ن و شهرسازی
سکن و ساختمان

ی جوش
ت جوشی

نهای فولادی

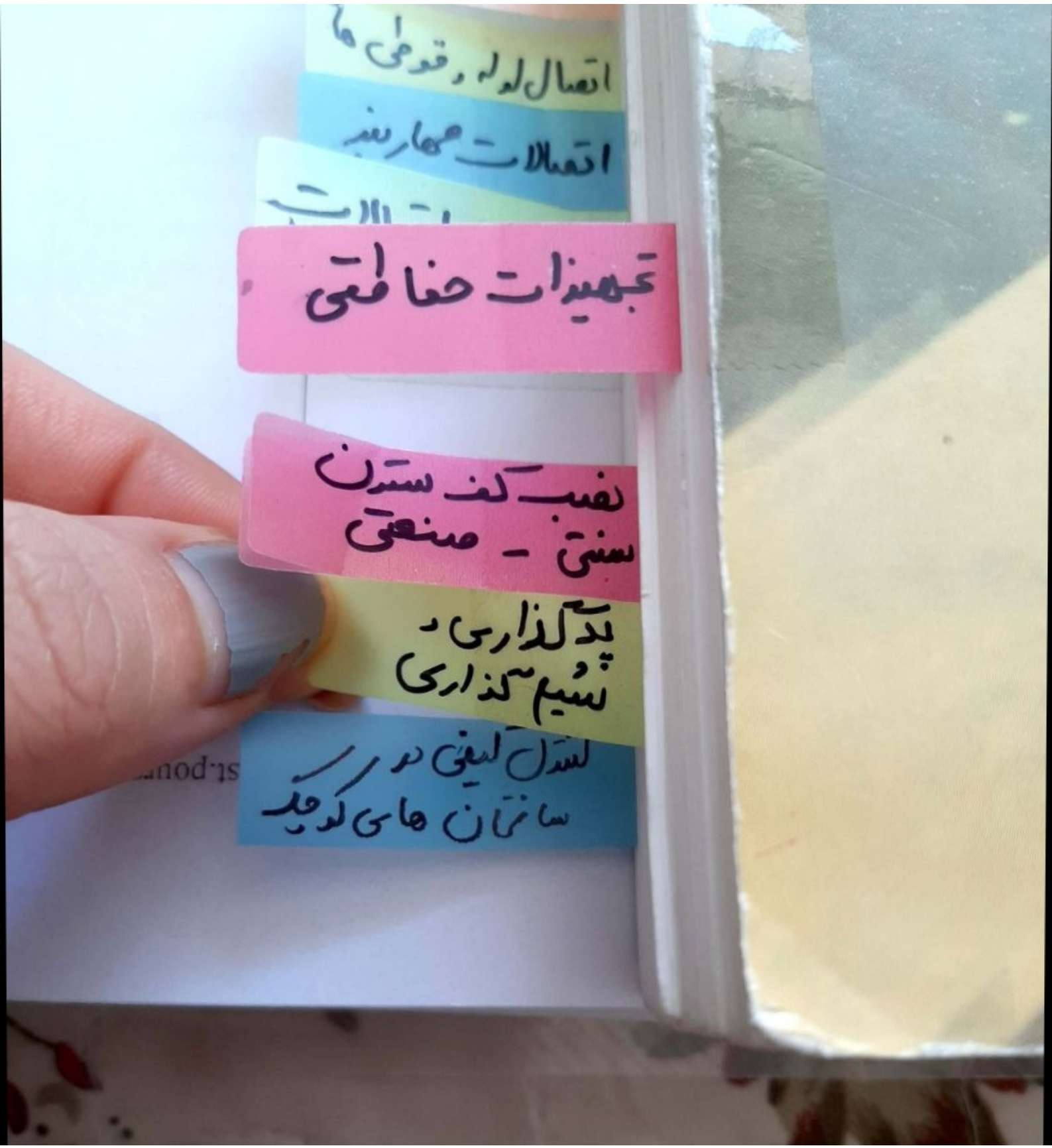
۱۳۹

کنترل قبل - حین.
بعد جوشکاری

۱. آزمایش ارزیابی
آزمایش خمشی
آزمایش کمی مغرب
مسایل اجرای
عملیات سرامیکاری
ساخت اعضاء
ریزش انتهای جوش
روش ساخت
ستون مرکب
موقعیت جوشکاری
ترمیم ورق مادر با ل ها
عملیات
تمیز کاری ورنگ
مقاومت زندگی آینده
ویژگی های مختلف
طراحی جوش
جوش گوشه
جوش شیاری
جوش اصلی - فرعی
طولی - عرضی
اتصال لوله و قوطی ها
اتصالات صفحه
طراحی اتصالات
تجهیزات حفاظتی
پذیرایی
تشیم گذاری

A104
A103
A202
A203

10/7/2019, 11:39 A


اتصال لوله و قوطی ها
اتصالات سه راهه
تجهیزات حفاظتی
نصب کف ستون
سنتی - صنعتی
پذیرایی و
پشیم گذاری
لوله کشی در
ساختمان های کوچک

۱ـ۱۳ وضعیت‌های جوشکاری

برحسب وضعیت قطعه مورد جوش و الکترود نسبت به‌هم چهار وضعیت جوشکاری وجود دارد:

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

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

وضعیت سربالا (با علامت 3F در جوش گوشه و 3G در جوش شیاری)؛

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

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

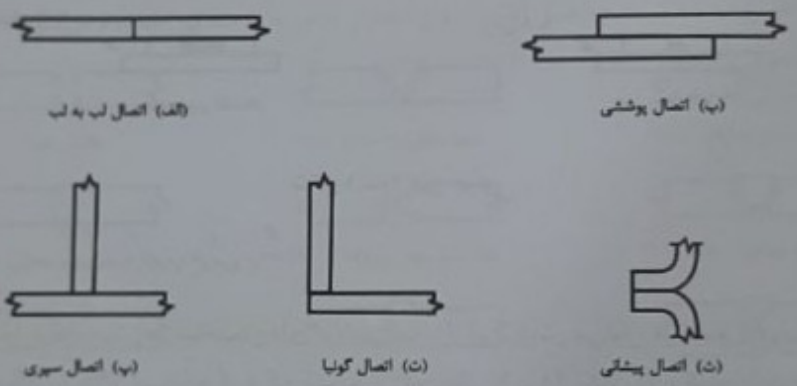
شکل ۱ـ۱۷ وضعیت‌های جوشکاری

۱ـ۱۴ اتصالات جوشی

برای برقراری اتصال، قطعات فلز پایه در حالات مختلفی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. به‌این حالات اتصال گفته می‌شود. انواع اتصالات جوشی به‌قرار ذیل می‌باشد:

الف) اتصال لب به‌لب
ب) اتصال پوششی (رویهم)
پ) اتصال سپری
ت) اتصال گونیا
ث) اتصال پیشانی

در شکل ۱ ـ ۱۹ انواع اتصالات جوشی نشان داده شده است.

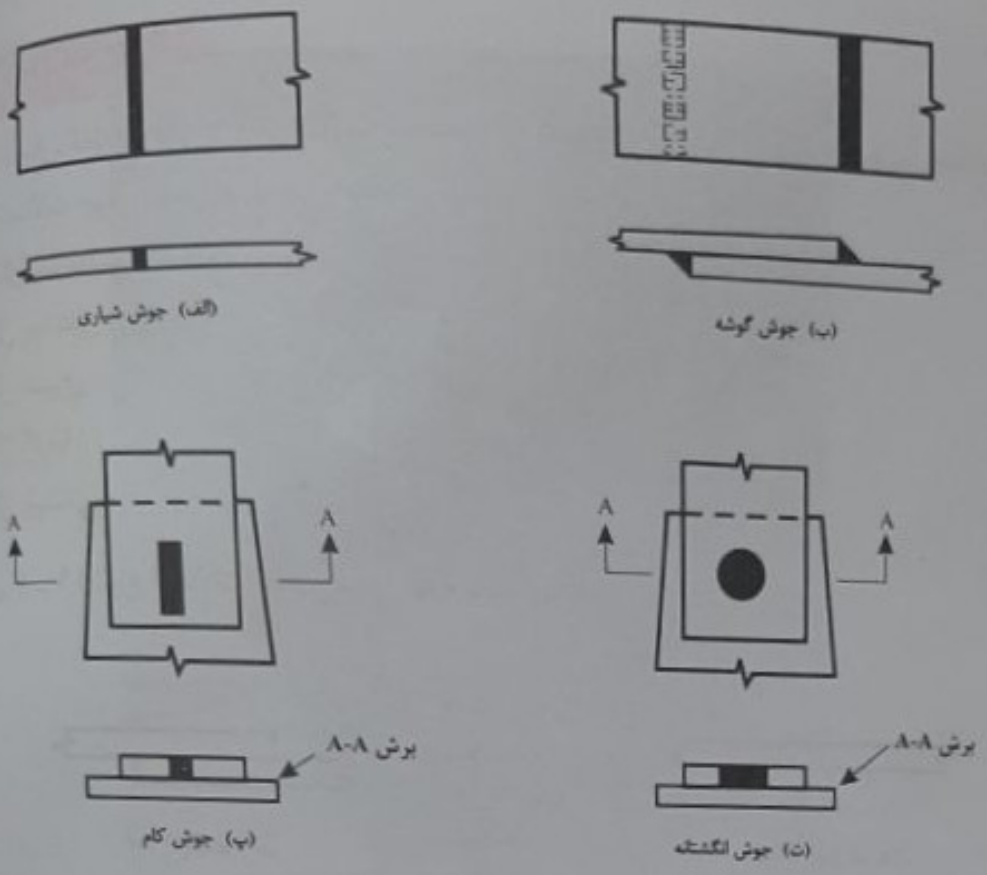


شکل ۱ ـ ۱۹ انواع اتصال جوشی.

۱ـ۱۵ انواع جوش

در شکل ۱ ـ ۲۰ انواع جوش نشان داده شده است که عبارتند از:

الف) جوش شیاری
ب) جوش گوشه
پ) جوش کام
ت) جوش انگشتانه

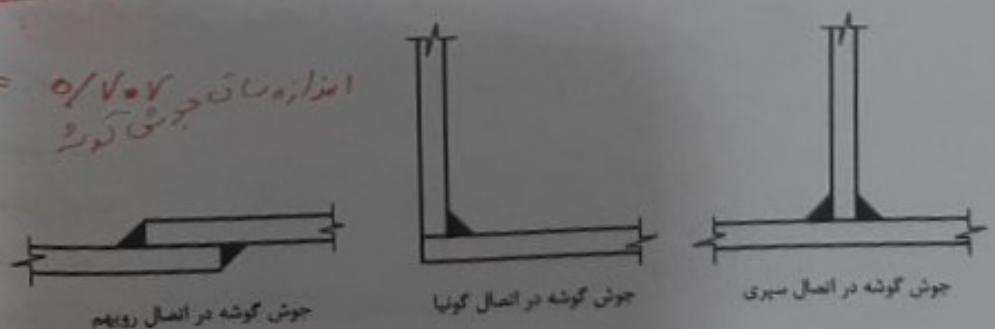


شکل ۱ـ ۲۰ انواع جوش.

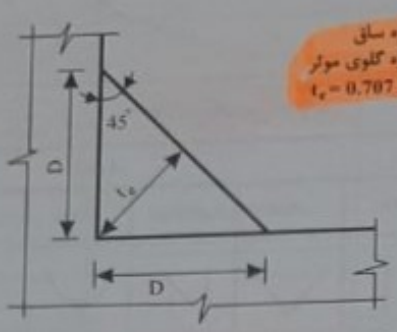
جوش گوشه

جوش گوشه متداول‌ترین جوش در ساختمان‌های فولادی است. از این جوش می‌توان در اتصال رویهم، اتصال سپری و اتصال گونیا از شکل ۱ ـ ۱۹ استفاده کرد که نتیجه آن در شکل ۱ ـ ۲۱ نشان داده شده است. در شکل ۱ ـ ۲۲ مشخصات هندسی جوش گوشه با دو ساق مساوی نشان داده شده است. در این شکل به‌اختلاف بین اندازه گلو و اندازه ساق توجه داشته باشید. اگر t_e اندازه گلو و D اندازه ساق جوش گوشه باشد، داریم:

$$t_e = 0.707D \qquad (۱ - ۱)$$



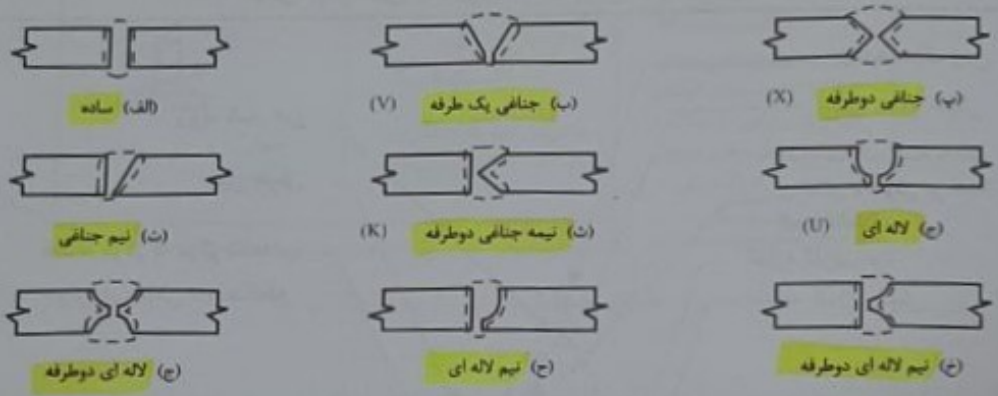
شکل ۱ـ ۲۱ انواع جوش گوشه در اتصالات مختلف.



شکل ۱ ـ ۲۲ هندسه نوارجوش گوشه با ساق‌های مساوی.

جوش شیاری

از جوش شیاری برای یکسره کردن تمام قدرت ورق‌ها و برقراری درز جوش‌های تمام‌قدرت استفاده می‌شود. برای انجام جوش شیاری در دو لبه مجاور هم، لازم است لبه‌های کار به‌منظور نفوذ کامل جوش آماده گردند. در شکل ۱ ـ ۲۳ انواع آماده‌سازی لبه‌ها ارایه شده است. در عمل اغلب از درز ساده و یا درزهای جناغی استفاده می‌شود.



شکل ۱ ـ ۲۳ انواع جوش شیاری.

۱ ـ ۱۶ علایم جوشکاری

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

نیاز به‌یک وسیله ساده و در عین حال دقیق برای برقراری تفاهم میان طراح و سازنده، به‌استفاده از علایم اختصاری که نمایشگر انواع جوش‌ها و اندازه آنهاست، رواج بخشیده است. علایم استانداردی که در شکل ۱ ـ ۲۴ به‌نمایش درآمده است، به‌خوبی هر دستورالعمل اختصاصی، مشخص‌کننده نوع، اندازه، طول و محل هر جوش می‌باشد.

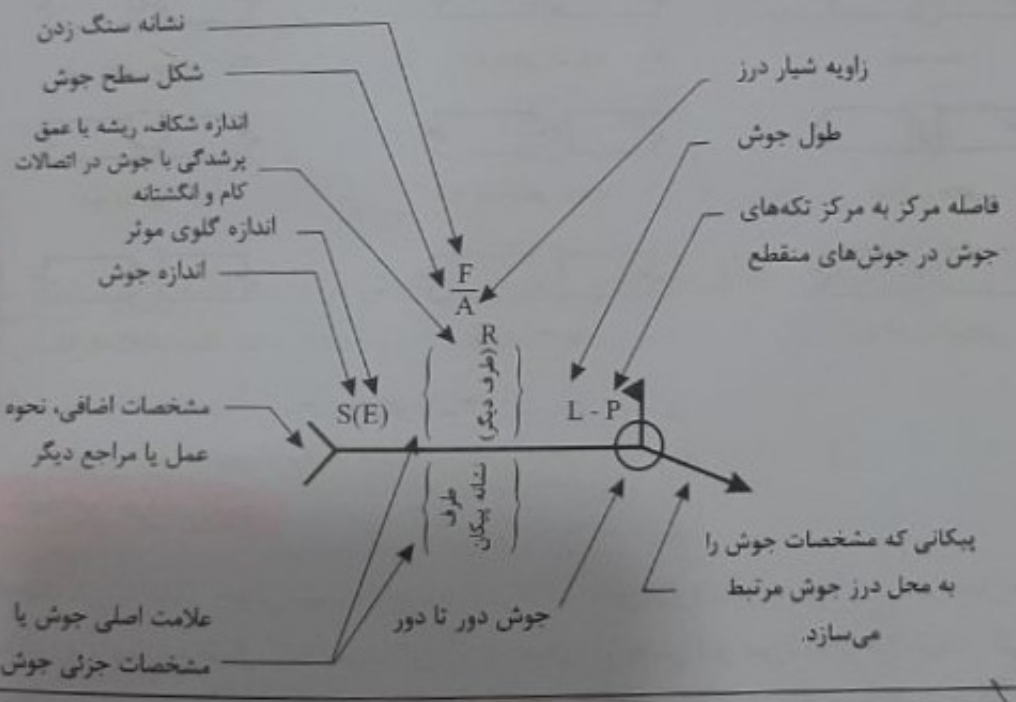
علایم اصلی جوش

شیاری								کام یا انگشتانه	گوشه	جوش پشت یا پشت بند
نیم جناغ گرد	جناغی گرد	نیم لاله ای	لاله ای	نیم جناغی	جناغی	ساده				
۱۲	۲۲	۲	۲	۷	۷	۱۱		▭	△	⌓

علایم تکمیلی جوش

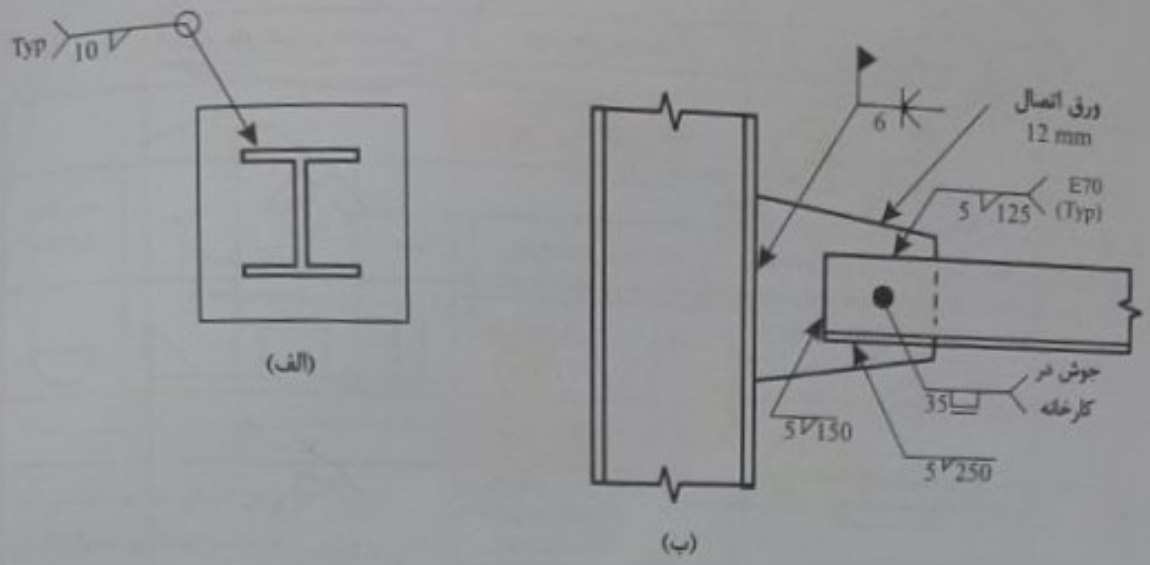
	جوش یکسره	شکل سطح جوش		جوش در محل (موقع نصب)	جوش دور تا دور	برای دیگر علایم اساسی به کتاب علایم قراردادی اتصالات در ساختمان‌های فلزی یا نشریات AWS مراجعه کنید
		محدب	تخت			
	▽	⌒	—	⚑	○	

محل قراردادی جاگیری علامت‌های جوشکاری



شکل ۱ ـ ۲۴ پیکان جوش.

اغلب اتصالاتی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، احتیاج به‌دستورالعمل خاصی ندارند و به‌ترتیبی که به‌طور نمونه در شکل ۱ ـ ۲۵ نمایش داده شده مشخص می‌گردند.



شکل ۱ ـ ۲۶ استفاده از علایم جوش.

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 ۱۷ کاربرد انواع جوش در ساختمان

جوش گوشه بیشترین کاربرد را در ساختمان دارد. اغلب اتصالات شامل اتصالات نبشی‌ها، مهاربندها، ورق‌های مهاربندی توسط جوش گوشه انجام می‌شود.

اصولاً جوش گوشه باید طوری آرایش داده شود که تحت تنش برشی قرار داده شود. جوش گوشه نباید تحت تنش‌های قائم قرار گیرد.

از جوش شیاری برای یکسره کردن ورق‌ها برای ساخت تیرورق‌ها و ستون‌های ورقی و همچنین در اتصالات صلب تیر به‌ستون برای اتصال ورق‌های زیرسری و روسری به‌ستون استفاده می‌شود.

از جوش‌های شیاری در مواقعی که جوش تحت تنش‌های قائم قرار دارد، استفاده می‌شود (شکل ۱ ـ ۲۷).

جدول ۱ ـ ۳ حداقل دمای پیش‌گرمایش و دمای پاس‌های میانی طبق AWS

نوع جوشکاری		
جوشکاری با الکترودهای کم‌هیدروژن	جوشکاری با الکترودهای غیر کم‌هیدروژن	t (ضخامت) (mm)
لازم نیست [۲]	لازم نیست [۳]	≤۲۰
۲۰ درجه سلسیوس	۶۵ درجه سلسیوس	>۲۰ , ≤۴۰
۶۵ درجه سلسیوس	۱۰۵ درجه سلسیوس	>۴۰ , ≤۶۰
۱۰۵ درجه سلسیوس	۱۵۰ درجه سلسیوس	>۶۰

۱ ـ وقتی دمای محیط کمتر از (۱۵-) درجه سلسیوس باشد، جوشکاری نباید انجام شود.

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

۳ ـ وقتی که دمای فلز پایه کمتر از صفر باشد، با اعمال پیش‌گرمایش دمای آن باید به ۲۰ درجه سلسیوس برسد. جوشکاران باتجربه با لمس قطعه، دمایی در حد بدن را دمایی مناسب برای جوشکاری مناسب می‌دانند.

فصل

۲ وسایل و تجهیزات جوشکاری قوس الک

۲ـ۱ معرفی .....
۲ـ۲ قابلیت‌های جوشکاری قوس الکتریکی .....
۲ـ۳ اصول کلی .....
۲ـ۴ منابع انرژی جوشکاری .....
۲ـ۵ منحنی ولتاژ ـ شدت جریان .....
۲ـ۶ ماشین‌های مورد استفاده در جوشکاری دستی با الکترود روکش‌دار .....
۲ـ۷ کابل و وسایل اتصال .....
۲ـ۸ تجهیزات حفاظتی .....
۲ـ۹ ابزار تمیزکاری گل‌جوش .....
۲ـ۱۰ ابزار نگهداری الکترود .....
۲ـ۱۱ ابزار پیش‌گرمایش درز .....
۲ـ۱۲ ابزارهای اندازه‌گیری .....
۲ـ۱۳ ابزارهای نشانه‌گذاری .....
۲ـ۱۴ ابزار نصب .....
۲ـ۱۵ تجهیزات جوشکاری تحت حفاظت گاز .....
۲ـ۱۶ تجهیزات جوشکاری قوسی زیرپودری .....

قطبیت

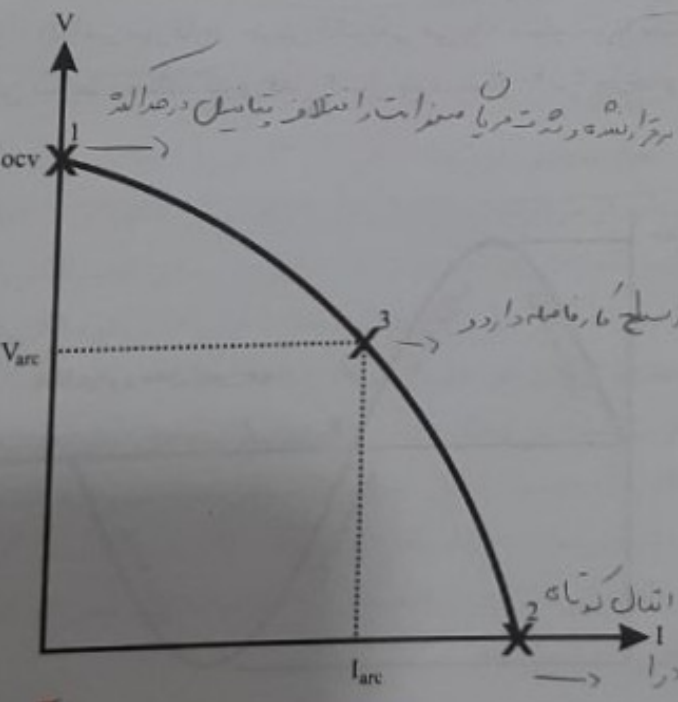
در جوشکاری با جریان یکسو، دو نوع قطبیت مستقیم (منفی) و یا معکوس (مثبت) مورد استفاده است. قطبیت (مستقیم یا معکوس) جهت جریان الکتریکی را در مدار جوشکاری نشان می‌دهد.

هنگامی که جوشکاری با قطبیت مستقیم (منفی) (DCSP یا DCEN) انجام می‌شود انبر الکترود به‌خروجی منفی و فلز پایه به‌خروجی مثبت وصل می‌گردد. در قطبیت مستقیم یا قطبیت منفی، مسیر جریان از قطب منفی منبع انرژی به‌سمت الکترود، سپس در طول قوس الکتریکی به سمت قطعه فلز پایه حرکت کرده و نهایتاً به‌قطب مثبت منبع انرژی باز می‌گردد.

در جوشکاری با قطبیت معکوس (مثبت) (DCRP یا DCEP)، 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.

اختلاف پتانسیل و شدت جریان (ولتاژ و آمپراژ)

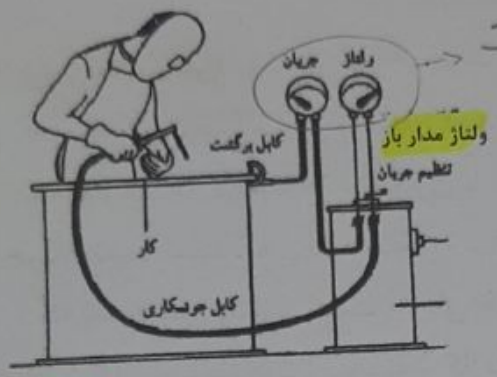
اگر در ذهن خود شدت جریان عبوری از سیم مدار را با جریان آب در یک لوله مقایسه نماییم، مفهوم کنترل و تنظیم جریان بهتر درک می‌شود. آمپراژ، مقدار یا دبی جریان است و مقدار حرارت تولیدشده در جوشکاری را معین می‌کند. ولتاژ در حکم اختلاف ارتفاع موجود برای رانش جریان در لوله است. ولتاژ قابلیت تشکیل و تداوم قوس الکتریکی را معین کرده و میزان پایداری، یا دوام آن را مشخص می‌کند. اگر ولتاژ زیاد باشد، طول قوس بلند بوده و ممکن است موجب انحراف قوس گردد. اگر میزان ولتاژ خیلی کم باشد، طول قوس خیلی کوچک بوده و برقراری قوس بسیار مشکل است.



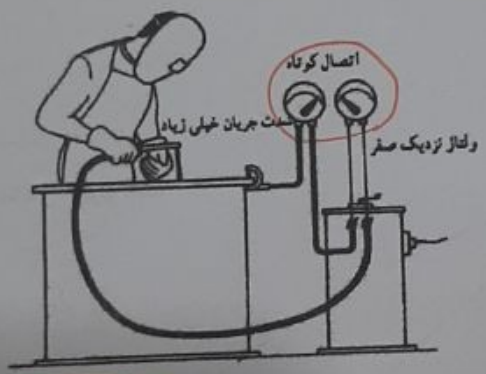
شکل ۲ ـ ۴ منحنی ولتاژ ـ آمپر (V.I).

۲ ـ ۵ منحنی ولتاژ ـ شدت جریان[۳]

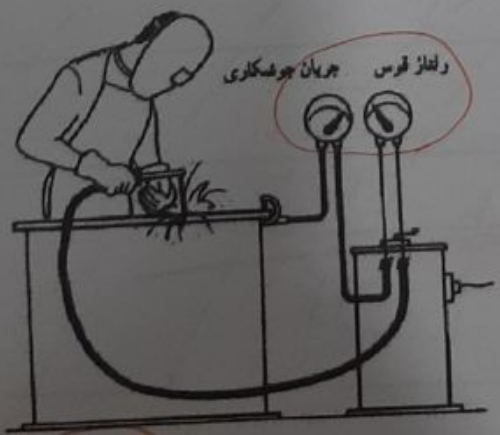
دستگاه‌های جوشکاری دارای مشخصه‌ای به‌نام ولتاژ ـ آمپر (V-I) می‌باشند. قبل از شروع به‌جوشکا
برقرار نشده و شدت جریان، صفر و اختلاف پتانسیل در حداکثر خود می‌باشد که به‌آن ولتاژ مدار باز
می‌شود (نقطه ۱ روی نمودار شکل ۲ ـ ۴ و شکل ۲ ـ ۵ ـ الف).



(الف) ولتاژ و آمپراژ در حالتی که مدار باز است

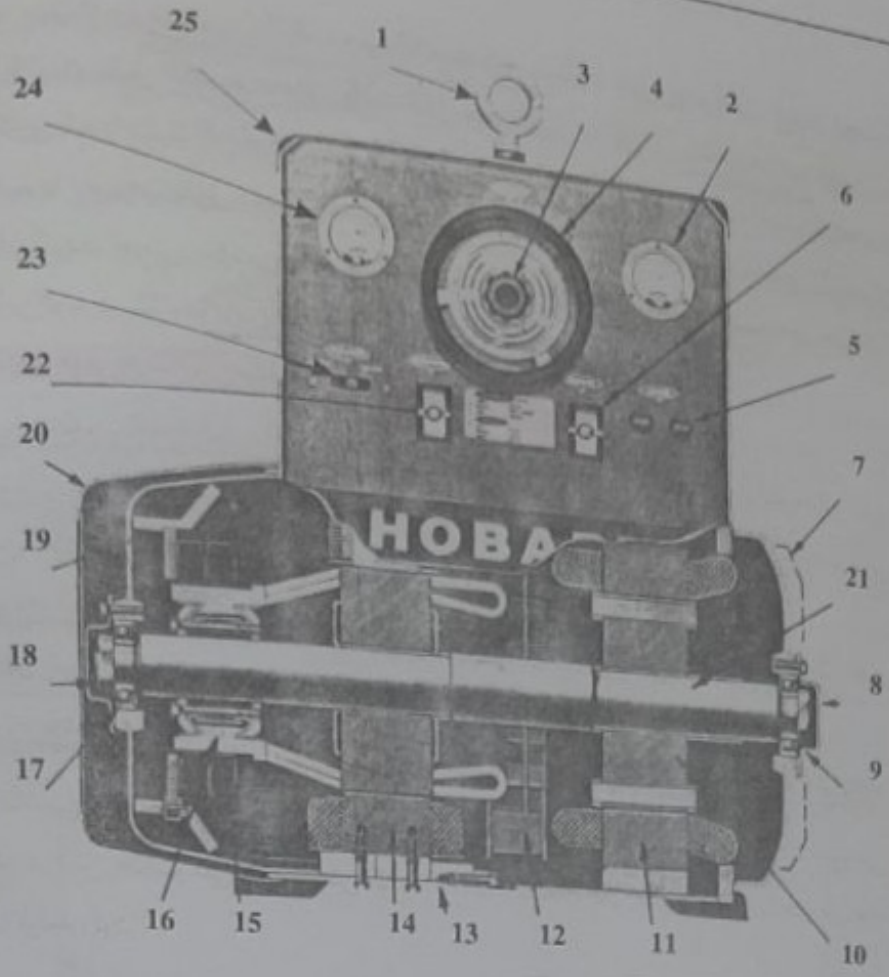


(ب) ولتاژ و آمپراژ در حالت اتصال کوتاه



(پ) ولتاژ و آمپراژ در حالت برقراری قوس

شکل ۲ ـ ۵ تغییرات شدت جریان و ولتاژ در جوشکاری قوسی.



قسمت‌های داخلی طبق شکل به‌شرح زیر است:

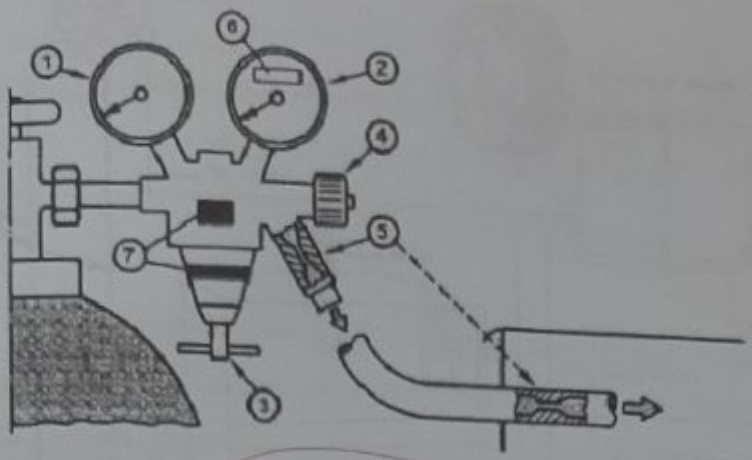
۱. قلاب فلزی بزرگ و محکم
۲. ولت‌سنج بزرگ جریان
۳. تنظیم ریز شدت جریان
۴. تنظیم در شدت جریان
۵. کلید خاموش ـ روشن
۶. اتصال‌دهنده کابل‌های زمین
۷. حفاظ فلزی
۸. درپوش یاتاقان
۹. یاتاقان
۱۰. محفظه مسی روتور
۱۱. موتور سه فاز
۱۲. پروانه فلزی خنک‌کن
۱۳. قاب فلزی
۱۴. مولد جریان
۱۵. جاروبک گرافیتی ـ فلزی
۱۶.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

شکل ۲ ـ ۷ موتور ـ مولد برقی (دینام).

موتور ـ مولدهای برقی (دینام‌ها)، شامل یک موتور با جریان متناوب سه فاز، یک مولد جریان یکسو یا متناوب و یک مولد میدان مغناطیسی مستقر بر روی یک شفت می‌باشند. جریان متناوب سه فاز، موتور الکتریکی را به‌کار انداخته و این موتور مولدی را به‌کار می‌اندازد که جریان لازم برای جوشکاری را تولید می‌کند. این قسمت‌ها در شکل ۲ ـ ۸ نشان داده شده است.

در بعضی از کارهای ساختمانی و کارهای تعمیری استفاده از منبع انرژی الکتریکی مقرون به‌صرفه نبوده، همچنین در بعضی موارد انرژی الکتریکی قابل دسترسی نیست. بنابراین استفاده از موتورهای بنزینی و دیزلی به‌عنوان

و ص ۷۲



شکل ۲ ـ ۳۳ انواع رگلاتورهای گاز محافظ با نمایشگر نوع گاز.

معمولاً در کاربردهای کارگاهی که منبع انرژی الکتریکی در دسترس قرار دارد، ترانسفورماتور ـ رکتیفایر ترجیح داده می‌شود، در حالی که از موتور ـ ژنراتور در کاربردهایی استفاده می‌شود که منبع الکتریکی در دسترس نمی‌باشد. با افزایش کاربردهای GMAW، این نکته روشن شده که ماشین‌های ولتاژ ثابت دارای عملکرد بهتری، مخصوصاً در مورد مواد آهنی می‌باشند.

استفاده از منبع تغذیه ولتاژ ثابت، به‌همراه یک تغذیه سیم جوش سرعت ثابت باعث ایجاد ولتاژ ثابت در طول جوشکاری می‌شود. دلیل اصلی انتخاب منابع ولتاژ ثابت، به‌علت خودکار بودن تنظیم طول قوس در سیستم می‌باشد.

۲ ـ ۱۶ تجهیزات جوشکاری قوسی زیرپودری

تجهیزات مورد نیاز در روش جوشکاری قوس زیرپودری عبارتند از:

۱ ـ منبع نیرو؛
۲ ـ سیستم تغذیه الکترود؛
۳ ـ سیستم توزیع پودر؛
۴ ـ سیستم تنظیم حرکت؛
۵ ـ سیستم کنترل فرآیند.

سیستم بازیابی پودر ذوب‌نشده نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از تجهیزات جانبی مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۲ ـ ۳۴).

۲ ـ ۱۶ ـ ۱ منبع تغذیه

منبع تغذیه مورد استفاده در جوشکاری قوسی زیرپودری، نقش مهمی را ایفا می‌کند. انواع مختلفی از منابع تغذیه

فصل

۳ الکترود

۳ـ۱ معرفی ۷۹
۳ـ۲ تعاریف عمومی ۷۹
۳ـ۳ الکترود روکش‌دار ۸۰
۳ـ۴ روکش الکترود ۸۰
۳ـ۵ طبقه‌بندی و شماره‌گذاری الکترودها طبق AWS ۸۵
۳ـ۶ انتخاب نوع و قطر الکترود ۸۷
۳ـ۷ مشخصه‌های کاربردی الکترودها ۸
۳ـ۸ فلز پایه ۱۰
۳ـ۹ جریان جوشکاری ۱۰
۳ـ۱۰ ضخامت و شکل فلزات مورد جوشکاری ۰
۳ـ۱۱ وضعیت جوشکاری ۱
۳ـ۱۲ معرفی الکترودهای متعارف و کاربرد آنها ۱
۳ـ۱۳ نگهداری الکترودهای روکش‌دار ۵
۳ـ۱۴ خشک‌کن الکترود ۸
۳ـ۱۵ بسته‌بندی الکترودها ۸
۳ـ۱۶ ضوابط بازرسی ظاهری الکترودها .....

الکترود در جوشکاری ورق‌ها ص ۲۴۱

الکترود پارچی ص ۱۰۰

الکترود روکش دار برای مقدمات نرم ص ۴۲

الکترود در جوشکاری لوله‌های گاز ۱۷ م ص ۳۶

* خصوصیات جوشکاری با الکترود فولاد نرم ص ۸۴

* الکترود در دیوش دار محیط پنجم ص ۱۵۰

جدول ۳ـ۲ خصوصیات جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه

	نوع روکش	وضعیت جوشکاری	نوع جریان	نفوذ	سرعت حرکت	ظاهر نوارجوش	پاشیدگی	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	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP	عمیق	متوسط	موجدار و تخت	متوسط	تقریباً آسان	۴۳۴۰	۳۵۰۰	٪۲۲
E6011	پرسلولز ـ پتاسیمی	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	عمیق	متوسط	موجدار و تخت	متوسط	تقریباً آسان	۴۳۴۰	۳۵۰۰	٪۲۲
E6012	روتیلی* ـ سدیمی	تمام‌وضعیت‌ها	DCSP, a.c.	متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	آسان	۴۶۹۰	۳۸۵۰	٪۱۷
E6013	روتیلی ـ پتاسیمی	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	کم	خوب	صاف و تخت تا محدب	کم	آسان	۴۶۹۰	۳۸۵۰	٪۱۷
E7014	روتیلی ـ پودر آهن	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	متوسط	زیاد	صاف و تخت تا محدب	کم	آسان	۴۹۰۰	۴۲۰۰	٪۱۷
E7015	کم‌هیدروژن سدیمی	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	تقریباً آسان	۴۹۰۰	۴۲۰۰	٪۲۲
E7016	کم‌هیدروژن پتاسیمی	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	خیلی آسان	۴۹۰۰	۴۲۰۰	٪۲۲
E6020	اکسید آهن	تخت ـ افقی	تخت: d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	عمیق	زیاد	صاف و تخت تا مقعر	کم	خیلی آسان	۴۳۴۰	۳۵۰۰	٪۲۵
E7024	روتیل ـ پودر آهن	تخت ـ افقی	DCSP, DCRP, a.c.	کم	خیلی‌زیاد	صاف و کمی محدب	کم	آسان	۵۰۴۰	۴۲۰۰	٪۱۷
E6027	پودر آهن ـ اکسید آهن	تخت ـ افقی	تخت: d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	متوسط	خیلی‌زیاد	تخت تا مقعر	کم	آسان	۴۳۴۰	۳۵۰۰	٪۲۵
E7018	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	تمام‌وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم	زیاد	صاف و تخت تا محدب	کم	خیلی آسان	۵۰۴۰	۴۲۰۰	٪۲۲
E7028	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	تخت ـ افقی	DCRP, a.c.	کم	خیلی‌زیاد	صاف و کمی محدب	کم	خیلی آسان	۵۰۴۰	۴۲۰۰	٪۲۲

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

* روتیل اکسید تیتان می‌باشد

۳ ـ ۱۱ وضعیت جوشکاری

وضعیت جوشکاری عامل بسیار مهم در انتخاب الکترود مصرفی است. بعضی از الکترودها تنها در وضعیت جوشکاری تخت قابل استفاده بود و بعضی دیگر در همه وضعیت‌ها به‌خوبی قابل استفاده می‌باشند. وضعیت جوشکاری روی هزینه‌ها تأثیرگذار است. جوشکاری تخت اقتصادی‌ترین نوع جوشکاری بوده و پس از آن به‌ترتیب جوشکاری افقی، قائم و سقفی قرار دارند که جوشکاری سقفی گرانترین نوع است.

اندازه الکترود مصرفی شدیداً متأثر از وضعیت جوشکاری است. در سری‌کاری‌ها، بزرگترین الکترودی که قابل کار کردن و کنترل دستی است باید به‌کار رود. این کار اجازه استفاده از شدت جریان بیشتری را داده و به‌تبع از آن باعث افزایش سرعت جوشکاری خواهد شد.

اگر جوشکاری باید در موقعیت سقفی و یا قائم انجام گیرد، الکترودهای 28 ، 27 ، 24 ، EXX20 قابل استفاده نیستند و انتخاب الکترود مصرفی باید از میان الکترودهای 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 دریافته‌اند که الکترودهای قرار گرفته در طبقه EXX12 ، 13 ، 20 ، 24 ، 27 ، 28 دارای کنترل آسان در موقعیت‌های افقی و تخت می‌باشند و جوشکاری قائم و سقفی با الکترودهای EXX10 ، EXX11 EXX16 آسان‌تر است. خصوصاً سهولت استفاده از الکترودهای EXX12 و EXX13 در جوشکاری قائم رو به‌پایین بیشتر است.

۳ ـ ۱۲ معرفی الکترودهای متعارف و کاربرد آنها

E6010: الکترود همه وضعیت با جریان یکسو و قطبیت مثبت (از نوع الکترودهای نفوذی)

این الکترودها یکی از بهترین انواع الکترود روکش دار جهت جوشکاری‌های قائم و سقفی هستند. به‌همین دلیل دارای بیشترین کاربرد در جوشکاری سازه‌های فلزی با موقعیت غیرتخت و جوشکاری قائم 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 گالوانیزه، قوس قوی موجب خراشیدن روبه گالوانیزه شده و گل سبک آن، کاهش حباب‌زایی[11] 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 و تحت فشار بخصوص در پاس (عبور) ریشه می‌باشد. به‌خاطر خشک بودن حوضچه، اجرای جوش با این الکترود نیاز به‌مهارت بیشتری دارد. (جوش B شکل ۳ ـ ۴).

- قوس قوی و نفوذی؛
- انجماد مناسب و یکدست فلز جوش؛

11. Bubbling

و تُرد 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 ۴). 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 همه وضعیت‌ها وجود دارد. قطرهای بزرگتر برای جوش گوشه و شیاری در موقعیت افقی و یا تخت به‌کار می‌روند. در تمام مدت جوشکاری، باید قوس کوتاه 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 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 ترسیب 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 طبقه E8018 تا E12018 قرار می‌گیرند (مقاومت کششی آنها بین kg/cm^2 ۵۶۰۰ تا ۸۴۰۰ می‌باشد).

E7028: قابل استفاده در وضعیت افقی و تخت، با جریان متناوب و یکسو با قطبیت مثبت (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 همه 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 E7018 بالاتر است.

نفوذ جوش زیاد نیست و ظاهر جوش، تخت تا کمی مقعر با فلس‌های ریز و صاف می‌باشد (جوش F در شکل ۳ ـ ۴). گل حاصل ضخیم بوده و به‌راحتی پاک می‌شود. این الکترود دارای ویژگی الکترودهای برجوش می‌باشد.

E7024: برای جوشکاری گوشه در موقعیت افقی و تخت جریان متناوب و یکسو 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، چرا که الکترود ممکن است در هنگام جوشکاری کاملاً بر روی سطوح درز اتصال قرار گیرد. در خلال جوشکاری واقعی، الکترود بر روی قطعه کشیده می‌شود که نتیجه 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.

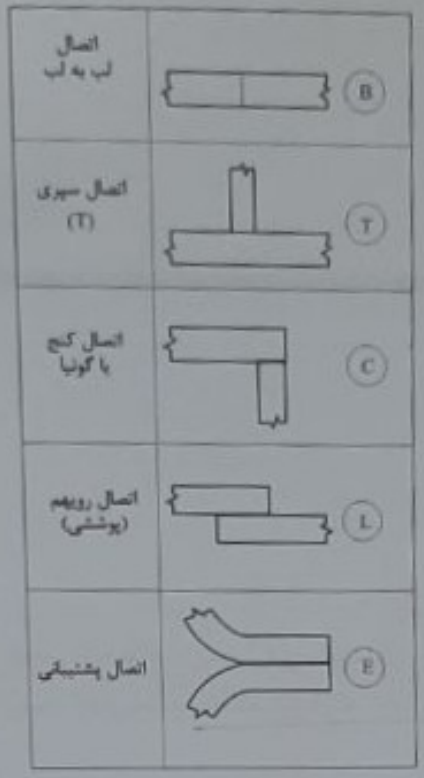
فصل

۴ طراحی درز جوش

۴ـ۱ معرفی .....
۴ـ۲ انواع اتصال .....
۴ـ۳ انواع جوش .....
۴ـ۴ انواع درز .....
۴ـ۵ دهانه یا بازشدگی ریشه (R) .....
۴ـ۶ تسمه‌های پشت‌بند .....
۴ـ۷ گرده جوش .....
۴ـ۸ ضخامت ریشه .....
۴ـ۹ سنگ زدن ریشه از پشت (شیارزنی پشت) .....

درز جناغی و درز لبه به لبه ص ۲۳۲

درز جوشی گذشته ع دهم ص ۲۹۱ - اتصال با مرغی



شکل ۴ ـ ۱ انواع اتصال

۴ ـ ۳ انواع جوش

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

۱ ـ **جوش گوشه**[7]: جوشی است که بر وجوه جانبی دو قطعه مجاور هم رسوب می‌کند (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 ۴ ـ ۲ ـ 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.

7. *Fillet*
8. *Groove*
9. *Pluge*
10. *Slot*

۴ ـ ۴ انواع درز[11]

برای اینکه جوش شیاری در درز بین دو قطعه رسوب کند، برحسب ضخامت و سهولت کار، باید به‌لبه، هندسه خاصی داد. این عمل را آماده‌سازی گویند. برحسب نوع هندسه، انواع درز به‌صورت زیر به‌دست می‌آید (شکل ۴ ـ ۳):

۱ ـ ساده
۲ ـ جناغی (یک‌رو و دو رو)
۳ ـ نیم‌جناغی (یک‌رو و دو رو)
۴ ـ لاله‌ای (یک‌رو و دو رو)
۵ ـ نیم‌لاله‌ای (یک‌رو و دو رو)

	یک‌رو	دورو
شیاری با لبه ساده		
شیاری نیم‌جناغی		
شیاری تمام‌جناغی		
شیاری نیم‌لاله‌ای		
شیاری تمام‌لاله‌ای		

شکل ۴ ـ ۳ انواع درز

انتخاب نوع جوش و لبه، همیشه بستگی به‌مسائل طراحی ندارد، بلکه این انتخاب، تأثیر مستقیم بر هزینه جوش نیز دارد. شکل ۴ ـ ۴ این تأثیر را برای جوش گوشه و دو نوع جوش شیاری در یک اتصال سپری نشان می‌دهد.

جوش الف: برای یک جوش صددرصد (تمام قدرت) اندازه ساق جوش باید در حدود ۷۵٪ ضخامت ورق باشد.

جوش ب: همین جوش صددرصد را می‌توان به‌صورت جوش شیاری با نفوذ کامل با نیم‌جناغی کردن دو طرف لبه ورق تحت زاویه ۴۵ درجه و در نظر گرفتن دهانه ریشه برابر با ۳ میلی‌متر (برای نفوذ کامل) به‌دست آورد. مقدار فلز جوش لازم در این حالت برای ورق ۲۵ میلی‌متری ۷۵٪ و برای ورق ۱۰۰ میلی‌متری ۵۶٪ حالت الف می‌باشد. برای ورق‌ها با

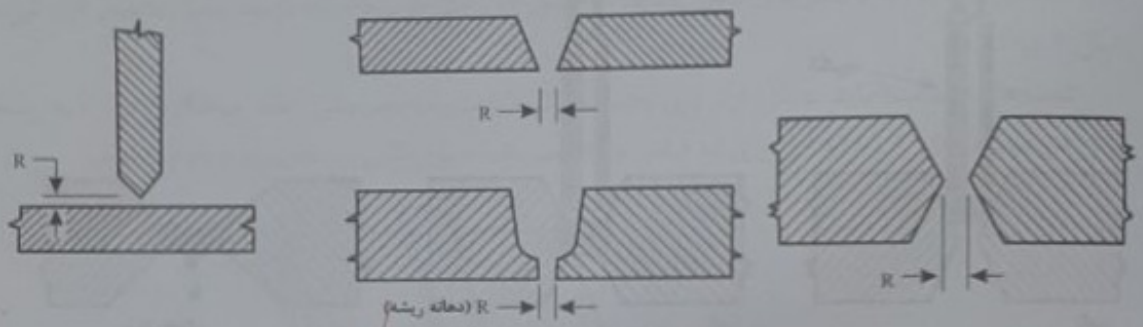
11. Joint

۴ـ۵ دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

در شکل ۴ ـ ۶ دهانه ریشه (R) که همان فاصله بین دو لبه در محل ریشه درز می‌باشد، نشان داده شده است. دهانه ریشه برای این منظور به‌کار می‌رود که الکترود بتواند به‌ریشه جوش برسد. هرقدر که زاویه پخی لبه‌ها کم باشد، برای اینکه یک ریشه خوب به‌دست آید، باید دهانه ریشه (R) را بیشتر در نظر گرفت.

اگر دهانه 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.

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

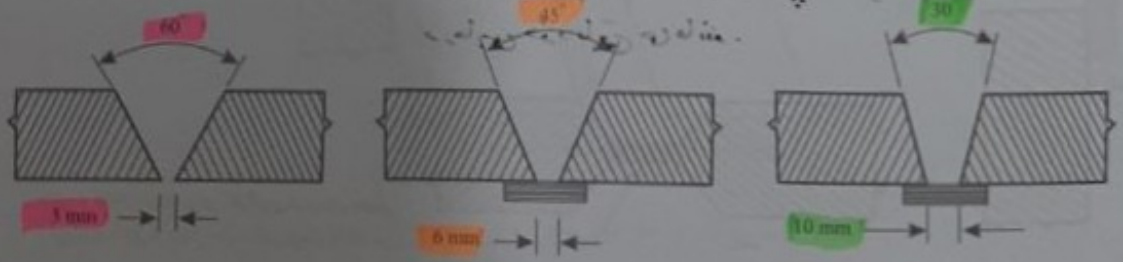


شکل ۴ـ۶ دهانه یا بازشدگی ریشه

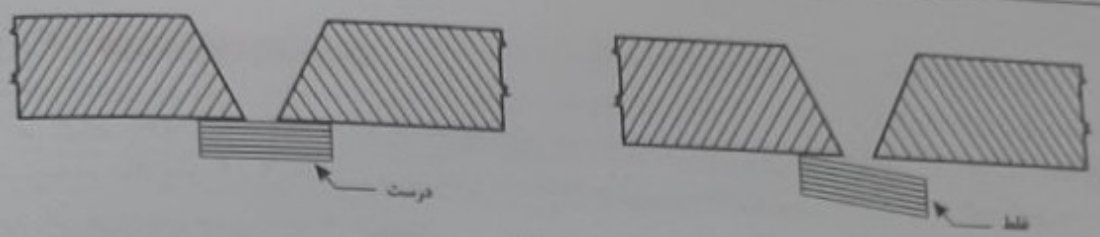
شکل ۴ ـ ۶ نشان می‌دهد که چگونه وقتی زاویه پخی لبه کم میشود، دهانه ریشه باید افزایش یابد.

وقتی که دهانه ریشه زیاد می‌گردد، باید از تسمه پشت‌بند استفاده شود. هر سه وضعیت نشان داده شده در شکل ۴ ـ ۷ قابل قبول هستند و هر سه برای یک جوشکاری خوب مساعد می‌باشند. ترجیح یکی بر دو تای دیگر فقط بر مبنای مقایسه اقتصادی خواهد بود.

آماده کردن لبه‌ها برای جوشکاری و دهانه ریشه هر دو تأثیر مستقیم بر هزینه جوشکاری (میزان مصرف مصالح) دارند. منظور از آماده کردن لبه جوش، پخ زدن لبه‌ها به‌شکل دلخواه قبل از جوشکاری می‌باشد.



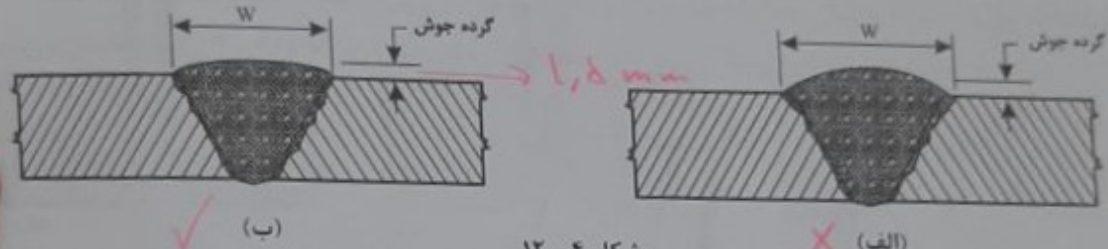
شکل ۴ ـ ۷ تسمه پشت‌بند



شکل ۴ ـ ۱۱

۴ ـ ۷ گرده جوش[12]

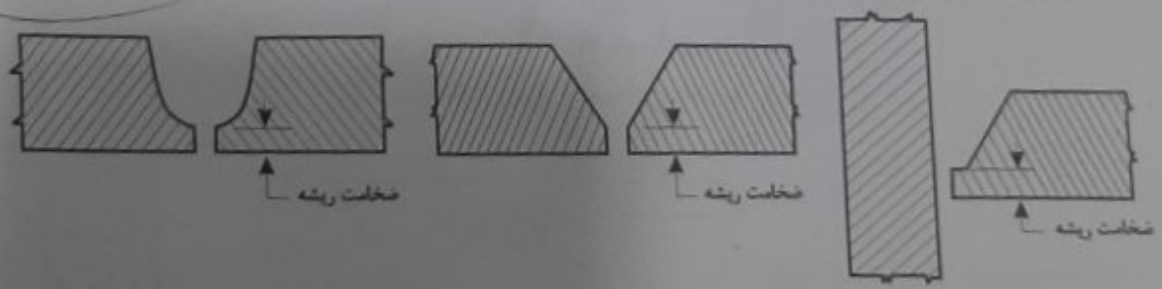
در درزهای لب به‌لب، تحدب اسمی (تقریباً ۱/۵ میلی‌متر بالای سطح تراز) لازم است (شکل ۴ ـ ۱۲ ـ ب).
مقدار زیاد این تحدب فایده‌ای ندارد و باعث افزایش تمرکز تنش و هزینه جوشکاری می‌شود (شکل ۴ ـ ۱۲ ـ الف). باید دقت شود که هم ارتفاع و هم پهنای گرده حداقل گردد.



شکل ۴ ـ ۱۲

۴ ـ ۸ ضخامت ریشه (پیشانی)

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



شکل ۴ ـ ۱۳ ضخامت ریشه

12. *Weld reinforcement*

فصل

۵ عیب‌های جوش

۵-۱ عیب‌های اصلی جوش ۱۲۳
۵-۲ عیوب جوش در جوشکاری تحت حفاظت گاز ۱۳۷
۵-۳ عیوب جوش در فرآیند جوشکاری با قوس زیرپودری ۱۴۰
۵-۴ ترک‌خوردگی جوش ۱۴۱

فصل

۵ عیب‌ه

نمودِ ناحقّی = ص

۵ـ۱ عیب‌های اصلی جوش
۵ـ۲ عیوب جوش در جوشت
۵ـ۳ عیوب جوش در فرآین
۵ـ۴ ترک‌خوردگی جوش ...

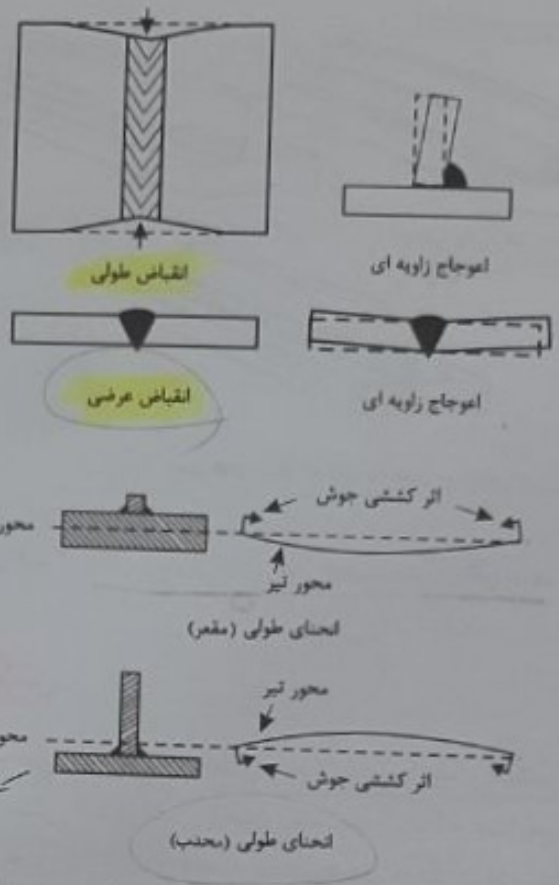
ترک سرد ص ۱۳۲
ترک گرم ۱۳۰
ترک مویی ۱۳۰
ترک لبه داغ ۱۳۰
ترک ...

۵ـ۲ عیوب جوشکاری تحت

۱۳۸ • ترک

۱۳۸ • ...

• ۵ـ۴ ترک خوردگی جوش ۱۴۲
• عواملی که باعث وقوع ترک در داخل جوش می‌شوند (= حدت ظاهری یا داخلی) ۱۴۳
• عواملی که باعث وقوع ترک در ناحیه تحت تاثیر حرارت می‌شوند (ترک در نزدیک جوش) ۱۴۳
• عواملی که باعث وقوع ترک در جوش در اثنای عملیات برداری می‌شوند (ترک متاورقی) ۱۴۳
• عواملی که باعث گسترش ترک می‌شوند ۱۴۳
- ترک در داخل جوش ۱۴۳
- ورق های نازک ۱۴۵
- ورق های ضخیم ۱۴۵
- جوش گذرنده ۱۴۶
- جوش شیاری ۱۴۸
- ترک های داخلی در نزدیکی جوش (نسبت عدم تمرکز جوش) ۱۴۹
- ترک در نزدیکی جوش ۱۵۱



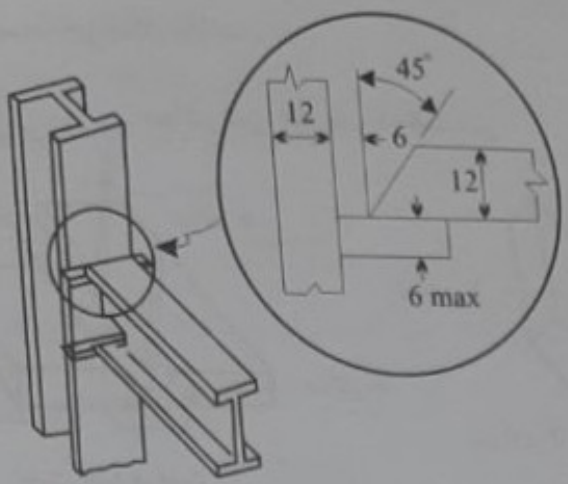
شکل ۶ ـ ۲ نیروی نامتعادل حاصل از انقباض نوار جوش باعث اعوجاج زاویه‌ای و یا انحنای طولی (شمشیری شدن) می‌شود.

۶ ـ ۳ تأثیرات نامطلوب جوش بیش از حد

اضافه‌جوش، نیروی انقباضی F و تمایل به‌انقباض را افزایش می‌دهد. هر عاملی که مقدار جوش را کاهش دهد، نظیر کاهش اندازه ساق، کاهش طول، یا استفاده از جوش منقطع (شکل ۶ ـ ۳)، تمایل به‌انقباض را کاهش خواهد داد.

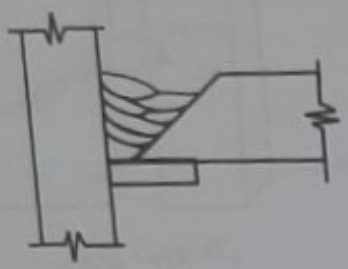
اضافه‌جوش می‌تواند با دست به‌هم دادن یک سلسله اتفاقات، به‌طور غیرعمدی رخ دهد. طراح ممکن است با منظور کردن قدری اطمینان، اندازه جوش را یک نمره بزرگتر انتخاب نماید. در کارخانه ساخت، سرپرست جوشکاری نیز ممکن است جهت اطمینان را گرفته و اندازه جوش را یک نمره بزرگتر دستور دهد. جوشکار نیز از ترس اینکه جوشش زیر 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 اندازه جوش است، این امر باعث می‌شود مقدار مصالح جوش، مخارج و نیروی انقباض چهار برابر گردد.

مناسب به‌زمان اولیه نیاز دارد، لیکن باید به‌نتایج آن
از اعمال سلیقه‌های شخصی است، توجه داشت. در شکل ۷ ـ ۶ فرم استاندارد دستورالعمل جوش
است.



دستورالعمل جوشکاری

۱ : روش جوشکاری
۲ : نوع الکترود
۳ : شدت جریان
۴ : پاس ـ توالی عبور
۵ : تکنیک جوشکاری
۶ : پیش‌گرمایش
۷ : احتیاجات نظارتی
۸ : قطبیت



۷ـ۵ 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. بـ
شروع کار، مهارت جوشکار باید مورد ارزیابی قرار گیرد. روش عملی برای ارزیابی صلاحیت جوشکاران، ا
تشخیص صلاحیت جوشکار می‌باشد.

انجام این آزمایش برای تشخیص صلاحیت کافی است. لیکن اغلب این سؤال پیش می‌آید که آیا
قابلیت جوشکار را برای انجام جوش واقعی در کارگاه نشان می‌دهد یا نه. غالباً با انجام یک آزمایش در کا
تشخیص صلاحیت تمام می‌شود. همچنین اگر در مشخصات فنی انجام آزمایش پرتونگاری لازم باشد، بهتر
آزمایش نیز در تشخیص صلاحیت جوشکار گنجانده شود. در ضمن ممکن است مهندس کارگاه بر حسب
آزمایش‌های خاصی را نیز در برنامهٔ تشخیص صلاحیت و ارزیابی جوشکار بگنجاند.

در جوشکاری نیمه و تمام‌خودکار، ممکن است صلاحیت جوشکار خیلی مهم نباشد، لیکن باید جوشکار
با دستگاه مورد آزمایش قرار گیرد.

روش‌هایی برای رفع عیوب اتخاذ می‌گردد. در این خصوص تهیهٔ چک‌لیست کمک خوبی در رسیدن به‌هدف خواهد بود. در انتهای فصل یک چک‌لیست کامل ارایه گردیده است.

۷ـ۵ بازرسی عینی (V.I)

یکی از مؤثرترین روش‌های بازرسی جوش، بازرسی عینی عملیات جوشکاری توسط بازرسان و ناظران آموزش‌دیده است. طبق دستورالعمل آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی، صد درصد جوش‌های انجام شده باید بازرسی عینی گردند. بازرسی عینی اگر به‌درستی انجام شود، از ارکان مهم بازرسی جوش می‌باشد. بازرسی‌های عینی غالباً در سه مرحله قبل از جوشکاری و در حین جوشکاری در برنامهٔ تضمین کیفیت و بعد از جوشکاری در برنامهٔ کنترل کیفیت انجام می‌شود.

در تمام موارد اعتقاد همگانی بر این قرار دارد که پیشگیری مقدم بر درمان (یا در ادبیات فنی، تعمیر) است. اصل مهم در برنامهٔ بازرسی عینی، تنظیم برنامه‌های پیشگیرانه است که در طی آن تعداد جوش‌هایی که مورد ترمیم قرار می‌گیرند، کاهش یابند.

۷ـ۵ـ۱ اصول بازرسی چشمی (عینی) جوش

بازرسی عینی 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 مطالعهٔ شرایط ظاهری جوشکاری در سطح بزرگتری وجود دارد.

در بسیاری از برنامه‌های کنترل کیفیت محصولات جوشی، از آزمون چشمی به‌عنوان اولین آزمایش و یا در بعضی موارد به‌عنوان تنها روش ارزیابی بازرسی، استفاده می‌شود. اگر آزمون چشمی به‌طور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می‌تواند واقع گردد.

بازرسی چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می‌باشد. شناسایی و تعمیر این عیوب، کاهش هزینهٔ قابل توجهی را در بر خواهد داشت. تأثیر بازرسی چشمی هنگامی بهینه می‌شود که دورهٔ زمانی قبل، حین و بعد از جوشکاری و تمام مراحل فرآیند جوشکاری را پوشش دهد.

بازرسی عینی قبل از جوشکاری

اقداماتی که لازم است توسط بازرس جوش قبل از جوشکاری انجام شوند، عبارتند از:

۱ـ کنترل نقشه‌ها و مشخصات فنی؛

۲ـ کنترل دستورالعمل‌های جوشکاری؛

۳ـ ارزیابی جوشکاران؛

۴ـ تعیین نقاط کنترل؛

۵ ـ تنظیم برنامهٔ ثبت نتایج؛
۶ ـ کنترل مصالح فلز پایه و فلز جوش؛
۷ ـ کنترل پخی، هندسه، هم‌راستایی و جفت و جوری درزها؛
۸ ـ کنترل پیش‌گرمایش لازم؛
۹ ـ کنترل عملیات برشکاری و تصاریس ناشی از برشکاری؛
۱۰ ـ شرایط عمومی کارگاه جوشکاری.

بازرسی عینی در حین جوشکاری

اقداماتی که توسط بازرس جوش در حین جوشکاری انجام می‌شود، عبارتند از:

✔ ۱ ـ کنترل کیفیت نوار ریشه (پاس ریشه)؛
✔ ۲ ـ کنترل هندسهٔ درز جوش قبل از جوشکاری روی دیگر؛
✔ ۳ ـ دمای پیش‌گرمایش و دمای پاس‌های میانی؛
✔ ۴ ـ توالی جوش‌ها؛
✔ ۵ ـ کنترل ظاهر جوش؛
✔ ۶ ـ تمیزکاری جوش و گل جوش بین دو پاس متوالی؛
✔ ۷ ـ کنترل آمپراژ، ولتاژ و سرعت حرکت دست جوشکار؛
✔ ۸ ـ نوسان عرضی دست جوشکار (حداکثر ۲/۵ برابر ضخامت مفتول الکترود).

بازرسی عینی بعد از جوشکاری

اقداماتی که توسط بازرس جوش بعد از جوشکاری انجام می‌شود، عبارتند از:

✔ ۱ ـ ظاهر نهایی جوش؛
✔ ۲ ـ اندازهٔ نهایی جوش؛
✔ ۳ ـ طول جوش؛
✔ ۴ ـ دقت‌های ابعادی؛
✔ ۵ ـ میزان اعوجاج؛
✔ ۶ ـ اصلاحات حرارتی؛
✔ ۷ ـ عیوب ظاهری شامل:

- ۷ ـ ۱ تخلخل ظاهری (تخلخل سوزنی)
- ۷ ـ ۲ عدم امتزاج کامل
- ۷ ـ ۳ عدم نفوذ کامل جوش در فلز پایه

ادامه

بازرس باید در مورد کارگاه ساخت بی‌طرف باشد، بی‌معطلی تصمیم بگیرد، بدون آنکه تحت تأثیر ن
واقع شود و با اتکا به‌حقایق تصمیم بگیرد و تحت تأثیر عقاید مختلف، تصمیم قبلی خود را به‌آسانی عوض نکند

۷ـ۵ـ۳ وسایل بازرسی چشمی (عینی) جوش

وسایل گوناگونی برای بازرسی جوش وجود دارد. در این قسمت بعضی از وسایل که بیشتر در بازرسی چش
استفاده قرار می‌گیرند، به‌شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱ـ وسایل اندازه‌گیری خطی
۲ـ آمپرمتر
۳ـ دماسنج رنگی (گچ حرارتی)
۴ـ دماسنج سطحی
۵ـ گیج‌های جوش (گرده‌سنج جوش)
۶ـ چراغ‌ها و آینه‌های بازرسی
۷ـ متر نواری
۸ـ کولیس
۹ـ ذره‌بین با قدرت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۱۰ برابر
۱۰ـ وسیله‌ای برای نشانه‌گذاری جوش
۱۱ـ برای بازرسی چشمی جوش‌های با امکان دسترسی محدود، آینه‌ها، اندوسکوپ‌ها، بورواسکوپ‌ها، فی
نوری و دوربین‌های تلویزیونی ممکن است استفاده شود.

شکل ۷ـ۱۱ وسایل بازرسی چشمی جوش

ضوابط پذیرش در بازرسی عینی مطابق AWS

تمام جوش‌ها باید مورد بازرسی عینی قرار گیرند و در صورتی که شرایط زیر اقناع گردد، می‌توانند مورد پذیرش قرار گیرند (فقط بارهای استاتیکی):

۱ ـ جوش باید فاقد هر گونه 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 چاله‌ها می‌توانند حاوی ترک‌های ستاره‌ای باشند.

۴ ـ مقطع جوش باید مطابق شکل ۷ ـ ۱۶ باشد.

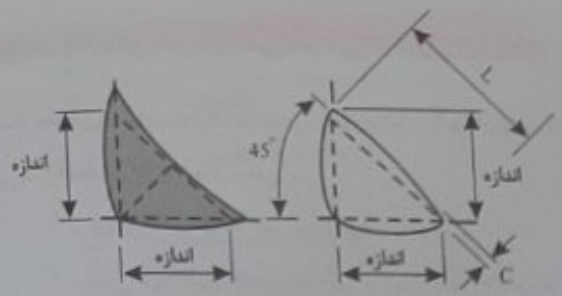
۵ ـ برای مصالحی با ضخامت ۲۵ میلی‌متر و کمتر، میزان بریدگی لبهٔ جوش باید کمتر از ۱ میلی‌متر باشد، لیکن در طولی معادل ۵۰ میلی‌متر در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول نوار، می‌توان بریدگی تا ۱/۵ میلی‌متر را پذیرفت.

۶ ـ در جوش‌های گوشه مجموع قطر تخلخل‌های سطحی 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.

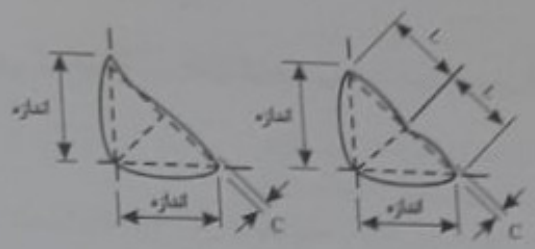
۷ ـ مجموعاً ۲۰ درصد از طول کل نوار جوش می‌تواند دارای اندازه‌ای به‌مقدار ۱/۵ میلی‌متر کوچکتر از اندازهٔ نقشه باشد. در جوش گوشهٔ متصل‌کنندهٔ بال به‌جان، در طولی معادل دو برابر عرض بال از انتهای تیر، هیچ‌گونه کمبود اندازه مجاز نیست.

۸ ـ در درزهای لب به‌لب یا جوش شیاری تمام نفوذی که امتداد درز عمود بر امتداد تنش کششی است، نباید هیچ‌گونه تخلخل سطحی 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 فولادهای خیلی پر مقاومت با تنش تسلیم بزرگتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، بازرسی‌های عینی باید ۴۸ ساعت بعد از تکمیل جوش انجام شود.



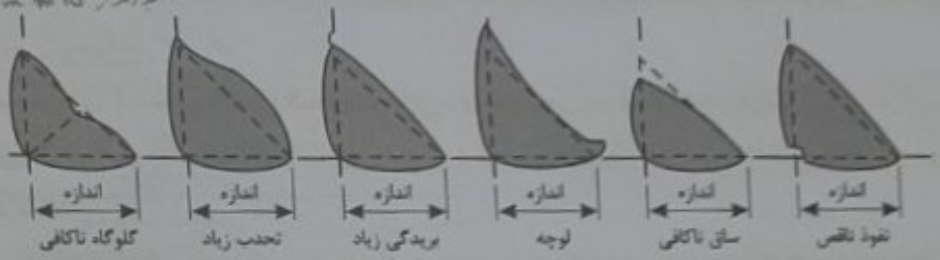
(الف) مقطع مطلوب برای جوش گوشه



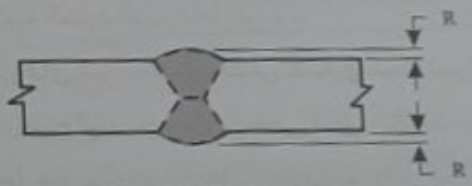
(ب) مقطع قابل پذیرش جوش گوشه

توجه: میزان تحدب C نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

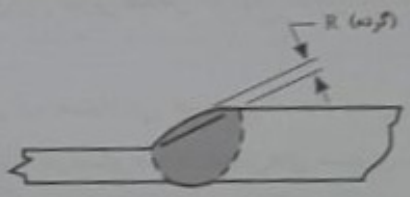
اندازه وتر (L)	حداکثر تحدب (mm)
L ≥ 8 mm	1.5 mm
8 mm < L < 25 mm	3 mm
L > 25 mm	5 mm



(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه



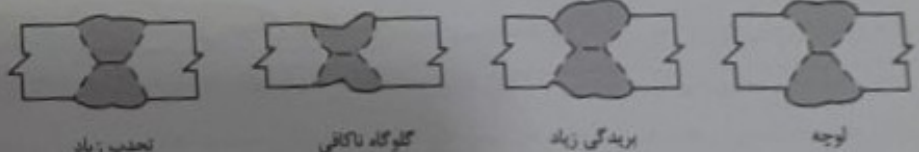
درز لب به لب (ورق با ضخامت یکسان)



درز لب به لب (دو ورق غیر هم ضخامت)

توجه: میزان گرده جوش نباید بیش از 3 میلی متر باشد

(ت) مقاطع جوش های شیاری قابل پذیرش در درزهای لب به لب



(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش شیاری در درزهای لب به لب

نکته: کلیهٔ جوش‌ها باید شرایط پذیرش در بازرسی چشمی را مطابق بخش ۷ ـ ۶ برآورده نمایند.

شکل ۷ ـ ۱۶ مقطع قابل پذیرش جوش‌ها.

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 شود. این عمل معمولاً با استفاده از ماشین آزمایش کشش انجام می‌شود. قبل از انجام آزمایش، کمترین عرض و ضخامت ورق در محل کاهش مقطع برحسب میلی‌متر یا سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود.

نمونه آزمایشی تحت اثر بار کششی گسیخته شده و حداکثر بار وارده در لحظه گسیختگی برحسب کیلونیوتن یا تن تعیین می‌گردد.

سطح مقطع عرضی طبق رابطه 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 نمونه آزمایشی تا حد گسیختگی کشیده می‌شود. در کنار انجام این نوع آزمایش هیچ‌گونه محاسبه‌ای انجام نمی‌گیرد.

نتایج مورد نیاز. نمونه 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 هدایت‌شده

آزمایش‌های خمش ریشه، خمش رویه و خمش جانبی (خمش‌گونه)

این آزمایش‌ها با هدف آشکارسازی عدم سلامت جوش، عدم نفوذ و امتزاج فلز جوش انجام 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، نخلخل، حبس سرباره 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.

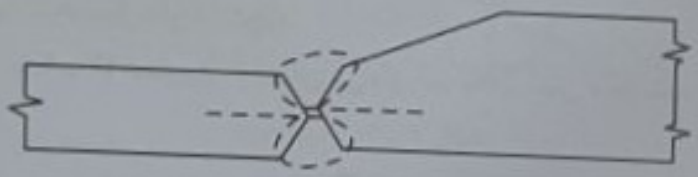
پل زده و پایین نمی‌ریزد. درز جناغی ممکن است به‌صورت یکطرفه (V) یا دوطرفه (X) باشد. در هر دو صورت، ریشه باید از سمت دیگر سنگ خورده و یک عبور جوش انجام شود. این امر سلامت درز جوش را تضمین می‌کند. در ورق‌های نازک، استفاده از جوش جناغی یکطرفه (V) کافی است، لیکن با افزایش ضخامت ورق، استفاده از درز جناغی دوطرفه ترجیح دارد. به‌خاطر داشته باشید که در درز V ، تغییرشکل زاویه‌ای بیشتر است و با افزایش ضخامت ورق، به‌سرعت افزایش می‌یابد.

۹ـ۴ـ۱ـ۲ **هم‌راستا کردن ورق‌ها**

هم‌راستا کردن جهت افزایش و بهبود عملیات جوشکاری ضروری است. قرارگیری درزهای لب به‌لب جان و بال در یک صفحه، تا حد زیادی هم‌راستا کردن ورق بال و جان را ساده می‌نماید.

شکل ۹ ـ ۸ یک درز لب به‌لب x غیر هم‌راستا را در بال یک شاهتیر، در نقطه تغییر مقطع نشان می‌دهد. این عدم هم‌راستایی، حصول یک ریشه سالم و جوش بی‌عیب را مشکل می‌نماید.

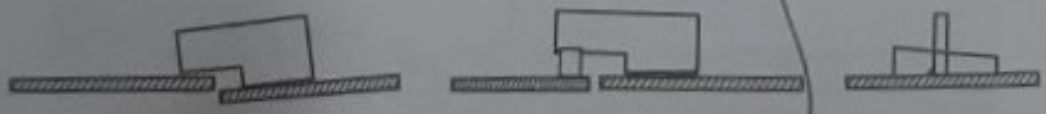
حتی در صورت هم‌راستایی کامل در ورق جان، ورق بال می‌تواند تحت غیر هم‌راستایی قرار گیرد. کج شدن ناگهانی بال‌ها در خلال ساخت، عدم دقت در جابه‌جایی به‌محل اجرا، یا حتی یک اختلاف در هلالی شدن در بال می‌تواند چنین شرایطی را ایجاد کند. مشکل هلالی شدن، با اندازه جوش گوشه جان به‌بال، افزایش پیدا کرده و با زیاد شدن ضخامت بال نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۹ ـ ۸ هم‌راستا کردن ورق‌ها

روش‌های مختلفی برای تصحیح این شرایط وجود دارد که شکل ۹ ـ ۹ یکی از این روش‌ها را نشان می‌دهد. زمانی که ورق‌ها زیاد ضخیم نیستند، می‌توان گیره‌های کوچکی به‌انتهای یکی از ورق‌ها جوش داد. راندن یک گوه 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.



شکل ۹ ـ ۹ گیره فقط در طول یک لبه جوش می‌شود، بنابراین می‌تواند به‌راحتی با یک چکش برداشته شود. گوه فولادی به‌منظور قرار دادن لبه‌های ورق در یک ردیف به‌زیر گیره رانده می‌شود.

قاب خمشی فولادی ویژه

قاب خمشی ویژه، به‌قابی اطلاق می‌شود که در برابر نیروی جانبی زلزله بتواند تغییرشکل‌های فراارتجاعی قابل ملاحظه‌ای تحمل کند. در طراحی این قاب‌ها سعی بر آن است که در یک یا دو انتهای تیر، خارج از محدودهٔ اتصال تیر به‌ستون، مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده و ظرفیت دورانی آنها به‌حدی باشد که دوران نظیر تغییرمکان جانبی نسبی طبقه در سازه حداقل به ۰/۰۴ رادیان برسد که حدود ۰/۰۳ رادیان آن در ناحیهٔ فراارتجاعی باشد.

در طراحی اعضا و اتصالات قاب‌های خمشی ویژه باید علاوه بر ضوابط عمومی، الزامات خاص طراحی رعایت شوند. در این بخش خلاصه‌ای از این ضوابط ارایه می‌گردد.

تیرها در قاب‌های خمشی ویژه

تیرها در این قاب‌ها نقش اصلی تأمین شکل‌پذیری لازم را از طریق ایجاد مفصل پلاستیک در نزدیکی دو انتهای خود ایفا می‌نمایند. برای دستیابی به‌این عملکرد، تیرها باید شرایط زیر را برآورده نمایند:

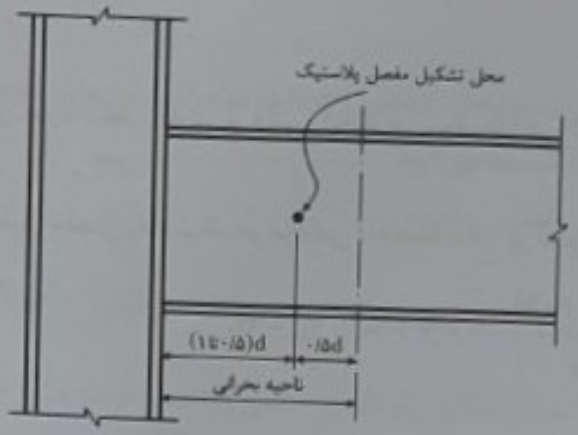
الف ـ مقاطع تیرها باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای در نظر گرفته شوند.

ب ـ محل تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای تیرها باید در فاصله‌ای به‌اندازهٔ ۰/۵d تا ۱/۰d از بر ستون در نظر گرفته شود.

پ ـ در دو انتهای تیر، فاصلهٔ بین بر ستون تا ۰/۵d از محل مفصل پلاستیک به‌سمت داخل دهانه، ناحیهٔ بحرانی تلقی می‌شود.

ناحیهٔ بحرانی در یک عضو از سازه، عمدتاً در تیرها، به‌ناحیه‌ای عنوان می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به‌اهمیت این ناحیه و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این محل باید عاری از هرگونه عملیاتی که در رفتار آن اثر ناخواسته ایجاد کند، باشد. در این ناحیه ضوابط ویژهٔ زیر باید رعایت شوند:

- هرگونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب مانند جوش‌های موضعی، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی باید به‌طور مناسبی برطرف شده و تعمیر گردد.
- برشگیرها که برای مرکب کردن دال بتن آرمه و تیرها به‌کار گرفته می‌شود، نباید در این ناحیه به‌کار برده شود.
- قطعات الحاقی که برای نگهداری نماها، تیغه‌ها، لوله‌های تأسیساتی و غیره به‌کار گرفته می‌شود، نباید در این ناحیه مورد استفاده قرار گیرد.
- حال جوش کردن ورق‌های ذوزنقه‌ای کف به‌این محل مجاز است.



شکل ۱۱ ـ ۳۲ ناحیهٔ بحرانی در دو انتهای تیر.

در طراحی تیرها برای خمش، ضابطهٔ اضافی خاصی در قاب‌های خمشی ویژه وجود ندارد ولی در طراحی آنها برای برش باید نیروی برشی اضافی ناشی از ایجاد لنگرهای خمشی قابل انتظار در مفصل‌های پلاستیک دو انتهای تیر در نظر گرفته شود. جزییات این روابط در متن آیین‌نامهٔ فولاد ایران (مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان) آمده است.

اتصال تیر به‌ستون در قاب‌های خمشی ویژه

کلیهٔ اتصالات تیر به‌ستون در این قاب‌ها باید شرایط زیر را دارا باشند:

الف ـ اتصالات تیر به‌ستون باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که شرایط ایجاد مفصل پلاستیک را در مقطعی به‌فاصلهٔ L_1 از بر ستون در داخل تیر و خارج از اجرای اتصال فراهم نمایند. این امر یا از طریق تقویت تیر در محل اتصال به‌ستون انجام می‌شود، و یا با تضعیف مقطع تیر در محل تشکیل مفصل پلاستیک عملی می‌گردد.

ب ـ در اتصالات جوشی تیر به‌ستون، اتصال بال تیر یا ورق پوششی آن، به‌وجه ستون یا به‌ورق پیشانی، (فلنج) که به‌ستون پیچ می‌شود، باید منحصراً از نوع نفوذی کامل باشد. برای اتصال جان تیر یا ورق اتصال جان، به‌وجه ستون یا ورق انتهایی، استفاده از جوش نفوذی نسبی یا جوش گوشه مجاز است.

۱ ـ طراحی برای خمش

اتصال تیر به‌ستون باید برای لنگر خمشی قابل انتظار که در بر ستون ایجاد می‌شود، طراحی گردد. این لنگر مطابق رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد (شکل ۱۱ ـ ۳۳):

$$M_{ES} = 0.6 \times 1.1 M_{exp} + V_0 L_1 + M_W \qquad (۴۳ ـ ۱۱)$$

که در آن:

M_W = لنگر ناشی از بار ثقل بدون ضریب موجود در بازوی L_1

الف ـ طراحی برای برش

چشمهٔ اتصال باید برای برش ناشی از نیروهای کششی و فشاری موجود در بال‌های تیرهای سمت چپ و راست ستون، طراحی شود. این برش به‌شرح زیر محاسبه می‌شود:

ـ طراحی به‌روش تنش مجاز

$$V_{pa,s} = \sum \frac{M_{ES}}{d_b} - V_{col} \qquad (۱۱ - ۴۵)$$

در این رابطه V_{col} برش موجود در ستون فوقانی زیر اثر بار جانبی زلزله، در حالت بدون ضریب می‌باشد.

۲۱۸ - ۲۱۹ متاب مبحث دوم ص

۴ ـ ورق‌های پیوستگی

ورق‌های پیوستگی باید در مقابل بال‌های تیر یا ورق‌های پوششی اتصال بال بالایی و پایینی تیرهای متصل‌شونده به‌ستون و به‌صورت متقارن نسبت به‌محور ستون، قرار داده شوند. این ورق‌ها برای انتقال نیروهای درون صفحه‌ای حاصل از لنگر تیر به‌چشمهٔ اتصال در ستون به‌کار برده می‌شوند و باید شرایط زیر را برآورده نمایند.

الف. طول ورق‌ها باید برابر با فاصلهٔ خالص دو بال ستون باشد.

ب. ضخامت ورق‌ها باید از ضخامت بال یا ورق پوششی اتصال بال تیرهای دو طرف کمتر نباشد.

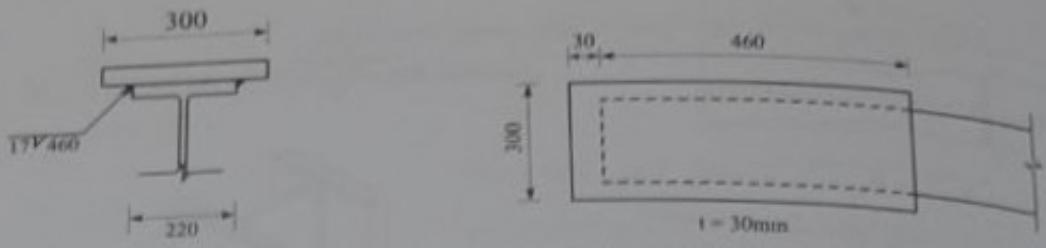
پ. پهنای ورق‌ها باید در ستون‌های با مقطع قوطی‌شکل، برابر فاصلهٔ خالص دو جان ستون بوده، و در ستون‌های با مقطع H شکل از مجموع پهنای عرض تیر یا عرض ورق پوششی اتصال در دو طرف جان کمتر نباشد.

ت. نسبت عرض به‌ضخامت در ورق‌های با یک لبهٔ متکی، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های H شکل، نباید از $0.55\sqrt{\frac{E}{F_{ys}}}$ و در ورق‌های با دو لبهٔ متکی، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های با مقطع قوطی‌شکل، نباید از $1.4\sqrt{\frac{E}{F_{ys}}}$ کوچکتر باشد. در این روابط F_{ys} مقاومت تسلیم ورق‌های پیوستگی است.

۵ ـ مهاربندی جانبی اتصال تیر به‌ستون

به‌منظور جلوگیری از کمانش پیچشی ستون، لازم است اتصال در صفحهٔ افقی در مقابل پیچش ستون مهار گردد. وقتی که جان تیرها و ستون‌ها هم‌صفحه باشد و نسبت به‌دست آمده از رابطهٔ (۱۱ ـ ۴۶) بیش از ۲ باشد، وجود مهار در تراز بال فوقانی تیر کافی است. دال بتن مسلح می‌تواند جایگزین عضو مهاری گردد. در صورت نبود شرایط فوق، وجود مهار در تراز هر دو بال تحتانی و فوقانی لازم است.

نیروی لازم برای مهاری مساوی ۲ درصد ظرفیت مجاز بال تیر می‌باشد.



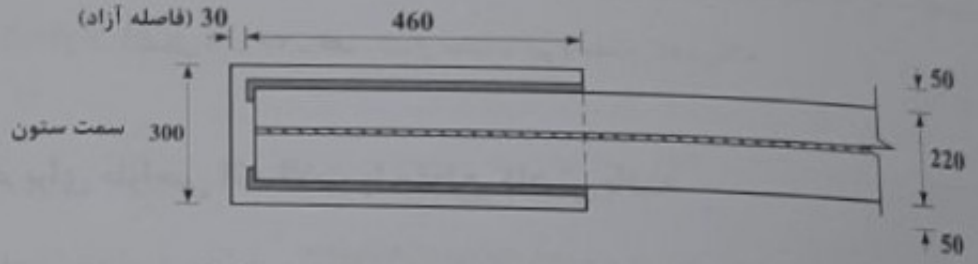
شکل ۱۱ ـ ۳۵ ـ ت مربوط به مثال ۱۱ ـ ۹.

ضخامت ورق تحتانی : $t = 30\ mm \Rightarrow b = \frac{88.38}{3} = 29.46 \Rightarrow b = 30\ cm$

طول جوش برای اتصال ورق تحتانی

$$D = 17mm \Rightarrow L_w = \frac{140\times10^3}{890\times1.7} = 93\ cm$$

از دو خط ۴۶ سانتی‌متر در دو طرف استفاده می‌شود.



شکل ۱۱ ـ ۳۵ ـ ث مربوط به مثال ۱۱ ـ ۹.

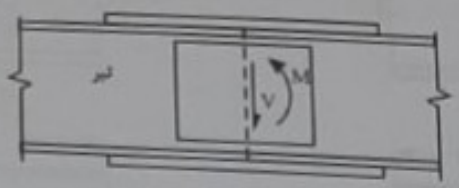
باید سعی شود که ورق‌های زیرسری و روسری وارد ناحیهٔ تسلیم نشوند. برای اتصال جان از ورق برش‌گیر استفاده می‌شود. محاسبات در قبل ارائه شده است.

۱۱ ـ ۵ ـ ۷ اتصال صلب تیر به‌ستون با استفاده از تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)[6]

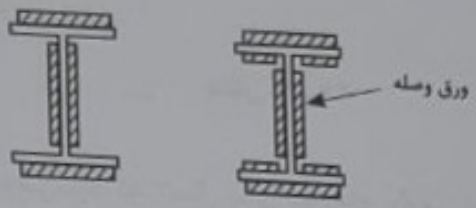
از بحث قبل متوجه شدیم که فلسفهٔ اصلی در طراحی اتصالات صلب تیر به‌ستون به‌گونه‌ای است که مفصل خمیری در محدوده‌ای در فاصلهٔ ۰/۵d تا ۱/۰d از بر ستون تشکیل گردد و ملاحظه نمودیم که با این فلسفه نیروی برشی و لنگر خمشی برای طراحی اتصال به‌مقادیر قابل توجهی نسبت به‌مقادیر نظیر در تیر افزایش می‌یابد. برای عینیت بخشیدن به‌این فلسفه طراحی و همچنین اجتناب از طراحی اتصال برای نیروهای بزرگ، ایدهٔ اتصالات با مقطع کاهش یافته نیز مطرح گردید. در این روش مطابق شکل ۱۱ ـ ۳۶ ـ الف در مقطعی از تیر در محدودهٔ مورد نظر عرض بال‌ها به‌صورت تدریجی کاهش می‌یابد به‌طوری‌که تشکیل مفصل پلاستیک در آن قطعی گردد.

6. *Reduced Beam Section (RBS) Moment Connection*

به‌عنوان قانون طراحی، هر قطعه از وصله باید برای نیروی قسمتی که جایگزین آن می‌شود، محاسبه گردد. از آنجایی که سهم بیشتر نیروی برشی توسط جان و سهم بیشتر لنگر خمشی توسط بال نیمرخ حمل می‌شود، بنابراین وصله‌های جان عهده‌دار تحمل نیروی برشی و وصله‌های بال عهده‌دار تحمل لنگر خمشی می‌باشند.



(الف)



(ب)

شکل ۱۱ ـ ۳۸

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 می‌کنند. مثلاً مبحث دهم مقرر می‌دارد که نیروهای طراحی یک وصله نباید از ۵۰ درصد ظرفیت نیمرخ کامل کمتر باشند. آیین‌نامهٔ پل‌سازی اشتو 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 تغییر می‌نماید. طبق اصل مورد استفاده در طراحی اتصالات جوشی، گروه 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 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.

$$f'_x = \frac{V}{A} = \frac{34.56\times10^3}{2(2\times30+53)} = 152.92\ kg/cm$$

$$f''_x = \frac{M_T.Y}{I_P} = \frac{(14.91\times10^5)}{130746.6}\times\frac{53}{2} = 302.20\ kg/cm$$

$$f''_y = \frac{M_T.X}{I_p} = \frac{(14.91\times10^5)\times(30-7.96)}{130746.6} = 251.34\ kg/cm$$

$$f_r = \sqrt{(302.20)^2+(152.92+251.34)^2} = 504.73\ kg/cm$$

$$f_r = 650\ D \quad \rightarrow \quad D = \frac{504.73}{650} = 0.78\ cm$$

از جوش D= ۸ mm استفاده می‌کنیم. چون اندازهٔ جوش از ضخامت ورق جان بیشتر است، بنابراین برای وصلهٔ جان از دو ورق ۶۰۰×۵۳۰×۱۰ میلی‌متر استفاده می‌شود.

۱۱ ـ ۷ وصلهٔ ستون‌ها

۱۱ ـ ۷ ـ ۱ 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 طبقه بعد نیز ادامه می‌یابد.

۱۱ ـ ۷ ـ ۲ محل وصله

وقتی که وصلهٔ 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، ارتفاع بسیار مناسبی را در اختیار داریم.

در صورتی که ستون عضوی از قاب خمشی باشد، در اثر بارهای جانبی در آن ایجاد لنگر خمشی می‌گردد که نقطهٔ 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 یا صفر می‌باشد. اما در طرف دیگر، انجام عملیات جوشکاری در وسط ارتفاع طبقه، مشکلاتی همراه دارد که ممکن است طراح را به‌انتخاب ارتفاع کمتر برای وصله وا دارد.

شکل ۱۱ ـ ۴۳

۱۱ ـ ۷ ـ ۴ نیروهای وصله

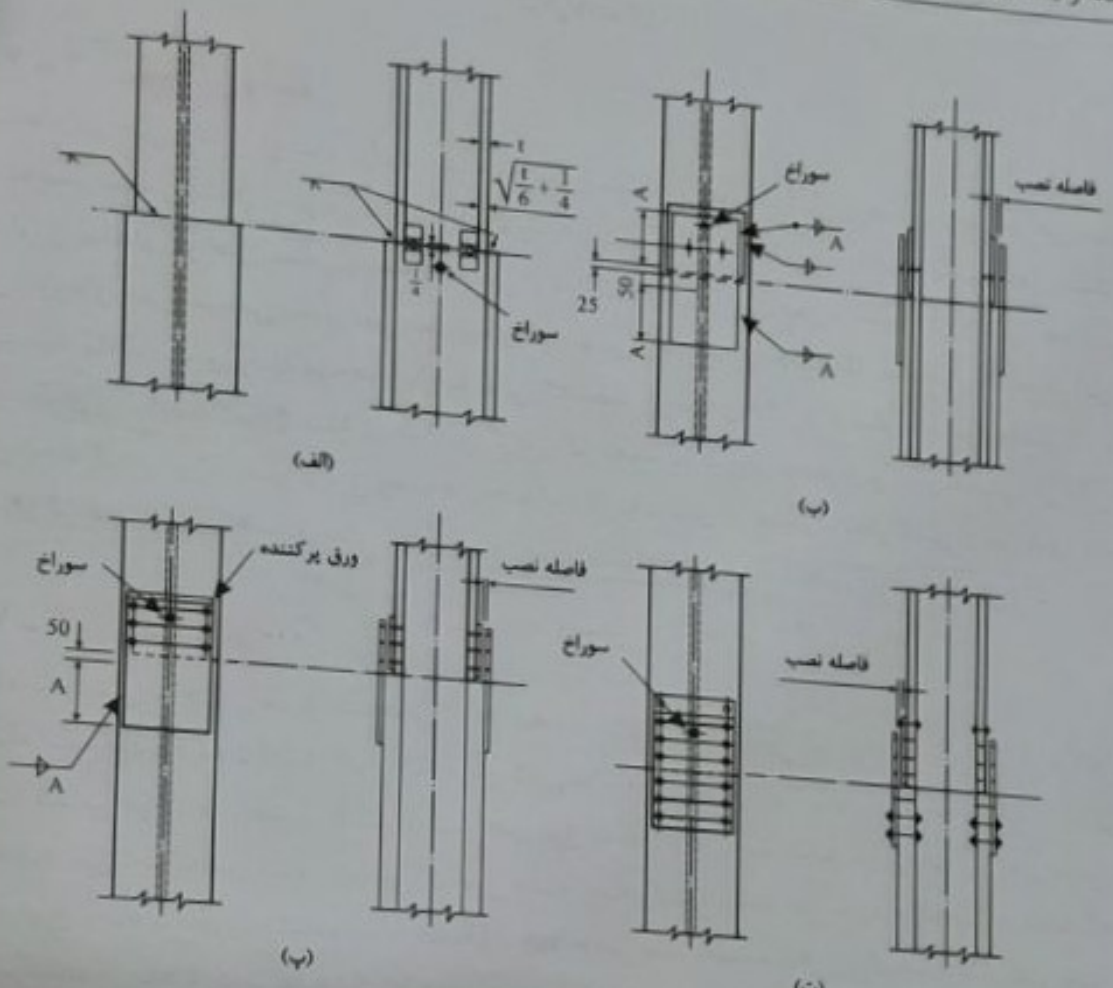
اگر لبه‌های در حال تماس دو ستون گونیا شده و خوب سنگ زده شود، می‌توان درصدی از بار طراحی ستون‌ها را به‌صورت فشار تماسی انتقال داد و در نتیجه از ابعاد ورق‌های اتصال کاست. با توجه به‌اضافه مخارج عمل سنگ زدن و گونیا کردن لبه‌های در حال تماس و عدم اطمینان از نظارت دقیق بر این عمل، استفاده از چنین تمهیداتی 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.

۱۱ ـ ۷ ـ ۵ پُرکننده‌ها

در اتصالات جوشی ساختمان‌ها، پُرکننده‌هایی را که ضخامت‌شان از ۶ میلی‌متر بیشتر باشد باید به اندازهٔ کافی ورق وصله ادامه داد و قسمت ادامه یافته را با جوش کافی به‌قطعه‌ای که در زیرش قرار دارد متصل نمود. (شکل ۴۲ ـ ت). قدرت جوش باید طوری باشد که تنش‌های ورق وصله را که به‌صورت بار برون‌محور بر روی سطح صفحهٔ پرکننده وارد می‌شود، تحمل نماید. جوشی که ورق وصله را به‌پرکننده متصل می‌نماید باید طوری باشد که بتواند تنش‌های ورق وصله را به‌ورق پرکننده منتقل نموده و خط جوش باید به‌اندازهٔ کافی بزرگ باشد تا از تنش بیش از حد صفحهٔ پرکننده در ناحیهٔ جوش‌ها جلوگیری به‌عمل آید. لبهٔ پرکننده با ضخامت کمتر از ۶ میلی‌متر باید با لبهٔ ورق وصله هم‌سطح شده و اندازهٔ جوشی که به‌کار برده می‌شود باید برابر مجموع اندازهٔ لازم برای انتقال تنش ورق وصله به‌ورق پرکننده به‌علاوهٔ ضخامت ورق پرکننده باشد. در صورتی‌که ضخامت ورق پرکننده زیاد باشد، توصیه می‌شود از جزییات شکل ۱۱ ـ ۴۳ استفاده نمود.

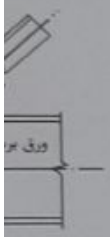
۱۱ ـ ۷ ـ ۳ انواع وصله

در شکل ۱۱ ـ ۴۲، مثال‌های متعددی از وصلهٔ 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 ۱۱ ـ ۴۲ ـ الف، نشان داده شده است. شکل‌های ۱۱ ـ ۴۲ ـ ب و ۱۱ ـ ۴۲ ـ پ، 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 جوش یا پیچ به‌صورت درجا صورت پذیرفته است. در هر دو اتصال برای پر کردن فاصلهٔ به‌وجود آمده در اثر اختلاف ابعاد دو ستون، از ورق‌های پرکننده استفاده شده است. در صورتی که اختلاف در ابعاد دو ستون زیاد باشد، اتصال آنها به‌یکدیگر باید مطابق شکل ۱۱ـ۴۳ با استفاده از یک ورق سر ضخیم که تغییرشکل‌پذیری ناچیزی داشته باشد، و یا جزییات گله‌قندی انجام گردد.



شکل ۱۱ ـ ۴۲

(الف) کاربرد انواع مهاربند
در ساختمان



(ب) شکل‌های گسیختی مهاربند

(پ) روش ویتمور برای گسترش
تیرو در ورق مهاربند

(ت) رعایت فاصلهٔ 2t در انتهای عضو
مهاربند به‌منظور شکل‌پذیری
مهاربند

شکل ۱۱ ـ ۴۵ کاربرد مهاربندهای همگرا در ساختمان و نکات مهم طراحی آنها

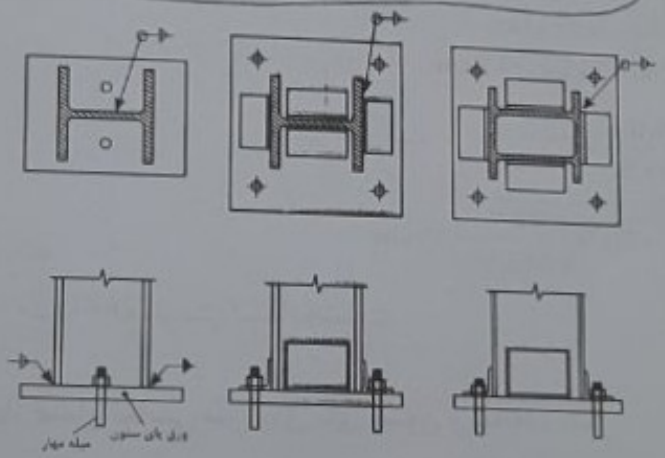
۱۱ ـ ۹ ـ ۴ اتصال ورق پای ستون به‌شالوده در ستون‌ها با بار محوری

ورق پای ستون توسط ۲ تا ۶ پیچ مهاری (معمولاً چهار پیچ در چهار گوشهٔ آن) به‌شالودهٔ بتنی مهار می‌شود (شکل ۱۱ ـ ۹۲). در صورت مفصلی بودن پای ستون، هیچ نیرویی به‌این مهارها 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.

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 ۹۲ چند نمونه از جزییات اتصال سادهٔ ستون به‌ورق پای ستون نشان داده شده است.

انتهای ستون که با ورق پای ستون در تماس است، باید به‌صورت گونیا بریده شده و سنگ زده 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 سنگ زده نشود، جوش و نبشی‌های اتصال باید بتوانند صد در صد نیروی محوری را انتقال دهند.



شکل ۱۱ ـ ۹۲

۱۱ ـ ۹ ـ ۶ 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 ۹۳ نمونه‌ای 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:

$$M = \frac{f_p c^2}{2} \qquad (۷۰ ـ ۱۱)$$

$$L_d = \frac{F_y}{6.15\sqrt{f_c}} d_b$$

f_c: مقاومت مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن (kg/cm^2)

F_y: تنش تسلیم فولاد (kg/cm^2)

d_b: قطر بیج

برای $F_y = 2400\ kg/cm^2$ و $f_c = 250\ kg/cm^2$ مقدار فوق حدود ۲۵ برابر قطر به دست می‌آید.

۱۱-۱۰ اتصالات لوله‌ها و قوطی‌ها (مقاطع توخالی)

۱۱-۱۰-۱ معرفی

استفاده از لوله‌ها و قوطی‌ها امروزه در سازه‌های فولادی بسیار متداول می‌باشد. علاوه بر کاربردهای عمومی ساختمان، در سازه‌های خاصی نظیر سکوهای دریایی[11]، برج‌های مخابراتی[12]، و سازه‌های فضایی[13]، عمدتاً از لوله و بعضاً از قوطی استفاده می‌شود. در سایر سازه‌ها نیز استفاده از لوله و قوطی می‌تواند کیفیت‌های معماری و امکانات سازه‌ای ویژه‌ای فراهم سازد.

فواید استفاده از نیمرخ‌های لوله و قوطی از گذشته به‌خوبی شناخته شده لیکن عاملی که امروزه موجب رواج این کاربردها شده، پیشرفت در تکنیک‌های اجرایی اتصال خصوصاً استفاده از جوشکاری در آنهاست.

با توجه به‌یکسان بودن مشخصات هندسی لوله‌ها نسبت به‌تمام محورهایی که از مرکز سطح می‌گذرند، و مشابه بودن نسبی آنها در قوطی‌ها، این نیمرخ‌ها برای تحمل فشار و کشش بسیار کارآمد هستند، و کاربرد آنها به‌طرح‌های سبک و اقتصادی منجر می‌گردد. اگرچه سطوح داخلی لوله‌ها و قوطی‌ها را به‌راحتی نمی‌توان رنگ‌آمیزی کرد، ولی این موضوع غالباً اهمیت عملی ندارد، زیرا زنگ‌زدگی در داخل لوله‌ها و قوطی‌های بسته خصوصاً در سازه‌هایی که از اتصالات جوشی مستقیم برای اتصال قطعات استفاده شده، امکان بروز ندارد. اتصالات جوشی مانع ورود هر گونه رطوبت و جریان هوا به‌داخل نیمرخ می‌گردند و به‌دلیل محدود بودن هوای داخل قوطی یا لوله تعادل الکتروشیمیایی خیلی زود رخ داده، فرآیند زنگ زدن متوقف می‌گردد.

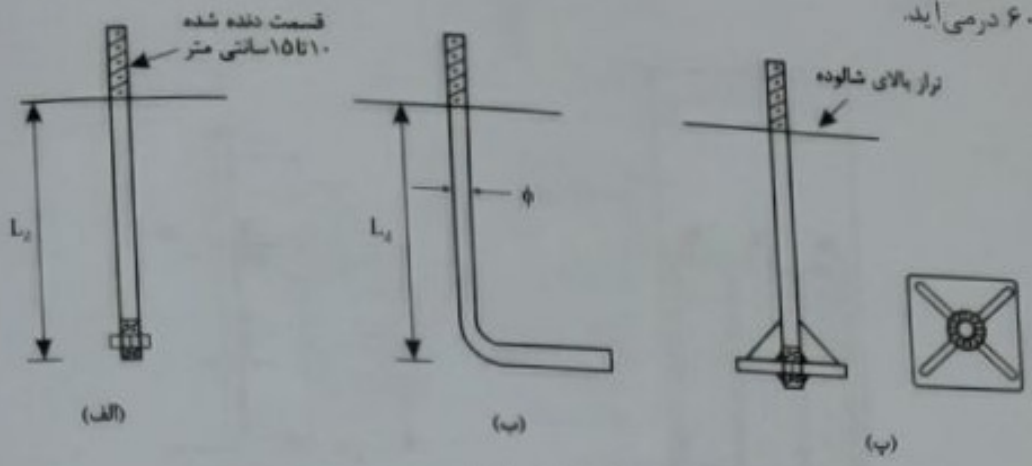
مشکل عمده در استفاده از نیمرخ‌های لوله و قوطی، اتصالات آنها به‌خصوص اتصال لوله‌هاست. لوله‌ها در محل تقاطع دارای فصل مشترک منحنی شکل فضایی هستند و برای اتصال آنها باید لبه‌های اعضا با دقت خاصی برش خورده جفت و جور شوند. اغلب برش‌ها به‌وسیلهٔ شعلهٔ گاز صورت می‌گیرد، ولی در بعضی مواقع از اره‌های مخصوص برای این کار استفاده می‌کنند. در هر حال برش و اتصال این گونه نیمرخ‌ها وقت‌گیر و پرهزینه است.

11. *Off-Shore Platforms*
12. *Comunication towers*
13. *Space Structures*

شکل ۱۱ ـ ۱۰۶

۱۱ ـ ۹ ـ ۸ مهار میلهٔ مهارها

میله‌مهارها تا حصول مقاومت کششی کل باید در بتن شالوده مهار شوند. میلهٔ مهارها معمولاً از دنده کردن میلگردهای صاف (بدون آج) ساخته می‌شوند.* لذا برای ایجاد مهار مکانیکی، انتهای میل مهار به یکی از صور نشان داده‌شده در شکل ۱۱ ـ ۶۰ درمی‌آید.



شکل ۱۱ ـ ۱۰۷

برای محاسبهٔ طول مهاری می‌توان از روابط آیین‌نامهٔ بتن برای میلگردهای قلاب‌دار در کشش استفاده نمود. به عنوان مثال روابط آیین‌نامهٔ آبا به قرار زیر است:

$$L_d = \frac{F_y}{4F_b} d_b$$

$$F_b = 0.75\, f_{bm} = 0.75 \times 2.05\sqrt{f_c} = 1.54\sqrt{f_c}$$ (برای میلگرد صاف با قلاب انتهایی)

* شواهد زیادی از وقوع شکنندگی در ناحیهٔ دنده شدهٔ میلگردهای آجدار 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 CK ۴۵ ($F_u = 6000\ kg/cm^2$) برای میله‌مهارها قابل توصیه است که دارای شکل‌پذیری مناسب است.

۱۴ ـ ۲ قانون ۵P

بلاجت از متخصصین به‌نام صنعت جوشکاری ساختمانی است. ایشان پیشنهاد می‌نماید که برای حصول جوش با کیفیت مناسب باید ۵ عامل که در زبان انگلیسی با حرف P شروع می‌شوند، رعایت گردند. این عوامل به‌شرح زیر می‌باشند:

۱ ـ Personnel یعنی وجود جوشکار ماهر
۲ ـ Process یعنی روش جوشکاری یا ماشین‌آلات جوشکاری مناسب
۳ ـ Preparation یعنی آماده‌سازی مناسب درز جوش و لبه‌های ورق در مجاور درز
۴ ـ Procedure یعنی وجود دستورالعمل جوشکاری
۵ ـ Proove یعنی بازرسی و تأیید

پنج عامل فوق به‌نام قانون ۵P شناخته می‌شوند.

پرسنل جوشکاری

برای جوشکاری باید از جوشکار ماهر استفاده نمود. مهندس ناظر و صاحب کار نباید به‌این خیال خام باشند که هر شخص انبر به دستی، جوشکار است. ابتدا باید با قیمت کارشناسی مناسب، کار اسکلت ساختمان به‌پیمانکار کاردانی سپرده شود. بالا بودن ۱۰ درصد در دستمزد آهنگری تأثیر قابل توجهی در قیمت تمام‌شده ساختمان نخواهد داشت. بعد از انتخاب پیمانکار ذیصلاح، باید از وی خواسته شود که از جوشکاران ماهر استفاده نماید. مهندس می‌تواند به‌راحتی از جوشکار آزمایش بگیرد. معمولاً برای جوشکاری اسکلت ساختمانی وجود دو رده جوشکار لازم است. جوشکاران کفی (تخت)[2] و سربالا با اجرای جوش به‌طول حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و بازرسی عینی آن می‌توان به‌راحتی به‌تبحر جوشکار پی برد. در شکل ۱۴ ـ ۱ تست جوشکار در دو وضعیت کفی و سربالا نشان داده شده است.

ماشین‌آلات و تجهیزات جوشکاری مناسب

ماشین جوشکاری از نوع دیزل، بنزینی، دینام و یا رکتیفایر باید وضعیت مناسبی داشته و جریان یکنواختی برای جوشکاری تولید نماید.

سایر تجهیزات مانند الکترود، انبر، ماسک، دستکش، چکش گل‌زن، سنگ فرز، وایربرس، جعبه الکترود و احیاناً فلاسک خشک‌کن الکترود از ملزومات اساسی هستند که باید در کارگاه فراهم باشند. در شکل ۱۴ ـ ۲ مختصری از این تجهیزات نشان داده شده است.

در خرید الکترود دقت گردد. الکترود را حتماً از سازنده‌های معتبر خریداری کنید و محل خرید نمایندگی معتبر باشد. کارخانجات، الکترودهای مردود را برای جوشکاری در و پنجره جدا می‌نمایند. احتیاط نمایید از این الکترودها برای جوشکاری اسکلت استفاده نگردد.

شکل ۱۴ ـ ۲ تجهیزات فردی جوشکاری.

آماده‌سازی درزها

لبه‌هایی که باید به‌هم جوش شوند باید مستقیم و عاری از کجی، لهیدگی و یا تضاریس ناشی از برشکاری باشند و کاملاً به‌هم جفت گردند. این بازرسی را می‌توان در هنگام مونتاژ و خال‌جوش کردن قطعات با دقت خوب انجام داد. بهتر است جهت جلوگیری از بروز معایب برشکاری دستی در کارگاه، قبل از شروع ساخت، لیست مصالح فولادی، اعم از ورق و پروفیل با اندازه‌های لازم، تهیه و برشکاری آنها از محل خرید توسط دستگاه‌های مناسب نظیر گیوتین و برش ریلی انجام شود.

* آماده سازی نمونه های آزمایش ص ۲۴۱

دستورالعمل جوشکاری

تنظیم دستورالعمل جوشکاری در کارگاه‌های کوچک مرسوم نیست، لیکن باید با استادکار جوش توافقاتی در زمینه قطر الکترود، آمپر، نوع الکترود و تعداد پاس‌ها انجام پذیرد. به‌جوشکار باید تفهیم شود که از آمپر زیاد استفاده ننماید و سرعت حرکت خود را در حد نرمال حفظ کند. شکل ۱۴ ـ ۳ تلفیق آمپر، ولتاژ و سرعت حرکت را برای حصول جوش مطلوب نشان می‌دهد.

بازرسی و تأیید

با مهیا کردن ۴ عامل قبلی، زمینه حصول جوش خوب در کارگاه وجود دارد و عملیات جوشکاری می‌تواند تحت نظارت مهندس ناظر یا بازرس جوش انجام شود. انتهای کار بازرسی، تأیید می‌باشد. مهندس ناظر در این مرحله از کار نقش

بازرسی‌های عینی غالباً در سه مرحله قبل از جوشکاری، در حین جوشکاری و بعد از جوشکاری مورد توجه قرار می‌گیرند. آن دسته از بازرسی عینی که قبل از جوشکاری و در حین جوشکاری انجام می‌شود در برنامه تضمین کیفیت و آن دسته از بازرسی که بعد از جوشکاری انجام می‌شود در برنامه کنترل کیفی قرار می‌گیرد.

در تمام موارد اعتقاد همگانی بر این قرار دارد که پیشگیری مقدم بر درمان (یا در ادبیات فنی، تعمیر) است. اصل مهم در برنامه بازرسی عینی، تنظیم برنامه‌های پیشگیرانه است که در طی آن تعداد جوش‌هایی که مورد ترمیم قرار می‌گیرند، کاهش یابند.

بازرسی عینی قبل از جوشکاری

اقداماتی که لازم است توسط بازرس جوش قبل از جوشکاری انجام شوند، عبارتند از :

۱ ـ تنظیم برنامه ثبت نتایج
۲ ـ کنترل دستورالعمل‌های جوشکاری
۳ ـ ارزیابی جوشکاران
۴ ـ تعیین نقاط کنترل
۵ ـ تنظیم برنامهٔ ثبت نتایج
۶ ـ کنترل مصالح فلز پایه و فلز جوش
۷ ـ کنترل زاویهٔ پخ، هندسهٔ درز، هم‌راستایی و همباد بودن درزها
۸ ـ کنترل پیش‌گرمایش لازم
۹ ـ کنترل عملیات برشکاری و تضاریس ناشی از برشکاری
۱۰ ـ شرایط عمومی کارگاه جوشکاری

بازرسی عینی در حین جوشکاری

اقداماتی که توسط بازرس جوش در حین جوشکاری انجام می‌شود، عبارتند از:

۱ ـ کنترل کیفیت نوار ریشه
۲ ـ کنترل هندسه درز جوش قبل از جوشکاری روی دیگر
۳ ـ دمای پیش‌گرمایش و دمای پاس‌های میانی
۴ ـ توالی جوش‌ها
۵ ـ کنترل ظاهر جوش
۶ ـ تمیزکاری جوش و گل جوش بین دو پاس متوالی
۷ ـ کنترل آمپراژ، ولتاژ و سرعت حرکت دست جوشکار
۸ ـ نوسان عرضی دست جوشکار (حداکثر ۲/۵ برابر ضخامت مفتول الکترود)

بازرسی عینی بعد از جوشکاری

اقداماتی که توسط بازرس جوش بعد از جوشکاری انجام می‌شود، عبارتند از:

۱ ـ ظاهر نهایی جوش