470	400–525*

شدت جریان متناسب با هر الکترود استخراج می‌شود.

۳ـ۱۰ شناسایی الکترودها

دو سیستم اصلی برای شناسایی الکترودهای فولادی در صنعت جوشکاری به‌کار می‌رود. اولی سیستم شناسایی رنگ برای هر دو نوع الکترود روکش‌دار و بدون روکش است. این طریقه شناسایی توسط انجمن ملی سازندگان الکتریکی (NEMA)[9] و مؤسسهٔ جوشکاری آمریکا (AWS)[10] گسترش یافته است. اشکال ۳ ـ ۳ و ۳ ـ ۴ محل علامت رنگی را بر روی الکترودهای روکش‌دار نشان می‌دهد. شکل ۳ ـ ۵ محل این علامت را بر روی الکترودهای بدون روکش نشان می‌دهد.

سیستم دوم شناسایی الکترود فقط برای الکترودهای روکش‌دار جوشکاری قوسی به‌کار می‌رود. این روش مستلزم مهر زدن یا حک کردن شماره طبقه‌بندی الکترود بر روی پوشش آن می‌باشد (شکل ۳ ـ ۶).

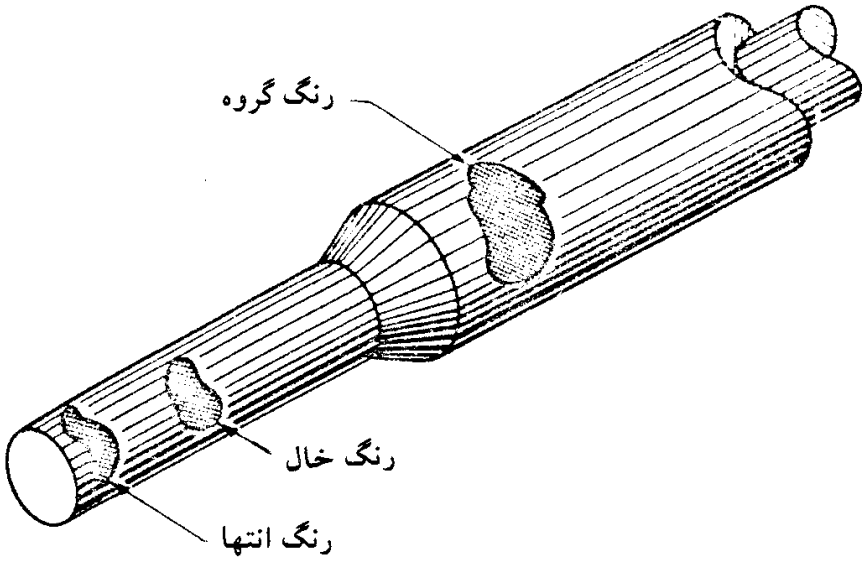
۳ـ۱۱ طبقه‌بندی و شماره‌گذاری الکترودها طبق AWS

الکترودها برحسب خواص مکانیکی مفتول فولادی، نوع پوشش، و وضعیت جوشکاری طبقه‌بندی

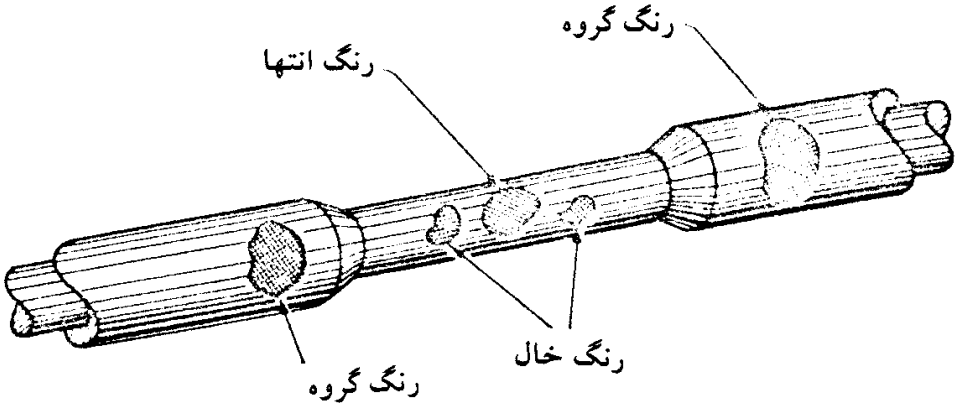
9– National Electrical Manufacture Association

10– American Welding Society (انجمن جوش آمریکا)

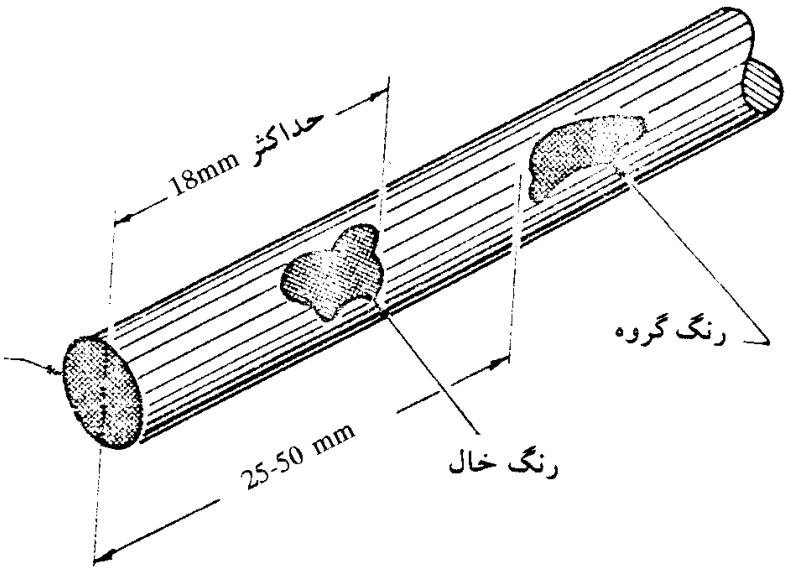
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۳ ـ ۳ ـ محل علامت رنگی برای الکترود روکش‌دار با محل گیره در انتها (ته‌گیر).

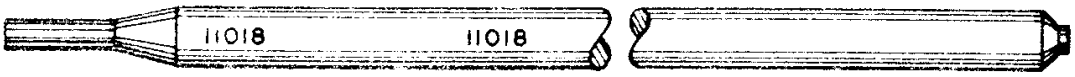


شکل ۳ ـ ۴ ـ محل علامت رنگی برای الکترود روکش‌دار با محل گیره در قسمت میانی (میان‌گیر).



شکل ۳ ـ ۵ ـ محل علامت رنگی برای الکترود بدون روکش.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۳ ـ ۶ ـ محل شماره طبقه‌بندی الکترود برای الکترود روکش‌دار با محل گیرهٔ انتهایی (ته‌گیر).

و برای شناسایی شماره‌گذاری می‌شوند.

سیستم شماره‌گذاری براساس AWS، یک عدد ۴ یا ۵ رقمی می‌باشد که به‌دنبال یک حرف *E* قرار می‌گیرند. حرف *E* مخفف کلمهٔ الکترود جوشکاری قوس الکتریکی است. اولین دو رقم سمت چپ (یا سه رقم اول در سیست ۵ رقمی) حداقل مقاومت کششی قطر الکترود را برحسب کیلوپوند (هزار پوند) بر اینچ مربع نشان می‌دهد (اگر این عدد در ۷۰ ضرب شود، مقاومت برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به‌دست می‌آید). برای مثال مقاومت کششی الکترود E6010، مساوی 60000 psi(4200 kg/cm^2)، و الکترود E7010 مساوی 70000 psi(4900 kg/cm^2) و الکترود E10010 مساوی 100000 psi(7000 kg/cm^2) است. رقم سوم موقعیت جوشکاری را توصیف می‌کند. برای مثال عدد یک در E6010 نشان می‌دهد جوشکاری با این نوع الکترود در همه موقعیت‌ها اعم از تخت، افقی، سربالا، و سقفی می‌تواند انجام شود. عدد ۲ از E7020 نشان می‌دهد که این الکترود تنها در جوشکاری درزهای تخت و افقی به‌کار می‌رود. عدد ۳ نشان می‌دهد که الکترود باید تنها در موقعیت جوشکاری تخت به‌کار رود. آخرین رقم نوع جریان و نوع روکش الکترود را تعیین می‌کند. توضیح بیشتر در مورد این سیستم طبقه‌بندی شماره‌ای در جداول ۳ ـ ۴ و ۳ ـ ۵ آمده است.

جدول ۳ ـ ۴ سیستم طبقه‌بندی الکترودها به‌روش AWS.

رقم	مفهوم	مثال
۲ یا ۳ رقم اول	حداقل مقاومت کششی	E-60XX=4200 kg/cm^2 E-110XX=7700 kg/cm^2
رقم بعدی	وضعیت جوشکاری	تمام وضعیت‌ها =E-XX1X تخت و افقی =E=XX2X تخت E=XX3X
رقم آخر	نوع جریان، نوع گِل، نوع قوس، عمق نفوذ، وجود پودر آهن در روکش	به‌جدول ۳ ـ ۵ مراجعه شود.
پیشوند E نشان‌دهندهٔ علامت الکترود برای جوش قوسی است.		

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جدول ۳ ـ ۵ مفهوم رقم آخر در علامت شناسایی الکترود.

نوع پوشش	جریان	علامت شناسایی
آلی	فقط DCRP	E6010
آلی	a.c. یا DCRP	E6011
روتیلی (اکسید تیتان)	a.c. یا DCSP	E6012
روتیل	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6013
روتیل با پودرآهن (حدود ۳۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E7014
کم‌هیدروژن	فقط DCRP	E7015
کم‌هیدروژن	a.c. یا DCRP	E7016
کم‌هیدروژن ـ پودرآهن (حدود ۲۵٪)	a.c. یا DCRP	E7018
اکسید آهن زیاد	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6020
روتیل با پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E7024
معدنی ـ پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6027
کم‌هیدروژن ـ پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP	E6028

DCSP= جریان یکسو ـ قطبیت مستقیم

DCRP= جریان یکسو ـ قطبیت معکوس

a.c.= جریان متناوب

۳ـ۱۲ انتخاب الکترود

خواص فلز جوش رسوبی[11] در درز و مناسب بودن آن به‌عنوان مصالح اتصال‌دهندهٔ قطعاتی که به‌هم جوش می‌شوند، به‌انتخاب صحیح الکترود بستگی دارد. باید توجه داشت که بسیاری از الکترودهایی که در رده‌های مختلف قرار دارند، از نظر مفتول فولادی یکسان هستند. تفاوت در مشخصه‌های کاربردی و خصوصیات شیمیایی و مکانیکی فلز جوش رسوبی، غالباً توسط مواد تشکیل‌دهندهٔ روکش الکترود تعیین می‌شود.

با توجه به‌مطالب ارائه شده، اهمیت شناخت کامل مشخصه‌های الکترودهای پایه، روشن

11– deposited

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

است. شناخت کامل از رده‌های الکترودها، نه تنها در انتخاب صحیح الکترود برای یک کار خاص به‌شما کمک می‌کند بلکه در به‌دست آورد مهارت فنی لازم جهت عملیات جوشکاری نیز مؤثر است.

۳ـ۱۳ اندازهٔ الکترودها

انتخاب اندازهٔ صحیح الکترود برای استفاده در یک کار مشخص، دارای اهمیتی به‌اندازهٔ انتخاب ردهٔ مناسب الکترود است. نکات زیر در هنگام انتخاب اندازهٔ الکترود باید مورد توجه قرار گیرد:

● ***هندسهٔ درز***[12]: یک جوش‌گوشه می‌تواند با الکترود بزرگتری نسبت به‌آنچه که در جوش لب به‌لب مورد نیاز است، انجام شود.

● ***ضخامت فلز پایه***: واضح است که با افزایش ضخامت فلز مورد جوش، الکترود بزرگتری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

● ***ضخامت لایهٔ جوش***: ضخامت قطعات مورد جوشکاری و همچنین موقعیت انجام جوشکاری دو عامل دخیل در این مورد هستند. در جوشکاری تخت و افقی، ضخامت فلز جوش رسوب کرده، نسبت به‌جوشکاری سربالا یا سقفی بیشتر است.

● ***موقعیت جوشکاری***: در جوشکاری تخت و افقی می‌توان از الکترود بزرگتری نسبت به‌موقعیت سربالا یا سقفی استفاده کرد.

● ***شدت جریان***: با افزایش شدت جریان جوشکاری، الکترود بزرگتری مورد نیاز است.

● ***مهارت جوشکار***: بعضی از جوشکاران دارای مهارت فنی زیادی بوده بنابراین می‌توانند از الکترودهای بزرگتری در جوشکاری سربالا یا سقفی استفاده کنند.

۳ـ۱۴ نوع کار[13]

نوع کار، زمینهٔ اصلی انتخاب صحیح الکترود است. بررسی دقیق نوع کار جهت تعیین الکترود مناسب ضروری است. نکاتی که باید کنترل گردند، به‌شرح زیرند:

● ضوابط آیین‌نامه‌ای (اگر وجود داشته باشد).

12– joint design

13– job requirement

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

- خواص فلز پایه
- وضعیت درز (تخت، افقی، سربالا، سقفی)
- نوع درز اتصال
- مقدار جوش مورد نیاز
- دقت مونتاژ[۱۴]
- نوع جریان جوشکاری قابل دسترس.

۳ـ۱۵ مشخصه‌های کاربردی الکترودها

جنس مواد مصرفی در روکش یک الکترود نه تنها مشخصات مکانیکی و شیمیایی فلز جوش را تعیین می‌کند، بلکه ویژگی‌های کاربردی الکترود را نیز مشخص می‌کند. استفاده از الکترودهای مختلف مستلزم استفاده از تکنیک‌های مختلف جوشکاری هستند. بنابراین الکترودها با توجه به‌ویژگی‌های کاربردی و نوع درز اتصال به ۳ گروه تقسیم می‌شوند: الکترودهای پرجوش[۱۵]، الکترودهای زودجوش[۱۶]، و الکترودهای پر و زودجوش (زودرو)[۱۷]

۳ـ۱۵ـ۱ الکترودهای پرجوش

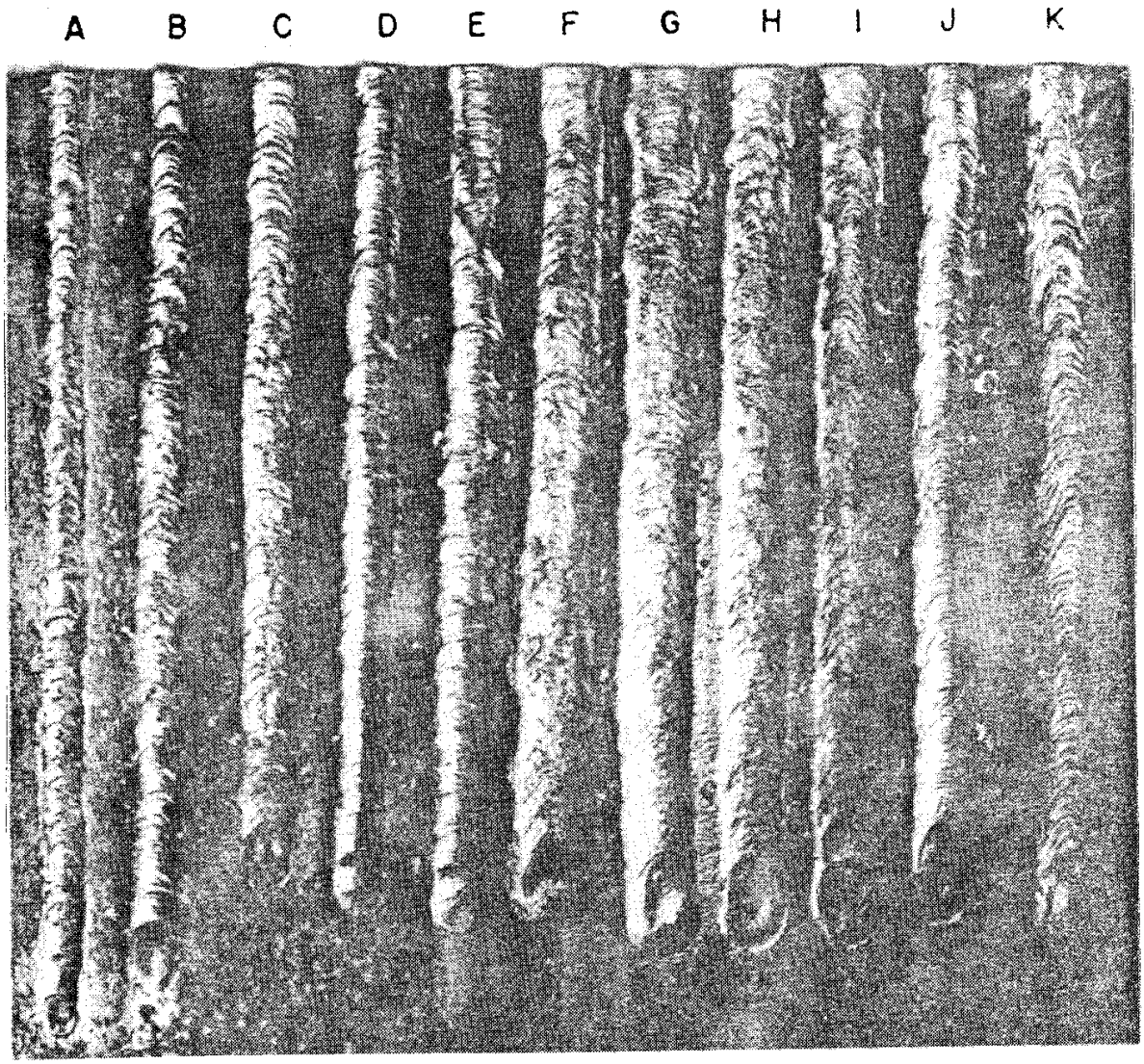
الکترود پرجوش، درز را زود پر می‌کند. این خاصیت نقطهٔ مقابل الکترودهای زودجوش است. الکترودهای پرجوش، دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن می‌باشند که کاربرد وسیعی در جوشکاری گوشه و جوش شیاری عمیق دارد. الکترودهای پرجوش خصوصاً برای جوشکاری سریع رو به‌پایین طراحی شده‌اند. در این نوع الکترود، میزان رسوب زیاد بوده و پاک‌کردن سرباره آن به‌راحتی انجام می‌شود. گودافتادگی (بریدگی) لبهٔ درز جوش نیز کم می‌باشد. این نوع الکترود با قوس سبک و ملایم می‌سوزد و عمق نفوذ آن زیاد نیست و در نتیجه امتزاج فلز جوش و فلز پایه کم است. ظاهر جوش بسیار صاف و سطح جوش تخت تا کمی محدب می‌باشد و در اطراف آن مقداری ترشح جوش وجود دارد (جوش‌های H و I در شکل ۳ ـ ۷).

در ردهٔ الکترودهای پرجوش، الکترودهای EXX14، EXX24، EXX27، و EXX28 در جوش‌های شیاری در وضعیت تخت و افقی به‌کار می‌روند (شکل ۳ ـ ۷ ـ F).

در این حالت اگر در دستورالعمل جوشکاری، جریان یکسو ذکر شده باشد، استفاده از جریان

14– fitup
15– fast fill
16– fast freeze
17– fill freeze (fast follow)

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۳ ـ ۷ ـ مقایسه ظاهر نوارجوش‌های انجام شده با انواع مختلف الکترودها.

متناوب نیز امکانپذیر است، لیکن بروز پدیدهٔ وزش قوس[18] ممکن است.

۳ ـ ۱۵ ـ ۲ الکترودهای پرجوش و زودجوش (زودرو)

الکترودهای پر و زودجوش دارای خصوصیاتی هستند که به‌نحوی احتیاجات هر دو گروه پرجوش و زودجوش را برآورده می‌کنند. در اتصالات لب روهم[19] و جوشکاری ورق‌های نازک، قدری فلز جوش اضافی برای شکل‌گیری جوش لازم است. در کنار قدرت ترسیب، راه اقتصادی جوشکاری چنین درزهایی، حرکت سریع الکترود می‌باشد. از آنجا که در این حالت، حوضچهٔ مذاب باید

18– arc blow

19– lap weld

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING
www.niazit-ceiling.com

به‌طور سریع، قوس را تعقیب نماید، این نوع الکترود را زودرو[20] نیز می‌گویند.

این نوع الکترود با قوس ملایمی می‌سوزد و قدرت نفوذی متوسطی دارد. این خاصیت همراه با شدت جریان و حرارت ورودی کم، مسائل ناشی از سوختگی[21] (سوراخ شدن[22]) را کاهش می‌دهد.

الکترودهای پر و زودجوش اغلب با جریان یکسو با قطبیت مستقیم به‌کار می‌روند، هرچند ممکن است با جریان متناوب نیز به‌کار روند. این نوع الکترودها دارای گِل جوشکاری کامل بوده و خط جوش حاصل از آنها پیوسته، لیکن کمی موجدار است (جوش D و E شکل ۳ ـ ۷). بسیاری از کارگاه‌های تولیدی این الکترودها را برای مصارف عمومی به‌کار می‌برند و در کارهای تعمیری نیز کاربرد وسیعی دارند. با اینکه آنها را می‌توان در تمام وضعیت‌های جوشکاری به‌کار برد، لیکن در جوش‌های سربالا و سقفی الکترودهای زودجوش بر آنها برتری دارند. بسیاری از کارگاه‌های تولیدی ورق‌های نازک فولادی، از الکترودهای زودجوش برای جوشکاری سرپایین استفاده می‌کنند. مثال‌هایی از این نوع الکترود EXX12 برای جریان مستقیم و EXX11 و EXX13 برای جریان متناوب می‌باشند.

۳ ـ ۱۵ ـ ۳ الکترودهای زودجوش

الکترودهای زودجوش دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش می‌باشند. این خاصیت در مواردی که ترشح گل جوش و یا فلز جوشکاری به‌خارج از درز جوش وجود دارد و یا در جوشکاری‌های سربالا و سقفی، بسیار مهم است.

این الکترودها دارای قوسی قوی و نفوذی بوده و عموماً با جریان یکسو با قطبیت معکوس به‌کار می‌روند، هرچند ممکن است با جریان متناوب نیز به‌کار روند. دارای سرباره کمی بوده و خط جوش تخت تولید می‌کنند. (شکل ۳ ـ ۷ جوش‌های B و C). با گذشت از استثنائات، خط جوش حاصل، جوابگوی آزمون پرتونگاری بوده و مورد استفاده آنها در جوشکاری لوله‌ها و مخازن تحت فشار است. این الکترودها به‌طور وسیعی برای همه موقعیت‌های جوشکاری و در هر دو نوع عملیات ساخت کارخانه‌ای و کارهای تعمیری مورد استفاده می‌باشند. الکترودهای E6010 با جریان مستقیم و E6011 با جریان متناوب مثال‌هایی از این نوع الکترود می‌باشند.

20– fast follow

21– burn-through

22– crater

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۳ـ۱۵ـ۴ الکترودهای ترکیبی

در بعضی درزها، نیاز به‌هر دو خصوصیت پرجوشی و زودجوشی است. هنگامی که الکترود زودجوش مورد نیاز است، بهترین انتخاب ردهٔ EXX10 و EXX11 می‌باشد. الکترودی که دارای هر دو خاصیت پرجوشی و زودجوشی است، الکترود EXX14 با روکش حاوی پودرآهن می‌باشد که در همهٔ وضعیت‌ها قابل استفاده است (تمام وضعیت). این الکترود دارای خاصیت زودپرکنندگی به‌میزان نوع EXX24 نبوده و سرعت انجماد آن نیز به‌اندازهٔ EXX10 نمی‌باشد، ولیکن خواص آن درحد واسطهٔ این رده می‌باشد.

۳ـ۱۵ـ۵ الکترودهای کم‌هیدروژن[۲۳]

الکترودهای کم‌هیدروژن دارای پوششی هستند که عملاً فاقد هیدروژن می‌باشد. این الکترودها جوشی عاری از ترک، زیر ترک[۲۴] و ریز ترک[۲۵] تولید می‌کنند و جوش حاصل دارای شکل‌پذیری استثنایی است (جوش F و K در شکل ۳ ـ ۷). زیر ترک غالباً دارای علایم خارجی نیست و در منطقهٔ متأثر از حرارت جوش در فلز پایه به‌وجود می‌آید و عامل آن نفوذ هیدروژن از فلز جوش یا سرد شدن سریع است.

این الکترودها تخلخل حاصل از جوشکاری فولادهای گوگرددار را برطرف کرده و جوش حاصل جوابگوی آزمایش پرتونگاری می‌باشد. به‌علت کاهش نیاز به‌عملیات پیش‌گرمایش با این نوع الکترود، کاربرد ویژه آنها در جوشکاری فولادهای سخت‌جوش و فولادهای آلیاژدار پرمقاومت می‌باشد. مثال‌هایی از این نوع الکترود EXX18 و EXX28 می‌باشد. این نوع الکترودها ممکن است با جریان مستقیم و قطبیت معکوس (*DCRP*) یا جریان متناوب به‌کار روند.

۳ـ۱۵ـ۶ پودر آهن

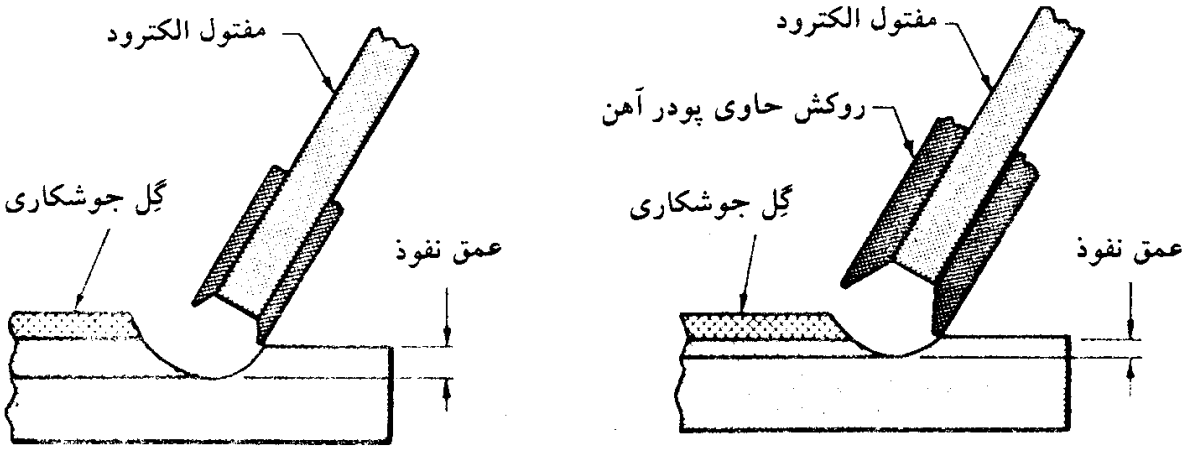
پودر آهن به‌روکش بسیاری از انواع الکترودها اضافه می‌شود. در حرارت شدید قوس الکتریکی، پودر آهن به‌فولاد تبدیل شده و بر فلز جوش می‌افزاید. هنگامی که پودر آهن به‌مقدار نسبتاً زیادی (حدود ۳۰ درصد یا بیشتر) به‌ترکیب روکش الکترود اضافه می‌شود، سرعت جوشکاری به‌طور محسوسی افزایش یافته، قوس تثبیت شده و ترشح جوش کاهش می‌یابد و گِل جوش به‌راحتی جدا می‌شود (شکل ۳ ـ ۸). سطح جوش انجام شده با این الکترودها بسیار صاف است (جوش‌های H و I

23– low-hydrogen electrode

24– underbead crack

25– microcrack

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۳ ـ ۸ ـ یک روکش ضخیمتر حاوی پودر آهن، اثر بوته‌ای در انتهای الکترود ایجاد می‌کند که موجب افزایش بازده انرژی حاصل از قوس الکتریکی می‌گردد.

در شکل ۳ ـ ۷). مثال‌هایی از این نوع الکترود، EXX24 و EXX14 و EXX27 می‌باشد. این الکترودها از نوع پرجوش بوده و می‌توانند با جریان یکسو یا متناوب به‌کار روند.

۳ـ۱۶ فلز پایه

جنس مصالح پایه که به‌یکدیگر جوش می‌شوند، در درجه اول اهمیت قرار دارد. اگر فلز جوش، کیفیت و خواص فیزیکی و شیمیایی مشابه با فلز پایهٔ مورد جوش را نداشته باشد، جوش رضایتبخشی ایجاد نمی‌گردد.

۳ـ۱۷ جریان جوشکاری

دستگاه‌های جوشکاری دو نوع جریان تولید می‌کنند. جریان یکسو و جریان متناوب. جریان یکسو دارای دو نوع قطبیت می‌باشد قطبیت مستقیم و قطبیت معکوس. نوع جریان جوشکاری قابل دسترس بر روی انتخاب نوع الکترود مصرفی تأثیرگذار است. بعضی از الکترودها با جریان یکسو و بعضی با جریان متناوب دارای عملکرد بهتری می‌باشند.

۳ـ۱۸ ضخامت و شکل فلزات مورد جوشکاری

ضخامت فلز مورد جوشکاری خواه ضخیم و یا نازک، تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ الکترود مصرفی است. طبق یک قانون عمومی، هرگز از الکترودی که قطر آن بزرگتر از ضخامت فلز مورد جوشکاری است،

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

استفاده نمی‌شود.

برای صفحات نازک (2mm و کمتر) الکترود E6013 معمولاً انتخاب مناسبی است، هرچند الکترود E6012 نیز ممکن است به‌کار رود. الکترود E6013 برای این نوع عملیات طراحی شده است و دارای کمترین میزان نفوذ در میان الکترودهای ردهٔ E60XX است.

۳ـ۱۹ شکل درز و مونتاژ آن[۲۶]

درزهای جوشکاری انواع مختلفی دارند و هر کدام از آنها ملزومات خاص خود را برای جوشکاری می‌طلبد. جوشکاری اتصالات گوشه به‌مقدار زیاد با جوشکاری اتصالات لب به‌لب تفاوت دارد. درزهای لب به‌لب ممکن است به‌صورت ساده یا پخ‌زده باشند. مونتاژ قطعات ممکن است با شکاف[۲۷] (فاصله) زیاد انجام شود یا ممکن است خیلی نزدیک و تنگ باشد.

در حالتی که مونتاژ لبه‌ها به‌خوبی انجام نشود، باید از الکترود E6012 برای جریان مستقیم و یا الکترود E6013 برای جریان متناوب استفاده نمود. هر دو نوع این الکترودها با داشتن قدرت انتقال قطره‌ای[۲۸] فلز مذاب در داخل جریان قوس، به‌خوبی بر روی شکاف پل[۲۹] می‌زنند.

۳ـ۲۰ وضعیت جوشکاری

وضعیت جوشکاری یک عامل بسیار مهم در انتخاب الکترود مصرفی است. بعضی از الکترودها تنها در وضعیت جوشکاری تخت قابل استفاده بوده و بعضی دیگر در همهٔ موقعیت‌ها به‌خوبی قابل استعمال می‌باشند. نوع موقعیت جوشکاری گاهی بر روی هزینه‌ها تأثیرگذار است. جوشکاری تخت اقتصادی‌ترین نوع جوشکاری بوده و پس از آن به‌ترتیب جوشکاری افقی، سربالا و سقفی قرار دارند که جوشکاری سقفی گرانترین نوع است.

اندازهٔ الکترود مصرفی شدیداً متأثر از موقعیت جوشکاری است. در سری‌کاریها بزرگترین الکترودی که قابل کارکردن و کنترل دستی است باید به‌کار رود. این کار اجازه استفاده از شدت جریان بیشتری را داده و بالطبع باعث افزایش سرعت جوشکاری خواهد شد.

اگر جوشکاری باید در موقعیت سقفی، افقی و یا قائم انجام گیرد، الکترودهای EXX20,24,27,28 قابل استفاده نیستند و انتخاب الکترود مصرفی باید از میان الکترودهای

26– joint design and Fitup

27– gap

28– globular transfer

29– bridge gap

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

باقیمانده صورت گیرد. حرکت و کنترل EXX16 و EXX18 که در طبقه الکترودهای قابل استفاده برای همه موقعیت‌ها قرار دارند، در جوشکاری‌های قائم و سقفی قدری مشکل است.

به‌طور کلی جوشکاران دریافته‌اندکه الکترودهای قرارگرفته در طبقهٔ EXX12,13,20,24,27,28 دارای کنترل آسان در موقعیت‌های افقی و قائم می‌باشند و جوشکاری قائم و سربالا با الکترودهای EXX10 و EXX11,16 آسانتر است، خصوصاً سهولت استفاده از الکترودهای EXX12 و EXX13 در جوشکاری قائم رو به‌پایین بیشتر است.

۳ـ۲۱ شرایط بهره‌برداری

احتیاجات بهره‌برداری بسیار مهم هستند. نوع سازه و مقدار تنش ایجاد شده در آن درحین بهره‌برداری باید مورد توجه قرار گیرد. مقاومت کششی، شکل‌پذیری، مقاومت خستگی و مقاومت در مقابل خوردگی خصوصیات مهم جوشی هستند که توجه به‌آنها به‌انتخاب صحیح الکترود مصرفی کمک می‌کند. خواص مختلف فلز جوش براساس نوع الکترود مصرفی در جدول ۳ ـ ۲ آمده است.

۳ـ۲۲ شرایط اجرایی

آیا قطعه مورد جوشکاری تمیز، زنگ زده، رنگ‌خورده و یا روغن‌کاری شده است؟ نوع عملیات سطحی که باید برای پرداخت رویهٔ قطعه‌کار قبل از جوشکاری انجام گیرد چیست؟ آیا کل قطعه عاری از تنش‌های معمولی یا تنش ناشی از عملیات حرارتی است؟ آیا جوشکاری در مکانی است که شکل ظاهری سطح جوش مهم است؟

۳ـ۲۳ انواع الکترود و کاربرد آنها

۳ـ۲۳ـ۱ الکترودهای فولاد کربن‌دار[30]

الکترودهای فولاد کربن‌دار که برای جوشکاری فولاد با کربن کم تا متوسط به‌کار می‌روند با شماره‌های شناسایی E4510، E4511، E4520 و E6010، 11، 12، 13، 14، 15، 16، 18، 20، 24، 27 و 28 طبقه‌بندی می‌شوند. E4510,11,20 الکترودهای بدون روکش هستند که امروزه مورد استفادهٔ زیادی ندارند و مابقی، الکترودهای روکش‌دار برای جوشکاری قوسی می‌باشند.

30– Carbon Steel

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۳ ـ ۲۳ ـ ۲ الکترودهای فولاد نرمه با روکش نازک

الکترودهای E4510 که قبل از کشیدن، روکش می‌شوند (همه وضعیت*)

این نوع الکترودها که عموماً با روکش سول[31] خوانده می‌شود، اغلب به‌عنوان الکترود بدون روکش شناخته می‌شوند، هرچند که روکش سول در پایداری و تثبیت قوس مؤثر است.

این نوع الکترودها در مواردی قابل استفاده هستند که شرایط بهره‌برداری شدید نیست و فقط با جریان یکسو و قطبیت مستقیم (الکترود منفی) قابل استفاده هستند. قوس حاصل از این نوع الکترود وحشی ولی نه‌چندان قوی می‌باشد و عمق نفوذ آن زیاد نیست. نمونه‌ای از جوش انجام شده با این الکترود در شکل ۳ ـ ۷، جوش A، نشان داده شده است.

الکترودهای E4511 که بعد از کشیدن، روکش می‌شوند (همه وضعیت)

الکترودهای E4511 در مواردی مشابه با الکترودهای E4510 به‌کار می‌روند. پایداری قوس بهتر، کاربرد الکترود در بعضی مواقع ساده‌تر و سطح جوش تولید شده با این نوع صاف‌تر و یکنواخت‌تر است. خواص فیزیکی فلز جوش تولید شده نسبت به‌الکترود E4510 بهتر می‌باشد و همانند الکترود E4510 در همهٔ وضعیت‌ها قابل استفاده است و فقط با جریان یکسو با قطبیت مثبت عمل می‌کند.

۳ ـ ۲۳ ـ ۳ الکترودهای روکش‌دار از فولاد نرمه با روکش ضخیم

E6010 : الکترود همه وضعیت با جریان یکسو و قطبیت معکوس (از نوع زودجوش)

این الکترودها یکی از بهترین نوع الکترود روکش‌دار جهت جوشکاری‌های قائم و سقفی هستند. به همین دلیل دارای بیشترین کاربرد در جوشکاری سازه‌های فلزی‌با موقعیت غیرتخت و جوشکاری‌قائم و سقفی با پاس‌های متعدد می‌باشند. با اینکه اکثر کاربرد این نوع الکترود در جوشکاری فولاد نرمه است، لیکن می‌توانند در جوشکاری ورق‌های گالوانیزه یا بعضی از فولادهای کم‌آلیاژ به‌کار روند. در جوشکاری فولاد، قوس قوی موجب خراشیدن رویه گالوانیزه شده و گِل سبک آن، کاهش حباب‌زایی[32] و کاهش تخلخل جوش را به‌دنبال خواهد داشت. کاربردهای مختلف این نوع الکترود در جوشکاری بدنه کشتی، جوشکاری ساختمان‌ها و پل‌ها، مخازن ذخیره، لوله‌ها و مخازن معمولی

---

* الکترود همه وضعیت، الکترودی است که در تمام وضعیت‌های تخت، افقی، قائم، و سقفی قابل استفاده است.

31– sul-coated or sul finish electrode 32– bubbling

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

و تحت فشار می‌باشد. یک نوع ویژه از الکترود E6010 برای جوشکاری لوله‌ها قابل دسترس است. در جوشکاری با این نوع، کیفیت فلز جوش رسوبی، بالاتر از حد انتظار است (جوش B شکل ۳ـ۷). ویژگی‌های کاربردی این نوع الکترود به‌قرار زیر است:

- قوس قوی و نفوذی؛
- انجماد مناسب و یکدست فلز جوش؛
- گل کم‌ضخامت با چگالی و درجه ذوب پایین؛
- ایجاد پوشش گازی جهت حفاظت فلز مذاب حوضچهٔ جوشکاری در حین عملیات جوشکاری.

الکترود E6010 به‌خاطر وجود مقداری سلولز در ترکیب روکش خود گاهی تحت عنوان الکترود سلولزی طبقه‌بندی می‌شود.

E6011 : *الکترود همه وضعیت با جریان متناوب، (از نوع زودجوش)*

ویژگی‌های عملی، خواص مکانیکی و موارد کاربرد الکترود E6011 مشابه E6010 می‌باشد، با این اختلاف که الکترود E6011 با جریان متناوب استفاده می‌شود، هرچند ممکن است با جریان یکسو و قطبیت مستقیم نیز به‌کار رود ولی در این صورت بسیاری از ویژگی‌های مفید خود را از دست می‌دهد.

میزان نفوذ، شدت قوس، کمیت و کیفیت گِل و ظاهر جوش گوشه حاصل از این الکترود مشابه الکترود E6010 می‌باشد (شکل ۳ ـ ۷، جوش C). فلز جوش رسوبی، عاری از تخلخل و حفره[۳۳] بوده و پاک کردن گِل جوش به‌راحتی انجام می‌گیرد. سطح جوش گوشه و کناره‌های خط جوش تخت و گاهی محدب می‌باشند. این نوع الکترود می‌تواند در همهٔ وضعیت‌های جوشکاری به‌کار رود.

E6012 : *الکترود همه وضعیت با جریان یکسو و متناوب با قطبیت مستقیم (از نوع زودجوش و پرجوش[۳۴])*

الکترود E6012 می‌تواند با جریان یکسو و قطبیت معکوس و یا جریان متناوب به‌کار رود. این نوع

33– pit
34– fill-freeze

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

اغلب برای درزهایی که به‌طور مناسب جفت نشده‌اند[۳۵] به‌کار می‌رود و این به‌خاطر قابلیت پل‌زنی این نوع الکترود در درزهای عریض است. این نوع الکترود سازگاری مناسبی برای جوشکاری صفحات تک با جوش گوشهٔ افقی دارد. E6012 به‌خاطر اقتصادی بودن، سهولت کاربرد و سرعت بالای جوشکاری کاربرد وسیعی در کارهای فلزی کارخانه‌ای دارد. شکل‌پذیری فلز جوش نهشته حاصل از الکترود E6012 نسبت به E6010 و E6011 کمتر بوده و مقاومت تسلیم آن بیشتر است.

این الکترود مناسب برای کاربرد با جریان یکسو و قطبیت مستقیم (الکترود منفی) و یا قطبیت معکوس (الکترود مثبت) و همچنین جریان متناوب می‌باشد. در این مورد استفاده از قطبیت مستقیم به‌خاطر تشکیل یک قوس مستقیم و پایدار ارجح است. در صورت استفاده از الکترودهای قطورتر جریان متناوب به‌خاطر عاری بودن از پدیده وزش قوس (انحراف قوس) ارجح است.

الکترود E6012 نفوذ کافی تا انتهای ریشهٔ جوش گوشه و سایر درزها را ایجاد می‌کند ولی عمق نفوذ آن به‌میزان الکترود E6010 نیست. الکترودهای با قطر کوچک (2mm و کمتر) خصوصاً مناسب جوشکاری ورق‌های نازک می‌باشند چراکه موجب سوختگی ورق نمی‌گردند.

گِل حاصل از این جوش خیلی زیاد است و قسمت بیشتری از فلز مذاب را نسبت به‌الکترود E6010 می‌پوشاند. ولیکن سربارهٔ تولید شده به‌روانی سربارهٔ حاصل از الکترودهای E6020 و E6030 نمی‌باشد. گِل حاصل از الکترود E6012 بسیار سریع و در دمایی پایین‌تر از نقطهٔ انجماد فلز، می‌بندد. گِل جوشکاری سخت بوده و اغلب به‌نوار جوش می‌چسبد.

فلز مذاب حاصل از این نوع الکترود دارای روانی بیشتری نسبت به الکترود E6010 می‌باشد ولی نه در حدی که قابلیت استفاده از آن را در همهٔ وضعیت‌ها ازبین ببرد. ترکیب فلز مذاب و گل مذاب شکل جوش‌نهشته راکنترل‌می‌کند (جوش *D*، شکل ۳ـ۷). بنابراین E6012 خصوصاً مناسب جوشکاری گوشه در حالت افقی می‌باشد به‌گونه‌ای یک جوش تخت با تحدب کم و بدون سوختگی کناره جوش[۳۶] ایجاد می‌کند. بسیاری از الکترودهای E6012 مناسب جوشکاری قائم رو به‌پایین هستند، هرچند در بعضی موارد میزان و ضخامت گلوگاه مورد نظر تأمین نمی‌شود.

E6013: الکترود همه وضعیت با جریان یکسو و متناوب و با قطبیت مستقیم (زودجوش و پرجوش)

این نوع تقریباً مشابه الکترود E6012 می‌باشد ولی در چند مورد مهم با هم اختلاف دارند. تمیز کردن گل (گِل‌زنی) راحت‌تر و تثبیت قوس با سهولت بیشتری انجام می‌شود. این مورد خصوصاً در مورد الکترودهای با قطر کم (۱/۵ تا ۲/۵ میل) صحت دارد. در نتیجه امکان انجام جوشکاری با ولتاژ

35– poor fitup

36– under cut

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

کمتری فراهم می‌شود. عموماً این الکترودها برای جوشکاری صفحات نازک و جوشکاری‌های قائم رو به‌پایین طراحی شده‌اند. اندازه‌های بزرگتر این نوع الکترود برای کلیهٔ کاربردهایی که در توصیف E6012 ذکر شد، مورد استفاده است. رده‌های E6012 و E6013 از لحاظ عملکرد و ظاهر فلز جوش در یک طبقه هستند (جوش E در شکل ۳ ـ ۷). در جوشکاری با الکترود E6013 ، عمل قوس آرامتر و سطح جوش صاف با موج‌های (فلس) ریز و ملایم است. این الکترودها برای جوشکاری گوشه و جوش لب با ظاهر تخت تا کمی محدب مناسب هستند.

E7014 : *الکترود همه وضعیت با جریان متناوب، و یکسو با قطبیت مستقیم (از نوع پرجوش)*

روکش این نوع الکترود مشابه رده‌های E6012 و E6013 می‌باشد ولی پودرآهن اضافی آن را ضخیمتر ساخته است. نرخ ترسیب جوش نسبت به‌الکترودهای فوق بالاتر است.

الکترود E7014 برای جوشکاری فولاد نرمه و فولادهای کم‌آلیاژ در همهٔ وضعیت‌ها مناسب است. سطح جوش صاف با موج‌های ریز است و پاک کردن گِل جوش مشکل نیست. این نوع، الکترود خوبی برای جوشکاری ورق‌ها با ضخامت متوسط می‌باشد.

۳ ـ ۲۳ ـ ۴ الکترودهای کم‌هیدروژن

الکترودهای‌کم‌هیدروژن نتیجهٔ تحقیقات درخلال جنگ دوم‌جهانی می‌باشند. موضوع این تحقیقات یافتن الکترودی برای جوشکاری ورق‌های ضخیم زرهی (مورداستفاده در زره پوش‌ها یا تانک‌ها بود).

این نامگذاری از آنجا ریشه می‌گیرد که ترکیب اجزای روکش این الکترود فاقد مواد مصرفی و هیدروژن می‌باشد. فقدان هیدروژن خاصیت مهمی است، زیرا هیدروژن باعث ایجاد ترک مجاور جوش در فولادهای کربن‌دار و فولاد آلیاژی می‌گردد. با حذف هیدروژن، از ایجاد ترک‌های زیر و مجاور نوار جوش جلوگیری شده و فولادهای سخت می‌توانند بدون عملیات پیش‌گرمایش و یا با عملیات حرارتی کم جوش داده شوند. این الکترودها همچنین در فولادهای پرگوگرد تولید یک جوش غیرمتخلخل کرده و از ایجاد انقباض‌های بعد از جوش در فولاد فسفردار جلوگیری می‌کنند. اضافه کردن پودر آهن به‌روکش الکترود، نرخ ترسیب جوش مذاب را افزایش می‌دهد.

در عمل، این الکترودها نباید در هوای مرطوب قرار گیرند زیرا تمایل به‌جذب مقدار قابل ملاحظه‌ای از رطوبت هوا را داشته و جذب این رطوبت روی خواص آنها تأثیرگذار است.

تأمین محدودهٔ وسیعی از خواص مورد نظر جوشکاری با اضافه کردن تعدادی عناصر آلیاژی نظیر کلوئید کربن، منگنز، کروم، نیکل، مولیبدیم و وانادیم به‌ترکیب ساختمانی روکش این نوع الکترود امکانپذیر است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

قوس ایجاد شده با این نوع الکترود تند و شدید نبوده و دارای نفوذ متوسطی است. گل ایجاد شده ضخیم و ترد[۳۷] بوده و به‌راحتی تمیز می‌شود. در جوشکاری با این نوع الکترود باید از قوس کوتاه استفاده کرد. قوس بلند باعث مکش هیدروژن[۳۸] (افزایش رطوبت) شده که موجب تخلخل و دخول[۳۹] گِل در نوار جوش می‌شود.

با استفاده از تکنیک‌های صحیح جوشکاری، تأمین جوشی با کیفیت خوب و جوابگوی آزمایش رادیوگرافی امکانپذیر است (جوش‌های K، J و F در شکل ۳ ـ ۷).

الکترودهای کم‌هیدروژن با اندازهٔ معمولاً ۴ میلی‌متر به‌بالا در همهٔ موقعیت‌ها قابل استفاده هستند، البته نه به‌معنای واقعی مشابه آنچه که در مورد الکترود E6010 ذکر شد. قطرهای بزرگتر این الکترود برای جوشکاری گوشه در موقعیت افقی و تخت مناسب هستند.

خواص مکانیکی فلز تولید شده با این نوع الکترود به‌مراتب از الکترودهای رده‌های قبلی نظیر E6010 و E6012 بالاتر است. مقاومت کششی $8400\ kg/cm^2$ و بالاتر توأم با شکل‌پذیری زیاد با استفاده از این الکترود قابل حصول است. این مقاومت در صورت استفاده از عملیات حرارتی تا $21000\ kg/cm^2$ قابل افزایش است. در ادامه، الکترودهای موجود در این رده شرح داده می‌شوند:

E7015 : *الکترود همه وضعیت، جریان یکسو با قطبیت معکوس (کم‌هیدروژن)*

مقدار کلسیم موجود در ترکیب روکش این الکترود زیاد و مقدار هیدروژن، کربن، منگنز، گوگرد و فسفر آن پایین است. این نوع روکش دارای مقداری سیلیکون نیز می‌باشد. این الکترود به‌نام الکترود کم‌هیدروژن سدیم‌دار معروف است زیر یک قشر از سیلیکات سدیم بر روی روکش این الکترود به‌کار می‌رود.

میزان نفوذ آن متوسط و گِل آن ضخیم و ترد بوده و به‌راحتی پاک می‌شود. نوار جوش تخت بوده و در بعضی موارد ممکن است محدب باشد. جوشکاری با قوس کوتاه جهت افزایش کیفیت فلز جوش در الکترودهای کم‌هیدروژن ضروری است با استفاده از الکترودهای قطر تا ۴ میلی‌متر جوشکاری در همهٔ وضعیت‌ها امکانپذیر است. الکترودهای بزرگتر می‌توانند در موقعیت‌های افقی و تخت مورد استفاده قرار گیرند. این الکترود برای جوشکاری فولاد آلیاژی، فولاد پرکربن، فولاد گوگرددار، آهن چکش‌خوار، فولادهای لعاب‌دار، فولاد فنری و جوشکاری صفحات روکش شده با

37– friable

38– hydrogen pick up

39– inclusion

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فولاد نرمه توصیه شده است. در بسیاری از موارد استفاده از این نوع الکترود نیاز به‌عملیات پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش را منتفی می‌سازد.

E7016: ***الکترود همهٔ وضعیت، جریان متناوب یا یکسو با قطبیت معکوس (از نوع کم‌هیدروژن)***
الکترود E7016 حاوی کلیهٔ ویژگی‌های الکترود E7015 می‌باشد. مزیت اضافی امکان کاربرد آن با جریان جوشکاری یکسو یا متناوب می‌باشد. سیم داخلی و ترکیب روکش آن نیز مشابه الکترود E7015 می‌باشد. جز اینکه این نوع دارای مقداری سیلیکات پتاسیم و یا نمک‌های دیگر پتاسیم می‌باشد. اضافه کردن نمک‌های پتاسیم، این الکترود را برای جریان متناوب قابل استفاده می‌سازد. یک نوع از جوش انجام شده با این الکترود در شکل ۳ ـ ۷، جوش *J*، نشان داده شده است.

E7018: ***الکترود همهٔ وضعیت با جریان متناوب و یکسو با قطبیت معکوس (از نوع کم‌هیدروژن)***
روکش این الکترود حاوی درصد زیادی پودر آهن (بین ۲۵ تا ۴۰ درصد) در ترکیب با مقدار کمی هیدروژن می‌باشد. روکش الکترود E7018 دقیقاً مشابه ترکیب الکترود E7015 و E7016 ولی ضخیمتر از آنها می‌باشد. گِل حاصل ضخیم و ترد بوده و پاک کردن آن راحت است. نوار جوش تخت بوده و ظاهر آن نسبت به‌جوش حاصل از E7015 بهتر است (جوش *K* در شکل ۳ ـ ۷). نوار جوش ممکن است در جوش‌های گوشه و یا شیاری کمی تحدب داشته باشد. جوش حاصل جوابگوی آزمایش پرتونگاری خواهد بود. این نوع الکترود در جوشکاری لوله‌ها، مخازن و کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با استفاده از الکترودهای تا قطر ۴ میلی‌متر امکان جوشکاری در همهٔ وضعیت‌ها موجود است. قطرهای بزرگتر برای جوش گوشه و شیاری در موقعیت افقی و یا تخت به‌کار می‌روند. یک قوس کوتاه باید در تمام مدت جوشکاری اعمال شود. در جوشکاری قائم رو به‌بالا باید دقت خاصی مبذول داشت تا پوشش الکترود در تماس دائم با حوضچه مذاب جوشکاری باشد. در ضمن یک قوس بلند باعث ایجاد تخلخل در نوار جوش خواهد شد. نرخ رسوب جوش در E7018 در بعضی موارد بالاتر از الکترودهای E7015 می‌باشد.

اصلاح و بهبود خواص فلز بجای مانده از جوش با اضافه کردن آلیاژهای معینی به‌ترکیب روکش الکترود و یا تعویض و تغییر در جنس سیم مغزه الکترود امکانپذیر است. اضافه کردن عناصر آلیاژی به‌روکش الکترود راه اقتصادی‌تری بوده و کنترل آن راحت‌تر است. این الکترودها در طبقهٔ E8018 تا E12018 قرار می‌گیرند (مقاومت کششی آنها بین 5600 kg/cm^2 تا 8400 می‌باشد).

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

E7028 : قابل استفاده در وضعیت افقی و تخت، با جریان متناوب و یکسو با قطبیت معکوس (از نوع کم‌هیدروژن و حاوی پودر آهن)

این الکترود مشابه الکترودهای E7018 با کمی اختلاف است. الکترود E7028 تنها مناسب جوشکاری در موقعیت افقی و تخت می‌باشد در حالی که E7018 قابل استفاده در همهٔ وضعیت‌هاست. روکش این نوع الکترود حاوی درصد زیادتری از پودر آهن (معادل ۵۰ درصد) نسبت به E7018 می‌باشد که باعث افزایش ضخامت و وزن آن شده است. همچنین نرخ رسوب جوش در E7028 نسبت به E1918 بالاتر است.

عمل نفوذ جوش زیاد نیست ظاهر جوش تخت تاکمی مقعر با فلس‌های ریز و صاف می‌باشد (جوش F در شکل ۳ ـ ۷). گل حاصل ضخیم بوده و به‌راحتی پاک می‌شود. این الکترود دارای ویژگی الکترودهای پرجوش می‌باشد.

۳ ـ ۲۳ ـ ۵ سایر الکترودهای روکش‌دار

E6020 : جوش تخت و جوش گوشه افقی، جریان متناوب و یکسو با هر دو نوع قطبیت، حاوی اکسید آهن بالا

الکترود E6020 برای استفاده با جریان متناوب یا یکسو (قطبیت مستقیم) و جوش گوشه افقی و همچنین جریان متناوب یا یکسو (هر دو نوع قطبیت) در جوشکاری تخت طراحی شده است. البته این الکترود اساساً با جریان متناوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمق نفوذ این الکترود با استفاده از جریان معمولی، متوسط است و هنگامی که شدت جریان برای ایجاد جوش گوشه عمیق افزایش می‌یابد، عمق‌نفوذ بیشتر می‌گردد. یک نمونه از خط این جوش در شکل ۳ ـ ۷ (جوش G) نشان داده شده است.

الکترود E6020 ممکن است با حرارت بالا به‌کار رود که نتیجهٔ آن افزایش عمق نفوذ است. بنابراین این الکترودها در مواردی که کیفیت زیاد فلز جوش مورد نیاز است و هنگامی که جوشکاری در وضعیت پایین‌دست (تخت) انجام می‌گیرد، به‌کار می‌روند، مانند جوشکاری مخازن تحت فشار، منابع، کف ماشین‌ها، واحدهای تجهیزات سنگین و مقاطع ساختمانی.

ویژگی‌های اصلی این نوع الکترود به‌قرار زیر است:

- الکترود E6020 با هر دو نوع جریان متناوب و یکسو با قطبیت مستقیم قابل‌استفاده است.
- کاربرد اصلی الکترود در جوش گوشه افقی با سطح تخت تاکمی مقعر و بدون گودافتادگی (بریدگی) لبه‌هاست.

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

- گل حاصل از این نوع الکترود به‌طور سریع منجمد نمی‌شود و حتی مدتی پس از انجماد فلز مذاب به‌حالت خمیری باقی می‌ماند.
- این الکترود می‌تواند برای جوشکاری گوشه در موقعیت افقی، جوش لب و دیگر جوش‌های شیاری عمیق در درزهای تخت به‌کار رود.
- آزمایشات پرتونگاری صحت کامل و یکدستی جوش حاصل از این نوع الکترود را نشان می‌دهند.
- الکترود E6020 برای جوشکاری ورق‌های فلزی نازک قابل استفاده نیست.

E7024: برای جوشکاری گوشه در موقعیت افقی و تخت جریان متناوب و یکسو و با هر دو نوع قطبیت (روکش آن از جنس تیتانیوم و پودر آهن)

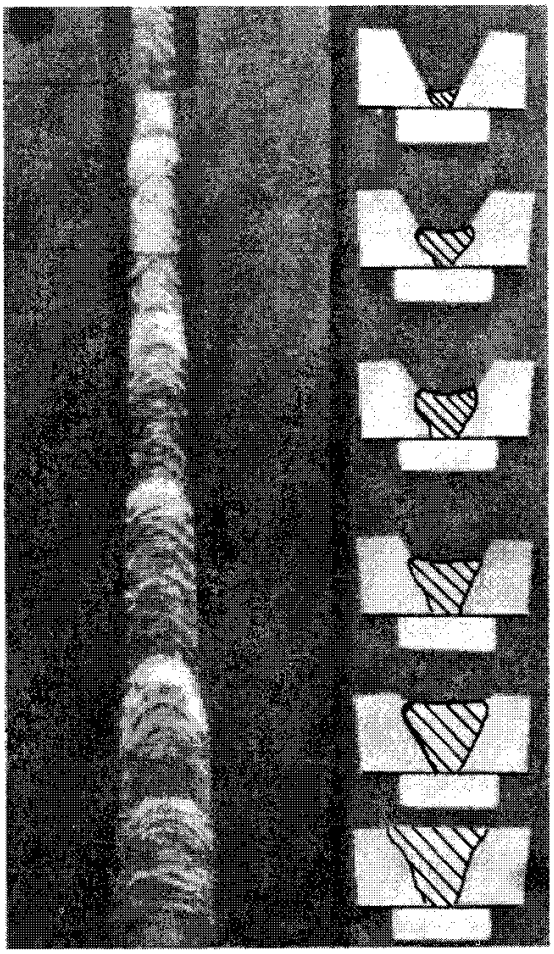
الکترود E7024 دارای روکشی با درصد زیاد پودر آهن (حدود ۵۰ درصد وزن روکش الکترود) می‌باشد. الکترود E7024 در مواردی که برای کاربرد الکترودهای E6012 و E6013 ذکر شد، ممکن است به‌کار رود.

E7024 گاهی به‌نام الکترودهای تماسی نیز خوانده می‌شود، چراکه الکترود ممکن است در هنگام جوشکاری کاملاً بر روی سطوح درز اتصال قرار گیرد. درخلال جوشکاری واقعی، الکترود بر روی قطعه کشیده می‌شود که نتیجهٔ آن ایجاد یک پوشش حفاظتی مؤثر بر روی فلز مذاب در مقابل آلودگی اتمسفر است. بسیاری از جوشکاران استفاده از قوس کوتاه را ترجیح می‌دهند.

علاوه بر ذوب مفتول الکترود و فلز پایه، حرارت حاصل از قوس، گرد آهن موجود در ترکیب روکش الکترود را ذوب می‌کند تا ترسیب جوش بیشتری حاصل شود (شکل ۳ ـ ۸). بنابراین افزایش سرعت جوشکاری ممکن می‌گردد. براساس محاسبات انجام شده $\frac{۱}{۳}$ فلز جوش رسوب کرده، حاصل از روکش الکترود است.

الکترودهای E7024 جوشی با ترشح کم، مقدار نیتروژن پایین، بدون نقص و با ظاهری صاف تولید می‌کنند. این الکترودها برای جوشکاری گوشهٔ فولاد نرمه مناسب می‌باشند. جوش تولید شده دارای تحدب کمی در مقطع طولی می‌باشد. جوش حاصل دارای سطحی بسیار صاف با فلس‌های ریز و ملایم می‌باشد به‌گونه‌ای که تقریباً معادل سطح جوش‌های ماشینی است (اشکال ۳ ـ ۹ و ۱۰). این الکترود با یک قوس ملایم، نفوذ کم و یک جوش عاری از عیب و نقص توصیف می‌شود. این نوع می‌تواند با سرعت عمودی زیادی مورد استفاده قرار گیرد. اغلب، برای جوشکاری فولاد کم‌آلیاژ و فولاد با کربن متوسط تا زیاد به‌کار می‌رود. با هر دو نوع جریان متناوب و یکسو و با هر دو نوع قطبیت به‌کار می‌روند هرچند در عمل جریان متناوب ترجیح داده می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقفی
NIAZIT
CEILING



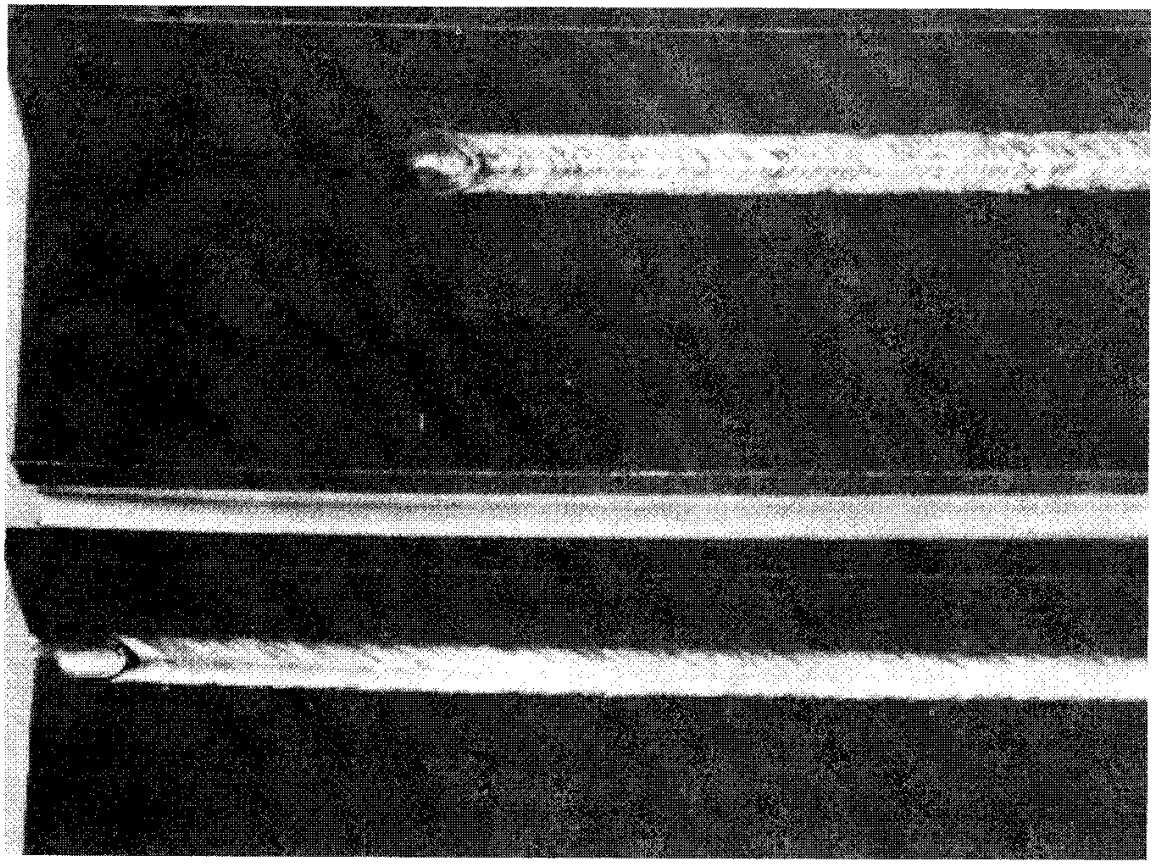
شکل ۳ ـ ۹ ـ یک جوش شیاری با چند پاس عبور. درز جناغی ورق ۱۸ میلی‌متر که با الکترود حاوی پودرآهن جوش داده شده است. مقطع جوش با آزمایش حک اسید رؤیت شده که در شکل هاشور زده شده است.

E6027 : *برای جوشکاری گوشهٔ افقی و تخت، جریان متناوب و یکسو با قطبیت مستقیم (حاوی پودر آهن و اکسید آهن)*

الکترود E6027 دارای روکشی است که حاوی درصد زیادی پودر آهن در ترکیب با مواد گدازآوری است که عموماً مشابه ترکیب روکش الکترود E6020 می‌باشد. عملکرد جوشکاری نیز مشابه نتایج حاصل از الکترود E7024 است.

الکترود E6027 به‌خاطر درصد زیاد پودر موجود در روکش آن که حدود ۵۰ درصد وزن روکش می‌باشد، بسیار سنگین می‌باشد. وجود پودر آهن موجب افزایش نرخ ترسیب جوش می‌گردد. اکسید آهن تولیدکنندهٔ گِل می‌باشد و گِل سنگینی ایجاد می‌کند. مفتول سیمی مورد استفاده مشابه الکترودهای E6010 و E6020 است.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۳ ـ ۱۰ ـ الکترود با پودر آهن باعث افزایش سرعت جوشکاری با ظاهری صاف و مناسب می‌شود. درز بالایی با الکترود E6012 و درز پایینی با یک الکترود پودرآهن جوشکاری شده‌اند. الکترود با پودرآهن ۳۶ درصد سریعتر بوده و جوش حاصل ظاهر بهتری داشت.

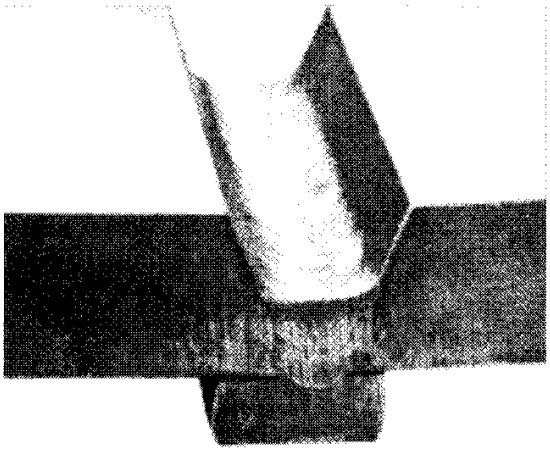
E6027 نیز مشابه طبقهٔ E7024 با تکنیک کشیدن[۴۰] به‌کار می‌رود. این نوع الکترود برای تولید جوش گوشه و جوش شیاری در موقعیت افقی و با جریان متناوب یا یکسو (قطبیت مستقیم) و جوش گوشه و شیاری در موقعیت تخت و با جریان متناوب یا یکسو (هر دو نوع قطبیت) و با کیفیت بالا طراحی شده است.

انتقال فلز مذاب با استفاده از این الکترود از نوع پاشیدنی[۴۱] است و سرعت ترسیب جوش نیز بالاست. میزان نفوذ متوسط بوده و مقدار ترشح جوش به‌اطراف کم است. مقطع طولی جوش تخت تاکمی مقعر با یک سطح صاف و موج‌های ریز و ملایم است. در ضمن فلز جوش هر دو طرف درز اتصال را می‌پوشاند (شکل ۳ ـ ۱۱). روکش این نوع الکترود گِل ضخیمی تولید می‌کند که در قسمت

40– drag

41– spray

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۳ - ۱۱ - جوش‌های شیاری عمیق ظاهر عالی داشته و تمیز کردن سرباره آنها بسیار راحت است. الکترود E6027 با پودرآهن یک خط جوش صاف، تمیز و تخت ایجاد می‌کند.

زیرین لانه زنبوری (کرمو[۴۲]) است و نوار جوش را می‌پوشاند. این سرباره ترد بوده و به‌راحتی پاک می‌شود. الکترود E6027 مناسب جوشکاری سازه‌های سنگین است. با وجودی که سرعت جوشکاری پایین‌تر از سرعت جوشکاری ممکن با الکترود E6024 می‌باشد، خواص فلز جوش فوق‌العاده بوده و دارای کیفیت بالا در آزمایش پرتونگاری است.

۳ - ۲۳ - ٦ الکترود فولادی آلیاژدار

با توجه به‌نیاز بعضی از صنایع تولیدات کارخانه‌ای به‌مقاومت کششی زیاد، استفاده از فولادهای پرمقاومت آلیاژدار توسعهٔ زیادی یافته است. امکان ساخت این تولیدات با استفاده از اتصالات جوشی عامل اصلی این توسعه می‌باشد.

الکترودهای روکش‌دار جوشکاری قوسی با قابلیت تولید فلز جوشی با مقاومت کششی بالغ بر $7000\ kg/cm^2$ گسترش یافته‌اند. مفتول این الکترودها به‌جای فولاد کربن‌دار از جنس فولادهای آلیاژدار می‌باشد. پوشش الکترود نیز دارای سنگ آهن آهک‌دار از نوع کم‌هیدروژن بوده و ممکن است حاوی پودرآهن نیز باشد. ویژگی‌های کاربردی الکترودهای مورد استفاده برای جوشکاری فولاد آلیاژی مشابه خواص مذکور برای الکترودهای کم‌هیدروژن در طبقهٔ E60 15, 16, 18 می‌باشد. هرچند این الکترود قابل دسترسی در رده‌های 70XX ، 80XX ، 90XX ، 100XX ، 110XX و 120XX می‌باشند.

42- honey combed

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۳ ـ ۲۳ ـ ۷ الکترود فولادهای ضدزنگ[۴۳]

فولاد ضدزنگ عنوان رایجی برای فولادهای کروم‌دار یا فولادهای کروم ـ نیکل می‌باشد. این آلیاژ، مصالحی است با مقاومت زیاد در برابر خوردگی، حرارت زیاد، اکسیداسیون، و پوسته شدن[۴۴]. انواع مختلفی از فولادهای ضدزنگ و الکترودهای مورد استفاده برای جوشکاری آنها وجود دارد. در این مورد هم فلز پایه و هم الکترود گران‌قیمت هستند و در مورد جوشکاری آنها باید دقت زیادی مبذول داشت. سیستم شماره‌گذاری برای شناسایی الکترودهای فولاد ضدزنگ متفاوت از روشی است که توسط AWS برای الکترودهای فولاد کربن‌دار به‌کار می‌رود. این شناسایی براساس روش ارائه شده توسط AISI[۴۵] (مؤسسهٔ آهن و فولاد آمریکا) برای طبقه‌بندی فلزات آلیاژی می‌باشد (شکل ۳ ـ ۶).

اولین گروه رقم سه‌تایی (یا دوتایی) نشان‌دهندهٔ مقاومت کششی این نوع الکترود می‌باشد (برحسب 1000psi). الکترود مناسب برای فولادهای فوق نیز با حرف E آغاز شده و عدد سه‌رقمی به‌دنبال آن مقاومت کششی فلز جوش برحسب کیلوپوند بر اینچ مربع می‌باشد. بنابراین الکترودهای E308-XX و E309-XX مناسب جوشکاری فولادهای ضدزنگ هستند.

دو رقم بعدی براساس موقعیت جوشکاری و ویژگی‌های کاربردی الکترود مطابق قراردادهای سیستم طبقه‌بندی AWS تعیین می‌شوند. برای مثال E309-15 ممکن است برای همه وضعیت‌های جوشکاری و با جریان یکسو با قطبیت معکوس به‌کار رود. این نوع یک الکترود کم‌هیدروژن و با قوس ملایم و نفوذ متوسط می‌باشد.

الکترودهای فولاد ضدزنگ با روکش حاوی آهک، تیتانیوم آهک و تیتانیوم طراحی شده‌اند. روکش‌های آهک‌دار فقط برای جریان یکسو و قطبیت معکوس طراحی شده‌اند. این الکترودها جوشی با سطح محدب تولید می‌کنند و برای پاس ریشه به‌منظور جلوگیری از ترک گلوگاه جوش مناسب می‌باشند. این نوع الکترود می‌تواند در وضعیت قائم یا سقفی نیز به‌کار رود. گِل تولیدشده سطح جوش را کاملاً می‌پوشاند و کمترین مقدار ترشح را ایجاد می‌کند. این نوع روکش با داشتن پودرهای خاص، ناخالصی‌ها را از سطح جوش دور کرده و بنابراین منجر به‌تولید جوشی عاری از تخلخل و دارای خواص مکانیکی و مقاومت خوردگی قابل توجه می‌گردد. این الکترودها در طبقهٔ E3XX-15 قرار می‌گیرند.

روکش‌های از جنس تیتانیوم، برای هر دو نوع جریان متناوب و یکسو با قطبیت معکوس طراحی شده‌اند. الکترودهای مذکور تحت عنوان الکترودهای نوع آهکی یاد می‌شوند و این به‌خاطر

43– stainless steel electrode
44– scaling
45– American Iron and Steel Institute

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جدول ۳ ـ ۶

الکترودهای فولادی کرم نیکل‌دار (سری AISI300)		
نامگذاری طبق AISI	اسم تجارتی	نامگذاری AWS
302, [2]303, 304, 308	18/8 or 19/9	E308-15, E308-16
309	25 12	E309-15, E309-16, [1]E309Cb-15
310	25/20	E310-15, E310-16, [1]E310Cb-15, [1]E310Cb-16, [1]E310Mo-15, [1]E310Mo-16
312	29/9	E312-15, E312-16
316	18/12Mo	E316-15, E316-16, [1]E316Cb-15, E316Cb-16
317	18/12Mo	E317-15, E317-16
318	18/12Mo Cb	
303	15/35	E330-15, E330-16
347	18/8Cb	E347-15, E347-16
الکترودهای فولادی کرم نیکل‌دار (سری AISI400)		
410	12 chromium	E410-15
430	16 chromium	E430-15
442	18 chromium	E442-15
446	28 chromium	E446-15
	AISI 500 Series	
502	5 chromium	E502-15, 502-18 505-18
505	9 chromium	E502-16, 505-18

شناسایی الکترودهای فولاد ضدزنگ

عمل آرام قوس حاصل است. ظاهر جوش صاف و گِل‌زنی به‌راحتی انجام می‌شود. جوشی با سطح کمی مقعر تولید می‌کنند که احتیاج زیادی به‌تمیز کردن و سوهان‌زنی و یا ماشین‌کاری ندارد. این الکترودها در طبقهٔ E3XX-16 قرار می‌گیرند و تنها با جریان یکسو و قطبیت معکوس قابل استفاده هستند. الکترودهای با روکش تیتانیوم آهکی ممکن است تنها با جریان یکسو و یا هر دو نوع جریان متناوب و یکسو به‌کار روند. این نوع برای همه موقعیت‌های جوشکاری قابل استفاده بوده و برای

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوشکاری فولاد پرمقاومت کروم‌دار و فولاد ضدزنگ از آلیاژ کروم ـ مولیبدن و بعضی از فولادهای ضدزنگ کروم ـ نیکل به‌کار می‌روند.

۳ ـ ۲۳ ـ ۸ الکترود مخصوص روکش‌کاری سخت

منظور از رویه سخت[۴۶] ترسیب یک مادهٔ آلیاژی بر روی یک قطعه فلز متوسط یکی از روشهای متعدد جوشکاری به‌منظور تولید یک سطح محافظ می‌باشد. این عمل می‌تواند از طریق پخش پودر یا پاشیدن فلز نیز انجام گیرد. بسته به‌نوع آلیاژ اضافه شده، مقاومت رویه در مقابل ساییدگی[۴۷]، ضربه، حرارت، خوردگی و یا ترکیبی از این عوامل افزایش می‌یابد.

- ساییدگی مربوط به‌سطحی است که در معرض دائمی سنگ‌زنی[۴۸]، اصطکاک ناشی از ماشین، و شیارزنی[۴۹] قرار می‌گیرد. نیروی حاصل از اعمال فوق به‌موازات سطح قطعه می‌باشد.
- ضربه باعث تضییع فلز یا تغییرشکل آن به‌صورت ورقه‌ورقه، لهیدگی و ترک‌خوردگی خواهد شد. در این مورد نیرو یک اثر ناگهانی است که به‌صورت عمود بر قطعه عمل می‌کند.
- خوردگی از بین رفتن سطح قطعه فلزی در اثر آلودگی‌های شیمیایی هوا و اکسیداسیون فلز یا پوسته شدن سطح فلز در اثر تغییرات درجه حرارت می‌باشد.

ایجاد این رویه سخت، ممکن است در مورد قطعات نو، جهت بهبود مقاومت آنها در مقابل فرسودگی درخلال بهره‌برداری یا جهت پوشش قطعات به‌منظور اصلاح قابلیت بهره‌برداری از آنها انجام شود. مواد مقاوم در مقابل پوسیدگی، برای حفاظت یا اصلاح سطوحی به‌کار می‌روند که فرسودگی حداکثر سطح را فراگرفته باشد.

آلیاژهای مورد استفاده برای ایجاد رویه سخت معمولاً به‌صورت چدن بدون روکش، میله‌های لوله‌ای، الکترود جامد روکش‌دار یا الکترودهای میله‌ای، میله‌های جامد و یا به‌صورت گردی می‌باشند. الکترودهای مورد استفاده برای جوشکاری قوسی فلزات براساس شرایط بهره‌برداری زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

۱ ـ مقاومت در مقابل ضربه؛
۲ ـ مقاومت در مقابل ساییدگی؛
۳ ـ مقاومت در مقابل خوردگی و ساییدگی در درجه حرارت زیاد؛
۴ ـ مقاومت در مقابل ساییدگی ناشی از ضربات ملایم؛

46– hard-facing
47– abrosion
48– grinding
49– gouging

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۵ ـ مقاومت در مقابل ساییدگی ناشی از ضربات ملایم تا سنگین.

در اکثر حالات برای ایجاد سطح مقاوم، فقط نیاز به‌یک نوع الکترود است. لیکن بعضی حالات نیاز به‌دو نوع الکترود دارند. برای مثال هنگامی که خطر ساییدگی و بارهای ضربه‌ای به‌صورت توأم مطرح باشد، الکترود نوع ۱ برای ایجاد لایهٔ مقاوم در مقابل ضربه و الکترود نوع دوم برای ایجاد لایهٔ مقاوم در مقابل سایش، لازم می‌باشد. محتویات الکترود اول به‌صورت یک بالشتک نرم در مقابل بارهای ضربه‌ای عمل کرده و لایهٔ حاصل از الکترود دوم که در مقابل ساییدگی مقاوم است را پشتیبانی (حفاظت) می‌کنند.

انواع مختلفی از مواد مورد استفاده برای ایجاد لایه سخت وجود دارد. عموماً فلز اصلی شامل آهن، نیکل، مس یا کوبالت بوده و عناصر آلیاژی عبارتند از: کربن، کروم، مولیبدن، تنگستن، سیلیکون منگنز، نیتروژن، وانادیم و تیتانیوم. عناصر آلیاژی تشکیل کربید (ترکیب شیمیایی کربن با عناصر دیگر که بلور سختی دارد) سختی را می‌دهند که به‌تأمین خواص مورد نیاز یک رویه سخت کمک می‌کند. ترکیب درصد بالایی تنگستن یا کروم با مقدار زیادی کربن به‌شکل کربیدی درمی‌آید که از کوارتز (شیشه) سخت‌تر است. مواد آلیاژی با میزان کروم زیاد، مقاومت زیادی در مقابل اکسیداسیون و پوسته شدن نشان می‌دهند. نیکل، کبالت و کروم دارای مقاومت خوردگی زیادی می‌باشند.

۳ ـ ۲۳ ـ ۹ الکترودهای آلومینیم

آلومینیوم فلزی با کاربرد وسیع در کارهای ساخت و تولید است. این رواج مرهون عواملی نظیر، وسعت قابلیت دسترسی، قابلیت کارکرد مناسب و سطح شفاف و زیباست. بیش از ۲ دوجین فرآیند اصلی جوشکاری برای این فلز به‌کار می‌رود. جوشکاری‌های قوسی الکترود فلزی تحت حفاظت گاز و جوشکاری گازی با الکترود تنگستن کاربرد بیشتری نسبت به‌انواع دیگر دارد. در موارد محدودی جوشکاری قوسی با الکترود روکش‌دار به‌کار می‌رود. آلومینیوم می‌تواند با ضخامتی در محدودهٔ ۰/۰۰۴ میلی‌متر در فویل تا ۱۵۰ میلی‌متر در صفحات جوشکاری شود.

آلیاژهای اصلی که در الکترودهای آلومینیومی و میله‌های جوشکاری بدون روکش به‌کار می‌روند عبارتند از: منیزیوم (در ترکیب با روی و یا بدون منگنز) و سیلیکون (با یا بدون مس). سه نوع از الکترودهای روکش‌دار قابل دسترس برای جوشکاری قوسی آلومینیوم عبارتند از:

- الکترودهای E1100 برای جوشکاری آلومینیوم بدون آلیاژ طراحی شده‌اند. دارای شکل‌پذیری زیاد، هدایت الکتریکی مناسب و حداقل مقاومت کششی معادل $840\ kg/cm^2$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

می‌باشند.

- الکترودهای E3003 با شکل‌پذیری زیاد و حداقل مقاومت کششی معادل $980\ kg/cm^2$.
- الکترودهای E4043 با مقدار سیلیکون بالا (حدود ۵٪) که روانی فوق‌العاده‌ای در فلز جوش تأمین می‌کند. به‌این منظور این نوع الکترود برای جوشکاری‌های معمولی ارجح است.

مفتول‌های بدون روکش و الکترودهای از جنس آلومینیوم یا آلیاژهای آلومینیوم برای استفاده با جوشکاری اکسی‌استیلن قوس کربنی، هیدروژن اتمی و جوشکاری‌های گازی، غیرتنگستن و جوشکاری فلزی با حفاظ گازی گسترش یافته‌اند. طبقه‌بندی الکترودها و مفتول‌های بدون روکش طبق روش AWS به‌شرح زیر است:

ER1100، ER2319، ER4043، ER4047، ER4115، ER5183، ER5356، E5554، E5556 و ER5654. همچنین انواع R242.0 و R295.0 و R355.0 و R356.0 جهت کارهای تعمیری در ریخته‌گری چدن به‌کار می‌روند.

در عمل وقتی که عامل‌های خورنده مهم هستند، الکترودی باید انتخاب شود که عملاً ترکیب نزدیک و مشابهی با فلز پایه داشته باشند.

وجود رطوبت در روکش الکترود یکی از عوامل اصلی ایجاد تخلخل در ساختمان جوش می‌باشد.

شکل‌پذیری و ترک‌خوردگی که به‌نام پارگی گرم[۵۰] شناخته می‌شوند، مشکلات جوشکاری آلومینیوم می‌باشند. از درزهایی که نیاز به‌تعداد زیادی فلز جوش جهت پر کردن آنها وجود دارد (درزهای پرجوش) باید اجتناب شود. ترک‌خوردگی جوش به‌خاطر پایین بودن مقاومت کششی بعضی از ترکیبات فلز جوش در تغییرات درجه حرارت معمول است. بر این مورد می‌توان با استفاده از مقدار بیشتری آلیاژ منیزیوم ـ آلومینیوم غلبه کرد، چراکه جوش تولیدشده با این ترکیب مقاومت کششی خوبی پس از گیرش دارد. نوع درز اتصال و تکنیک جوشکاری بر روی ترک‌خوردگی جوش مؤثر می‌باشند.

۳ـ۲۳ـ۱۰ الکترودهای ویژه

انواع زیادی از الکترودهای خاص برای جوشکاری فلزاتی نظیر نیکل و آلیاژهای نیکل‌دار (پُرنیکل)، مس و آلیاژهای مس، منیزیوم و آلیاژهای آن و همچنین تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم وجود دارد.

50– hot-shortness

پارگی یا ترک خوردن فلزاتی نظیر چدن که بعد از ذوب فلز و در مرحله انجماد صورت می گیرد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

الکترودهای پرنیکل برای جوشکاری فلزاتی نظیر چدن خاکستری، آهن شکل‌پذیر، آهن چکش‌خوار و انواع دیگر از آهن‌ها به‌کار می‌روند. نوعی از فلز پرکننده از جنس آلیاژ نیکل‌دار قادر به‌جوشکاری ترکیبات فلزی متفاوت از جنس خود می‌باشد. شماری از الکترودها که حاوی ۵۰ درصد یا بیشتر نیکل می‌باشند برای جوشکاری نیکل و آلیاژهای آن به‌کار می‌روند. این الکترودها شامل ترکیبات آلیاژی زیر می‌باشند:

- آلیاژ نیکل ـ مس
- آلیاژ مُنل ـ نیکل ـ مس
- آلیاژ مُنل نیکل با عمر سخت‌پذیری[۵۱]
- انیکنل با عمر سخت‌پذیری
- آلیاژ انیکنل ـ نیکل ـ کروم ـ آهن
- فلز پرکننده از جنس آلیاژ پر نیکل

۳ـ۲۴ نگهداری الکترود

۳ـ۲۴ـ۱ تنظیم رطوبت

یک الکترود کاملاً خشک اولین عامل مورد نیاز برای یک جوشکاری کامل و مطلوب است، خصوصاً هنگامی که نوع کار مستلزم استفاده از الکترودهای کم‌هیدروژن یا دیگر انواع الکترودهای نم‌گیر[۵۲] می‌باشد. اگر الکترود مصرفی خشک نباشد، جوشکار نمی‌تواند در مورد انجام یک جوش سالم و صحیح مطمئن باشد. جوشکاری با الکترود مرطوب منجر به‌افزایش ولتاژ قوس، ترشح زیاد و گودافتادگی (بریدگی[۵۳]) لبه‌ها شده و تمیز کردن سرباره حاصل از این جوش مشکل می‌باشد. نوار جوش ممکن است متخلخل و دارای ترک و ظاهری زبر و ناصاف باشد. وجود چنین شرایطی موجب عدم قبول جوش و تعمیر و اصلاح مجدد می‌گردد که هزینه‌بر می‌باشد و اگر این معایب آشکار نگردد، قطعاً به‌گسیختگی جوش تولیدشده کمک می‌کند.

کلیهٔ الکترودهای با روکش مواد معدنی خشک[۵۴] هستند. هنگامی که خارج از بسته‌بندی قرار می‌گیرند، شروع به‌جذب رطوبتی بیش از مقدار رطوبت یک جوش سالم می‌کنند. بنابراین الکترودها نیازمند حفاظت در مقابل رطوبت می‌باشند. این موضوع خصوصاً در مورد جوشکاری روی زمین صحت دارد (به‌خاطر تماس الکترودها با زمین احیاناً مرطوب). تعدادی از آیین‌نامه‌های

51– age-hardenable

52– moisture-prone

53– under cut

54– thirsty

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ساختمانی حاوی پیش‌بینی‌های ویژه‌ای در مورد نگهداری الکترودها و بسته‌بندی آنها و مقرراتی در مورد استفاده از تجهیزات جوشکاری در محل کارگاه می‌باشند.

۳ـ۲۴ـ۲ خشک‌کن الکترود[55]

سازندگان الکترود استفاده از انبارهای خشک‌کن را برای حفظ و نگهداری کیفیت اولیه الکترودها توصیه می‌کنند. استفاده از خشک‌کن تنها یک توصیه نیست و برای الکترودهای کم‌هیدروژن، الکترودهای سخت رویه و سایر الکترودهای خاصی که دارای عناصر زیر هستند، اجباری است:

- پودر آهن
- فولاد ضدزنگ
- آلومینیوم
- انیکنل
- مُنل
- برنج
- برنز

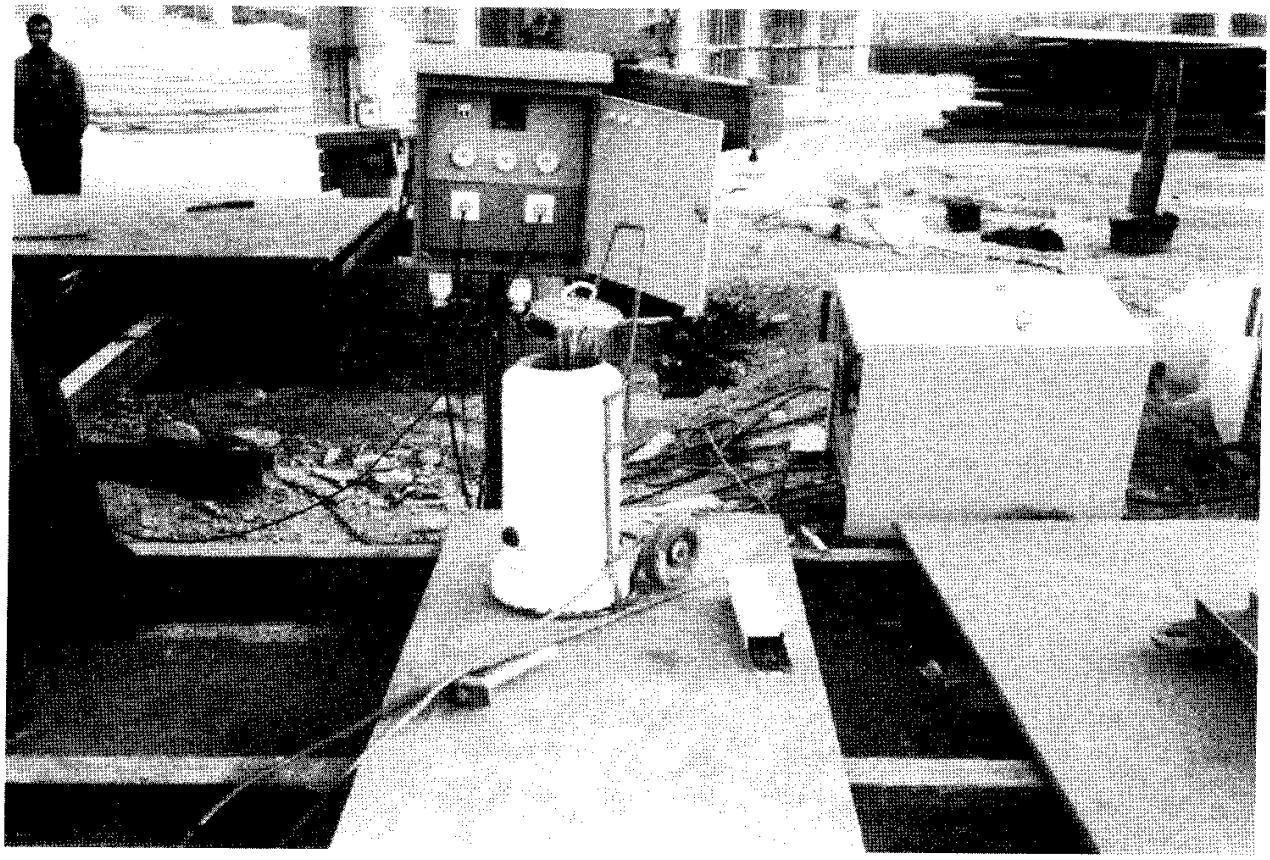
خشک‌کن‌های الکترود دارای ظرفیتی بین ۱۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم می‌باشند و درجه حرارت آنها تا ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد قابل تنظیم است. خشک‌کن‌های کوچکتر قابل حمل و نقل و جابه‌جایی هستند که این امر آنها را برای کارگاه‌های کوچک و جوشکاری روی زمین مناسب می‌سازد. خشک‌کن‌های بزرگتر ممکن است برای انبار مرکزی و گرم کردن (پختن) الکترودهای کل کارگاه مورد استفاده قرار گیرند.

افزایش استفاده از فرآیند جوشکاری زیرپودری مشکل رطوبت پودر جوشکاری را در پی دارند. پودرهای جوشکاری که حفاظت نشده‌اند، رطوبت محیط را به‌خود می‌گیرند که موجب ورودی ناخالصی‌های هیدروژنی به‌داخل جوش (دخول هیدروژن) می‌گردد. شکل ۳ـ۱۲ یک نوع از خشک‌کن‌های قابل حمل را نشان می‌دهد که می‌تواند جهت نگهداری پودر جوشکاری و یا مفتول روکش شده با این مواد به‌کار رود.

بعضی جوشکاران الکترودهای خود را در داخل یک کیسه چرمی که آن را با استفاده از بند یا تسمه به‌کمر خود می‌بندند، نگهداری و محافظت می‌کنند. این کیسه‌های چرمی محافظ ضعیفی در

55– electrode oven

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۳ ـ ۱۲ ـ خشک‌کن.

مقابل رطوبت می‌باشند و به‌هیچ‌وجه برای الکترودهای مذکور در صفحه قبل، مناسب نیستند.

۳ ـ ۲۵ بسته‌بندی الکترودها

۳ ـ ۲۵ ـ ۱ اندازه (قطر) و طول استاندارد

طول و قطر استاندارد برای الکترودها در جدول ۳ ـ ۶ نشان داده شده است. در بعضی شرایط خاص الکترودهایی با طول ۹۰۰ میلی‌متر نیز دردسترس هستند. در همه حالات، منظور از قطر (اندازه) استاندارد الکترود، قطر مفتول داخلی است که محصور در روکش الکترود می‌باشد.

در طول‌های ۴۵۰ و ۹۰۰ میلی‌متر، طول انبرگیر انتهای الکترود (در داخل فک انبر الکترود) برای همهٔ طول‌ها استاندارد است.

۳ ـ ۲۵ ـ ۲ بسته‌بندی و دسته‌بندی

به‌منظور جلوگیری از صدمه رسیدن به‌الکترود در حین حمل و نقل، توصیه می‌شود وزن دسته و

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جدول ۳ ـ ۷ ـ قطر و طول الکترودها.

طول استاندارد (mm)	قطر استاندارد مفتول الکترود (mm)
225	1.5
225-300	2
300	2
350	3
350	4
350	4.5
330-450	5.5
450	6
450	8
450	10

بسته‌های الکترود در حدود زیر باشد:

- وزن دسته‌های الکترود حدود ۴ کیلوگرم
- وزن جعبه‌ها حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم
- وزن خالص حلقه و قرقره به‌طور تقریب بین ۶۵ تا ۹۰ کیلوگرم

۳ـ۲۵ـ۳ علامت‌گذاری

کلیهٔ دسته‌ها، بسته‌ها، جعبه‌ها، حلقه‌ها، قرقره‌های الکترود باید شامل اطلاعات زیر باشند:

- طبقه‌بندی الکترود
- نام سازنده یا علامت تجاری طراحی
- طول و قطر استاندارد (در حلقه و قرقره‌ها، وزن جایگزین طول می‌گردد)
- مدت زمان تضمین

۳ـ۲۶ تولیدات داخلی الکترود

در ایران پرسابقه‌ترین و معروفترین کارخانهٔ الکترودسازی، شرکت آما می‌باشد که در جدول ۳ ـ ۸ لیستی از محصولات تولیدی آن ارائه شده است.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جدول ۳ ـ ۸ ـ فهرست الکترودهای آما برحسب نوع و مصرف

الف: الکترودهای روتیلی

الکترود آما	AWS/ASME	DIN 1913	I.S.O 2560
۲۳ آکا	E 6013	E4322R(C)3	E432R12
۱۸۰ د	E 6013	E4321R22	E432R22
۱۵۶۶ ای	E 6013	E4322R(C)3	E432R12
۲۰۰۰	E 6013	E4322R(C)3	E432R12
۲۰۰۰ آ	E 6013	E5122RR6	E512RR22
۲۱۰۰	E 6013	E4322R(C)3	E432R12

ب: الکترودهای قلیایی

الکترود آما	AWS/ASME	DIN 1913-8529	I.S.O 2560
۱۰۰۷	E 7016	E5143B(R)10	E514B26H
۱۱۷۷ ف	E 7018-1	ESY4276MnB	E515B20
۱۲۳۰ ف	E 7018	E5155B10	E515B11020H

ج: الکترودهای پرنفوذ و جایگزینی زیاد

الکترود آما	AWS/ASME	DIN 1913	I.S.O 2560
۱۱۱۸ کا	E 7024	E5122RR11 160	E512RR16032

د: الکترودهای سلولزی

الکترود آما	AWS/ASME	DIN 1913	I.S.O 2560
۱۰۳۴ پ	E 6010	E4332C4	E433C19
۱۷۰۷ ن.پ	E7010-A1	–	–

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

فصل ۴

طراحی درزجوش

۴ـ۱ معرفی

فصل مشترک دو قطعه که مصالح جوش در امتداد آن رسوب می‌نمایند، درز[1] جوش نامیده می‌شود. هندسه درز، از عوامل مهم و تأثیرگذار بر اقتصاد و کیفیت جوش است. هندسهٔ درز با سه پارامتر زیر تعریف می‌شود:

الف: زاویهٔ پخی لبه

ب: بازشدگی یا دهانهٔ ریشه (R)

پ: پیشانی یا ضخامت ریشه

در این فصل به‌بحث در مورد تأثیر سه عامل فوق در انتخاب هندسهٔ مناسب درز پرداخته می‌شود. آغازگر این بحث، ارائهٔ تعاریف عمومی می‌باشد.

۴ـ۲ انواع اتصال

نحوهٔ قرارگرفتن قطعات و ورق‌ها درکنار یکدیگر، اتصال گفته می‌شود. انواع اتصال به‌قرار زیر است (شکل ۴ ـ ۱):

۱ ـ اتصال سر به‌سر[2] (یا لب به‌لب)

۲ ـ اتصال سپری (T)[3]

۳ ـ اتصال کنج یا گونیا[4]

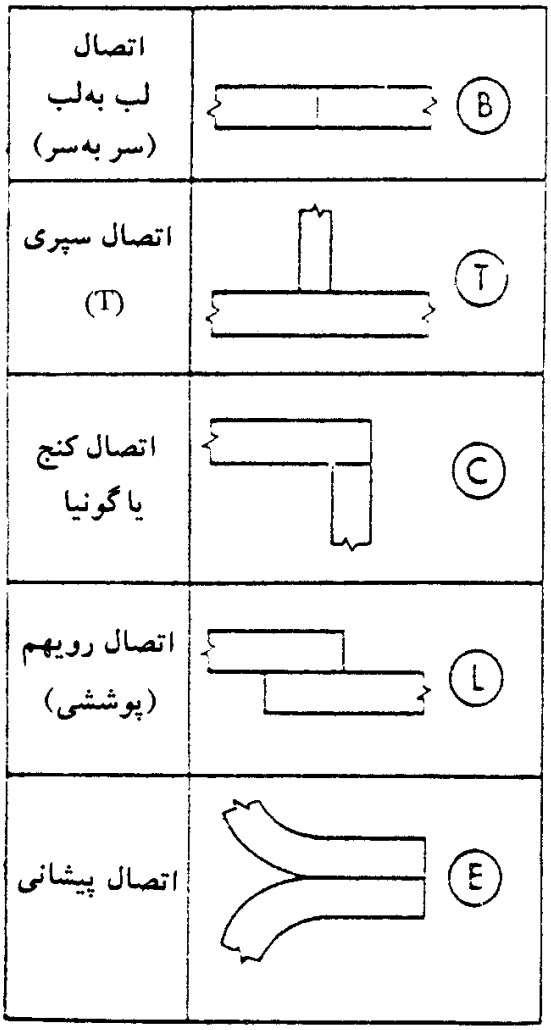
1– joint

2– butt

3– tee

4– corner

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۴ ـ ۱ ـ انواع اتصال.

۴ ـ اتصال رویهم[5] (پوششی)
۵ ـ اتصال پیشانی[6]

در شکل ۴ ـ ۱ انواع اتصال‌ها نشان داده شده‌اند.

۴ ـ ۳ انواع جوش

به‌منظور برقراری اتصالات فوق، انواع مختلف جوش به‌شرح زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴ ـ ۲).

5-- overlap

6-- edge

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING
www.niazit-ceiling.com

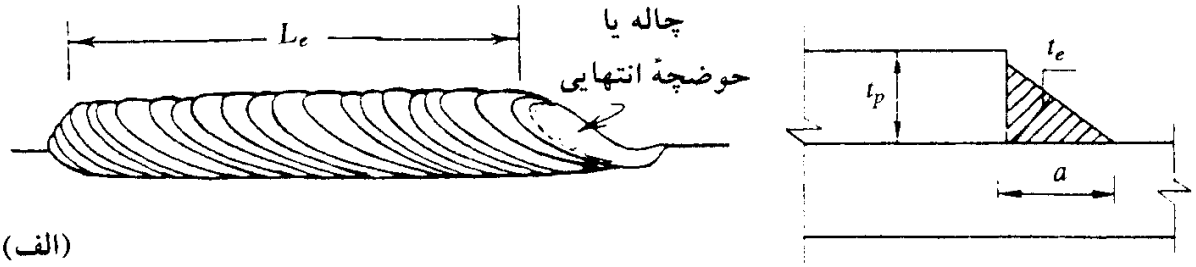
۱ ـ جوش گوشه:

a= ساق جوش

t_e= گلوی مؤثر جوش گوشه

L_e= طول مؤثر جوش

d= فاصلهٔ آزاد بین قطعات جوش



(الف)

۲ ـ جوش شیاری:

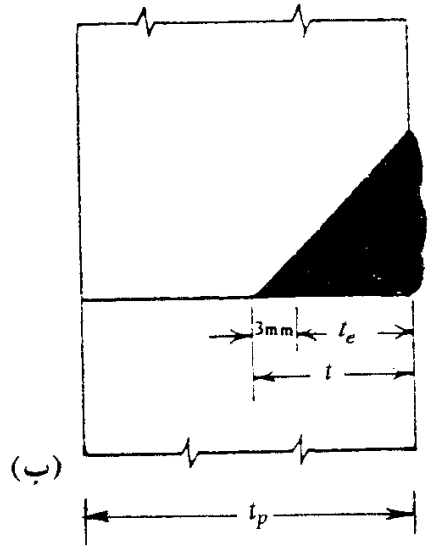
t_e= ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

t_p= ضخامت ورق

L_e= طول مؤثر جوش

A_e= سطح مقطع مؤثر جوش

t= عمق شیار جوش



(ب)

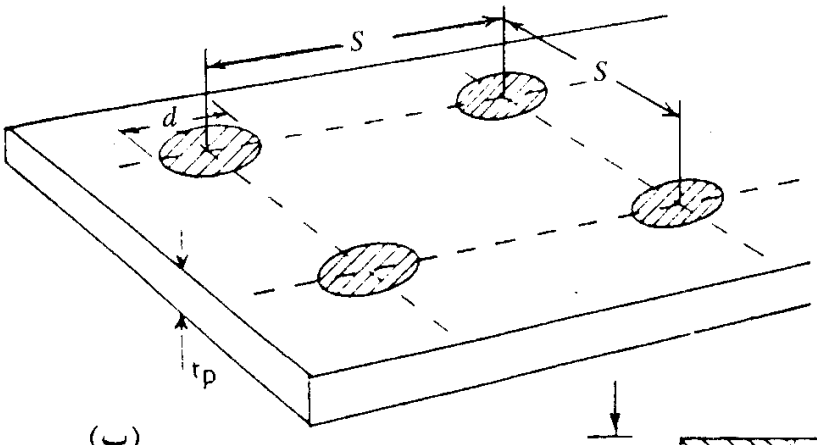
۳ ـ جوش انگشتانه:

t_w= ضخامت جوش

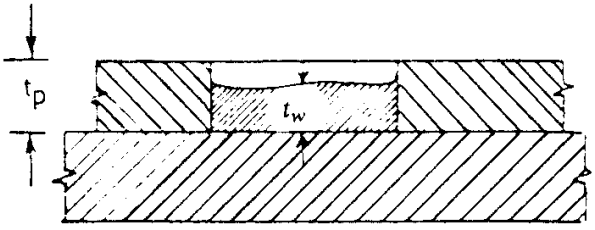
t_p= ضخامت ورق

d= قطر سوراخ انگشتانه

s= فواصل سوراخ (گام طولی و عرضی)

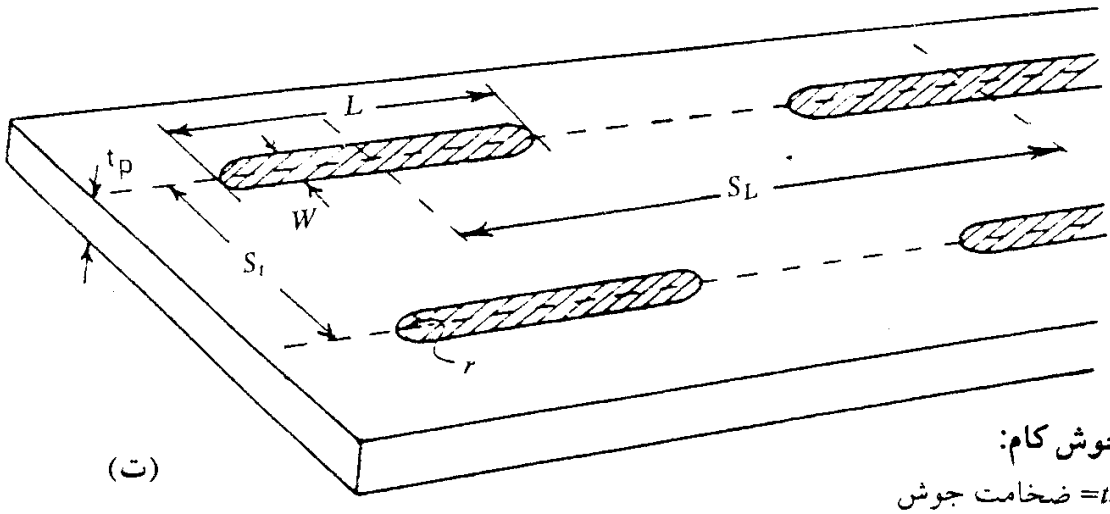


(پ)



شکل ۴ ـ ۲ ـ انواع جوش.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



(ت)

۴ ـ جوش کام:

t_w= ضخامت جوش

t_p= ضخامت ورق

L= طول جوش کام

W= عرض شکاف

S_L= گام طولی

S_t= گام عرضی

شکل ۴ ـ ۲ ـ (ادامه).

۱ ـ جوش گوشه[7]: جوشی است که بر وجوه جانبی دو قطعهٔ مجاور هم رسوب می‌کند (شکل ۴ ـ ۲ ـ الف).

۲ ـ جوش شیاری[8]: جوشی است که در درز بین دو قطعه رسوب می‌کند و در دو نوع با نفوذ کامل و با نفوذ نسبی اجرا می‌شود (شکل ۴ ـ ۲ ـ ب).

۳ ـ جوش انگشتانه[9]: جوشی است که درون یک سوراخ به‌صورت توپر داده می‌شود (شکل ۴ـ۲ـ پ).

۴ ـ جوش کام[10]: جوشی است که درون یک شکاف به‌صورت توپر داده می‌شود (شکل ۴ ـ ۲ ـ ت).

۵ ـ جوش در حفره و شیار: جوش گوشه‌ای است که در پیرامون یک سوراخ یا شکاف اجرا می‌شود.

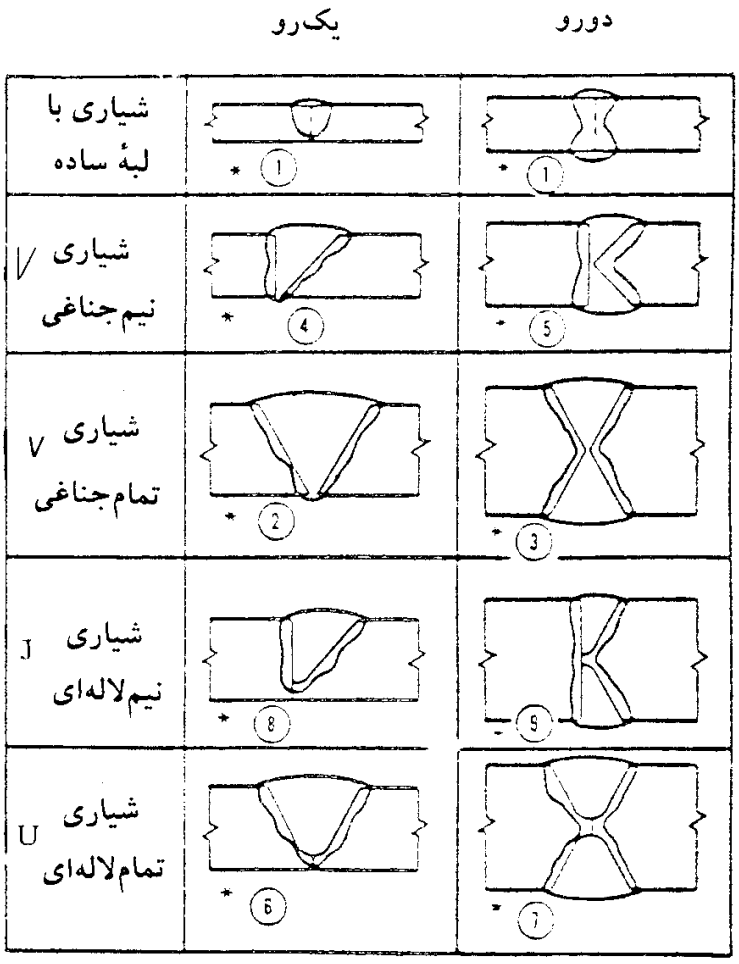
۴ ـ ۴ انواع درز[11]

برای اینکه جوش شیاری در درز بین دو قطعه رسوب کند، برحسب ضخامت و سهولت کار، به‌لبه

7– fillet 8– groove 9– pluge

10– slot 11– joint

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۴ ـ ۳ ـ انواع درز.

باید هندسه خاصی داد. برحسب نوع هندسه، انواع درز به‌صورت زیر به‌دست می‌آید (شکل ۴ ـ ۳).

۱ ـ ساده[۱۲]

۲ ـ جناغی (یک‌رو و دورو) (V)

۳ ـ نیم‌جناغی (یک‌رو و دورو) (*V*)

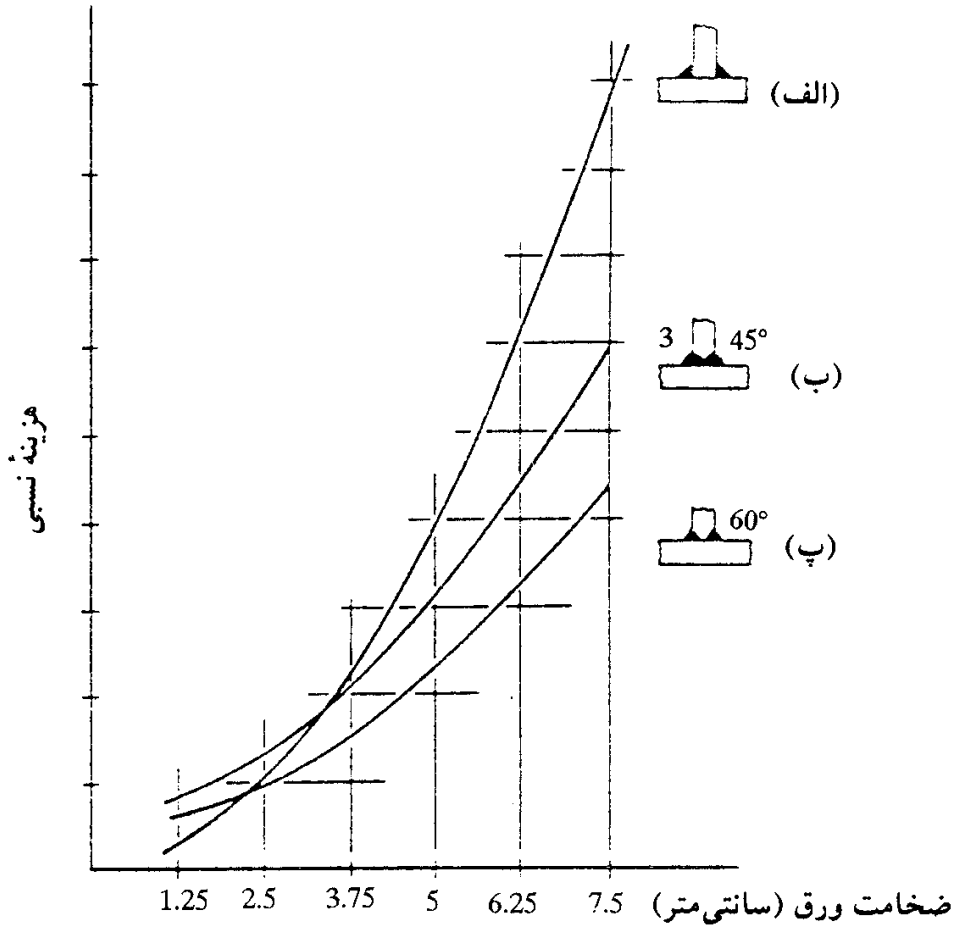
۴ ـ لاله‌ای (یک‌رو و دورو) (*U*)

۵ ـ نیم‌لاله‌ای (یک‌رو و دورو) (*J*)

انتخاب نوع جوش و لبه، همیشه بستگی به‌مسائل طراحی ندارد، بلکه این انتخاب تأثیر مستقیم بر هزینهٔ جوش نیز دارد. شکل ۴ ـ ۴ این تأثیر را برای جوش‌های گوشه و دو نوع جوش

12– square

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۴ ـ ۴ ـ نمودار هزینهٔ نسبی برای انواع مختلف جوش که مقاومتی برابر با مقاومت کامل ورق دارند.

شیاری در یک اتصال سپری نشان می‌دهد.

جوش الف ـ برای یک جوش صددرصد (تمام قدرت) اندازهٔ ساق‌جوش باید در حدود ۷۵٪ ضخامت ورق باشد.

جوش ب ـ همین جوش صددرصد را می‌توان با نیم‌جناغی کردن دو طرف لبه ورق تحت زاویهٔ ۴۵° و در نظرگرفتن دهانهٔ ریشه برابر با ۳ میلی‌متر (برای نفوذ کامل) به‌دست آورد. مقدار فلز جوش لازم در این حالت برای ورق ۲۵ میلی‌متر، ۷۵٪ و برای ورق ۱۰۰ میلی‌متر، ۵۶٪ حالت الف، می‌باشد. برای ورق‌ها با ضخامت کمتر از ۳۸ میلی‌متر، مخارج لازم برای پخ زدن لبه‌ها بیش از قیمت مصالح صرفه‌جویی شده است. اما برای ورق‌های ضخیمتر از ۳۸ میلی‌متر، قیمت مصالح صرفه‌جویی مخارج لازم برای پخ زدن لبه‌ها را جبران می‌نماید.

جوش پ ـ جوش صددرصد را می‌توان با پخ زدن لبه تحت زاویهٔ ۶۰° نیز به‌دست آورد. روش جوشکاری در این حالت این‌طور خواهد بود که ابتدا فضای خالی ایجاد شده در ضخامت ورق

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

را با جوش پر کرده و سپس یک جوش گوشهٔ ۶۰° در خارج از ضخامت انجام می‌دهند. ارتفاع حداقل ناحیهٔ پخ شده و همچنین ساق اضافی جوش گوشه، هر دو ۲۹٪ ضخامت ورق می‌باشند. مقدار مصالح مصرف شده در این شیوه برای تمام ضخامت‌ها تقریباً ۵۰٪ مصالح مصرفی در حالت الف، است.

تمام این مقایسه‌ها در شکل ۴ ـ ۴ انجام گرفته است. محل تقاطع منحنی مربوط به‌حالت جوش گوشه (الف) با منحنی جوش شیاری (ب) در حدود ضخامت ۳۸ میلی‌متر می‌باشد.

جوش نوع (پ) برای ضخامت‌های بالاتر از ۲۵ میلی‌متر ارزانترین قیمت را دارد. البته محل نسبی این منحنی‌ها با توجه به‌قیمت روز برش و جوشکاری تغییر پیدا می‌کند.

در شرکت‌های جوشکاری بهتر است یک چنین منحنی‌هایی طرح شود و به‌مهندس طراح آن شرکت داده شود تا او بتواند به‌راحتی ارزانترین جوش را انتخاب کند.

۴ ـ ۵ دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

در شکل ۴ ـ ۵ دهانهٔ ریش((R) که همان فاصلهٔ بین دو لبه در محل ریشهٔ درز می‌باشد، نشان داده شده است. دهانهٔ ریشه برای این منظور به‌کار می‌رود که الکترود بتواند به‌ریشهٔ جوش برسد. هرقدر که زاویهٔ پخی لبه‌ها کم باشد، برای اینکه یک ریشه خوب به‌دست آید، باید دهانهٔ ریشهٔ (R) را بیشتر در نظر گرفت.

اگر دهانهٔ ریشه خیلی کوچک باشد جوش ریشه خیلی مشکل خواهد بود و باید از الکترودهای نازک استفاده شود و استفاده از الکترودهای نازک باعث کندی کار خواهد شد.

دهانهٔ ریشه خیلی بزرگ بر کیفیت جوش اثری ندارد، ولی مصرف مصالح جوش را افزایش می‌دهد که نتیجهٔ آن افزایش هزینهٔ جوشکاری و اعوجاج حاصل از جوشکاری است.

شکل ۴ ـ ۶ نشان می‌دهد، که چگونه وقتی زاویهٔ پخی لبه کم می‌شود، دهانهٔ ریشه باید افزایش یابد.

وقتی که دهانهٔ ریشه زیاد می‌گردد، باید از تسمهٔ پشت‌بند استفاده شود. هر سه وضعیت نشان داده شده در شکل ۴ ـ ۶ قابل قبول هستند و هر سه برای یک جوشکاری خوب مساعد می‌باشند، ترجیح یکی بر دوتای دیگر فقط برمبنای مقایسه اقتصادی خواهد بود.

آماده‌کردن لبه‌ها برای جوشکاری و دهانهٔ ریشه هر دو تأثیر مستیم بر هزینهٔ جوشکاری (میزان مصرف مصالح) دارند. منظور از آماده کردن لبهٔ جوش، پخ زدن لبه‌ها به‌شکل دلخواه قبل از جوشکاری می‌باشد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

شکل ۴ - ۵ - دهانه با بازشدگی ریشه.

شکل ۴ - ۶ - نسمهٔ پشت‌بند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

شکل ۴ ـ ۷ ـ الف، حالتی را نشان می‌دهد که فاصلهٔ لبهٔ دو قطعه و همچنین زاویهٔ پخی لبه‌ها کم می‌باشد. این حالت برای جوشکاری خوب نیست زیرا جوش بین دو لبه پل زده، تفاله و خاکستر جوشکاری پس از انجام عملیات جوشکاری در محل ریشهٔ اتصال باقی می‌ماند و حذف آنها از روی جوش برای جوش طرف دوم وقت‌گیر خواهد بود.

شکل ۴ ـ ۷ ـ ب، نشان‌دهندهٔ یک فرم صحیح لبه‌ها قبل از شروع به‌جوشکاری می‌باشد. این جوش باعث یک امتزاج و ترکیب خوب مصالح در ریشه خواهد شد. تولید خاکستر جوشکاری در این حالت به‌حداقل مقدار خود خواهد رسید.

شکل ۴ ـ ۷ ـ پ، نشان می‌دهد که چگونه فاصلهٔ زیاد لبه‌ها در هنگام جوشکاری باعث ریزش جوش از زیر آن می‌گردد. در کارخانه‌ها برای اینکه از ریزش جوش جلوگیری بکنند از تسمه‌های فاصله‌دهنده با اندازهٔ معین استفاده می‌کنند.

۴ ـ ۶ تسمه‌های پشت‌بند

وقتی که جوشکاری از یک طرف بوده و فاصلهٔ لبه‌ها نیز زیاد باشد، از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود. تسمه‌های پشت‌بند در اشکال ۴ ـ ۸ ـ الف، ب و پ، نشان داده شده‌اند. این تسمه‌ها پس از انجام عملیات جوشکاری در جای خود باقی می‌مانند و جزیی از اتصال می‌شوند.

تسمه‌های فاصله‌دهنده اغلب در درزهای جناغی دورو (X) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت قبل از جوشکاری طرف دوم، نیاز به‌سنگ زدن ریشه می‌باشد.

جنس تسمه‌های پشت‌بند با مصالح اصلی سازگار باشد. برای تثبیت این تسمه‌ها، قبل از انجام عمل جوشکاری از خال‌جوش‌های متناوب استفاده می‌شود. این خال‌جوش‌ها در هر دو طرف تسمهٔ پشت‌بند به‌صورت چپ و راست داده می‌شوند تا ایجاد تنش‌های اضافی نکنند. در ضمن، این خال‌جوش‌ها نباید درست مقابل یکدیگر قرار گیرند (شکل ۴ ـ ۹).

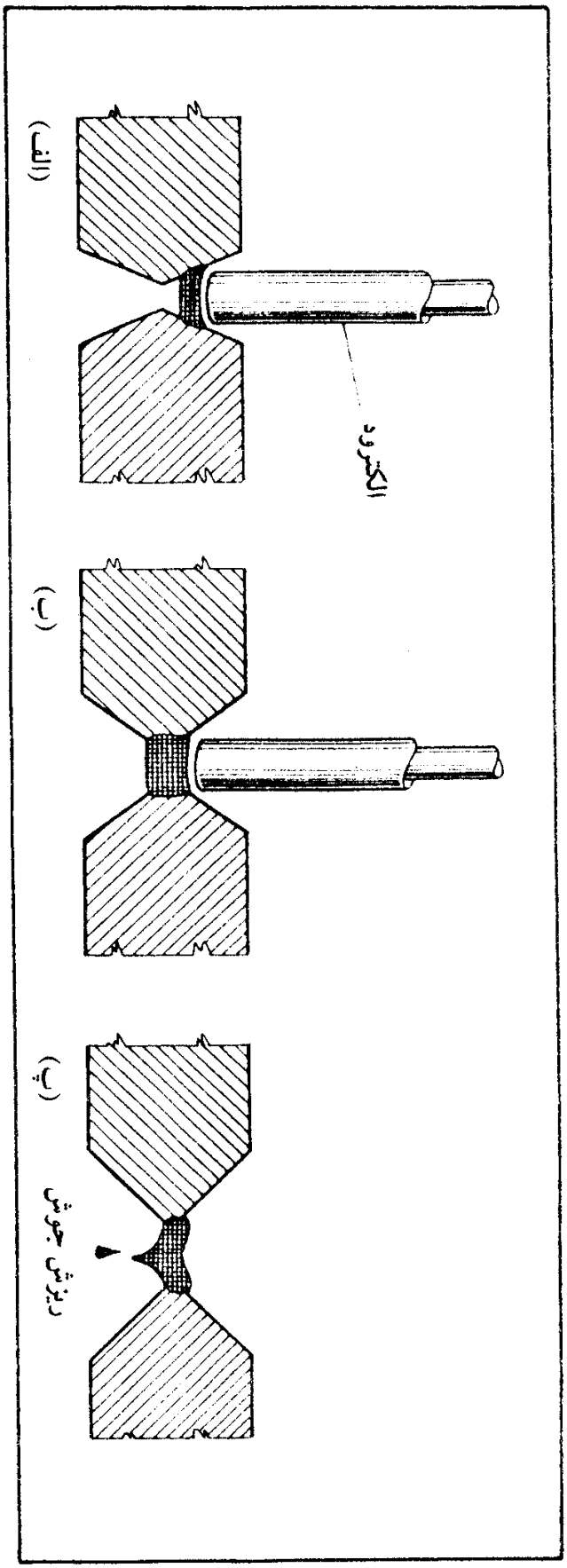
تسمه‌های پشت‌بند باید کاملاً به‌زیر ورق بچسبند وگرنه باعث به‌وجود آمدن تفالهٔ جوشکاری در ناحیهٔ ریشهٔ جوش می‌شوند (شکل ۴ ـ ۱۰).

۴ ـ ۷ گردهٔ جوش[13]

در درزهای لب به‌لب یک تحدب اسمی (تقریباً ۱/۵ میلی‌متر بالای سطح تراز) لازم است (شکل ۴ ـ ۱۱ ـ چپ).

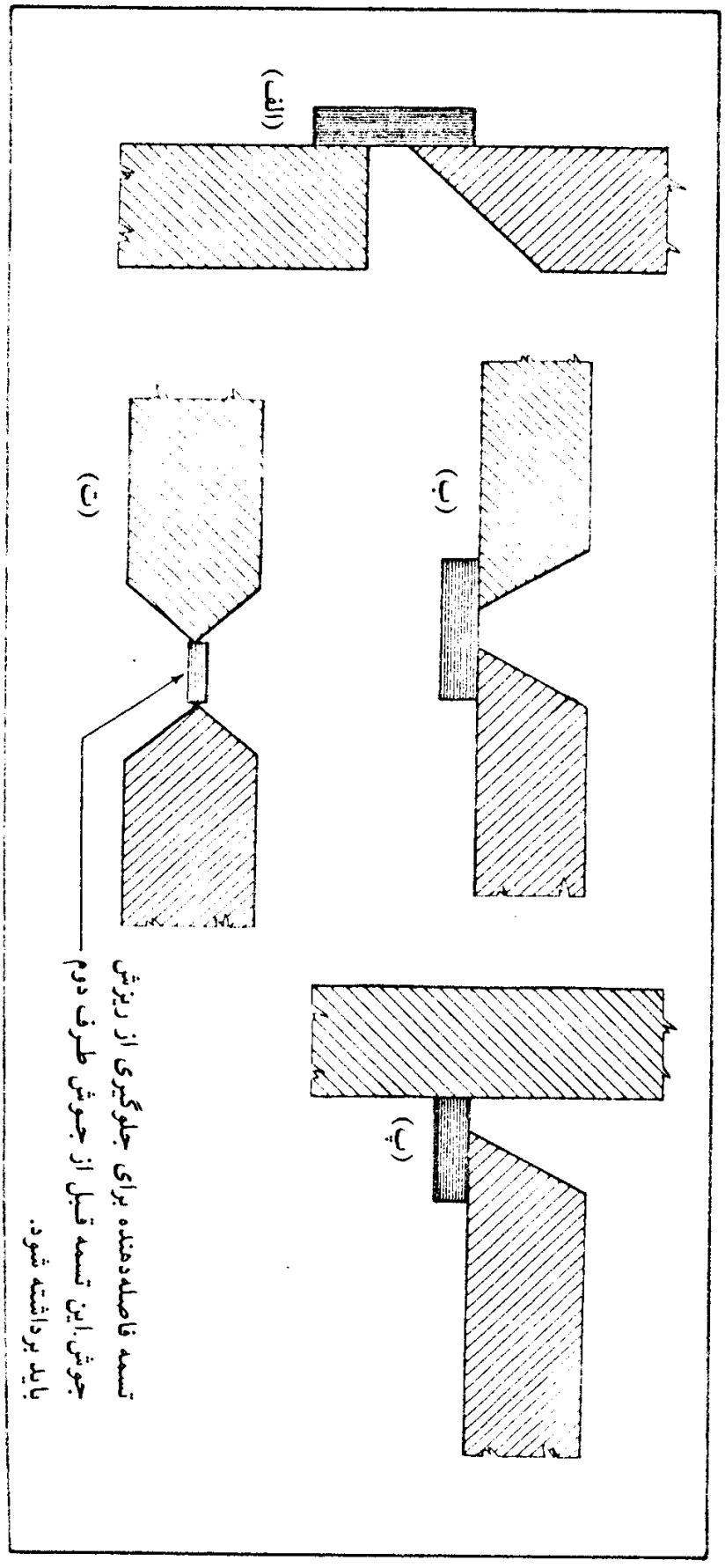
13– weld reinforcement

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



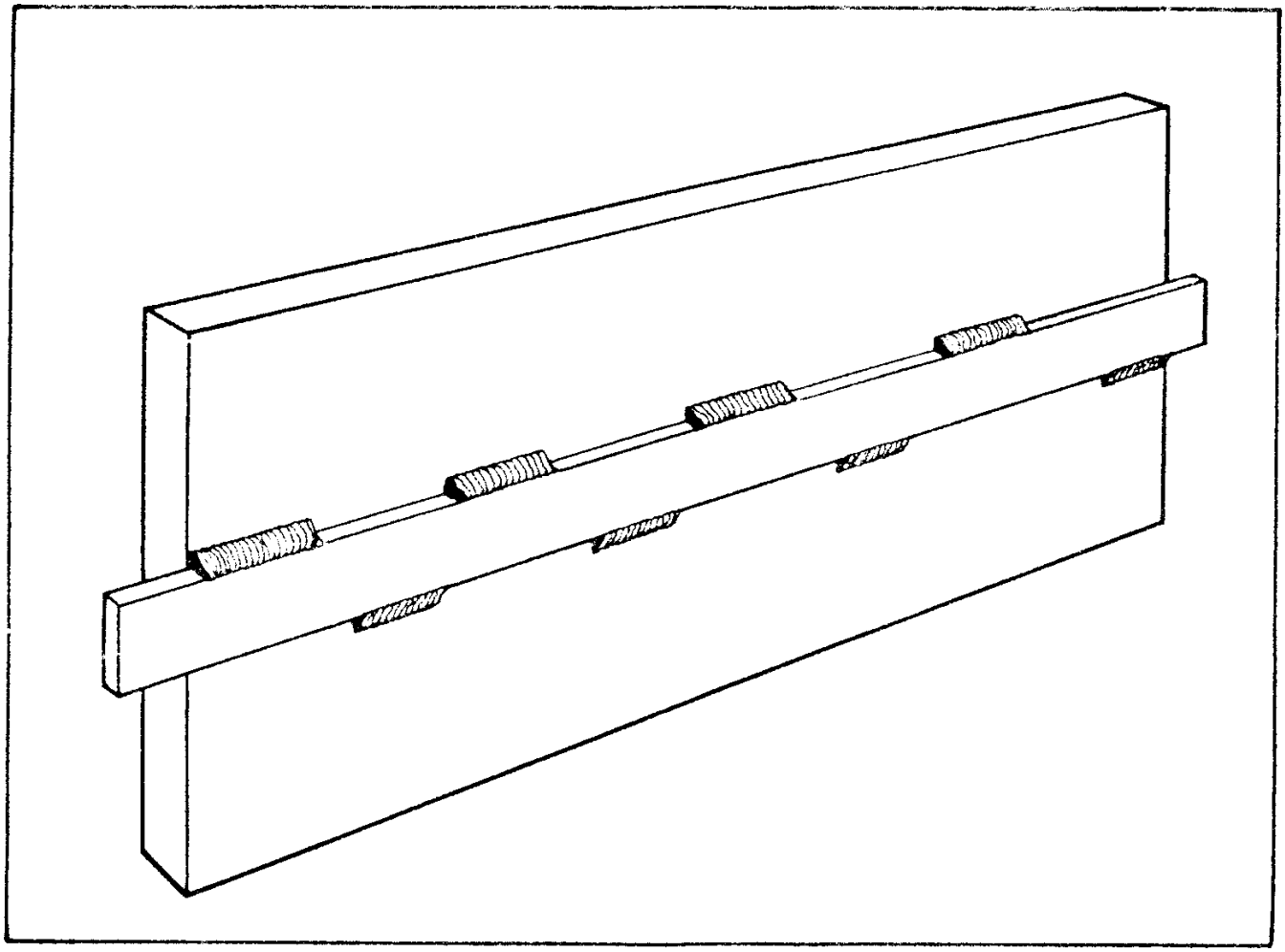
شکل ۴ ـ ۷

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۴ ـ ۸

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۴ ـ ۹ ـ اجرای خال‌جوش‌های متناوب برای اتصال تسمهٔ پشت‌بند.

مقدار زیاد این تحدب فایده‌ای ندارد و باعث افزایش هزینهٔ جوشکاری می‌شود (شکل ۴ ـ ۱۱ ـ راست). باید دقت شود که هم‌ارتفاع و هم‌پهنای گرده حداقل گردد.

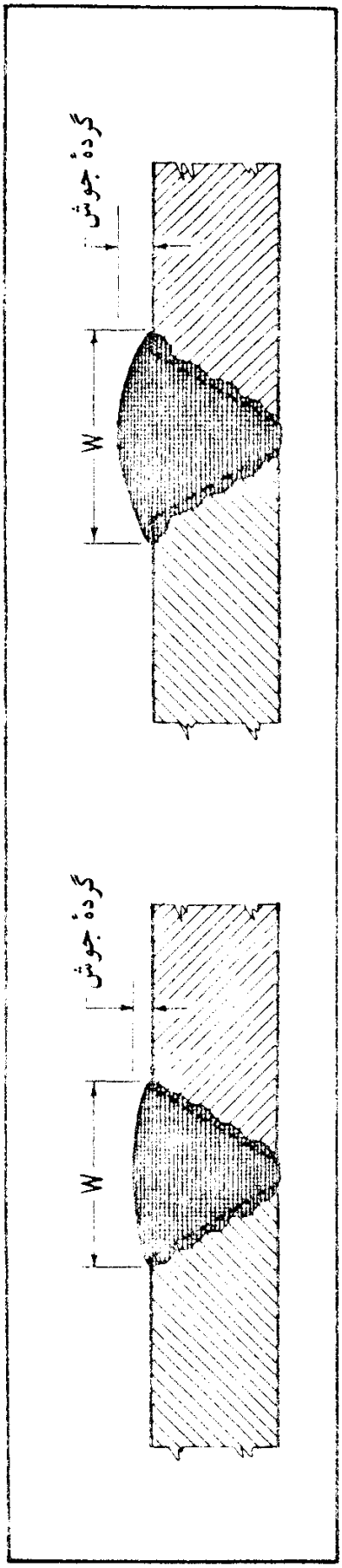
۴ ـ ۸ آماده کردن لبه

برای اینکه از سوختن ریشه جوش و همچنین از ریزش جوش جلوگیری شود، به‌جای اینکه لبهٔ جوش در محل ریشه به‌صورت تیز باشد، ضخامتی برای آن قائل می‌شوند که آن را ضخامت ریشه[۱۴] یا پیشانی می‌نامند (شکل ۴ ـ ۱۲). اگر لبهٔ درز در محل ریشه تیز باشد، برای سوختن و ریزش خیلی مستعد است، مخصوصاً اگر فاصلهٔ لبه نیز مقداری زیاد باشد (شکل ۴ ـ ۱۳).

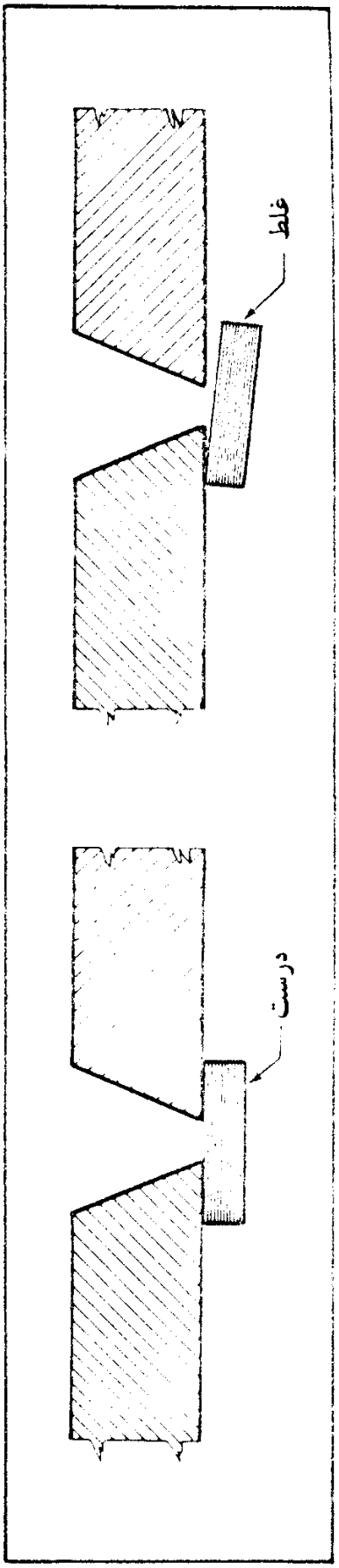
---

14 – land

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

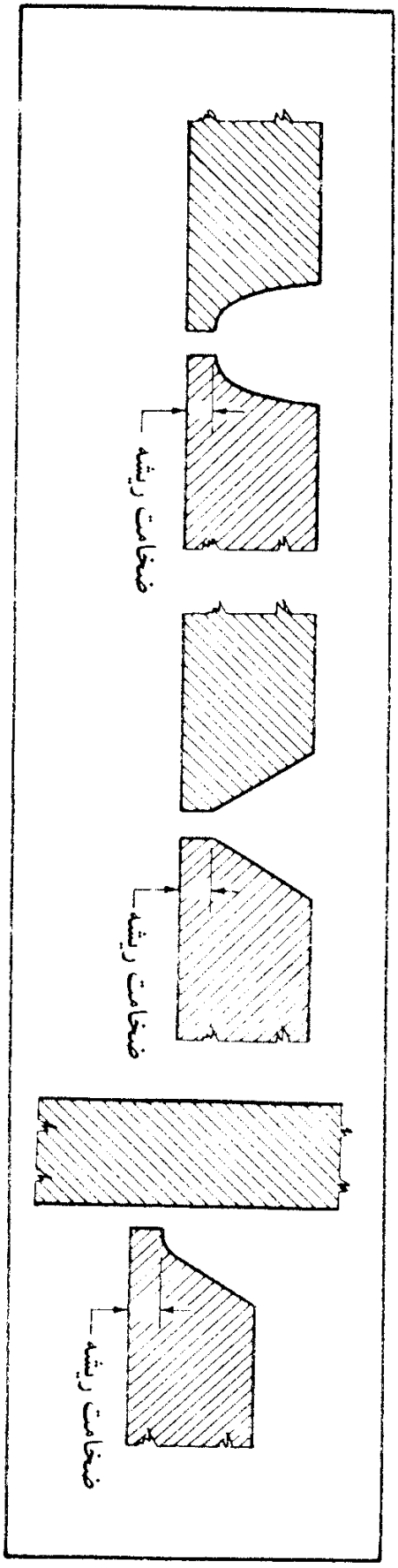


شکل ۴ - ۱۱

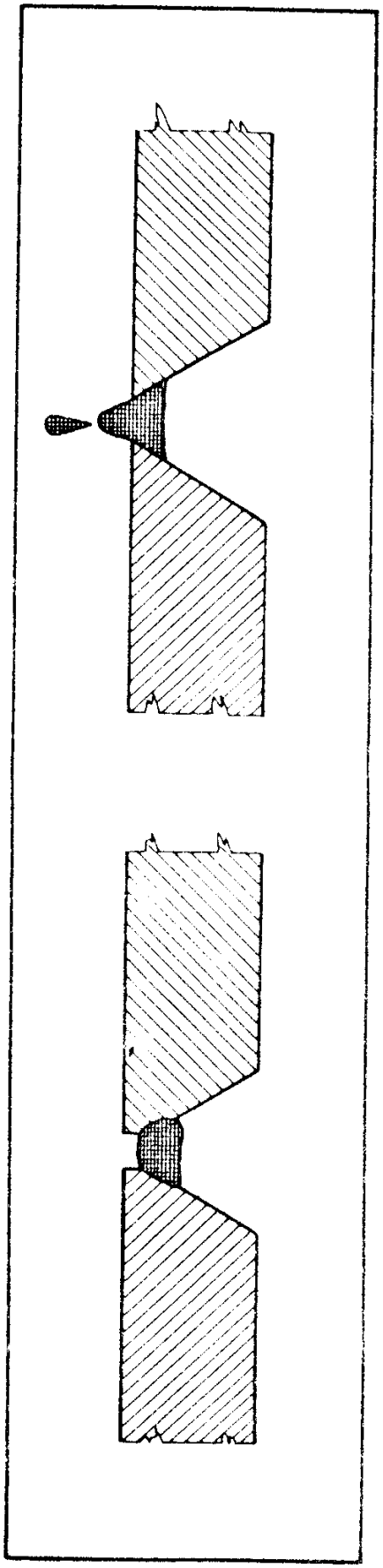


شکل ۴ - ۱۰

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۴ - ۱۲ - ضخامت ریشه.



شکل ۴ - ۱۳

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

البته درآوردن ضخامت ریشه در عمل وقت‌گیر و پرکار است و به‌دو برش و یا یک برش و یک سنگ زدن نیاز دارد. وقتی منظور به‌دست آوردن جوش صددرصد (تمام‌قدرت) بوده و لبه نیز دارای ضخامت ریشه باشد، قبل از جوش روی دوم (پشت‌کار) احتیاج به‌سنگ زدن ریشه است.

وقتی که از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامتی برای ریشه در نظر گرفت (شکل ۴ ـ ۱۴). زیرا در این حالت یک فضای خالی پیدا می‌شود که در هنگام جوشکاری درون آن پر از گاز می‌گردد.

فلسفهٔ اصلی از پخ زدن لبه ایجاد دسترسی برای جوشکاری در تمام ضخامت، و همچنین مطمئن شدن از ذوب و امتزاج کامل در تمام سطح مقطع می‌باشد. یک دسترسی خوب، با افزایش زاویهٔ پخی، و افزایش دهانهٔ ریشه به‌دست می‌آید که همیشه ترکیبی از آنها یک راه‌حل خوب به‌دست می‌دهد (شکل ۴ ـ ۱۵).

زاویهٔ پخی بستگی به‌محل کار و زاویه‌ای که الکترود در محل کار می‌تواند داشته باشد، دارد (شکل ۴ ـ ۱۶). همان‌طوری که در شکل نشان داده شده، زاویهٔ پخی حداقل برابر با ۴۵° توصیه می‌شود.

درزهای لاله‌ای (U) و نیم‌لاله‌ای (J)

درزهای لاله‌ای و نیم‌لاله‌ای برای جوشکاری بسیار عالی‌هستند ولی‌هزینهٔ ساخت آنها گران تمام می‌شود (شکل ۴ ـ ۱۷). این اشکال نیز احتیاج به‌ضخامت ریشه و در نتیجه سنگ زدن ریشه از پشت دارند.

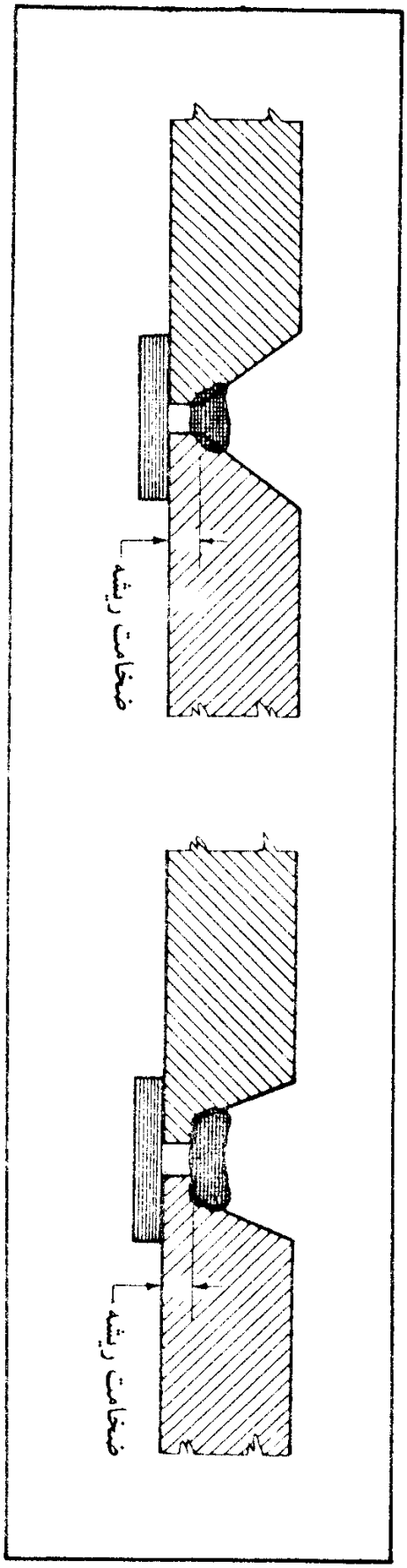
۴ ـ ۹ سنگ زدن ریشه از پشت (شیارزنی پشت)[15]

برای دستیابی به‌یک ذوب و امتزاج کامل در تمام مقطع جوش و در نتیجه یک جوش صددرصد (تمام قدرت) لازم است در تمام انواع درزها (به‌غیر از درز جناغی (V) و نیم‌جناغی (V) با لبهٔ تیز و تسمه پشت‌بند)، طرف دوم یا پشت‌کار نیز جوش شود. قبل از جوش پشت‌کار باید ریشهٔ جوش سنگ زده شود، این کار به‌وسیلهٔ تراش دادن یا سنگ زدن صورت می‌گیرد. بدون تراش ریشهٔ جوش، جوش طرف دوم نفوذ کامل نخواهد داشت (شکل ۴ ـ ۱۸).

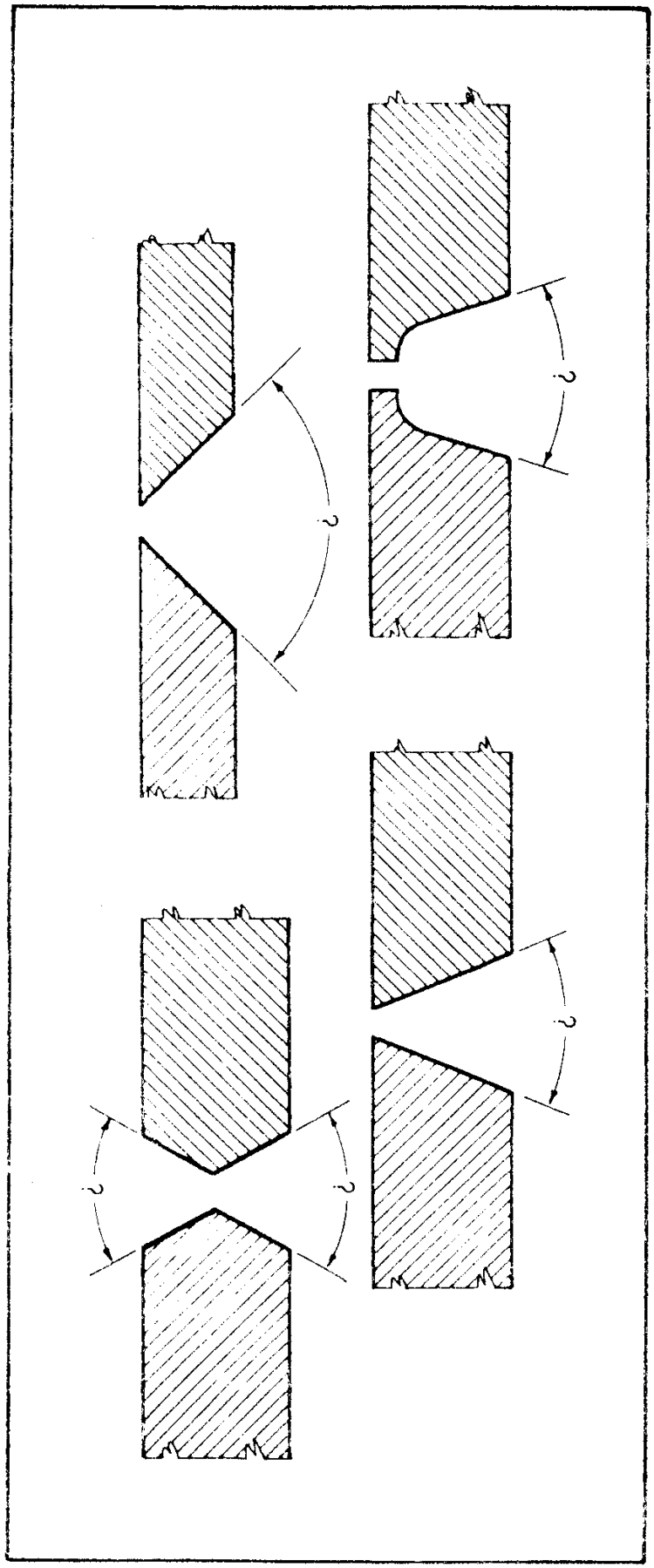
تراش ریشه آنقدر باید عمیق باشد تا مصالح اصلی جوش طرف اول ظاهر گردند. شکل تراش طوری باید باشد که الکترود برای جوشکاری بتواند داخل آن گردد (شکل ۴ ـ ۱۹).

15– back guaging

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۴ - ۱۴



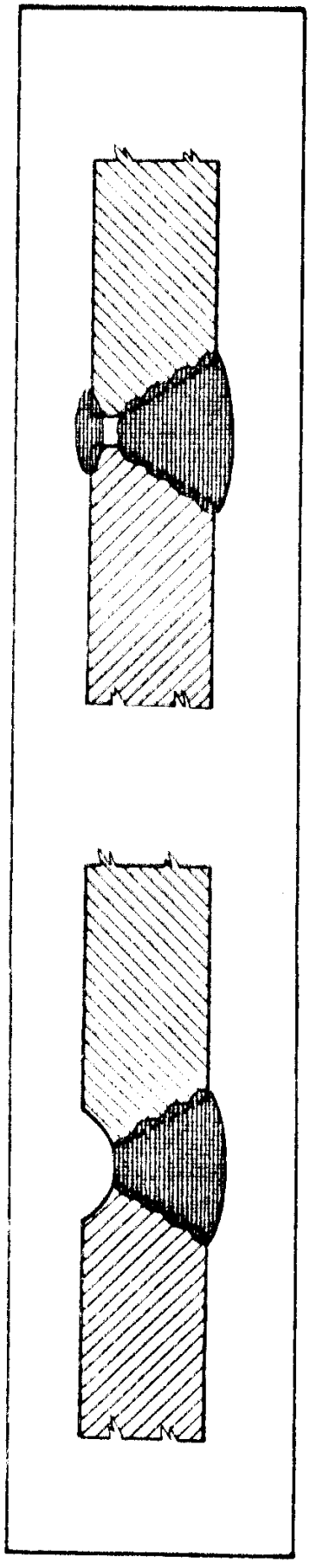
شکل ۴ - ۱۵ - زاویهٔ بخی

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING
www.niazit-ceiling.com

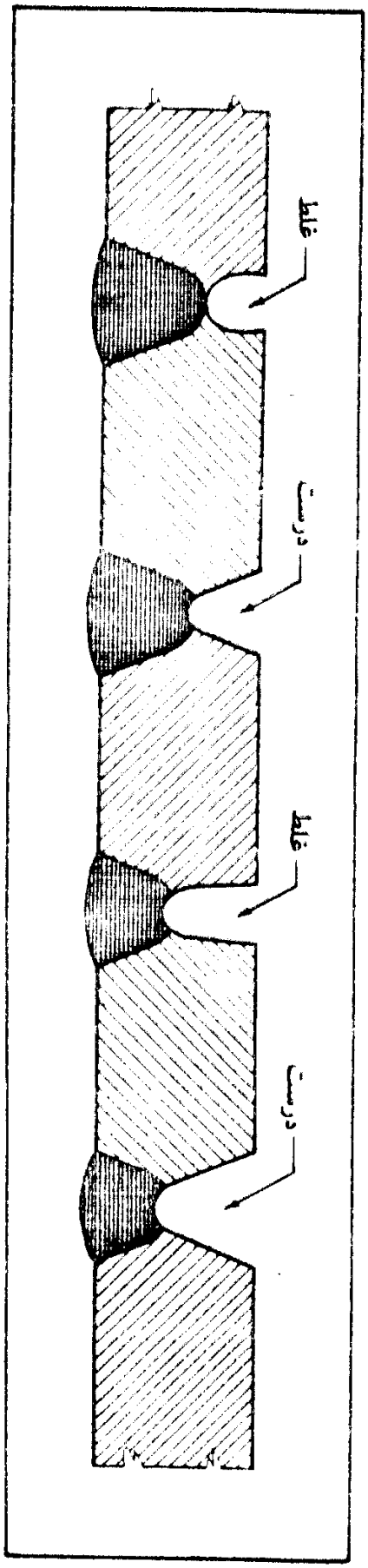
شکل ۴ - ۱۶

شکل ۴ - ۱۷

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۴ - ۱۸ - شیارزنی از پشت.



شکل ۴ - ۱۹

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

فصل ۵

جوشکاری و جوش‌پذیری

۵ـ۱ معرفی

به‌طور معمول درزی که به‌خوبی طرح و جوش شده باشد، نیاز به‌روش خاصی برای جلوگیری از بروز ترک در حین اجرا و بهره‌برداری ندارد. لیکن با افزایش ضخامت ورق‌های مصرفی و همچنین استفاده از فولادهای آلیاژدار، نیاز به‌روش‌های خاص جوشکاری افزایش می‌یابد.

در این فصل ابتدا عوامل مؤثر در ترک جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس دستورالعمل جوشکاری[1] برای اصلاح یا جلوگیری از مسئلهٔ ترک ارائه می‌شود. در قسمت بعد روش پیش‌گرمایش برای حذف و یا جلوگیری از وقوع ترک معرفی می‌گردد. در این بحث روش جدیدی برای تعیین دمای پیش‌گرمایش برمبنای گرمای حاصل از جوش، سرعت بحرانی سرد شدن (که با استفاده از شیمی فولاد تعیین می‌گردد)، و هندسهٔ جوش (به‌خصوص ضخامت ورق) معرفی می‌گردد.

۵ـ۲ جوش‌پذیری

اکثر فولادها را می‌توان با روش جوش قوسی با درزهای سالم و قوی، جوش داد. جوش‌پذیری یک فلز به‌صورت قابلیت سهولت در حصول یک جوش سالم و بدون ترک تعریف می‌شود. یک نوع فولاد وقتی قابل جوش نامیده می‌شود که بدون مخارج اضافی و مشکلات جنبی، آن را بتوان جوش نمود.

بعضی از فولادها برای جوشکاری با سرعت زیاد، مناسبتر از سایر فولادها می‌باشند. چون

1– welding procedure

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش ترکیبی از فلز الکترود و فلز پایه است، برای حصول یک جوش خوب، تعیین ترکیبات فلز جوش و فلز پایه، هر دو، لازم می‌باشد. در صورت استفاده از ولتاژ زیاد برای افزایش سرعت جوشکاری، میزان امتزاج فلز مبنا در جوش بیشتر می‌شود.

ترکیبات غیرآهنی موجود در فولاد، عوامل عمدهٔ مؤثر بر جوش‌پذیری آن می‌باشند. در جدول ۵ ـ ۱ حدود متعارف این ترکیبات برای حصول حداکثر سرعت جوشکاری و اقتصاد مناسب کار ارائه شده است. فولادهایی که ترکیبات آنها بیشتر از مقادیر مندرج در این جدول است، احتیاج به‌الکترودها و دستورالعمل‌های خاص جوشکاری دارند.

جدول ۵ ـ ۱ حدود مناسب ترکیبات فولاد برای حصول قابلیت جوشکاری مناسب.

عنصر		دامنهٔ مناسب (درصد)	درصورتی‌که مقدار هریک از عناصر از مقادیر زیر تجاوز نماید، احتیاج به‌روش‌ها و توجهات خاص در هنگام جوشکاری دارد
کربن	C	۰/۰۶~۰/۲۵	۰/۳۵
منگنز	Mn	۰/۳۵~۰/۸	۱/۴
سیلیسیم	Si	۰/۱ (حداکثر)	۰/۳
سولفور	S	۰/۰۳۵ (حداکثر)	۰/۰۵
فسفر	P	۰/۰۳ (حداکثر)	۰/۰۴

ترکیبات فولادهای نرمهٔ تجارتی غالباً در محدوده‌های ذکرشده در جدول ۵ ـ ۱ قرار دارد. لیکن در جوشکاری فولادهای پرضخامت، حتی اگر از نوع فولادهای نرمه باشند، نیاز به‌دستورالعمل‌ها و توجهات خاص می‌باشد.

میزان بعضی از ترکیبات موجود در فولادهای پرمقاومت و آلیاژدار از مقادیر جدول ۵ ـ ۱ تجاوز می‌نماید، در نتیجه جوشکاری آنها نیز نیاز به‌دستورالعمل‌ها و توجهات خاص دارد.

در هنگام جوشکاری ورق‌های ضخیم و یا فولادهای پرمقاومت و آلیاژدار، نیاز به‌دستورالعمل‌های خاص جوشکاری برای جلوگیری از وقوع ترک می‌باشد. این دستورالعمل‌ها دربرگیرندهٔ یک و یا تمام عوامل مذکور در زیر می‌باشند:

۱. شکل و هندسهٔ درزجوش؛

۲. حداقل نفوذ به‌منظور جلوگیری از رقیق‌شدگی[2] فلز جوش با عناصر آلیاژی ورق؛

2– diluation

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۳. پیش‌گرمایش، درجه حرارت کنترل‌شده برای عبورهای (پاس‌های) میانی، و کنترل حرارت القایی از عمل جوشکاری به‌منظور به‌تأخیر انداختن سرعت سرد شدن و کاهش تنش‌های انقباضی.

دستورالعمل‌های جوشکاری پایه برمبنای نتایج تجزیهٔ شیمیایی فولاد

استانداردهای منتشرشده برای دستورالعمل‌های جوشکاری معمولاً برای شرایط عادی کار و فولاد نرمه با عناصر شیمیایی با نسبت‌های موجود در محدودهٔ جدول ۵ ـ ۱ می‌باشند.

وقتی نتایج تجزیهٔ شیمیایی یک فولاد وجود عناصری با نسبت بزرگتر از مقادیر مندرج در جدول ۵ ـ ۱ را نشان دهد، معمولاً دستورالعمل جوشکاری برمبنای مقادیر حدی آن عنصر انتخاب می‌شود. لیکن با توجه به‌اینکه خواص حرارتی فولاد به‌مقدار زیادی با وضعیت حدی آن عنصر متفاوت است، عملاً ممکن است به‌دستورالعمل خاص نیاز نباشد و یا احیاناً لازم گردد اصلاح مختصری در دستورالعمل استاندارد به‌کار گرفته شود.

برای کسب اقتصاد و کیفیت مطلوب تحت شرایط غیرمتعارف، دستورالعمل جوشکاری باید برمبنای تجزیهٔ شیمیایی واقعی فولاد انتخاب گردد تا مقادیر حدی حداکثر.

۵ـ۳ کیفیت جوش

هدف اصلی از ارائهٔ یک دستورالعمل جوشکاری، اتصال قطعات «به‌حد لازم» با حداکثر کارایی ممکن و حداقل هزینه می‌باشد. کلمهٔ «به‌حد لازم[3]» اندازه و کیفیت جوشی را می‌رساند که با احتیاجات بهره‌برداری سازگار است. تمهیدات بیش از حد برای کسب کیفیت غیرضروری، نه‌تنها هیچ فایدهٔ عملی دربر ندارد، بلکه باعث افزایش هزینه‌ها نیز می‌گردد.

۵ـ۴ جوش قوسی تحت حفاظ

به‌منظور کسب احساس فیزیکی از جوش‌پذیری فولاد، داشتن اطلاعات پایه در مورد نحوهٔ جوشکاری ضروری است.

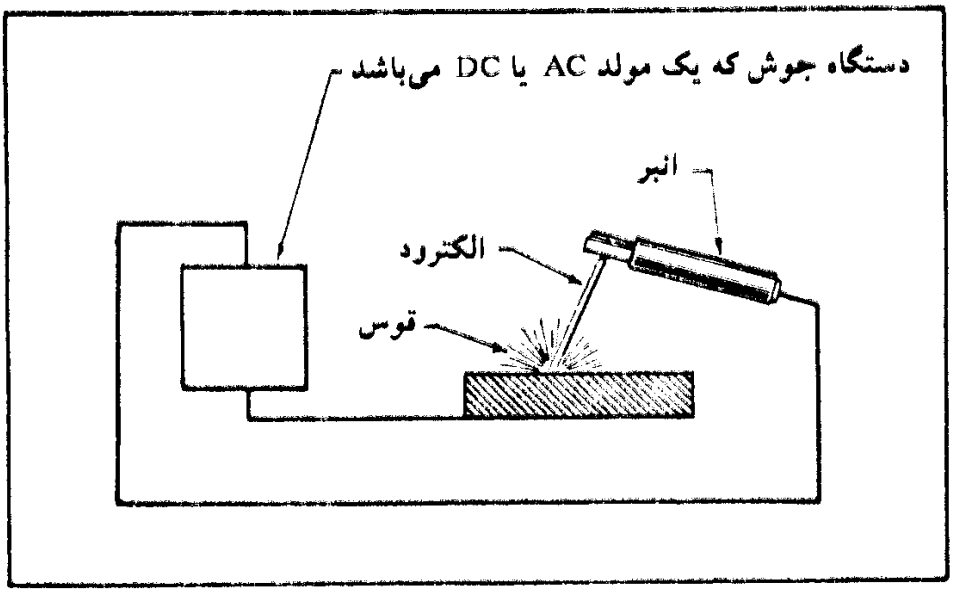
جوشکاری عبارت است از یکپارچه کردن دو قطعه فلز با برقراری یک امتزاج متالورژیک بین آنها. برای حصول این امتزاج، از فرآیندهای متفاوتی نظیر فشار و یا ذوب می‌توان استفاده نمود. جوش قوسی[4] یک فرآیند ذوبی است. طی این فرآیند، با ایجاد درجه حرارت مناسب، محدوده‌ای از

3– as required
4– Arc welding

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

دو قطعه فلز به‌حال مذاب درآمده و پس از امتزاج با یکدیگر، با سرد شدن تدریجی به‌صورت جامد درآمده و یکپارچگی کامل می‌گردد.

در جوش قوسی، درجه حرارت لازم برای ذوب، با برقراری قوس الکتریکی به‌وجود می‌آید. قوس الکتریکی بین قطعهٔ مورد جوش (فلز پایه) و یک مفتول که الکترود نامیده می‌شود، برقرار می‌گردد. با نزدیک کردن نوک الکترود به‌فلز پایه، قوسی با درجه حرارت ۳۶۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد در نوک الکترود به‌وجود می‌آید. این درجه حرارت زیاد، مفتول الکترود و قسمتی از فلز پایه را ذوب کرده و یک حوضچهٔ مذاب در نوک الکترود به‌وجود می‌آید که به‌آن حوضچه یا چالهٔ ذوب[5] می‌گویند. با سرد شدن ناحیهٔ ذوب‌شده، دو قطعهٔ مبنا با یکدیگر یکپارچه شده و یک قطعهٔ همگن به‌وجود می‌آید. با حرکت الکترود در امتداد درز دو قطعه، عمل جوش در طول مورد نظر تکمیل می‌گردد.



قوس الکتریکی یک تخلیهٔ الکتریکی یا جرقه می‌باشد که در شکاف موجود در یک مدار الکتریکی به‌وجود می‌آید. مقاومت هوا یا گاز موجود در شکاف، تمام انرژی الکتریکی را به‌حرارت بدل می‌نماید. دستگاه مولد الکتریکی دارای دو مشخصهٔ آمپر[6] و ولتاژ[7] می‌باشد. مقدار انرژی، حاصل‌ضرب این دو کمیت است و برحسب وات یا کیلووات بیان می‌گردد. انرژی مصرفی تابعی از نوع جریان [AC (متناوب) یا DC (یکسو)]، روکش الکترود، و بسیاری عوامل دیگر می‌باشد.

به‌منظور افزایش کیفیت جوش و برقراری کامل پدیده قوس الکتریکی، جوش قوسی تحت

5– crater

6– ampere

7– voltage

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

حفاظت یک عامل ثالث انجام می‌گیرد. عامل محافظ می‌تواند به‌یکی از صور زیر باشد:

۱. روکش روی الکترود؛

۲. گاز؛

۳. پودر؛

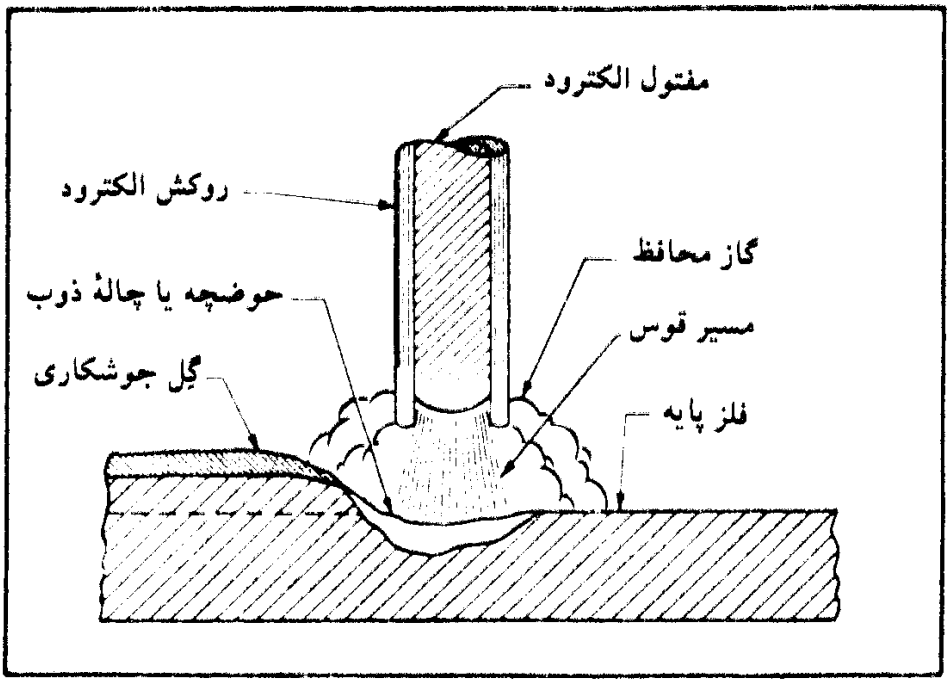
۴. نمک‌های فلزی در مغزهٔ الکترود.

نوع حفاظ انتخابی بستگی به‌تکنیک جوشکاری دارد. در جوشکاری دستی اغلب روکش الکترود این وظیفه را به‌عهده دارد، لیکن در جوشکاری اتوماتیک روش‌های دیگر حفاظت مورد استفاده قرار می‌گیرند. با هر روشی که به‌کار گرفته شود، وظایف عامل محافظ عبارتند از:

۱. محافظت فلز مذاب در مقابل هوا با استفاده از گاز، بخار و یا گِل جوشکاری؛

۲. اضافه نمودن آلیاژهای خاص به‌مواد مذاب؛

۳. کنترل ذوب‌کامل مفتول الکترود و برقراری‌مطلوبتر قوس‌الکتریک و استفادهٔ بهینه از انرژی.



جوش قوسی نیاز به‌برقراری یک جریان پایدار از نقطه‌نظر آمپر و ولتاژ دارد. جریان می‌تواند به‌صورت متناوب (AC) و یا یکسو (DC) باشد. میزان ولتاژ و آمپر جریان باید کاملاً قابل کنترل باشند.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

قسمت ۱: ترک‌خوردگی جوش

۵ـ۵ ترک‌جوش

وقوع ترک در جوش هیچ‌وقت نباید بی‌اهمیت تلقی شده و مورد چشم‌پوشی واقع شود. با استفاده از طرح خوب و انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب، از این پدیده می‌توان جلوگیری نمود. انواع ترک محتمل در جوشکاری عبارتند از:

۱. وقوع ترک در نوار (زنجیره) جوش (به‌صورت ظاهری یا داخلی[8])؛

۲. ترک در ناحیه‌ای از فلز پایه که تحت تأثیر دمای جوش، تغییر حالت متالورژیک می‌دهد. به‌این ناحیه، ناحیهٔ تفتیده می‌گویند (ترک در زیر نوارجوش[9])؛

۳. ترک در جوش در هنگام بهره‌برداری (ترک مقاومتی).

عواملی که باعث وقوع ترک در نوار جوش می‌شوند (به‌صورت ظاهری یا داخلی)

۱ ــ گیرداری درز که باعث به‌وجود آمدن تنش‌های انقباضی زیاد در جوش می‌شود.

۲ ــ هندسه مقطع نوار (زنجیرهٔ) جوش[10] با سرد شدن، جوش تمایل به‌انقباض پیدا می‌کند. جوش با سطح محدب در گلوی خود مصالح کافی برای مقابله با کشش‌های دومحوری را دارد. لیکن در نوارجوش با سطح مقعر، تنش‌های کششی عرضی قابل‌توجهی به‌وجود می‌آید که می‌تواند یک ترک طولی در زنجیرهٔ جوش به‌وجود آورد.

در یک جوش با نفوذ زیاد که عمق آن بیش از عرضش باشد، در صورت گیرداری درز، وقوع ترک‌های داخلی محتمل می‌باشد.

در صورت بالا بودن میزان سولفور یا فسفر در فلز پایه، وقوع هر دو ترک فوق به‌مقدار زیادی تشدید می‌گردد.

۳ ــ میزان کربن و آلیاژها در فلز پایه. هرچه میزان کربن و آلیاژ در فلز پایه زیاد باشد، کاهش در شکل‌پذیری فلزجوش افزایش یافته و احتمال وقوع ترک بیشتر می‌شود.

۴ ــ دخول حفرات هیدروژن از روکش الکترود در نوار جوش، باعث به‌وجود آمدن رطوبت در سطح فلز پایه شده و در نتیجه آلودگی این سطح می‌شود.

۵ ــ سرد شدن سریع جوش که آثار ۳ و ۴ را افزایش می‌دهد.

8– bead crack

9– under bead crack

10– bead shape

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

عواملی که باعث وقوع ترک در حوزهٔ تأثیر حرارت (ناحیهٔ تفتیده) در فلز پایه می‌شوند (ترک در زیر نوارجوش)

۱ ــ میزان کربن یا آلیاژ زیاد که باعث افزایش قابلیت سخت‌شدگی و کاهش شکل‌پذیری حوزهٔ تأثیر حرارت می‌شوند. (در فولادی که قابلیت سخت‌شدگی ندارد، امکان وقوع ترک زیر نوارجوش وجود ندارد).

۲ ــ تردی هیدروژنی[11] ناحیهٔ ذوب‌شده به‌علت دخول هیدروژن از فلزجوش.

۳ ــ سرعت سرد شدن که بر هریک از دو عامل ۱ و ۲ مؤثر است.

عواملی که باعث وقوع ترک در جوش در هنگام بهره‌برداری می‌شوند (ترک مقاومتی)

تحت شرایط بهره‌برداری، جوش ترک[12] نمی‌خورد، لیکن در صورتی که به‌خوبی طرح نشده باشد، وقوع ترک مقاومتی در آن امکانپذیر است. وقوع دو نوع خرابی در جوش در هنگام بهره‌برداری محتمل است و باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد:

۱ ــ تردی ناشی از زخم[13] که باعث شکست[14] جوش یا فلز پایه در حوزهٔ تأثیر حرارتی، تحت بارهای ضربه‌ای بزرگ در درجه حرارت پایین می‌گردد.

۲ ــ ترک خستگی به‌علت اثر زخم ناشی از هندسهٔ نامناسب درز. این نوع شکست تحت بارهای متناوب با تکرار و دامنهٔ بزرگ به‌وجود می‌آید.

عواملی که باید کنترل گردند

۱. *شکل نوار (زنجیره)* : سطح نوار جوش باید قدری محدب بوده و دارای نسبت عرض به‌عمق مناسب باشد. این مسئله باید در جوش‌های یک پاسه و جوش ریشه در جوش‌های چندپاسه مورد توجه قرار گیرد.

۲. *گیرداری درز* : در هنگام طراحی و اجرا باید گیرداری درز را به‌حداقل رساند.

۳. *میزان کربن و آلیاژها* : در هنگام انتخاب نوع فولاد باید دقت گردد که موازنه‌ای بین هزینهٔ فولاد و هزینهٔ جوش برقرار گردد. انتخاب فولادهای پرمقاومت هرچند که باعث کاهش هزینهٔ فولاد می‌گردد،

11– Hydrogen embrittlement
12– crack
13– notch toughness
14– break

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

لیکن به‌علت وجود میزان کربن زیاد و یا آلیاژها، و به‌خصوص عناصری مثل سولفور یا فسفر، که تأثیر منفی بر کیفیت جوش دارند، افزایش قابل توجهی در هزینهٔ جوشکاری وجود خواهد داشت. این دو هزینه باید قابل موازنه باشند.

۴. ***دخول هیدروژن*** : برای جلوگیری از دخول حباب‌های هیدروژن، از مصالح جوش کم‌هیدروژن استفاده گردد.

۵. ***حرارت ورودی*** : باید کل حرارت ورودی کنترل گردد. این حرارت شامل پیش‌گرمایش، حرارت القایی به‌واسطهٔ جوشکاری، گرمایش در حد فاصل پاس‌های مختلف، و پس‌گرمایش به‌منظور جلوگیری از سرد شدن سریع می‌باشد. حرارت القایی کمتر، باعث کاهش تنش‌های انقباضی، و کاهش سرعت سرد شدن که از تردی زیاد حوزهٔ تأثیر حرارت[15] می‌کاهد، می‌گردد. این دو عامل از عوامل مهم بروز ترک در جوش می‌باشند.

۵ـ۶ خال‌جوش

آیین‌نامهٔ AWS[16] مقرر می‌دارد هر خال‌جوشی که بعداً جزیی از جوش اصلی می‌شود، باید با همان کیفیت جوش اصلی (شامل هر نوع پیش‌گرمایش) جوش گردد.

در صورتی که خال‌جوش هنگام جوش اصلی کاملاً ذوب گردد، لزومی به‌منظور کردن تدابیر خاص در هنگام خال‌جوش نیست، مگر اینکه ضخامت ورق‌ها زیاد بوده و احتمالاً ترک‌خوردگی در آن وجود داشته باشد (شکل ۵ ـ ۱). در صورت شکست خال‌جوش، همان تدابیری که برای حفظ سلامت جوش اصلی در قبل گفته شد، باید در هنگام خال‌جوش رعایت گردد (از جمله پیش‌گرمایش و شکل زنجیرهٔ جوش). توصیه می‌گردد که برای خال‌جوش ورق‌های ضخیمتر از ۲۵ میلی‌متر، از مصالح جوش کم‌هیدروژن استفاده گردد.

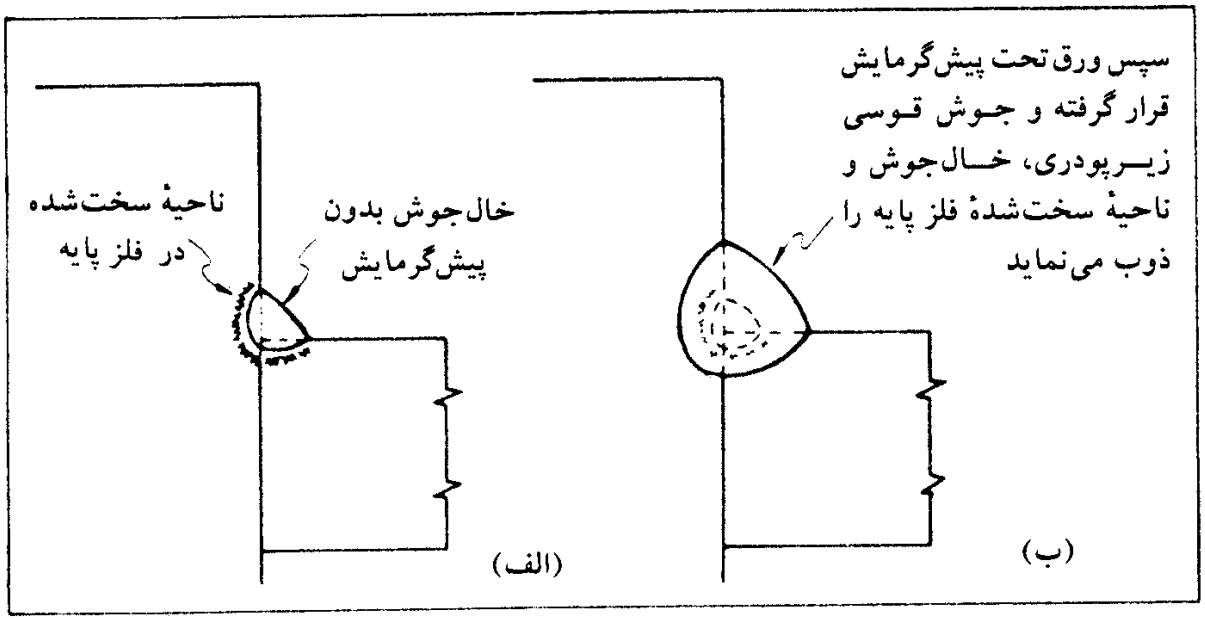
۵ـ۷ ورق‌های نازک

جوش‌هایی که ورق‌های نازک را متصل می‌کنند، به‌ندرت تمایل به‌ترک از خود نشان می‌دهند. حرارتی که در هنگام جوشکاری به‌ورق انتقال داده می‌شود و جرم کم‌ورق، سرعت سرد شدن را کاهش می‌دهد. این موضوع به‌علاوهٔ تنش‌های داخلی کاهش‌یافته ناشی از نسبت مناسب گلو

15– heat affected zone

16– AWS=American Welding Society

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



شکل ۵ ـ ۱

به‌ضخامت ورق، و انعطاف‌پذیری خوب ورق نازک در مقابل انقباض، از شدت تأثیر عوامل ترک‌دهنده می‌کاهد. در جوشکاری ورق‌های نازک، ترک‌خوردگی تقریباً هیچ‌وقت مشکل مهمی نمی‌باشد، مگر اینکه میزان کربن و آلیاژ فولاد به‌طور غیرمعمولی زیاد باشد.

۵ ـ ۸ ورق‌های ضخیم

در کارخانه‌های نورد فولاد، تمام ورق‌ها و نیمرخ‌های فولادی، بعد از نورد در درجه حرارت سرخ، با سرعت نسبتاً کمی سرد می‌شوند. در ورق‌های ضخیم به‌علت جرم بیشتر، این سرعت به‌مراتب کمتر است. برای یک میزان معلوم کربن و آلیاژ، سرعت سرد شدن کمتر، باعث کاهش مقاومت می‌گردد.

برای ضخامت‌های معمول، کارخانه‌های نورد مشکلی برای برآورده کردن مشخصات مقاومتی ندارند، لیکن برای تولیدات با ضخامت زیاد، به‌خاطرسرعت سرد شدن کمتر، لازم است میزان کربن یا آلیاژها به‌منظور دستیابی مقاومت موردنظر، افزایش داده شوند.

از آنجایی که جوش در ورق ضخیم، زودتر از ورق نازک سرد می‌شود و همچنین ورق ضخیم احتمالاً دارای کربن یا آلیاژ بیشتری است، جوش در ورق ضخیم دارای مقاومت بیشتر و شکل‌پذیری کمتری خواهد بود. برای اتصال ورق‌های ضخیم روش‌های جوشکاری خاص مورد نیاز خواهد بود (مخصوصاً برای پاس اول یا پاس ریشه) و احتمالاً پیش‌گرمایش نیز لازم می‌گردد. هدف از این روش‌ها، کاهش سرعت سرد شدن جوش و افزایش شکل‌پذیری آن است.

علاوه بر افزایش شکل‌پذیری، پیش‌گرمایش ورق‌های ضخیم، باعث کاهش تنش‌های

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

انقباضی که در اثر گیرداری درز ایجاد می‌گردد، می‌شود.

به‌علت هزینه، پیش‌گرمایش باید به‌خوبی تعریف شده باشد. به‌عنوان مثال، برای جوش گوشهٔ ورق نازک جان به‌ورق ضخیم بال، پیش‌گرمایشی به‌اندازهٔ پیش‌گرمایش جوش لب‌به‌لب دو ورق ضخیم با درجهٔ گیرداری زیاد، لازم نیست.

مطابق شکل ۵ ـ ۲، برای کاهش تنش‌های انقباضی در جوشکاری ورق‌های ضخیم، لازم است فاصله‌ای حدود ۰/۸ تا ۱/۶ میلی‌متر، بین دو ورق ایجاد گردد. این فاصله را می‌توان به‌کمک میلگرد نرمه ایجاد نمود. برش مضرس لبه‌ها با دندانه‌هایی در همین حدود، می‌تواند تأمین‌کنندهٔ این فاصله باشد.

جوش گوشه

مطلب اخیر که درخصوص فاصله دادن بین لبه‌های در حال تماس ورق‌ها ارائه شد، مختص جوش گوشه بود.

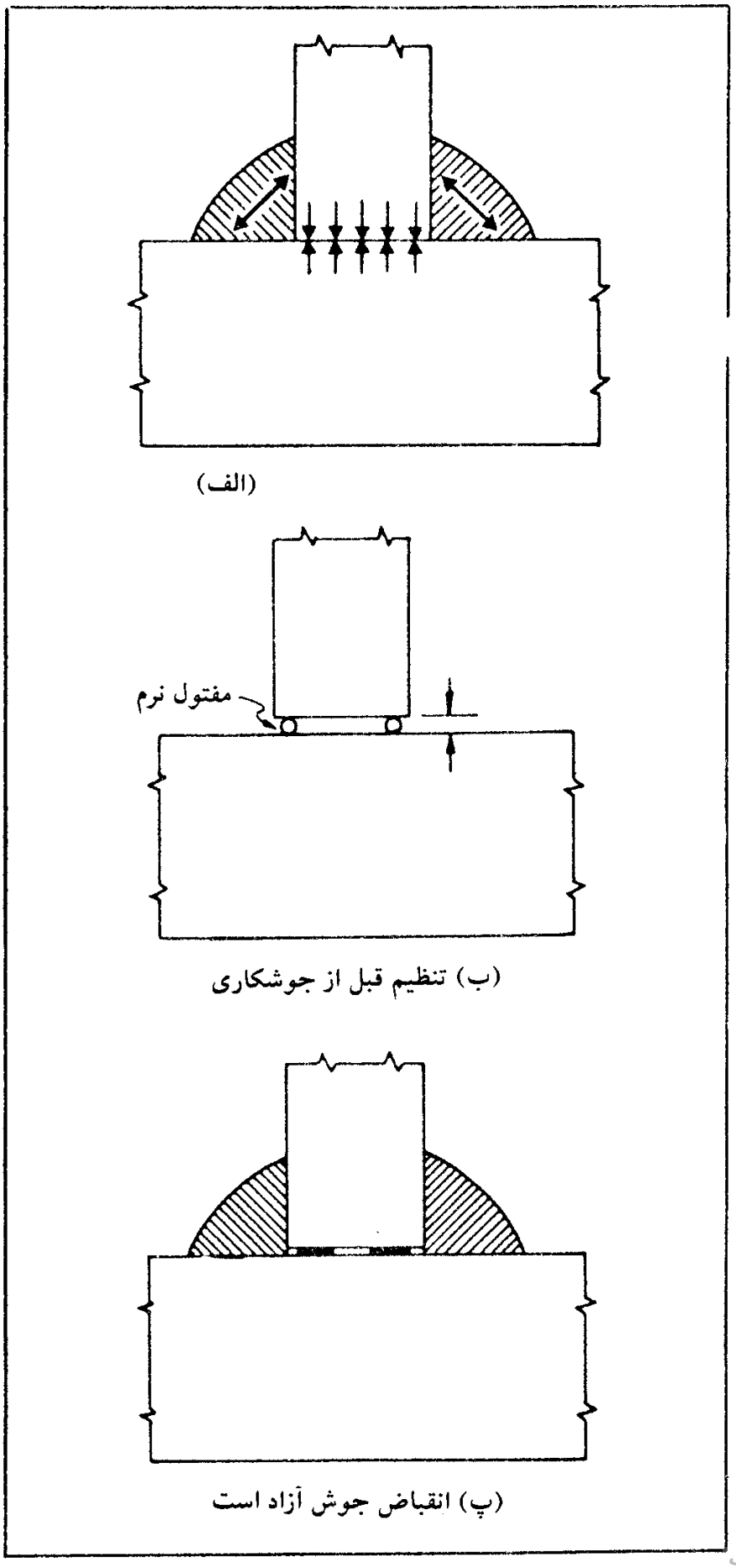
در شکل ۵ ـ ۳ مراحل سرد شدن نوار مذاب جوش گوشه از سمت دو ساق به‌گلوی جوش نشان داده شده است. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، گلوی جوش گوشه آخرین منطقه‌ای است که سرد و جامد می‌گردد.

حال به‌مقایسه دو نوار جوش محدب و مقعر مطابق شکل ۵ ـ ۴ می‌پردازیم. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، مقایسهٔ ظاهری، اندازهٔ جوش مقعر را بزرگتر نشان می‌دهد. لیکن بررسی مقطع دو جوش نشان می‌دهد که جوش محدب دارای ضخامت گلوی بزرگتری می‌باشد. بنابراین جوش محدب با مصرف مصالح جوش کمتر، مقاومت بزرگتری دارا می‌باشد.

این احساس در قلب طراحان وجود دارد که جوش گوشهٔ مقعر، مسیر یکنواخت‌تری برای جریان تنش به‌وجود می‌آورد. لیکن تجارب عملی مبین این است که جوش‌های گوشهٔ یک پاسهٔ مقعر تمایل بیشتری برای ترک‌خوردگی دارند. به‌خصوص در فولادهایی که به‌روش‌های خاص جوشکاری نیاز دارند. این عیب مزیت توزیع یکنواخت تنش را جبران می‌کند.

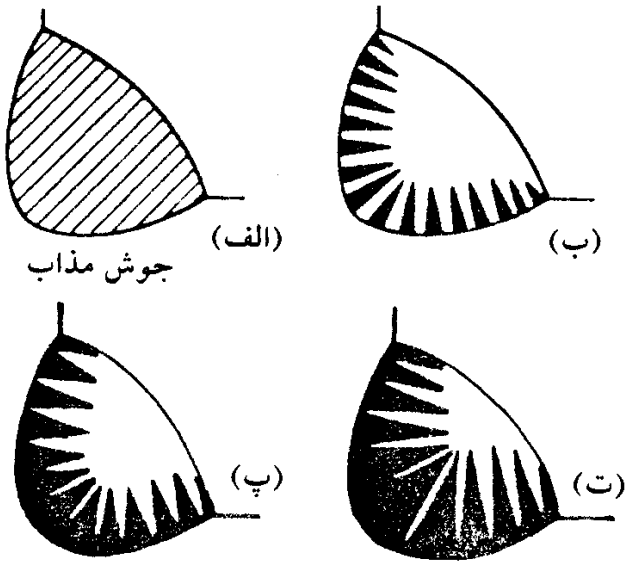
وقتی که یک جوش مقعر خنک و منقبض می‌شود، سطح خارجی آن به‌کشش می‌افتد (شکل ۵ ـ ۵ ـ الف). این کشش می‌تواند در جوش ایجاد ترک نماید. با استفاده از جوش محدب می‌توان از این ترک جلوگیری نمود. همان‌طور که شکل ۵ ـ ۵ ـ ب، نشان می‌دهد، این جوش می‌تواند بدون ایجاد کشش سطحی، سرد و منقبض گردد. در جوش‌های گوشهٔ چندپاسه، فقط پاس اول (جوش ریشه) لازم است به‌صورت محدب اجرا گردد. به‌همین علت اگر در طراحی برای جریان یکنواخت‌تر

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

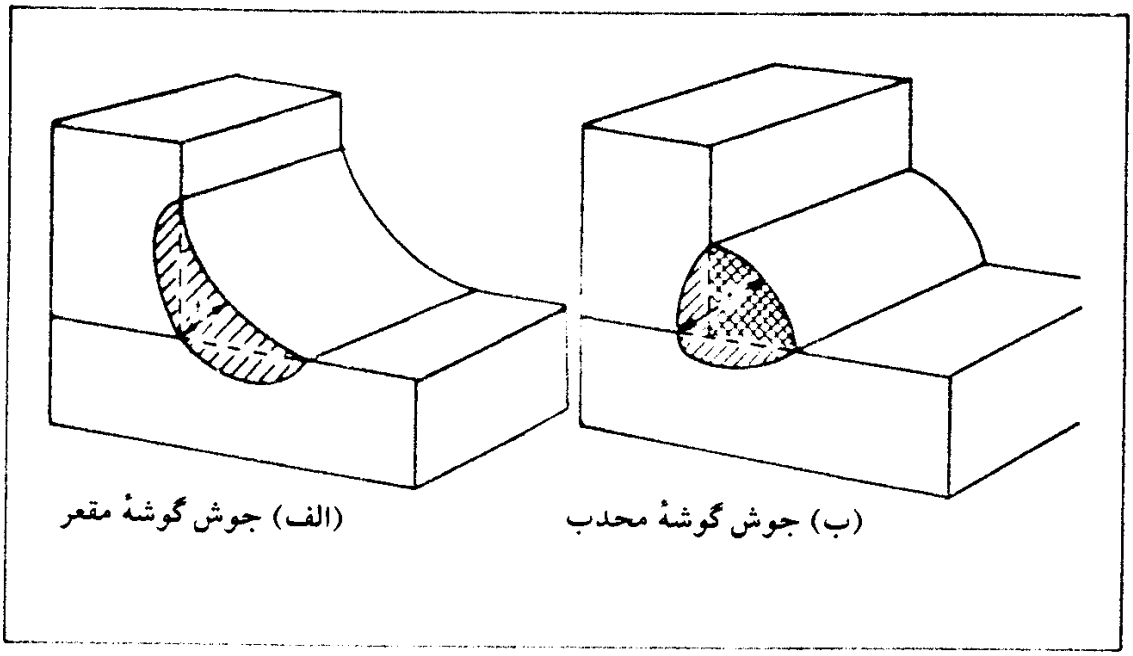


شکل ۵ - ۲

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۵ ـ ۳



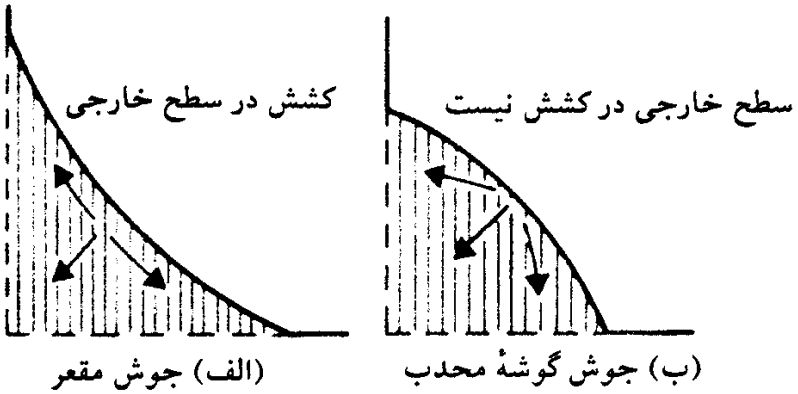
شکل ۵ ـ ۴

تنش لازم باشد از جوش مقعر استفاده گردد، باید جوش به‌صورت چندپاسه اجرا شود که پاس اول باید دارای قدری تحدب باشد.

۵ ـ ۹ جوش‌های شیاری

در ورق‌های ضخیم، پاس اول (جوش ریشه)، احتیاج به‌تمهیدات خاصی دارد. این مسئله در درزهای جناغی دوطرفه (×) برای جوش ریشهٔ طرف دوم اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، چون در هنگام

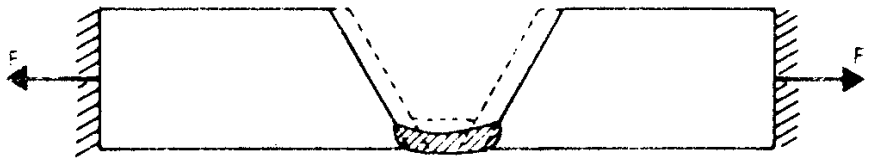
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۵ ـ ۵

اجرای این جوش، به‌علت اجرای جوش طرف اول، گیرداری بیشتری در درز وجود دارد. جوش در هنگام سرد شدن، تمایل به‌انقباض همه‌جانبه دارد که قیود موجود در ورق از این انقباض جلوگیری می‌کند و در نتیجه در جوش تنش‌های کششی انقباضی به‌وجود آمده و حتی جوش در نقاط متعددی به‌حد تسلیم می‌رسد.

شکل ۵ ـ ۶ می‌تواند ایده‌ای از تنش‌های کششی محبوس و تسلیم جوش به‌دست دهد. فرض کنید که طول ورق‌ها کوچک بوده و اجازهٔ انقباض آزاد به‌جوش داده شود. وضعیت انقباض‌یافته با

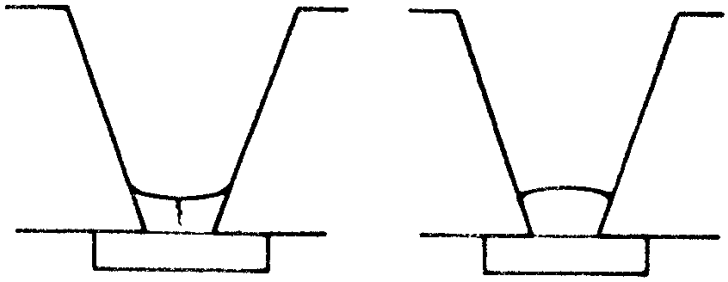


شکل ۵ ـ ۶

خط چین نشان داده شده است. حال اگر بخواهیم ورق‌ها را به‌وضعیت اولیه برگردانیم، وضعیتی که در صورت وجود قید وجود خواهد داشت، نیاز به‌ایجاد کشش عرضی در درز داریم که ایجاد تنش کشش عرضی در جوش می‌نماید. در عمل به‌علت عدم امکان حرکت در ورق و کم بودن ضخامت جوش در مقابل ورق، تمام کشیدگی (اتساع) یا تسلیم فقط در جوش به‌وجود می‌آید که قسمت اعظم آن در زمانی رخ می‌دهد که جوش داغ بوده و مقاومت و شکل‌پذیری کمتری دارد. اگر در این حالت، تنش داخلی از مشخصات مکانیکی جوش تجاوز نماید، یک ترک در امتداد نوار جوش به‌وجود می‌آید.

از آنجایی که پاس اول (جوش ریشه) کربن یا آلیاژ بیشتری از فلز پایه کسب می‌نماید، شکل‌پذیری آن کمتر از سایر پاس‌ها می‌باشد. مطابق شکل ۵ ـ ۷، اگر این جوش به‌صورت مقعر اجرا

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



درست
(جوش ریشهٔ محدب یا تخت)

نادرست
(جوش ریشه مقعر)

شکل ۵ ـ ۷

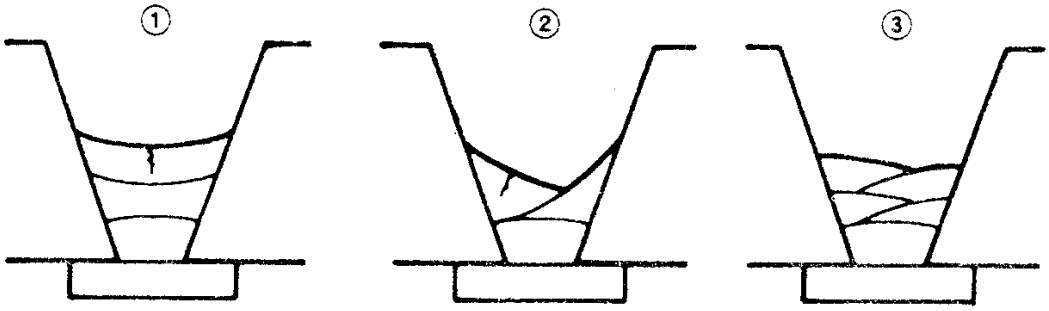
گردد، امکان ترک‌خوردگی در آن بیشتر خواهد شد.

افزایش ضخامت گلوی پاس اول (جوش ریشه)، احتمال وقوع ترک در آن را کاهش می‌دهد. استفاده از مصالح جوش کم‌هیدروژن نیز عامل مهمی درکاهش احتمال ترک است، در نهایت استفاده از پیش‌گرمایش نیز می‌تواند مقرر شود. با توجه به‌هزینهٔ زیاد پیش‌گرمایش، استفاده از آن باید در دستور آخر قرار گیرد.

اگر پاس‌های بعدی‌جوش به‌طورقابل‌توجهی عریض یا مقعر باشد، احتمال‌وقوع ترک‌در امتداد آنها نیز وجود دارد. مطابق شکل ۵ ـ ۸، در این حالت به‌جای استفاده از نوارهای عریض و مقعر، پاس‌های جوش بهتر است به‌صورت نوارهای پهلو به‌پهلو با عرض کمتر و تحدب بیشتر اجراگردد.

۵ ـ ۱۰ ترک‌های داخلی در نوار جوش و نسبت عرض به‌عمق نوار ذوب

وقتی که به‌علت گیرداری درز یا شیمی مصالح یا هر دو عامل، تمایل بـه‌ترک‌خوردگی در جـوش



نادرست
(مقعر و خیلی عریض)

نادرست
(سطح جوش مقعر و شیب آن زیاد است)

درست
(تمام عرض پر نشده است
سطح جوش محدب یا تخت)

شکل ۵ ـ ۸

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

وجود داشته باشد، ترک در سطح جوش ظاهر می‌شود. گاهی مواقع ممکن است ترک داخلی بدون هرگونه عوارض سطحی در جوش ظاهر گردد. این نوع ترک معمولاً به‌علت عمق زیاد جوش یا طرح غلط درز ایجاد می‌گردد.

سرد شدن (انجماد) جوش شیاری (یا لب به‌لب) مشابه جوش گوشه است. انجماد از سطح تماس جوش با سطح فلز پایه شروع شده و در محور مرکزی جوش به‌اتمام می‌رسد. اگر عمق ذوب خیلی بزرگتر از عرض نوارجوش باشد، سطح جوش ممکن است زودتر از مرکز آن منجمد شود. در این حالت تنش‌های انقباضی می‌توانند در هستهٔ داغ جوش، ترک داخلی بدون بروز سطحی به‌وجود آورند (شکل ۵ ـ ۹ ـ الف).

ترک‌های داخلی می‌توانند به‌علت عدم طراحی دقیق درز و آماده‌سازی لبه‌ها نیز به‌وجود آیند. شکل ۵ ـ ۹ ـ ب، نتایج ترکیب ورق ضخیم، نفوذ عمیق و زاویهٔ لبهٔ ۴۵ درجه را نشان می‌دهد.

شکل ۵ ـ ۹ ـ پ، یک جوش جناغی دوطرفه (×) را نشان می‌دهد که برای جوش طرف دوم شیار کم‌عرض و عمیقی سنگ خورده است. جوشکاری در این شیار باعث به‌وجود آمدن ترک داخلی خواهد شد.

شکل ۵ ـ ۹ ـ ت، ایجاد ترک داخلی را در جوش گوشه‌ای نشان می‌دهد که عمق ذوب آن نسبت به‌عرضش زیاد است.

ترک‌های داخلی از این نظر که توسط بازرسی‌های چشمی قابل مشاهده نیستند، جدی‌تر هستند. راه جلوگیری از وقوع این ترک‌ها، کنترل نسبت عمق به‌عرض، طرح مناسب درز جوش، استفاده از سرعت و آمپر مناسب برای کنترل حجم مصالح جوش مصرفی می‌باشد.

در میان عوامل فوق نسبت عمق به‌عرض درز جوش، مهمترین است. تجربه نشان می‌دهد که نسبت عرض به‌عمق مذاب جوش، از مقدار حداقل ۱ به ۱ تا حداکثر ۱/۴ به ۱ مناسب می‌باشد:

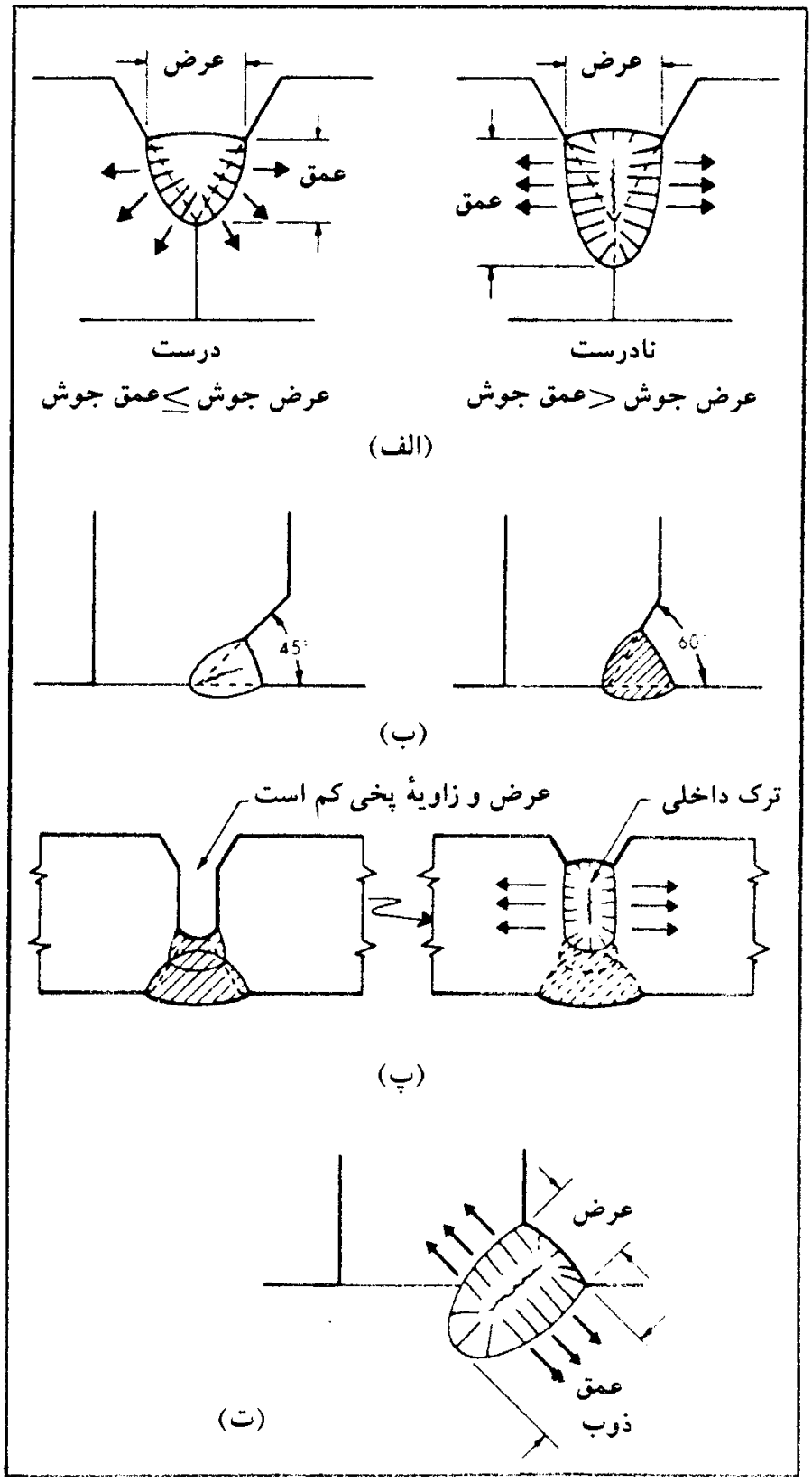
$$\frac{\text{عرض جوش}}{\text{عمق ذوب}} = ۱ \text{ تا } ۱/۴$$

۵ ـ ۱۱ ترک در زیر نوار جوش[17] (ترک‌های عمقی)

این نوع ترک، ترکی است که در زیر نوارجوش در حوزهٔ تأثیر حرارت در فلز پایه به‌وجود می‌آید. در فولادهای نرمهٔ کم‌کربن تقریباً وقوع چنین ترکی مشاهده نمی‌شود. با افزایش میزان کربن و آلیاژها و ضخامت ورق، امکان وقوع آن افزایش می‌یابد. در فولادهایی با حد تسلیم ۷۰۰۰ کیلوگرم بر

17– underbead cracking

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



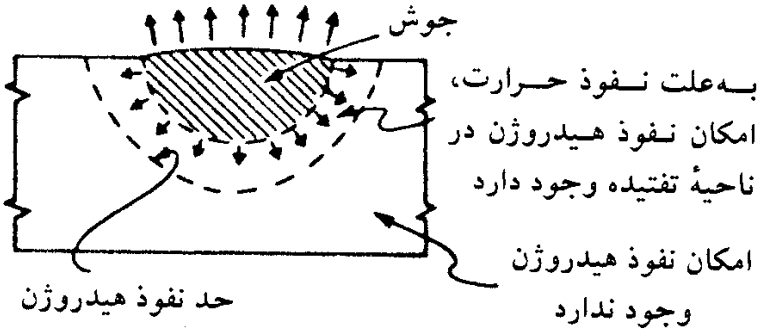
شکل ۵ ـ ۹

سانتی‌متر مربع حتی با وجود اعمال پیش‌گرمایش، باز باید انتظار وقوع این ترک‌ها را داشت.

یکی از طرق جلوگیری از این نوع ترک، استفاده از مصالح جوش کم‌هیدروژن است، چون نفوذ

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

هیدروژن باعث تردی ناحیهٔ تفتیده فلز پایه می‌گردد. هیدروژن می‌تواند از طریق روکش الکترود و یا رطوبت موجود در سطوح مورد جوش وارد فلز پایه گردد. نوارجوش و ناحیهٔ تفتیدهٔ فلز پایه، به‌علت درجه حرارت زیاد قدرت جذب هیدروژن بالایی دارند. خوشبختانه اکثر هیدروژن از حدفاصل درز جوش خارج شده و فقط قسمت ناچیزی از آن جذب نوار جوش و فلز پایه می‌گردد. با توجه به‌کاهش قابلیت جذب هیدروژن به‌علت کاهش دما، با دور شدن از حوزهٔ تأثیر حرارت، قدرت جذب هیدروژن نیز توسط فلز پایه ازبین می‌رود. در شکل ۵ ـ ۱۰ نواحی نفوذ هیدروژن در نوار جوش و فلز پایه نشان داده شده است. در واقع ناحیهٔ خارج از حوزهٔ تأثیر حرارت، مانند حصاری در اطراف حوزهٔ تأثیر حرارت، از نقطه‌نظر جذب هیدروژن عمل می‌نماید و در شکل فریت (هیدرواکسید آهن) باقی می‌ماند.

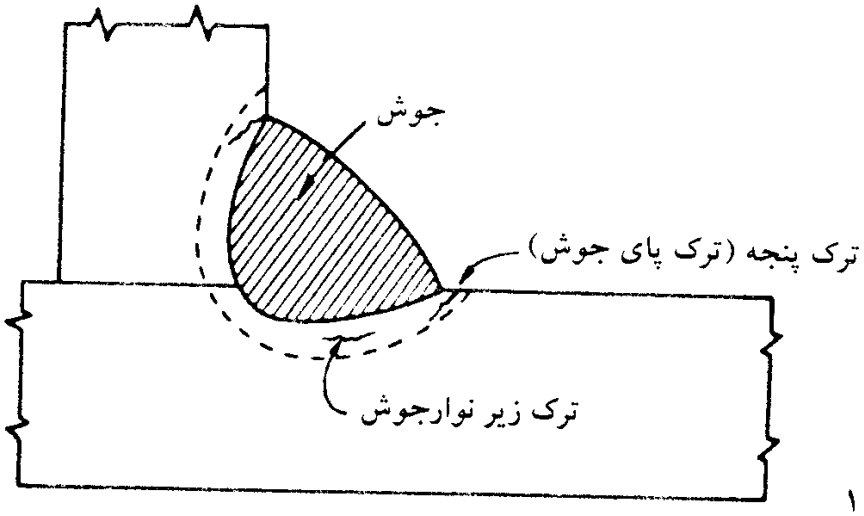


شکل ۵ ـ ۱۰

با کاهش دما، ناحیهٔ تفتیده به‌شکل قبلی خود یعنی فریت (هیدرواکسید آهن) بدون قدرت جذب هیدروژن برمی‌گردد. هیدروژن‌های جذب شده از فلز جدا شده و به‌صورت حفراتی در حدفاصل کریستال‌ها محبوس می‌شوند و باعث افزایش فشار بین کریستالی می‌گردند. این فشار اضافی در ترکیب با تنش‌های انقباضی و اثر تردشدگی این ناحیه، باعث بروز ترک می‌شود. چون کربن فولاد جوش کمتر از کربن فلز پایه است، این پدیده اکثراً در ناحیهٔ تفتیده از فلز پایه رخ می‌دهد (شکل ۵ ـ ۱۱). به‌این نوع ترک، ترک در زیر نوار یا زنجیرهٔ جوش می‌گویند. در صورتی که این ترک‌ها در فلز پایه در مجاورت نوار جوش ظاهر شوند، به‌آنها ترک پنجه[۱۸] می‌گویند. کاهش سرعت انجماد، کاهش سرعت جوشکاری، و پیش‌گرمایش به‌هیدروژن جذب شده فرصت خروج می‌دهند و از شدت بروز این نوع ترک کاسته می‌شود.

استفاده از مصالح جوشکاری کم‌هیدروژن، منبع اصلی تولید هیدروژن را ازبین برده و باعث حذف ترک در زیر نوار جوش می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۵ ـ ۱۱

۵ ـ ۱۲ جمع‌بندی مطالب ارائه شده در مورد ترک

مهمترین مشخصهٔ درزجوش، عاری بودن آن از هرگونه ترک است. ترک می‌تواند در نوارجوش (مصالح جوش) و ناحیهٔ تفتیده در فلز پایه به‌وجود آید. اکثر فولادها در ضخامت‌های متوسط را می‌توان بدون نگرانی از وقوع ترک جوش نمود.

با افزایش ضخامت ورق، میزان کربن و آلیاژها، ترک در نوار جوش و ترک در زیر نوارجوش به‌صورت یک مشکل درمی‌آید و برای جلوگیری از وقوع آن به‌تمهیدات خاصی نیاز است.

برای جلوگیری از وقوع ترک روش‌های پیگشیرانهٔ زیر ایجاب می‌گردد:

الف: انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب به‌همراه مقطع مناسب برای نوارجوش و کنترل مواد مضاف؛

ب: کاهش گیرداری درز با تعبیهٔ فاصله بین دو لبهٔ ورق؛

پ: استفاده از مصالح جوش کم‌هیدروژن؛

ت: کنترل سرعت انجماد با کاهش شدت جریان الکتریسیته، کاهش سرعت جوشکاری و در صورت نیاز استفاده از پیش‌گرمایش و کنترل دما در پاس‌های میانی.

قسمت ۲: پیش‌گرمایش

۵ ـ ۱۳ چرا و چه وقت نیاز به پیش‌گرمایش است؟

پیش‌گرمایش که وجود آن همواره لازم نیست، در عمل بنا به‌یکی از دلایل زیر مورد استفاده قرار

www.niazit-ceiling.com
نیازگستر
NIAZIT
CEILING

می‌گیرد:

۱. برای کاهش تنش‌های انقباضی در جوش و فلز پایهٔ مجاور آن. به‌خصوص در درزهایی که درجهٔ گیرداری آنها زیاد است.

۲. برای کاهش سرعت انجماد در گذر از محدودهٔ درجه حرارت بحرانی (۷۲۰ تا ۹۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد) به‌منظور جلوگیری از تردی و افزایش شکل‌پذیری نوارجوش و ناحیهٔ تفتیده در فلز پایه.

۳. برای کاهش سرعت سرد شدن در محدودهٔ ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای اجازه دادن به‌خروج هرگونه هیدروژن جذب شده به‌مصالح جوش و ناحیهٔ تفتیده در فلز پایه.

۴. برای افزایش سرعت بحرانی مجاز سرد شدن در زیر درجه حرارتی که خطر ترک‌خوردگی در زیر نوارجوش ازبین رفته است.

در یک دستورالعمل جوشکاری ثابت، درجه حرارت زیاد پیش‌گرمایش، سرعت حداکثر ایمن سرد شدن را افزایش و سرعت واقعی سرد شدن را کاهش می‌دهد. کوترل، و براداستریت[19] سرعت سرد شدن بحرانی (R_{cr}) را برای یک فولاد مشخص در ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد با استفاده از الکترود کم‌هیدروژن برای جلوگیری از ترک زیر نوار جوش در پیش‌گرمایش‌های مختلف، به‌صورت زیر پیشنهاد می‌کنند:

R_{cr} (°C/sec)	T_0
سرعت بحرانی سرد شدن	درجه حرارت اولیه (سانتی‌گراد)
۳/۸ تا ۵/۵	-۵۰
۵ تا ۶/۵	۲۰
۱۲ تا ۲۱	۱۰۰

۵. به‌منظور افزایش طاقت زخم[20] در ناحیهٔ جوش

۶. کاهش درجه حرارت انتقال در فلز جوش و فلز پایهٔ اطراف آن.

به‌طور معمول برای جلوگیری از ترک‌های زیر نوارجوش احتیاج به‌پیش‌گرمایش زیاد نیست. در صورت استفاده از الکترود کم‌هیدروژن، این پیش‌گرمایش را می‌توان به‌حداقل رساند. در

19– Cottrell and Bradstreet "effect of Preheat on Weldability" British Welding Journal, July, 1995, p. 309.

20– notch toughness

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

وضعیت‌هایی نظیر جوشکاری ورق‌های خیلی ضخیم یا پرآلیاژ و یا درزهای با درجهٔ گیرداری بالا، نیاز به‌پیش‌گرمایش بیشتری است.

هرچند که پیش‌گرمایش فواید زیادی دربر دارد، لیکن به‌علت افزایش مخارج، استفاده از آن در تمام موارد امکانپذیر نیست.

۵ـ۱۴ حداقل پیش‌گرمایش

حداقل پیش‌گرمایش و درجه حرارت پاس‌های میانی طبق توصیه‌های AWS[۲۱] در جدول ۵ـ۲ ارائه

جدول ۵ ـ ۲ حداقل دمای پیش‌گرمایش و درجه حرارت پاس‌های میانی طبق AWS[۲۱]

نوع جوشکاری		
جوشکاری با الکترودهای کم‌هیدروژن	جوشکاری با الکترودهای غیر کم‌هیدروژن	t (m m)
لازم نیست[۳]	لازم نیست[۳]	≤20
۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد	۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد	38 ≥ و 20 <
۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد	۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد	64 ≥ و 38 <
۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد	۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد	64 <

۱. وقتی که دمای محیط کمتر از (۱۷-) درجهٔ سانتی‌گراد باشد، جوشکاری نباید انجام شود.

۲. وقتی که درجه حرارت فلز پایه کمتر از درجه حرارت توصیه شده برای ضخامت ورق است، برای هر دو حالت خال‌جوش و جوش اصلی باید پیش‌گرمایش انجام شود. پیش‌گرمایش باید به‌طریقی انجام شود که درجه حرارت سطحی سطح قطعاتی که فلز جوش در روی آنها ترسیب می‌شود، به‌فاصله‌ای مساوی ضخامت قطعه (ولی نه کمتر از ۷۵ میلی‌متر) در طرفین و سمت پیشروی جوش، از درجه حرارت مذکور در جدول بزرگتر گردد. درجه حرارت پیش‌گرمایش نباید از ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر گردد (درجه حرارت پاس‌های میانی شامل هیچ محدودیتی نمی‌باشد).

۳. وقتی که درجه حرارت فلز پایه کمتر از صفر باشد، با اعمال پیش‌گرمایش درجه حرارت آن باید به ۲۰ درجه سانتی‌گراد برسد.

21– American Welding Society

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

شده است. این حداقل‌ها باید با توجه به‌حرارت جذب شده در حین جوشکاری، تجزیهٔ شیمیایی فولاد، هندسهٔ درز، و سایر عوامل اصلاح گردد.

۵ـ۱۵ حرارت تولیدی در هنگام جوشکاری (حرارت القایی به‌علت جوشکاری)

یکی از عواملی که حرارت پیش‌گرمایش را می‌تواند کاهش دهد، استفاده از حرارت تولیدی بزرگتر در هنگام جوشکاری است. برای مثال حرارت تولیدی در جوشکاری در وضعیت سربالا با حرکت زیگ‌زاگ نوک الکترود با سرعت ۷/۵ سانتی‌متر بر دقیقه، بزرگتر از حرارت تولیدی در جوشکاری در وضعیت تخت با سرعت ۱۵ سانتی‌متر بر دقیقه است.

حرارت تولیدی برای‌یک روش جوشکاری‌مشخص با استفاده از رابطهٔ زیر قابل‌محاسبه است:

$$J = \frac{60EI}{V} \qquad (۱ - ۵)$$

که در آن:

J= حرارت تولیدی برحسب ژول (وات ثانیه) بر سانتی‌متر (یا ژول بر اینچ)

E= ولتاژ قوس برحسب ولت

I= شدت جریان جوشکاری برحسب آمپر

V= سرعت جوشکاری برحسب سانتی‌متر بر دقیقه (یا اینچ بر دقیقه)

چون تمام حرارت تولیدشده در قوس وارد ورق (فلز پایه) نمی‌شود، توصیه می‌شود از ضرایب بازده حرارتی زیر در روابط، نمودارها، و نموگرام‌ها استفاده گردد:

75~80% برای جوشکاری دستی

90~100% برای جوش قوسی زیرپودری

اغلب درجه حرارت‌های پیش‌گرمایش و پاس‌های میانی، برای حالاتی تدوین یافته‌اند که حرارت تولیدی در هنگام جوشکاری در آنها نسبتاً پایین است. برای مثال جریانی با شدت ۲۰۰ آمپر و سرعت ۱۵ سانتی‌متر بردقیقه، حرارتی‌در حدود ۱۹۰۰۰ ژول برسانتی‌متر با فرض بازده ۸۰ درصد تولید می‌کند. اگر جوشکاری با شدت ۱۸۰ آمپر و سرعت ۵۵ سانتی‌متر بر دقیقه انجام شود، حرارت تولیدی به ۳۸۶۰ ژول بر سانتی‌متر کاهش پیدا خواهد کرد. اگر تحت شرایطی نیاز به‌پیش‌گرمایش باشد، ملاحظه می‌شود که در حالت دوم نیاز به‌پیش‌گرمایش بزرگتری می‌باشد، در حالی که در جداولی نظیر ۵ ـ ۲، اصولاً به‌حرارت تولیدی در هنگام برقراری قوس و جوشکاری، توجه نمی‌شود. بنابراین در صورت استفاده از روش‌های جوشکاری که تولید حرارت بزرگتری

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

می‌نمایند، می‌توان از مقدار پیش‌گرمایش‌های استاندارد، به‌مقداری کاست، البته به‌شرطی که شرایط سخت برای سرد شدن پس از انجام جوش وجود نداشته باشد.

به‌عنوان یک مثال عملی در اتصال ورق جان به‌ورق بال یک تیر I برای تولید جوشی به‌اندازهٔ ۱۰ میلی‌متر، از جوش زیرپودری با شدت ۸۵۰ آمپر و سرعت ۵۰ سانتی‌متر بر دقیقه با حرارت تولیدی ۳۴۰۰۰ ژول بر دقیقه استفاده می‌شود. اگر جوش دوطرف جان به‌طور همزمان اجرا گردد، حرارت تولیدی به‌حدود دو برابر خواهد رسید که برقراری چنین وضعیتی مسلماً در کاهش حرارت پیش‌گرمایش تأثیر خواهد داشت.

در صورت اطمینان از حصول حرارت کافی و پیوسته در حین جوشکاری، این امکان وجود دارد که فقط قسمت ابتدایی کار پیش‌گرم شده و با شروع جوشکاری عمل پیش‌گرمایش قطع شده و تنها به‌حرارت تولیدی در هنگام جوشکاری اکتفا گردد.

۵ـ۱۶ سرعت خنک شدن

بعد از اتمام جوشکاری، جوش و ورق اطراف آن به‌سرعت خنک می‌شوند. سرعت خنک شدن بستگی به‌عوامل زیر دارد:

در درجهٔ اول :

- درجه حرارت اولیهٔ ورق (T_0) (شامل اثر پیش‌گرمایش)
- درجه حرارت تولیدی در هنگام جوشکاری

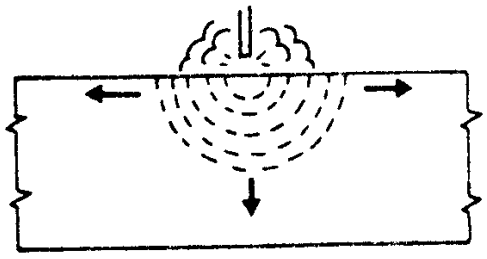
در درجهٔ دوم :

- ظرفیت جذب حرارتی ورق برحسب ضخامت آن و هندسهٔ درز.

شکل ۵ ـ ۱۲ نشان‌دهندهٔ نمودار کاهش درجه حرارت برحسب زمان در ناحیهٔ تفتیده فلز پایه پس از اتمام جوشکاری می‌باشد. برحسب شرایط موجود، شیب این منحنی می‌تواند متفاوت باشد.

برحسب ترکیبات شیمیایی ورق، برای یک درجه حرارت مشخص مثل T_1 ، یک سرعت خنک شدن بحرانی R_{cr} وجود دارد که اگر سرعت واقعی بزرگتر از آن باشد، ترک در زیر نوار جوش به‌وجود می‌آید. حدود درجه حرارت T_1 بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. برای بحث حاضر درجه حرارت T_1 در حدود ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد فرض می‌گردد، (عددی که اغلب توسط

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۵ ـ ۱۴

T_0 = درجه حرارت اولیهٔ ورق یا درجه حرارت پیش‌گرمایش وقتی که از پیش‌گرمایش استفاده می‌گردد (فارنهایت)

K = ضریب هدایت حرارتی (برحسب بی‌تی‌یو بر ساعت بر فوت مربع سطح که بر گرادیان حرارتی تقسیم شده است. گرادیان حرارتی نیز برحسب درجهٔ فارنهایت بر ضخامت بیان می‌گردد).

مقدار K برای فولاد نرمه در درجه حرارت ۵۷۲ درجهٔ فارنهایت مساوی ۲۵/۹ است.

K_1 = ثابتی‌که نمایندهٔ K، ρ و C در درجه‌حرارت T_1 است. مقدار آن برای فولادنرمه مساوی ۱۶۱/۴۸ در درجه حرارت ۵۷۲ درجه فارنهایت است.

K_2 = ثابتی که نمایندهٔ K در درجه حرارت T_1 است. مقدار آن برای فولاد نرمه مساوی ۵/۹۶۱ در درجه حرارت ۵۷۲ درجه فارنهایت است.

ρ = چگالی برحسب پاند بر فوت مکعب. برای فولاد نرمه مقدار آن مساوی ۴۸۹/۶ پاند بر فوت مکعب است.

C = گرمای ویژه برحسب بی‌تی‌یو بر پوند بر درجه فارنهایت. مقدار آن برای فولاد نرمه مساوی ۰/۱۳۶ بی‌تی‌یو پاند در درجه حرارت ۵۷۲ درجه فارنهایت می‌باشد.

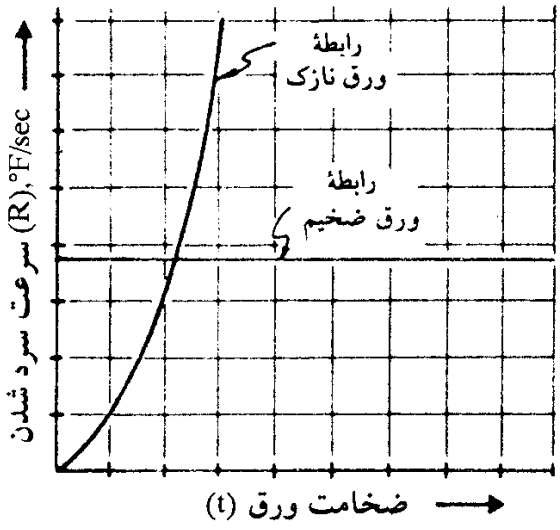
t = ضخامت واقعی ورق برحسب اینچ

J = گرمای تولیدی جوش (رابطهٔ ۵ ـ ۱)

متأسفانه مرزبندی دقیقی بین ورق نازک و ورق ضخیم در ارتباط با سرعت خنک شدن وجود ندارد. شرایط واقعی غالباً بین شرایط حدی قرار دارند و اکثراً در تمام موارد باید از قضاوت مهندسی استفاده نمود. برای مثال جوشکاری بر روی ورقی به‌ضخامت ۱ اینچ با جوش قوسی زیرپودری با شدت جریان ۱۰۰۰ آمپر و سرعت ۱۰ اینچ بر دقیقه به‌شرایط ورق نازک نزدیک خواهد شد، در مقابل جوشکاری جوش دستی ورق سه‌چهارم اینچ در حالت تخت با شدت جریان ۱۲۰ آمپر و سرعت ۱۲ اینچ بر دقیقه به‌شرایط ورق ضخیم نزدیک خواهد شد.

در شکل ۵ ـ ۱۵، روابط ۵ ـ ۲ و ۵ ـ ۳ در مقابل ضخامت ورق رسم شده‌اند.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



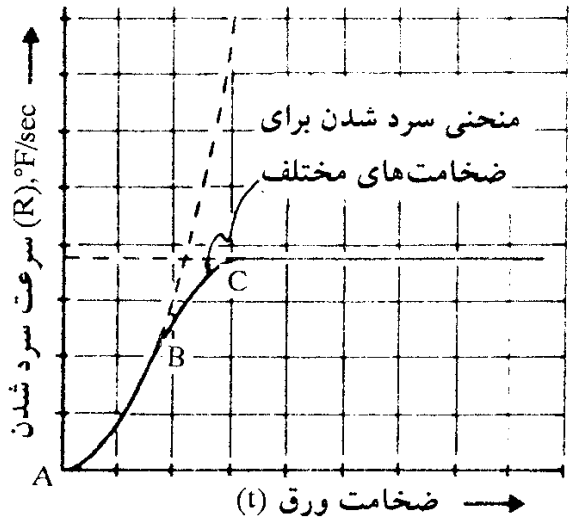
شکل ۵ ـ ۱۵

در رابطهٔ ورق نازک، ضخامت t با توان ۲ در سرعت خنک شدن تأثیر دارد و با افزایش ضخامت ورق، سرعت خنک شدن به‌سرعت افزایش می‌یابد. در مقابل، در رابطهٔ ورق ضخیم ملاحظه می‌گردد که خنک شدن تابعی از ضخامت نمی‌باشد. سرعتی که از رابطهٔ ورق ضخیم به‌دست می‌آید، حداکثر سرعت خنک شدن بدون توجه به‌ضخامت ورق می‌باشد. در نتیجه با تلفیق دو نمودار شکل ۵ ـ ۱۵، نمودار شکل ۵ ـ ۱۶ برای تعیین سرعت خنک شدن به‌دست می‌آید (نمودار با خط توپر).

نمودار شکل ۵ ـ ۱۶ را می‌توان با روابط زیر تعریف نمود:

از A تا B:

$$R=161.48\left(\frac{t}{J}\right)^2(572-T_0)^3 \qquad (۴ ـ ۵)$$



شکل ۵ ـ ۱۶

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

از B تا C:

$$R = 5.961\frac{(572-T_0)^2}{J}\left(-27.09t^2\frac{(572-T_0)}{J}+14.72t\sqrt{\frac{572-T_0}{J}-1}\right) \quad (۵-۵)$$

از رابطهٔ ۵ ـ ۴، سرعت پیش‌گرمایش T_0 به‌راحتی برحسب سرعت خنک شدن محاسبه می‌شود، لیکن از رابطهٔ ۵ ـ ۵ به‌سادگی امکانپذیر نیست. استفادهٔ مستقیم از نمودار شکل ۵ ـ ۱۶ امکانپذیر نیست، چون برای دمای پیش‌گرمایش بخصوصی ترسیم شده است. برای استفادهٔ عملی روابط ۵ ـ ۴ و ۵ ـ ۵ به‌صورت بی‌بعد زیر نوشته می‌شوند:

از A تا B (قسمت تحتانی):

$$\frac{t}{t_{me}} = \sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{T_1-T_{0/me}}{T_1-T_0}\right)^3} \quad (۶-۵)$$

از B تا C (قسمت فوقانی):

$$\frac{t}{t_{me}} = \sqrt{\frac{T_1-T_{0/me}}{T_1-T_0}}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{1-\left(\frac{T_1-T_{0/me}}{T_1-T_0}\right)^2}\right) \quad (۷-۵)$$

که در آن:

t = ضخامت واقعی ورق (اینچ)

t_{me} = حداکثر ضخامت مؤثر برحسب مقادیر J و R طبق رابطهٔ زیر:

$$t_{me} = 0.4246\sqrt[4]{\frac{J}{R}} \quad (۸-۵)$$

T_1 = درجه حرارت تخمینی که در آن سرعت خنک شدن مورد نظر است (572°F)

T_0 = دمای پیش‌گرمایش برای مقادیر مشخص J، R، و t (درجهٔ فارنهایت)

$T_{0/me}$ = حداکثر دمای مؤثر پیش‌گرمایش برای مقادیر معلوم J و R (درجهٔ فارنهایت)

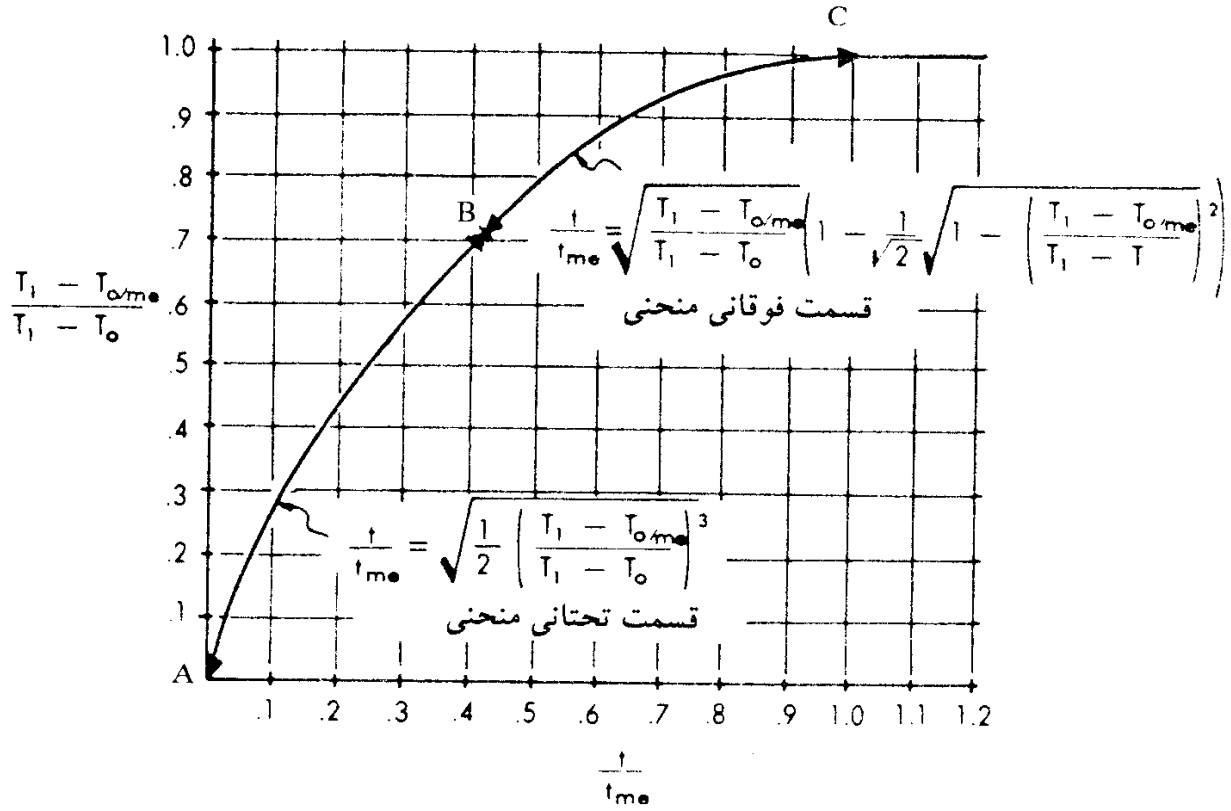
$$T_1 - T_{0/me} = \sqrt{\frac{RJ}{5.961}} \quad (۹-۵)$$

به‌کمک روابط ۵ ـ ۶ و ۵ ـ ۷ می‌توان نمودار شکل ۵ ـ ۱۷ را رسم نمود. از این نمودار می‌توان برای تعیین دمای پیش‌گرمایش T_0 استفاده نمود.

۵ ـ ۱۷ جریان دمای دوبعدی در مقابل سه‌بعدی

مطالب ارائه شده در قسمت قبل مربوط به‌حالاتی می‌شد که برای انتقال حرارت دو راه خروجی

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

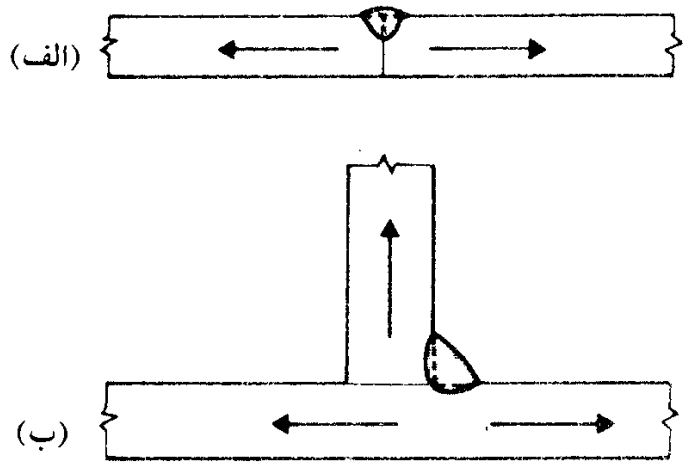


شکل ۵ ـ ۱۷

وجود داشت (مانند شکل ۵ ـ ۱۸ ـ الف). مواردی پیش می‌آید که همانند شکل ۵ ـ ۱۸ ـ ب، سه‌راه خروج حرارت وجود دارد. در صورت برخورد با این موارد، روش ارائه شده در فصل قبل باید به‌صورت زیر اصلاح گردد:

۱. استفاده از $\frac{۲}{۳}$ حرارت تولیدشده در هنگام جوشکاری (J) یا

۲. اصلاح ضخامت ورق t برای منظور نمودن ورق سوم، برای این‌کار، ضخامت هر ورق فرضی در حالت دوبعدی، مساوی نصف مجموع سه‌ورق موجود در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۵ ـ ۱۸

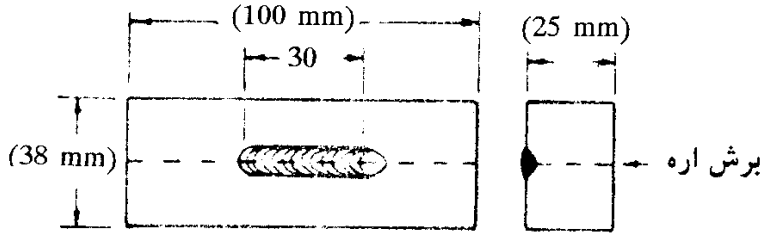
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۵ـ۱۸ کربن معادل

بر پایهٔ تحقیقات انجام شده و با استفاده از معیار وقوع ترک در زیر نوار جوش، می‌توان تأثیر تمام عناصر شیمیایی موجود در فولاد را به‌اثر کربن تبدیل نمود. رابطه‌ای که برای این منظور به‌کار گرفته می‌شود، به‌رابطهٔ کربن معادل معروف است. یکی از روابط پیشنهادی که قابل استفاده برای فولادهای کم‌کربن و کم‌آلیاژ در کارهای ساختمانی و ماشین‌سازی است، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$C_{eq}=C\%+\frac{Mn\%}{6}+\frac{Ni\%}{20}+\frac{Cr\%}{10}-\frac{Mo\%}{50}-\frac{V\%}{10}+\frac{Cu\%}{40} \qquad (۱۰-۵)$$

شکل ۵ ـ ۱۹ یک نمونهٔ آزمایشی از ورقی به‌ضخامت ۱ اینچ را نشان می‌دهد که در روی آن نوار جوشی به‌اندازهٔ $\frac{۱}{۸}$ اینچ (۳ میلی‌متر) با الکترود E6010 با شدت ۱۰۰ آمپر و ولتاژ ۲۵ ولت، جریان متناوب، و با سرعت ۱۰ اینچ بر دقیقه انجام شده است. نمودار شکل ۵ ـ ۲۰ نشان‌دهندهٔ درصد وقوع ترک‌های زیر نوار جوش برحسب درصد کربن معادل می‌باشد. اگر همین نمونه با الکترود



شکل ۵ ـ ۱۹

کم‌هیدروژن E6015 انجام شود، هیچ‌گونه ترکی در زیر نوارجوش ملاحظه نمی‌شود. الکترود E6015 استاندارد AWS قابل مقایسه با الکترودهای E7018 کنونی است. توجه شود که منحنی‌های ارائه شده در شکل ۵ ـ ۲۰ برای سه دمای پیش‌گرمایش مختلف می‌باشد.

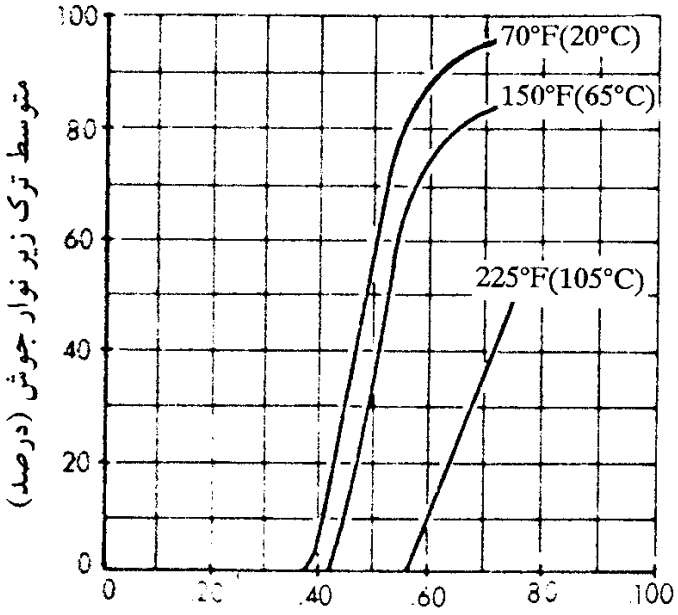
۵ـ۱۹ سرعت خنک شدن و کربن معادل

برای هر ترکیبی از عناصر شیمیایی فولاد، یک سرعت خنک شدن حداکثر وجود دارد که باعث هیچ‌گونه ترک عمقی در زیر زنجیرهٔ جوش نمی‌شود. هرچه درصد کربن معادل بزرگتر باشد، مقدار این سرعت حداکثر (مجاز) کمتر می‌شود. بنابراین نتیجه می‌شود هرچه درصد کربن معادل بزرگتر باشد، احتمال وقوع ترک‌های زیر نوارجوش (عمقی) بزرگتر شده و نیاز بیشتری به‌استفاده از الکترود کم‌هیدروژن وجود دارد.

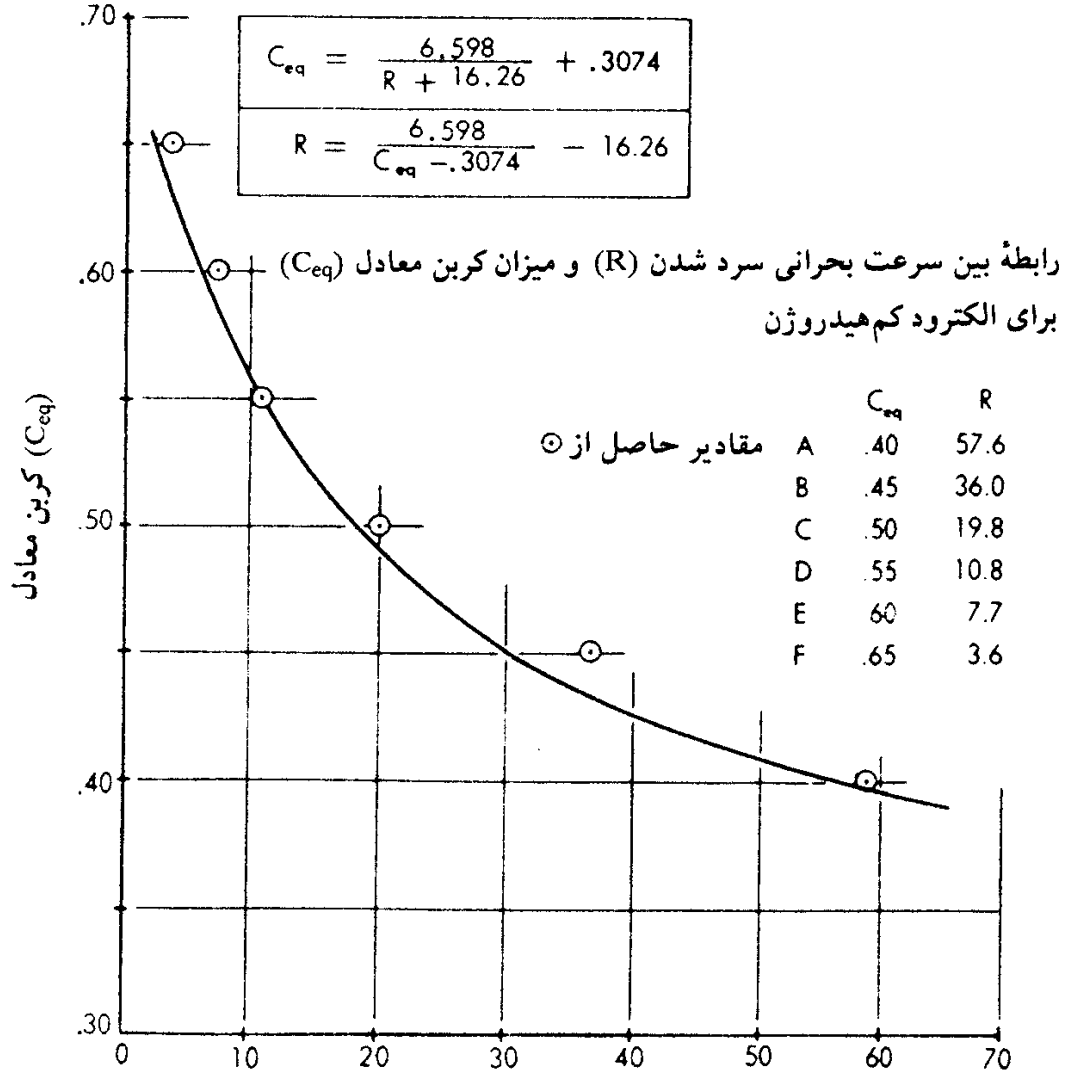
کوترل و براداستریت[۲۲] بر پایهٔ یک روش آزمایشی ابداعی منحنی شکل ۵ ـ ۲۱ را برای تعیین

22– Cotrell and Bradstreet

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۵ ـ ۲۰



شکل ۵ ـ ۲۱

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

سرعت خنک شدن بحرانی (حداکثر) در مقابل درصد کربن معادل پیشنهاد نمودند. این منحنی را می‌توان به‌صورت رابطهٔ زیر نشان داد:

$$R_{cr}=\frac{6.598}{C_{eq}-0.3074}-16.26 \qquad (۵-۱۱)$$

رابطهٔ فوق و منحنی شکل ۵ ـ ۲۱، سرعت خنک شدن بحرانی را در درجه حرارت T_1-572 درجهٔ فارنهایت نشان می‌دهد.

۵ ـ ۲۰ تعیین درجه حرارت پیش‌گرمایش لازم

برای تعیین درجه حرارت پیش‌گرمایش لازم (T_0) به‌طوری که برای یک حرارت تولیدی مشخص (J) و ضخامت ورق (t) ، سرعت خنک شدن موردنظر (R) را نتیجه دهد، روش ریاضی زیر پیشنهاد شده است:

۱. با استفاده از رابطهٔ ۵ ـ ۹، مقدار $(T_1-T_{0/me})$ را تعیین نمایید.

۲. با استفاده از رابطهٔ ۵ ـ ۸، مقدار t_{me} را تعیین کنید.

۳. با استفاده از نتایج گام ۲ مقدار t/t_{me} را تعیین کنید.

۴. با استفاده از نمودار شکل ۵ ـ ۱۷، و استفاده از نتایج گام ۳، مقدار زیر را تعیین کنید.

$$\left(\frac{T_1-T_{0/me}}{T_1-T_0}\right)$$

۵. با استفاده از نتیجهٔ گام ۴، و مقدار $(T_1-T_{0/me})$ از گام ۱، دمای پیش‌گرمایش لازم (T_0) به‌دست می‌آید.

مثال ۵ ـ ۱

اطلاعت زیر دردست است:

$$J=20000\ \frac{\text{watt-sec}}{\text{inch}}$$

$$R=25°\text{F/sec}(14°\text{c/sec})$$

$$t=1\ \text{inch}=25\ \text{mm}$$

مطلوب است تعیین درجه حرارت پیش‌گرمایش (T_0)

گام ۱:

$$T_1-T_{0/me}=\sqrt{\frac{RJ}{5.961}}=\sqrt{\frac{25\times20000}{5.961}}=289.6°F$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

گام ۲:

$$t_{me} = 0.42457 \sqrt[4]{\frac{J}{R}} = 0.42457 \sqrt[4]{\frac{20000}{25}} = 2.26''$$

گام ۳: تعیین ضخامت نسبی

$$\frac{t}{t_{me}} = \frac{1''}{2.26''} = 0.4429$$

گام ۴: به‌کمک شکل ۵ ـ ۱۷، درجه حرارت پیش‌گرمایش نسبی به‌دست می‌آید:

$$\frac{T_1 - T_{0/me}}{T_1 - T_0} = 0.73$$

گام ۵: بنابراین

$$T_1 - T_0 = \frac{T_1 - T_{0/me}}{0.73} = \frac{289.6}{0.73} = 396.7$$

$$572 - T_0 = 396.7$$

$$T_0 = 175.3°F = 80°C$$

۵ ـ ۲۱ ملاحظات جنبی

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در ورق‌های نازک سرعت خنک شدن بیش از چیزی است که آزمایش نشان می‌دهد. این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که ورق‌های نازک سطح وسیع‌تری برای تبادل حرارت دارند.

معمولاً در تحقیقات مربوط به‌جوش شیاری، آخرین عبور جوش که شیار را پر می‌کند (پاس سطحی)، بیشتر از جوش پاس اول (پاس ریشه) مورد توجه قرار می‌گیرد. این موضوع از آن جهت است که سرعت خنک شدن این جوش به‌علت مقطع بزرگتر، بیشتر از سرعت پاس ریشه است.

نشانه‌هایی وجود دارد که سرعت خنک شدن جوش گوشه بزرگتر از نوار جوشی است که در کارهای تحقیقاتی در روی ورق داده می‌شود. این مسئله به‌علت وجود دو ورق متعامد در محل درز جوش گوشه می‌باشد که سطح تبادل حرارت بزرگتری را به‌وجود می‌آورد. این موضوع در مورد جوش شیاری نیز صادق است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فصل ۶

تغییرشکل‌های جوشکاری

٦ ـ ١ عوامل مؤثر در تغییرشکل‌های ناشی از جوشکاری

در عملیات جوشکاری، سیکل گرم و سرد شدن، باعث انقباض در فلز پایه و جوش می‌شود که این انقباض باعث اعوجاج در قطعهٔ مورد جوش می‌گردد. به‌منظور کسب اقتصاد کامل در ساخت و ساز جوشی فولاد، مهندسین طراح و اجرا باید تخمین درستی از میزان انقباض و روش‌های کنترل آن در ذهن داشته باشند. روش‌های پیشنهادی برای اصلاح و یا حذف انقباض، بر پایهٔ تحلیل‌های نظری و تجارب عملی در کارخانه‌های ساخت قرار دارند.

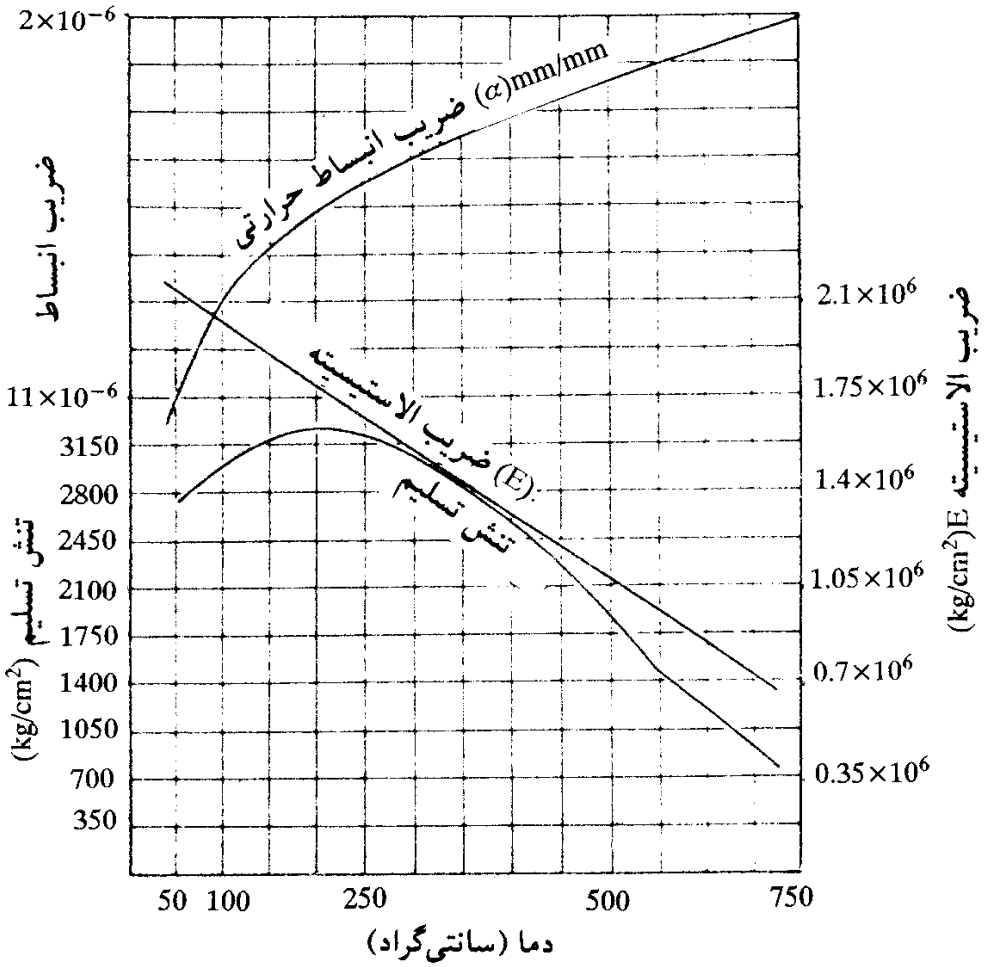
اختلافات شدید حرارتی در ناحیهٔ قوس، توزیع خواص غیریکنواختی در قطعات به‌وجود می‌آورد. با افزایش درجه حرارت، خواصی نظیر مقاومت تسلیم، ضریب الاستیسیته، و هدایت حرارتی کاهش و ضریب انبساط حرارتی و گرمای ویژه افزایش می‌یابد (شکل ۶ ـ ۱). در نتیجه تخمین اعوجاج و تغییرشکل مصالح به‌کمک تحلیل حرارتی بسیار مشکل می‌شود.

به‌علاوه، گیرداری‌های ناشی از گیره‌های خارجی، و گیرداری‌های داخلی به‌علت جرم، و سختی ورق فولادی، باید در تحلیل منظور گردند. تمام این عوامل تأثیر مشخصی بر تغییرشکل‌های حرارتی دارند.

بالاخره لازم است عامل زمان مورد توجه قرارگیرد. مدت زمانی که یک شرایط خاص در حال تأثیر است، اهمیت آن موضوع راکنترل می‌کند.

تمام عوامل تأثیرگذار فوق، خود تابعی از دستورالعمل جوشکاری می‌باشند. دستورالعمل‌های مختلف جوشکاری، نوع الکترود، شدت جریان، سرعت حرکت، آماده‌سازی لبه، پیش‌گرمایش، و سرعت خنک شدن، تأثیر مهمی در مسئله دارند.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۱ ـ تغییر خواص مکانیکی در درجه حرارت زیاد، تحلیل انقباضی جوش را مشکلتر می‌نماید. نمودارها برای فولاد نرمه می‌باشند.

آشکار است که با بررسی جداگانه عوامل فوق نمی‌توان اعوجاج و تغییرشکل‌های حرارتی را تحلیل نمود و تحلیلی بر پایهٔ تأثیر ترکیبی عوامل، تنها روش عملی است.

۶ ـ ۲ عوامل اعوجاج

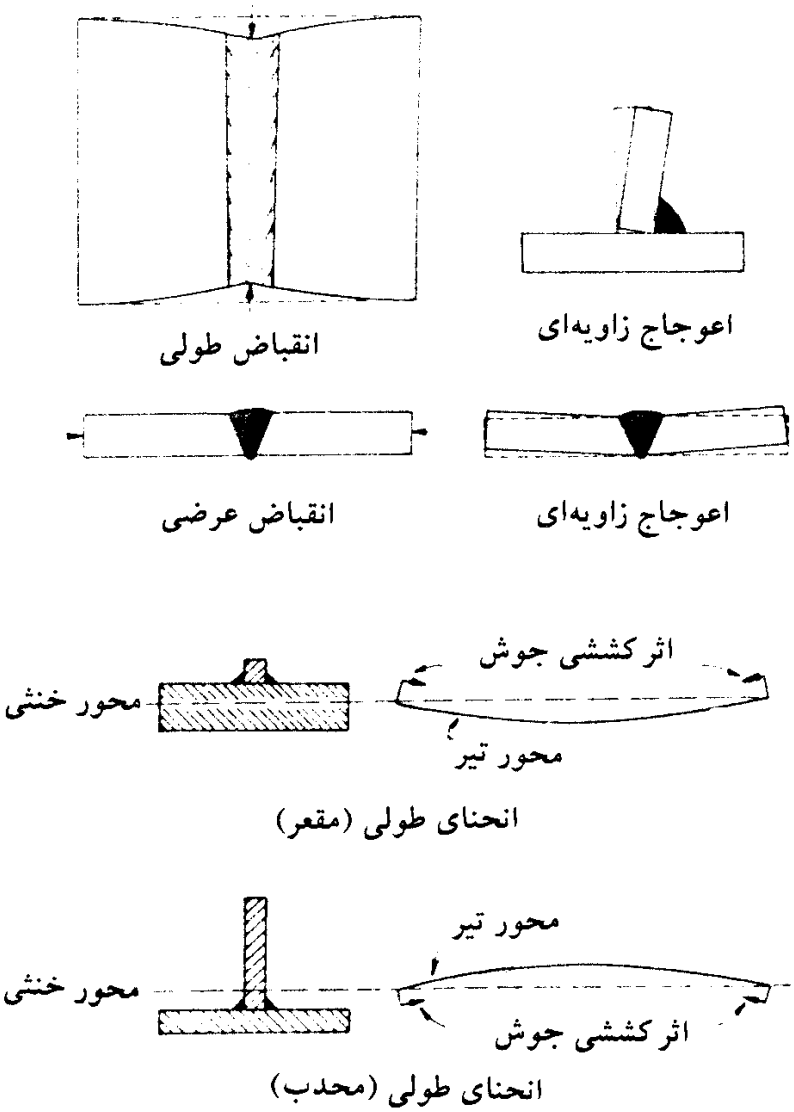
مطابق شکل ۶ ـ ۲، تغییرشکل ناشی از جوش را می‌توان به‌انقباض طولی و انقباض عرضی تقسیم نمود. اگر انقباض عرضی در ضخامت جوش یکنواخت نباشد، اعوجاج زاویه‌ای نیز رخ می‌دهد. اگر انقباض طولی در امتداد محوری غیرمنطبق بر محور خنثای عضو رخ دهد، باعث انحنای طولی (شمشیری شدن) عضو خواهد شد.

انحنای طولی وقتی رخ می‌دهد که شرایط انبساط و یا انقباض غیریکنواخت به‌وجود آید.

با برآوردی از عوامل زیر می‌توان مقدار انحنای طولی را تخمین زد:

۱ـ جوش به‌همراه قسمتی از فلز اطراف، در هنگام سرد شدن منقبض شده و تولید نیروی

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۲ ـ نیروی نامتعادل حاصل از انقباض نوارجوش باعث اعوجاج زاویه‌ای و یا انحنای طولی (شمشیری شدن) می‌شود.

انقباضی F را می‌نماید.

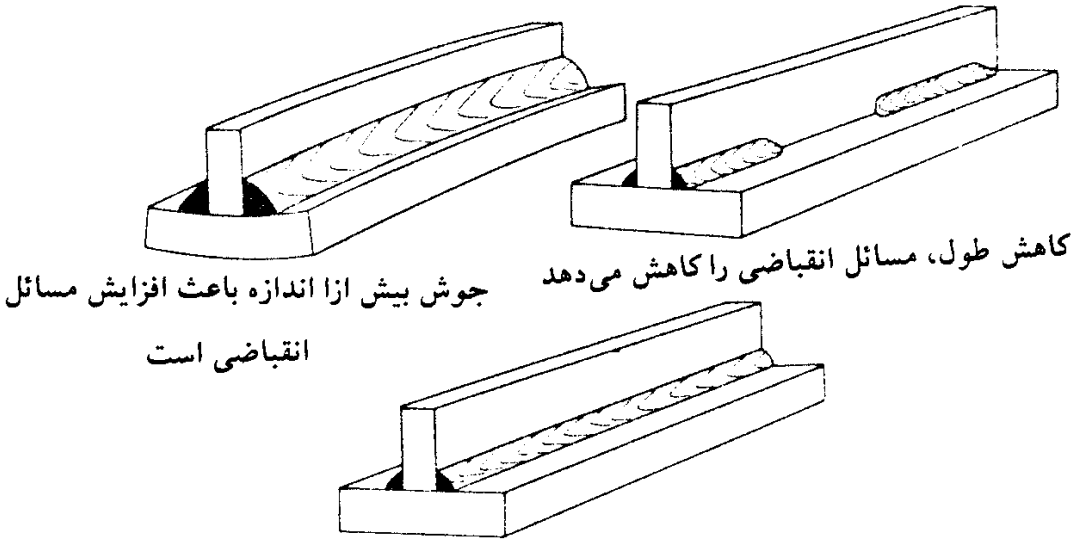
۲ ـ نیروی انقباضی حدوداً در امتداد مرکز جوش عمل می‌کند. فاصلهٔ بین مرکز سطح مقطع جوش و محور خنثای عضو، با بازوی لنگر d نمایش داده می‌شود.

۳ ـ ممان اینرسی مقطع (I) ، در مقابل این انقباض مقاومت می‌کند. باید توجه نمود در صورتی که لازم باشد عضو به‌حال مستقیم درآید، ممان اینرسی I با این عمل نیز مقابله می‌نماید.

٦ ـ ٣ تأثیرات نامطلوب جوش بیش از حد

اضافه‌جوش، نیروی انقباضی F و تمایل به‌انقباض را افزایش می‌دهد. هر چیزی که مقدار جوش را

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۳ ـ جوش بیش از اندازه، عاملی برای افزایش انقباض است.

کاهش دهد، نظیر کاهش اندازهٔ ساق، کاهش طول، یا استفاده از جوش منقطع (شکل ۶ ـ ۳)، تمایل به‌انقباض را کاهش خواهد داد.

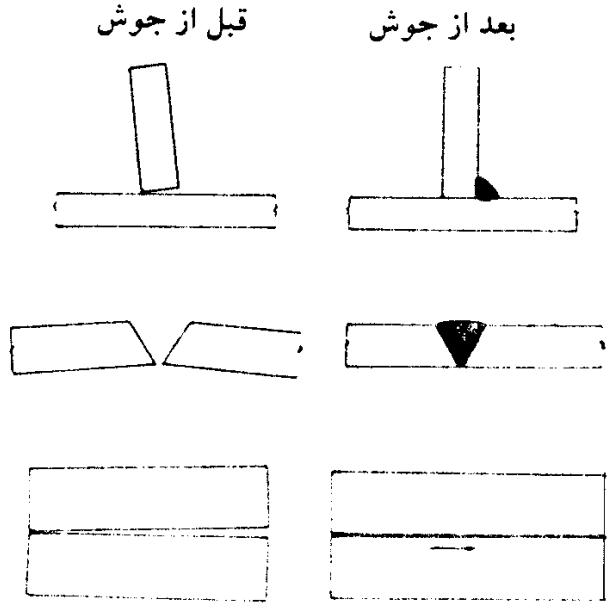
اضافه‌جوش می‌تواند با دست به‌هم دادن یک سلسله اتفاقات، به‌طور غیرعمدی رخ دهد. طراح ممکن است با منظور کردن قدری اطمینان، اندازهٔ جوش را یک نمره بزرگتر انتخاب نماید. در کارخانهٔ ساخت، سرپرست جوشکاری نیز ممکن است جهت اطمینان راگرفته و اندازهٔ جوش را یک نمره بزرگتر دستور دهد. جوشکار نیز از ترس اینکه جوشش زیر اندازه به‌دست آید، ممکن است جوش را کمی ضخیمتر اجرا نماید. در نتیجه جوش ۶ میلی‌متر تبدیل به ۱۲ میلی‌متر می‌شود. با توجه به‌اینکه افزایش مقدار مصالح جوش متناسب با توان دوم اندازهٔ جوش است، این باعث می‌شود مقدار مصالح جوش، مخارج، و نیروی انقباض ۴ برابر گردد.

٦ ـ ۴ کنترل انقباض جوش

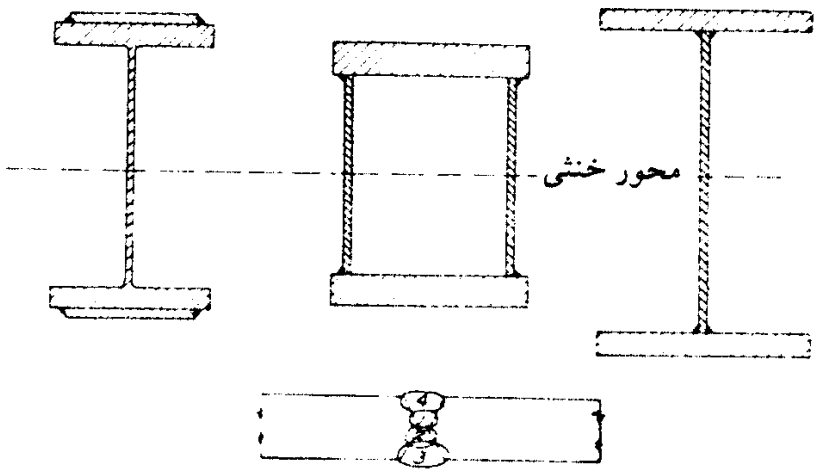
یکی از روش‌های مقابله با آثار انقباضی جوش، پیش‌خمش اعضا و تنظیم درزها برای خنثی‌سازی آثار انقباضی است. در این حالت مطابق شکل ۶ ـ ۴، انقباض جوش باعث می‌شود که اعضا به‌وضعیت اولیه درآیند.

در صورت امکان، جوش باید در حول تار خنثای عضو متعادل گردد. در این حالت بازوی نیروی برون‌محور مساوی صفر می‌گردد. به‌طوری که اگر نیروی انقباضی F وجود داشته باشد، لنگر انقباضی Fd مساوی صفر می‌شود (شکل ۶ ـ ۵).

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۴ ـ تنظیم اولیه درزها باعث می‌شود که انقباض،آنها را به‌وضعیت صحیح موردنظر درآورد.



شکل ۶ ـ ۵ ـ متعادل کردن جوش‌ها و یا نوارهای جوش در حول تار خنثای عضو، اعوجاج زاویه‌ای را به‌صفر می‌رساند.

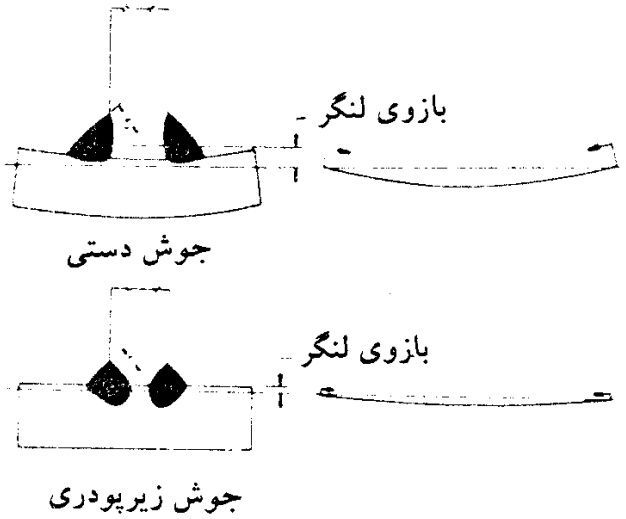
اغلب محور خنثای عضو مطابق شکل ۶ ـ ۶ پایین‌تر از مرکز ثقل جوش‌ها قرار دارد.

در صورت استفاده از جوش زیرپودری که تولید جوش عمیق از مشخصه‌های آن است، مرکز ثقل نوارجوش‌ها پایین افتاده و بازوی لنگر و در نتیجه لنگر انقباضی کاهش می‌یابد.

تأثیر فلز پایه در مجاورت نوارجوش

انقباض فلز جوش به‌تنهایی، اغلب نمی‌تواند مقادیر انقباض‌های واقعی را توجیه نماید. به‌این

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۶ ـ افزایش عمق جوشکاری، باعث می‌شود مرکز ثقل جوش به‌تار خنثای عضو نزدیکتر شده و باعث کاهش لنگر انقباضی گردد.

حقیقت باید توجه داشت که فلز پایهٔ مجاور نوار جوش نیز سهمی در انقباض دارد. حرارت جوشکاری باعث می‌شود که فلز پایه مجاور منبسط شود. این ناحیه از فلز پایه، توسط قسمت‌های خنکتر احاطه و مقید شده است. در نتیجه تمام انبساط حجمی باید در ضخامت ورق رخ دهد. در هنگام سرد شدن، این ناحیهٔ گرم شده، تحت انقباض حجمی قرار گرفته و تنش‌های انقباضی در امتداد طولی و عرضی به‌وجود می‌آید. در نتیجه، این ناحیه از فلز پایه به‌همراه فلز جوش منقبض می‌شود.

تأثیر سرعت زیاد جوشکاری

حجم فلز پایه‌ای که در اعوجاج شرکت می‌کند، می‌تواند توسط دستورالعمل جوشکاری[1] مناسب کنترل گردد. افزایش سرعت جوشکاری می‌تواند حجم فلز پایهٔ تحت تأثیر حرارت را کاهش داده و در نتیجه انقباض و اعوجاج‌های ناشی‌از آن را کاهش دهد. سرعت زیاد را می‌توان با روش‌های جوش اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک و یا استفاده از الکترودهای خاص در جوشکاری دستی به‌دست آورد.

تأثیر شدت جریان و سرعت جوشکاری در ناحیهٔ تفتیده در شکل ۶ ـ ۷ نشان داده شده است. تقریباً اندازهٔ جوش به‌دست آمده در حالات الف و ب، یکسان است. اختلاف آنها در این است که سرعت بیشتر جوشکاری، ناحیهٔ تفتیده باریکتری به‌وجود می‌آورد. از عرض خط تراز ۱۵۰ درجهٔ

1– welding procedure

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

سانتی‌گراد می‌توان به‌عنوان نشانه‌ای از ناحیهٔ تفتیده فلز پایه که به‌همراه فلز جوش در انقباض مؤثر است، استفاده نمود. این پدیده پاسخی به‌این سؤال است که چرا جوشکاری با سرعت زیاد، اعوجاج کمتری تولید می‌کند. این مسئله از مقایسهٔ حرارت اعمال شده به‌ورق به‌وسیلهٔ جوش، نیز آشکار است.

برای جوش الف:

$$\frac{60\,EI}{V} = \frac{(25\,V)(170\text{amp})(60)}{3''/\text{min}} = 85000 \text{ Joule/in}$$

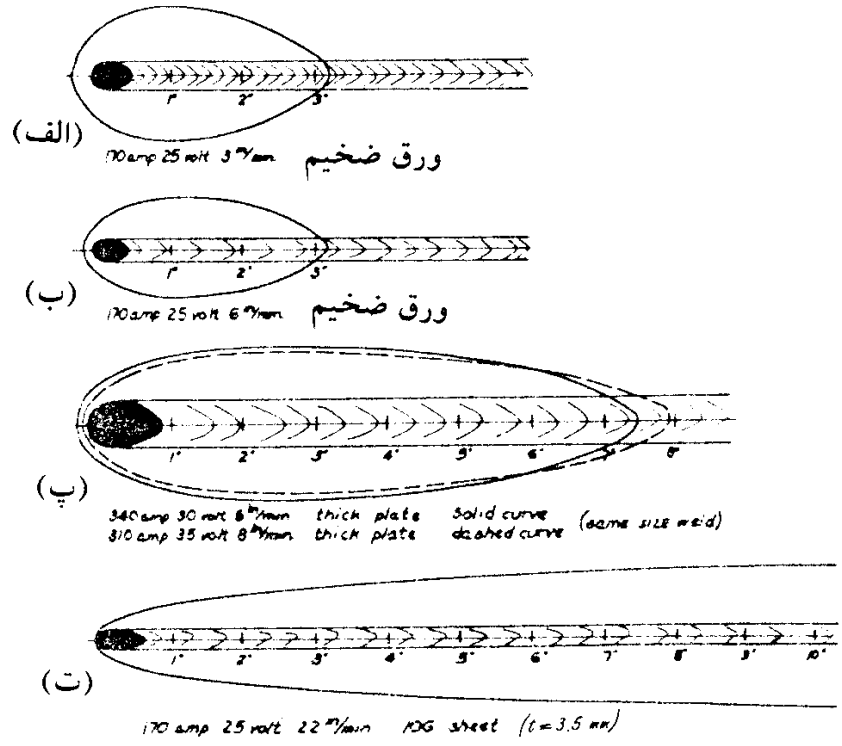
$$= 33465 \text{ Joule/cm}$$

برای جوش ب:

$$\frac{60\,EI}{V} = \frac{(35\,V)(310\text{amp})(60)}{8''/\text{min}} = 81000 \text{ Joule/in}$$

$$= 31890 \text{ Joule/cm}$$

مقایسهٔ حالت الف و ب، شکل ۶ ـ ۷ گویای شرایط دیگری است. دو درز لب به‌لب یکی در وضعیت قائم (سربالا) و دیگری در وضعیت افقی با استفاده‌از جوش شیاری با عبورهای چندگانه تولید شده‌اند.



شکل ۶ ـ ۷ ـ تاثیر تکنیک‌های جوشکاری بر ناحیهٔ تفتیده. در هر حالت، خط تراز درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جوش سربالا با سه بار عبور با سرعت ۳ اینچ بر دقیقه با حرکت از پایین به‌بالا به‌طور زیگ‌زاگ، اجرا شده است (جوش الف). جوش افقی با ۶ بار عبور با سرعت ۶ اینچ بر دقیقه اجرا شده است (جوش ب). سرعت جوش بیشتر، باعث شده است که عرض ناحیهٔ هم‌حرارت باریکتر گردد. ولی ۶ بار عبور باعث تجمع انقباض‌ها و در نتیجه افزایش انقباض نسبت به‌حالت الف، شده است.

این پدیده پاسخی به‌این سؤال است که چرا جوش‌ها با عبور (پاس‌های) بیشتر، انقباض عرضی بزرگتری نسبت به‌جوش‌ها با عبور کمتر به‌وجود می‌آورند. با استفاده از تعداد عبور کمتر، انقباض عرضی کمتر می‌شود. استفاده از الکترودهای ضخیمتر، باعث کاهش بیشتر انقباض عرضی می‌گردد.

در شکل ۶ ـ ۷ ـ ت، ملاحظه می‌شود که عرض بزرگتری از فلز پایه در ناحیهٔ تفتیده قرار گرفته است. این مسئله به‌همراه انعطاف‌پذیری بیشتر ورق نازکتر، باعث اعوجاج بیشتری شده است. ***اصولاً ورق‌های نازکتر، از نظر مسائل اعوجاجی و حرارتی مشکل‌سازتر از ورق‌های ضخیم هستند.***

۶ ـ ۵ انقباض عرضی

در صورتی که اثر خالص انقباض جداگانهٔ جوش‌ها، قابل تجمع باشد، انقباض عرضی تبدیل به‌عامل مهمی خواهد شد.

نمودارهای شکل ۶ ـ ۸، دیدی از مسئلهٔ انقباض به‌وجود می‌آورد. نمودار پایینی نشان می‌دهد که میزان انقباض در یک ورق با ضخامت مشخص، متناسب با سطح مقطع جوش می‌باشد. زاویهٔ پخی باز نشان داده شده فقط به‌منظور نشان دادن سطح مقطع بزرگتر جوش است و لزوماً پخی واقعی را نشان نمی‌دهد. نمودار بالا اثر جوش یکطرفه و دوطرفه را نشان می‌دهد. در هر دو نمودار فرض شده است که ورق‌ها هیچ‌گونه گیرداری در لبه‌ها ندارند.

محاسبات نشان می‌دهند که انقباض عرضی در حدود ۱۰ درصد عرض متوسط سطح مقطع جوش می‌باشد.

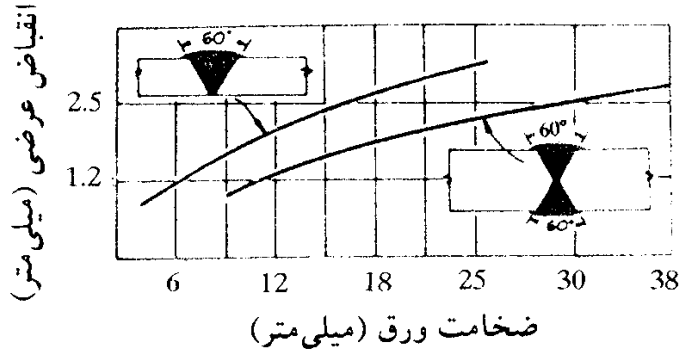
$$\text{انقباض عرضی } \Delta = 0.10 \frac{A_{\text{weld}}}{t} = 0.10 \times \text{عرض متوسط جوش} \qquad (۶ ـ ۱)$$

در هنگام استفاده از جوش زیرپودری، به‌جای استفاده از عرض نوار فلزجوش، باید از عرض ذوب‌شدهٔ درز استفاده نمود.

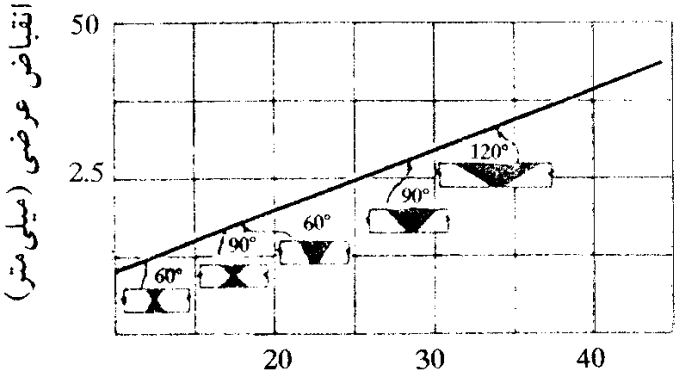
مثال ۶ ـ ۱

در شکل ۶ ـ ۹ سطح مقطع عرضی جوش جناغی دوطرفه برای درز جوش ورقی به‌ضخامت ۲۵

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



انقباض عرضی جوش جناغی یکطرفه و دوطرفه



شکل ۶ ـ ۸ ـ انقباض عرضی متناسب با سطح مقطع جوش می‌باشد.

میلی‌متر نشان داده شده است. مطلوب است تعیین انقباض عرضی جوش.

حل:

محاسبهٔ سطح مقطع جوش

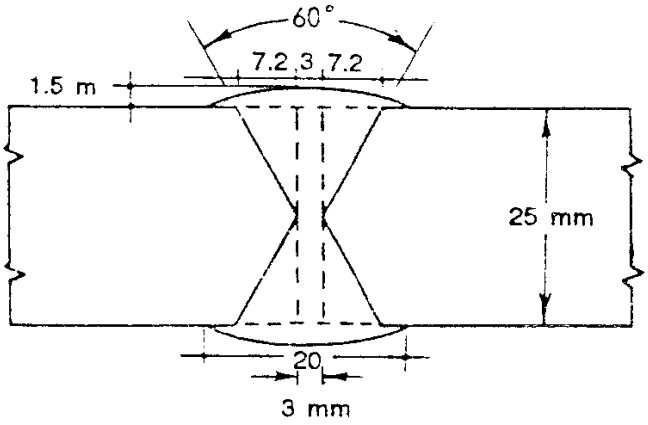
$$A_w=3\times25+4\times\frac{1}{2}(7.2\times12.5)+2\times\frac{2}{3}\times20\times1.5=300\ \text{mm}^2$$

$$\Delta_{\text{tran}}=0.10\frac{A_w}{t}=0.1\times\frac{300}{25}=1.2\ \text{mm}$$

استفاده از الکترودها با پوشش حاوی پودرآهن[۲] از مقدار انقباض فوق کم می‌کند، و استفاده از جوش اتوماتیک زیرپودری کاهش بیشتری را به‌دنبال خواهد داشت. همچنین هرچه تعداد عبور جوش‌ها کمتر شود، مقدار انقباض کمتر خواهد شد.

2– Iron powder

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

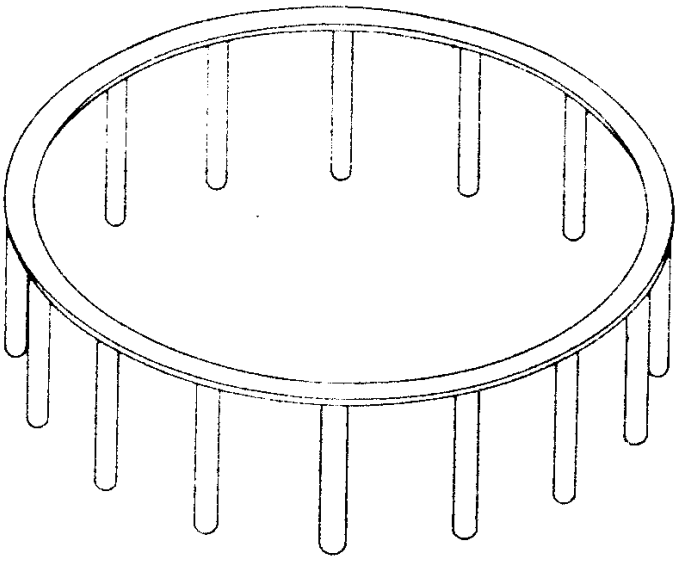


شکل ۶ ـ ۹ ـ مربوط به‌مثال ۶ ـ ۱.

اگر مثال فوق با استفاده از نمودار فوقانی شکل ۶ ـ ۸ حل شود، مقدار انقباض حدود ۲ میلی‌متر به‌دست می‌آید که اختلافی با نتیجهٔ حاصل دارد. برای توجیه این تناقض این نکته باید یادآوری گردد که در نمودار شکل ۶ ـ ۸ دهانهٔ ریشه ۶ میلی‌متر منظور شده است (به‌جای ۳ میلی‌متر). اگر با این دهانه ریشه و گردهٔ بزرگتر، سطح مقطع جوش به‌دست آید، نتیجهٔ حاصل به ۲ میلی‌متر نزدیک خواهد شد. این بررسی، قابل اطمینان بودن روش به‌کار رفته در مثال ۶ ـ ۱ را تأیید می‌کند.

مثال ۶ ـ ۲

یک حلقهٔ فولادی از ورق ۱۲×۲۵۰ میلی‌متر، گنبدی به‌قطر ۴۱/۵ متر را تحمل می‌کند. این حلقه به‌روی ۲۴ ستون متکی است که در وجه هر ستون ورقی کارگذاشته شده و قرار است قطعات حلقهٔ



شکل ۶ ـ ۱۰ ـ مربوط به‌مثال ۶ ـ ۲.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

موردنظر، در حدفاصل دو ستون، به‌این ورق‌ها جوش شوند (شکل ۶ ـ ۱۰). در هنگام ساخت هیچ‌گونه تدابیری برای انقباض اتخاذ نشده بود. بعد از اجرا فهمیده شد که محیط این حلقه کوتاه و باعث شده که بالای ستون‌ها به‌اندازهٔ ۱۲/۵ میلی‌متر به‌سمت داخل کشیده شوند. آیا این جمع‌شدگی قطری به‌روش محاسباتی قابل پیش‌بینی بود یا نه.

سطح مقطع جوش

$$A_w=0.6\times1.2+0.5\times1.2^2+\frac{2}{3}\times2.5\times0.5=2.27\ \text{cm}^2$$

$$\text{عرض مؤثر جوش}=\frac{2.27}{1.7}=1.34\ \text{cm}$$

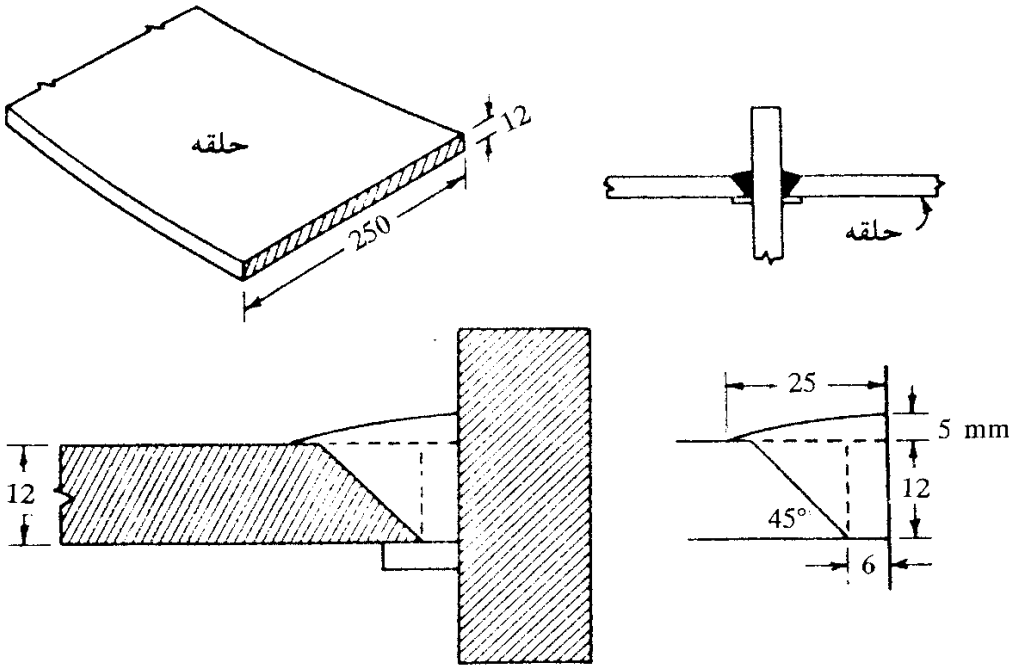
$$\text{انقباض عرضی}=\Delta_{trans}=0.1\times1.34=0.134\ \text{cm}$$

با توجه به‌وجود ۲۴ ستون، تعداد ۴۸ درز جوش شیاری وجود دارد.

$$\text{انقباض محیطی کل}=\Delta_{circ}=48(0.134)=6.43\ \text{cm}$$

$$\text{انقباض قطری}=\frac{6.43}{2\pi}=1.02\ \text{cm}$$ (انطباق منطقی با مقدار اندازه‌گیری شده دارد)

هرگونه تنظیم غلط درزجوش و یا گردهٔ اضافی، باعث افزایش سطح مقطع و در نتیجه افزایش انقباض می‌گردد.

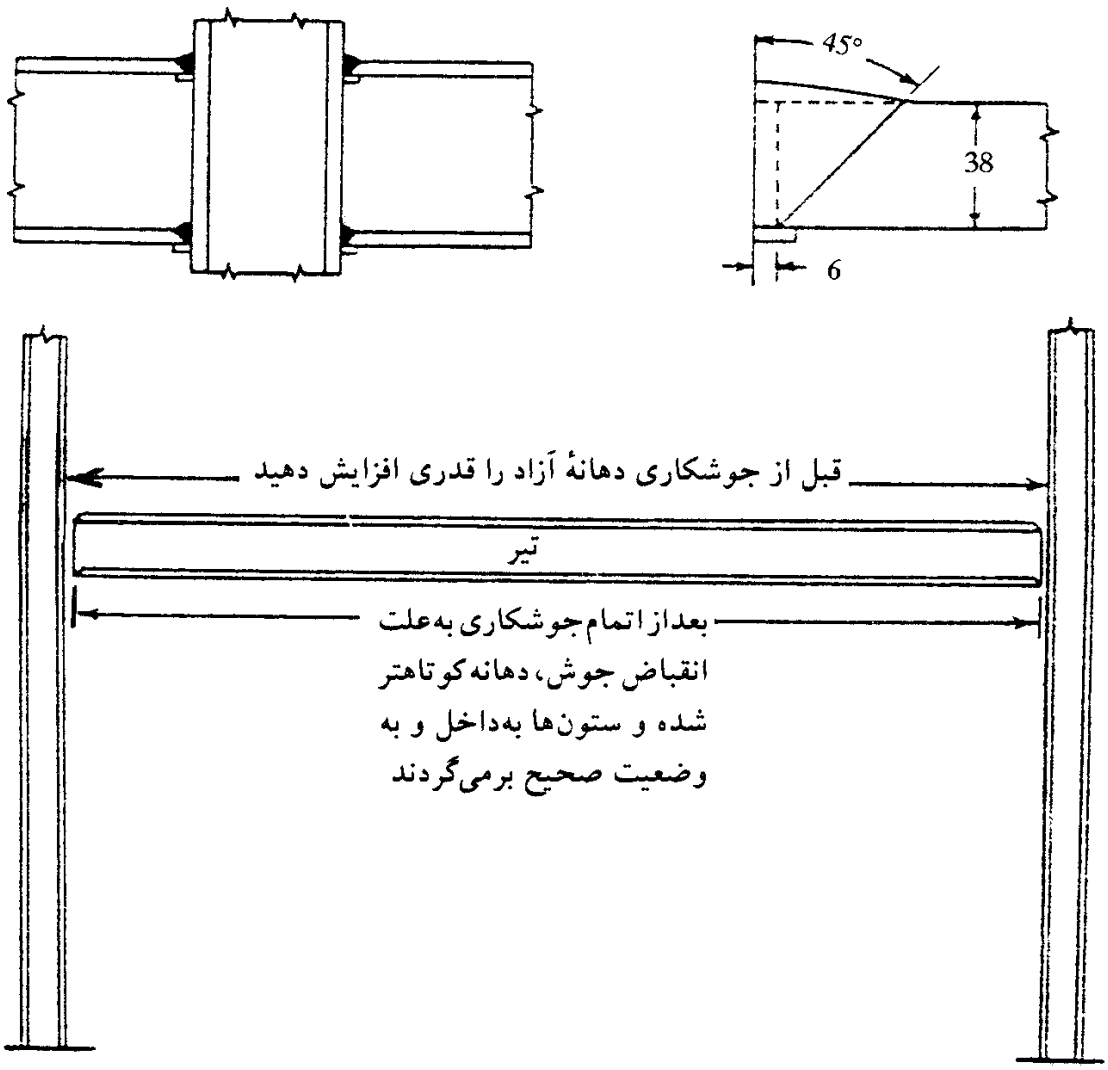


شکل ۶ ـ ۱۱ ـ میزان بازشدگی در محل درز.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

مثال ۶ ـ ۳

مطابق شکل تیری با اتصال مستقیم به‌ستونی متصل می‌گردد. مقطع جوش شیاری بال تیر به‌جان ستون در شکل نشان داده شده است. مطلوب است تعیین میزان انقباض.



حل:

$$A_w=0.6\times3.8+\frac{1}{2}\times3.8\times3.8+\frac{2}{3}(3.8+0.6)\times0.3=10.4\ \text{cm}^2$$

$$\Delta=0.1\frac{A_w}{t}=0.1\times\frac{10.4}{3.8}=0.27\cong3\ \text{mm}$$

جوش ۱۰ میلی‌متر جان تأثیر عمده‌ای بر انقباض نخواهد داشت. مقدار آن در حدود ده درصد انقباض جوش شیاری خواهد بود که این انقباض در گردکردن منظور شده است.

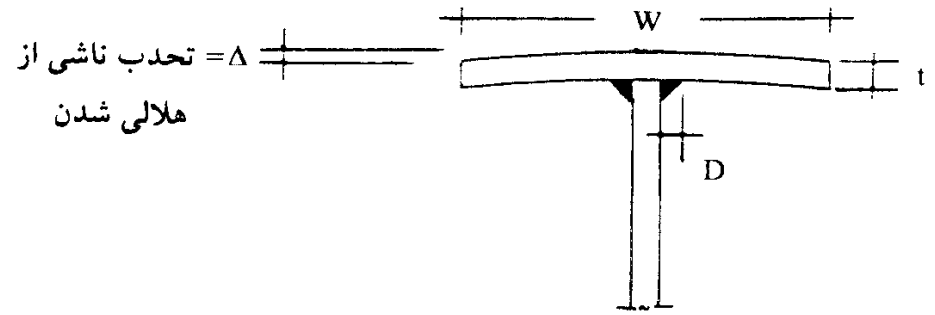
برای رفع انقباض فوق، باید فاصلهٔ خالص دو ستون از هر طرف به‌اندازهٔ ۳ میلی‌متر بازگردد تا

www.niazit-ceiling.com
نیازیت NIAZIT CEILING

بعد از جوش به‌وضعیت اولیه برگردد.

٦ـ٦ هلالی شدن بال[3]

انحنای عرضی بال را هلالی شدن و یا پرانتزی شدن گویند.



از رابطهٔ زیر می‌توان برای تخمین انحنای عرضی استفاده نمود:

$$\Delta = \frac{0.038 W D^{1.3}}{t^2} \qquad (۶-۲)$$

در رابطهٔ فوق:

W= عرض بال (cm)

D= اندازهٔ جوش (cm)

t= ضخامت بال (cm)

Δ= میزان تحدب عرضی (cm)

در شکل ۶ـ۱۲ مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر محاسباتی برای چندین نمونهٔ جوش ورق بال به‌جان نشان داده شده است که حاکی از انطباق خوب رابطه نظری با نتایج واقعی است.

٦ـ٧ شمشیری شدن

به‌علت انقباض جوش‌های طولی نامتعادل نسبت به‌تار خنثی، انحنای طولی یا شمشیری شدن رخ می‌دهد (شکل ۶ـ۱۳). مقدار خیز Δ به‌علت شمشیری شدن را می‌توان از رابطهٔ زیر تعیین نمود:

$$\Delta = 0.005 \frac{A_w d L^2}{I} \qquad (۶-۳)$$

در رابطهٔ فوق:

A_w= سطح مقطع کلی جوش‌ها (cm^2)

3– plange warpage

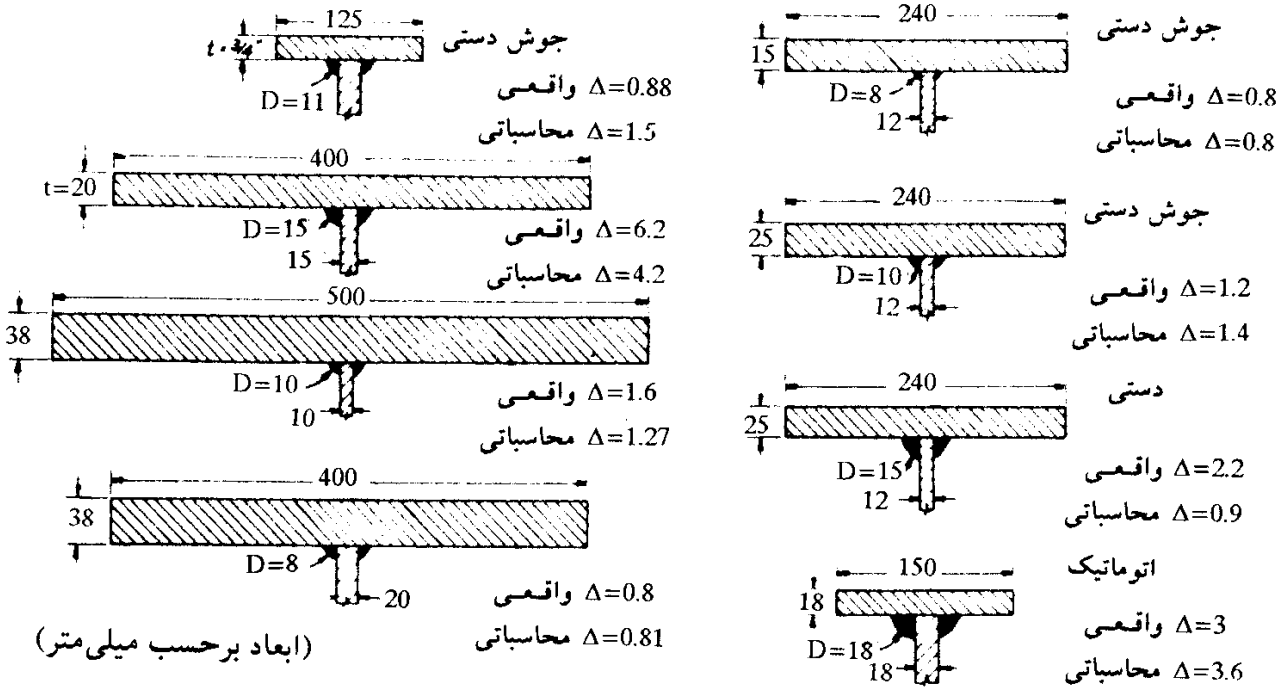
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

d= فاصلهٔ بین مرکز ثقل گرده جوش تا تار خنثی (cm)

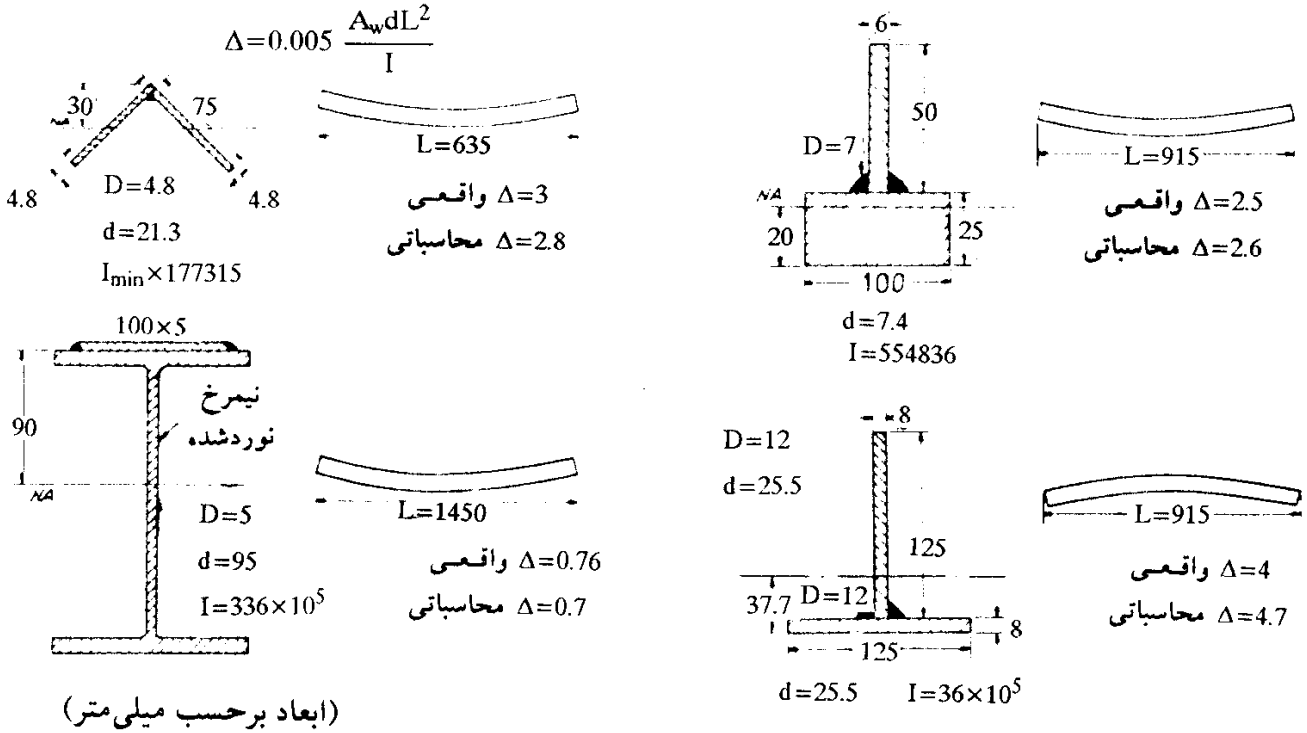
L= طول کلی عضو (با فرض جوش طولی کامل) (cm)

I= ممان اینرسی عضو (cm^4) Δ= خیز حداکثر (cm)

درشکل ۶ـ۱۳ انطباق‌خوب نتایج حاصل ازرابطه با مقادیر اندازه‌گیری‌شده نشان داده‌شده است.

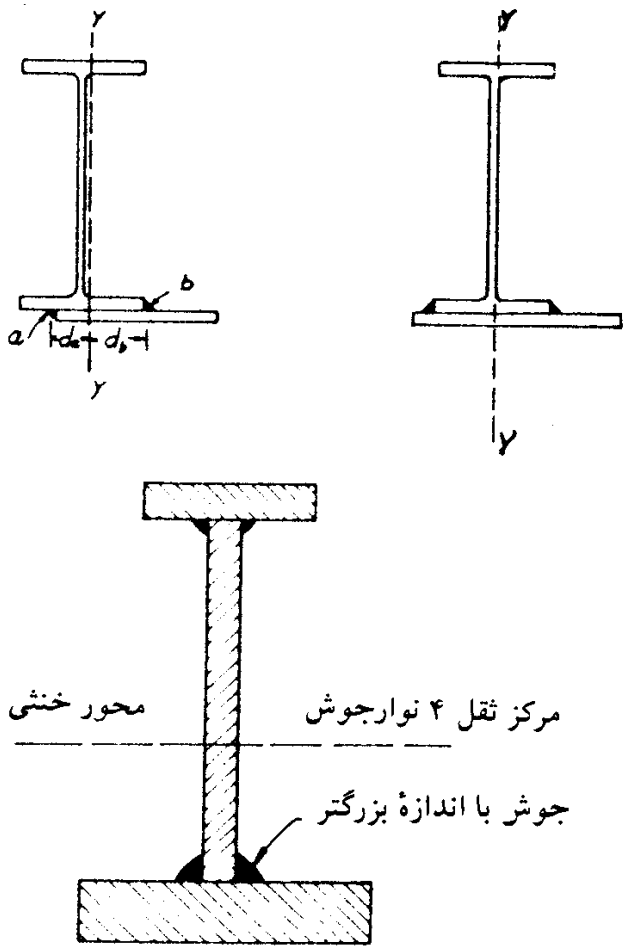


شکل ۶ ـ ۱۲ ـ هلالی شدن نسبت مستقیم با عرض بال و اندازهٔ جوش و نسبت معکوس با ضخامت بال دارد.



شکل ۶ ـ ۱۳ ـ انطباق خوب رابطهٔ ۶ ـ ۳ با مقادیر اندازه‌گیری شده در عمل.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۱۴ ـ وقتی که جوش‌ها در حول تار خنثی متعادل نیستند، ارجح است که ابتدا جوش نزدیکتر به‌تار خنثی انجام شود. حتی بهتر است که اندازهٔ جوش آن نیز به‌تناسب افزایش یابد.

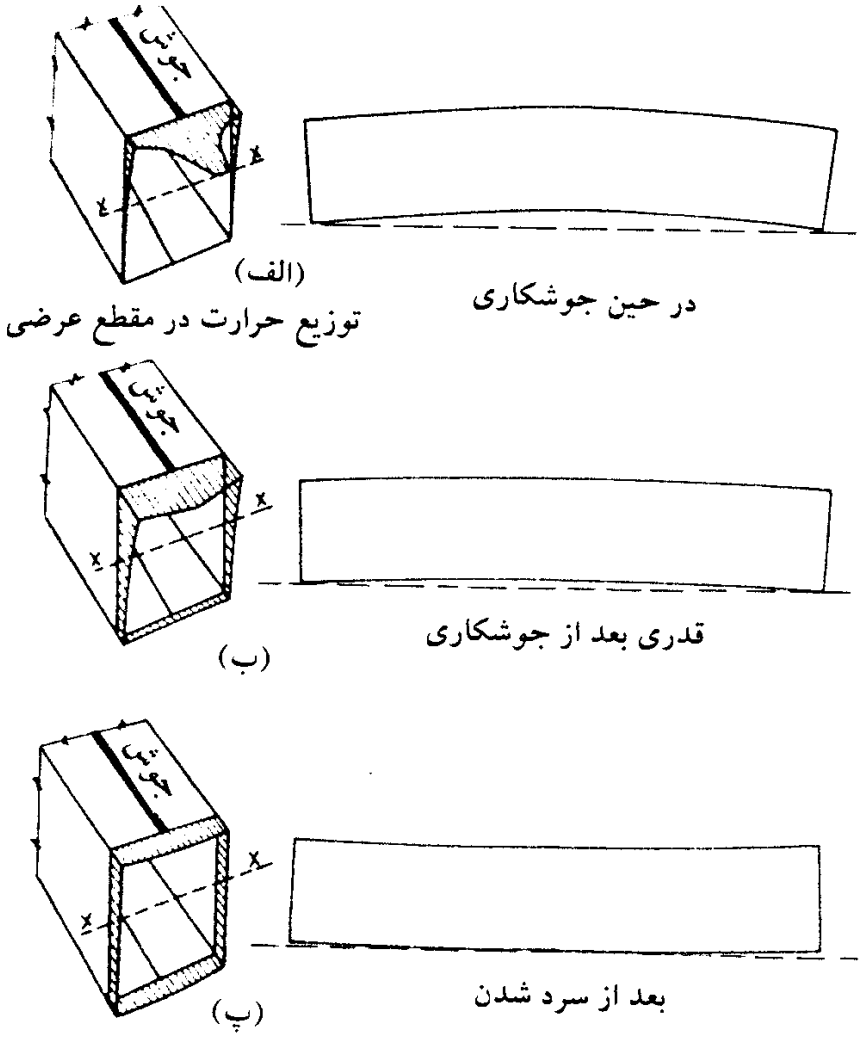
گاهی مواقع حتی با وجود تعادل جوش‌ها در حول تار خنثی، پدیدهٔ شمشیری شدن در اعضای طولی رخ می‌دهد. این پدیده این‌طور توجیه می‌شود که در اطراف خط جوش اول تغییرشکل‌های خمیری رخ می‌دهد که این تغییرشکل‌ها به‌علت خط جوش قرینه، خنثی نمی‌شود. در صورتی که برای حصول جوش چند عبور لازم گردد، با انتخاب توالی مناسب برای انجام جوش، می‌توان از بروز تغییرشکل‌های ناخواسته جلوگیری نمود. به‌عنوان مثال به‌توالی انجام عبور جوش‌ها در شکل ۶ ـ ۵ توجه نمایید. در این درزجوش، ابتدا عبور ۱ انجام می‌شود. عبور ۲ در سمت مقابل ورق را نمی‌تواند کاملاً به‌وضعیت تخت درآورد، لیکن عبور ۳ که در سمت عبور ۲ انجام می‌شود، تغییرشکل اولیه را کاملاً خنثی نموده و مقداری تغییرشکل مخالف نیز به‌وجود می‌آورد. عبور ۴ در سمت مخالف کاملاً وضعیت اولیه را به‌وجود می‌آورد.

در صورتی که جوش‌ها در حول تار خنثی متعادل نباشد، ارجح است ابتدا جوش‌های نزدیک به‌تار خنثی اجرا گردند (شکل ۶ ـ ۱۴). حتی بهتر است که اندازهٔ جوش نزدیکتر به‌تار خنثی، قدری

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

بزرگتر انتخاب گردد. در شکل ۶ ـ ۱۴ فوقانی که اتصال یک ورق به‌بال تحتانی یک تیر IPE را نشان می‌دهد، ابتدا باید جوش a و بعد جوش b اجرا گردد. در صورتی که از جزییات شکل سمت راست استفاده گردد، هم تعادل جوش‌ها برقرار شده و هم هر دو جوش به‌صورت تخت و همزمان قابل اجرا هستند.

اغلب لازم می‌شود که برای حصول مقاومت لازم، دو یا چند نیمرخ جدار نازک بـه‌یکدیگر متصل شوند (شکل ۶ ـ ۱۵). در چنین حالتی کار درستی نیست که ابتدا جوش یک سمت را انجام داده و اجازه دهیم تا سرد شود، و سپس جوش سمت دیگر را انجام دهیم. در این حالت انجام جوش دوم نمی‌تواند انحنای ناشی از جوش اول را کاملاً خنثی نماید. این پدیده با توجه به‌شکل ۶ ـ ۱۵ بدین‌ترتیب توجیه می‌شود؛ جوش فوقانی باعث گرم شدن بال فوقانی و در نتیجه تحدب کل عضو می‌شود (اشکال الف و ب). اگر اجازه دهیم بال و جوش فوقانی به‌دمای محیط برسد، تحدب ازبین

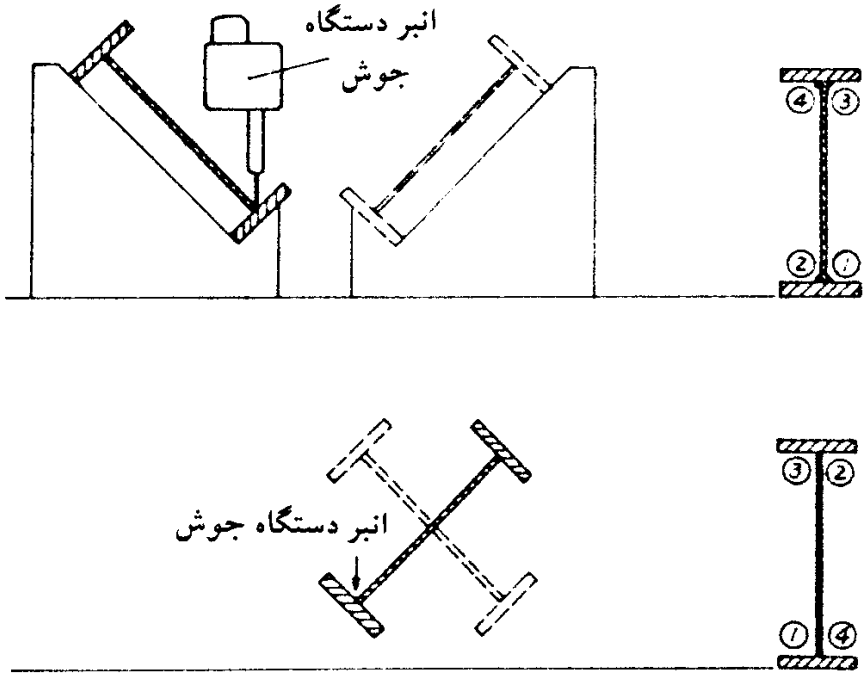


شکل ۶ ـ ۱۵ ـ در اتصال چند نیمرخ به‌یکدیگر، جوش طرف دوم باید قبل از سرد شدن جوش طرف اول انجام شود و سپس هر دو جوش به‌صورت همزمان سرد گردند.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

رفته و به‌علت انقباض جوش، عضو به‌صورت مقعر در می‌آید (شکل پ). حال اگر در این حالت جوش سمت دیگر انجام شود، نمی‌تواند تمام این تقعر را خنثی نماید. چارهٔ کار این است که بلافاصله بعد از اتمام جوش سمت اول و قبل از سرد شدن بال فوقانی، عضو را برگردانده و جوش سمت دیگر را انجام داد. این روش باعث افزایش انقباض جوش دوم و در نتیجه مستقیم شدن عضو می‌شود.

در شکل ۶ ـ ۱۶، روش انجام جوش اتوماتیک اتصال بال به‌جان تیرورق بدون ایجاد اعوجاج نشان داده شده است. در صورتی که فقط از یک دستگاه جوش استفاده گردد، تیرورق تحت زاویهٔ ۳۰ تا ۴۵ درجه قرار می‌گیرد، تا جوشکاری تقریباً در وضعیت تخت انجام شود. این وضعیت بسیار مطلوب بوده و موجب افزایش سرعت جوشکاری می‌گردد. همچنین شکل زنجیرهٔ جوش نیز بهتر شده و می‌توان اندازهٔ دلخواه به‌آن داد.



شکل ۶ ـ ۱۶ ـ وضعیت و توالی جوشکاری در اتصال بال به‌جان تیرورق.

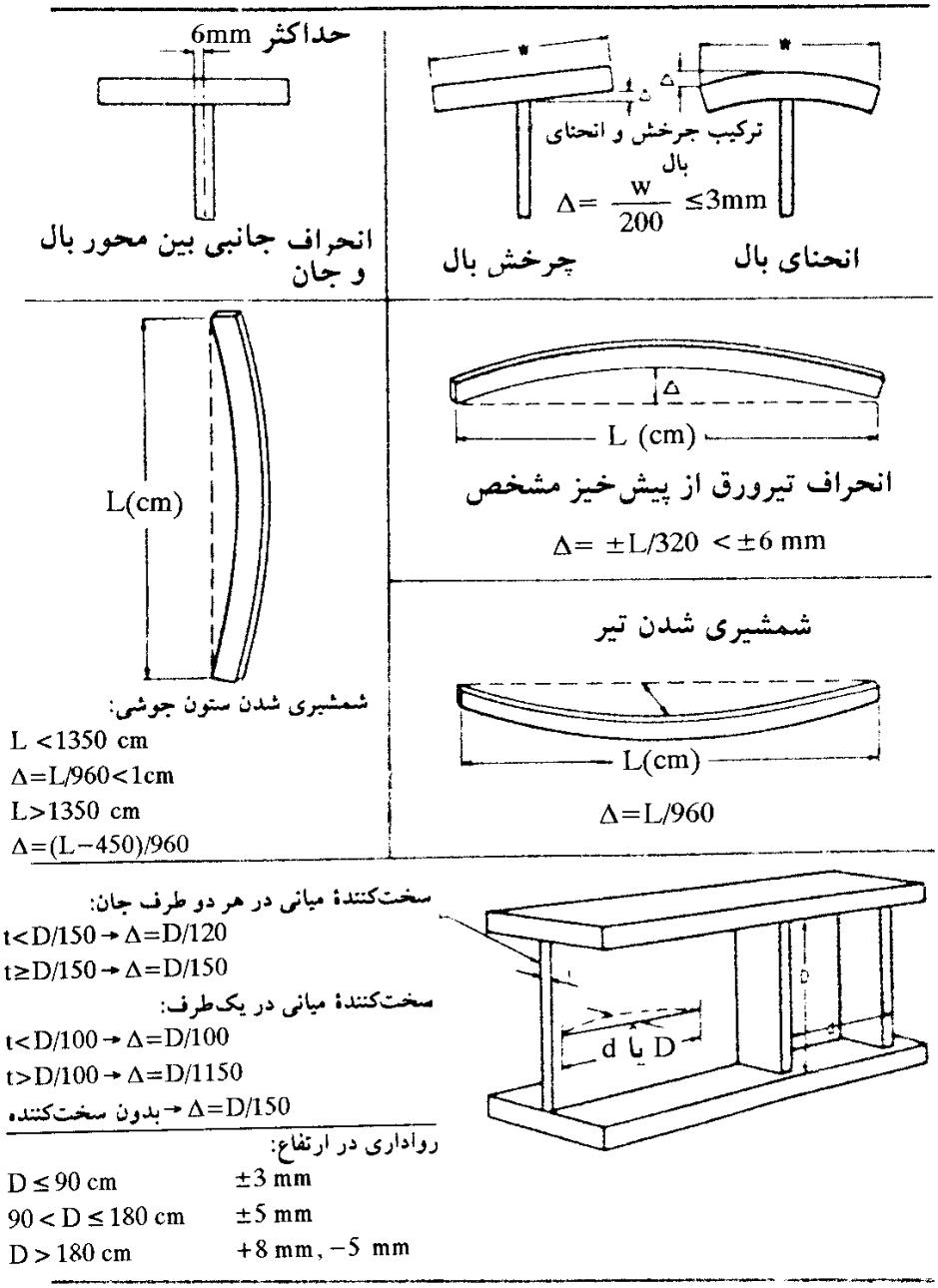
در شکل ۶ ـ ۱۷، رواداری‌های مجاز ساخت و تغییرشکل‌های ناشی از جوشکاری، طبق آیین‌نامهٔ AWS ارائه شده است.

۶ ـ ۸ هم‌راستایی ورق‌ها[4]

به‌منظور هم‌راستا نمودن ورق‌ها و حفظ هم‌راستایی آنها در حین جوشکاری، روش‌های مختلفی

4– alignment of plates

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

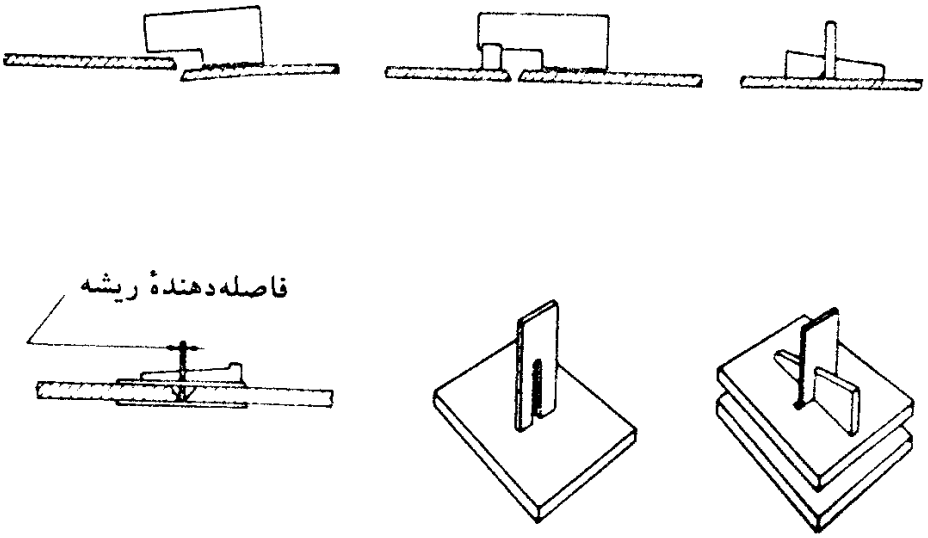


شکل ۶ ـ ۱۷ ـ رواداری‌های مجاز ساخت و تغییرشکل‌های مجاز ناشی از جوشکاری طبق AWS.

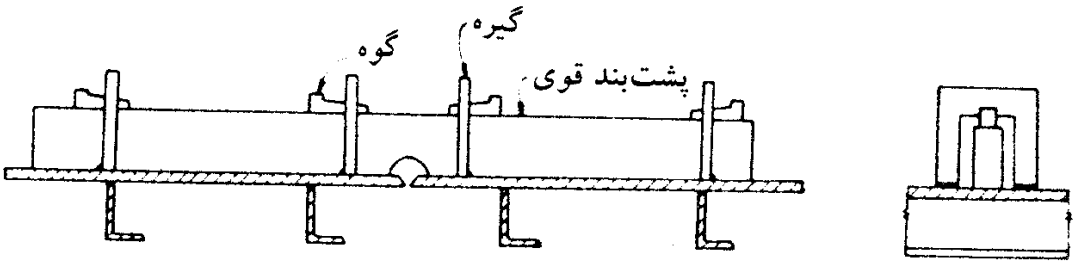
وجود دارد. یک روش ساده و متداول استفاده از گوه می‌باشد که در شکل ۶ ـ ۱۸ نشان داده شده است. در حالت ساده، گیره‌هایی به‌لبهٔ یکی از ورق‌ها جوش شده و با فرو راندن گوه‌ای درحد فاصل گیره و ورق دوم، دو لبهٔ ورق مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند.

در قسمت تحتانی شکل ۶ ـ ۱۸ روش دیگری برای هم‌راستا نمودن ورق‌ها به‌کمک گوه نشان داده شده است. این روش لبه‌های ورق را در عرض بزرگتری به‌صورت مستقیم حفظ نموده و از اعوجاج ورق‌ها در حین جوشکاری نیز کم می‌کند. در شکل ۶ ـ ۱۹، در قسمت فوقانی از گوه و در قسمت تحتانی از فشار پیچ برای هم‌راستایی استفاده شده است.

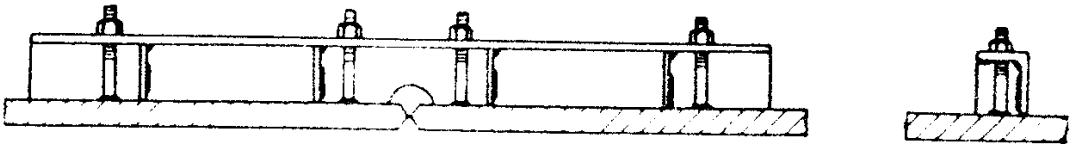
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۶ ـ ۱۸ ـ هم‌راستا نمودن ورق‌ها و حفظ هم‌راستایی در لبه‌های آنها به‌کمک گیره و گوه.



استفاده از گوه برای ورق‌های نازک



استفاده از پیچ برای ورق‌های ضخیم

شکل ۶ ـ ۱۹ ـ روش دیگری برای هم‌راستایی ورق‌ها در حین جوشکاری. در جزییات فوقانی از فشارگوه و در قسمت تحتانی از فشار پیچ برای هم‌راستا نمودن ورق‌ها استفاده شده است.

۶ ـ ۹ استفاده از چکش‌کاری و حرارت برای رفع انقباض‌های جوشکاری

چکش‌کاری یکی از روش‌های متداول برای حذف اعوجاج حاصل از جوشکاری است. چکش‌کاری اگر به‌درستی انجام شود، باعث انبساط شده و انقباض جوشکاری را ازبین می‌برد، لیکن باید توجه داشت که در چکش‌کاری، انبساط به‌صورت سطحی انجام می‌شود.

چکش‌کاری در درجات حرارت بزرگتر، بیشتر مؤثر می‌باشد، لیکن متأسفانه اکثر انقباض بعد از سرد شدن به‌وجود می‌آید. در نتیجه به‌مقدار زیادی از بازده چکش‌کاری کم می‌شود. عیب

www.niazit-ceiling.com
نیازیت
NIAZIT
CEILING

چکش‌کاری کم کردن خواص شکل‌پذیری فولاد می‌باشد.

استفاده از حرارت شعلهٔ مشعل برش، روش دیگری برای کاهش و یا ازبین بردن آثار انقباضی جوش است. حرارت مشعل باعث انبساط نواحی حرارت دیده می‌گردد. این نواحی توسط نواحی خنکتر احاطه شده است، در نتیجه در هنگام سرد شدن، کوتاهتر شده و تحت تنش کششی قرار می‌گیرد. تکرار عمل حرارت دادن، نهایتاً باعث انقباض می‌گردد.

انحنای عضو به‌علت جوشکاری و راست نمودن آن به‌کمک حرارت، مثل چهارپایه‌ای می‌ماند که یک پایهٔ آن به‌علتی کوتاه شده و با کوتاه کردن باقی پایه‌ها، چهارپایه به‌صورت تراز درمی‌آید.

۶ ـ ۱۰ جمع‌بندی مطالب فصل

انقباض عرضی

۱ ـ بستگی به‌درجهٔ گیرداری دارد؛

۲ ـ مقدار آن در حدود ۱۰ درصد عرض متوسط درز جوش است؛

۳ ـ مقدار آن با افزایش سطح مقطع جوشکاری، افزایش می‌یابد؛

۴ ـ مقدار آن با افزایش دهانهٔ ریشه و شیب پخی لبه، افزایش می‌یابد؛

۵ ـ مقدار آن متناسب با دمای القایی در هنگام جوش است.

انقباض زاویه‌ای می‌تواند با تدابیر زیر کاهش یابد

۱ ـ استفاده از جوش‌های جناغی (V) و لاله‌ای (U) دوطرفه؛

۲ ـ انجام جوش‌های پشت و رو به‌صورت یک‌درمیان؛

۳ ـ پخ زدن لبه به‌منظور کاهش بازوی لنگر و در نتیجه کاهش اعوجاج؛

۴ ـ استفاده از جوش‌های گوشه با اندازهٔ کم. مقدار انحنا با توان ۱/۳ اندازهٔ جوش متناسب می‌باشد؛

۵ ـ استفاده از ورق بال ضخیمتر. مقدار انحنا نسبت عکس با توان دوم ضخامت دارد.

انحنای طولی اعضا به‌علت نوارهای طولی جوش (شمشیری شدن)

۱ ـ متعادل کردن جوش‌ها در حول محور خنثای مقطع به‌دو روش زیر:

الف: هم‌اندازه کردن جوش‌های هم‌فاصله در دو طرف تار خنثی؛

ب: در صورتی که جوش‌های دوطرف تار خنثی هم‌اندازه نباشند، اندازهٔ جوش‌هایی که در

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

فاصلهٔ نزدیکتری نسبت به‌تار خنثی قرار دارند، باید افزایش داده شود.

۲ ــ اگر جوش‌ها نسبت به‌تار خنثی متقارن نباشند، می‌توان از تدابیر زیر استفاده نمود:

الف: پیش‌انحنای عضو (پیش‌خیز)

ب: تکیه دادن عضو در نواحی میانی و طره کردن دو انتهای آن، به‌طوری که عضو به‌صورت محدب درآمده و این تحدب در هنگام جوشکاری به‌صورت مستقیم درآید.

پ: تقسیم کردن عضو به‌مجموعه‌های کوچکتر، به‌طوری که جوشکاری در مقطع هر مجموعه به‌صورت متقارن باشد.

اگر بال طویلتر یک عضو خمیده، حرارت داده شود، به‌صورت مستقیم در می‌آید.

روش‌های مناسب برای کنترل اعوجاج

۱ ـ بستن عضو به‌شاسی کار و نگهداری آن در حین جوشکاری؛

۲ ـ تنظیم لبه‌ها و ورق‌ها به‌صورت غیرهم‌راستا، به‌طوری‌که بعد از جوش به‌صورت مستقیم درآیند؛

۳ ـ پیش‌انحنای عضو (پیش‌خیز)؛

۴ ـ بستن دو عضو به‌صورت پشت به‌پشت با مقداری پیش‌انحنا؛

۵ ـ استفاده از گیره و قالب؛

۶ ـ پیش‌بینی فاصله برای خنثی کردن انقباض در هنگام مونتاژ قطعات؛

۷ ـ امکان آزادی حرکت برای قطعات در هنگام جوشکاری؛

۸ ـ تقسیم قطعات اصلی به‌قطعات کوچکتر و سپس سرهم کردن قطعات؛

۹ ـ ابتدا قطعات انعطاف‌پذیرتر جوش داده شوند، به‌طوری که راست کردن آنها ساده باشد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

فصل ۷

کیفیت و بازرسی جوش

۷ـ۱ مردود نمودن در مقابل پیشگیری[1]

جوشکاری در ساختمان و پل از این جهت که تا به‌حال منجر به‌خرابی فاجعه‌انگیز نشده است، دارای اعتبار خوبی است. ولی موارد متعددی وجود دارد که در آنها به‌علت عدم برآورده شدن مشخصات در بازرسی نهایی، جوش گسیخته شده است.

دلایل بسیاری برای مردود کردن جوش در بازرسی نهایی وجود دارد. قبل از اقدام به‌اصلاح چنین جوش‌هایی، سؤالات متعددی وجود دارد که باید به‌آنها پاسخ گفت. برای مثال سیاست خوبی است که روش‌های بازرسی مورد بازبینی قرار گیرند و ارتباط بین دلایل مردود شمردن جوش و شرایط بهره‌برداری مورد جست و جو قرار گیرند. وقتی که چنین ارتباطی وجود نداشته باشد، باید اقدامات سریعی برای اصلاح جوش‌های مردود انجام شود تا از تکرار آنها جلوگیری گردد. از طرف دیگر اگر روش‌های بازرسی نامناسب و یا غیرواقعی باشد، باید با روش‌های صحیحتری جایگزین گردند.

برای هر عیب جوش یک علت منطقی وجود دارد و برای اصلاح و تعمیر آن نیز یک روش منطقی. اغلب عیوب جوش مربوط به‌روش و دستورالعمل جوشکاری است و با پیشرفت کار می‌تواند مورد جست و جو قرار گیرد.

جست‌وجوی به‌هنگام عیوب جوش، اجازهٔ اصلاح اقتصادی آنها را می‌دهد. اگر این کار به‌بازرسی نهایی پس از اتمام کار واگذار شود، باعث اتلاف بیهودهٔ زمان و هزینه خواهد شد.

1– Rejection VS. Prevention

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۷ـ۲ یک جوش خوب چیست؟

به‌نظر خیلی از مهندسین، «پاسخ این سؤال که جوش خوب چیست؟» این است که «جوشی که در بازرسی نهایی به‌تأیید برسد». اگر به‌این نکته توجه شود که ارتباط ضعیفی بین عیوب مشاهده شده در حین بازرسی و عملکرد جوش در حین بهره‌برداری وجود دارد، باز می‌توان گفت که این پاسخ درست است!

تعریف بهتر این می‌تواند باشد که جوش خوب، جوشی است که بتواند وظایف مقرر شده را در حین بهره‌برداری برآورده نماید. مشکلی که چنین تعریفی می‌تواند به‌بار آورد این است که نمی‌توان روش آزمایش غیرمخربی تعیین نمود که پاسخ آری یا خیر را بتوان از آن به‌دست آورد. در عوض، در بازرسی جوش، به‌دنبال عیوب جوش می‌گردیم و امیدواریم که آن را پیدا نکنیم. اگر چنین عیوبی پیدا شوند، برحسب تأثیر عیب بر شرایط بهره‌برداری، می‌توان قضاوت نمود که آیا جوش خوب است یا بد.

۷ـ۳ راه‌حل چیست؟

ابتدا باید عیب و عامل آن را پیدا نمود. سپس باید دستورالعمل جوشکاری[2] برقرار کرد که بتواند این عیب را برطرف کند. این کار آن‌طوری که به‌نظر می‌رسد، سخت نیست. لیکن باید جزییات ظریفی را مورد جست و جو قرار داده و در اجرا به‌آن توجه نمود.

نکتهٔ دلگرم‌کننده این است که اشاره گردد جوشکاران خوب و مورد تأیید و اپراتورهای دستگاه‌های جوش، به‌اهمیت این جزییات ریز و ظریف واقف هستند. آنها اغلب می‌توانند پاسخ بازرسی نهایی را پیش‌بینی نمایند. جوشکاران باوجدان می‌توانند یک بازرس چشمی تمام‌وقت باشند. زیرا آنها تمام نوارجوش را از لحظهٔ ذوب تا انجماد به‌طور کامل مشاهده می‌کنند و بهتر از بازرسی که فقط جوش تمام‌شده را می‌بیند، و فقط روی قسمت‌های خاصی می‌تواند دقیق شود، می‌توانند از کیفیت جوش آگاه باشند.

۷ـ۴ نظارت و بازرسی از چه زمانی شروع می‌شود؟

این تصمیم که نظارت فقط بعد از اتمام جوشکاری انجام شود، خیلی خطرناک است و بهترین روش برای آگاهی از کیفیت جوش نیست. این کار نوشداروی بعد از مرگ است.

به‌طور کلی کیفیت نهایی هر کار به‌دو روش به‌کیفیت مطلوب نزدیک می‌گردد:

2– welding procedures

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

الف) از طریق برنامه‌های تضمین کیفیت (Q.A.= Quality Assurance)

ب) از طریق برنامه‌های کنترل کیفیت (Q.C.=Quality Control)

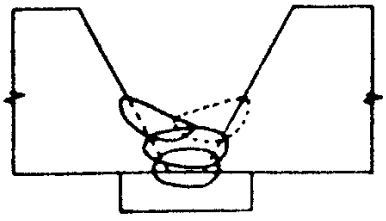
برنامه‌های تضمین کیفیت شامل بازرسی مواد اولیه، بررسی روش‌های جوشکاری، آزمون‌های تعیین صلاحیت جوشکاران، آزمون‌های ارزیابی دستورالعمل جوشکاری، سلامت وسایل کار و کنترل ابعادی قطعات و در نهایت شامل تمام کنترل‌های قبل از عملیات اجرایی هستند.

برنامه‌های کنترل کیفیت شامل کنترل مونتاژ، کنترل کیفیت جوش‌ها حین جوشکاری، و کنترل کیفیت جوش‌ها بعد از جوشکاری شامل بازرسی چشمی (عینی) و آزمایش‌های غیرمخرب و در نهایت کنترل ابعادی قطعات بعد از جوشکاری است.

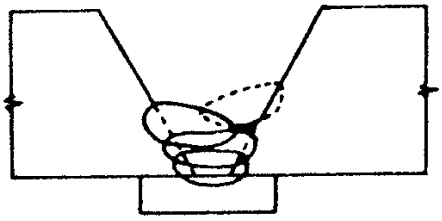
۷ ـ ۵ شناسایی عیوب کوچک و اصلاح آنها

شاید اغلب مردود شدن جوش‌ها به‌علت نتایج آزمایش پرتونگاری باشد. این روش توانایی آشکارسازی فقدان ذوب و تداخل گِل جوشکاری، حفره، و ترک داخلی را که به‌وسیلهٔ بازرسی چشمی امکان‌پذیر نیست، دارد.

اگر از استثناها بگذریم، یک جوشکار باوجدان با بازرسی چشمی می‌تواند بگوید که آیا ذوب خوب حاصل شده یا نه (شکل ۷ ـ ۱). این کار شامل مشاهدات او در حین جوشکاری و اتمام نوار جوش می‌باشد. هندسهٔ بد خطوط تراز نوار جوش، و لبه‌های ناصاف، دلایلی برای ذوب ناکافی می‌باشند.



(الف) هیچ مشکلی برای پاس بعدی برای ذوب لبهٔ ورق و پاسهای قبلی وجود ندارد

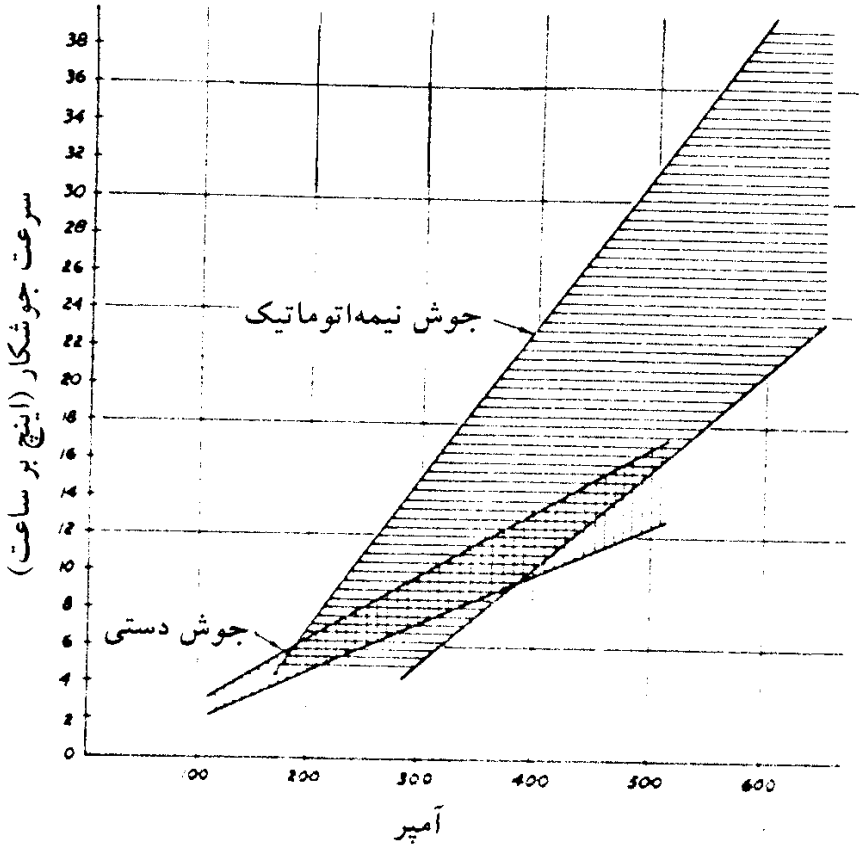


(ب) عرض ریشه برای پاس بعدی در حدفاصل لبهٔ ورق و نوار جوش وجود ندارد و احتمال ذوب ناکافی موجود می‌باشد.

شکل ۷ ـ ۱ ـ یک جوشکار با وجدان به‌طور چشمی هر نواری را که جوش می‌دهد، بازرسی می‌کند. او می‌داند که خطوط تراز ناجور و لبه‌های ناصاف، دلالت بر وجود مشکل در جوش دارند و سعی می‌کند آنها را درحین جوشکاری اصلاح نماید.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

علایم زیادی از بروز مشکل وجود دارد که جوشکار می‌تواند آنها راکشف نماید. در این زمان می‌توان عیب را با سنگ زدن رفع نمود و دستورالعمل جوشکاری را نیز اصلاح کرد. راه غلط این است که تصور نماییم، عیب می‌تواند در پاس (عبور) بعدی ازبین برود. ضررهای اقتصادی این تصور نادرست در هنگام مردود شدن جوش در بازرسی نهایی روشن می‌شود.



شکل ۷ ـ ۲ ـ استفاده از جوش‌های نیمه‌اتوماتیک، باعث افزایش چشمگیر سرعت جوشکاری و در نتیجه کاهش هزینهٔ آن می‌شود.

۷ـ۶ درزهای پیش‌ارزیابی‌شده[3]

طبق آیین‌نامهٔ AWSD1.0-66 و AWS-D2.-66 ، درزهای پیش‌ارزیابی‌شده، درزهایی هستند که ۱۲ شرط مقرر شده در فصول ۳ و ۴ از آیین‌نامه‌های فوق‌الذکر در مورد آنها اعمال گردد. برآورده‌کردن این شرایط احتیاج به‌دقت زیادی دارد و اگر بتوان به‌آن دست یافت، می‌توان این انتظار را داشت که جوش به‌احتمال زیاد از بازرسی نهایی موفق از آب درآید. چنین درزهایی وقتی موفق هستند که به‌همراه دستورالعمل جوشکاری مناسب مورداستفاده قرارگیرند. استفاده‌از درزهای پیش‌ارزیابی‌شده

3– prequalified joints

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

به‌معنای حذف بازرسی نهایی نیست.

۷ـ۷ ارتباط و هماهنگی

برای حصول یک جوش خوب، نیاز به‌ایجاد همکاری و ارتباط مناسب بین طراح، مهندسین و تکنسین‌های اجرایی می‌باشد. حاصل این همکاری، تعیین روش، وضعیت، نوع الکترود، نوع درز، آماده‌سازی لبه‌ها، و سایر عوامل مؤثر در جوش خواهد بود.

۷ـ۸ پنج دستورالعمل برای جوش ساختمانی خوب

برای حصول یک جوش خوب باید در پنج نکتهٔ زیر دقیق بود (پنج P):

بازرسی‌های تضمین کیفیت (Q/A):
۱ ـ روش جوشکاری (Process selection)
۲ ـ آماده‌سازی مناسب لبه‌ها (Preparation)
۳ ـ دستورالعمل جوشکاری (Procedures)
۴ ـ پرسنل (Personnel)

بازرسی‌های کنترل کیفیت (Q/C):
۵ ـ بازرسی و تأیید جوش (Prove)

روش جوشکاری

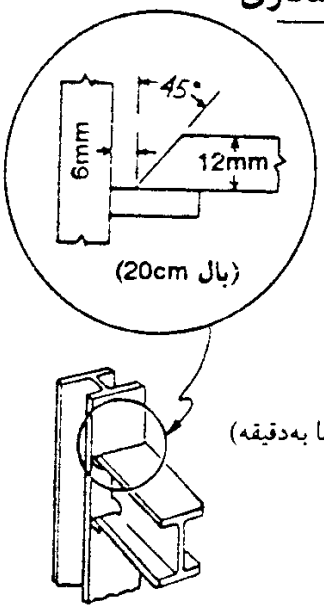
اولین گام انتخاب روش مناسب برای جوشکاری است. در این گام مسئولین طراحی و اجرا، تصمیم می‌گیرند که از کدامیک از حالات جوش دستی، نیمه‌اتوماتیک و یا تمام‌اتوماتیک برای کار استفاده نمایند. این تصمیم‌گیری از نقطه‌نظر زمان و اقتصاد بسیار مهم و تأثیرگذار است. امروزه استفاده از جوشکاری نیمه و یا تمام‌اتوماتیک باعث افزایش قابل توجه در سرعت و کاهش هزینه‌ها می‌گردد، که البته مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه بیشتر نیز می‌باشد. در اشکال ۷ ـ ۲ و ۷ ـ ۳، مقایسه‌ای بین سه روش جوشکاری به‌منظور انتخاب مناسبترین آنها انجام شده است.

آماده‌سازی لبه‌ها

در درزهای لب‌به‌لب، آماده‌سازی لبه‌ها ایجاد تعادلی بین زاویهٔ پخی لبه و دهانهٔ ریشه می‌باشد. زاویهٔ پخی زیاد، نیاز به‌دهانهٔ ریشهٔ کوچکتر و زاویهٔ پخی کم، نیاز به‌دهانهٔ ریشهٔ بزرگتر دارد. نوع درز، وضعیت جوشکاری و دستورالعمل جوشکاری، در انتخاب زاویهٔ پخی و دهانهٔ ریشه مؤثر می‌باشند. در فصل ۱۲، درزهای جوش استاندارد برحسب روش جوشکاری ارائه شده است. برای حفظ اقتصاد جوش، زاویهٔ پخی و دهانهٔ ریشه باید در حداقل حفظ گردد و اندازهٔ الکترود نیز

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

روش جوشکاری	الکترود مغزه‌دار	زیرپودری	دستی	دستی
نوع الکترود	2.4NS.3M	2.L 60	4.8 و 5.6	4.8
		880 FLUX	E6027	E6018
شدت جریان	325-350	350-375	300-350	200-225
ولتاژ	30-31	30-31		
قطبیت	DC+	DC+	AC	DC+
سرعت جوش	12-13	10.5-11.0	9.5-10.5	5-6
زمان قوس	3.2	3.8	3.9	8.3
زمان تمیزکردن (زمان‌ها به‌دقیقه)	1.0	.7	1.0	2.3
زمان کل	4.2	4.5	4.9	10.6
عامل زمان	1.0	1.1	1.2	2.5



شکل ۷ ـ ۳ ـ مقایسه‌ای بین سه روش جوشکاری برای انتخاب بهترین روش جوشکاری.

متناسب و سازگار باکار باشد. در شکل ۷ ـ ۴ حداکثر اندازهٔ مجاز الکترود طبق آیین‌نامهٔ AWS ارائه شده است. بعد از انتخاب زاویهٔ پخی، دهانهٔ ریشه و اندازهٔ الکترود، قبل از شروع جوش‌های اصلی، باید یک‌سری جوش آزمایشی انجام شده و مورد آزمایش قرارگیرد.

دستورالعمل جوشکاری

اتصالات مهم هر سازه نیاز به‌یک دستورالعمل جوشکاری که جزییات آن به‌طورکامل مورد مطالعه قرارگرفته و طرحریزی شده است، دارند.

بهترین روش برای تعیین دستورالعمل جوشکاری قابل اعتماد، استفاده از نمونه‌های دستی آزمایشی است. در شکل ۷ ـ ۵ تصویری از یک نمونهٔ آزمایشی که مراحل جوشکاری به‌خوبی روی آن مشخص است، نشان داده شده است. یک دستورالعمل جوشکاری کامل، باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱ ـ جزییات اتصال

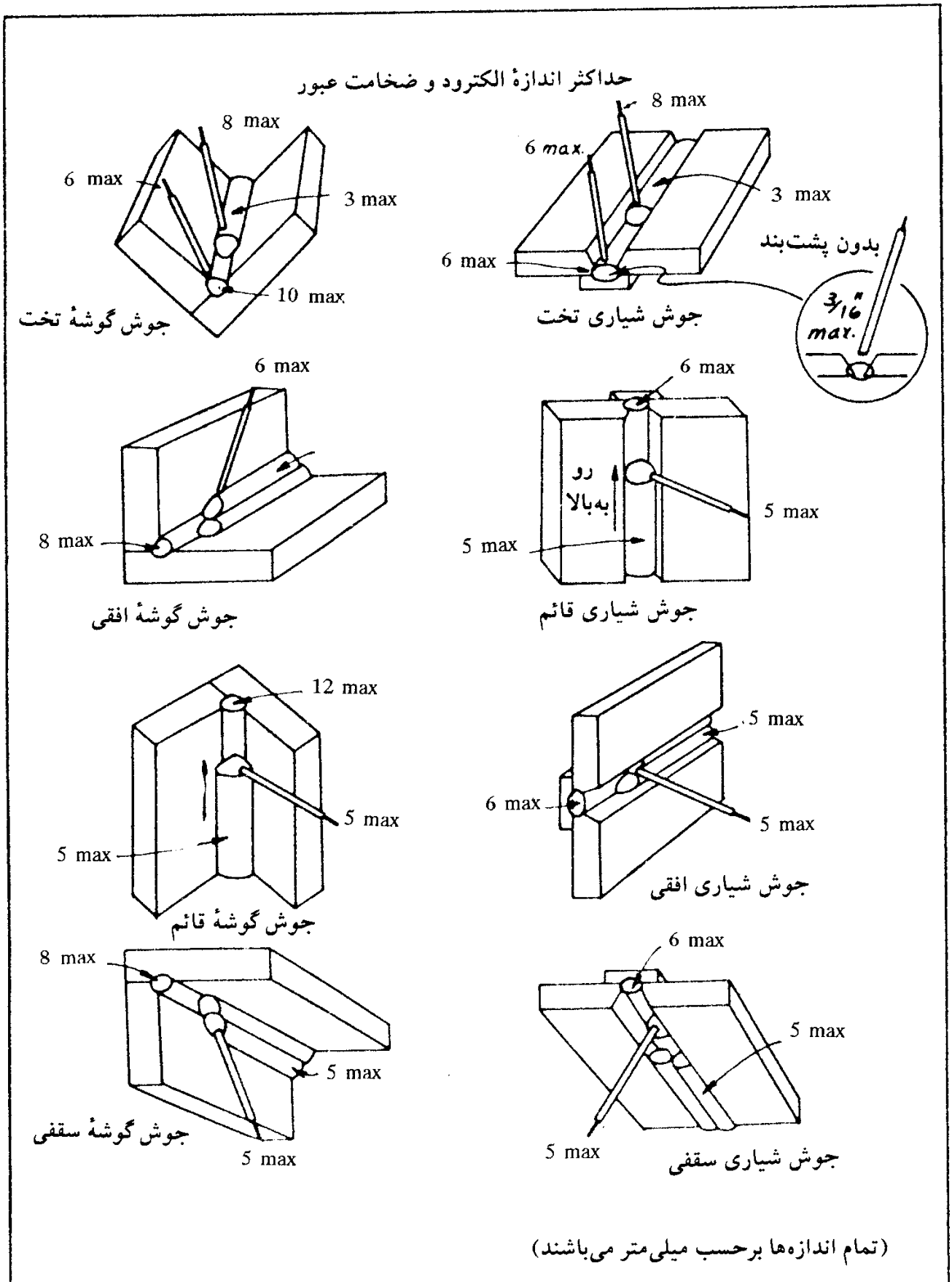
۲ ـ هندسه و رواداری‌های درز

۳ ـ روش جوشکاری

۴ ـ نوع و اندازهٔ الکترود

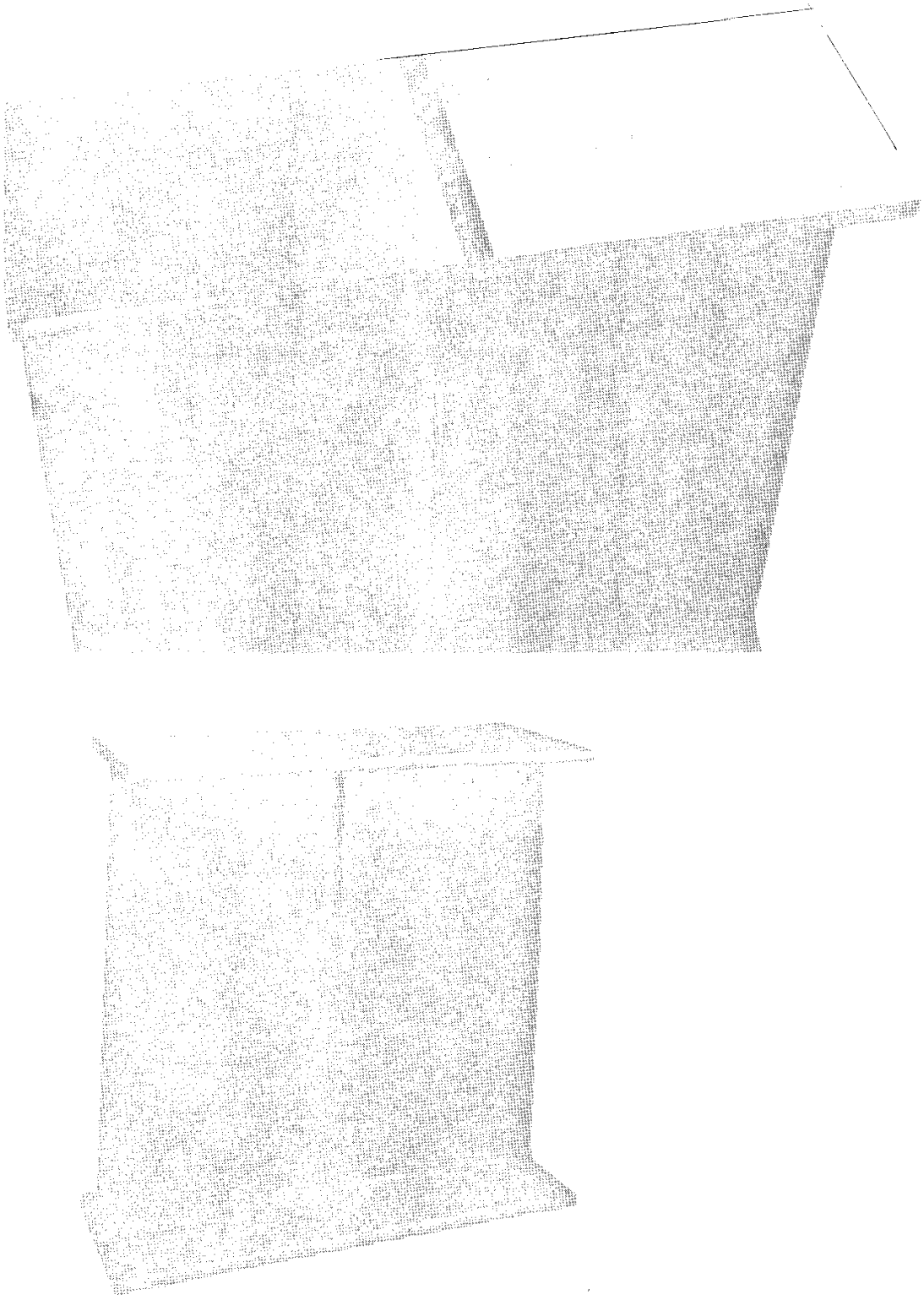
۵ ـ نوع پودر و یا گاز محافظ

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۷ - ۴ - حداکثر اندازهٔ مجاز الکترود طبق AWS.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۷ ـ ۵ ـ نمونهٔ آزمایشی به‌منظور انجام دستورالعمل جوشکاری به‌صورت آزمایشی.

۶ ـ شدت جریان و ولتاژ (و تغییرات آنها در پاس‌های مختلف) و قطبیت

۷ ـ پیش‌گرمایش و درجه حرارت عبورهای میانی

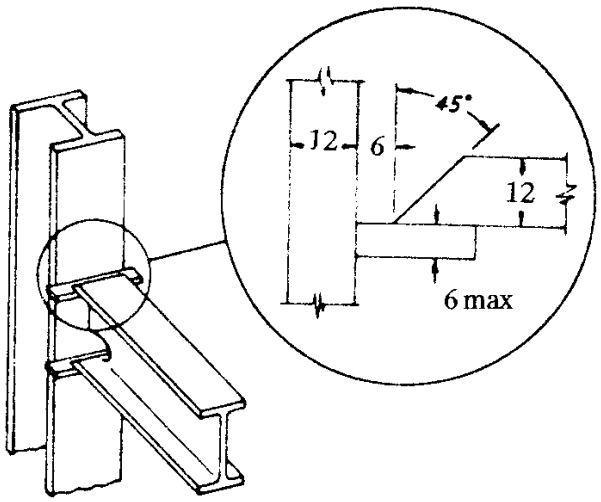
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

۸ ـ توالی عبورها (همراه با یک طرح)

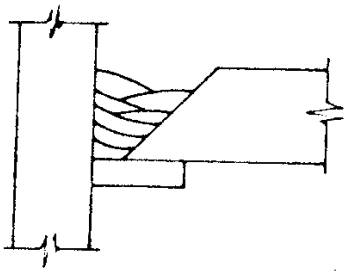
۹ ـ نوع بازرسی مورد نیاز

۱۰ ـ هر اطلاعات دیگر از قبیل زاویهٔ الکترود، قرارگیری نوار جوش، و یا تکنیک‌های خاصی که کمکی برای حصول جوش خوب توسط جوشکار باشد.

در شکل ۷ ـ ۶ یک نمونه از دستورالعمل جوشکاری ارائه شده است. هرچند که انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب به‌زمان اولیه نیاز دارد، لیکن باید به‌نتایج آن که ایجاد یکنواختی و هماهنگی بین تمام جوشکاران و جلوگیری از اعمال سلیقه‌های شخصی است، توجه داشت.



دستورالعمل جوشکاری



: نوع الکترود
: شدت جریان
: توالی عبور (پاس)
: تکنیک جوشکاری
: پیش‌گرمایش
: احتیاجات نظارتی
: قطبیت

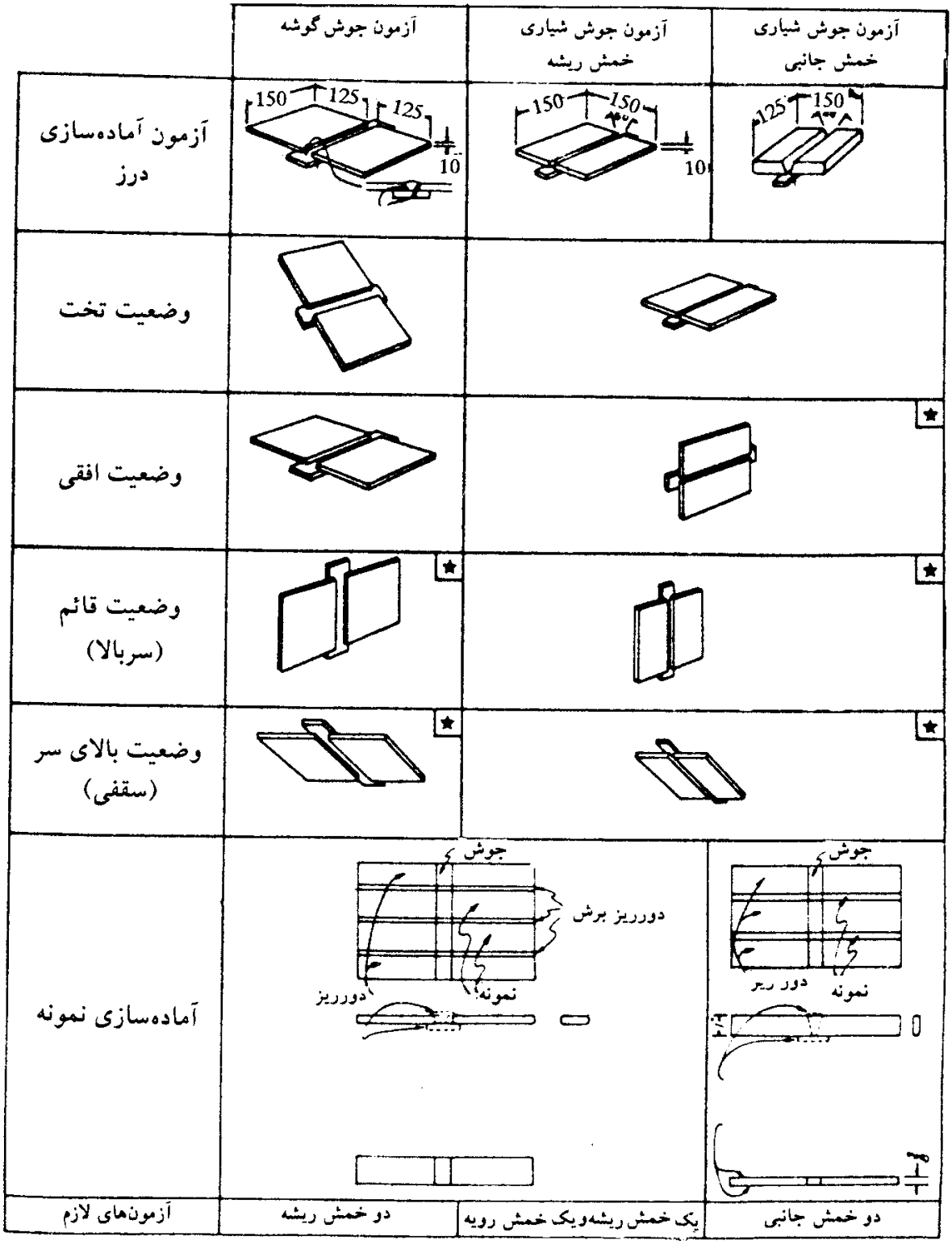
شکل ۷ ـ ۶ ـ مشخصات لازم برای درج در دستورالعمل جوشکاری.

پرسنل

این یک واقعیت است که در جوشکاری با دست، کیفیت جوش نمی‌تواند بهتر از مهارت جوشکار باشد. بنابراین قبل از شروع کار، مهارت جوشکار باید مورد ارزیابی قرار گیرد. یک روش ساده و

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

نسبتاً ارزان برای آزمایش جوشکاران، انجام آزمایش تشخیص صلاحیت جوشکار[۴] AWS می‌باشد (شکل ۷ ـ ۷).



شکل ۷ ـ ۷ ـ مقررات آزمایش تشخیص صلاحیت جوشکار.

4– weldor qualification test

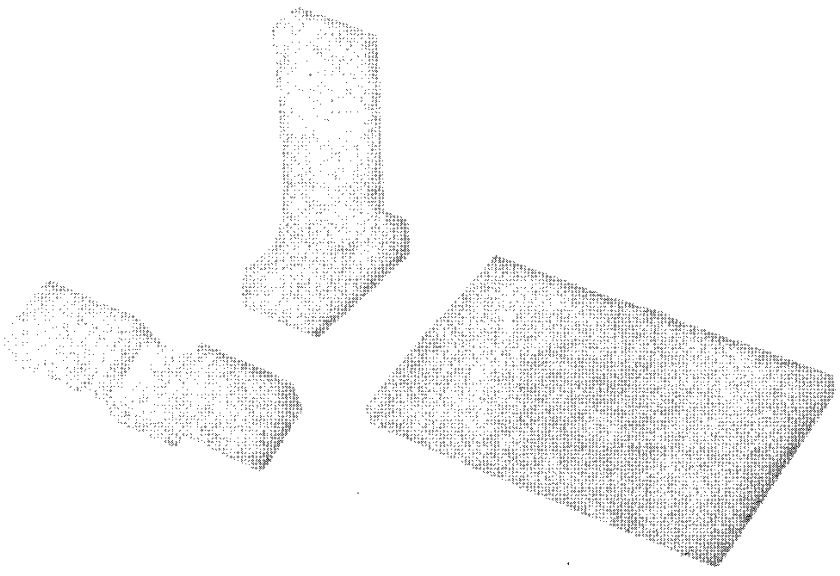
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

انجام این آزمایش برای تشخیص صلاحیت کافی است. لیکن اغلب این سؤال پیش می‌آید که آیا این آزمایش قابلیت جوشکار را برای انجام جوش واقعی در کارگاه نشان می‌دهد یا نه. غالباً با انجام یک آزمایش در کارگاه، فرآیند تشخیص صلاحیت تمام می‌شود. همچنین اگر در مشخصات فنی انجام آزمایش پرتونگاری لازم باشد، بهتر است این آزمایش نیز در تشخیص صلاحیت جوشکار گنجانده شود. در ضمن ممکن است مهندس کارگاه برحسب نیاز، انجام آزمایش‌های خاصی را نیز برنامهٔ تشخیص صلاحیت و ارزیابی جوشکار بگنجاند.

در جوشکاری نیمه و تمام‌اتوماتیک، ممکن است صلاحیت جوشکار خیلی مهم نباشد، لیکن باید جوشکار برای کار با دستگاه آزمایش لازم را ببیند.

پیش‌آزمایش

بعد از تعیین روش جوشکاری، آماده کردن لبه‌ها، دستورالعمل جوشکاری و انتخاب پرسنل مناسب، باید نمونه‌های واقعی از کار منطبق با شرایط واقعی، جوش شده و مورد آزمایش‌های مخرب یا غیرمخرب قرار گیرند (شکل ۷ ـ ۸). انجام بعضی از این آزمایش‌ها در مورد نمونه‌های واقعی ممکن است امکان‌پذیر نباشد.

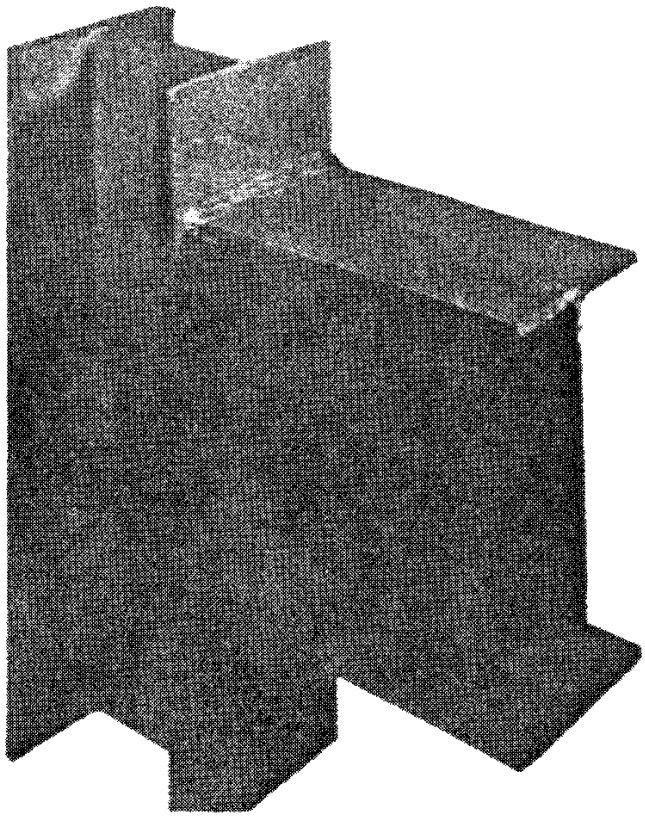


شکل ۷ ـ ۸ ـ نمونه‌های آزمایش قبل از آغاز کار واقعی.

۷ ـ ۹ نظارت‌های پیشگیرانه

به‌طور خلاصه باید به‌این نکته توجه نمود که اگر انجام بازرسی به‌بعد از اتمام جوش واگذار گردد،

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۷ ـ ۹ ـ یک نمونهٔ آزمایشی تماس مقیاس از اتصال تیر به‌ستون.

خیلی دیر خواهد بود. اگر بعد از اتمام جوش، وقوع ترک، بریدگی لبهٔ جوش[5]، اندازهٔ غلط، ذوب ناقص یا سایر معایب مشاهده گردد، رفع آنها خیلی گران‌قیمت خواهد بود. باید با استفاده از اقدامات پیشگیرانه (مثلاً رعایت پنج دستورالعمل و انجام بازرسی در حین جوشکاری) از وقوع چنین معایبی جلوگیری نمود.

در یک نظارت پیشگیرانه تمام عوامل دست‌اندرکار، مسئولیت کار را بین یکدیگر تقسیم کرده و با برقراری یک نظارت سیستماتیک، در حین و بعد از اتمام جوشکاری، با بازرسی چشمی، عیوب احتمالی مورد بررسی قرار گرفته و روش‌هایی برای رفع عیوب اتخاذ می‌گردد. در این خصوص تهیهٔ چک‌لیست کمک خوبی در رسیدن به‌هدف خواهد بود. در ادامه یک چک‌لیست کامل ارائه می‌گردد.

5– undercut

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

چک‌لیست مواردی که بر کیفیت جوش مؤثر هستند

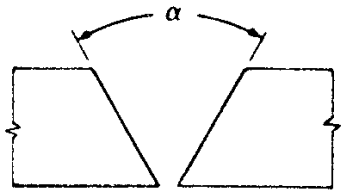
نکاتی که قبل، در حین و بعد از جوشکاری باید مورد بازرسی چشمی قرار گیرند

●○○ کنترل قبل از جوشکاری

○●○ کنترل در حین جوشکاری

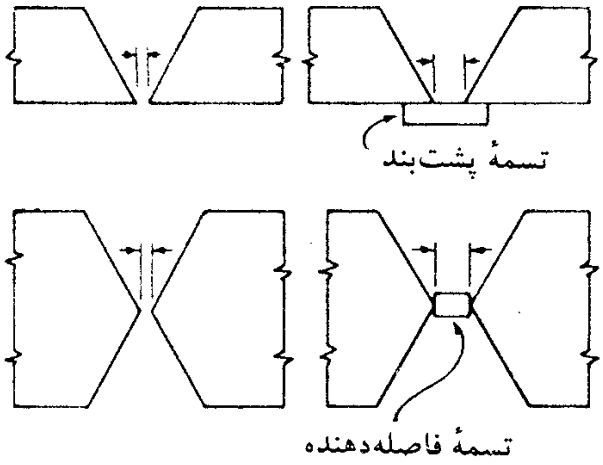
○○● کنترل بعد از جوشکاری

۱ ـ زاویهٔ پخی *(Included angle)* ●○○



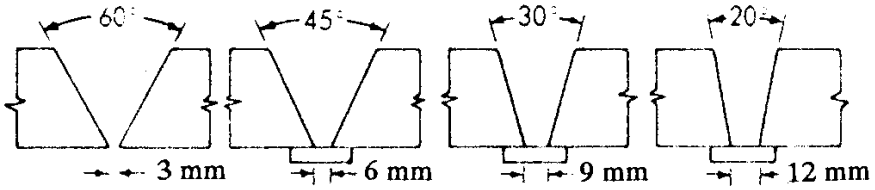
زاویهٔ پخی باید به‌اندازه‌ای باشد که الکترود به‌راحتی به‌ریشهٔ جوش برسد و در عبورهای متوالی، از ذوب کامل جداره‌ها اطمینان حاصل گردد. در حالت عمومی هرچه این زاویه بزرگتر باشد، مصرف مصالح جوش افزایش می‌یابد.

۲ ـ دهانهٔ ریشه *(Root opening)* ●○○



در صورت عدم استفاده از تسمهٔ پشت‌بند، امکان سوختن ریشه در عبور (پاس) اول وجود دارد. در نتیجه، در این حالت دهانهٔ ریشه قدری کاهش داده می‌شود. در صورتی‌که امکان سنگ زدن ریشه از

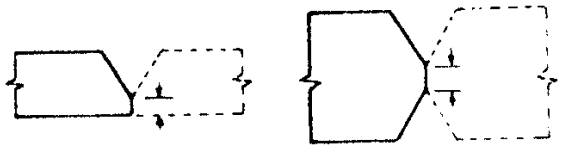
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



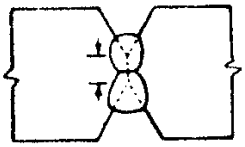
پشت کار وجود داشته باشد، عدم ذوب کامل ریشه در عبور (پاس) اول خیلی جدی نیست. در صورت استفاده از تسمهٔ پشت‌بند، دهانهٔ ریشه افزایش داده می‌شود تا ذوب کامل ریشه و تسمهٔ پشت‌بند امکان‌پذیر باشد. در این حالت نیازی به‌سنگ زدن ریشه از پشت کار نمی‌باشد و امکان سوختن ریشه نیز در میان نیست. در پخی دوطرفه، تسمهٔ فاصله‌دهنده نقش ورق پشت را بازی می‌کند، لیکن قبل از جوش پشت کار باید سنگ زده و کاملاً برداشته شود.

تذکر: برای دستیابی به‌ذوب کامل ریشه و لبه‌ها، زاویهٔ پخی و دهانهٔ ریشه عمل متقابل عکس روی یکدیگر دارند. یعنی هرچه زاویهٔ پخی کم باشد، باید دهانهٔ ریشه افزایش داده شود و هرچه دهانهٔ ریشه کم باشد، باید زاویهٔ پخی افزایش داده شود. در عمل باید به‌کمک آزمون و خطا، مطلوبترین حالت تعیین شود.

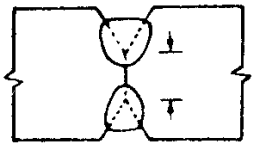
۳ ـ ضخامت ریشه *(Root face)* ●○○



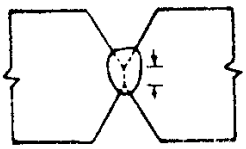
رعایت ضخامت ریشه به‌منظور جلوگیری از سوختن ریشه می‌باشد و معمولاً در جوش‌های اتوماتیک زیرپودری مقرر می‌گردد. ضخامت ریشه دارای یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر است و در صورت عدم رعایت مقدار حداقل، ریشهٔ جوش می‌سوزد و در صورت عدم رعایت مقدار حداکثر، ذوب ریشه کامل نخواهد بود.



(الف) ضخامت ریشهٔ کم باعث سوختن ریشه می‌شود



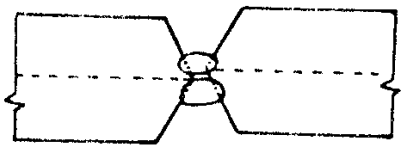
(ب) ضخامت ریشهٔ زیاد باعث عدم نفوذ کامل می‌شود



(پ) ضخامت ریشهٔ مناسب باعث نفوذ مناسب است

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۴ ـ هم‌محوری درز *(Alignment)* ●○○



عدم هم‌محوری صحیح باعث تشکیل قسمت‌هایی با نفوذ ناقص جوش می‌شود.

۵ ـ تمیزی درز *(Cleanliness of joint)* ●●●

سطوح درز باید تمیز و عاری از هرگونه آلودگی، گرد و غبار و رطوبت باشند.

۶ ـ نوع و اندازهٔ مناسب الکترود *(Proper type and size of electrode)* ○●○

نوع و اندازهٔ الکترود باید برای نوع فلز مورد جوش، وضعیت جوشکاری، وظیفهٔ جوش، ضخامت ورق، اندازهٔ درز و غیره مناسب باشد.

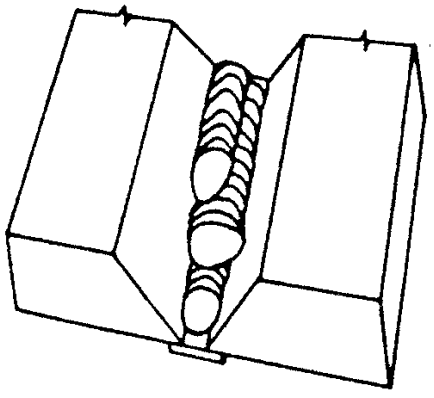
۷ ـ قطبیت و شدت جریان مناسب *(Proper welding current and polarity)* ○●○

برحسب نوع و قطر الکترود، نوع درز، و وضعیت جوشکاری، باید شدت جریان و قطبیت جوشکاری مناسب باشد.

۸ ـ خال‌جوش مناسب *(Proper tack weld)* ○●○

خال‌جوش‌ها باید کوچک و بلند باشند، به‌طوری که با جوش اصلی تداخلی نداشته باشند. در ورق‌های ضخیم، برای اجرای خال‌جوش‌ها باید از الکترودهای کم‌هیدروژن استفاده نمود.

۹ ـ ذوب خوب *(Good fusion)* ○●●



www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

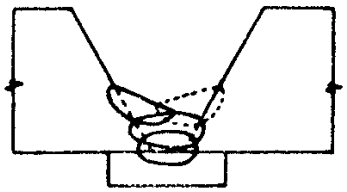
هر عبور (پاس) جوش باید به‌طور کامل با ورق پشت‌بند، عبور قبلی، و فلز پایه همجوش شده و امتزاج کامل به‌وجود آورد، به‌طوری که هیچ‌گونه حفرهٔ هوا در فصل مشترک به‌وجود نیاید.

۱۰ - پیش‌گرمایش و درجه حرارت پاس‌های میانی

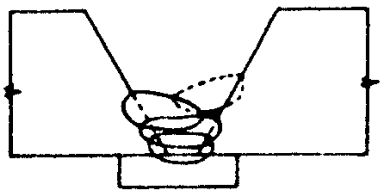
○●○ *(Proper Preheat and interpass temperature)*

مقدار پیش‌گرمایش و درجه حرارت مناسب برای عبورهای میانی، بستگی به‌ضخامت ورق، نوع فولاد، روش جوشکاری، و درجه حرارت محیط دارد. در صورتی که شرایط گفته‌شده، پیش‌گرمایش و درجه حرارت خاصی برای جوش‌های میانی لازم بدارند، در حین عملیات جوشکاری این موضوع باید به‌طور پیوسته مورد بررسی قرار گیرد.

۱۱ - توالی و ترتیب پاس‌های جوش *(Proper sequencing of passes)* ○●○



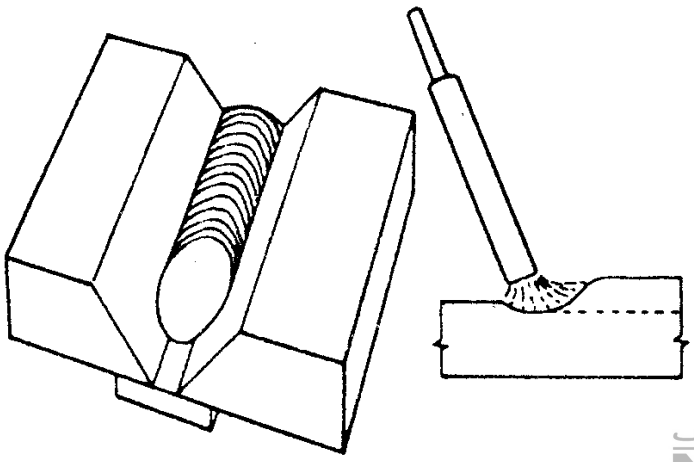
(الف) هیچ مشکلی برای عبور بعدی وجود ندارد



(ب) به‌علت فضای محدود امکان تولید حفرات هوا وجود دارد

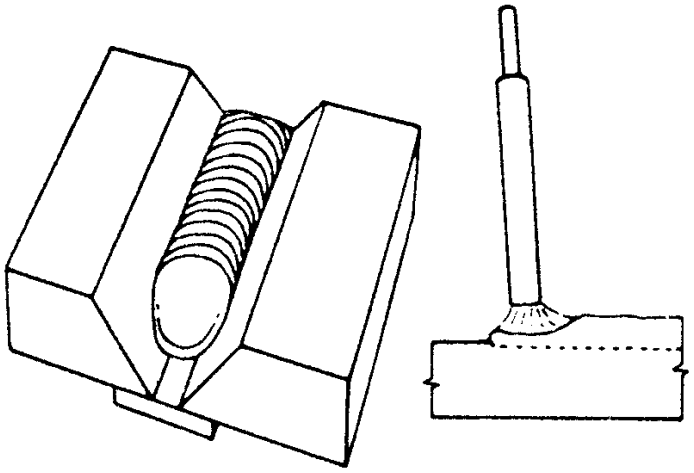
ترتیب و توالی پاس‌ها باید طوری باشد که امکان وقوع حفرات هوا در حد فاصل عبورهای جوش وجود نداشته باشد.

۱۲ - سرعت مناسب حرکت نوک الکترود *(Proper travel speed)* ○●○



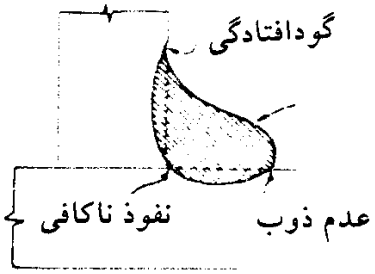
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

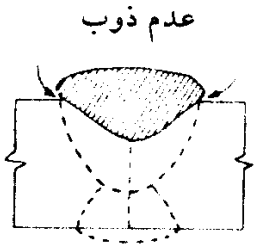
اگر سرعت حرکت خیلی آهسته باشد، فلز جوش ذوب شده و گل جوشکاری، به‌سمت جلوی الکترود فرار کرده و شروع به‌سرد شدن می‌نمایند. در نتیجه جوش اصلی که به‌روی این قسمت اجرا می‌گردد، شانس نفوذ کافی به‌ریشه را از دست می‌دهد.



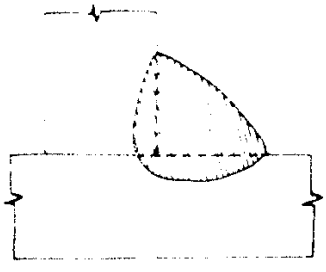
اگر سرعت حرکت افزایش داده شود، امکان فرار مواد مذاب به‌جلوی الکترود وجود نداشته و نفوذ کامل صورت می‌گیرد.

۱۳ ـ لوچهٔ (شره) جوش (Over lap) ○●●

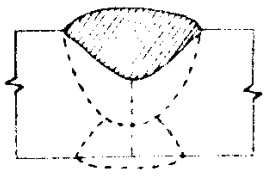




اگر سرعت نوک الکترود خیلی آهسته باشد، مقادیر زیادی از فلز جوش در حال رسوب، از لبه‌های نوار جوش به‌سمت بیرون سرریز (شره) کرده و از همجوشی کامل جلوگیری می‌نمایند. عمل سرریز به‌سهولت در حین جوشکاری قابل مشاهده بوده و روش اصلاح آن افزایش سرعت جوشکاری است (شکل زیر).



بدون لوچه

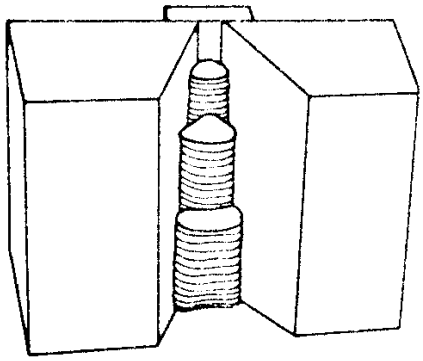


بدون لوچه

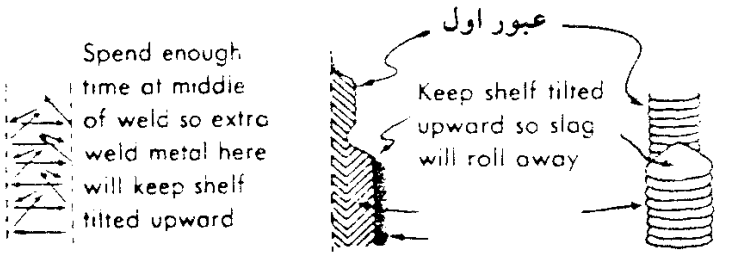
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

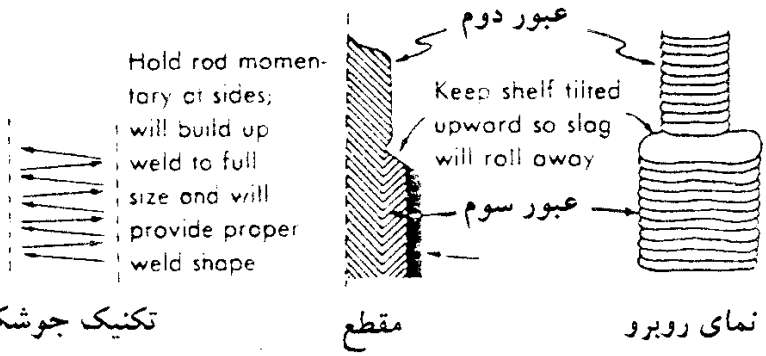
۱۴ ـ غلتاندن حوضچهٔ مذاب نوک الکترود در جوش‌های سربالا (قائم)

○●○ *(Tilt of crater in vertical welding)*



در جوش‌های سربالا (قائم) با دادن حرکت زیگ‌زاگ به‌نوک الکترود و غلتاندن حوضچهٔ مذاب، گِل جوشکاری را به‌طرف جلو رانده و از تداخل آن با جوش جلوگیری می‌شود.





۱۵ ـ چالهٔ انتهای جوش *(Filled Crater)* ○●●

چالهٔ دو انتهای جوش از دو نقطه نظر زیر ممکن است بحث‌انگیز باشد:

۱ ـ ضخامت گلوی جوش کمتر از سایر قسمت‌های نوار جوش است.

۲ ـ با توجه به‌اینکه سطح مقعری دارند، امکان وقوع ترک ستاره‌ای در آنها در هنگام سرد شدن وجود دارد. در جوش‌های گوشه پیوسته، خطر چالهٔ انتهای جوش وجود ندارد، زیرا جوشکار در

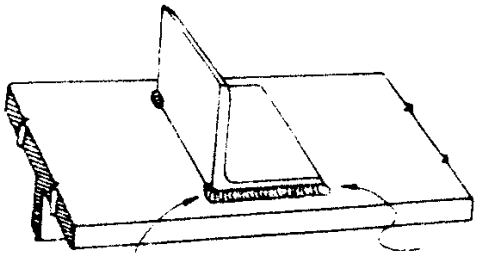
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

هنگام تعویض الکترود، چالهٔ انتهای جوش قبلی را با جوش پر می‌کند.

در جوش‌ها با طول محدود، لازم است انتهای جوش در محلی واقع گردد که میزان تنش کم است، در غیر این صورت باید دقت گردد که در انتهای جوش چاله کاملاً پر شود.

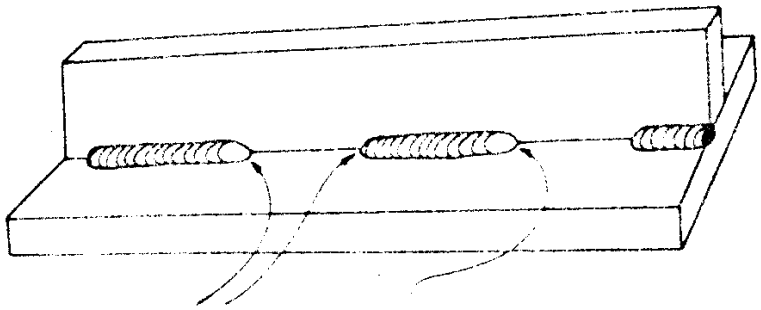
مثال: در جوش گوشه ورق فوقانی اتصال صلب به‌بال تیر، در شروع و ختم جوش باید دقیق بود تا حوضچه ایجاد نشود.

مثال: در جوش نبشی نشیمن، جوش از پشت بال نبشی شروع شده و به‌لبهٔ آن ختم می‌گردد، به‌طوری که چاله در این محل که تنش‌های کمتری دارد، ایجاد شود.



نقطهٔ شروع جوش — انتهای جوش (چالهٔ جوش بحرانی نیست)

مثال: در جوش‌های منقطع، تشکیل حوضچه در دو انتهای هر قطعه، مشکل مهمی نیست.

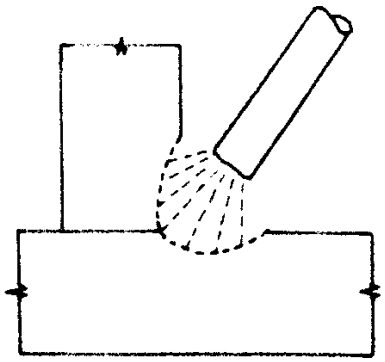


پر کردن چالهٔ انتهایی اثر زخم را کم می‌کند — اثر زخم در ابتدا و انتهای جوش مشکل مهمی نیست

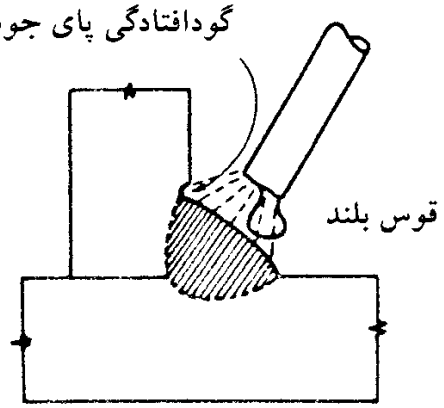
۱۶ ـ بریدگی لبه‌های جوش *(Under cut)* ○●●

الف: قوس الکتریک قادر به‌ذوب قسمت‌هایی از فلز پایه می‌باشد.

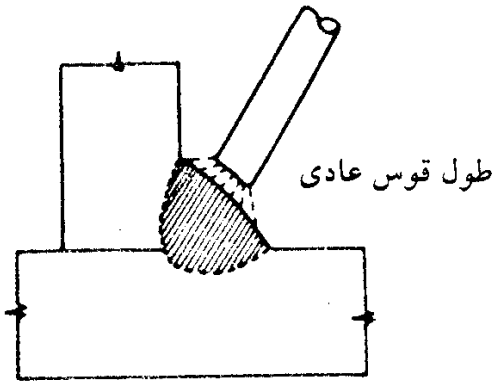
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



ب : اگر طول قوس بلند باشد (فاصلهٔ نوک الکترود تا سطح جوش)، مصالح جوش نمی‌تواند تمام فضای ذوب شده را پر کند، در نتیجه در لبهٔ جوش گودافتادگی یا بریدگی به‌وجود می‌آید.



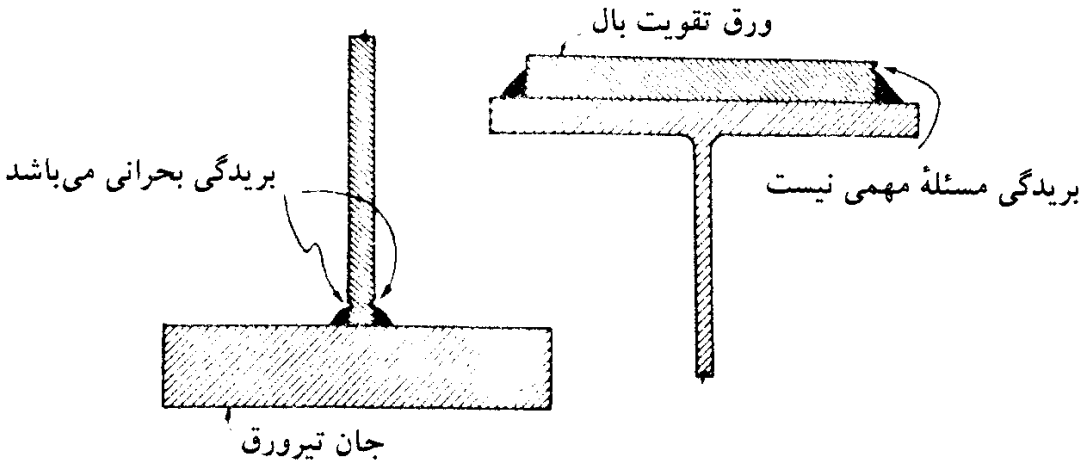
پ : با کاهش طول قوس (نزدیک کردن نوک الکترود به‌سطح جوش)، مصالح جوش تمام فضای ذوب شده را پر می‌کند.



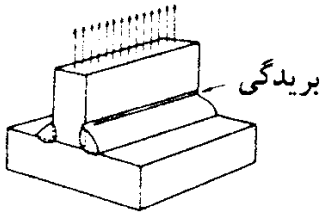
با توجه به‌اینکه بریدگی به‌راحتی با اصلاح دستورالعمل جوشکاری قابل اصلاح است، وقوع آن قابل پذیرش نیست. اما این سؤال پیش می‌آید که بریدگی در چه‌مواردی مضر بوده و باید اصلاح گردد.

۱ ـ اگر بریدگی باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد، وقوع آن مردود است.

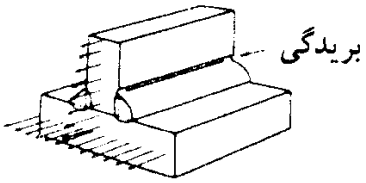
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



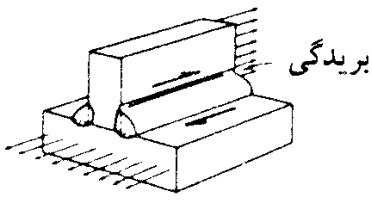
۲ ـ اگر تنش در امتداد عرضی اعمال گردد، بریدگی همانند یک زخم عمل کرده و زیانبار خواهد بود.



در شکل روبرو بریدگی زیانبار است.



در شکل روبرو بریدگی خیلی مضر نیست.

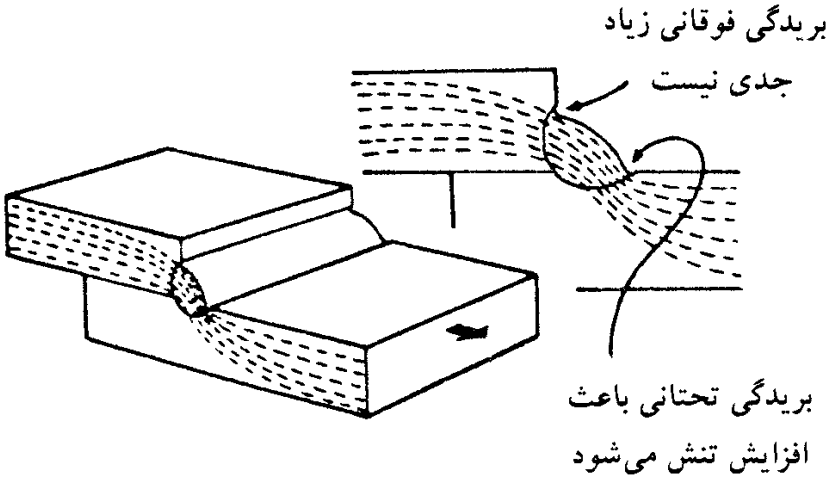


در شکل روبرو نیز تنش برشی به‌موازات بریدگی عمل نموده و زیانبار نخواهد بود.

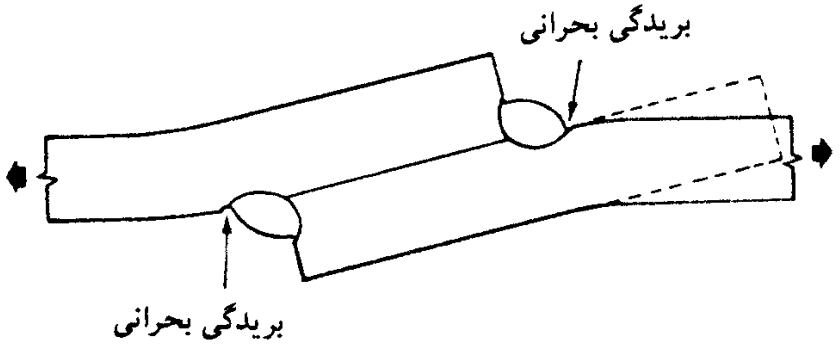
طبق آیین‌نامهٔ AWS ، در حالتی که نیرو به‌طور عرضی بر بریدگی اعمال گردد، بریدگی تا عمق ۰/۲۵ میلی‌متر و در صورتی که نیرو به‌موازات بریدگی باشد، تا عمق ۰/۸ میلی‌متر قابل قبول است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

به‌عنوان آخرین مطلب، توجه گردد که بریدگی تحتانی دارای تأثیر زیانبارتری نسبت به‌بریدگی فوقانی است.

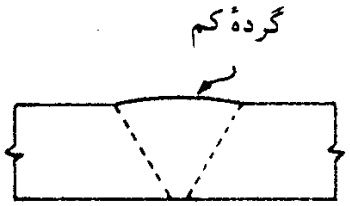


هرگونه برون‌محوری، باعث ایجاد تنش خمشی در بریدگی تحتانی می‌گردد.



۱۷ ـ گرده در جوش‌های شیاری *(Slight Reinforcement on Groove Welds)* ○●●

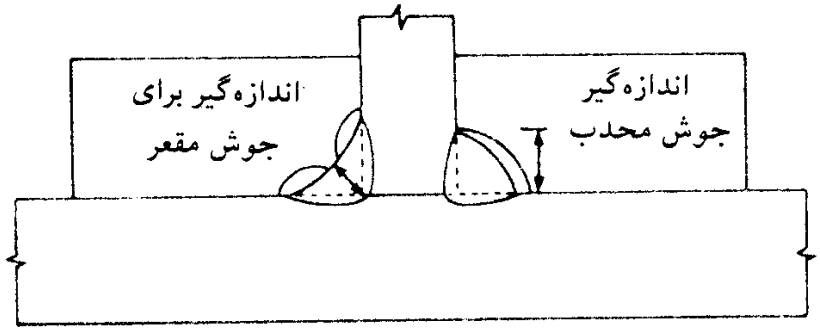
وجود گرده تا ۱/۵ میلی‌متر در جوش‌های شیاری قابل پذیرش است. مقادیر بیشتر باعث افزایش مخارج و کاهش مقاومت خستگی می‌گردد.



۱۸ ـ اندازهٔ جوش گوشه *(Full size of fillet weld)* ○○●

با استفاده از گیج‌های مخصوص، اندازهٔ جوش گوشه باید کنترل گردد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



۱۹ ـ وقوع ترک *(Cracks)* ●●○

وقوع هرگونه ترک به‌هر صورت (سطحی یا عمقی)، باعث مردود شدن جوش خواهد بود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

فصل ۸

آزمایش‌های ارزیابی

قسمت الف: کلیات

۸ـ۱ معرفی

جوشکاری در ابتدا جهت وصلهٔ قطعات و کارهای تعمیری مورد استفاده بود و به‌ندرت در ساخت سازه‌های فولادی نظیر ساختمان‌ها و پل و یا سازه‌های صنعتی نظیر مخازن، سیلوها، مخازن تحت فشار، خطوط لولهٔ آبرسانی و سوخت‌رسانی، و سایر موارد مشابه که خرابی و شکست آنها موجب فجایع جبران‌ناپذیر می‌گردد، مورد استفاده قرار می‌گرفت. از هنگام کاربرد جوشکاری به‌عنوان ابزار ساخت اسکلت‌های فولادی، مقاوم بودن درز اتصال جوش‌شده در مقابل شرایط بهره‌برداری و شرایط بحرانی (مثل نیروهای زلزله) امر مهمی گردید. به‌همین جهت در کنار گسترش کاربرد جوش، باید روش‌هایی جهت تعیین کیفیت جوش و کنترل و ارزیابی صلاحیت فنی جوشکار و در نهایت بازرسی و تأیید کار تمام‌شده، تدوین می‌شد.

قابلیت اعتماد از عملکرد سازه ایجاب می‌نماید که فلز جوش و درز جوشکاری شده از لحاظ مقاومت، سلامت و دیگر خصوصیات مورد نظر سازه‌ای و عاری بودن از عیوب جوشکاری مورد آزمایش و امتحان قرار گیرد.

۸ـ۲ معایب جوش و آزمایش‌های ارزیابی و تأیید

در این قسمت بدون اینکه بخواهیم به‌موضوع عمیق شویم، به‌بیان عمومی موضوع و معرفی معایب جوش، خصوصیات مقاومتی لازم برای درز جوش، و روند کلی ارزیابی و تعیین صلاحیت

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جوشکار و در نهایت تأیید نهایی کار می‌پردازیم.

معایب جوش

معایب احتمالی جوش که وجود آنها در مقاومت و عملکرد درز جوش تأثیرگذار است به‌شرح زیر می‌باشد:

۱ ـ نفوذ ناقص؛

۲ ـ امتزاج ناقص؛

۳ ـ بریدگی (گودافتادگی) لبهٔ نوار جوش؛

۴ ـ اختلاط سرباره؛

۵ ـ تخلخل؛

۶ ـ ترک؛

۷ ـ معایب ابعادی؛

۸ ـ تردشکنی.

هدف آن است که با استفاده از روش‌های تضمین کیفیت (Q.A.) و کنترل کیفیت (Q.C.) از معایب فوق جلوگیری نمود و یا در صورت بروز آنها را پیدا کرده و رفع نمود. آزمایش‌های جوش هم در زمینهٔ تضمین و هم در زمینهٔ کنترل کیفیت، به‌خدمت گرفته می‌شوند.

آزمایش‌های جوش

آزمایش‌های جوش با سه هدف عمدهٔ زیر انجام می‌شوند:

۱ ـ آزمایش‌های ارزیابی و تأیید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری[1] (W.P.S)؛

۲ ـ آزمایش‌های ارزیابی، تعیین صلاحیت و رده‌بندی جوشکاران؛

۳ ـ آزمایش‌های بازرسی و تأیید.

آزمایش‌های ردیف ۱ و ۲ در قالب تضمین کیفیت بوده و در ردهٔ آزمایش‌های مخرب قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال در آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (W.P.S)، یک قطعه با درز جوشی با طول محدود (حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) مطابق با مشخصات و روش ارائه‌شده در دستورالعمل جوشکاری (که از طرف پیمانکار ارائه شده) توسط یک جوشکار با صلاحیت، جوشکاری می‌شود و سپس نمونه‌هایی از این قطعه اخذ شده و تحت آزمایش‌های مکانیکی نظیر

1– Welding Procedure

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

کشش و یا خم که در قسمت‌های بعدی به‌طور کامل در مورد آنها بحث می‌گردد، قرار می‌گیرد. در صورت قابل پذیرش بودن نتایج، نوع الکترود، شدت جریان، اختلاف پتانسیل، قطبیت، هندسهٔ درز، تعداد پاس‌ها و تمام اطلاعاتی از این قبیل که در دستورالعمل جوشکاری معرفی شده است، قابل پذیرش خواهد بود.

آزمایش‌های ارزیابی و رده‌بندی جوشکاران نیز کم و بیش مطابق فوق است و در این آزمون‌ها، یک جوش که دستورالعمل آن مورد تأیید است، توسط جوشکار در وضعیت مورد نظر انجام می‌گردد. از قطعهٔ جوشکاری شده نمونه‌هایی اخذ شده و تحت آزمایش‌های مکانیکی تا نقطهٔ خرابی قرار می‌گیرد. برحسب نتایج حاصل، صلاحیت جوشکار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

آزمایش‌های بازرسی و تأیید اساساً با آزمایش‌های فوق متفاوت است و غالباً در ردهٔ آزمایش‌های غیرمخرب قرار می‌گیرند. هدف از انجام آزمایش‌های بازرسی و تأیید،اطمینان از کیفیت جوشی است که مقاومت آن در ارزیابی دستورالعمل جوشکاری به‌تأیید رسیده و توسط جوشکاری انجام می‌شود که صلاحیت آن نیز مورد تأیید است. آزمایش‌های بازرسی و تأیید از بازرسی عینی درزجوش و نحوهٔ نگهداری‌الکترودها آغازشده و با بازرسی‌در حین عملیات جوشکاری‌ادامه می‌یابد و درنهایت به‌بازرسی عینی درز جوش شده و بالاخره با انجام آزمایش‌های تکمیلی نظیر پرتونگاری، فراصوت، نفوذ و پودر مغناطیسی به‌اتمام می‌رسد. نتیجهٔ کار می‌تواند مبین بی‌عیب و قابل پذیرش بودن کار و یا مردود بودن و تعمیری شدن کار باشد. این آزمایش‌ها در برنامهٔ Q.C قرار می‌گیرد.

این فصل به‌چهار قسمت تقسیم می‌شود که عبارتند از:

قسمت الف: کلیات

قسمت ب: آزمایش‌های غیرمخرب

قسمت پ: آزمایش‌های مخرب

قسمت ت: عیوب جوشکاری

قسمت ث: ضوابط پذیرش

۸ـ۳ ارزیابی دستورالعمل جوشکاری

ارزیابی دستورالعمل جوشکاری، کنترلی است برای تعیین صحت روش جوشکاری مورد استفاده در یک عملیات خاص. انجمن جوش آمریکا و بسیاری‌از آیین‌نامه‌های دیگر دستورالعمل‌های استانداردی برای‌جوشکاری تدوین کرده‌اند. دستورالعمل جوشکاری دربردارندهٔ مشخصات فلزپایه، فلز پرکننده، آماده‌سازی درز، موقعیت جوشکاری، روش و تکنیک جوشکاری، و جریان الکتریکی می‌باشد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

دستورالعمل جوشکاری
(W.P.S)

تاریخ: تجدیدنظر: B

نیمه‌اتوماتیک ☐ دستی ☑

اتوماتیک ☐ ماشینی ☐

نام شرکت:

روش جوشکاری: SMAW (جوش الکترود دستی)

وضعیت: (POSITION)

تخت ☐ افقی ☐ سقفی ☐

جوش قائم ☐ (سرپایین ☐ سربالا ☐)

طراحی درز: (JOINT DSIGN USED)

نوع: Single ☐ Double Weld ☑

پشت‌بند: بله ☐ خیر ☑

مصالح پشت‌بند:

دهانه: 00mm

شیارزنی از پشت: بله ☐ خیر ☑ روش ☐

پس‌گرمایش:
(POSTWELD HEAT TREATMENT)

درجه حرارت: زاویهٔ شیار:

تکنیک جوشکاری: (TECHNIQUE)

یک‌پاسه ☐ چند پاسه ☐

تعداد الکترود:

روش تمیزکاری بین پاس‌ها:

مصالح پایه: (BASE MATERIALS)

نوع فولاد پایه:

ضخامت ورق‌های دوطرف درز:

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

مصالح الکترود: (FILLER METALS)

ردهٔ الکترود

پیش‌گرمایش: (PREHEAT)

دمای پاس اول:

دمای پاس‌های میانی:

مشخصات الکتریکی:

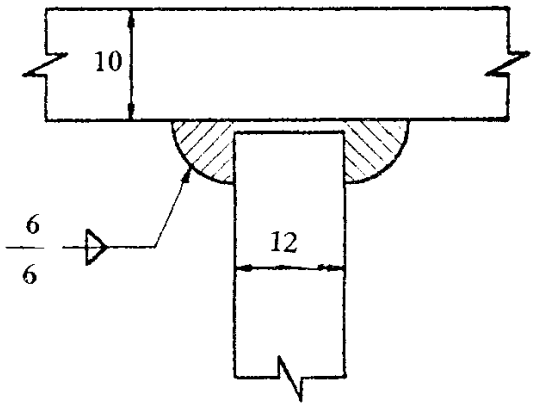
(ELECTRICAL CARACTERISTICS)

قطبیت: AC ☐ DCEP ☑ DCEN ☐

آمپراژ:

ولتاژ:

طرح درز:



شماره	پاس	الکترود		جریان		آمپراژ	ولتاژ	سرعت الکترود
		روش جوشکاری	نوع الکترود	قطر الکترود	قطبیت			
1	اول	SMAW	E6013	3.2	DCEP	90~130	18~22	10~20cm/min
2	دوم	SMAW	E6013	4.2	DCEP	90~130	18~22	10~20
3	سوم	SMAW	E6013	5.2	DCEP	90~130	18~22	10~20

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

پاره‌ای از شرایط نظیر مشخصات جریان الکتریکی، اندازهٔ الکترود، مهارت جوشکار در حرکت الکترود، درجه حرارت پیش‌گرمایش، درجه حرارت بین پاس‌ها و درجه حرارت پس‌گرمایش نیز در این دستورالعمل‌ها ارائه می‌گردد. پیروی از یک دستورالعمل خاص جوشکاری نتایج هماهنگ و یکنواختی را تضمین می‌کند. در صفحهٔ قبل، یک دستورالعمل جوشکاری ارائه شده است.

۸ـ۴ ارزیابی جوشکار

آزمونی که صلاحیت جوشکار را برای اجرای ضوابط آیین‌نامه‌ای تأیید می‌کند، آزمایش تشخیص صلاحیت[۲] یا ارزیابی جوشکار[۳] و یا آزمون کیفیت اجرا[۴] خوانده می‌شود. این ارزیابی مشخص می‌کند که آیا جوشکار دانش و مهارت لازم را در به‌کارگیری و اعمال دستورالعمل جوشکاری مدون در رابطه با رده‌بندی کاری خود دارد یا خیر.

ارزیابی جوشکار ممکن است با تجهیزات جوشکاری دستی و یا با تجهیزات جوشکاری تمام اتوماتیک انجام شود.

قابلیت اعتماد به‌یک جوشکاری بر پایهٔ استفاده از بازرسی مناسب قرار دارد. روش‌های آزمایشی که کیفیت یک جوش را تعیین می‌کند، در سه طبقه‌بندی بسیار وسیع قرار می‌گیرد: ۱ ـ آزمایش‌های غیرمخرب؛ ۲ ـ آزمایش‌های مخرب؛ ۳ ـ بازرسی عینی.

یک آزمایش غیرمخرب، همان‌طور که از اسم آن پیداست، آزمایشی است که موجب تخریب جوش یا قطعهٔ تولید شده نمی‌گردد. تجهیزات و فن‌آوری‌های پیشرفتهٔ بازرسی، آزمایش غیرمخرب را به‌یک ابزار بازرسی مؤثر تبدیل کرده‌اند.

در آزمایش مخرب که گاهی آزمایش مکانیکی نیز خوانده می‌شود، نیاز به‌اخذ یک نمونه آزمایشی از قطعهٔ ساخته شده و یا نمونهٔ بریده شده از قطعهٔ آزمایشی می‌باشد. این نمونه در حین آزمایش تخریب شده و قابل استفاده نیست. آزمایش مخرب عموماً برای تعیین خواص مکانیکی و متالورژی مشروح در دستورالعمل جوشکاری به‌کار می‌رود. این نوع آزمایش همچنین برای آزمون جوشکاران و دستورالعمل جوشکاری قبل از شروع کار اصلی نیز به‌کار می‌رود.

در بازرسی عینی سطح جوش و فلز پایه در ناحیهٔ جوشکاری به‌دقت بازبینی می‌شود. ابزار بازرسی مخصوص و دستگاه‌های اندازه‌گیری ممکن است در کنار مشاهدهٔ چشمی به‌کار روند. بازرسی عینی، آزمایشی است که عموماً توسط بازرسین جوشکاری و ناظرین مجرب به‌کار می‌رود.

2– procedure qualification test

3– operator qualification test

4– performance qualification test

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

این روش برای کارهای غیرمهم (غیرآیین‌نامه‌ای) بسیار مناسب می‌باشد.

قسمت ب: آزمایش‌های غیرمخرب

۸ـ۵ آزمایش غیرمخرب

۸ـ۵ـ۱ آزمون ذرات مغناطیسی[5] (MT)

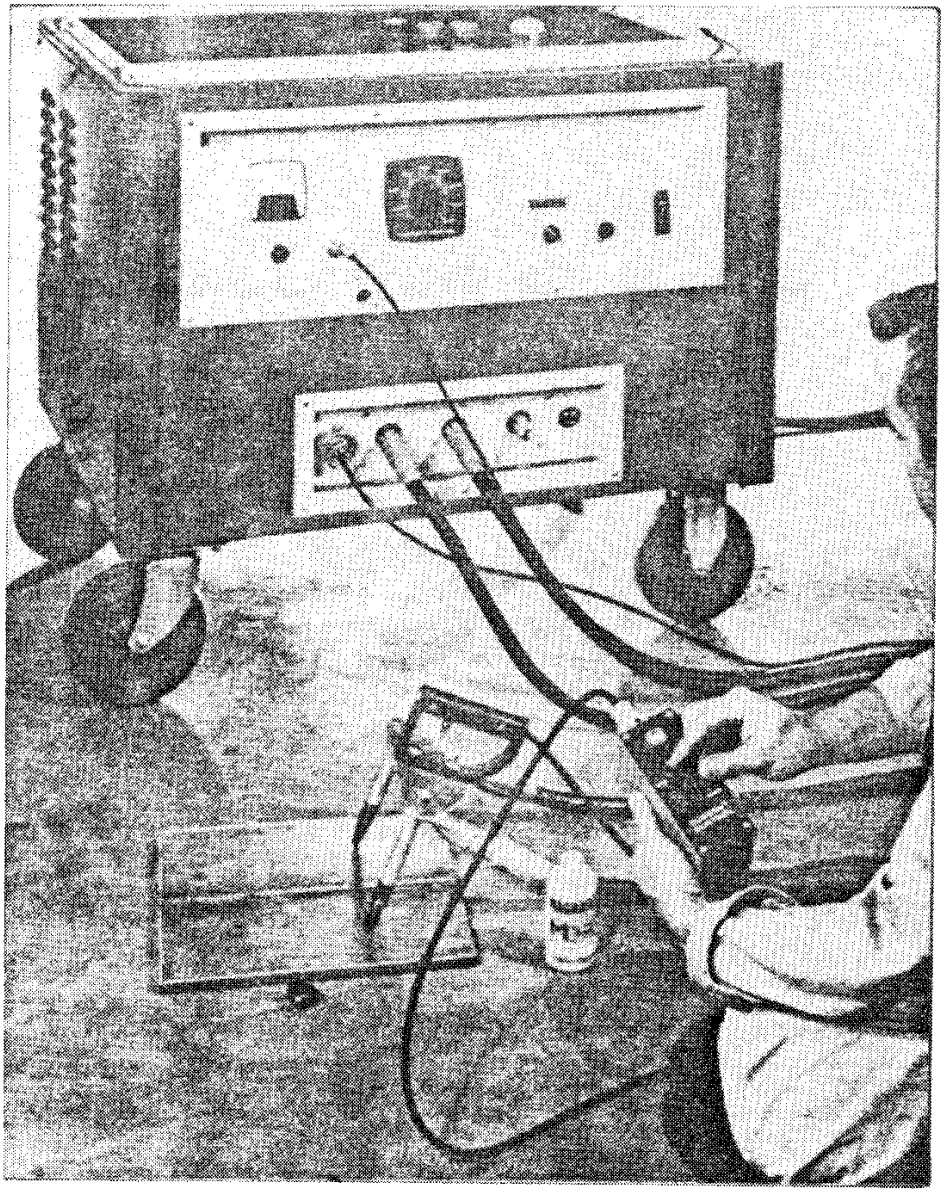
آزمون ذرات مغناطیسی یکی از آسانترین آزمایش‌های غیرمخرب جوشکاری است. این آزمایش برای بررسی و بازبینی عیوب سطحی لبه ورق‌های قبل از جوشکاری به‌کار می‌رود. این روش جوش را برای معایبی از قبیل ترک‌های سطحی[6]، ذوب ناقص[7]، تخلخل[8]، بریدگی کناره جوش[9]، نفوذ ناقص ریشه جوش[10] و اختلاط سرباره[11] کنترل می‌کند. این روش محدود به‌مواد مغناطیسی‌شونده نظیر چدن و فولاد بوده و برای مواد و فلزات غیرمغناطیسی مانند، فولاد ضد زنگ، آلومینیم و مس کاربرد ندارد. نام دیگر این آزمایش، روش پودر یا گرد مغناطیسی[12] است.

این آزمایش که در شکل ۸ ـ ۱ نشان داده شده، محل ترک‌های داخلی و سطحی بسیار ریز را برای رؤیت با چشم غیرمسلح آشکار می‌کند. معایب موجود توسط این روش در عمقی معادل ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر زیر سطح جوش قابل تشخیص هستند. معایب عمیق‌تر با این روش قابل شناسایی نیستند.

قطعهٔ مورد آزمایش با استفاده از جریان الکتریکی جهت ایجاد یک میدان مغناطیسی در داخل مصالح، یا قرار دادن آن در داخل یک سیم‌پیچ، مغناطیسی می‌گردد. سطح مغناطیسی‌شدهٔ قطعه، با لایهٔ نازکی از یک گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز پوشیده می‌شود. این لایه گرد در صورت عدم وجود عیب در جوش یا فلز پایه می‌تواند از روی سطح برداشته شود ولی در صورت وجود یک عیب سطحی یا داخلی گرد مورد نظر در داخل حفره یا ترک مربوطه فرو می‌رود(یا می‌چسبد).

5– Magnetic Particle Testing (MT)
6– surface crack
7– lack of fusion
8– porosity
9– undercut
10– root penetration
11– slag inclusion
12– magna flux

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۱ ـ دستگاه آزمایش ذرات مغناطیسی

۸ ـ ۵ ـ ۲ آزمون پرتونگاری[۱۳]

پرتونگاری یکی از روش‌های آزمایش غیرمخرب می‌باشد که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز (میکروسکوپی) جوش را نشان می‌دهد. این روش دو نوع پرتو X یا گاما را مورد استفاده قرار می‌دهد. اشعهٔ گاما به‌خاطر طول موج کوتاه خود می‌تواند در ضخامت‌های نسبتاً زیادی از مواد نفوذ کند، در ضمن زمان تابش اشعه به‌قطعه مورد پرتونگاری[۱۴] در مورد اشعهٔ گاما نسبت به‌اشعه X

13– Radiographic Inspection

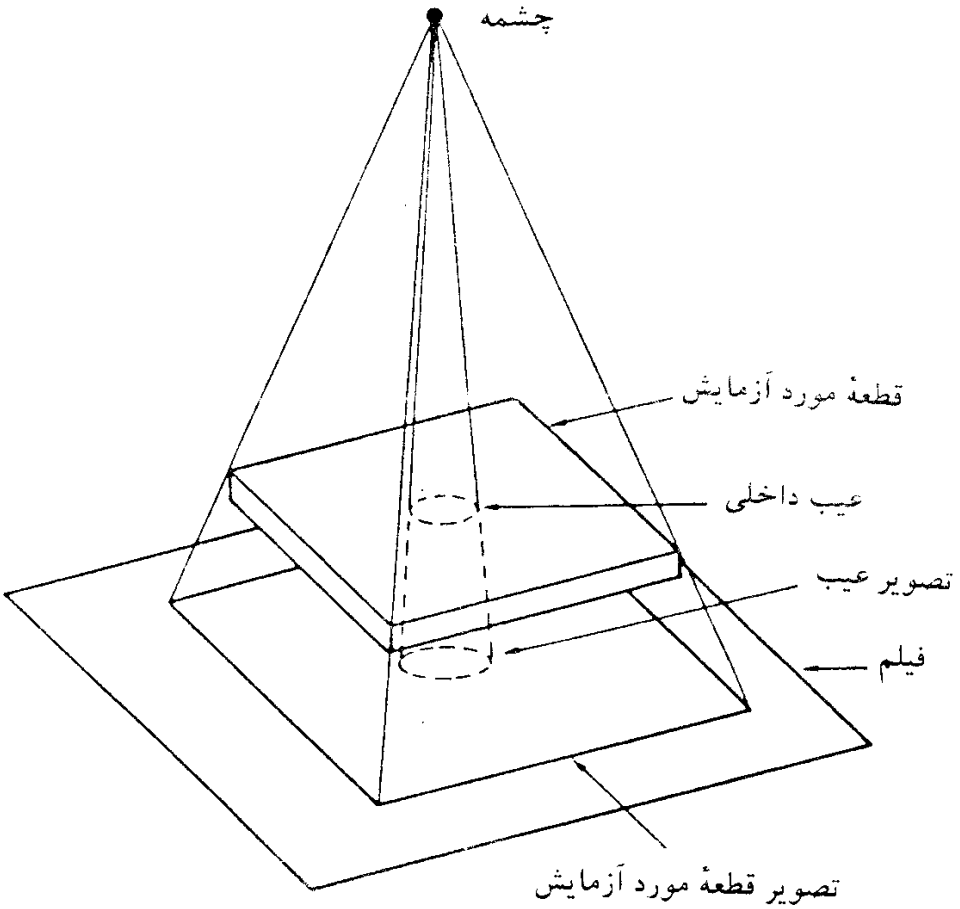
14– exposure time

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

بسیار طولانی‌تر می‌باشد. فیلم‌های به‌دست آمده از پرتونگاری با اشعه X به‌نام ایکس‌نگار[15] و فیلم‌های به‌دست آمده از کاربرد اشعه گاما، به‌نام گامانگار[16] خوانده می‌شوند. این دو نوع فیلم در حالت کلی به‌نام پرتونگار[17] خوانده می‌شوند.

در آزمایش پرتونگاری یک عکس از وضعیت داخلی فلز جوش گرفته می‌شود. در حین عکسبرداری، فیلم در یک‌طرف و منبع پرتوزا (X یا گاما) در سمت دیگر قطعه قرار می‌گیرد.

پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور از این ضخامت لکه‌ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می‌کند. میزان جذب پرتوهای رادیویی توسط مواد مختلف متفاوت است. نفوذ گِل، حفره گازی، ترک‌ها، بریدگی‌های کناره جوش و قسمت‌های نفوذ ناقص جوش، تراکم کمتری نسبت به‌فولاد سالم دارند. بنابراین در حوالی این قسمت‌ها پرتو بیشتری به‌سطح فیلم می‌رسد و عیوب فلز جوش، به‌صورت لکه‌های تاریکی بر روی فیلم ثبت می‌شوند. این شیوه پرتونگاری حضور معایب مختلف در فلز جوش و فلز پایه را مسجل کرده و اندازه، شکل و محل آنها را ثبت می‌کند.



15– exograph
16– gammagraph
17– radiogrph

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۸ ـ ۵ ـ ۳ بازرسی با مواد نافذ[18]

بازرسی با مواد نافذ یکی از شیوه‌های غیرمخرب برای محل‌یابی معایب سطحی می‌باشد. مشابه روش پرتونگاری این آزمایش برای فلزات غیرمغناطیسی نظیر فولاد ضدزنگ، آلومینیم، منیزیم و تنگستن و پلاستیک‌ها نیز قابل کاربرد است. آزمایش با مواد نافذ جهت تشخیص عیوب داخلی قابل استفاده نمی‌باشد.

آزمون با رنگ نافذ قرمز

سطح مورد بازرسی باید در ابتدا از لکه‌های روغن، گریس و مواد ناخالص و خارجی تمیز شود. سپس مادهٔ رنگی مورد نظر بر روی سطح پاشیده شده و در داخل ترک‌ها و سایر ناهمواری‌ها نفوذ می‌کند. رنگ اضافی از روی سطح پاک شده و سپس یک مایع فوق‌العاده فرار حاوی ذرات ریز سفیدرنگ بر روی سطح پاشیده می‌شود. این ماده به‌نام مادهٔ ظهور[19] (ظاهرکننده) خوانده می‌شود.

تبخیر مایع فرار باعث برجای ماندن گرد خشک سفیدرنگ بر روی مادهٔ قرمز نفوذ کرده در ترک‌ها می‌گردد و بر اثر عمل مویینگی، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و پودر سفید کاملاً قرمز می‌شود. به‌همین جهت ترک مورد نظر به‌وضوح با این روش قابل شناسایی است (شکل ۸ ـ ۲).

آزمون با مادهٔ نافذ[20] حساس

این روش مشابه آزمون‌های غیرمخرب با مواد نافذ رنگی است که برای کشف معایب سطحی به‌کار می‌رود. مشابه سایر روش‌های این رده، این آزمایش نیز شامل نفوذ مادهٔ رنگی در ترک (یا نقص مورد نظر)، پاک‌کردن ماده رنگی اضافی و ظهور قسمت معیوب می‌باشد. ماده رنگی این آزمایش ماده‌ای با حساسیت بسیار زیاد است. ترک‌های ریز در زمینهٔ سفیدرنگ ماده ظهور قابل شناسایی هستند. این ماده حساس محل ترک‌های ریز، تخلخل، حفره و درزهای غیرقابل رؤیت با چشم غیرمسلح را بر روی مادهٔ رنگی قرمز به‌طور واضح و مجزا مشخص می‌کند.

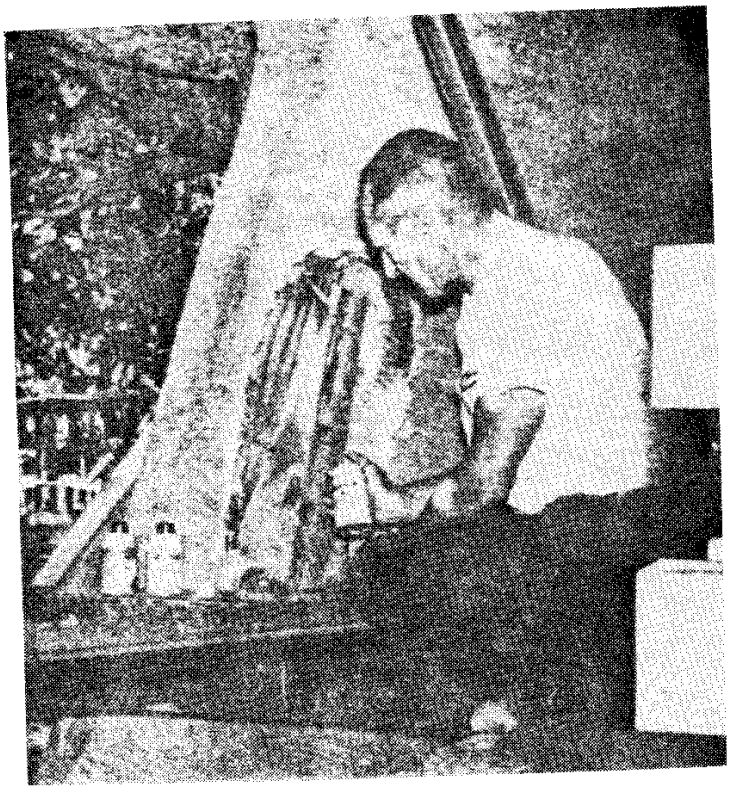
آزمایش بر روی بسیاری مصالح نظیر فولاد، آلومینیم، برنج، کربید، شیشه و پلاستیک به‌کار می‌رود. شکل ۸ ـ ۲، آزمایش جوش با این روش را نشان می‌دهد.

18– penetrant inspection

19– developer

20– spotchek

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۲ ـ آزمون با رنگ نافذ در یک اتصال جوشی

۸ ـ ۵ ـ ۴ آزمون فراصوتی[۲۱]

آزمون فراصوتی یکی از آزمایش‌های نسبتاً پیشرفته در ردهٔ آزمایش‌های غیرمخرب می‌باشد. این روش سریع بوده و قادر به‌تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به‌تخریب قطعهٔ جوش‌شده می‌باشد. چون این روش از نزدیک کنترل می‌شود، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعهٔ جوش‌شده، بدون نیاز به‌یک‌سری عملیات پرکار را دارا می‌باشد. این روش هم معایب سطحی وهم نواقص داخلی فلز جوش و فلز پایه را مشخص، مکان‌یابی و اندازه‌گیری می‌کند.

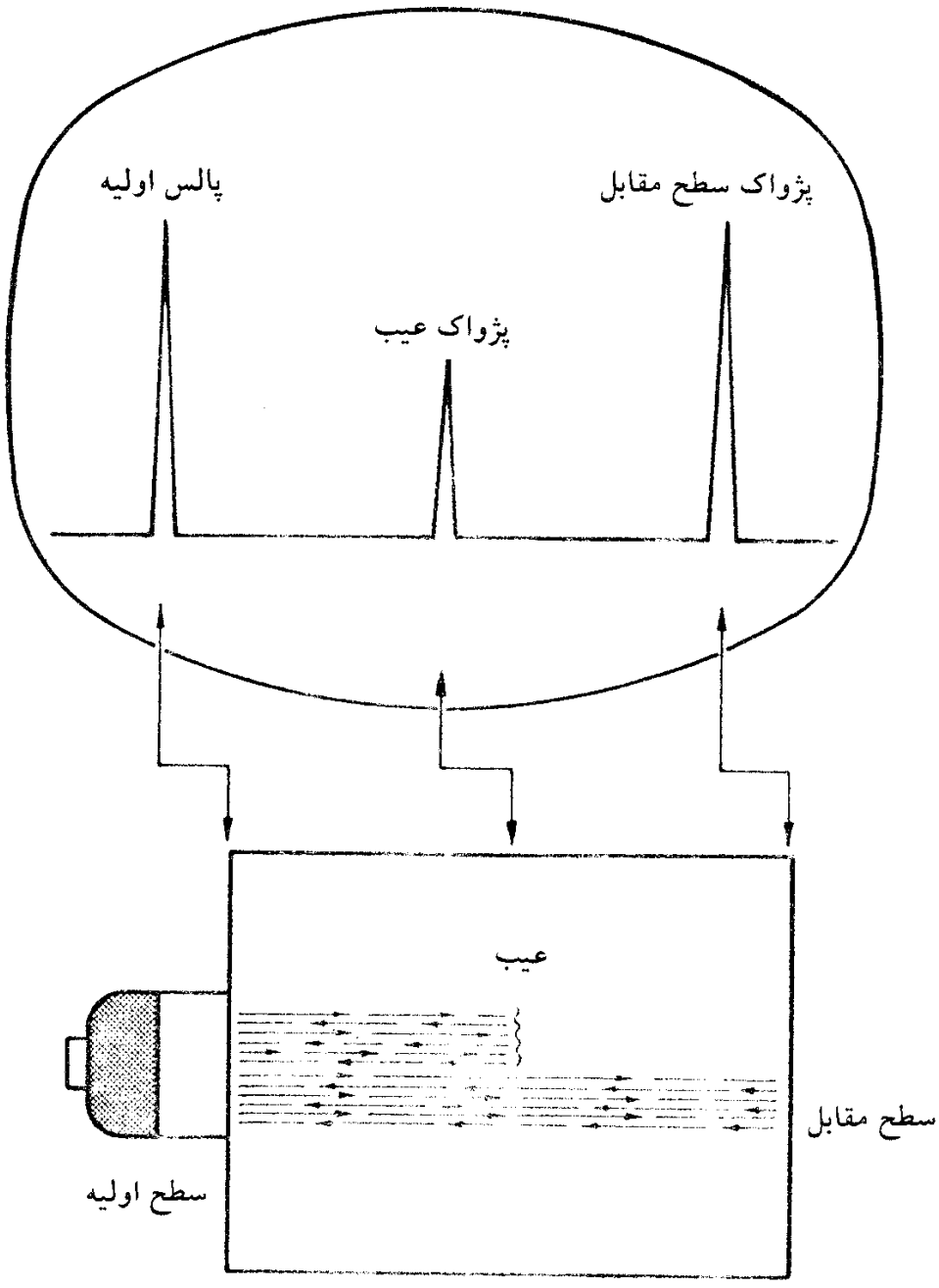
آزمایش فراصوتی توسط موج منتشر شده از یک مبدل (بلور کوارتز)، که مشابه یک موج صوتی ولی با گام و فرکانس بالاتری است، انجام می‌شود. موج‌های فراصوتی از داخل قطعهٔ مورد آزمایش عبور داده می‌شوند و با هرگونه تغییر در تراکم داخلی قطعه، منعکس می‌شوند. این موج‌ها توسط یک مبدل[۲۲] (بلور کوارتز که تحت جریان متناوب قرار داد) که به‌یک واحد جست‌وجوگر متصل شده، تولید می‌شوند. امواج منعکس‌شده (پژواک‌ها) به‌صورت برجستگی‌هایی نسبت به‌خط مبنا، بر روی صفحه نمایش دستگاه، ظاهر می‌شوند.

21– ultrasonic testing

22– transducer

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

هنگامی‌که واحد جست‌وجوگر به‌مصالح مورد نظر متصل می‌شود، دو نوع پژواک بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. ضربان اول، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه است، می‌باشد، و ضربان دوم مربوط به‌انعکاس موج از سطح مقابل است. فاصله بین این دو ضربان با دقت کالیبره می‌شود. این الگو نشان می‌دهد که مصالح در شرایط مناسبی از نظر معایب و نواقص داخلی قرار دارد. هنگامی‌که یک عیب یا ترک داخلی توسط واحد جست‌وجو پیدا شود، تولید ضربان سومی می‌کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می‌شود (شکل ۸ ـ ۳).



شکل ۸ ـ ۳ ـ انعکاس امواج در برخورد با سطوح ورق و عیب به‌صورت امواج ضربانی بر روی صفحهٔ نمایش ظاهر می‌شوند.

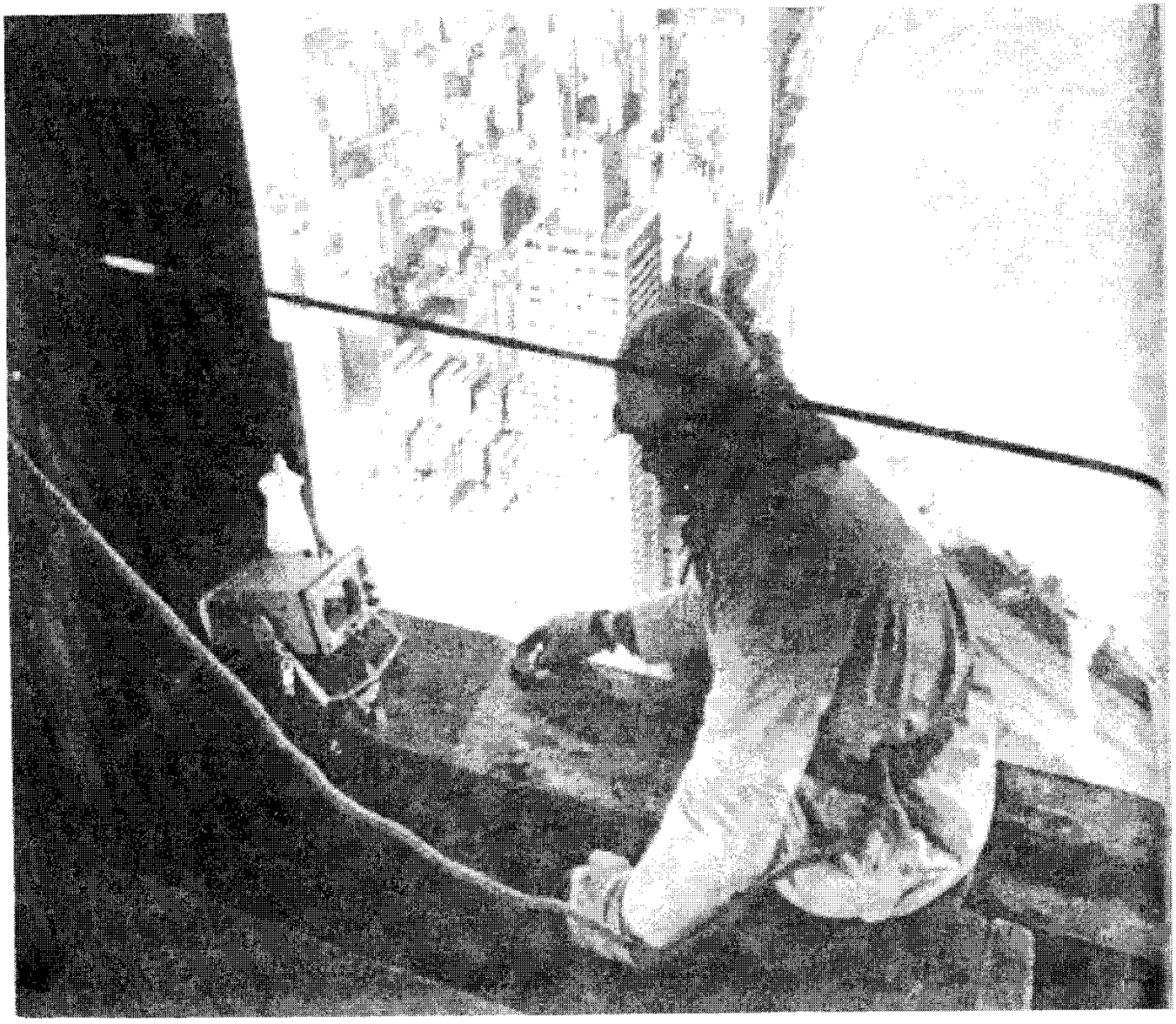
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

بنابراین مشخص می‌شود که محل این عیب بین سطوح بالا و پایین مصالح (در داخل جسم مصالح) می‌باشد. فاصله میان ضربان‌ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان سختی (تراکم) عیب مزبور را مشخص می‌کند.

یک مورد از کاربرد روش آزمایش فراصوتی در شکل ۸ ـ ۴ برای بازرسی اتصال جوشی تیر به‌ستون نشان داده شده است.

نوع نمایش تصویری در آزمون فراصوتی

اطلاعاتی را که طی آزمون فراصوتی به دست می‌آیند به چند طریق می‌توان به صورت تصویر نمایش داد.



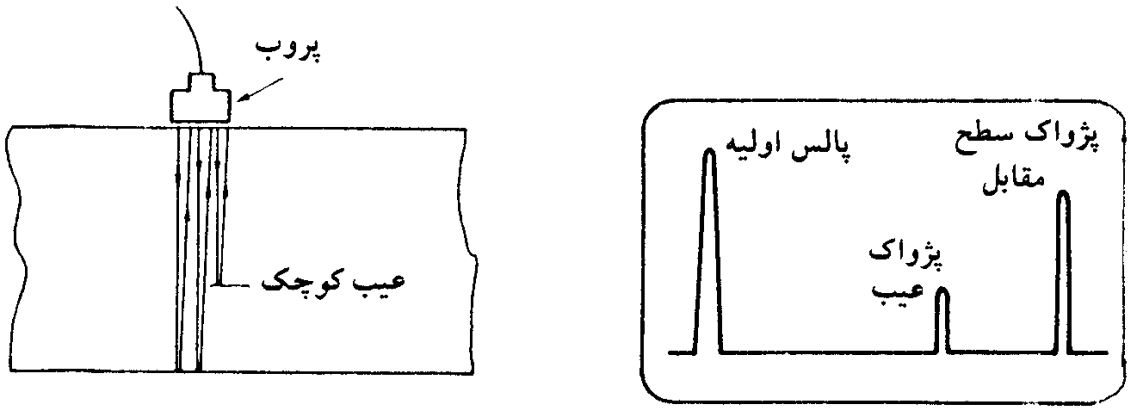
شکل ۸ ـ ۴ ـ کاربرد یک دستگاه آزمایش فراصوتی قابل حمل در کنترل جوش ساختمانی در طبقهٔ ۷۶ یک آسمانخراش.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

● نمایش تصویری A

معمول‌ترین سیستمی که مورد استفاده قرار می‌گیرد نمایش تصویری روبشی "A" است. یک موج ناقص در سمت چپ صفحهٔ اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود که مربوط به‌پالس اولیه است، موج‌های ناقص دیگری نیز روی صفحهٔ اسیلوسکوپ ظاهر می‌شوند که مربوط به‌علامت پژواک‌های دریافتی هستند. ارتفاع پژواک معمولاً متناسب با اندازهٔ سطح بازتاب است،ولی مسافتی که علامت طی می‌کند و اثرات تضعیف درون ماده روی آن تأثیر دارد. در هر صورت، با فرض یک مبنای خطی زمان، موقعیت خطی (پالس) پژواک متناسب با فاصلهٔ سطح بازتاب از پروب است. این نوع نمایش تصویری در تکنیک‌های بازرسی با پروب دستی معمول است.

از معایب‌نمایش تصویری‌روبشی 'A' این است که ثبت دائم تصویر ممکن نیست، مگر اینکه از تصویر اسیلوسکوپ عکس گرفته شود، البته دستگاه‌های جدید پیشرفته دارای وسایل ثبت دیجیتال هستند.

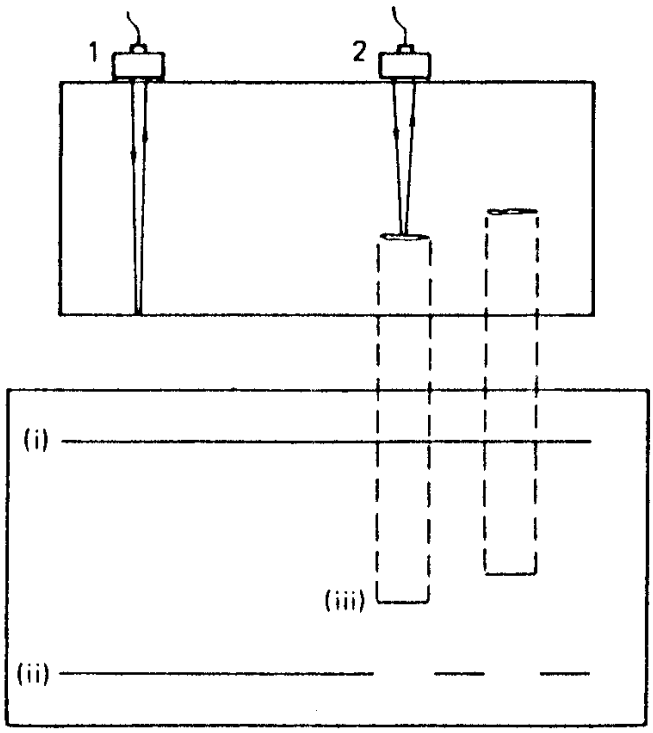


نمایش تصویری روبشی 'A': (الف) بازتاب‌هایی که از دیوارهٔ پشتی قطعه و یک عیب داخلی به‌دست آمده‌اند؛ (ب) نحوهٔ نمایش تصویری روبشی 'A'.

● نمایش تصویری B

با نمایش تصویری روبشی 'B' می‌توان موقعیت عیب درون قطعه را ثبت کرد. این سیستم در شکل نشان داده شده است. لازم است که بین موقعیت پروب و اثر عیب ارتباط مختصاتی به‌وجود بیاید. استفاده از نمایش تصویری روبشی 'B' به‌تکنیک‌های آزمون اتوماتیک و نیمه‌اتوماتیک محدود می‌شود.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



نمایش تصویری روبشی 'B'.

هنگامی‌که پروب در موقعیت (۱) است علایم روی صفحهٔ اسیلوسکوپ مطابق شکل هستند، (i) نشان‌دهندهٔ علامت اولیه و (ii) نمودار دیوارهٔ پشتی قطعه است.وقتی‌که پروب به‌موقعیت (۲) می‌رسد، خط (iii) روی تصویر نشان‌دهندهٔ عیب است. این طرز نمایش از مقطع قطعه‌کار می‌تواند روی یک نمودارکاغذی ثبت شود، عکاسی شود، و یا اینکه روی پردهٔ بلند ثابت نمایش داده شود.

- ***تکنیک‌های بازرسی در آزمون فراصوتی***

وجود یک عیب در داخل یک ماده را می‌توان با استفاده از تکنیک امواج فراصوتی عبوری یا بازتابی پیدا کرد.

- ***روش بازتابی با پروب عمودی***

این روش در آزمون فراصوتی از معمول‌ترین تکنیک‌هاست و در شکل صفحهٔ قبل نشان داده‌شده است. تمام یا بخشی از پالس توسط عیب داخل ماده بازتاب یافته و به‌وسیلهٔ پروب دریافت می‌شود. این پروب به‌جای فرستنده و گیرنده عمل می‌کند.فاصلهٔ زمانی بین ارسال پالس و دریافت پژواک برای محاسبهٔ فاصلهٔ عیب از پروب به‌کار می‌رود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

روش بازتابی نسبت به‌روش عبوری دارای مزایای معینی است که عبارتند از:

(الف) قطعه‌کار به‌هر شکل می‌تواند باشد؛

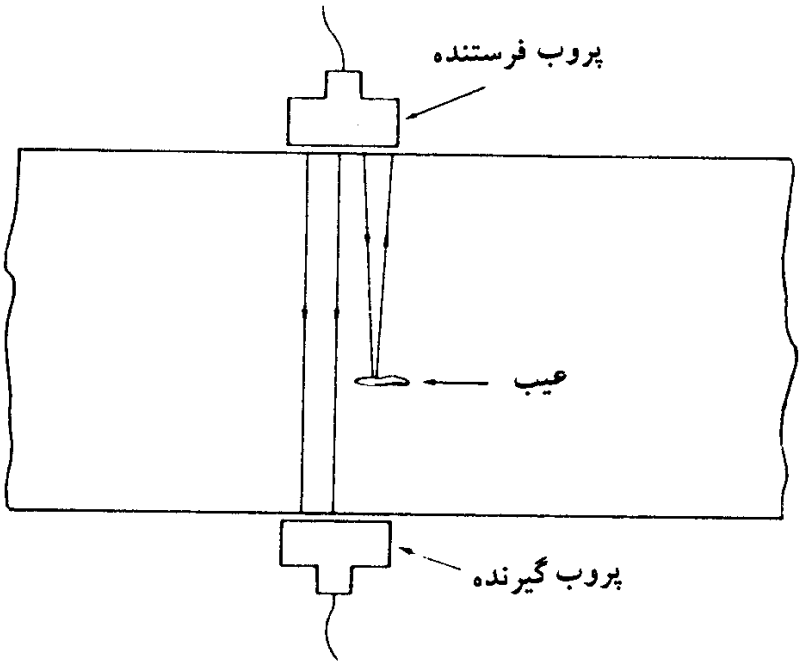
(ب) فقط دسترسی به‌یک طرف قطعه کار مورد نیاز است؛

(پ) فقط یک نقطهٔ جفت شدن وجود دارد و در نتیجه مقدار خطا حداقل می‌شود؛

(ت) فاصلهٔ عیب‌ها از پروب می‌تواند اندازه‌گیری شود.

● ***روش عبوری با پروب عمودی***

در این روش فرستنده با استفاده از یک روغن جفت‌کننده[۲۳] با سطح قطعه کار تماس برقرار می‌کند. یک پروب دریافت کننده روی سطح مقابل ماده نصب می‌شود.



روش عبوری با پروب عمودی.

اگر در داخل ماده هیچ‌گونه عیبی وجود نداشته باشد،علامتی با یک شدت معین به‌گیرنده خواهد رسید. اگر مابین پروب فرستنده و گیرنده عیبی وجود داشته باشد شدت علامت دریافتی کاهش خواهد یافت. این امر به‌علت بازتاب جزیی پالس عیب است که بدین ترتیب می‌توان به‌وجود عیب پی برد.

این روش معایبی دارد که عبارتند از:

(الف) قطعه‌کار باید دارای دو سطح موازی باشد و به‌هر دو سطح آن نیز باید دسترسی داشت؛

23– couplant

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

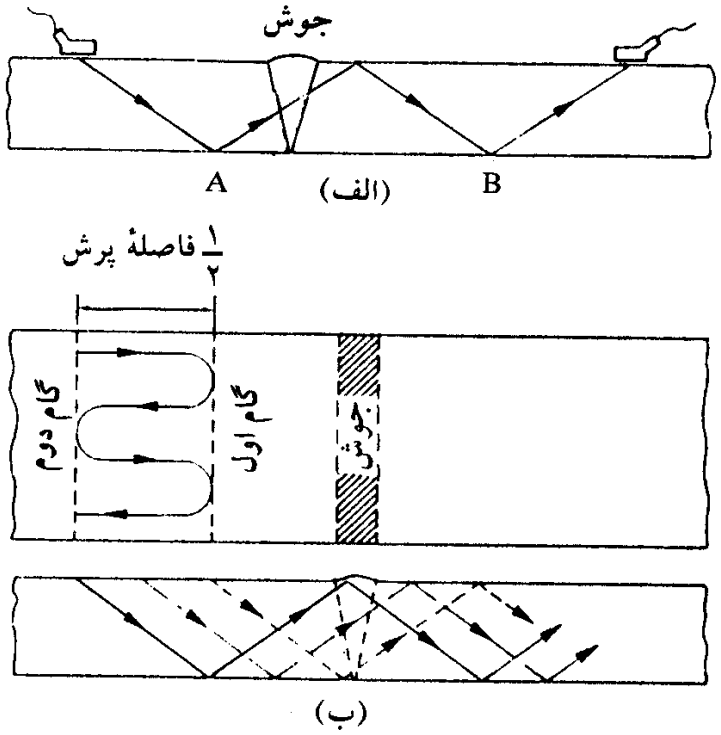
(ب) دو عدد پروب مورد نیاز است لذا جفت کردن آنها ممکن است عمل سیال اتصالی را کم بهره کند؛

(پ) باید دقت کافی به‌خرج داد تا دو پروب کاملاً در مقابل یکدیگر قرار گیرند؛

(ت) علایمی از عمق عیب نمی‌توان به‌دست آورد.

● ***روش عبوری با پروب زاویه‌ای***

وضعیت‌های به‌خصوص آزمون وجود دارند که امکان به‌کارگیری از پروب‌های عمودی برای شناسایی عیب وجود ندارد و تنها راه‌حل معقول این است که از یک پروب زاویه‌ای استفاده شود. مثال خوبی از این روش بازرسی جوش‌های لب‌به‌لب صفحات موازی است. اگر در منطقهٔ جوش عیبی وجود داشته باشد شدت علامت دریافتی کاهش خواهد یافت. فاصلهٔ AB را فاصلهٔ پرش می‌نامند و برای روبش کامل ناحیهٔ جوش،پروب‌ها باید مطابق شکل روی سطح قطعه جابه‌جا شوند. در عمل هر دو پروب باید در یک حامل نصب شوند تا همیشه فاصلهٔ درستی از هم داشته باشند.



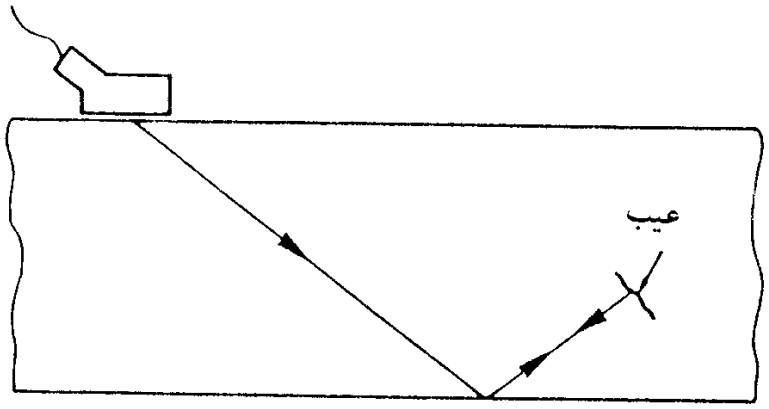
روش عبوری با پروب زاویه‌ای: (الف) موقعیت پروب‌ها و فاصلهٔ پرش؛ (ب) روش روبش برای بازرسی کامل یک جوش لب به‌لب.

● ***روش بازتابی با پروب زاویه‌ای***

همچنان‌که در شکل بعد دیده می‌شود، با به‌کار بردن یک پروب زاویه‌ای در حالت بازتابی می‌توان

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

عیب‌ها را ردیابی کرد. ذکر این نکته مهم است هنگامی‌که در این‌گونه آزمون‌ها از پروب زاویه‌ای استفاده می‌شود، آشکارساز عیب باید به‌دقت با استفاده از یک قطعهٔ مرجع تنظیم شود. طراحی و استفاده از قطعات تنظیم در بخش بعدی شرح داده می‌شود.

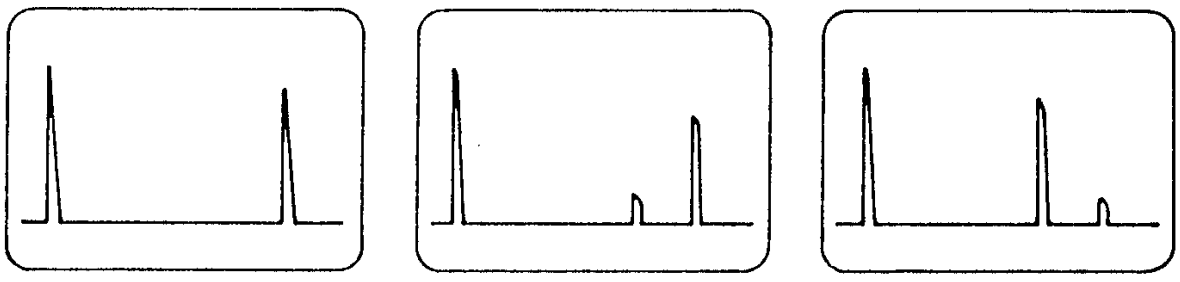


روش بازتابی با پروب زاویه‌ای.

تعیین هویت عیب‌ها

به‌وسیلهٔ روش‌های فراصوتی نه تنها موقعیت دقیق عیوب داخلی شناسایی می‌شود بلکه در اکثر موارد می‌توان نوع عیب را هم تشخیص داد. در این بخش علایم مختلفی که از انواع گوناگون عیوب دریافت می‌شود تحت بررسی قرار می‌گیرد.

(الف) عیب عمود بر امتداد پرتو: وقتی که عیبی وجود نداشته باشد باید یک علامت پژواک از سطح مقابل دریافت شود. وجود یک عیب کوچک باید پژواک کوچکی ایجاد کند و شدت پژواک سطح مقابل کاهش یابد. اگر اندازهٔ عیب از قطر پروب بیشتر باشد پژواک عیب بزرگتر شده و پژواک



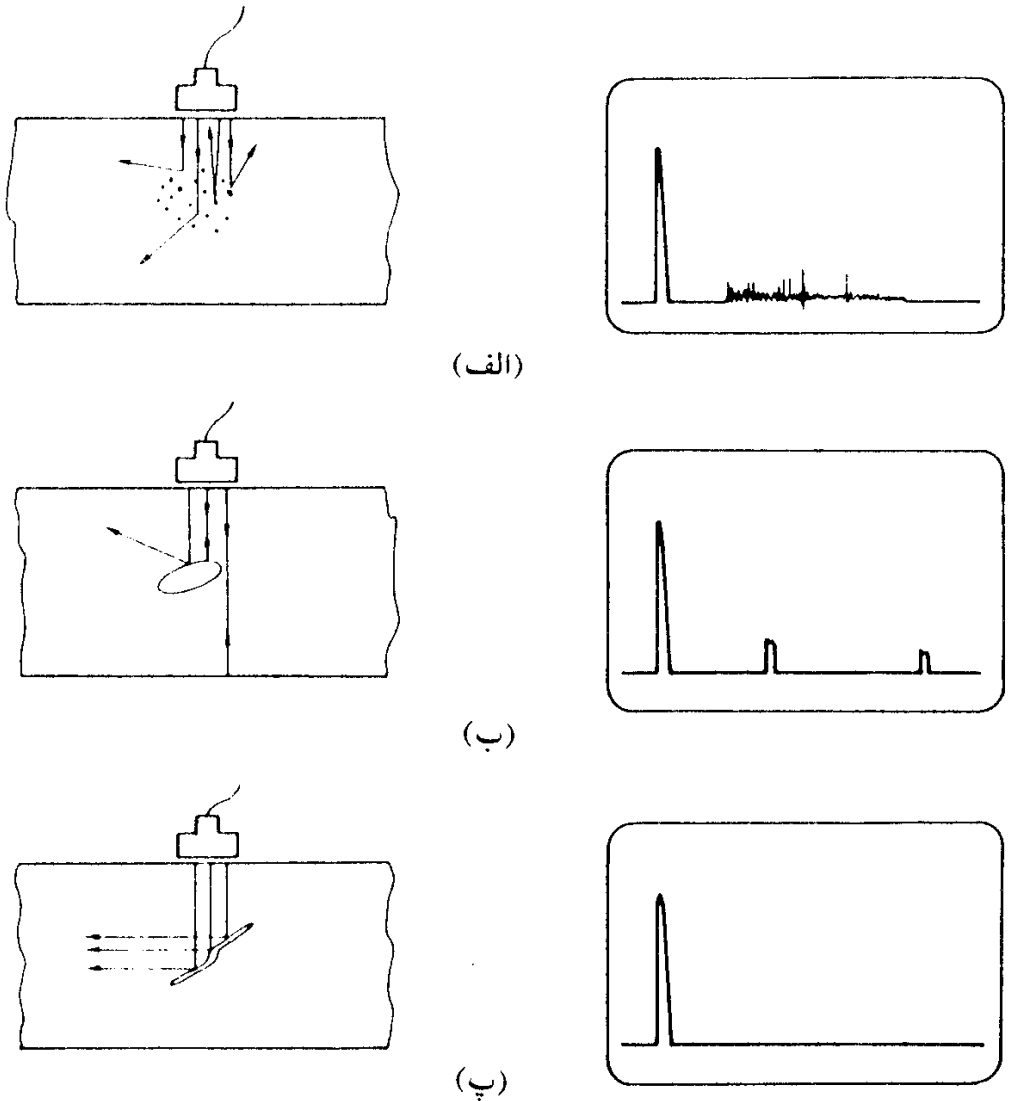
تأثیر اندازهٔ عیب در نمایش تصویر اسیلوسکوپ: (الف) بدون عیب، فقط پالس اولیه و پژواک سطح مقابل؛ (ب) پژواک عیب کوچک اما پژواک سطح مقابل بزرگ؛ (پ) پژواک عیب بزرگ با پژواک سطح مقابل کوچک.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

سطح مقابل ممکن است با توجه به‌عمق عیب در رابطهٔ پراکندگی امواج در منطقهٔ دور دریافت نشود.

(ب) *عیب‌هایی غیر از عیب‌های صفحه‌ای* : مناطقی که دارای حفره‌های میکروسکوپی هستند موجب پراکندگی معمول امواج شده و روی صفحهٔ اسیلوسکوپ یک رد چمنی شکل بدون پژواک سطح مقابل نمایان می‌کند.

ناخالصی‌ها یا حفره‌های بزرگ کروی یا بیضوی پژواک کوچکی نمایان می‌سازند که به‌همراه پژواک کوچکی از سطح مقابل است، در حالی‌که یک رد ساده که هیچ‌گونه پژواکی را نشان نمی‌دهد ممکن است مربوط به‌یک عیب صفحه‌ای با زاویهٔ غیرقائم نسبت به‌امتداد پرتو باشد.

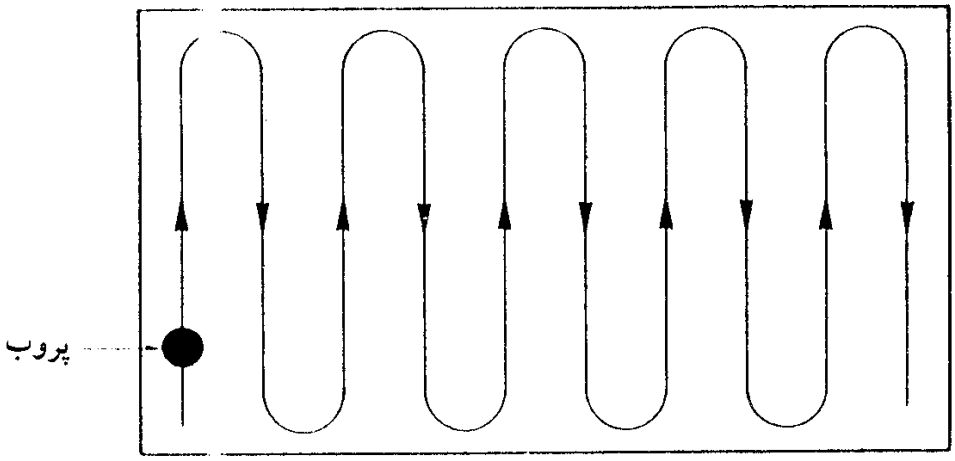


(الف) حفره‌های میکروسکوپی؛ (ب) عیب بیضوی؛ (پ) عیب زاویه‌دار.

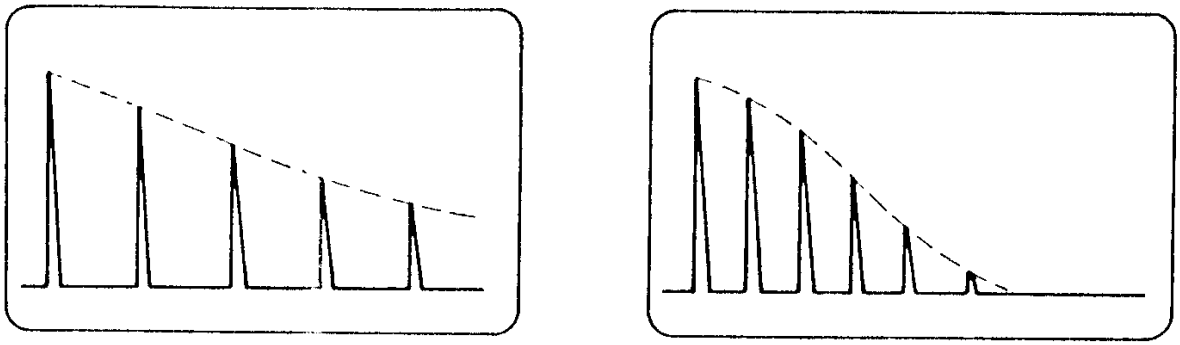
(پ) *تورّق در صفحهٔ ضخیم* : صفحه باید کاملاً به‌روشی که در شکل زیر نموده شده است روبش گردد. علایم تورّق از فواصل نزدیک پژواک‌ها و افت سریع ارتفاع علامت‌های پژواک مشخص

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

می‌شود. هر دو یا یکی از این علایم دلیلی بر وجود تورّق خواهند بود.



روش روبش سطوح بزرگ.

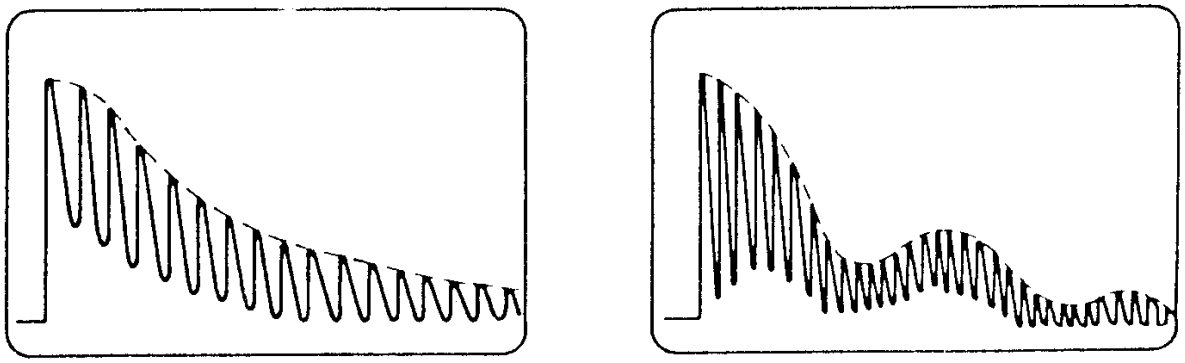


(الف) یک صفحهٔ بدون عیب؛ (ب) صفحهٔ تورق یافته.

(ت) تورّق در صفحهٔ نازک : صفحهٔ نازک ممکن است به‌صفحه‌ای گفته شود که ضخامت آن کمتر از منطقهٔ مردهٔ پروب باشد. یک صفحهٔ سالم یک‌سری پژواک‌های منظم که به‌تدریج دامنهٔ آنها کم می‌شود نشان می‌دهد. اما یک ناحیهٔ تورّق یافته پژواک‌های به‌هم فشرده‌ای را نشان می‌دهد که دامنهٔ آنها بسیار سریعتر کاهش می‌یابد.حتی ممکن است پژواک‌ها از وضعیت منظم به‌صورت نامنظم دربیایند. نامنظم شدن شکل در اغلب موارد نشانهٔ خوبی از تورّق‌های داخلی در صفحات نازک است (شکل صفحهٔ بعد).

(ث) عیوب جوشکاری : آزمون فراصوتی با استفاده از پروب‌های زاویه‌ای از نوع بازتابی یا عبوری روش مطمئنی برای آشکارسازی عیوب جوشکاری‌های لب‌به‌لب و تعیین موقعیت دقیق آنهاست. اما تعیین دقیق ماهیّت عیب نسبتاً مشکل است و بیشتر به‌مهارت و تجربهٔ اپراتور بستگی دارد. اگر

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

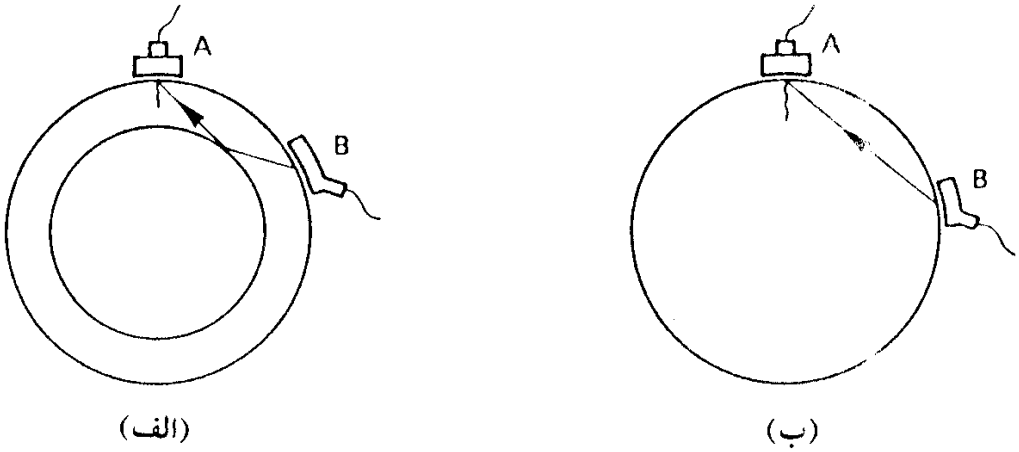


(ب) (الف)

علائم تورق در صفحهٔ نازک: (الف) یک صفحهٔ خوب؛ (ب) یک صفحهٔ تورق یافته.

پس از بازرسی فراصوتی در ذهن اپراتور در مورد کیفیت جوش شکّی وجود داشته باشد عاقلانه است که از محل مظنون رادیوگرافی شود.

(ج) عیوب شعاعی در لوله‌های استوانه‌ای و محورها : عیب شعاعی در قطعات استوانه‌ای معمولاً با بازرسی پروب عمودی قابل آشکارسازی نیست، زیرا این عیب، موازی پرتو فراصوتی خواهد بود. در این‌گونه موارد استفاده از یک پروب زاویه‌ای با روش بازتابی به‌روشنی وجود عیب را مشخص خواهد ساخت.



(ب) (الف)

آشکارسازی عیوب شعاعی در: (الف) لوله‌ها؛ (ب) میلهٔ توپر ـ یک پروب عمودی در موقعیت A عیب را آشکار نخواهد کرد ولی پروب زاویه‌ای B آشکار خواهد کرد.

۸ـ۵ـ۵ آزمایش جریان گردابی[۲۴]

آزمایش جریان گردابی (یا جریان القایی: جریان الکتریکی که در داخل یک جسم فلزی بر اثر قرار

24– eddy current testing

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

گرفتن آن در داخل یک میدان مغناطیسی القاء می‌شود) مشابه روش ذرات مغناطیسی، از انرژی الکترومغناطیسی جهت آشکارسازی معایب و نواقص در مصالح استفاده می‌کند.

این روش هم برای مصالح آهن‌دار و هم ترکیبات غیرآهنی مناسب بوده و به‌ویژه در بازرسی جوشکاری خطوط لوله کاربرد دارد. این شیوه عیوبی از قبیل تخلخل، نفوذ یا اختلاط گل جوشکاری، ترک و ذوب ناقص فلز جوش را ظاهر می‌سازد.

۸ـ۵ـ۶ آزمایش نشت[۲۵]

آزمایش جوش در مقابل نشت یا تراوش مایعات با کاربرد فشار باد یا فشار هیدرولیکی انجام می‌شود. بار وارد شده برابر یا بزرگتر از مقدار بار مورد انتظار وارد بر سازه در شرایط بهره‌برداری است. اگر آزمایش فقط برای تعیین نشتی انجام می‌شود، اعمال باری بیش از بار بهره‌برداری وارد بر جوش لازم نیست. ولی اگر گسیختگی قطعهٔ جوش‌شده صدمات مالی و جانی بزرگی را در پی داشته باشد، فشاری اضافه بر شرایط بهره‌برداری اعمال خواهد شد. این روش معمولاً برای آزمایش جوشکاری مخازن تحت فشار و خطوط لوله به‌کار می‌رود. اگر آزمایش از نوع مخرب باشد، فشار تا حد ترکیدن (گسیختگی) قطعهٔ مورد نظر وارد می‌شود (شکل ۸ ـ ۵).

در این آزمایش معمولاً از آب جهت تعیین محل نشت استفاده می‌شود. ولی روزنه‌های خیلی کوچک همیشه با آب قابل تشخیص نیستند. با استفاده از هوا یا روغن تحت فشار و چسبندگی کم، امکان شناسایی این موارد نیز وجود دارد.

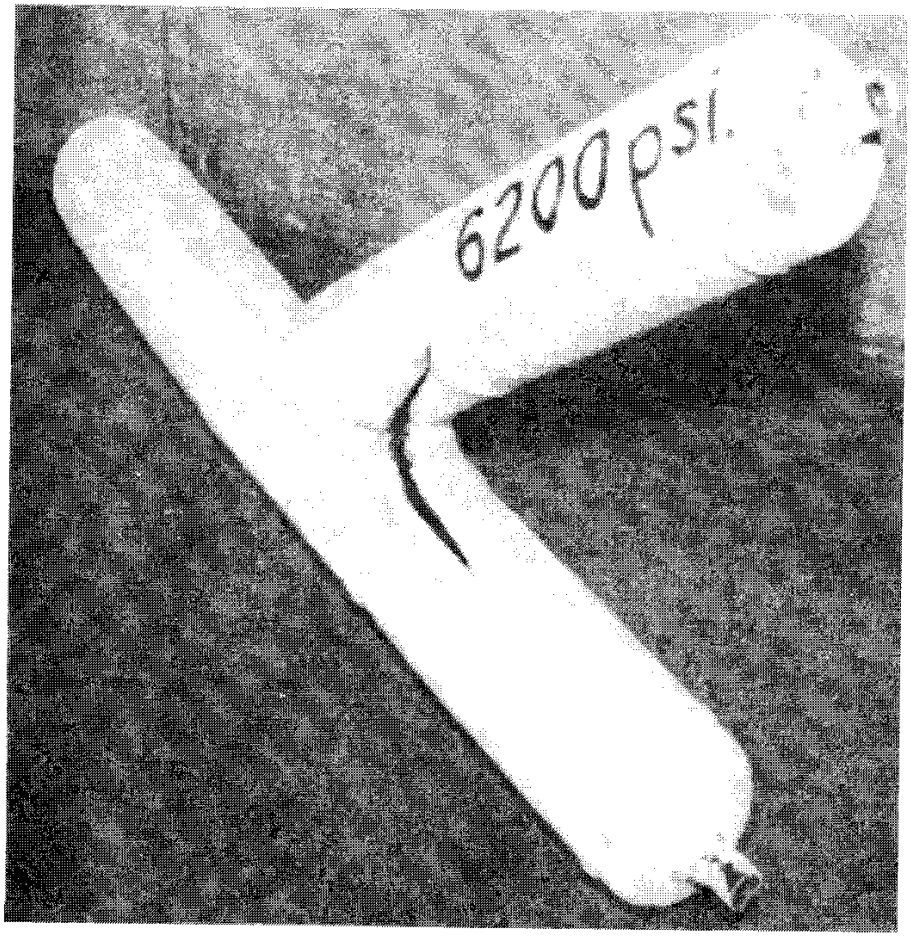
۸ـ۵ـ۷ آزمایش سختی[۲۶]

اغلب آزمایش سختی فلز جوش و فلز پایه در محدودهٔ جوشکاری علاوه بر بازرسی کیفی جوش، مهم می‌باشد. اطلاع از میزان سختی جوشی که ماشین‌کاری می‌شود یا در معرض ساییدگی قرار دارد، مهم و ضروری است.

تعدادی آزمایش سختی به‌شیوه غیرمخرب وجود دارد که انتخاب هرنوع بستگی به‌نوع مصالح مورد آزمایش دارد. آزمایش‌های رایج عبارتند: برینل[۲۷]، راکول[۲۸]، ویکر[۲۹]، و اسکلروسکوپ[۳۰].

25– leak test
26– hardness test
27– Brinell
28– Rockwell
29– Vicker
30– shore scleroscope

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۵ ـ یک واحد لوله که تحت آزمایش نشت با فشار هیدرولیکی قرارگرفته است. جوش تحت فشاری معادل $435\ kg/cm^2$ گسیخته است.

برینل

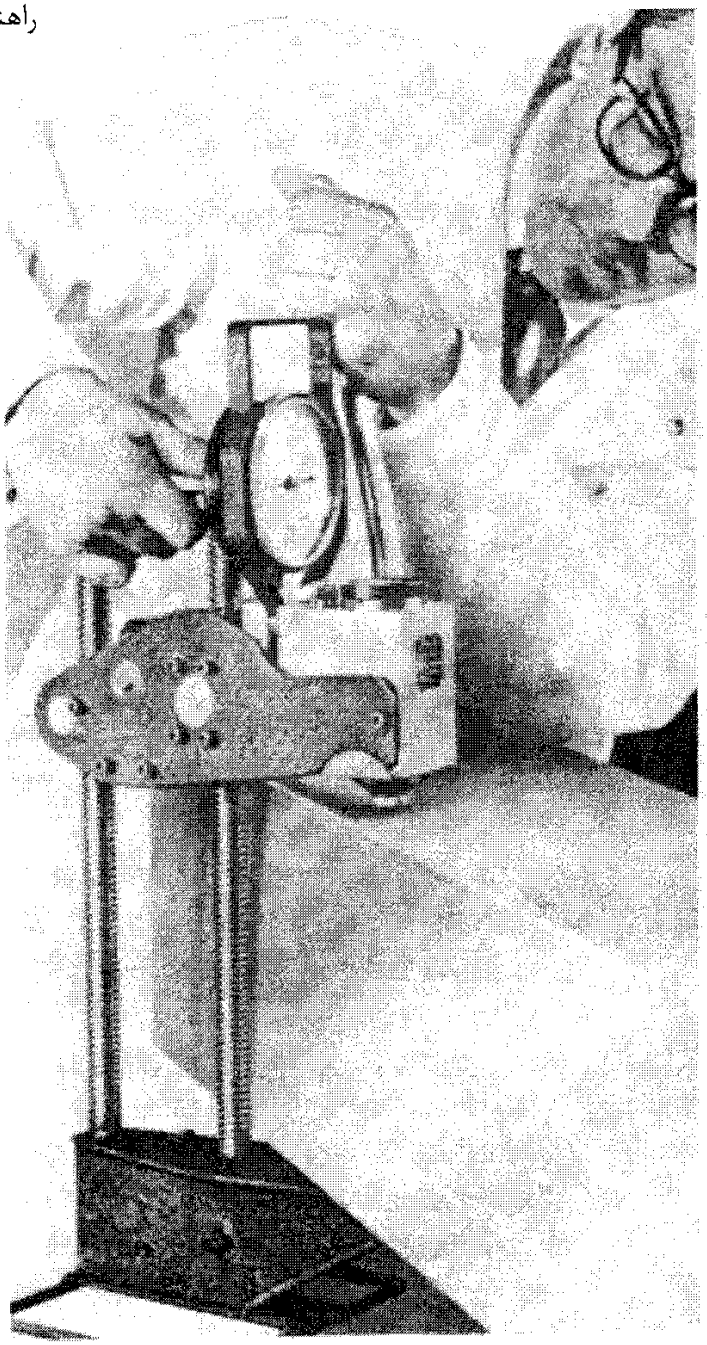
آزمایش سختی برینل شامل اثرگذاری یک گلوله فولادی سخت بر روی قطعه فلزی مورد آزمایش تحت یک فشار معین و زمان از پیش تعریف‌شده می‌باشد (شکل ۸ ـ ۶). قطر اثر گلوله روی قطعه اندازه‌گیری می‌شود و براساس این قطر یک عدد برینل از جدول مربوطه استخراج می‌شود.

اثر گلوله برینل بر روی قطعه مورد آزمایش معمولاً بزرگ است، بنابراین این روش در مورد تعیین سختی سطوح بزرگ و زمانی که اثرگذاری روی سطح مجاز باشد، به‌کار می‌رود.

راکول

سیستم آزمایش راکول مشابه آزمایش برینل می‌باشد با این تفاوت که در این روش قرائت از روی یک صفحه مدرج انجام می‌شود (شکل ۸ ـ ۷). دستگاه آزمایش راکول، عمق نفوذ (گودی) به‌جای مانده از یک گلولهٔ فولادی سخت کوچک یا یک مخروط الماسه را اندازه می‌گیرد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۸ ـ ۶ ـ یک دستگاه آزمایش سختی برینل.

ویکر

آزمایش سختی ویکر شامل اثرگذاری یک مته الماسه[۳۱] بر روی سطح نمونه، تحت اثر یک بار تعریف شده می‌باشد. عدد ویکر عبارت است از نسبت بار اعمال‌شده به‌سطح اثر مته بر روی نمونه. به‌خاطر الماسه بودن تیغهٔ نفوذی دستگاه ویکر، این آزمایش برای مصالح خیلی سخت قابل استفاده است. سطح زخمی توسط دستگاه آزمایش ویکر و راکول نسبت به‌دستگاه برینل کوچکتر است.

31 – diamond penetrator

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۸ ـ ۷ ـ دستگاه آزمایش سختی راکول.

اسکلروسکوپ

این دستگاه یک وسیلهٔ قابل حمل شامل یک لوله شیشه‌ای قائم در داخل یک سیلندر کوچک با انتهای الماسه می‌باشد که انتهای متهٔ الماسه در مقابل غلتش آزاد است. سیلندر، بر روی نمونه مورد آزمایش سقوط کرده سپس به‌محل اولیهٔ خود باز می‌گردد (جهش می‌کند). مدت زمان جهش این سیلندر براساس یک مقیاس بر روی لولهٔ شیشه‌ای اندازه‌گیری شده که همان قرائت سختی می‌باشد. این زمان قرائت شده با مراجعه به‌جداول مربوطه میزان سختی را مشخص می‌کند. این روش آزمایش برای مصالح سخت بسیار مناسب بوده ولی برای مصالح نسبتاً نرم قابل کاربرد نیست.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

قسمت پ: آزمایش‌های مخرب

۸ـ۶ آزمایش مخرب[۳۲]

آزمایش مخرب عبارت است از آزمایش مکانیکی نمونهٔ جوش‌شده جهت تعیین مقاومت و سایر خواص مکانیکی. روش‌های آزمایش از این نوع نسبتاً ارزان‌قیمت و بسیار کاربردی هستند، به‌همین جهت در سطح وسیعی جهت ارزیابی و تأیید دستورالعمل جوشکاری و صلاحیت جوشکار به‌کار می‌روند. آزمایش مخرب معمولاً بر روی نمونهٔ اخذ شده از ورق یا لولهٔ جوش‌شده انجام می‌شود که در حقیقت نمونه‌ای از مصالح و دستورالعمل جوشکاری به‌کار رفته در کارگاه یا کارخانه می‌باشند.

۸ـ۶ـ۱ ضوابط عمومی

مطالبی که در این قسمت ارائه می‌شوند، اطلاعات لازم برای فهم مشخصات فنی وضع شده برای روش‌های آزمایش، و آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی را در اختیار خواننده قرار می‌دهند.

به‌طور کلی در همهٔ آیین‌نامه‌ها، ضوابط مربوط به‌ارزیابی دستورالعمل‌های جوشکاری ورق‌ها و لوله‌ها یکسان است و هر وضعیت جوشکاری، هر نوع درز اتصال و هر نوع جوشکاری یک شماره مشخصهٔ طراحی دارد. در جدول ۸ ـ ۱ وضعیت‌های مختلف جوش نمونهٔ آزمایشی و وضعیت‌های ارزیابی شده مربوط به‌آن ارائه شده است (به‌اشکال صفحات ۲۱۰ و ۲۱۱ نیز توجه فرمایید).

عموماً، نمونه‌های آزمایشی خمش رویه، خمش ریشه، و خمش جانبی برای جوش‌های شیاری در ورق‌ها و لوله‌ها لازم است و آزمایش شکست‌گونیا و آزمایش حک برای جوش گوشه در ورق‌ها مورد نیاز می‌باشد. تعداد و نوع آزمایش‌های لازم بسته به‌میزان ضخامت مصالح (ورق یا لوله) متفاوت است.

در اکثر آیین‌نامه‌ها، نتایج ارزیابی‌ها به‌صورت نامحدود معتبر هستند، مگر اینکه:

- جوشکار بر روی نوع جوشی که برای آن مورد ارزیابی قرار گرفته، بیش از ۶ ماه فعالیتی نداشته باشد. ارزیابی مجدد فقط برای ورق با ضخامت ۱۰ میلی‌متر لازم است.
- دلیلی مبنی بر عدم صلاحیت جوشکار وجود داشته باشد.

32– destractive testing

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جدول ۸ ـ ۱ ـ شرایط عمومی ارزیابی جوشکاران ورق و لوله*

مصالح	نوع جوش	وضعیت نمونه آزمایشی [1]	شماره وضعیت [1]	وضعیت ارزیابی [2]	
				شیاری	گوشه
ورق	شیاری	تخت	1G	F	F,H
		افقی	2G	F,H	F,H
		قائم	3G	F,H,V	F,H,V
		سقفی	4G	F,OH	F,H,OV
		قائم و سقفی	3G,4G	ـ	همه
	گوشه	تخت	1F	ـ	F
		افقی	2F	ـ	F,H
		قائم	3F	ـ	F,H,V
		سقفی	4F	ـ	F,H,OH
		قائم و سقفی	3F,4F	ـ	همه
لوله	شیاری	افقی دورانی	1G	F, (دورانی)	F,H [3]
		قائم ثابت	2G	F,H	F,H
		افقی ثابت	5G	F,V,OH	F,V,OH
		مورب ۴۵ درجه ثابت	6G	همه	همه
		افقی و قائم ثابت	2G,5G	همه	همه

۱ ـ وضعیت و شمارهٔ وضعیتی که جوشکار تحت آن آزمایش می‌شود.

۲ ـ وضعیت تأیید شده برای جوشکار

۳ ـ فقط جوشکاری ورق‌ها

F= تخت ؛ H= افقی ؛

V= قائم (سربالا) ؛ OV= سقفی (بالای سر)

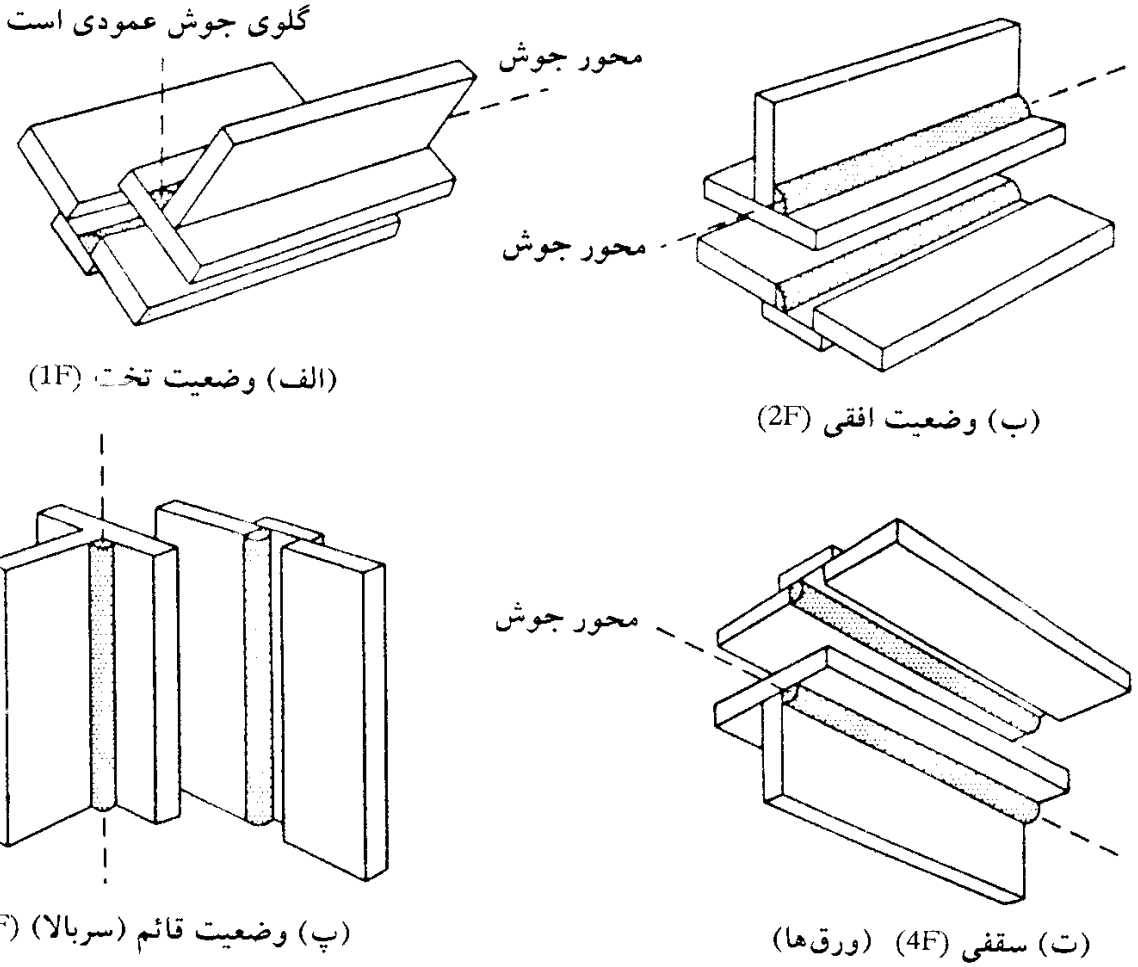
* به‌اشکال صفحات ۲۱۰ و ۲۱۱ نیز توجه شود.

در صورتی که جوشکار در آزمون تعیین صلاحیت مردود شود، به‌روش زیر تحت آزمون مجدد قرار می‌گیرد:

امتحان مجدد فوری، شامل دو آزمایش از هر یک از مواردی که در آنها جوشکار مردود شده است. کلیه نمونه‌های آزمایشی در این گروه باید مورد پذیرش قرار گیرد.

- یک امتحان مجدد کامل بعد از اینکه جوشکار تحت آموزش و تمرین مجدد قرار گرفت.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



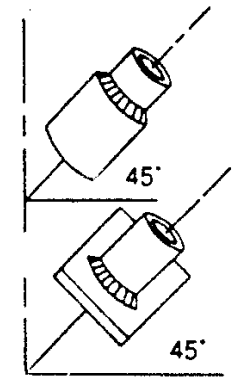
(الف) وضعیت تخت (1F)

(ب) وضعیت افقی (2F)

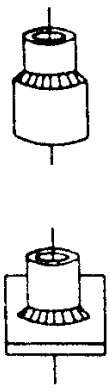
(پ) وضعیت قائم (سربالا) (3F)

(ت) سقفی (4F) (ورق‌ها)

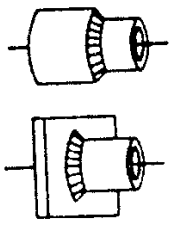
وضعیت ورق‌های آزمایشی برای جوش گوشه



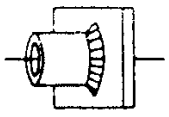
(الف) وضعیت تخت دوار (1F)

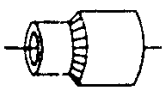


(ب) وضعیت افقی ثابت (2F)

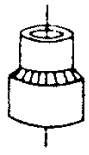


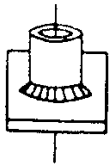
(پ) وضعیت افقی دوار (2F)





(ت) وضعیت سقفی ثابت (4F)

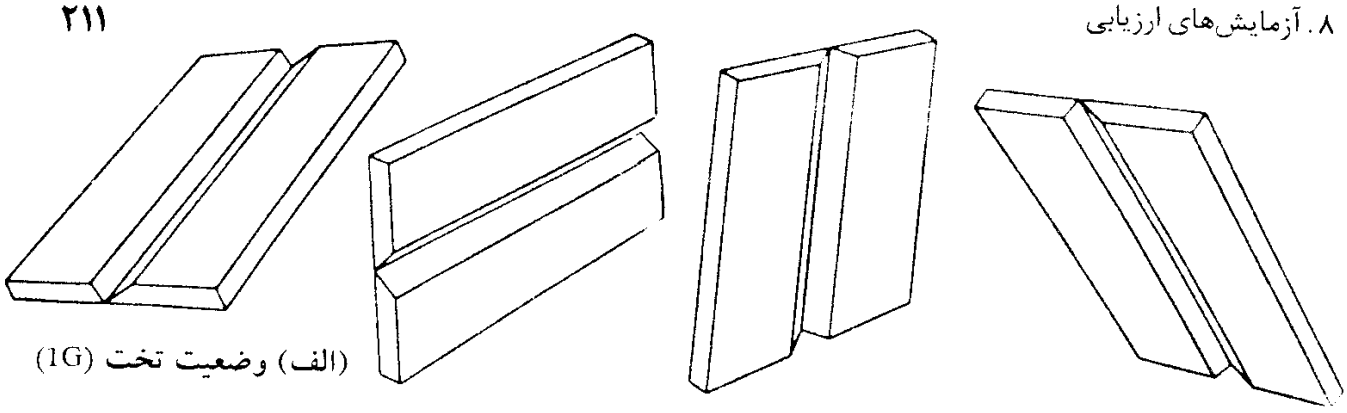




(ث) وضعیت مختلط ثابت (5F)

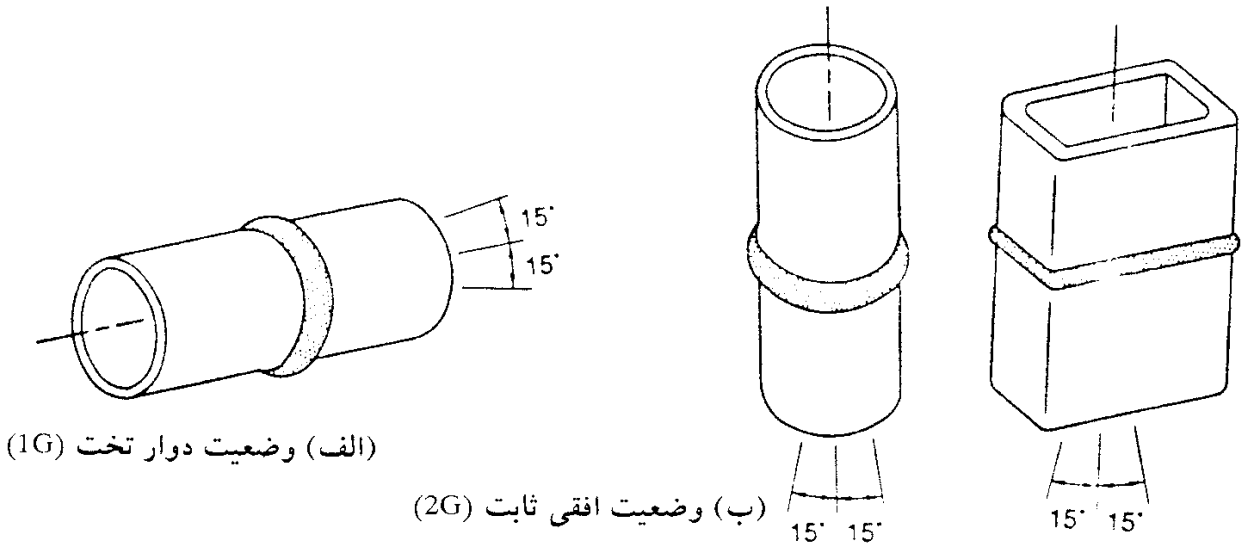
وضعیت لوله‌های آزمایشی برای جوش گوشه

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

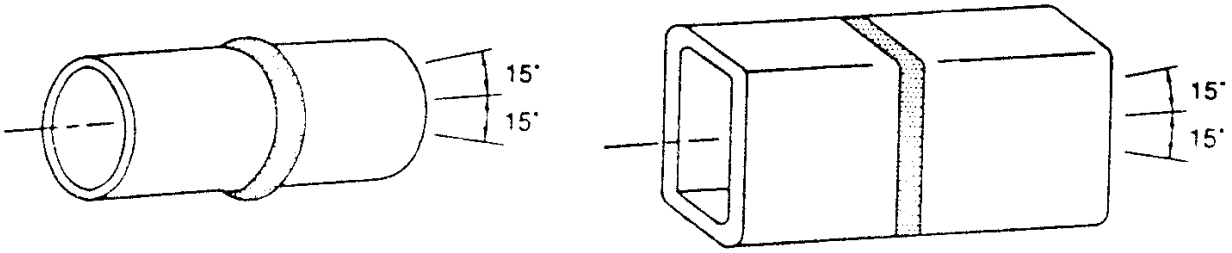


(الف) وضعیت تخت (1G)　(ب) وضعیت افقی (2G)　(پ) وضعیت سربالا (3G)　(ت) وضعیت سقفی (4G)

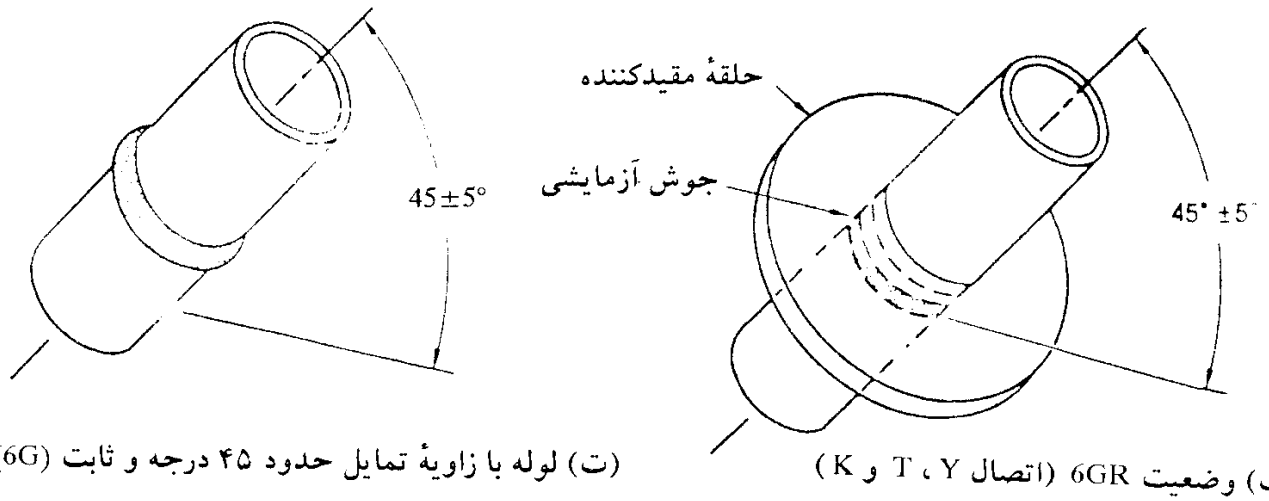
وضعیت‌های جوشکاری برای جوش شیاری ورق‌ها



(الف) وضعیت دوار تخت (1G)　(ب) وضعیت افقی ثابت (2G)



(پ) محور لوله افقی و لولهٔ ثابت (5G)



(ت) لوله با زاویهٔ تمایل حدود ۴۵ درجه و ثابت (6G)　(ث) وضعیت 6GR (اتصال Y، T و K)

وضعیت‌های جوشکاری برای جوش شیاری لوله‌ها

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

آیین‌نامهٔ AWS سه ردهٔ پذیرش با اسامی اختصاری AR-1 ، AR-2 ، AR-3 ، برای جوشکاری لوله‌ها به‌رسمیت می‌شناسد:

- AR-1 برای بالاترین کیفیت جوشکاری نظیر جوشکاری تجهیزات لوله‌ای نیروگاه اتمی و تجهیزات اکتشافات فضایی و همچنین در ساخت سیستم شیمیایی و گازی تحت فشار و دمای زیاد.
- AR-2 برای جوشکاری‌های با کیفیت زیاد نظیر سیستم‌های خط لوله و لوله‌های تحت فشار.
- AR-3 برای جوش‌های با کیفیت اسمی نظیر تأسیسات منازل (تأسیسات آبی و حرارتی).

۸ ـ ۶ ـ ۲ آزمایش‌های ارزیابی دستورالعمل جوشکاری

این آزمایش‌ها جهت تعیین صحت روش جوشکاری مورداستفاده در یک پروژهٔ خاص انجام می‌گیرد. آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری باید کلیه موارد نظیر مشخصات فلز پایه و فلز پرکننده، نحوهٔ آماده‌سازی درز اتصال، وضعیت جوشکاری، روش و تکنولوژی جوشکاری، و سایر مشخصه‌های جوشکاری را پوشش دهد. آزمایش باید شامل تنظیم شدت جریان، اندازه و کاربری الکترود، درجه حرارت پیش‌گرمایش، درجه حرارت پاس‌های میانی و درجه حرارت پس‌گرمایش باشد.

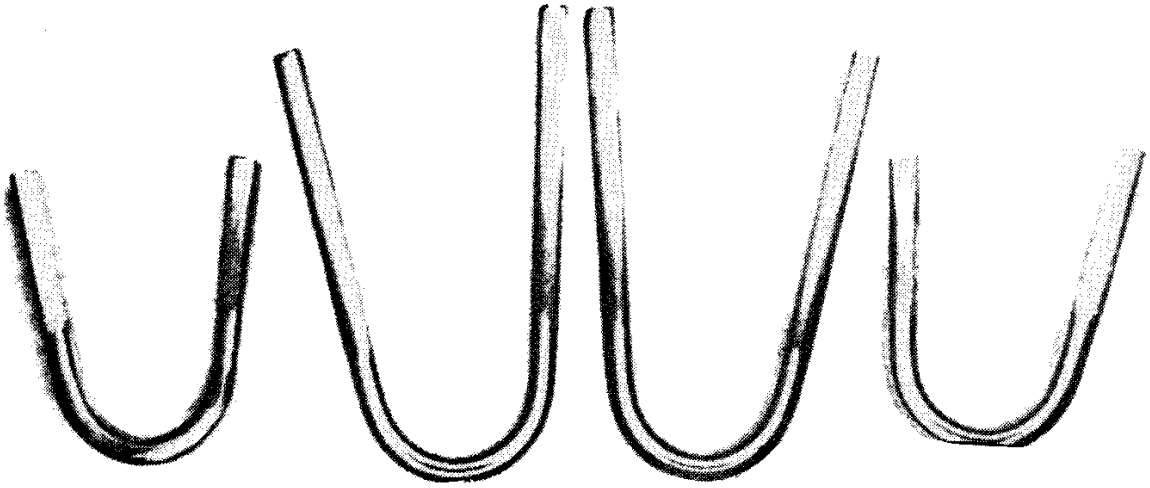
در ادامه ضوابط ارزیابی دستورالعمل جوشکاری برای انواع جوش‌ها ارائه می‌شود:

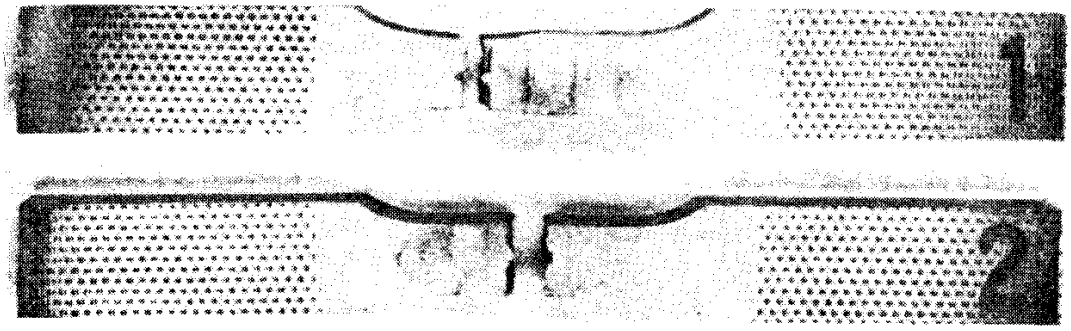
جوش‌های شیاری : نمونه‌های لازم برای ارزیابی جوش شیاری در ورق‌های با ضخامت کمتر از ۲۰ میلی‌متر، شامل دو نمونه آزمایش کششی، دو نمونه آزمایش خمش رویه، و دو نمونه آزمایش خمش ریشه جوش می‌باشد. برای ورق‌های با ضخامت مساوی و یا بزرگتر از ۲۰ میلی‌متر، دو نمونه آزمایش کشش و چهار نمونه آزمایش خمش جانبی مورد نیاز است (شکل ۸ ـ ۸). در اکثر حالات، آزمایش‌های انجام شده برای ارزیابی جوش شیاری، هر دو نوع جوش شیاری و گوشه را در محدودهٔ ضخامت‌های آزمایشی مورد ارزیابی و تأیید قرار می‌دهد.

جوش گوشه : در این مورد نمونه‌های آزمایش برش طولی مطابق شکل ۸ ـ ۹ جوش داده شده و مطابق شکل ۸ ـ ۱۰ جهت انجام آزمایش آماده می‌شوند. نمونه‌های آزمایش برش عرضی مطابق شکل ۸ ـ ۱۱ ساخته می‌شوند.

قطعهٔ آزمایشی جهت انجام آزمایش خمش آزاد و آزمایش سلامت مطابق شکل ۸ ـ ۱۲ انجام می‌شود. از این قطعه، دو نمونه برای انجام آزمایش خمش آزاد اخذ شده و مطابق شکل ۸ ـ ۱۳ برای ورق‌ها و مطابق شکل ۸ ـ ۱۴ برای لوله‌ها آماده‌سازی می‌شود. به‌علاوه از قطعهٔ جوش‌شده، دو نمونهٔ آزمایشی برای انجام آزمایش سلامت جوش گوشه مطابق شکل ۸ ـ ۱۵ اخذ شده و

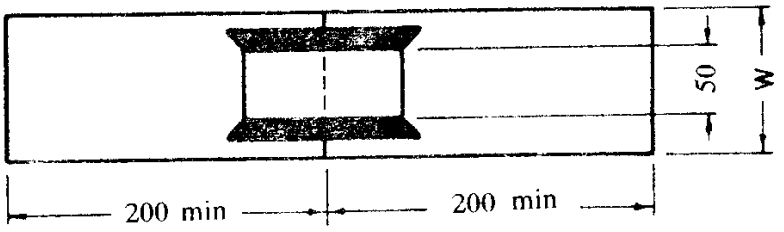
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

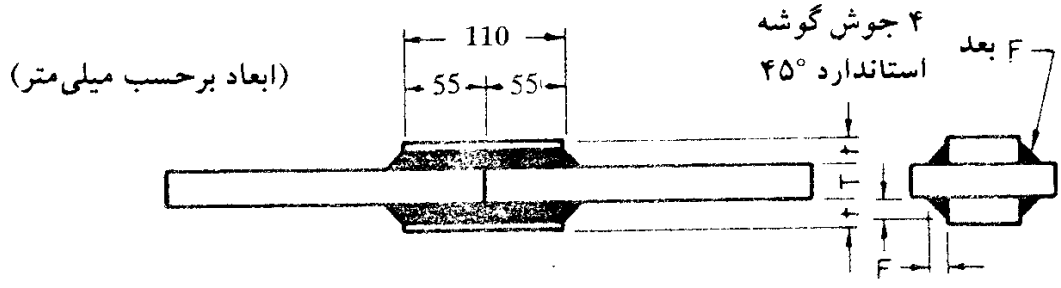




نمونه‌های
کشش مستقیم

شکل ۸ ـ ۸ ـ نمونه آزمایشی ارزیابی دستورالعمل جوشکاری به‌روش ASME: دو نمونه کششی، دو نمونه خمش رویه و دو نمونه خمش ریشه جوش. نمونه‌های کششی تا حد شکست کشیده می‌شوند.



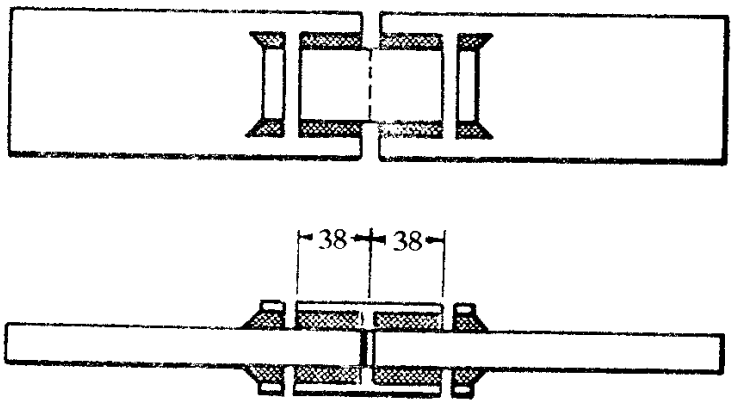


(ابعاد برحسب میلی‌متر)

ابعاد				
بعد جوش	3	6	10	12
ضخامت (t) (میلی‌متر)	10	12	20	25
ضخامت (T) (میلی‌متر)	10	10	25	32
عرض (W) (میلی‌متر)	75	75	75	90

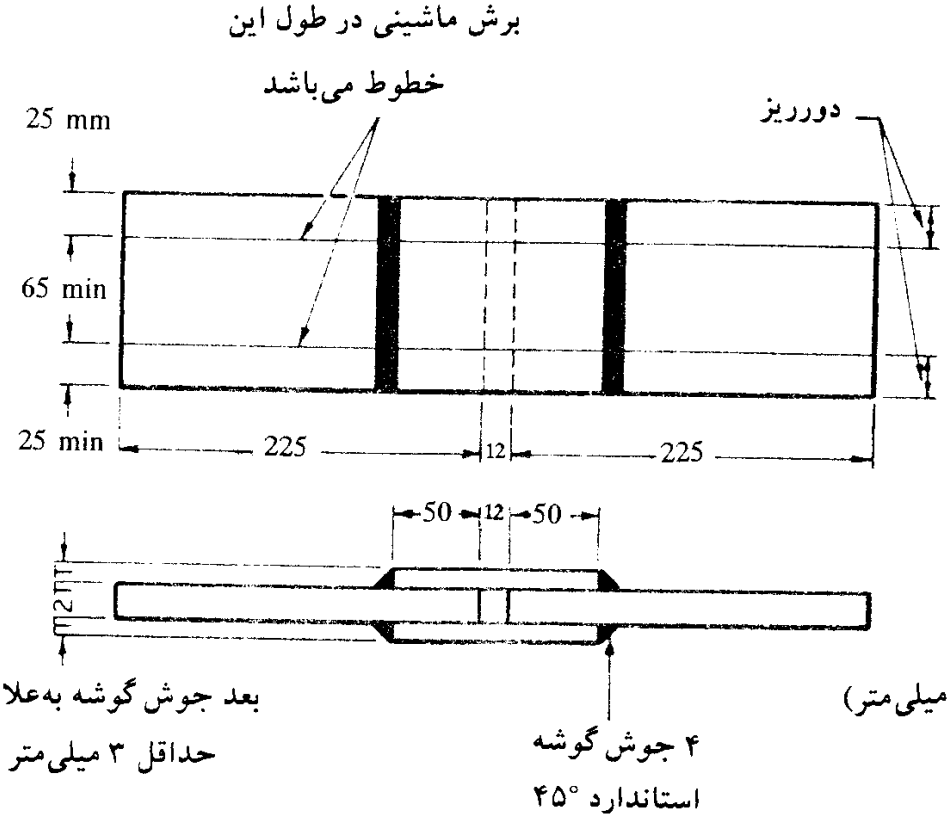
شکل ۸ ـ ۹ ـ نمونهٔ آزمایش برش طولی جوش گوشه.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



برای ابعاد دیگر شکل قبل را ببینید.

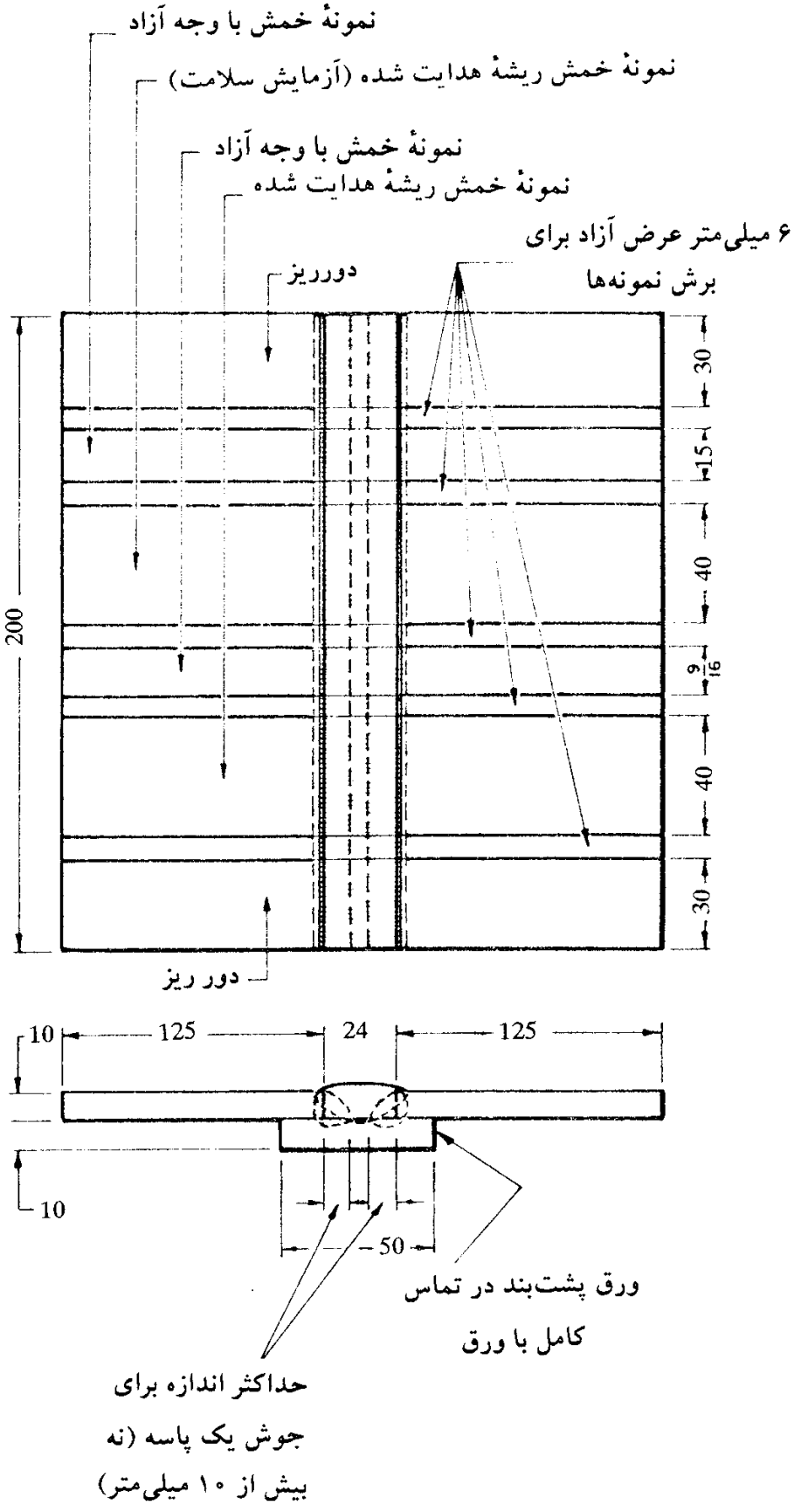
شکل ۸ ـ ۱۰ ـ نمونهٔ آزمایش برش طولی جوش‌گوشه که برای آزمایش آماده‌سازی شده است.



شکل ۸ ـ ۱۱ ـ نمونهٔ آزمایش برش عرضی جوش گوشه.

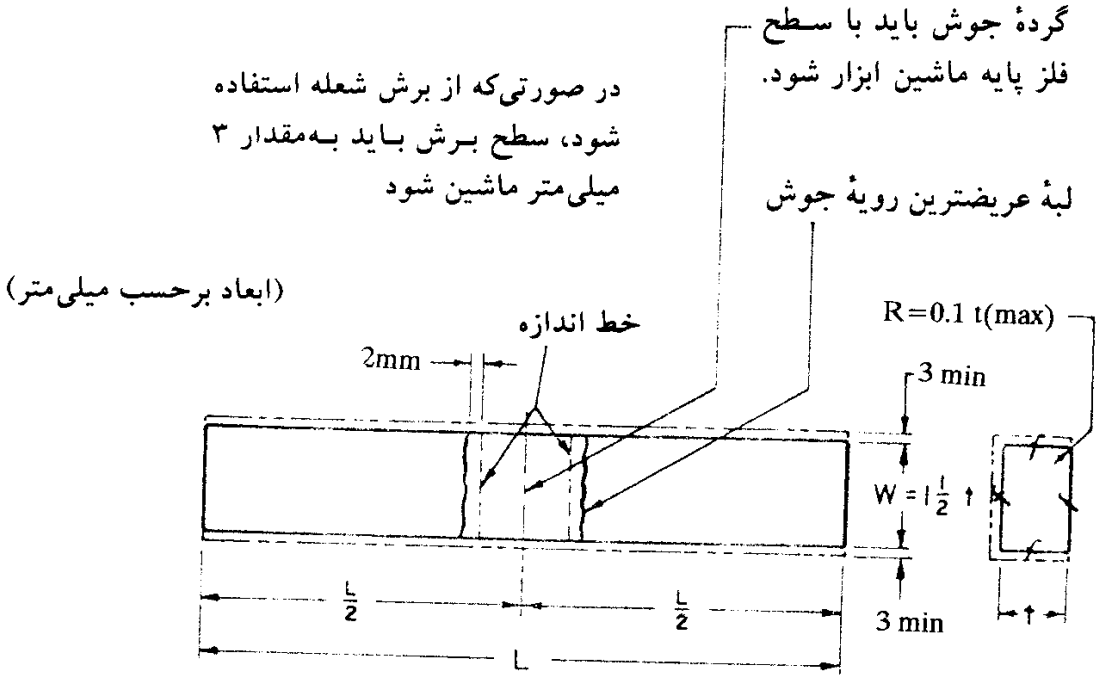
آماده‌سازی می‌شود. یک شکل دیگر از آزمایش جوش گوشه که طبق آیین‌نامه ASME جهت ارزیابی دستورالعمل جوشکاری مورد نیاز است، در شکل ۸ ـ ۱۶ نشان داده شده است. نمونهٔ مورد نظر طبق شکل بریده شده و مورد آزمایش حک قرار می‌گیرد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



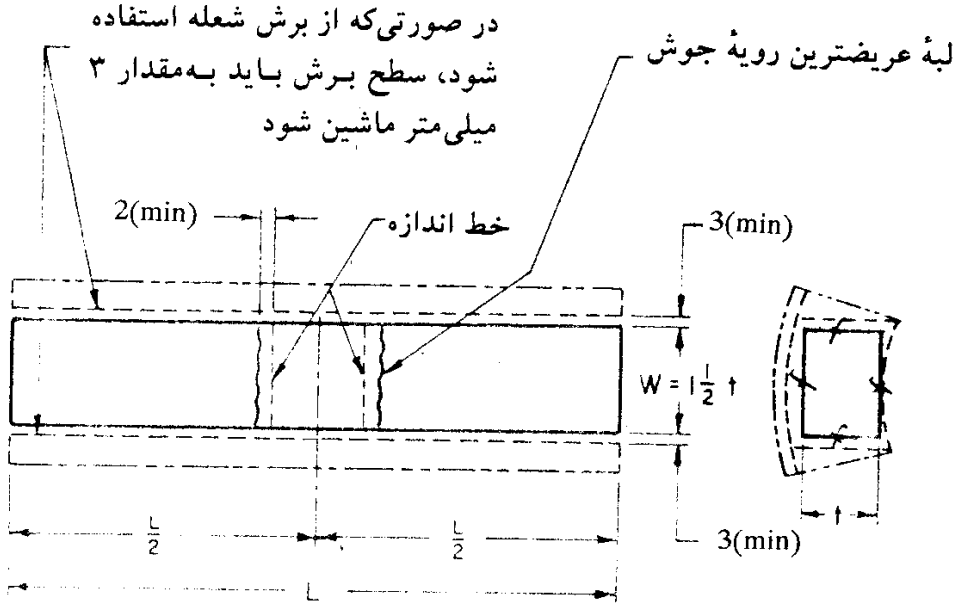
شکل ۸ ـ ۱۲ ـ قطعهٔ آزمایشی برای آزمون خمش آزاد و آزمون سلامت جوش در جوش گوشه.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



t, (mm)	6	10	12	15	18	25	30	36	50	62
W, (mm)	10	14	18	24	28	36	48	56	75	94
L min, (mm)	15	175	225	250	280	300	340	375	450	525
B*min(mm)	30	30	30	50	50	50	50	50	50	75

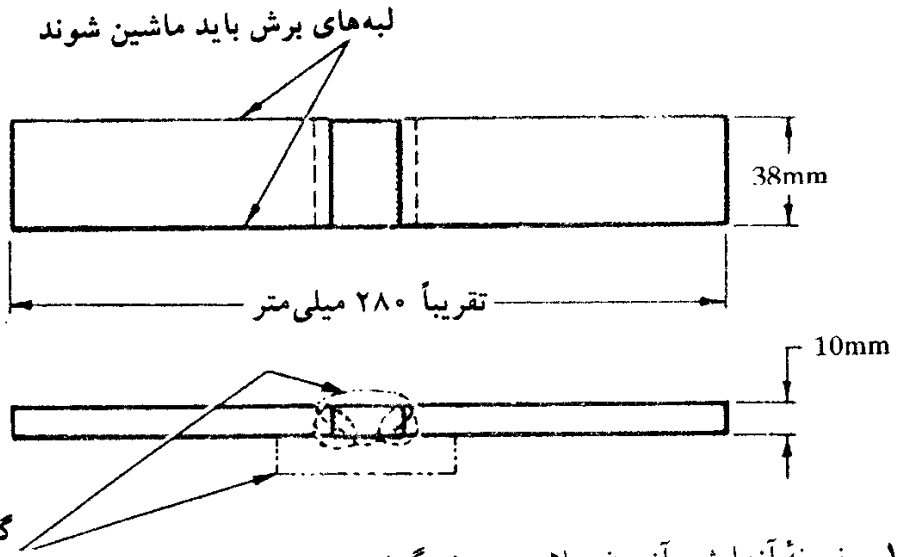
شکل ۸ ـ ۱۳ ـ نمونه آزمایش خمش آزاد (ورق).



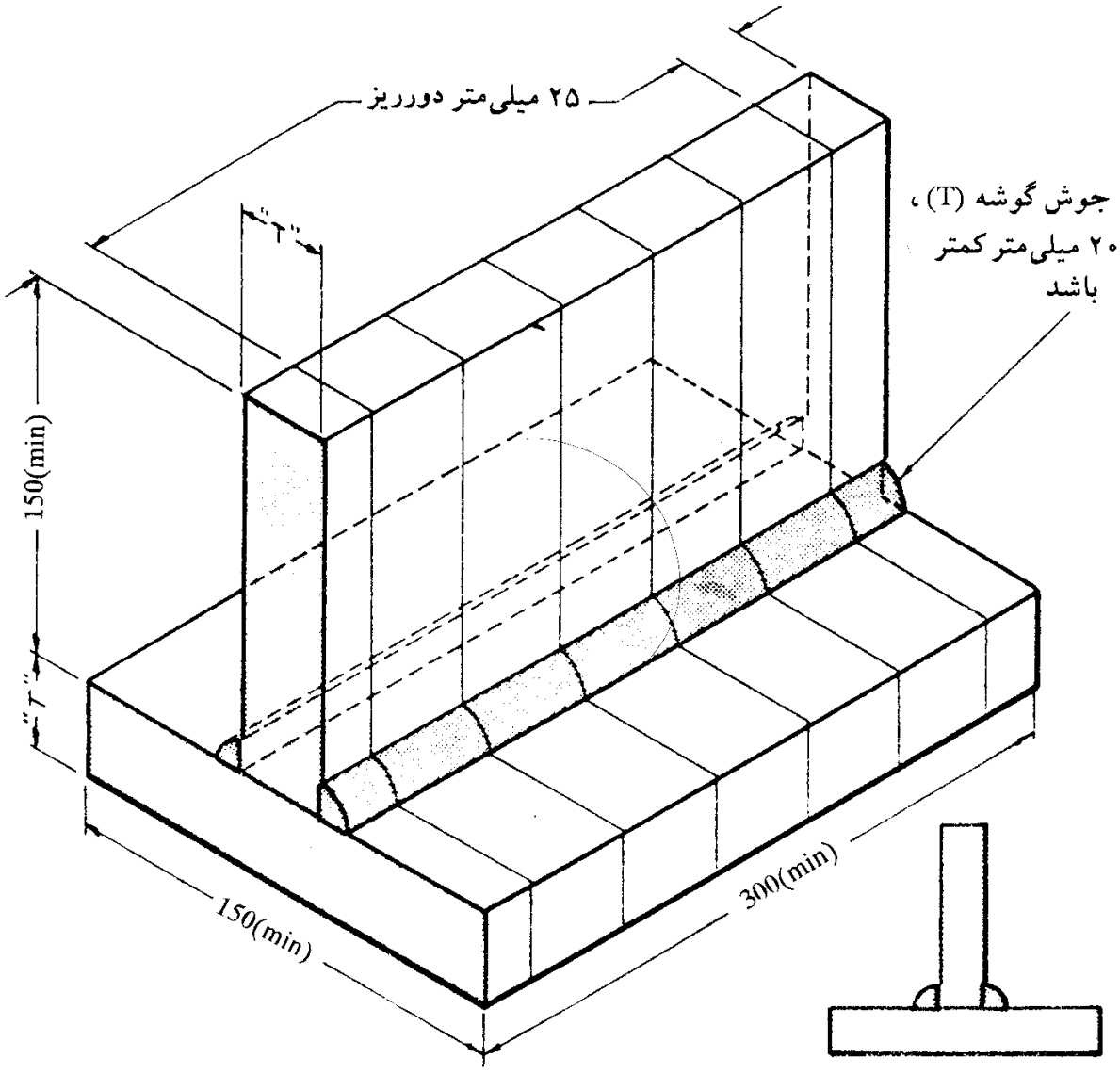
توجه: برای ابعاد دیگر شکل قبل را ببینید.

شکل ۸ ـ ۱۴ ـ نمونه آزمایش خمش آزاد (لوله).

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۱۵ ـ نمونهٔ آزمایشی آزمون سلامت جوش گوشه.



شکل ۸ ـ ۱۶ ـ نمونهٔ آزمایشی آزمون سلامت جوش گوشه برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری.

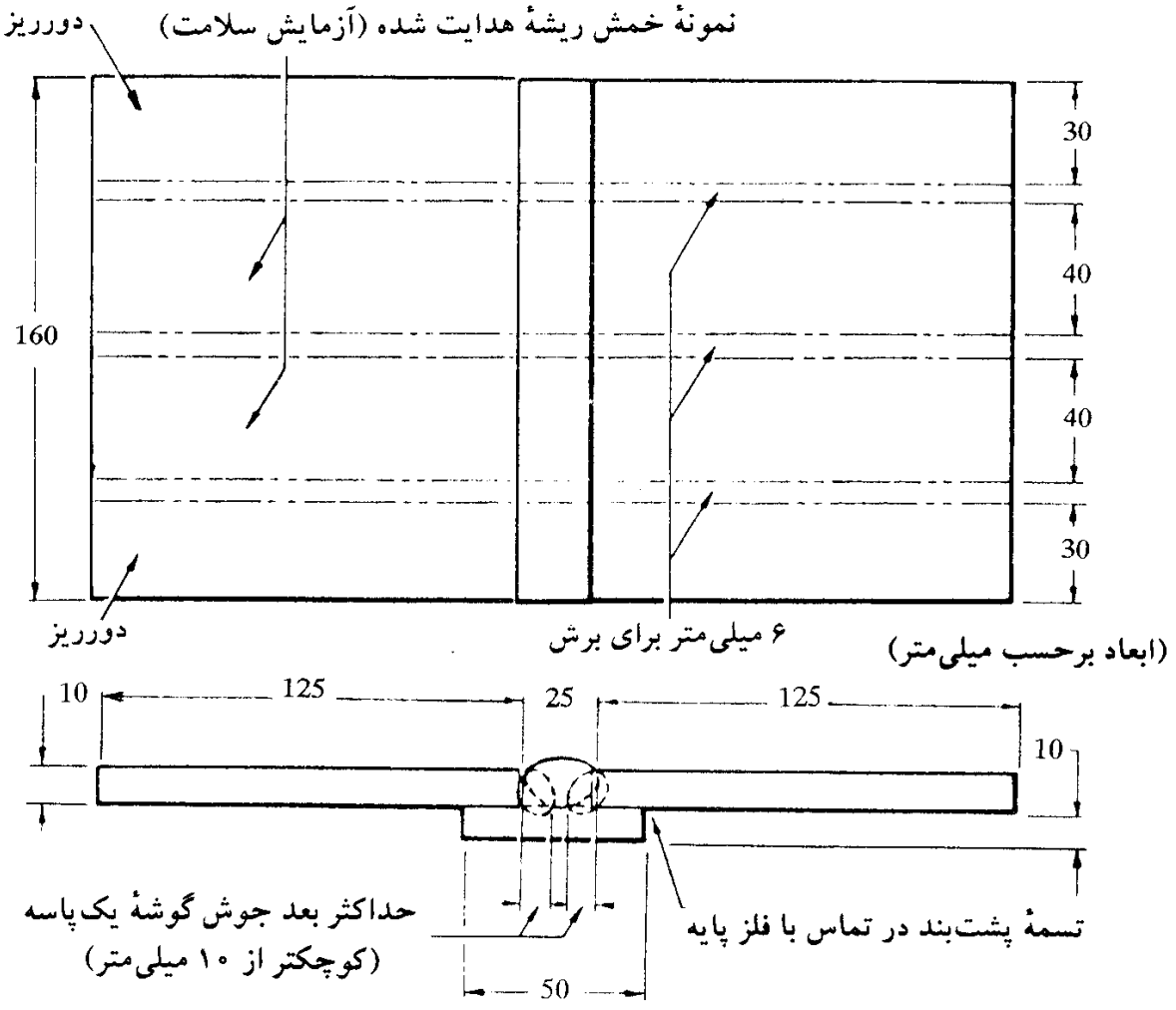
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

۸ ـ ۶ ـ ۳ آزمایش‌های ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

این آزمایش‌ها که آزمایش کیفیت اجرا نیز خوانده می‌شود، مشخص می‌نماید که آیا اپراتور دانش و مهارت انجام جوش سالم طبق دستورالعمل جوشکاری را داراست یا خیر. اغلب نمونه‌ها مشابه نمونه‌های ارزیابی دستورالعمل جوشکاری است ولی تعدادشان کمتر است. تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای ارزیابی صلاحیت جوشکار برای انواع مختلف جوش‌ها به‌شرح زیر است:

جوش شیاری: برای ورق‌های با ضخامت کمتر از ۲۰ میلی‌متر، یک نمونه آزمایش خمش رویه و یک نمونه آزمایش خمش ریشه جوش مورد نیاز است. برای مصالح (ورق یا لوله) با ضخامت ۲۰ میلی‌متر و بیشتر، دو نمونه آزمایش خمش جانبی مورد نیاز می‌باشد (آزمایش‌های خمش رویه و خمش ریشه نیز ممکن است جانشین آزمایش خمش جانبی گردند).

جوش گوشه: سه نوع روش مختلف برای آزمایش جوش گوشه در برآوردن مقاصد مختلف وجود دارد. بسیاری از شرکت‌ها دستورالعمل آزمایشی نشان داده شده در شکل ۸ ـ ۱۷ را به‌کار می‌برند.



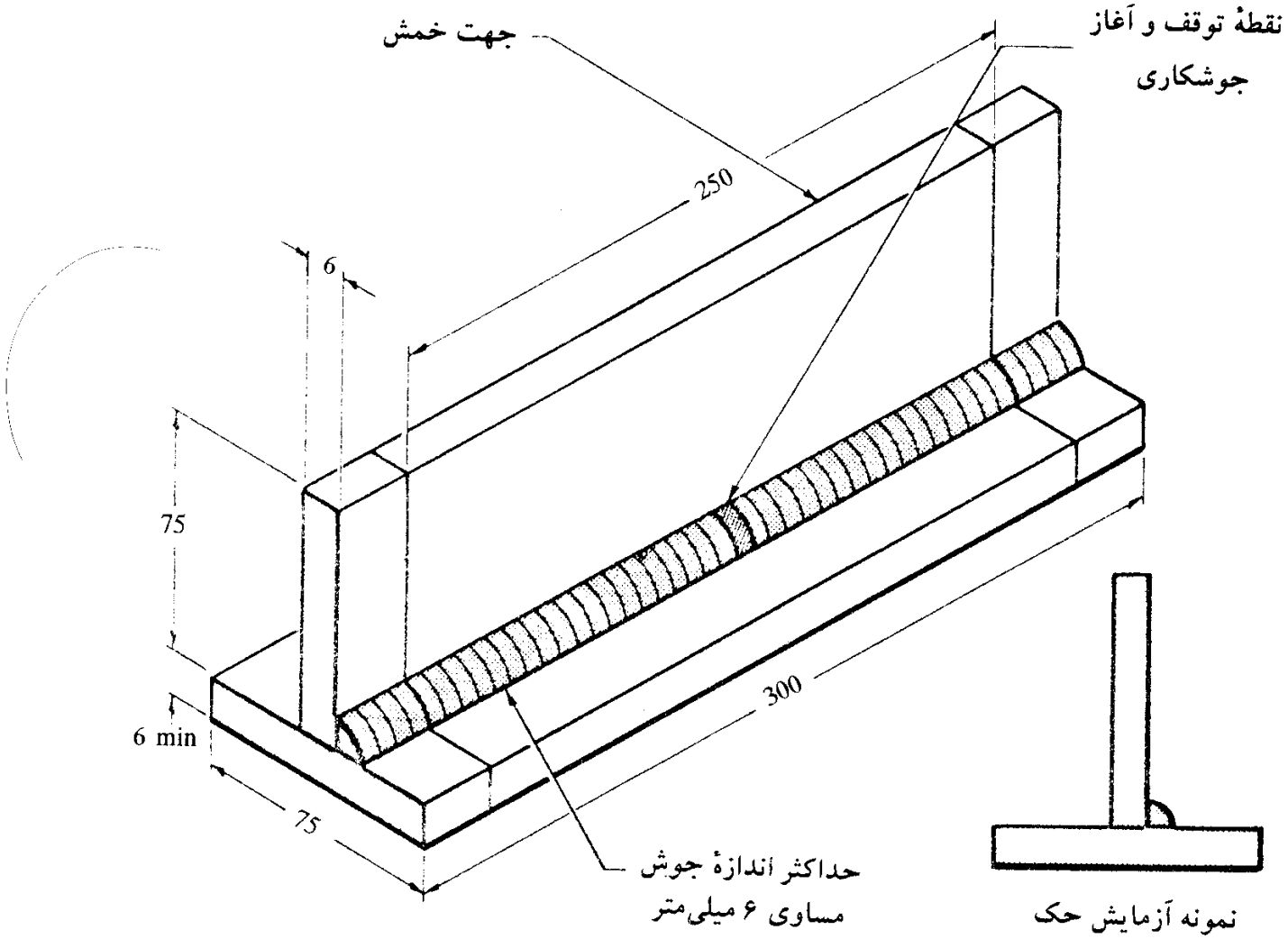
شکل ۸ ـ ۱۷ ـ آزمایش سلامت جوش گوشه برای ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جوش‌ها در وضعیت موردنظر توسط جوشکار مورد آزمایش قرار می‌گیرد و دو نمونهٔ آزمایش خمش ریشهٔ جوش تهیه می‌شود.

شکل دیگری از آزمایش جوش گوشه که از آن می‌توان برای ارزیابی جوشکار استفاده نمود، براساس آیین‌نامهٔ ASME مطابق شکل‌های ۸ ـ ۱۸ و ۸ ـ ۱۹ می‌باشد. نمونه‌های به‌دست آمده تحت آزمایش شکست و حک قرار می‌گیرند.

هنگامی که تعیین میزان آگاهی و توانایی جوشکار در مورد جوشکاری‌های معمولی و غیرمهم

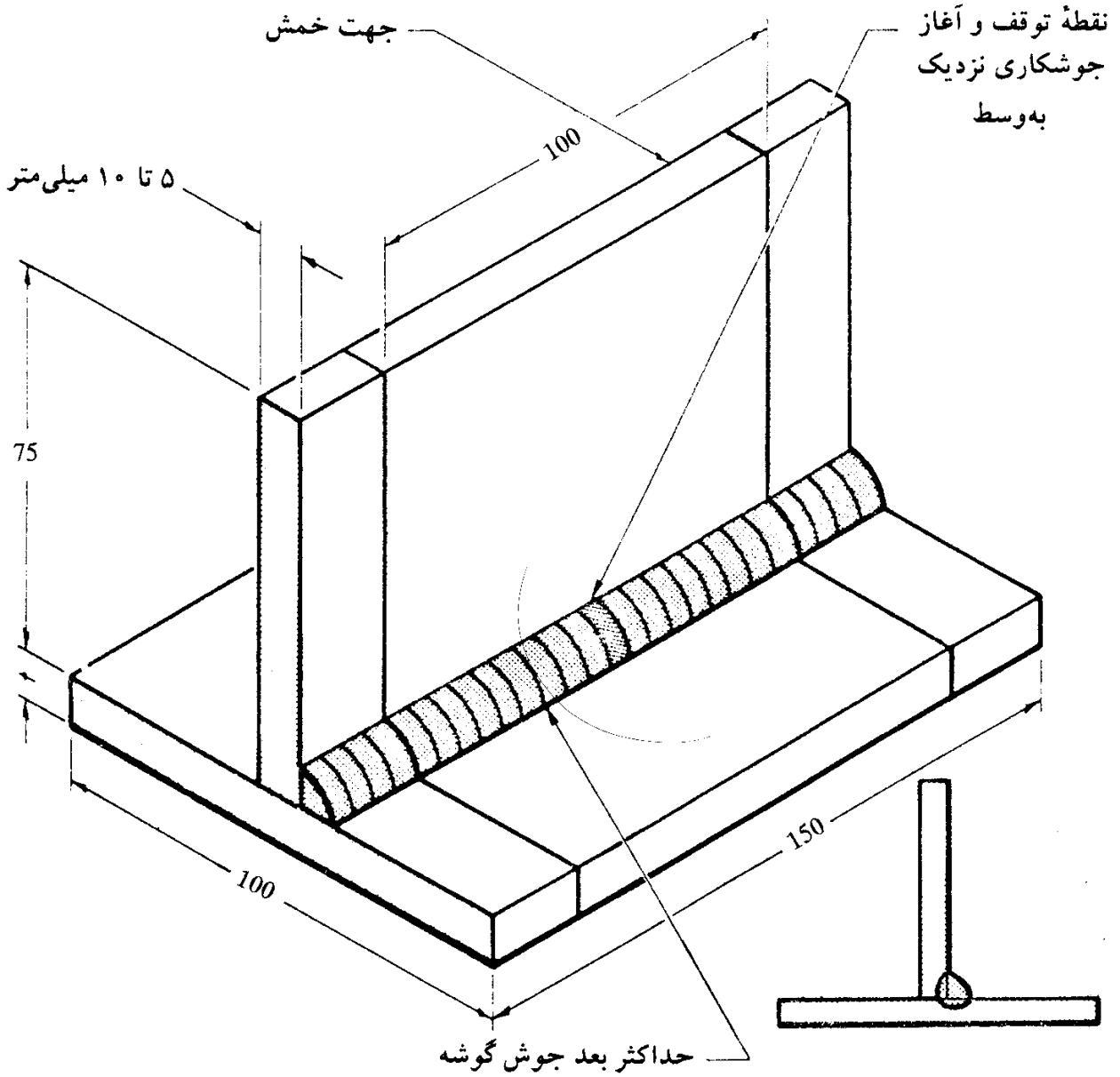


آزمایش شکست: حداکثر معایب مجاز همانند تداخل گِل و عدم امتزاج و سایر موارد مساوی ۲۰ درصد یا ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. وجود ترک زمینه‌ای برای مردود کردن جوش است.

آزمایش حک: جوش گوشه باید دارای امتزاج کامل در ریشه بوده ولی لزومی ندارد فراتر از آن نفوذ نماید. تقعر و یا تحدب جوش نباید از ۱/۵ میلی‌متر بیشتر شود. هر دو ساق جوش گوشه باید با دقت حدود ۱/۵ میلی‌متر با یکدیگر مساوی باشند.

شکل ۸ ـ ۱۸ ـ نمونهٔ جوش گوشه برای ارزیابی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۱۹ ـ نمونه آزمایشی جوش گوشه در آزمون صلاحیت جوشکار.

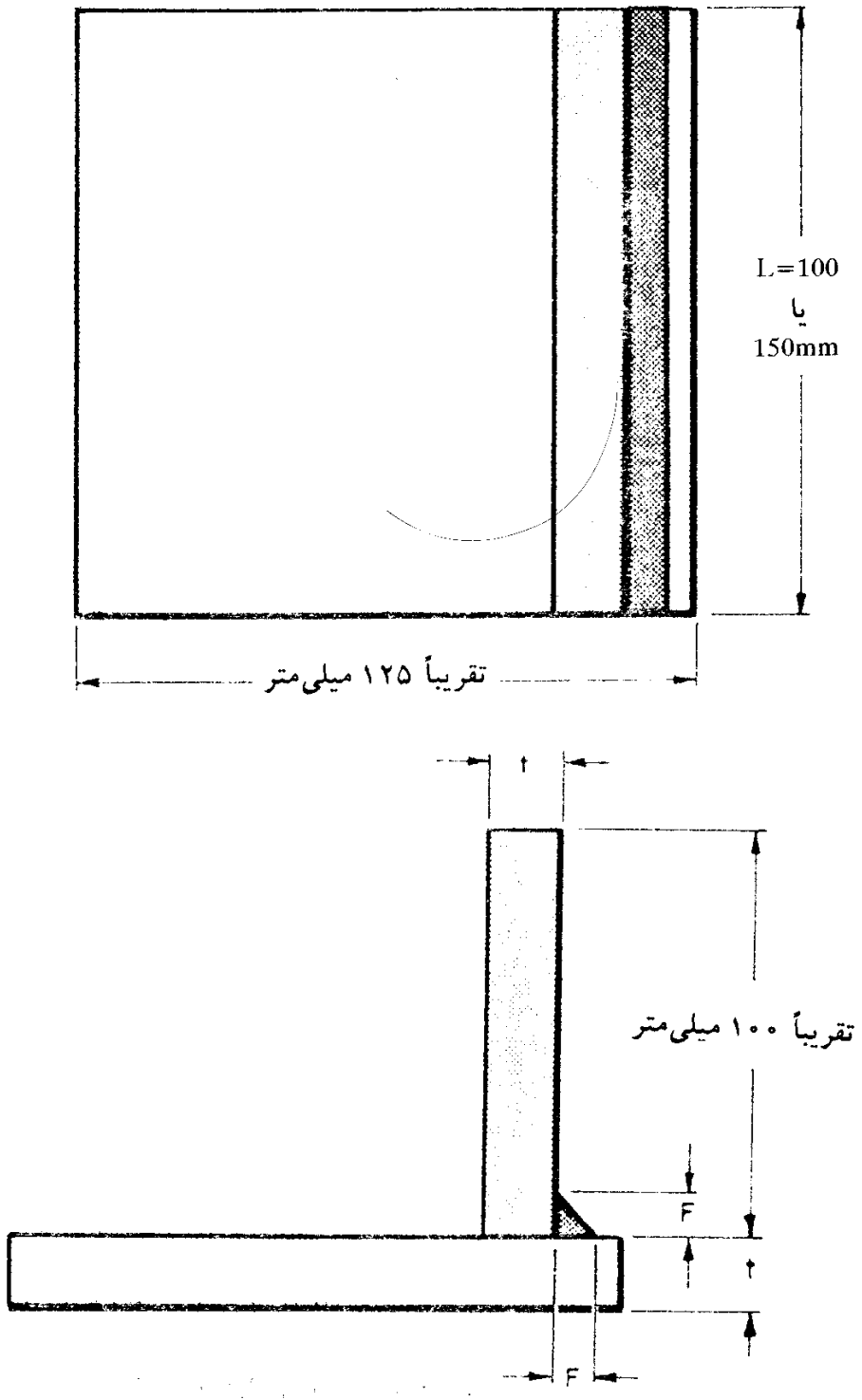
مورد نظر باشد، آزمایش جوش گوشه مطابق شکل ۸ ـ ۲۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد. جوش انجام شده مطابق شکل ۸ ـ ۲۱ گسیخته می‌شود.

۸ ـ ۶ ـ ۴ آماده‌سازی[۳۳] نمونه‌های آزمایشی

مطالبی که در پی می‌آیند، آگاهی‌های لازم برای فهم طبیعت نمونه‌های مختلف آزمایشی، آماده‌سازی و کاربرد آنها، روش آزمایش، و نتایج لازم جهت پذیرش را ارائه می‌دهند. نکتهٔ قابل

33– preparation

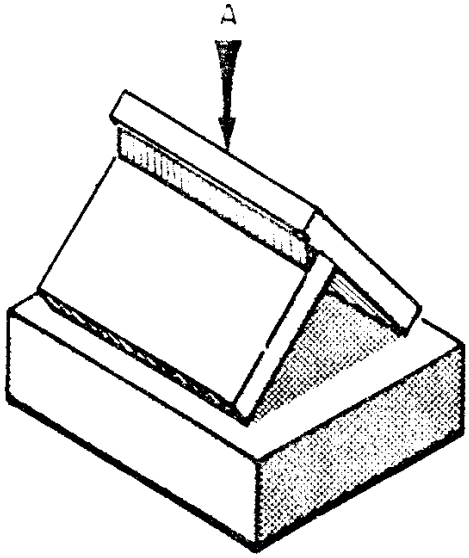
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۲۰ ـ نمونه آزمایش شکست جوش گوشه.

توجه برای کارآموزان جوشکاری در ارتباط با جوشکاری نمونه آزمایشی این است که با وجودی که این آزمایش‌ها برای تعیین توانایی جوشکاران طرح شده است، بسیاری از آنها به‌دلایلی که ارتباطی به‌قابلیتشان در جوشکاری ندارد، در امتحانات قبول نمی‌شوند. علت این امر بی‌دقتی در کاربرد جوش و بی‌توجهی نسبت به‌آماده‌سازی قطعهٔ آزمایش و نمونه‌های آزمایشی است.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۲۱ ـ روش شکستن نمونه آزمایش شکست جوش گوشه.

انتخاب و آماده‌سازی ورق‌ها. در هنگام آزمایش ضروری است که ورق و تسمه پشت‌بند، جوش‌پذیر، شکل‌پذیر و از جنس فولاد کم کربن باشند. آزمایش به‌گونه‌ای طراحی شده است که هم ورق و هم خط جوش تحت خمش و کشش قرار می‌گیرند. اگر مقاومت کششی ورق خیلی بیشتر از مقاومت فلز جوش باشد، در حین آزمایش از محدودهٔ تغییر شکل‌های خطی فراتر نرفته و تمام تغییرشکل‌ها به‌جوش اعمال می‌شود و در نتیجه تغییر شکل جوش فراتر از نقطه تسلیم شده و موجب گسیختگی در منطقهٔ فلز جوش می‌گردد.

جوشکاری ورق‌ها. انتخاب صحیح الکترود اولین قدم در تولید یک جوش سالم می‌باشد. با توجه به‌اینکه ورق‌ها عموماً در تمام وضعیت‌ها جوشکاری می‌شوند، الکترود مورد استفاده برای ورق‌ها باید مناسب برای تمام وضعیت‌ها بوده و شکل‌پذیری مناسبی داشته باشد، به‌همین جهت باید از طبقهٔ E6010، E6011، E6017 یا E6018 باشند. از الکترود E70S در جوشکاری ورق‌ها با جوش قوسی تحت حفاظت گاز استفاده می‌شود.

مهمترین مرحله در اجرای جوش، پاس اول (یا پاس ریشه) در جوش شیاری و پاس ریشه در جوش گوشه می‌باشد. باید کوشش کافی از طرف جوشکار جهت نفوذ کافی، ذوب مناسب و سلامت فلز جوش در پاس ریشه انجام گیرد.

هیچ‌گونه عملیات اصلاحی توسط پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش برای پذیرش آزمایش مجاز نیست. این امر باعث گرم شدن تدریجی ورق شده و باعث می‌گردد ورق بعد از تکمیل عملیات جوشکاری به‌ملایمت سرد شود. جوشکار تحت هیچ شرایطی مجاز نیست که قطعهٔ جوش‌شده را

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

در آب سرد قرار داده و یا از هر طریق دیگری سرد شدن قطعه را پس از جوشکاری تسریع کند.

عملیات پرداخت نمونهٔ آزمایشی[۳۴]. توجه کافی به‌پرداخت سطحی نمونهٔ آزمایش ضروری است و عدم دقت در انجام آن می‌تواند باعث مردود شدن جوش سالم شود. پس از پایان جوش، عملیات تراشکاری و سنگزنی قطعه باید در امتداد طولی بر روی نمونه انجام شود. انجام این عمل در جهات دیگر موجب اثراتی خواهد شد که به‌شکست قطعه منجر می‌شود. هر قدر در عملیات پرداخت، سطح صافتری ایجاد گردد، شانس پذیرش نمونهٔ آزمایشی بیشتر است. حتی یک شکاف عرضی باریک ممکن است تحت شرایط سخت تنشی آزمایش باز شود. در صورتی که میزان نفوذ فلز مذاب در درز اتصال به‌میزان قابل توجهی ناقص نباشد، (که در این صورت جوش انجام شده غیرقابل قبول است) نوار جوش باید با سنگزنی یا ماشین ابزار صاف شود تا سطح خمشی تمیز و بدون ناهمواری به‌وجود آید.

هرگونه گُرده جوش[۳۵] (پاس تقویتی) چه در سطح رویی و چه در جوش ریشه باید زدوده شود. همواری لبه‌های نمونه آزمایشی باید شعاعی معادل ۱/۵ میلی‌متر داشته باشد که با برش تأمین می‌شود. پس از سنگزنی نمونه و هنگامی که نمونه گرم است، هیچ‌گاه آن را در داخل آب قرار ندهید. این عمل موجب ایجاد ترک‌های ریز سطحی خواهد شد که تحت آزمایش خمش بزرگتر می‌شوند.

پس از آنکه نمونهٔ آزمایشی تحت خمش قرار گرفت، سطح محدب نمونه باید از لحاظ ترک، شکست و دیگر معایب کنترل شود. هر نمونه‌ای که ترک و دیگر معایب (باز شدنی) آن ناشی از آزمایش خمش، بیش از ۳ میلی‌متر در هر جهت دلخواه اندازه‌گیری شود، قابل قبول نیست. البته ترک‌های ایجاد شده در کنج‌های نمونه در حین انجام آزمایش شامل این مطلب نیست.

۸ـ۶ـ۵ آزمایش‌های سلامت جوش شیاری

(الف) آزمایش کشش مقطع کاهش‌یافته

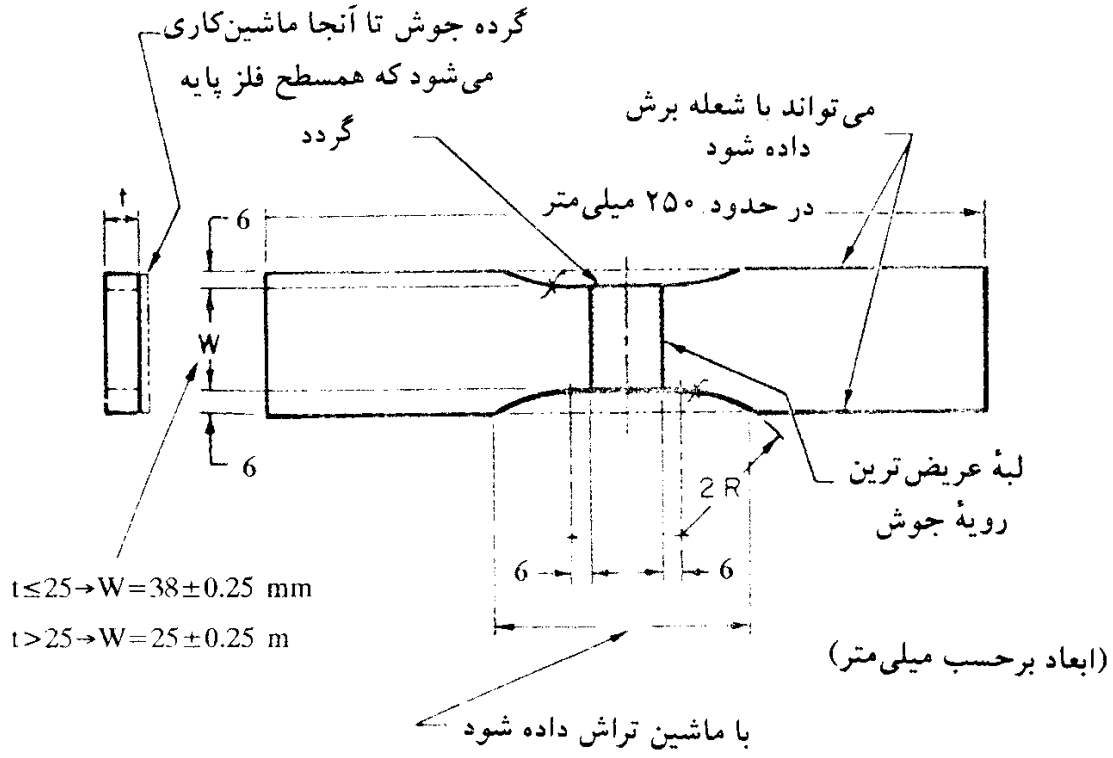
این آزمایش برای تعیین مقاومت کششی جوش و تنها به‌منظور ارزیابی دستورالعمل جوشکاری به‌کار می‌رود. این آزمایش می‌تواند برای اتصالات لب‌به‌لب با جوش شیاری هم در ورق و هم در لوله‌ها به‌کار رود.

اندازه و شکل نمونه‌های آزمایشی. هندسه و شکل نمونه‌ها در اشکال ۸ـ۲۲ تا ۸ـ۲۴ ارائه شده است.

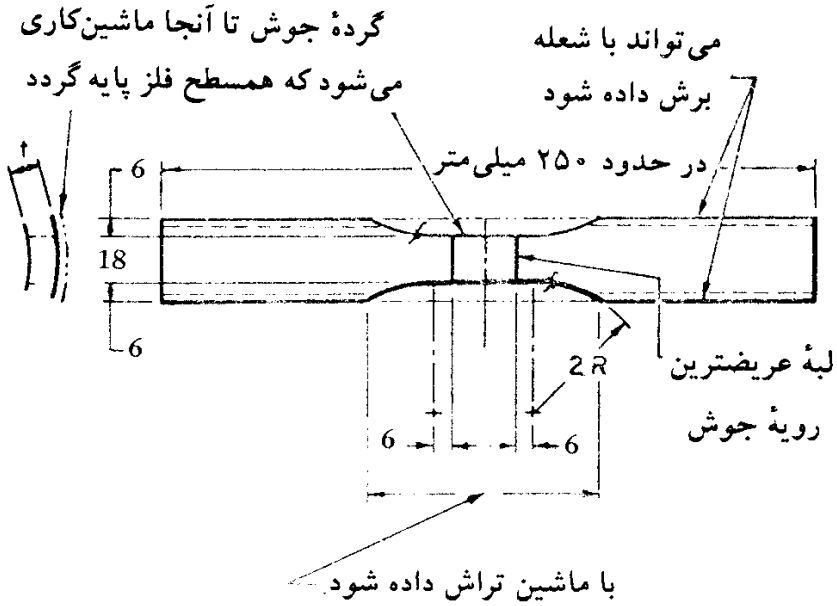
34– finishing the specimen

35– bead reinforcement

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۲۲ ـ نمونه آزمایش کشش (ورق).



شکل ۸ ـ ۲۳ ـ نمونه آزمایش کشش (لوله) با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر.

روش آزمایش. این آزمایش با اعمال نیروی کششی طولی بر نمونه انجام می‌شود و مقدار بار تا آنجا افزایش می‌یابد که موجب شکست نمونه یا جدا شدن آن به‌دو قسمت مجزا طبق شکل ۸ ـ ۸ شود. این عمل معمولاً با استفاده از ماشین آزمایش کشش که به‌همین منظور طراحی شده است،

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

انجام می‌شود. قبل از انجام آزمایش کمترین عرض و ضخامت ورق در محل کاهش مقطع برحسب میلی‌متر یا اینچ اندازه‌گیری می‌شود.

نمونهٔ آزمایشی تحت اثر بار کششی گسیخته شده و حداکثر بار وارده در لحظهٔ گسیختگی برحسب kN یا تن تعیین می‌گردد.

سطح مقطع عرضی طبق رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

ضخامت × عرض = سطح مقطع عرضی

مقاومت کششی جوش برحسب N/mm^2 یا kg/cm^2 از تقسیم حداکثر بار اندازه‌گیری شده بر سطح مقطع عرضی به‌دست می‌آید.

در انجام یک آزمایش دقیق، محاسبات فوق لازم است، ولی برای آزمایشی که در آن فقط تعیین مقاومتر بودن اتصال جوشی نسبت به‌ورق مورد نظر است، گرده جوش حذف نمی‌شود و نمونهٔ آزمایشی تا حد گسیختگی کشیده می‌شود. در کنار انجام این نوع آزمایش هیچ‌گونه محاسبه‌ای انجام نمی‌گیرد.

نتایج مورد نیاز. نمونهٔ آزمایشی باید دارای مقاومت کششی، برابر یا بزرگتر از موارد زیر باشد:

- حداقل مقاومت کششی فلز پایه؛
- پایین‌ترین مقاومت کششی از میان مصالح غیر هم‌جنس؛
- مقاومت کششی فلز جوش، اگر مقاومت فلز جوش کمتر از مقاومت فلز پایه باشد؛
- ۵ درصد کمتر از حداقل مقاومت کششی فلز پایه در صورتی که در هنگام آزمایش، نمونه در قسمت فلز پایه و خارج از قسمت جوش شکسته شده باشد.

(ب) آزمایش خمش آزاد[۳۶]

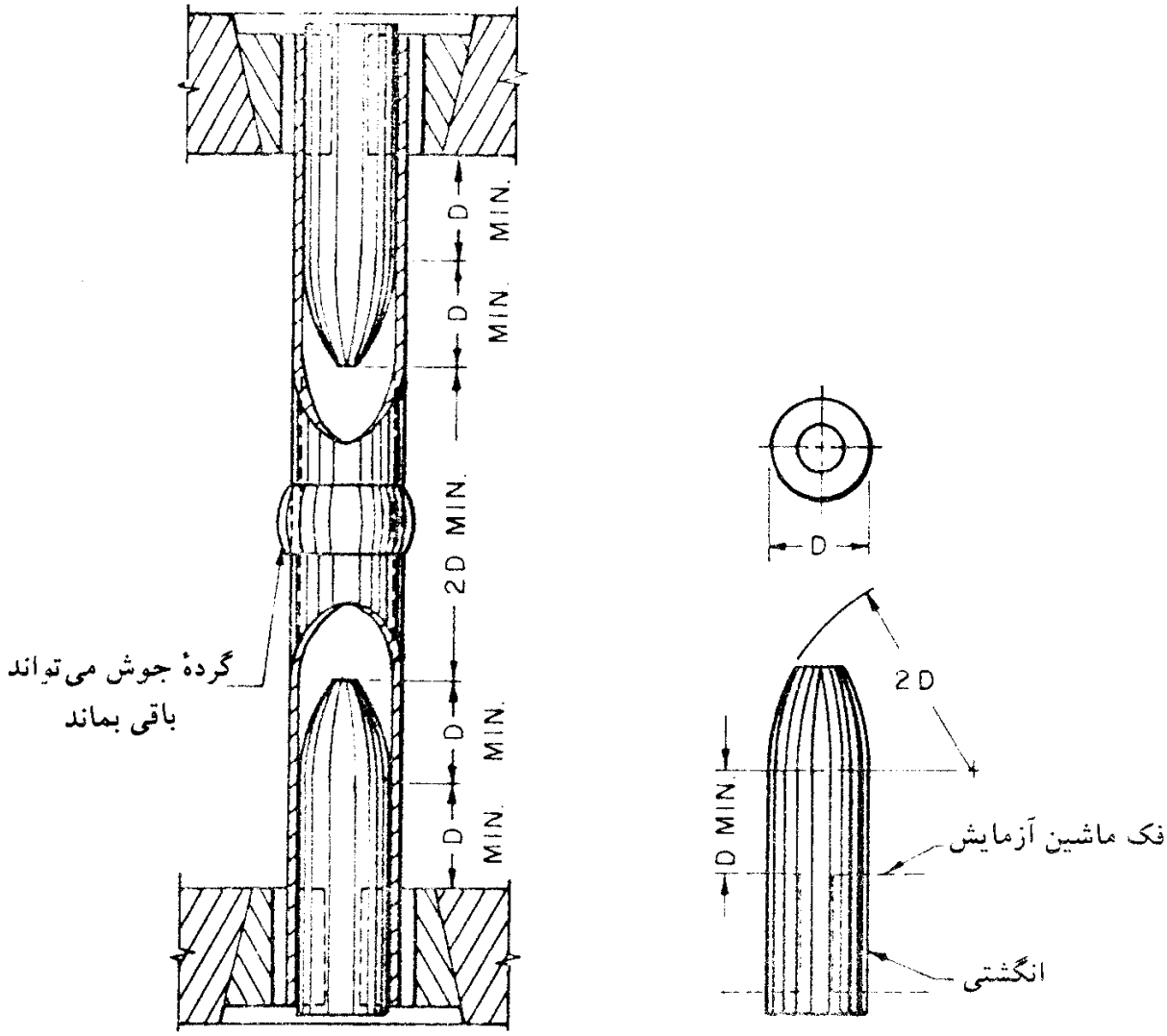
آزمایش‌های خمش آزاد با هدف تعیین شکل‌پذیری فلز جوش به‌کار می‌روند. این آزمایش‌ها تنها برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری مورد استفاده قرار گرفته و بر روی جوش‌های شیاری در اتصال لب‌به‌لب ورق‌ها و لوله‌ها انجام می‌شود.

اندازه و شکل نمونه‌های آزمایش. هندسه نمونهٔ آزمایش مطابق اشکال ۸ ـ ۱۳ و ۸ ـ ۱۴ می‌باشد.

روش آزمایش. دو خط مقیاس مطابق اشکال ۸ ـ ۱۳ و ۸ ـ ۱۴ به‌آرامی بر سطح رویهٔ جوش حک می‌شود.

36– free-bend test

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



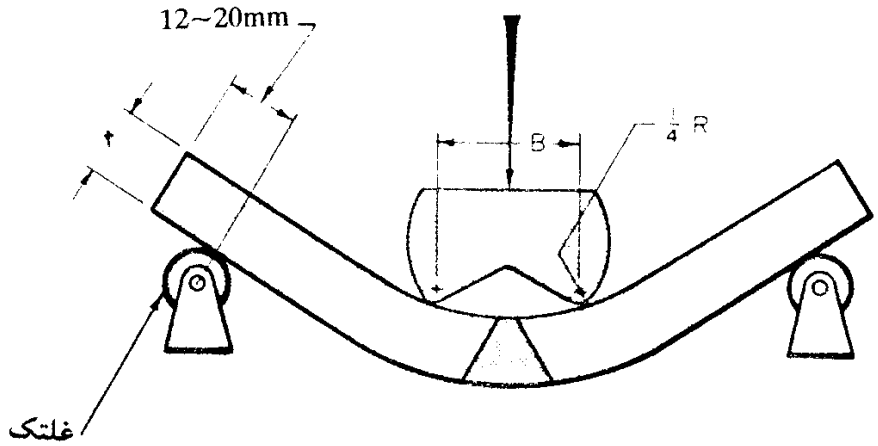
شکل ۸ ـ ۲۴ ـ نمونه آزمایش کشش (لوله) با قطر کمتر از ۵۰ میلی‌متر

فاصلهٔ بین این دو خط که به‌نام فاصلهٔ مقیاس خوانده می‌شود در حدود ۳ میلی‌متر کمتر از عرض رویهٔ جوش انتخاب می‌شود. این فاصله برحسب میلی‌متر و با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری می‌شود.

در جوش شیاری یک‌طرفه، خطوط مقیاس بر روی رویه جوش هستند. در جوش شیاری دوطرفه، که دو رویه جوش وجود دارد، دو خط مقیاس در یک طرف نمونه بر رویه جوش، و دو خط مقیاس در طرف دیگر نمونه و بر روی لایه جوش مخالف انتخاب می‌شوند.

هر نمونه در ابتدا تحت اثر خمش اولیهٔ هدایت شده در شرایط شکل ۸ ـ ۲۵ قرار می‌گیرد. سطح نمونه که شامل خطوط مقیاس می‌باشد تحدب پیدا کرده به‌گونه‌ای که رویه جوش در قسمت پایینی و در وجه بیرونی سطح محدب قرار می‌گیرد. پس از اعمال خمش اولیه، نمونه در داخل گیره یا دستگاه فشار و ماشین آزمایش قرار می‌گیرد. خمش نمونه تا زمان ایجاد ترک و یا شکافی بزرگتر از ۱/۵ میلی‌متر و در هر جهت دلخواه که بر سطح محدب نمونه ظاهر گردد، ادامه می‌یابد. اگر هیچ

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۲۵ ـ خمش اولیه برای نمونه آزمایش خمش آزاد.

ترکی بر سطح نمونه ظاهر نگردد، خمش وارده دو برابر می‌شود. ترک‌های با طول کمتر از ۱/۵ میلی‌متر که در خلال آزمایش در گوشه‌های نمونه به‌وجود می‌آیند، مورد توجه قرار نمی‌گیرند. استفاده از ترتیباتی مطابق شکل ۸ ـ ۲۶ در انجام این آزمایش توصیه می‌شود. این وسیله مانع لغزش در انتهای نمونه در هنگام خمش می‌گردد. لغزش نمونه در حین آزمایش می‌تواند موجب صدمات جانی و مالی گردد. کمترین فاصله میان خطوط مقیاس در طول سطح محدب نمونه با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری شده و با کسر فاصله اولیه خطوط مقیاس از آن، مقدار افزایش طول نمونه تعیین می‌شود. درصد افزایش طول از تقسیم میزان افزایش طول بر طول اولیه و حاصل‌ضرب نتیجهٔ آن در عدد ۱۰۰ به‌دست می‌آید. اندازه‌گیری این مقادیر می‌تواند با یک طول‌سنج انعطاف‌پذیر مدرج و با دقت دهم میلی‌متر انجام شود.

نتایج موردنیاز. افزایش طول نسبی برای جوش‌های تنش‌زدایی‌شده[۳۷] نباید کمتر از ۳۰ درصد و برای جوش‌های تنش‌زدایی نشده نباید کمتر از ۲۵ درصد باشد. در کارها با کلاس پایین‌تر، افزایش طول‌های کوچکتر نیز ممکن است مورد پذیرش قرار گیرد.

(پ) آزمایش خمش هدایت شده

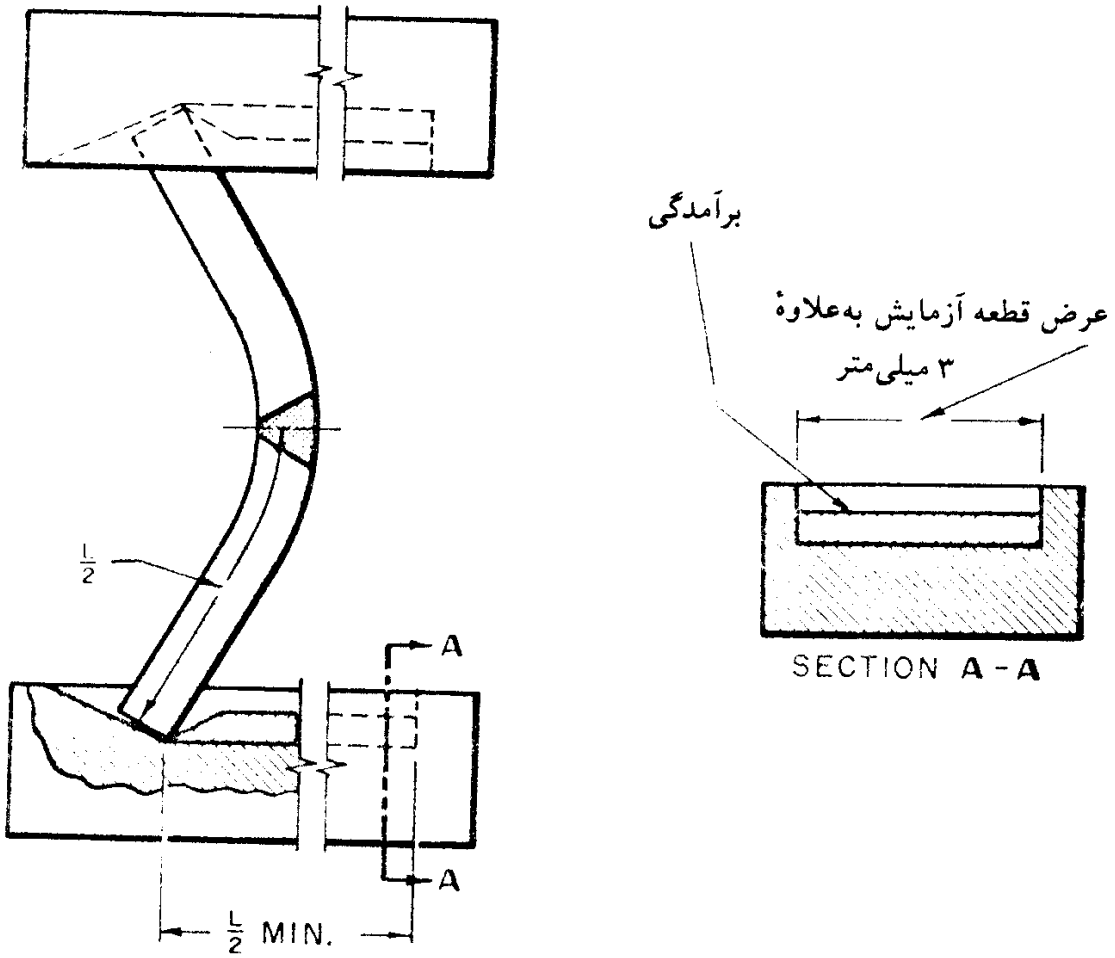
آزمایش‌های خمش ریشه، خمش رویه و خمش جانبی (خمش‌گونه)

این آزمایش‌ها با هدف آشکارسازی عدم سلامت جوش، عدم نفوذ و امتزاج فلز جوش انجام

37– stress-relieved*

* وقتی تنش‌های پسماند به‌وسیلهٔ طراحی مناسب قابل کاهش نباشد می‌توان آنها را با عملیات تنش‌گیری در کوره‌های بزرگ برطرف کرد.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



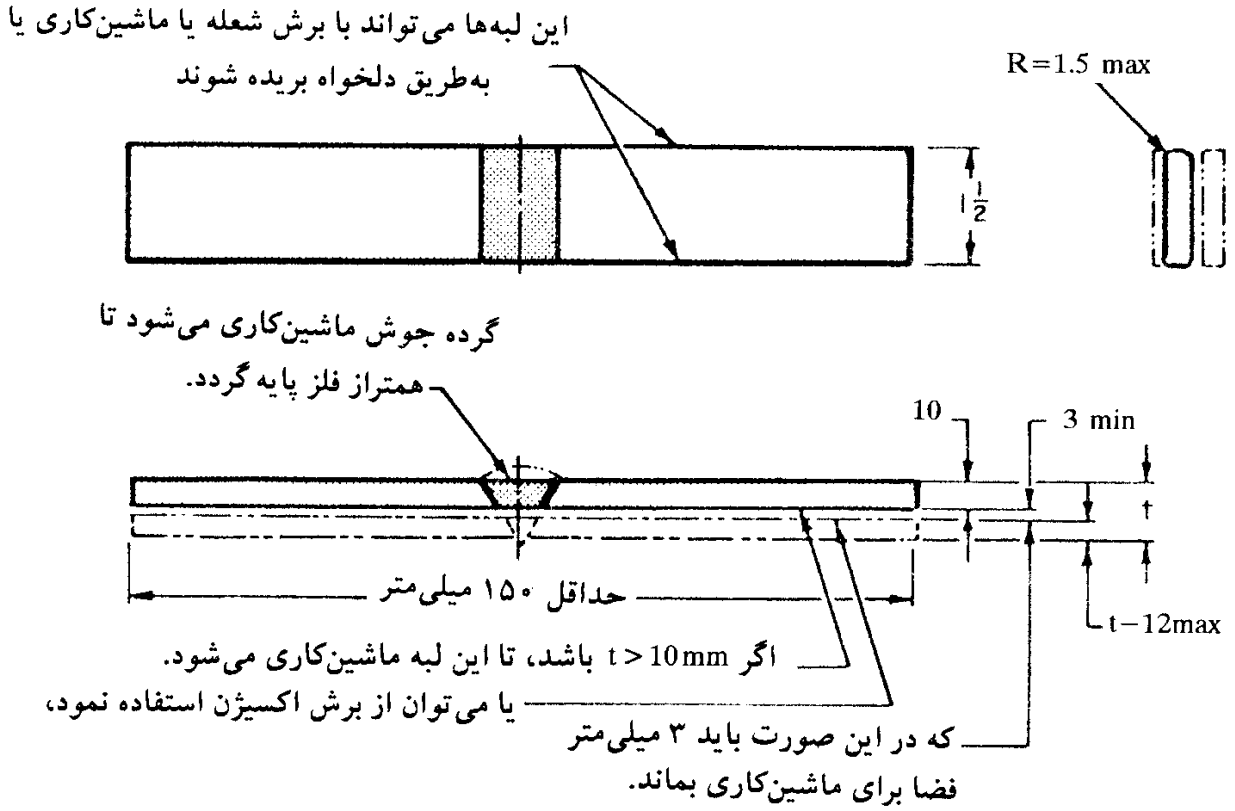
شکل ۸ ـ ۲۶ ـ دستگاه توصیه شده برای اعمال خمش نهایی بر نمونهٔ آزمایش خمش آزاد.

می‌شود و برای ارزیابی دستورالعمل جوشکاری و صلاحیت جوشکاران مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آزمایش در مورد جوش‌های شیاری در ورق‌ها و لوله اعمال می‌شود. آزمایش خمش رویه (خمش سطحی) کیفیت امتزاج فلز جوش در دیواره‌ها و سطح درز اتصال، تخلخل، تداخل گِل و حفره‌های گازی و دیگر معایب احتمالی را کنترل می‌کند. این آزمایش همچنین میزان شکل‌پذیری جوش را اندازه می‌گیرد. آزمایش خمش ریشه میزان نفوذ و امتزاج فلز جوش را در داخل ریشه درز اتصال کنترل می‌کند. آزمایش خمش جانبی به‌منظور کنترل سلامت و میزان ذوب فلز جوش می‌باشد.

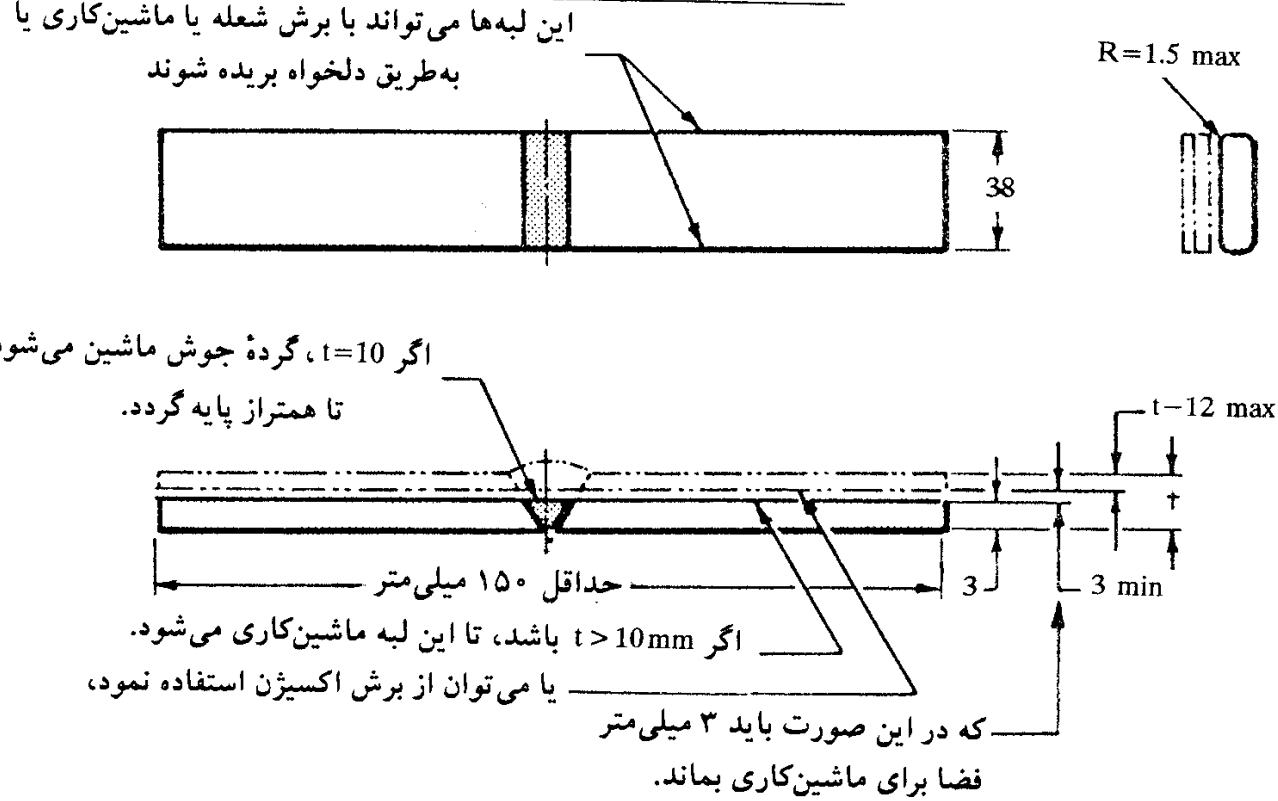
اندازه و شکل نمونه‌های آزمایش. هندسهٔ نمونه‌های آزمایشی مطابق اشکال ۸ ـ ۲۷ و ۸ ـ ۲۹ می‌باشد.

روش آزمایش. نمونه در داخل گیره‌ای با مشخصات نشان داده شده در شکل ۸ ـ ۳۰ قرار گرفته و با اعمال فشار سنبه، خمیده می‌شود. توجه کنید که برای ورق و لوله یک اندازه وجود دارد. از هر

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



نمونه آزمایش خمش رویه

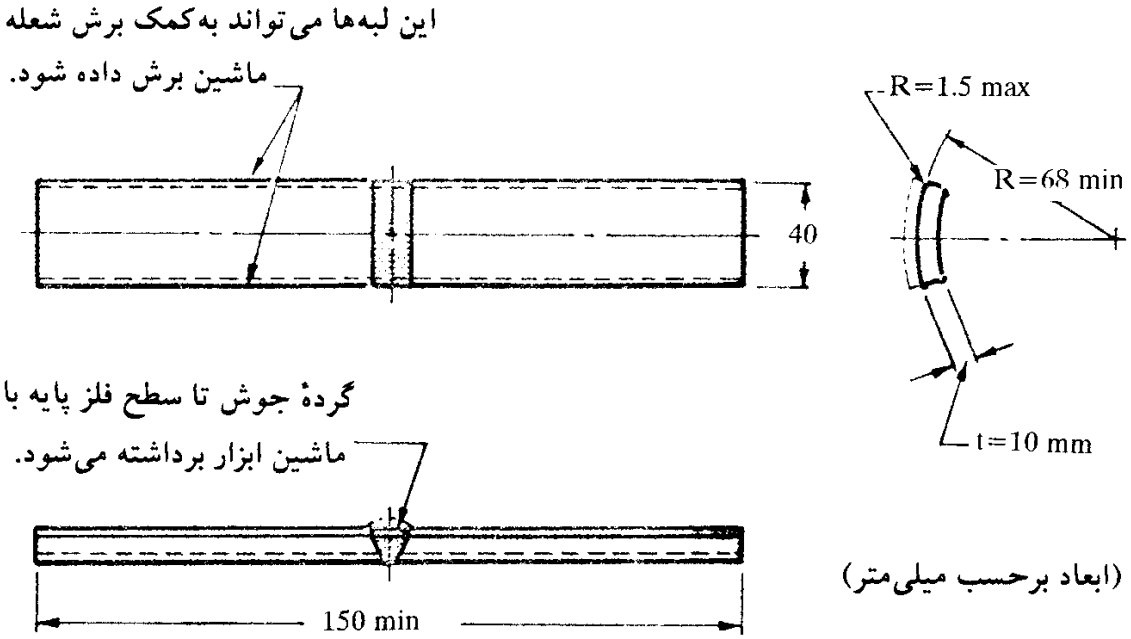


نمونه آزمایش خمش ریشه

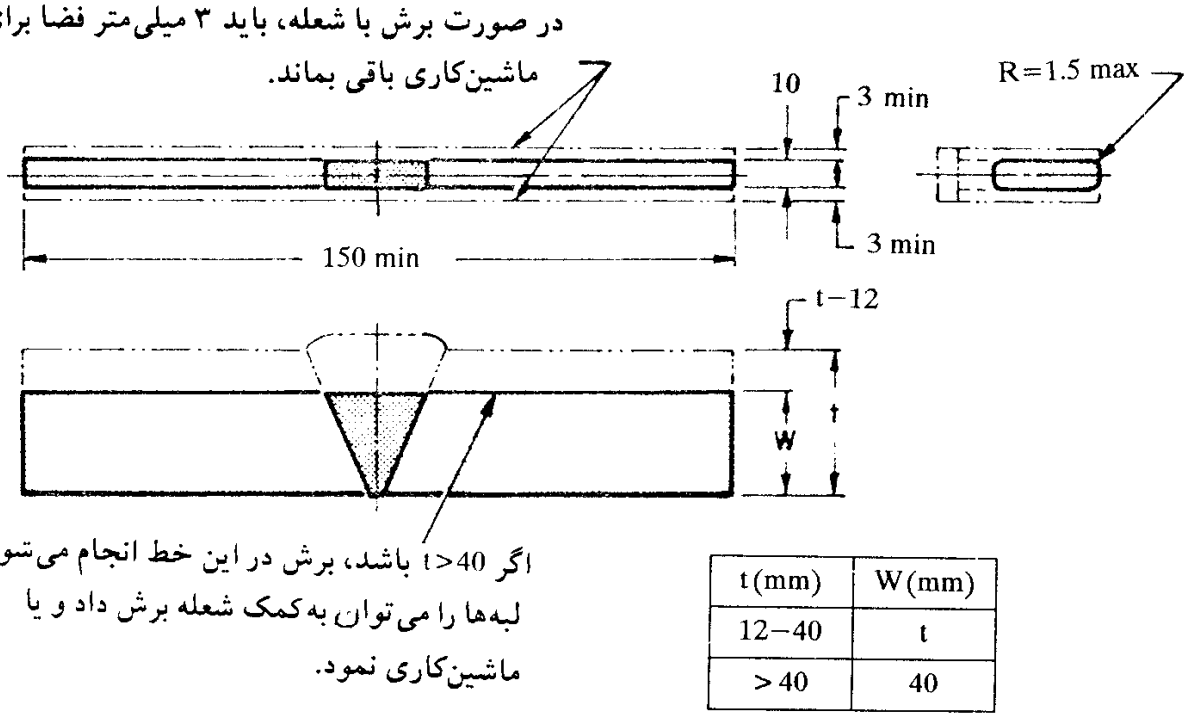
توجه: انجام آزمایش‌های خمش رویه و خمش ریشه بر روی ورق‌های نازکتر از ۱۰ میلی‌متر امکانپذیر نیست.

شکل ۸ - ۲۷ - نمونه‌های آزمایش خمش رویه و خمش ریشه (ورق).

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۲۸ ـ نمونه آزمایش خمش رویه و خمش ریشه جوش (لوله).



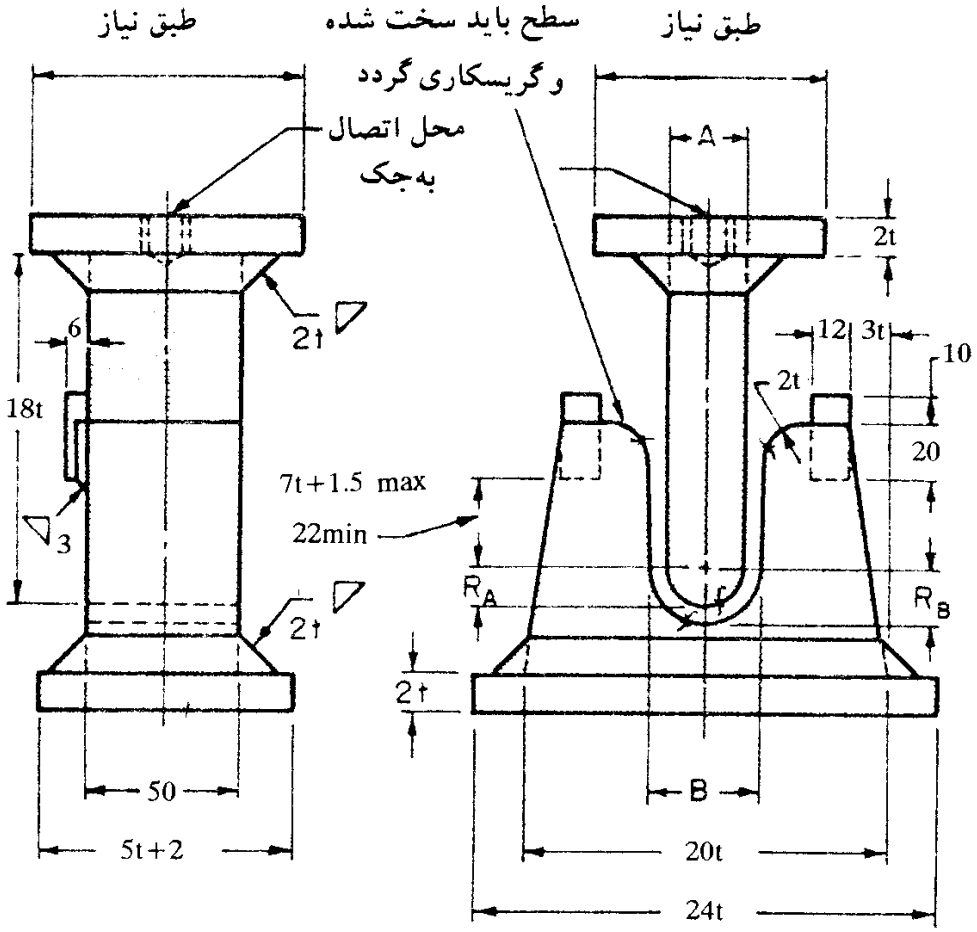
t(mm)	W(mm)
12−40	t
>40	40

شکل ۸ ـ ۲۹ ـ نمونه آزمایش خمش جانبی.

وسیله‌ای، اعم از دستی، مکانیکی، الکتریکی، و یا هیدرولیکی می‌توان برای رانش سنبه به‌داخل گیره استفاده نمود (شکل ۸ ـ ۳۱).

نمونهٔ آزمایشی بر روی شکاف گیره طوری قرار داده می‌شود که جوش در وسط دهانه قرار گیرد. نمونه‌های آزمایش خمش رویه طوری قرار می‌گیرند که سطح جوش به‌سمت شکاف، و

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

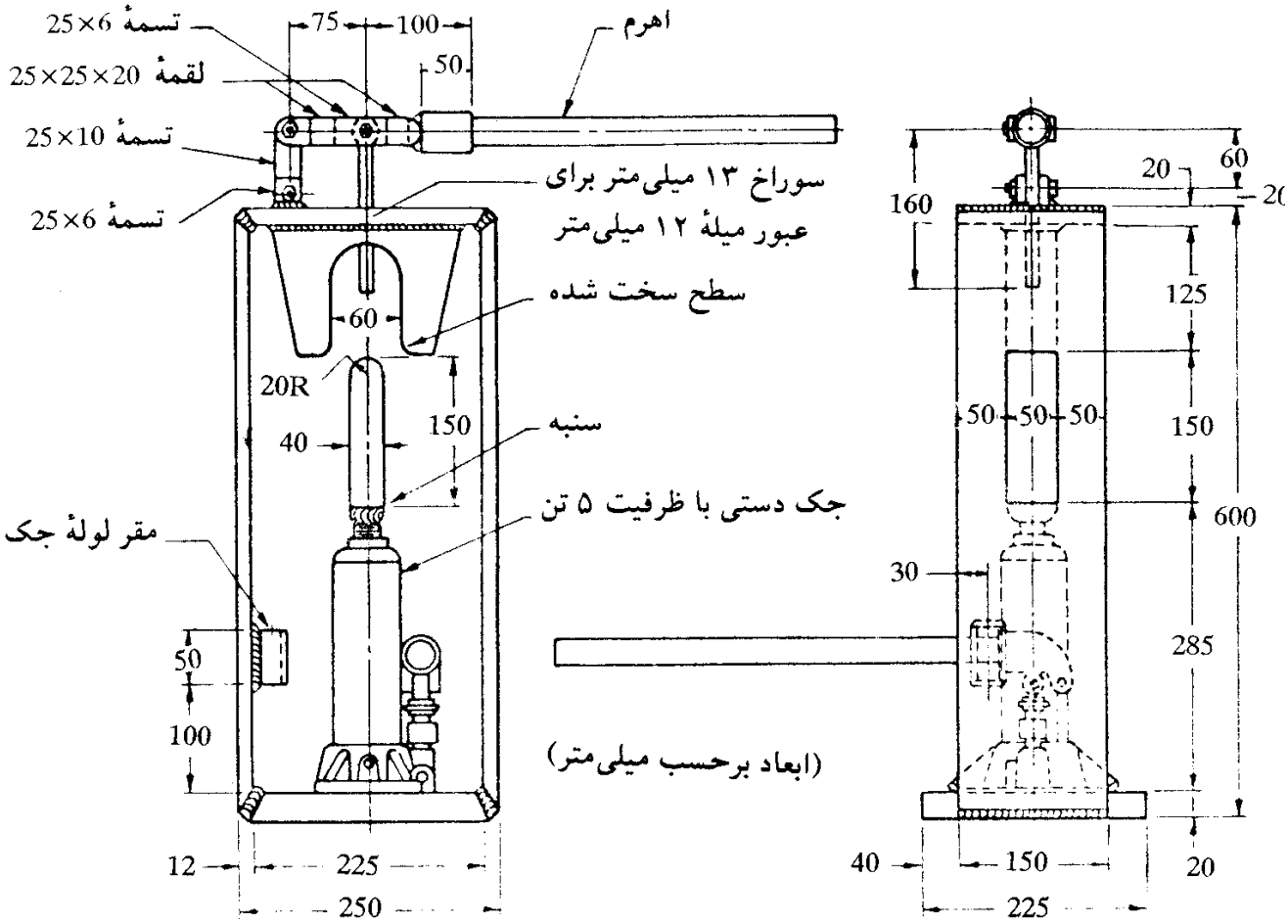


شکل ۸ ـ ۳۰ ـ گیره مورد استفاده در آزمایش خمش هدایت شده که برای ارزیابی صلاحیت جوشکاران در جوشکاری طبق ضوابط آیین‌نامه AWS و API به‌کار می‌رود. این دستگاه می‌تواند در کارگاه‌های جوشکاری نیز ساخته شده و مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه‌های آزمایش خمش ریشه طوری قرار می‌گیرند که ریشه جوش به‌سمت شکاف، و نمونه‌های آزمایش خمش جانبی طوری قرار می‌گیرند که گونهٔ دارای معایب و شکاف‌های بزرگتر (البته در صورت وجود) به‌سمت شکاف وسیله باشند. پس از قرارگیری نمونه در محل و جهت مناسب، سنبه به‌سمت قالب فشار داده می‌شود تا میزان انحنای نمونه به‌مقداری برسد که یک سیم به‌قطر ۰/۸ میلی‌متر، از میان فضای انحنای تحتانی گیره و نمونهٔ آزمایشی عبور نکند. سپس نمونهٔ آزمایشی از داخل گیره خارج می‌شود.

پذیرش نتایج. سطح محدب نمونه پس از انجام آزمایش از لحاظ ظهور ترک‌ها و شکاف‌های طولی و دیگر معایب بازرسی می‌شود. هر نمونه‌ای که طول ترک‌ها و دیگر معایب ایجاد شده بر سطح آن پس از اعمال خمش در هر جهت دلخواه بیش از ۱/۵ تا ۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شود، مردود اعلام می‌شود. ترک‌های ایجاد شده در کنج نمونه مشمول محدودیت فوق نیستند مگر اینکه طول

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۳۱ ـ دستگاه آزمایش خمش هدایت شده با جک دستی قابل تهیه در کارگاه‌های جوشکاری و آموزشگاه‌های جوشکاری.

ترک بیش از ۳ میلی‌متر تا ۶ میلی‌متر باشد و مدرکی دال بر اختلاط سرباره یا معایب داخلی وجود داشته باشد.

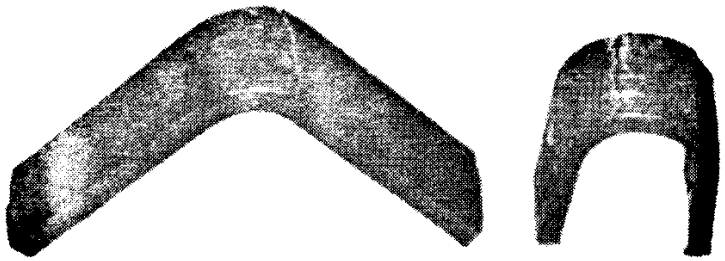
شکل‌های ۸ ـ ۳۲ و ۸ ـ ۳۳ را برای تطابق و مقایسه نمونه‌های مناسب و معیوب مطالعه کنید.

(ت) آزمایش شکست نمونهٔ زخم‌دار[۳۸]

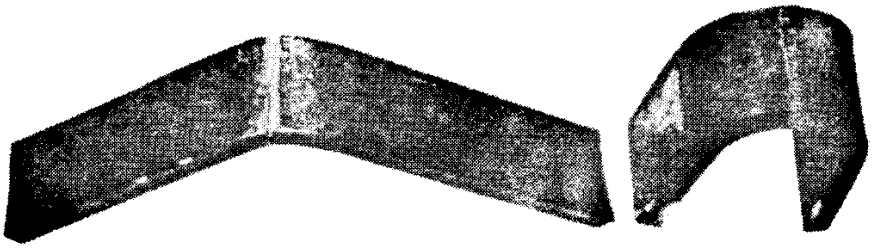
آزمایش شکست بر روی نمونهٔ زخم‌دار با هدف تعیین سلامت جوش انجام می‌شود. این آزمایش در یک دورهٔ زمانی کاربرد نسبتاً وسیعی داشت، ولی امروزه تعداد افراد کمی هستند که صلاحیت ارزیابی ساختمان بلورین مقطع شکسته‌شدهٔ جوش را داشته باشند. بنابراین این آزمایش به‌رغم دیگر آزمایش‌ها چندان قابل اطمینان نیست.

38– nick-break test

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۳۲ ـ نمونه‌های آزمایش خمش رویه. نمونهٔ سمت راست به‌طور رضایتبخشی در آزمایش مقاومت کرد در حالی‌که نمونه سمت چپ قبل از خمش کامل ترک خورد و شکست.



شکل ۸ ـ ۳۳ ـ نمونه آزمایش خمش ریشه. نمونه سمت راست به‌طور رضایتبخشی در آزمایش مقاومت کرده در حالی‌که نمونه سمت چپ قبل از خمش کامل ترک خورده و شکسته شده است. به‌نفوذ کامل جوش در نمونه مورد قبول توجه کنید.

اندازه و شکل نمونه‌ها. مطابق اشکال ۸ ـ ۳۴ و ۸ ـ ۳۵ می‌باشد.

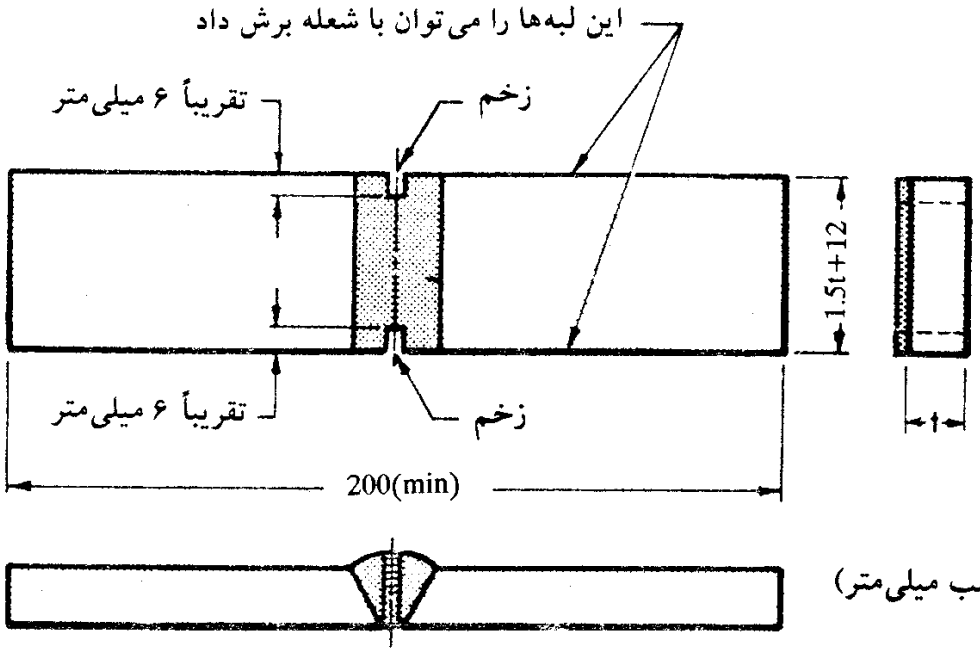
روش انجام آزمایش. گرده جوش (پاس تقویتی) از روی نمونه مورد آزمایش برداشته نمی‌شود. شیاری در هر دو وجه نمونه به‌کمک اره ایجاد می‌گردد. سپس نمونه بر روی دو تکیه‌گاه ثابت قرار گرفته و با استفاده از چکش ضربه‌ای سریع و تیز مطابق شکل ۸ ـ ۳۶ به‌آن وارد می‌شود. این عمل باعث ایجاد شکست در قسمت زخم‌دار نمونه می‌گردد. فلز جوش از لحاظ معایبی نظیر اختلاط سرباره (گِل) و اکسید، حفره‌های گازی و امتزاج ناقص فلز جوش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (شکل ۸ ـ ۳۷).

پذیرش نتایج. شرایط لازم برای پذیرش نمونه آزمایشی آن است که میزان تخلخل سطح شکسته شده نباید بیش از یک حفرهٔ گازی در هر سانتی‌متر مربع* از سطح جوش باشد. حداکثر بعد هر یک از حفره‌های فوق در هر امتداد نباید بزرگتر از ۱/۵ میلی‌متر باشد. همچنین مطالعه سطح شکسته باید امتزاج کامل فلز جوش و عاری بودن آن از اختلاط سرباره را نشان دهد.

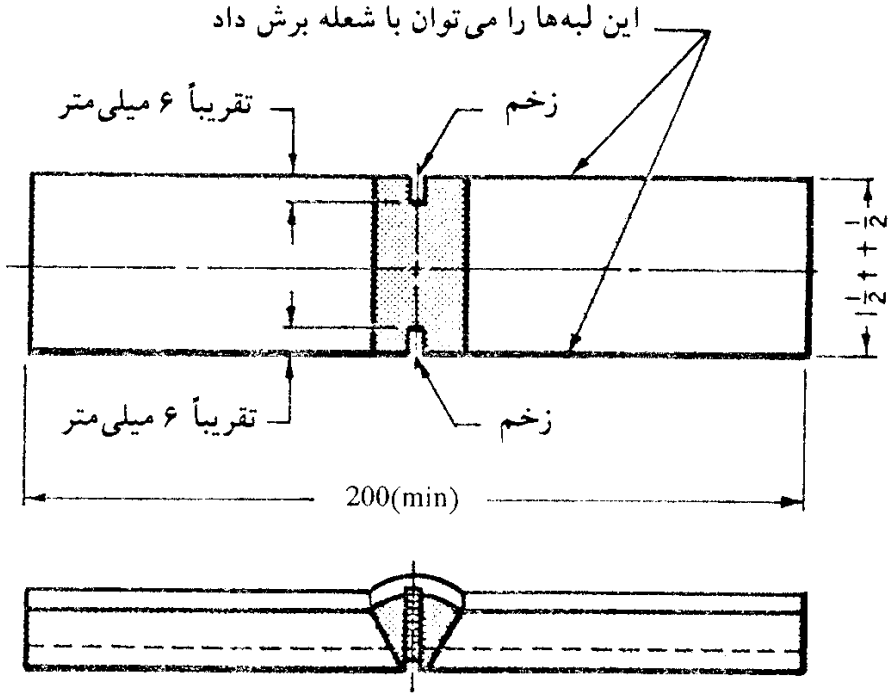
---

* معادل شش حفرهٔ گازی در هر اینچ مربع

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۳۴ ـ نمونه آزمایش شکست نمونهٔ زخم‌دار (ورق).



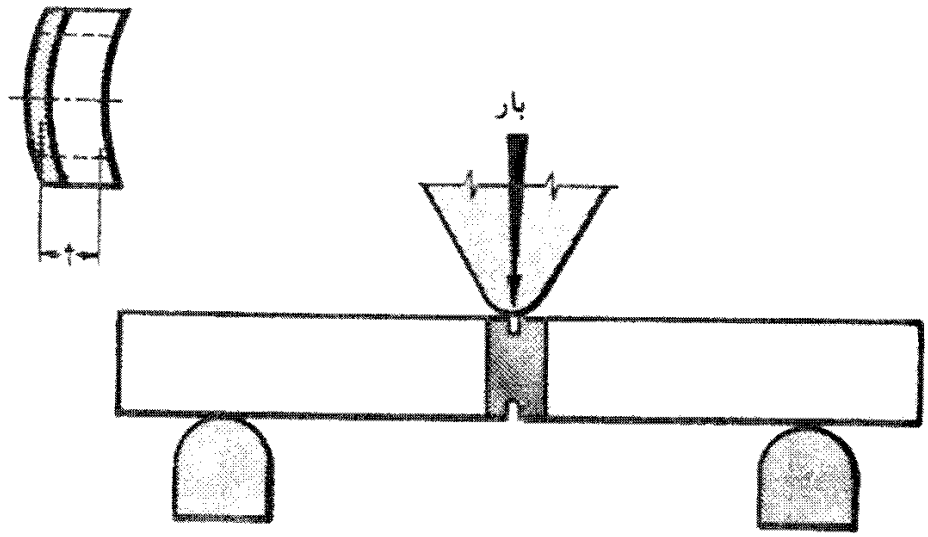
شکل ۸ ـ ۳۵ ـ نمونه آزمایش شکست نمونهٔ زخم‌دار (لوله).

۸ ـ ۶ ـ ۶ آزمایش‌های سلامت جوش گوشه

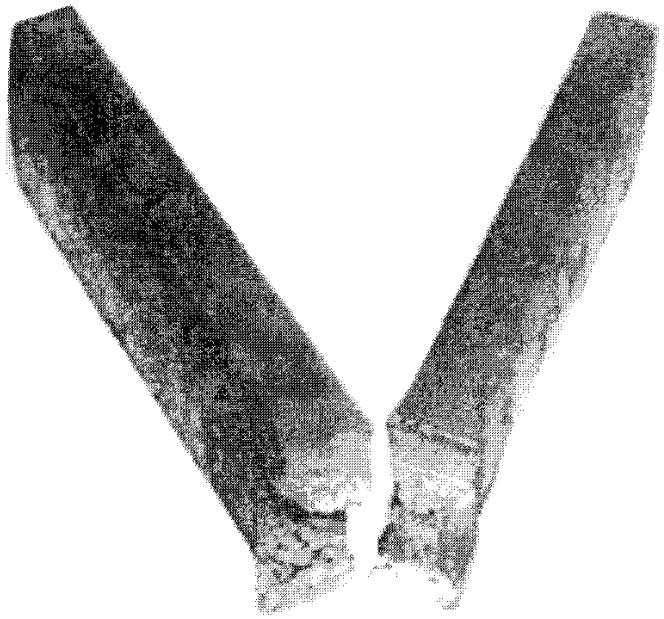
(الف) آزمایش‌های برش طولی و عرضی

این آزمایش‌ها مقاومت برشی جوش گوشه را تعیین می‌کنند و معمولاً برای ارزیابی نحوه اجرای جوشکاری به‌کار می‌روند.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۳۶ ـ روش شکستن نمونه زخم‌دار.

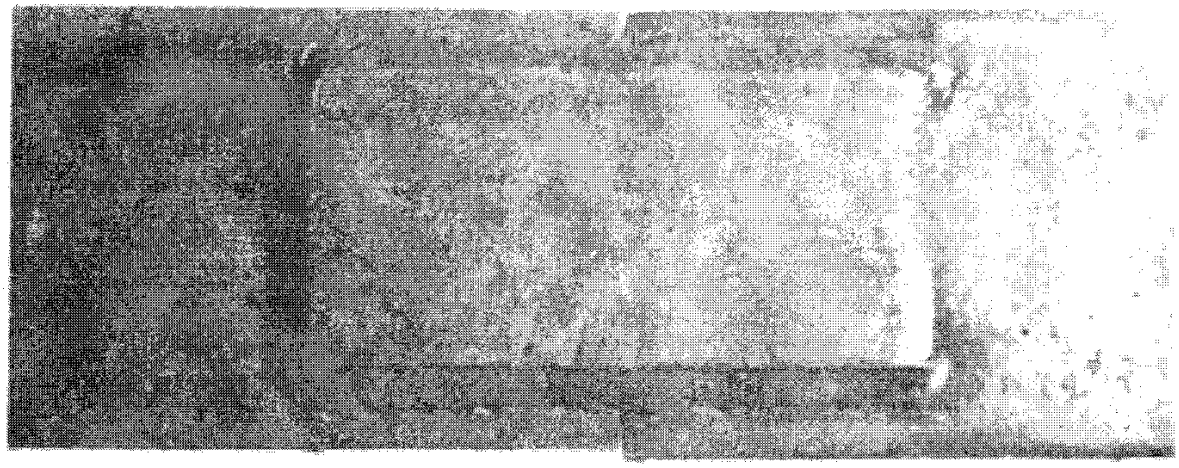


شکل ۸ ـ ۳۷ ـ نمونه زخم‌دار بعد از شکست.مطالعه نشان می‌دهد جوش سالم و عاری از سرباره و اختلاط اکسید و سرباره و حفره‌های گازی بوده و میزان ذوب نیز کامل است.

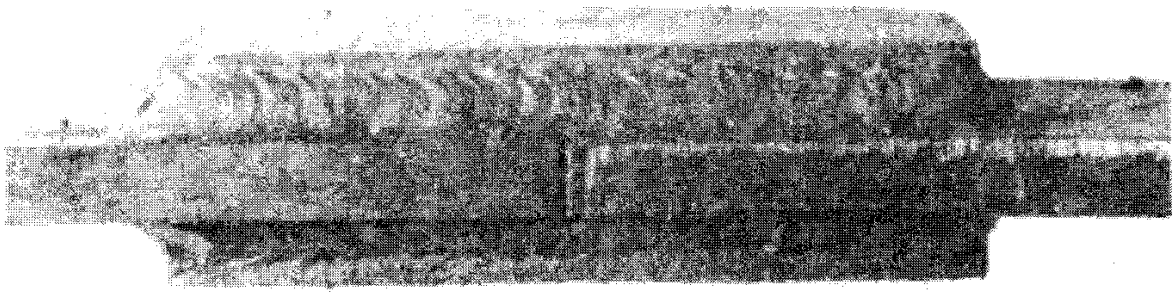
اندازه و شکل نمونه‌های آزمایشی. هندسه نمونه‌ها مطابق اشکال ۸ ـ ۹، ۸ ـ ۱۰ و ۸ ـ ۱۱ می‌باشد. در اشکال ۸ ـ ۳۸ و ۸ ـ ۳۹ نمونه‌های آماده شده برای آزمایش برش طولی نشان داده شده‌اند.

روش آزمایش. نمونه مورد نظر با کشیدن توسط دستگاه آزمایش کششی گسیخته می‌گردد. حداکثر بار وارده برحسب تن یا کیلونیوتن تعیین می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۸ ـ ۳۸ ـ وجه فوقانی یک نمونه در آزمایش برش طولی جوش گوشه.



شکل ۸ ـ ۳۹ ـ نمای جانبی یک نمونه در آزمایش برش طولی جوش گوشه.

(الف) جوش عرضی.[۳۹] مقاومت برشی جوش برحسب kg/cm یا N/mm با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$\text{ظرفیت برشی جوش عرضی (نیرو بر واحد طول)} = \frac{\text{حداکثر بار}}{\text{عرض نمونه} \times ۲} \qquad (۸ ـ ۱)$$

تنش مقاوم برشی جوش برحسب kg/cm^2 یا N/mm^2 با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{مقاومت برشی جوش عرضی (نیرو بر واحد سطح)} = \frac{\text{ظرفیت برشی (نیرو بر واحد طول)}}{\text{اندازهٔ گلوی جوش (واحد طول)}} \qquad (۸ ـ ۲)$$

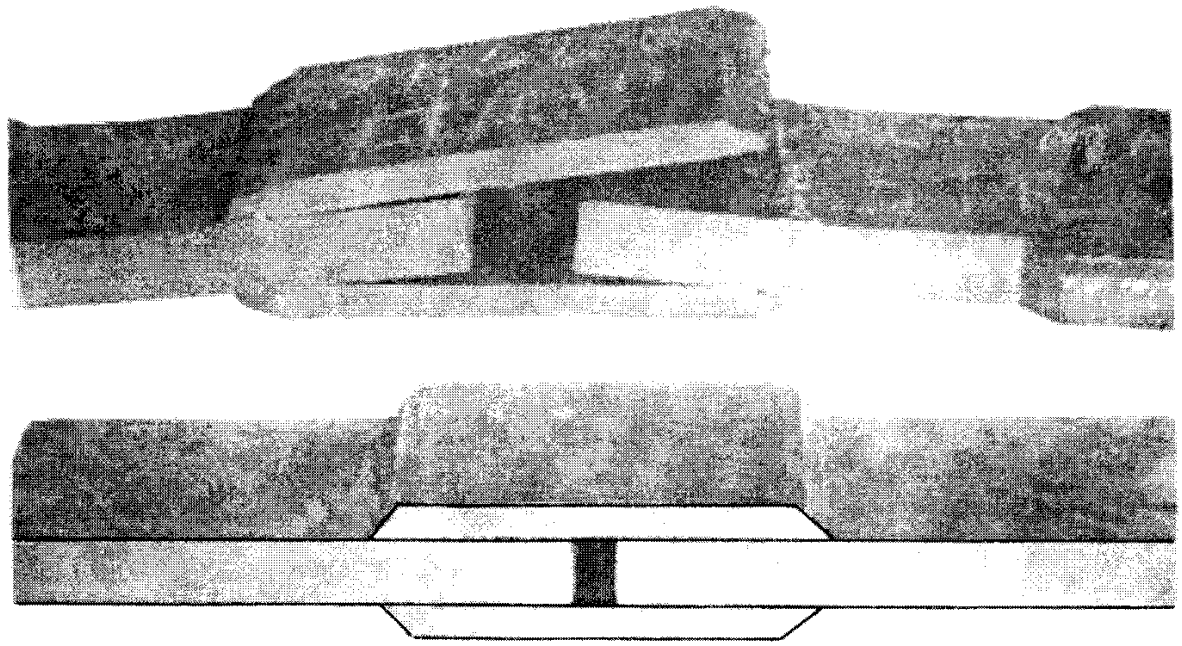
(ب) جوش طولی[۴۰]. ظرفیت برشی جوش برحسب kg/cm یا N/mm از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{ظرفیت برشی جوش طولی (نیرو بر واحد طول)} = \frac{\text{حداکثر بار}}{\text{کل طول جوش}} \qquad (۸ ـ ۳)$$

39– transverse weld

40– longitudinal weld

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۴۰ ـ تصویر پایینی یک نمونه آزمایش جوش گوشه عرضی را نشان می‌دهد. تصویر بالا نمونهٔ شکسته شده تحت اثر کشش را نشان می‌دهد. نمونه تا نیروی کششی معادل ۳۶ تن مقاومت کرده است.

پذیرش نتایج. برای نمونه‌های ازمایش برش طولی، مقدار ظرفیت برشی جوش طولی برحسب نیرو بر واحد سطح نباید کمتر از $\frac{۲}{۳}$ حداقل مقاومت نهایی کششی فلز پایه باشد. برای نمونه‌های آزمایش برش عرضی، مقاومت برشی جوش برحسب نیرو بر واحد سطح نباید کمتر از $\frac{۷}{۸}$ حداقل مقاومت مشخصهٔ کششی فلز پایه باشد.

(ب) آزمایش خمش هدایت شده[41] جوش گوشه

این آزمایش عدم سلامت فلز جوش در جوشکاری گوشه را مشخص می‌کند.

اندازه و شکل نمونه‌های آزمایش. هندسهٔ نمونه مطابق شکل ۸ ـ ۱۵ می‌باشد.

روش آزمایش. هر نمونه در قالبی که دارای سنبه و دیگر ملحقات نشان داده شده در شکل ۸ ـ ۳۰ می‌باشد، خمیده می‌شود. از هر وسیلهٔ مناسبی می‌توان جهت رانش سنبه به‌داخل قالب استفاده نمود. نمونه آزمایشی به‌گونه‌ای در روی دهانهٔ قالب قرار می‌گیرد که جوش در وسط دهانه باشد. نمونه در جهتی قرار می‌گیرد که ریشهٔ جوش رو به‌شکاف دستگاه باشد. پس از اعمال خمش، نمونه از داخل گیره خارج می‌شود.

41– guided-bend test

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

پذیرش نتایج. سطح محدب نمونه از لحاظ ظهور ترک‌های سطحی و دیگر معایب بعد از آزمایش کنترل می‌شود. نمونه‌هایی که طول ترک ایجاد شده در آنها در هر جهت دلخواه بعد از انجام آزمایش خمش بیش از ۱/۵ تا ۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شود، مردود می‌باشد. ترک‌های با طول کمتر از ۱/۵ میلی‌متر که در کنج‌های نمونه در حین آزمایش ایجاد می‌شود، شامل محدودیت فوق نیستند.

(پ) آزمایش شکست[۴۲] جوش گوشه

این آزمایش با هدف تعیین سلامت جوش گوشه انجام می‌شود.

اندازه و شکل نمونهٔ آزمایشی. نمونهٔ آزمایشی برای ارزیابی جوشکاران طبق آیین‌نامه AWS در شکل ۸ ـ ۲۰ و جهت ارزیابی دستورالعمل جوشکاری طبق آیین‌نامهٔ ASME در شکل ۸ ـ ۱۶ و جهت ارزیابی جوشکار بر روی فلزات آهن‌دار در شکل ۸ ـ ۱۸ و برای فلزات غیرآهنی در شکل ۸ ـ ۱۹ نشان داده شده است.

روش آزمایش (طبق آیین نامه AWS، شکل ۸ ـ ۲۰). نمونهٔ آزمایشی با اتصال یک ورق به‌ورق دیگر (تحت زاویه قائمه) توسط جوش گوشه ساخته می‌شود. سپس مطابق شکل ۸ ـ ۲۱ نمونه با اعمال فشار از طریق دستگاه آزمایش یا استفاده از چکش دستی شکسته می‌شود. با انجام این عمل جوش گوشه از ناحیه ریشه شکسته می‌شود (شکل ۸ ـ ۲۱).

فلز جوش شکسته از لحاظ معایبی نظیر اختلاط سرباره و اکسیدها در فلز جوش، وجود حفره‌های هوا، امتزاج ناقص، نفوذ ریشه و توزیع غیریکنواخت فلز جوش بررسی می‌شود.

پذیرش نتایج (روش AWS). جوش طبق شکل ۸ ـ ۴۱ باید در ناحیه گلو گسیخته شود. جوش انجام شده باید دارای نفوذ کامل در ریشه بوده و فاقد اثر اختلاط یا غوطه‌وری سرباره باشد.



شکل ۸ ـ ۴۱ ـ یک نمونه گسیخته شده در آزمایش شکست جوش گوشه. ملاحظه کنید که جوش در قسمت مرکزی شکسته است. این نفوذ و توزیع یکنواخت فلز جوش را نشان می‌دهد.

42– break test

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

تعداد حفره‌های هوا در هر سانتی‌متر مربع نباید بیش از یک عدد باشد.

روش آزمایش (طبق ASME، شکل‌های ۸ ـ ۱۶ و ۱۸ و ۱۹)

(الف) آزمایش شکست. مطابق شکل ۸ ـ ۲۱ نمونه به‌رو خوابانده شده و نیرو طوری اعمال می‌شود که ریشهٔ جوش در کشش باشد. این خمش تا افقی‌شدن دو ورق یا شکست آنها ادامه می‌یابد.

(ب) آزمایش حک‌کاری درشت. مقطعی از فلز جوش آزمایشی تهیه شده و سپس حک‌کاری می‌شود، به‌گونه‌ای که ساختار بلورین آن به‌طور درشت ظاهر شود (شکل ۸ ـ ۴۲). سپس این نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

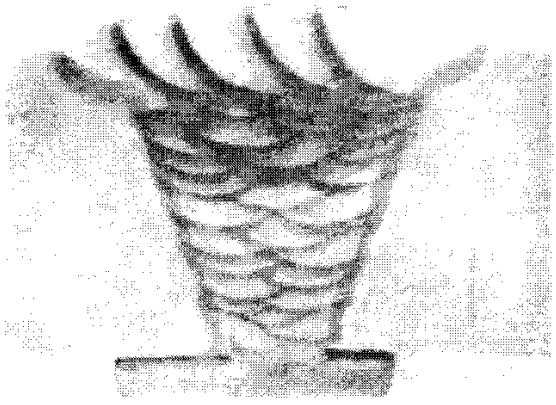
پذیرش نتایج

(الف) آزمایش شکست. نمونهٔ شکسته باید عاری‌از ترک و امتزاج ناقص فلز جوش در قسمت ریشه باشد. مجموع طول اختلاط سرباره و حفره‌های هوا نباید بیش از ۲۰ درصد یا ۵۰ میلی‌متر باشند. در مورد فلزات غیرآهنی میزان اختلاط سرباره نباید بیش از ۲۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شود.

(ب) آزمایش حک‌کاری درشت. سطح حک‌کاری شده با دقت بازرسی می‌شود. هر نمونه‌ای که ترک یا امتزاج ناقص و یا عدم نفوذ در ریشهٔ جوش در آن مشاهده شود، مردود است. میزان تقعر یا تحدب سطح جوش گوشه نباید بیش از ۱/۵ میلی‌متر نسبت به‌سطح تخت باشد. در ارزیابی جوشکار، اندازهٔ دو ساق باید با اختلاف حداکثر ۱/۵ میلی‌متر و در ارزیابی دستورالعمل جوشکاری اندازهٔ دو ساق باید با اختلاف حداکثر ۳ میلی‌متر با هم مساوی باشند.

۸ ـ ۷ آزمایش‌های دیگر

علاوه بر آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب که در قسمت قبل شرح داده شد، روش‌های آزمایش دیگر نیز در صنعت جوشکاری نظیر آزمایش حک، ضربه، خستگی، خوردگی وجود دارند.



شکل ۸ ـ ۴۲ ـ نمونه حک‌کاری شده فولاد کرم‌دار که جوش شیاری چندپاسه را در یک اتصال جناغی یکطرفه نشان می‌دهد.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

۸ـ۷ـ۱ آزمایش حک[۴۳]

اغلب باید مقطعی از جوش تهیه شده و پس از حک‌کاری برای عیب‌یابی مورد بررسی قرار گیرد. روش حک‌کاری میزان نفوذ فلز جوش و همچنین سلامت جوش را در مقطع مورد نظر مشخص می‌کند (شکل ۸ ـ ۴۲). بررسی جوش در مقطع مورد نظر با اهداف زیر دنبال می‌شود:

- تعیین سلامت جوش
- آشکار شدن مرزهای بین فلز جوش و فلز پایه و همچنین بین لایه‌های مختلف فلز جوش
- تعیین محل و عمق نفوذ جوش
- تعیین محل و تعداد پاس‌های عبوری جوش
- بررسی متالورژی ناحیهٔ تحت نفوذ حرارت[۴۴] (ناحیهٔ تفتیده)

یک حک‌کاری عمیق معایب بی‌ضرری نظیر ترک‌ها و تخلخل‌های کوچک را به‌طور اغراق‌آمیزی بزرگ نشان می‌دهد. بنابراین بازبینی سطحی باید به‌محض مشخص شدن واضح جوش انجام شود و حک‌کاری نباید به‌میزانی باشد که موجب تخریب حجم داخلی نمونه گردد. سطح مورد مطالعه ممکن است با استفاده از لایه نازکی از لاک الکل محافظت شود. در این صورت بازبینی سطح با استفاده از میکروسکوپ نور قطبی بررسی شده یا با دوربین‌های مخصوص[۴۵] از ساختار داخلی آن عکس تهیه کرد.

در این روش، یک مقطع عرضی از اتصال جوش شده جهت عملیات حک‌کاری بریده می‌شود. عمل برش درز اتصال با استفاده از یک ارهٔ دنده ریز انجام می‌شود. سطح فلز جوش و فلز پایه باید سوهان شود تا به‌یک سطح صاف تبدیل شده و سپس با سنبادهٔ* ریز پرداخت شود. این سطح با یکی از انواع محلول‌های حک‌کاری زیر آغشته می‌گردد:

ید و یدور پتاسیم. این محلول از اختلاط یک واحد وزنی پودر جامد ید و ۱۲ واحد وزنی از محلول یدور پتاسیم به‌دست می‌آید. این مخلوط با استفاده از برس بر روی جوش پرداخت شده در دمای اتاق کشیده می‌شود.

اسید نیتریک. این محلول از اختلاط ۱ واحد اسید نیتریک غلیظ و ۳ واحد حجمی آب به‌دست

43– etching

44– heat- affected zone

45– metallograph

* سنباده‌های مورد استفاده همان پوسته آب مورد استفاده در نقاشی اتومبیل هستند و سنباده‌زنی باید از شمارهٔ ۱۰۰ شروع شده و تا سنباده ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ادامه یابد.

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

می‌آید. در هنگام استفاده از اسید نیتریک دقت کنید زیرا موجب سوختگی شدید خواهد شد. همیشه اسید نیتریک را با مخلوط کردن در آب رقیق کنید.

اسید نیتریک تهیه شده ممکن است توسط یک میلهٔ شیشه‌ای (نظیر لوله پیتوت آزمایشگاه) بر روی سطح جوش پرداخت شده و در دمای معمولی اتاق ریخته شود، یا ممکن است نمونه مورد نظر در محلول جوشیده مستفرق شود. در هنگام آزمایش از تهویهٔ مناسب هوای اتاق مطمئن باشید. انجام حک‌کاری با اسید نیتریک باید سریع انجام شود. پس از حک‌کاری، نمونه باید بلافاصله توسط آب گرم شسته شود. پس از آن آب اضافی را خشک کرده و سطح حک‌کاری شده را در الکل قرار دهید. سپس نمونه را خارج کرده و با قرار دادن نمونه در معرض وزش هوای گرم آن را خشک کنید. ظاهر جوش ممکن است با پوششی از لایه نازک و شفاف لاک الکل محافظت شود.

اسید هیدروکلریک. این محلول حک‌کاری شامل سهم‌های حجمی مساوی از اسید هیدروکلریک غلیظ (که به‌آن اسید سوراتیک نیز می‌گویند) و آب می‌باشد. نمونه آزمایشی در دمایی نزدیک به نقطهٔ جوش، در داخل این محلول غوطه‌ور می‌شود. هر دو سطح پرداخت شده و پرداخت نشده تحت تأثیر اسید قرار می‌گیرند. این محلول معمولاً ناخالصی‌های سرباره را در خود حل می‌کند، بنابراین حفره‌های بزرگی به‌جای می‌ماند. شما باید در هنگام استفاده از هر نوع اسید دقت کنید، زیرا اسیدها باعث لکه و سوختگی شدید می‌شوند. همیشه با استفاده از اختلاط اسید با آب آن را رقیق کنید.

پرسولفات آمونیوم. این محلول از اختلاط ۱ سهم وزنی پرسولفات آمونیوم جامد و ۹ سهم آب به‌دست می‌آید. سطح پرداخت‌شدهٔ جوش توسط یک پارچهٔ نخی که توسط این محلول آغشته شده است، در دمای معمولی اتاق شدیداً مالش داده می‌شود.

۸ـ۷ـ۲ آزمایش ضربه

هدف از انجام آزمایش ضربه، تعیین مقاومت ضربه‌ای جوش و فلز پایه در یک سازهٔ جوش شده می‌باشد. منظور از مقاومت ضربه‌ای، طاقت فلز در مقابل ضربه ناگهانی و سریع می‌باشد. این آزمایش اطلاعات لازم در مورد مقایسه طاقت ضربه‌ای فلز جوش و فلز پایه را فراهم می‌کند. یک جوش یا فلز ممکن است مقاومت کششی زیادی داشته و شکل‌پذیری بالایی در تنش‌های کششی از خود نشان دهد ولی تحت اثر ضربات ناگهانی و سریع دچار شکستگی شوند که به‌خاطر فقدان طاقت ضربه‌ای مصالح است.

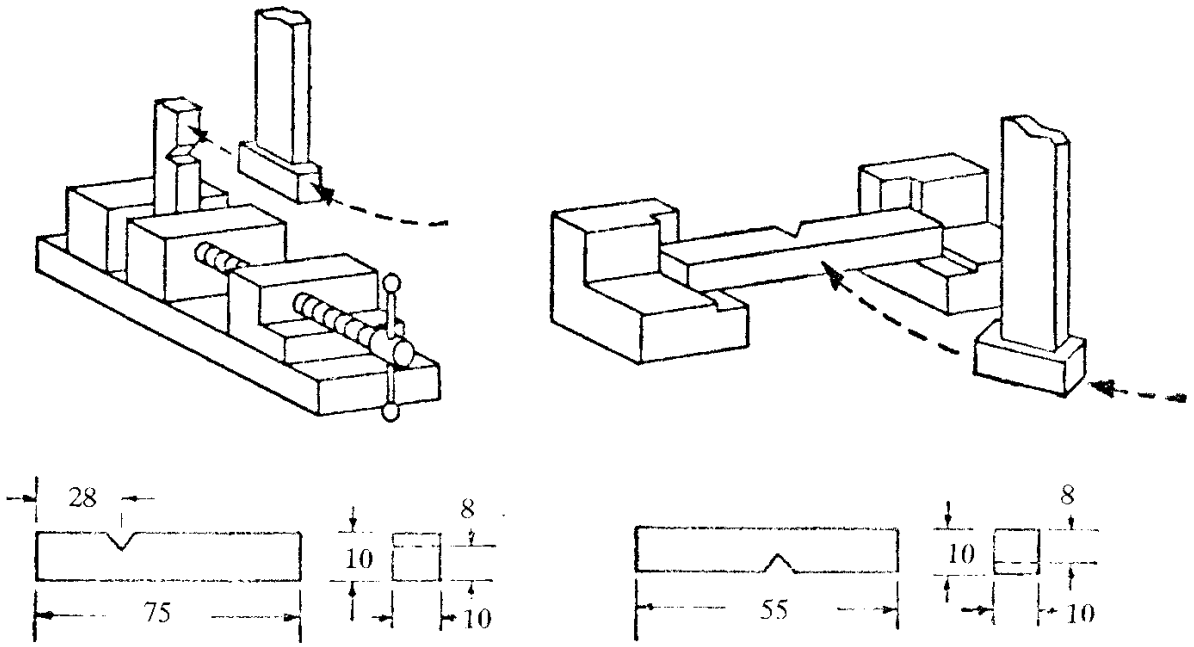
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

آزمون‌های شارپی[۴۶] و ایزود[۴۷]

دو روش استاندارد برای آزمایش ضربه‌ای وجود دارد: آزمایش ایزود و آزمایش شارپی. در این روش‌ها نمونهٔ آزمایشی با یک ضربه می‌شکند و مقاومت ضربه‌ای نمونه برحسب واحد نیرو ـ طول که واحد کار و انرژی است، سنجیده می‌شود. (در فیزیک کار به‌صورت حاصل‌ضرب نیرو در جابه‌جایی نقطه اثر نیرو تعریف می‌شود). دو نوع نمونه آزمایشی مورد استفاده در این روش‌ها و در ضمن شیوه اعمال بار در مورد آنها در شکل ۸ ـ ۴۳ نشان داده شده است.

آزمایش شکست نمونه زخم‌دار

یک جوشکار یا بازرس می‌تواند طاقت فلز جوش یا فلز پایه را در کارگاه و بدون دسترسی به تجهیزات کامل و گران‌قیمت آزمایش کند. این روش آزمایش نمونهٔ زخم‌دار نامیده می‌شود. یک شیار با استفاده از اره یا وسیلهٔ بُرنده در نمونه جوش یا ورق فولادی ایجاد شده و سپس نمونه طبق شکل ۸ ـ ۴۴ در فک گیره قرار می‌گیرد. با استفاده از چکش ضربه‌ای به‌سمت شیاردار نمونه وارد می‌شود. میزان مقاومت ضربه‌ای براساس نیروی لازم برای شکستن نمونه، مقدار لنگر ایجادشده در هنگام شکست و براساس کیفیت ظاهر سطح شکسته شده تعیین می‌شود.

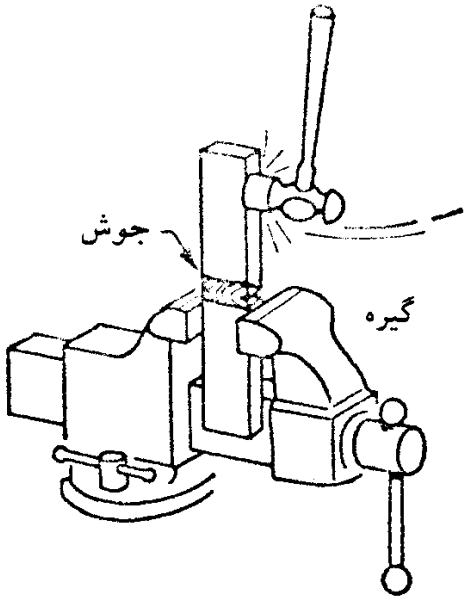


شکل ۸ ـ ۴۳ ـ نمونه آزمایشی آزمون ضربهٔ ایزود (چپ) و آزمون ضربهٔ شارپی (راست) و روش اعمال بار در هر روش. نمونه‌های زخم‌دار (شیار V) مطابق شکل دارای زاویهٔ پخی °۴۵ و شعاع کف معادل ۰/۲۵ میلی‌متر در محل شیار می‌باشند.

46– Charpy test

47– Izod test

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۸ ـ ۴۴ ـ روش انجام آزمایش سادهٔ نمونهٔ زخم‌دار.

۸ ـ ۷ ـ ۳ آزمایش خستگی[48]

آزمایش خستگی به‌منظور تعیین مقاومت یک جوش در مقابل تنش‌های تکراری و مقایسهٔ آن با مقاومت خستگی فلز پایه انجام می‌شود.

۸ ـ ۸ بازرسی عینی[49]

بازرسی عینی احتمالاً از کاربردی‌ترین روش‌های بازرسی جوش است. این روش سریع بوده و نیازی به‌تجهیزات گران‌قیمت ندارد. در هنگام بازرسی عینی استفاده از یک ذره‌بین (با بزرگ‌نمایی حدود ۱۰ برابر) توصیه می‌شود. زیرا با استفاده از ذره‌بین امکان مطالعه شرایط ظاهری جوشکاری در سطح بزرگتری وجود دارد.

یک ارزیابی دقیق از کیفیت ظاهری جوش می‌تواند مناسب بودن جوش را برای یک مورد مشخص کند.

استفاده از بازرسی عینی معمولاً در کارهای غیرآیین‌نامه‌ای که بحرانی نیستند و همچنین در مواقعی‌که آگاهی‌از کیفیت‌داخلی جوش‌مهم نیست، مناسب‌است (مثل ساختمان‌های‌مسکونی‌کوچک).

48– fatigue testing

49– visual inspection

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

قسمت ت: عیوب جوشکاری

۸ـ۹ معایب اصلی جوش

هر جوشکار باید با معایب اصلی جوشکاری که به‌گسیختگی اتصال جوش شده کمک می‌کند آشنا باشد. این آشنایی در تولید یک جوش با کیفیت زیاد کمک کرده و مدت زمان بازرسی جوش را کاهش می‌دهد. این کار اغلب مشکلات موجود در هنگام بازبینی نهایی کار توسط ناظر و یا بازرس کارگاه را منتفی می‌سازد. مصالحی که به‌یکدیگر جوش می‌شوند (ورق یا لوله) باید از لحاظ وجود معایب سطحی با دقت بازبینی شوند. آلودگی‌های ظاهری مصالح نیز باید جست و جو شوند.

معایبی که در زیر می‌آیند، عموماً در درزهای جوش یافت می‌شوند:

- نفوذ ناقص (incomplete penetration)
- امتزاج ناقص (lack of fusion)
- بریدگی کنارهٔ نوار جوش (undercutting)
- اختلاط سرباره یا گِل (slag inclusion)
- تخلخل (porosity)
- ترک (cracking)
- معایب ابعادی جوش
- شکنندگی جوش

۸ـ۹ـ۱ نفوذ ناقص

این عبارت جهت توصیف امتزاج ناقص فلز پرکننده و فلز پایه با یکدیگر در ریشهٔ اتصال به‌کار می‌رود. پدیدهٔ پل زدن[50] در جوش‌های شیاری زمانی اتفاق می‌افتد که فلز جوش و فلز پایه در ریشه اتصال کاملاً با یکدیگر ممزوج نشده‌اند. شکلی از درز اتصال که در آن پدیدهٔ نفوذ ناقص به‌کرات اتفاق بیفتد، مناسب جوشکاری ساختمانی نیست. هنگامی که جوش شیاری تنها از یک سمت (یک دیواره) انجام می‌شود، نفوذ ناقص تحت شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

- ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانهٔ ریشه است.
- دهانهٔ ریشه خیلی کوچک است.
- زاویهٔ پخی شیار V شکل خیلی کوچک است.

50– bridge

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

قسمت ت: عیوب جوشکاری

۸ـ۹ معایب اصلی جوش

هر جوشکار باید با معایب اصلی جوشکاری که به‌گسیختگی اتصال جوش شده کمک می‌کند آشنا باشد. این آشنایی در تولید یک جوش با کیفیت زیاد کمک کرده و مدت زمان بازرسی جوش را کاهش می‌دهد. این کار اغلب مشکلات موجود در هنگام بازبینی نهایی کار توسط ناظر و یا بازرس کارگاه را منتفی می‌سازد. مصالحی که به‌یکدیگر جوش می‌شوند (ورق یا لوله) باید از لحاظ وجود معایب سطحی با دقت بازبینی شوند. آلودگی‌های ظاهری مصالح نیز باید جست و جو شوند.

معایبی که در زیر می‌آیند، عموماً در درزهای جوش یافت می‌شوند:

- نفوذ ناقص (incomplete penetration)
- امتزاج ناقص (lack of fusion)
- بریدگی کنارهٔ نوار جوش (undercutting)
- اختلاط سرباره یا گِل (slag inclusion)
- تخلخل (porosity)
- ترک (cracking)
- معایب ابعادی جوش
- شکنندگی جوش

۸ـ۹ـ۱ نفوذ ناقص

این عبارت جهت توصیف امتزاج ناقص فلز پرکننده و فلز پایه با یکدیگر در ریشهٔ اتصال به‌کار می‌رود. پدیدهٔ پل زدن[50] در جوش‌های شیاری زمانی اتفاق می‌افتد که فلز جوش و فلز پایه در ریشه اتصال کاملاً با یکدیگر ممزوج نشده‌اند. شکلی از درز اتصال که در آن پدیدهٔ نفوذ ناقص به‌کرات اتفاق بیفتد، مناسب جوشکاری ساختمانی نیست. هنگامی که جوش شیاری تنها از یک سمت (یک دیواره) انجام می‌شود، نفوذ ناقص تحت شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

- ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانهٔ ریشه است.
- دهانهٔ ریشه خیلی کوچک است.
- زاویهٔ پخی شیار V شکل خیلی کوچک است.

50– bridge

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

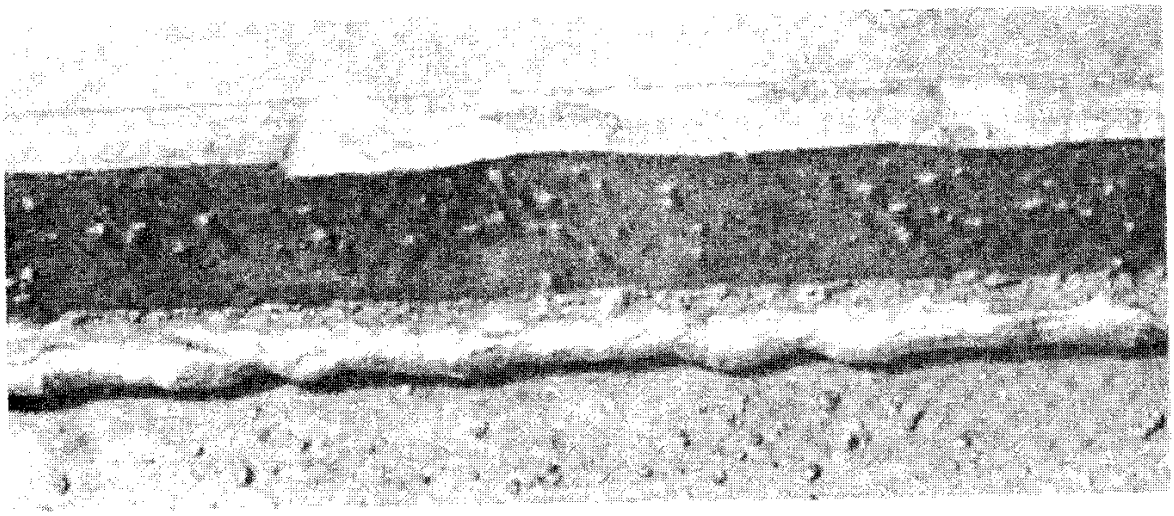
- اندازهٔ الکترود خیلی بزرگ است.
- سرعت حرکت الکترود خیلی زیاد است.
- شدت جریان جوشکاری خیلی پایین است.

۸ـ۹ـ۲ امتزاج ناقص

این پدیده، نقص در امتزاج لایه‌های مختلف فلز جوش یا لایه‌های فلز جوش و فلز پایه در حین جوشکاری می‌باشد (شکل ۸ ـ ۴۵). در شکل ۸ ـ ۴۵ توجه کنید که فلز جوش بر روی سطح ورق غلتیده است و به‌طور کامل گداز نشده است، این پدیده اغلب به‌نام سررفتگی[51] یا لوچه نامیده می‌شود.

دلایل امتزاج ناقص به‌شرح زیر است:

- افزایش ناقص درجه‌حرارت جهت رسیدن به‌دمای ذوب فلز پایه یا فلزجوش از جوشکاری مرحلهٔ قبل.
- گدازش نادرست، که مانع از محلول شدن کامل اکسید فلز و دیگر ترکیبات از لایه‌ای می‌گردد که باید با فلز جوش ممزوج گردد.
- سطح آلودهٔ ورق.
- نوع یا اندازهٔ نامناسب الکترود.
- تنظیم نادرست جریان جوشکاری



شکل ۸ ـ ۴۵ ـ جوش گوشه با امتزاج ناقص. توجه کنید که فلز جوش بر روی سطح صفحه فلزی غلتیده است. این پدیده را سر رفتن یا لوچه می‌نامند.

51– over lap

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۸ ـ ۹ ـ ۳ بریدگی کنارهٔ جوش[۵۲]

بریدگی، ذوب فلز پایه در قسمت پنجهٔ جوش است. شکل ۸ ـ ۴۶ یک نوع بریدگی شدید را در صفحهٔ قائم از یک درز T شکل نشان می‌دهد.

این پدیده به‌علل زیر اتفاق می‌افتد:

ـ شدت جریان زیاد.

ـ طول قوس که همان طول جرقهٔ قوس می‌باشد، خیلی بلند است که موجب قطع قوس می‌گردد. به‌همین جهت این پدیده اغلب در محل‌های تعویض الکترود اتفاق می‌افتد.

ـ نقص در پر کردن کامل چالهٔ جوش با فلز جوش.



شکل ۸ ـ ۴۶ ـ جوش گوشه‌ای که بریدگی شدیدی در طول لبهٔ فوقانی آن اتفاق افتاده است.

۸ ـ ۹ ـ ۴ اختلاط سرباره

ناخالصی‌های موجود در سرباره، حفره‌های طولی و یا گلوله‌ای هستند که با اکسیدهای فلزی و یا دیگر ترکیبات جامد پر شده‌اند. اختلاط سرباره با این ناخالصی‌ها، موجب ایجاد تخلخل در جوش خواهد شد (شکل ۸ ـ ۴۷).

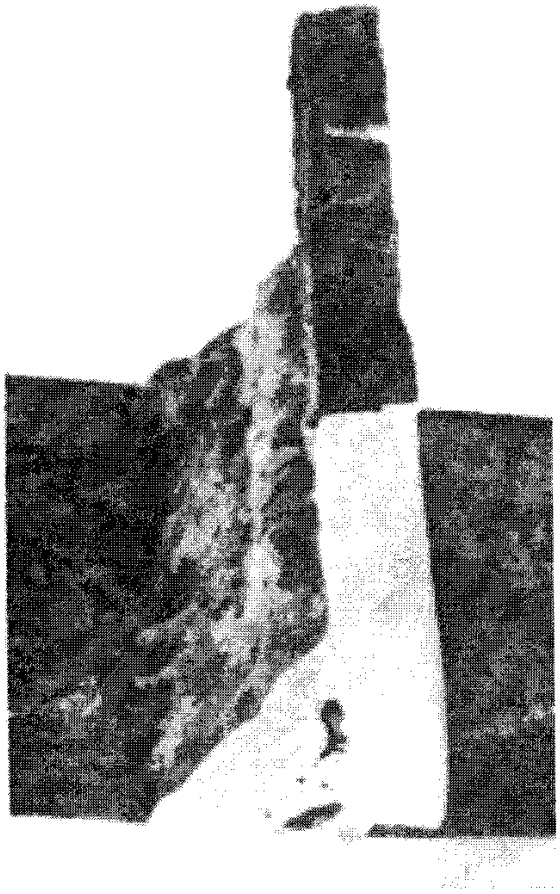
در جوشکاری قوسی، این ناخالصی‌ها عموماً ناشی از ترکیبات روکش الکترود و یا گدازآورها می‌باشند. در جوشکاری‌های چندلایه، عدم دقت کافی در پاک کردن سرباره حاصل از جوشکاری در حد فاصل دو لایه، موجب شکل‌گیری عیب اختلاط سرباره خواهد شد.

این پدیده می‌تواند با اعمال موارد زیر جلوگیری شود:

ـ آماده‌سازی صحیح شیار و جوش در حین جوشکاری قبل از آنکه هر خط جوش رسوب نماید.

52– undercut

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۴۷ ـ مقطع عرضی جوش گوشه، معایب داخلی دیده شده، ناشی از اختلاط سرباره در فلز جوش می‌باشند. این حفره‌ها خصوصیات مقاومتی فلزجوش را کاهش می‌دهند.

ـ پاک کردن کامل سرباره.
ـ اطمینان از ورآمدن سرباره از سطح حوضچهٔ جوشکاری.
ـ اجتناب از حالت‌هایی که نفوذ کامل توسط قوس الکتریکی به‌دشواری صورت می‌گیرد.

۸ ـ ۹ ـ ۵ تخلخل

تخلخل، ظهور فضاهایی می‌باشد که محتوی مواد جامد نیست. این پدیده متفاوت از اختلاط سرباره می‌باشد، چرا که در پدیدهٔ تخلخل فضاهای ایجادشده حاوی هوا و در اختلاط سرباره حاوی ناخالصی می‌باشند. این حفره‌های گازی تحت شرایط زیر شکل می‌گیرند:

ـ در هنگام سرد شدن فلز جوش گاز آزاد می‌شود که این به‌خاطر کاهش قابلیت انحلال آن با افت درجه حرارت می‌باشد؛
ـ گازهایی که توسط واکنش‌های شیمیایی در جوش تشکیل می‌شود.

از بروز تخلخل با توجه به‌موارد زیر می‌توان به‌خوبی جلوگیری کرد:

عدم پیش‌گرمایش و زیرگرمایش فلز جوش.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت
NIAZIT
CEILING

- استفاده از شدت جریان زیاد در جوشکاری.
- استفاده از قوس بلند.

۸ـ۹ـ۶ ترک در جوش

ترک‌ها، گسیختگی‌های طولی فلز تحت اثر تنش می‌باشند. هنگامی که بزرگ باشند، به‌آسانی دیده می‌شوند، اما اغلب به‌صورت شکاف‌های باریکی هستند. ترک ممکن است در فلز جوش، و یا در ناحیهٔ تفتیده از فلزپایه اتفاق بیفتد. ترک‌های عمومی در فلز جوش و فلز پایه در شکل ۸ ـ ۴۸ نشان داده شده‌اند.

ترک‌خوردگی فلزات به‌سه ردهٔ اصلی تقسیم می‌شوند: ترک‌خوردگی گرم[۵۳]، ترک‌خوردگی سرد[۵۴]، و ترک‌های مویی[۵۵].

● **ترک‌خوردگی گرم** در درجه حرارت زیاد و در خلال سرد شدن ناگهانی جوش پس از آنکه فلز جوش رسوب و شروع به‌انجماد نماید، اتفاق می‌افتد. اکثر ترک‌های جوشکاری، ترک‌خوردگی گرم هستند.

● **ترک‌خوردگی سرد** به‌ترک‌هایی اطلاق می‌شود که در دمای معمولی اتاق یا درجه حرارتی نزدیک به‌آن اتفاق می‌افتند. این ترک‌ها ممکن است ساعت‌ها و یا روزها پس از سرد شدن جوش حادث شوند. وقوع ترک‌خوردگی سرد در فولاد در مقایسه با سایر فلزات، بیشتر است.

● **ترک‌های مویی** ممکن است از نوع ترک‌های گرم یا سرد باشند. این ترک‌ها به‌قدری ریز هستند که با چشم غیرمسلح قابل دیدن نمی‌باشند و برای اینکه قابل رؤیت باشند، حداقل به ۱۰ مرتبه بزرگ‌نمایی نیاز دارند. این ترک‌ها معمولاً عمر مفید سازه‌های معمولی (تحت اثر بارهای ایستا) را کاهش نمی‌دهند.

ترک‌خوردگی فلز جوش

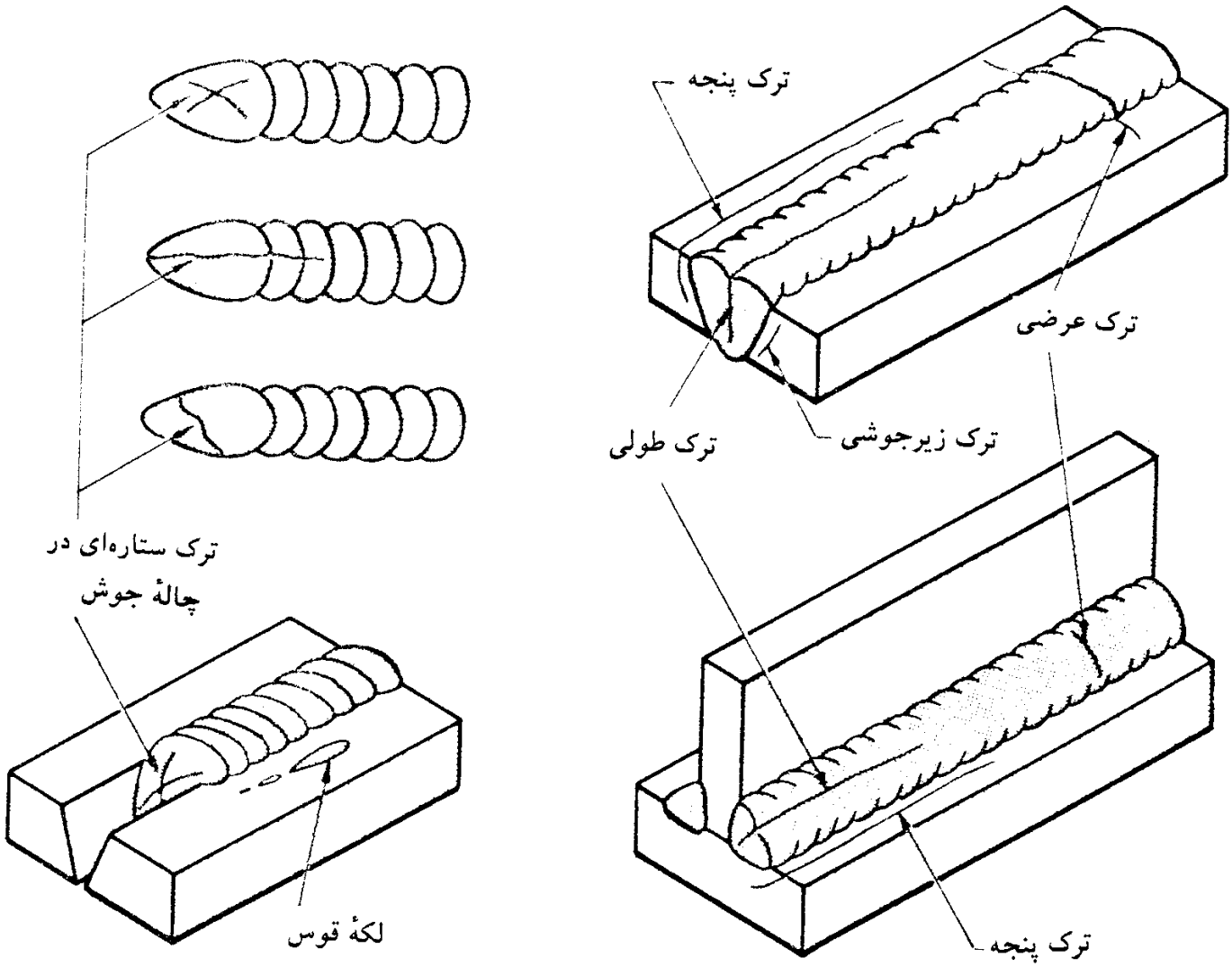
سه نوع ترک مختلف در فلز جوش اتفاق می‌افتد: ترک‌های عرضی، ترک‌های طولی، ترک‌های عمقی (شکل ۸ ـ ۴۸).

53– hot cracking

54– cold cracking

55– microfissuring

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۴۸ ـ انواع ترک در اتصالات جوش شده.

ترک‌خوردگی فلز پایه

دستورالعمل نادرست جوشکاری موجب وقوع ترک‌خوردگی در فلز پایه خواهد شد.

لکهٔ قوس[۵۶] (لکه‌هایی که از برخورد تصادفی الکترود با سطح کار به‌وجود می‌آید و حالتی آبله‌گونه روی سطح کار ایجاد می‌کند) ممکن است ترک‌های ریزی ایجاد کنند.

اگر جوشکاری از لبه ورق شروع شده و روند آن به‌سمت داخل ورق باشند، یک ترک در طول لبه جوش در قسمت پنجه اتفاق خواهد افتاد. ترک‌ها ممکن است در نتیجه پدیدهٔ بریدگی جوش نیز اتفاق بیفتد.

56– arc strike

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۸ ـ ۹ ـ ۷ خطای ابعاد جوش

خطاهای ابعادی شامل انقباض طولی، انقباض عرضی، تابیدگی[۵۷] و پیچش[۵۸] قطعات می‌باشد. این معایب در نتیجه دستورالعمل جوشکاری نادرست و (یا) استفاده از تکنیک نامناسب جوشکاری اتفاق می‌افتند. استفاده از وسایل کنترلی و تنظیمی نظیر گیره‌های جوشکاری، انتخاب صحیح توالی پاس‌های جوش، اعمال دستورالعمل صحیح جوشکاری، شکل درز اتصال مناسب و کاربرد فرآیندهای پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش، از تغییر شکل‌های پیچشی یا اعوجاج قطعهٔ جوشکاری جلوگیری کرده و یا آن را در یک حداقل مشخصی نگاه می‌دارد.

۸ ـ ۹ ـ ۸ جوش‌های تردشکن[۵۹]

یک جوش تردشکن افزایش نسبی طول کمی داشته و دارای نقطهٔ تسلیم پایین، شکل‌پذیری کم و مقاومت کمی در مقابل تنش و کرنش می‌باشد. جوش‌های تردشکن آمادگی خیلی زیادی برای گسیختگی داشته و شکست آنها اغلب به‌طور ناگهانی و بدون هشدارهای قبلی می‌باشد.

یکی از دلایل اصلی ایجاد یک جوش تردشکن، استفاده از درجه حرارت زیاد (اضافه بر مقدار مورد نیاز) در جوشکاری است که موجب سوختن فلز جوش یا فلز پایه می‌گردد.

۸ ـ ۱۰ اندازه‌گیری جوش

اندازه نادرست جوش و طرح انجام شده، معایبی هستند که با بازرسی‌های عینی و به‌کمک وسایل اندازه‌گیری جوش، آشکار می‌شوند. وسایل اندازه‌گیری جوش ابزاری هستند که جوشکار توسط آنها می‌تواند از قرارگیری ابعاد جوش تکمیل شده در محدودهٔ مشخص طرح مهندسی، اطمینان حاصل کند. شکل ۸ ـ ۴۹ سه نوع از این وسایل را نشان می‌دهد: (الف) دستگاه ترکیبی اندازه‌گیری جوش گوشه و یا شیاری؛ (ب) دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه؛ و (پ) نوع دومی از دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه که در کارگاه ساخته می‌شود.

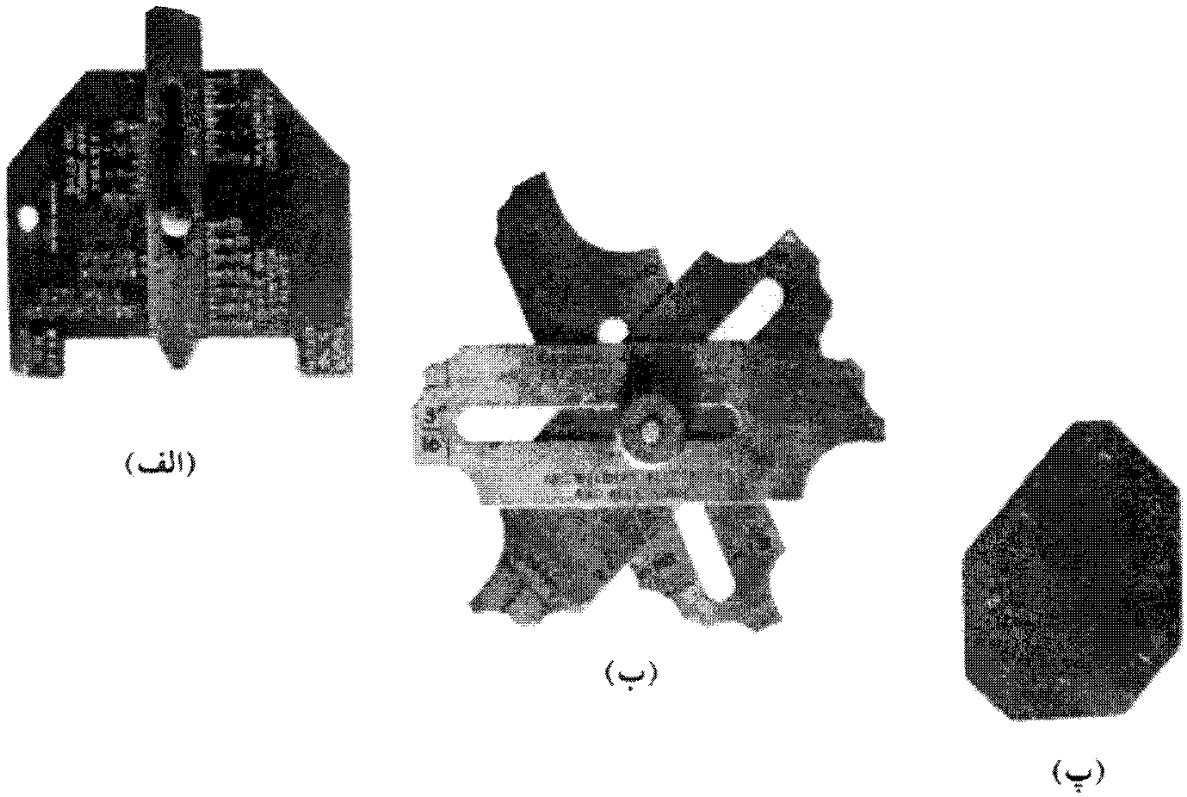
شکل‌های ۸ ـ ۵۰ و ۸ ـ ۵۱ روش کاربرد دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه را که در شکل ۸ ـ ۴۹ ـ ب، معرفی شد، شرح می‌دهند. شکل ۸ ـ ۵۲ روش کاربرد دستگاه کارگاهی اندازه‌گیری جوش گوشه معرفی شده در شکل ۸ ـ ۴۹ ـ پ را شرح می‌دهد.

57– warping

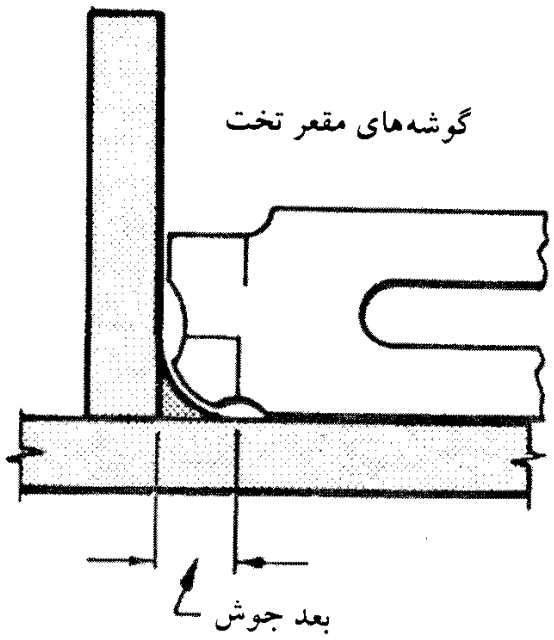
58– distortion

59– brittle welds

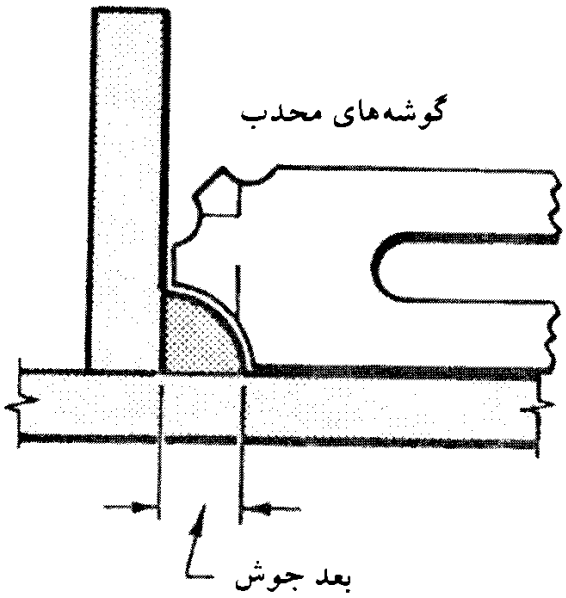
نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۸ ـ ۴۹ ـ سه نوع از وسایل اندازه‌گیری جوش که عموماً توسط جوشکاران و بازرسین برای تعیین اندازهٔ جوش به‌کار می‌روند.

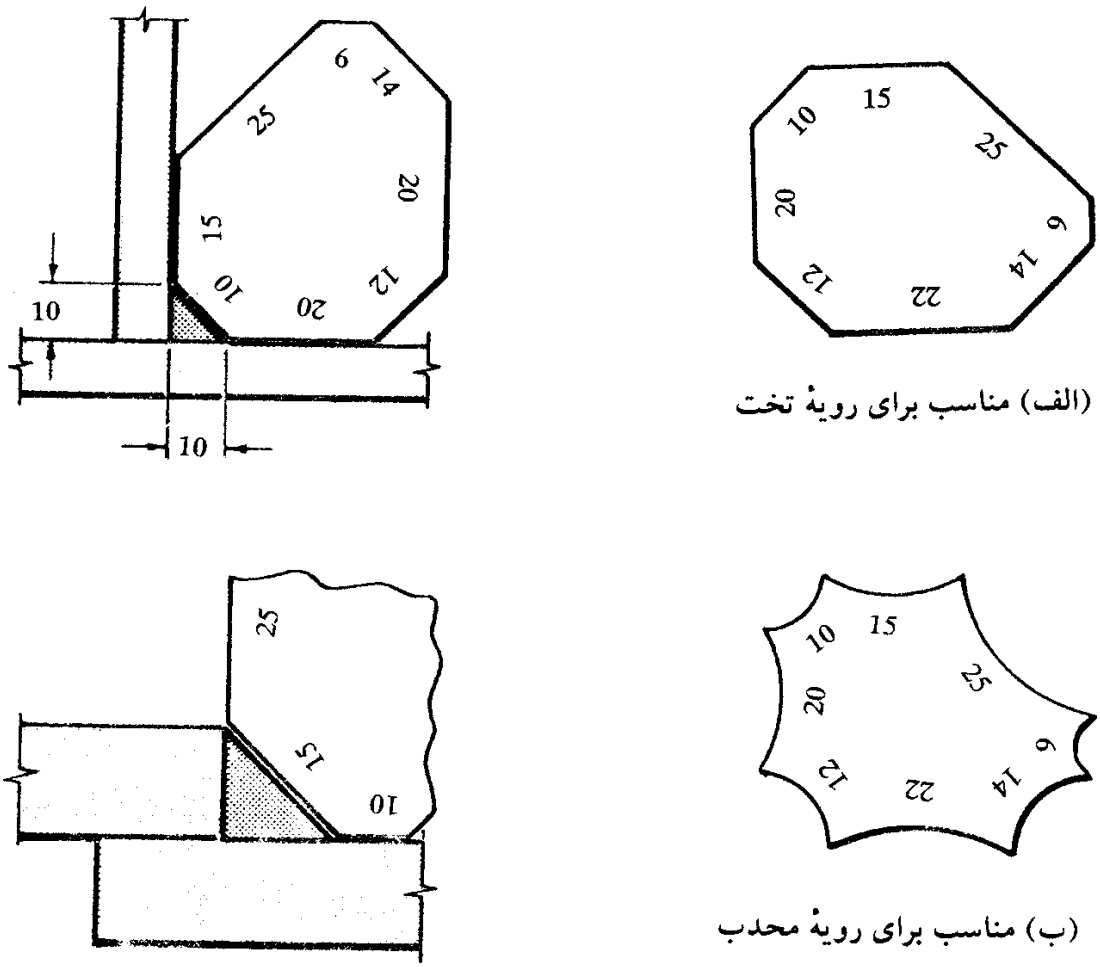


شکل ۸ ـ ۵۰ ـ روش کاربرد ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه جهت تعیین بعد جوش گوشهٔ تخت و مقعر.



شکل ۸ ـ ۵۱ ـ روش کاربرد ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه جهت تعیین بعد جوش گوشهٔ محدب.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



(الف) مناسب برای رویهٔ تخت

(ب) مناسب برای رویهٔ محدب

شکل ۸ ـ ۵۲ ـ روش کاربرد دستگاه اندازه‌گیری کارگاهی جوش گوشه

آزمایش‌های مناسب در عمل

جوشکاری نیازمند بازرسی‌های عینی به‌طور پیوسته در خلال پیشرفت کار می‌باشد.

جوش تکمیل شده باید از لحاظ صحت ابعاد و طرح جوش، معایب سطحی و تابیدگی و اعوجاج قطعهٔ جوش‌شده مورد آزمایش و اندازه‌گیری دقیق قرار گیرد. توجه خاصی باید بر روی چاله‌های پرنشدهٔ جوش (نیمه)، شروع و توقف ناقص جوشکاری، ترک‌های عمقی و ترک‌های موجود در لبهٔ (کنج) جوش اعمال شود. جدول‌های ۸ ـ ۲ و ۸ ـ ۳ روش‌های مناسب بازرسی و آزمایش‌های تعیین معایب فلز جوش و پایه را توصیه می‌کنند.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جدول ۸ ـ ۲ ـ روش‌های ارزیابی برای جوش‌های گوشه و شیاری

بازرسی توصیه شده		
جوش شیاری	جوش گوشه	نوع عیب
عینی	عینی[۱]	جوش با بعد کم
عینی	عینی	تخلخل سطحی
پرتونگاری	مخرب	تخلخل داخلی
عینی	عینی	گودافتادگی
ذرات مغناطیسی نفوذ ماده رنگی عینی فراصوتی پرتونگاری[۳]	ذرات مغناطیسی نفوذ ماده رنگی عینی مخرب[۲]	ترک
پرتونگاری فراصوتی	مخرب فراصوتی	نفوذ ناقص
پرتونگاری فراصوتی	مخرب فراصوتی	اختلاط سرباره

۱ ـ از ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه استفاده کنید.

۲ ـ آزمایش‌های مخرب وجود ترک‌های داخلی را آشکار خواهد کرد.

۳ ـ آزمایش پرتونگاری نوع ترک‌های موجود در محدودهٔ آزمایشی را آشکار خواهد ساخت.

قسمت ث: ضوابط پذیرش

۸ـ۱۱ ضوابط پذیرش

پس از آشنایی با ضوابط ارزیابی و بازرسی جوش و همچنین آشنایی با عیوب جوشکاری این سؤال پیش می‌آید که پس از بازرسی، تحت چه شرایطی می‌توان جوش را قابل قبول دانست. همان‌طور که در ساخت اعضای ساختمانی ضوابطی برای رواداری‌های هندسی وجود دارد، وجود هر عیب در جوش به‌معنای مردود اعلام نمودن آن نیست و تحت رواداری‌هایی می‌توان عیوبی را در جوش

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جدول ۸ ـ ۳ ـ آزمایش‌های معایب فلزجوش و فلز پایه

روش‌های آزمایش	معایب
	معایب هندسی
بازرسی عینی با ابزار اندازه‌گیری دقیق	اعوجاج
بازرسی عینی با وسایل اندازه‌گیری دقیق	فاصله نامناسب قطعات
بازرسی عینی با اندازه‌گیری تقریبی جوش	بعد جوش نادرست
بازرسی عینی با اندازه‌گیری تقریبی جوش	نیمرخ نامناسب جوش
	معایب متالورژی
پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی	تخلخل
پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی	ناخالصی در سرباره
پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی	امتزاج ناقص
بازرسی‌عینی، آزمایش خمش، پرتونگاری، میکروسکوپی ماکروسکوپی، ذرات مغناطیسی، پخت روغن، فراصوتی	ترک‌خوردگی
بازرسی عینی، آزمایش خمش، پرتونگاری، فراصوتی	گودافتادگی جوش
بازرسی عینی	معایب سطحی
پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی	نفوذ ناقص
	معایب مکانیکی
کلیهٔ آزمایش‌های کشش فلز جوش، کشش عرضی، برش جوش گوشه، کشش فلز پایه	مقاومت کشش کم
کلیهٔ آزمایش‌های کشش فلز جوش، کشش عرضی، کشش فلز پایه	مقاومت تسلیم کم
کلیهٔ آزمایش‌های کشش فلز جوش، آزمایش خمش آزاد، خمش هدایت شده، کشش فلز پایه	شکل‌پذیری
آزمایش سختی	سختی نامناسب
آزمایش ضربه	شکست ضربه‌ای
تجزیه شیمیایی	ترکیب ساختمانی نامناسب
آزمایش خوردگی	مقاومت خوردگی کم

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

پذیرفت. آیین‌نامهٔ AWS پذیرش جوش‌ها را در دو مرحله مقرر می‌دارد:

۱ ـ بازرسی عینی

۲ ـ بازرسی با آزمایش‌های غیرمخرب نظیر پرتونگاری، فراصوتی، ذرات مغناطیسی، و رنگ نافذ. جوشی تحت آزمایش‌های غیرمخرب قرار می‌گیرد که در بازرسی عینی مورد پذیرش قرارگرفته باشد. شرایط پذیرش AWS به‌شرح زیر می‌باشد:

۸ ـ ۱۱ ـ ۱ بازرسی‌های عینی

تمام جوش‌ها باید مورد بازرسی عینی قرار گیرند و در صورتی که شرایط زیر اقناع گردد، می‌توانند مورد پذیرش قرار گیرند:

۱ ـ جوش باید فاقد هرگونه ترک باشد؛

۲ ـ بین لایه‌های جوش مجاور و بین لایهٔ جوش و فلز پایه، باید امتزاج کامل برقرار باشد؛

۳ ـ تمام چاله‌های انتهایی نوار جوش باید به‌اندازهٔ سطح مقطع کامل جوش پر شوند. این حوضچه‌ها می‌توانند حاوی ترک‌های ستاره‌ای باشند؛

۴ ـ مقطع جوش باید مطابق شکل ۸ ـ ۵۳ باشد؛

۵ ـ برای مصالحی با ضخامت ۲۵۴ میلی‌متر و کمتر، میزان بریدگی لبهٔ جوش باید کمتر از ۱ میلی‌متر باشد، لیکن در طولی معادل ۵۰ میلی‌متر در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول نوار، می‌توان بریدگی تا ۱/۵ میلی‌متر را پذیرفت؛

۶ ـ در جوش‌های گوشه مجموع قطر تخلخل‌های سوزنی[60] با قطر ۱ میلی‌متر و بزرگتر، نباید از ۱۰ میلی‌متر در هر ۲۵ میلی‌متر طول جوش و از ۲۰ میلی‌متر در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول جوش بیشتر باشد.

۷ ـ مجموعاً ۱۰ درصد از طول کل نوار جوش می‌تواند دارای اندازه‌ای به‌مقدار ۱/۵ میلی‌متر کوچکتر از اندازهٔ نقشه باشد. در جوش گوشهٔ متصل‌کنندهٔ بال به‌جان، در طولی معادل دو برابر عرض بال از انتهای تیر، هیچ‌گونه کمبود اندازه[61] مجاز نیست.

۸ ـ در درزهای لب به‌لب با جوش شیاری تمام نفوذی که امتداد درز عمود بر امتداد تنش کششی است، نباید هیچ‌گونه تخلخل سوزنی قابل ملاحظه باشد. در سایر موارد جوش‌های شیاری، مجموع قطر تخلخل‌های سوزنی با قطر ۱ میلی‌متر و بزرگتر، نباید از ۱۰ میلی‌متر در هر ۲۵ میلی‌متر طول جوش و ۲۰ میلی‌متر در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول جوش بیشتر باشد.

۹ ـ بازرسی عینی جوش‌ها می‌تواند به‌محض خنک شدن جوش تا دمای محیط آغاز گردد. در

60– piping porosity

61– under size

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فولادهای خیلی پرمقاومت با تنش تسلیم بزرگتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، بازرسی‌های عینی باید ۴۸ ساعت بعد از تکمیل جوش انجام شود.

۸ ـ ۱۱ ـ ۲ بازرسی‌های غیرمخرب

تمام روش‌های آزمایش‌های غیرمخرب شامل مشخصات دستگاه‌ها، ارزیابی دستگاه و اپراتور، و روش‌های انجام آزمایش باید منطبق بر قسمت‌های قبلی این فصل باشد. شرایط پذیرش طبق مفاد بخش حاضر است. جوش‌هایی تحت آزمایش‌های غیرمخرب قرار می‌گیرند که طبق بخش ۸ـ۱۱ـ۱ از نظر بازرسی‌های عینی مورد پذیرش قرار گرفته باشند.

۸ ـ ۱۱ ـ ۳ بازرسی‌های پرتونگاری

در عکس‌های پرتونگاری، جوش نباید حاوی ترک باشد. شرایط پذیرش سایر ناپیوستگی‌ها[62] (حفرات) بستگی به‌هندسهٔ حفره دارد که آیا سوزنی[63] است یا گرد[64]. حفرهٔ سوزنی آن است که نسبت طول به‌عرضش بزرگتر از ۳ باشد. در حفرهٔ گرد، نسبت طول به‌عرض آن مساوی و یا کوچکتر از ۳ باشد و از لحاظ شکل می‌تواند به‌صورت گرد یا نامنظم دم‌دار باشد.

در صورتی که ابعاد حفرات آشکار شده در عکس‌های پرتونگاری بزرگتر از محدودیت‌های زیر باشد، غیرقابل پذیرش خواهند بود (E = اندازهٔ جوش).

(۱) حفرهٔ سوزنی که اندازهٔ آن بزرگتر از اندازهٔ نشان داده شده در شکل ۸ ـ ۵۴ باشد.

(۲) حفراتی که فاصلهٔ آنها کوچکتر از حداقل فاصلهٔ نشان داده شده در شکل ۸ ـ ۵۴ باشد.

(۳) حفرات گرد با اندازهٔ بزرگتر از $E/3$ یا ۶ میلی‌متر. در صورتی که ضخامت قطعه بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، محدودیت ۶ میلی‌متر می‌تواند به ۱۰ میلی‌متر افزایش یابد. حداقل فاصلهٔ آزاد این نوع حفره با بعد بزرگتر از ۲ میلی‌متر، تا یک حفرهٔ سوزنی و یا گرد قابل پذیرش و یا تا لبهٔ جوش تقاطعی، سه برابر بزرگترین بعد حفرهٔ مورد نظر است.

(۴) خوشهٔ حفرات[65] گرد که مجموع بزرگترین بعد آنها، بزرگتر از اندازهٔ مجاز حفرهٔ تک طبق شکل ۸ ـ ۵۴ است. فاصلهٔ حداقل هر خوشه تا خوشه یا حفرهٔ تک‌بعدی یا انتها و یا لبهٔ جوش متقاطع، مساوی مقدار C در شکل ۸ ـ ۵۴ می‌باشد.

(۵) مجموع بعد حفرات تک با بعد حداکثر ۲ میلی‌متر، در هر ۲۵ میلی‌متر طول جوش، نباید از

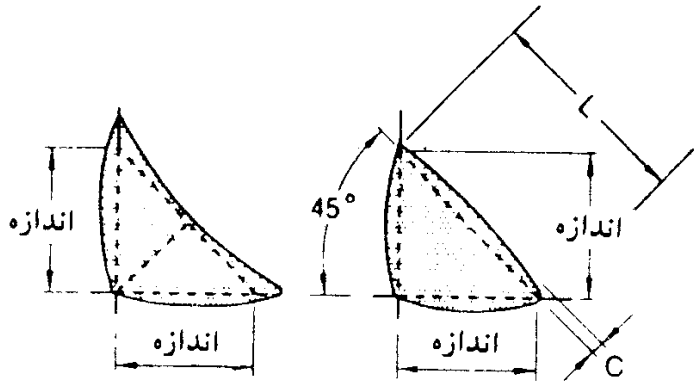
62– discontinuity

63– rounded

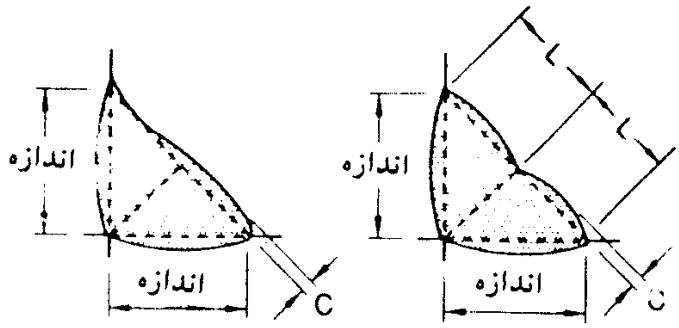
64– elongated

65– cluster of rounded indications

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



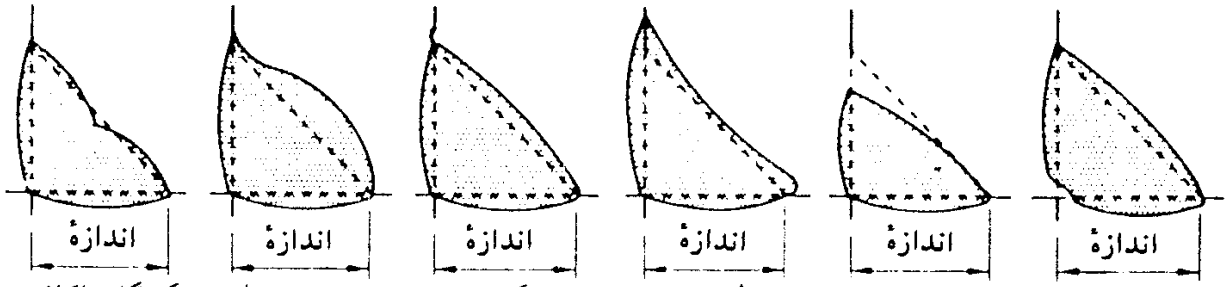
(الف) مقطع مورد نظر برای جوش گوشه



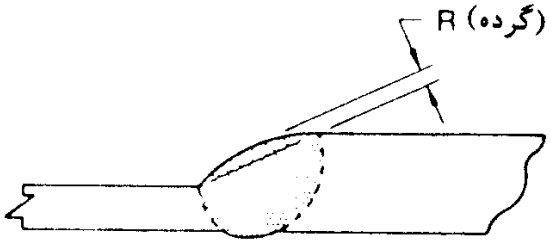
(ب) مقطع قابل پذیرش جوش گوشه

توجه: میزان تحدب C نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

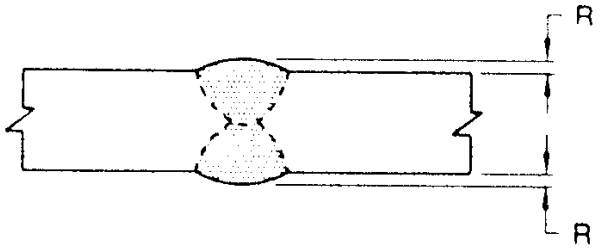
اندازهٔ وتر (L)	حداکثر تحدب (mm)
$L \geq 8$ mm	1.5 mm
8 mm < L < 25 mm	3 mm
L > 25 mm	5 mm



(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه



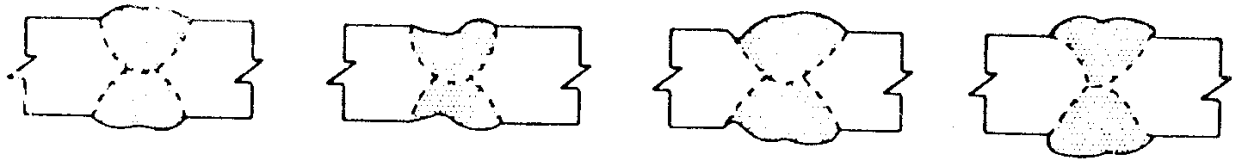
درز لب به‌لب (دو ورق غیرهم‌ضخامت)



درز لبه‌به‌لب (ورق با ضخامت یکسان)

توجه: میزان گردهٔ جوش نباید بیش از ۳ میلی‌متر باشد

(ت) مقاطع جوش‌های شیاری قابل پذیرش در درزهای لب به‌لب

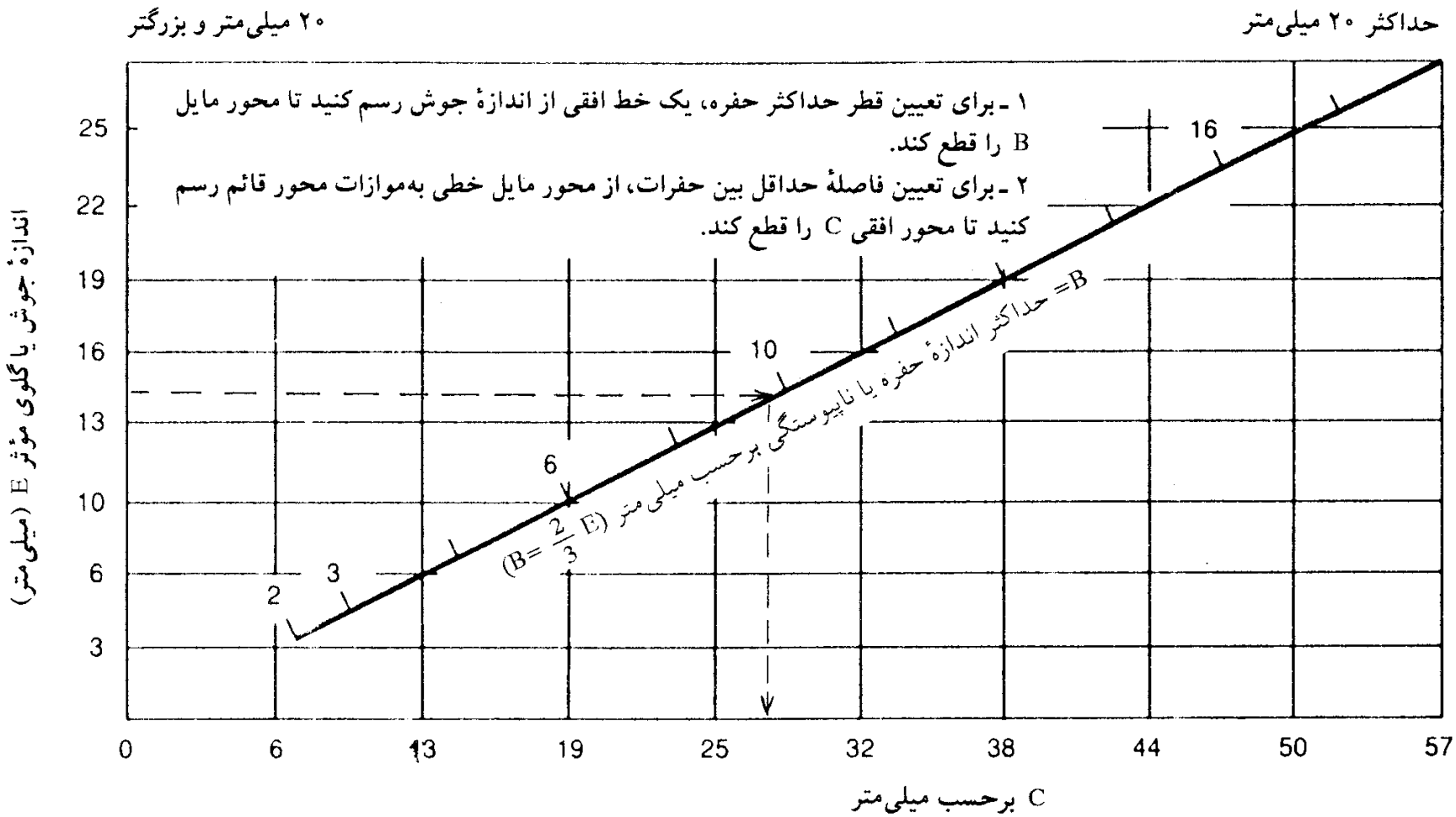


تحدب زیاد — گلوگاه ناکافی — بریدگی زیاد — لوچه

(ث) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش شیاری در درزهای لب به‌لب

شکل ۸ ـ ۵۳ ـ مقطع قابل پذیرش جوش‌ها.

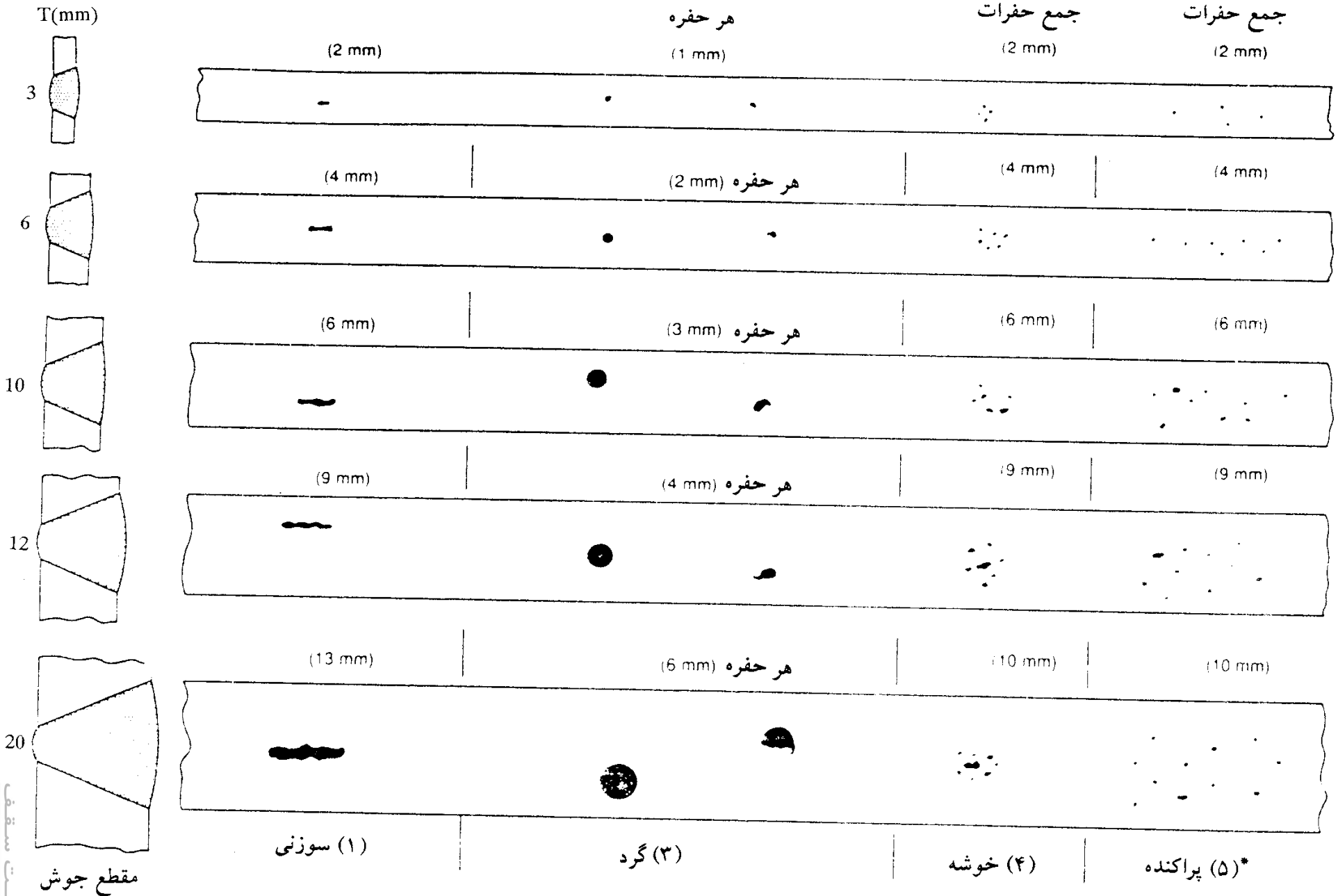
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



C= حداقل فاصلهٔ آزاد بین لبهٔ دو ناپیوستگی در امتداد طولی

شکل ۸ ـ ۵۴ ـ شرایط پذیرش ناپیوستگی‌ها یا حفرات سوزنی آشکار شده در عکس‌های پرتونگاری برای جوش‌ها تحت بار استاتیکی.

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

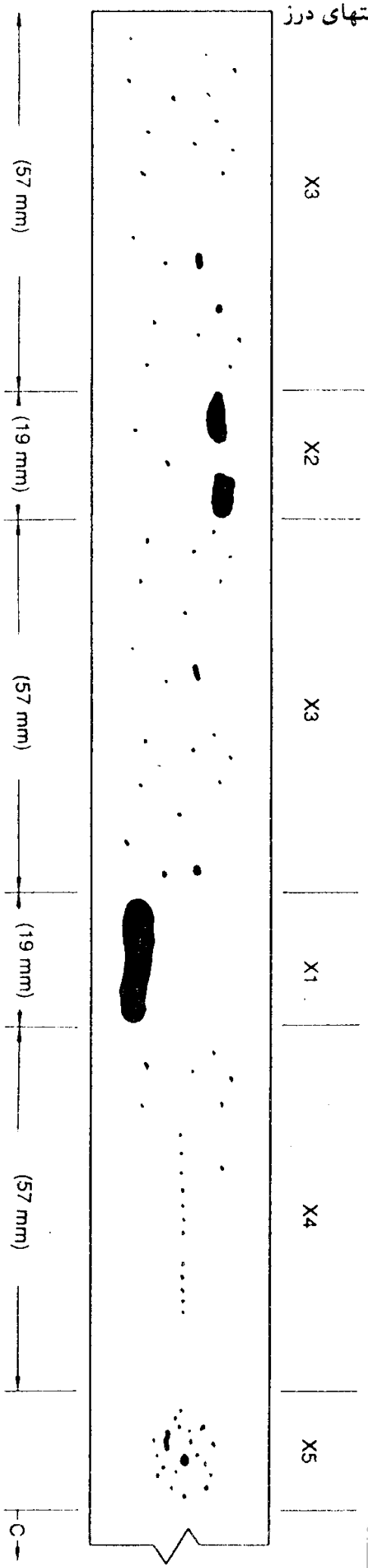


* (۵) مستقل از ۱ و ۳

* (۵) می‌تواند در ترکیب با ۱ و ۳ باشد.

شکل ۸ ـ ۵۵ ـ ضوابط پذیرش نتایج بازرسی پرتونگاری.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۸ - ۵۶ - ضوابط پذیرش نتایج بازرسی پرتونگاری.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$2E/3$ یا ۱۰ میلی‌متر (هر کدام که کوچکتر است)، باشد. این محدودیت مستقل از بندهای ۱ و ۲ و ۳ می‌باشد.

(۶) در حفرات سوزنی وقتی که مجموع بعد بزرگتر حفرات بزرگتر از E در هر $6E$ طول نوار جوش باشد. وقتی که کل نوار جوش کوچکتر از $6E$ باشد، مقدار مجاز مجموع حفرات، به‌تناسب کاهش می‌یابد.

در اشکال ۸ ـ ۵۵ و ۸ ـ ۵۶ کاربرد بند ۸ ـ ۱۱ ـ ۳ به‌صورت تصویری نشان داده شده است.

۸ ـ ۱۱ ـ ۴ بازرسی فراصوت

جوش‌های قابل پذیرش در بازرسی عینی، وقتی در بازرسی فراصوت قابل پذیرش هستند که احتیاجات جدول ۸ ـ ۴ را برآورده نمایند.

جدول ۸ ـ ۴ ـ ضوابط پذیرش بازرسی فراصوت

ردهٔ شدت ناپیوستگی و حفرات*	ضخامت جوش برحسب میلی‌متر و زاویهٔ پروب**										
	۸ تا ۲۰	۲۰ تا ۳۸	بزرگتر از ۳۸ تا ۶۴			بزرگتر از ۶۴ تا ۱۰۰			بزرگتر از ۱۰۰ تا ۲۰۰		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
ردهٔ A	+5 و کمتر	+2 و کمتر	−2 و کمتر	+1 و کمتر	+3 و کمتر	−5 و کمتر	−2 و کمتر	0 و کمتر	−7 و کمتر	−4 و کمتر	−1 و کمتر
ردهٔ B	+6	+3	−1 0	+2 +3	+4 +5	−4 −3	−1 0	+1 +2	−6 −5	−3 −2	0 +1
ردهٔ C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	−2 تا +2	+1 +2	+3 +4	−4 تا +2	−1 تا +2	+2 +3
ردهٔ D	+8 و بیشتر	+5 و بیشتر	+3 و بیشتر	+6 و بیشتر	+8 و بیشتر	+3 و بیشتر	+3 و بیشتر	+5 و بیشتر	+3 و بیشتر	+3 و بیشتر	+4 و بیشتر

* برای دیدن ردهٔ شدت ناپیوستگی به‌جدول ۸ ـ ۵ و ۸ ـ ۶ مراجعه شود.

** ضخامت جوش، ضخامت قطعهٔ نازکتر است.

۱ ـ ناپیوستگی‌های B، C باید به‌اندازهٔ 2L از یکدیگر فاصله داشته باشند. L طول بزرگترین ناپیوستگی است.

۲ ـ ناپیوستگی‌های B، C باید به‌اندازهٔ 2L از لبه فاصله داشته باشند. L طول ناپیوستگی است.

۳ ـ ناپیوستگی‌هایی که در تراز رویهٔ جوش در جوش‌های شیاری تمام نفوذی دوطرفه شناسایی می‌شوند، باید با حساسیت ۴ دسی‌بل بیشتر از حساسیت بند ۸ ـ ۵ ـ ۴ مورد جست‌وجو قرار گیرند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جدول ۸ ـ ۵ ـ ردهٔ شدت ناپیوستگی و حفرات

A	ناپیوستگی‌های وسیع[۶۶]	هر نشانه‌ای در این رده مردود است (بدون توجه به‌طول)
B	ناپیوستگی‌های متوسط[۶۷]	هر نشانه‌ای در این رده با طول بزرگتراز ۲۰ میلی‌متر مردود است
C	ناپیوستگی‌های کوچک[۶۸]	هر نشانه‌ای در این رده با طول بزرگتراز ۵۰ میلی‌متر مردود است
D	ناپیوستگی‌های ریز[۶۹]	هر نشانه‌ای در این رده بدون توجه به‌طول یا محل قابل‌پذیرش است

جدول ۸ ـ ۶ ـ تراز روبش[۷۰]

*مسیر تابش[۷۱] (میلی‌متر)	بالای تراز مرجع (dB)
تا ۶۰	14
۶۰ تا ۱۲۵	19
۱۲۵ تا ۲۵۰	29
۲۵۰ تا ۳۸۰	39

* این ستون طول مسیر تابش است نه ضخامت قطعه

۸ ـ ۱۱ ـ ۵ آزمایش با رنگ نافذ[۷۲] و ذرات مغناطیسی[۷۳]

ضوابط پذیرش در آزمایش با رنگ‌نافذ و ذرات مغناطیسی مطابق ضوابط پذیرش بازرسی عینی است.

۸ ـ ۱۱ ـ ۶

به‌غیر از جوشکاری ورق‌ها با تنش تسلیم F_y بزرگتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، تمام بازرسی‌های جوشکاری مورد اشاره در بندهای ۸ ـ ۱۱ ـ ۲، ۸ ـ ۱۱ ـ ۳، و ۸ ـ ۱۱ ـ ۴، و ۸ ـ ۱۱ ـ ۵ را می‌توان بلافاصله بعد از خنک شدن جوش انجام داد.

در مورد جوشکاری فولادهای خیلی پرمقاومت ($F_y > 6000\ \mathrm{kg/cm^2}$)، بازرسی‌ها ۴۸ ساعت بعد از خنک شدن جوش آغاز می‌شود.

66– large
67– medium
68– small
69– minor
70– scanning level
71– sound path
72– liquid penetrant
73– magnetic particle

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فصل ۹

جوشکاری در کارگاه

اسکلت فولادی مجموعه‌ای است از نیمرخ‌های فولادی، ورق، و نیمرخ‌های ورقی که باید به‌کمک اتصالات و وسایل اتصال مناسب نظیر جوش، پیچ، و پرچ به‌یکدیگر متصل شوند.

۹ ـ ۱ عملیات اجرایی در کارهای فولادی

ترتیب عملیات اجرایی در کارگاه فولادی به‌شرح زیر است:

۱ ـ تهیهٔ نقشه‌های ساخت[1] با توجه به‌نقشه‌های محاسباتی

۲ ـ عملیات برشکاری و سوراخکاری

۳ ـ عملیات ساخت اعضا

۴ ـ تمیزکاری و رنگ

۵ ـ حمل

۶ ـ عملیات پیش‌مونتاژ و مونتاژ در پای کار

۷ ـ عملیات واداشتن و نصب و خال‌جوش و اتصالات موقت

۸ ـ تنظیم نهایی، شاقولی کردن ستون‌ها و هم‌محور کردن تیرها و تکمیل اتصالات

۹ ـ بازرسی و تأیید نهایی

۱۰ ـ رنگ‌آمیزی نهایی و لکه‌گیری

در ادامه موارد فوق مورد بحث قرار می‌گیرند.

1– shop drawing

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۹ ـ ۲ تهیهٔ نقشه‌های ساخت

قبل از شروع عملیات اجرایی، نقشه‌های محاسباتی که توسط مهندس طراح ارائه شده، به‌وسیلهٔ مهندسین دفتر فنی و تکنسین‌های اجرایی پیمانکار مورد مطالعهٔ دقیق قرار گرفته و پس از سیاست‌گذاری عملیات ساخت و اجرا و گرفتن تأییدیه‌های لازم از طراح، اسکلت فولادی به‌اجزای ریزتر تقسیم شده و پس از تعیین هندسهٔ هر جزء، ابعاد ورق‌ها، محل سوراخ‌ها، نحوهٔ برش لبه‌ها، محل و اندازهٔ جوش‌ها، در مقیاس مناسب رسم می‌گردد. در شکل ۹ ـ ۱ نمونه‌ای از نقشهٔ ساخت یک قطعهٔ فلزی نشان داده شده است.

۹ ـ ۳ عملیات برشکاری و آماده‌سازی لبه‌ها

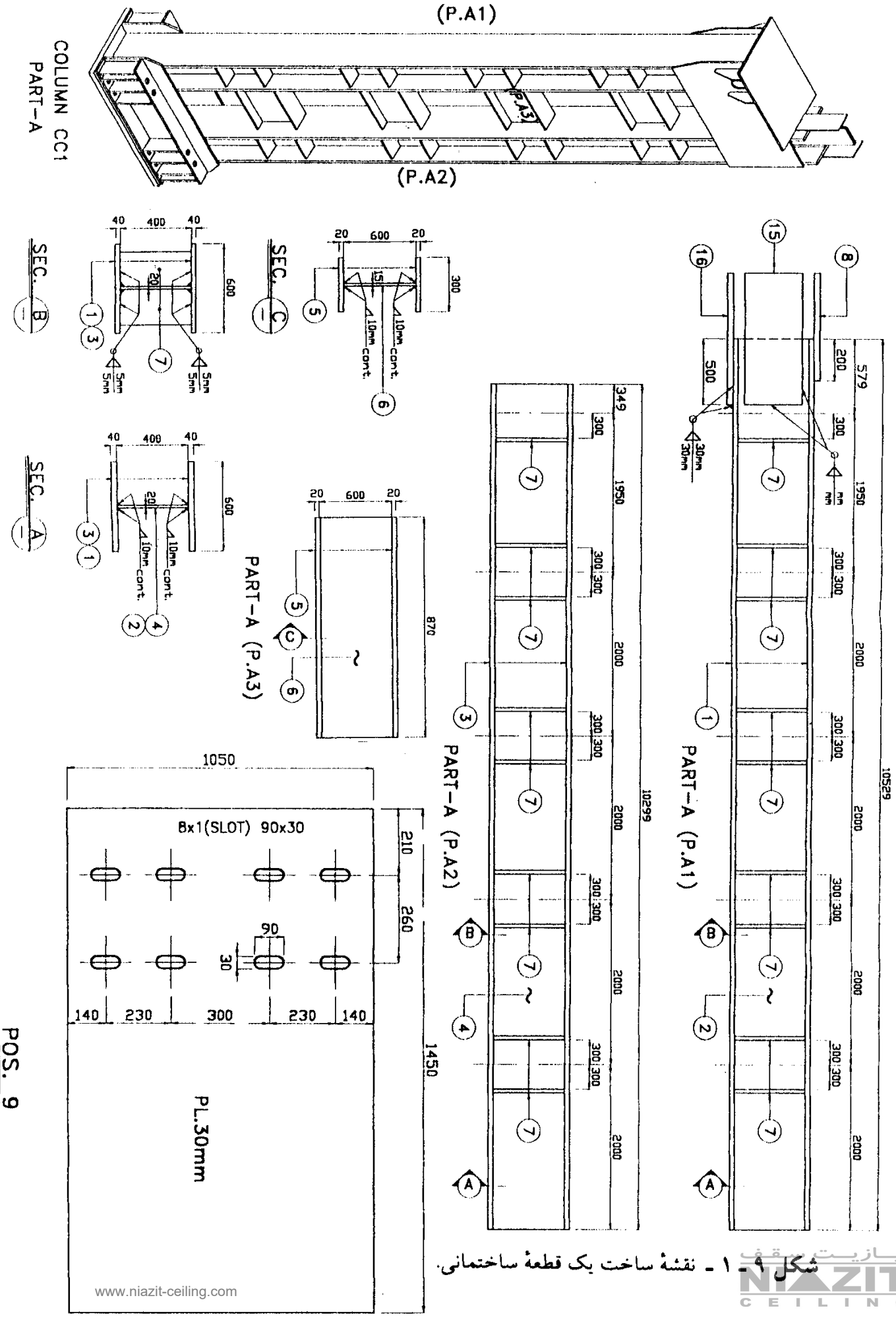
عملیات برشکاری برحسب ضخامت ورق می‌تواند به‌کمک برش حرارتی و یا برش گیوتینی انجام پذیرد.

برای انجام عملیات برشکاری به‌روش حرارتی ابتدا شاسی‌های مناسبی که ورق یا پروفیل را در وضعیت تخت و تراز قرار می‌دهند، ساخته می‌شوند. در شکل ۹ ـ ۲ تصویری از شاسی‌های برش نشان داده شده است.

بعد از استقرار ورق در روی شاسی و خط‌کشی آن، ریل‌گذاری شده و دستگاه برش اتوماتیک بر روی ریل مستقر می‌گردد (شکل ۹ ـ ۳). برحسب ضخامت ورق، اپراتور سرعت حرکت مناسبی برای دستگاه برش تنظیم می‌نماید و دستگاه با حرکت به‌سمت جلو عملیات برش را به‌صورت اتوماتیک تحت نظارت اپراتور انجام می‌دهد.

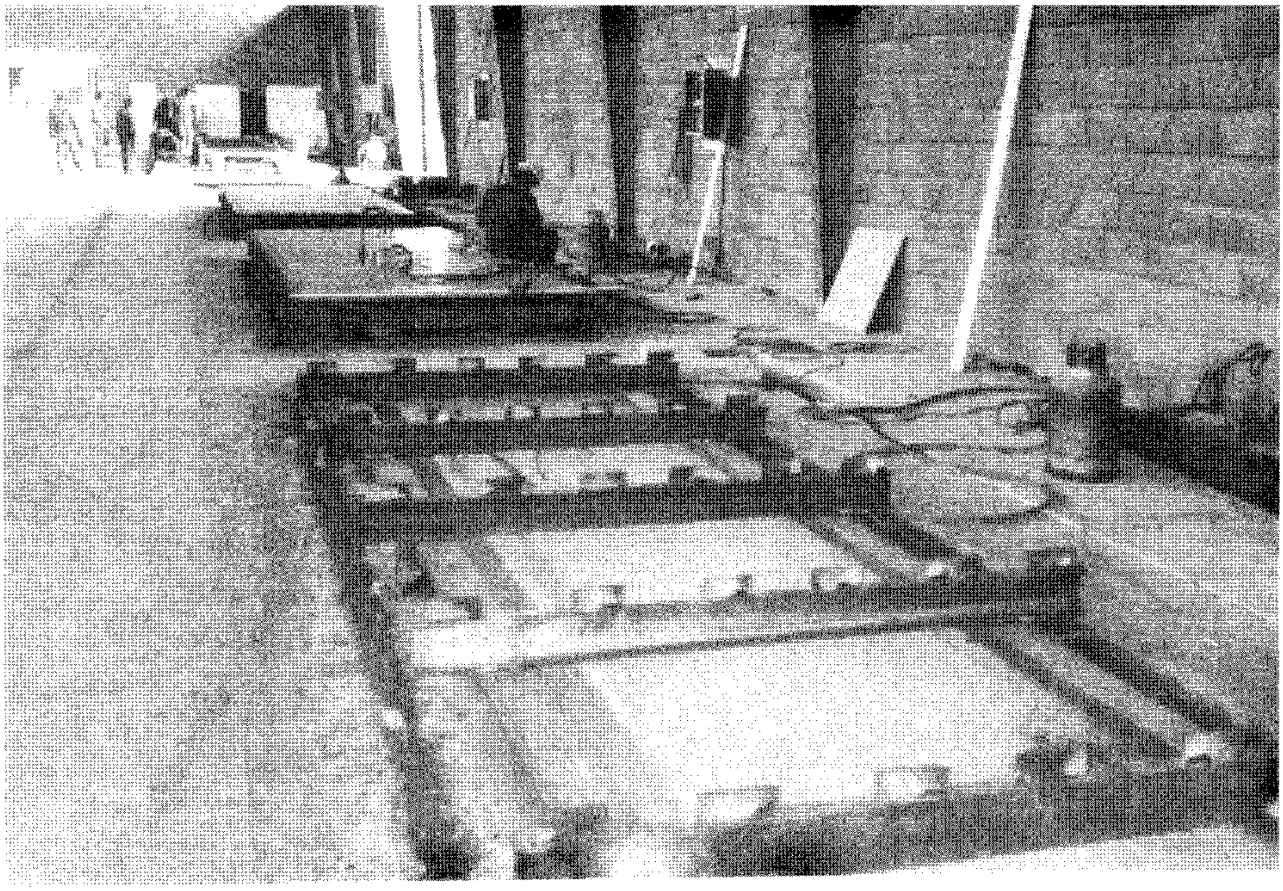
پس از انجام برش‌های اصلی، به‌دستگاه برش حرارتی زاویه داده می‌شود و این بار با انجام برش زاویه‌دار، پخی لازم به‌لبه‌ها جهت انجام جوش شیاری داده می‌شود (شکل ۹ ـ ۴). عملیات آماده‌سازی لبه‌ها برای ضخامت‌های کم را می‌توان به‌کمک دستگاه لبه‌زن انجام داد. با توجه به‌اینکه لبه‌زن زاویه مورد نظر را با له کردن ورق ایجاد می‌نماید، لبهٔ به‌وجود آمده از کیفیت مناسبی برخوردار نیست و پس از جوشکاری، ترک‌هایی در نواحی مجاور جوش به‌وجود می‌آید.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



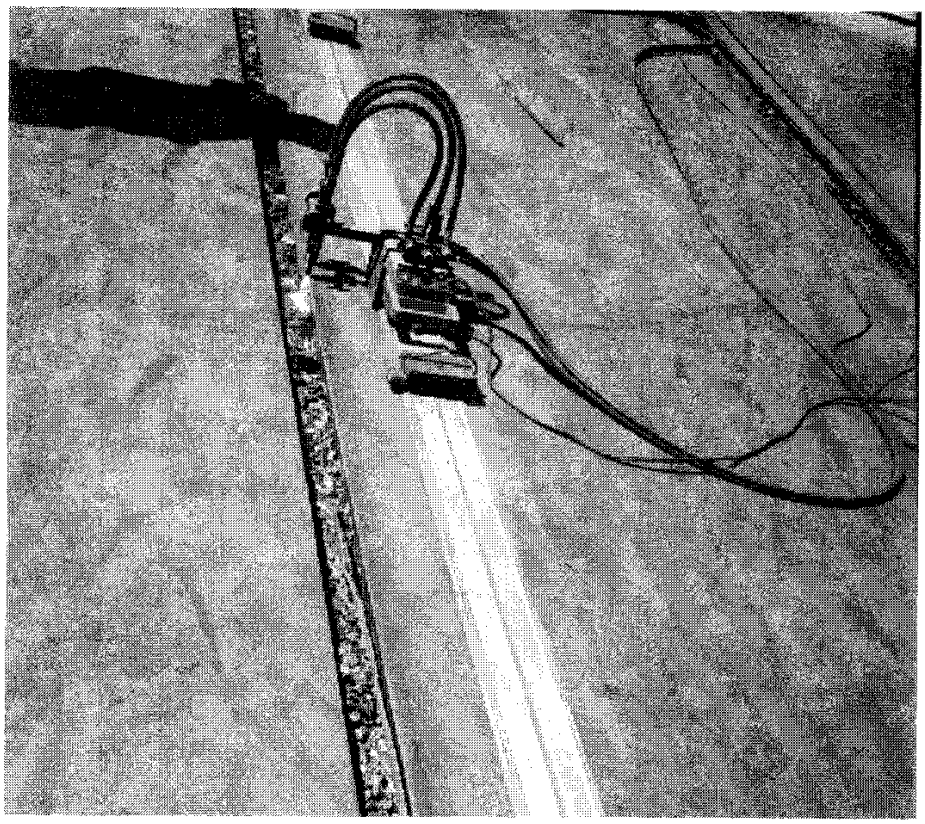
شکل ۹ ـ ۱ ـ نقشهٔ ساخت یک قطعهٔ ساختمانی.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

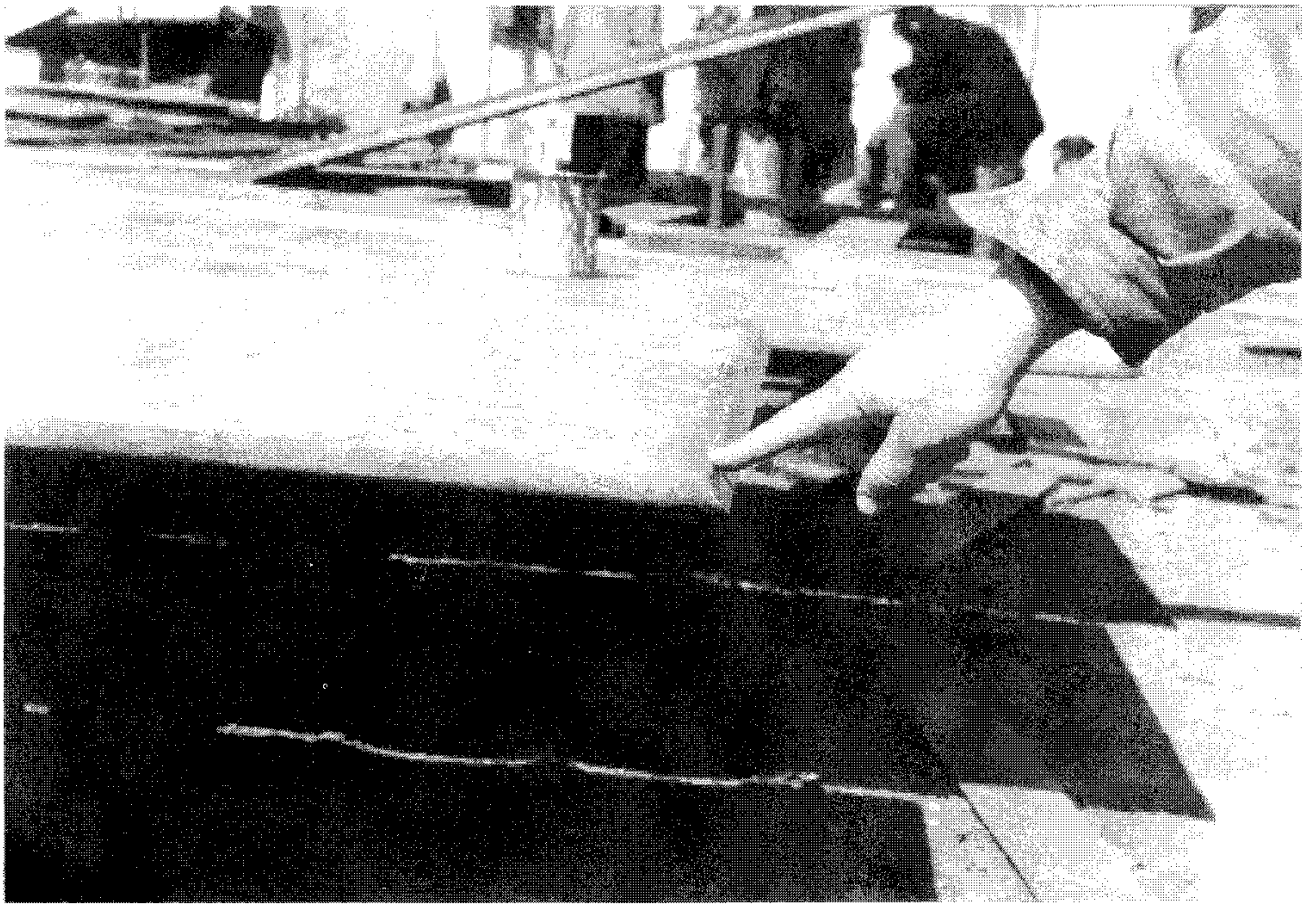


شکل ۹ ـ ۲ ـ شاسی‌کشی برای برشکاری.

شکل ۹ ـ ۳ ـ عملیات برشکاری با دستگاه برش اتوماتیک. برشکاری باید در هر دو لبه انجام شود، وگرنه باعث شمشیری شدن ورق بریده شده می‌شود.



www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۴ ـ آماده‌سازی لبه‌ها.

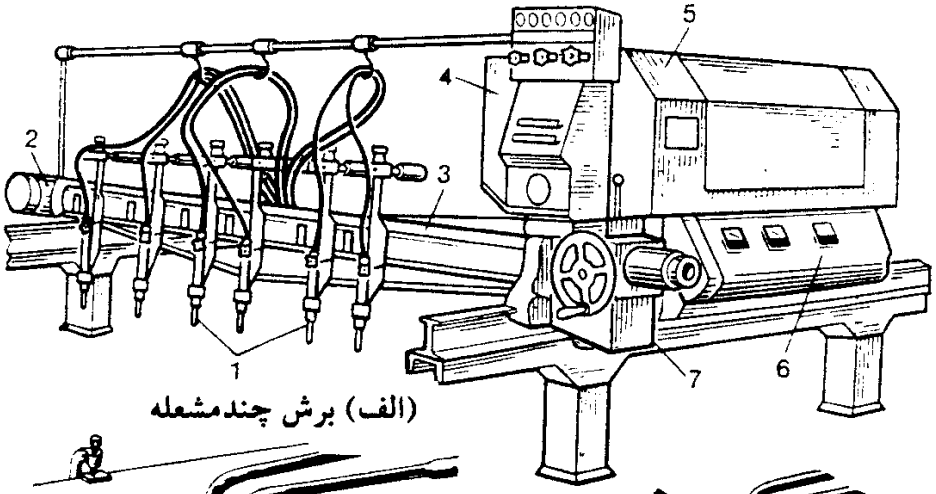
ورق‌های بال ممکن است به‌صورت تسمه‌هایی با عرض و ضخامت مشخص تهیه شوند که در این صورت جز بریدن آنها در طول مشخص و گونیا کردن و پخ‌زدن انتهایشان به‌آماده‌سازی بیشتری نیاز نیست. برخی از سازندگان، ورق‌های بال را از ورق‌های عریض به‌وسیلهٔ برش هوا، برش می‌دهند (شکل ۹ ـ ۳). به‌علت وجود مقداری انقباض که در نتیجهٔ برش هوا رخ می‌دهد، بال تیرورق درصورتی که تنها از یک طرف بریده شود، به‌صورت خمیده درمی‌آید. به‌همین دلیل باید هر دو سمت ورق‌بال به‌صورت همزمان برش داده شوند. عملیات با یک دستگاه برش که دارای چندین مشعل می‌باشد، به‌طور همزمان صورت می‌گیرد (شکل ۹ ـ ۵).

در مورد تیرها و شاهتیرهایی که دارای انحنای افقی می‌باشند، ورق‌های بال با انحنای مشخصی به‌وسیلهٔ برش هوا بریده می‌شود.

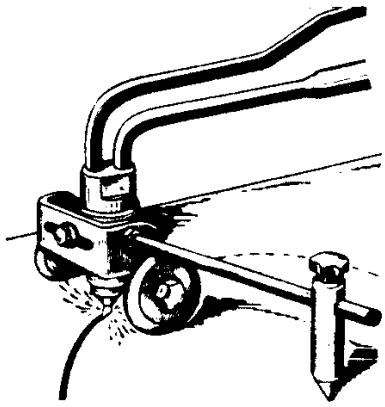
عملیات سوراخکاری

پس از عملیات برش، در صورت نیاز عملیات سوراخکاری انجام می‌شود. انجام عملیات

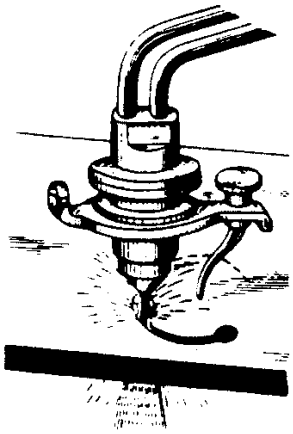
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



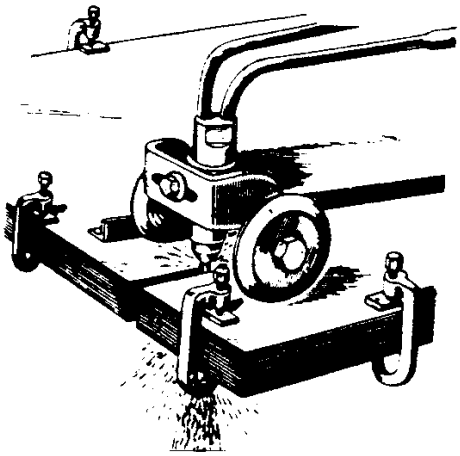
(الف) برش چندمشعله



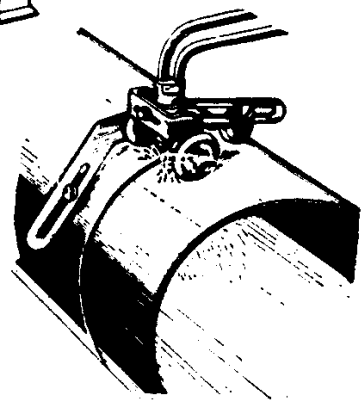
(ب) برش پرگار شعاع بزرگ



(ث) برش پرگار با شعاع کوچک



(پ) برش ریلی



(ت) برش ریلی دور لوله

شکل ۹ ـ ۵ ـ وسایل مختلف برش.

سوراخکاری به‌دو روش ممکن است:

۱ ـ دستگاه پانچ (سوراخ‌زن)

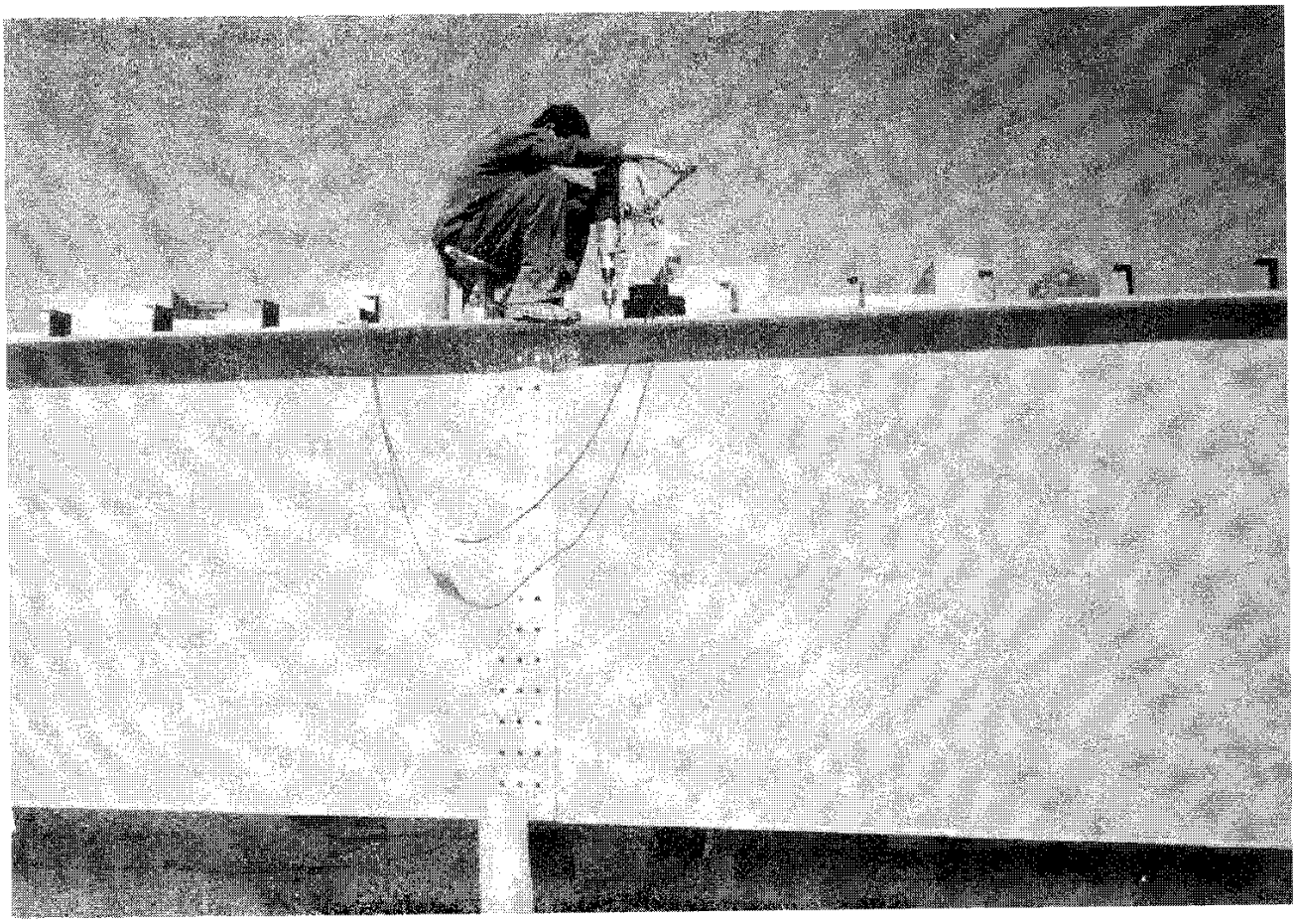
۲ ـ مته

سوراخ ایجادشده توسط مته از کیفیت بسیار خوبی برخوردار است ولی عملیات مربوطه پرهزینه می‌باشد. عملیات مته‌کاری معمولاً توسط مته‌های رادیال انجام می‌شود (شکل ۹ ـ ۷) که دارای بازدهٔ خوبی می‌باشد. در صورتی که ضخامت ورق در حد کم یا متوسط (تا حدود ۱۵ میلی‌متر) باشد، انجام سوراخ‌ها توسط دستگاه سوراخ‌زن انجام می‌شود. آزمایشات نشان می‌دهند که در پیرامون سوراخ‌های ایجاد شده توسط دستگاه سوراخ‌زن، ترک‌های میکروسکوپی وجود دارد که در محاسبات تأثیر این ترک‌ها را با افزودن قطر سوراخ به‌مقدار ۲ میلی‌متر منظور می‌نمایند. راه حل میانه این است که ابتدا سوراخی با قطر کوچکتر توسط دستگاه سوراخ‌زن ایجاد شود و سپس توسط مته‌کاری گشاد شده و به‌قطر مورد نظر افزایش یابد.

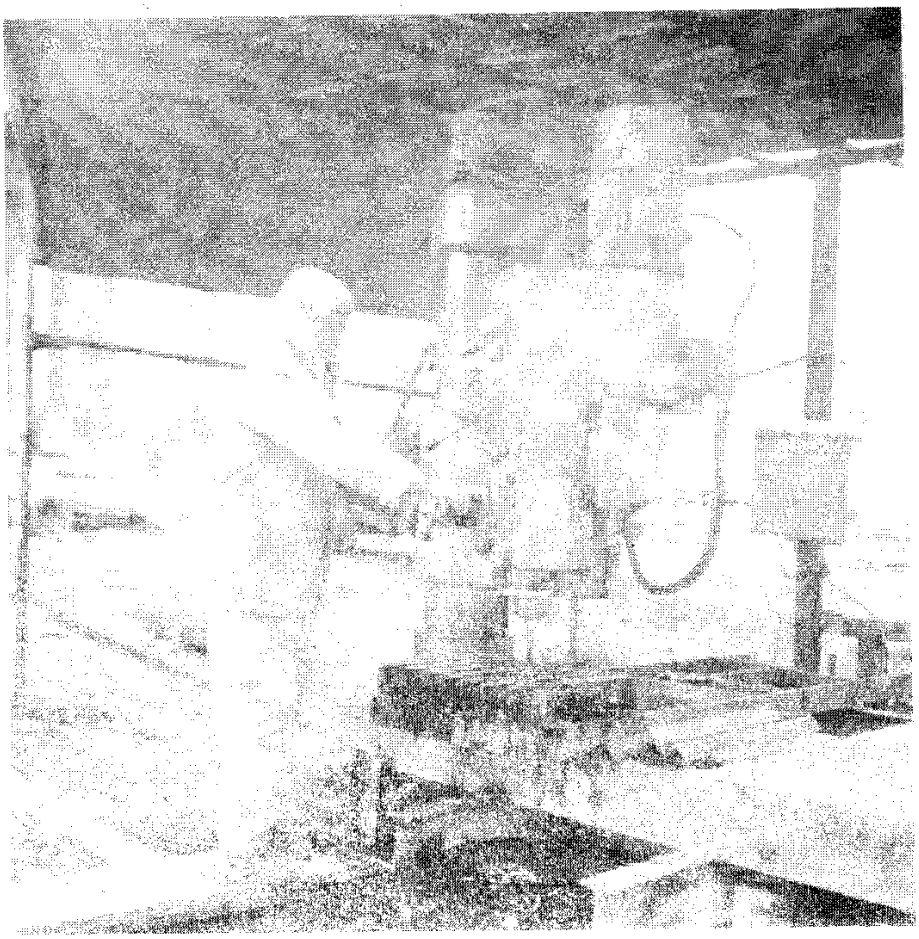
۹ ـ ۴ ساخت اعضا

ساخت اعضا برحسب اینکه از ورق ساخته شوند و یا پروفیل، متفاوت خواهد بود. در صورتی که

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۶ ـ متهٔ مغناطیسی.



شکل ۹ ـ ۷ ـ متهٔ رادیال.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

اعضا از ورق ساخته شوند، مراحل کار به‌صورت زیر است:

۱ ـ قطعه‌سازی یعنی یکسره کردن ورق‌ها و انجام جوش درزهای آنها در روی شاسی؛

۲ ـ مونتاژ بال و جان و خال‌جوش کردن آن در داخل قالب (گیج و فیکسچر)؛

۳ ـ تکمیل جوشکاری بال و جان؛

۴ ـ عملیات بازرسی و تأیید.

در مواقعی تقدم و تأخر ردیف‌های ۱ و ۲ عوض می‌شود. یعنی ابتدا ورق‌های بال و جان مونتاژ می‌شوند، و سپس جوش درزها انجام می‌شود. این کار هر چند که ممکن است از نظر کنترل تغییر شکل‌ها مفید باشد، لیکن دو عیب عمده دارد:

۱ ـ ایجاد تنش‌های پسماند با توجه به‌قیدهای موجود در مقابل تغییرشکل‌های حرارتی جوش و فلز جوش شده.

۲ ـ عدم موفقیت در اجرای درز جوش‌ها به‌صورت پیوسته و بی‌عیب.

به‌عنوان مثال اگر مونتاژ بال به‌جان قبل از اجرای جوش‌های شیاری قطعات بال انجام شود، امکان شیارزنی جوش از پشت ممکن نبوده و در نتیجه جوش به‌صورت نفوذی کامل در نمی‌آید.

در صورتی که اعضا از نیمرخ‌های نورد شده ساخته شوند، معمولاً عملیات ردیف ۱ تا ۳ وجود نخواهد داشت و ممکن است به‌جای آن عملیاتی نظیر برشکاری لانه‌زنبوری، جفت کردن نیمرخ‌ها جهت ساخت نیمرخ‌های دوبل، تقویت نیمرخ با ورق و موارد مشابه داشته باشیم. این عملیات نیز در روی شاسی و قالب‌های مناسب انجام می‌شود.

۹ ـ ۴ ـ ۱ قطعه‌سازی

۹ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱ درزهای لب‌به‌لب[2]

برحسب نوع آماده‌سازی لبه‌ها و درز حاصل، انواع مختلفی از جوش لب‌به‌لب به‌وجود می‌آید. درزهای لاله‌ای و نیم‌لاله‌ای (U,J) کمترین مقدار فلز جوش را لازم دارند، اما در عین حال عملیات سنگزنی و تراش برای آماده‌سازی لبه‌ها پرکار و پرهزینه است و امکان انجام آن در هر کارخانه‌ای وجود ندارد. وجود این مشکلات، طراح را به‌استفاده از درزهای جناغی (V) محدود می‌کند. در درز V، باکاهش زاویهٔ درز، مصرف فلز جوش کاهش می‌یابد. لیکن باکاهش این زاویه، دهانهٔ ریشه باید به‌منظور دستیابی الکترود به‌داخل درز و ایجاد یک جوش سالم در ریشهٔ درز، افزایش داده شود. بدیهی است برای حصول جوش اقتصادی، باید تعادلی بین زاویهٔ پخی و دهانهٔ ریشه به‌وجود آید.

2– butt joints

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

در ورق‌های ضخیمتر، درز با زاویهٔ کوچکتر و ریشهٔ بزرگتر، کمترین مقدار فلز جوش را لازم دارد.

چنانچه تسمهٔ پشت‌بند مورد استفاده قرار گیرد، دست طراح در انتخاب دهانهٔ ریشه باز خواهد بود، لیکن جوشکاری باید در یک سمت انجام گیرد، به‌عبارت دیگر یک درز V تنها خواهیم داشت. اما اگر تسمهٔ پشت‌بند مورد استفاده قرار نگیرد، دهانهٔ ریشه باید در حدود ۳ میلی‌متر باز نگه‌داشته شود. در این صورت جوش روی دهانه پل زده و پایین نمی‌ریزد. درز جناغی ممکن است به‌صورت یکطرفه (V) یا دوطرفه (X) باشد. در هر دو صورت، ریشه باید از سمت دیگر سنگ خورده و یک عبور جوش انجام شود. این امر سلامت درز جوش را تضمین می‌کند. در ورق‌های نازک، استفاده از جوش جناغی یکطرفه (V) کافی است، لیکن با افزایش ضخامت ورق، استفاده از درز جناغی دوطرفه رجحان دارد. به‌خاطر داشته باشید که در یک درز V ، تغییرشکل زاویه‌ای بیشتر است و با افزایش ضخامت ورق، به‌سرعت افزایش می‌یابد.

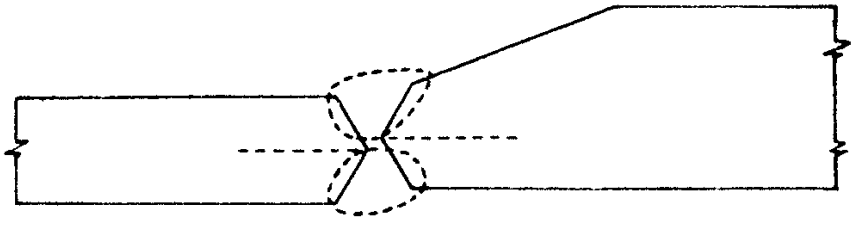
۹ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۲ هم‌راستا کردن ورق‌ها

هم‌راستا کردن ورق‌ها جهت افزایش و بهبود عملیات جوشکاری ضروری است. قرارگیری درزهای لب‌به‌لب جان و بال در یک صفحه، تا حد زیادی هم‌راستا کردن ورق بال و جان را ساده می‌نماید.

شکل ۹ ـ ۸ یک درز لب‌به‌لب X غیرهم‌راستا را در بال یک شاهتیر، در نقطهٔ تغییر مقطع نشان می‌دهد. این عدم هم‌راستایی، حصول یک ریشهٔ سالم و جوش بی‌عیب را مشکل می‌نماید.

حتی در صورت هم‌راستایی کامل در ورق جان، ورق بال می‌تواند تحت غیرهم‌راستایی قرار گیرد. کج شدن ناگهانی بال‌ها در خلال ساخت، عدم دقت در جابه‌جایی به‌محل اجرا، یا حتی یک اختلاف در هلالی‌شدن در بال می‌تواند چنین شرایطی‌را ایجاد کند. مشکل هلالی‌شدن[3]، با اندازهٔ جوش گوشهٔ جان به‌بال، افزایش پیدا کرده و با زیاد شدن ضخامت بال تیر کاهش می‌یابد.

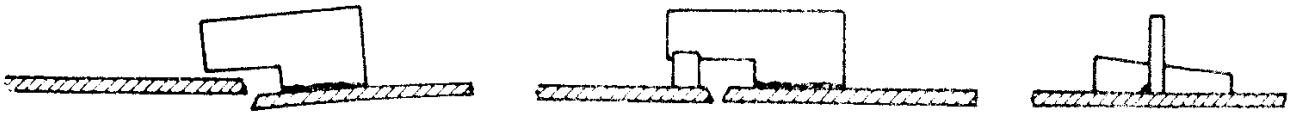
روش‌های مختلفی برای تصحیح این شرایط وجود دارد که شکل ۹ ـ ۹ یکی از این روش‌ها را



شکل ۹ ـ ۸

3– warpage

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۹ ـ گیره فقط در طول یک لبه جوش می‌شود، بنابراین می‌تواند به‌راحتی با یک چکش برداشته شود. گوهٔ فولادی به‌منظور قرار دادن لبه‌های ورق در یک ردیف به‌زیر گیره رانده می‌شود.

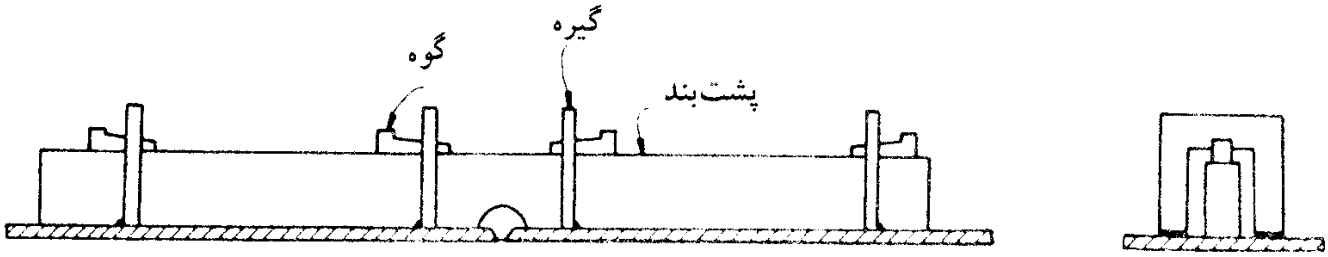
نشان می‌دهد. زمانی که ورق‌ها زیاد ضخیم نیستند، می‌توان گیره‌های کوچکی به‌ازای یکی از ورق‌ها جوش داد. راندن یک گوهٔ فولادی بین هر گیره و ورق دیگر، لبه‌ها را هم‌راستا می‌نماید. جوش دادن گیره‌ها در یک سمت، تا حد زیادی برداشتن آنها را تسهیل می‌کند.

شکل ۹ ـ ۱۰ هم روش دیگری را که معمولاً در مورد بال‌های ضخیمتر، مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان می‌دهد.

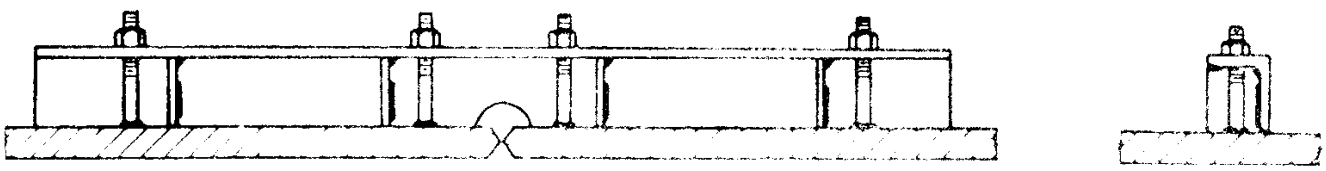
۹ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۳ ریزش انتهای جوش

به‌علت ریزش مواد مذاب جوش، انتهای جوش درزهای لب‌به‌لب به‌صورت تمام ضخامت درنمی‌آید (شکل ۹ ـ ۱۱).

برای رفع این عیب، غالباً در انتهای درز، به‌کمک تسمه اضافه طولی برای درز ایجاد می‌شود که بعد از اتمام عملیات جوشکاری، این قطعه سنگ‌زده می‌شود (شکل ۹ ـ ۱۲). تعبیهٔ این جزییات در درزهای بال بسیار مهمتر می‌باشد. به‌این اضافه طول ناودان گویند.



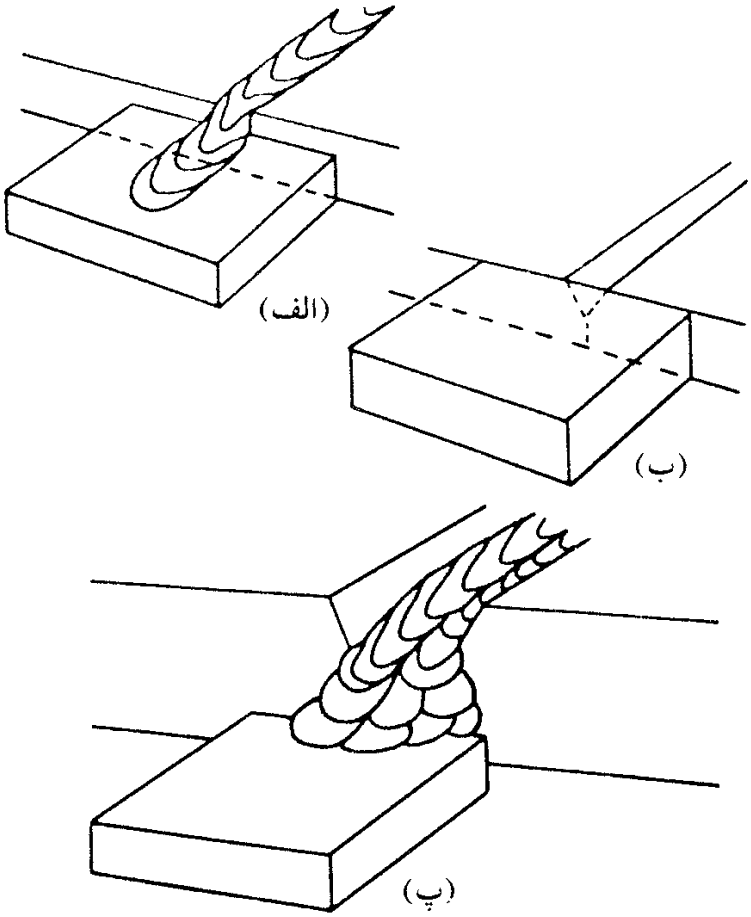
استفاده از پشت‌بند و گیره و گوه برای هم‌راستایی ورق‌ها



استفاده از پشت‌بند و پیچ و مهره برای هم‌راستایی ورق‌ها

شکل ۹ ـ ۱۰

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۱۱ ـ نصب ناودان در ابتدا و انتهای درز.

در اشکال ۹ ـ ۱۳ و ۹ ـ ۱۴ تصاویری از اجرای درزهای لب‌به‌لب نشان داده شده است.

۹ ـ ۴ ـ ۲ مونتاژ ورق‌های بال و جان[4]

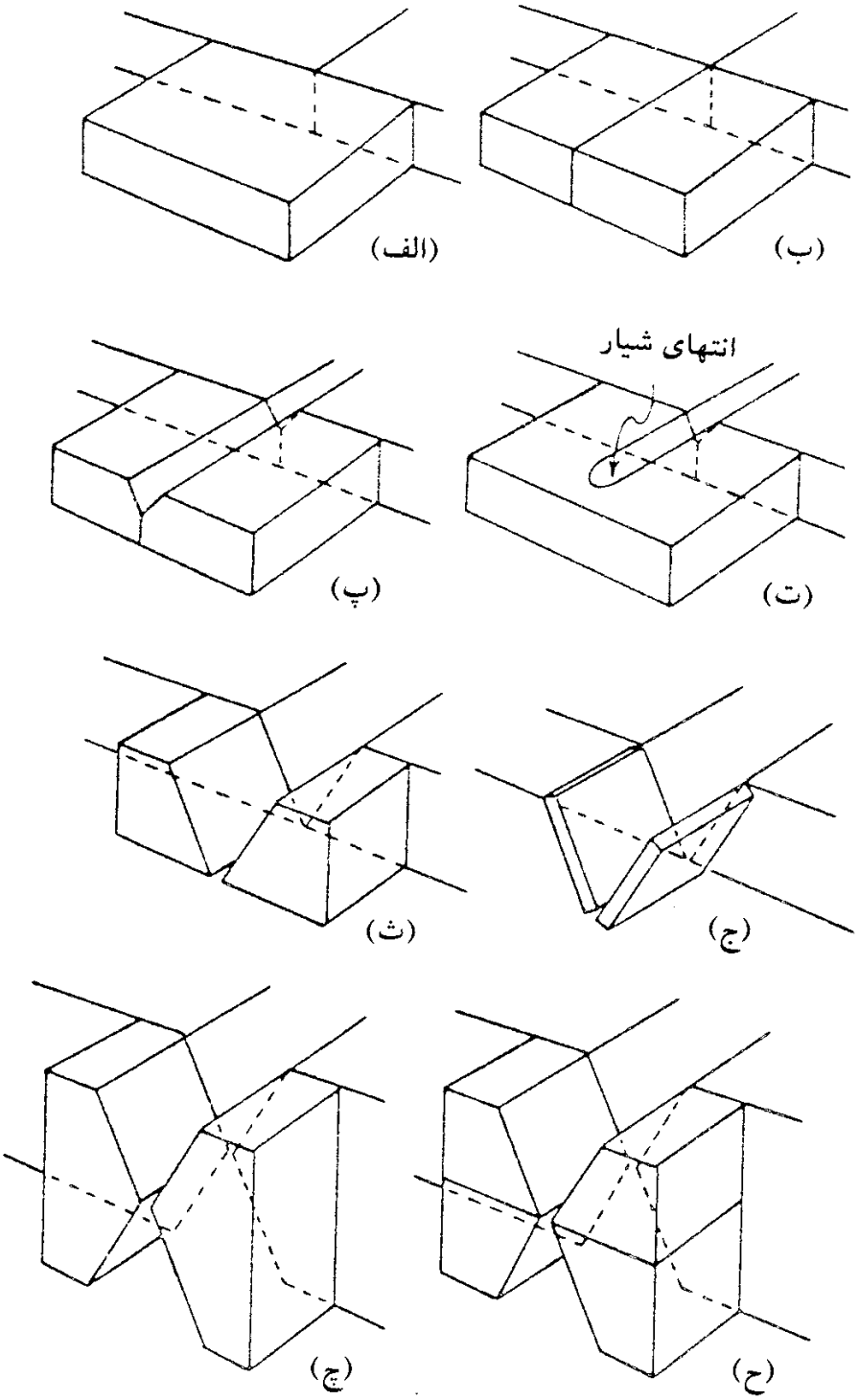
در ساخت تمام‌اتوماتیک، ابتدا ورق بال و جان با خال‌جوش به‌هم متصل شده و سپس توسط جوش زیرپودری[5] نوار جوش کامل می‌شود. تیرورق‌ها را می‌توان به‌وسیلهٔ یکی از روش‌های زیر مونتاژ نمود:

۱ ـ نخست یک بال بر روی زمین به‌صورت تخت قرار داده شده و محور آن توسط گچ علامت زده می‌شود. در این حالت گیره‌های قائم کوچکی در فواصل مشخصی نسبت به‌یکدیگر در طول بال، در نزدیکی خط میانی آن جوش می‌شوند (شکل ۹ ـ ۱۵). سپس جان تیرورق به‌صورت قائم بر روی بال قرار گرفته و به‌طور موقت با میلگردهایی که بین جان و بال جوش شده‌اند، نگه‌داشته می‌شود. گیره‌ها در طول بال، موقعیت جان را در طول خط میانی بال حفظ می‌کنند. حال می‌توان ورق بال

4– fit-up and assembly

5– submerged-arc-welding

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

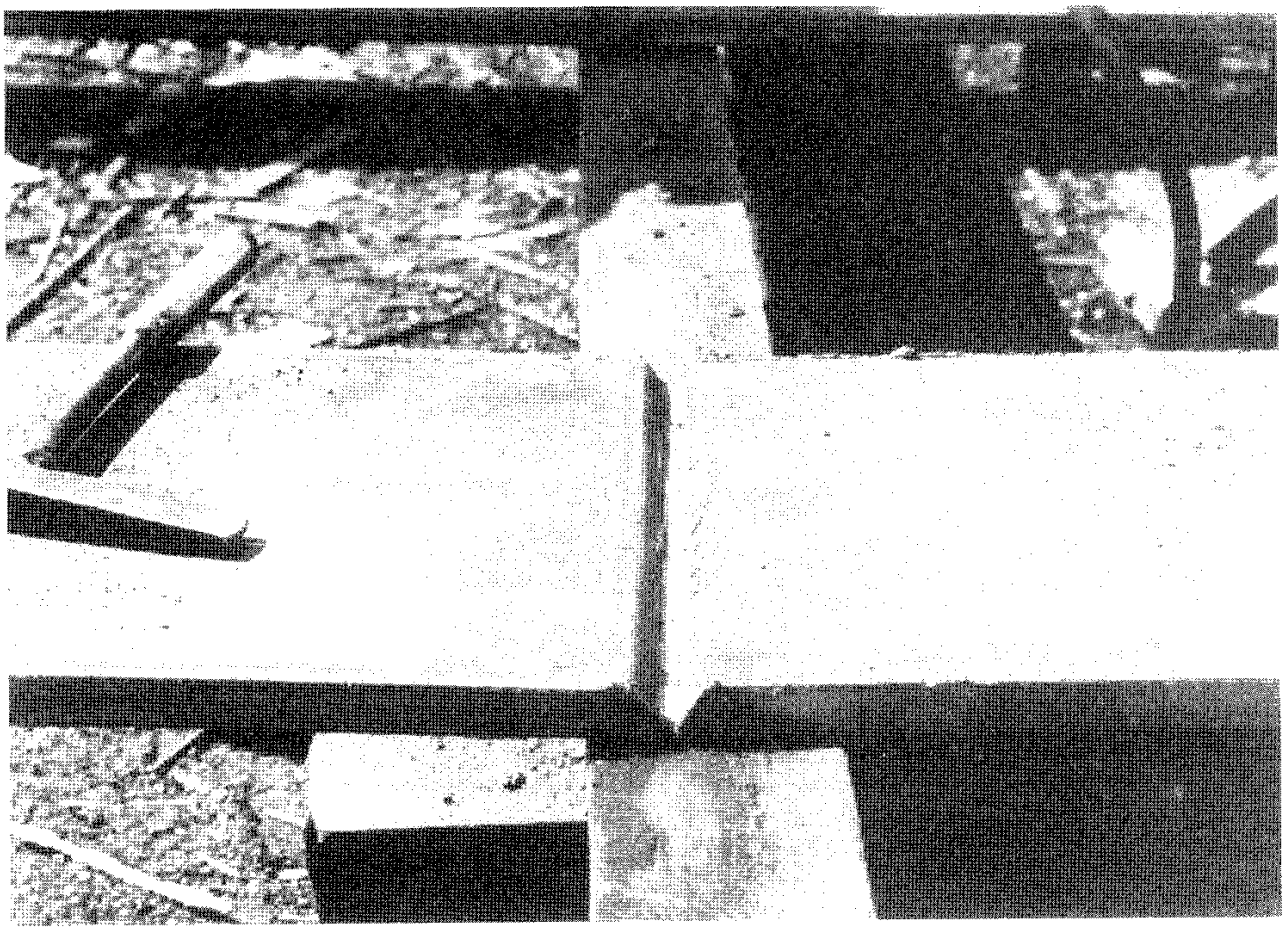


شکل ۹ ـ ۱۲ ـ تعبیهٔ ناودان

فوقانی را در بالای جان نصب و خال‌جوش کرد. این روش در مورد تیرهای مستقیم با ارتفاع کم و متوسط، به‌کار می‌رود.

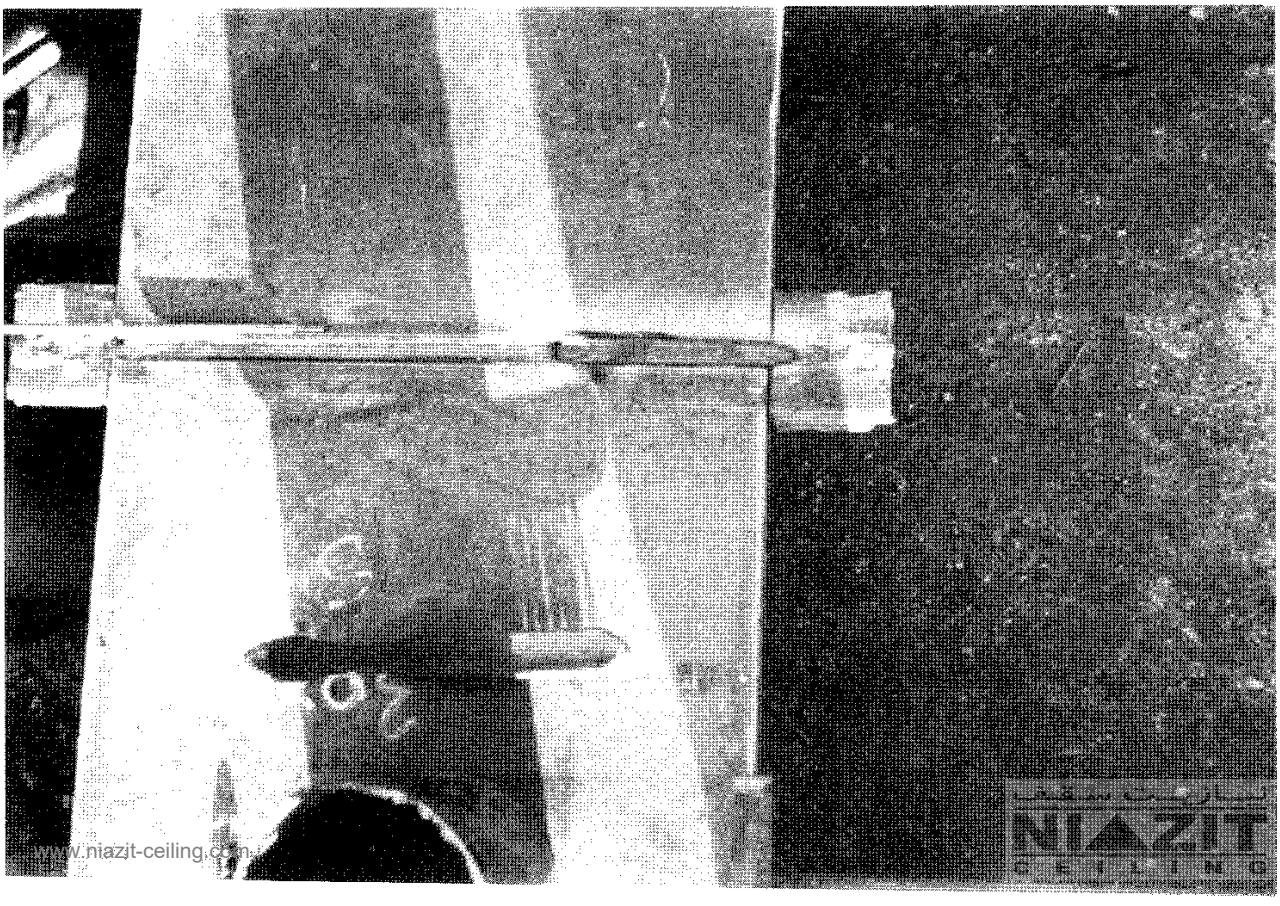
می‌توان تیرورق را با خواباندن ورق جان بر روی قالب در موقعیت افقی مونتاژ نمود (شکل ۹ ـ ۱۶).

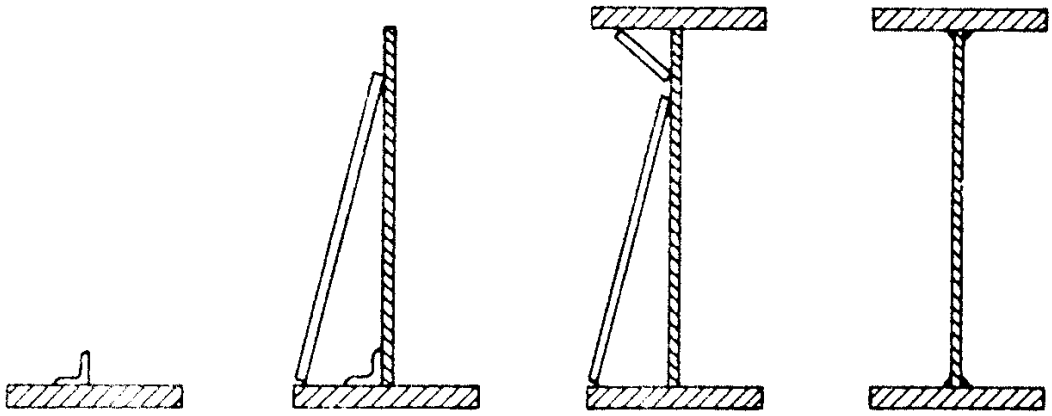
www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



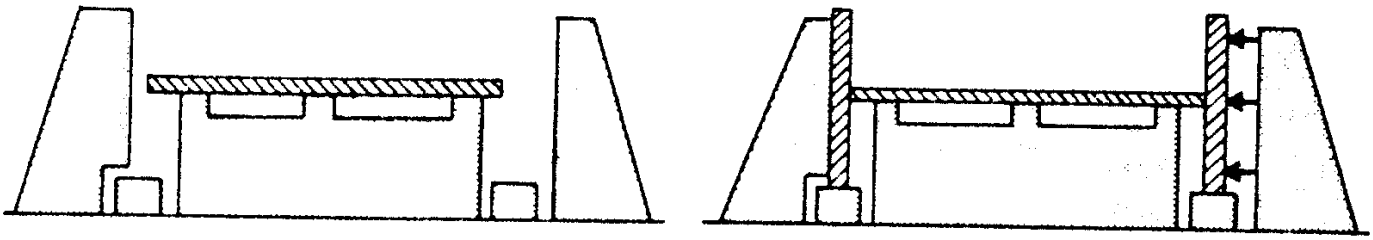
شکل ۹ ـ ۱۳ ـ سرهم کردن ورق‌ها و انجام پاس ریشه.

شکل ۹ ـ ۱۴ ـ تکمیل جوش شیاری و ناودان انتهایی.


www.niazjt-ceiling.com
NIAZIT
CEILING



شکل ۹ ـ ۱۵ ـ مراحل مونتاژ و جوشکاری ورق جان و بال تیرورق.

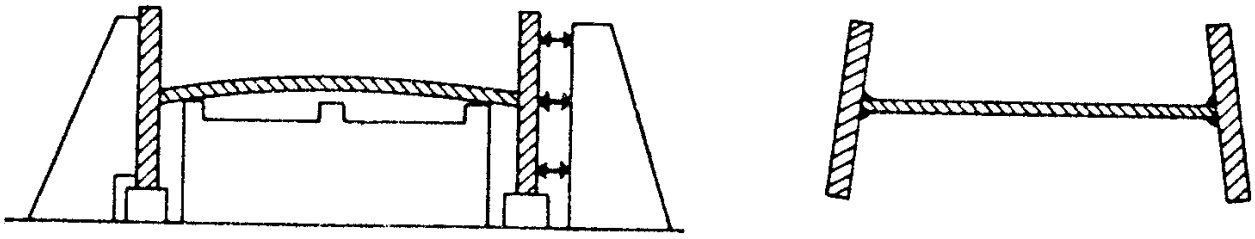


شکل ۹ ـ ۱۶ ـ جوشکاری تیرورق در گیره و قالب.

در این روش بعد از خواباندن جان بر روی قالب، ورق‌های بال در موقعیت خودشان قرار گرفته و با وسایلی نظیر گوه[6]، پیچ[7]، جک[8]، و یا در بعضی شرایط هوای فشرده، به‌دو لبهٔ جان محکم می‌شوند.

قالب به‌صورت اتوماتیک، بال را در موقعیت مشخص به‌صورت قائم نگه می‌دارد.

اگر جان لاغر و یا عمیق (با ارتفاع زیاد) باشد، باید احتیاط کرد که فشار زیادی بر روی بال‌ها وارد نشود، چراکه می‌تواند باعث کمانه کردن جان به‌سمت بالا شود (شکل ۹ ـ ۱۷). از آنجایی که



شکل ۹ ـ ۱۷

6– wedges

7– screws

8– jacks

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

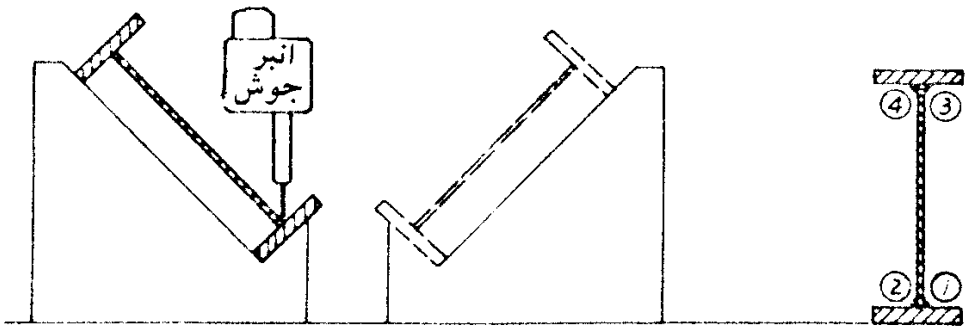
می‌تواند بدون تأثیر عمده‌ای در تغییرشکل متفاوت باشد.

در بیشتر حالات، توالی و ترتیب جوشکاری تابعی از نوع قالب به‌کار رفته و روش حرکت تیر از یک موقعیت جوشکاری به‌موقعیت دیگر در کارگاه می‌باشد.

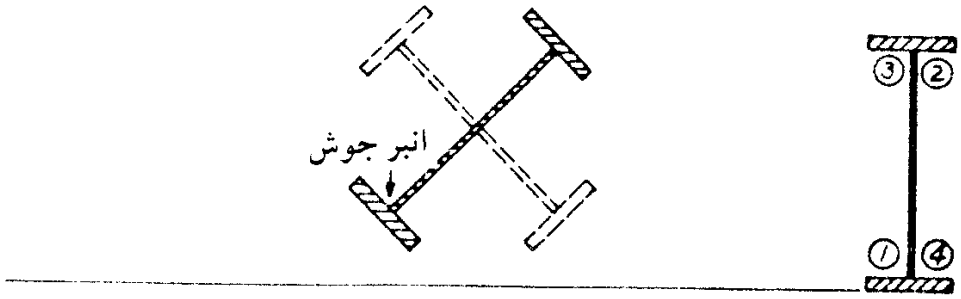
در شکل ۹ ـ ۲۰، دستگاه مونتاژ دارای دو پایه برای حفظ ورق‌های مونتاژ شده تحت زاویهٔ دلخواه می‌باشد. وضعیت قرارگیری طوری است که جوش بال به‌جان در وضعیت تخت انجام می‌شود و از آنجایی که برگرداندن کامل تیر، بسیار مشکل است، لذا توالی و ترتیب جوش‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شود که زمان انجام آن تا حد امکان کاهش یابد.

در شکل ۹ ـ ۲۰، مجموع تیر مونتاژ شده، نخست بر روی پایهٔ چپ قرارگرفته و جوش ① اجرا می‌شود. ساده‌ترین گام بعدی برداشتن تیر با جرثقیل قلاب شده به‌بال فوقانی و خواباندن آن بر روی پایهٔ سمت راست می‌باشد. در این مرحله جوش ② بر روی همان بال اما در سمت دیگر جان انجام می‌شود. حالا تیر برداشته شده و بر روی زمین قرارگرفته و پس از سر و ته شدن، برای اجرای جوش ③ در موقعیت تخت، بر روی یکی از پایه‌ها قرار داده می‌شود. بالاخره تیر برداشته شده و برای آنکه جوش ④ انجام شود بر روی پایهٔ دیگر خوابانده می‌شود.

در شکل ۹ ـ ۲۱ از یک قالب چرخان برای اجرای جوش بال به‌جان استفاده شده است. بعد از اینکه جوش ① کامل شد، تیر کاملاً سر و ته شده و جوش ② انجام می‌شود. حال باید سر



شکل ۹ ـ ۲۰



شکل ۹ ـ ۲۱

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

دستگاه جوش به‌عقب و به‌سمت دیگر جان تیر برگشته و جوش ③ را اجرا کند، در نهایت دوباره تیر کاملاً سر و ته شده و جوش ④ انجام می‌گردد.

ترتیب‌های مختلف عبور جوش که در بالا بیان شد، بستگی کامل به‌قالب و روش به‌کار رفته و ترجیحاً مقدار تأثیر آن بر تغییرشکل دارد.

۹ ـ ۴ ـ ۴ تحدب بال و سخت‌کننده‌های عرضی[۱۲]

معمولاً بعد از تکمیل نوارهای جوش بال به‌جان، سخت‌کننده‌های عرضی مونتاژ شده و به‌تیر جوش می‌شوند (شکل ۹ ـ ۲۲).

اگر ورق بال لاغر و عریض باشد، امکان ایجاد پدیدهٔ تحدب یا هلالی شدن در ورق بال در حین اجرای جوش بال به‌جان وجود دارد. در صورت وقوع چنین پدیده‌ای، قبل از قرار دادن سخت‌کننده، ورق بال را باید با فشار به‌وضعیت اولیه درآورد.



شکل ۹ ـ ۲۲

12– transverse stiffeners

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

رابطهٔ زیر، مقدار تحدب بال‌ها را به‌صورت تخمینی نشان می‌دهد (شکل ۹ ـ ۲۳).

$$\Delta = \frac{0.5wD}{t^2} \qquad (۹ - ۱)$$

$$D = 0.38\omega^{1.3}$$

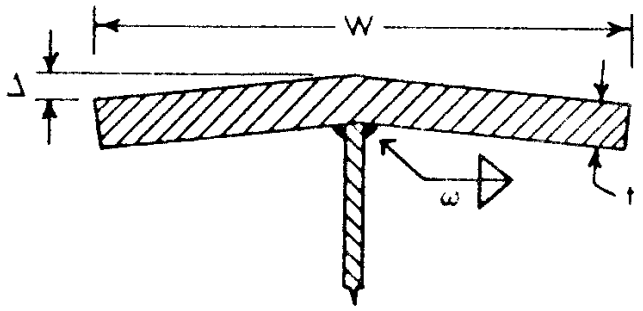
که در آن:

ω = اندازهٔ ساق جوش برحسب میلی‌متر

w = عرض ورق به‌میلی‌متر

t = ضخامت بال به‌میلی‌متر

Δ = انحراف نوک بال از وضعیت اولیه به‌میلی‌متر



شکل ۹ ـ ۲۳

آیین‌نامه‌ها، به‌خصوص آیین‌نامه‌های طراحی پل، اجازهٔ جوش سخت‌کننده به‌بال کششی را نمی‌دهند. از طرفی فاصلهٔ بین سخت‌کننده و بال کششی، می‌تواند نقطه‌ای برای شروع خوردگی در فولاد باشد. لذا باید به‌طریقی سخت‌کننده به‌بال کششی جفت شود. برای رسیدن به‌این هدف، روش زیر می‌تواند به‌کار گرفته شود:

۱ ـ لزومی ندارد که سخت‌کننده به‌صورت کاملاً جذب بریده شود و می‌تواند مقداری لقی در حد فاصل دو بال داشته باشد؛

۲ ـ سخت‌کننده را محکم در مقابل بال کششی فشار دهید؛

۳ ـ سخت‌کننده را به‌جان تیر جوش دهید؛

۴ ـ در نهایت سخت‌کننده را به‌بال فشاری جوش دهید.

در صورت عدم نگرانی از خوردگی، لزومی به‌جفت کردن محکم سخت‌کننده‌ها به‌بال کششی نمی‌باشد. بلکه سخت‌کننده در حدود ۲/۵ سانتی‌متر، کوتاهتر بریده شده و با فشار به‌بال فشاری، به‌جان جوش داده می‌شود. در حالتی که فقط یک سخت‌کننده در یک‌طرف جان به‌کار می‌رود، لازم

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

است سخت‌کننده به‌بال فشاری هم جوش شود.

در صورت عدم استفاده از جوش اتوماتیک، سخت‌کننده‌های عرضی را قبل از جوشکاری بال به‌جان، در جای خود قرار می‌دهند. از آنجایی‌که بال‌های جوش نشده کاملاً مسطح هستند، (تغییر شکل نداده‌اند)، این عمل به‌راحتی انجام می‌شود. در این حالت جوش بال و جان در حد فاصل دو سخت‌کننده به‌روش دستی یا نیمه‌اتوماتیک انجام می‌شود. گوشه‌های سخت‌کننده‌ها جهت پیوستگی نوار جوش بال به‌جان، به‌صورت ۴۵ درجه بریده می‌شوند. تقریباً در اغلب موارد همهٔ این جوش‌ها، در سطح یک چشمه[۱۳] قبل از حرکت به‌چشمهٔ بعدی کامل می‌شوند، سپس تیر برگردانده شده و جوش‌ها در سمت دیگر کامل می‌گردند.

۹ ـ ۴ ـ ۵ موقعیت جوشکاری

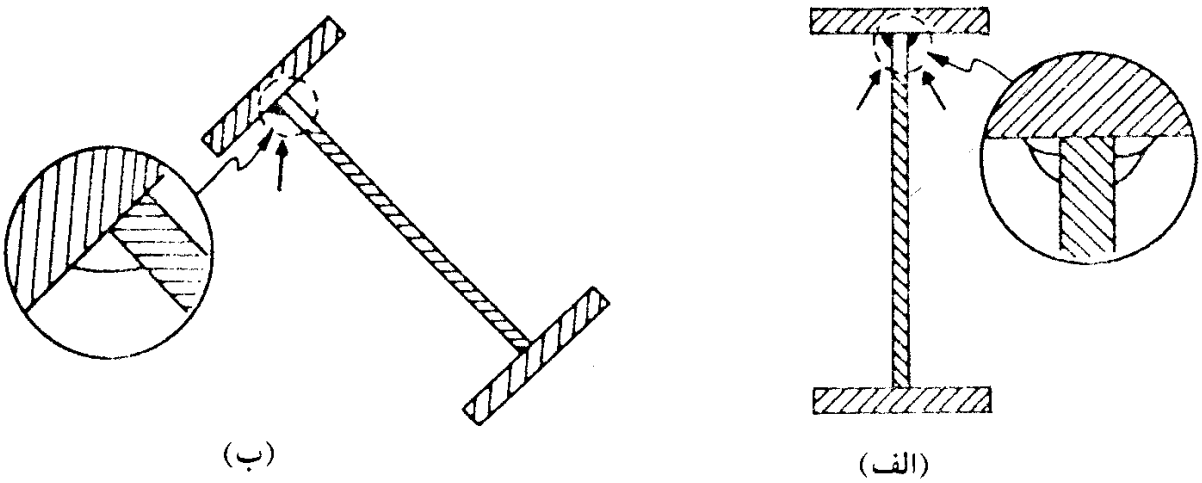
می‌توان تیرها را در موقعیتی که جان آنها زاویه‌ای بین ۳۰ تا ۴۵ درجه با افق می‌سازد، جهت اجرای جوش‌ها در یک موقعیت تخت، قرار داد. این موقعیت به‌خاطر آنکه جوشکاری ساده‌تر و کمی سریعتر انجام می‌شود، مطلوب می‌باشد. به‌علاوه این طرز قرارگیری امکان کنترل و بازرسی بهتر از شکل نوار جوش و انجام جوش‌های بزرگتر در یکبار عبور را در مواقع ضروری فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال بزرگترین نوار جوش در یکبار عبور که در موقعیت افقی اجرا می‌شود، در حدود ۸ میلی‌متر است. حال آنکه در موقعیت تخت، این اندازه می‌تواند تا ۲۰ میلی‌متر افزایش یابد.

برای یک نوار جوش ۶ تا ۸ میلی‌متری، موقعیت اجرای جوش (به‌صورت افقی یا تخت)، اختلاف زیادی ایجاد نمی‌کند. اگر یک نوار جوش ۱۰ میلی‌متری یا ۱۳ میلی‌متری مورد نیاز باشد، سازنده موقعیت‌های مختلفی را می‌تواند انتخاب کند. چنانچه تیر با جان قائم قرار گرفته باشد، این موقعیت امکان اجرای هر دو جوش را بر روی همان بال، بدون حرکت دادن تیر فراهم می‌کند (شکل ۹ ـ ۲۴ ـ الف). حال اگر سازنده دارای دو انبر جوش باشد، این دو نوار جوش ممکن است به‌طور همزمان انجام شوند، که در این صورت زمان کلی جوشکاری کاهش می‌یابد. اما در عین حال موقعیت افقی، حداکثر اندازهٔ جوش را که در یکبار عبور جوش به‌دست می‌آید، محدود می‌کند.

با کج کردن تیر در یک زاویه، می‌توان جوش با اندازهٔ بزرگتر را فقط با یکبار عبور اجرا کرد. ولی در عین حال باید توجه کرد که فقط یک نوار جوش نیز در هر زمان می‌تواند صورت گیرد (شکل ۹ ـ ۲۴ ـ ب)، و لازم است که تیر برای اجرای هر کدام از جوش‌ها بچرخد که این، زمان جابه‌جا کردن را افزایش می‌دهد.

13– panel

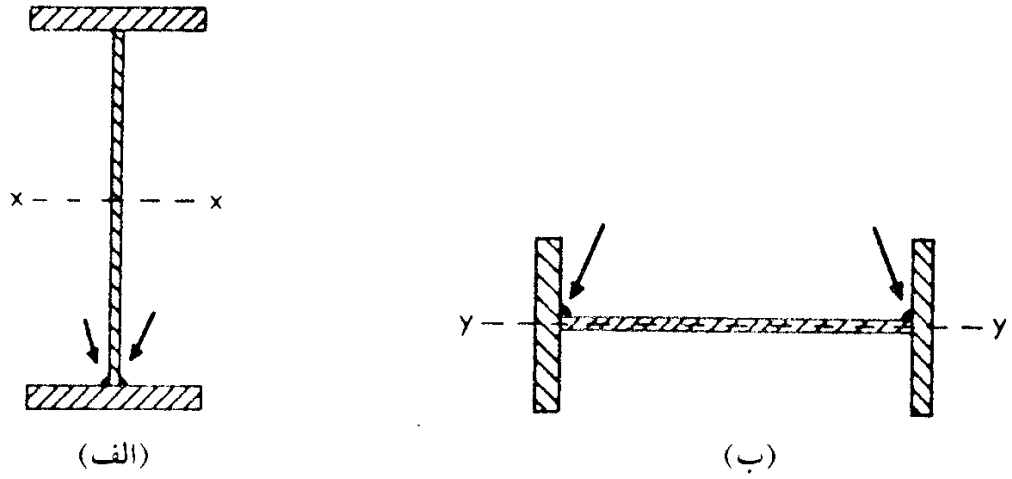
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۲۴

در یک کارگاه ساخت با دو انبر جوش اتوماتیک، می‌توان به‌طور همزمان دو نوار جوش را بر روی تیر انجام داد. برای اجرای چنین عملیاتی باید از بین دو روش قرارگیری تیر که در شکل ۹ ـ ۲۵ نشان داده شده است، یکی را انتخاب کرد.

ممکن است مطرح شود که روش (الف) نسبت به‌حالت (ب) بهتر می‌باشد، چراکه تیر نسبت به‌محور x-x دارای صلبیت بیشتری است و بنابراین، در نتیجهٔ اجرای دو جوش اول بر روی بال تحتانی، تمایل کمتری به‌انحنای طولی وجود دارد.



شکل ۹ ـ ۲۵

اما در عین حال در روش (ب)، جوش در مجاورت محور خنثای (y-y) از تیر می‌باشد، این فاصله تا محور، در مقایسه با حالت (الف) بسیار کمتر است و بنابراین در این حالت تأثیر خمشی بسیار کمی بر روی تیر وجود دارد.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

در صورت وجود بال ضخیم، امکان دستیابی به‌یک نوار جوش با اندازهٔ کافی جهت القای حرارت جوشکاری کافی برای ورق بال مطرح می‌شود. در این صورت روش (الف) به‌خاطر تهیه دوبرابر مقدار حرارت و گرما بر روی بال نسبت به‌روش (ب) بهتر خواهد بود.

در واقع در مورد تأثیر انقباض جوش بعد از اجرای همهٔ نوارهای جوش، بین این دو روش، اختلاف بسیار کمی وجود دارد.

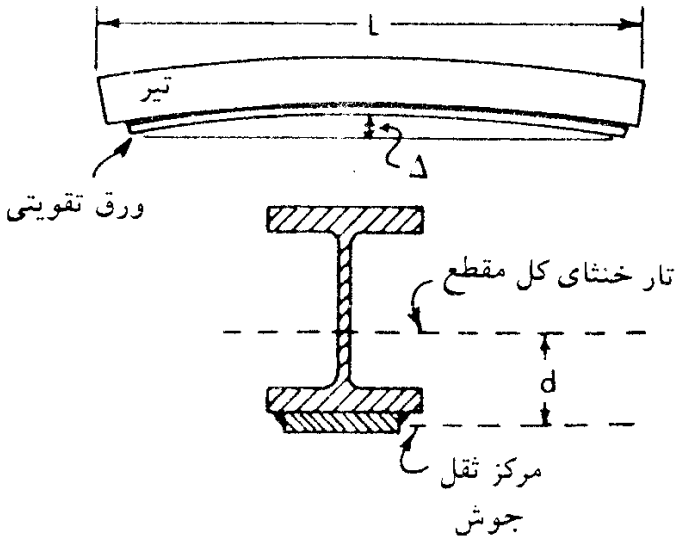
۹ ـ ۴ ـ ۶ ورق‌های تقویتی بال تیر

بسیاری از اوقات، جهت افزایش ظرفیت خمشی تیرهای نوردشده، ورق‌های تقویتی به‌بال‌های آنها اضافه می‌شود. معمولاً دو ورق تقویتی به‌گونه‌ای قرار می‌گیرند که تقارن مقطع را نسبت به‌محور افقی حفظ کنند. از آنجایی‌که بتن کف در تیرهای مرکب (مختلط) با اتصالات برشگیر بر روی بال فوقانی، به‌صورت مرکب با تیر عمل می‌کند، امکان دارد که فقط بال تحتانی توسط ورق تقویت شود.

اتصالات جوشی ورق‌های تقویتی به‌بال تیرها، منجر به‌انقباض تیر در نتیجهٔ خنک شدن فلز می‌شوند. با یک ورق تقویتی در هر بال، این انقباض در بالا و پایین بال‌های تیر، متعادل شده و تیر تغییرشکلی نخواهد داشت. اما در عین حال اگر تنها یک ورق تقویتی در بال تحتانی به‌کار رود، انقباض نامتعادل باعث می‌شود که تیر به‌صورت خمیده یا منحنی درآید.

انحنای ناشی از جوش نامتعادل را می‌توان با استفاده از رابطهٔ ذیل تخمین زد (شکل ۹ ـ ۲۶).

$$\Delta = \frac{0.005AdL^2}{I} \qquad (۹ ـ ۲)$$



شکل ۹ ـ ۲۶

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

که در آن:

A= سطح کلی مقطع عرضی جوش (cm^2)

d= فاصله از مرکز ثقل جوش تا محور خنثای مقطع (cm)

L= طول تیر (cm)

I= ممان اینرسی مقطع (cm^4)

انحنای فوق می‌تواند از خیز اولیهٔ مورد نیاز بزرگتر و یا کوچکتر باشد.

اگر انحنای ناشی از جوشکاری، بیش از حد معمول گردد، تیر باید طوری تکیه داده شود که افتادگی ناشی از وزن در خلاف جهت انحنای جوش باشد و چنانچه انحنای ناشی‌از جوشکاری کافی نباشد، باید تیر طوری تکیه داده شود که افتادگی آن به‌علت وزن، هم‌جهت با انحنای جوش باشد. یک سازندهٔ با تجربه تیر را یا در نزدیکی دو انتها و یا در نزدیکی وسط جهت حصول خیز اولیه لازم، تکیه می‌دهد.

اگر عرض ورق تقویتی کوچکتر از عرض بال تیر باشد، باید به‌طور معکوس به‌بال جوش گردد (شکل ۹ ـ ۲۷ ـ الف). اتکای این تیر در نزدیکی نقاط انتهایی آن، خمیدگی نهایی را افزایش و حال آنکه اتکای تیر در نزدیکی نقطهٔ میانی این کمیت را کاهش می‌دهد. اما در صورتی که عرض ورق تقویتی بیشتر از بال تحتانی باشد باید در موقعیت مستقیم جوش شود که تکنیک قرارگیری تکیه‌گاه‌ها مطابق با شکل ۹ ـ ۲۷ ـ ب باشد.

چنانچه ورق تقویتی از بال تیر عریضتر باشد، جوش اتصال به‌بال باید در انتها قطع شده و به‌صورت قلاب در نیاید (شکل ۹ ـ ۲۸).

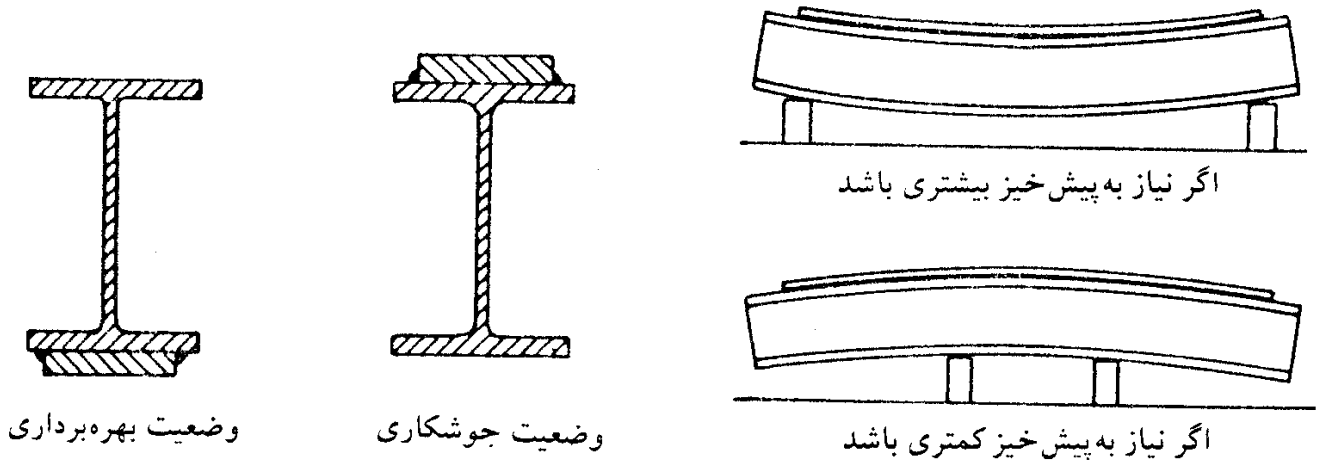
در اشکال ۹ ـ ۲۹ الی ۹ ـ ۳۳ تصاویری از عملیات مونتاژ و ساخت اعضا ارائه شده است.

۹ ـ ۴ ـ ۷ وصلهٔ کارخانه‌ای

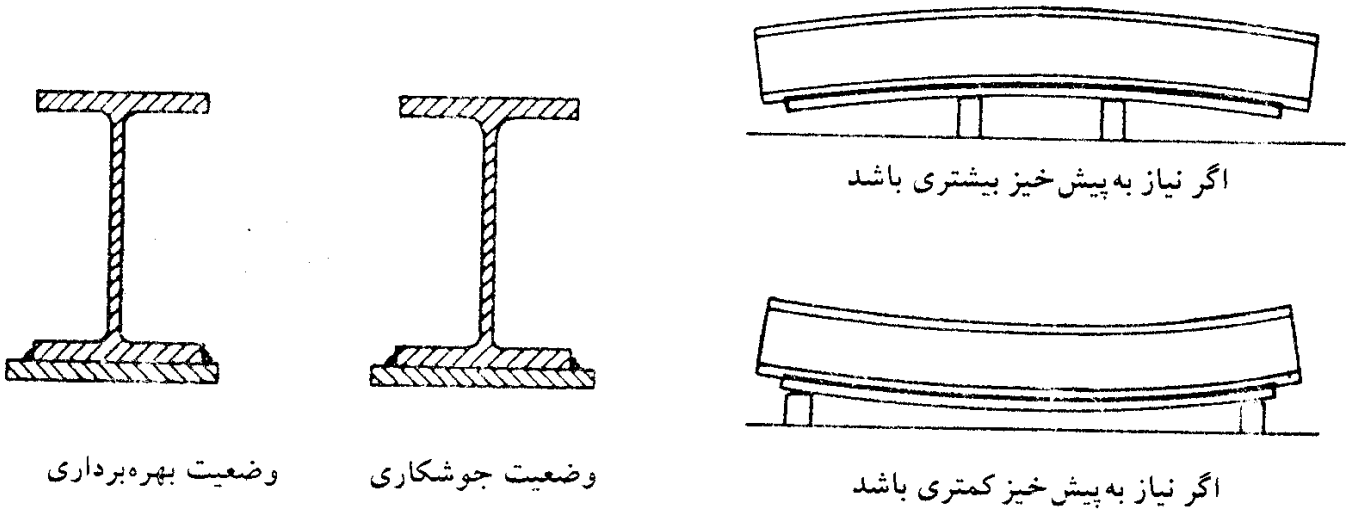
وصله‌های کارخانه‌ای در ورق‌های بال و جان، باید قبل از مونتاژ قطعات بال و جان به‌یکدیگر صورت گیرند. محل درز بال و جان بهتر است در یک صفحه واقع نشوند. محدودیت‌های موجود در طول ورق، حمل و نقل، تبدیل ورق نازکتر به‌ضخیمتر، تبدیل عرض و موارد مشابه، از جمله نقاط درز اجباری می‌باشند. در شکل ۹ ـ ۳۴ انواع مختلف جوش درز با هزینهٔ مربوطه‌نشان داده‌شده است.

در کارخانه، ورق‌های بال به‌منظور انجام جوش پشت‌درز، برگردانده‌میشوند، بنابراین در ورق‌های ضخیمتر، می‌توان از درزهای X استفاده نمود. این‌گونه درزها، کمترین مقدار فلز جوش را مصرف می‌کنند و از آنجایی‌که جوش دارای تعادل است، لذا در این حالت هیچ‌گونه تغییرشکل

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

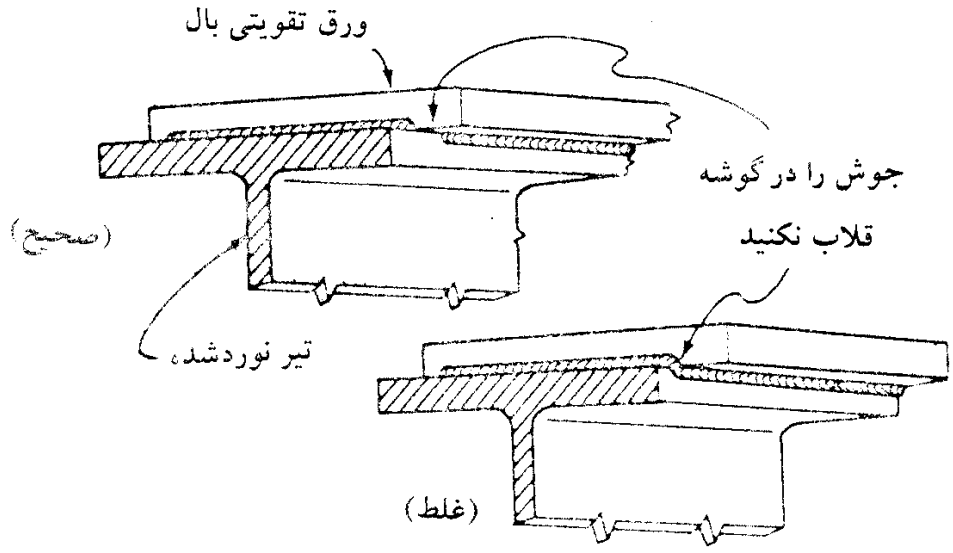


(الف) وقتی که عرض ورق تقویتی کوچکتر از عرض بال است



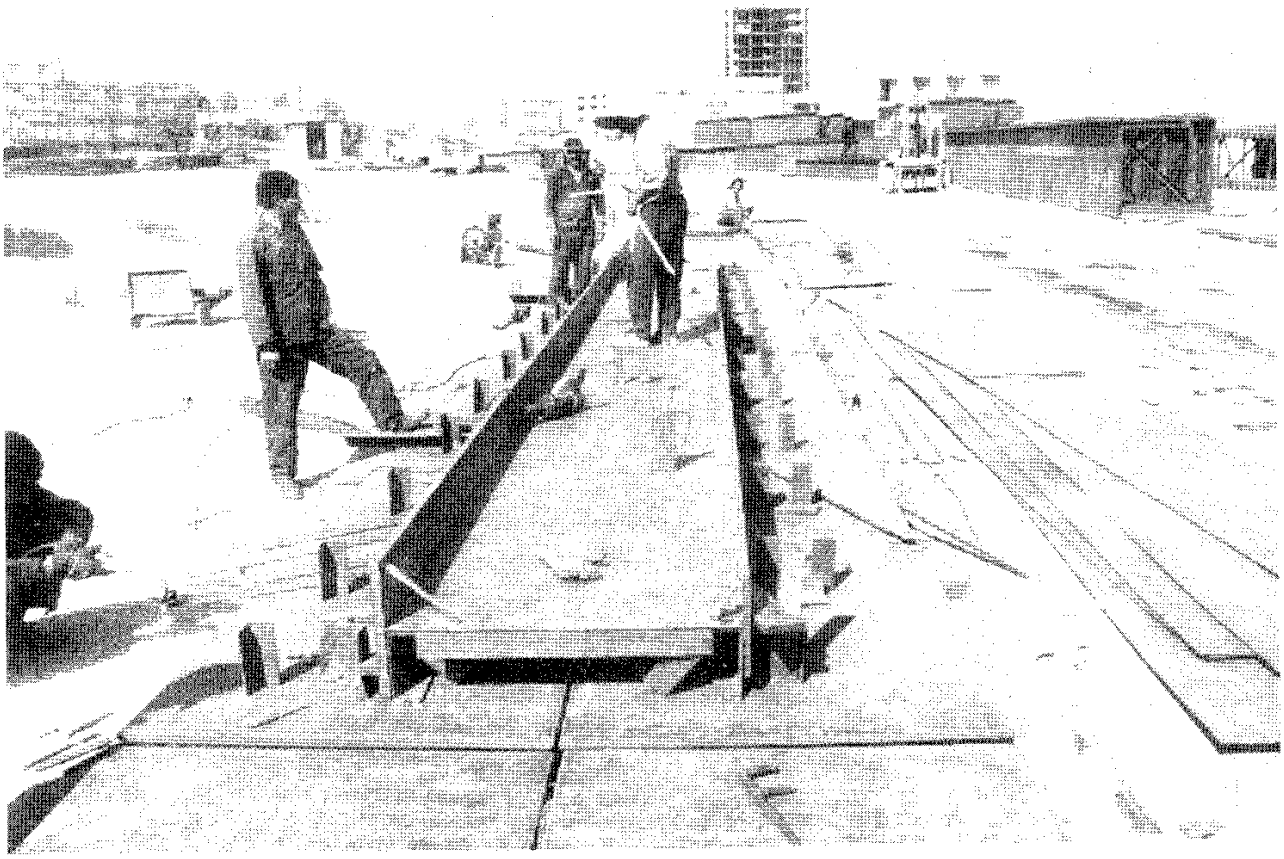
(ب) وقتی که عرض ورق تقویتی بزرگتر از عرض بال است

شکل ۹ ـ ۲۷



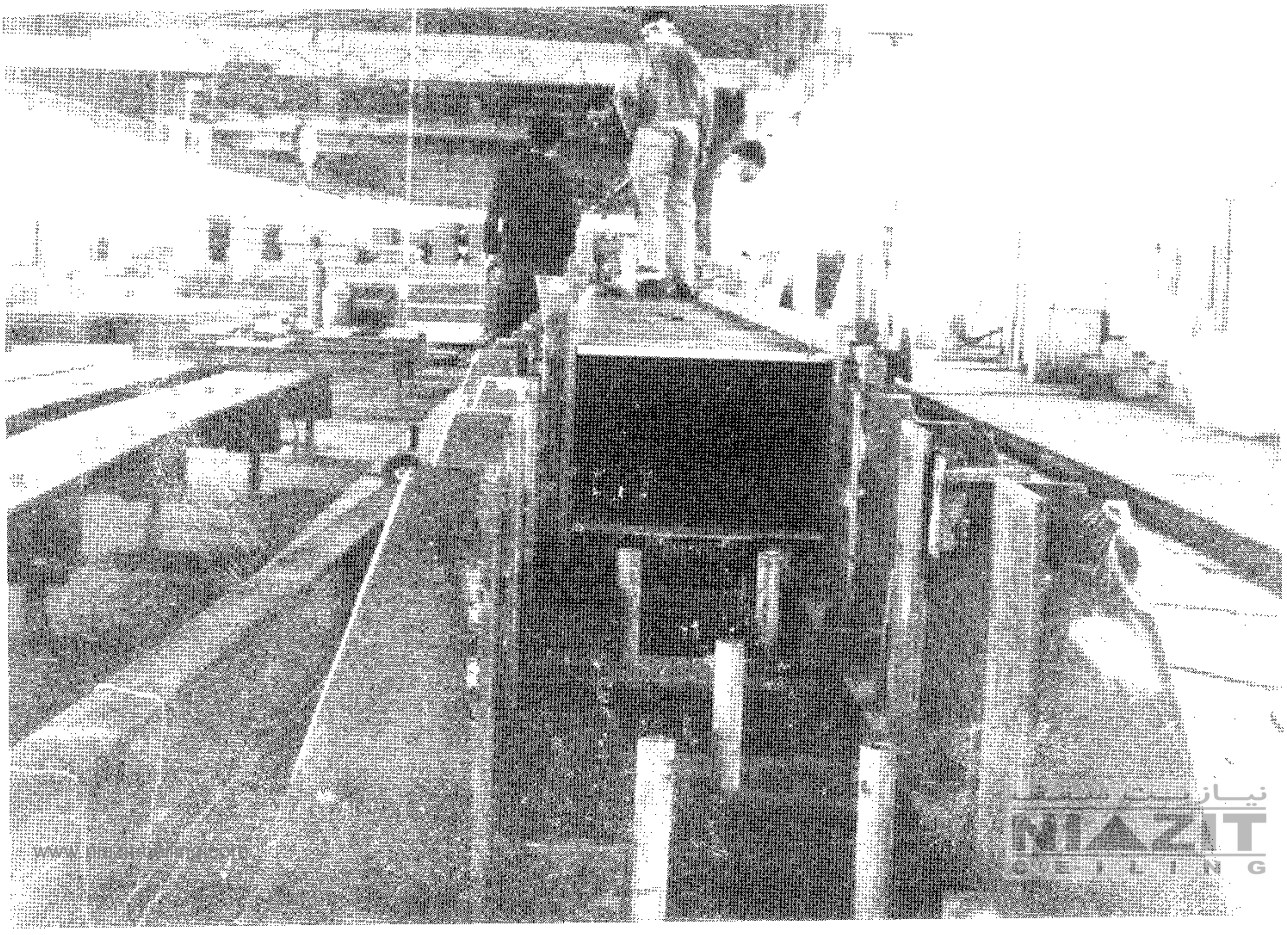
شکل ۹ ـ ۲۸

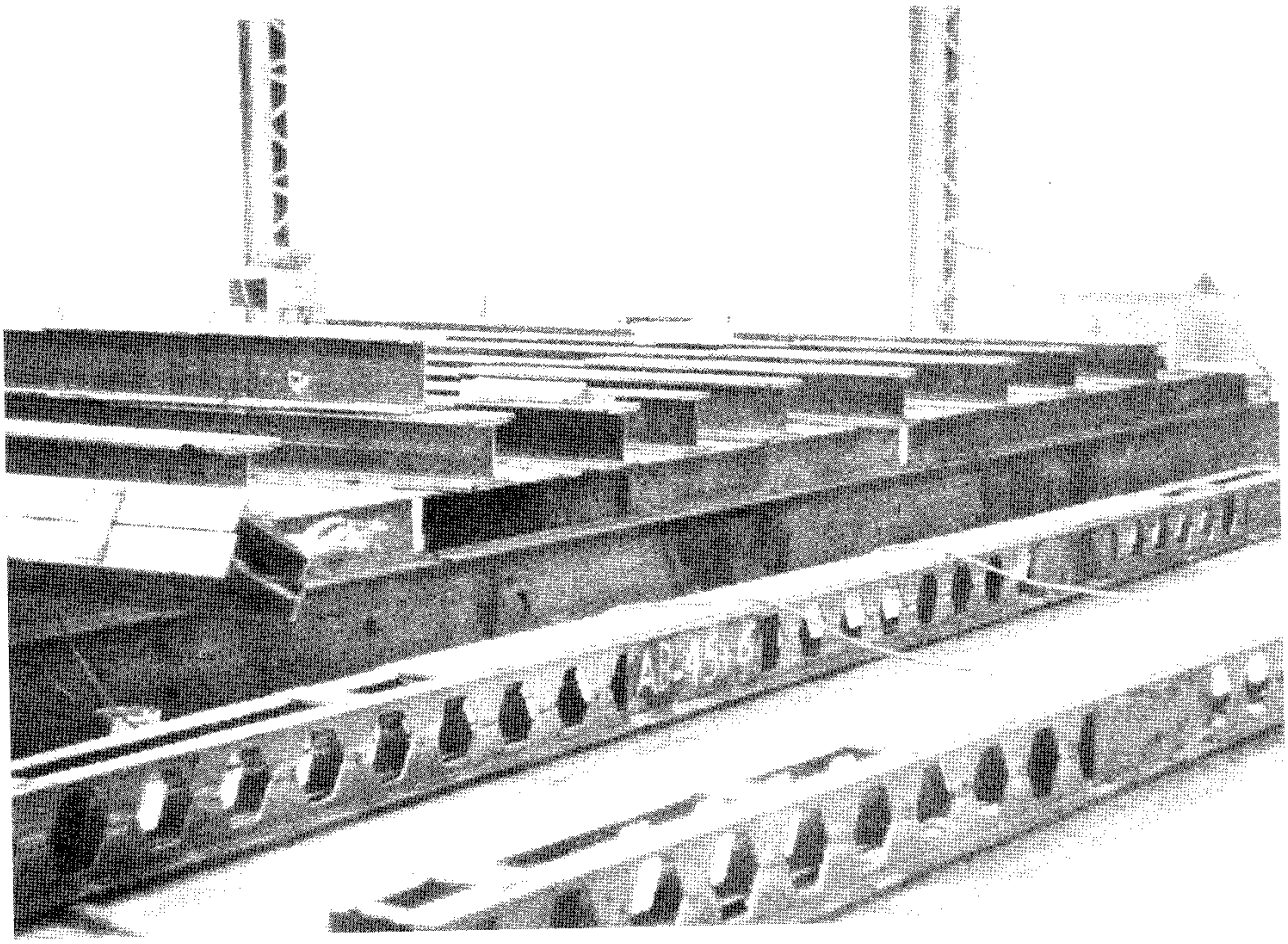
www.niazit-ceiling.com
سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۹ ـ ۲۹ ـ مونتاژ بال و جان در تیرورق‌های I.

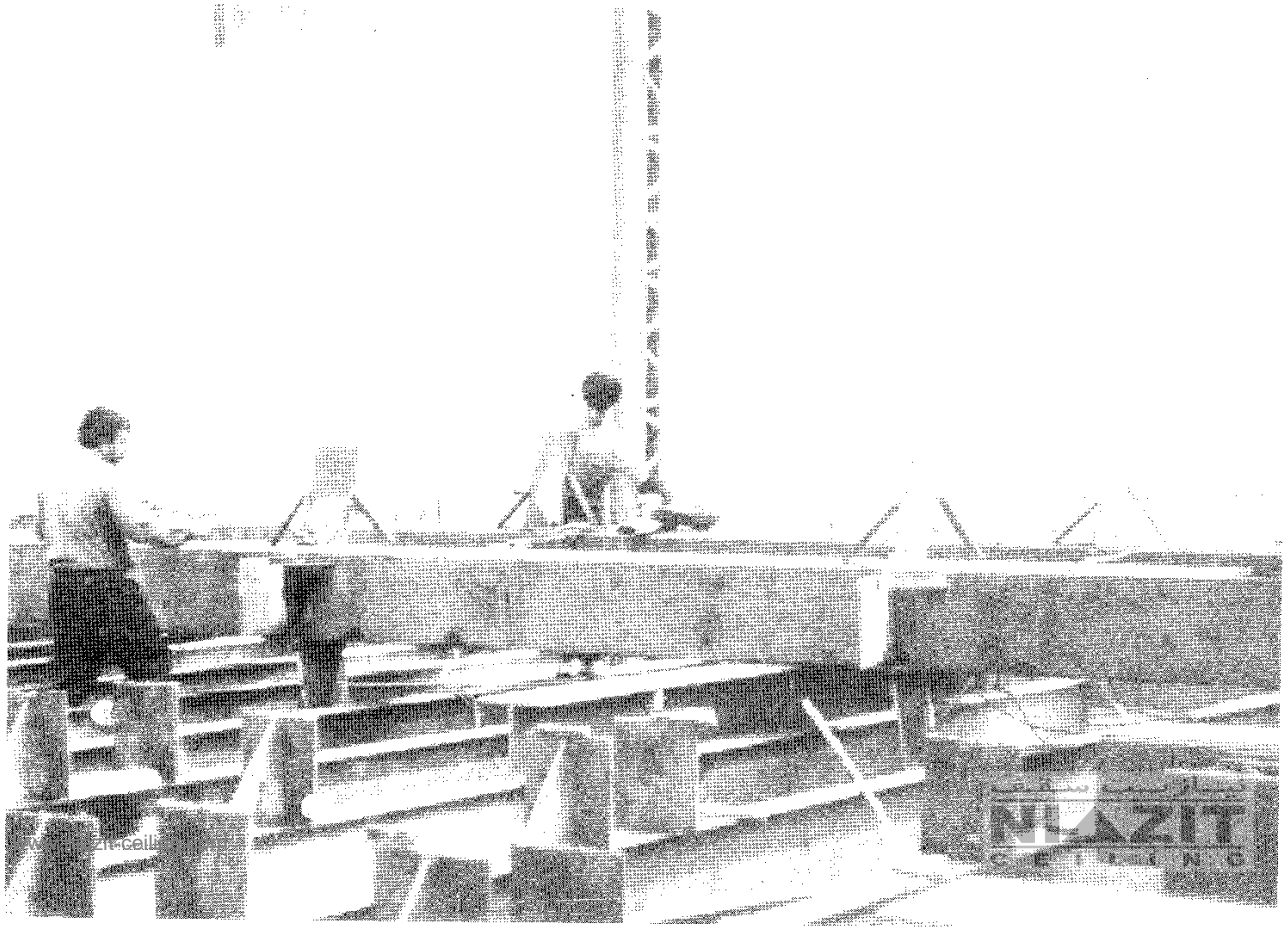
شکل ۹ ـ ۳۰ ـ مونتاژ بال و جان ستون جعبه‌ای.

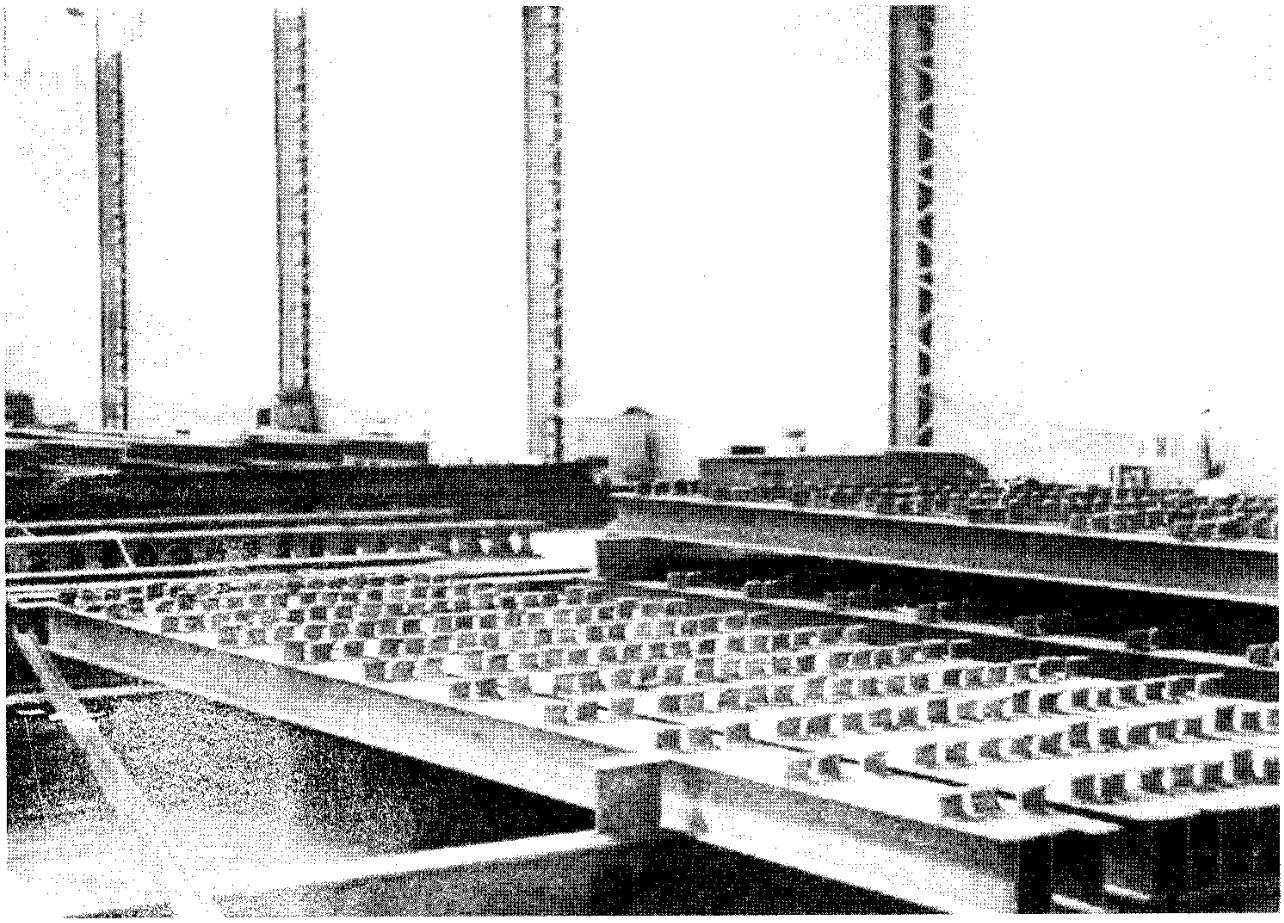




شکل ۹ ـ ۳۱ ـ تولید تیرهای لانه‌زنبوری.

شکل ۹ ـ ۳۲ ـ اتصال ورق‌های اتصال به‌ستون ساخته شده از ورق.





شکل ۹ ـ ۳۳ ـ اتصال برشگیر به‌بال تیر.

زاویه‌ای به‌وجود نخواهد آمد. در ورق‌های عریضتر، حدود ۶۰ الی ۹۰ سانتی‌متر، اغلب وسایل جوش قوس الکتریکی زیرپودری تمام‌اتوماتیک یا نیمه‌اتوماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

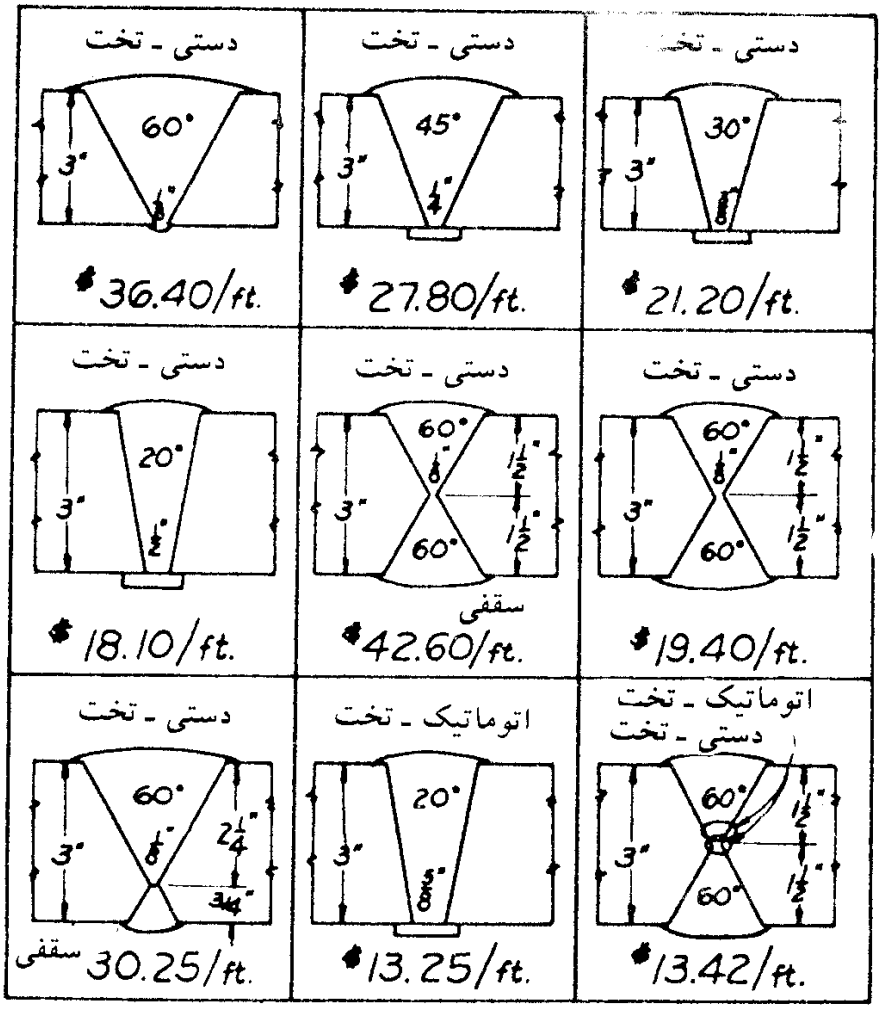
۹ ـ ۴ ـ ۸ وصله‌کاری کارگاهی[۱۴]

وصله‌های کارگاهی معمولاً در یک صفحهٔ تنها واقع می‌شوند. پس و پیش کردن جوش‌های لب‌به‌لب بال‌ها و جان‌ها، کیفیت اجرای تیر را افزایش نمی‌دهد. آماده کردن درزها به‌وسیلهٔ برش و یخ زدن آنها زمانی که همهٔ آنها در یک صفحه قرار دارند، بسیار ساده‌تر می‌باشد (شکل ۹ ـ ۳۵). ممتد بودن جوش گوشهٔ اتصال‌دهندهٔ بال به‌جان، یک مزیت است، در این حالت وقتی‌که بال‌ها به‌طور موقت برای مونتاژ سازه به‌یکدیگر تکیه داده می‌شود، تکیه‌گاه بهتری فراهم می‌گردد.

متداولترین روش به‌کار رفته در وصلهٔ کارگاهی تیرها، جوش یک‌درمیان بال و جان به‌صورت زیر است (شکل ۹ ـ ۳۶).

14– field splicing

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۳۴ ـ هزینهٔ نسبی جوش‌های لب به‌لب بال.

۱ ـ بخشی از ضخامت هر دو بال (در حدود $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$)، در تمام عرض جوش می‌شود.

۲ ـ قسمتی از ضخامت جان (حدود $\frac{1}{2}$)، در تمام عرض جوش می‌گردد.

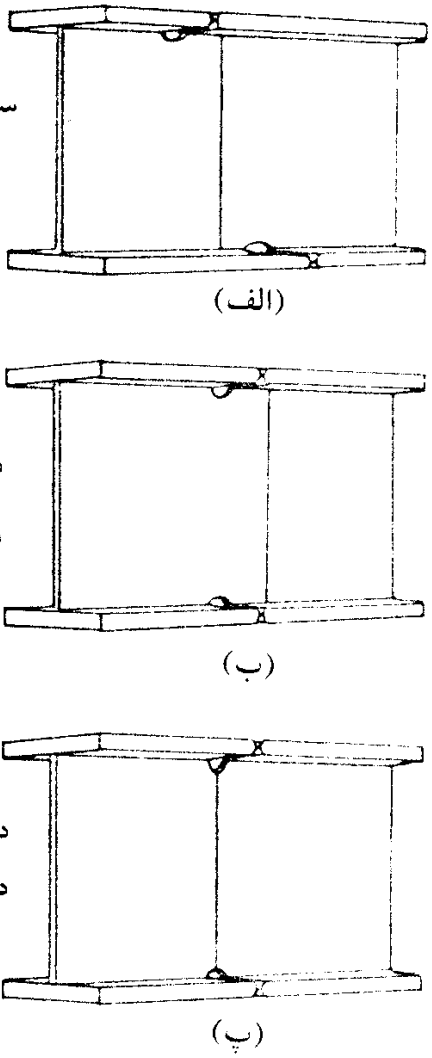
۳ ـ جوشکاری بال‌ها کامل می‌شود.

۴ ـ در نهایت جوشکاری جان نیز تکمیل می‌گردد.

در مورد جان‌های مرتفع، گاهی اوقات جوش‌های قائم به‌دو یا سه قسمت تقسیم شده و روش گام به‌عقب مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۹ ـ ۳۷). این عمل انقباض یکنواخت‌تری را در درز نتیجه خواهد داد.

بیشترین درزهای لب به‌لب به‌کار رفته در وصله‌های کارگاهی از نوع جناغی یک‌طرفه (V) می‌باشند. در مورد جان‌های ضخیمتر، حدود ۱۲ میلی‌متر، به‌منظور کاهش مقدار جوشکاری مورد نیاز و تعادل جوش در هر دو طرف و حذف تغییرشکل زاویه‌ای، از درز جناغی دوطرفه استفاده می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

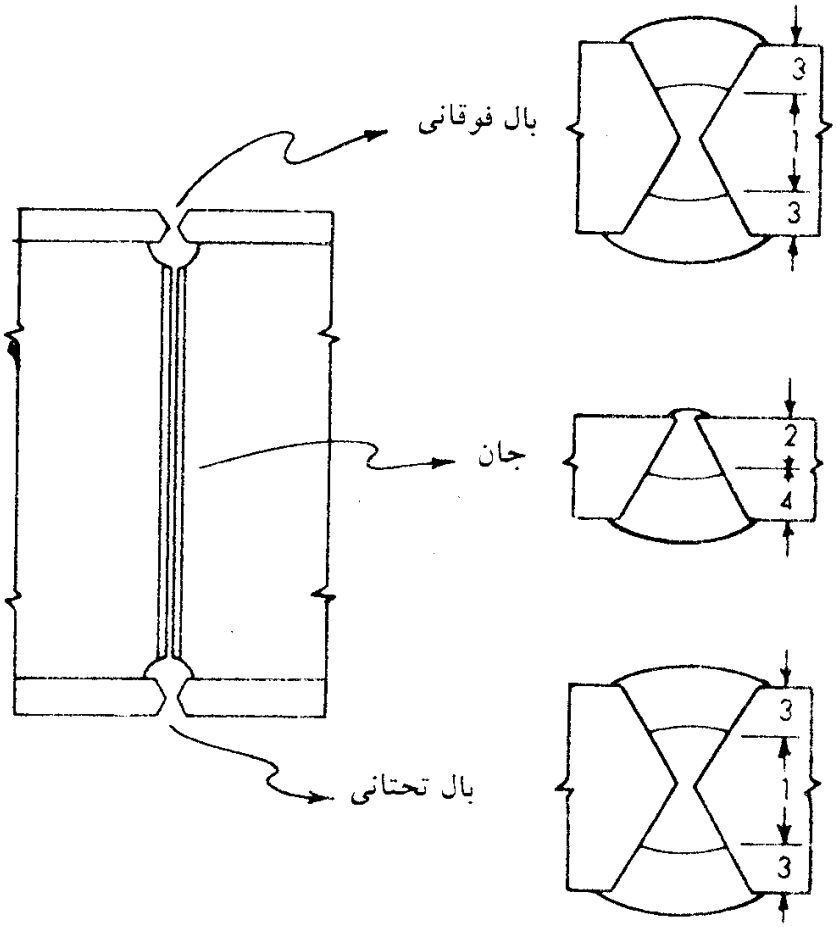


شکل ۹ ـ ۳۵ ـ سه روش آماده‌سازی لبه‌های تیرها برای جوشکاری کارگاهی. قرار دادن سه جوش در سه صفحهٔ متفاوت، جفت شدن ورق‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد.
قرارگیری هر سه جوش لب به‌لب در یک صفحه ساده‌تر است. واقع شدن درز بال در یک صفحه و پس و پیش کردن درز جان سهولت خوبی در مونتاژ وصله ایجاد می‌نماید.

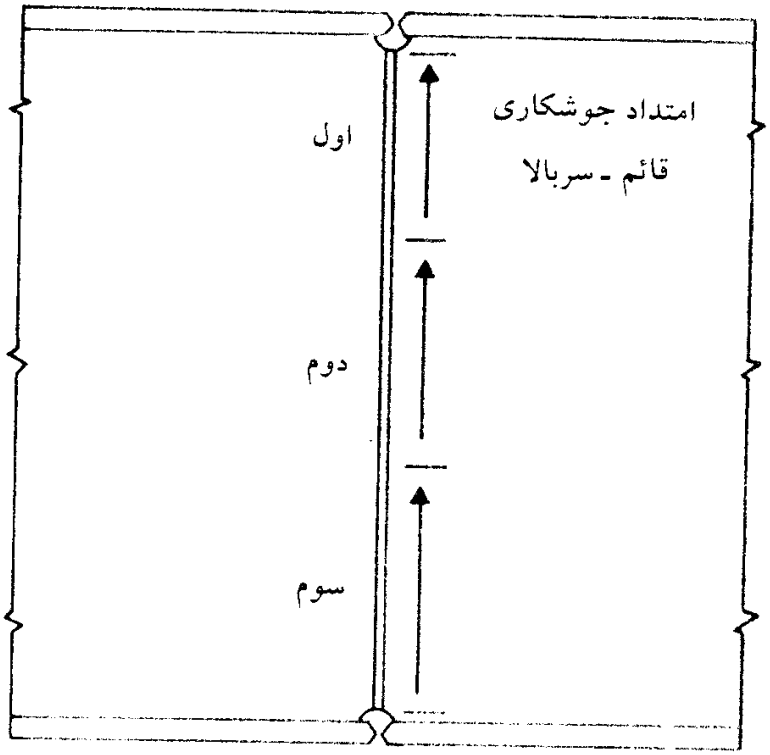
بیشتر درزهای لب به‌لب کارگاهی بال، برحسب ضخامت بال و روش جوشکاری، به‌صورت جناغی یک‌طرفه (V) و یا دوطرفه (X) می‌باشند. باید ترتیبی فراهم نمود که جوش‌ها در وضعیت تخت قابل انجام باشند.

باید در نظر داشت که یک درز V، تغییرشکل زاویه‌ای بیشتری را نتیجه می‌دهد، و با زیاد شدن ضخامت بال، میزان این تغییر شکل به‌سرعت افزایش می‌یابد. درز X، با نیمه‌ای از جوش در بالا و نیمه‌ای در پایین درز، به‌جهت کاهش و حتی حذف تغییرشکل‌ها بهتر خواهد بود، اما در اجرای این نوع درز، مقداری از عملیات جوشکاری در وضعیت سقفی خواهد بود. به‌همین دلیل AWS در

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۳۶ ـ جوش یکدرمیان بال و جان.

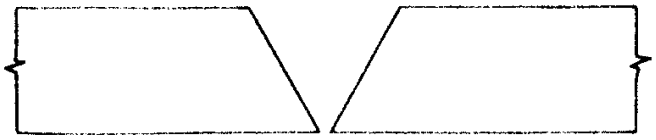


شکل ۹ ـ ۳۷ ـ برای جان‌های عمیق، توالی گام عقب به‌کار می‌رود.

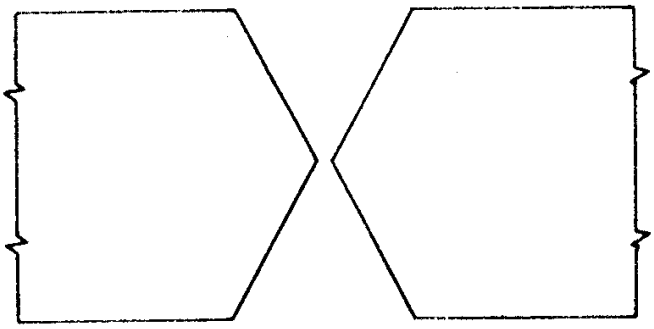
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

درزهای استاندارد خود، درز X نامتقارن را نیز پیشنهاد می‌نماید (شکل ۹ ـ ۳۸). این حالت تا حدی مصرف فلز جوش را کاهش داده و از حجم عملیات جوشکاری سقفی نیز کم می‌کند.

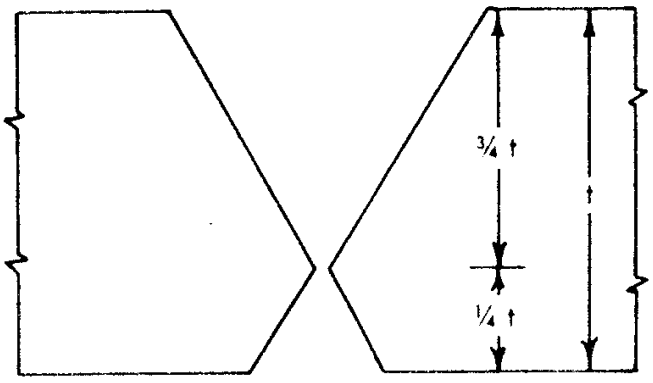
در درزهای X، گاهی ابتدا عبور اول جوش تحتانی در وضعیت سقفی انجام می‌شود. ریشهٔ این جوش در وضعیت تخت، سنگ‌خورده و اجرای عبور بعدی در موقعیت تخت انجام می‌شود. این روش عملیات سنگ‌زنی از پشت را در وضعیت سقفی، حذف می‌نماید.



(الف) درز V (جناغی یکطرفه)، ساده‌ترین آماده‌سازی و دارای تمایل به تغییرشکل زاویه‌ای



(ب) درز X (جناغی دوطرفه)، برای ورق ضخیم‌تر مقدار فلزجوش را کاهش می‌دهد. چنانچه جوش‌ها به‌صورت متناوب در بالا و پایین اجرا شود، هیچ تغییرشکل زاویه‌ای ایجاد نمی‌شود. جز آنکه ورق برگردانده شود، جوشکاری در موقعیت سقفی، لازم خواهد بود.



(پ) زمانی که ورق‌ها نمی‌توانند برگردانده شوند، مقدار جوش سقفی می‌تواند با ادامه دادن بخش بالایی درز X تا حداکثر $\frac{3}{4}$ ضخامت ورق، کاهش یابد (جناغی دوطرفهٔ نامتقارن)

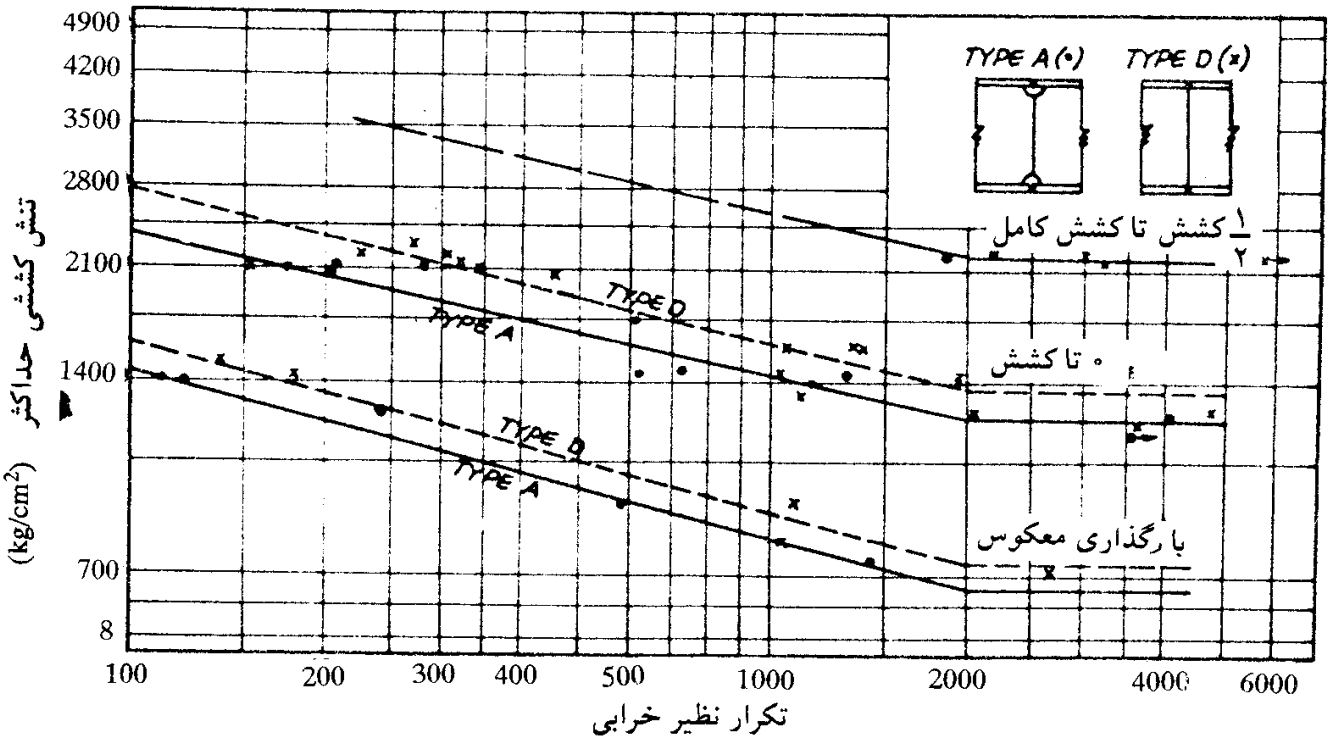
شکل ۹ ـ ۳۸

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۹ ـ ۴ ـ ۹ سوراخ‌های دسترسی[15] در جان در محل درز بال

سؤال‌های عمده‌ای مطرح شده است که آیا سوراخ‌های دسترسی در جان، کمکی به‌اجرای جوش کارگاهی درز لب‌به‌لب در بال‌ها می‌کند یا خیر. معایب این سوراخ‌ها باید به‌دقت در مقابل مزایای ایجاد یک جوش سالمتر در بال سنجیده شود.

آزمایشات انجام شده بر روی تیرهایی به‌ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در دانشگاه ایلی‌نویز*، نشان می‌دهد که در حالت سوراخ در جان، مقاومت خستگی در حدود ۸۴ درصد در ۱۰۰۰۰۰ سیکل بارگذاری، و حدود ۹۰ درصد در ۲۰۰۰۰۰۰ سیکل بارگذاری نسبت به‌حالت بدون سوراخ می‌باشد (شکل ۹ ـ ۳۹).



شکل ۹ ـ ۳۹ ـ آزمایش خستگی در روی سوراخ دسترسی جان.

با توجه به‌افزایش قابل توجه کیفیت جوش در حالت وجود سوراخ دسترسی، و کاهش ناچیز در مقاومت خستگی، ملاحظه می‌شود که مزیت این سوراخ‌ها بر عیبشان می‌چربد. با افزایش ارتفاع تیرورق، کاهش در مقاومت خستگی نیز کمتر می‌شود. در صورت نگرانی، می‌توان بعد از اتمام جوش درز، محل سوراخ جان را با جوش پر نمود.

15– coped holes

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۹ ـ ۵ عملیات تمیزکاری و رنگ

در سطح فولادی که به‌صورت نورد گرم تولید شده است، لایه‌ای از اکسید تشکیل می‌شود که چسبندگی دائمی با آن ندارد و به‌مرور زمان طبله کرده و جدا می‌شود. به‌این لایه فلس[16] گویند. علاوه بر آن، به‌مرور زمان سطح فولاد زنگ می‌زند و لایه‌ای از زنگ روی آن تشکیل می‌شود که آن نیز چسبندگی دائمی نداشته و به‌مرور زمان از آن جدا می‌شود.

یکی از روش‌ها برای محافظت فولاد در مقابل عوامل خورندهٔ خارجی، رنگ‌آمیزی سطح آن است. اما قبل از رنگ‌آمیزی باید سطح قطعه از لایه‌های شل مثل فلس و زنگ‌های قدیمی تمیز گردد. در مورد زدودن لایه‌های سطحی فولاد معمولاً سیاست زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱ ـ برای قطعهٔ فولادی که در داخل بتن قرار می‌گیرد، معمولاً هیچ‌گونه تمیزکاری سطحی صورت نمی‌گیرد.

۲ ـ برای قطعاتی که در داخل ساختمان، آجرکاری‌ها، گچ‌کاری‌ها و موارد مشابه قرار می‌گیرند، تمیزکاری سطحی با استفاده از برس‌های سیمی کافی است. برس زدن قادر به‌زدودن لایه‌های سطحی زنگ است، لیکن تمام فلس‌ها را نمی‌تواند از سطح قطعه بکند و فلس‌هایی که چسبندگی خوبی با سطح فولاد دارند، در روی آن باقی می‌ماند.

۳ ـ برای قطعاتی که به‌صورت نما و در معرض مستقیم هوا و حملات خوردگی قرار می‌گیرند، تمیزکاری به‌وسیلهٔ ماسه‌پاشی (سند بلاست[17]) انجام می‌شود. در این روش سطح قطعهٔ فولادی از هرگونه مواد اضافی پاک می‌شود و کاملاً به‌صورت نقره‌ای درمی‌آید. ماسه‌پاشی عبارت است از پاشیدن دانه‌های ریز کوارتز به‌کمک هوای فشرده (شکل ۹ ـ ۴۰). این کار با گرد و غبار زیادی همراه است. در صورت مضر بودن گرد و غبار، استفاده از مس‌باره مفید خواهد بود. مس‌باره لایهٔ بالازده در کوره‌های مس‌گدازی است که آسیا شده و به‌صورت دانه‌های ریز درمی‌آیند.

بعد از عملیات تمیزکاری، نوبت به‌رنگ‌آمیزی می‌رسد. سیستم‌های رنگ در حالت کلی به‌رنگ‌های آلی[18] و غیرآلی[19] طبقه‌بندی می‌شوند. این نامگذاری به‌واسطهٔ آلی و یا غیرآلی بودن مواد چسباننده[20] است.

مواد تشکیل‌دهندهٔ رنگ عبارتند از: رنگدانه[21]، رنگ مایه و حلال[22].

16– mill scale
17– sand blast
18– organic
19– inorganic
20– binder or vehicle
21– pigment
22– solvent

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۴۰ ـ عملیات ماسه‌پاشی.

رنگدانه‌ها مواد جامد رنگ هستند و رنگ، قوام و پایایی رنگ از آن است.

رنگ‌مایه شامل روغن‌ها، رزین‌ها، ترکیبات غیر آلی و سایر مواد مشابه هستند که همانند مواد سیمانی فضای بین رنگ دانه‌ها را پر کرده و لایهٔ رنگ را به‌وجود می‌آورند. سیالیت رنگ ناشی از رنگ‌مایه است.

حلال‌ها یا تینرها، مایعاتی هستند که به‌رنگ اضافه می‌شوند تا آن را رقیق نمایند و باعث کارپذیری آن شوند.

حلال‌ها بعد از رنگ‌آمیزی، می‌پرند و سخت شدن رنگ به‌علت فعل و انفعالاتی پیچیدهٔ شیمیایی بین رنگدانه‌ها و رنگ‌مایه است.

رنگ را می‌توان به‌بتن تشبیه نمود که رنگدانه‌های آن نقش سنگدانه‌ها را بازی می‌کنند، رنگ‌مایه نقش سیمان، و حلال‌ها نقش آب و مواد روانساز را دارند.

رنگ‌ها معمولاً به‌دو دستهٔ روغنی و اپوکسی تقسیم می‌شوند. گیرش رنگ‌های روغنی ناشی از تبخیر (پریدن) حلال و سخت شدن رنگ‌مایه و رنگدانه‌هاست. اما گیرش رنگ‌های اپوکسی به‌واسطهٔ تشکیل بلور در رنگ‌مایه می‌باشد و در نتیجه این نوع رنگ‌ها بسیار سخت هستند و به‌خوبی به‌فلز پایه می‌چسبند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

طبق تجارب نگارنده در کارهای معمولی در مناطق معتدل که خوردگی ناشی از شرایط جوی خیلی شدید نیست، کاربرد سه لایه رنگ به‌ترتیب یک لایه سرنج، یک لایه آستر روغنی و یک لایه رویهٔ روغنی با ضخامت هر لایه در حدود ۲۵ میکرون و ضخامت کل ۷۵ میکرون، برای حفاظت اسکلت فولادی کافی است. در شرایط محیطی سخت استفاده از رنگ‌های اپوکسی قابل توصیه هستند. در جدول ۹ـ۱ توصیه‌های آیین‌نامه آشتو برای رنگ‌آمیزی شاهتیرهای پل‌ها ارائه شده است.

جدول ۹ ـ ۱ ـ توصیه‌های آیین‌نامهٔ آشتو برای رنگ‌آمیزی اجزای پل‌های فولادی

لایه	شرایط محیطی		
	شرایط محیطی بسیار سخت و ساحلی	شرایط سخت	شرایط معتدل
پرایمر	زینک غیرآلی (۷۵ میکرون)	زینک آلی (۷۵ میکرون)	سرنج یا ضدزنگ روغنی (۵۰ میکرون)*
آستر	اپوکسی (۵۰ میکرون) پرایمر وینیل واش (۸ تا ۱۲ میکرون)	اپوکسی (۵۰ میکرون) پرایمر وینیل‌واش (۸ تا ۱۲ میکرون)	روغنی یا آلکیدی (۵۰ میکرون)*
رویه	اپوکسی، وینیل یا اورتان (۵۰ میکرون)	اپوکسی، وینیل، یا اورتان (۵۰ میکرون)	روغنی یا آلکیدی (۵۰ میکرون)*
ضخامت‌کل	۱۳۰ تا ۱۷۵ میکرون	۱۳۰ تا ۱۷۵ میکرون	۱۵۰ میکرون

* این اعداد طبق آیین‌نامه آشتو می‌باشند. طبق نظر نگارنده یک لایه رنگ روغنی در ایران بیشتر از ضخامت ۳۰ میکرون قوام نداشته و شره می‌کند.

۹ـ۶ عملیات حمل

با توجه به‌مخارج سنگین، عملیات حمل از موارد قابل تأمل در تولید اجزای اسکلت فولادی است. در هنگام تولید اعضا در کارخانه، طول، عرض، ارتفاع و وزن قطعهٔ تولید شده باید طوری انتخاب گردد که در هنگام حمل، شرایط بار ترافیکی ایجاد نگردد. بار می‌تواند در یکی از حالات زیر، در ردهٔ بارهای ترافیکی قرار گیرد:

الف: داشتن عرض بیشتر از عرض تریلی (حدود ۲/۸۰ متر)

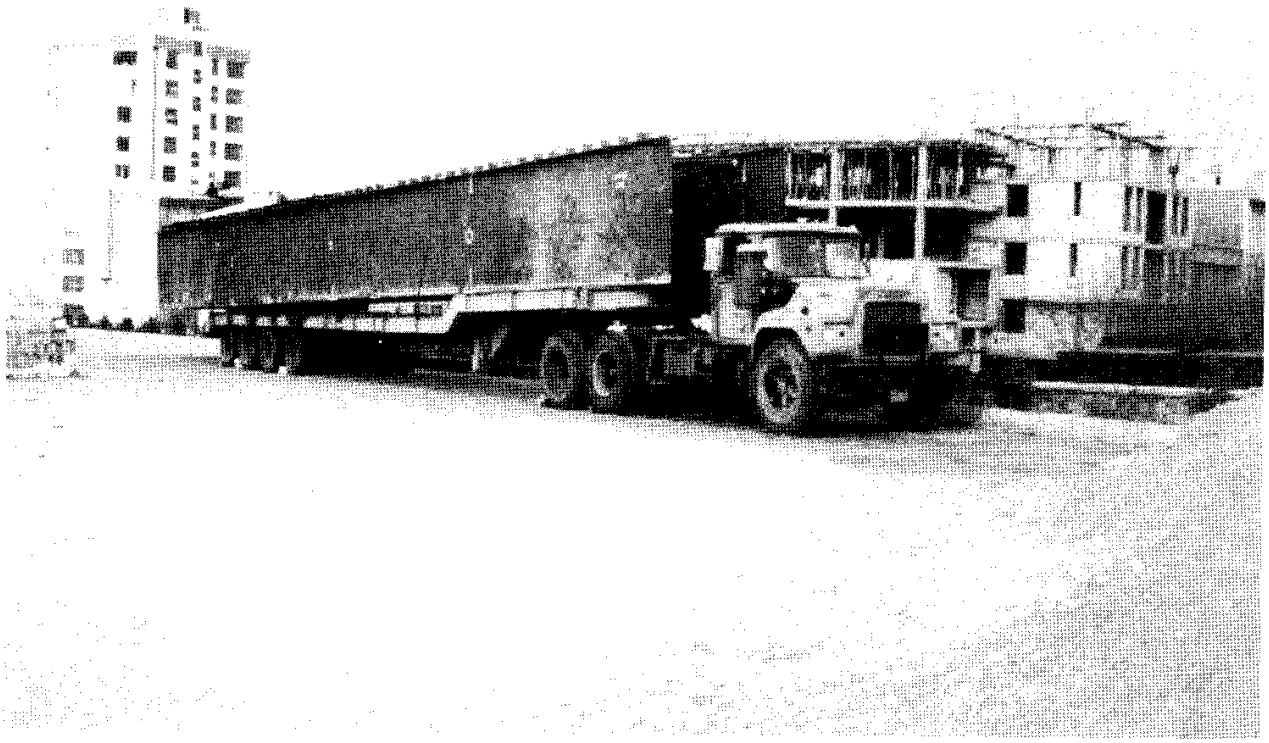
ب: داشتن طول بیشتر از طول تریلی (حدود ۱۲ متر)

پ: داشتن ارتفاع بیش از حد (ارتفاع بالای بار از سطح جاده بیش از ۴ متر)

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ت: داشتن وزن غیرعادی

بارهای ترافیکی دارای هزینهٔ حمل بسیار گران‌قیمت می‌باشند و باید تا حد امکان از آن اجتناب نمود. در شکل ۹ ـ ۴۱ حمل یک قطعهٔ سنگین توسط تریلی نشان داده شده است.



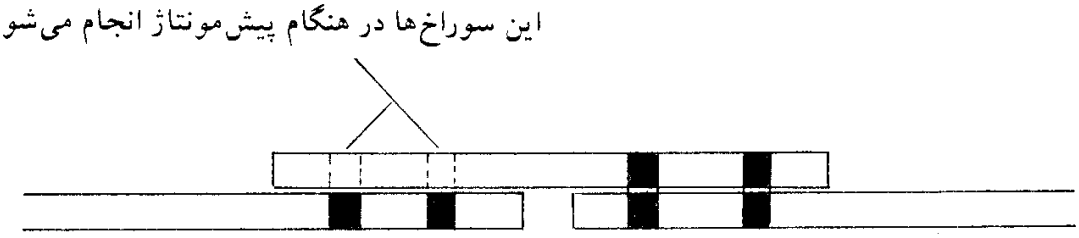
شکل ۹ ـ ۴۱ ـ حمل یک قطعهٔ سنگین.

۹ ـ ۷ عملیات پیش‌مونتاژ و مونتاژ در پای کار

همان‌طور که در قسمت حمل عنوان شد، در اکثر موارد امکان ساخت عضو با طول کامل در کارخانه وجود ندارد و لازم است عضو در قطعات کوتاهتر ساخته شده و به‌کارگاه حمل گردد. بنابراین قبل از نصب لازم است قطعات در پای کار به‌صورت یک‌سره درآمده و سپس نصب شوند. به‌این عملیات مونتاژ و یا پیش‌مونتاژ گفته می‌شود. برای انجام کار ابتدا در پای کار شاسی‌های مخصوص عملیات پیش‌مونتاژ آماده می‌گردد. سپس قطعات در مجاورت یکدیگر قرار گرفته و پس از ریسمان کشی و هم‌محور کردن آنها، قطعات به‌یکدیگر جوش و یا پیچ می‌شوند. گاهی مواقع امکان نصب یک‌مرتبهٔ عضو کامل وجود ندارد. لذا در چنین موارد مجدداً بعضی از وصله‌های عضو باز می‌شوند و عملیات نصب به‌صورت قطعه‌قطعه انجام می‌شوند. در این حالت از آنجا که قبلاً قطعات در پای کار

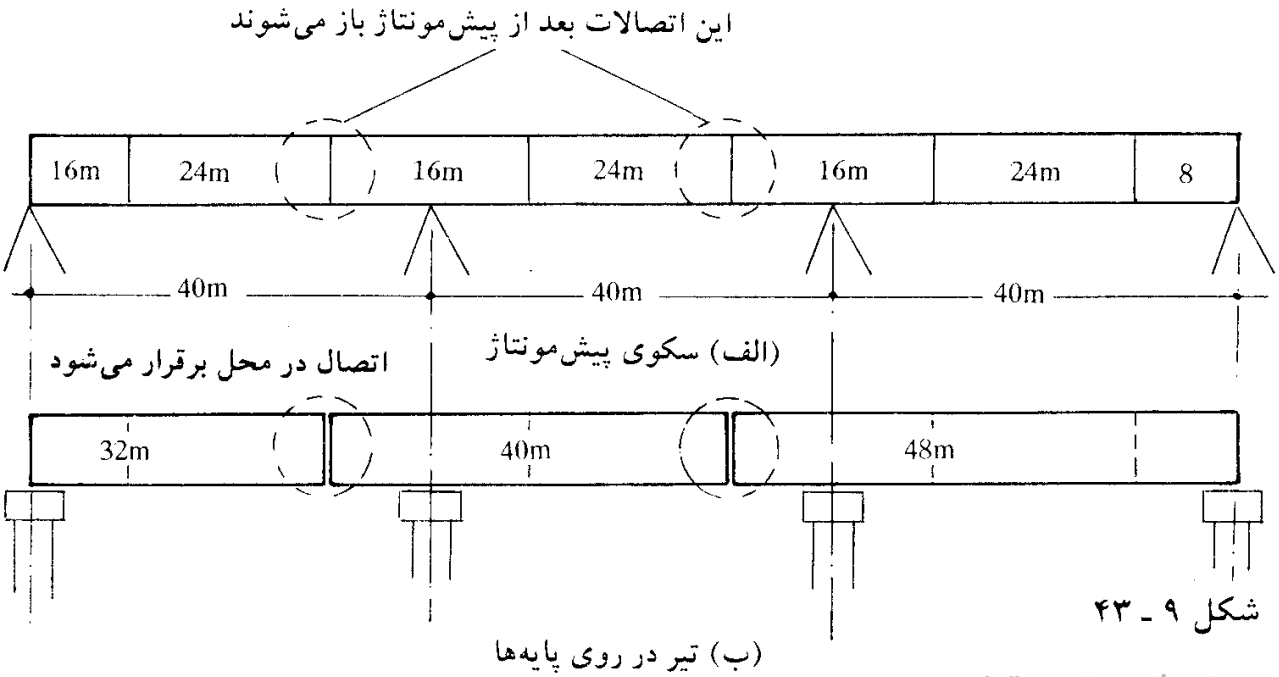
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

به‌یکدیگر به‌صورت آزمایشی متصل شده‌اند، اتصال مجدد آنها در جبههٔ کار بسیار ساده خواهد بود. در صورتی که اتصال قطعات به‌یکدیگر دائمی باشد، عملیات را مونتاژ و در صورتی که به‌صورت آزمایشی و موقت باشد، پیش‌مونتاژ نامند. بسیاری از پیمانکاران ترجیح می‌دهند انجام بعضی سوراخکاری‌ها را در مرحلهٔ مونتاژ و یا پیش‌مونتاژ انجام دهند. بدین معنی که در کارخانه عمداً از چند صفحهٔ سوراخکاری که در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند، یکی را انجام نمی‌دهند. بعد از عملیات پیش‌مونتاژ، صفحهٔ سوراخکاری‌نشده از طرف صفحهٔ سوراخکاری شده علامت زده می‌شود (سنبه‌نشان) و سپس ورق اتصال باز شده و توسط مته مورد سوراخکاری قرار می‌گیرد.



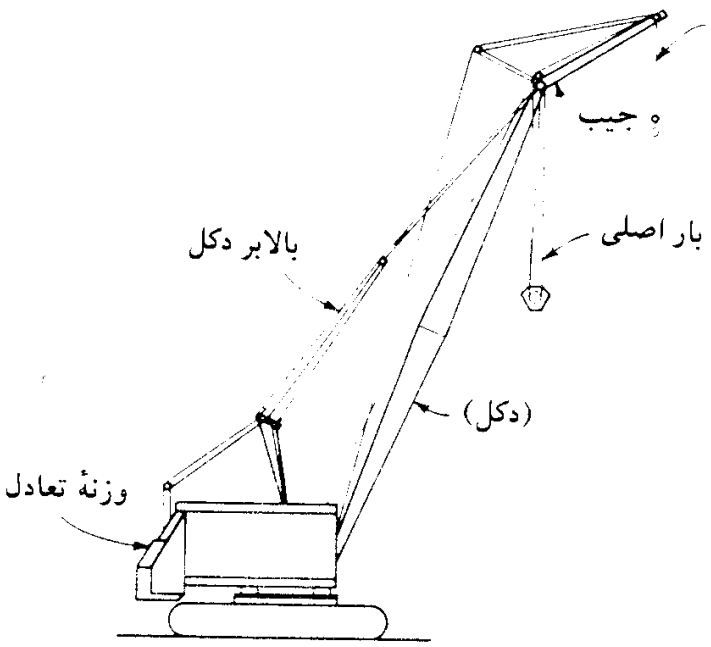
شکل ۹ ـ ۴۲ ـ روش سوراخ کردن ورق‌های اتصال.

به‌عنوان مثال نمونه، در عملیات نصب شاهتیرهای یکسرهٔ پلی به‌طول کل ۱۲۰ متر در سه دهانهٔ ۴۰ متری، شاهتیر در طول‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ متری به‌کارگاه حمل گردید. در کارگاه کل ۱۲۰ متر در پای کار به‌یکدیگر مونتاژ گردید. سپس بعضی اتصالات مجدداً باز شدند، و عملیات نصب در طول‌های ۴۸، ۴۰ و ۳۲ متر انجام شد (شکل ۹ ـ ۴۳).



شکل ۹ ـ ۴۳

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۴۴ ـ جرثقیل نصب.

۹ ـ ۸ عملیات واداشتن، نصب، خال‌جوش، و اتصالات موقت

عملیات نصب توسط جرثقیل‌های متحرک و یا جرثقیل‌های برجی انجام می‌شود. در شکل ۹ ـ ۴۴ یک نمونه از جرثقیل متحرک نشان داده شده است. جرثقیل‌های متحرک می‌توانند از نوع بوم خشک و یا بوم هیدرولیکی باشند. جرثقیل‌ها علاوه بر بوم اصلی، دارای یک اضافه بوم می‌باشند که به‌آن جیب می‌گویند و از آن می‌توان برای نصب قطعات سبک در ارتفاع بالا استفاده نمود.

در اشکال ۹ ـ ۴۵ تا ۹ ـ ۴۸ تصاویری از عملیات واداشتن و اجرای اتصالات موقت نشان داده شده است.

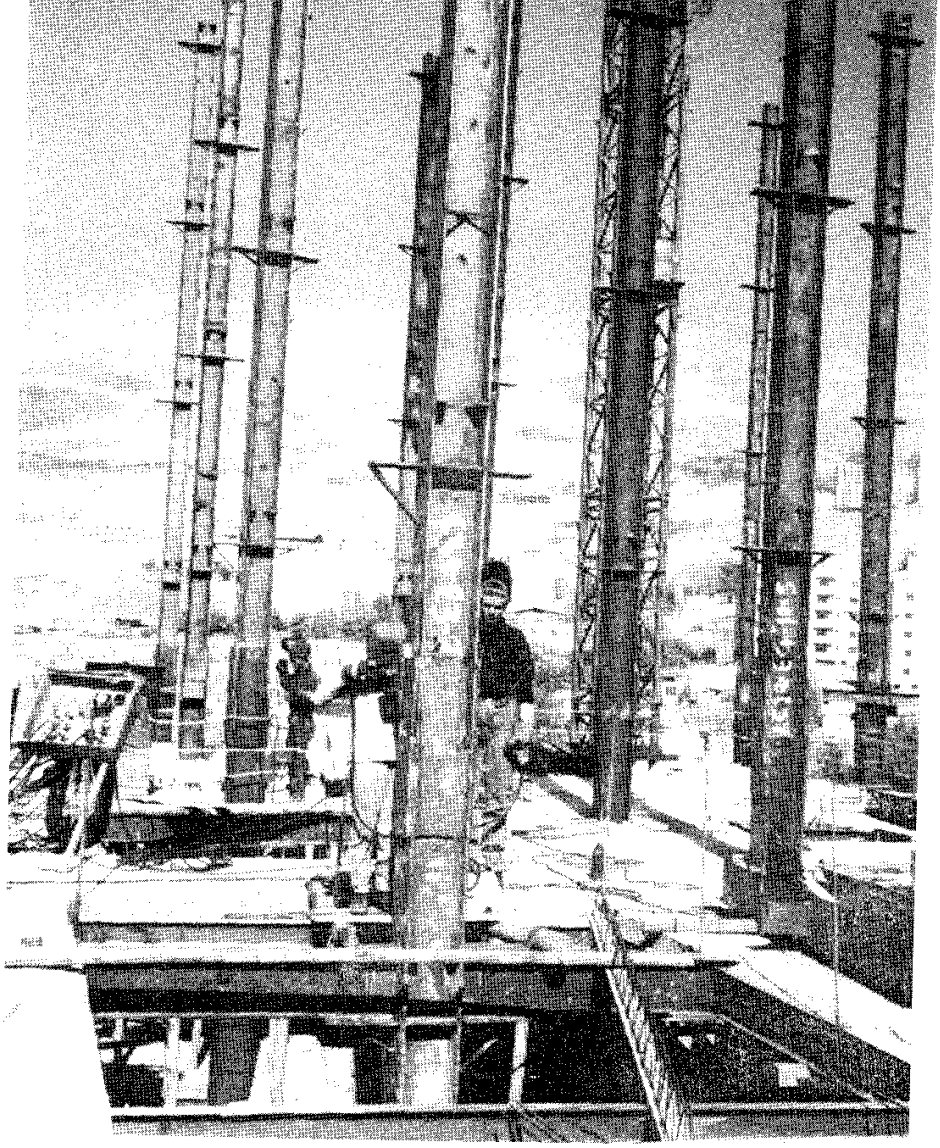
۹ ـ ۹ شاقولی کردن ستون‌ها، هم‌محور کردن تیرها و تکمیل اتصالات

در آخرین مرحله، به‌کمک مهارهای ضربدری موقت و تجهیزات ایجاد کشش مثل تیفور، ستون‌ها در وضعیت شاقول قرار گرفته و با خال زدن اتصالات و یا سفت کردن پیچ‌های مونتاژ، تیرها و ستون‌ها در وضعیت نهایی قرار می‌گیرند. در اشکال ۹ ـ ۴۷ تا ۹ ـ ۵۲ تصاویری از مراحل تنظیم نهایی و تکمیل اتصالات ارائه شده است.

۹ ـ ۱۰ نصب کف ستون

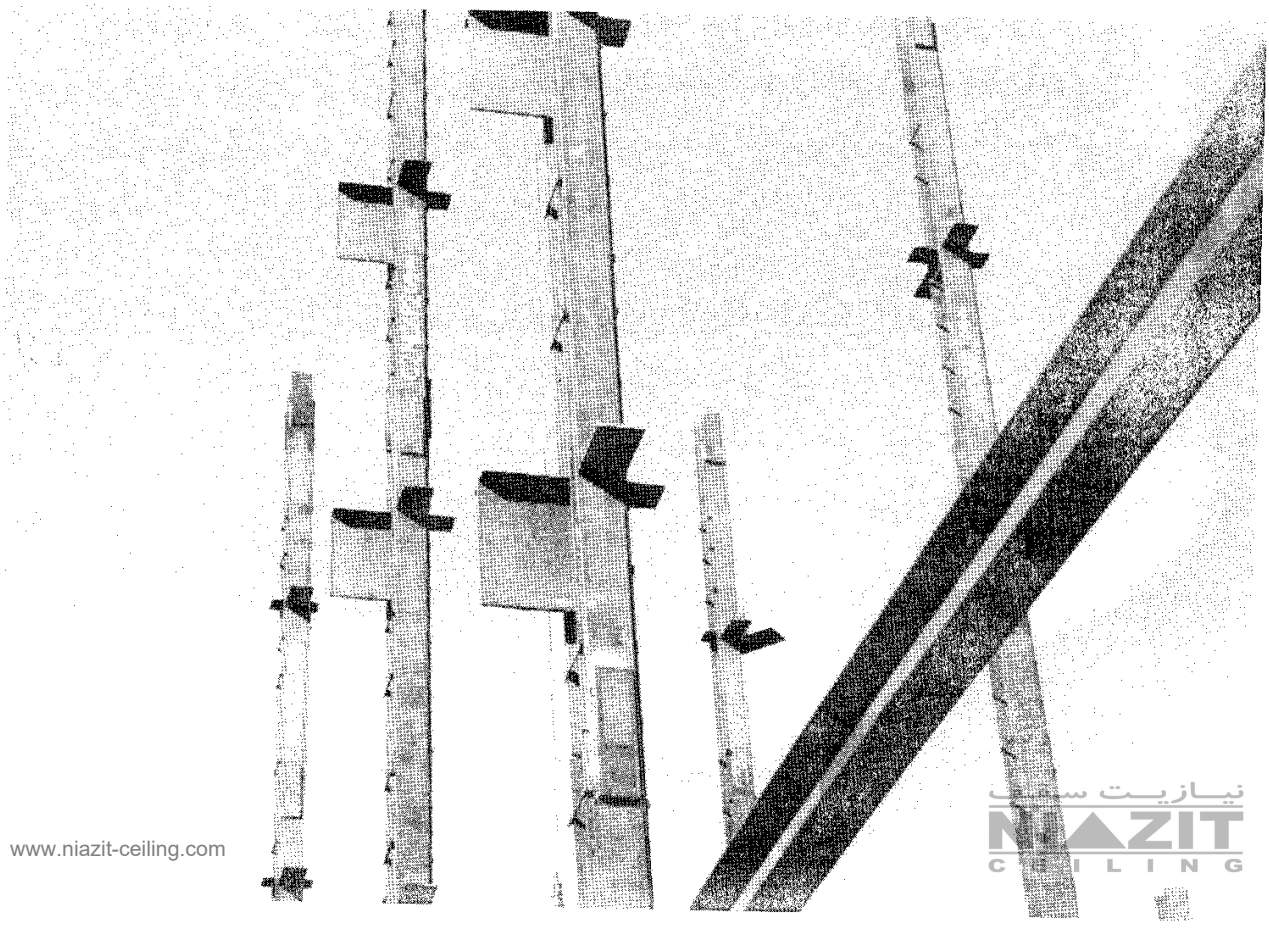
در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب کف ستون بر روی فونداسیون

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

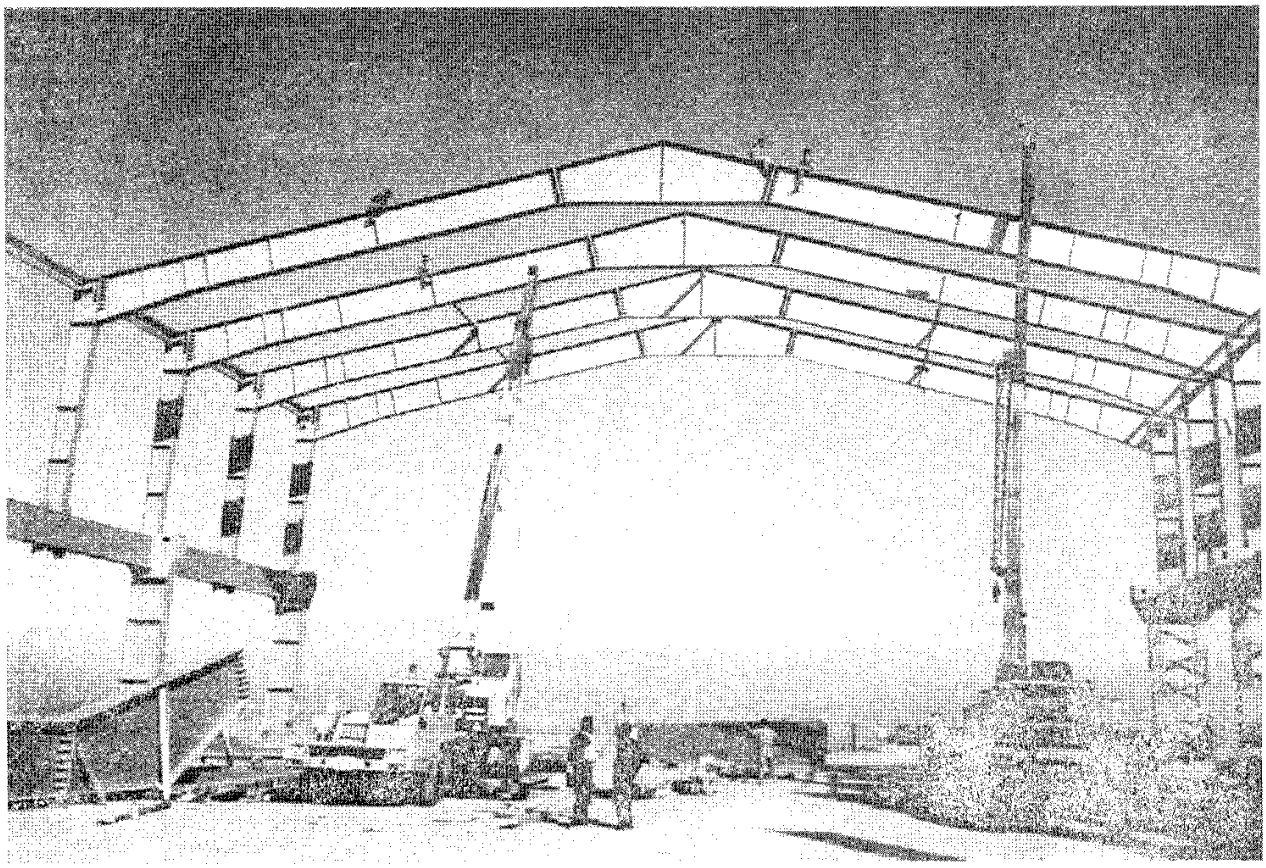


شکل ۹ ـ ۴۵ ـ نصب ستونها و اجرای وصله‌ها

شکل ۹ ـ ۴۶ ـ نصب و واداشتن ستونها.

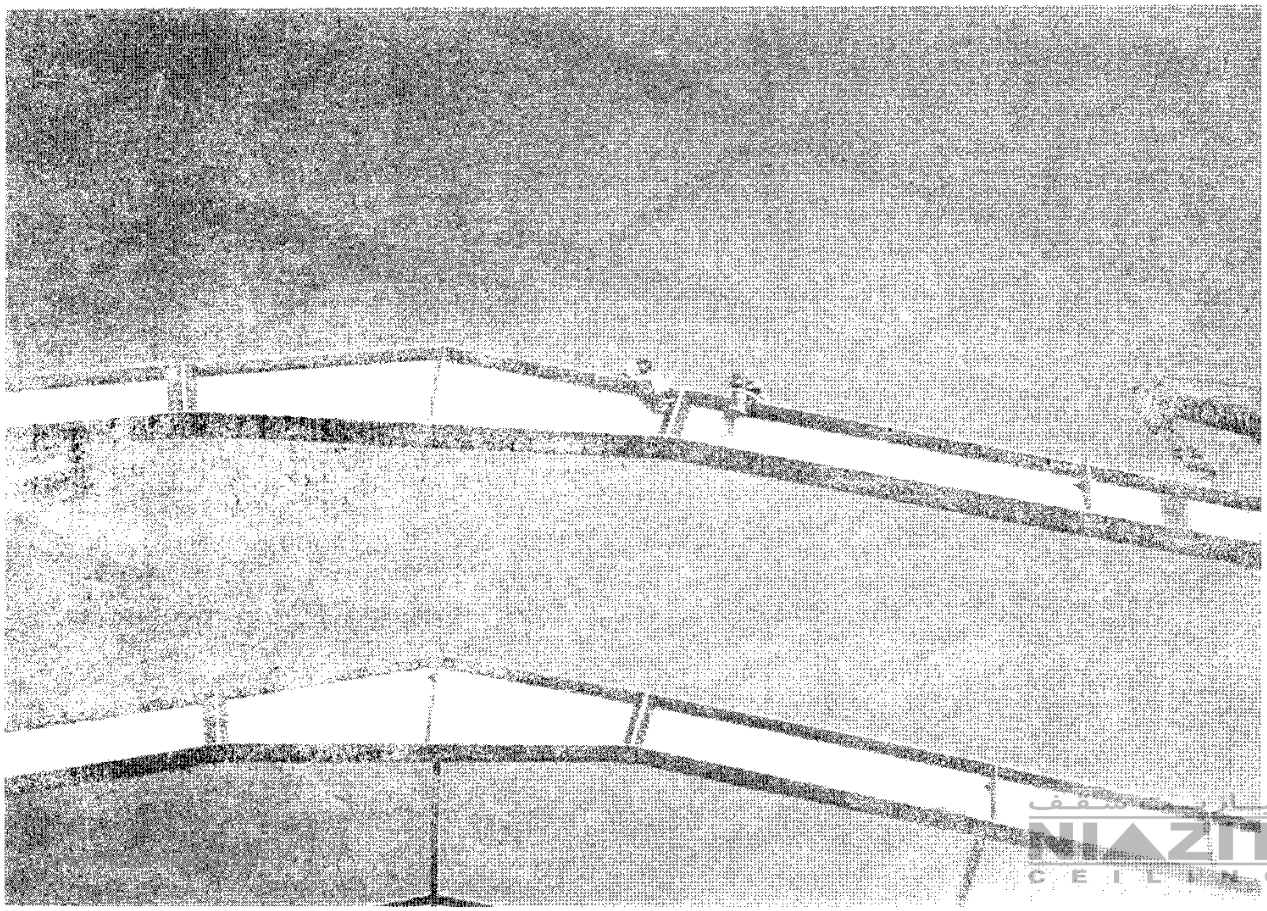


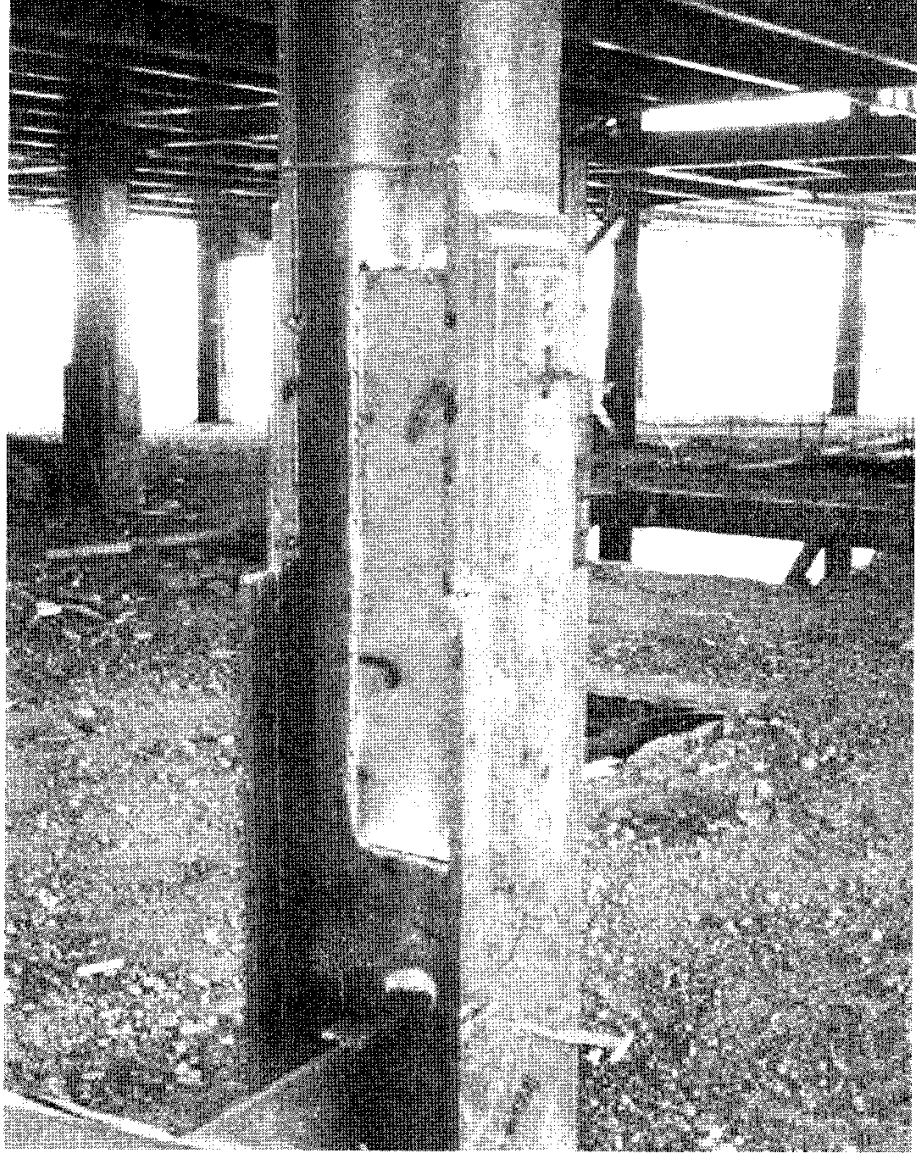
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



شکل ۹ ـ ۴۷ ـ نصب قاب‌های ساختمان‌های صنعتی.

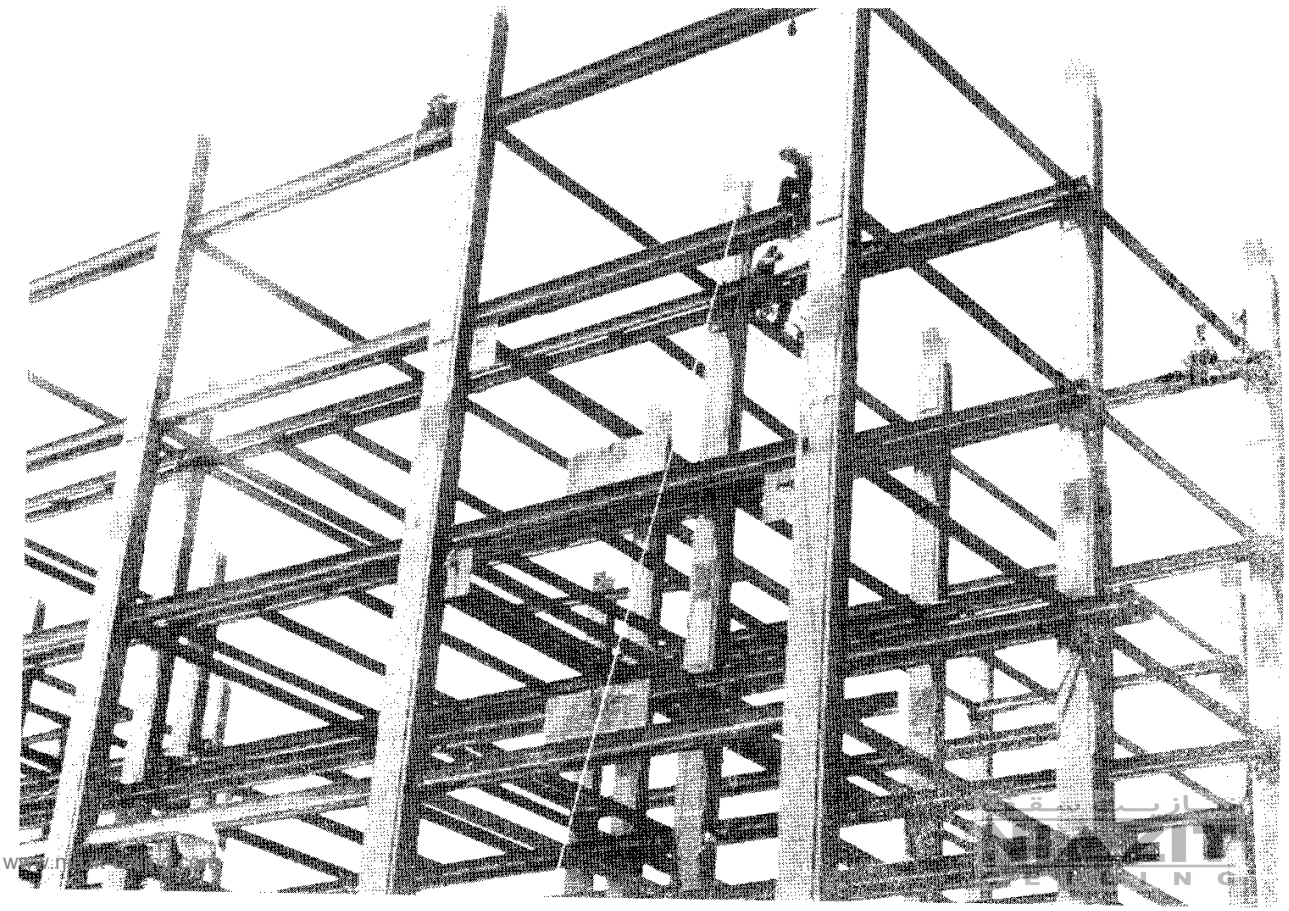
شکل ۹ ـ ۴۸ ـ نصب پیچ‌ها در قاب واداشته شده.

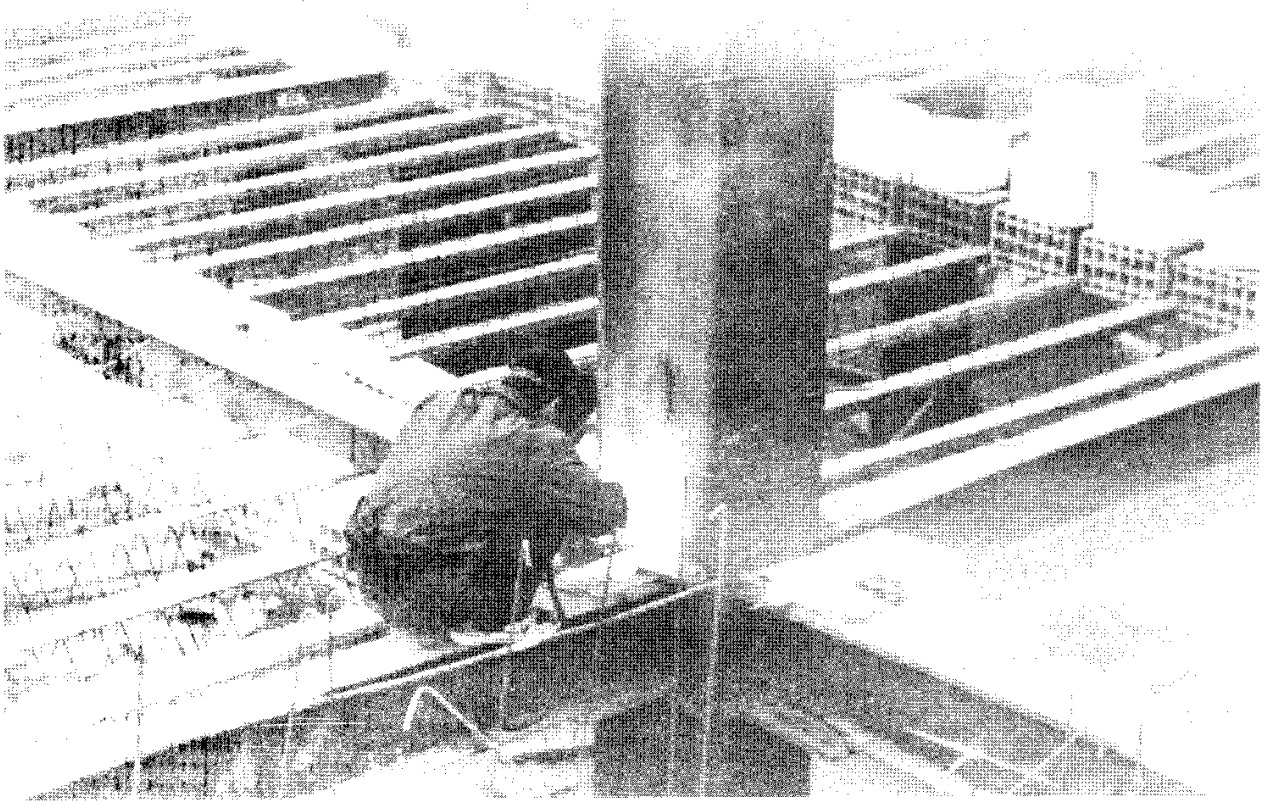




شکل ۹ ـ ۴۹

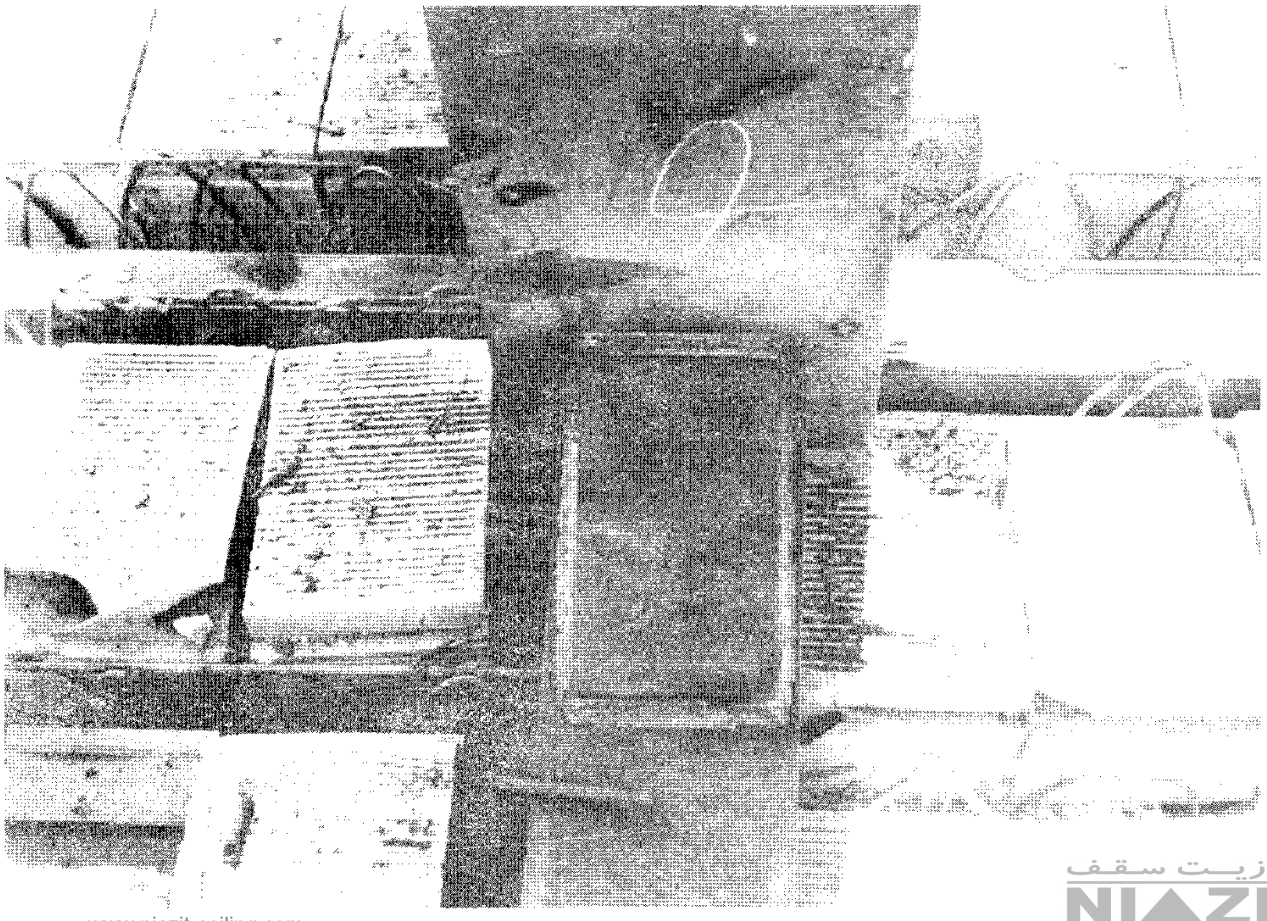
شکل ۹ ـ ۵۰ ـ شاقولی کردن ستون‌ها و هم‌محور کردن تیرها.





شکل ۹ ـ ۵۱ ـ تکمیل اتصال تیر به‌ستون.

شکل ۹ ـ ۵۲ ـ اتصال تکمیل‌شده.

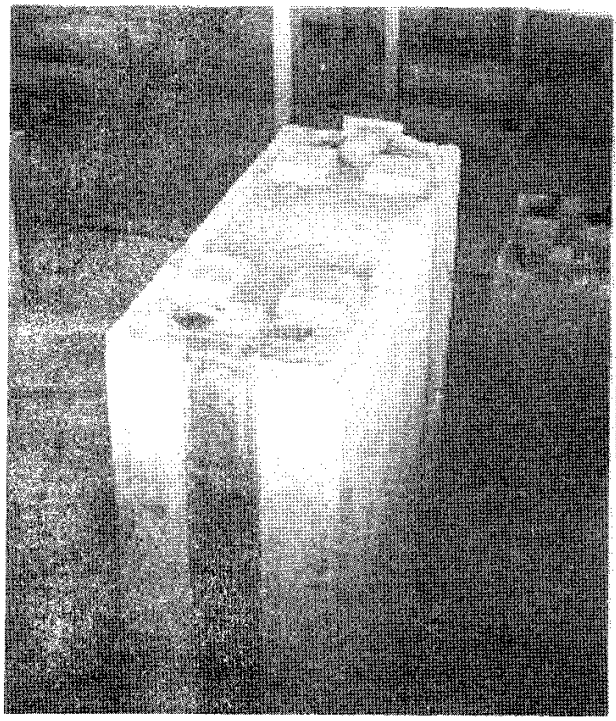


www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

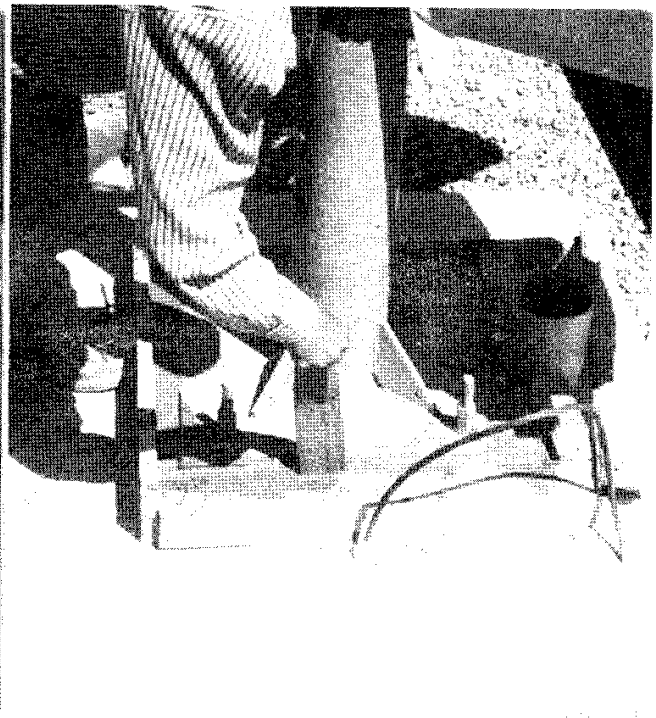
وجود دارد:

۱ ـ روش سنتی: در این روش که در ساختمانسازی متعارف در ایران معمول است، ورق کف ستون به‌صورت جدا از ستون بر روی فونداسیون مستقر می‌گردد. حدفاصل ورق کف ستون و فونداسیون به‌کمک ملات پر می‌شود. روش کار بدین ترتیب است که پس از تمیز کردن سطح فونداسیون و مرطوب کردن آن، ملات پرسیمان با ضخامت لازم روی فونداسیون پخش شده و ورق کف ستون روی آن قرار گرفته و به‌کمک تراز و دوربین، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و مهره‌های میله‌مهارها سفت می‌شود. بعد از گرفتن ملات، کف ستون آمادهٔ نصب ستون بر روی آن می‌باشد.

۲ ـ روش صنعتی: در این روش کف ستون در کارخانه به‌صورت گونیا به‌پای ستون جوش و یکپارچه می‌شود. برای نصب، ابتدا روی فونداسیون پَدگذاری (pading) می‌شود. پدها ورق‌های ۴×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر می‌باشند که یک شاخک نبشی به‌سطح تحتانی آن جوش شده است. پدها به‌کمک ملات کاملاً در موقعیت مورد نظر، مستقر و تراز می‌شوند. بعد از گرفتن ملات زیر پَد، ستون به‌همراه کف ستون روی آنها مستقر شده و با شیم‌گذاری، ستون کاملاً به‌صورت شاقولی درمی‌آید و مهره‌های میله‌مهار سفت می‌شود. در مرحلهٔ آخر دور ورق کف ستون قالب‌بندی شده و فضاهای خالی زیر کف ستون به‌کمک ملات خیلی روان ضدانقباض پر می‌شود.



شکل ۹ ـ ۵۳ ـ پَدگذاری.



شکل ۹ ـ ۵۴ ـ گروت‌ریزی.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فصل ۱۰

طراحی جوش

۱۰ـ۱ مقدمه

جوش بیش از حد لازم، یکی از عوامل اصلی افزایش هزینهٔ جوشکاری است. تعیین اندازهٔ صحیح جوش اولین گام در کسب یک جوش اقتصادی است. این موضوع ایجاب می‌کند که روش صحیح و ساده‌ای برای تعیین اندازهٔ جوش که استفاده از آن برای تمام اتصالات ممکن باشد، برقرار گردد.

در یک اتصال تمام قدرت، یک جوش شیاری با نفوذ کامل باید در تمام درزهای ورق اجرا شود. از آنجایی که جوش شیاری نفوذی اگر به‌طور کامل و صحیح انجام شود، دارای مقاومتی برابر مصالح اتصال می‌باشد، بنابراین در این حالت نه احتیاج به‌محاسبهٔ تنش در جوش است و نه به‌پیدا کردن اندازهٔ جوش نیازی می‌باشد. اگر جوش شیاری با نفوذ کامل صورت نگیرد، در این صورت لازم خواهد بود که اندازهٔ جوش محاسبه شود. جوش‌های گوشه با اندازه‌ها و طول‌های مختلف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرد، که تعیین اندازه‌های مورد نیاز، از اهداف یک برنامهٔ طراحی است.

۱۰ـ۲ اندازهٔ جوش گوشه[1]

در مبحث دهم سطح مؤثر گلوی جوش گوشه به‌صورت زیر تعریف شده است:

سطح مؤثر گلوی جوش گوشه برابر است با ارتفاع مؤثر گلو ضربدر طول جوش، که ارتفاع مؤثر گلوی جوش برابر است با کوچکترین فاصله بین ریشه جوش تا سطح جوش.

طبق تعریف، اندازهٔ ساق یک جوش گوشه به‌وسیلهٔ بزرگترین مثلث قائم‌الزاویه که در داخل

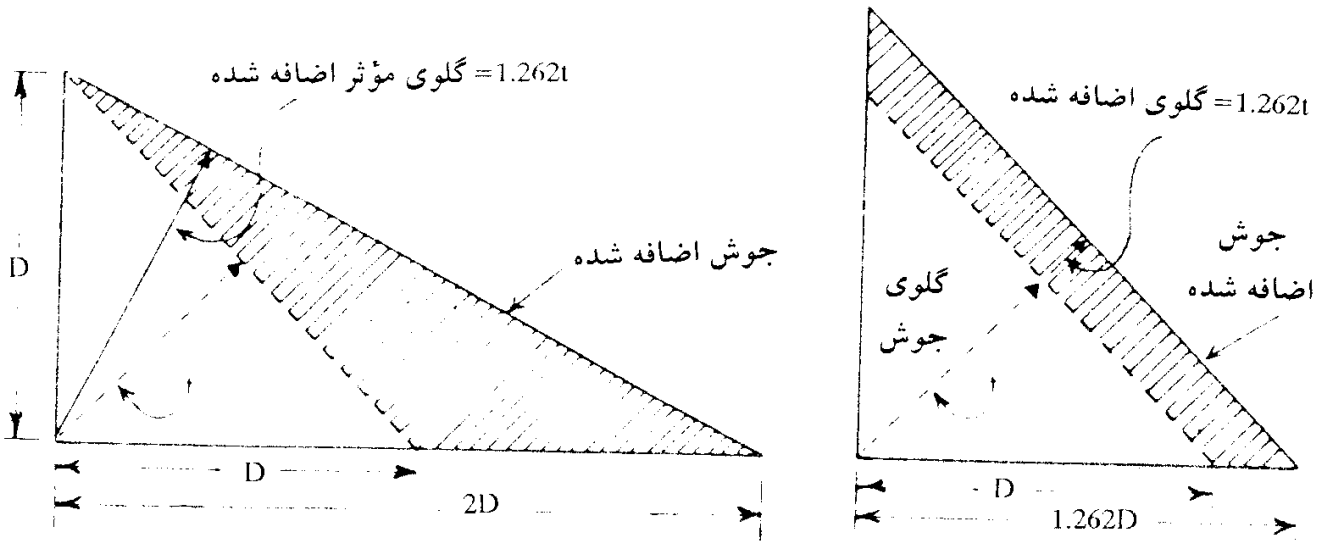
1– fillet weld size

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش محاط می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود. تعریف بالا یک جوش با دو ساق نامساوی را مجاز می‌داند (شکل ۱۰ ـ ۱ ـ الف).

طبق تعریف دیگری، آیین‌نامه تصریح می‌کند که بزرگترین مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین، نشان‌دهندهٔ اندازهٔ ساق جوش خواهد بود. پس این تعریف، جوش گوشه را فقط با ساق‌های مساوی محدود می‌کند (شکل ۱۰ ـ ۱ ـ ب).

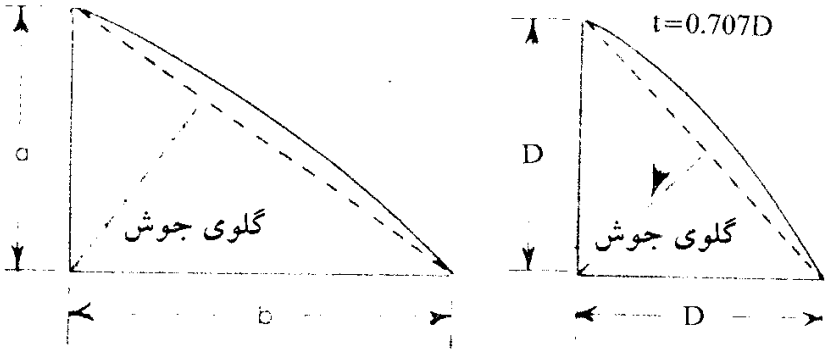
جوش‌های با ساق نامساوی موقعی به‌کار می‌رود که هدف، افزایش سطح گلوی جوش باشد و امکان اینکه اندازهٔ هر دو ساق زیاد شود، نمی‌باشد. به‌همین علت مجبور می‌شویم که فقط اندازهٔ یکی از دو ساق را افزایش دهیم. البته اگر امکان افزایش اندازهٔ هر دو ساق باشد، باید از به‌کار بردن



26% افزایش سطح گلو
100% افزایش سطح کل
(الف)

26% افزایش گلو
59% افزایش سطح کل
(ب)

شکل ۱۰ ـ ۱



جوش گوشه با ساق‌های نامساوی

جوش گوشه با دو ساق مساوی

شکل ۱۰ ـ ۲

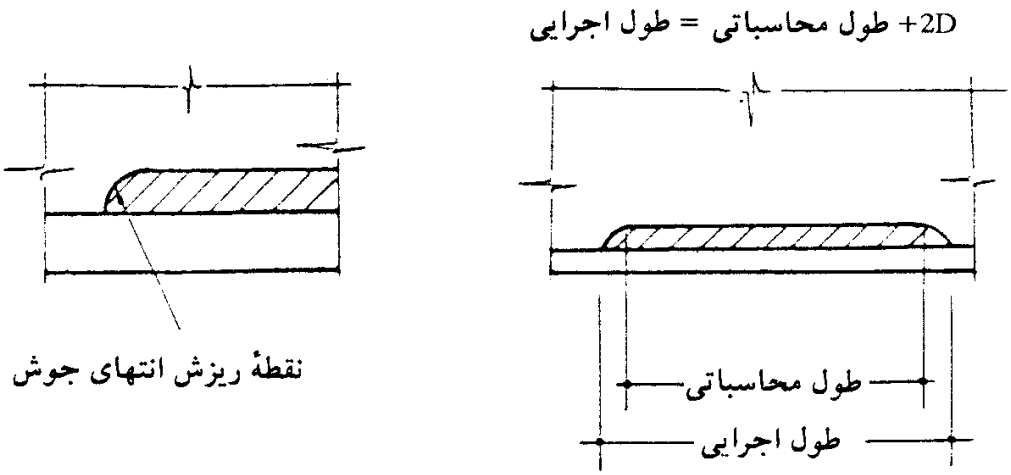
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ساق‌های نامساوی پرهیز کرد، چراکه یک عمل غیراقتصادی خواهد بود.

طول مؤثر جوش گوشه

طول مؤثر جوش، طولی از جوش است که در سرتاسر آن، گلوی جوش کوچکتر از گلوی مؤثر نباشد.

طبق مفاد مبحث دهم، انتهای جوش‌های گوشه که معمولاً به‌شکل ریزش می‌باشند باید تا سطح مقطع کامل محاسباتی جوش، پر شوند (شکل ۱۰ ـ ۳). در جوش‌های پیوسته عمل پُر کردن انتهای جوش مشکل نخواهد بود، زیرا در این حالت جوشکار در موقع تعویض الکترود همواره نقطهٔ ریزش قبل را، دوباره جوش داده و در این حالت هیچ نقطهٔ ریزشی وجود نخواهد داشت.



شکل ۱۰ ـ ۳

اما در جوش‌های منقطع برای رفع این اشکال، طول اجرایی جوش را به‌اندازهٔ D در هر طرف از طول محاسباتی بزرگتر در نظر می‌گیرند و بنابراین در طول محاسباتی، جوش دارای سطح مؤثری یکنواخت خواهد بود.

البته در همین جوش‌های منقطع اگر بتوان نقاط ریزشی ابتدا و انتها را با تدابیر خاصی به‌وسیلهٔ جوش پر کرد، طول اجرایی جوشکاری را می‌توان برابر با طول محاسباتی در نظر گرفت.

حداقل اندازهٔ جوش گوشه

طبق آیین‌نامه در اتصالاتی که در آنها فقط از جوش گوشه استفاده شده است، حداقل اندازهٔ جوش از جدول ۱۰ ـ ۱ به‌دست می‌آید. این حداقل بر مبنای ورق ضخیمتر می‌باشد که البته اندازهٔ حداقل به‌دست آمده نباید بیشتر از ضخامت ورق نازکتر باشد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جدول ۱۰ ـ ۱ ـ اندازهٔ حداقل جوش گوشه برحسب ضخامت ورق ضخیمتر

حداقل اندازهٔ جوش[1] D (میلی‌متر)	ضخامت ورق ضخیمتر t (میلی‌متر)
۳	تا ۶ و کوچکتر
۵	بیش از ۶ تا ۱۲
۶	بیش از ۱۲ تا ۲۰
۸	بیش از ۲۰

۱ـ حداقل به‌دست‌آمده نبایداز ضخامت ورق نازکتربیشتر باشد.
۲ـ ضخامت‌های نشان داده شده باید با یک بار عبور به‌دست آید.
۳ـ در اتصال بال به‌جان، حداقل جوش گوشه را می‌توان به‌جوش هم‌مقاومت با جان محدود نمود.

طبق گزارشات فنی، جوش نازکی که در لبهٔ یک ورق ضخیم داده می‌شود، خیلی سریع سرد می‌شود. علت این امر گرفته شدن حرارت جوش به‌وسیلهٔ ورق می‌باشد.

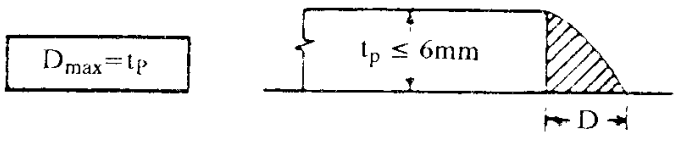
اعداد نوشته شده در جدول ۱۰ ـ ۱ نیز برای مراعات همین حقیقت در نظر گرفته شده‌اند. اندازهٔ حداقل نوشته شده در جدول فوق جوشی را به‌ما می‌دهد که حرارت کافی در ورق تولید می‌کند و همین حرارت باعث می‌شود که جوش خیلی به‌آرامی سرد شود.

حداکثر اندازهٔ ساق جوش گوشه (D)

طبق توصیه‌های مبحث دهم حداکثر اندازهٔ مؤثر جوش به‌ترتیب زیر به‌دست می‌آید:

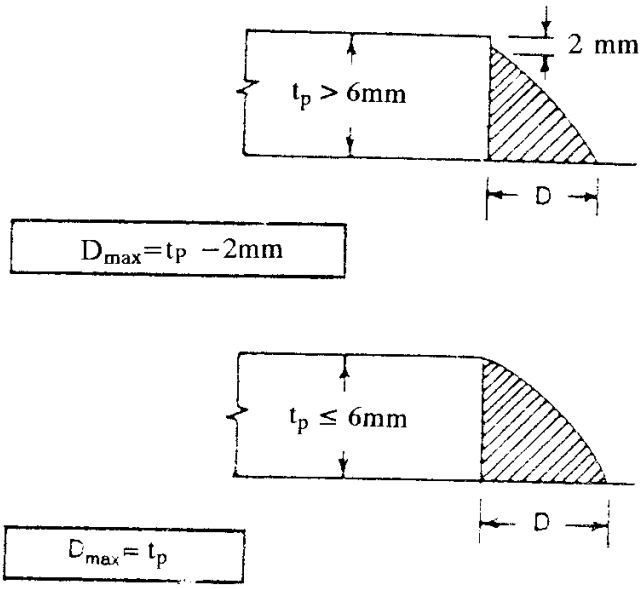
۱ ـ در لبهٔ مصالحی با ضخامت کمتر از ۶ میلی‌متر، حداکثر اندازهٔ ساق جوش گوشه برابر با ضخامت ورق خواهد بود.

۲ ـ در امتداد لبهٔ مصالح با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر، حداکثر اندازهٔ مؤثر جوش گوشه برابر با ضخامت صفحه منهای ۲ میلی‌متر خواهد بود، مگر اینکه در نقشه ذکر شود که اندازهٔ جوش برابر با ضخامت ورق گردد.



شکل ۱۰ ـ ۴

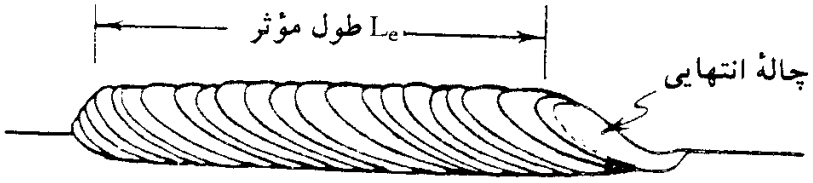
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۰ ـ ۵

حداقل طول مؤثر جوش گوشه

حداقل طول مؤثر (L_e) برای یک جوش گوشه[۲] که به‌منظور انتقال نیرو به‌کار می‌رود، نباید کمتر از ۴ برابر اندازهٔ ساق جوش یا ۴ سانتی‌متر باشد (شکل ۱۰ ـ ۶).



شکل ۱۰ ـ ۶

$$L_e \geq 4D \geq 4\ \text{cm}$$

یا:

$$D \leq \frac{L}{4}$$

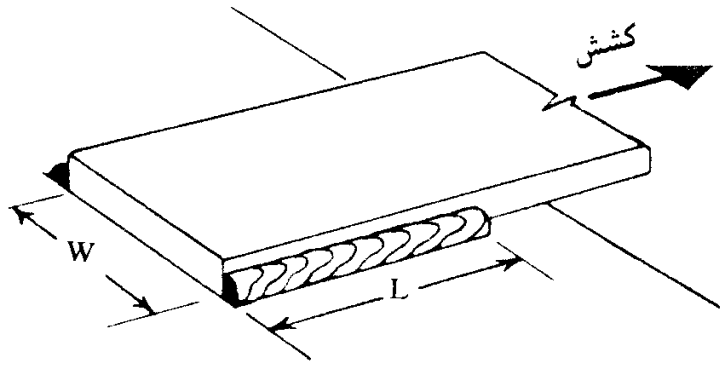
در صورتی که برای اتصال انتهای میله‌ها یا تسمه‌های تحت کشش، تنها از جوش گوشه استفاده شود، با مراجعه به‌شکل ۱۰ ـ ۷ داریم:

$$L_e \geq W$$

$$W \leq 20\ \text{cm}$$

2– fillet

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

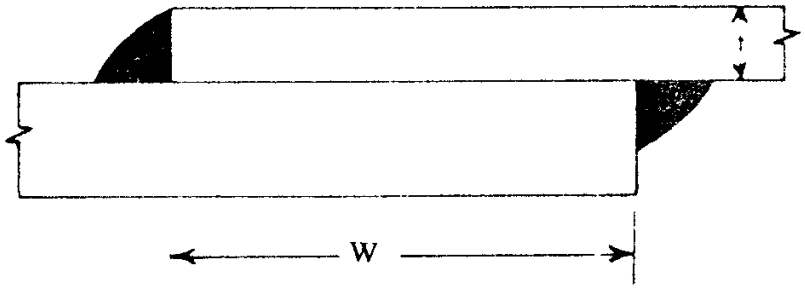


شکل ۱۰ ـ ۷

دو شرط بالا همیشه باید برقرار باشند مگر اینکه جوش‌های اضافی دیگری خمش عرضی موجود در اتصال را بگیرد.

۱۰ ـ ۳ محدودیت سایر جوش‌ها

حداقل طول پوششی در اتصالات پوششی



شکل ۱۰ ـ ۸

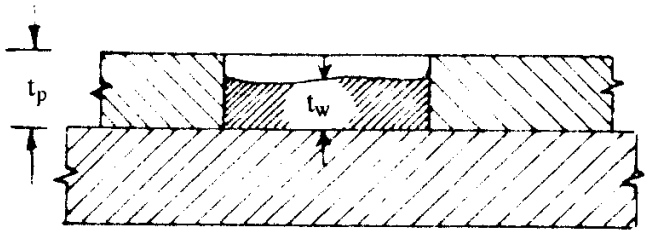
$W \geq 5t \geq 2.5$ cm

t = ضخامت ورق نازکتر

ضخامت جوش انگشتانه یا کام توپر (شکل ۱۰ ـ ۹)

جوش انگشتانه جوشی است که در سوراخ و جوش کام جوشی است که در یک شکاف داده می‌شود. از جوش انگشتانه توپر و کام توپر می‌توان در اتصالات پوششی به‌منظور انتقال نیروی برشی، جلوگیری از کمانش قطعات اتصال و یا در اتصال قطعات مختلف اعضای ساخته شده از چند نیمرخ استفاده نمود:

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۰ ـ ۹

الف:

$t_p \leq 16$ mm

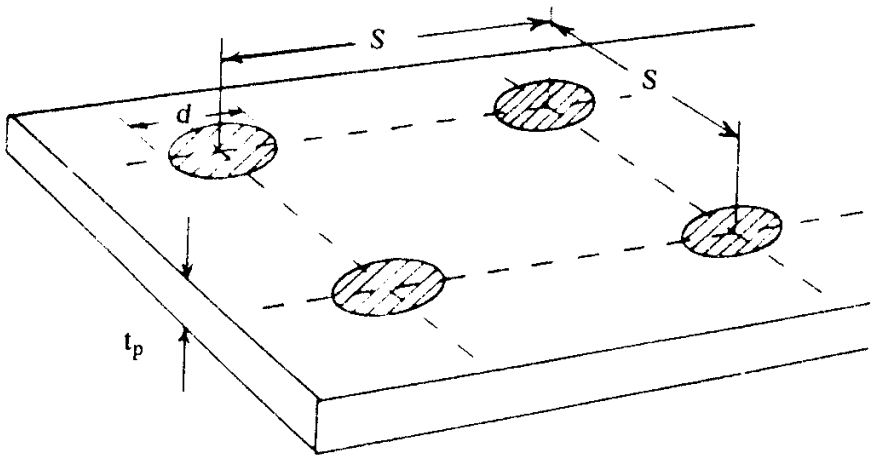
$t_w = t_p$

ب:

$t_p > 16$ mm

$t_w \geq \frac{1}{2} t_p \geq 16$ mm

فاصله و اندازهٔ جوش در سوراخ (جوش انگشتانه[۳])



شکل ۱۰ ـ ۱۰

$s \geq 4d$

$d \geq t_p + 8$ mm $< 2.25\, t_w$

ضخامت جوش $= t_w$

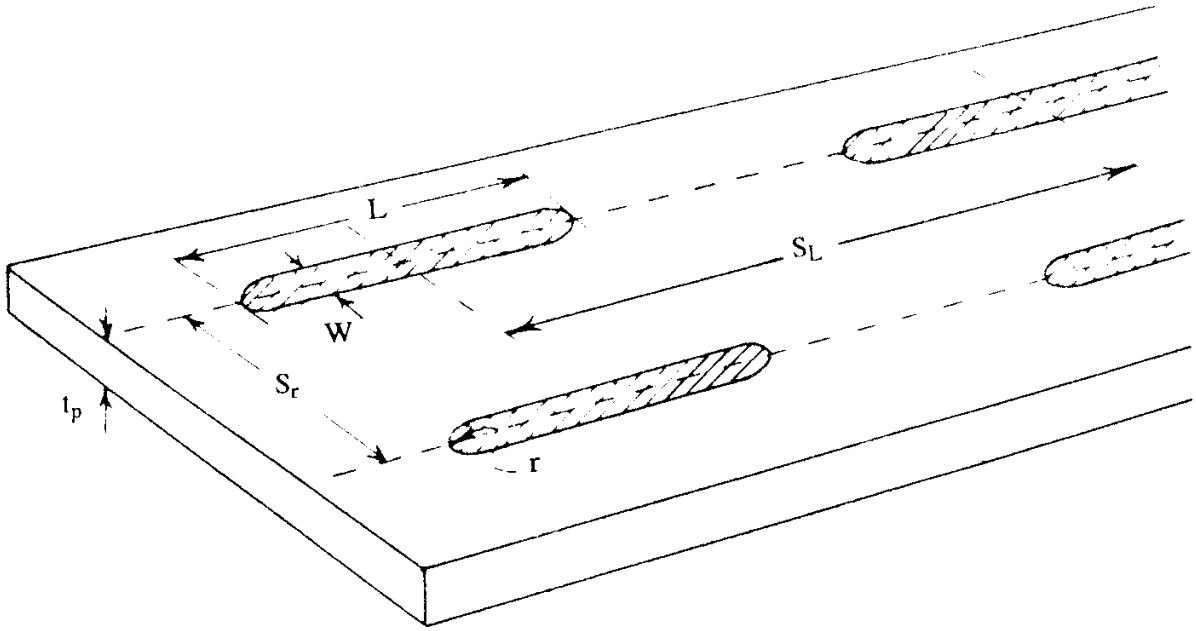
فاصله و اندازهٔ جوش در شکاف (جوش کام)[۴]

$L \leq 10\, t_w$

3– plug

4– slot

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۱۰ ـ ۱۱

$$W \geq t_P + 8\,\text{mm} \leq 2.25\,t_w$$

$$s_T \geq 4W$$

$$s_L \geq 2L$$

$$r \geq t_p$$

۱۰ ـ ۴ جوش شیاری نیمه‌نفوذی

استفاده از جوش‌های شیاری نیمه‌نفوذی در ساختمان‌ها مجاز می‌باشد. این‌گونه جوش‌ها استفاده‌های زیادی در ساختمان دارند. به‌عنوان مثال جوش اتصال دو ستون در کارگاه یا ساختن پروفیل‌های قوطی شکل از موارد استفادهٔ این نوع جوش می‌باشند.

ضخامت گلوی مؤثر برای جوش شیاری نیمه‌نفوذی

برای هر نوع شکل لبه (جناغی، نیم‌جناغی، لاله‌ای، نیم‌لاله‌ای) اگر جوشکاری به‌صورت جوش اتوماتیک زیرپودری صورت گیرد، ضخامت مؤثر گلوی جوش (t_e) برابر با ضخامت واقعی شیاری خواهد بود که برای جوشکاری مهیا شده است (شکل ۱۰ ـ ۱۲ ـ ب).

اما اگر جوش در کارگاه به‌وسیلهٔ جوش دستی انجام گیرد دو حالت اتفاق می‌افتد:

۱ ـ برای تمام شکل لبه‌ها به‌غیر از شکل لبهٔ نیم‌جناغی ضخامت مؤثر گلو، همان ضخامت جوش نیمه‌نفوذی خواهد بود.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

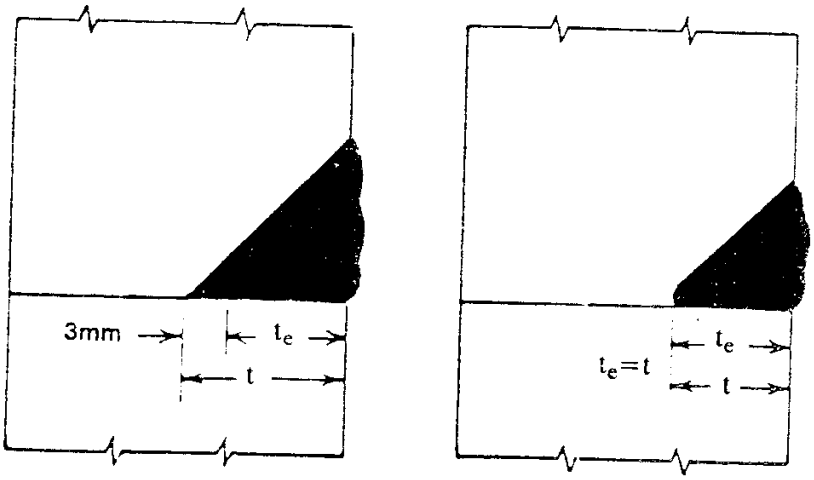
۲ ـ برای شکل لبه به‌صورت نیم‌جناغی چون احتمال می‌رود که جوشکار نتواند ریشهٔ جوش را درست جوش بدهد، ضخامت مؤثر گلو برابر با ضخامت جوش نیمه‌نفوذی منهای ۳ میلی‌متر خواهد بود (شکل ۱۰ ـ ۱۲ ـ الف). همانند جوش گوشه که یک اندازهٔ حداقل برای ورق‌های ضخیم به‌خاطر جلوگیری از سرد شدن سریع جوش دارد، برای جوش‌های شیاری نیمه‌نفوذی نیز ضخامت گلوی مؤثر حداقل تعریف می‌شود:

$$t_e \geq \sqrt{\frac{t_p}{2.35}}$$

که در آن:

t_P = ضخامت ورق نازکتر (cm)

t_e = ضخامت گلوی مؤثر حداقل (cm)



(الف) نیم‌جناغی (ب) نیم‌لاله‌ای

شکل ۱۰ ـ ۱۲

۱۰ ـ ۵ انواع جوش

الف ـ جوش‌های اصلی: جوش‌هایی هستند که به‌منظور انتقال نیرو به‌کار می‌روند. در نقاط اتصال اگر جوش ازبین برود قطعه نیز ازبین می‌رود. این‌گونه جوش‌ها باید همان خواصی را دارا باشند که عضو متصل‌شونده دارد. به‌عبارت بهتر در نقطهٔ اتصال، جوش جایگزین عضو می‌گردد.

ب ـ جوش‌های فرعی: جوش‌هایی هستند که فقط برای نگه داشتن اعضا در فرم به‌خصوصی به‌کار می‌روند. نیروهای وارده بر این جوش‌ها بسیار ناچیز می‌باشند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

پ ـ جوش‌های طولی : جوش‌هایی هستند که نیروهای وارده، موازی محور جوش می‌باشند. در حالت جوش‌های گوشه، گلوی جوش فقط تحت تأثیر تنش‌های برشی قرار می‌گیرد. برای یک جوش گوشه با ساق‌های مساوی حداکثر تنش برشی در گلوی جوش اتفاق می‌افتد.

ت ـ جوش‌های عرضی : جوش‌هایی می‌باشند که در آنها محور جوش و محور نیروی وارده با یکدیگر زاویه ۹۰° می‌سازند. در حالت جوش‌های گوشه، گلوی جوش هم تحت تأثیر تنش‌های برشی و هم تحت تأثیر تنش‌های فشاری یا کششی قرار می‌گیرند. برای یک جوش گوشه با ساق‌های مساوی، حداکثر تنش برشی در گلوی ۶۷/۵ درجه و حداکثر تنش عمودی در گلوی ۲۲/۵° اتفاق می‌افتد.

به‌هر حال در محاسبات مربوط به‌جوش گوشه، عملکرد جوش به‌صورت برشی در نظر گرفته می‌شود.

۱۰ ـ ۶ تنش‌های مجاز جوش

جوش‌ها باید طوری محاسبه شوند که محدودیت‌های تنش مندرج در جدول ۱۰ ـ ۲ را با اعمال ضرایب زیر جوابگو باشند:

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر پرتونگاری و فراصوت:

$\phi = 1.0$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (و یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب:

$\phi = 0.85$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب:

$\phi = 0.75$

۱۰ ـ ۷ ارزش جوش

حاصل‌ضرب گلوی مؤثر جوش در تنش مجاز جوش، ارزش جوش R_w نامیده می‌شود. R_w در واقع نیروی مجاز جوشی با ضخامت گلوی t_w و طول ۱ سانتی‌متر می‌باشد. به‌عنوان مثال برای جوش گوشه با الکترود E60 ($F_u = 4200\ \text{kg/cm}^2$) که در شرایط کارگاهی با $\phi = 0.75$ اجرا می‌شود، ارزش جوش برابر است با:

$$R_w = (0.3F_u)\,\phi\,(t) = (0.3 \times 4200)0.75(0.707D) = 650D$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جدول ۱۰ ـ ۲ ـ تنش مجاز روی سطح مؤثر جوش

نوع جوش	نوع تنش روی سطح مؤثر	تنش مجاز	مقاومت جوش مورد نیاز
جوش شیاری با نفوذ کامل	کشش عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز پایه	بایدازجوش‌سازگاراستفاده‌شود
	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز پایه	فلز جوش با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورداستفاده قرارگیرد
	کشش یا فشار موازی محور جوش	مثل فلز پایه	
	برش روی سطح مؤثر	۰/۳× مقاومت کششی اسمی فلزجوش، ولی تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴× مقاومت تسلیم فلزپایه، تجاوز نماید	
جوش شیاری با نفوذ ناقص	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز پایه	فلزجوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورداستفاده قرارگیرد
	کشش یا فشار موازی محور جوش	مثل فلز پایه	
	برش موازی محور جوش	۰/۳× مقاومت کششی اسمی فلز جوش، ولی تنش برشی فلز پایه نبایداز ۰/۴× مقاومت تسلیم فلز پایه، تجاوز نماید	
	کشش عمود بر سطح مؤثر	۰/۳× مقاومت کششی اسمی فلز جوش، ولی تنش کششی فلز پایه نباید از ۰/۶× مقاومت تسلیم فلز پایه، تجاوز نماید	
جوش گوشه	برش روی سطح مؤثر	۰/۳×مقاومت کششی اسمی فلز جوش، ولی تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴ × مقاومت تسلیم فلز پایه تجاوز نماید	فلزجوشی‌با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد
	کشش یا فشار موازی محور جوش*	مثل فلز پایه	
	برش موازی‌سطوح متصل‌شده به‌وسیلهٔ جوش (بر روی‌سطح مؤثر)	۰/۳×مقاومت کششی اسمی فلز جوش، ولی تنش برشی فلز پایه نباید از ۰/۴ × مقاومت تسلیم فلز پایه، تجاوز نماید	فلزجوشی‌با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد

* جوش‌های گوشه یا شیاری با نفوذ ناقص که اعضای نیمرخ‌های ساخته‌شده از ورق را به‌یکدیگر اتصال می‌دهند، نظیر جوشی که بال را به‌جان اتصال می‌دهد، می‌توانند بدون توجه به‌تنش کششی یا فشاری موجود در موازات محور جوش، طراحی گردند.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

D اندازهٔ ساق جوش و t ضخامت گلوی جوش گوشه می‌باشد که طبق رابطهٔ $t=0.707D$ به‌هم مربوط هستند.

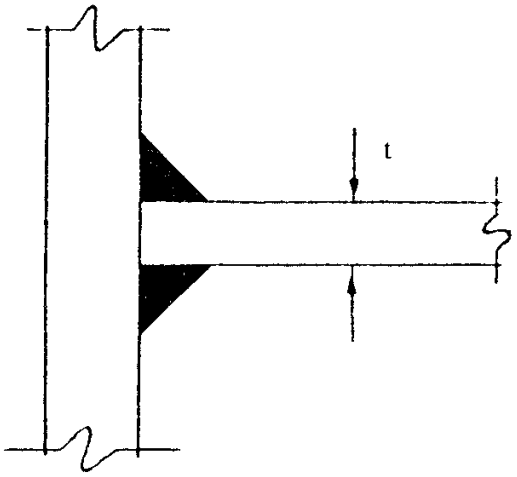
۱۰ ـ ۸ حداکثر اندازهٔ مؤثر ساق جوش گوشه

مقاومت جوش نباید بیشتر از مقاومت فلز پایه منظور شود. به‌عنوان مثال در شکل ۱۰ ـ ۱۳ حداکثر اندازه مؤثر جوش برحسب ضخامت t برابر است با:

ارزش دو جوش گوشه با الکترود E60 $=2(0.3\times4200)\,\phi\,(0.707D)=1782\,\phi D$

مقاومت ورق در برش $=0.4F_y t$

$$1782\,\phi D=0.4F_y t$$



شکل ۱۰ ـ ۱۳

$$D=\frac{0.4F_y t}{1782\,\phi}$$

با فرض $F_y=2400\ \text{kg/cm}^2$ داریم:

$$D=\frac{0.4\times2400\,t}{1782\,\phi}=\frac{0.54}{\phi}\,t$$

$\phi=1 \rightarrow D\cong0.5t$

$\phi=0.8 \rightarrow D\cong0.6t$

$\phi=0.7 \rightarrow D\cong0.7t$

اندازه‌های ساق معرفی‌شده در فوق، معرف جوش گوشهٔ تمام‌قدرت هستند و اختیار اندازه‌های بزرگتر باعث افزایش بیشتر مقاومت نمی‌گردد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

۱۰ ـ ۹ اتصال اعضا با نیروی محوری

مثال ۱۰ ـ ۱ جوش گوشهٔ طولی

مطلوب است اندازهٔ ساق و طول جوش لازم برای انتقال بار ورق کوچکتر (شکل ۱۰ ـ ۱۴).

$$P=(1400\ \text{kg/cm}^2)\times(7.5\ \text{cm})(1.2\ \text{cm})=12600\ \text{kg}$$

حداکثر $D=12-2=10\ \text{mm}$

ارزش جوش $R_w=650\ D=650\times1.0=650\ \text{kg/cm}$

$$\text{طول کلی جوش گوشه}=\frac{12600}{650}=19.39\ \text{cm}$$

به‌دلیل تقارن، طول جوش هر دوطرف باید یکسان باشد. بنابراین هر طرف به‌اندازهٔ ۱۰ سانتی‌متر جوش داده می‌شود.

طول مؤثر جوش باید از بزرگترین سه مقدار زیر بیشتر باشد:

$4D=4\times1.0=4\ \text{cm}\ ,\ 4.0\ \text{cm}\ ,\ 7.5\ \text{cm}$

که در مسئله فوق این شرط برقرار است.

و همچنین جوش‌های گوشه، حداقل به‌اندازهٔ $2D=2\ \text{cm}$ در انتها برگشت داده می‌شوند.

مثال ۱۰ ـ ۲ جوش گوشهٔ عرضی ورق‌های هم‌ضخامت در اتصال روی‌هم

مطلوب است تعیین مقدار بار مجاز قابل انتقال به‌وسیلهٔ اتصال شکل ۱۰ ـ ۱۵.

حداکثر $D=10-2=8\ \text{mm}$

جوش $P=2\times(650\ D)\times L=2\times(650\times0.8)\times20=20800\ \text{kg}=20.8\ \text{ton}$

ورق $P=(1.0\times20)\times(1400)=28000\ \text{kg}=28\ \text{ton}$

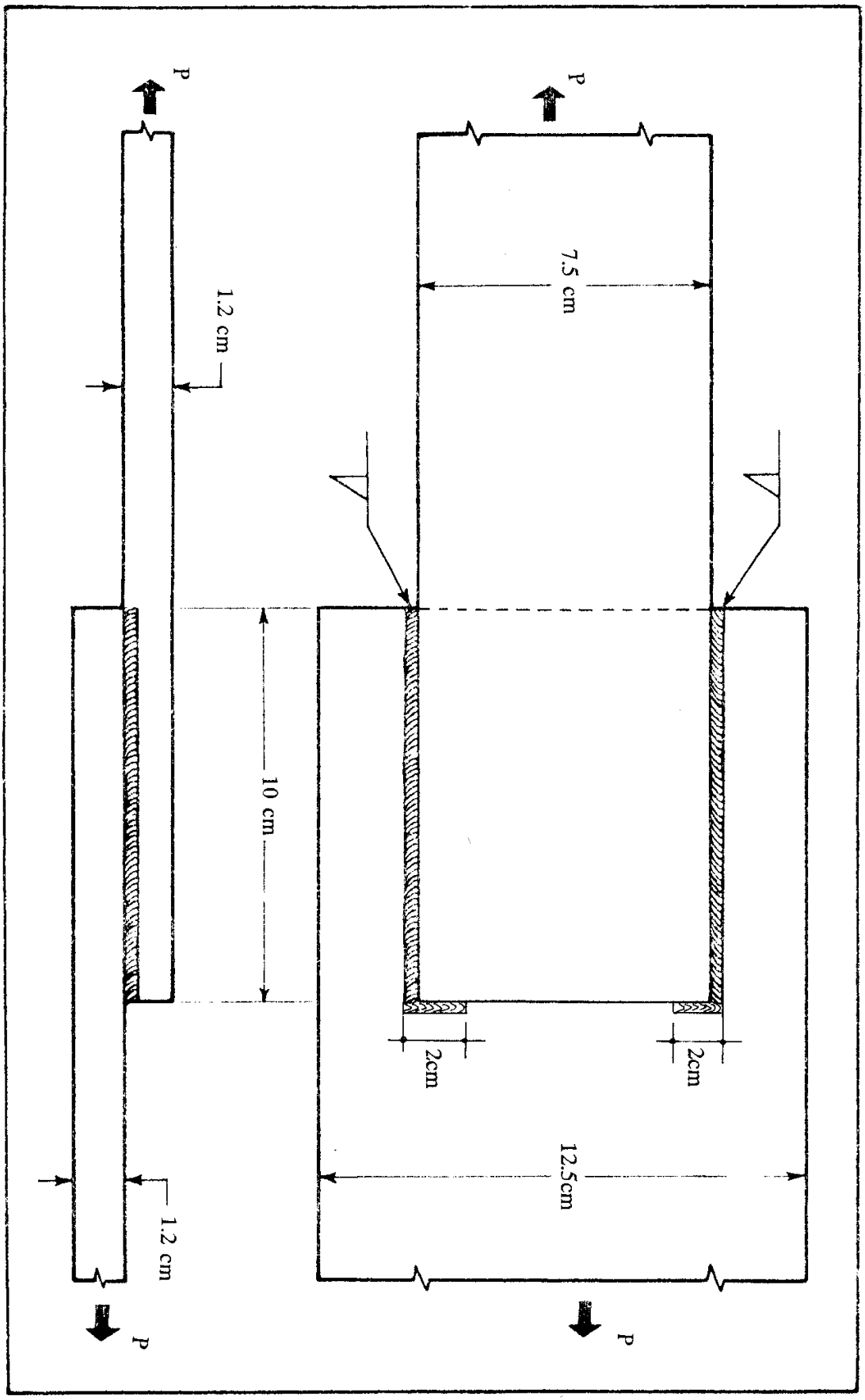
محاسبات نشان می‌دهد که جوش قادر به‌حمل تمام نیروی ورق نیست و حداکثر ظرفیت مجاز 20.8 ton می‌باشد.

مثال ۱۰ ـ ۳ جوش گوشهٔ عرضی ورق‌های غیرهم‌ضخامت در اتصال روی‌هم

مطلوب است تعیین مقدار بار مجاز قابل‌حمل به‌وسیلهٔ اتصال شکل ۱۰ ـ ۱۶. فرض کنید که جوش‌ها به‌برش کار می‌کنند.

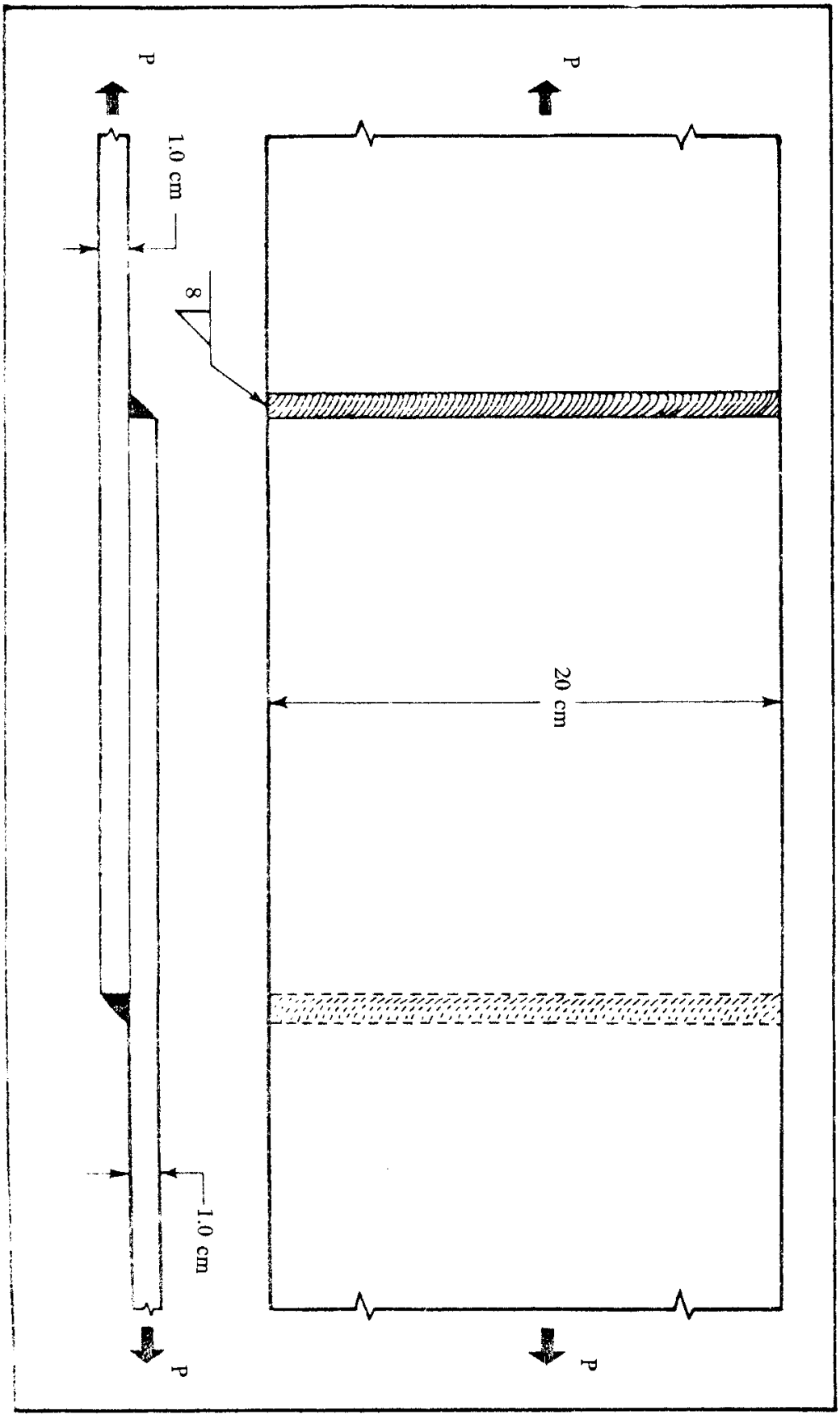
وقتی ورق‌ها، ضخامت‌های نامساوی داشته و به‌وسیلهٔ جوش عرضی به‌یکدیگر متصل گردند، میزان کرنش طولی ورق‌ها تحت اثر بار، در حدفاصل بین دو جوش یکسان می‌باشد. این

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



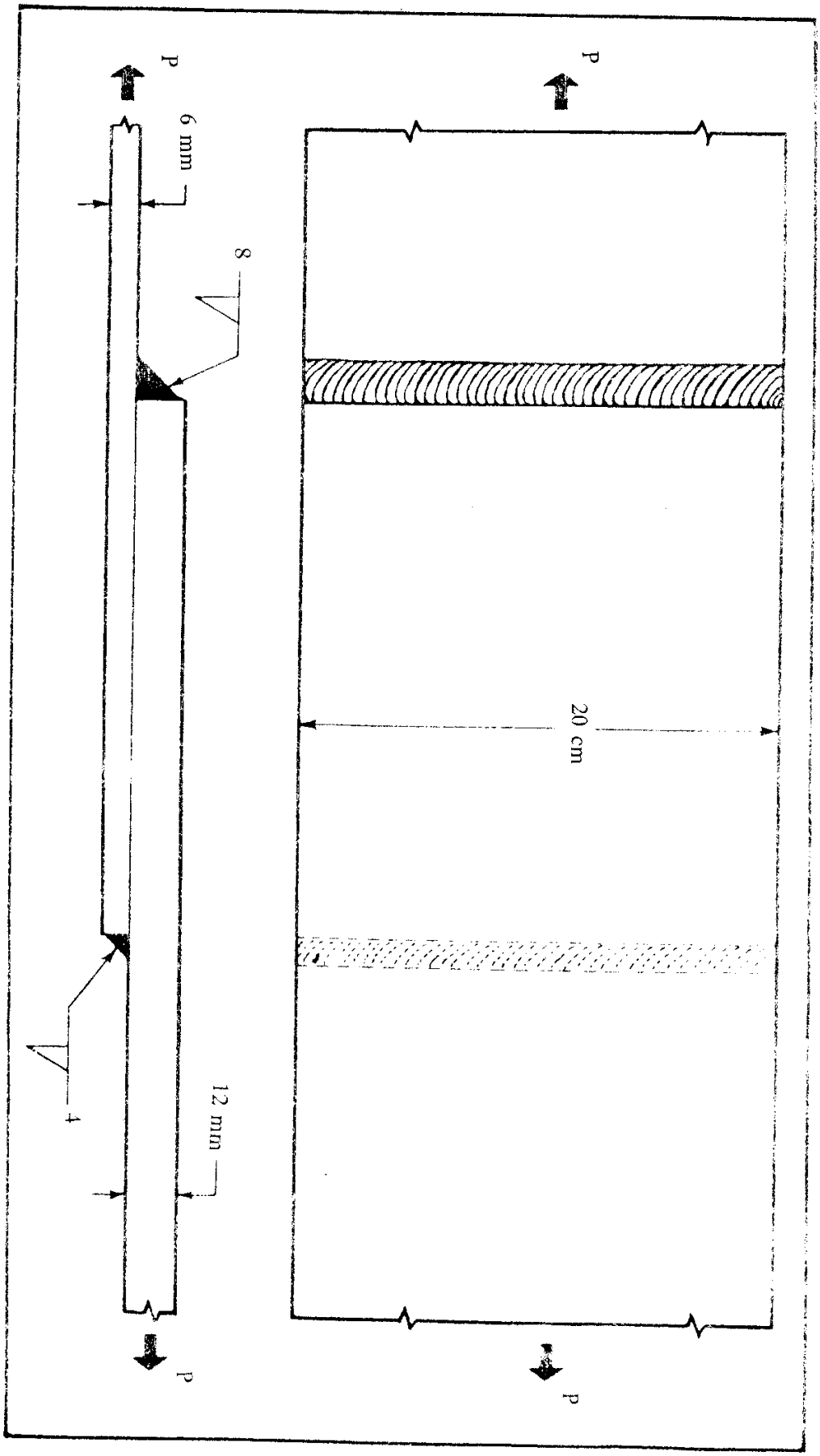
شکل ۱۰ـ۱۴

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۱۰ - ۱۵

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۱۰ - ۱۶

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

بدان‌معنی است که در این فاصلهٔ تنش در ورق‌ها برابر بوده و در نتیجه نیرو در هریک متناسب با ضخامت ورق می‌باشد. جوش‌های عرضی در انتهای ورق‌ها باید این نیروها را انتقال دهند، لذا اندازهٔ ساق هریک باید متناسب با ضخامت ورق باشد.

ظرفیت مجاز ورق $P=1400\times20\times0.60=16800\ \text{kg}=16.8\ \text{ton}$

در انتهای ورق ۶ میلی‌متری از جوش گوشه‌ای با $D=4\,\text{mm}$، در انتهای ورق ۱۲ میلی‌متری در تناسب با ضخامت ورق‌ها، از جوش گوشه‌ای با $D=8\ \text{mm}$ استفاده می‌شود.

ظرفیت مجاز جوش ۴ میلی‌متر $=650\times0.4\times20=5200\ \text{kg}$

ظرفیت مجاز جوش ۸ میلی‌متر $=650\times0.8\times20=10400\ \text{kg}$

ظرفیت مجاز کل جوش $=5200+10400=15600\ \text{kg}=15.6\ \text{ton}$

بنابراین بار مجاز قابل حمل، $P=15.60\ \text{ton}$ خواهد بود.

مثال ۱۰ ـ ۴ اتصال متعادل در انتهای نبشی

مطلوب است تعیین طول و اندازهٔ جوش‌های گوشه‌ای که قادر به‌انتقال ظرفیت کششی نهایی یک نبشی باشد (شکل ۱۰ ـ ۱۷). از یک جوش گوشه عرضی در انتهای نبشی و جوش‌های متعادل در کناره‌های آن استفاده نمایید.

اندازهٔ نبشی $150\times100\times12$ بوده که از بال $15\ \text{cm}$ به‌ورق متصل شده است. سطح مقطع نبشی $28.7\ \text{cm}^2$ می‌باشد. در نتیجه بار مجاز کششی نبشی برابر است با:

$$P=1400\times28.7=40180\ \text{kg}$$

اندازهٔ ساق جوش حداکثر $=12-2=10\ \text{mm}$

برای سهولت اجرا از جوش ۹ میلی‌متر استفاده می‌شود.

$$R_w=650\times0.9=585\ \text{kg/cm}$$

در انتهای نبشی $P_e=15\times585=8775\ \text{kg}$

برای تعیین L_1 حول خط اثر نیروی F_2 لنگر می‌گیریم.

$$(40180)\times(4.89)-(8775)\times(7.5)-(L_1\times585)\times(15)=0 \qquad L_1=14.89\text{cm}\approx15\text{cm}$$

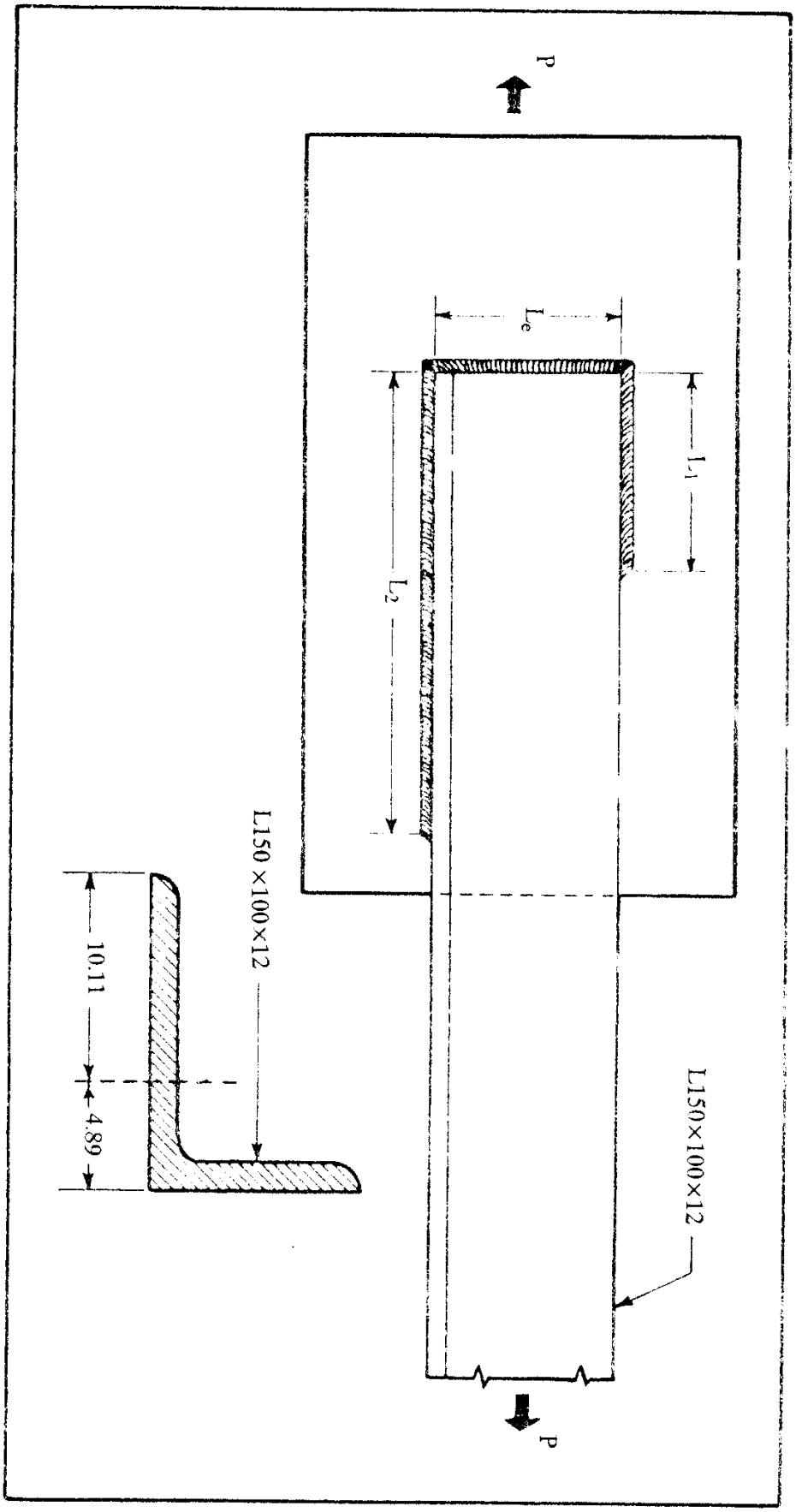
برای تعیین L_2، از شرط صفر بودن مجموع نیروها در امتداد P استفاده می‌شود.

$$40180-8775-(14.89)\times(650)-(L_2)\times(650)=0 \qquad L_2=33.42\ \text{cm}\approx34\ \text{cm}$$

۱۰ ـ ۱۰ اتصالات جوشی با برون‌محوری

کارآیی بسیار زیاد جوش و سادگی جوشکاری، باعث شده که اتصالات جوشی برای موارد استفاده

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



شکل ۱۰-۱۷

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

بسیار وسیعی مانند اتصالاتی که تحت بارگذاری‌های شکل ۱۰ ـ ۱۸ قرار دارند، راه‌حل مناسبی باشد.

تحلیل الاستیک دقیق تنش‌ها در یک اتصال جوشی برون‌محور کاری غیرعملی است. در این مورد از فلسفهٔ مقاومت نهایی با استفاده از تنش‌های مجاز اسمی استفاده می‌شود.

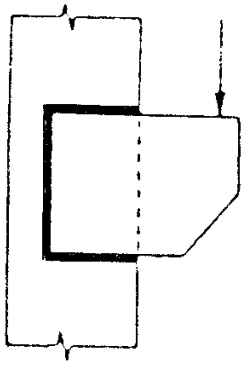
روند عمومی برای به‌دست آوردن تنش‌های اسمی در گروه جوش‌ها بر اساس فرضیات عمومی مورد بحث در قبل و قوانین مقاومت مصالح قرار دارد. این روش به‌طور خلاصه از گام‌های زیر تشکیل می‌گردد.

۱ ـ بعد گلوی مؤثر جوش t_e را تعیین نموده، مقطعی از گروه جوش‌ها، رسم نمایید.

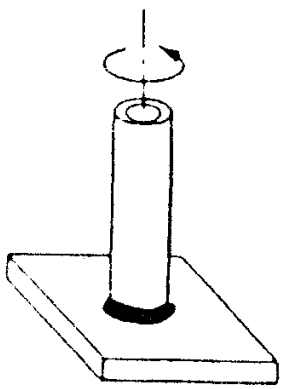
۲ ـ دستگاه مختصاتی تعیین کرده و مرکز هندسی جوش‌ها را به‌دست آورید.

۳ ـ نیروهای وارد بر گروه جوش‌ها را تعیین کنید.

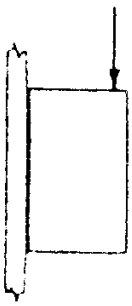
۴ ـ تنش‌های در اثر برش مستقیم، پیچش و خمش را در نقاط بحرانی جوش با استفاده از روابط معمول مقاومت مصالح، به‌طور مستقل از هم پیدا کنید. در جدول ۱۰ ـ ۳ روابط مقاومت مصالح و روابط مورد استفاده در تعیین تنش جوش‌ها نشان داده شده است.

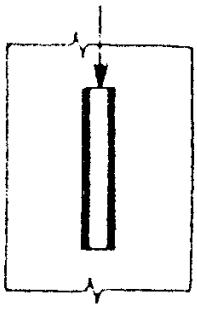


(الف) برش و پیچش



(ب) پیچش خالص



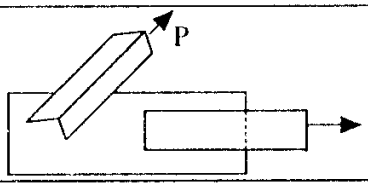
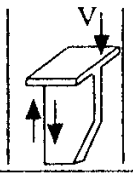
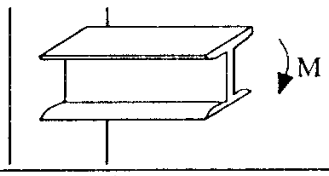
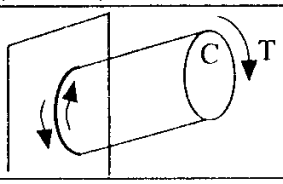
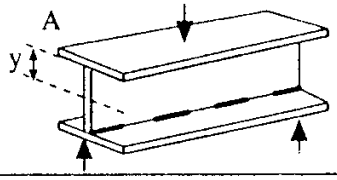
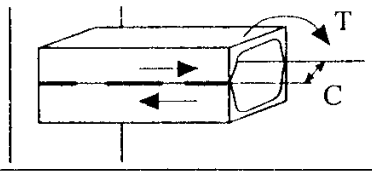


(پ) برش و خمش

شکل ۱۰ ـ ۱۸ ـ انواع بارگذاری‌های خارج از مرکز.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جدول ۱۰ ـ ۳ ـ روابط مقاومت مصالح و روابط تعیین تنش در جوش

نوع بارگذاری		رابطهٔ عمومی تنش	رابطهٔ نیروی خط جوش
	جوش‌های اصلی		
	کشش یا فشار	$\sigma = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{A_w}$
	برش عمودی	$\tau = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{A_w}$
	خمش	$\sigma = \frac{M}{Z}$	$f = \frac{M}{Z_w}$
	پیچش	$\tau = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TC}{J_w}$
	جوش‌های فرعی		
	برش عمودی	$\tau = \frac{VAy}{It}$	$f = \frac{VAy}{In}$
	برش پیچشی	$\tau = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TCt}{J}$

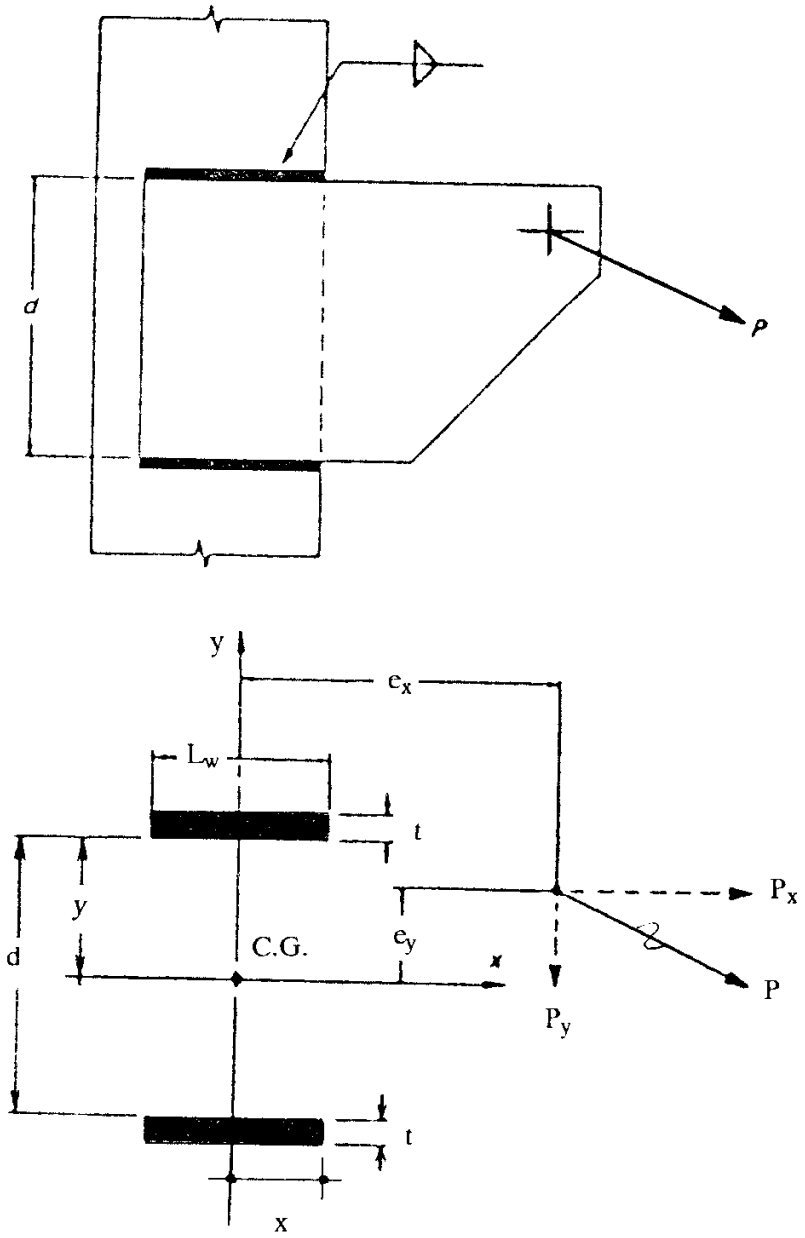
۵ ـ تنش‌های به‌دست آمده در یک نقطه را جمع‌برداری نمایید.

روش عمومی که در فوق ذکر شد، در مثال‌هایی که بعداً می‌آید مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۰ ـ ۱۱ ترکیب برش و پیچش

شکل ۱۰ ـ ۱۹ ـ الف، اتصال لچکی را نشان می‌دهد که تحت اثر نیروی برشی و لنگر پیچشی قرار

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱۰ ـ ۱۹

دارد. مقطع مؤثر و سیستم نیروهای وارده، در شکل ۱۰ ـ ۱۹ ـ ب، به‌نمایش درآمده است. با استفاده از روابط مقاومت مصالح، تنش ناشی از نیروهای فوق برابر است با:

$$f' = \frac{P}{A} = \text{تنش ناشی از نیروی برشی}$$

$$f'' = \frac{T.r}{I_p} = \text{تنش ناشی از لنگر پیچشی}$$

که در آن:

r = فاصلهٔ شعاعی از مرکز هندسی تا نقطهٔ محاسبه تنش

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

I_p= لنگر اینرسی قطبی سطح مقطع مؤثر جوش‌ها

برای محاسبهٔ تنش اسمی، محل خط‌های جوش به‌جای مرکز گلوی مؤثر، در لبهٔ جوش‌های گوشه در نظر گرفته می‌شوند. این امر تغییر محسوسی در نتایج ایجاد نمی‌نماید.

برای حالت عمومی که در شکل ۱۰ ـ ۱۹ ـ ب، به‌نمایش درآمده، مؤلفه‌های تنش در اثر نیروی برشی مستقیم عبارتند از:

$$f'_x = \frac{P_x}{A}$$

$$f'_y = \frac{P_y}{A}$$

مؤلفه‌های x و y تنش f'' حاصل از پیچش عبارتند از:

$$f''_x = \frac{Ty}{I_p} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)y}{I_p}$$

$$f''_y = \frac{Tx}{I_p} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)x}{I_p}$$

$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_x = 2Ad^2 = 2L_w t y^2$$

$$I_y = 2t\,\frac{L_w^3}{12} = \frac{1}{6}\,tL_w^3$$

$$I_p = \frac{tL_w}{6}\left(L_w^2 + 12y^2\right)$$

با استفاده از نمادهای شکل ۱۰ ـ ۲۰، رابطهٔ فوق به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$I_p = \frac{bt}{6}\left(b^2 + 3d^2\right)$$

بنابراین، پس از تعیین مؤلفه‌های پیچشی، مؤلفه‌های x و y برآیند تنش‌ها عبارتند از:

$$f_x = f'_x + f''_x$$

$$f_y = f'_y + f''_y$$

و برآیند تنش عبارت است از:

$$f_r = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$$

$$= \sqrt{(f'_x + f''_x)^2 + (f'_y + f''_y)^2}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

تنش برآیند به‌دست آمده، باید از مقدار تنش مجاز جوش کمتر باشد:

$$f_r < F_{\text{مجاز}}$$

با توجه به‌مجهول بودن t، برای محاسبهٔ تنش در گروه جوش‌ها، I_p و سایر مشخصات هندسی مورد لزوم را می‌توان با روشی شبیه آنچه در تعیین مشخصات شکل ۱۰ ـ ۱۹ مورد استفاده قرار گرفت، منتها با فرض $t=1$ به‌دست آورد. پس از تعیین f_r برای ضخامت واحد، آن را می‌توان مساوی ارزش جوش قرار داده و ضخامت مؤثر مورد نیاز را محاسبه نمود:

$$f_r = R_w = (\text{تنش مجاز})t$$

از معادلهٔ فوق به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{f_r}{\text{تنش مجاز}}$$

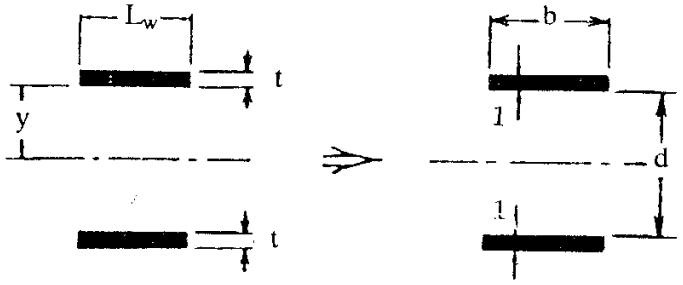
و یا برحسب ارزش جوش:

$$f_r = 650\,D \longrightarrow D = f_r/650$$

اگر جوش‌های تشکیل‌دهندهٔ مقطع شکل ۱۰ ـ ۱۹ را با ضخامت واحد فرض نماییم با استفاده از نمادهای عام b و d (شکل ۱۰ ـ ۲۰) رابطهٔ ممان اینرسی قطبی به‌این صورت درمی‌آید:

$$I_p = \frac{b}{6}\,(b^2 + 3d^2)$$

در جدول ۱۰ ـ ۴ مقادیر I_p و سایر مشخصات هندسی، برای اشکال معمول جوش، ارائه شده است.



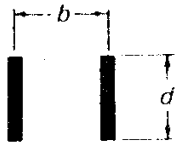
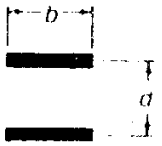
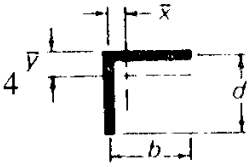
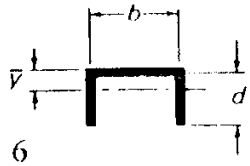
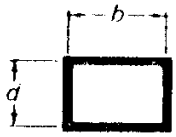
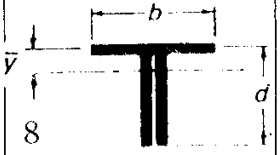
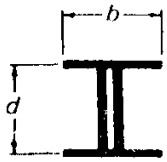
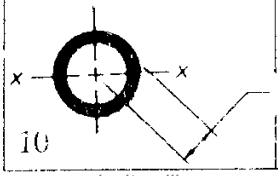
شکل ۱۰ ـ ۲۰ ـ فرض جوش به‌عنوان اشکالی مرکب از خطوط با ضخامت واحد.

مثال ۱۰ ـ ۵

اندازهٔ جوش گوشه مورد نیاز برای استفاده در اتصال شکل ۱۰ ـ ۲۱ را با فرض استفاده از الکترود E60 با تنش‌های مجاز آیین‌نامه فولاد ایران به‌دست آورید. در طرح اتصال ضخامت ورق تعیین‌کننده نبوده، جوش ظرفیت اتصال را کنترل می‌نماید.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جدول ۱۰ ـ ۴ ـ مشخصات هندسی جوش‌ها با ضخامت مؤثر واحد

مقطع b= عرض d= ارتفاع		مدول مقطع S=	لنگر اینرسی قطبی I_p= حول مرکز هندسی
1. 		$S=\frac{d^2}{6}$	$I_p=\frac{d^3}{12}$
2. 		$S=\frac{d^2}{3}$	$I_p=\frac{d(3b^2+d^2)}{6}$
3. 		$S=bd$	$I_p=\frac{b(3d^2+b^2)}{6}$
4 	$\bar{x}=\frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y}=\frac{d^2}{2(b+d)}$	$S=\frac{4bd+d^2}{6}$	$I_p=\frac{(b+d)^4-6b^2d^2}{12(b+d)}$
5 	$\bar{x}=\frac{b^2}{2b+d}$	$S=bd+\frac{d^2}{6}$	$I_p=\frac{8b^3+6bd^2+d^3}{12}-\frac{b^4}{2b+d}$
6 	$\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$	$S=\frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+6b^2d+8d^3}{12}-\frac{d^4}{2d+b}$
7. 		$S=bd+\frac{d^3}{3}$	$I_p=\frac{(b+d)^3}{6}$
8 	$\bar{y}=\frac{d^2}{b+2d}$	$S=\frac{2bd+d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+8d^3}{12}-\frac{d^4}{b+2d}$
9 		$S=bd+\frac{d^2}{3}$	$I_p=\frac{b^3+3b^2+d^3}{6}$
10 		$S=\pi r^2$	$I_p=2\pi r^3$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

حل:

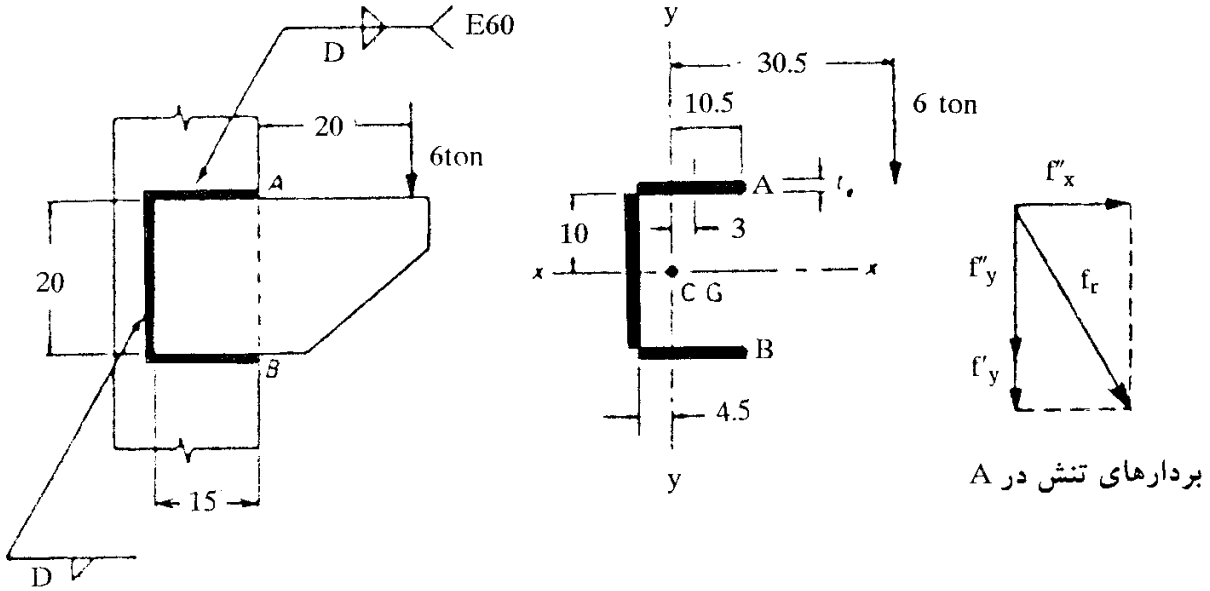
حداکثر تنش در گروه جوش‌ها، در نقاط A و B اتفاق می‌افتد.

با استفاده از ردیف پنجم جدول ۱۰ ـ ۴ مختصات مرکز هندسی و ممان اینرسی قطبی جوش تعیین می‌شود:

$$b=15 \text{ cm} \ , \ d=20 \text{ cm}$$

$$\bar{x}=\frac{(15)(15)}{2(15)+20}=4.5 \text{ cm}$$

$$I_p=\frac{8(15)^3+6(15)(20)^2+20^3}{12}-\frac{15^4}{2(15)+20}=4904.2 \text{ cm}^3$$



بردارهای تنش در A

شکل ۱۰ ـ ۲۱ ـ مثال ۱ (اندازه‌ها به‌سانتی‌متر).

$$A=2(15)+20=50 \text{ cm}$$

$$f'_y=\frac{p_y}{A_p}=\frac{6\times1000}{(50)}=120 \text{ kg/cm}$$

$$f''_x=\frac{T.y}{I_p}=\frac{(6\times1000)(30.5)(10)}{4904.2}=373.15 \text{ kg/cm}$$

$$f''_y=\frac{T.x}{I_p}=\frac{(6\times1000)(30.5)(10.5)}{4904.2}=391.81 \text{ kg/cm}$$

جمع برداری تنش‌ها، برآیند f_r را به‌دست می‌دهد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

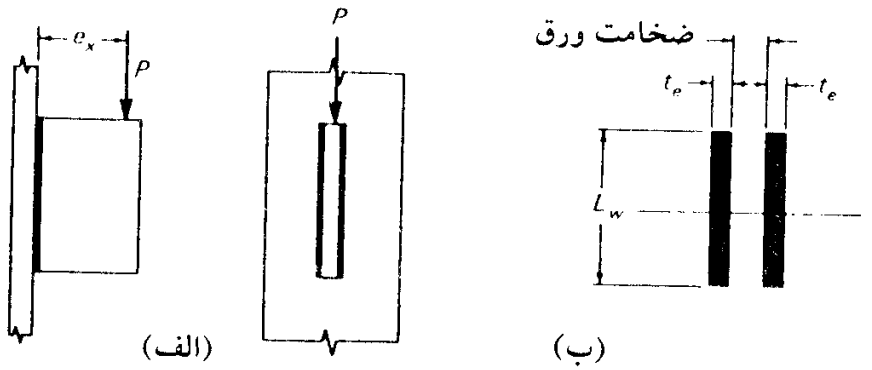
$$f_r = \sqrt{(373.15)^2 + (120+391.81)^2} = 633.40\,\text{kg/cm}$$

با مساوی قرار دادن f_r با حداکثر مقدار مجاز آن به‌دست می‌آوریم:

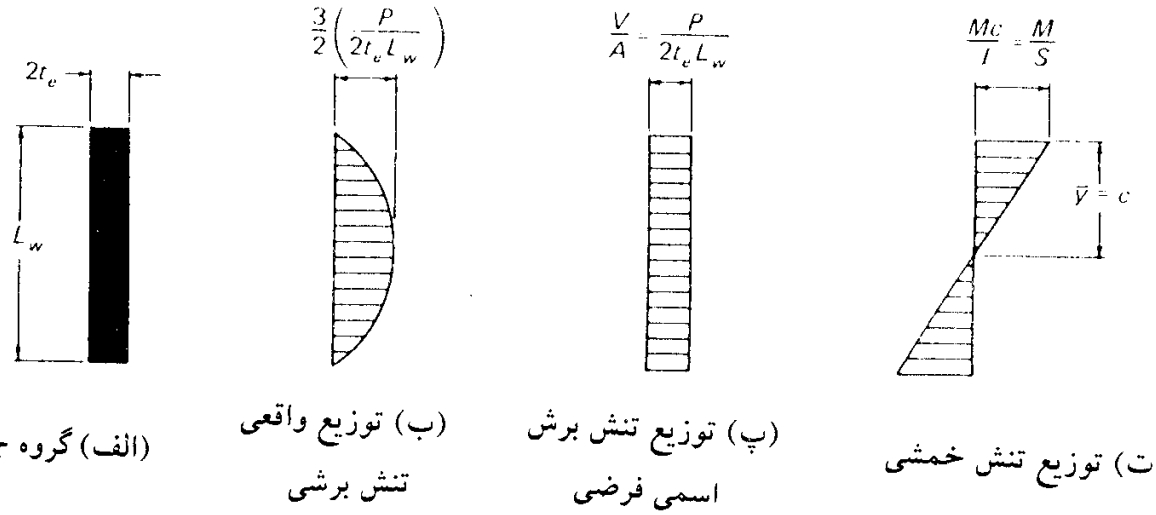
$633.4 = 650\,D \rightarrow D = 0.974$ بگوییم $D = 10$ mm

۱۰ ـ ۱۲ ترکیب برش و خمش

ترکیب تنش‌های برشی و خمشی از جمع برداری تنش‌های اسمی برشی و خمشی به‌دست می‌آید. نحوهٔ عمل با مثال تیغه‌نشیمن[5] شکل ۱۰ ـ ۲۲ ـ الف و مقطع مؤثر گروه جوش‌های آن در شکل ۱۰ ـ ۲۲ ـ ب، به‌نمایش درآمده است. شکل ۱۰ ـ ۲۳ نمایشگر تغییرات تنش برشی و خمشی می‌باشد. باید متوجه این موضوع باشیم که حداکثرهای تنش برشی و خمشی در یک محل از جوش



شکل ۱۰ ـ ۲۲ ـ جوش تحت اثر توأم برش و خمش.



شکل ۱۰ ـ ۲۳ ـ تنش روی خطوط قائم جوش تحت اثر برش و خمش.

5– bracket

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

اتفاق نمی‌افتند. لیکن به‌منظور ساده کردن محاسبات، فرض می‌شود تنش برشی اسمی همانند شکل ۱۰ ـ ۲۳ ـ پ، توزیع می‌گردد. سپس حداکثر تنش خمشی با تنش برشی اسمی جمع برداری می‌گردد.

برای این مورد خاص، تنش برشی قائم برابر است با:

$$f'_y = \frac{P_y}{A} = \frac{P}{2t\ L_w}$$

و تنش قائم ناشی از خمش عبارت است از:

$$f''_x = \frac{Mc}{I} = \frac{(Pe_x)(L_w/2)}{\left[\frac{2t\ (L_w)^3}{12}\right]} = \frac{3Pe_x}{t\ (L_w)^2}$$

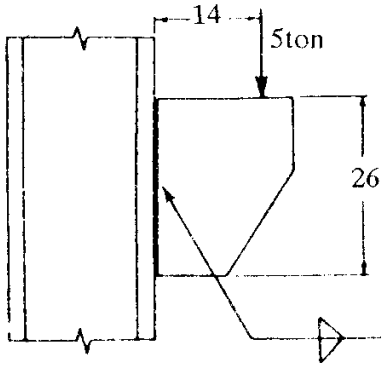
برآیند تنش‌ها به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$f_r = \sqrt{(f'_y)^2 + (f''_x)^2}$$

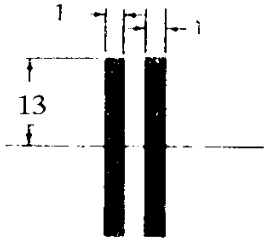
برای مؤلفهٔ خمشی تنش ممان اینرسی I برحسب محور خمش، ممکن است I_x یا I_y باشد. مقادیر I را می‌توان به‌طریقی مشابه I_p، برای اشکال مختلف جوش که از خطوطی به‌عرض واحد تشکیل شده‌اند به‌دست آورد. برای بعضی اشکال متداول مقدار $S = \frac{I}{c}$ در جدول ۱۰ ـ ۴ داده شده است.

مثال ۱۰ ـ ۶

اندازهٔ ساق جوش لازم برای اتصال نمایش داده شده در شکل ۱۰ ـ ۲۴ ـ الف، را با استفاده از الکترود



(الف) بیغه نشیمن



(ب) سطح مقطع فرضی جوش

شکل ۱۰ ـ ۲۴ ـ مثال ۱۰ ـ ۶ (تمام اندازه‌ها به‌سانتی‌متر).

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

E60 با تنش مجاز آیین‌نامه فولاد ایران و جوشکاری به‌روش جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش‌دار به‌دست آورید. فرض کنید که نیمرخ ستون و ورق مورد استفاده، طرح را کنترل نمی‌کند.

حل:

تنش متوسط برشی با فرض اندازهٔ جوش مساوی ۱ سانتی‌متر عبارت است از:

$$f'_y = \frac{P}{A} = \frac{5\times1000}{2(26)} = 96.15 \text{ kg/cm}$$

$$I_x = \frac{2(1)\times(26)^3}{12} = 2929.33 \text{ cm}^3$$

$$f''_x = \frac{Mc}{I} = \frac{(5\times1000)(14)13}{2929.33} = 310.65 \text{ kg/cm}$$

$$f_r = \sqrt{(96.15)^2 + (310.65)^2} = 325.19 \text{ kg/cm}$$

اندازهٔ ساق جوش برابر می‌شود با:

$$650\,D = 325.19 \rightarrow D = 0.5 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$$

استفاده شود از جوش ۵ میلی‌متری با الکترود E60 یا معادل آن.

۱۰ ـ ۱۳ تخمین طول جوشی که تحت اثر لنگر خمشی است

برای تخمین طول جوش گوشه مورد نیاز، در اتصالاتی که تحت اثر لنگر خمشی به‌علت نیروی خارج از مرکز می‌باشند، می‌توان روش زیر را به‌کار برد. اگر f_r برآیند تنش‌های وارده بر جوشی با $t_e=1$ باشد، برای لنگری که تنها روی یک خط جوش اثر کرده می‌توان نوشت:

$$f_r = \frac{M}{S} = \frac{M}{(\frac{1}{6}L_w^2)} \text{ kg/cm}$$

چون حداکثر مقادیر f_r مساوی R_w می‌باشد:

$$R_w = \frac{6M}{L_w^2}$$

یا:

$$L_w = \sqrt{\frac{6M}{R_w}}$$

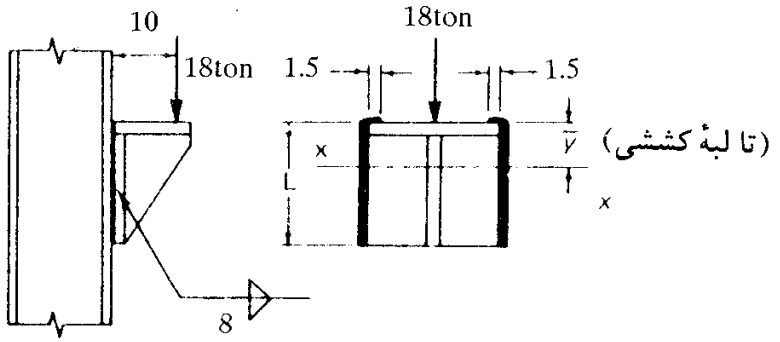
از آنجا که این رابطه برای لنگر تنها صادق است، مقدار R_w ای که در عبارت فوق جاگذاری

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

می‌شود را، باید برای به‌حساب آوردن اثر برش مستقیم مقداری کاهش داد.

مثال ۱۰ ـ ۷

طول جوش مورد نیاز برای تحمل بار شکل ۱۰ ـ ۲۵ را با فرض استفاده از جوش گوشه‌ای به‌اندازهٔ ساق ۸ میلی‌متر با الکترود E60 و تنش‌های مجاز آیین‌نامه فولاد ایران به‌دست آورید.



شکل ۱۰ ـ ۲۵ ـ مثال ۱۰ ـ ۷ (اندازه‌ها به‌سانتی‌متر).

حل:

برای تخمین L با استفاده از رابطهٔ قبل:

$$R_w = 650 \times .8 = 520 \text{ kg/cm}$$

$$M = 18(10) = 180 \text{ ton.cm} \quad \text{(بر دو خط جوش)}$$

$$L = \sqrt{\frac{6M}{R_w}} = \sqrt{\frac{6(180\times1000)}{520}} = 45.57 \text{ cm}$$

L را مساوی ۳۵ سانت با دو خط جوش با برگشت ۱/۵ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم. با استفاده از حالت ۸ جدول ۱۰ ـ ۴ داریم:

$$b = 3 \text{ cm} \qquad d = 35 \text{ cm}$$

$$\text{(از بالا)}\ \bar{y} = \frac{d^2}{b+2d} = \frac{35^2}{3+70} = 16.78 \text{ cm}$$

$$S_t = \frac{2bd+d^2}{3} = \frac{2\times3\times35+35^2}{3} = 478.33 \text{ cm}^3$$

$$A = 2d+b = 2\times35+3 = 73 \text{ cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

(برش مستقیم) $f = \frac{18000}{73} = 246.58 \text{ kg/cm}$

(خمش) $f = 180000/478.33 = 376.31 \text{ kg/cm}$

$f_r = \sqrt{246.58^2 + 376.31^2} = 449.9 \text{ kg/cm}$

$R_w = 650 \times 0.8 = 520 \text{ kg/cm} > 449.9$ خوبست

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

فصل ۱۱

طراحی اتصالات

۱۱ ـ ۱ کلیاتی در مورد اتصالات

۱۱ ـ ۱ ـ ۱ انواع اتصالات

مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران، ساختمان‌های فولادی را برحسب نوع اتصالاتی که در آنها به‌کار می‌رود به‌سه دسته تقسیم می‌کند. این سه دسته عبارتند از:

الف) ساختمان‌های نوع ۱، قاب‌های صلب : در این نوع ساختمان‌ها پیوستگی کامل در محل اتصالات برقرار می‌باشد، به‌این ترتیب که زاویهٔ اولیه بین اعضای متقاطع در محل اتصال ثابت نگاه داشته می‌شود. این عمل با تأمین درجه گیرداری چرخشی در حدود ۹۰ درصد یا بیشتر که برای جلوگیری از تغییر زاویه ضرورت دارد، انجام می‌پذیرد.

ب) ساختمان‌های نوع ۲، قاب‌های ساده : در این نوع ساختمان‌ها گیرداری چرخشی در انتهای اعضا در حدی که عملاً امکان آن وجود دارد، پایین نگاه داشته می‌شود. اگر زاویه اصلی بین اعضای متقاطع امکان تغییری تا حدود ۸۰ درصد مقدار چرخش تئوریک اتصالی مفصلی و کاملاً بدون اصطکاک را دارا باشد، اتصال این اعضا را می‌توان ساده محسوب نمود.

پ) ساختمان‌های نوع ۳، قاب‌های نیمه‌صلب : در این نوع اتصالات، گیرداری چرخشی بین ۲۰ تا ۹۰ درصد گیرداری لازم برای جلوگیری از هر گونه تغییر زاویه می‌باشد. به‌عبارت دیگر می‌توان فرض کرد که در اتصالات نیمه صلب لنگر انتقالی توسط اتصال، نه مانند اتصالات ساده صفر (یا مقداری کوچک) است، و نه مساوی لنگر به‌دست آمده از تحلیل الاستیک قاب صلب می‌باشد. محدودیت استفاده از این نوع اتصال عمدتاً به‌خاطر اشکالاتی است که در تخمین صحیح درجه

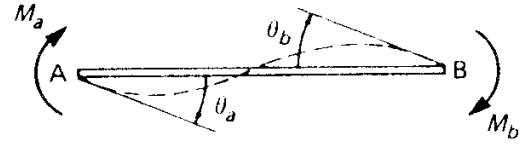
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

گیرداری آنها وجود دارد.

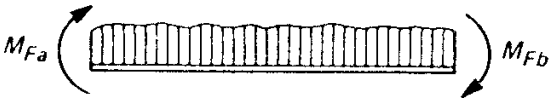
۱۱ ـ ۱ ـ ۲ خط تیر

به‌منظور درک بهتر تفاوت‌های عملی بین انواع اتصالات می‌توان از مفهوم خط تیر که یک وسیلهٔ ترسیمی بسیار خوبی است استفاده نمود.

همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۱ به‌نمایش درآمده، تیری مانند AB که تحت لنگرهای M_a و M_b قرار گرفته و شیب‌های انتهایی آن θ_a و θ_b می‌باشد را در نظر بگیرید. لنگرهایی که برای داشتن $\theta_a=\theta_b=0$ مورد لزوم می‌باشند، با M_{Fa} و M_{Fb} نامگذاری می‌کنیم که همان لنگرهای گیرداری[۲] هستند.



(الف) لنگرهای انتهایی و شیب‌های نهایی



(ب) لنگرهای گیرداری

شکل ۱۱ ـ ۱ ـ لنگر و چرخش برای معادلات شیب ـ افت (جهت مثبت لنگرها).

از معادلات شیب ـ افت به‌دست می‌آوریم:

$$M_a=M_{Fa}+\frac{4EI}{L}\theta_a+\frac{2EI}{L}\theta_b$$
$$M_b=M_{Fb}+\frac{2EI}{L}\theta_a+\frac{4EI}{L}\theta_b \qquad (۱۱-۱)$$

اگر معادلات فوق را برای θ_a و θ_b حل کنیم، داریم:

$$\frac{6EI}{L}\theta_a=2(M_a-M_{Fa})-(M_b-M_{Fb})$$
$$\frac{6EI}{L}\theta_b=-(M_a-M_{Fa})+2(M_b-M_{Fb}) \qquad (۱۱-۲)$$

1– beam line

2– fixed-end moiment

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

با تفریق معادله دوم از معادلهٔ اول به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{6EI}{L}(\theta_a-\theta_b)=3(M_a-M_b)-3(M_{Fa}-M_{Fb}) \qquad (۳-۱۱)$$

و اگر بارگذاری را قرینه کنیم، داریم:

$$M_b=-M_a \qquad \theta_b=-\theta_a \qquad M_{Fb}=-M_{Fa} \qquad (۴-۱۱)$$

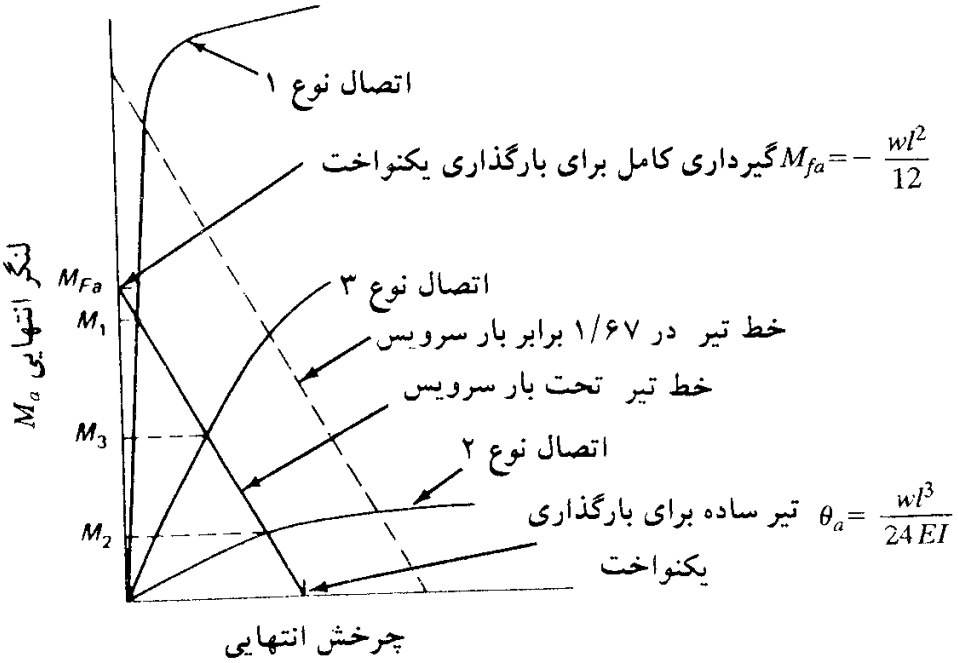
با جاگذاری مقادیر بالا در رابطهٔ ۲ ـ ۳ به‌دست می‌آید:

$$\frac{2EI}{L}\theta_a=M_a-M_{Fa} \qquad (۵-۱۱)$$

یا:

$$M_a=M_{Fa}+\frac{2EI}{L}\theta_a$$

رابطهٔ بالا را معادله خط تیر[3] نامگذاری کرده‌اند. وقتی که $\theta_a=0$ (گیرداری کامل)، داریم: $M_a=M_{Fa}$ و برای انتهای مفصلی که در آن $M_a=0$، شیب $\theta_a=-\frac{M_{Fa}}{\frac{2EI}{L}}$ خواهد شد. شکل ۱۱ ـ ۲



شکل ۱۱ ـ ۲ ـ مشخصه‌های «لنگر چرخش».

منحنی خط تیر را به‌همراه رابطه لنگر ـ چرخش اتصالات ۱ و ۲ و ۳ به‌نمایش می‌گذارد.

یک اتصال صلب باید قادر باشد لنگری معادل M_1 (حدود ۹۰ درصد لنگر گیرداری) یا بیشتر

3– beam line equation

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

را انتقال دهد. اتصال ساده‌ای از نوع ۲ تنها باید ۲۰ درصد لنگر M_{Fa} یا کمتر را انتقال دهد، که با لنگر M_2 نشان داده شده است. ولی از اتصال نیمه صلب انتظار می‌رود که قادر به‌تحمل و انتقال لنگری مابین مقادیر فوق باشد که احیاناً حدود ۵۰ درصد لنگر گیرداری M_{Fa} می‌باشد.

اگر قادر باشیم رابطه لنگر ـ چرخش یک اتصال مشخص را تعیین کنیم، می‌توان قدرت اتصال را طوری طراحی کرد که چرخش انتهایی θ با آنچه در اثر بار ایجاد می‌گردد، همساز باشد.

۱۱ ـ ۲ اتصال ساده تیر با نبشی جان

۱۱ ـ ۲ ـ ۱ کلیات

اتصالات سادهٔ برشی به‌کمک نبشی جان، برای متصل ساختن تیر به‌تیر دیگر یا به‌بال ستون به‌کار می‌روند. در این نوع اتصال، نبشی باید تا سرحد امکان انعطاف‌پذیر در نظر گرفته شود.

وقتی که از نبشی جان برای اتصال تیر به‌ستون استفاده می‌گردد، فاصله آزادی در حدود ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود تا اگر تیر در حدود رواداری‌های مجاز بلند بود، بدون بریدن سر آن و تنها با جابه‌جا کردن نبشی بتوان آن را نصب کرد. وقتی که اتصال دو تیر به‌نحوی انجام می‌گیرد که بال‌های فوقانی هر دو در یک تراز واقع می‌گردد، باید قسمتی از بال تیری را که مقصود، ایجاد اتصال ساده برای آن است جدا کرده، مانند شکل ۱۱ ـ ۳ ـ پ، اتصال را برقرار ساخت. در این حالت، مقطع فقط مقدار کمی از بال خود را که در تحمل برش نقش ناچیزی دارد از دست می‌دهد، بنابراین هم‌تراز کردن تیرها فقط مقدار کوچکی از مقاومت برشی اولیه می‌کاهد.

۱۱ ـ ۲ ـ ۲ طراحی اتصال نبشی جان به‌تیر (جوش A)

جوش این اتصال تحت برش برون محور قرار دارد. از اصول مطرح شده در فصل دهم درخصوص طراحی جوش در اینجا نیز استفاده به‌عمل می‌آید.

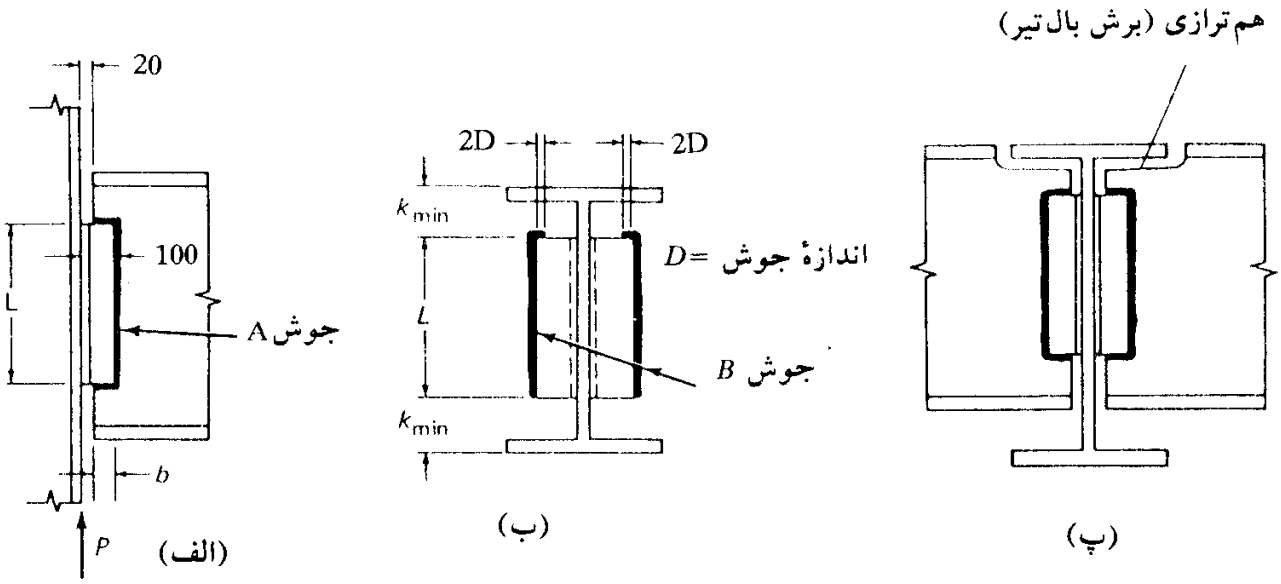
مثال ۱۱ ـ ۱

در اتصال به‌کمک نبشی جان شکل ۱۱ ـ ۳، ظرفیت جوش A را به‌دست آورید. تیر مورد استفاده IPBL 600 و اندازهٔ ساق جوش ۸ میلی‌متر می‌باشد. ابعاد نبشی $100\times100\times10$ mm به‌طول ۴۰ سانتی‌متر بوده و از الکترود E60 و تنش‌های مجاز مبحث دهم استفاده می‌شود.

حل:

با استفاده از رابطه شمارهٔ ۵ جدول ۱۰ ـ ۴، ممان اینرسی قطبی جوش A برابر می‌شود با:

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱۱ ـ ۳ ـ اتصال سادهٔ تیر با نبشی جان (اندازه‌ها به‌میلی‌متر).

$b=8 \qquad d=40$

$$I_p=\frac{8(8)^3+6(8)(40)^2+(40)^3}{12}-\frac{(8)^4}{2(8)+40}=12001.5\ \text{cm}^3$$

مؤلفهٔ برش مستقیم:

$$f'_y=\frac{p}{2(40+2\times8)}=0.0089\ \text{p}$$

مرکز هندسی نوار جوش:

$$\bar{x}=\frac{8^2}{(2\times8+40)}=1.14\ \text{cm}$$

مؤلفه‌های x و y تنش پیچشی عبارتند از:

$$f''_y=\frac{T.x}{I_p}=\frac{p(10-1.14)(10-1.14-2.0)}{2(12001.5)}=0.00253\ \text{p}$$

$$f''_x=\frac{T.y}{I_p}=\frac{p(10-1.14)(20)}{2(12001.5)}=0.00738\ \text{p}$$

ارزش جوش:

$$f_r=p\sqrt{(0.0089+0.00253)^2+(0.00738)^2}=0.01361\ \text{p}$$

$$R_w=650\,D=650\times(0.8)=520\ \text{kg/cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

$$f_r = R_w$$

$$0.01361\ p = 520 \times 10^{-3}$$

$$p_{WA} = 38.32 \text{ ton}$$

۱۱ ـ ۲ ـ ۳ طراحی اتصال نبشی جان به‌تکیه‌گاه (جوش B)

با توجه به‌توزیع تنش شکل ۱۱ ـ ۴ می‌توان نوشت:

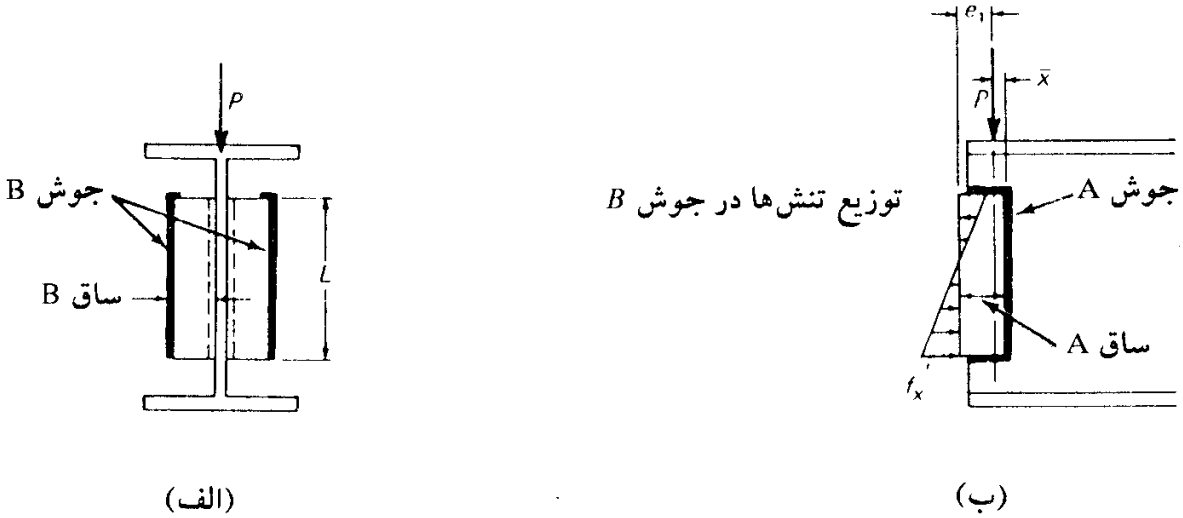
مؤلفه خمشی تنش:

$$f'_x = \frac{MC}{I} = \frac{pe_1\left(\frac{L}{2}\right)}{2 \times \frac{1}{12} \times 1 \times L^3} = \frac{3pe_1}{L^2}$$

$$f'_y = \frac{p}{2L}$$

با جمع دو مؤلفهٔ فوق نتیجه می‌شود:

$$f_r = \sqrt{\left(\frac{p}{2L}\right)^2 + \left(\frac{3pe_1}{L^2}\right)^2} = \frac{p}{2L^2}\sqrt{L^2 + 36e_1^2} \qquad (۶ - ۱۱)$$



شکل ۱۱ ـ ۴ ـ اتصال نبشی جان (جوش شده در کارگاه).

مثال ۱۱ ـ ۲

مطلوب است تعیین ظرفیت جوش B در شکل ۱۱ ـ ۴ ـ الف، در صورتی که اندازه ساق جوش ۸ میلی‌متر بوده و طول L مساوی ۵۰ سانتی‌متر باشد. نبشی‌های به‌کار رفته در این اتصال به‌ابعاد

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$100\times100\times10$ mm و الکترود مصرفی در طرح E60 بوده و تنش‌های مجاز جوش از آیین‌نامهٔ فولاد ایران به‌دست می‌آید:

حل:

$$\bar{x}=\frac{(10-2)^2}{2(10-2)+50}=0.97 \text{ cm}$$

$$e_1=10-\bar{x}=10-0.97=9.03 \text{ cm}$$

$$f_r=\frac{p}{2(50)^2}\sqrt{(50)^2+36\times(9.03)^2}=0.0147\,p$$

ارزش جوش:

$$R_w=650D=650\times0.8=520 \text{ kg/cm}$$

$$f_r=R_w$$

$$0.0147P=520\times10^{-3}$$

$$P_{WB}=35.27 \text{ t}$$

۱۱ ـ ۲ ـ ۳ تنش برشی در تیر و نبشی

آنچه در بندهای قبل آمد، تنها محاسبهٔ ظرفیت جوش‌های A و B نبشی جان بود. ظرفیت هر اتصالی، حداقل ظرفیت قابل تحمل توسط هر یک از عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن اتصال می‌باشد. در اتصال نبش جان، برای اینکه ظرفیت جوش‌های A و B حاکم بر طرح شوند می‌بایستی تیر، نبشی و تکیه‌گاه، ظرفیت بیشتری (یا حداقل مساوی) از جوش‌ها داشته باشند.

ظرفیت برشی تیر باید از ظرفیت برشی جوش A بیشتر باشد:

$$0.4F_y t_w \geq 2\times(650D_a)$$

$$t_w \geq \frac{1300D_a}{0.4F_y} \qquad (۷-۱۱)$$

ظرفیت برشی نبشی باید از ظرفیت برشی جوش‌ها بیشتر باشد:

$$p=0.4F_y tL \geq p_w$$

$$t \geq \frac{p_w}{0.4F_y L} \qquad (۸-۱۱)$$

در روابط فوق، t_w ضخامت جان تیر، t ضخامت نبشی، D_a اندازهٔ جوش A و L ارتفاع نبشی

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

همه برحسب سانتی‌متر، F_y تنش تسلیم مصالح برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و P_w کمترین دو مقدار ظرفیت جوش A و جوش B برحسب کیلوگرم می‌باشد.

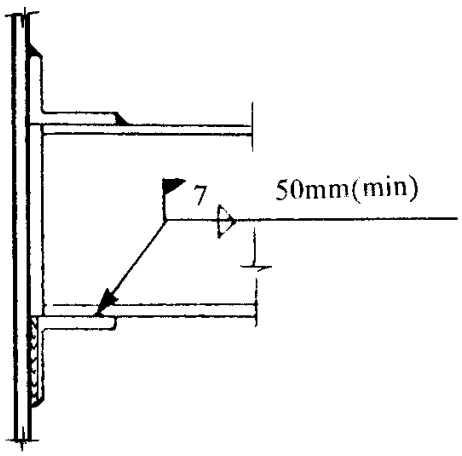
در مورد تکیه‌گاه نیز، برحسب نوع آن می‌بایستی شرایط تحمل برش را ارضاء نمود.

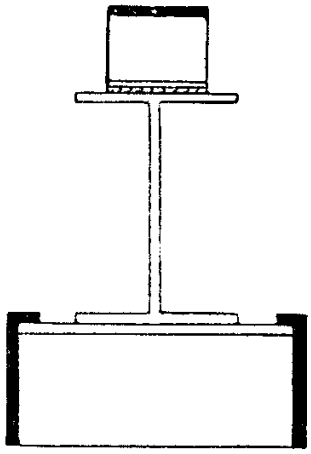
در صورتی که ضخامت جان تیر یا نبشی از مقادیر فوق کمتر باشد، ظرفیت اتصال توسط جان تیر و یا نبشی محدود می‌گردد.

۱۱ ـ ۳ اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن انعطاف‌پذیر

۱۱ ـ ۳ ـ ۱ کلیات

در این نوع اتصال، تیر بر روی یک نبشی نشیمن که هیچ‌گونه تقویتی در آن صورت نگرفته است، قرار می‌گیرد. این نوع اتصال را باید همیشه همراه با یک نبشی بالایی که تنها وظیفهٔ آن تأمین تکیه‌گاه جانبی برای بال فشاری است، به‌کار برد.



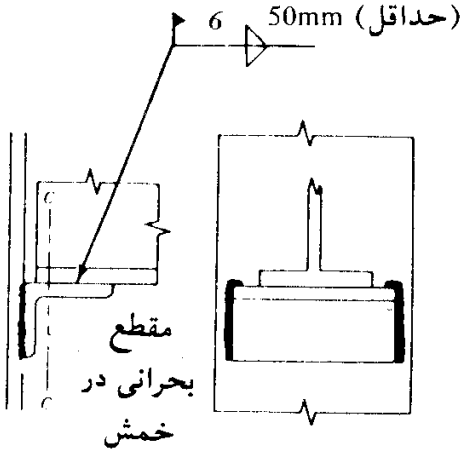


شکل ۱۱ ـ ۵

مانند اتصالات ساده با نبشی جان، منظور از اتصالات نشیمن تنها انتقال واکنش تکیه‌گاهی قائم است. بنابراین اتصال نباید در انتهای تیر، گیرداری قابل توجهی ایجاد کند. به‌این دلیل است که نبشی نشیمن و نبشی بالایی باید نسبتاً قابل انعطاف باشند.

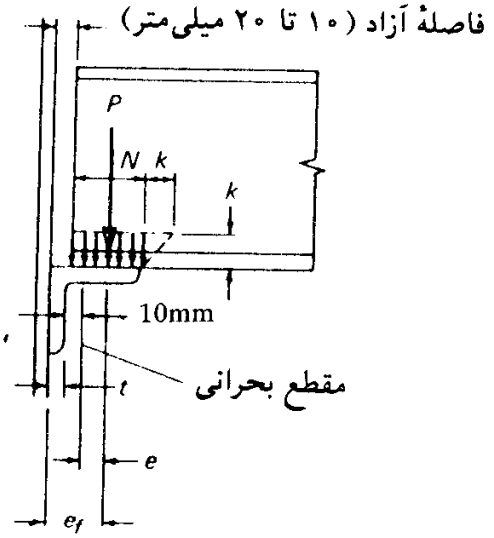
ضخامت نبشی نشیمن به‌وسیلهٔ تنش خمشی روی مقطع بحرانی که در شکل ۱۱ ـ ۶ نشان داده شده است، تعیین می‌گردد. محل مقطع بحرانی را در فاصله ۱۰ میلی‌متری از وجه نبشی در نظر می‌گیرند. در این مورد فرق نمی‌کند که تیر به‌نشیمن خود متصل شده باشد یا نه. در عمل، غالباً تیر را به نشیمن متصل می‌کنند. محل مقطع بحرانی در نزدیکی آغازگردی اتصال ساق افقی نبشی به‌ساق قائم آن واقع شده است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۶

لنگر خمشی در مقطع بحرانی نبشی و محل اتصال به‌بال ستون، با ضرب کردن واکنش تکیه‌گاهی در فاصلهٔ آن از مقطع بحرانی مورد نظر به‌دست می‌آید. محل اثر واکنش تکیه‌گاهی در وسط طول لازم N برای جلوگیری از لهیدگی بین جان و بال که از انتهای تیر اندازه‌گیری می‌گردد، در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱۱ ـ ۷

۱۱ ـ ۳ ـ ۲ روش طراحی

طراحی یک نشیمن تقویت‌نشده شامل مراحل زیر است:

۱ ـ تعیین عرض نشیمن N

۲ ـ تعیین بازوهای لنگر e و e_f

۳ ـ تعیین طول و ضخامت نبشی

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقفین
NIAZIT
CEILING

۴ ـ تعیین ابعاد ساق نبشی و اندازه جوش لازم

عرض نشیمن بر مبنای طول لازم N برای جلوگیری از لهیدگی بین جان و بال، تعیین می‌گردد:

$$N=\frac{p}{0.66\,F_y t_w}-2.5\,K \geq K$$

که در آن:

t_w= ضخامت جان تیر

k= فاصلهٔ سطح خارجی بال تا آغازگردی بین جان و بال

بنابراین:

فاصله آزاد مونتاژ $+N \geq$ عرض نشیمن

عرض نشیمن نباید از ۷/۵ سانتی‌متر کمتر باشد. در این مورد عدد ۱۰ سانتی‌متر قابل توصیه است. بازوهای لنگر e و e_f به‌ترتیب زیر به‌دست می‌آید:

$$e_f = \text{فاصلهٔ آزاد مونتاژ} + N/2 \qquad (۱۱-۱۱)$$

$$e=e_f-t-1.0\ \text{cm} \qquad (۱۱-۱۲)$$

لنگر خمشی روی مقطع بحرانی نبشی عبارت است از:

$$M=p.e$$

$$f_b=\frac{M}{S}=\frac{pe}{\frac{1}{6}bt^2}=\frac{6pe}{bt^2} \qquad (۱۱-۱۳)$$

با استفاده از تنش مجاز یک مقطع توپر مربعی که حول محور ضعیف خود خم شده است، داریم:

$$F_b=0.75\,F_y$$

$$t^2=\frac{6pe}{0.75\,F_y b}=\frac{8pe}{F_y b} \qquad (۱۱-۴)$$

مثال ۱۱ ـ ۳

مطلوب است طراحی اتصال ساده با نبشی نشیمن انعطاف‌پذیر برای تیری با نیمرخ IPE 300 و به‌دهانه ۷/۵ متر که دارای تکیه‌گاه جانبی کافی می‌باشد. تیر از جنس فولاد نرمه با تنش تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

حل:

در خیلی از موارد طرح، عاقلانه آن است که نشیمن را برای حداکثر واکنش تکیه‌گاهی مربوط

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

به‌هنگامی که تیر به‌ظرفیت خمشی خود می‌رسد، طراحی نماییم. به‌چنین اتصالی، اتصال «تمام قدرت» می‌گویند. به‌کار بردن چنین اتصالی موجب آن می‌گردد که اعضای اصلی و اتصالات آنها از ضرایب اطمینان یکسانی برخوردار باشند و طرح یکنواخت‌تر شود. در مورد بعضی تیرهای با دهانه خیلی کوچک، ممکن است ظرفیت برشی معرف تمام قدرت باشد.

الف) تعیین طول و ضخامت نبشی

IPB300 : $b=15$ cm , $t_w=0.71$ cm , $k=2.57$ cm , $s_x=557$ cm^3

$$M=0.66\,F_y S_x=0.66\times2400\times557\times10^{-5}=8.82 \text{ ton.m}$$

$$p=\frac{WL}{2}=\frac{8M}{2L}=\frac{8\times8.82}{2\times7.5}=4.70 \text{ ton}$$

$$N=\frac{p}{0.66F_y t_w}-2.5\,k=\frac{4.70\times10^3}{0.66\times2400\times0.71}-2.5\times2.57=-2.25<k$$

بنابراین طول N را مساوی ۲/۵۷ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

با فرض اینکه برش قطعات در کارگاه آهنبری از دقت زیادی برخوردار نیست، فاصلهٔ مونتاژ را ۲ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم:

$$e_f=\frac{2.57}{2}+2=3.28 \text{ cm}$$

انتخاب اول برای ضخامت نبشی:

$$t=12 \text{ mm}$$

$$e=e_f-t-1.0=3.28-1.2-1.0=1.08 \text{ cm}$$

طول نبشی را کمی بیشتر از پهنای بال تیر اختیار می‌کنیم:

$$b=15+2\times2=19 \text{ cm}$$

$$t^2=\frac{8pe}{F_y b}=\frac{8\times(4.70\times10^3)\times1.08}{2400\times19}=0.89 \rightarrow t=0.94 \text{ cm}$$

استفاده می‌شود از نبشی به‌ضخامت ۱۲ میلی‌متر و طول ۱۹ سانتی‌متر (مثلاً $\frac{120\times120\times12}{L=190}$).

ب) تعیین ابعاد ساق نبشی و اندازهٔ جوش لازم

در طرح اولیه از نبشی $L\ 120\times120\times12$ که طول هر یک از ساق‌های آن ۱۲ سانتی‌متر است، استفاده می‌شود. براساس محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای: حداکثر اندازهٔ جوش ۱۰ و حداقل اندازهٔ

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد.

با صرف‌نظر کردن از طول‌های جوش برگشت داریم:

$$f_r = \frac{p}{2L^2}\sqrt{L^2 + 36e_1^2}$$

$p=4.70$ ton , $L=12$ cm , $e_1=e_f=3.28$ cm

$$f_r = \frac{4.7\times10^3}{2\times12^2}\sqrt{12^2+36\times3.28^2} = 376.16\,\text{kg/cm}$$

$650D=376.16 \rightarrow D=0.58$ cm اندازهٔ جوش

راه حل محافظه‌کارانه‌تر، اندازه‌گیری e_1 از مراکز عرض تماس نشیمن می‌باشد.

$$e_1 = \frac{N}{2} + 2 = \frac{12-2}{2} + 2 = 7 \text{ cm}$$

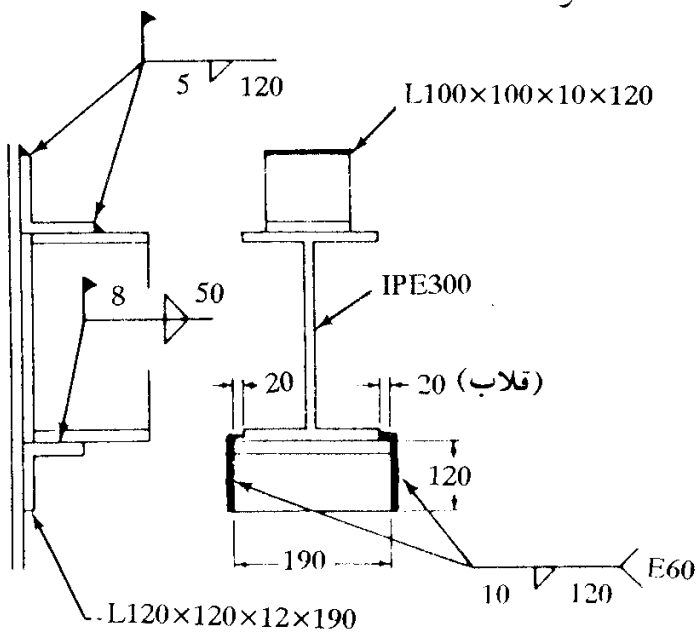
$$f_r = \frac{4.7\times10^3}{2\times(12)^2}\times\sqrt{12^2+36\times7^2} = 712.84\,\text{kg/cm}$$

$650D=712.84 \rightarrow D=1.1$ cm اندازهٔ جوش

بنابراین از جوش با اندازه $D=10$ mm استفاده می‌کنیم.

طول جوش برگشت $=2D=2\times10=20$ mm

نبشی بالایی و جوش‌های آن اسمی می‌باشند. به‌عنوان مثال می‌توان از نبشی $L\ 100\times100\times10$ با طول 120 mm و اندازهٔ جوش 5 mm استفاده نمود.



(ابعاد به‌میلی‌متر)

شکل ۱۱ ـ ۸

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

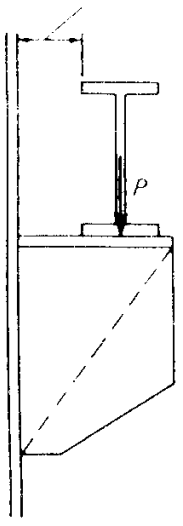
۱۱ ـ ۴ اتصال سادهٔ تیر با نشیمن تقویت‌شده

۱۱ ـ ۴ ـ ۱ کلیات

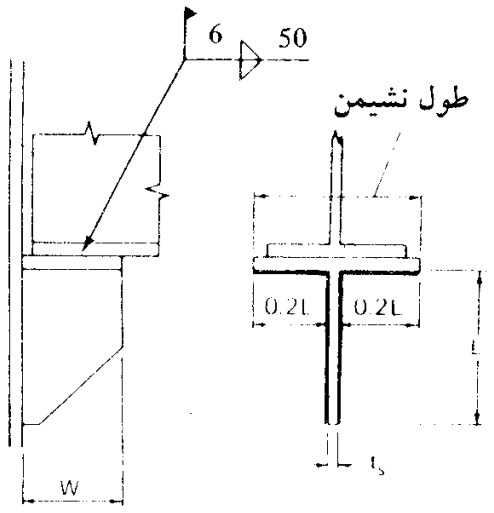
وقتی در اتصالات ساده با نشیمن، واکنش تکیه‌گاهی از حد قابل قبولی تجاوز نماید، باید از نشیمن تقویت شده با مقطع T شکل استفاده کرد. چه در غیر این‌صورت ضخامت نبشی نشیمن تقویت نشده (انعطاف‌پذیر) بسیار بزرگ می‌شود. این اتصال نیز از نوع ساده بوده و تنها وظیفه آن انتقال بارهای قائم است و هیچ لنگری را منتقل نمی‌کند.

واکنش‌های تکیه‌گاهی به‌دو صورت ممکن است بر نشیمن تقویت شده وارد گردند. در حالت متداول واکنش تکیه‌گاهی به‌وسیلهٔ تیری که جان آن مستقیماً در امتداد سخت‌کننده قرار گرفته است، منتقل می‌شود (شکل ۱۱ ـ ۹).

در حالت دوم، تیر طوری قرار گرفته است که جان آن عمود بر ورق سخت‌کننده است (شکل ۱۱ ـ ۱۰). به‌علاوه همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۱۱ دیده می‌شود، یکی دیگر از عوامل تفاوت رفتار نشیمن‌های تقویت شده، زاویهٔ برش لبهٔ آزاد سخت‌کنندهٔ آن می‌باشد. اگر زاویه θ حدوداً ۹۰ باشد، سخت‌کننده خود مانند ورق سخت نشدهٔ تحت فشار یکنواخت، رفتار می‌نماید که باید در مقابل کمانش موضعی محاسبه گردد. وقتی که ورق سخت‌کننده طوری برش خورده باشد که از آن یک صفحه سه‌گوش ایجاد گردد، رفتار متفاوتی از آن بروز می‌کند.



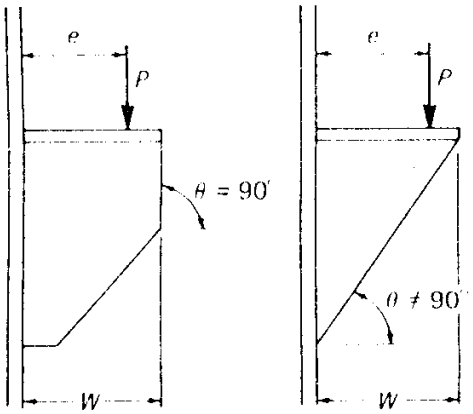
شکل ۱۱ ـ ۱۰



شکل ۱۱ ـ ۹

حداقل ۲۵ میلی‌متر فاصلهٔ آزاد

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



(الف) (ب)

شکل ۱۱ ـ ۱۱

۱۱ ـ ۴ ـ ۲ روش طراحی

گام‌هایی که برای طرح یک نشیمن تقویت شده برداشته می‌شود، به‌ترتیب زیر است:

۱ ـ تعیین عرض نشیمن

۲ ـ تعیین خروج از مرکزیت بار، e_s

۳ ـ تعیین ضخامت سخت‌کننده، t_s

۴ ـ تعیین اندازه و طول جوش

همانند حالت قبل، عرض نشیمن بر مبنای حداقل طول لازم N برای جلوگیری از لهیدگی بین جان و بال تیر تکیه داده شده، تعیین می‌گردد.

به‌خاطر صلبیت سخت‌کننده قسمتی که تحت بیشترین تنش‌ها قرار دارد، برخلاف نشیمن‌های تقویت نشده، به‌جای کناره داخلی، در لبه خارجی نشیمن واقع می‌گردد (شکل ۱۱ ـ ۱۲).

ضخامت صفحهٔ نشیمن‌گاه، در حدود ضخامت بال تیر انتخاب می‌گردد.

اگر فرض کنیم که واکنش P تیر، در فاصلهٔ $N/2$ از لبهٔ نشیمن وارد می‌گردد، t_s (ضخامت سخت‌کننده) باید طوری تعیین شود که شرایط زیر را ارضاء نماید:

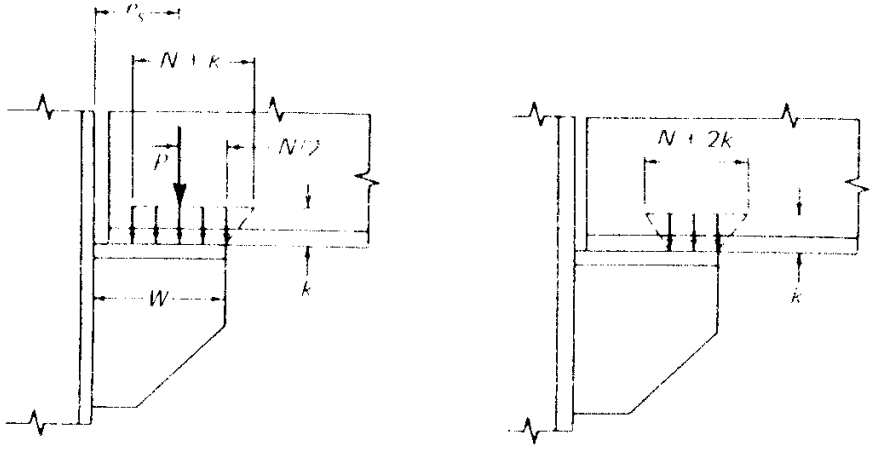
شرط ۱: ضخامت سخت‌کننده حداقل به‌اندازه ضخامت جان تیر باشد:

$$t_s \geq t_w \qquad (۱۱ ـ ۱۵)$$

شرط ۲: به‌منظور جلوگیری از کمانش موضعی سخت‌کننده:

$$t_s \geq \frac{w}{795/\sqrt{F_y}} \qquad (۱۱ ـ ۱۶)$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



(الف) (ب)

شکل ۱۱ ـ ۱۲ ـ تنش فشاری تماسی بر روی نشیمن‌های تقویت‌شده.

شرط ۳: برای جلوگیری از لهیدگی سخت‌کننده:

$$f_b = \frac{P}{A} + \frac{M}{S} = \frac{P}{wt_s} + \frac{P(e_s - \frac{w}{2})}{t_s \frac{w^2}{6}} = \frac{P}{t_s w^2}(6e_s - 2w)$$

$$t_s \geq \frac{P(6e_s - 2w)}{0.9F_y w^2} \qquad (۱۱ ـ ۱۷)$$

در رابطهٔ فوق، تنش مجاز لهیدگی برابر $0.9F_y$ اختیار شده است (در حالت محافظه‌کارانه‌تر، این مقدار برابر $0.6F_y$ می‌باشد).

شرط ۴: برای کنترل تنش برشی انتقال یافته از جوش بین سخت‌کننده و تکیه‌گاه، به‌سخت‌کننده:

$$t_s \geq \frac{3118D}{F_y} \qquad (۱۱ ـ ۱۸)$$

با فرض دو خط جوش گوشه با اندازهٔ ساق D سانتی‌متر با الکترود E60 و با تنش‌های مجاز استاندارد ۵۱۹ ایران، برای اینکه جوش کاملاً مؤثر بوده و در ورق سخت‌کننده باعث اضافه تنش برشی نگردد، باید داشته باشیم:

$$2\times(0.707D)(0.70\times0.30\times4200) = 0.4F_y t_s$$

که‌این معادله رابطهٔ ۱۱ ـ ۱۸ را نتیجه می‌دهد. برای فولاد ساختمانی عادی با تنش حد جاری شدن

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع داریم:

$$t_s \geq 1.30D$$

به‌ترتیبی که در بالا آمد، می‌توان برای انواع فولاد و الکترود و براساس تنش‌های مجاز آیین‌نامه‌های مختلف، ضخامت سخت‌کننده را در رابطه با اندازه جوش لازم، به‌دست آورد.

وقتی که ابعاد سخت‌کننده تعیین گردید، باید جوش اتصال را طوری طراحی نمود که واکنش تکیه‌گاهی تیر را با بازوی لنگر e_s به‌ستون انتقال دهد. برای نشیمن‌های جوش شده، کتاب دستی AISC طرح جوشی همانند شکل ۱۱ ـ ۹ ـ ب را پیشنهاد می‌کند. این جوش، تحت برش مستقیم و خمش قرار دارد که تنش مرکب در بالای جوش، تنش بحرانی طرح می‌باشد.

وضعیت جوش‌ها، مشابه حالت ۴ جدول ۱۰ ـ ۴ می‌باشد. با قرار دادن $d=L$ و $b=0.2L$ در مقادیر جدول مذکور، داریم:

$$\bar{y}=\frac{L^2}{2(L+b)}=\frac{L^2}{2(1.2L)}=\frac{L}{2.4}$$

$$s_x=\frac{2(4bL+L^2)}{6}=\frac{4(0.2L)L+L^2}{3}=0.6\,L^2$$

$$f''_x=\frac{M}{s_x}=\frac{pe_s}{0.6L^2}\rightarrow$$

$$f'_y=\frac{p}{2(L+0.2L)}=\frac{p}{2.4L}\downarrow$$

$$f_r=\sqrt{\left(\frac{pe_s}{0.6L^2}\right)^2+\left(\frac{p}{2.4L}\right)^2}=\frac{p}{2.4L^2}\sqrt{16e_s^2+L^2} \qquad (۱۹-۱۱)$$

مثال ۱۱ ـ ۴

نشیمن تقویت‌شده‌ای با استفاده از جوش طوری طراحی نمایید که یک تیر IPE 450 با واکنش تکیه‌گاهی ۴۰ تن را تحمل نماید. فولاد مورد استفاده از نوع st37 با تنش جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.

حل:

IPE450: $b=19$ cm , $t_w=0.94$ cm , $t=1.46$ cm , $k=3.56$ cm

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$$N=\frac{p}{0.66F_y t_w}-2.5k=\frac{40\times10^3}{0.66\times2400\times0.94}-2.5\times3.56=17.96\text{ cm}$$

w لازم $=17.96+2$ (بادخور) $=19.96$ cm

پهنای نشیمن w را مساوی ۲۲ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

$w=22$ cm

چون ضخامت بال تیر ۱/۴۶ سانتی‌متر است، از ورقی به‌ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر برای نشیمن استفاده می‌کنیم.

حداقل اندازهٔ جوش لازم برای جوشکاری ورق ۱۵ میلی‌متری نشیمن و بال تیر به‌ضخامت ۱۴/۶ میلی‌متر، برابر ۶ میلی‌متر می‌باشد. ما از همین اندازه جوش برای تثبیت تیر روی نشیمن استفاده می‌نماییم.

در مرحلهٔ بعد ضخامت سخت‌کننده را تعیین می‌کنیم.

$$t_s\geq t_w=0.94\text{ cm}$$

$$t_s\geq\frac{w}{795/\sqrt{F_y}}=\frac{22}{795/\sqrt{2400}}=1.35\text{ cm}$$

$$e_s=w-\frac{N}{2}=22-\frac{17.96}{2}=13\text{ cm}$$

$$t_s\geq\frac{p(6e_s-2w)}{0.9F_y w^2}=\frac{40\times10^3(6\times13-2\times22)}{0.9\times2400\times22^2}=1.3\text{ cm}$$

اگر تنش مجاز لهیدگی را به $0.6F_y$ کاهش دهیم، به‌یک ورق ۱۶ میلی‌متری نیاز پیدا می‌کنیم.

با استفاده از ورق ۱۴ میلی‌متری، حداکثر اندازهٔ مجاز جوش از رابطه ۱۱ ـ ۱۸ به‌دست می‌آید:

$$D_{\text{maxeff}}=\frac{F_y t_s}{3118}=\frac{2400\times1.4}{3118}=1\text{cm}$$

برای یافتن اندازه و طول جوش از $e_s=0.8w$ استفاده می‌نماییم. بااستفاده از رابطهٔ ۱۱ـ۱۹ و با فرض اینکه $0.8w$ (۱۷/۶ سانتی‌متر) در حدود $L/3$ می‌باشد، داریم:

$$f_r=\frac{p}{2.4L^2}\sqrt{16\left(\frac{L}{3}\right)^2+L^2}=0.69\frac{p}{L}$$

اگر از جوش ۸ میلی‌متری استفاده کنیم:

$$R_w=650D=650\times0.8=520\text{ kg/cm}$$

$$L\text{ لازم}\approx\frac{0.69\times40\times10^3}{520}=53.08\text{ cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

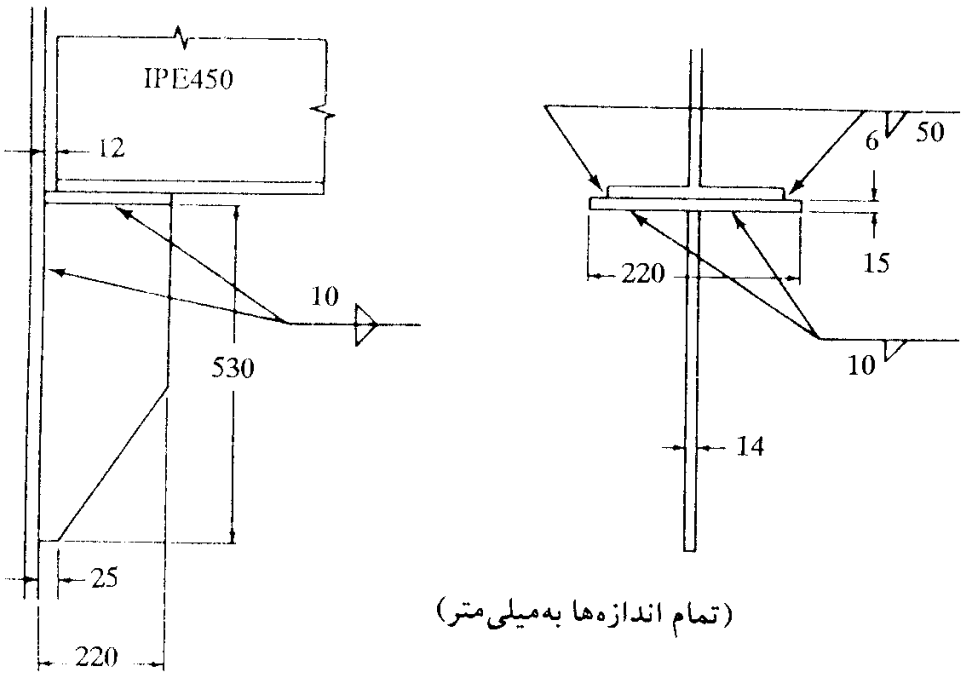
جوشی به‌طول ۵۳ و اندازه ۰/۸ سانتی‌متر را کنترل می‌کنیم:

$$f_r = \frac{40\times10^3}{2.4\times53^2}\sqrt{16\times(17.6)^2+53^2} = 523\,\text{kg/cm}$$

حدود ۰/۶ درصد اضافه تنش داریم که این مقدار اضافه تنش را با توجه به‌اینکه استفاده $e_s=0.8w$ تخمین دست بالایی از بازوی لنگر به‌دست می‌دهد، قبول می‌کنیم.

عرض ورق نشیمن، مساوی عرض بال (۱۹ سانتی‌متر) به‌علاوه فاصله کافی برای جوشکاری (تقریباً چهار برابر بعد جوش) انتخاب می‌گردد.

برای نبشی فوقانی از L100×100×10
استفاده می‌شود



(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر)

شکل ۱۱ ـ ۱۳

۱۱ ـ ۴ ـ ۳ استفاده از سخت‌کنندهٔ مثلثی در نشیمن‌های تقویت شده

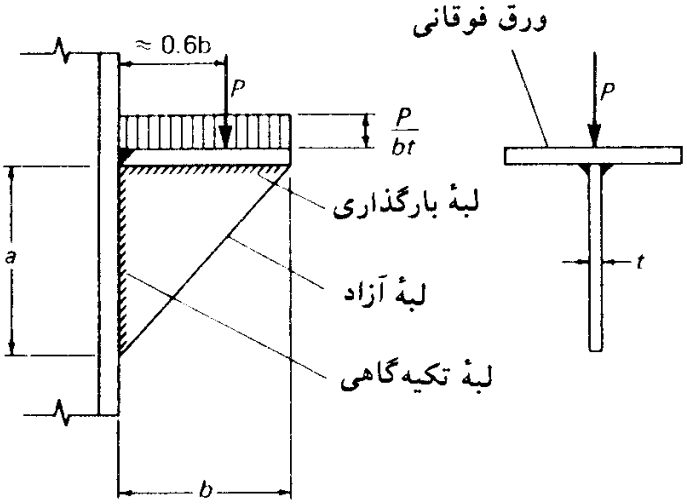
وقتی‌که صفحات سخت‌کننده در زیر یک نشیمن طاقچه‌ای به‌صورت مثلثی‌مانند شکل ۱۱ـ۱۱ـ ب، برش داده می‌شود، صفحه به‌صورتی متفاوت با حالتی که لبه آزاد موازی جهت بار وارده است عمل می‌نماید. این تفاوت خصوصاً در ناحیه‌ای که بیشترین تنش‌ها رخ می‌دهند به‌وجود می‌آید.

شکل ۱۱ ـ ۱۴ نمایشگر قرارگیری صفحه لچکی زیر نشیمن و علایمی است که در مورد آن

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

به‌کار می‌رود. برای صفحات سخت شدهٔ کوچک که عکس‌العمل تیر را متحمل می‌شوند، در صورت مثلثی بودن ورق سخت‌کننده، خطر کمانش و خرابی بسیار کم می‌باشد.

در حالت کلی، برش ورق به‌صورت مثلثی باعث ایجاد اتصالی سخت‌تر از حالت ورق مستطیلی، می‌گردد.



شکل ۱۱ ـ ۱۴ ـ صفحهٔ مثلثی در زیر نشیمن.

۱۱ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ توصیه‌های دقیق برای تحلیل و طراحی

در طی سالیان دراز طرح این نوع از نشیمن‌ها یا به‌صورت تجربی و بدون بهره‌گیری از تئوری و آزمایش انجام می‌گردید، و یا اینکه هرگاه طراح دچار شک می‌شد، نبشی یا ورق سخت‌کننده‌ای در طول لبه آزاد قرار می‌داد. توصیه‌هایی که در اینجا عرضه می‌گردد براساس فرضیات مشخص به‌شرح زیر قرار دارند:

۱ ـ صفحهٔ بالایی در سرتاسر طول خود به‌ستون متصل گردیده است.

۲ ـ نیروی P گسترده می‌باشد (لازم نیست که گسترده یکنواخت باشد) و مرکز اثر آن در فاصله‌ای حدود $0.6b$ از سطح تکیه‌گاه واقع شده است.

۳ ـ نسبت b/a یعنی طول لبه بارگذاری شده به‌لبهٔ تکیه داده شده بین ۰/۵ و ۰/۲ قرار دارد.

تحلیل تئوریک اصلی، کمانش الاستیک را در نظر می‌گیرد. در صورتی که کارهای تجربی نشان می‌دهند که لچکی‌های مثلثی از مقاومت بعد از کمانش قابل‌توجهی برخوردارند. معمولاً جاری شدن فولاد لبه آزاد قبل از وقوع کمانش اتفاق می‌افتد، در این مرحله توزیع مجددی از تنش‌ها به‌وقوع می‌پیوندد. در عمل حاشیه اطمینان قابل توجهی مشاهده شده که نماینده آن است که

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

ظرفیت نهایی مورد انتظار حداقل ۱/۶ برابر بار کمانش می‌باشد.

ملاحظه گردیده که حداکثر تنش در لبه آزاد به‌وجود می‌آید، اگرچه به‌خاطر طبیعت پیچیده توزیع تنش، تنش موجود در لبه آزاد را نمی‌توان به‌روش‌های ساده تعیین نمود. به‌خاطر این اشکال، یک نسبت Z بین تنش‌های متوسط P/bt روی لبه بارگذاری شده و f_{max} (تنش حداکثر روی لبه آزاد) برقرار نموده‌اند. رابطه تئوریک اصلی برای Z با توجه به‌نتایج آزمایش‌ها، اصلاح گردیده تا نزدیکی بیشتری با آنچه واقعاً در عمل می‌توان انتظار داشت، پیدا نماید. این رابطه به‌صورت زیر عرضه گردیده است:

$$z=\frac{p/bt}{f_{max}}=1.39-2.2\left(\frac{b}{a}\right)+1.27\left(\frac{b}{a}\right)^2-0.25\left(\frac{b}{a}\right)^3 \qquad (۱۱-۲۰)$$

اگر جاری‌شدن فولاد ورق، کنترل‌کنندهٔ مقاومت‌باشد و مقدار $0.6F_y$ به‌عنوان ضابطه مطمئنی برای تنش مجاز در نظر گرفته شود، می‌توان این ضابطه را به‌صورت زیر بیان کرد:

$$f_{max}=\frac{p/bt}{z}\le 0.6F_y \qquad (۱۱-۲۱)$$

برای جلوگیری از کمانش سخت‌کننده از روابط زیر می‌توان استفاده نمود:

$$0.5\le b/a\le 1.0\ ;\qquad \frac{b}{t}\le\frac{2092}{\sqrt{F_y}} \qquad (۱۱-۲۲-\text{الف})$$

$$1.0\le b/a\le 2.0\ ;\qquad \frac{b}{t}\le\frac{2092(b/a)}{\sqrt{F_y}} \qquad (۱۱-۲۲-\text{ب})$$

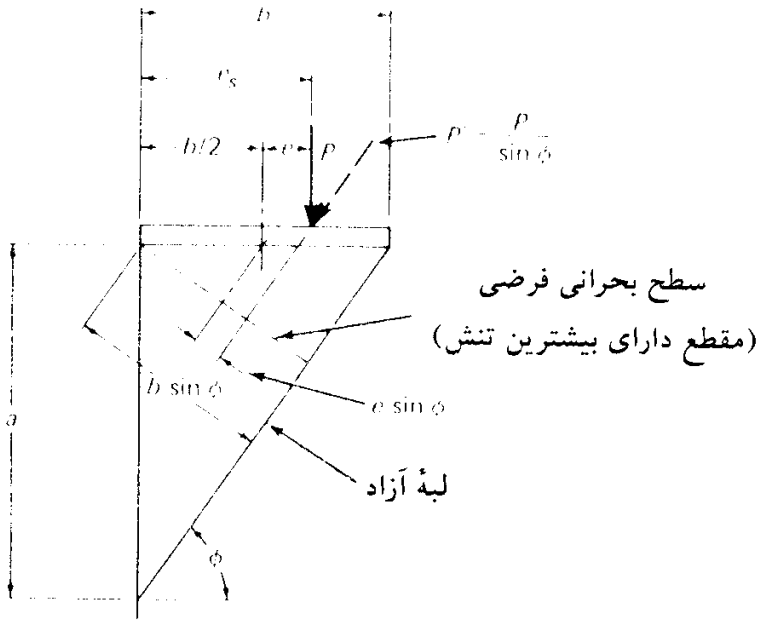
ارضای شرایط فوق بدان معنی است که جاری شدن در لبهٔ قطری آزاد قبل از وقوع کمانش اتفاق می‌افتد. نتایج به‌دست آمده در بالا تا حدودی بیشتر از نتایج حاصل از مطالعات صرفاً تئوریک می‌باشد.

۱۱-۴-۳-۲ تحلیل تقریبی براساس فرضیات خمش تیرها

برای سالیان دراز، تنش روی صفحات لچکی مثلثی و انواع دیگر صفحات سخت‌کننده زیر نشیمن‌ها براساس تحلیل تیر، و با استفاده از روابطی که از شکل ۱۱-۱۵ به‌دست می‌آیند، انجام می‌گرفت. تنش مرکب لبه آزاد روی مقطع بحرانی به‌ترتیب زیر محاسبه می‌گردد:

$$f_{max}=\frac{P}{A}+\frac{Mc}{I}=\frac{\frac{P}{\sin\phi}}{bt\sin\phi}+\frac{\left(\frac{P}{\sin\phi}\right)(e\sin\phi)\left(b\sin\frac{\phi}{2}\right)}{(b\sin\phi)^3\frac{t}{12}}=\frac{P}{bt\sin^2\phi}\left[1+\frac{6e}{b}\right] \qquad (۱۱-۲۳)$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱۱ ـ ۱۵ ـ تحلیل تیر برای صفحات سخت‌کنندهٔ نشیمن.

و یا برحسب e_s، رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۳ را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$f_{\max} = \frac{P}{bt\sin^2\phi}\left(\frac{6e_s}{b} - 2\right) \qquad (۱۱ - ۲۴)$$

اگر تنش حداکثر را به $0.6F_y$ محدود کنیم، ضخامت لازم برای به‌وجود آمدن این تنش به‌ترتیب زیر می‌باشد:

$$t \geq \frac{P}{b(0.60F_y)\sin^2\phi}\left(\frac{6e_s}{b} - 2\right) \qquad (۱۱ - ۲۵)$$

وقتی که از راه حل تحلیل تیر استفاده می‌نماییم، فرض بر این است که نواری به‌عرض $\frac{(b\sin\phi)}{4}$ به‌صورت یک عضو فشاری عمل می‌کند.

برای جلوگیری از اثرات کمانش رابطهٔ زیر پیشنهاد شده است:

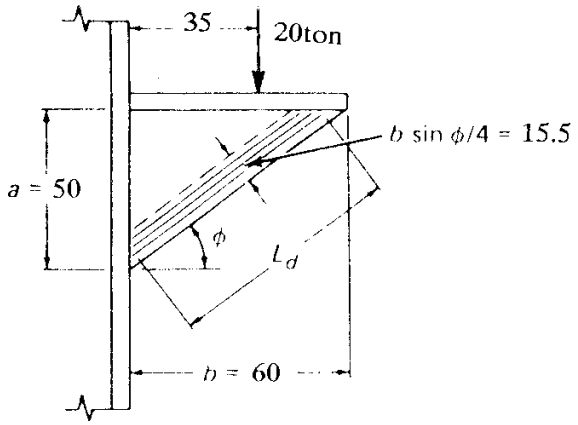
$$\frac{L_d}{t} \leq \frac{1355}{\sqrt{F_y\,(\mathrm{kg/cm^2})}} \qquad (۱۱ - ۲۶)$$

در رابطهٔ فوق، t ضخامت سخت‌کننده و L_d طول لبهٔ قطری آزاد می‌باشد.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

مثال ۱۱ ـ ۵

ضخامت لازم برای صفحه سخت‌کنندهٔ نشیمنی به‌شکل مثلث و به‌اضلاع ۵۰ در ۶۰ سانتی‌متر را که تحت بار ۲۰ تن قرار گرفته است، به‌دست آورید. فرض کنید که بار مانند شکل ۱۱ ـ ۱۶ در ۳۵ سانتی‌متری از تکیه‌گاه واقع شده، و در طرح از فولاد st37 با تنش تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع استفاده به‌عمل آمده است.



شکل ۱۱ ـ ۱۶ ـ طاقچهٔ نشیمن مثال (تمام اندازه‌ها به‌سانتی‌متر).

حل:

الف) با استفاده از روش دقیق و طراحی الاستیک

چون بار در حدود نقطه ۰/۶ از تکیه‌گاه قرار گرفته است، فرضیات روش مورد استفاده ارضاء می‌گردد.

از رابطهٔ ۱۱ ـ ۴ با $\frac{b}{a} = \frac{60}{50} = 1.2$ مقدار $z=0.15$ به‌دست می‌آید. برای ضابطهٔ جاری شدن داریم:

$$t \geq \frac{P}{bz(0.60F_y)} = \frac{20000}{60(0.15)(1440)} = 1.54 \text{ cm}$$

با استفاده از رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۲ ـ ب، داریم:

$$t \geq \frac{b\sqrt{F_y}}{2092\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{60\sqrt{2400}}{2092(1.2)} = 1.17 \text{ cm}$$

استفاده شود از ورق ۱۶ میلی‌متر

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ب) با استفاده از روش تقریبی تحلیل تیر و طراحی الاستیک

از رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۵ داریم:

$$t \geq \frac{P}{b(0.60F_y)\sin^2\phi}\left(\frac{6e_s}{b}-2\right)$$

که $\sin^2\phi=(0.64)^2=0.41$، پس:

$$t \geq \frac{20000}{60(1440)0.41}\left(\frac{6\times35}{60}-2\right)=0.85\ \text{cm}$$

که در رابطه با روش قبل اصلاً محافظه‌کارانه نیست.

برای کنترل پایداری رابطه ۱۱ ـ ۲۶ می‌دهد:

$$t \geq \frac{L_d\sqrt{F_y}}{1355}=\frac{(68)\sqrt{2400}}{1355}=2.46\,\text{cm}$$

که L_d در طول مرکز نوار لبه‌ای اندازه‌گیری شده است، سالمون و جانسون اعتقاد دارند که روش تحلیل تیر جواب‌های واقع‌بینانه‌ای به‌دست نمی‌دهد. ضابطه تنش جواب‌های دست پایین و ضابطه پایداری جواب‌های دست‌بالا، عرضه می‌دارد. به‌هر حال براساس این روش قدیمی یا باید از یک ورق ۲۵ میلی‌متری و یا از ورقی نازکتر همراه با سخت‌کننده‌هایی در لبهٔ آن استفاده نمود.

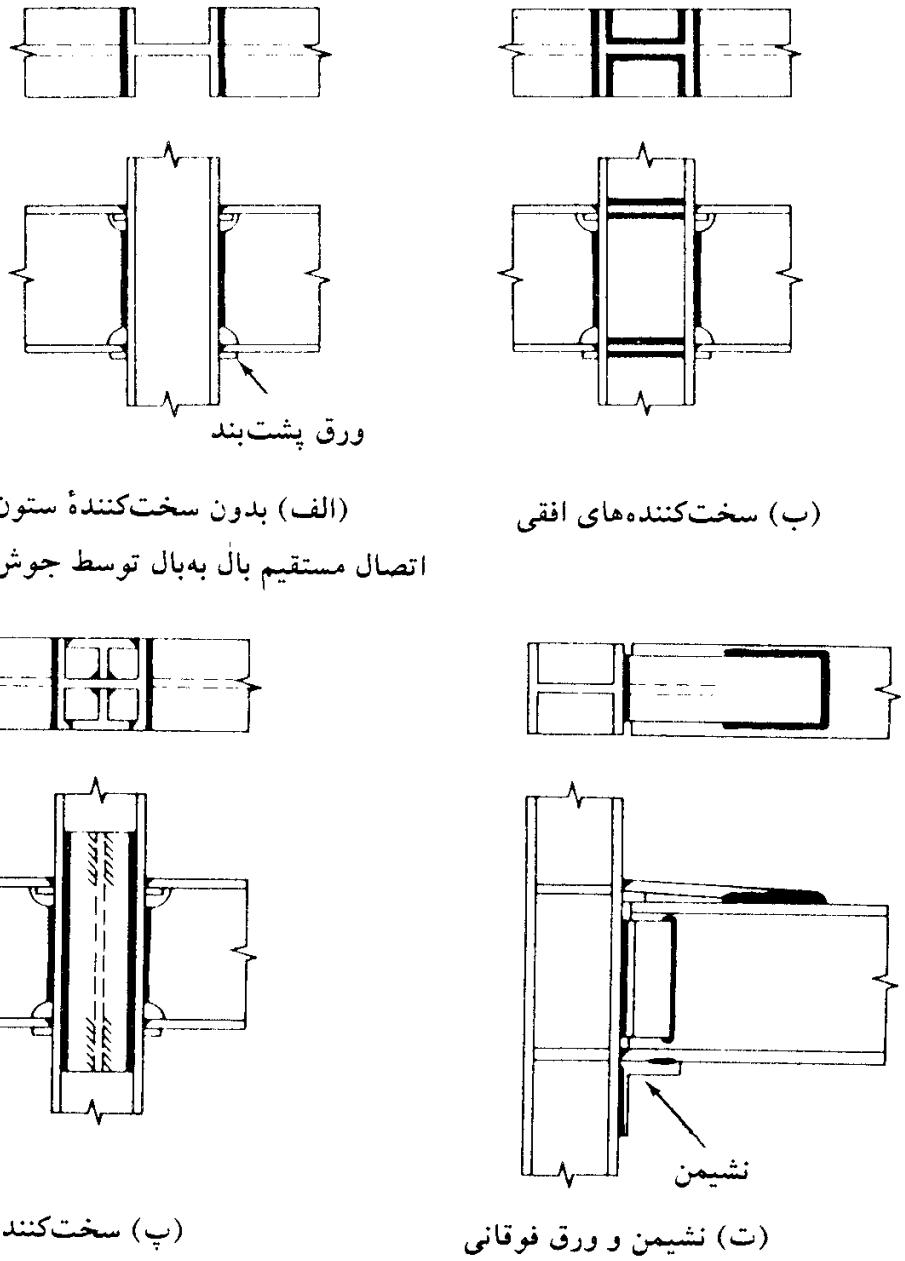
۱۱ ـ ۵ اتصالات صلب تیر به‌ستون

۱۱ ـ ۵ ـ ۱ معرفی

مقصود یک طراح در هنگام استفاده از اتصال صلب تیر به‌ستون این است که اتصال قادر به‌انتقال کامل لنگر باشد و هیچ‌گونه چرخش نسبی بین اعضای وارد به‌اتصال به‌وجود نیاید (اتصال نوع ۱). از آنجایی که اکثر لنگر خمشی تیر به‌صورت یک زوج نیرو در بال‌های کششی و فشاری تیر با بازوی تقریباً مساوی ارتفاع تیر حمل می‌گردد، نقش اصلی یک اتصال صلب فراهم آوردن امکاناتی برای انتقال این نیروهای محوری می‌باشد. همچنین از آنجایی که اکثر نیروی برشی توسط جان تیر حمل می‌گردد، پیوستگی کامل اتصال ایجاب می‌کند که نیروی برشی مستقیماً از جان انتقال پیدا نماید.

در یک اتصال صلب تیر به‌ستون، تیرها ممکن است از دوطرف به‌هر دو بال ستون متصل شده باشند (اشکال ۱۱ـ۱۷ـ الف، ب و پ) و یا فقط به‌یک بال ستون متصل شوند (شکل ۱۱ـ۱۷ـ ت). همچنین ممکن است که همانند شکل ۱۱ ـ ۱۸، تیرها از یک یا دو طرف به‌جان ستون به‌طور صلب متصل شده باشند. اگر در یک سیستم قاب صلب، تیرها فقط از دو طرف بر دو بال و یا جان متصل

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

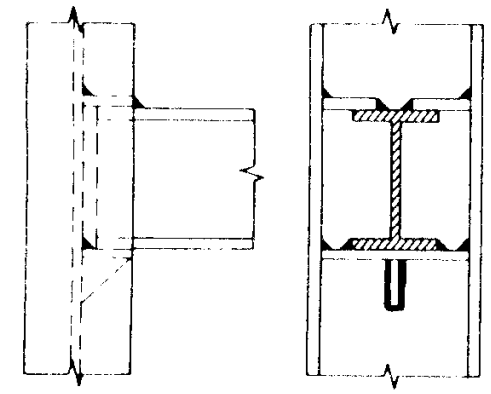


شکل ۱۱ ـ ۱۷ ـ اتصالات صلب تیر به‌ستون از نوع جوشی.

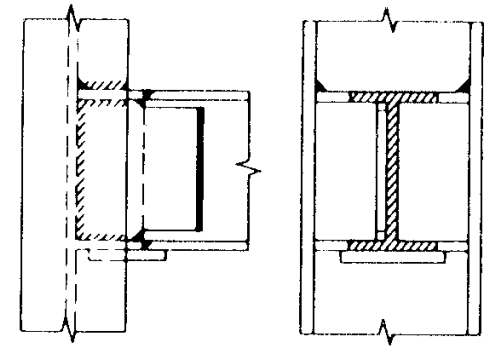
شده باشند (البته نه با هم)، سیستم، قاب صلب دوطرفه یا صفحه‌ای خوانده می‌شود. سیستم قاب صلبی که شامل اتصالاتی باشد که در آن تیرها از چهار طرف بر دو بال و جان ستون متصل شده باشند (البته ممکن است که فقط بر یک طرف جان باشد). به‌نام قاب صلب فضایی یا چهار طرفه خوانده می‌شود. شکل ۱۱ ـ ۱۸ شامل اتصالات صلب تیر به‌ستون از نوع جوشی می‌باشد که تیر به‌جان ستون متصل شده است.

یک اتصال صلب دو وظیفهٔ اصلی دارد: (۱) انتقال لنگر انتهایی تیر به‌ستون؛ (۲) انتقال برش

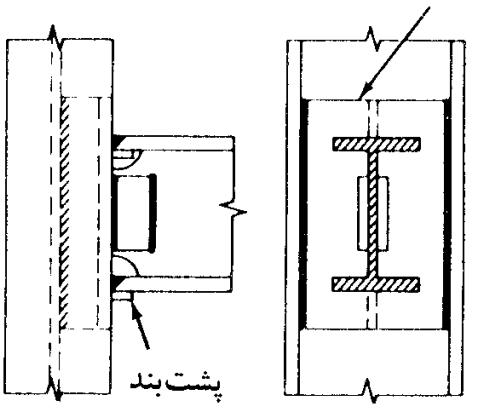
نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



(الف) ورق فوقانی و نبشی نشیمن



(ب) ورق فوقانی و تحتانی با ورق جان و ورق نشیمن



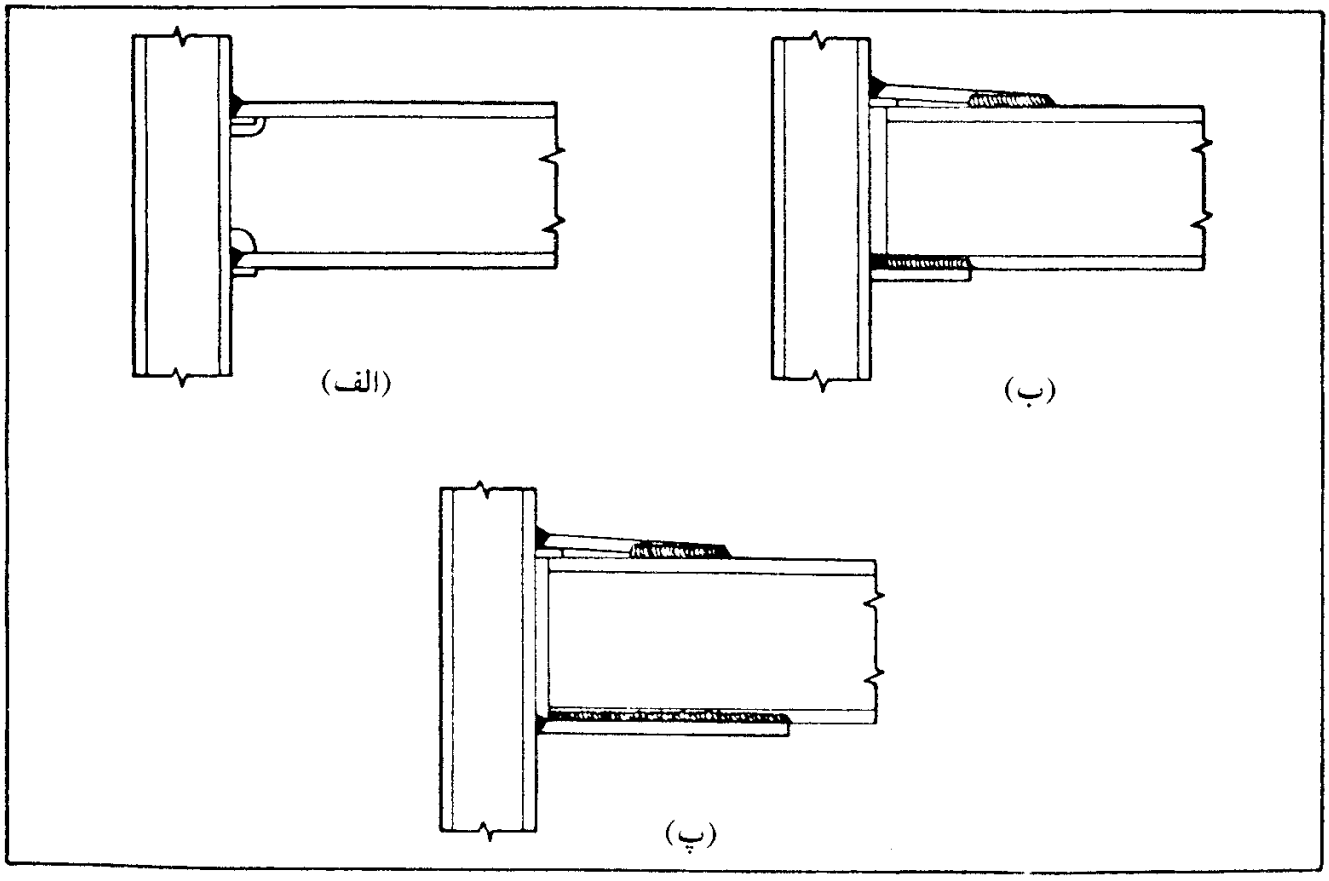
(پ) نیمرخ T با ورق‌های پشت‌بند و ورق جان

شکل ۱۱ ـ ۱۸ ـ اتصالات صلب تیر به‌ستون از نوع جوشی که تیر به‌جان ستون متصل شده است.

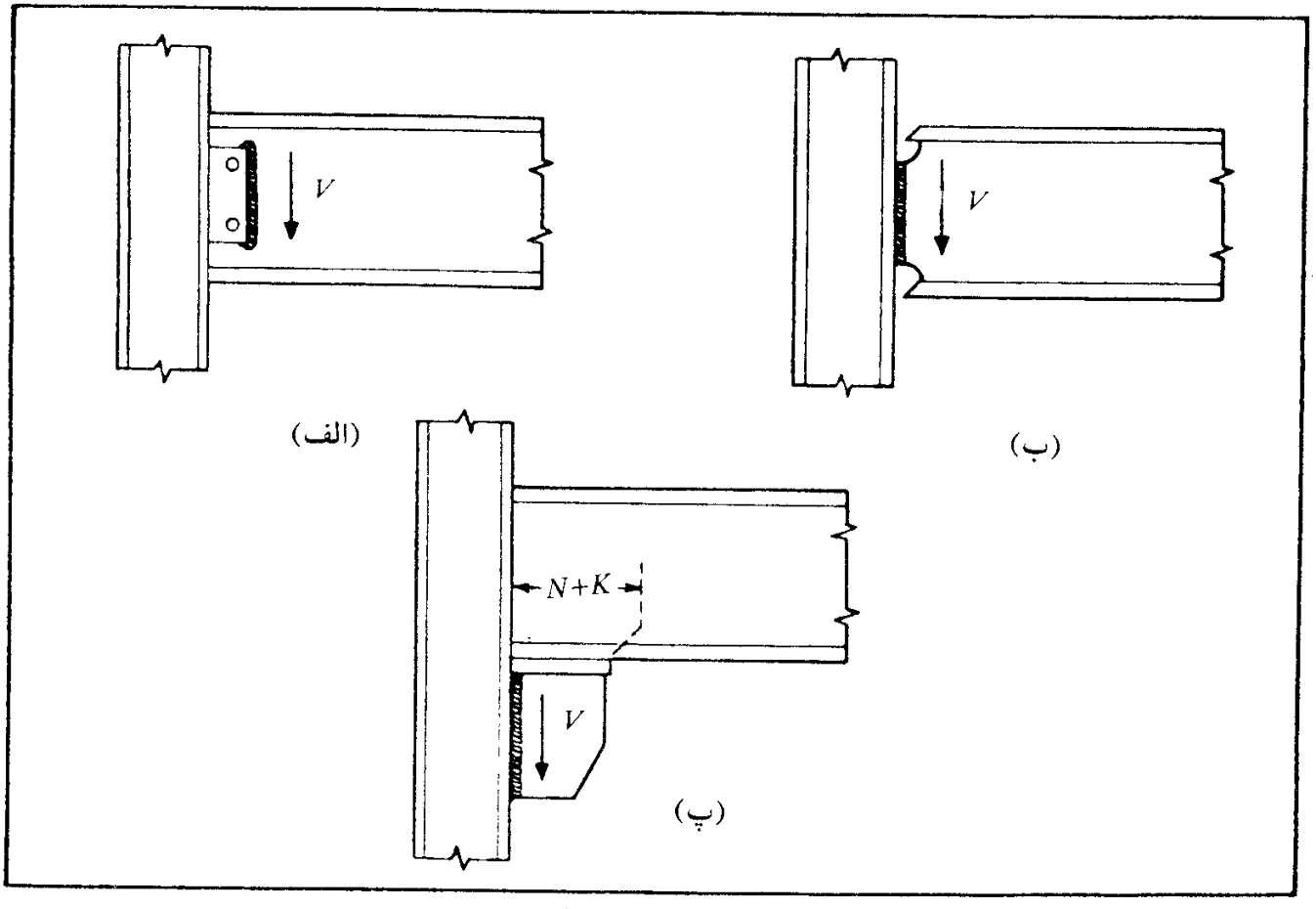
انتهایی تیر به‌ستون.

در شکل ۱۱ ـ ۱۹ ـ الف، سه حالت برای انتقال لنگر انتهایی تیر به‌ستون نشان داده شده است. در جزییات (الف) بال فوقانی و تحتانی به‌طور مستقیم و بدون هیچ واسطه‌ای با جوش شیاری به‌ستون جوش شده است، اجرای این جزییات در پای کار مشکل است، زیرا طول تیر باید درست به‌اندازهٔ فاصله آزاد دو ستون بریده شود که این عمل به‌راحتی امکان‌پذیر نیست. در جزییات (ب) بال فوقانی توسط ورق فوقانی و بال تحتانی توسط جوش سر به‌ستون جوش شده است و در جزییات (پ) برای هر دو بال تحتانی و فوقانی از ورق‌های تحتانی و فوقانی استفاده شده است.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING



(الف) انتقال لنگر انتهایی تیر



(ب) انتقال برش انتهایی تیر

شکل ۱۱ ـ ۱۹

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING
www.niazit-ceiling.com

در شکل ۱۱ ـ ۱۹ ـ ب، سه حالت برای انتقال برش انتهایی تیر به‌ستون نشان داده شده است. در جزییات (الف) برش توسط نبشی جان و در جزییات (ب) توسط جوش مستقیم و در جزییات (پ) توسط نبشی نشیمن انتقال یافته است.

تنوع اتصالات صلب تیر به‌ستون آنقدر زیاد است که مشکل بتوان لیست کاملی از آنها تهیه نمود، لیکن اتصالات نشان داده شده در اشکال ۱۱ ـ ۱۷ تا ۱۱ ـ ۱۹ امروزه به‌نحو گسترده‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرند. قسمتی از جوش اغلب اتصالات در کارخانه و یا در روی زمین انجام می‌شود و باقی آن پس از نصب توسط جوش در محل و یا پیچ‌های پرمقاومت تکمیل می‌گردد.

هدف اصلی در طرح یک اتصال صلب، انتقال نیروهای موجود از طریق اتصال بدون هرگونه تغییر شکل موضعی ناشی از این نیروها می‌باشد.

۱۱ ـ ۵ ـ ۲ سخت‌کننده‌های افقی در ناحیهٔ فشاری اتصال

از آنجایی که در یک اتصال صلب، نیروهای موجود در بال‌های تیر به‌صورت نیروهای فشاری و کششی وارد بال ستون می‌شوند، ممکن است که احتیاج به‌سخت‌کننده‌های فشاری و کششی داشته باشیم (شکل ۱۱ ـ ۱۷ ـ ب). این سخت‌کننده‌ها در ناحیه‌ای که نیروی بال فشاری می‌باشد، از لهیدگی جان ستون و در ناحیه‌ای که نیروی بال، کششی است، از تغییر فرم بال ستون جلوگیری می‌نمایند.

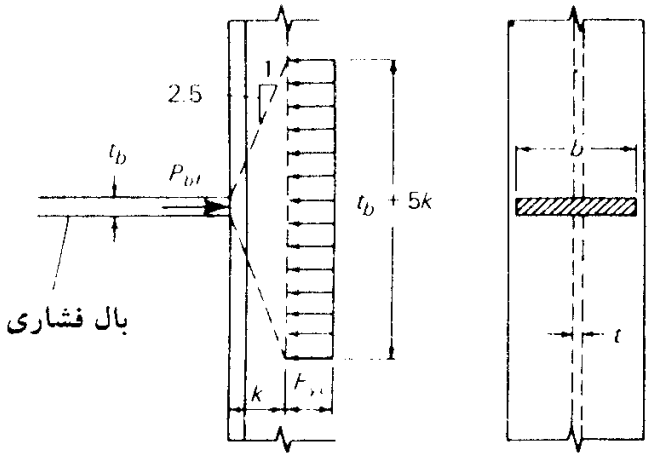
در شکل ۱۱ ـ ۲۰ ـ الف، روش آیین‌نامه برای تعیین مقاومت لهیدگی جان ستون در مقابل نیروی فشاری بال تیر نشان داده شده است. در این روش این‌طور فرض می‌شود که در مقاومت نهایی جان ستون، نیروی فشاری بال تیر با شیب ۱ به ۲/۵ در جان ستون گسترش می‌یابد تا به‌آغازگردی اتصال جان به‌بال ستون برسد. اگر فاصله شروع‌گردی اتصال جان به‌بال را از سطح خارجی بال مساوی K در نظر بگیریم، پهنای گسترش نیروی فشاری مساوی t_b+5k می‌شود که در آن t_b مساوی ضخامت بال تیر می‌باشد. در حالت نهایی رابطهٔ تعادل نیروها در امتداد افقی به‌صورت زیر در می‌آید:

$$p_{bf}=F_{yc}(t_b+5\mathrm{k})t \qquad (۲۷ ـ ۱۱)$$

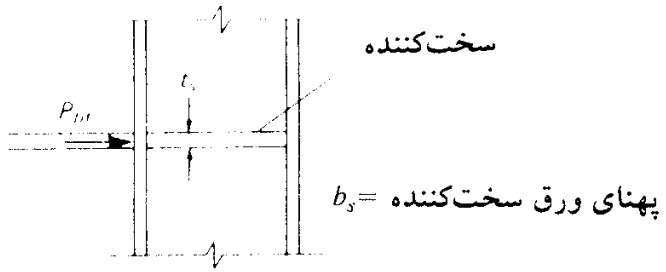
که در آن P_{bf} نیروی بال فشاری تیر و F_{yc} تنش جاری شدن جان ستون می‌باشد. بر پایه فلسفهٔ مقاومت نهایی، اگر خواسته باشیم که تیر در محل اتصال به‌ستون به‌لنگر پلاستیک M_p برسد، مقدار P_{bf} مساوی $F_{yb}A_f$ می‌شود که در آن A_f سطح‌مقطع و F_{yb} تنش جاری‌شدن بال‌فشاری می‌باشند.

بر پایه تعریف P_{bf} به‌صورت فوق، حداقل ضخامت لازم برای جان ستون به‌منظور جلوگیری

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



(الف) بدون سخت‌کننده در جان ستون



(ب) با وجود سخت‌کننده در جان ستون

شکل ۱۱ ـ ۲۰ ـ مقاومت جان ستون در مقابل بال فشاری تیر.

از لهیدگی آن در مقابل بال فشاری تیر، به‌صورت زیر در می‌آید:

$$t \geq \frac{A_f F_{yb}}{(t_b + 5k) F_{yc}} \qquad (۲۸ ـ ۱۱)$$

در رابطه فوق:

t_b = ضخامت بال فشاری تیر

k = فاصلهٔ آغازگردی اتصال جان به‌بال ستون تا سطح خارجی بال آن

A_f = سطح مقطع بال فشاری تیر

F_{yb} = تنش تسلیم بال تیر

F_{yc} = تنش تسلیم جان ستون

علاوه بر جلوگیری از لهیدگی جان ستون، از کمانش قائم جان ستون نیز باید اجتناب شود. طبق مطالعات تئوریک، آیین‌نامه برای جلوگیری از کمانش قائم جان، رابطهٔ زیر را پیشنهاد می‌کند:

$$\frac{d_c}{t} \leq \frac{34500 t^2 \sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}} \qquad (۲۹ ـ ۱۱)$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

که در رابطهٔ فوق:

d_c = ارتفاع مقطع ستون به‌سانتی‌متر

t = ضخامت جان ستون برحسب سانتی‌متر

F_{yc} = تنش تسلیم جان ستون برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع

P_{bf} = نیروی فشاری بال تیر در حالت نهایی برحسب کیلوگرم

وقتی که یکی از معادلات ۱۱ ـ ۲۸ و ۱۱ ـ ۲۹ اقناع نشود، باید در مقابل بال فشاری تیر سخت‌کننده‌ای تعبیه گردد. در صورتی که ابعاد سخت‌کننده به‌طرز مناسبی انتخاب شود و سخت‌کننده به‌طور کامل در محل خود جوش شود، سخت‌کننده‌ها می‌توانند نیروی مساوی $A_{st}F_{yst}$ در حالت نهایی تحمل نمایند که در آن A_{st} و F_{yst} به‌ترتیب سطح مقطع و تنش جاری شدن سخت‌کننده می‌باشند. بنابراین معادلات تعادل نیروها در ناحیهٔ فشاری در امتداد افقی به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$p_{bf}=F_{yc}(t_b+5k)\,t+A_{st}\,F_{yst}$$

با حل معادلهٔ فوق برای A_{st} به‌دست می‌آوریم:

$$A_{st}\geq \frac{P_{bf}-F_{yc}(t_b+5k)t}{F_{yst}}=\frac{A_f F_{yb}-F_{yc}(t_b+5k)t}{F_{yst}} \qquad (۱۱-۳۰)$$

که تمام جملات فوق در روابط قبل تعریف شده‌اند.

در کنار رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۰ و یا در مواقعی که مقدار A_{st} از رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۰ منفی به‌دست می‌آید، آیین‌نامه روابط تجربی زیر را پیشنهاد می‌کند:

۱ ـ پهنای b_s هر سخت‌کننده به‌علاوهٔ $\frac{1}{2}$ ضخامت جان ستون نباید از $\frac{1}{3}$ پهنای b بال فشاری تیر (یا هر ورق اتصالی که نیروی P_{bf} را بر بال ستون وارد می‌آورد)، کمتر باشد:

$$b_s+\frac{t}{2}\geq\frac{b}{3} \qquad (۱۱-۳۱)$$

۲ ـ ضخامت t_s سخت‌کننده نباید از نصف ضخامت بال تیر کمتر باشد و همچنین محدودیت‌های ابعاد قطعات فشاری [illegible] بر آن اعمال شود، به‌طوری‌که:

$$t_s\geq\frac{t_b}{2} \qquad (۱۱-۳۲)$$

$$\frac{b_s}{t_s}<\frac{795}{\sqrt{F_y\,(\mathrm{kg/cm^2})}} \qquad (۱۱-۳۳)$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

۳ ـ وقتی که نیروی فشاری P_{bf} بر یکی از بال‌های ستون وارد می‌شود، طول سخت‌کننده لازم نیست که از $\frac{1}{2}$ ارتفاع مقطع ستون تجاوز کند.

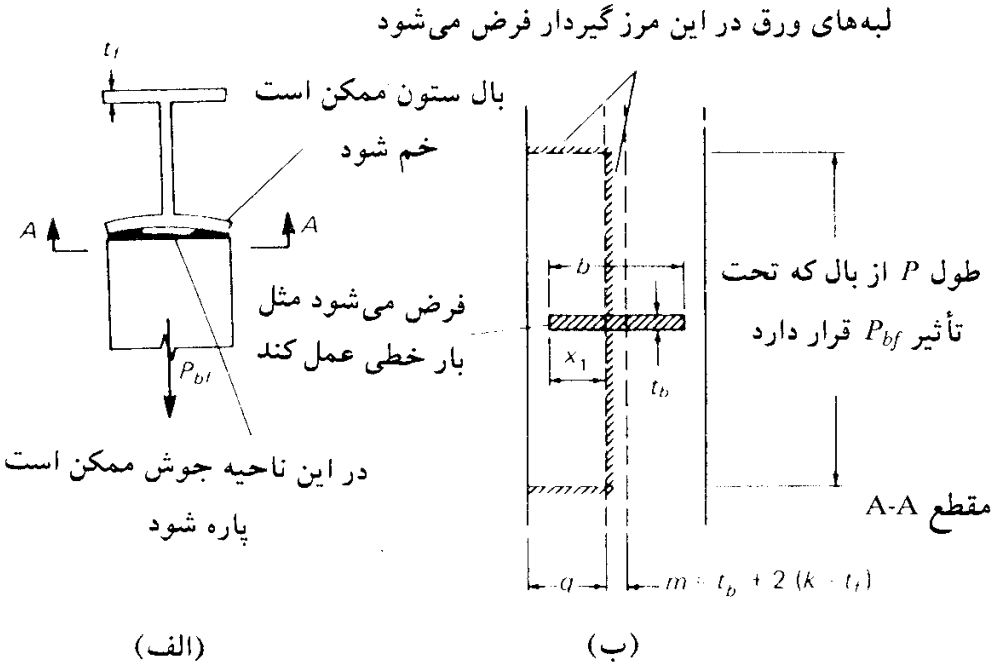
۴ ـ جوشی که سخت‌کننده را به‌جان ستون متصل می‌نماید باید برای نیروی ناشی از لنگر خمشی نامتعادل دو طرف ستون طراحی گردد.

۱۱ ـ ۵ ـ ۳ سخت‌کننده در ناحیهٔ کششی اتصال

همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۲۱ ـ الف، نشان داده شده است، در اثر نیروی کششی ناشی از بال کششی تیر، بال ستون به‌طرف بیرون کشیده شده و تغییر فرم می‌دهد. با استفاده از یک تحلیل بر اساس تئوری خطوط گسیختگی[۴] برای ورق بالی به‌پهنای q و طول p (شکل ۱۱ ـ ۲۱ ـ ب)، ظرفیت باربری نهایی آن در مقابل نیروی کششی بال کششی به‌صورت زیر در می‌آید:

$$P_u = F_{yc} t_f^2 \left[\frac{4/\beta + \beta/\beta_1}{2 - \beta_1/\alpha} \right] \qquad (۳۴ - ۱۱)$$

که در آن t_f ضخامت بال ستون و F_{yc} تنش تسلیم بال ستون می‌باشد.



شکل ۱۱ ـ ۲۱ ـ مقاومت بال ستون در ناحیهٔ کششی اتصال.

4– yield–line analysis

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$$\beta = \frac{p}{q}$$

$$\alpha = \frac{x_1}{q}$$

$$\beta_1 = \frac{\beta}{4}\left[\sqrt{\beta^2 + 8\alpha} - \beta\right]$$

رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۴ را به‌طور محافظه‌کارانه‌ای می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$P_u = 3.5\, F_{yc} t_f^2 \qquad (۱۱ - ۳۵)$$

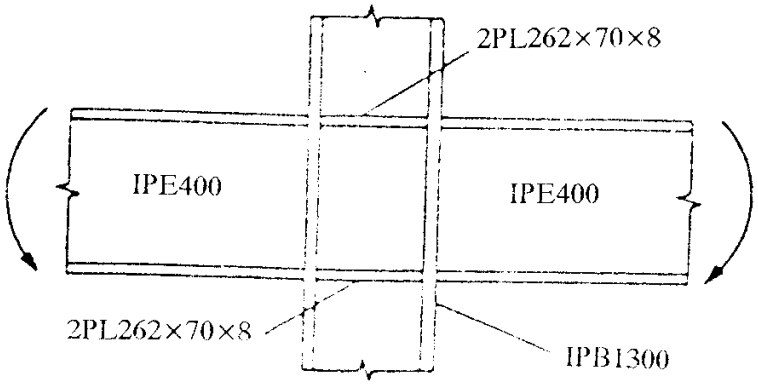
از رابطهٔ فوق به‌دست می‌آید:

$$t_f \geq 0.4\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} \rightarrow t_f \geq 0.4\sqrt{\frac{A_f F_{yb}}{F_{yc}}} \qquad (۱۱ - ۳۶)$$

در صورتی که ضخامت بال ستون نتواند رابطهٔ فوق را اقناع نماید، باید یک جفت سخت‌کننده در مقابل بال کششی تیر، در ستون تعبیه گردد.

مثال ۱۱ ـ ۶

مطلوب است طراحی اتصال صلب دو تیر IPE 400 به‌بال‌های ستونی از نیمرخ بال پهن سبک IPBL 300 ، تنش جاری شدن فولاد تیر و ستون ۳۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و تنش جاری شدن سخت‌کننده‌های مورد مصرف ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد (شکل ۱۱ ـ ۲۲).



شکل ۱۱ ـ ۲۲

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

حل:

مشخصات نیمرخ‌های مصرفی برحسب سانتی‌متر:

	IPE400	IPBL300
ارتفاع	۴۰	۲۹
پهنای بال	۱۸	۳۰
ضخامت بال	۱/۳۵	۱/۴
ضخامت جان	۰/۸۶	۰/۸۵
k	۳/۴۵	۴/۱

الف) ناحیهٔ فشاری

ناحیهٔ فشاری را برای حداکثر نیروی فشاری بال تیر طراحی می‌نماییم:

$$P_{bf}=A_f F_{yb}=(18)(1.35)(3500)10^{-3}=85.05 \text{ ton}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی (رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۸):

$$t \geq \frac{P_{bf}}{(t_b+5k)F_{yc}} = \frac{85.05(1000)}{(1.35+5(4.1))3500} = 1.11 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم (رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۹):

$$t \geq \sqrt[3]{\frac{P_{bf}\, d_c}{34500\sqrt{F_{yc}}}} = \sqrt[3]{\frac{85.05\,(10^3)\,24.9}{34500\sqrt{3500}}} = 1.01 \text{ cm}$$

چون ضخامت جان ستون (مساوی ۰/۸۵ سانتی‌متر) کمتر از ضخامت لازم برای لهیدگی و کمانش می‌باشد، احتیاج به‌سخت‌کننده‌های فشاری در این ناحیه داریم:

$$A_{st} \geq \frac{P_{bf}-F_{yc}(t_b+5k)t}{F_{yst}} = \frac{85.05(1000)-3500(1.35+5(4.1)0.85}{2400} = 8.35 \text{ cm}^2$$

با استفاده از معادلهٔ ۱۱ ـ ۳۱ برای حداقل پهنای سخت‌کننده داریم:

$$b_s+\frac{t}{2} \geq \frac{b}{3}$$

$$b_s+\frac{0.85}{2} \geq \frac{18}{3}$$

$$b_s=5.57 \text{ cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

پهنای سخت‌کننده را مساوی ۷ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

حداقل ضخامت سخت‌کننده با استفاده از رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۲:

$$\text{حداقل } t_s = \frac{t_b}{2} = \frac{1.35}{2} = 0.675 \text{ cm}$$

ضخامت سخت‌کننده را مساوی ۸ میلی‌متر در نظر می‌گیریم.

کنترل حداقل ضخامت برای جلوگیری از کمانش موضعی

برحسب نوع طراحی ممکن است یکی از حالات زیر موجود باشد:

۱. روش تنش‌های مجاز ـ مقطع غیرفشرده

$$\frac{b_s}{t_s} \le \frac{795}{\sqrt{F_y}} = \frac{795}{\sqrt{2400}} = 16.2$$

$$t_s \ge \frac{b_s}{16.2} = \frac{7}{16.2} = 0.43 \text{ cm}$$

۲. روش تنش‌های مجاز ـ مقطع فشرده

$$\frac{b_s}{t_s} \le \frac{545}{\sqrt{F_y}} = \frac{545}{\sqrt{2400}} = 11.1$$

$$t_s \ge \frac{b_s}{11.1} = \frac{7}{11.1} = 0.63 \text{ cm}$$

ضخامت انتخابی ۸ میلی‌متر جوابگوی هر دو مورد بالا می‌باشد.

$$\text{موجود } A_{st} = 2(7)(0.8) = 11.2 \text{ cm}^2 > 8.35$$

از دو ورق ۲۶۲×۷۰×۸ میلی‌متر استفاده می‌کنیم.

ب) ناحیهٔ کششی

با استفاده از رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۶ داریم:

$$t_f \ge 0.4\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} = 0.4\sqrt{\frac{(85.05)10^3}{3500}} = 1.97 \text{ cm}$$

ضخامت بال ستون ۱/۴ سانتی‌متر است که از مقدار فوق کمتر می‌باشد. بنابراین در ناحیهٔ کششی نیز احتیاج به‌سخت‌کننده داریم. با اینکه در ناحیهٔ کششی هیچ‌گونه خطر کمانش موضعی

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

برای سخت‌کننده‌ها وجود ندارد، لیکن باید تمام دستورات آیین‌نامه را که به‌دنبال رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۰ آورده‌ایم، رعایت نماییم. بنابراین در ناحیهٔ کششی نیز از دو ورق ۲۶۲×۷۰×۸ میلی‌متر استفاده کنیم.

پ) اتصال ورق‌های سخت‌کننده به‌ستون

در شکل ۱۱ ـ ۲۳ نیروهایی که جوش سخت‌کننده‌ها باید برای آنها طرح شوند، نشان داده شده است. وقتی که تیرها از هر دو طرف به‌بال ستون متصل گردند و نیروهای بال هر دوی آنها نیز P_{bf} باشد، جوش هر دو انتهای ورق سخت‌کننده باید برای انتقال آن قسمت از نیروی P_{bf} که به‌طور مستقیم توسط جان ستون گرفته نمی‌شود، طراحی گردد. در این حالت جوش اتصالی سخت‌کننده به‌جان ستون هیچ‌گونه نقشی در انتقال نیرو ندارد و جوش حداقل اسمی برای آن کافی می‌باشد.



(الف) (ب)

شکل ۱۱ ـ ۲۳ ـ نیروهای لازم برای طراحی جوش سخت‌کننده‌ها.

ت) تعیین اندازهٔ جوش دو انتهای سخت‌کننده

یک راه منطقی برای تعیین جوش این است که مقاومت جوش درست برابر مقاومت ورق شود. با استفاده از تنش‌های مجاز آیین‌نامه داریم:

$$0.6\,F_y\,t_s = 2(650)\,D$$

D اندازهٔ ساق جوش می‌باشد.

$$0.6(2400)0.8 = 2(650)\,D$$

$$D = 0.88 \text{ cm}$$

D را مساوی ۱۰ میلی‌متر در نظر می‌گیریم.

حداقل D نیز ۶ میلی‌متر می‌باشد که از آن در امتداد اتصال سخت‌کننده به‌جان استفاده می‌نماییم.

وقتی که تیر فقط از یک طرف بر ستون متصل می‌شود، مثل شکل ۱۱ ـ ۲۳ ـ ب، در جوش

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

اتصالی سخت‌کننده به‌جان ستون نیروی برشی V_1 تولید می‌شود که مساوی نیروی کششی T_1 می‌باشد.

۱۱ ـ ۵ ـ ۴ استفاده از سخت‌کننده‌های قائم و سخت‌کننده‌های T

گاهی مواقع لازم می‌گردد که در اتصالات صلب تیر به‌ستون همانند شکل ۱۱ ـ ۱۷ ـ پ، از ورق قائم و یا نیمرخ T استفاده نماییم. این کار به‌خصوص در سیستم‌های چهار طرفه که در آن تیرها به‌نیمرخ‌های T متصل می‌شوند، بسیار مفید خواهد بود. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که یک سخت‌کنندهٔ قائم که به‌لبه‌های بال ستون جوش شده است، به‌اندازهٔ نصف جان مؤثر است.

بنابراین با فرض دو سخت‌کنندهٔ قائم (هر یک در یکی از لبه‌های بال) که هر یک به‌اندازهٔ نصف ظرفیت جان (رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۷)، دارای ظرفیت باربری می‌باشند، رابطه‌ای معادل رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۷ برای این حالت به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$P_{bf}=F_{yc}(t_b+5k)t+2\left(\frac{F_{yst}}{2}\right)(t_b+5k)t_s \qquad (۳۷ - ۱۱)$$

که از حل آن برای ضخامت سخت‌کننده t_s به‌دست می‌آوریم:

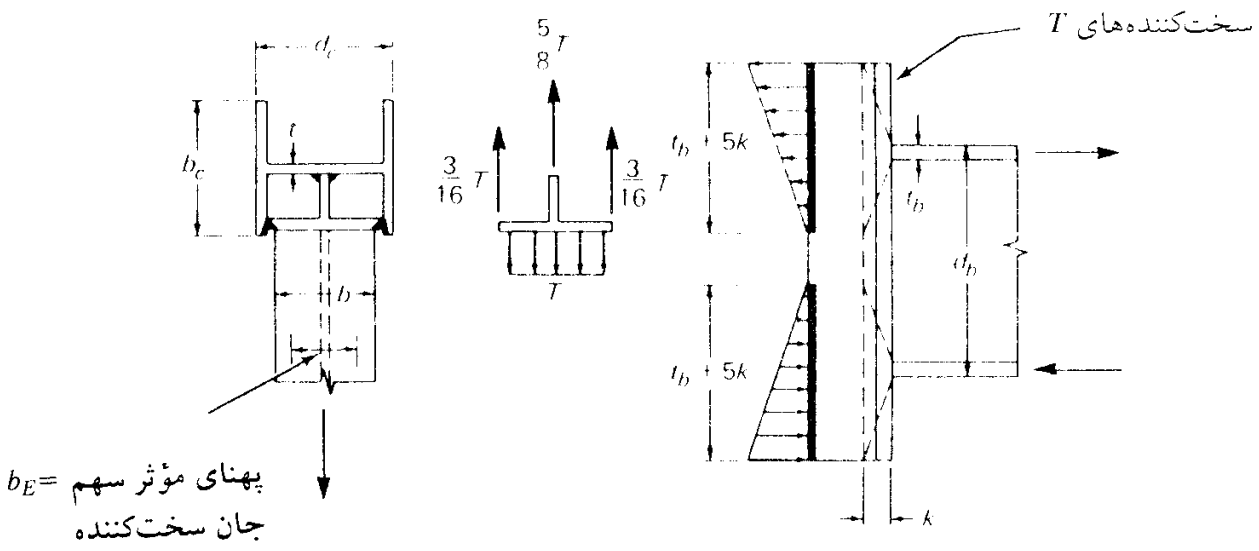
$$t_s \geq \frac{P_{bf}}{(t_b+5k)F_{yc}} - t\frac{F_{yc}}{F_{yst}} \qquad (۳۸ - ۱۱)$$

اگر سخت‌کنندهٔ قائم فقط یک ورق باشد، کمانش کلی آن باید توسط رابطه ۱۱ ـ ۲۹ کنترل گردد. وقتی که از نیمرخ‌های T استفاده می‌نماییم، اتصال ساق آن به‌جان ستون از کمانش کلی آن جلوگیری می‌کند.

برای طراحی سخت‌کننده‌های T و اتصال آن وقتی که تیری به‌آن متصل می‌شود، همانند شکل ۱۱ ـ ۱۸ ـ پ، نکات مخصوصی را باید در نظر گرفت. اگر پهنای بال تیر مساوی پهنای سخت‌کنندهٔ T باشد، عمل آن مطابق شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ الف، خواهد بود. برای تحلیل، نیروی کششی ناشی از بال را به‌صورت بار گستردهٔ یکنواختی در روی سخت‌کننده در نظر می‌گیریم که خود سخت‌کننده نیز به‌صورت تیر یکسرهٔ دو دهانه عمل می‌نماید (شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ ب). در این تیر یکسره $\frac{5}{8}$ نیروی T به‌تکیه‌گاه وسطی و $\frac{3}{16}$ آن به‌دو تکیه‌گاه کناری منتقل می‌شود. بلاجت[5] پیشنهاد می‌کند که وقتی پهنای تیر به‌اندازه پهنای سخت‌کننده T می‌باشد، می‌توان فرض نمود که پهنای

5– Blodgett

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ سخت‌کنندهٔ T.

مؤثر بال b_E (شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ الف) که نیروی خود را به‌جان سخت‌کننده می‌دهد، $\frac{3}{4}$ پهنای بال تیر می‌باشد.

وقتی که پهنای بال تیر تقریباً مساوی پهنای بال سخت‌کنندهٔ T باشد، روش طرح این‌گونه اتصالات را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱ ـ ضخامت جان سخت‌کنندهٔ T باید رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۸ را اقناع نماید، یعنی:

$$t_w \geq \frac{0.75\,P_{bf}}{(t_b+5k)F_{yst}} \qquad (۳۹ - ۱۱)$$

که در آن:

$0.75\,P_{bf}$= سهمی از نیروی بال تیر (که ضریب بار در آن اعمال شده است) که وارد جان سخت‌کننده می‌شود.

K= فاصلهٔ ریشه اتصال بال به‌جان تا سطح خارجی بال در سخت‌کنندهٔ T

t_b= ضخامت بال تیر

۲ ـ ضخامت بال سخت‌کنندهٔ T یعنی t_s باید قادر به‌حمل نیروی کششی بال بدون هرگونه تغییرشکل بیش از حد باشد. بنابراین رابطهٔ ۱۱ ـ ۳۶ باید اقناع شود. البته این رابطه در این مورد مقداری محافظه‌کارانه است، زیرا رابطهٔ مزبور در اصل برای شرایط آزاد لبه‌های بال تنظیم شده است، در حالی که در حالت اخیر لبه‌های بال جوش شده است. همانند بند ۱ با استفاده از $0.75\,P_{bf}$

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

به‌دست می‌آوریم:

$$t_s \geq 0.4\sqrt{\frac{0.75P_{bf}}{F_{yst}}} = 0.35\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yst}}} \qquad (۱۱-۴۰)$$

۳ ـ پهنای بال سخت‌کنندهٔ T یعنی d_s باید فاصله تودلی بین بال‌های ستون را کاملاً پر نماید.

$$b_s = d_c - 2t_f$$

که در آن:

d_c = ارتفاع کل نیمرخ ستون

t_f = ضخامت بال نیمرخ ستون

۴ ـ ارتفاع نیمرخ سخت‌کنندهٔ T یعنی d_s باید آنقدر باشد تا سطح خارجی بال سخت‌کننده، همباد لبهٔ بال‌های ستون قرار گیرد:

$$d_s = \frac{b_c - t}{2}$$

که در آن:

b_c = پهنای بال ستون

t = ضخامت جان ستون

وقتی که پهنای بال تیر به‌طور محسوسی کمتر از پهنای بال سخت‌کنندهٔ T باشد (حدود ۲ تا ۴ سانتی‌متر)، در روابط ۱۱ ـ ۳۹ و ۱۱ ـ ۴۰ به‌جای $0.75P_{bf}$ از P_{bf} استفاده می‌نماییم.

در محاسبهٔ جوش‌های سخت‌کننده در حالتی که پهنای بال تیر تقریباً مساوی پهنای بال سخت‌کننده می‌باشد، جوشی که جان سخت‌کننده را به‌جان ستون متصل می‌نماید (دو قطعه جوش در بالا و پایین که هرکدام دارای دو رشته جوش گوشه می‌باشد) باید قادر به‌حمل لنگر خمشی ناشی از $0.75P_{bf}$ باشد. جوش‌هایی که لبهٔ بال سخت‌کننده را به‌لبهٔ بال ستون متصل می‌نمایند، پیشنهاد می‌شود که برای $\frac{1}{3}$ نیروی بال تیر طراحی شوند ($\frac{1}{3}$، مقداری بزرگتر از $\frac{3}{16}$ می‌باشد که در شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ ب، نشان داده شده است).

مثال ۱۱ ـ ۷

مطلوب است طراحی یک اتصال تیر به‌ستون با استفاده از سخت‌کنندهٔ T از نوعی‌که در شکل ۱۱-۲۴ نشان داده شده است. تیر از نیمرخ IPB240 و ستون از نیمرخ IPB300 می‌باشد. فولاد تیر و ستون از نوع ST37 با تنش جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشند.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

حل:

مشخصات IPB 240 و IPB 300 به‌شرح زیر است (ابعاد برحسب سانتی‌متر):

	ارتفاع	پهنای بال	ضخامت بال	ضخامت جان	k
IPB240	۲۴	۲۴	۱/۷	۱/۰	۳/۸
IPB300	۳۰	۳۰	۱/۹	۱/۱	۴/۶

چون پهنای بال تیر (۲۴ سانتی‌متر)، تقریباً مساوی فاصلهٔ تودلی بین بال‌های ستون (۲۶/۲=۲×۱/۹−۳۰ سانتی‌متر) است، روابط ۱۱ ـ ۳۹ و ۱۱ ـ ۴۰ قابل استفاده می‌باشند.

الف) تعیین ضخامت جان سخت‌کننده برای جلوگیری از لهیدگی جان

حداکثر نیروی بال P_{bf} برابر است با:

$$P_{bf}=A_f F_y=(24)(1.7)2400(10^{-3})=97.92 \text{ ton}$$

با استفاده از رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۹ و تخمین $k=2.6$ cm سانتی‌متر برای سخت‌کننده:

$$\text{لازم } t_w=\frac{0.75P_{bf}}{(t_b+5k)F_{yst}}=\frac{0.75(97.92)(1000)}{(1.7+5(2.6))2400}=2.08 \text{ cm}$$

ب) تعیین ضخامت بال سخت‌کننده به‌منظور جلوگیری از تغییر شکل آن در مقابل نیروهای کششی

با استفادهٔ از رابطهٔ ۱۱ ـ ۴۰ داریم:

$$\text{لازم } t_s=0.35\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yst}}}=0.35\sqrt{\frac{97.92(10^3)}{2400}}=2.24\,\text{cm}$$

پ) تعیین نیمرخ T مناسب

حداکثر $b_s=d_c-2t_f=30-2(1.9)=26.2$ cm

حداکثر $d_s=0.5(30-1.1)=14.45$ cm

نیمرخ T مورد نظر را با برش یک نیمرخ IPB 360 به‌دست می‌آوریم:

ضخامت بال $=t_s=2.25$ cm

ضخامت جان $=t_w=1.25$ cm

$k=4.95$ cm

کنترل ضخامت جان:

$$t_w=\frac{0.75(97.92)(1000)}{(1.7+5(4.95)2400}=1.16 \text{ cm} < 1.25$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ت) جوش جان سخت‌کننده

با مراجعه به‌شکل ۱۱ ـ ۲۴ ـ پ، طول لازم سخت‌کننده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

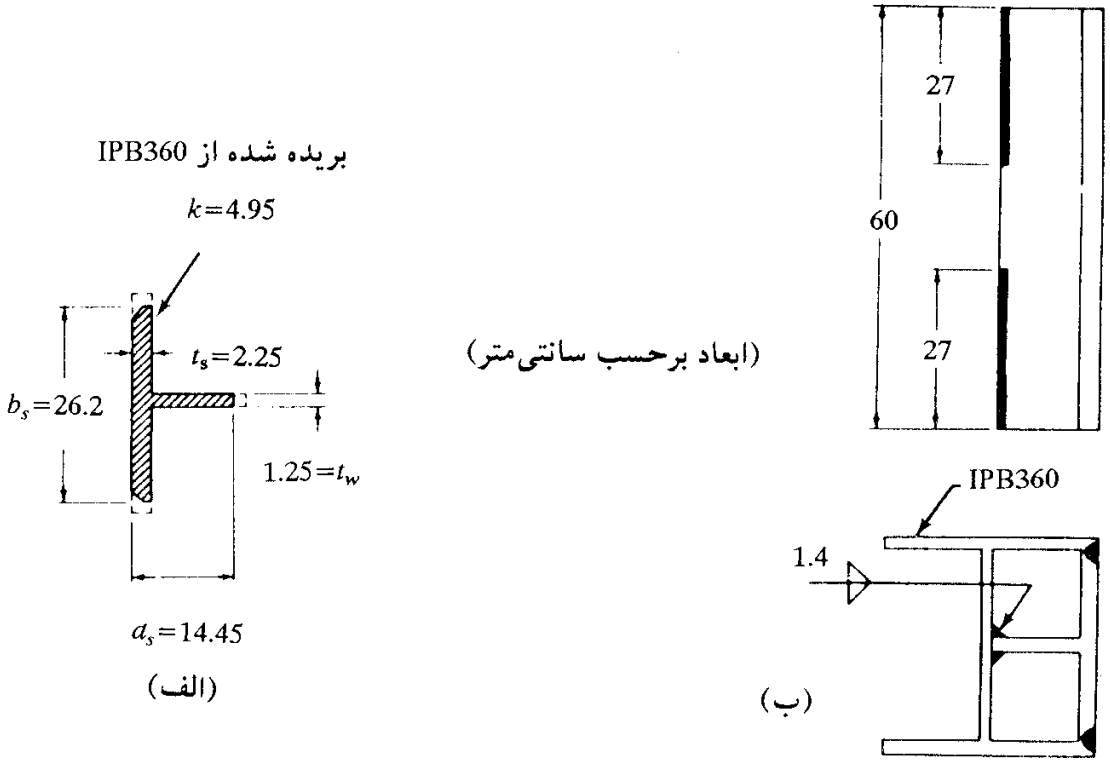
$$\text{طول لازم} = d_b + 5k = 24 + 5(4.95) = 48.75 \text{ cm}$$

طول سخت‌کننده را مساوی ۶۰ سانتی‌متر فرض می‌نماییم.

طول جوش در بالا و پایین:

$$t_b + 5k = 1.7 + 5(4.95) = 26.45 \text{ cm}$$

طول جوش را در هر طرف مساوی ۲۷ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.



شکل ۱۱ ـ ۲۵ ـ مشخصات هندسی نیمرخ T.

فرض می‌کنیم که ۷۵ درصد لنگر خمشی تیر به‌جان سخت‌کننده انتقال پیدا می‌کند.

$$0.75M = 0.75F_b S = 0.75(1400)(938)(10^{-5}) = 9.85 \text{ T.m}$$

محاسبهٔ اساس مقطع جوش (با فرض پهنای واحد):

$$S = 2\left(\frac{1}{30}\right)\left[\frac{60^3}{12} - \frac{6^3}{12}\right] = 1199 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$\text{موجود } R_w = \frac{0.85(10^5)}{1199} = 822 \text{ kg/cm}^2$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

ارزش مجاز جوش $=650D$

$$650D=822$$

$$D=1.26 \text{ cm}$$

از جوش گوشهٔ ۱۴ میلی‌متر در هر طرف استفاده می‌کنیم.

کنترل تنش خمشی در جان سخت‌کننده:

$$f=\frac{M}{S}$$

$$S=1.25\ \frac{60^2}{6}=750 \text{ cm}^3$$

$$f=\frac{9.85(10^5)}{750}=1313 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

ث) جوش لبه‌های سخت‌کننده

به‌طور محافظه‌کارانه فرض می‌کنیم که جوش لبه‌های سخت‌کننده T به‌لبه‌های ستون، $\frac{1}{4}$ نیروی بال را حمل می‌کند (اشکال ۱۱ ـ ۲۴ ـ الف و ب). همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۲۶ نشان داده شده است، می‌توان فرض نمود که نیروی متمرکز بال در فاصله‌ای برابر t_b+5t_s توزیع شده است.

با فرض اینکه بال تا تنش ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بارگذاری شده است، نیروی کششی (شکل ۱۱ ـ ۲۶) برابر است با:

$$T=f_{tb}\left(\frac{b}{3}\right)=1400(1.7)\left(\frac{24}{3}\right)10^{-3}=19.04 \text{ ton}$$

$$t_b+5t_s=1.7+5(2.25)=12.95 \text{ cm}$$

نیروی وارد بر واحد طول جوش $=\frac{19.04(10^3)}{12.95}=1470 \text{ kg/cm}$

اگر بخواهیم از جوش شیاری استفاده نماییم، ضخامت مؤثر گلو برابر است با:

تنش برشی مجاز در جوش شیاری $=900 \text{ kg/cm}^2$

$$t_e=\frac{1470}{900}=1.63 \text{ cm}$$

از جوش شیاری نیم‌جناغی (V) با ضخامت گلوی ۱۸ میلی‌متر استفاده می‌کنیم.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

(ج) اثر نیروی برشی تیر

معمولاً طول جوش سخت‌کننده به‌ستون آنقدر زیاد است که بتوان از ظرفیت اضافی لازم برای حمل نیروی برشی انتهایی مطمئن شد.

$$\text{حداکثر ظرفیت برشی مجاز IPB240} = 24(1)(960)(10^{-3}) = 23.04 \text{ T}$$

البته امکان اینکه از حداکثر خمشی و برشی به‌طور هم‌زمان استفاده شود، بسیار بعید به‌نظر می‌رسد. بنابراین نیروی برشی وارد بر اتصال را در حدود ۱۵ تن در نظر می‌گیریم.

طول جوش شیاری در بال + طول جوش گوشه در جان = طول‌کل جوش موجود

$$= 4(25) + 2(60) = 220 \text{ cm}$$

$$\text{ظرفیت لازم جوش} = \frac{15(1000)}{220} = 68.2 \text{ kg/cm}$$

$$\text{افزایش اندازهٔ ساق جوش‌گوشه} = \frac{68.2}{650} = 0.1 \text{ cm}$$

$$\text{افزایش گلوی جوش شیاری} = \frac{68.2}{900} = 0.08 \text{ cm}$$

که با توجه به‌اندازه‌های انتخابی که بزرگتر از اندازه‌های محاسبه شده در نظر گرفته شده‌اند، لزومی به‌تصحیح اندازهٔ جوش نداریم. البته لازم به‌تذکر است که تنش‌های ناشی از خمش و برش با هم زاویهٔ ۹۰ درجه می‌سازند و جمع جبری انجام شده در فوق همیشه از جمع برداری محافظه‌کارانه‌تر می‌باشد.

۱۱ ـ ۵ ـ ۵ ورق‌های کششی فوقانی

وقتی که تیر به‌بال ستون متصل می‌شود و ستون توسط سخت‌کننده‌های قائم یا افقی تقویت می‌گردد و یا وقتی که تیر از طریق سخت‌کننده‌های قائم T به‌جان ستون متصل می‌شود، یک وسیله ساده برای انتقال لنگر از تیر به‌ستون استفاده از یک ورق کششی در بالای تیر می‌باشد. این ورق کششی می‌تواند در ترکیب با یکی از حالات زیر به‌کار رود:

(۱) یک ورق فشاری تحتانی و نبشی یا ورق جان به‌منظور جذب نیروی برشی

(۲) یک نبشی نشیمن

(۳) یک نشیمن تقویت شده

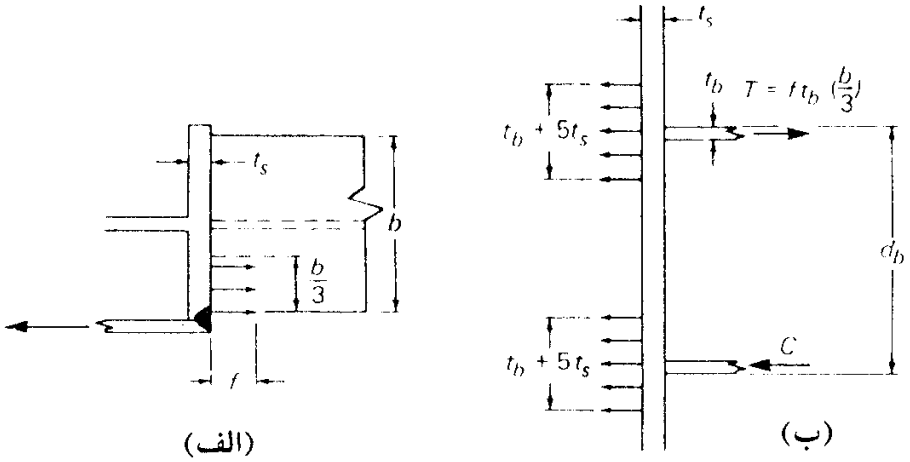
برای دیدن ترکیبات فوق به‌اشکال ۱۱ ـ ۱۷ و ۱۱ ـ ۱۸ مراجعه نمایید. رفتار ورق‌های کششی فوقانی مورد مطالعات تحقیقاتی زیادی قرار گرفته و عملکرد مناسب آنها به‌تصدیق رسیده است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

طراحی نبشی‌های نشیمن و نشیمن‌های تقویت شده در بند ۱۱ ـ ۴ و انتقال نیروهای کششی و به‌یک ستون فولاد مصرفی از نوع نرمه با حد جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع. فرض کنید که اتصال از نوع شکل ۱۱ ـ ۱۷ ـ ت، می‌باشد.

مثال ۱۱ ـ ۸

مطلوب است طراحی یک ورق کششی فوقانی برای انتقال لنگر خمشی کامل یک تیر IPE 360 به‌یک ستون فولاد مصرفی از نوع نرمه با حد جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع. فرض کنید که اتصال از نوع شکل ۱۱ ـ ۱۷ ـ ت، می‌باشد.



شکل ۱۱ ـ ۲۶ ـ گسترش نیروی متمرکز بال در جوش سخت‌کننده.

حل:

الف) طراحی ورق فوقانی به‌عنوان یک عضو کششی

با در نظر گرفتن تنش مجاز ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، لنگر خمشی حداکثر IPE 360 را به‌دست می‌آوریم:

$$M = F_b S_x = (1400)(904)(10^{-3}) = 12.66 \text{ ton.m}$$

نیروی کششی ورق فوقانی به‌طور تقریبی برابر است با:

$$T = \frac{M}{d_b} = \frac{12.66(10^2)}{36} = 35.17 \text{ ton}$$

سطح خالص مورد نیاز برای ورق $A_g = \dfrac{T}{0.60 F_y} > \dfrac{T}{0.5 F_u}$

$$A_g = \frac{35.17}{0.60(2.4)} = 24.42 \text{ cm}^2 > \frac{35.17}{0.50(3.7)} = 19.01 \text{ cm}^2$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

با توجه به‌اینکه پهنای IPE 360 مساوی ۱۷ سانتی‌متر می‌باشد، پهنای ورق را مساوی ۱۴ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم. ضخامت ورق برابر است با:

$$t=\frac{24.42}{14}=1.74 \text{ cm}$$

از ورق ۱۸×۱۴۰ میلی‌متر استفاده می‌نماییم.

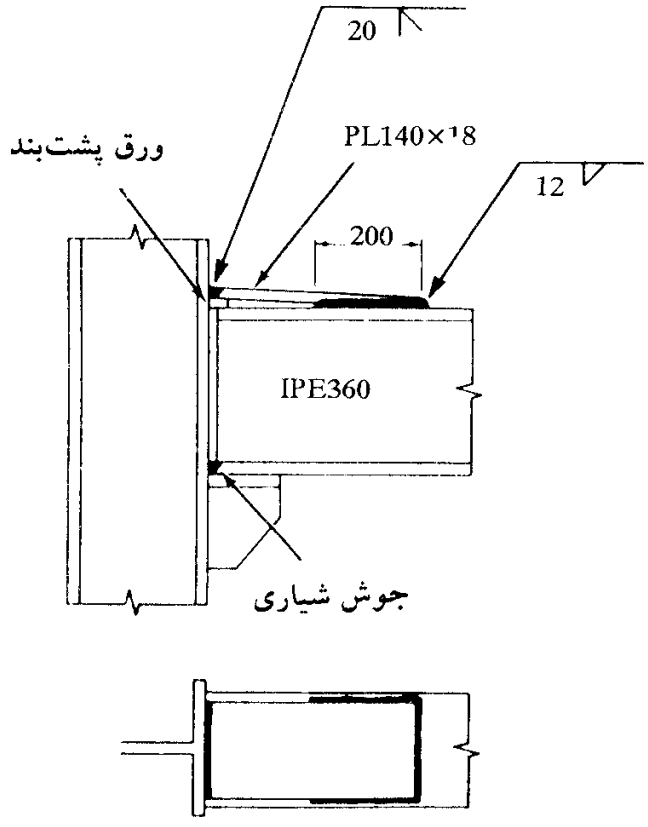
ب) اتصال ورق به‌بال فوقانی توسط جوش

اندازهٔ ساق جوش را مساوی ۱۲ میلی‌متر در نظر می‌گیریم.

ارزش جوش $=650D=650(1.2)10^{-3}=0.78 \text{ ton/cm}$

طول جوش لازم $=L_w=\frac{35.17}{0.78}=45 \text{ cm}$

۱۴ سانتی‌متر جوش در انتهای ورق و ۲۰ سانتی‌متر جوش در دو طرف ورق در نظر می‌گیریم. اتصال ورق به‌ستون را توسط جوش شیاری نیم‌جناغی (V) با انجام آزمایشات غیرمخرب که مقاومتی مساوی مقاومت ورق ایجاد می‌کند، در نظر می‌گیریم. برای این جوش یک ورق پشت بند



شکل ۱۱ ـ ۲۷

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

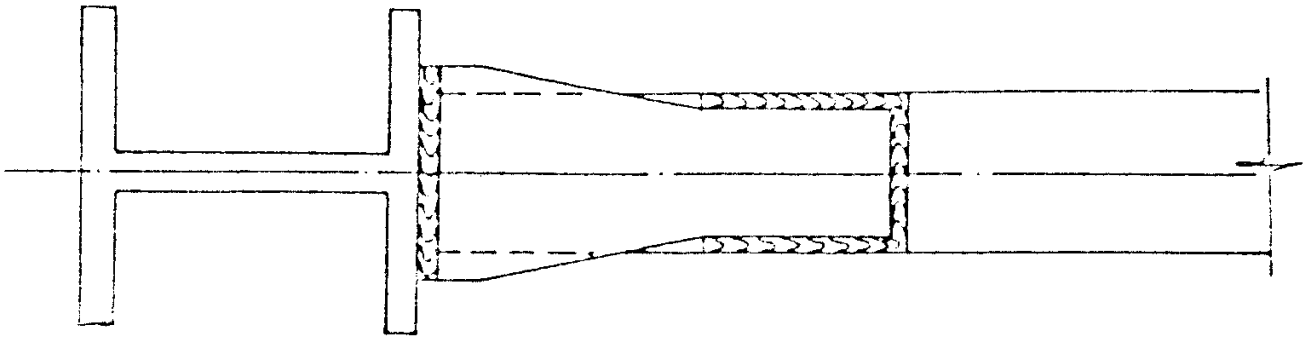
تعبیه می‌گردد.

نیروی برشی موجود در محل اتصال توسط نشیمن تقویت شده تحمل می‌گردد که روش طراحی آن در فصل گذشته نشان داده شده است. این نشیمن به‌عنوان ورق پشت‌بند جوش شیاری بال فشاری تحتانی عمل می‌نماید.

در اتصال ورق کششی فوقانی به‌ستون تذکر چند نکته لازم به‌نظر می‌رسد:

۱ ـ اگر جوش شیاری اتصال‌دهندهٔ ورق کششی به‌ستون بدون انجام آزمایش در نظر گرفته شود، تنش کششی مجاز آن ۱۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باید در نظر گرفته شود که از تنش کششی مجاز ورق کمتر است. در این موارد لازم است که پهنای ورق در ناحیهٔ جوش بزرگتر انتخاب شود که در این صورت ورق به‌شکل زیر درمی‌آید.

۲ ـ با تدبیر فوق به‌جای جوش شیاری، از جوش گوشه نیز می‌توان استفاده نمود.



شکل ۱۱ ـ ۲۸

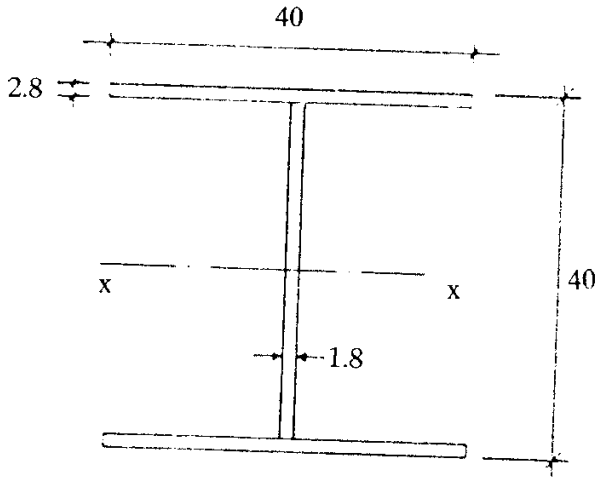
مثال ۱۱ ـ ۹

مطابق شکل ۱۱ ـ ۲۹ طراحی اتصال صلب یک تیر ورق به‌یک ستون ساخته شده از ورق موردنظر می‌باشد. از ضوابط مبحث ۱۰ و الکترود E 60 (با $F_u=4200\ kg/cm^2$) و $\phi=0.75$ و فولاد ST37 با تنش حد جاری شدن $F_y=2400\ kg/cm^2$ استفاده نمایید.

باد	برش (تن)	لنگر (تن‌متر)
DL	10	14.0
LL	3.8	7.0
DL+LL	13.8	21.0
EQ	11.2	32.33
DL+LL+EQ	25	53.33
0.75(DL+LL+EQ)	18.75	40.0

(تعیین‌کننده است)

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



ستون

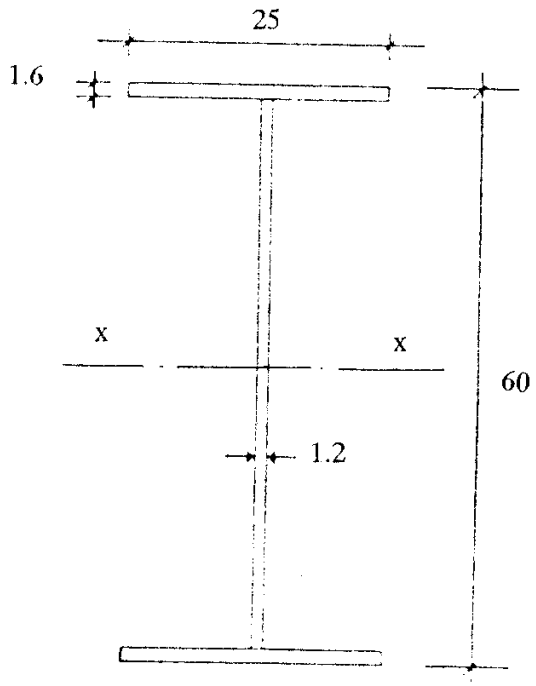
$C_t=C_b=20$ cm

$A=285.92$ cm^2

$I_x=83747.52$ cm^4

$r_x=17.1$cm

$S_t=S_b=4187.38$ cm^3



تیر

$C_t=C_b=30$ cm

$A=148.16$ cm^2

$I_x=86553.31$ cm^4

$r_x=24.17$ cm

$S_t=S_b=2885.1$ cm^3

شکل ۱۱ ـ ۲۹

حل:

طراحی ورق‌های فوقانی و تحتانی

$$\text{نیروی کششی ورق} = T = \frac{40}{0.6} = 66.67 \text{ ton}$$

$$\text{تنش کششی مجاز ورق} = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

جوش شیاری اتصال‌دهندهٔ ورق فوق به‌ستون در کارگاه تحت نظر بازرسی‌های چشمی انجام می‌شود. لذا مقدار ϕ برای آن مساوی ۰/۷۵ اختیاری می‌شود.

$$\text{تنش کششی مجاز جوش شیاری} = 0.75 \times 1440 = 1080 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{عرض ورق فوقانی} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{ضخامت ورق فوقانی} = \frac{66.67 \times 10^3}{1080 \times 20} = 3.09 \text{ cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

بنابراین برای ورق فوقانی از ورق 200×30 mm استفاده می‌شود.

عرض ورق تحتانی $=30$ cm

$$\text{ضخامت ورق تحتانی} = \frac{66.67\times10^3}{1080\times30} = 2.06 \text{ cm}$$

از ورق 300×20 mm استفاده می‌شود.

جوش گوشه اتصال‌دهندهٔ ورق فوقانی

$$D=15 \text{ mm}$$

$$\text{ارزش جوش} = (0.3\times4200)\times0.75\times\cos 45\, D \sim 650\, D$$

$$\text{طول جوش لازم} = \frac{66.67\times10^3}{650\times1.5} \cong 68 \text{ cm}$$

۲۰ سانتی‌متر از جوش فوق در انتها و ۲۶ سانتی‌متر در دو لبهٔ کناری انجام می‌شود.

جوش گوشهٔ اتصال‌دهندهٔ ورق تحتانی

$$D=15 \text{ mm}$$

طول جوش لازم $=68$ cm (مثل ورق فوقانی)

$$\text{طول جوش لازم در هر طرف} = \frac{68}{2} + 2D = 34 + 2\times1.5 = 37 \text{ cm}$$

طراحی نبشی جان به‌منظور انتقال برش*

$V=18.75$ ton

برای اتصال برشی جان از دو نبشی 120×120×12 به‌طول ۳۵ سانتی‌متر استفاده می‌شود:

$t_w=12$ mm

$D_{\max}=$ حداکثر ضخامت مؤثر جوش A

$2\times650\times D_{\max}=0.4\times2400\times1.2$

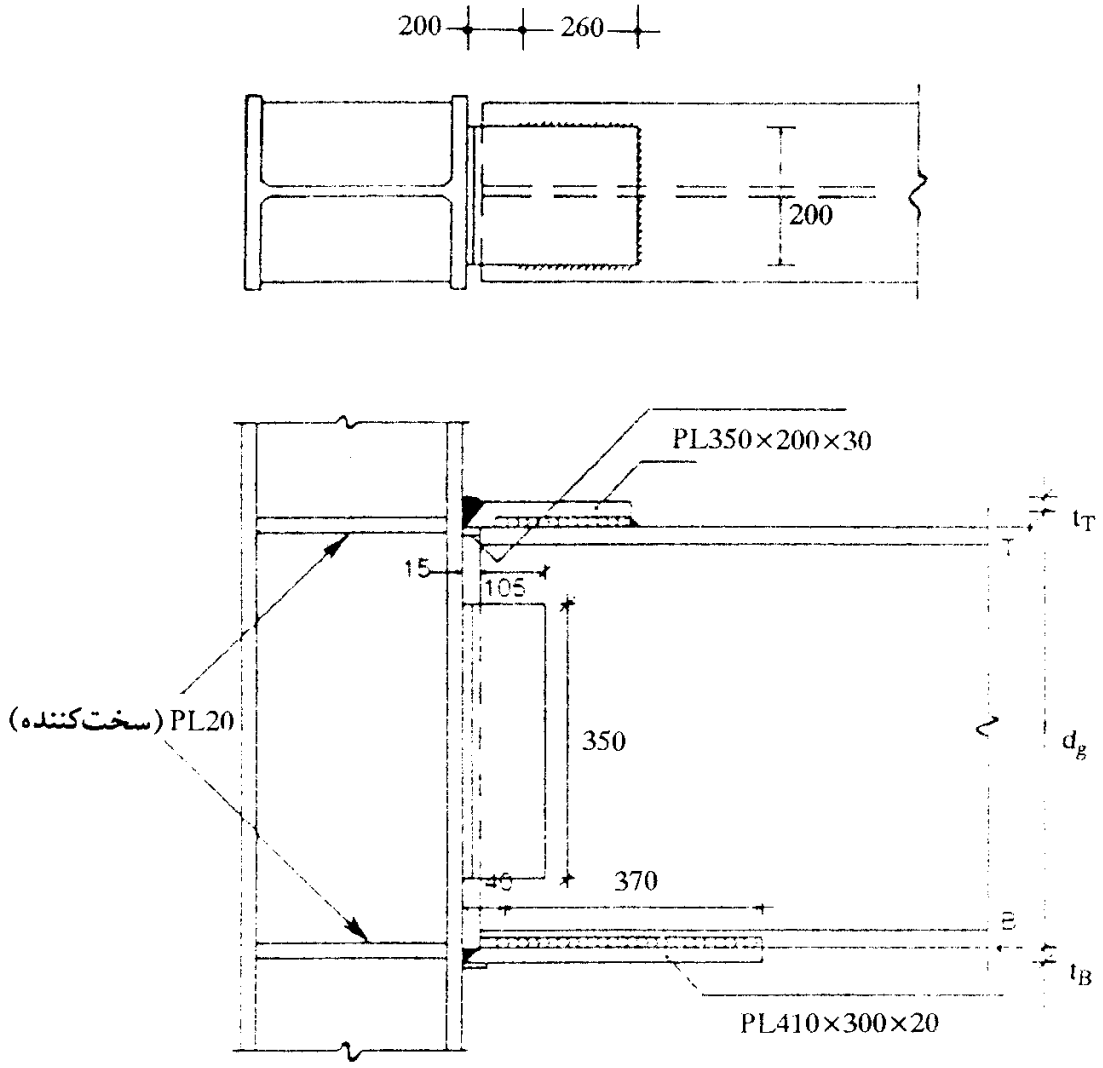
$(D_a)_{\max}=0.89$ cm

$D_a=7$ mm انتخاب می‌شود

---

* به‌توضیح آخر مسئله رجوع کنید.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ - ۳۰

کنترل جوش A:

$$I_P = \frac{8b^3+6bd^2+d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$$

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$$

$b = 10.5$ cm , $d = 35$ cm

$$I_P = \frac{8\times(10.5)^3+6(10.5)(35)^2+35^3}{12} - \frac{10.5^4}{2(10.5)+35} = 10559 \text{ cm}^4$$

$$\bar{x} = \frac{10.5^2}{2(10.5)+35} = 1.97 \text{ cm}$$

$e_1 = 12 - 1.97 = 10.03$ cm

$P =$ برش مستقیم

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

لنگر= $pe_1=p(12-1.97)=10.03\ P$

(برش مستقیم) $f'_y=\dfrac{p}{2\times(2\times10.5+35)}=0.0089\ P$

$f''_y=\dfrac{T.x}{2Ip}=\dfrac{10.03p(10.5-1.97)}{2\times10559}=0.0041\ P$

$f''_x=\dfrac{T.y}{2Ip}=\dfrac{10.03p(35/2)}{2\times10559}=0.0083\ P$

$$f_r=P\sqrt{(0.0089+0.0041)^2+(0.0083)^2}=0.0154P$$

$650D=0.0154\ P$

$650\times0.7=0.0154\ P$

(ظرفیت جوش A) $P=29.55>18.75$

کنترل جوش B:

$$f_r=\frac{P}{2L^2}\sqrt{L^2+36e_1^2}$$

$$f_r=\frac{18.75\times10^3}{2\times35^2}\sqrt{35^2+36\times10.03^2}=533\,\text{kg/cm}$$

$650D_b=553$

$D_b=0.85$ cm

$D_b=9$ mm انتخاب می‌شود

طراحی سخت‌کننده‌های ستون در ناحیه اتصال (ورق‌های پیوستگی)

(نیروی بال در هنگام زلزله) $P=\dfrac{53.33}{0.6}=88.88$ ton

(نیروی بال در بار مرده و زنده) $P=\dfrac{21}{0.6}=35.00$ ton

کنترل ضخامت بال ستون در مقابل نیروی کششی (رابطه ۱۰ ـ ۸ ـ ۱ مبحث ۱۰):

$P_{bf}=4/3\times88.88=118.51$ ton (حاکم است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$$P_{bf}=5/3\times35=58.33 \text{ ton}$$

$$\frac{\text{عرض بال تیر}}{\text{عرض بال ستون}}=\frac{25}{40}=0.63>0.15$$

$$t=0.4\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}}=0.4\sqrt{\frac{118.51\times10^3}{2400}}=2.81\,\text{cm}$$

که این مقدار در حدود ضخامت بال ستون یعنی ۲/۸ سانتی‌متر است. از لحاظ نظری احتیاجی به‌تقویت‌کننده در مقابل بال کششی نیست، لیکن قرار دادن آن همواره توصیه می‌شود.

کنترل تسلیم موضعی جان ستون (رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۸)

$$\frac{R}{t_w(N+5k)}=\frac{0.75\times88.88\times10^3}{1.80(2+5\times2.8)}=2314.6\ \text{kg/cm}^2>0.66\times2400=1584$$

پس احتیاج به‌ورق سخت‌کننده می‌باشد.

کنترل لهیدگی در جان ستون

$$R=566t_w^2\left[1+3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{F_{yw}\frac{t_f}{t_w}}$$

$$R=566\times1.8^2\left[1+3\left(\frac{2}{40}\right)\left(\frac{1.8}{2.8}\right)^{1.5}\right]\sqrt{2400\times\frac{2.8}{1.8}}\times10^{-3}$$

$$=120.71\text{ ton}>0.75\times88.88$$

کنترل کمانش فشاری جان (رابطهٔ ۱۱ ـ ۲۹)

$$h_{1\,\max}=\frac{34.5\times10^3t_{we}^2\sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}}$$

$$h_{1\,\max}=\frac{34.5\times10^3\times1.8^3\sqrt{2400}}{0.75\times88.88\times10^3}=147.9\text{ cm}>>34.4\text{ cm}$$

سطح مقطع ورق سخت‌کننده در مقابل بار فشاری

$$A_{st}=\frac{P_{bf}-F_{yc}t_{wc}(t_b+5k)}{F_{yst}}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

$$A_{st}=\frac{118.51\times10^{3}-2400\times1.8(2+5\times2.8)}{2400}=20.58\ \text{cm}^2$$

از دو ورق 180×20 mm در ارتفاع کامل جان ستون در مقابل بال فشاری (و همچنین بال کششی تیر) استفاده می‌شود.

توضیح در مورد نیروی برشی طرح

به‌منظور دستیابی به‌مقاومت خمشی کامل اتصال، آیین‌نامه‌های زلزله توصیه می‌کنند که نیروی برشی طرح اتصال از رابطهٔ زیر به‌دست آید:

$$V_d=V_{(D+L)}+\frac{2M_P}{L}\leq V_{(D+L)}+0.4R\,V_E$$

که در آن:

M_p = لنگر پلاستیک تیر مساوی ZF_y که در آن Z اساس مقطع پلاستیک است.

L = طول دهانه

V_E = برش ناشی از نیروهای زلزله

R = ضریب شکل‌پذیری طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰

$V(D+L)$ = برش بار مرده و زنده

مقاومت برشی چشمهٔ اتصال (پیوست شمارهٔ ۲ آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ بند ۷ ـ ۲)

$$V=0.55\,F_y d_c t\left[1+\frac{3b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t}\right]$$

$t=1.8 \quad d_b=60 \quad d_c=40 \quad b_c=40 \quad t_{cf}=2.8$

$$V=0.55\times2400\times40\times1.8\left[1+\frac{3\times40\times2.8^2}{60\times40\times1.8}\right]\times10^{-3}=95.04\times1.218=115.74\ \text{ton}$$

نیروی برشی موجود = برش ناشی از لنگر بار مرده و زنده +

$$+1.85\ (\text{برش ناشی از لنگر زلزله})=\frac{21+1.85\times32.33}{0.6}=135\ \text{ton}$$

برش نظیر $0.8\,\Sigma M_{ps}$ نیز کنترل می‌شود.

$$Z=2\times25\times1.6(30-0.8)+2\times28.4\times1.2\times14.2=3303.87\ \text{cm}^3$$

$$M_p=ZF_y=3303.87\times2400\times10^{-5}=79.3\ \text{tm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$$V=2\times0.8\times\frac{79.3}{0.6}=211$$

محاسبات نشان می‌دهد که ضخامت جان ستون در چشمهٔ اتصال کم است و باید افزایش یابد. ضخامت ورق تقویتی مضاعف برابر است با:

$$\text{ورق مضاعف } t=1.8\times\frac{135}{115.74}-1.8=0.3\ \text{cm} \rightarrow \text{بگوییم } t_p=10\ \text{mm}$$

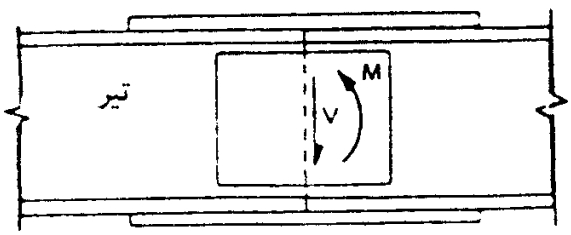
۱۱ـ۶ وصلهٔ تیرها

به‌دلایل زیادی مجبور هستیم که نیمرخ‌های نوردشده و یا تیرورق‌ها را وصله نماییم. بعضی از این دلایل به‌قرار زیر می‌باشد:

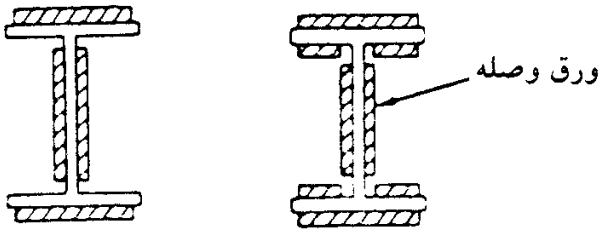
- طول استاندارد نیمرخ‌های نوردشده که از کارخانه بیرون می‌آید، ممکن است کافی نباشد.
- گاهی مواقع از لحاظ اجرا اقتصادی‌تر است که تیرها در طول‌های کوتاه به‌محل کار حمل شوند و در محل کار به‌یکدیگر وصله شوند.
- به‌علت کاهش ضایعات تیرآهن ممکن است که مجبور به‌وصلهٔ کارگاهی باشیم.

شکل ۱۱ ـ ۳۱ یک وصلهٔ استاندارد را نشان می‌دهد که از چهار ورق تشکیل یافته است، به‌همین مناسبت به‌چنین وصله‌ای، وصلهٔ چهار ورقی می‌گوییم. در مواقعی که بال تیر ضخیم باشد، ممکن است که مجبور شویم، همانند شکل ۱۱ ـ ۳۲ از ۸ ورق استفاده نماییم.

وصله ممکن است از نوع پرچی یا پیچی و یا از نوع جوشی باشد. بدون توجه به‌نوع وصله، به‌عنوان یک قانون طراحی، هر قطعه از وصله باید برای نیروی قسمتی که جایگزین آن می‌شود، محاسبه گردد. از آنجایی که نیروی برشی توسط جان و لنگر خمشی توسط بال نیمرخ حمل می‌شود، بنابراین وصله‌های جان عهده‌دار تحمل نیروی برشی و وصله‌های بال عهده‌دار تحمل لنگر خمشی می‌باشند.



شکل ۱۱ ـ ۳۱

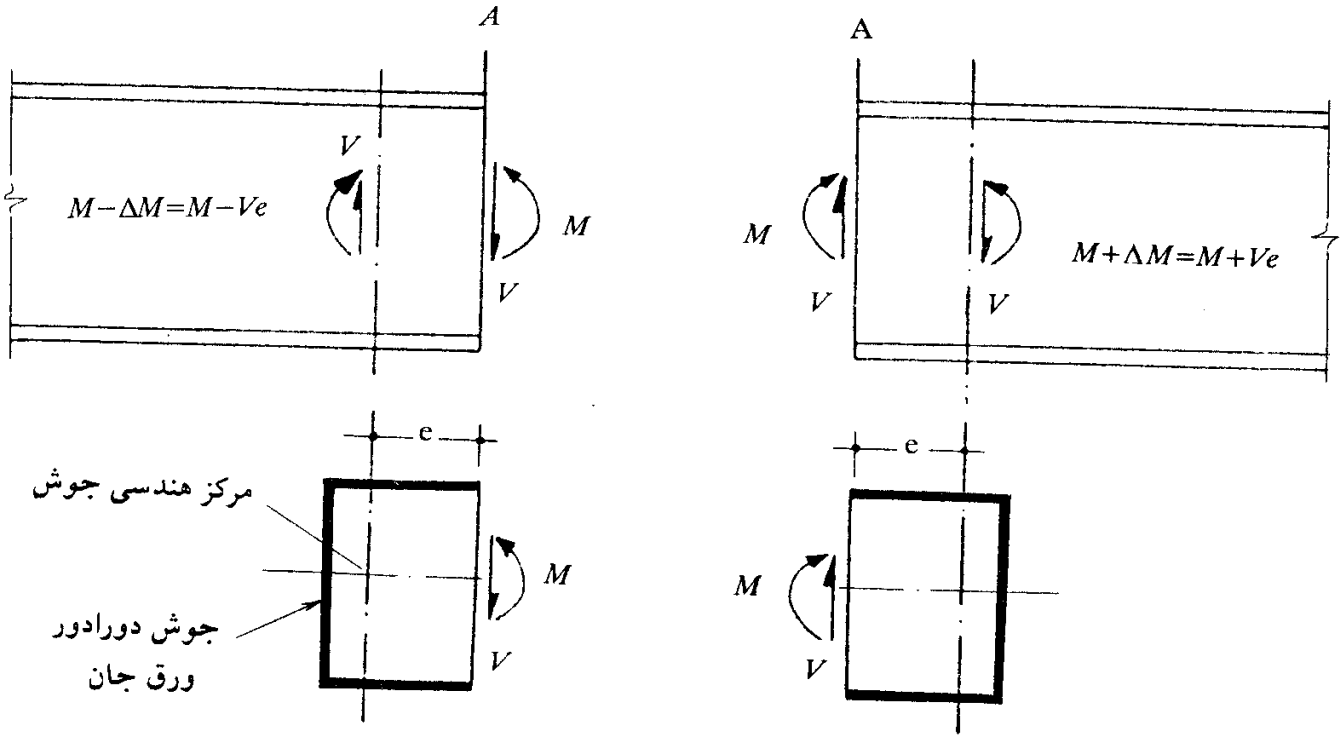


شکل ۱۱ ـ ۳۲

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

وصله‌ها را معمولاً برای نیروهای داخلی موجود در نقطهٔ قطع که از روی نمودار تغییرات نیروی برشی و لنگر خمشی به‌دست می‌آید، طراحی می‌نمایند. لیکن آیین‌نامه‌ها مقدار این نیروها را به‌حداقلی محدود می‌نمایند. مثلاً مبحث دهم مقرر می‌دارد که نیروهای طراحی یک وصله نباید از ۵۰ درصد ظرفیت نیمرخ کامل کمتر باشند. آیین‌نامه پلسازی آشتو این مقدار را به ۷۵ درصد ظرفیت نیمرخ محدود می‌کند، البته اگر برای وصلهٔ تیرها بخواهیم از اتصال لب به‌لب با جوش شیاری استفاده نماییم، طبق مفاد آیین‌نامه جوش شیاری را باید برای تمام ظرفیت تیر طراحی نماییم.

در هنگام تعیین نیروهای طراحی وصله، به‌این نکته باید توجه داشته باشیم که وصله دارای طول مشخصی می‌باشد (بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر). در این طول، مقدار لنگر خمشی و نیروی برشی تغیر می‌نماید. طبق اصل مورد استفاده در طراحی اتصالات پیچی و جوشی، گروه پیچ یا جوش باید برای نیروهایی طراحی شوند که در مرکز هندسی آنها وجود دارد. از شکل ۱۱ ـ ۳۳ پیداست که از لحاظ تئوری، لنگر موجود در مرکز هندسی جوش‌ها در یک طرف وصله با لنگر موجود در طرف دیگر متفاوت می‌باشد. بنابراین بعضی از طراحان، اتصال هر دو طرف وصله را برای لنگر $M_1=M+Ve$ طراحی می‌نمایند. در وضعیت‌های نادری که وصله در محلی که نیروی برشی و لنگر خمشی هر دو بزرگ هستند، قرار دارد، چنین طرز عملی به‌جا به‌نظر می‌رسد. اما از آنجایی که در



شکل ۱۱ ـ ۳۳

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

اغلب موارد وصله در محلی قرار دارد که یکی از مقادیر نیروی برشی و یا لنگر خمشی کوچک می‌باشد و نیروهای حداقل آیین‌نامه‌ای کنترل‌کنندهٔ طرح هستند، استفاده از $M_1=M+Ve$ منطقی به‌نظر نمی‌رسد.

بنابراین در اکثر مواقع توصیه می‌شود که اتصال برای نیروهای واقعی در محل قطع و یا حداقل آیین‌نامه‌ای طراحی گردد و هیچ‌گونه خروج از مرکزیتی در نظر گرفته نشود. اگر نیروهای برشی و لنگرهای خمشی سازه با استفاده از تئوری سازه‌های نامعین بدون هیچ‌گونه مفصل داخلی، به‌دست آمده باشند، طراح نباید وصله‌ای طرح کند که به‌علت نرمی زیاد همانند یک مفصل عمل نماید.

مثال ۱۱ ـ ۱۰

مطلوب است طراحی وصلهٔ چهار ورقی یک تیر IPE 600 از فولاد نرمه با تنش حد جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، در محل وصله مقدار لنگر خمشی ۳۷ تن متر و نیروی برشی ۳۲ تن می‌باشد. ورق‌های وصله از فولاد نرمه و الکترود مصرفی از نوع E 60 می‌باشد. ظرفیت وصله نباید از ۵۰ درصد ظرفیت نیمرخ کمتر در نظر گرفته شود.

حل: مشخصات IPE 600

$$h=60 \quad , \quad b=22 \quad , \quad t_w=1.2 \quad , \quad t_f=1.9 \text{ cm}$$
$$A=159 \text{ cm}^2 \quad , \quad I_x=92080 \text{ cm}^4 \quad , \quad S_x=3070 \text{ cm}^3$$

الف) ظرفیت IPE 600 (با فرض مقطع فشرده)

$$M=F_b S_x=0.66 F_y S_x=0.66(2400)(3070)\times 10^{-5}=48.63 \text{ ton.m}$$
$$V=F_v dt_w=0.4F_y dt_w=0.40(2400)(60)(1.2)10^{-3}=69.12 \text{ ton}$$

ب) شرایط طراحی

واقعی $M=37 \text{ ton.m} > 0.50\times 48.63=24.32 \text{ ton.m}$

پس:

طراحی $M=37 \text{ ton.m}$

واقعی $V=32 \text{ ton} < 0.50\times 69.12=34.56 \text{ ton}$

پس:

طراحی $V=34.56 \text{ ton}$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

پ) طراحی ورق‌های وصلهٔ جان

ورق‌های وصلهٔ جان باید قادر باشند که کل نیروی برشی را تحمل نمایند.

$$\text{لازم } A_g=\frac{V}{0.4F_y}=\frac{34.56\times10^3}{0.4(2400)}=36\ \text{cm}^2$$

$$\text{حداکثر ارتفاع ممکن}=53\ \text{cm}=h-2t=53\ \text{(نیمرخ)}$$

$$\text{لازم } t=\frac{A_g}{2\ \text{(ارتفاع)}}=\frac{36}{2(53)}=0.34\ \text{cm}$$

از ورق ۶ میلی‌متری به‌عنوان یک حداقل عملی استفاده می‌شود. پس از دو ورق 6×530 mm استفاده می‌شود.

ت) طراحی ورق‌های وصلهٔ بال

برای طراحی ورق‌های وصلهٔ بال از این فلسفه استفاده می‌کنیم که چون این ورق‌ها باید نقش بال را در محل وصله انجام دهند، سطح مقطع آنها باید مساوی سطح مقطع بال (به‌نسبت لنگر طراحی به‌ظرفیت خمشی تیر) باشد.

$$\text{سطح مقطع بال IPB600}=(22)(1.9)=41.8\ \text{cm}^2$$

$$\text{درصد لنگر طراحی به‌ظرفیت کامل}=\frac{37}{48.63}(1000)=76\%$$

$$\text{سطح مقطع لازم برای وصلهٔ بال}>0.76\times(41.8)=31.77\ \text{cm}^2$$

$$\text{لازم } t=\frac{31.77}{(22-2)}=1.59\ \text{cm}$$

برای وصلهٔ بال از ورق ۲۰۰×۱۶ میلی‌متر با سطح مقطع ۳۲ سانتی‌متر مربع استفاده می‌شود.

البته سطح مقطع ورق وصلهٔ بال را می‌توان به‌نسبت فاصلهٔ مرکز به‌مرکز ورق‌های بال به‌فاصلهٔ مرکز به‌مرکز ورق‌های وصله کاهش داد.

$$\text{درصد کاهش}=\left[1-\frac{(60-1.9)}{(60+1.6)}\right]\times100=5.68\%$$

در طراحی از این کاهش صرف‌نظر می‌نماییم.

ث) کنترل ورق وصلهٔ بال با استفاده از رابطهٔ $f=\frac{MC}{I}$

$$I=I_w+I_f=\left[2\times\frac{1}{12}(0.6)(53)^3\right]+\left[2(1.6\times20)(30+\frac{1.6}{2})^2\right]$$

$$I=14887.7+60712.96=75601\ \text{cm}^4$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$$f=\frac{37(10^5)(31.6)}{75601}=1546\ \text{kg/cm}^2<0.66F_y=1584\ \text{kg/cm}^2$$ (با فرض مقطع فشرده)

ج) طراحی طول ورق‌های وصله بال و جوش‌های آن

ابتدا نیروی موجود در ورق‌های وصلهٔ بال را به‌دست می‌آوریم. لازم به‌توضیح است که لنگر به‌نسبت ممان اینرسی بین بال و جان تقسیم می‌شود.

سهم ورق‌های وصلهٔ بال $M=\frac{I_f}{I}(M)=\frac{60713}{75601}(37)=0.80(37)=29.71\ \text{ton.m}$

نیرو در وصلهٔ بال $F=\frac{M}{d}=\frac{(29.71)10^2}{(60+1.6)}=48236\ \text{kg}$

نیرو در وصلهٔ بال را به‌طریق زیر نیز می‌توان به‌دست آورد:

$$F=\sigma_f.A_f=\frac{37(10^5)(30+\frac{1.6}{2})}{75601}\times(1.6\times20)=48236\,\text{kg}$$

σ_f و A_f. به‌ترتیب تنش ناشی از خمش در مرکز سطح و مساحت ورق وصلهٔ بال می‌باشند.

طول لازم جوش وصلهٔ بال $L_{wf}=\frac{F}{650D}$

از جوش به‌اندازهٔ $D=8$ mm استفاده می‌کنیم.

$$L_{wf}=\frac{48236}{650(0.8)}=92.8\ \text{cm}$$

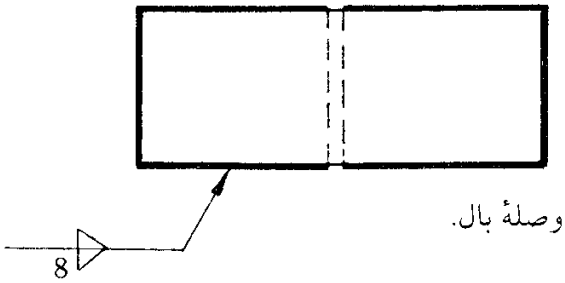
طول لازم ورق وصلهٔ بال در یک طرف درز:

$$L_1=\frac{1}{2}(92.8-20)=36.4\ \text{cm}$$

طول کل لازم ورق وصلهٔ بال:

$$2\times(36.4)=72.8\ \text{cm}$$

بنابراین از ورق‌های ۱۶×۲۰۰×۷۴۰ میلی‌متر در بالا و پایین تیر و جوش ۸ میلی‌متر استفاده می‌کنیم.



شکل ۱۱ - ۳۴ - پلان جوش‌های وصلهٔ بال.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

چ) طراحی طول ورق‌های وصله جان و جوش‌های آن

لنگر پیچشی وارد بر مجموعهٔ جوش جان عبارت است از سهم جان از لنگر خمشی طرح به‌علاوهٔ لنگر پیچشی ناشی از انتقال نیروی برشی به‌مرکز هندسی مجموعهٔ جوش.

برای جان از دو ورق وصلهٔ ۶۰۰×۵۳۰×۶ میلی‌متر استفاده می‌نماییم.

با استفاده از ردیف ۵ جدول ۱ ـ ۱۵ داریم:

$$b=\frac{60}{2}=30\ ,\ d=53\ \text{cm}$$

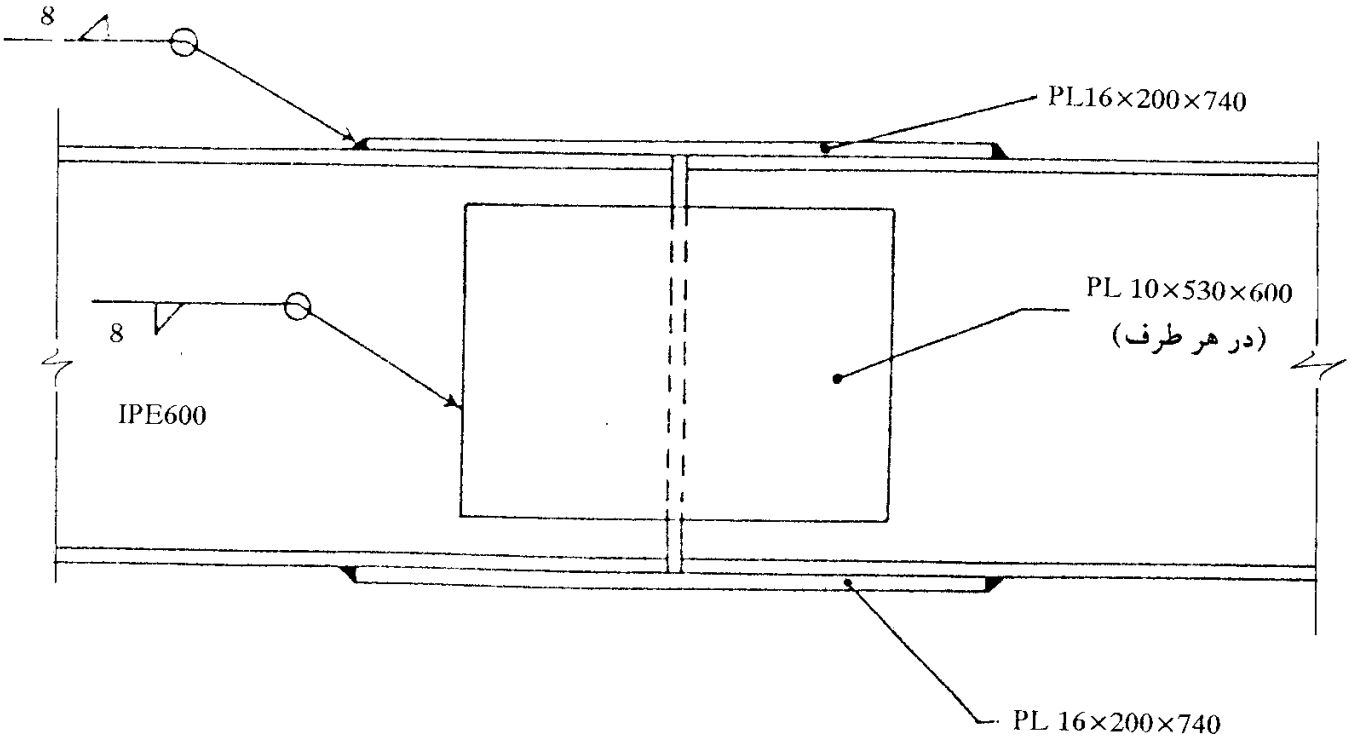
$$\overline{x}=\frac{30^2}{2(30)+53}=7.96\ \text{cm}$$

$$I_p=2\left[\frac{8(30)^3+6(30)(53)^2+(53)^3}{12}-\frac{(30)^4}{2(30)+53}\right]=130746.6\ \text{cm}^3$$

$$M_T=\frac{I_w}{I}M+Ve=\frac{14887.7}{75601}(37)+(34.56)(30-7.96)\times10^{-2}$$

$$M_T=7.29+7.62=14.91\ \text{ton.m}$$

البته در اینجا مقداری دست بالا عمل نموده‌ایم. می‌توانستیم M_T را مساوی $\frac{I_w}{I}(M+Ve)$ در نظر بگیریم.



شکل ۱۱ ـ ۳۵

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$$f'_x = \frac{V}{A} = \frac{34.56\times10^3}{2(2\times30+53)} = 152.92 \text{ kg/cm}$$

$$f''_x = \frac{M_T.y}{I_p} = \frac{(14.91\times10^5)\times(\frac{53}{2})}{130746.6} = 302.20 \text{ kg/cm}$$

$$f''_y = \frac{M_T.x}{I_p} = \frac{(14.91\times10^5)\times(30-7.96)}{130746.6} = 251.34 \text{ kg/cm}$$

$$f_r = \sqrt{(302.20)^2 + (152.92+251.34)^2} = 504.73 \text{ kg/cm}$$

$$f_r = 650D \rightarrow D = \frac{504.73}{650} = 0.78 \text{ cm}$$

از جوش $D=8$ mm استفاده می‌کنیم. چون اندازهٔ جوش از ضخامت ورق جان بیشتر است. بنابراین برای وصلهٔ جان از دو ورق ۶۰۰×۵۳۰×۱۰ استفاده می‌نماییم.

۱۱ـ۷ وصله ستون‌ها

۱۱ـ۷ـ۱ معرفی

با رفتن به‌طبقات بالاتر، بار محوری ستون‌ها کم می‌شود. در نتیجه می‌توان برای آنها نیمرخ‌های سبکتری انتخاب نمود. این موضوع و همچنین محدود بودن طول تیرآهن، استفاده از وصله در ستون‌ها را ایجاب می‌نمایند. هر چند که کاستن از شمارهٔ نیمرخ با کم شدن نیروی محوری، باعث سبکتر شدن ستون و کاهش فولاد مصرفی می‌شود، لیکن باید توجه داشت که وصلهٔ نیمرخ جدید به‌نیمرخ قدیم، اضافه مخارجی در بر دارد که ممکن است کاهش مخارج ناشی از سبکتر کردن نیمرخ را جبران ننماید. لذا در عمل تا ارتفاعی مساوی طول یک شاخه تیرآهن (۱۲ متر ـ در حدود سه طبقه)، شمارهٔ نیمرخ عوض نمی‌شود و همان نیمرخ پایین‌ترین طبقه، تا ۲ طبقهٔ بعد نیز ادامه می‌یابد.

۱۱ـ۷ـ۲ محل وصله

وقتی که وصله ستون اجتناب‌ناپذیر شد، بهترین محل برای وصله در حدود ۱۰۰ سانتی‌متری بالای کف طبقه است. چون اولاً در این محل به‌قدر کافی از محل اتصال تیر به‌ستون دور شده‌ایم، و ثانیاً از لحاظ انجام عملیات جوشکاری و یا پیچ‌کاری، ارتفاع بسیار مناسبی را در اختیار داریم.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

در صورتی که ستون عضوی از قاب خمشی باشد، در اثر بارهای جانبی در آن ایجاد لنگر خمشی می‌گردد که نقطه عطف آن تقریباً در وسط ارتفاع قرار دارد. در این حالت بهترین محل برای وصلهٔ ستون، وسط ارتفاع طبقه است که در آن لنگر خمشی مساوی با صفر می‌باشد. اما در طرف دیگر، انجام عملیات پیچ‌کاری و جوشکاری در وسط ارتفاع طبقه، مشکلاتی همراه دارد که ممکن است طراح را به‌انتخاب ارتفاع کمتر برای وصله وا دارد.

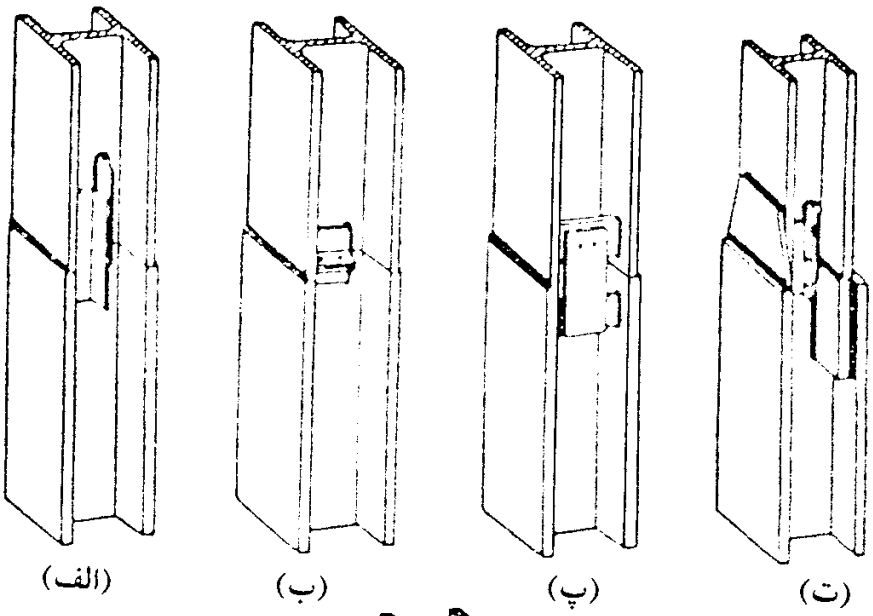
۱۱ ـ ۷ ـ ۳ انواع وصله

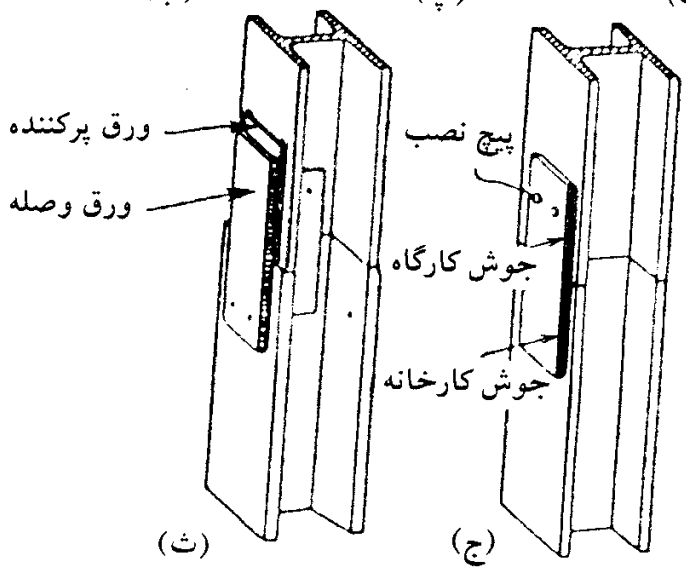
در شکل ۱۱ ـ ۳۶، مثال‌های متعددی از وصله ستون‌ها نشان داده شده است. غالباً برای تنظیم و قرارگیری ستون‌ها در محل وصله، زایده‌های کوچکی به‌لبهٔ ستون‌ها جوش می‌شود که از سوراخ‌های موجود در داخل این زایده‌ها، پیچ‌های مونتاژ عبور داده می‌شود. این موضوع در شکل ۱۱ـ۳۶ـ الف، نشان داده شده است. اشکال ۱۱ ـ ۳۶ ـ ث و ۱۱ ـ ۳۶ ـ ج، حالاتی را نشان می‌دهند که در آن اتصال ورق اتصال به‌ستون پایینی توسط جوش در کارخانه و یا پای کار قبل از واداشتن ستون انجام شده، و اتصال ورق به‌ستون فوقانی توسط پیچ به‌صورت در جا صورت پذیرفته است. در هر دو اتصال برای پر کردن فاصلهٔ به‌وجود آمده در اثر اختلاف ابعاد دو ستون، از ورق‌های پُرکننده استفاده شده است. در صورتی که اختلاف در ابعاد دو ستون زیاد باشد، اتصال آنها به‌یکدیگر باید مطابق شکل ۱۱ ـ ۳۷ با استفاده از یک ورق سر ضخیم که تغییر شکل‌پذیری ناچیزی داشته باشد، انجام گردد.

۱۱ ـ ۷ ـ ۴ نیروهای وصله

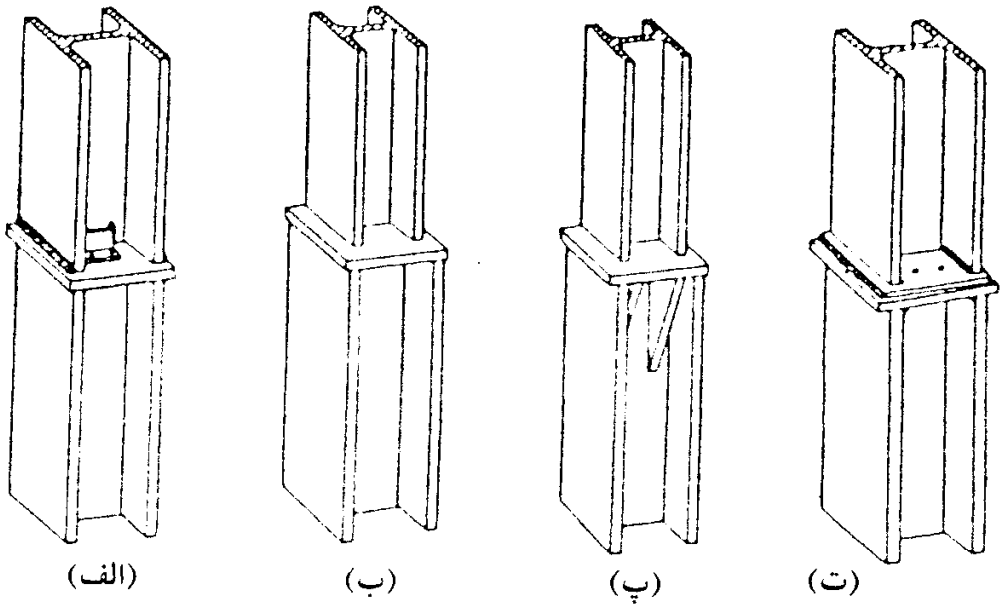
اگر لبه‌های در حال تماس دو ستون گونیا شده و خوب سنگ‌زده شود، می‌توان درصدی از بار طراحی ستون‌ها را به‌صورت فشار تماسی انتقال داد و در نتیجه از ابعاد ورق‌های اتصال کاست. با توجه به‌اضافه مخارج عمل سنگ زدن و گونیا کردن لبه‌های در حال تماس و عدم اطمینان از نظارت دقیق بر این عمل، استفاده از چنین تمهیداتی برای کاهش نیروهای طرح منطقی به‌نظر نمی‌رسد. لیکن در صورتی که از اجرای دقیق کار مطمئن باشیم، در این صورت طبق توصیهٔ AISC ، ورق وصلهٔ مربوط به‌بال یا جانی که تحت اثر نیروی فشاری و لنگر خمشی به‌فشار کار می‌کند، می‌تواند برای ۵۰ درصد نیروی فشاری طراحی گردد. اگر تحت اثر نیروی محوری و لنگر خمشی در بالی نیروی کششی ایجاد گردد، در این صورت ورق وصلهٔ مربوط به‌این بال باید برای اثر مشترک لنگر ناشی از نیروهای جانبی (باد یا زلزله) و ۷۵ درصد نیروی فشاری ناشی از بار مرده (بدون احتساب بار زنده)، طراحی گردد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com





شکل ۱۱ ـ ۳۶



شکل ۱۱ ـ ۳۷

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

۱۱ ـ ۷ ـ ۵ پُرکننده‌ها

در اتصالات جوشی ساختمان‌ها، پُرکننده‌هایی را که ضخامتشان از ۶ میلی‌متر بیشتر باشد باید به‌اندازهٔ کافی از لبهٔ صفحهٔ وصله ادامه داد و قسمت ادامه‌یافته را با جوش کافی به‌قطعه‌ای که در زیرش قرار دارد متصل نمود (شکل ۱۱ ـ ۳۶ ـ ث). قدرت جوش باید طوری باشد که تنش‌های صفحه وصله را که به‌صورت بار برون‌محور بر روی سطح صفحه پرکننده وارد می‌شود، تحمل نماید. جوشی‌که صفحه وصله را به‌پرکننده متصل می‌نماید باید طوری باشد که بتواند تنش‌های صفحه وصله را به‌صفحه پُرکننده منتقل نموده و خط جوش باید به‌اندازه‌کافی زیاد بوده تا از بیش از حد تنیده شدن صفحهٔ پُرکننده در ناحیه جوش‌ها جلوگیری به‌عمل آید. لبه هر پرکننده‌ای با ضخامت کمتر از ۶ میلی‌متر باید با لبه صفحه وصله هم‌سطح شده و اندازه جوشی که به‌کار برده می‌شود باید برابر مجموع اندازه لازم برای انتقال تنش صفحه وصله به‌صفحه پرکننده به‌علاوه ضخامت صفحه پُرکننده باشد.

۱۱ ـ ۷ ـ ٦ اتصالات اعضای فشاری وکششی در خرپاها

اتصالات در دو انتهای اعضای کششی و یا فشاری خرپاها باید نیروی ناشی از باری که در طراحی به‌کار برده شده است را تحمل نمایند، ولی این اتصالات نباید مقاومتی کمتر از ۵۰ درصد مقاومت مؤثر قطعات را بر مبنای نوع تنشی که قطعه بر آن اساس انتخاب می‌شود، دارا باشند.

مثال ۱۱ ـ ۱۱

مطلوب است طراحی وصلهٔ یک ستون IPB240 به‌ستون طبقه زیر آن که یک ستون IPB260 می‌باشد.

نیروهای موجود در محل اتصال عبارتند از:

$p=65$ tm (نیروی محوری)

$M_x=5$ ton.m (لنگر)

$V_x=4$ ton (برش)

ارتفاع طبقه ۳/۸ متر می‌باشد و ضریب $K_x=1.15$ و $K_y=1$ تعیین گردیده است. فولاد مصرفی از نوع ST 37 با $F_y=2400$ kg/cm^2 می‌باشد.

تعیین تنش مجاز برای ستون:

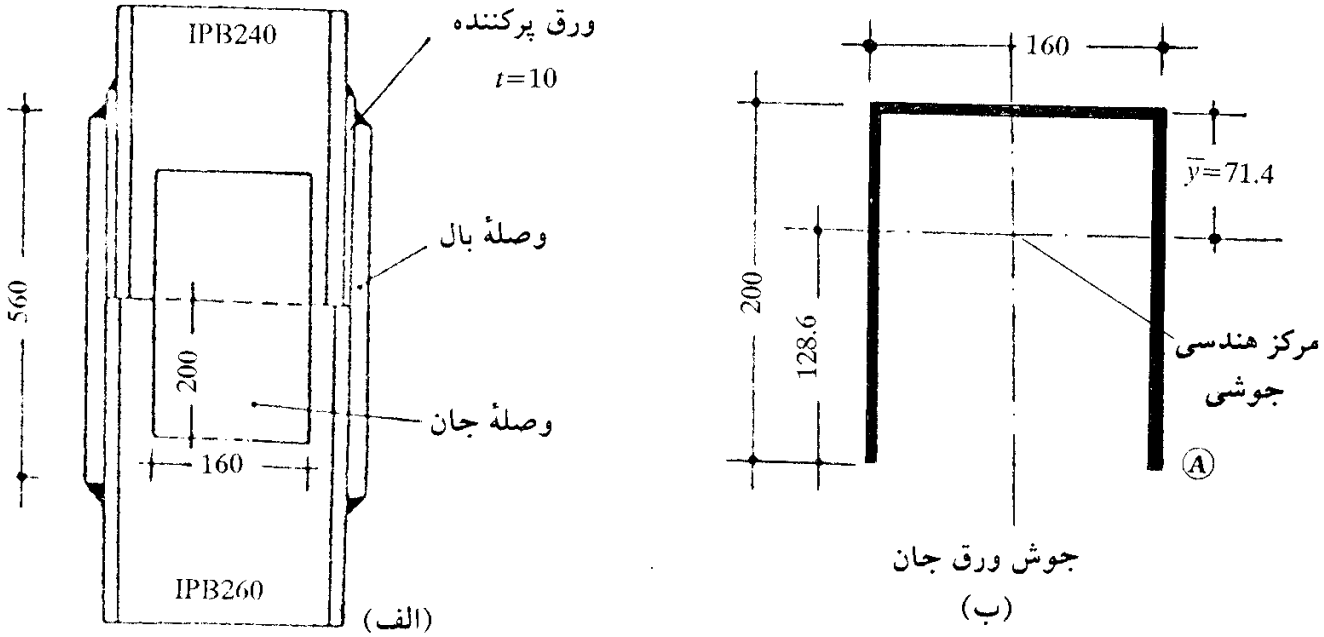
$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.15\times 380}{10.3} = 42.4$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1\times 380}{6.08} = 63 \rightarrow F_a = 1149 \text{ kg/cm}^2$$

مشخصات نیمرخ‌های به‌کار رفته

مشخصات هندسی	IPB240	IPB260
ارتفاع (cm)	۲۴	۲۶
پهنای بال (cm)	۲۴	۲۶
ضخامت جان (cm)	۱	۱
ضخامت بال (cm)	۱/۷	۱/۷۵
مساحت (cm^2)	۱۰۶	۱۱۸
ارتفاع جان (cm)	۲۰/۶	۲۲/۵
$I_x(cm^4)$	۱۱۲۶۰	۱۴۹۲۰
$r_x(cm)$	۱۰/۳	۱۱/۲
$r_y(cm)$	۶/۰۸	۶/۵۸



شکل ۱۱ ـ ۳۸ ـ مربوط به‌مثال ۱۱ ـ ۱۱ (ابعاد به‌میلی‌متر).

نیروی محوری‌را به‌نسبت مساحت و لنگر خمشی را به‌نسبت ممان اینرسی بین بال و جان IPB240 تقسیم می‌کنیم:

$$I_w = \frac{1\times 20.6^3}{12} = 728 \text{ cm}^4$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

$$A_w = 1 \times 20.6 = 20.6 \text{ cm}^2$$

$$P_w = 65 \times \frac{20.6}{106} = 12.6 \text{ ton}$$

$$P_f = \frac{65 - 12.6}{2} = 26.2 \text{ ton}$$

$$M_w = 5 \times \frac{728}{11260} = 0.32 \text{ ton.m}$$

$$M_f = 5 - 0.32 = 4.68 \text{ ton.m}$$

محاسبهٔ وصلهٔ بال :

$$\text{نیروی محوری بال} = 26.2 \pm \frac{4.68 \times 100}{(24 - 1.7)} = 26.2 \pm 21$$

$$\text{نیروی حداکثر} = 47.2 \text{ ton}$$

$$\text{نیروی حداقل} = 5.2 \text{ ton}$$

وصلهٔ بال را برای تمام نیروی موجود در محل مقطع طراحی می‌نماییم:

$$\text{سطح لازم برای وصله} = \frac{47.2 \times 1000}{1149} = 41 \text{ cm}^2$$

$$\text{پهنای ورق} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{ضخامت ورق} = \frac{41}{20} = 2.05 \rightarrow t = 2.2 \text{ cm}$$

محاسبهٔ جوش :

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$650 \times 1 \times L = 47.2 \times 1000$$

$$L = 72.6 \text{ cm}$$

$$\text{طول جوش ران} = \frac{72.6 - 20}{2} = 26.3 \text{ cm}$$

طول وصله را در هر طرف ۲۸ سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

$$\text{ارتفاع کل وصلهٔ بال} = 28 \times 2 = 56 \text{ cm}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

ورق پرکنندهٔ بال :

$$\text{ضخامت ورق پرکننده} = \frac{26-24}{2} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{ارتفاع ورق پرکننده} = 28+4=32 \text{ cm}$$

$$\text{پهنای ورق پرکننده} = 20+2=22 \text{ cm}$$

جوش ورق پرکننده مطابق جوش ورق وصلهٔ بال انتخاب می‌گردد، یعنی جوش $D=10$ mm به‌طور دورتادور انجام می‌شود.

محاسبهٔ وصلهٔ جان :

از دو ورق 160×8 mm استفاده کرده و آن را کنترل می‌کنیم:

$$S=2\times\frac{0.8\times16^2}{6}=68.3 \text{ cm}^3$$

$$A=2\times16\times0.8=25.6 \text{ cm}^2$$

$$f=\frac{P}{A}\pm\frac{M}{S}=\frac{12.6\times1000}{25.6}\pm\frac{0.32\times10^5}{68.3}=492\pm469$$

تنش حداکثر $=961$ kg/cm^2 (خوبست)

تنش حداقل $=23$ kg/cm^2 (خوبست)

محاسبهٔ جوش :

این جوش تحت اثر لنگر پیچشی و نیروهای محوری و برشی قرار دارد. چون دو ورق وصله داریم، بنابراین نیروی هر یک برابر است با:

$$V=\frac{4}{2}=2 \text{ ton}$$

$$P=\frac{12.6}{2}=6.3 \text{ ton}$$

$$M=\frac{0.32}{2}=0.16 \text{ ton-m}$$

ابعاد جوش را طبق شکل ۱۱ ـ ۳۸ ـ ب، در نظر می‌گیریم:

$b=16$ cm $d=20$ cm

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$$A=16+2\times20=56\ \text{cm}^2/\text{cm}$$

$$f'_y=\frac{P}{A}=\frac{6.3\times1000}{56}=112.5\ \text{kg/cm}$$

$$f'_x=\frac{V}{A}=\frac{2\times1000}{56}=35.7\ \text{kg/cm}$$

$$I_p=\frac{(16)^3+6(16)^2(20)+8(20)^3}{12}-\frac{(20)^4}{2(20)+16}=5377\ \text{cm}^4/\text{cm}$$

$$\bar{Y}=\frac{d^2}{b+2d}=\frac{20^2}{16+40}=7.14\ \text{cm}$$

فاصلهٔ نقطهٔ A تا مرکز ثقل $=20-7.14=12.86$ cm

$$M_t=2\times12.86\times10^{-2}+0.16=0.42\ \text{t.m}$$

$$f''_x=\frac{M_t y}{I_p}=\frac{0.42\times10^5\times12.86}{5377}=100.45\ \text{kg/cm}$$

$$f''_y=\frac{M_t x}{I_p}=\frac{0.42\times10^5\times8}{5377}=62.49\ \text{kg/cm}$$

$$f_x=35.7+100.45=136.15\ \text{kg/cm}$$

$$f_y=112.5+62.49=174.99\ \text{kg/cm}$$

$$f=\sqrt{f_x^2+f_y^2}=221.72\ \text{kg/cm}$$

$$650D=221.72$$

$$D=0.34\ \text{cm}$$

انتخاب می‌شود: $D=5$ mm.

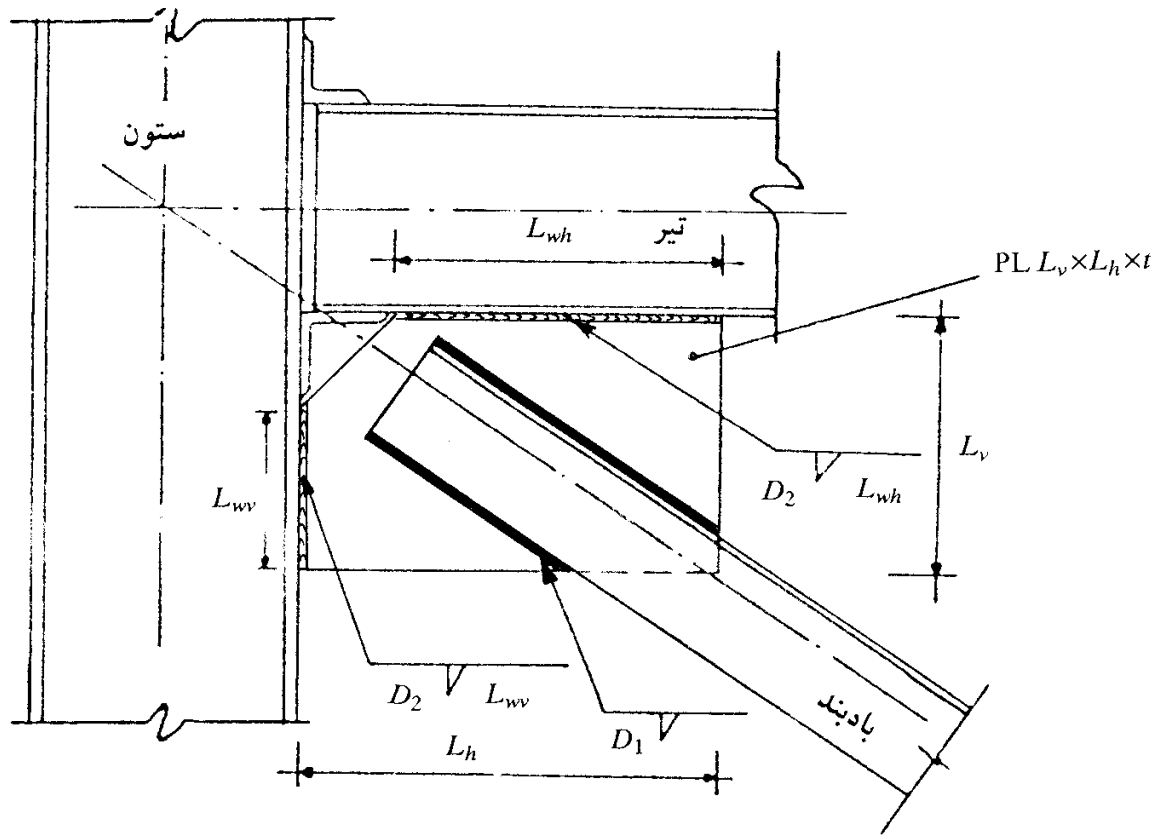
۱۱ـ۸ اتصال بادبندی

۱۱ـ۸ـ۱ مقدمه

اتصال بادبندها در اغلب موارد مطابق شکل ۱۱ ـ ۳۹ انجام می‌گیرد. در این اتصال، عضو بادبند بر روی صفحهٔ اتصال[6] به‌وسیلهٔ جوش و یا پیچ و پرچ متصل شده و خود صفحهٔ اتصال به‌وسیلهٔ جوش‌های گوشه افقی و قائم به‌تیر و ستون جوش می‌گردد.

6– gusset plate

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING



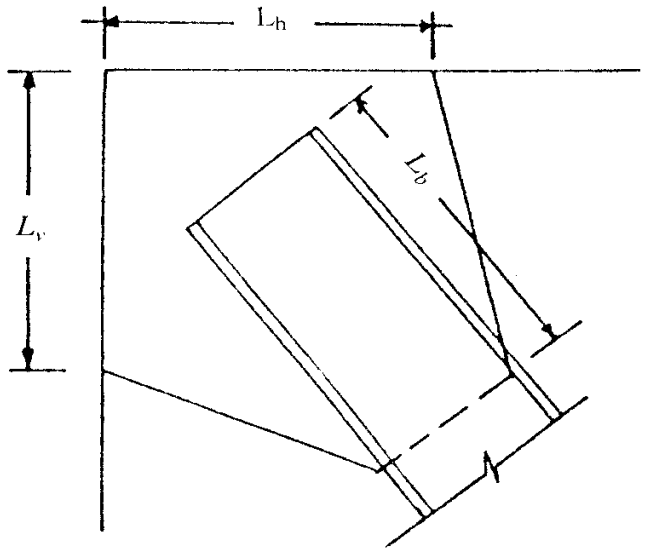
شکل ۱۱ ـ ۳۹ ـ اتصال بادبندها.

۱۱ ـ ۸ ـ ۲ نکات فنی

اتصال تیر به‌ستون که از نوع مفصلی (ساده) می‌باشد به‌وسیله نبشی جان یا نبشی نشیمن انجام می‌گردد. در صورت استفاده از نبشی نشیمن، ورق اتصال در گوشه برش داده می‌شود تا به‌راحتی در محل قرار گیرد. اعضای بادبند معمولاً از نیمرخ نبشی و یا ناودانی به‌صورت تک و یا زوج انتخاب می‌گردند. هنگام استفاده از نیمرخ‌های زوج به‌منظور کاهش طول‌های افقی و قائم جوش ورق به‌تیر و ستون، می‌توان این جوش را دو طرفه انجام داد.

برای جلوگیری از ایجاد لنگرهای ثانویه در اتصال، حتی‌الامکان باید سعی نمود تا محور هندسی بادبند از محل برخورد محورهای هندسی تیر و ستون بگذرد و زاویهٔ اعضای بادبند با افق در حدود ۴۵ درجه باشد. در عمل صفحات اتصال را با اشکال و برش‌های مختلفی به‌کار می‌برند که شکل ۱۱ ـ ۴۰ یک نمونه از آنها را نشان می‌دهد. هندسهٔ ورق اتصال طوری باید باشد که طول جوش‌های محاسبات L_h، L_v و L_b تأمین شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING



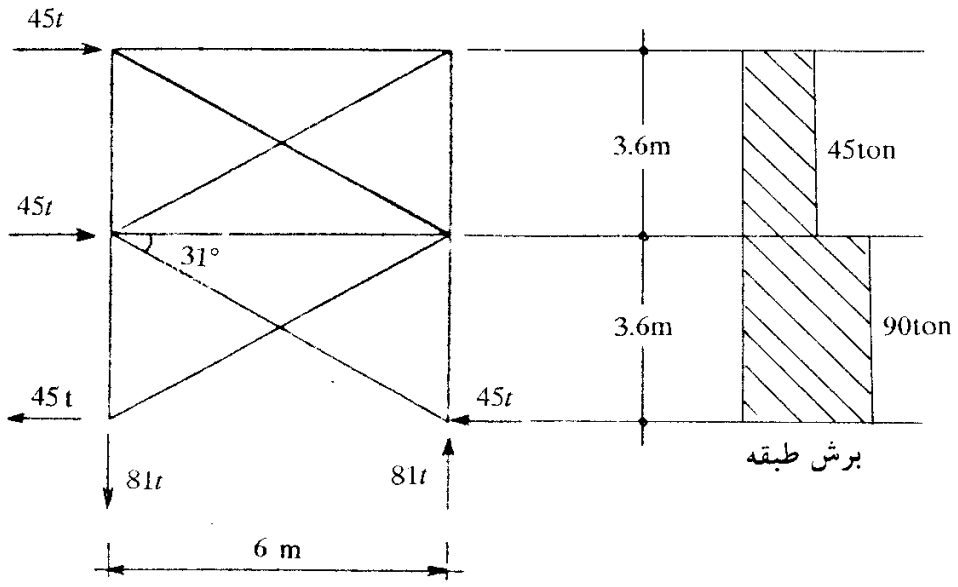
شکل ۱۱ ـ ۴۰ ـ یک نمونه از اتصال بادبندی.

مثال ۱۱ ـ ۱۲

در زیر طراحی یک بادبند ضربدری درون‌محور[7] بر مبنای آیین‌نامه ۲۸۰۰ نشان داده می‌شود.

بادبند یک دهانهٔ دو طبقه شکل ۱۱ ـ ۴۲ را در نظر بگیرید. برش طبقه اول مساوی ۹۰ تن می‌باشد که فرض می‌شود به‌طور مساوی بین قطرهای فشاری و کششی تقسیم می‌گردد. فولاد مصرفی از نوع ST 37 با $F_y=2400$ و $F_u=3700$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.

$L=\sqrt{3.6^2+6^2}=7\,\text{m}$ (طول محور به‌محور عضو بادبند)



شکل ۱۱ ـ ۴۱

7– concentric

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$F=\frac{7}{6}\times\frac{90}{2}=52.5\ \text{t}$ (نیروی بادبند به‌صورت کششی یا فشاری)

طول آزاد برای کمانش در صفحهٔ بادبند، نصف طول کل بادبند در نظر گرفته می‌شود:

$$L_{x\text{-}x}=\frac{L}{2}$$

طول آزاد برای کمانش خارج از صفحه، دوسوم طول کل بادبند منظور می‌گردد:

$$L_{y\text{-}y}=\frac{2L}{3}$$

اگر ستون از نیمرخ بال پهن نمرهٔ ۳۰ و تیر از تیرآهن نمرهٔ ۳۳ باشد، طول آزاد بادبند برابر است با:

$L=\sqrt{(6\text{-}0.3)^2+(3.6\text{-}0.33)^2}=6.57\ \text{m}$ (طول آزاد بادبند)

(البته وجود ورق اتصال نیز از طول آزاد بادبند خواهد کاست).

اگر به‌عنوان عضو بادبند از دو نبشی پشت به پشت ۱۲×۱۲۰×۱۲۰ میلی‌متر استفاده شود، مشخصات هندسی آن به‌قرار زیر خواهد بود:

(در تخمین اولیه، ضخامت ورق اتصال ۱۰ میلی‌متر انتخاب شده است).

$A=55\ \text{cm}^2 \qquad r_x=3.65\ \text{cm} \qquad r_y=5.35\ \text{cm}$

الف) کنترل کمانش

$\left(\frac{KL}{r}\right)_x=\frac{1}{2}\times\frac{657}{3.65}=90$ (حاکم است) $<6025/\sqrt{2400}=123$

$\left(\frac{KL}{r}\right)_y=\frac{2}{3}\times\frac{657}{5.35}=82$

لاغری $=90$, $F_y=2400\ \text{kg/cm}^2 \rightarrow F_a=959\ \text{kg/cm}^2$

با در نظر گرفتن ۳۳ درصد افزایش تنش مجاز به‌علت وجود نیروی جانبی در ترکیب بارگذاری خواهیم داشت:

$F_a=1.33\times959=1275.5\ \text{kg/cm}^2$

$F_{as}=BF_a$, $B=1/(1+\lambda/2c_c)=1/\left(1+90/(2\times131)\right)=0.75$

$F_{as}=1275.5\times0.75=956$

تنش موجود در بادبند (طبق پیوست ۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰):

$f_a=\frac{52.5\times10^3}{55}=954<956$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

ب) کنترل ظرفیت کششی

تنش کششی مجاز برابر است با:

$$F_t=0.6F_y(1.33)=0.6\times2400\times1.33=1915\ \text{kg/cm}^2$$

تنش موجود در بادبند همان‌طور که در بند الف، محاسبه شد:

$$f_a=954<2460.5\ \text{kg/cm}^2 \qquad \text{(خوبست)}$$

پ) طراحی جوش نبشی به‌ورق

مبحث دهم مقرر می‌دارد: «به‌جز در مورد اعضایی که تحت بارهای خستگی قرار دارند، اتصال متعادل شده برای نبشی تک، نبشی دوبل و اعضای مشابه ضرورتی ندارد.»

براساس توصیهٔ فوق، طرح جوش نبشی به‌ورق بر مبنای جوش نامتعادل انجام می‌گیرد:

در انتخاب اول از جوش با اندازهٔ $D_1=7$ mm استفاده می‌شود:

$$\text{نیروی اتصال} = (0.4R)F=0.4\times6\times52.5=126\ \text{ton}$$

$$\text{ظرفیت کششی مجاز} = 2400\times55\times10^{-3}=132\ \text{ton}$$

مقدار اول حاکم است.

$$R_{w1}=650D_1=650\times0.7=455\ \text{kg/cm} \quad \text{(ارزش جوش)}$$

طول جوش لازم برای هر نبشی برابر است با:

$$L_{w1}=\frac{126\times10^3}{2\times(455)\times1.33}=104$$

۱۲ سانتی‌متر از جوش فوق در کله نبشی و دو طول ۴۶ سانتی‌متری در کنار نبشی انجام می‌شود.

ت) طراحی جوش ورق به‌تیر و ستون

$$F_h=126\times\cos31^\circ=108\ \text{ton} \quad \text{(نیروی افقی بادبند)}$$

$$F_v=126\times\sin31^\circ=65\ \text{ton} \quad \text{(نیروی قائم بادبند)}$$

در تخمین اول از جوش دو طرفه با اندازهٔ $D_2=7$ mm استفاده می‌شود:

$$R_{w2}=650D_2=650\times(2\times0.7)=910\ \text{kg/cm} \quad \text{(ارزش جوش)}$$

$$\text{ارزش ورق اتصال} = (0.4F_y)t=(0.4\times2400)\times1=960\ \text{kg/cm}$$

$$L_{wh}=\frac{F_h}{R_{w2}}=\frac{108\times10^3}{910\times1.33}=89 \quad \text{(طول جوش افقی)}$$

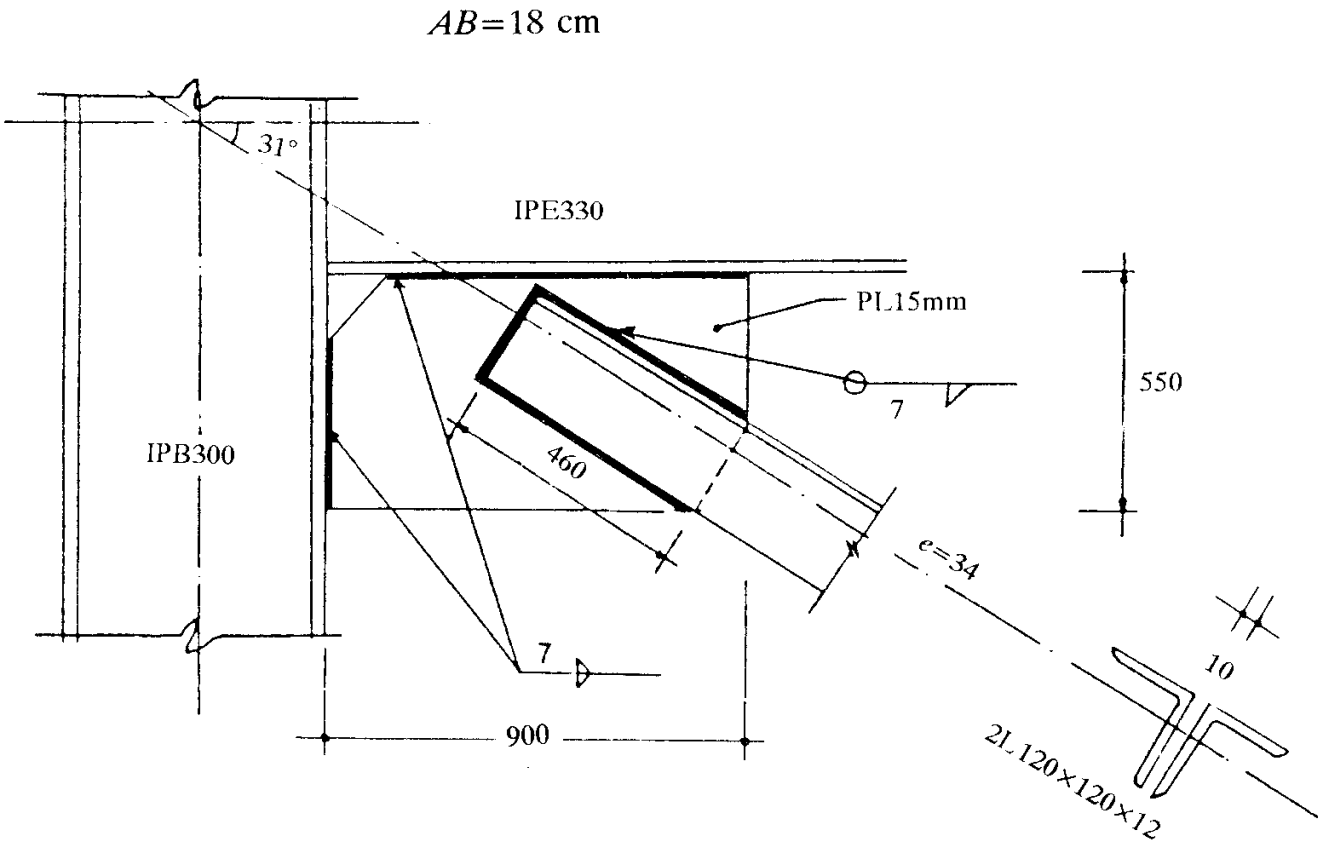
$$L_{wv}=\frac{F_v}{R_{w2}}=\frac{65\times10^3}{910\times1.33}=54 \quad \text{(طول جوش قائم)}$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

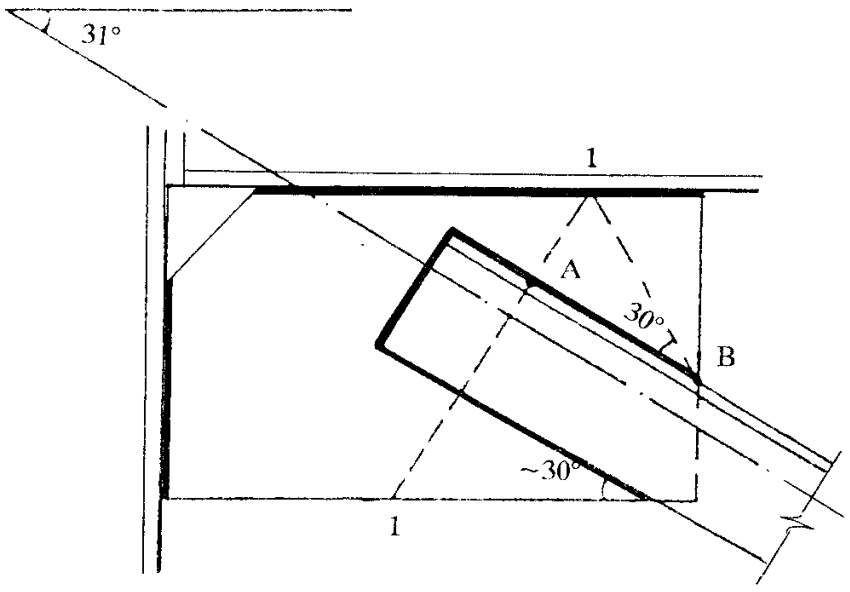
با توجه به‌بندهای پ و ت، جزییات اتصال مانند شکل ۱۱ ـ ۴۲ در نظر گرفته می‌شود.

ث) کنترل ورق اتصال با استفاده از روش ویتمور

در این روش فرض می‌شود که نیروی عضو قطری با زاویهٔ ۳۰ درجه نسبت به‌امتداد آن، در ورق توزیع می‌شود (شکل ۱۱ ـ ۴۳).



شکل ۱۱ ـ ۴۲



شکل ۱۱ ـ ۴۳

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

عرض مؤثر در انتهای ورق $=2(46\ \text{tg}\ 30°)+12=65\ \text{cm}$

$$f_t=\frac{126\times10^3}{65\times1.5}=1292\ \text{kg/cm}^2$$

تنش مجاز $=0.6F_y=0.6\times2400=1440\ \text{kg/cm}^2>1292$ (خوبست)

۱۱ ـ ۹ اتصالات پای ستون

۱۱ ـ ۹ ـ ۱ مقدمه

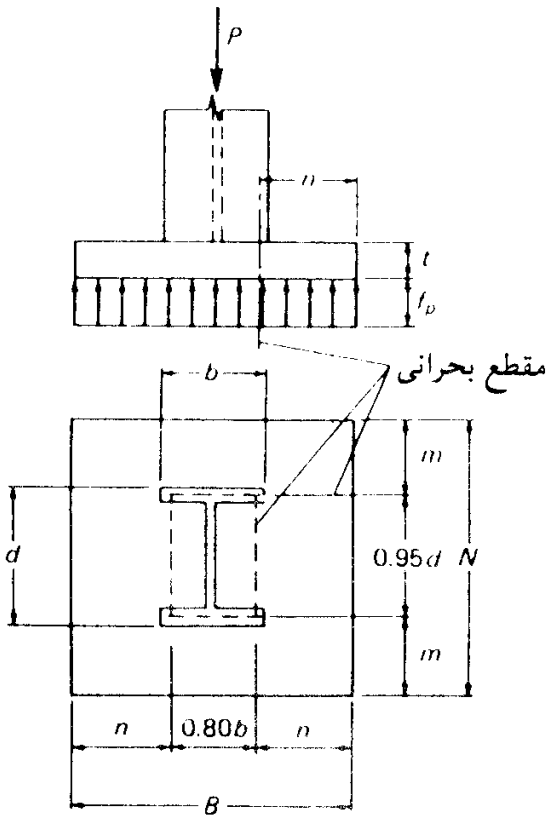
در طراحی اتصال پای ستون دو شرط اصلی زیر باید تأمین گردد:

الف) نیروی فشاری موجود در بال‌ها و جان ستون طوری باید توسط ورق پای ستون در شالوده گسترش پیدا کند که تنش فشاری تماسی از مقادیر مجاز توصیه‌شده توسط آیین‌نامه‌ها کمتر شود.

(ب) ورق پای ستون و ستون کاملاً به‌بتن شالوده مهار گردند.

۱۱ ـ ۹ ـ ۲ صفحات پای ستون که تحت تأثیر بار محوری تنها قرار دارند

روشی که در اینجا برای محاسبهٔ صفحات پای ستون تحت تأثیر نیروی محوری تنها ارائه می‌شود، روشی است که توسط کتاب دستی آیین‌نامهٔ AISC توصیه شده است. در شکل ۱۱ ـ ۴۴ ابعاد و پارامترهای مورد استفاده در این روش نشان داده شده است.



f_p= تنش فشاری تماسی
n,m= مقاطع بحرانی برای خمش
t= ضخامت ورق کف ستون

شکل ۱۱ ـ ۴۴ ـ ابعاد ورق پای ستون.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فرض می‌شود که توزیع تنش در زیر کف ستون یکنواخت باشد و قسمت‌های بیرون‌زدهٔ ورق از مقاطع بحرانی، همانند تیرهای طره‌ای عمل نمایند.

لنگر خمشی در دهانه‌های طره‌ای m و n به‌ترتیب برابر است با:

$$M=\frac{f_p Nn^2}{2}$$ (۱۱ - ۴۱) برای دهانهٔ طره‌ای به‌طول n

$$M=\frac{f_p Bm^2}{2}$$ (۱۱ - ۴۲) برای دهانهٔ طره‌ای به‌طول m

با داشتن لنگرهای فوق، تنش خمشی در ورق برابر است با:

$$f=\frac{M}{S}=\frac{(f_p Nn^2)/2}{(Nt^2)/6}=\frac{3f_p n^2}{t^2}$$ (۱۱ - ۴۳)

و

$$f=\frac{3f_p m^2}{t^2}$$ (۱۱ - ۴۴)

بزرگترین مقادیر به‌دست آمده از روابط ۱۱ - ۴۳ و ۱۱ - ۴۴ حاکم بر طرح است.

آیین‌نامهٔ AISC تنش خمشی مجاز را برای ورق پای ستون مساوی $0.75\ F_y$ توصیه می‌کند. بنابراین ضخامت لازم را می‌توان به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$f=\frac{3f_p m^2}{t^2}\le 0.75\ F_y$$ (۱۱ - ۴۵)

$$t=2m\sqrt{\frac{f_p}{F_y}}\quad \text{یا}\quad 2n\sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$$ (۱۱ - ۴۶)

مثال ۱۱ - ۱۳

مطلوب است طراحی یک کف ستون برای ستونی از نیمرخ IPB 360 که باری معادل ۳۰۰ تن ناشی از بار مرده، زنده و باد را تحمل می‌نماید. فولاد ستون و ورق پای ستون از نوع نرمه با تنش جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده را ۷۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در نظر بگیرید.

حل:

مشخصات IPB 360 برحسب سانتی‌متر:

$$d=36\ ,\ b=30\ ,\ t_w=1.25\ ,\ t_f=2.25$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

اغلب طراحان ترجیح می‌دهند که ورق پای ستون را به‌عوض بارهای وارد بر ستون، برای ظرفیت کامل ستون طراحی نمایند. در این صورت اتصال ضعیف‌ترین جزء عضو نخواهد بود.

البته تعیین ظرفیت باربری مجاز ستون باید بر پایه ملاحظات کمانشی آن صورت پذیرد. در این مثال، ورق پای ستون برای بار موجود طراحی خواهد شد.

الف) تعیین ابعاد ورق

$$\text{لازم } A=\frac{P}{1.33F_p}=\frac{300(10)^3}{1.33(70)}=3222\ \text{cm}^2$$

افزایش تنش فشاری تماسی به‌میزان ۳۳ درصد به‌خاطر وجود اثر باد در ترکیب بارگذاری می‌باشد. ابعاد باید نزدیک به‌مربع باشد. البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و n بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به‌مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

$$0.80b=0.8(30)=24\ \text{cm}$$

$$0.95d=0.95(36)=34.2\ \text{cm}$$

$$n=0.5(B-0.80b)=0.5(B-24)$$

$$m=0.5(N-0.95d)=0.5(N-34.2)$$

با فرض $m=n$ داریم:

$$0.5(B-24)=0.5(N-34.2)$$

$$B=N-10.2$$

$$B\times N=3222$$

$$(N-10.2)N=3222$$

$$N^2-10.20N-3222=0$$

$$N=62.09\ \text{cm}$$

$$B=62.09-10.2=51.89\ \text{cm}$$

انتخاب می‌کنیم:

$$N=62 \quad \text{و} \quad B=52\ \text{cm}$$

$$\text{موجود } A=62(52)=3224\ \text{cm}^2 \quad \text{خوبست}$$

$$n=0.5(52-24)=14\ \text{cm}$$

$$m=0.5(62-34.2)=13.9\ \text{cm}$$

$$\text{موجود } f_p=\frac{300(10)^3}{62(52)}=93.05\ \text{kg/cm}^2$$

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فرض می‌شود که توزیع تنش در زیر کف ستون یکنواخت باشد و قسمت‌های بیرون‌زدهٔ ورق از مقاطع بحرانی، همانند تیرهای طره‌ای عمل نمایند.

لنگر خمشی در دهانه‌های طره‌ای m و n به‌ترتیب برابر است با:

$$M=\frac{f_p Nn^2}{2} \qquad (۱۱-۴۱)$$ برای دهانهٔ طره‌ای به‌طول n

$$M=\frac{f_p Bm^2}{2} \qquad (۱۱-۴۲)$$ برای دهانهٔ طره‌ای به‌طول m

با داشتن لنگرهای فوق، تنش خمشی در ورق برابر است با:

$$f=\frac{M}{S}=\frac{(f_p Nn^2)/2}{(Nt^2)/6}=\frac{3f_p n^2}{t^2} \qquad (۱۱-۴۳)$$

و

$$f=\frac{3f_p m^2}{t^2} \qquad (۱۱-۴۴)$$

بزرگترین مقادیر به‌دست آمده از روابط ۱۱ ـ ۴۳ و ۱۱ ـ ۴۴ حاکم بر طرح است.

آیین‌نامهٔ AISC تنش خمشی مجاز را برای ورق پای ستون مساوی $0.75\ F_y$ توصیه می‌کند. بنابراین ضخامت لازم را می‌توان به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$f=\frac{3f_p m^2}{t^2} \le 0.75\ F_y \qquad (۱۱-۴۵)$$

$$t=2m\sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad \text{یا} \quad 2n\sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \qquad (۱۱-۴۶)$$

مثال ۱۱ ـ ۱۳

مطلوب است طراحی یک کف ستون برای ستونی از نیمرخ IPB 360 که باری معادل ۳۰۰ تن ناشی از بار مرده، زنده و باد را تحمل می‌نماید. فولاد ستون و ورق پای ستون از نوع نرمه با تنش جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده را ۷۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در نظر بگیرید.

حل:

مشخصات IPB 360 برحسب سانتی‌متر:

$$d=36\ ,\ b=30\ ,\ t_w=1.25\ ,\ t_f=2.25$$

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

اغلب طراحان ترجیح می‌دهند که ورق پای ستون را به‌عوض بارهای وارد بر ستون، برای ظرفیت کامل ستون طراحی نمایند. در این صورت اتصال ضعیف‌ترین جزء عضو نخواهد بود.

البته تعیین ظرفیت باربری مجاز ستون باید بر پایه ملاحظات کمانشی آن صورت پذیرد. در این مثال، ورق پای ستون برای بار موجود طراحی خواهد شد.

الف) تعیین ابعاد ورق

$$\text{لازم } A=\frac{P}{1.33F_p}=\frac{300(10)^3}{1.33(70)}=3222\ \text{cm}^2$$

افزایش تنش فشاری تماسی به‌میزان ۳۳ درصد به‌خاطر وجود اثر باد در ترکیب بارگذاری می‌باشد. ابعاد باید نزدیک به‌مربع باشد. البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و n بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به‌مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

$$0.80b=0.8(30)=24\ \text{cm}$$

$$0.95d=0.95(36)=34.2\ \text{cm}$$

$$n=0.5(B-0.80b)=0.5(B-24)$$

$$m=0.5(N-0.95d)=0.5(N-34.2)$$

با فرض $m=n$ داریم:

$$0.5(B-24)=0.5(N-34.2)$$

$$B=N-10.2$$

$$B\times N=3222$$

$$(N-10.2)N=3222$$

$$N^2-10.20N-3222=0$$

$$N=62.09\ \text{cm}$$

$$B=62.09-10.2=51.89\ \text{cm}$$

انتخاب می‌کنیم:

$$N=62 \quad \text{و} \quad B=52\ \text{cm}$$

$$\text{موجود } A=62(52)=3224\ \text{cm}^2 \quad \text{خوبست}$$

$$n=0.5(52-24)=14\ \text{cm}$$

$$m=0.5(62-34.2)=13.9\ \text{cm}$$

$$\text{موجود } f_p=\frac{300(10)^3}{62(52)}=93.05\ \text{kg/cm}^2$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

$$\text{لازم}\quad t = 2n\sqrt{\frac{f_p}{F_y}} = 2(14)\sqrt{\frac{93.05}{1.33(2400)}} = 4.78\,\text{cm}$$

بنابراین از ورق ۵۰×۵۲۰×۶۲۰ میلی‌متر استفاده می‌نماییم.

۱۱ ـ ۹ ـ ۳ تنش مجاز فشار تماسی بین ورق پای ستون و شالوده بتنی

طبق مفاد مبحث دهم تنش مجاز تماسی بین ورق پای ستون و شالودهٔ بتنی، وقتی که مساحت ورق و شالوده مساوی است، برابر است با:

$$F_p = 0.7 f_c$$

f_c مقاومت ۲۸ روزهٔ نمونهٔ استوانه‌ای‌بتن شالوده برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.

وقتی که سطح شالوده بزرگتر از سطح تماس باشد، تنش فشاری تماسی مجاز از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$F_p = 0.3 f_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 0.7 f_c \qquad (۴۷ - ۱۱)$$

که در آن:

A_2= سطح شالوده

A_1= سطح تماس (یا سطح ورق پای ستون)

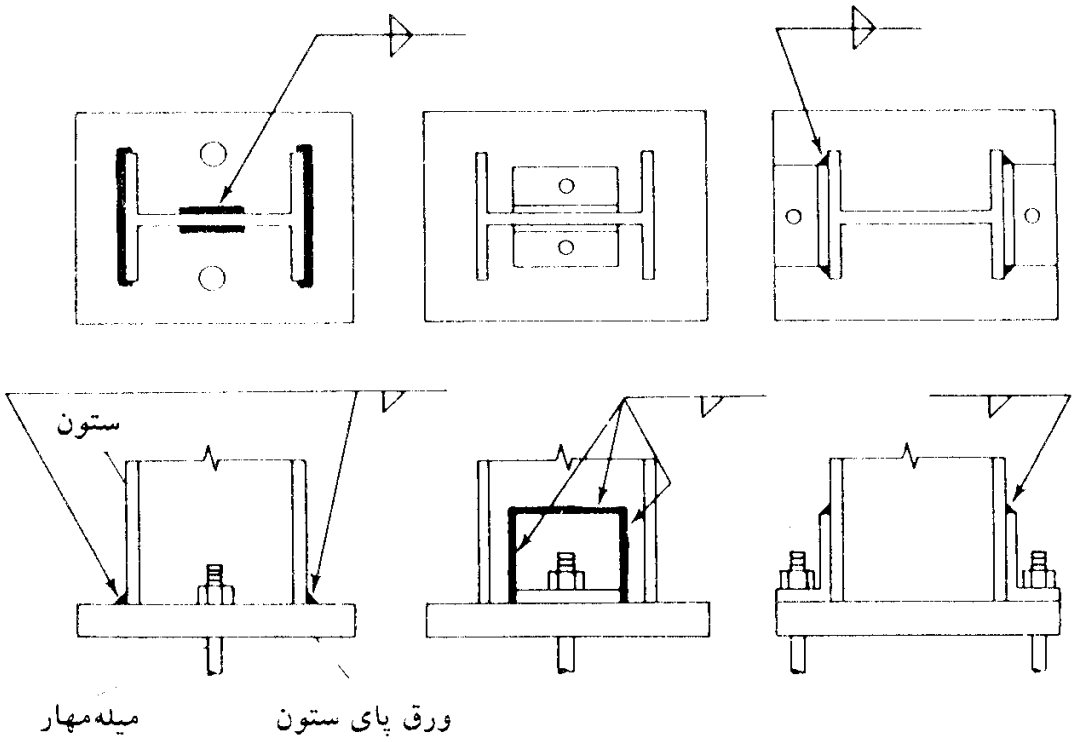
۱۱ ـ ۹ ـ ۴ اتصال ورق پای ستون به‌شالوده

ورق پای ستون توسط ۲ تا ۶ پیچ مهاری (معمولاً چهار پیچ در چهار گوشهٔ آن) به‌شالودهٔ بتنی مهار می‌شود. (شکل ۱۱ ـ ۴۵). در صورت مفصلی بودن پای ستون، هیچ‌گاه نیرویی به‌این مهاری وارد نمی‌شود. فقط در هنگام نصب ستون ممکن است بر این پیچ‌ها نیرو وارد گردد که این مسئله نباید از طرف مهندس محاسب نادیده گرفته شود. در ساختمان‌های معمولی قطر این پیچ‌ها حدود ۱۸ تا ۲۴ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود و با افزایش اهمیت ساختمان، قطرهای بزرگتری به‌کار می‌رود. سرپیچ‌های مهاری حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر دنده می‌شود.

۱۱ ـ ۹ ـ ۵ اتصال ستون به‌ورق پای ستون

در اتصال مفصلی پای ستون، فقط نیروی محوری از ستون به‌ورق پای ستون منتقل می‌شود. در شکل ۱۱ ـ ۴۵ چند نمونه از جزییات اتصال سادهٔ ستون به‌ورق پای ستون نشان داده شده است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۴۵

انتهای ستون که با ورق پای ستون در تماس است، باید به‌صورت گونیا بریده شده و سنگ‌زده شود تا در تماس کامل با ورق پای ستون قرار بگیرد. در چنین حالتی اکثر نیروی محوری توسط فشار تماسی منتقل می‌شود و نبشی‌ها و یا جوش فقط عمل نگهداری و انتقال نیروی برشی را بر عهده می‌گیرند. در صورتی که انتهای ستون سنگ‌زده نشود، جوش و نبشی‌های اتصال باید بتوانند صددرصد نیروی محوری را انتقال دهند.

۱۱ ـ ۹ ـ ٦ استفاده از ورق‌های سخت‌کننده در اتصال پای ستون

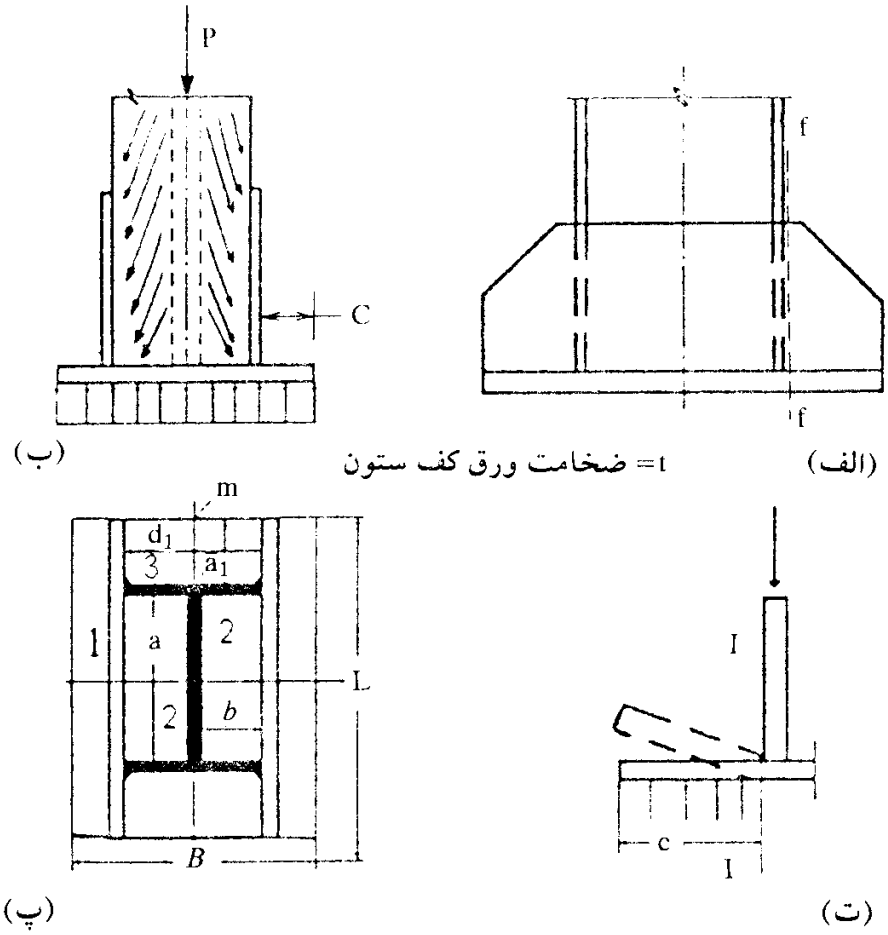
گاهی مواقع به‌منظور کم کردن ضخامت ورق پای ستون، از ورق‌های سخت‌کنندهٔ مثلثی یا ذوزنقه‌ای در اتصال پای ستون استفاده می‌شود. در شکل ۱۱ ـ ۴۶ یک نمونه از این نوع اتصال پای ستون نشان داده شده است. در طراحی، سه ناحیهٔ متمایز در ورق پای ستون دیده می‌شود که نحوهٔ محاسبهٔ هر ناحیه را در زیر شرح می‌دهیم:

در ناحیهٔ ۱ ورق پای ستون همانند یک تیر طره‌ای عمل می‌نماید.

لنگر حداکثر بر واحد طول صفحه در این ناحیه برابر است با:

$$M = \frac{f_p c^2}{2} \qquad (۴۸ ـ ۱۱)$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۴۶

ناحیه همانند ورقی می‌ماند که در چهار طرف تکیه دارد و تحت فشار یکنواخت f_p می‌باشد. لنگر حداکثر چنین ورقی که در وسط دهانه قرار دارد، از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$M_a=\alpha_1 f_p b^2 \qquad (۴۹ - ۱۱)$$

$$M_b=\alpha_2 f_p b^2$$

که در روابط فوق:

M_a= لنگر برای نواری به‌عرض ۱ سانتی‌متر به‌موازات ضلع a

M_b= لنگر برای نواری به‌عرض ۱ سانتی‌متر به‌موازات ضلع b

b= طول ضلع کوچکتر ناحیه ۲ به‌سانتی‌متر

f_p= فشار یکنواخت وارد بر ورق پای ستون بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع

α_1 و α_2= ضرایبی که برحسب نسبت ضلع بزرگتر به‌ضلع کوچکتر (a/b) از جدول ۱۱ـ۱ به‌دست می‌آیند.

بزرگترین مقادیر M_a و M_b حاکم بر طرح می‌باشد. در صورتی که چهار طرف ورق گیردار فرض گردد، می‌توان لنگرهای به‌دست آمده از رابطهٔ ۱۱ ـ ۴۹ را ۲۰ درصد کاهش داد.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ناحیهٔ ۳ همانند ورقی می‌باشد که در سه طرف تکیه دارد و در یک طرف آزاد است. نقطهٔ بحرانی در چنین ورقی، وسط لبهٔ آزاد می‌باشد (نقطهٔ m در شکل ۱۱ ـ ۴۶). لنگر مربوط به‌نقطهٔ m از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$M_3=\alpha_3 f_p d_1^2 \qquad (۵۰ ـ ۱۱)$$

که در آن:

α_3= ضریبی که برحسب نسبت a_1/d_1 از جدول ۱۱ ـ ۱ به‌دست می‌آید.

d_1= طول لبهٔ آزاد ورق

اگر نسبت a_1/d_1 کوچکتر از ۰/۵ باشد، ورق همانند تیر طره‌ای تحلیل می‌گردد.

ضخامت ورق پای ستون که برای تمام مناطق ثابت اختیار می‌گردد، بر اساس بزرگترین لنگر به‌دست آمده از روابط ۱۱ ـ ۴۸، ۱۱ ـ ۴۹ و ۱۱ ـ ۵۰ طراحی می‌شود.

جدول ۱۱ ـ ۱

ورق در هر چهارطرف تکیه دارد	ضرایب	نسبت a/b											
		1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	بالای2
	α_1	0.048	0.055	0.063	0.069	0.075	0.081	0.086	0.091	0.094	0.098	0.100	0.125
	α_2	0.048	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.037
ورق در سه طرف تکیه دارد		نسبت a_1/d_1											
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	2	بالای2		
	α_3	0.06	0.074	0.088	0.097	0.107	0.112	0.120	0.126	0.132	0.133		

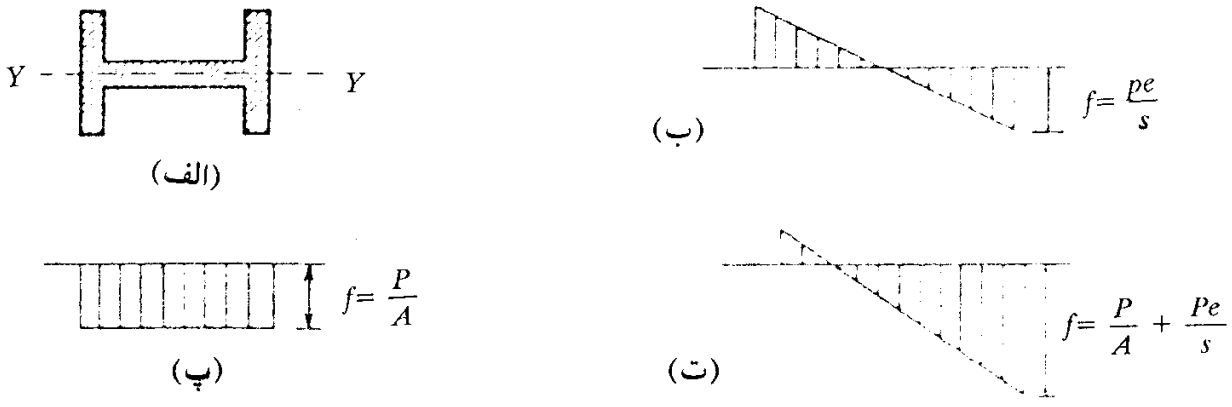
پس از تعیین ضخامت ورق، باید کل مقطع ورق به‌علاوهٔ سخت‌کننده‌ها در مقطعی نظیر *f-f* (شکل ۱۱ ـ ۴۶ ـ الف) در مقابل لنگر خمشی ناحیه طره‌ای کنترل گردد. مقطع *f-f* همانند شکل ۱۱ ـ ۴۷ می‌باشد.

در هنگام استفاده از سخت‌کننده‌های پای ستون باید دقت شود که کاهش ضخامت ورق پای ستون، جبران اضافه وزن ناشی از وجود سخت‌کننده‌ها را بنماید.

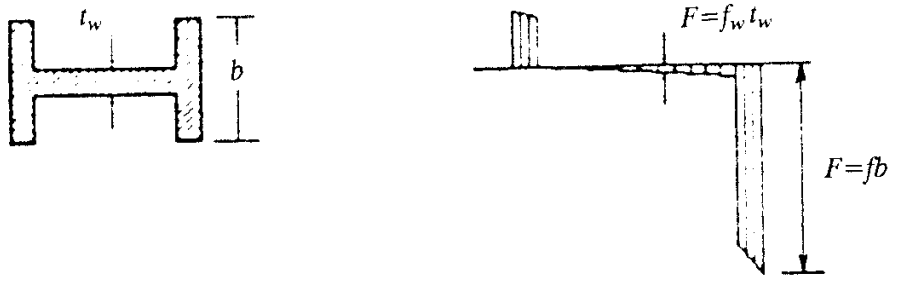
۱۱ ـ ۹ ـ ۷ اتصالات پای ستون که تحمل لنگر خمشی می‌نمایند

اغلب پیش می‌آید که اتصالات پای ستون، علاوه بر نیروی محوری، لنگر خمشی هم تحمل می‌کنند. برای فهم دقیق‌تر موضوع، این مسئله را در دو قسمت تحت مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم؛

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

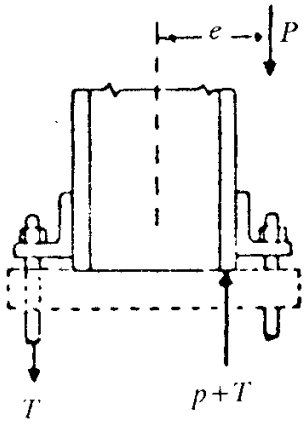


شکل ۱۱ ـ ۴۹



شکل ۱۱ ـ ۵۰ ـ نمایش نیروها

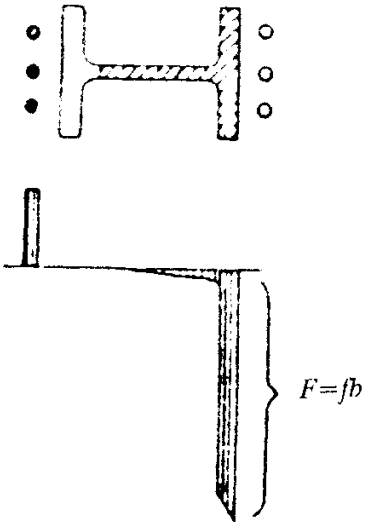
حال اگر همانند شکل ۱۱ ـ ۵۱ ستون به‌ورق پای ستون جوش نشود و به‌وسیلهٔ میلهٔ مهاری نگه داشته شده باشد (همان‌طور که از شکل پیداست، در این حالت نیروی فشاری توسط تنش فشاری تماسی بین بال و ورق پای ستون حمل می‌شود و نیروی کششی حاصل از لنگر توسط میلهٔ مهاری که از سوراخ ورق پای ستون عبور کرده و در شالوده مهار شده است، حمل می‌گردد)،



شکل ۱۱ ـ ۵۱

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

وضعیت گسترش تنش بین ستون و ورق پای ستون فرق می‌کند. گسترش تنش در این حالت بدین صورت خواهد بود که نیروهای کششی را میله مهار و نیروهای فشاری را بال ستون تحمل خواهد کرد (شکل ۱۱ ـ ۵۲).



شکل ۱۱ ـ ۵۲

۱۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۲ انتقال نیرو از ورق پای ستون به‌شالوده

رفتار ورق پای ستون در این حالت بسیار شبیه به‌رفتار ستون‌های بتن مسلح تحت تأثیر نیروی محوری و لنگر خمشی می‌باشد.

نیروی محوری فشاری تولید تنش فشاری تماسی بین ورق پای ستون و سطح تماس شالوده می‌نماید. با تأثیر لنگر خمشی، تنش فشاری در ناحیهٔ کششی لنگر کاهش می‌یابد و با افزایش مقدار لنگر خمشی، این تنش به‌صفر می‌رسد و با افزایش بیشتر لنگر خمشی، بین ورق پای ستون و شالوده جدایی حاصل می‌شود و در این حالت است که پیچ‌های مهاری اتصال پای ستون تحت تأثیر نیروی کششی قرار می‌گیرند تا از بلند شدن ورق پای ستون جلوگیری نمایند. در ناحیه فشار لنگر خمشی، همواره تنش فشاری خواهیم داشت که مقدار آن در تار انتهایی فشاری، حداکثر است.

از مقاومت مصالح می‌دانیم که تنش ترکیبی ناشی از نیروی محوری و لنگر خمشی در یک محیط همگن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

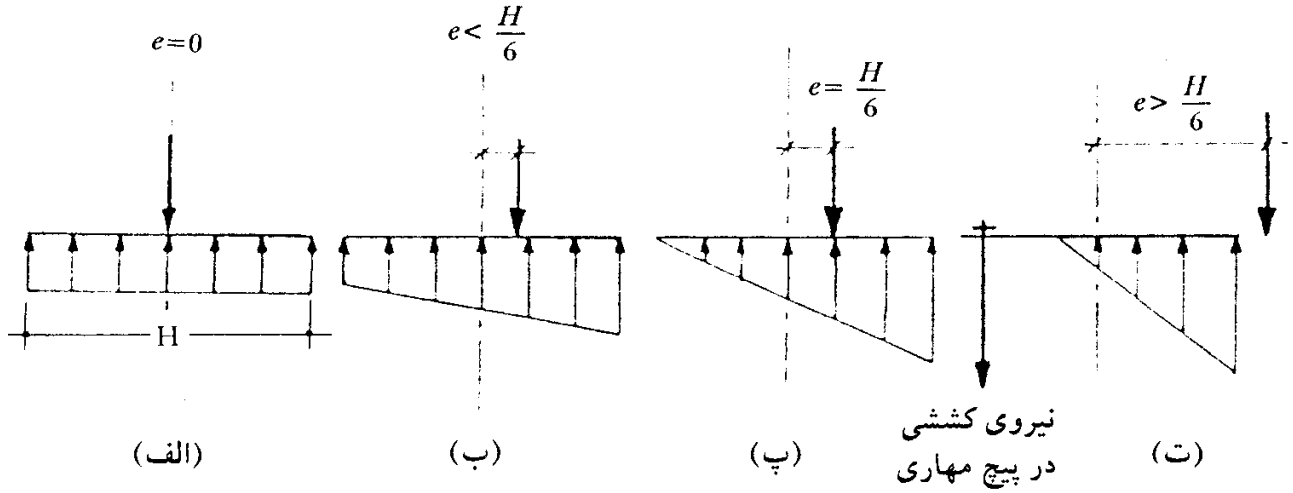
$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S}$$

که در آن:

P = نیروی فشاری وارد بر مقطع

A = مساحت سطح تماس

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۵۳

M= لنگر خمشی

S= اساس مقطع سطح تماس

در حالتی که سطح تماس به‌صورت مربع مستطیل با ارتفاع H در جهت لنگر خمشی باشد، داریم:

$$f=\frac{P}{A}\pm\frac{6M}{HA}$$

با تعریف خروج از مرکزیت $e=\frac{M}{P}$ رابطهٔ فوق به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$f=\frac{P}{A}\pm\frac{6Pe}{HA}=\frac{P}{A}\left(1\pm\frac{6e}{H}\right) \qquad (۵۱ ـ ۱۱)$$

اگر عبارت داخل پرانتز بزرگتر از صفر باشد، در این صورت هیچ‌گونه جدایی بین ورق پای ستون و شالوده ایجاد نمی‌گردد و پیچ‌های مهاری تحت کشش قرار نمی‌گیرد و در سطح تماس تماماً فشار خواهیم داشت (شکل ۱۱ ـ ۵۳ ـ ب).

شرط فوق را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

$$1-\frac{6e}{H}\geq 0\rightarrow e\leq\frac{H}{6}$$

در این حالت محاسبات مربوط به‌تخمین ضخامت ورق پای ستون، مشابه حالت نیروی محوری تنهاست و در هنگام محاسبه به‌طور محافظه‌کارانه فرض می‌شود که تنش حداکثر به‌طور یکنواخت در کل سطح تماس توزیع شده است. در این صورت پیچ‌های مهاری تحت هیچ‌گونه

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

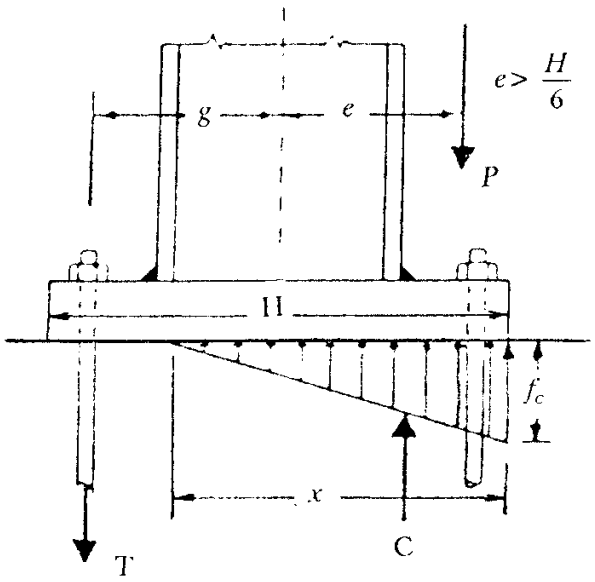
کششی قرار ندارند و همانند گذشته، قطر آنها به‌طور اسمی طراحی می‌شود.

۱۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۳ محاسبهٔ اتصال پای ستون در حالت $e>\frac{H}{6}$

وقتی که مقدار e از $\frac{H}{6}$ تجاوز بکند، عبارت داخل پرانتز در رابطه ۱۱ ـ ۵۱ منفی می‌شود و بین سطح تماس ورق و شالوده جدایی رخ می‌دهد. در صورتی که e بزرگتر از $\frac{H}{6}$ ولی کوچکتر از $\frac{H}{2}$ باشد، با وجود جدایی، پیچ‌ها به‌کشش نمی‌افتند و ارتفاع تار خنثی و تنش فشاری حداکثر در بتن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$x=3(\frac{H}{2}-e)\rightarrow f_c=2P/(xB)$$

در صورتی که $e>\frac{H}{2}$ باشد، در پیچ‌های مهاری کشش ایجاد می‌شود (شکل ۱۱ ـ ۵۴). در این حالت چون سطح تماس دیگر یک محیط همگن نیست، رابطهٔ ۹ ـ ۱۰ اعتبار خود را از دست می‌دهد و برای پیدا کردن نیروی کششی در پیچ‌های مهاری و تنش فشاری حداکثر باید متوسل به‌شیوه‌هایی شد که در طراحی ستون‌های بتن مسلح تحت خروج از مرکزیت بزرگ از آنها استفاده می‌شود. در شکل ۱۱ـ۵۴ توزیع تنش‌ها در این حالت نشان داده شده است.



شکل ۱۱ ـ ۵۴

با فرض رفتار الاستیک و اعمال معادلات تعادل ایستایی و شرایط سازگاری تغییرشکل‌ها، ارتفاع تار خنثی، یعنی X از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$X^3+K_1X^2+K_2X+K_3=0 \qquad (۵۲ ـ ۱۱)$$

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

که در آن:

$$K_1=3(e-\frac{H}{2})$$

$$K_2=\frac{6nA_s}{B}(g+e)$$

$$K_3=-K_2(\frac{H}{2}+g)$$

$$\text{نیروی کششی } T=-P\left[\frac{\frac{H}{2}-\frac{X}{3}-e}{\frac{H}{2}-\frac{X}{3}+g}\right]$$

تمام پارامترها در شکل نشان داده شده‌اند، غیر از B که پهنای ورق پای ستون (در امتداد عمود بر H) و A_s که سطح پیچ‌های مهاری کششی می‌باشد. n نیز نسبت ضرایب الاستیسیتهٔ فولاد به‌بتن است، که مساوی ۱۰ در نظر گرفته می‌شود. تذکر دو نکته در مورد رابطهٔ ۱۱ ـ ۵۳ ضروری می‌باشد. اول اینکه حل معادلهٔ درجه ۳ بهتر است به‌صورت عددی انجام بگیرد*. دوم اینکه در هنگام استفاده از این معادله باید مقادیر H، B و A_s معلوم باشند که تخمین صحیح آنها به‌تجربه مهندس محاسب واگذار می‌شود. پس از تعیین مقدار X، مقادیر نیروی کششی T در پیچ‌های مهاری و f_c (تنش فشاری حداکثر در بتن) با استفاده از معادلات تعادل استاتیک به‌دست می‌آیند.

۱۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۴ روش تقریبی

مطالعهٔ اشکال ۱۱ ـ ۵۱ و ۱۱ ـ ۵۲ نشان می‌دهد که برآیند نیروی فشاری منتقله از ستون به‌ورق پای ستون، تقریباً در مرکز سطح بال فشاری قرار دارد. بنابراین در صورتی که ورق پای ستون کاملاً صلب نباشد، می‌توان انتظار داشت که برآیند نیروهای فشاری بین ورق پای ستون و شالوده در زیر بال فشاری قرار داشته باشد (شکل ۱۱ ـ ۵۴). با قبول این فرض و نیز فرض مثلثی بودن توزیع تنش‌های فشاری، مقدار X سه برابر فاصلهٔ مرکز ثقل بال ستون تا لبهٔ آزاد ورق پای ستون خواهد شد. با داشتن X، مقادیر نیروی کششی پیچ‌های مهاری و تنش فشاری f_c، از استاتیک به‌دست می‌آید. تذکر این نکته ضروری است که وقتی ستون همانند شکل ۱۱ ـ ۵۱ بدون استفاده از جوش، فقط توسط

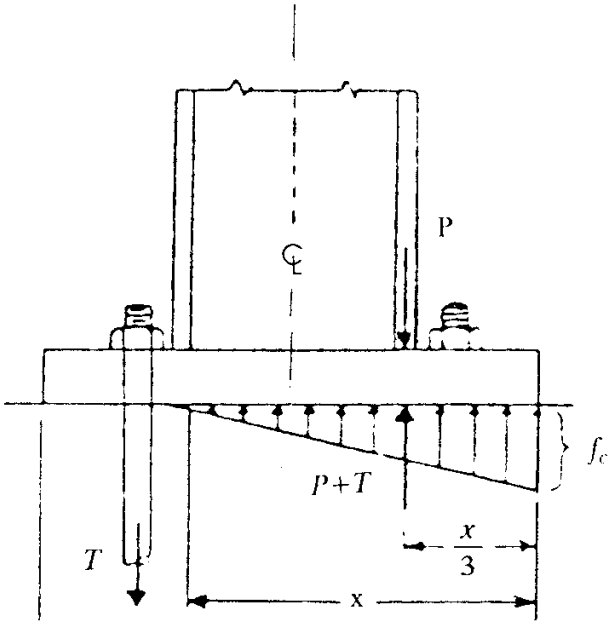
---

* یک روش حل عددی معادلهٔ سه‌مجهولی روش نیوتن با استفاده از رابطهٔ زیر می‌باشد:

$$X_{r+1}=X_r-\frac{f(X_r)}{f'(X_r)}$$

که در آن f تابع نشان‌دهندهٔ معادلهٔ درجه ۳ و f′ مشتق آن است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۵۵

پیچ‌های مهاری نگه داشته شده باشد، استاتیک مسئله ایجاب می‌کند که برآیند نیروهای فشاری بین ورق پای ستون و شالوده، حتماً در زیر مرکز ثقل بال فشاری قرار داشته باشد و در این حالت تنها فرض تقریبی مسئله، توزیع مثلثی تنش فشاری می‌باشد که ممکن است در واقعیت چنین نباشد.

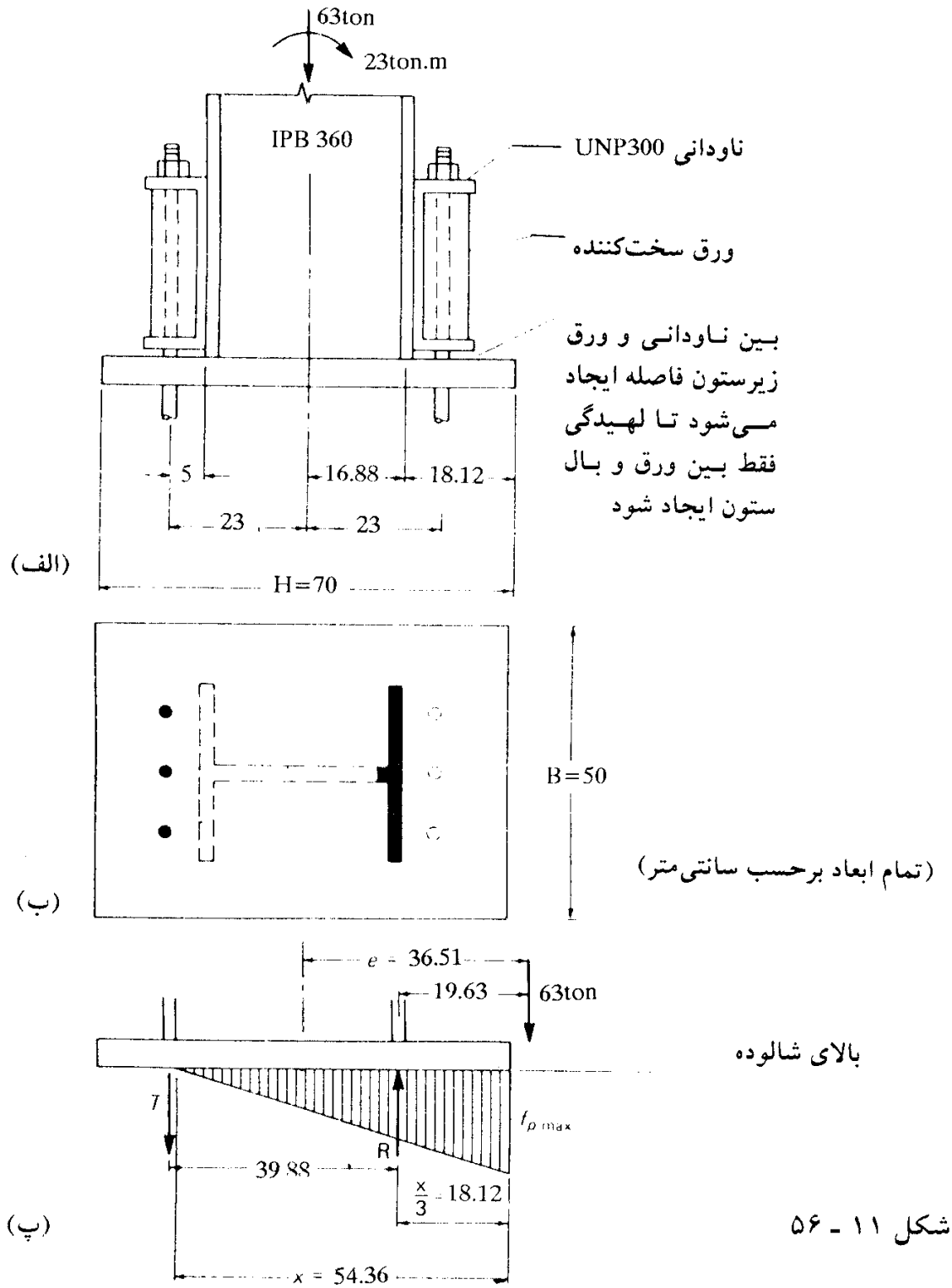
مثال ۱۱ ـ ۱۴

جزییات پای ستون نشان داده شده در شکل ۱۱ ـ ۵۶ ـ الف، از جزییات بسیار مناسب و متداول برای اثر توام نیروی محوری و لنگر خمشی می‌باشد. مطلوب است طراحی این اتصال برای تحمل نیروی محوری ۶۳ تن به‌علاوهٔ لنگر خمشی ۲۳ تن متر که از یک ستون IPB360 بر آن وارد می‌شود. فولاد مصرفی از نوع نرمه با تنش جاری شدن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است و تنش‌های مجاز جوش از فصل اول به‌دست می‌آیند. ورق پای ستون در روی یک شالودهٔ بتنی بزرگ با مقاومت نمونه استوانه‌ای $f_c=210\ kg/cm^2$ قرار دارد. بنابراین تنش تماسی فشاری مجاز مساوی $0.7f_c$ می‌باشد.

حل:

در اتصال پای ستون نشان داده شده، هیچ‌گونه جوشی بین پای ستون و ورق پای ستون وجود ندارد (و یا اگر جوش اسمی به‌خاطر عملیات مونتاژ و یا انتقال برش‌وجودهٔ داشته باشد، در این محاسبات آن را نادیده می‌گیریم). نیروی کششی حاصل از لنگر خمشی توسط پیچ‌های مهاری و نیروی فشاری توسط فشار تماسی بین بال ستون و ورق پای ستون حمل می‌شود (شکل ۱۱ ـ ۵۶ ـ ب)، بنابراین

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۵۶

منطقی است فرض نماییم که برآیند نیروهای فشاری تماسی بین بتن شالوده و ورق پای ستون درست در مقابل بال فشاری قرار دارد. البته نمودار آزاد ورق ستون نشان می‌دهد که برای حفظ تعادل ستون، باید برآیند نیروهای فشاری تماسی بین ورق پای ستون و شالوده درست در مقابل مرکز ثقل بال فشاری باشد. اما توزیع نیروهای فشاری تماسی بین ورق پای ستون و شالوده مشخص نمی‌باشد که ما در اینجا این توزیع را مثلثی فرض می‌نماییم.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

الف) تخمین ابعاد ورق پای ستون

خروج از مرکزیت بارهای وارده برابر است با:

$$e=\frac{M}{P}=\frac{23(100)}{63}=36.51 \text{ cm}$$

در صورتی که نخواهیم بین ورق پای ستون و شالوده جدایی حاصل شود باید حداقل H مساوی $6e$ یا 219.06 cm باشد که انتخاب چنین ورق پای ستونی غیرمعقول است. بنابراین قطعاً بین ورق پای ستون و شالوده منطقه‌ای بدون فشار ایجاد می‌شود و پیچ‌های مهاری در کشش قرار می‌گیرند.

فاصله محور پیچ‌های مهاری تا بر ستون را مساوی ۵ سانتی‌متر فرض می‌نماییم. در نتیجه فاصلهٔ بین مراکز ثقل نیروهای فشاری و کششی برابر است با (توجه شود که مرکز ثقل نیروهای فشاری همان مرکز ثقل بال فشاری می‌باشد):

$$\text{بازوی لنگر}=d_e-0.5t_f+5=36-0.5(2.25)+5=39.88 \text{ cm}$$

در تخمین اولیه H فرض می‌نماییم که رأس مثلث توزیع تنش تا نیروی کششی امتداد داشته باشد.

$$X=\frac{3}{2}\text{ (بازوی لنگر)}=1.5(39.88)=59.82 \text{ cm} \quad (\text{ارتفاع تار خنثی از تار فشاری})$$

$$\frac{X}{3}=\frac{59.82}{3}=19.94 \text{ cm}$$

بنابراین فاصلهٔ لبهٔ خارجی ورق پای ستون تا محور پیچ‌ها برابر است با:

$$19.94-0.5(2.25)-5=13.82 \text{ cm}$$

$$H=X+13.82=59.82+13.82=73.64 \text{ cm}$$

ارتفاع $H=70$ cm انتخاب می‌شود. با انتخاب H سایر ابعاد مطابق شکل ۱۱ ـ ۵۶ ـ الف، تنظیم می‌گردد. پهنای B نیز بر اساس ملاحظات تنش مجاز فشاری تماسی بین پای ستون و شالوده انتخاب می‌شود.

با لنگرگیری حول مرکز ثقل نیروهای فشاری، نیروی کششی T به‌دست می‌آید:

$$T=\frac{63(19.63)}{39.88}=31.01 \text{ ton}$$

$$\text{نیروی فشاری } R=63+T=63+31.01=94.01 \text{ ton}$$

با توجه به‌احتیاجات طراحی پهنای B را مساوی ۵۰ سانتی‌متر انتخاب می‌نماییم.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

$$f_{p\max}=\frac{2R}{XB}=\frac{2(94.01)(1000)}{54.36(50)}=69.18\ \text{kg/cm}^2$$

با مراجعه به‌شکل ۱۱ ـ ۴۴، مقدار m برابر است با:

$$m=0.5(H-0.95\,d)$$

$$m=0.5(70-0.95\times36)=17.9\ \text{cm}$$

برای تعیین ضخامت ورق، فرض می‌نماییم که تنش حداکثر تا مقطع بحرانی به‌طور یکنواخت است. با توجه به‌ناشناخته بودن توزیع تنش، انتخاب این فرض چندان دور از منطق نیست.

به‌ازای عرض واحد:

$$M=69.18\,\frac{17.9^2}{2}\times10^{-5}=0.11\ \text{ton.m}$$

$$t=\sqrt{\frac{6M}{0.75F_y}}$$

$$t=\sqrt{\frac{6(0.11)10^5}{0.75(2400)}}=6.06\,\text{cm}$$

بنابراین برای کف ستون از ورق 700×500×60 mm استفاده می‌نماییم.

ب) انتخاب میله مهارها

$$F_t=0.33\,F_u=0.33\times3700=1221$$

$$A_s=\frac{31.01(1000)}{1221}=25.4$$

از سه میله مهار ۴۰ میلی‌متر استفاده می‌نماییم:

$A_s=3(12.57)=37.71\ \text{cm}^2>31.64\ \text{cm}^2$ موجود

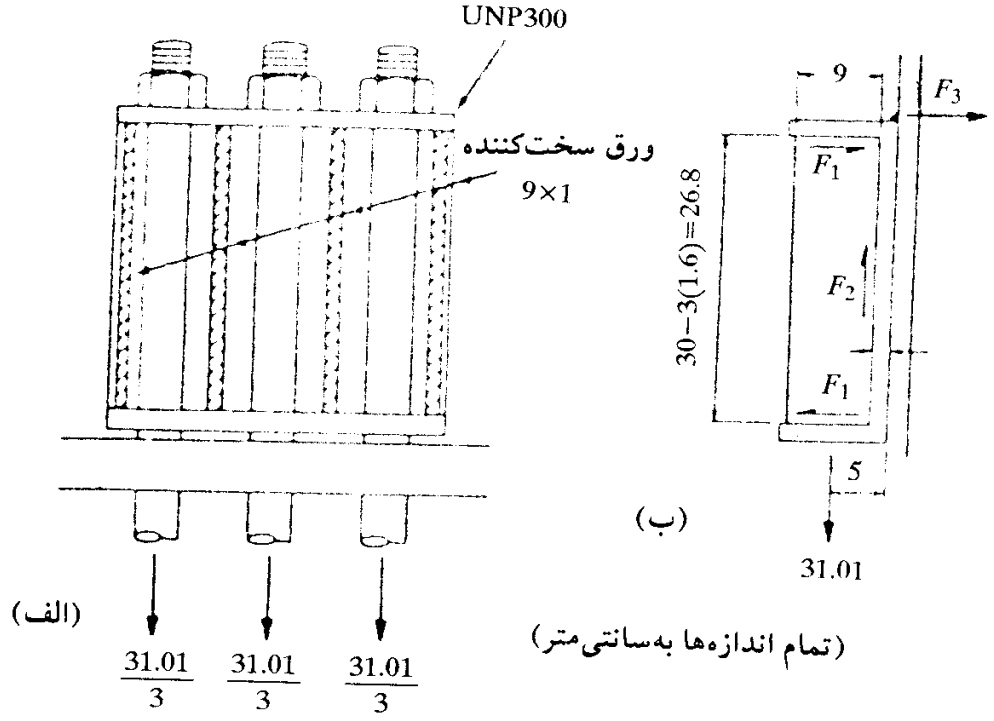
پ) سخت‌کننده‌های ناودانی و اتصالات مربوط به‌آنها

همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۵۷ ـ الف، نشان داده شده است، نیروی پیچ‌های مهاری، توسط یک ناودانی ۳۰۰ به‌ستون منتقل می‌شود که این ناودانی توسط چهار ورق سخت شده است. می‌توان فرض نمود که نیروی وارد بر هر یک از ورق‌های سخت‌کنندهٔ میانی مساوی نیروی یک پیچ می‌باشد.

$$\text{نیروی وارد بر هر ورق سخت‌کنندهٔ میانی}=\frac{31.01}{3}=10.34\ \text{ton}$$

$$A_s\text{ لازم}=\frac{10.34}{0.60\,F_y}=\frac{10.34(1000)}{0.6(2400)}=7.18\ \text{cm}^2$$

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com



شکل ۱۱ ـ ۵۷

بنابراین از ورق ۱۰×۹۰ میلی‌متر به‌عنوان سخت‌کننده استفاده می‌نماییم.

همان‌طور که در شکل ۱۱ ـ ۵۷ ـ ب، نشان داده شده است، نیروی ۱۰/۲۴ تنی که تحت برون‌محوری ۵ سانتی‌متر اثر می‌نماید، توسط عمل ترکیبی نیروی F_1 (که در جوش افقی به‌وجود می‌آید) و نیروی F_2 (که در جوش قائم به‌وجود می‌آید) تحمل می‌شود. می‌توان این‌طور فرض نمود که نیروی F_1 لنگر ناشی از برون‌محوری و نیروی F_2 برش ناشی از نیروی ۱۰/۳۴ تنی را حمل می‌نماید. نتایج حاصل از این روش به‌شرح زیر می‌باشند:

$$F_2=10.34 \text{ ton} \quad \text{و} \quad F_1=\frac{10.34}{26.8}\times 5=1.93 \text{ ton}$$

$$\text{نیروی وارد بر واحد طول جوش قائم} = \frac{10.34}{26.8}\times 1000=385.82 \text{ kg/cm}$$

$$\text{نیروی وارد بر واحد طول جوش افقی} = \frac{1.93(1000)}{9}=214.44 \text{ kg/cm}$$

اگر بخواهیم از جوش ۵ میلی‌متر در دو طرف سخت‌کننده استفاده نماییم، داریم:

$$R_w=2(650)\,D=2(650)0.5=650 \text{ kg/cm}$$

که خیلی بزرگتر از مقادیر مورد نیاز است. در جهت اطمینان همین جوش را به‌طور پیوسته انتخاب می‌کنیم.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

ت) اتصال ناودانی به‌بال ستون

مجموع نیروهای F_1 باید توسط جوشی که ناودانی را به‌بال ستون متصل می‌نماید، حمل گردد. در شکل ۱۱ ـ ۵۷ ـ ب، نیروی جوش توسط F_3 نشان داده شده است.

$$F_3=\frac{\text{لنگر}}{\text{ارتفاع ناودانی}}=\frac{31.01(5)}{30}=5.17\ \text{ton}$$

با توجه به‌اینکه طول ناودانی در هر طرف ۲ سانتی‌متر از پهنای بال کوچکتر می‌باشد، طول جوش برای تحمل نیروی F_3، ۲۶ سانتی‌متر می‌باشد، اندازهٔ ساق جوش برابر است با:

$$26(650)\,D=5.17(1000)$$

$$D=0.31\ \text{cm}$$

از جوش ۵ میلی‌متر استفاده می‌نماییم.

برای حمل نیروی برشی ۳۱/۰۳ تنی، دو لبه جان ناودانی را به‌طور قائم جوش می‌دهیم:

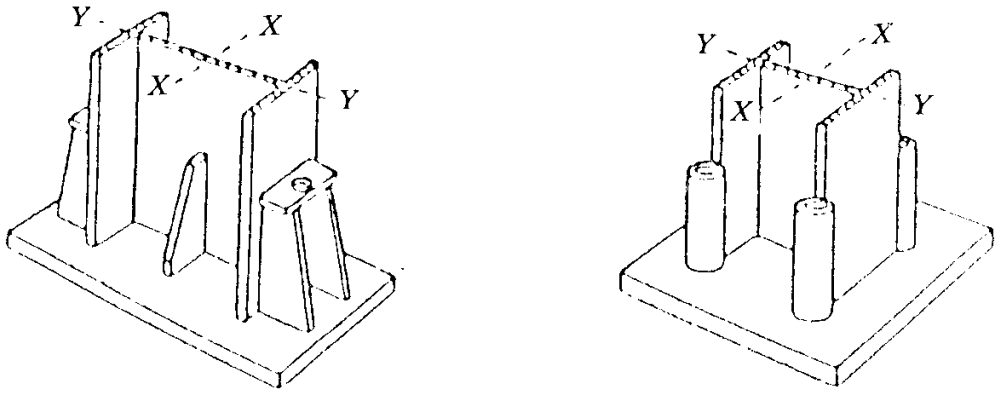
$$\text{طول جوش موجود}\ 2(30)=60\ \text{cm}$$

$$60(650)\,D=31.01(1000)$$

$$D=0.80\ \text{cm}$$

اندازهٔ ساق این جوش را مساوی ۸ میلی‌متر انتخاب می‌نماییم.

در صورتی که ستون و نیروهای وارد بر ستون کوچک باشد، تعداد پیچ‌های مهاری کمتر خواهد شد، در چنین مواردی برای انتقال نیروی پیچ‌های مهاری به‌ستون، به‌جای ناودانی از جزییات ساده‌تری همانند شکل ۱۱ ـ ۵۸ می‌توان استفاده نمود.



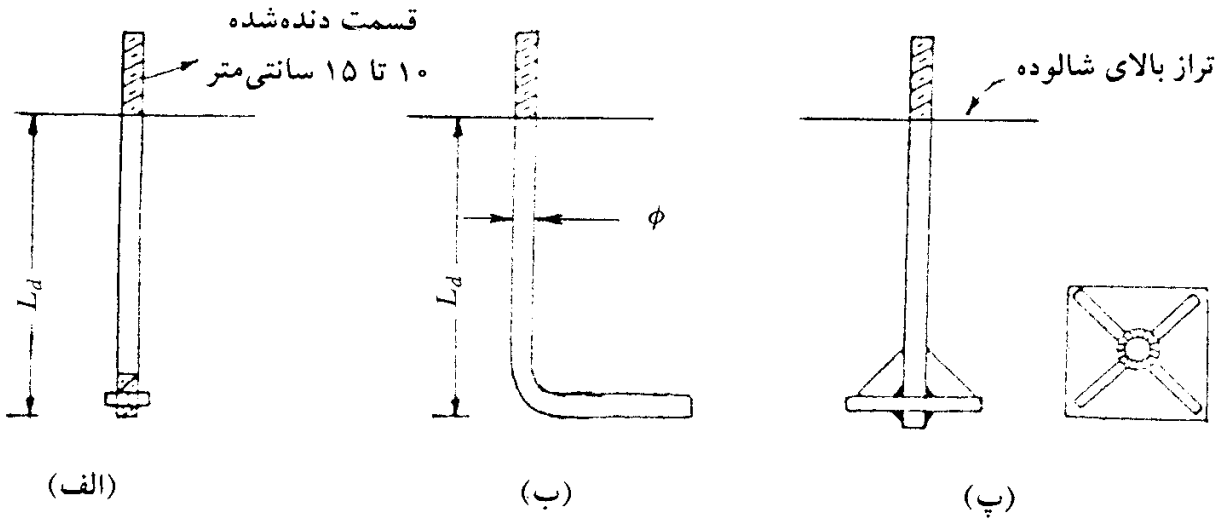
شکل ۱۱ ـ ۵۸

۱۱ ـ ۹ ـ ۸ مهار میله مهارها

میله مهارها تا حصول مقاومت کششی کل باید در بتن شالوده مهار شوند. در ایران میله مهارها از

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

دنده کردن میلگردهای صاف (بدون آج) ساخته می‌شوند*. لذا برای ایجاد مهار مکانیکی، انتهای میل مهار به‌یکی از صور نشان داده شده در شکل ۱۱ ـ ۵۹ درمی‌آید.



شکل ۱۱ ـ ۵۹

برای محاسبهٔ طول مهاری می‌توان از روابط آیین‌نامه بتن برای میلگردهای قلاب‌دار در کشش استفاده نمود. به‌عنوان مثال روابط آیین‌نامه آبا به‌قرار زیر است:

$$L_d = \frac{f_y}{4F_b}\phi$$

$f_b = 1.5\, f_{bm}$ میلگرد آجدار

$f_b = 0.75\, f_{bm}$ میلگرد صاف

$f_{bm} = 2.05\sqrt{f_c}$

f_c = مقاومت مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن (kg/cm^2)

f_y = تنش تسلیم فولاد (kg/cm^2)

---

* شواهد زیادی از وقوع شکنندگی در ناحیهٔ دنده شده میلگردهای آجدار AII و AIII در کارگاه‌ها مشاهده شده است. لذا استفاده از این نوع میلگردها به‌عنوان میل مهار توصیه نمی‌شود، مگر اینکه عدم شکنندگی آنها به‌وسیلهٔ آزمایش تأیید گردد. در صورت نیاز به‌مقاومت زیاد، استفاده از میلگردهای CK45 برای میله مهارها قابل توصیه است.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

فصل ۱۲

جوش درزهای استاندارد

راهنمای استفاده از جداول درزهای استاندارد

شماره مشخص‌کننده انواع درز

1 ـ شیار ساده
2 ـ شیار جناغی
3 ـ شیار جناغی دوطرفه
4 ـ شیار نیم‌جناغی
5 ـ شیار نیم‌جناغی دوطرفه
6 ـ شیار لاله‌ای
7 ـ شیار لاله‌ای دوطرفه
8 ـ شیار نیم‌لاله‌ای
9 ـ شیار نیم‌لاله‌ای دوطرفه
10 ـ شیار پیشانی

علائم اختصاری فرآیندهای جوشکاری

SM ــ جوش قوس‌الکتریکی دستی با الکترود (SMAW)
S ــ جوش زیرپودری (SAW)
G ــ جوش گازی فلزی (GMAW)

علائم اختصاری وضعیت‌های جوشکاری

F ـ تخت　V ـ قائم　ALL ـ تمام وضعیت‌ها　H ـ افقی　OH ـ سقفی

علامت اختصاری تذکرات فنی

A: برای جوش گاز با مدار کوتاه مناسب نیست.
B: جوشکاری از یک طرف درز انجام می‌شود.
C: قبل از جوشکاری طرف دیگر ریشه جوش، تا رسیدن به‌فلز سالم سنگ زده شود.
E: حداقل اندازهٔ گلوگاه مؤثر مندرج در آیین‌نامه.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

J: اگر از جوش گوشه برای تقویت جوش شیاری در اتصالات سپری یا کنج استفاده می‌شود باید اندازهٔ آن T_1 $\frac{1}{4}$ در نظر گرفته شود ولی از ۱۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.

L: جوش‌های لب‌به‌لب و گونیا در پلسازی پیش‌آزموده نیستند.

M: جوش‌های شیاری دوطرفه می‌توانند عمق‌های نامساوی داشته باشند ولی در هیچ‌حالت نباید عمق شکاف از $\frac{1}{4}$ ضخامت قطعه نازکتر، کمتر باشد.

N: زاویهٔ دو قطعه اتصال می‌تواند بین ۱۳۵ درجه تا ۱۸۰ درجه تغییر یابد به‌شرط آنکه هندسهٔ اصلی درز ثابت باقی مانده و ضخامت گلوگاه مؤثر حفظ شود.

Q: در جوش‌های سپری و گونیا، زاویهٔ بین دو قطعه می‌تواند تغییر یابد به‌شرط آنکه زاویهٔ شیار ثابت باقی مانده مشخص گردد.

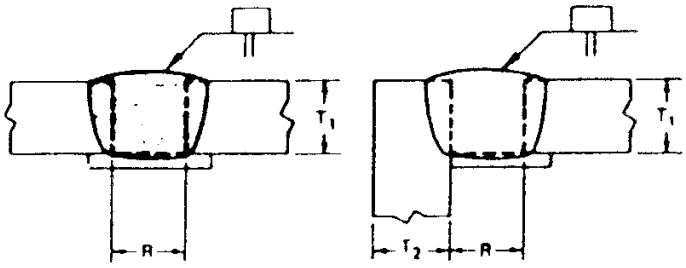
R: زاویهٔ بین قطعات اتصال در اتصال کنج می‌تواند از ۴۵ تا ۱۳۵ درجه و اتصال سپری از ۴۵ تا ۹۰ درجه تغییر یابد به‌شرط آنکه هندسهٔ اصلی درز و ضخامت گلوگاه حفظ شود.

Z: اندازهٔ گلوگاه مؤثر براساس جوش‌هایی که سطح آنها مسطح است تعیین می‌شود.

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

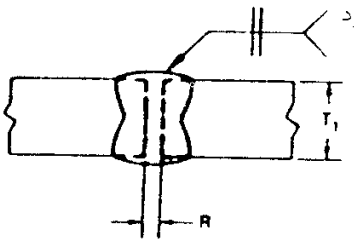
(1) جوش شیاری ساده
(B) اتصال لب به‌لب
(C) اتصال کنج (گونیا)



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ		
SMAW	B-L1a	6 max	–	$R=T_1$	+1.5 ، −0	+6 ، −1.5	All	N
	C-L1a	6 max	U	$R=T_1$	+1.5 ، −0	+6 ، −1.5	All	–
GMAW	B-L 1a-GF	10 max	–	$R=T_1$	+1.5 ، −0	+6 ، −1.5	All	A,N

(1) جوش شیاری ساده
(B) اتصال لب به‌لب

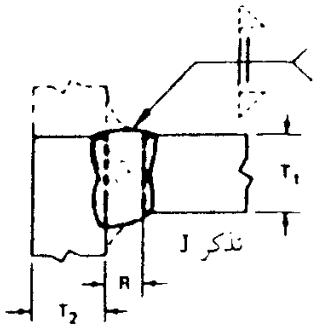
ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود (به‌جز B-L1-S)



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ		
SMAW	B-L1b	6 max	–	$R=T_1/2$	+1.5 ، −0	+1.5 ، −3	All	C,N
GMAW	B-L1b-GF	10 max	–	R=0 تا 3	+1.5 ، −0	+1.5 ، −3	All	A,C,N
SAW	B-L 1-S	10 max	–	R=0	±0	+1.5 ، −0	F	N
SAW	B-L 1a-S	16 max	–	R=0	±0	+1.5 ، −0	F	C,N

(1) جوش شیاری ساده
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج

ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود



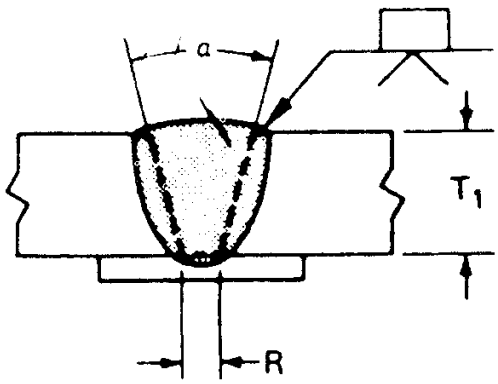
فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های جوشکاری مجاز	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	رواداری‌ها در طراحی	رواداری‌ها در مونتاژ		
SMAW	TC-L1b	6 max	U	$R=T_1/2$	+1.5 ، −0	+1.5 ، −3	All	C,J
GMAW	TC-L1-GF	10 max	U	R=0 تا 3	+1.5 ، −0	+1.5 ، −3	All	A,C,J
SAW	TC-L1-S	10 max	U	R=0	±0	+1.5 ، −0	F	J,C

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

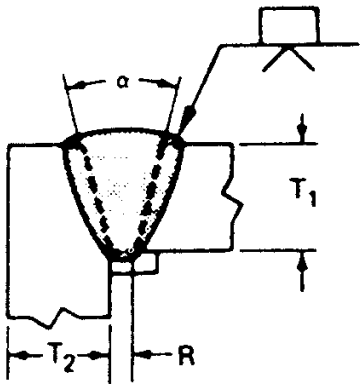
جوش‌شیاری جناغی (2)
اتصال لب به‌لب (B)



رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+6 , −1.5	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°

تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز		ضخامت‌فلزمبنا (U= نامحدود)		مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
		زاویهٔ شکاف	شکاف ریشه	T_2	T_1		
N	All	α=45°	R=6	–	U	B-U2a	SMAW
N	F,V,OH	α=30°	R=10				
N	F,V,OH	α=20°	R=12				
A,N	F,V,OH	α=30°	R=5	–	U	B-U2a-GF	GMAW
A,N	F,V,OH	α=30°	R=10				
A,N	F,V,OH	α=45°	R=6				
N	F	α=30°	R=6	–	50max	B-L2a-S	SAW
N	F	α=20°	R=16	–	U	B-U2-S	SAW

جوش‌شیاری جناغی (2)
اتصال کنج (C)



رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+6 , −1.5	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°

تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز		ضخامت‌فلزمبنا (U= نامحدود)		مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
		زاویهٔ شکاف	شکاف ریشه	T_2	T_1		
Q	All	α=45°	R=6	U	U	C-U2a	SMAW
Q	F,V,OH	α=30°	R=10				
Q	F,V,OH	α=20°	R=12				
A	F,V,OH	α=30°	R=5	U	U	B-U2a-GF	GMAW
A,Q	F,V,OH	α=30°	R=10				
A,Q	F,V,OH	α=45°	R=6				
Q	F,V,OH	α=30°	R=6	U	50max	C-L2a-S	SAW
Q	F	α=20°	R=16	U	U	C-U2-S	SAW

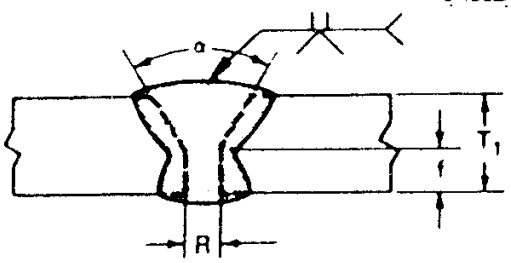
برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش شیاری جناغی (2)
اتصال لب به‌لب (B)

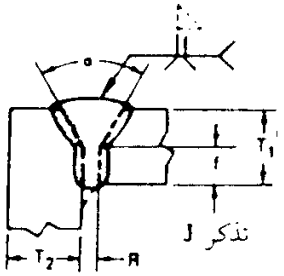
ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود.



تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در طراحی	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه ضخامت ریشه / زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U) T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U) T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
C,N	All	+1.5 , −3 Not limited +10°,−5°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 +10°,−0°	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=60°	–	U	B-U2	SMAW
A,C,N	All	+1.5 , −3 Not limited +10° , −5°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 +10° , −0°	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=60°	–	U	B-U2-GF	GMAW
C,N	F	+1.5−0 ±1.5 +10°,−5°	R=±0 f=+0,−f α=+10°,−0°	R=0,α=60° f=6max	–	بین 12 تا 25	B-L2c-S	SAW
				R=0,α=60 f=12max	–	بین 25 تا 38		
				R=0,α=60° f=16max	–	بین 38 تا 50		

جوش شیاری جناغی (2)
اتصال کنج (B)

ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود.



تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در طراحی	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه ضخامت ریشه / زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U) T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U) T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
C,J,R	All	+1.5,−3 Not limited +10° , −5°	+1.5,−0 +1.5 , −0 +10° , −0°	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=60°	U	U	C-U2	SMAW
A,C,J,R	All	+1.5 , −3 Not limited +10° , −5°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 +10° , −0°	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=60°	U	U	C-U2-GF	GMAW
C,J,R	F	+1.5 , −0 ±1.5 +10° , −5°	±0 +0 , −6 +10° , −0°	R=0 f=6max α=60°	U	U	C-U2h-S	SAW

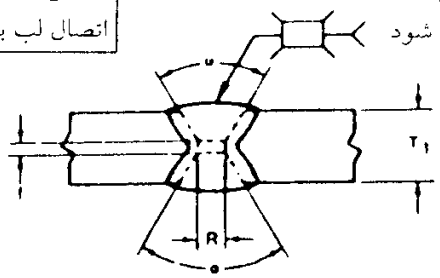
برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش جناغی دوطرفه (3)
اتصال لب به‌لب (B)

ریشه جوش از پشت برداشته شده دوباره با جوش پر شود

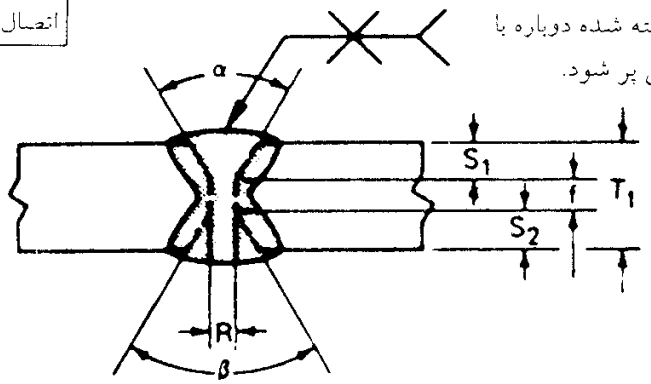


رواداری‌ها		در طراحی	در مونتاژ
		R=±0	+6 ، −0
		f=±0	+1.5 ، −0
		α=+10° ، −0°	+10° ، −5°
فاصله دهنده	SAW	±0	+1.5 ، −0
	SMAW	±0	+3 ، −0

تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: زاویهٔ شیار	آماده‌سازی درز: ضخامت ریشه	آماده‌سازی درز: شکاف ریشه	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U): T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U): T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
C,M,N	All	α=45°	f=0 تا 3	R=6	–	U فاصله‌دهنده U=1/8×R	B-U3a	SMAW
	F,OH,V	α=30°	f=0 تا 3	R=10				
	F,OH,V	α=20°	f=0 تا 3	R=12				
C,M,N	F	α=20°	f=0 تا 6	R=16	–	فاصله‌دهنده U=1/4×R	B-U3a-S	SAW

جوش جناغی دوطرفه (3)
اتصال لب به‌لب (B)

ریشه جوش از پشت برداشته شده دوباره با جوش پر شود.



فقط برای B-U3c-S

S_1	T_1 تا	T_1 از
35	60	50
45	70	60
55	90	75
60	100	90
70	120	100
80	140	120
95	160	140

برای $T_1 \le 50$ یا $T_1 > 160$
$S_1 = 2/3(T_1 - 6)$

تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها درطراحی	آماده‌سازی درز: شکاف ریشه ضخامت ریشه زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U): T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U): T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
C,M,N	All	+1.5,−3	+1.5,−0	R=0 تا 3	–	U	B-U3b	SMAW
A,C,M,N	All	Not limited +10°,−5°	+1.5,−0 +10°,−0	f=0 تا 3 α=β=60°			B-U3-GF	GMAW
C,M,N	F	+1.5,−0 +6,−0 +10°,−5°	+1.5,−0 +6,−0 +10°,−0°	R=0 f=6 min α=β=60°	–	U	B-U3c-S	SAW
		برای تعیین S_1 به جدول فوق مراجعه کنید $S_2 = T_1 - (S_1 + f)$						

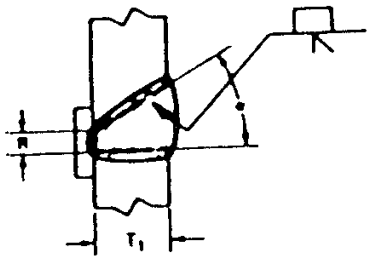
برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش نیم جناغی یکطرفه (4)
اتصال لب به لب (B)

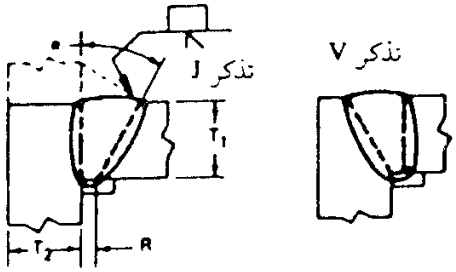
رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+6, −1.5	R = +1.5, −0
+10°, −5°	α = +10°, −0°



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U)		آماده‌سازی درز		وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار		
SMAW	B-U4a	U	–	R=6	α=45°	All	Br,N
				R=10	α=30°	All	Br,N
GMAW	B-U4a-GF	U	–	R=5	α=30°	All	A,Br,N
				R=6	α=45°	All	A,Br,N
				R=10	α=30°	F	A,Br,N

جوش نیم جناغی یکطرفه (4)
اتصال گونیا (T)
اتصال کنج (C)

رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+6, −1.5	R = +1.5, −0
+10°, −5°	α = +10°, −0°



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U)		آماده‌سازی درز		وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار		
SMAW	TC-U4a	U	U	R=6	α=45°	All	J,Q,V
				R=10	α=30°	F,OH,H	J,Q,V
GMAW	TC-U4a-GF	U	U	R=5	α=30°	All	A,J,Q,V
				R=10	α=30°	F	A,J,Q,V
				R=6	α=45°	All	A,J,Q,V
SAW	TC-U4a-S	U	U	R=10	α=30°	F	J,Q,V
				R=6	α=45°		

برای تذکرات به راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

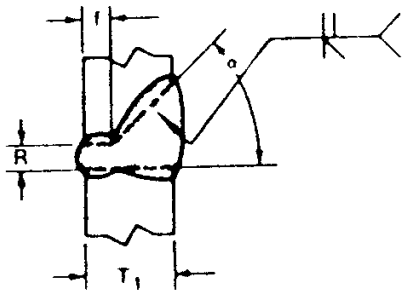
(تمام اندازه‌ها به میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش نیم‌جناغی یکطرفه (4)
اتصال لب به‌لب (B)

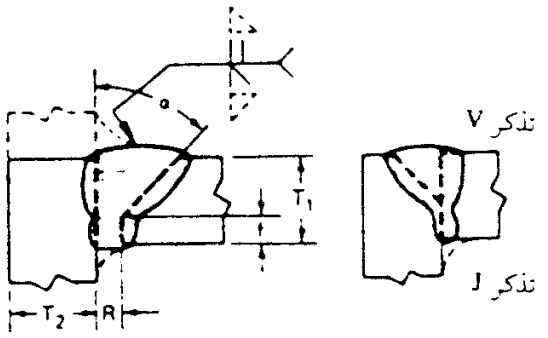
ریشه جوش از پشت برداشته شده
مجدداً با جوش پر شود



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
				شکاف‌ریشه	رواداری‌ها			
		T_1	T_2	ضخامت‌ریشه زاویهٔ شیار	در طراحی	در مونتاژ		
SMAW	B-U4b	U	–	R=0 تا 3	+1.5 , −0	+1.5 , −3	All	Br,C,N
GMAW	B-U4b-GF	U	–	f=0 تا 3 α=45°	+1.5 , −0 +10° , −0°	Not limited +10° , −5°	All	A,Br,C,N

جوش نیم‌جناغی یکطرفه (4)
اتصال گونیا (T)
اتصال کنج (C)

ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً
با جوش پر شود



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
				شکاف‌ریشه	رواداری‌ها			
		T_1	T_2	ضخامت ریشه زاویهٔ شیار	در طراحی	در مونتاژ		
SMAW	TC-U4b	U	U	R=0 تا 3	+1.5 , −0	+1.5 , −3	All	C,J,R,V
GMAW	TC-U4b-GF	U	U	f=0 تا 3 α=45°	+1.5 , −0 +10° , −0°	Not limited +10° , −5°	All	A,C,J,R,V
SAW	TC-U4b-S	U	U	R=0 f=3 max α=60°	±0 +0 , −3 +10° , −0°	+6 , −0 ±1.5 +10° , −5°	F	C,J,R,V

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

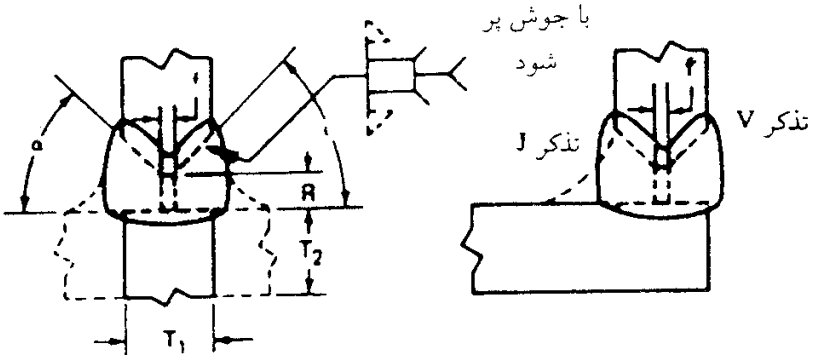
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −0	R = ±0
±1.5	f = +1.5, −0
+10° , −5°	α = +10° , −0°
+1.5 , −0	فاصله = +0

(5) جوش نیم‌جناغی دوطرفه
(B) اتصال لب به‌لب
(T) اتصال گونیا
(C) اتصال کنج

ریشه جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود



تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز			ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U)		مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
		زاویهٔ شیار	ضخامت ریشه کنار ریشه	شکاف ریشه	T_2	T_1		
Br,C, M,N	All	α=45°	f=0 تا 3	R=6	U	U فاصله =R/8	B-U5b	SMAW
C,J,M, R,V	All	α=45°	f=0 تا 3	R=6	U	U فاصله =R/8	TC-U5a	
C,J,M, R,V	F,OH	α=30°	f=0 تا 3	R=10				

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

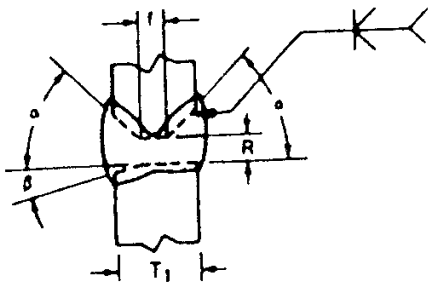
(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش‌نیم‌جناغی‌دوطرفه (5)
اتصال لب به‌لب (B)

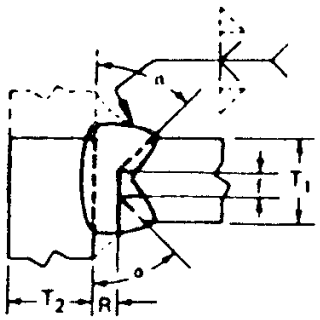
ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده و مجدداً با جوش پر شود

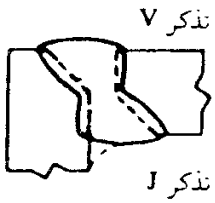


فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (U= نامحدود)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف‌ریشه: ضخامت ریشه / زاویهٔ شیار	رواداری‌ها: در طراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ		
SMAW	B-U5a	U	–	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=45° β=0° تا 15°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 $\alpha+\beta$, $^{+10°}_{-0°}$	+1.5 , −3 Not limited $\alpha+\beta$, $^{+10°}_{-5°}$	All	Br,C, M,N
GMAW	B-U5-GF	U	–	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=45° β=0° تا 15°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 $\alpha+\beta$= +10° , −0°	+1.5 , −3 Not limited $\alpha+\beta$= +10° , −5°	All	A,Br,C, M,N

جوش‌نیم‌جناغی‌دوطرفه (5)
اتصال سپری (T)
اتصال کنج (C)

ریشهٔ جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود





فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (U= نامحدود)		آماده‌سازی درز			وضعیت ای مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف‌ریشه: ضخامت ریشه / زاویهٔ شیار	رواداری‌ها: در طراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ		
SMAW	TC-U5b	U	U	R=0 تا 3 f=0 تا 3 α=45°	+1.5 , −0 +1.5 , −0 +10° , −0°	+1.5 , −3 Not limited +10° , −5°	All	C,J,M, R,V
GMAW	TC-U5-GF	U	U				All	A,C,J, M,R,V
SAW	TC-U5-S	U	U	R=0 f=5 max α=60°	±0 +0 , −5 +10° , −0°	+1.5 , −5 ±1.5 +10° , −5°	F	C,J,M R,V

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

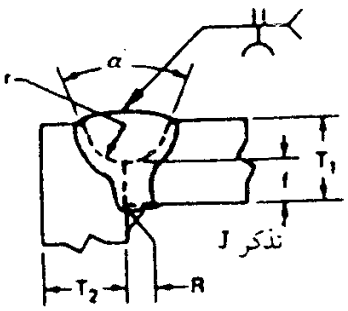
www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

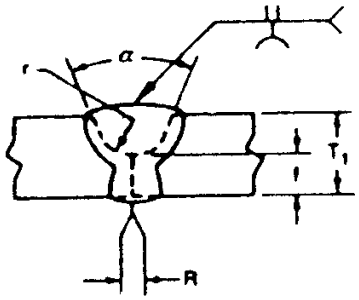
جوش لاله‌ای یکطرفه (6)
اتصال لب به‌لب (B)
اتصال کنج (C)

رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=±1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°
نامحدود	f=±1.5
+3 , −0	r=+3 , −0

ریشه جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود



ریشه جوش از پشت برداشته شده مجدداً با جوش پر شود

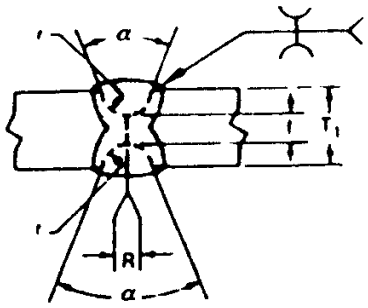


تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز				ضخامت‌فلزمبنا (نامحدود =U)		مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
		شعاع شیار	ضخامت ریشه	زاویهٔ شیار	شکاف ریشه	T_2	T_1		
C,N	All	r=6	f=3	α=45°	R=0 تا 3	U	U	B-U6	SMAW
C,N	F,OH	r=6	f=3	α=20°	R=0 تا 3				
C,J,R	All	r=6	f=3	α=45°	R=0 تا 3	U	U	C-U6	
C,J,R	F,OH	r=6	f=3	α=20°	R=0 تا 3				
A,C,N	All	r=6	f=3	α=20°	R=0 تا 3	U	U	B-U6-GF	SMAW
A,C,J,R	All		r=3	α=20°	R=0 تا 3	U	U	C-U6-GF	

جوش لاله‌ای دوطرفه (7)
اتصال لب به‌لب (B)

رواداری‌ها	
برای B-U7-S	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −0	R=±0
±1.5	f=+0 , −6

رواداری‌ها	
برای B-U7 و B-U7-GF	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=+1.5,−0
+10° , −5°	α=+10°,−0°
Not limited	f=+1.5 , −0
±1.5	f=+6 , −0



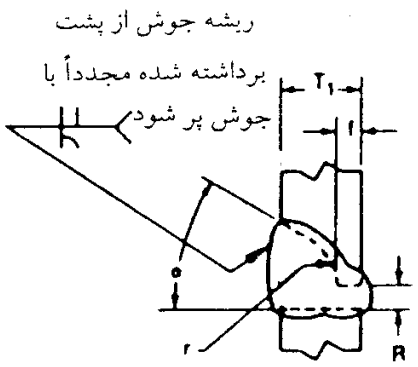
تذکر	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز				ضخامت‌فلزمبنا (نامحدود =U)		مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
		شعاع شیار	ضخامت ریشه	زاویهٔ شیار	شکاف ریشه	T_2	T_1		
C,M,N	All	r=6	f=3	α=45°	R=0 تا 3	–	U	B-U7	SMAW
C,M,N	F,OH	r=6	f=3	α=20°	R=0 تا 3				
A,C,M,N	All	r=6	f=3	α=20°	R=0 تا 3	–	U	B-U7-GF	GMAW
C,M,N	F	r=6	f=6max	α=20°	R=0	–	U	B-U7-S	SAW

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

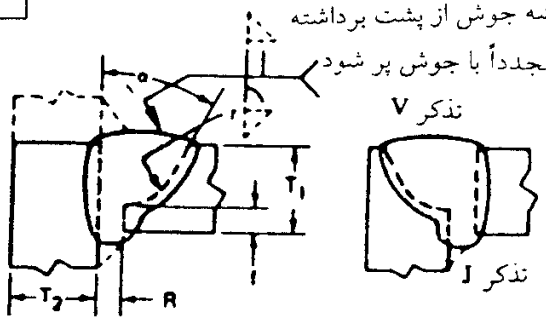
جوش نیم‌لاله‌ای یکطرفه (8)
اتصال لب به‌لب (B)



رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°
نامحدود	f=+1.5 , −0
±1.5	r=+6 , −0

فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (U= نامحدود)		آماده‌سازی درز				وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار	ضخامت ریشه	شعاع شیار		
SMAW	B-U8	U	–	R=0 تا 3	α=45°	f=3	r=10	All	Br,C,N
GMAW	B-U8-GF	U	–	R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	All	A,Br,C,N

جوش نیم‌لاله‌ای یکطرفه (8)
اتصال گونیا (T)
اتصال کنج (C)



رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°
Not limited	f=+1.5 , −0
±1.5	r=+6 , −0

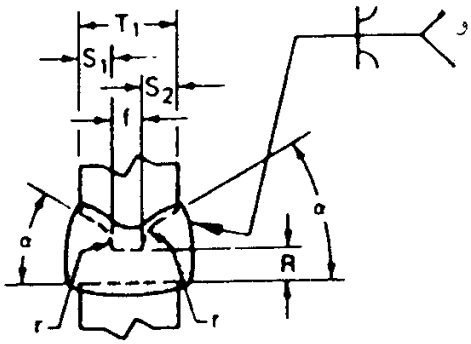
فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (U= نامحدود)		آماده‌سازی درز				وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار	ضخامت ریشه	شعاع شیار		
SMAW	TC-U8a	U	U	R=0 تا 3	α=45°	f=3	r=10	All	C,J,R,V
				R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	F,OH	C,J,R,V
GMAW	B-U8a-GF	U	U	R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	All	A,C,J, R,V

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ کامل

جوش نیم‌لاله‌ای دوطرفه (9)
اتصال لب به‌لب (B)



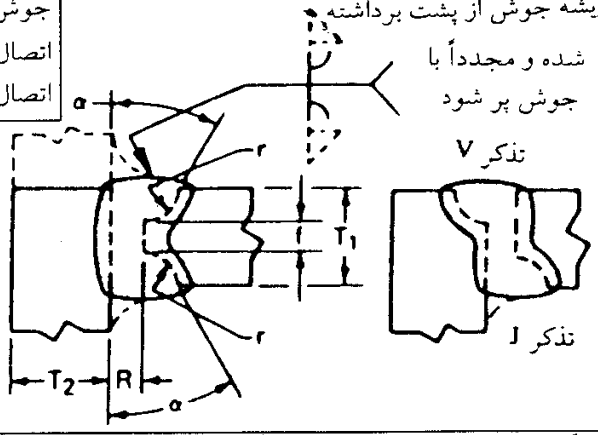
ریشه جوش از پشت برداشته شده و مجدداً با جوش پر شود

رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°
نامحدود	f=+1.5 , −0
±1.5	r=+3 , −0

فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز				وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار	ضخامت ریشه	شعاع شیار		
SMAW	B-U9	U	–	R=0 تا 3	α=45°	f=3	r=10	All	Br,C, M,N
GMAW	B-U9-GF	U	–	R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	All	A,Br,C, M,N

جوش نیم‌لاله‌ای دوطرفه (9)
اتصال سپری (T)
اتصال کنج (C)

ریشه جوش از پشت برداشته شده و مجدداً با جوش پر شود



رواداری‌ها	
در مونتاژ	در طراحی
+1.5 , −3	R=+1.5 , −0
+10° , −5°	α=+10° , −0°
نامحدود	f=+1.5 , −0
±1.5	r=+3 , −0

فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود =U)		آماده‌سازی درز				وضعیت‌های مجاز جوشکاری	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	زاویهٔ شیار	ضخامت ریشه	شعاع شیار		
SMAW	TC-U9a	U	U	R=0 تا 3	α=45°	f=3	r=10	All	C,J,M, R,V
				R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	F,OH	C,J,M, R,V
GMAW	TC-U9a-GF	U	U	R=0 تا 3	α=30°	f=3	r=10	All	A,C,J, M.R.V

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

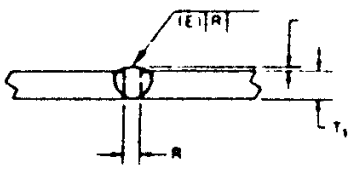
(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

گردهٔ جوش ۱ تا ۳ میلی‌متر بدون رواداری

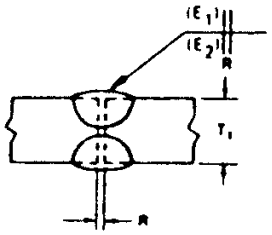
جوش شیاری ساده (1)
اتصال لب به‌لب (B)



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	رواداری‌ها: درطراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ			
SMAW	B-P1a	3 max	–	R=0 تا 1.5	+1.5,−0	±1.5	All	T_1-1	B
	B-P1c	6 max	–	$R=\frac{T_1}{2}$ min	+1.5,−0	±1.5	All	$\frac{T_1}{2}$	B

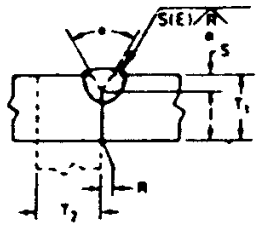
جوش شیاری ساده (1)
اتصال لب به‌لب (B)

E_2+E_1 نباید از $\frac{3T_1}{4}$ بیشتر باشد



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیتهای مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
		T_1	T_2	شکاف ریشه	رواداری‌ها: درطراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ			
SMAW	B-P1b	6 max	–	$R=\frac{T_1}{2}$	±1.5,−0	±1.5	All	$\frac{3T_1}{4}$	

جوش جناغی (2)
اتصال لب به‌لب (B)
اتصال کنج (C)



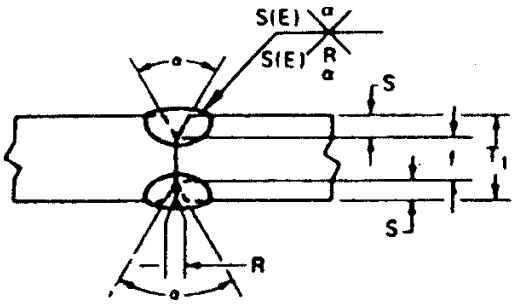
فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
		T_1	T_2	شکاف‌ریشه ضخامت ریشه زاویهٔ شیار	رواداری‌ها: درطراحی	رواداری‌ها: در مونتاژ			
SMAW	BC-P2	6 min	U	R=0 f=1 min α=60°	0 , +1.5 unlimited +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	B,E,Q2
GMAW	BC-P2-GF	6 min	U	R=0 f=3min α=60°	0 , +1.5 unlimited +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	A,B,E,Q2
SAW	BC-P2-S	10min	U	R=0 f=6min α=6°	±0 unlimited +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 +10,−5°	F	S	B,E,Q2

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

جوش جناغی‌دوطرفه (3)
اتصال لب به‌لب (B)



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
				شکاف‌ریشه	رواداری‌ها				
		T_1	T_2	ضخامت ریشه زاویهٔ شیار	درطراحی	در مونتاژ			
SMAW	B-P3	12 min	–	R=0 f=3 min α=60°	+1.5,−0 unlimited +10°−0°	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	E,Mp, Q2
GMAW	B-P3-GF	12 min	–	R=0 f=3 min α=60°	+1.5,−0 unlimited +10°,−0°	+1/8,−1/16 ±1/16 +10°,−5°	All	S	A,E, Mp,Q2
SAW	B-P3-S	20 min	–	R=0 f=6 min α=60°	±0 unlimited +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 +10°,−5°	F	S	E,Mp, Q2

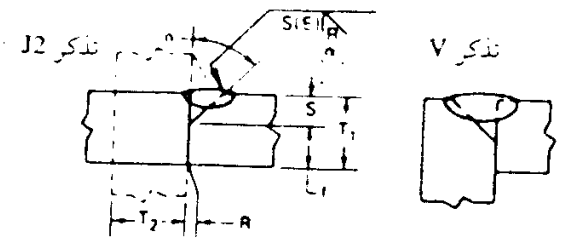
برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

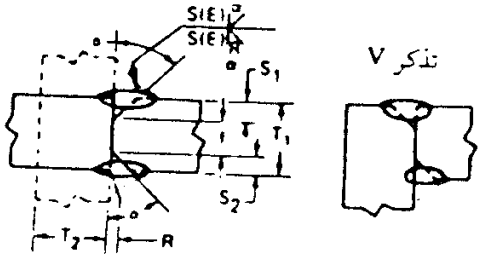
جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

جوش نیم‌جناغی یکطرفه (4)
اتصال لب به‌لب (B)
اتصال سپری (T)
اتصال کنج (C)



تذکر	گلوگاه مؤثر (E)	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها درطراحی	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه ضخامت ریشه	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U) T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U) T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
B,E,J2, Q2,V	S-3	All	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 unlimited +10°−0°	R=0 f=3 min	α=45°	U	U	BTC-P4	SMAW
A,B,E, J2,Q2, V	S	F,H	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 unlimited +10°,−0°	R=0 f=3 min	α=45°	U	6 min	BTC-P4-GF	GMAW
	S-3	V,OH								
B,E,J2, Q2,V	S	F	+1.5,−0 ±1.5 +10°,−5°	±0 unlimited +10°,−0°	R=0 f=6 min	α=60°	U	10min	TC-P4-S	SAW

جوش نیم‌جناغی دوطرفه (5)
اتصال لب به‌لب (B)
اتصال گونیا (T)
اتصال کنج (C)



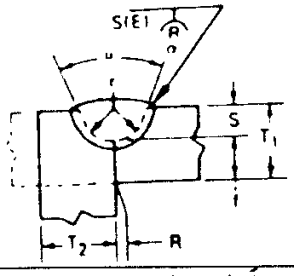
تذکر	گلوگاه مؤثر (E)	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها در مونتاژ	آماده‌سازی درز: رواداری‌ها درطراحی	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه ضخامت ریشه	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U) T_2	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U) T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
E,J2, L,Mp, Q2,V	(S_1+S_2) −6	All	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 unlimited +10°,−0°	R=0 f=3 min	α=45°	U	8 min	BTC-P5	SMAW
A,E,J2, L,Mp, Q2,V	(S_1+S_2)	F,H	+3,−1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 unlimited +10°,−0°	R=0 f=3 min	α=45°	U	12 min	BTC-P5-GF	GMAW
	(S_1+S_2) −6	V,OH								
E,J2, L,Mp, Q2,V	S_1+S_2	F	+1.5,−0 ±1.5 +10°,−5°	±0 unlimited +10°,−0°	R=0 f=6 min	α=60°	U	20 min	TC-P5-S	SAW

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

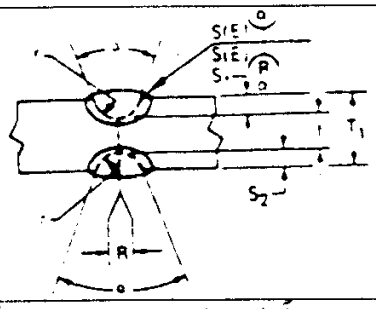
جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

(6) جوش لاله‌ای یکطرفه
(B) اتصال لب به‌لب
(C) اتصال کنج



فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیت‌های مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
				شکاف‌ریشه	رواداری‌ها				
		T_1	T_2	ضخامت ریشه شعاع شیار زاویه شیار	درطراحی	در مونتاژ			
SMAW	BC-P6	6 min	U	R=0 f=1 min r=6 α=45°	+1.5,−0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	B,E,Q2
GMAW	BC-P6-GF	6 min	U	R=0 f=3 min r=6 α=20°	+1.5,−0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	A,B, E,Q2
SAW	BC-P6-S	10 min	U	R=0 f=6 min r=6 α=20°	±0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	F	S	B,E,Q2

(7) جوش جناغی دوطرفه
(B) اتصال لب به‌لب



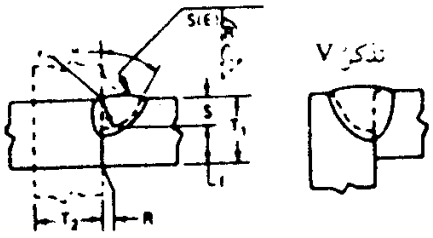
فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)		آماده‌سازی درز			وضعیتهای مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
				شکاف‌ریشه	رواداری‌ها				
		T_1	T_2	ضخامت ریشه شعاع شیار زاویه شیار	درطراحی	در مونتاژ			
SMAW	8-P7	12 min	–	R=0 f=3 min r=6 α=45°	+1.5,−0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S_1+S_2	E,Mp, Q2
GMAW	B-P7-GF	12 min	–	R=0 f=3 min r=6 α=20°	+1.5,−0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S_1+S_2	A,E, Mp,Q2
SAW	B-P7-S	20 min	–	R=0 f=6 min r=6 α=20°	±0 unlimited +6,−0 +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	F	S_1+S_2	E,Mp Q2

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود. (تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

(8) جوش نیم‌لاله‌ای یکطرفه
(B) اتصال لب به‌لب
(C) اتصال کنج



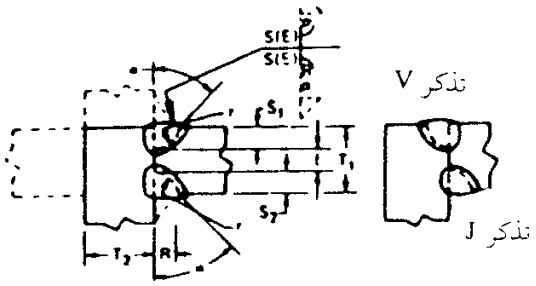
فرآیند جوشکاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود = U)		آماده‌سازی درز			وضعیتهای مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
				شکاف ریشه	رواداری‌ها				
		T_1	T_2	ضخامت ریشه شعاع شیار زاویه شیار	درطراحی	در مونتاژ			
SMAW	TC-P8*	6 min	U	R=0 f=3 min r=10 α=45°	+1.5,−0 Not limited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	E,J2, Q2,V
SMAW	BC-P8**	6 min	U	R=0 f=3 min r=10 α=30°	+1.5,−0 Not limited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	E,J2, Q2,V
GMAW	TC-P8-GF*	6 min	U	R=0 f=3 min r=10 α=45°	+1.5,−0 Not limited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	A,E, J2,Q2, V
GMAW FCAW	TC-P8-GF**	6 min	U	R=0 f=3 min r=10 α=30°	+1.5,−0 Not limited +6,−0 +10°,−0°	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	All	S	A,E, J2,Q2, V
SAW	TC-P8-S*	10 min	U	R=0 f=6min r=12 α=45°	±0 Not imited +6,−0 +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	F	S	E,J2, Q2,V
SAW	C-P8-S**	10 min	U	R=0 f=6 min r=12 α=20°	±0 Not limited +6,−0° +10°,−0°	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	F	S	E,J2, Q2,V

* مربوط به‌جوش‌های کنج داخلی می‌شود.
** مربوط به‌جوش‌های کنج خارجی می‌شود.

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

(9) جوش نیم‌لاله‌ای دوطرفه
(B) اتصال لب به‌لب
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج (گونیا)



تذکر	گلوگاه مؤثر (E)	وضعیت‌های مجاز جوشکاری	آماده‌سازی درز: روادارها: در مونتاژ	آماده‌سازی درز: روادارها: درطراحی	آماده‌سازی درز: شکاف‌ریشه: ضخامت ریشه، شعاع شیار، زاویهٔ شیار	ضخامت فلز مبنا (U=نامحدود): T_2	ضخامت فلز مبنا (U=نامحدود): T_1	مشخصهٔ اتصال	فرآیند جوشکاری
E,J2, Mp,Q2, V	S_1+S_2	All	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 −0 +6,−0 +10°,−0°	R=0 f=3 min r=10 α=45°	U	12 min	BTC-P9*	SMAW
A,J2, Mp,Q2, V	S_1+S_2	All	+3,−1.5 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	+1.5,−0 Not limited +6,−0 +10°,−0°	R=0 f=3 min r=10 α=30°	U	12 min	BTC-P9-GF*	GMAW
E,J2, Mp,Q2, V	S_1+S_2	F	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	±0 Not limited +6,−0° +10°,−0°	R=0 f=6 min r=10 α=30°	U	20 min	C-P9-S*	SAW
E,J2, Mp,Q2, V	S_1+S_2	F	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	±0 Not limited +6,−0° +10°,−0°	R=0 f=6 min r=12 α=20°	U	20 min	C-P9-S**	SAW
E,J2, Mp,Q2	S_1+S_2	F	+1.5,−0 ±1.5 ±1.5 +10°,−5°	±0 Not imited +6,−0 +10°,−0°	R=0 f=6 min r=12 α=45°	U	20 min	T-P9-S	SAW

* مربوط به‌جوش‌های کنج داخلی می‌شود.
** مربوط به‌جوش‌های کنج خارجی می‌شود.

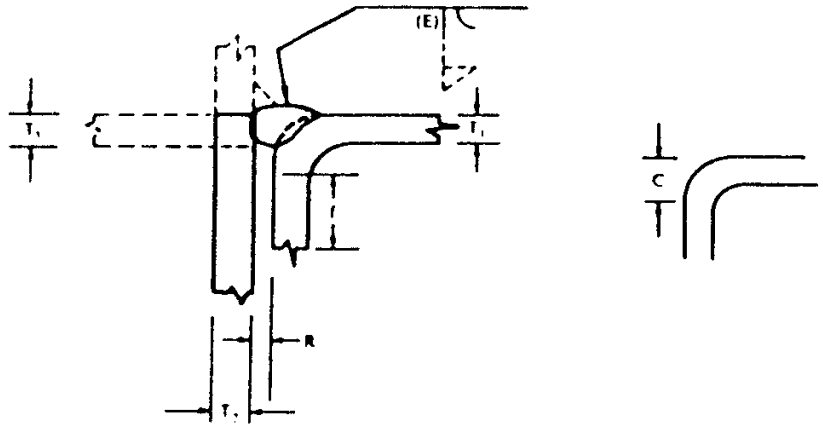
برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جدول مراجعه شود.

(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

جوش‌های شیاری با نفوذ ناقص

(10) جوش پیشانی
(B) اتصال لب به‌لب
(T) اتصال سپری
(C) اتصال کنج



فرآیند جوش کاری	مشخصهٔ اتصال	ضخامت فلز مبنا (نامحدود=U)			آماده‌سازی درز			وضعیتهای مجاز جوشکاری	گلوگاه مؤثر (E)	تذکر
					شکاف‌ریشه	رواداری‌ها				
		T_1	T_2	T_3	ضخامت ریشه شعاع خم	درطراحی	در مونتاژ			
SMAW	BTC-P10	5 min	U	T_1 min	R=0 f=5 min C= $\frac{3}{2}T_1$ min	+1.5,−0 Not limited −0,+Not limited	+3 , −1.5 +U , −1.5 −0,+Not limited	All	$\frac{5}{8}T_1$	J2,Q2, Z
GMAW	BTC-P10-GF	5 min	U	T_1 min	R=0 f=5 min C= $\frac{3}{2}T_1$ min	+1.5,−0 Not limited −0,+Not limited	+3,−1.5 +U,−1.5 −0,+Not limited	All	$\frac{5}{8}T_1$	A,J2, Q2,Z
SAW	T-P10-S	12 min	12min	N/A	R=0 f=12 min C= $\frac{3}{2}T_1$ min	±0 Not limited −0,+Not limited	+1.5,−0 +U,−1.5 −0,+Not limited	F	$\frac{5}{8}T_1$	J2,Q2, Z

برای تذکرات به‌راهنمای ابتدای جداول مراجعه شود.

(تمام اندازه‌ها به‌میلی‌متر است)

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

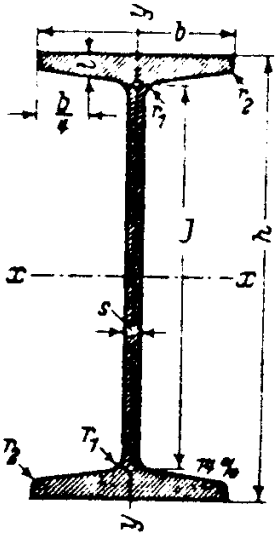
پیوست ۱

مشخصات هندسی نیمرخ‌های ساختمانی

www.niazit-ceiling.com

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

نیمرخ معمولی INP

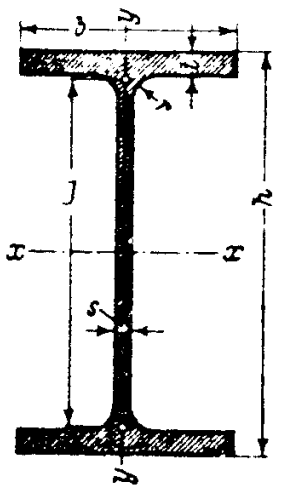


A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

I	ابعاد به‌میلی‌متر h	b	s = r1	t	r2	A cm²	G kg/m	U m²/m	x − x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y − y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
80	80	42	3,9	5,9	2,3	7,57	5,94	0,304	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	11,4	6,84
100	100	50	4,5	6,8	2,7	10,6	8,34	0,370	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	19,9	8,57
120	120	58	5,1	7,7	3,1	14,2	11,1	0,439	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	31,8	10,3
140	140	66	5,7	8,6	3,4	18,2	14,3	0,502	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	47,7	12,0
160	160	74	6,3	9,5	3,8	22,8	17,9	0,575	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	68,0	13,7
180	180	82	6,9	10,4	4,1	27,9	21,9	0,640	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	93,4	15,5
200	200	90	7,5	11,3	4,5	33,4	26,2	0,709	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87	125	17,2
220	220	98	8,1	12,2	4,9	39,5	31,1	0,775	3 060	278	8,80	162	33,1	2,02	162	18,9
240	240	106	8,7	13,1	5,2	46,1	36,2	0,844	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20	206	20,6
260	260	113	9,4	14,1	5,6	53,3	41,9	0,906	5 740	442	10,4	288	51,0	2,32	257	22,3
280	280	119	10,1	15,2	6,1	61,0	47,9	0,966	7 590	542	11,1	364	61,2	2,45	316	24,0
300	300	125	10,8	16,2	6,5	69,0	54,2	1,03	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56	381	25,7
320	320	131	11,5	17,3	6,9	77,7	61,0	1,09	12 510	782	12,7	555	84,7	2,67	457	27,4
340	340	137	12,2	18,3	7,3	86,7	68,0	1,15	15 700	923	13,5	674	98,4	2,80	540	29,1
360	360	143	13,0	19,5	7,8	97,0	76,1	1,21	19 610	1 090	14,2	818	114	2,90	638	30,7
380	380	149	13,7	20,5	8,2	107	84,0	1,27	24 010	1 260	15,0	975	131	3,02	741	32,4
400	400	155	14,4	21,6	8,6	118	92,4	1,33	29 210	1 460	15,7	1 160	149	3,13	857	34,1
425	425	163	15,3	23,0	9,2	132	104	1,41	36 970	1 740	16,7	1 440	176	3,30	1 020	36,2
450	450	170	16,2	24,3	9,7	147	115	1,48	45 850	2 040	17,7	1 730	203	3,43	1 200	38,3
475	475	178	17,1	25,6	10,3	163	128	1,55	56 480	2 380	18,6	2 090	235	3,60	1 400	40,4
500	500	185	18,0	27,0	10,8	179	141	1,63	68 740	2 750	19,6	2 480	268	3,72	1 620	42,4
550	550	200	19,0	30,0	11,9	212	166	1,80	99 180	3 610	21,6	3 490	349	4,02	2 120	46,8
600	600	215	21,6	32,4	13,0	254	199	1,92	139 000	4 630	23,4	4 670	434	4,30	2 730	50,9

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

نیمرخ نیم‌پهن IPE

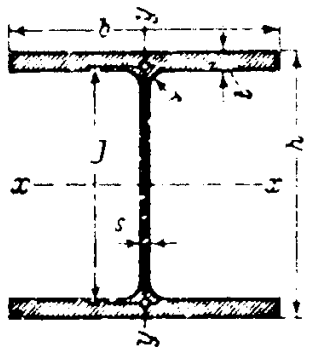


A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPE	ابعاد به میلی‌متر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y-y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,00	0,328	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	11,6	6,90
100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,10	0,400	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	19,7	8,68
120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	0,475	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	30,4	10,5
140	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	0,551	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	44,2	12,3
160	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	0,623	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	61,9	14,0
180	180	91	5,3	8,0	9	23,9	18,8	0,698	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	83,2	15,8
200	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	0,768	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	110	17,6
220	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	0,848	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	143	19,4
240	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	0,922	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	183	21,2
270	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	1,041	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	242	23,9
300	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	1,159	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	314	26,6
330	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	1,254	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	402	29,3
360	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	1,353	16270	904	15,0	1040	123	3,79	510	31,9
400	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	1,467	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	654	35,4
450	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	1,605	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	851	39,7
500	500	200	10,2	16,0	21	116	90,7	1,744	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	1100	43,9
550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	1,877	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	1390	48,2
600	600	220	12,0	19,0	24	156	122	2,015	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	1760	52,4

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

نیمرخ بال پهن سبک IPB_1



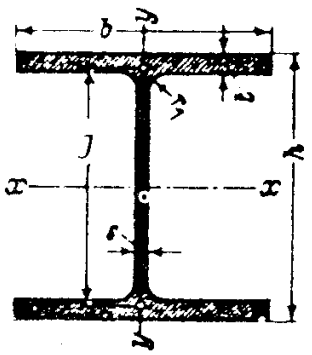
A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPB1	ابعاد به‌میلی‌متر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y-y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
100	96	100	5	8	12	21,2	16,7	0,561	349	72,8	4,06	134	26,8	2,51	41,5	8,41
120	114	120	5	8	12	25,3	19,9	0,677	606	106	4,89	231	38,5	3,02	59,7	10,1
140	133	140	5,5	8,5	12	31,4	24,7	0,794	1030	155	5,73	389	55,6	3,52	85,7	11,9
160	152	160	6	9	15	38,8	30,4	0,906	1670	220	6,57	616	76,9	3,98	123	13,6
180	171	180	6	9,5	15	45,3	35,5	1,02	2510	294	7,45	925	103	4,52	162	15,5
200	190	200	6,5	10	18	53,8	42,3	1,14	3690	389	8,28	1340	134	4,98	215	17,2
220	210	220	7	11	18	64,3	50,5	1,26	5410	515	9,17	1950	178	5,51	284	19,0
240	230	240	7,5	12	21	76,8	60,3	1,37	7760	675	10,1	2770	231	6,00	372	20,9
260	250	260	7,5	12,5	24	86,8	68,2	1,48	10450	836	11,0	3670	282	6,50	460	22,7
280	270	280	8	13	24	97,3	76,4	1,60	13670	1010	11,9	4760	340	7,00	556	24,6
300	290	300	8,5	14	27	113	88,3	1,72	18260	1260	12,7	6310	421	7,49	692	26,4
320	310	300	9	15,5	27	124	97,6	1,76	22930	1480	13,6	6990	466	7,49	814	28,2
340	330	300	9,5	16,5	27	133	105	1,79	27690	1680	14,4	7440	496	7,46	925	29,9
360	350	300	10	17,5	27	143	112	1,83	33090	1890	15,2	7890	526	7,43	1040	31,7
400	390	300	11	19	27	159	125	1,91	45070	2310	16,8	8560	571	7,34	1280	35,2
450	440	300	11,5	21	27	178	140	2,01	63720	2900	18,9	9470	631	7,29	1610	39,6
500	490	300	12	23	27	198	155	2,11	86970	3550	21,0	10370	691	7,24	1970	44,1
550	540	300	12,5	24	27	212	166	2,21	111900	4150	23,0	10820	721	7,15	2310	48,4
600	590	300	13	25	27	226	178	2,31	141200	4790	25,0	11270	751	7,05	2680	52,8
650	640	300	13,5	26	27	242	190	2,41	175200	5470	26,9	11720	782	6,97	3070	57,1
700	690	300	14,5	27	27	260	204	2,50	215300	6240	28,8	12180	812	6,84	3520	61,2
800	790	300	15	28	30	286	224	2,70	303400	7680	32,6	12640	843	6,65	4350	69,8
900	890	300	16	30	30	321	252	2,90	422100	9480	36,3	13550	903	6,50	5410	78,1
1000	990	300	16,5	31	30	347	272	3,10	553800	11190	40,0	14000	934	6,35	6410	86,4

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

نیمرخ بال‌پهن معمولی IPB

A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع محور خنثی (محور x)
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

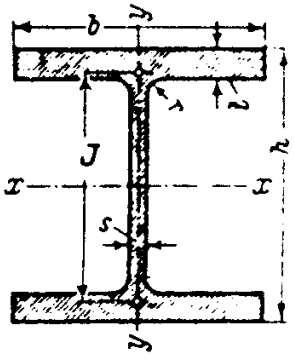


	ابعاد به میلی‌متر						A	G	U	x-x			y-y			Q	J
	h	b	s	t	r_1 bzw. r_2	r_3				I_x	S_x	r_x	I_y	S_y	r_y		
							cm^2	kg/m	m^2/m	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm
IPB																	
100	100	100	6	10	12	—	26,0	20,4	0,567	450	89,9	4,16	167	33,5	2,53	52,1	8,63
120	120	120	6,5	11	12	—	34,0	26,7	0,686	864	144	5,04	318	52,9	3,06	82,6	10,5
140	140	140	7	12	12	—	43,0	33,7	0,805	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	123	12,3
160	160	160	8	13	15	—	54,3	42,6	0,918	2490	311	6,78	889	111	4,05	177	14,1
180	180	180	8,5	14	15	—	65,3	51,2	1,04	3830	426	7,66	1360	151	4,57	241	15,9
200	200	200	9	15	18	—	78,1	61,3	1,15	5700	570	8,54	2000	200	5,07	321	17,7
220	220	220	9,5	16	18	—	91,0	71,5	1,27	8090	736	9,43	2840	258	5,59	414	19,6
240	240	240	10	17	21	—	106	83,2	1,38	11260	938	10,3	3920	327	6,08	527	21,4
260	260	260	10	17,5	24	—	118	93,0	1,50	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	641	23,3
280	280	280	10,5	18	24	—	131	103	1,62	19270	1380	12,1	6590	471	7,09	767	25,1
300	300	300	11	19	27	—	149	117	1,73	25170	1680	13,0	8560	571	7,58	934	26,9
320	320	300	11,5	20,5	27	—	161	127	1,77	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	1070	28,7
340	340	300	12	21,5	27	—	171	134	1,81	36660	2160	14,6	9690	646	7,53	1200	30,4
360	360	300	12,5	22,5	27	—	181	142	1,85	43190	2400	15,5	10140	676	7,49	1340	32,2
400	400	300	13,5	24	27	—	198	155	1,93	57680	2880	17,1	10820	721	7,40	1620	35,7
450	450	300	14	26	27	—	218	171	2,03	79890	3550	19,1	11720	781	7,33	1980	40,1
500	500	300	14,5	28	27	—	239	187	2,12	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	2410	44,5
550	550	300	15	29	27	—	254	199	2,22	136700	4970	23,2	13080	872	7,17	2800	48,9
600	600	300	15,5	30	27	—	270	212	2,32	171000	5700	25,2	13530	902	7,08	3210	53,2
650	650	300	16	31	27	—	286	225	2,42	210600	6480	27,1	13980	932	6,99	3650	57,5
700	700	300	17	32	27	—	306	241	2,52	256900	7340	29,0	14440	963	6,87	4160	61,7
800	800	300	17,5	33	30	—	334	262	2,71	359100	8980	32,8	14900	994	6,68	5110	70,2
900	900	300	18,5	35	30	—	371	291	2,91	494100	10980	36,5	15820	1050	6,53	6240	78,5
1000	1000	300	19	36	30	—	400	314	3,11	644700	12890	40,1	16280	1090	6,38	7430	86,8

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

نیمرخ بال‌پهن سنگین IPB_v

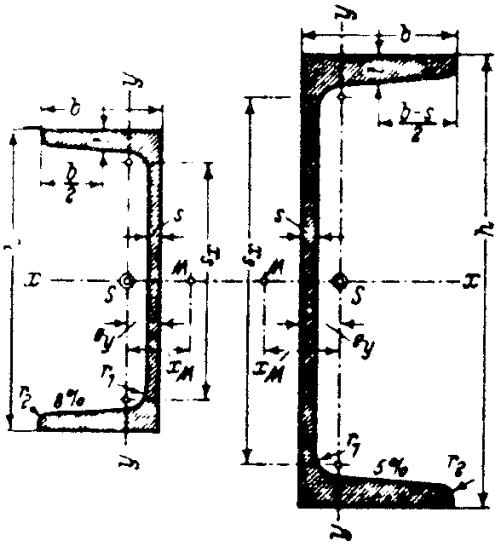
A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری



IPBv	ابعاد به‌میلی‌متر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	x-x S_x cm³	x-x r_x cm	y-y I_y cm⁴	y-y S_y cm³	y-y r_y cm	Q cm³	J cm
100	120	106	12	20	12	53,2	41,8	0,619	1140	190	4,63	399	75,3	2,74	118	9,69
120	140	126	12,5	21	12	66,4	52,1	0,738	2020	288	5,51	703	112	3,25	175	11,5
140	160	146	13	22	12	80,6	63,2	0,857	3290	411	6,39	1140	157	3,77	247	13,3
160	180	166	14	23	15	97,1	76,2	0,970	5100	566	7,25	1760	212	4,26	337	15,1
180	200	186	14,5	24	15	113	88,9	1,09	7480	748	8,13	2580	277	4,77	442	16,9
200	220	206	15	25	18	131	103	1,20	10640	967	9,00	3650	354	5,27	568	18,7
220	240	226	15,5	26	18	149	117	1,32	14600	1220	9,89	5010	444	5,79	710	20,6
240	270	248	18	32	21	200	157	1,46	24290	1800	11,0	8150	657	6,39	1060	22,9
260	290	268	18	32,5	24	220	172	1,57	31310	2160	11,9	10450	780	6,90	1260	24,8
280	310	288	18,5	33	24	240	189	1,69	39550	2550	12,8	13160	914	7,40	1480	26,7
300	340	310	21	39	27	303	238	1,82	59200	3480	14,0	19400	1250	8,00	2040	29,0
320/305	320	305	16	29	27	225	177	1,78	40950	2560	13,5	13740	901	7,81	1460	28,0
320	359	309	21	40	27	312	245	1,87	68130	3800	14,8	19710	1280	7,95	2220	30,7
340	377	309	21	40	27	316	248	1,90	76370	4050	15,6	19710	1280	7,90	2360	32,4
360	395	308	21	40	27	319	250	1,93	84870	4300	16,3	19520	1270	7,83	2490	34,0
400	432	307	21	40	27	326	256	2,00	104100	4820	17,9	19340	1260	7,70	2790	37,4
450	478	307	21	40	27	335	263	2,10	131500	5500	19,8	19340	1260	7,59	3170	41,5
500	524	306	21	40	27	344	270	2,18	161900	6180	21,7	19150	1250	7,46	3550	45,7
550	572	306	21	40	27	354	278	2,28	198000	6920	23,6	19160	1250	7,35	3970	49,9
600	620	305	21	40	27	364	285	2,37	237400	7660	25,6	18980	1240	7,22	4390	54,1
650	668	305	21	40	27	374	293	2,47	281700	8430	27,5	18980	1240	7,13	4830	58,3
700	716	304	21	40	27	383	301	2,56	329300	9200	29,3	18800	1240	7,01	5270	62,5
800	814	303	21	40	30	404	317	2,75	442600	10870	33,1	18630	1230	6,79	6240	70,9
900	910	302	21	40	30	424	333	2,93	570400	12540	36,7	18450	1220	6,60	7220	79,0
1000	1008	302	21	40	30	444	349	3,13	722300	14330	40,3	18460	1220	6,45	8280	87,2

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

نیمرخ ناودانی UNP



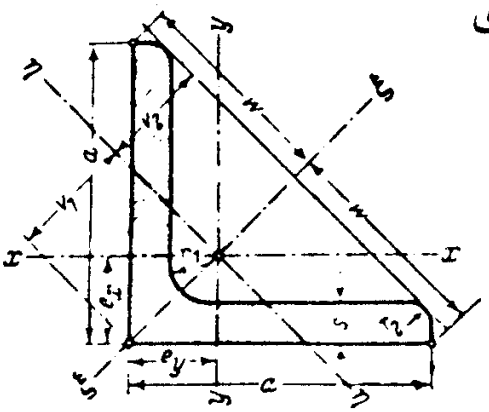
t ≤ 300 t > 300

A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی
J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری
x_M= محل مرکز برش

	ابعاد به میلیمتر					A	G	U	x-x			y-y			Q	J	e_y	x_M
t	h	b	s	$t=r_1$	r_2	cm²	kg/m	m²/m	I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	cm³	cm	cm	cm
30 × 15	30	15	4	4,5	2	2,21	1,74	0,103	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	—	—	0,52	0,74
30	30	33	5	7	3,5	5,44	4,27	0,174	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	—	—	1,31	2,22
40 × 20	40	20	5	5,5*)	2,5	3,66	2,87	0,142	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	—	—	0,67	1,01
40	40	35	5	7	3,5	6,21	4,87	0,199	14,1	7,06	1,50	6,68	3,08	1,04	—	—	1,33	2,32
50 × 25	50	25	5	6	3	4,92	3,86	0,181	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	—	—	0,81	1,34
50	50	38	5	7	3,5	7,12	5,59	0,232	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	—	—	1,37	2,47
60	60	30	6	6	3	6,46	5,07	0,215	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	—	—	0,91	1,50
65	65	42	5,5	7,5	4	9,03	7,09	0,273	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	—	—	1,42	2,60
80	80	45	6	8	4	11,0	8,64	0,312	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	15,9	6,65	1,45	2,67
100	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,6	0,372	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	24,5	8,42	1,55	2,93
120	120	55	7	9	4,5	17,0	13,4	0,434	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	36,3	10,0	1,60	3,03
140	140	60	7	10	5	20,4	16,0	0,489	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	51,4	11,8	1,75	3,37
160	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	18,8	0,546	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	68,8	13,3	1,84	3,56
180	180	70	8	11	5,5	28,0	22,0	0,611	1350	150	6,96	114	22,4	2,02	89,6	15,1	1,92	3,75
200	200	75	8,5	11,5	6	32,2	25,3	0,661	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	114	16,8	2,01	3,94
220	220	80	9	12,5	6,5	37,4	29,4	0,718	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	146	18,5	2,14	4,20
240	240	85	9,5	13	6,5	42,3	33,2	0,775	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	179	20,1	2,23	4,39
260	260	90	10	14	7	48,3	37,9	0,834	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	221	21,8	2,36	4,66
280	280	95	10	15	7,5	53,3	41,8	0,890	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	266	23,6	2,53	5,02
300	300	100	10	16	8	58,8	46,2	0,960	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	316	25,4	2,70	5,41
320	320	100	14	17,5	8,75	75,8	59,5	0,982	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	413	26,3	2,60	4,82
350	350	100	14	16	8	77,3	60,6	1,047	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	459	28,6	2,40	4,45
380	380	102	13,5	16	8	80,4	63,1	1,110	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	507	31,1	2,38	4,58
400	400	110	14	18	9	91,5	71,8	1,182	20350	1020	14,9	846	102	3,04	618	32,9	2,66	5,11

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

نیمرخ نبشی با بال‌های مساوی



A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
محور η-η محور اصلی حداقل نیمرخ است

L	ابعاد به‌میلی‌متر a	s	r_1	r_2	A cm²	G kg/m	U m²/m	$e_x = e_y$ cm	w cm	v_1 cm	v_2 cm	$x-x=y-y$ $I_x = I_y$ cm⁴	$S_x = S_y$ cm³	$r_x = r_y$ cm	$\xi-\xi$ I_ξ cm⁴	r_ξ cm	$\eta-\eta$ I_η cm⁴	S_η cm³	$r_\eta = r_{min}$ cm
20 × 3	20	3	3,5	2	1,12	0,88	0,077	0,60	1,41	0,85	0,70	0,39	0,28	0,59	0,62	0,74	0,15	0,18	0,37
4		4			1,45	1,14		0,64		0,90	0,71	0,48	0,35	0,58	0,77	0,73	0,19	0,21	0,36
25 × 3	25	3	3,5	2	1,42	1,12	0,097	0,73	1,77	1,03	0,87	0,79	0,45	0,75	1,27	0,95	0,31	0,30	0,47
4		4			1,85	1,45		0,76		1,08	0,89	1,01	0,58	0,74	1,61	0,93	0,40	0,37	0,47
5		5			2,26	1,77		0,80		1,13	0,91	1,18	0,69	0,72	1,87	0,91	0,50	0,44	0,47
30 3	30	3	5	2,5	1,74	1,36	0,116	0,84	2,12	1,18	1,04	1,41	0,65	0,90	2,24	1,14	0,57	0,48	0,57
4		4			2,27	1,78		0,89		1,24	1,05	1,81	0,86	0,89	2,85	1,12	0,76	0,61	0,58
5		5			2,78	2,18		0,92		1,30	1,07	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,91	0,70	0,57
35 3	35	3	5	2,5	2,04	1,60	0,136	0,96	2,47	1,36	1,23	2,29	0,90	1,06	3,63	1,34	0,95	0,70	0,68
4		4			2,67	2,10		1,00		1,41	1,24	2,96	1,18	1,05	4,68	1,33	1,24	0,88	0,68
5		5			3,25	2,57		1,04		1,47	1,25	3,56	1,45	1,04	5,63	1,31	1,49	1,10	0,67
6		6			3,87	3,04		1,08		1,53	1,27	4,14	1,71	1,04	6,50	1,30	1,77	1,16	0,68
40 3	40	3	6	3	2,35	1,84	0,155	1,07	2,83	1,52	1,40	3,45	1,18	1,21	5,45	1,52	1,44	0,95	0,78
4		4			3,08	2,42		1,12		1,58	1,40	4,48	1,56	1,21	7,09	1,52	1,86	1,18	0,78
5		5			3,79	2,97		1,16		1,64	1,42	5,43	1,91	1,20	8,64	1,51	2,22	1,35	0,77
6		6			4,48	3,52		1,20		1,70	1,43	6,33	2,26	1,19	9,98	1,49	2,67	1,57	0,77
45 4	45	4	7	3,5	3,49	2,74	0,174	1,23	3,18	1,75	1,57	6,43	1,97	1,36	10,2	1,71	2,68	1,53	0,88
5		5			4,30	3,38		1,28		1,81	1,58	7,83	2,43	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87
6		6			5,09	4,00		1,32		1,87	1,59	9,16	2,88	1,34	14,5	1,69	3,83	2,05	0,87
7		7			5,86	4,60		1,36		1,92	1,61	10,4	3,31	1,33	16,4	1,67	4,39	2,29	0,87
50 4	50	4	7	3,5	3,89	3,06	0,194	1,36	3,54	1,92	1,75	8,97	2,46	1,52	14,2	1,91	3,73	1,94	0,98
5		5			4,80	3,77		1,40		1,98	1,76	11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,59	2,32	0,98
6		6			5,69	4,47		1,45		2,04	1,77	12,8	3,61	1,50	20,4	1,89	5,24	2,57	0,96
7		7			6,56	5,15		1,49		2,11	1,78	14,6	4,15	1,49	23,1	1,88	6,02	2,85	0,96
8		8			7,41	5,82		1,52		2,16	1,80	16,3	4,68	1,48	25,7	1,86	6,87	3,19	0,96
9		9			8,24	6,47		1,56		2,21	1,82	17,9	5,20	1,47	28,1	1,85	7,67	3,47	0,97
55 5	55	5	8	4	5,32	4,18	0,213	1,52	3,89	2,15	1,93	14,7	3,70	1,66	23,3	2,09	6,11	2,84	1,07
6		6			6,31	4,95		1,56		2,21	1,94	17,3	4,40	1,66	27,4	2,08	7,24	3,28	1,07
8		8			8,23	6,46		1,64		2,32	1,97	22,1	5,72	1,64	34,8	2,06	9,35	4,03	1,07
10		10			10,1	7,90		1,72		2,43	2,00	26,3	6,97	1,62	41,4	2,02	11,3	4,65	1,06
60 5	60	5	8	4	5,82	4,57	0,233	1,64	4,24	2,32	2,11	19,4	4,45	1,82	30,7	2,30	8,03	3,46	1,17
6		6			6,91	5,42		1,69		2,39	2,11	22,8	5,29	1,82	36,1	2,29	9,43	3,95	1,17
8		8			9,03	7,09		1,77		2,50	2,14	29,1	6,88	1,80	46,1	2,26	12,1	4,84	1,16
10		10			11,1	8,69		1,85		2,62	2,17	34,9	8,41	1,78	55,1	2,23	14,6	5,57	1,15
65 × 6	65	6	9	4,5	7,53	5,91	0,252	1,80	4,60	2,55	2,28	29,2	6,21	1,97	46,3	2,48	12,1	4,74	1,27
7		7			8,70	6,83		1,85		2,62	2,29	33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26
8		8			9,85	7,73		1,89		2,67	2,31	37,5	8,13	1,95	59,4	2,46	15,6	5,84	1,26
9		9			11,0	8,62		1,93		2,73	2,32	41,3	9,04	1,94	65,4	2,44	17,2	6,30	1,25
11		11			13,2	10,3		2,00		2,83	2,36	48,8	10,8	1,91	76,8	2,42	20,7	7,31	1,25

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

L	a	s	r_1	r_2	F cm²	G kg/m	U m²/m	e cm	w cm	v_1 cm	v_2 cm	$x-x=y-y$ $I_x=I_y$ cm⁴	$S_x=S_y$ cm³	$r_x=r_y$ cm	$\xi-\xi$ I_ξ cm⁴	r_ξ cm	$\eta_1-\eta$ I_η cm⁴	S_η cm³	$r_\eta=r_1$ (min) cm
6		6			8,13	6,38		1,93		2,73	2,46	36,9	7,27	2,13	58,5	2,68	15,3	5,60	1,37
7		7			9,40	7,38		1,97		2,79	2,47	42,4	8,43	2,12	67,1	2,67	17,6	6,31	1,37
70× 9	70	9	9	4,5	11,9	9,34	0,272	2,05	4,95	2,90	2,50	52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36
11		11			14,3	11,2		2,13		3,01	2,53	61,8	12,7	2,08	97,6	2,61	26,0	8,64	1,35
6		6			8,75	6,87		2,04		2,89	2,63	45,6	8,35	2,28	72,2	2,87	18,9	6,54	1,47
7		7			10,1	7,94		2,09		2,95	2,63	52,4	9,67	2,28	83,6	2,88	21,1	7,15	1,45
75× 8	75	8	10	5	11,5	9,03	0,291	2,13	5,30	3,01	2,65	58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46
10		10			14,1	11,1		2,21		3,12	2,68	71,4	13,5	2,25	113	2,83	29,8	9,55	1,45
12		12			16,7	13,1		2,29		3,24	2,71	82,4	15,8	2,22	130	2,79	34,7	10,7	1,44
7		7			10,8	8,49		2,21		3,13	2,82	64,2	11,1	2,44	102	3,07	26,5	8,48	1,57
8		8			12,3	9,66		2,26		3,20	2,82	72,3	12,6	2,42	115	3,06	29,6	9,25	1,55
80× 10	80	10	10	5	15,1	11,9	0,311	2,34	5,66	3,31	2,85	87,5	15,5	2,41	139	3,03	35,9	10,9	1,54
12		12			17,9	14,1		2,41		3,41	2,89	102	18,2	2,39	161	3,00	43,0	12,6	1,53
14		14			20,6	16,1		2,48		3,51	2,93	115	20,8	2,36	181	2,96	48,6	13,9	1,54
8		8			13,9	10,9		2,50		3,53	3,17	104	16,1	2,74	166	3,45	43,1	12,2	1,76
9		9			15,5	12,2		2,54		3,59	3,18	116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76
90× 11	90	11	11	5,5	18,7	14,7	0,351	2,62	6,36	3,70	3,21	138	21,6	2,72	218	3,41	57,1	15,4	1,75
13		13			21,8	17,1		2,70		3,81	3,24	158	25,1	2,69	250	3,39	65,9	17,3	1,74
16		16			26,4	20,7		2,81		3,97	3,29	186	30,1	2,66	294	3,34	79,1	19,9	1,73
8		8			15,5	12,2		2,74		3,87	3,52	145	19,9	3,06	230	3,85	59,9	15,5	1,96
10		10			19,2	15,1		2,82		3,99	3,54	177	24,7	3,04	280	3,82	73,3	18,4	1,95
100× 12	100	12	12	6	22,7	17,8	0,390	2,90	7,07	4,10	3,57	207	29,2	3,02	328	3,80	86,2	21,8	1,95
14		14			26,2	20,6		2,98		4,21	3,60	235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94
16		16			29,6	23,2		3,06		4,32	3,63	262	37,7	2,97	413	3,74	111	25,6	1,93
20		20			36,2	28,4		3,20		4,53	3,71	311	45,7	2,93	487	3,67	135	29,8	1,93
10		10			21,2	16,6		3,07		4,34	3,89	239	30,1	3,36	379	4,23	98,6	22,7	2,16
110× 12	110	12	12	6	25,1	19,7	0,430	3,15	7,78	4,45	3,93	280	35,7	3,34	444	4,21	116	26,1	2,15
14		14			29,0	22,8		3,21		4,54	3,98	319	41,0	3,32	505	4,18	133	29,3	2,14
11		11			25,4	19,9		3,36		4,75	4,24	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35
12		12			27,5	21,6		3,40		4,80	4,26	368	42,7	3,65	584	4,60	152	31,6	2,35
120× 13	120	13	13	6,5	29,7	23,3	0,469	3,44	8,49	4,86	4,27	394	46,0	3,64	625	4,59	162	33,3	2,34
15		15			33,9	26,6		3,51		4,96	4,31	446	52,5	3,63	705	4,56	186	37,5	2,34
12		12			30,0	23,6		3,64		5,15	4,60	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54
130× 14	130	14	14	7	34,7	27,2	0,508	3,72	9,19	5,26	4,63	540	58,2	3,94	857	4,97	223	42,4	2,53
16		16			39,3	30,9		3,80		5,37	4,66	605	65,8	3,92	959	4,94	251	46,7	2,52
140× 13	140	13	15	7,5	35,0	27,5	0,547	3,92	9,90	5,54	4,96	638	63,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74
15		15			40,0	31,4		4,00		5,66	4,99	723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73
12		12			34,8	27,3		4,12		5,83	5,29	737	67,7	4,60	1170	5,80	303	52,0	2,95
14		14			40,3	31,6		4,21		5,95	5,31	845	78,2	4,58	1340	5,77	347	58,3	2,94
150× 15	150	15	16	8	43,0	33,8	0,586	4,25	10,6	6,01	5,33	898	83,5	4,57	1430	5,76	370	61,6	2,93
16		16			45,7	35,9		4,29		6,07	5,34	949	88,7	4,56	1510	5,74	391	64,4	2,93
18		18			51,0	40,1		4,36		6,17	5,38	1050	99,3	4,54	1670	5,70	438	71,0	2,93
20		20			56,3	44,2		4,44		6,28	5,41	1150	109	4,51	1820	5,68	477	76,0	2,91
15		15			46,1	36,2		4,49		6,35	5,67	1100	95,6	4,88	1750	6,15	453	71,3	3,14
160× 17	160	17	17	8,5	51,8	40,7	0,625	4,57	11,3	6,46	5,70	1230	108	4,86	1950	6,13	506	78,3	3,13
19		19			57,5	45,1		4,65		6,58	5,73	1350	118	4,84	2140	6,10	558	84,8	3,12
16		16			55,4	43,5		5,02		7,11	6,39	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,50
18		18			61,9	48,6		5,10		7,22	6,41	1870	145	5,49	2970	6,93	753	106	3,49
180× 20	180	20	18	9	68,4	53,7	0,705	5,18	12,7	7,33	6,44	2040	160	5,47	3260	6,90	830	118	3,48
22		22			74,7	58,6		5,26		7,44	6,47	2210	174	5,44	3510	6,86	916	23	3,50
16		16			61,8	48,5		5,52		7,80	7,09	2340	162	6,15	3740	7,78	943	121	3,91
18		18			69,1	54,3		5,60		7,92	7,12	2600	181	6,13	4150	7,75	1050	33	3,90
200× 20	200	20	18	9	76,4	59,9	0,785	5,68	14,1	8,04	7,15	2850	199	6,11	4540	7,72	1160	44	3,89
24		24			90,6	71,1		5,84		8,26	7,21	3330	235	6,06	5280	7,64	1380	167	3,90
28		28			105	82,0		5,99		8,47	7,28	3780	270	6,02	5990	7,57	1580	86	3,89

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

اساس مقطع خمیری نیمرخ‌ها

نیمرخ IPB		نیمرخ IPE		نیمرخ INP	
نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$	نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$	نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$
100	104.2	100	39	100	40
120	165.2	120	60	120	63
140	246	140	88	140	95
160	354	160	123	160	136
180	482	180	166	180	186
200	642	200	220	200	250
220	828	220	286	220	324
240	1054	240	366	240	412
260	1282	270	484	260	514
280	1534	300	628	280	632
300	1868	330	804	300	762
320	2140	360	1020	320	914
340	2400	400	1308	340	1080
360	2680	450	1702	360	1276
400	3240	500	2200	380	1482
450	3980	550	2780	400	1714
500	4820	600	3520	450	2400
550	5600			500	3240
600	6420			550	4240
650	7320			600	5460

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف NIAZIT CEILING

میلگرد و چهارسو

A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول



d mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	d mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	d mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	d mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m
5*	0,196	0,154	157	20,5	3,30	2,59	644	41	13,2	10,4	1290	75	44,2	34,7	2360
5,5	0,238	0,187	173	21	3,46	2,72	660	42	13,9	10,9	1320	76	45,4	35,6	2390
6*	0,283	0,222	188	21,5	3,63	2,85	675	43	14,5	11,4	1350	78	47,8	37,5	2450
6,5	0,332	0,260	204	22*	3,80	2,98	691	44	15,2	11,9	1380	80	50,3	39,5	2510
7*	0,385	0,302	220	22,5	3,98	3,12	707	45*	15,9	12,5	1410	83	54,1	42,5	2610
7,5	0,442	0,347	236	23	4,15	3,26	723	46	16,6	13,0	1450	85	56,7	44,5	2670
8*	0,503	0,395	251	23,5	4,34	3,40	738	47	17,3	13,6	1480	88	60,8	47,7	2760
8,5	0,567	0,445	267	24*	4,52	3,55	754	48	18,1	14,2	1510	90	63,6	49,9	2830
9	0,636	0,499	283	24,5	4,71	3,70	770	49	18,9	14,8	1540	95	70,9	55,6	2980
9,5	0,709	0,556	298	25	4,91	3,85	785	50*	19,6	15,4	1570	100	78,5	61,7	3140
0*	0,785	0,617	314	25,5	5,11	4,01	801	51	20,4	16,0	1600	105	86,6	68,0	3300
0,5	0,866	0,680	330	26*	5,31	4,17	817	52	21,2	16,7	1630	110	95,0	74,6	3460
1	0,950	0,746	346	26,5	5,52	4,33	833	53	22,1	17,3	1670	115	104	81,5	3610
1,5	1,04	0,815	361	27	5,73	4,49	848	54	22,9	18,0	1700	120	113	88,8	3770
2*	1,13	0,888	377	27,5	5,94	4,66	864	55	23,8	18,7	1730	125	123	96,3	3930
2,5	1,23	0,963	393	28*	6,16	4,83	880	56	24,6	19,3	1760	130	133	104	4080
3	1,33	1,04	408	28,5	6,38	5,01	895	57	25,5	20,0	1790	135	143	112	4240
3,5	1,43	1,12	424	29	6,61	5,19	911	58	26,4	20,7	1820	140	154	121	4400
4*	1,54	1,21	440	29,5	6,83	5 37	927	59	27,3	21,5	1850	145	165	130	4560
4,5	1,65	1,30	456	30*	7,07	5,55	942	60	28,3	22,2	1880	150	177	139	4710
5	1,77	1,39	471	31	7,55	5,92	974	62	30,2	23,7	1950	155	189	148	4870
5,5	1,89	1,48	487	31,5	7,79	6,12	990	63	31,2	24,5	1980	160	201	158	5030
6*	2,01	1,58	503	32*	8,04	6,31	1010	64	32,2	25,3	2010	165	214	168	5180
6,5	2,14	1,68	518	33	8,55	6,71	1040	65	33,2	26,0	2040	170	227	178	5340
7	2,27	1,78	534	34*	9,08	7,13	1070	66	34,2	26,8	2070	(175)	241	189	5500
7,5	2,41	1,89	550	35	9,62	7,55	1100	67	35,3	27,7	2100	180	254	200	5650
8*	2,54	2,00	565	36*	10,2	7,99	1130	68	36,3	28,5	2140	(185)	269	211	5810
8,5	2,69	2,11	581	37	10,8	8,44	1160	70	38,5	30,2	2200	190	284	223	5970
9	2,84	2,23	597	38*	11,3	8,90	1190					200	314	247	6280
9,5	2,99	2,34	613	39	11,9	9,38	1230	72	40,7	32,0	2260	210	346	272	6600
0*	3,14	2,47	628	40*	12,6	9,86	1260	73	41,9	32,9	2290	220	380	298	6910



a mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	a mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	a mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m	a mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m
6	0,360	0,283	240	21,5	4,62	3,63	860	38	14,4	11,3	1520	70	49,0	38,5	2800
7	0,490	0,385	280	22	4,84	3,80	880	40	16,0	12,6	1600	(73)	53,3	41,8	2920
8	0,640	0,502	320	23	5,29	4,15	920	42	17,6	13,8	1680	75	56,3	44,2	3000
9	0,810	0,636	360	24	5,76	4,52	960	43	18,5	14,5	1720	80	64,0	50,2	3200
10	1,00	0,785	400	25	6,25	4,91	1000	45	20,3	15,9	1800	(83)	68,9	54,1	3320
(11)	1,21	0,950	440	26	6,76	5,31	1040					85	72,3	56,7	3400
12	1,44	1,13	480	26,5	7,02	5,51	1060	47	22,1	17,3	1880	90	81,0	63,6	3600
13	1,69	1,33	520	28	7,84	6,15	1120	48	23,0	18,1	1920	(93)	86,5	67,9	3720
14	1,96	1,54	560	29	8,41	6,60	1160	50	25,0	19,6	2000	100	100	78,5	4000
15	2,25	1,77	600	30	9,00	7,07	1200	52	27,0	21,2	2080	(103)	106	83,3	4120
16	2,56	2,01	640	32	10,2	8,04	1280	55	30,3	23,7	2200	110	121	95,0	4400
17	2,89	2,27	680	(33)	10,9	8,55	1320	56	31,4	24,6	2240	120	144	113	4800
18	3,24	2,54	720	34	11,6	9,07	1360	(57)	32,5	25,5	2280	130	169	133	5200
19	3,61	2,83	760	35	12,3	9,62	1400	60	36,0	28,3	2400	140	196	154	5600
20	4,00	3,14	800	(36)	13,0	10,2	1440	63	39,7	31,2	2520	150	225	177	6000
21	4,41	3,46	840	37	13,7	10,7	1480	65	42,3	33,2	2600				

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

پیوست ۲

فرم‌های استاندارد

۱ ـ فرم دستورالعمل جوشکاری (W.P.S)

۲ ـ فرم گزارش آزمایش ارزیابی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال‌جوشکاران

۳ ـ فرم گزارش آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری

۴ ـ فرم گزارش آزمایش پرتونگاری

۵ ـ فرم گزارش آزمایش ذرات مغناطیسی

www.niazit-ceiling.com

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

دستورالعمل جوشکاری
(W.P.S)

شناسایی # _____

اصلاح _____ تاریخ _____ توسط _____

تأییدکننده _____ تاریخ _____

نام شرکت _____

روش جوشکاری _____ نوع ☐ دستی ☐ نیمه‌اتوماتیک ☐

شماره گزارش ارزیابی _____ ماشینی ☐ اتوماتیک ☐

نوع درز

نوع: یک‌رو ☐ دورو ☐

پشت‌بند: بله ☐ خیر ☐

مصالح پشت‌بند _____

بازشدگی ریشه _____ ضخامت ریشه _____

زاویهٔ شیار _____ شعاع (J-U) _____

شیارزنی پشت: بله ☐ خیر ☐ روش _____

فلز پایه

مشخصات فنی _____

نوع یا رده _____

ضخامت: شیاری _____ گوشه _____

قطر (لوله) _____

موقعیت

موقعیت جوش شیاری _____ گوشه _____

جوشکاری قائم: سربالا ☐ سرپایین ☐

خواص الکتریکی

نوع انتقال (GMAW):

مدار کوتاه ☐ قطره‌ای ☐ پاشیدنی ☐

جریان: AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ ضربه‌ای ☐

غیره _____

الکترود تنگستن (GTAW):

اندازه _____

نوع _____

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

تکنیک جوشکاری

زنجیری یا زیگزاگی _____

یک پاسه یا چندپاسه _____

تعداد الکترود _____

فواصل الکترود: طولی _____

عرضی _____

زاویه _____

فاصلهٔ تماس لوله با قطعه کار _____

کوبش _____

تمیزی میان پاس _____

مصالح پرکننده

مشخصات فنی AWS _____

رده طبق AWS _____

پوشش

نوع پودر _____ گاز _____

ترکیب _____

نوع روکش الکترود _____

پیش گرمایش

دمای پیش گرمایش، حداقل _____

دمای میان پاس، حداقل _____ حداکثر _____

عملیات پس گرمایش

درجه حرارت _____

زمان _____

دستورالعمل جوشکاری

| هندسهٔ درز | | |

گزارش آزمایش ارزیابی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال جوشکاران

نوع جوشکار _____

نام _____ شماره شناسنامه _____

شماره دستورالعمل جوشکاری _____ اصلاح _____ تاریخ _____

متغیرها	محدودهٔ ارزیابی	ثبت مقادیر واقعی مورد استفاده در ارزیابی
نوع / روش		
الکترود (تک یا چندگانه)		
جریان / قطبیت		
موقعیت		
موقعیت جوشکاری		
پشت‌بند (بله، خیر)		
نوع مصالح		
مصالح پایه		
ضخامت (ورق)		
ضخامت (لوله) شیاری		
ضخامت (لوله) گوشه		
قطر (لوله) شیاری		
قطر (لوله) گوشه		
مصالح پرکننده		
شماره مشخصه		
رده		
نوع گداز آور / گاز		
سایر موارد		

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

بازرسی عینی

بلی یا خیر، مورد تأیید

نتایج آزمایش خمش هدایت‌شده

نوع	نتیجه	نوع	نتیجه

نتایج آزمایش جوش گوشه

اندازهٔ جوش _____ **ظاهر جوش** _____

زخم _____ **آزمایش شکست نفوذ ریشه** _____

شرح مکان، نوع و اندازهٔ هرگونه ترک ایجاد شده در نمونهٔ آزمایشی

شمارهٔ آزمایش _____ **بازرسی به‌وسیلهٔ** _____

تاریخ _____ **مؤسسه** _____

نتایج آزمایش پرتونگاری

شمارهٔ فیلم	نتیجه	علامت	شمارهٔ فیلم	نتیجه	علامت

شماره آزمایش _____ **تأییدکننده** _____

تاریخ _____ **مؤسسه** _____

ما، امضاءکنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.

سازنده یا پیمانکار _____

حرفی به‌وسیلهٔ _____

تاریخ _____

نیازیت سقف NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

گزارش آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (مخرب)

آزمایش کششی

شماره‌نمونه	عرض	ضخامت	سطح	بار کششی‌نهایی (kg)	تنش حد نهایی kg/cm^2	نوع و موقعیت شکست

آزمایش خمش هدایت شده

شماره نمونه	نوع خمش	نتیجه	توضیحات

بازرسی چشمی

ظاهر جوش _____

بریدگی کناره _____

تخلخل حفره‌ای _____

تقعر _____

تاریخ آزمایش _____

گواهی‌کننده _____

آزمایش پرتونگاری ـ فراصوتی

شماره گزارش RT : _____ نتیجه _____

شماره گزارش UT : _____ نتیجه _____

نتایج آزمایش جوش گوشه

حداقل بعد چندپاسه زخم‌دار	حداکثر بعد تک‌پاسه زخم‌دار
۱. ____ ۳. ____	۱. ____ ۳. ____
۲. ____	۲. ____

آزمایش‌های دیگر

آزمایش کشش فلزجوش

مقاومت کششی (kg/cm^2) _____

مقاومت تسلیم (kg/cm^2) _____

افزایش طول در ۵۰ میلی‌متر، % _____

شماره آزمایش _____

نام جوشکار _____ شماره تأیید _____

تأیید آزمایش توسط _____ آزمایشگاه _____

شماره آزمایش _____

هر _____

ما، امضاءکنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.

سازنده یا پیمانکار _____

امضاء

معرفی به‌وسیلهٔ _____

عنوان _____

تاریخ _____

www.niazit-ceiling.com
نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING

گزارش آزمایش پرتونگاری

پروژه _____
ضوابط ارزیابی ـ شماره مقطع _____
گزارش به _____

محل و هندسهٔ جوش

تکنیک عکاسی _____
چشمه _____
فاصلهٔ چشمه تا فیلم _____
زمان تابش _____
صفحات _____
نوع فیلم _____

(شرح طول، عرض و ضخامت کلیهٔ درزهای پرتونگاری شده)

تاریخ	مشخصهٔ جوش	سطح	گزارش		اصلاح شده		توضیحات
			تأیید	مردود	تأیید	مردود	

ما، امضاءکنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.

پرتونگار _____ پیمانکار یا سازنده _____
گزارش _____ معرفی به‌وسیلهٔ _____
تاریخ آزمایش _____ تاریخ _____

نیازیت سقف
NIAZIT CEILING
www.niazit-ceiling.com

گزارش آزمایش ذرات مغناطیسی

پروژه _____

ضوابط ارزیابی ـ شماره مقطع _____

گزارش به _____

محل جوش و معرفی طرح جوش

مقدار: _____ کل جوش تأییدی _____ کل جوش مردودی: _____

تاریخ	مشخصهٔ جوش	سطح آزمایش		گزارش		اصلاح		توضیحات
		کامل	ویژه	تأیید	مردود	تأیید	مردود	

مقدمات آزمایش

آماده‌سازی سطحی: _____

تجهیزات

از صنایع: _____ مدل: _____ شماره مسلسل: _____

روش بازرسی

☐ خشک ☐ مرطوب ☐ مرئی ☐ فلورسنت

وضعیت محیط _____

☐ مانده ☐ پیوسته ☐ پیوسته کامل

☐ AC ☐ DC ☐ نیم‌موج

☐ یوغ ☐ کابل عایق‌دار ☐ سایر _____

جهت میدان: حلقوی طولی

مقاومت میدان: _____

آمپراژ. چگالی میدان. نیروی مغناطیسی. تعداد و تناوب نیروهای اعمالی

مؤخرات آزمایش

تکنیک تخریب (در صورت لزوم): _____

تمیر کردن: _____ روش علامت‌گذاری: _____

ما. امضاءکنندگان. صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی. جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل آیین‌نامه. تأیید می‌نماییم.

پرتونگار _____ پیمانکار یا سازنده _____

گزارش _____ معرفی به‌وسیلهٔ _____

تاریخ آزمایش _____ تاریخ _____

www.niazit-ceiling.com
NIAZIT CEILING



ISBN 964-6561-10-1

www.niazit-ceiling.com

نیازیت سقف
NIAZIT
CEILING