۵-۱ معرفی جوشکاری ساختمانی (فصل اول)

۵ – ۱– ۱ مدار جوش قوس الکتریکی (۱–۳)

در شکل ۱–۱–الف **مدار جوشکاری** نشان داده شده است.

این مدار شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) **ماشین جوشکاری** که می‌تواند **ترانس**، **رکتیفایر**، و یا **موتور – مولد** (**دینام** یا **دیزل ژنراتور**) باشد. در این مورد در فصل دوم بحث کامل‌تری ارایه می‌شود.

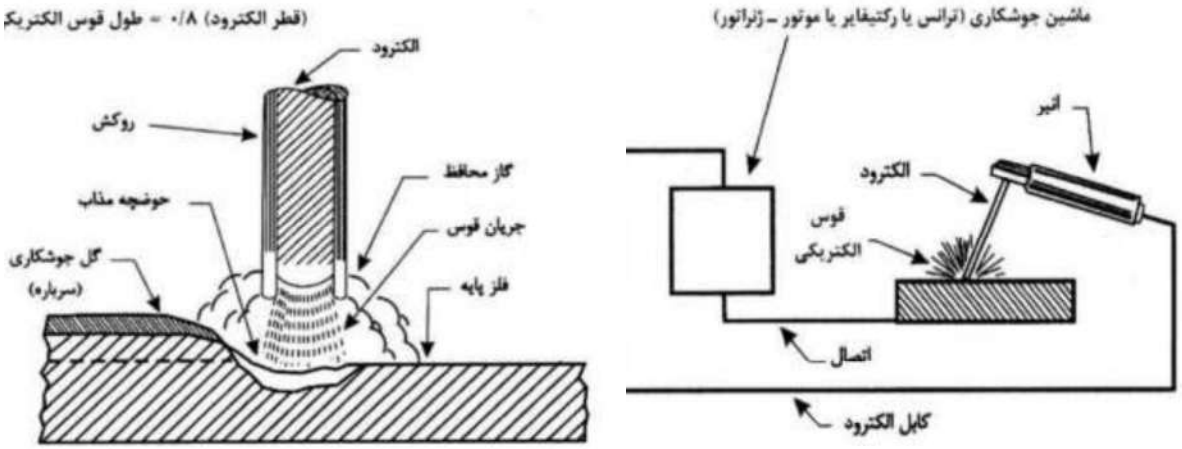
ب) **اتصال به فلز پایه**

پ) **اتصال به انبر و الکترود**

ت) **قوس الکتریکی**

اگر **نوک الکترود** به قطعه‌ی **فلز پایه** بچسبد، اصطلاحاً **اتصال کوتاه** حاصل شده و جریان زیادی در مدار برقرار می‌گردد که مورد نظر نمی‌باشد. اما اگر الکترود در فاصله‌ی معینی از **فلز پایه** قرار گیرد، **حرکت الکترون‌ها** باعث **یونیزه شدن هوا** و ایجاد **قوس الکتریکی** می‌شود. **مقاومت الکتریکی زیاد قوس**، **تولید حرارت** فوق العاده‌ای می‌نماید که باعث **ذوب الکترود** و لبه‌های دو قطعه فلز پایه در داخل **حوضچه‌ی مذاب** که در واقع **کوره‌ی ذوب** بسیار کوچکی می‌باشد، می‌گردد (شکل ۱–۱–ب).

در داخل **حوضچه**، **فلز پایه** و **فلز جوش** با هم آمیخته شده و با **حرکت الکترود** به سمت جلو، حوضچه‌های پشتی سرد و منجمد گشته و **نوار جوش** به وجود می‌آید.



الف– مدار جوشکاری **ب– تشکیل حوضچه مذاب در نوک الکترود**

شکل (۵–۱): مدار جوشکاری و جزئیات حوضچه‌ی مذاب (آیین‌نامه ۱–۱)

نوع جریان

جوشکاری قوس الکتریکی را می‌توان با **جریان یکسو** (مستقیم) و یا **جریان متناوب** برقرار نمود.

قطبیت[۱]

وقتی که برای جوشکاری از **جریان یکسو** استفاده می‌شود، **مدار جوشکاری** را می‌توان به دو صورت برقرار نمود:

اتصال با قطبیت منفی: در اتصال با **قطبیت منفی یا مستقیم**[۲]، **قطب منفی** به الکترود متصل می‌شود. در این حالت حدود $\frac{۲}{۳}$ حرارت حاصله در **فلز مبنا** و $\frac{۱}{۳}$ در الکترود آزاد می‌شود.

[۱] Polarity

[۲] DCEN or DCSP

mohammad-karimi.com

اتصال با قطبیت مثبت: در اتصال با **قطبیت مثبت یا معکوس**[1]، **قطب مثبت** به الکترود متصل می‌شود. در این حالت حدود $\frac{۱}{۳}$ حرارت حاصله در فلز مبنا و $\frac{۲}{۳}$ در الکترود رها می‌شود.

در **جوشکاری با جریان متناوب**، نظر به این‌که جهت جریان به تناوب عوض می‌شود، اتصال با قطبیت مثبت یا منفی مفهومی ندارد. در نتیجه نیمی از **حرارت حاصل از قوس الکتریکی**، در الکترود و نیمی دیگر در قطعه آزاد می‌شود.

۵ - ۱- ۲ عوامل مهم جوشکاری (۱-٤)

در **جوشکاری قوسی** چهار عامل مهم وجود دارد که تأثیر زیادی بر کیفیت جوش دارند و برای اینکه جوش خوبی به دست آید، لازم است هر یک از آنها با نوع کار و وسایل مورد استفاده هماهنگ شوند (شکل ۱-۲)

این چهار عامل متغیر عبارتند از:

۱- **شدت جریان**

۲- **طول قوس** یا **ولتاژ قوس**

۳- **سرعت پیشروی**

۴- **زاویه الکترود**

شدت جریان قوس متناسب با **قطر الکترود مصرفی** روی **ماشین جوشکاری** میزان می‌شود. هر چه **قطر الکترود** بیشتر باشد، (جریان مصرفی) بیشتر است. همیشه میزان آمپری که **سازنده الکترود** توصیه کرده است، مورد توجه قرار گیرد. 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.

تعیین شدت جریان (۱-٤-۱)

وقتی قوس برقرار شد و جوشکاری آغاز گردید مقدار آمپری که از **مدار جوشکاری** عبور می‌کند به **شدت جریان جوشکاری** موسوم است. **جریان قوس** متناسب با **قطر الکترود مصرفی** روی **ماشین جوشکاری** میزان می‌شود.

در جوشکاری با **الکترودهای روکشدار استاندارد**، **عدد آمپر** به طور تقریبی با **عدد قطر** برحسب هزارم اینچ برابر است.

بنابراین الکترود به قطر ۳/۲۵ میلی‌متر یا $\frac{۱}{۸}$ اینچ که برابر با ۰/۱۲۵ اینچ می‌باشد، با ۱۲۵ آمپر خوب کار می‌کند. وقتی صحبت از قطر می‌شود منظور **قطر سیم مغزه** است نه **قطر روکش الکترود**.

پرسش ۵-۱) در جوشکاری با الکترودهای روکش‌دار استاندارد، عدد آمپر به طور تقریبی: (آذر ۱۳۹۲ نظارت «٤۸»)

الف) با عدد قطر بر حسب هزارم سانتی‌متر برابر است.

ب) برابر است با $\frac{۱}{۸}$ اینچ یا ۰/۱۲۵ اینچ.

ج) با عدد قطر بر حسب هزارم اینچ برابر است.

د) برابر است با ۳/۲۵ میلی‌متر

پاسخ) با توجه به بند ۱-٤-۱، گزینه ج صحیح است.

طول قوس (۱-٤-۲)

طول قوس عبارت است از فاصله بین **سر الکترود** تا **سطح قطعه مورد جوشکاری** به هنگام برقراری قوس؛ **طول قوس** در **کیفیت جوشکاری** تأثیر زیادی دارد. طول قوس با **ولتاژ دو سر قوس** رابطه مستقیم دارد یعنی برای اینکه طول قوس سه برابر شود، نیاز به ولتاژ سه برابر خواهد داشت. به طور تجربی می‌توان گفت به ازای هر $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ طول قوس ۱۰ ولت بین دو سر قوس لازم است، به عبارت دیگر می‌توان گفت به ازای هر یک میلی‌متر قوس، تقریباً ۶/۳ ولت لازم است. یک قاعده کلی بیان می‌کند که: «طول قوس بایستی قدری کمتر از قطر الکترود مورد استفاده باشد» مثلاً با الکترود به قطر ۴ میلی‌متر، طول قوس بین ۳ تا ۴ میلی‌متر و ولتاژ ۲۰ تا ۲۲ ولت مناسب است.

[1] DCEP or DCRP

mohammad-karimi.com

عملاً برای جوشکاری اندازه‌گیری دقیق طول قوس هنگام جوشکاری مقدور نیست ولی **جوشکار** می‌تواند با گوش دادن به **صدای قوس** و یا تمرین، **طول قوس مناسب** را برقرار می‌سازد.

پرسش ۵-۲) از آنجائی‌که طول قوس در جوشکاری و کیفیت آن تأثیر زیادی دارد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (آذر ۱۳۹۲ نظارت «٤٧»)

الف) جوشکار با تجربه می‌تواند با گوش دادن به صدای قوس طول قوس مناسب را برقرار سازد.

ب) به ازای هر $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ طول قوس ۱۰ ولت بین دو سر قوس لازم است.

ج) طول قوس بایستی قدری کمتر از قطر الکترود مورد استفاده باشد.

د) هر سه مورد

پاسخ) با توجه به بند ۱-٤-۲، گزینه د صحیح است.

سرعت پیشروی (۱ - ۳-٤)

سرعت پیشروی قوس با **ضخامت فلز مورد جوشکاری**، مقدار جریان و اندازه، شکل یا **گرده** دلخواه جوش تغییر خواهد کرد. مطابق یک قاعده کلی سرعت پیشروی مناسب عبارتست از سرعتی که در اجرای یک **جوش تک پاسه ساده** با **طول قوس ثابت**، **حوضچه مذاب** تشکیل شده دو برابر **قطر الکترود** باشد.

زاویه الکترود (۱-٤-٤)

در جوشکاری ورق **حالت مسطح** (**حالت تخت**)، الکترود بایستی عمود بر ورق باشد و در حالت‌های دیگر بهتر است الکترود زاویه موجود جوشکاری را نصف نماید.

معمولاً انحراف تا ۱۵ درجه از آنچه گفته شد اشکالی ندارد. **محدوده زوایای مناسب جوشکاری** در وضعیت‌های مختلف جوشکاری در **آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی** ایران آمده است.

۵ - ۱- ۳ فرآیند جوشکاری (۱-۵)

فرآیندهای جوشکاری در سه رده عمومی قرار می‌گیرند:

۱- **جوشکاری دستی** ۲- **جوشکاری نیمه خودکار** ۳- **جوشکاری خودکار**

اختلاف سه فرآیند فوق در موارد زیر می‌باشد:

الف) **هدایت انبر** که در **جوشکاری دستی و نیمه خودکار** توسط **کارگر** انجام می‌شود.

ب) نوع الکترود که در **جوشکاری دستی** از **الکترود روکش‌دار** با طول محدود[۱] استفاده می‌شود و در **جوشکاری نیمه‌خودکار و خودکار** از **الکترود لخت** (بدون **روکش**) با **طول پیوسته** که دور **قرقره** پیچیده شده، استفاده می‌شود.

ب) نحوه **محافظت از نوار جوش مذاب** در حال سخت شدن

در **جوشکاری نیمه خودکار**، **هدایت انبر** توسط **جوشکار** انجام می‌شود، لیکن **طول الکترود** نامحدود است. **فرآیندهای جوشکاری خودکار و نیمه خودکار** به قرار زیر است:

۱- **جوش زیرپودری**

۲- **جوش تحت حفاظت گاز با الکترود فلزی**

۳- **جوش تحت حفاظت گاز با الکترود تنگستن**

۴- **جوش تحت حفاظت گاز با الکترود توپودری**

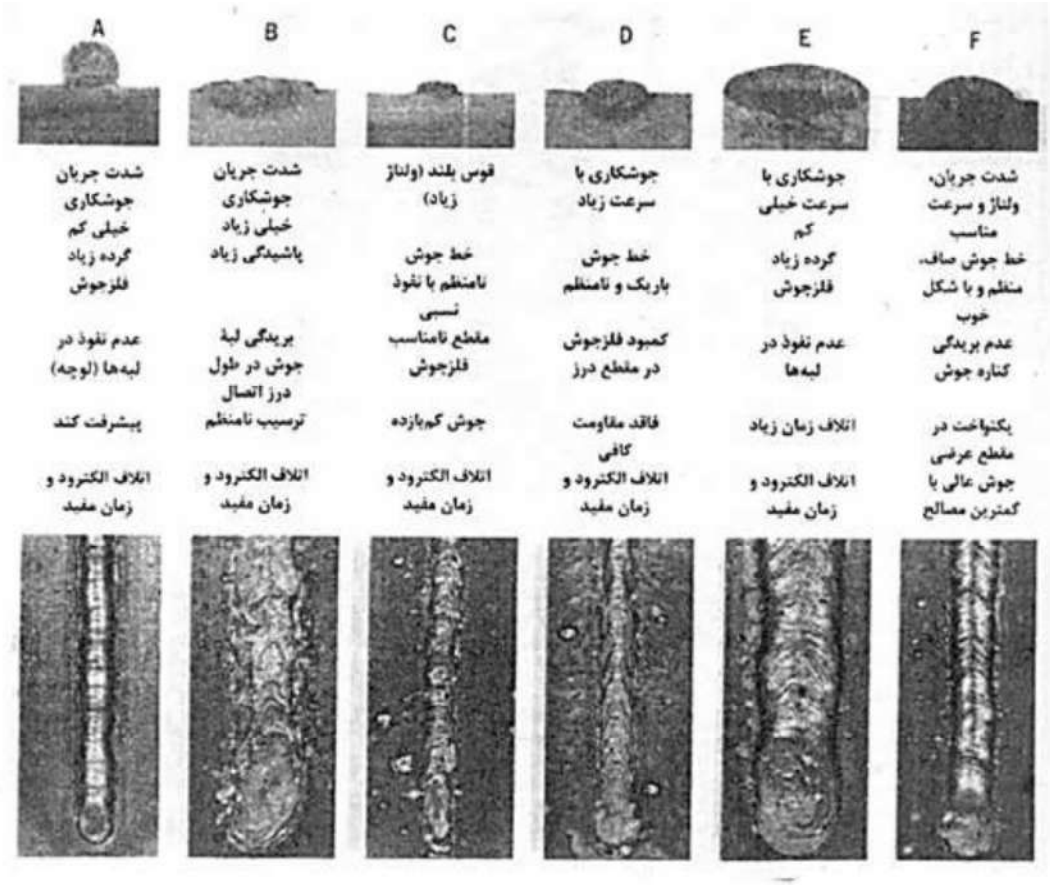
۵- **جوش گاز الکتریکی**

۶- **جوش سرباره الکتریکی**

۱

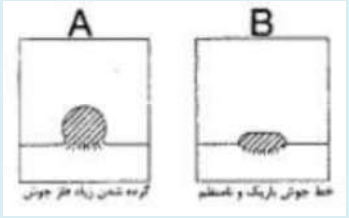
mohammad-karimi.com

تمایز قابل توجه در فرآیندهای فوق، نحوه **محافظت از نوار جوش** در حالت سخت شدن است. در **جوشکاری دستی** این کار توسط **روکش الکترود** که در حین **ذوب الکترود** با آن ذوب شده و به صورت **لایه سخت** در روی جوش خود را می‌بندد، انجام می‌شود. در سایر روش‌ها چون از **الکترود لخت** استفاده می‌شود، محافظت به سبک دیگری تأمین می‌گردد که در زمان مناسب مورد بحث قرار می‌گیرد.



شکل (۵-۲): تأثیر عوامل مهم روی کیفیت جوش (شکل ۱-۲)

پرسش ۵-۳) در دو تصویر زیر فلز پایه و نوار جوش در مقطع مشخص شده‌اند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر برای جوشکاری A و B به ترتیب صدق می‌کنند؟ (اردیبهشت ۱۴۰۲ نظارت «۵۴»)



الف) شدت جریان جوشکاری خیلی کم است، جوشکاری با سرعت زیاد انجام شده است.

ب) شدت جریان جوشکاری خیلی زیاد است، جوشکاری با سرعت بسیار کم انجام شده است.

ج) شدت جریان جوشکاری خیلی کم است، جوشکاری با سرعت بسیار کم انجام شده است.

د) جوشکاری با سرعت زیاد انجام شده است، شدت جریان جوشکاری خیلی زیاد است.

پاسخ) با توجه به شکل ۱-۲ از بند ۱-۵، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۴) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (بهمن ۱۳۴ نظارت «۱۰»)

الف) در جوشکاری نیمه خودکار، از روکش الکترود انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود.

ب) در جوشکاری نیمه خودکار، الکترود پیوسته و دور قرقره پیچیده شده است.

ج) جوشکاری خودکار، توسط دستگاه انجام می‌شود و نحوه محافظت از نوار جوش مذاب مشابه جوشکاری دستی می‌باشد.

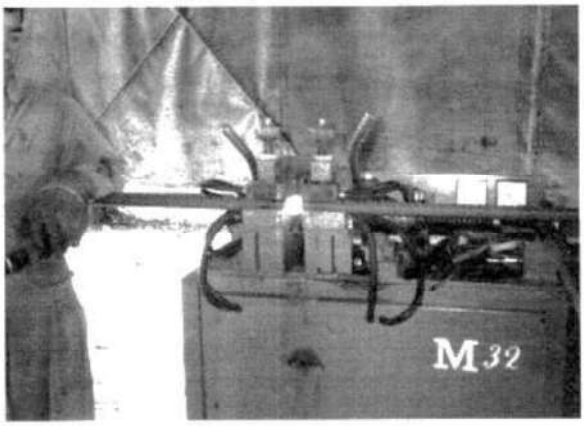
د) در جوشکاری دستی، روکش الکترود به طور مستقیم در فرآیند جوش دخالت دارد.

پاسخ) با توجه به بند ۱-۵، گزینه ب صحیح است.

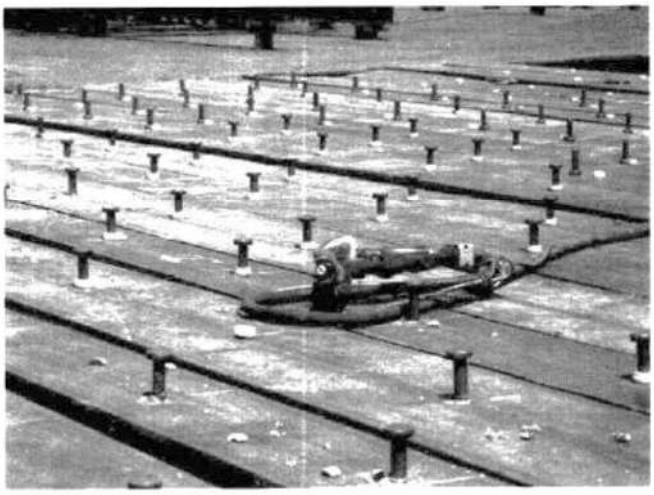
mohammad-karimi.com

۵ - ۱- ٤ جوشکاری گل‌میخ (۱-۱۲)

فرایند جوشکاری قوسی گل‌میخ از رایج‌ترین فرایندهای جوشکاری گل‌میخ‌های فلزی به فلز پایه می‌باشد، که از لحاظ ساختاری مشابه **روش SMAW** است. در این فرآیند **گل‌میخ فلزی** به عنوان الکترود عمل نموده و **قوس الکتریکی** بین **نوک گل‌میخ** و سطح ورق ایجاد می‌شود که منجر به ذوب و **ممزوج شدن گل میخ** با ورق فولادی می‌گردد. گل میخ در داخل یک **انبر تپانچه‌ای شکل** قرار گرفته و جهت محافظت **منطقه جوش** از یک **قطعه حلقوی سرامیکی** استفاده می‌شود. پس از برقراری قوس در یک زمان مشخص انبر تپانچه‌ای شکل گل‌میخ را به سمت **حوضچه مذاب** فشار داده و فرآیند جوشکاری به اتمام می‌رسد. در این فرآیند علاوه بر **ذوب کل مقطع گل‌میخ**، یک **جوش گوشه ظریف** هم اطراف گل‌میخ ایجاد می‌شود. مدت زمان کل فرآیند کمتر از یک ثانیه می‌باشد. (شکل ۱ - ۱۶)



شکل (۵-۳): جوش خمیری (شکل ۱-۱۵)



شکل (۵-٤): جوشکاری گل‌میخ به روش قوسی با انبر تپانچه‌ای شکل در کارگاه (شکل ۱-۱٦)

پرسش ۵-۵) در کدام‌یک از گزینه‌های زیر از یک قطعه حلقوی سرامیکی جهت محافظت از منطقه جوش استفاده می‌شود؟ (آبان ۱٤۰۳ نظارت «۵۷»)

الف) در اجرای جوشکاری جناغی یک‌طرفه

ب) در اتصال برشگیرهای قطعات ناودانی روی بال تیرآهن در سقف کامپوزیت

ج) از آنجائیکه سرامیک هادی نیست در جوشکاری استفاده نمی‌شود.

د) در اجرای گل‌میخ‌های برشگیر در عرشه فولادی

پاسخ) با توجه به بند ۱-۱۲، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های دی ۱۴۰۱ نظارت «۹» و مهر ۱۳۹۹ اجرا «۶» است.

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۶) در سقف‌های عرشه فولادی اتصال گل‌میخ‌ها (با استفاده از انبر تپانچه‌ای شکل) توسط چه الکترودی اجرا می‌شود و مدت جوشکاری برای هر گل‌میخ حدوداً چند ثانیه است؟ (مهر ۱۳۹۸ نظارت «۲٤»)

الف) الکترود با روکش دارای پودر آهن - ۳۰ ثانیه

ب) از گل‌میخ به عنوان الکترود استفاده می‌شود - کمتر از یک ثانیه

ج) الکترود با روکش کم‌هیدروژن - ۳۰ ثانیه

د) انواع الکترودهای روکش‌دار - ۲۰ ثانیه

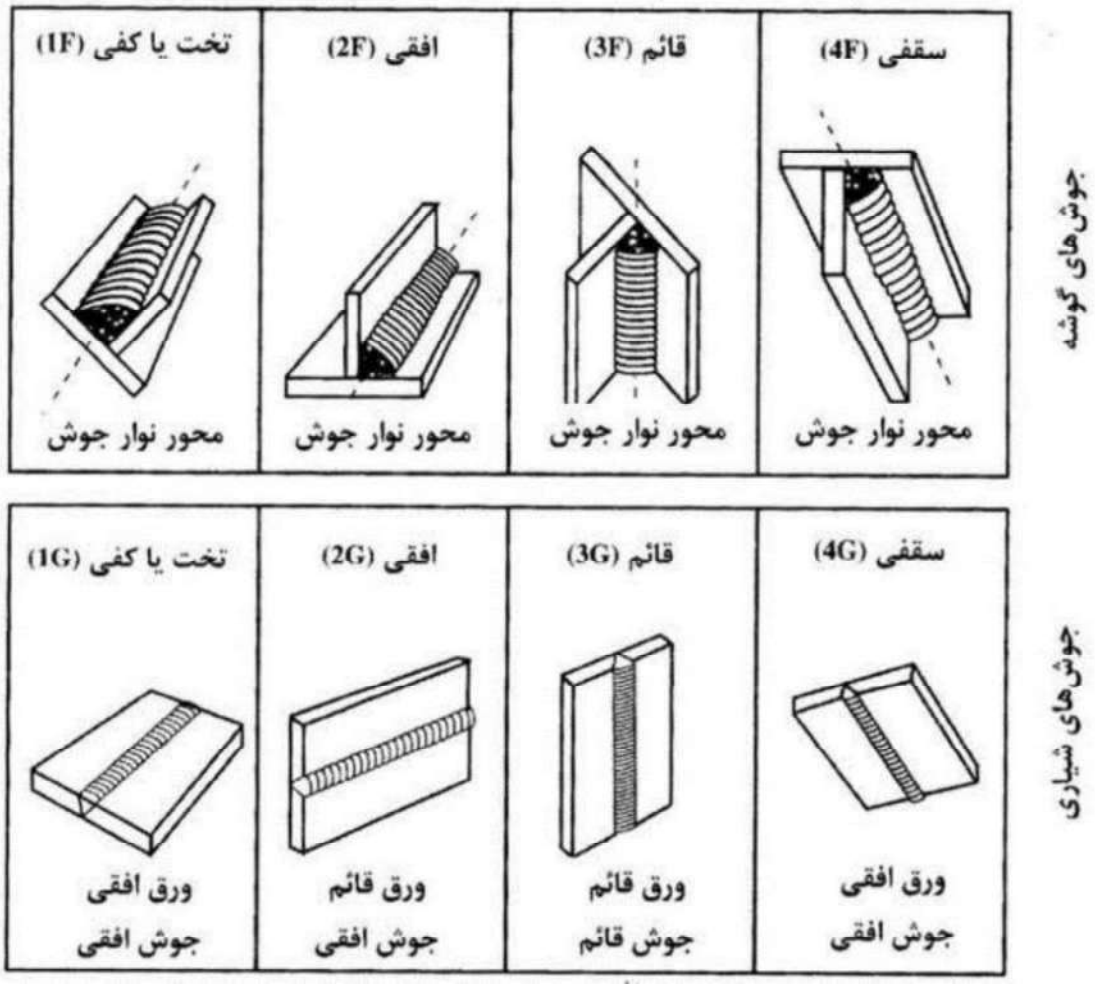
پاسخ) با توجه به بند ۱-۱۲، گزینه ب صحیح است.

۵ - ۱- ۵ وضعیت‌های جوشکاری (۱-۱۳)

بر حسب وضعیت قطعه‌ی مورد جوش و الکترود نسبت به هم چهار وضعیت جوشکاری وجود دارد:

- **وضعیت تخت یا کفی** (با علامت ۱F در **جوش گوشه** و ۱G در **جوش شیاری**)؛
- **وضعیت افقی** (با علامت ۲F در **جوش گوشه** و ۲G در **جوش شیاری**)؛
- **وضعیت سربالا** (با علامت ۳F در **جوش گوشه** و ۳G در **جوش شیاری**)؛
- **وضعیت سقفی** (با علامت ۴F در **جوش گوشه** و ۴G در **جوش شیاری**)؛

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



شکل (۵-۵): وضعیت‌های جوش‌کاری (آیین‌نامه ۱-۱۳)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۷) منظور از علامت 1F و 1G به ترتیب در جوشکاری چیست؟ (مهر ۱۳۹۶ اجرا «۷»)

الف) حالت جوشکاری سربالا در جوش گوشه و حالت جوشکاری سقفی در جوش شیاری

ب) حالت جوشکاری افقی در جوش گوشه و جوش شیاری

ج) حالت جوشکاری کفی در جوش گوشه و حالت جوشکاری کفی در جوش شیاری

د) حالت جوشکاری سقفی در جوش گوشه و حالت جوشکاری سربالا در جوش شیاری

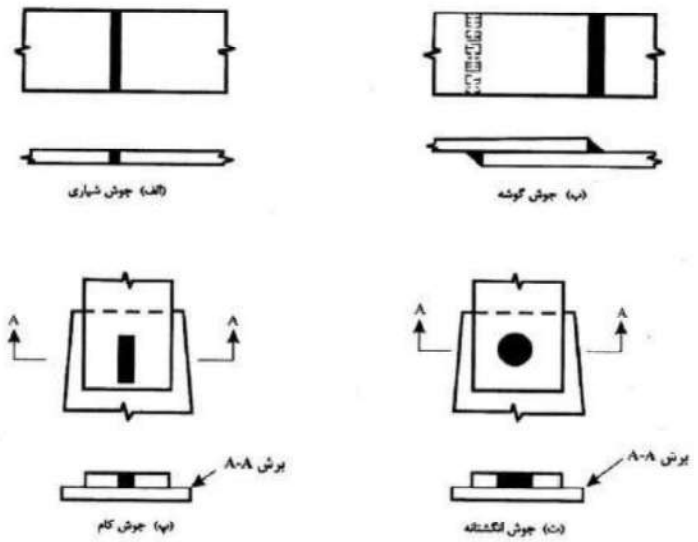
پاسخ) با توجه به بند ۱-۱۳، گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های خرداد ۱۳۹۳ نظارت «۴»، اسفند ۱۳۸۹ معماری تخصصی «۷۶»، اسفند ۱۳۸۹ «۱۹» و آذر ۱۳۸۸ تخصصی «۷۵» است.

۵ - ۱- ٦ انواع جوش (۱-۱٤)

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

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

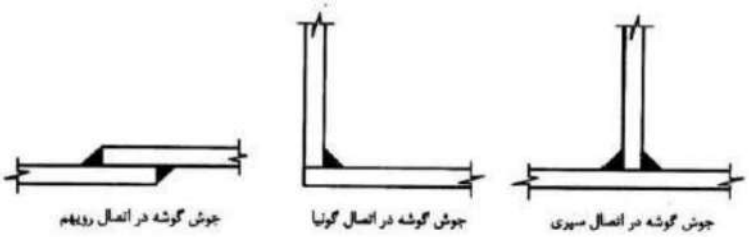


شکل (۵-٦): انواع جوش

جوش گوشه

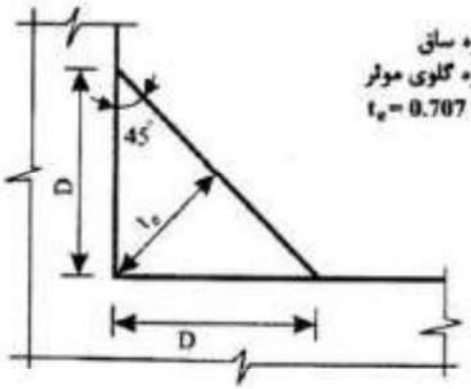
جوش گوشه **متداول‌ترین جوش** در **ساختمان‌های فولادی** است. از این جوش می‌توان در **اتصال رویهم**، **اتصال سپری** و **اتصال گونیا** از شکل ۱ - ۱۹ استفاده کرد که نتیجه آن در شکل ۱ - ۲۱ نشان داده شده است. در شکل ۱ - ۲۲ **مشخصات هندسی جوش گوشه** با دو ساق مساوی نشان داده شده است. در این شکل به اختلاف بین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

$$t_e = ۰/۷۰۷ D \qquad (۱-۱)$$



شکل (۵-۷): انواع جوش گوشه در اتصالات مختلف

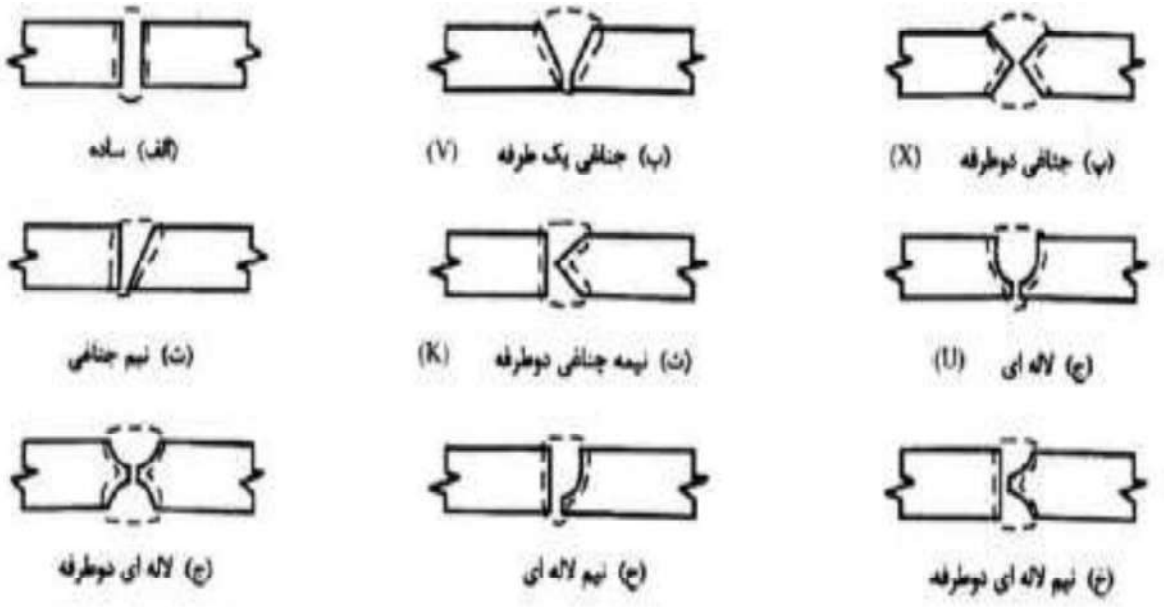
mohammad-karimi.com



شکل (۵-۸): 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** به منظور **نفوذ کامل** جوش آماده گردند. در شکل ۱-۲۳ انواع آماده‌سازی لبه‌ها ارائه شده است. در عمل اغلب از **درز ساده** و یا **درزهای جناغی** استفاده می‌شود.



شکل (۵-۹): انواع جوش شیاری

پرسش ۵-۸) در ساختمان‌های فولادی برای اتصال ورق‌ها به حالت‌هایی که در شکل زیر مشخص شده است، متداول‌ترین جوش کدام است؟ (آبان ۱۴۰۳ نظارت «۵۶»)



الف) جوش کام
ب) جوش شیاری
ج) جوش گوشه
د) جوش انگشتانه

پاسخ) با توجه به بخش جوش گوشه از بند ۱-۱۴، گزینه ج صحیح است.

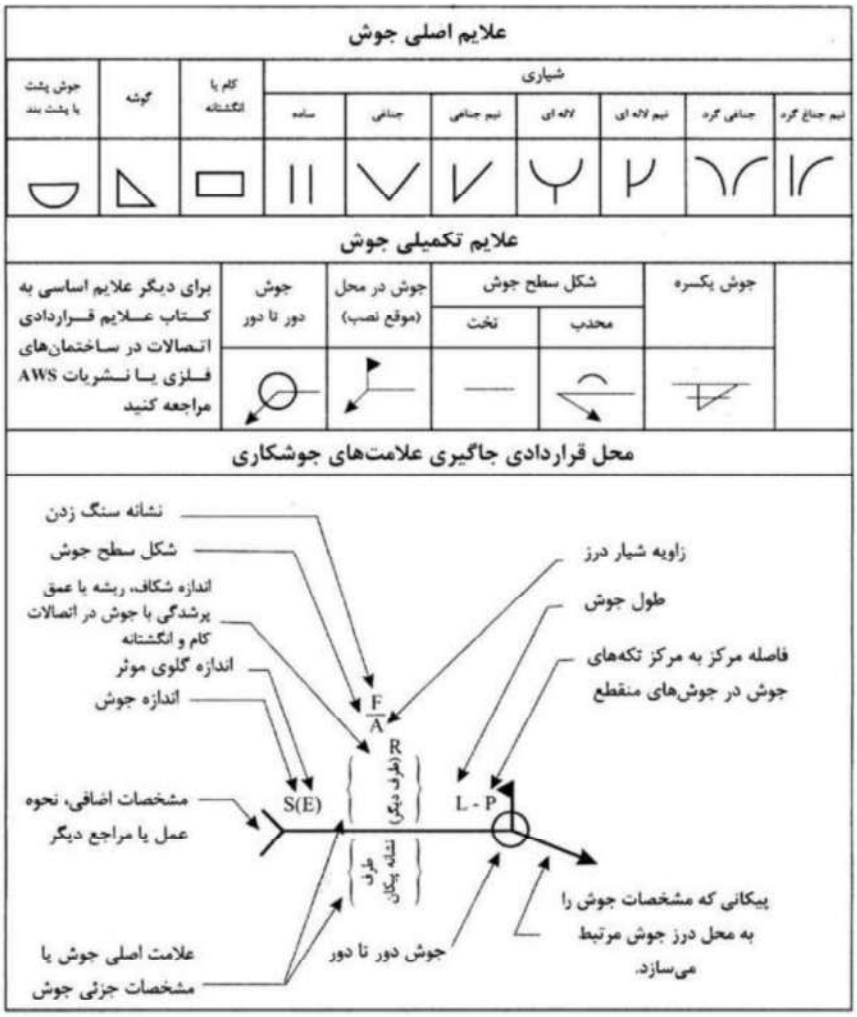
این پرسش، مشابه پرسش‌های دی ۱۴۰۱ نظارت «۱۱» و اسفند ۱۳۹۱ نظارت «۵۴» است.

mohammad-karimi.com

۵ - ۱- ۷ علائم جوشکاری (۱-۱۶)

قبل از این‌که یک درز یا اتصال جوش شود، طراح باید قادر باشد به طریقی دستورات خود را در مورد اندازه و نوع جوش لازم، به **نقشه‌کش** و یا **سازنده‌ی اتصال** ارایه نماید. انواع اصلی جوش در بخش قبل مورد بحث قرار گرفت. اگر برای ساخت هر اتصال جدیدی، به دستورالعمل‌های اختصاصی و مشروحی احتیاج باشد، کار طراح در تهیه‌ی دستور ساخت یک اتصال، بسیار مشکل می‌شود.

نیاز به یک وسیله‌ی ساده و در عین حال دقیق برای برقراری تفاهم میان **طراح** و **سازنده**، به استفاده از **علایم اختصاری** که نمایشگر انواع جوش‌ها و اندازه‌ی آن‌هاست، رواج بخشیده است. علایم استانداردی که در شکل آیین‌نامه ۱-۲۴ به نمایش درآمده است، به خوبی هر دستورالعمل اختصاصی، مشخص کننده نوع، اندازه، طول و محل هر جوش می‌باشد.



شکل (۵-۱۰): پیکان جوش (آیین‌نامه ۱-۲۴)

پرسش ۵-۹) در جوشکاری مقاطع فولادی علایم زیر به ترتیب از راست به چپ معرف چه جوش‌هایی می‌باشند؟ (اسفند ۱۴۰۲ نظارت «۴۲»)



الف) جوش پشت‌بند، جوش موازی، جوش کام

ب) جوش لاله‌ای، جوش کام، جوش شیاری

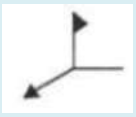
ج) جوش شیاری، جوش ساده، جوش کام

د) جوش ساده، جوش جناقی، جوش انگشتانه

پاسخ) با توجه به جدول ۱-۲۴ بند ۱-۱۶، گزینه ج صحیح است.

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۱۰) علامت مقابل در جوشکاری به چه معناست؟ (آذر ۱۳۹۲ اجرا «۲۵»)

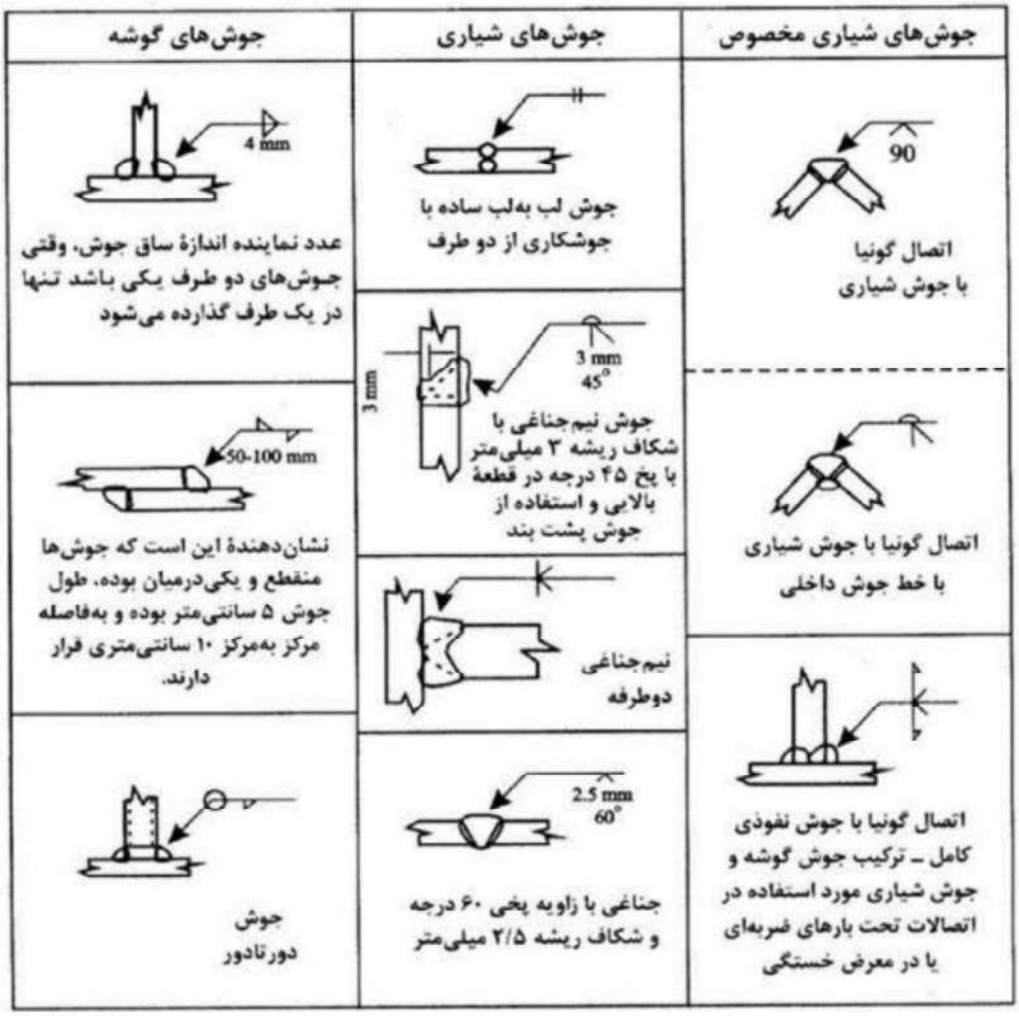


الف) جوش یکسره　　ب) جوش دور تا دور

ج) جوش در محل موقع نصب　　د) جوش محدب

پاسخ) با توجه به جدول ۱-۲٤ بند ۱-۱۶، گزینه ج صحیح است.

اغلب اتصالاتی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، احتیاج به دستورالعمل خاصی ندارند و به ترتیبی که به طور نمونه در شکل آیین‌نامه ۱-۲۵ نمایش داده شده مشخص می‌گردند.



شکل (۵-۱۱): کاربرد علایم جوش‌کاری (آیین‌نامه ۱-۲۵)

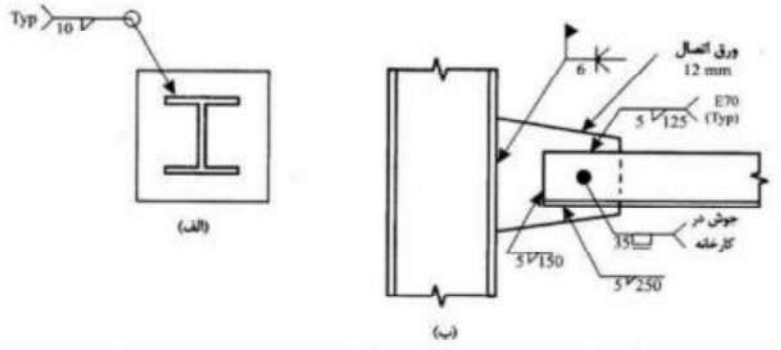
ممکن است خواننده احساس کند که تعداد علایم، بی‌جهت زیاد است، درصورتی‌که **سیستم نمایش جوش** به تعداد انواع اصلی تنظیم شده و با سرهم کردن آن‌ها دستورالعمل‌های کامل تهیه می‌شود. هرگاه از یک نوع اتصال خاص در قسمت‌های مختلف یک سازه استفاده به عمل آید، می‌توان تنها به نمایش یک جزییات تیپ مانند شکل آیین‌نامه ۱-۲۶-الف، بسنده کرد. هرگاه اتصالات خاص مورد استفاده قرار گیرند، باید به قدر کافی جزییات هر یک را مشخص ساخت تا هیچ تردیدی درباره‌ی نقطه‌نظرهای طراح باقی نماند (شکل آیین‌نامه ۱-۲۶-ب).

در شکل آیین‌نامه ۱-۲۶-ب، طراح مشخص ساخته که **جوش انگشتانه در کارخانه** و بر روی زمین انجام می‌گیرد در حالی که **جوش نیم‌جناغی دوطرفه** که ورق اتصال را به ستون متصل می‌سازد، در محل کارگاه و موقع نصب اجرا می‌شود.

از آنجایی‌که طراح مشخص نساخته که آیا **جوش گوشه متصل‌کننده نبشی به ورق** در کارخانه یا در کارگاه و محل نصب انجام پذیرد، **سازنده‌ی اسکلت فلزی** آزاد خواهد بود که در این مورد تصمیم بگیرد.

mohammad-karimi.com

در این مورد خاص بهتر است که جوش گوشه در کارخانه و قبل از نصب انجام شود. چرا که در غیر این صورت ممکن است **جوش انگشتانه** در حین عملیات نصب تحت **تنش‌های اضافی** قرار گیرد. عموماً به دلیل **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.



شکل (۵-۱۲): استفاده از علایم جوش (آیین‌نامه ۱-۲۶)

پرسش ۵-۱۱) چنانچه یک اتصال جوشی گونیا تحت بارهای ضربه‌ای یا در معرض خستگی قرار گیرد، کدام‌یک از انواع جوش‌های زیر مناسب‌تر است؟ (مهر ۱۳۹۹ اجرا «۵»)

الف) جوش نفوذی کامل، ترکیب جوش گوشه و جوش شیاری
ب) جوش انگشتانه
ج) جوش لب به لب ساده با جوشکاری از دو طرف
د) جوش نیم جناغی از یک طرف

پاسخ) با توجه به جدول ۱-۲۵ از بند ۱-۱۶، گزینه الف صحیح است.

۵ - ۱- ۸ کاربرد انواع جوش در ساختمان (۱-۱۷)

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 به ستون** برای **اتصال ورق‌های زیرسری و روسری به ستون** استفاده می‌شود.

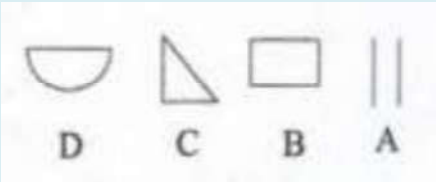
از جوش‌های شیاری در مواقعی که جوش تحت تنش‌های قائم قرار دارد استفاده می‌شود (شکل ۱ - ۲۷).

پرسش ۵-۱۲) آیا جوش گوشه باید طوری آرایش داده شود که تحت تنش‌های قائم قرار گیرد؟ جوش شیاری چطور؟ (خرداد ۱۴۰۴ نظارت «۵۶»)

الف) خیر، بلی
ب) بلی، خیر
ج) بلی، بلی
د) خیر، خیر جوش شیاری نباید تحت تنش‌های قائم قرار گیرد.

پاسخ) با توجه به بند ۱-۱۷، گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵-۱۳) کدام‌یک از جوش‌های زیر که با علامت اختصاری آن مشخص شده است بیشترین کاربرد را در اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی دارد؟ (مرداد ۱۴۰۳ اجرا «۴۴»)



الف) A
ب) C
ج) D
د) B

mohammad-karimi.com

پاسخ) با توجه به بند ۱-۱۷، جوش گوشه بیشترین کاربرد را در ساختمان دارد. مطابق بند ۱-۱۶ و جدول ۱-۲۴، علامت جوش گوشه مطابق شکل C است. بنابراین، گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های شهریور ۱۳۹۵ اجرا «۳۴»، آبان ۱۳۹۳ اجرا «۴۷»، آذر ۱۳۹۰ معماری عمومی «۳۹» و شهریور ۱۳۸۶ معماری عمومی «۱۵» است.

۵ - ۱- ۹ جوش‌پذیری (۱-۱۸)

اکثر **فولادهای ساختمانی** را می‌توان با روش **جوش قوس الکتریکی** با **درزهای سالم و قوی**، جوش داد. **جوش‌پذیری فولاد** به صورت قابلیت سهولت در حصول **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 به صورت متعارف جوش نمود.

جوشکاری بعضی از انواع فولاد راحت‌تر از سایر فولادها می‌باشد. از آنجایی که جوش ترکیبی از **فلز الکترود** و **فلز پایه** است، برای حصول **جوش خوب**، تعیین ترکیبات فلز جوش و فلز پایه، هر دو، لازم می‌باشد.

آلیاژهای غیرآهنی موجود در فولاد، عوامل عمده‌ی مؤثر بر **جوش‌پذیری** آن می‌باشند. در جدول آیین‌نامه ۱-۲ **حدود متعارف** این آلیاژها برای حصول **حداکثر سرعت جوشکاری** و **اقتصاد مناسب** کار ارایه شده است. فولادهایی که آلیاژهای آن‌ها بیشتر از مقادیر مندرج در این جدول است، احتیاج به **الکترودها** و **دستورالعمل‌های خاص جوشکاری** دارند. هم‌چنین به بند ۶-۱۰-۴ نیز مراجعه شود.

آلیاژهای فولادهای نرمه غالباً در محدوده‌های ذکر شده در جدول آیین‌نامه ۱-۲ قرار دارد. لیکن در **جوشکاری فولادهای پرضخامت**، حتی اگر از نوع **فولادهای نرمه** باشند، نیاز به دستورالعمل‌ها و توجهات خاص می‌باشد.

میزان بعضی از آلیاژهای موجود در **فولادهای پرمقاومت و آلیاژدار** از مقادیر جدول آیین‌نامه ۱-۲ تجاوز می‌نماید، در نتیجه جوشکاری آن‌ها نیز نیاز به دستورالعمل‌ها و توجهات خاص دارد.

جدول (۵-۱): حدود مناسب آلیاژهای فولاد برای حصول قابلیت جوشکاری مناسب (آیین‌نامه ۱-۲)

عنصر		دامنه‌ی مناسب (درصد)	درصورتی‌که مقدار هر یک از عناصر از مقادیر زیر تجاوز نماید، روش‌ها و تدابیر خاص در هنگام جوشکاری لازم است.
C	کربن	۰/۲۵ تا ۰/۰۶	۰/۳۵
Mn	منگنز	۰/۸ تا ۰/۳۵	۱/۴
Si	سیلیسیم	۰/۱ (حداکثر)	۰/۳
S	سولفور	۰/۰۳۵ (حداکثر)	۰/۰۵
P	فسفر	۰/۰۳ (حداکثر)	۰/۰۴

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

۱- **شکل و هندسه‌ی درز جوش**؛

۲- **حداقل نفوذ** به منظور جلوگیری از **رقیق‌شدگی**[1] **فلز جوش** با **عناصر آلیاژ ورق**؛

۳- **پیش‌گرمایش**، **دمای کنترل شده** برای **عبورهای (پاس‌های) میانی** و **کنترل حرارت القایی** از عمل جوشکاری به منظور به تأخیر انداختن **سرعت سرد شدن** و کاهش **تنش‌های انقباضی**.

۵ - ۱- ۱۰ پیش‌گرمایش (۱-۱۹)

پیش‌گرمایش که از عوامل مهم جلوگیری از ایجاد **ترک در جوش** می‌باشد، در عمل به یکی از دلایل زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- به منظور کاهش **تنش‌های انقباضی** در جوش و فلز پایه‌ی مجاور آن، به خصوص در درزهایی که **درجه‌ی گیرداری** آنها زیاد است.

۲- برای **کاهش سرعت انجماد** در گذر از **محدوده‌ی دمای بحرانی** (۷۲۰ تا ۹۹۰ درجه سلسیوس) به منظور جلوگیری از تردی و افزایش **شکل‌پذیری نوار جوش** و **ناحیه‌ی تفتیده** در **فلز پایه**.

[1] Dilution

mohammad-karimi.com

۳- برای **کاهش سرعت سرد شدن** در محدوده‌ی ۲۰۰ درجه سلسیوس برای اجازه دادن به خروج هرگونه **هیدروژن** جذب شده توسط **مصالح جوش** و **ناحیه‌ی تفتیده** در **فلز پایه**.

۴- برای افزایش **سرعت بحرانی مجاز سرد شدن** در زیر دمایی که **خطر ترک‌خوردگی** در زیر **نوار جوش** از بین رفته است.

۵ – به منظور **افزایش طاقت زخم**[۱] در **ناحیه‌ی جوش**

۶ – **کاهش دمای انتقال** در فلز پایه‌ی اطراف آن

در صورت استفاده از **الکترود کم هیدروژن**، **پیش‌گرمایش** را می‌توان به حداقل رسانید. در وضعیت‌هایی نظیر **جوشکاری ورق‌های خیلی ضخیم یا پر آلیاژ** و یا **درزهای با درجه‌ی گیرداری بالا**، نیاز به پیش‌گرمایش بیشتری است.

هر چند که پیش گرمایش فواید زیادی در بر دارد، لیکن به علت افزایش مخارج استفاده از آن، در مواردی توصیه می‌شود که به آن نیاز است.

حداقل پیش‌گرمایش

حداقل دمای پیش‌گرمایش و **دمای پاس‌های میانی** طبق توصیه‌های AWS در جدول آیین‌نامه ۱-۳ ارایه شده است. این حداقل‌ها باید با توجه به **حرارت جذب شده در حین جوشکاری**، **تجزیه‌ی شیمیایی فولاد**، **هندسه‌ی درز** و سایر عوامل اصلاح گردد.

جدول (۵-۲):حداقل دمای پیش‌گرمایش و دمای پاس‌های میانی طبق AWS (آیین‌نامه ۱-۳)

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

۲- وقتی که **دمای فلز پایه** کمتر از دمای توصیه شده برای ضخامت ورق است، برای هر دو حالت **خال‌جوش** و **جوش اصلی** باید پیش‌گرمایش انجام شود. پیش‌گرمایش باید به طریقی انجام شود که **دمای سطحی قطعاتی** که فلز جوش در روی آنها **ترسیب** می‌شود، به فاصله‌ای 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- وقتی که دمای فلز پایه کمتر از صفر باشد، با اعمال پیش‌گرمایش دمای آن باید به ۲۰ درجه سلسیوس برسد. **جوشکاران با تجربه** با **لمس قطعه**، **دمایی در حد بدن** را **دمایی مناسب برای جوشکاری مناسب** می‌دانند.

پرسش ۵-۱۴) در ساختمان‌های فولادی با مقاطع گرم نورد شده در چه صورت باید جوشکاری متوقف شود؟ (شهریور ۱۳۹۵ اجرا «۱۳»)

الف) در صورتی که دمای سطح کار از ٤- درجه سانتی‌گراد کمتر شود.

ب) در صورتی که دمای سطح کار از صفر درجه سانتی‌گراد کمتر شود.

ج) در صورتی که دمای سطح کار از ۵ درجه سانتی‌گراد کمتر شود.

د) در صورتی که دمای سطح کار از ۱۵- درجه سانتی‌گراد کمتر شود.

پاسخ) با توجه به توضیحات ۱ جدول ۱-۳ از بند ۱-۱۹، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش بهمن ۱۳۹۴ نظارت «۱۵» است.

۵-۲ وسایل و تجهیزات جوشکاری قوس الکتریکی (فصل دوم)

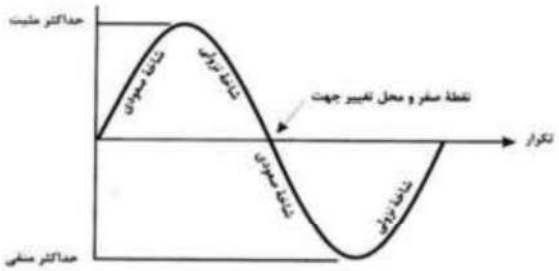
۵ – ۲– ۱ منابع انرژی جوشکاری (۲-٤)

هر نوع **فرآیند جوشکاری** هنگامی به حداکثر مقدار بازده خود می‌رسد که **منبع انرژی** طراحی شده متناسب با آن مورد استفاده قرار گیرد. 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.

[۱] Notch toughness

mohammad-karimi.com

جوشکاری قوس الکتریک به **شدت جریان الکتریکی** کافی (برحسب آمپر) برای **ذوب فلز پایه** و **الکترود**، و **ولتاژ مناسب** (برحسب ولت) برای **تولید قوس** نیاز دارد. الکترودها بسته به نوع و اندازه‌شان به ولتاژی حدود ۱۷ 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 آیین‌نامه ۲-۳ **چرخه‌ای از جریان متناوب** را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱۳): یک چرخه از جریان متناوب (آیین‌نامه ۲-۳)

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.

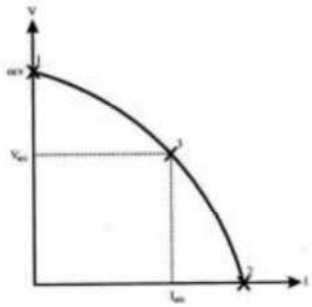
هنگامی که **جوشکاری با قطبیت مستقیم (منفی)** (DCSP) یا (DCEN) انجام می‌شود **انبر الکترود** به **خروجی منفی** و **فلز پایه** به **خروجی مثبت** وصل می‌گردد. در **قطبیت مستقیم یا قطبیت منفی**، **مسیر جریان** از **قطب منفی منبع انرژی** به سمت **الکترود**، سپس در **طول قوس الکتریکی** به سمت **قطعه‌ی فلز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

در **جوشکاری با قطبیت معکوس (مثبت)** (DCRP) یا (DCEP)، **انبر الکترود** به **قطب مثبت** و فلز پایه به **قطب منفی منبع انرژی** متصل می‌گردد. در **قطبیت معکوس**، **مسیر جریان الکتریکی** از **انتهای منفی منبع** به سمت **فلز پایه**، **قوس**، **الکترود** و سپس به سمت **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 تولید شده 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 (۵-۱۴): منحنی ولتاژ – آمپر (V.I.) (آیین‌نامه ۲-۴)

پرسش ۵-۱۵) به طور تقریبی محدوده ی شدت جریان الکتریکی و ولتاژ مناسب در جوشکاری قوس الکتریکی حدود ..... ولت و جریان تقریبی بین ..... آمپر می‌باشد. (آذر ۱۳۹۲ نظارت «۴۶»)

الف) ۱۷ تا ۴۵ – ۱۰۰ تا ۵۰۰ ب) ۱۰ تا ۳۰ – ۵۰ تا ۱۰۰

ج) ۲۲۰ – ۲۰ تا ۳۰ د) ۳۴۰ – ۵۰ تا ۱۰۰

پاسخ) با توجه به بند ۲-۴، گزینه الف صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵ – ۲– ۲ کابل و وسایل اتصال (۲–۷)

۵-۲-۲-۱ انبر الکترود (۲–۷–۲)

انبرهای فلزی: انبر فلزی الکترود وسیله‌ای برای نگه داشتن الکترود به صورت مکانیکی است. این وسیله **جریان الکتریکی جوشکاری** به الکترود می‌رساند و دارای یک **دسته عایق** می‌باشد که **دست جوشکار** را از **حرارت و جریان برق** محافظت می‌کند.

فک‌های انبر باید به گونه‌ای طراحی شوند تا بتوانند **الکترود** را محکم و در **زاویه دلخواه** نگه دارند. آنها باید از فلزی با **خاصیت هدایت الکتریکی** زیاد ساخته شده و در مقابل درجه حرارت زیاد مقاوم باشند (شکل ۲ – ۱۶). 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 استفاده زیاد و سخت را داشته باشد. **قسمت‌های انتقال جریان** باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا از گرم شدن بیش از حد آنها که باعث **گرم شدن زیاد دسته انبر** برای **جوشکار** خواهد شد، جلوگیری شود. به همین دلیل **اندازه انبر** باید متناسب با اندازه **ماشین جوشکاری** باشد، بدین معنی که برای یک ماشین جوشکاری با ظرفیت ۴۰۰ آمپر، **انبر الکترود** بزرگتری نسبت به یک ماشین با ظرفیت ۲۰۰ آمپر نیاز است. اغلب انبرها به طور کامل عایق بوده و در محلی از قطعه فلز مورد جوش قرار می‌گیرند که خطر تشکیل **مدار کوتاه** (**چسبیدن نوک انبر به قطعه**) وجود نداشته باشد. این مورد مخصوصاً مناسب کار در فواصل خیلی نزدیک به هم 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.

شکل (۵–۱۵): انبر الکترود با عایق کامل. این انبر بدون خطر تشکیل مدار کوتاه به قطعه کار وصل می‌شود.

پرسش ۵–۱۶) هنگام اجرای اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی در گیره چرخشی، برای جلوگیری از چرخش کابل اتصالی به گیره هنگام چرخش قطعه چه باید کرد؟ و آیا انبر الکترود معمولاً با اتصال بدون لحیم به کابل جوشکاری متصل می‌شود؟ (مرداد ۱۴۰۳ اجرا «۴۳»)

الف) در این نوع گیره کابل اتصالی همراه با گیره نمی‌چرخد – خیر

ب) هنگام چرخش قطعه، چرخش کابل اجتناب‌ناپذیر است – خیر

ج) در این نوع گیره کابل اتصالی همراه با گیره نمی‌چرخد – بلی

د) هنگام چرخش قطعه چرخش کابل اجتناب‌ناپذیر است – بلی

پاسخ) با توجه به بند ۲-۷-۲، گزینه ج صحیح است.

۵ – ۲– ۳ تجهیزات حفاظتی (۲–۸)

۵-۲-۳-۱ ماسک دستی[۱] و ماسک کلاهی[۲] (۲–۸–۱)

نور درخشان حاصل از قوس الکتریکی دارای دو نوع **پرتو نامرئی** می‌باشد که برای **چشم‌ها** و **پوست بدون محافظ** مضر است. یکی از پرتوها **اشعه‌ی فرابنفش** و دیگری **اشعه‌ی مادون قرمز** است. تکرار مشاهده این نور خواه به صورت مستقیم یا غیرمستقیم باعث **درد چشم** می‌شود که البته درد آن دایمی نیست. **جوشکاران** این نوع درد را «**ریگ داغ در چشم**[۳]» می‌گویند. این پرتوها گاه **سوزشی مشابه آفتاب سوختگی** 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.

---

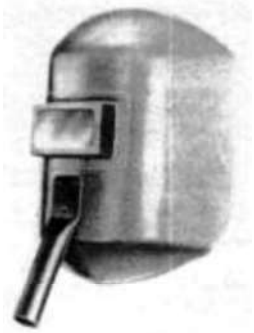
[۱] Hand shield

[۲] Head shield

[۳] اگر چشم در حین کار تحت تابش مستقیم قرار گیرد، هنگام خواب جرقه‌ها و نورهایی به خواب جوشکار می‌اید که بدان «چراغانی» در شب می‌گویند.

mohammad-karimi.com

پوشش‌های حفاظتی تنها برای مقابله با **پرتوهای زیان آور** نبوده بلکه جهت **حفاظت جوشکار** در مقابل **قطره‌های فلز مذاب** نیز هستند که بخصوص در **جوشکاری‌های قائم و سقفی** به **جوشکار** صدمه می‌زند. **ماسک دستی**، طبق شکل آیین‌نامه ۲-۱۷ 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 چرا که در هنگام استفاده از آن جوشکار تنها با یک دست قادر به کار کردن می‌باشد **و کنترل الکترود** و انجام همزمان یک عمل ضروری دیگر با یک دست امکان‌پذیر نیست.



ماسک کلاهی، طبق شکل آیین‌نامه ۲-۱۸ که گاهی **کلاه ایمنی**[۱] یا **سربند**[۲] نیز خوانده می‌شود، مانند یک **کلاه** استفاده می‌شود. این ماسک به یک **نوار روی سر**[۳] قابل تنظیم **لولا** می‌شود که به آن اجازه‌ی حرکت به سمت بالا یا پایین را به دلخواه می‌دهد. در هنگام استفاده از این ماسک هر دو دست جهت گرفتن **انبر الکترود** و شرکت در اعمال دیگر آزاد هستند.

شکل (۵-۱۶): ماسک دستی معمولا توسط بازرسین و ناظرین جوشکاری استفاده می‌شود. (آیین‌نامه ۲-۱۷)



وسایل ایمنی مذکور برای **قسمت فوقانی سر** تهیه شده‌اند، ولی جوشکاران باید یک نوع **کلاه چرمی**[۴] جهت حفاظت کامل‌تر بپوشند. این پوشش باید صاف بوده و فاقد **جیب** یا **لبه‌های گرد شده** باشد تا **قطرات فلز مذاب** را در خود نگه ندارد.

شکل (۵-۱۷): ماسک کلاهی استاندارد (آیین‌نامه ۲-۱۸)

هر دو نوع **ماسک دستی و کلاهی** از **مواد فیبری فشرده عایق و مقاوم به حرارت** ساخته شده‌اند. این ماسک‌ها به طور کامل **ناحیه‌ی سر و گردن** را از **ذرات فلز**، **دود**، **جرقه** و **پرتوهای خطرناک** محافظت می‌کنند. جهت کاهش **انعکاس نور** معمولاً به **رنگ سیاه** می‌باشند. این ماسک‌ها دارای یک **قاب پنجره‌ای** برای نگه داشتن **شیشه رنگی محافظ**[۵] هستند که اجازه می‌دهد جوشکار با ایمنی کامل عملیات را زیر نظر داشته باشد. اندازه‌ی این شیشه ۵×۱۱/۲۵ سانتی‌متر می‌باشد و رنگی است، به گونه‌ای که مانعی در مقابل **اشعه‌ی فرابنفش** و **مادون قرمز** و بسیاری از **اشعه‌های مرئی ناشی از قوس الکتریکی** می‌باشد. رنگ‌های مختلفی جهت **تیره کردن شیشه‌ی محافظ** ممکن است به کار رود. **چگالی رنگ انتخاب شده** بستگی به میزان **درخشش قوس** دارد که این درخشش بر اساس **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**، درجه‌ی ۱۲ توصیه می‌شود. **شیشه‌های تیره با کیفیت خوب**، جذب ۹۹/۵ درصد یا بیشتر از **اشعه‌ی مادون قرمز** و جذب ۹۹/۷۵ درصد یا بیشتر از **اشعه‌ی فرابنفش** را تضمین می‌کنند. استفاده از **شیشه‌های با صافی ضعیف** توصیه نمی‌شود.

---

[۱] Helmet

[۲] Hood

[۳] Head band

[۴] Leather cap

[۵] Protective lens

mohammad-karimi.com

وجهی از **شیشه محافظ** که رو به جوش قرار دارد (وجه بیرونی) توسط یک **شیشه‌ی شفاف**[1] محافظت می‌شود. این روکش به خاطر حفاظت **شیشه‌ی تیره‌ی اصلی** (که معمولا گران قیمت است) از **پاشیدگی فلز مذاب و شکستگی** است. **شیشه‌ی روکش** نسبتا ارزان قیمت بوده و ممکن است با یا بدون **پوشش شفاف**[2] تولید شود. روکش‌هایی که تحت **عملیات شیمیایی خاص** قرار می‌گیرند دوام بیشتری نسبت به انواع دیگر دارند. هنگامی که **شیشه‌ی روکش** بر اثر **دود** و **بخار** و **ترشحات جرقه جوشکاری** کثیف می‌شود، باید تعویض گردد. جوشکاری با **شیشه‌ی لکه‌دار** برای دید مضر بوده و موجب **التهاب چشم** می‌گردد. بعضی از جوشکاران محافظت هر دو طرف **شیشه‌ی رنگی** را با استفاده از **روکش شفاف** ترجیح می‌دهند.



نوع دیگری از **ماسک کلاهی** در شکل آیین‌نامه ۲-۱۹ نشان داده شده است. این نوع به خاطر **مجهز بودن به یک عینک** (یا **نقاب**) بازشو متمایز از انواع دیگر است. گیره‌ای که **شیشه‌ی محافظ اصلی** و **روکش شفاف** را نگه می‌دارد، با **اشاره‌ی انگشت** بالا زده می‌شود. یک **روکش شیشه‌ای شفاف** که در جای خود ثابت است **چشم‌ها** را از **پوسته‌ی 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 به هم و محیط بسته که در آوردن کل ماسک مشکل می‌باشد، مورد استفاده است.

شکل (۵-۱۸): ماسک جوشکاری با نقاب بازشو که اجازه می‌دهد جوشکار بدون در آوردن ماسک، جوش را بازرسی کرده و با برس سیمی آن را تمیز کند. (آیین‌نامه ۲-۱۹)

پرسش ۵-۱۷) برای محافظت و ایمنی جوشکاران در کارگاه، در صورتی که جوشکاری قوسی با الکترود فلزی با شدت جریان کمتر از ۳۰۰ آمپر باشد، درجه تیرگی شیشه محافظ حداقل چه عددی باید باشد؟ (خرداد ۱۴۰۴ اجرا «۴۴»)

الف) ۱۴ ب) ۱۲ ج) ۸ د) ۱۰

پاسخ) با توجه به بند ۲-۸-۱، گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۵-۱۸) در هنگام جوشکاری ..... (مهر ۱۳۹۶ نظارت «۳»)

الف) مشاهده غیرمستقیم جوش باعث درد چشم نخواهد شد.

ب) پرتوهای نامرئی جوش در فواصل کمتر از ۶ متر بر روی پوست اثر می‌گذارد.

ج) پرتوهای نامرتی حداکثر تا فاصله ۵ متر بر چشم اثر می‌گذارد.

د) بهتر است از ماسک‌های سفید که جذب حرارت کمتر دارند، استفاده شود.

پاسخ) با توجه به بند ۲-۸-۱، گزینه ب صحیح است.

ماسک‌های ویژه

ماسک‌های کلاهی زیر برای شرایط ویژه طراحی شده‌اند:

شیشه‌های با حوزه‌ی دید وسیع برای دید بهتر ممکن است در **ماسک‌های استاندارد معمولی** قرار داده شوند. اندازه‌ی این شیشه‌ها ۱۱/۲۵×۱۳/۱۲۵ سانتی‌متر است.

- **ماسک‌های کلاهی چرمی**[3]، در **مکان‌های صعب‌الورود** که فضای کافی برای **ماسک‌های معمولی** وجود ندارد استفاده می‌شود. این نوع دارای یک **دریچه‌ی تهویه‌ی گرد و کوچک در قسمت فوقانی** خود می‌باشد.
- ماسک‌های از جنس **فیبر 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.

[1] Cover glass

[2] Transparent coating

[3] Chrome leather helmet

mohammad-karimi.com

- **ماسک کلاهی با تهویه‌ی مطبوع**[1] دارای یک **مخزن هوای تازه** به همراه **شلنگ تغذیه** است که مستقیماً به سمت **ناحیه‌ی 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 تنفس** که از دو جهت برای جوشکاری اطمینان و ایمنی ایجاد می‌کند. اول آن‌که **هوای تمیز و خنک** که در مقابل **بخارات سمی محافظت شده** را فراهم می‌کنند. دوم، آن‌که این لوله‌ها دارای یک **شیر تنفس مخصوص** هستند که بخارات را از **داخل ماسک** خارج کرده و **دید واضح** برای جوشکار فراهم می‌کنند.

۵ – ۲– ٤ ابزارهای نشانه‌گذاری (۲–۱۳)

از این ابزارها برای **رسم خط برش**، بر طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، استفاده می‌شود. هنگام کار با **مشعل برشکاری**، به **خط نشانه‌ای** نیاز می‌باشد که بر اثر **شعله** محو نشود. **ابزارهای نشانه‌گذاری** عبارتند از **سوزن خط‌کشی** و **سنبه‌نشان**.

به کمک **سنبه‌نشان** می‌توان نشانه‌های لازم جهت تعیین **محل سوراخ‌کاری‌ها** را روی قطعات مشخص نمود.

روش دیگری برای **نشانه‌گذاری فلز** به منظور **برشکاری با مشعل** استفاده از **سنگ صابون** است. اثر این سنگ مانند **اثر گچ** است، اما در **دمای بالای برشکاری** نمی‌سوزد بنابراین مناسب است همیشه چند قطعه سنگ صابون در **جعبه ابزار** موجود باشد.

برای **رسم کمان یا دایره** از **پرگار فلزی** استفاده می‌شود؛ این وسیله نوعی **سوزن خط‌کشی شبیه پرگار** است، اما دو **نوک فولادی تیز** دارد.

لازم به ذکر است از **سوزن خط‌کشی** فقط باید برای **رسم خط برش** استفاده شود. این نکته به ویژه در هنگام **خط‌کشی ورق** صادق است، زیرا این خط **تمرکز تنش** ایجاد می‌کند و بسیار احتمال می‌رود که **ترک یا پارگی** از محل خط‌کشی آغاز شود.

پرسش ۵–۱۹) در ساختمان‌های فولادی آیا برشکاری با مشعل مجاز است؟ آیا برای نشانه‌گذاری می‌توان از سنگ صابون استفاده کرد؟ (دی ۱٤۰۱ اجرا «۵۱»)

الف) برشکاری با مشعل مجاز است ولی برش با مشعل باعث ذوب کردن و از بین رفتن نشانه‌گذاری‌های ایجاد شده با سنگ صابون می‌شود و بهتر است از گچ استفاده شود.

ب) برشکاری با مشعل مجاز نیست ولی می‌توان از سنگ صابون برای نشانه‌گذاری استفاده کرد.

ج) بلی – بلی

د) خیر – خیر

پاسخ) با توجه به بند ۲–۱۳، گزینه ج صحیح است.

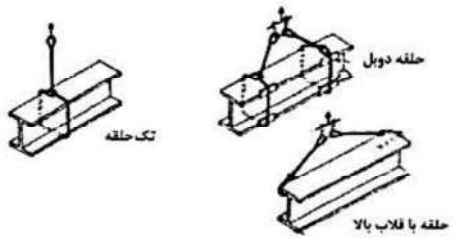
۵ – ۲– ۵ ابزار نصب (۲–۱٤)

ابزار نصب و وسایل و **ماشین‌آلاتی** که در **نصب سازه‌های فولادی** به کار می‌روند، بسته به نوع و اندازه سازه می‌توانند انواع مختلف داشته باشند. از طرف دیگر اغلب این وسایل طبق **استانداردهای سازندگان** مختلف تولید می‌شوند که از بین آنها انواع مخصوصی به اندازه و طرح‌های لازم را **مصرف‌کنندگان** متعدد انتخاب می‌کنند. هرگاه بخواهند باری را به **قلاب جراثقالی** آویزان کنند، اگر اندازه و وزن بار اجازه چنین عملی را بدهد، می‌توان مطابق شکل ۲ – ۲۹ آن را به وسیله حلقه‌ای از **طناب فلزی** به **قلاب** آویزان کرد. طناب اصلی از یک قطعه طناب با طول مناسب که هر دو انتهای آن را به صورت حلقه کوچکی در آورده‌اند، تشکیل می‌شود. این طناب را دور قطعه به گونه‌ای که یکی از دو سر طناب از **حلقه کوچک** سر دیگر آن بگذرد مهار می‌کنند.

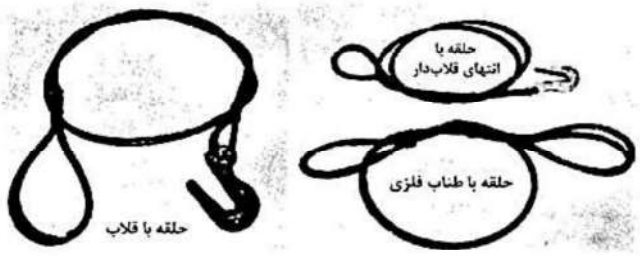
میله اهرم، **اسباب کشش**، **تخماق** برای جفت کردن و رسانیدن قطعه به وضعیت مورد دلخواه آن برای اتصال به کار می‌روند. از **پین** و **آچار کج** برای **همسو کردن سوراخ‌های قطعات** استفاده می‌شود (شکل ۲ – ۲۹ ــ پ).

[1] Air-conditioned helmet

mohammad-karimi.com



الف ـ روش آویزان کردن قطعات فلزی



ب ـ انواع حلقه‌های متداول طناب‌های فلزی



پ ـ ابزار کشش و جفت کردن قطعات فولادی

شکل (۵-۱۹): ابزار نصب سازه های فولادی

پرسش ۵-۲۰) هر سه ابزار تیفور، تخماق و میله اهرم در کدام‌یک از فعالیت‌های ساختمانی بیشترین کاربرد را دارد؟ (دی ۱٤۰٤ اجرا «٤»)

الف) جابه‌جایی مصالح به طبقات
ب) جوشکاری قطعات فولادی
ج) اجرای نمای خشک سنگی
د) پی‌ریزی

پاسخ) با توجه به بند ۲-۱٤، گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵-۲۱) در جابه‌جایی مقاطع فولادی در کارگاه توسط جراثقال آیا می‌توان آنرا با طناب فلزی به صورت تک حلقه جابه‌جا کرد؟ (مرداد ۱٤۰۰ اجرا «۸»)

الف) خیر

ب) بلی، فقط در صورتی که طناب از حداقل دو سوراخ ایجاد شده در مقطع فولادی گذشته باشد.

ج) بلی فقط در صورتی که طناب حداقل دو دور مقطع فولادی را گرفته باشد.

د) بلی

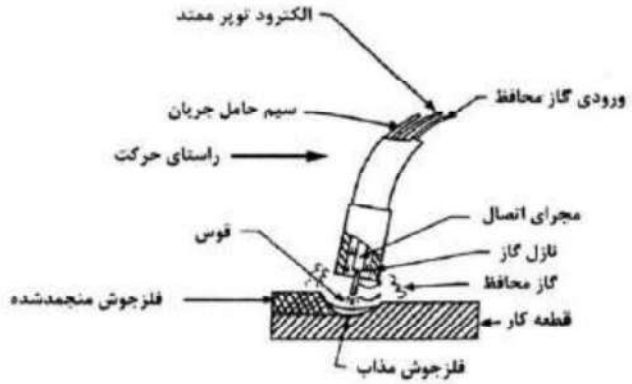
پاسخ) با توجه به شکل ۲-۲۹-الف، گزینه **د** صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵ - ۲- ٦ تجهیزات جوشکاری تحت حفاظت گاز (۲-۱۵)

انبر جوشکاری تحت حفاظت گاز و سایر متعلقات (۲-۱۵-۱)

کار اصلی انبر جوشکاری تحت حفاظت گاز (شکل ۲ -۳۰) **هدایت الکترود** و **گاز محافظ** در **منطقه جوش** و **انتقال انرژی الکتریکی** به الکترود می‌باشد. صرف‌نظر از نوع کاربرد و برای ایجاد حداکثر کاربری، انواع **مختلف انبر جوشکاری** تحت **حفاظت گاز** طراحی و تولید شده است: **انبرهای سنگین مخصوص کار با جریان بالا** و **انبرهای سبک برای کار با جریان ضعیف** و جوشکاری در مکان نامناسب.



شکل (۵-۲۰): فرایند جوشکای تحت حفاظت گاز

موارد ذیل **اجزای اصلی انبر جوشکاری تحت حفاظت گاز** می‌باشند:

- **مجرای اتصال**
- **نازل گاز**
- **مجرای سیم جوش** (**فنر تورچ**)
- **شلنگ سیم جوش**
- **شلنگ آب** (برای **انبرهای آب خنک**)
- **کابل انتقال جریان**
- **سوئیچ کنترل**

از **مجرای اتصال** که معمولاً از جنس **مس** یا **آلیاژ مس** است برای **انتقال انرژی الکتریکی** به **سیم‌جوش** و **هدایت سیم‌جوش** به سمت قطعه کار استفاده می‌شود. مجرای اتصال از طریق **کابل جریان** به **منبع تغذیه** متصل است. **سطح داخلی مجرای اتصال** بسیار مهم است، چرا که ضمن ایجاد **تماس الکتریکی خوب**، **سیم جوش** نیز باید به راحتی از طریق آن تغذیه شود. با توجه به **سایز سیم جوش** و **مواد جوشکاری**، سایز مناسب مجرای اتصال انتخاب می‌شود. مجرای اتصال باید در جای خود کاملاً محکم و دقیقاً در **مرکز نازل گاز محافظ** قرار گرفته باشد.

نازل گاز، ستونی است که یک **جریان یکنواخت از گاز محافظ** را به **منطقه جوش** هدایت می‌کند، این جریان یکنواخت اهمیت بسیاری در ایجاد **محافظت کافی از فلز جوش مذاب** در مقابل **آلودگی هوا** دارد.

پرسش ۵-۲۲) کدام‌یک از موارد زیر در مورد مجرای اتصال، در یکی از روش‌های جوشکاری صحیح است؟ (مهر ۱۳۹۶ نظارت «٤»)

الف) از مجرای اتصال برای هدایت سیم جوش به سمت قطعه کار استفاده می‌شود.

ب) مجرای اتصال معمولاً از جنس مس یا آلیاژ مس است.

ج) مجرای اتصال نقش انتقال انرژی الکتریکی را دارد.

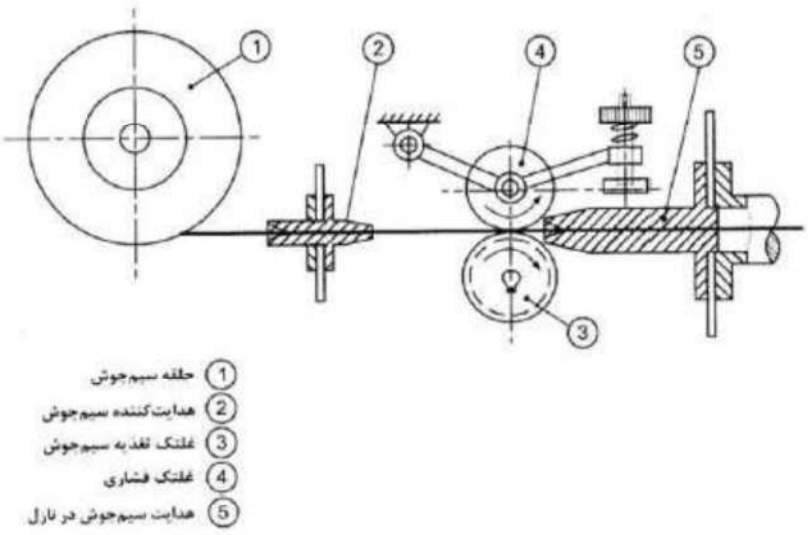
د) هر سه مورد

پاسخ) با توجه به بند ۲-۱۵-۱، گزینه **د** صحیح است.

mohammad-karimi.com

موتور تغذیه سیم جوش (۲-۱۵-۲)

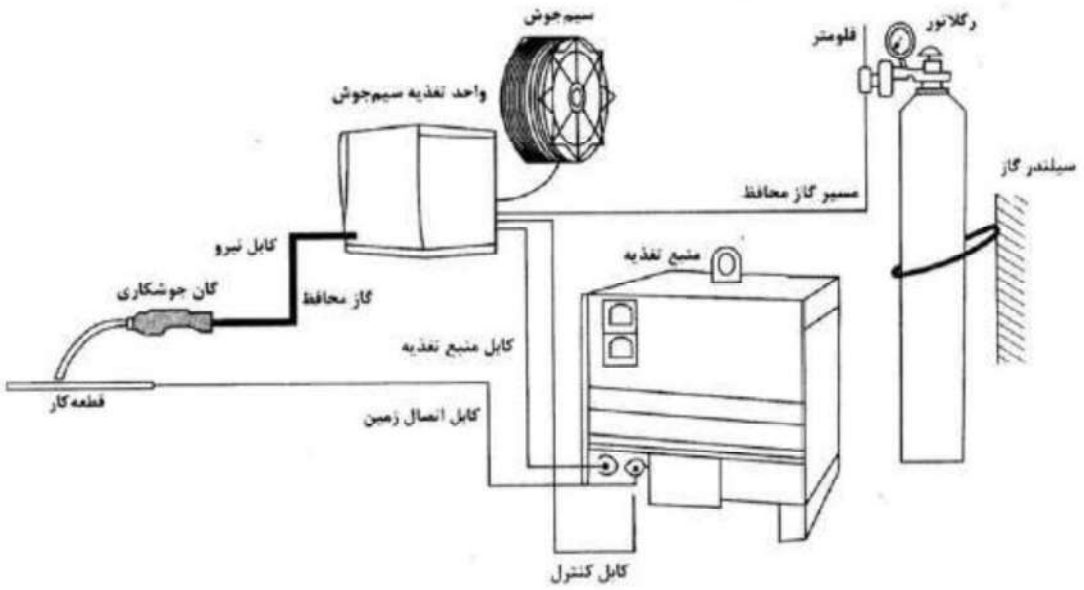
موتور تغذیه، **سیم جوش** را در **طول انبر جوشکاری** تحت حفاظت گاز به سمت **قطعه کار** هدایت می‌کند. **تغذیه‌کننده‌های «نیمه خودکار - سرعت ثابت»** دارای **کنترل‌کننده‌های الکترونیکی** هستند که موجبات **استارت منظم فرآیند**، **تنظیم خودکار نوسانات ولتاژ** و واکنش‌های لحظه‌ای به **سرعت تغذیه سیم‌جوش** را فراهم می‌کند. در تغذیه‌کننده‌های مختلف معمولاً سرعت بین ۱/۹ تا ۲/۵ متر در دقیقه می‌باشد (شکل ۲ - ۳۱).



شکل (۵-۲۱): واحد تغذیه سیم

کنترل جوشکاری (۲-۱۵-۳)

در **فرآیندهای نیمه خودکار**، **کنترل جوشکاری** و **موتور تغذیه سیم جوش** در یک جعبه واحد قرار دارند (شکل ۲- ۳۲). **وظیفه اصلی کنترل جوشکاری** تنظیم **سرعت موتور تغذیه سیم‌جوش** از طریق استفاده از **سیستم کنترل الکترونیکی** می‌باشد. **سرعت موتور** به صورت دستی قابل تنظیم است و می‌توان آن را در سرعت‌های متنوعی قرار داد که با یک **منبع تغذیه ولتاژ ثابت** منجر به ایجاد **جریان‌های الکتریکی متفاوت** می‌شوند. با استفاده از **سلنوئیدها**، **جریان گاز و آب** نیز همزمان با آغاز و پایان جوشکاری تنظیم می‌شود. کنترل همچنین می‌تواند ضمن **تنظیم توان** آغاز و پایان جریان جهت حفاظت از **حوضچه جوش مذاب**، مقدار کمی گاز به عنوان گاز بعد از جریان اعمال نماید.



شکل (۵-۲۲): فرایند نیمه‌خودکار

mohammad-karimi.com

رگلاتورهای گاز محافظ (۲- ۱۵ - ٤)

برای نگه داشتن **سرعت جریان** و **فشار گاز محافظ** در طول جوشکاری به یک **سیستم تنظیم‌کننده** نیاز است. **رگلاتور**، **فشار مخزن گاز** را تا رسیدن به یک فشار ثابت کاهش می‌دهد. رگلاتورها دو مرحله‌ای یا تک مرحله‌ای می‌باشند و می‌توان **جریان‌سنج** را روی خود رگلاتور نصب نمود. فشار در **رگلاتورهای دو مرحله‌ای**، ثبات بیشتری نسبت به **رگلاتورهای تک مرحله‌ای** دارد (شکل ۲ - ۳۳).

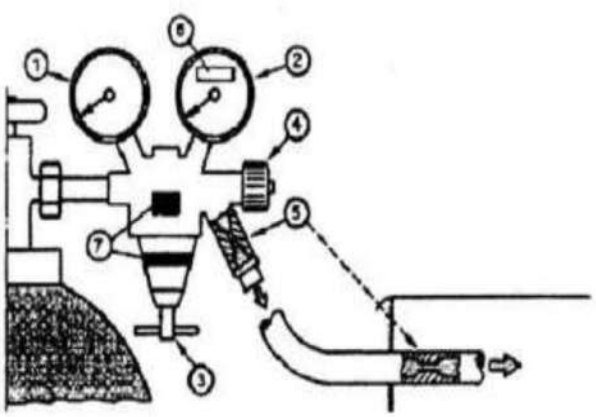
منبع تغذیه (۲ - ۱۵ - ۵)

منبع تغذیه، **انرژی الکتریکی** را برای **ایجاد قوس** بین **سیم‌جوش** و **قطعه کار** تأمین می‌کند. در اکثریت قریب به اتفاق کاربردهای GMAW، از **جریان مستقیم** - **قطبیت مثبت** استفاده می‌شود. بنابراین **کابل مثبت** به **انبر** و **کابل منفی** به **قطعه کار** متصل می‌شود.

انواع اصلی منابع تغذیه جریان مستقیم عبارتند از:

۱ - **موتور - ژنراتور** (چرخشی)

۲ - **ترانسفورماتور - رکتیفایر** (استاتیک)



شکل (۵-۲۳): انواع رگلاتورهای گاز محافظ با نمایشگر نوع گاز

معمولاً در **کاربردهای کارگاهی** که **منبع انرژی الکتریکی** در دسترس قرار دارد، **ترانسفورماتور - رکتیفایر** ترجیح داده می‌شود، در حالی که از **موتور - 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**، به همراه یک **تغذیه سیم‌جوش سرعت ثابت** باعث ایجاد **ولتاژ ثابت** در طول جوشکاری می‌شود. دلیل اصلی انتخاب **منابع ولتاژ ثابت**، به علت **خودکار بودن تنظیم طول قوس** در سیستم می‌باشد.

۵-۳ الکترود (فصل سوم)

۵ - ۳- ۱ روکش الکترود (۳-٤)

جایگزینی یا بهبود فلز پایه (۳ - ٤ - ۱)

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

یکی از شیوه‌های نسبتاً جدید، اضافه کردن **پودر آهن** به **روکش الکترود** می‌باشد. در **حرارت شدید قوس الکتریکی**، **پودر آهن** به **فولاد** تبدیل شده و به **ترسیب جوش** روی **فلز مبنا** کمک می‌کند.

با افزایش مقداری **پودر آهن** به **مواد روکش**، **بازده جوشکاری** افزایش یافته و **ظاهر جوش** بهبود می‌یابد. به الکترودهایی که دارای **پودر آهن** هستند، **الکترودهای پر بازده** می‌گویند. **بازده جوش** چنین الکترودهایی زیاد بوده و معمولاً از آنها در **حالت تخت** استفاده می‌شود.

ورود الکترودهای کم هیدروژن به **صنعت جوشکاری**، اصلاح و بهبود خواص جوشکاری **فولادهای پرکربن**، **فولاد آلیاژی**، **فولاد پرگوگرد** و **فولادهای فسفردار** را به دنبال داشت. بعضی از فولادها تمایل به **تخلخل** و ترک در زیر **نوار جوش** را دارند که **کاهش مقدار هیدروژن** در جوشکاری این خواص مضر را برطرف می‌کند.

mohammad-karimi.com

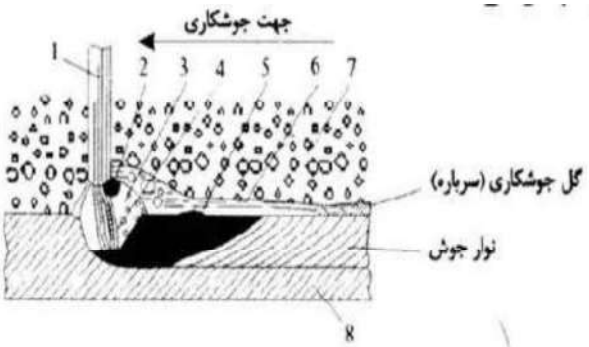
کنترل خصوصیات قوس الکتریکی (۳-٤-۲)

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 مانند **عایق** روی **مفتول الکترود** عمل می‌کند. تمایل به **امتزاج با فلز پایه** در **الکترودهای روکش‌دار** نسبت به **الکترودهای بدون روکش** کمتر است و این الکترودها اجازه **رواداری** بیشتری را در **طول قوس** می‌دهند. **کنترل دقیق‌تر و بهتر قوس الکتریکی**، اجازه استفاده از **شدت جریان بیشتر** و **الکترودهای ضخیم‌تری** را می‌دهد.

۳-٤-۳- وظایف روکش الکترود یا پودر در جوش زیر پودری

روکش الکترود دارای عملکردهای زیر است:

- تأمین **حفاظ گازی** در مقابل ورود **اکسیژن** و **ازت** به **حوضچه مذاب** و ایجاد **پوششی از سرباره مذاب** روی **فلز مذاب جوشکاری** (شکل ۳ - ۱).
- مشابه یک **نظافتچی** در **زدودن اکسیدها و آلودگی‌ها** عمل می‌کند.
- **نرخ سرد شدن فلز جوش** را کاهش می‌دهد و به تبع از آن **جوش با شکل‌پذیری زیاد** ایجاد می‌کند.
- باعث **سهولت شروع عملیات جوشکاری**، **تثبیت قوس** و **کاهش میزان پاشیدگی جوش** می‌گردد.
- باعث **نفوذ بهتر و ذوب کامل‌تر فلز مبنا** می‌گردد.
- **شکل ظاهری نوار جوش** را کنترل می‌کند.
- **سرعت جوشکاری** را افزایش می‌دهد.



شکل (٥-٢٤): مقطع عرضی از عمل قوس، حفاظ گاز و جریان فلز مذاب در خلال جوشکاری زیرپودری

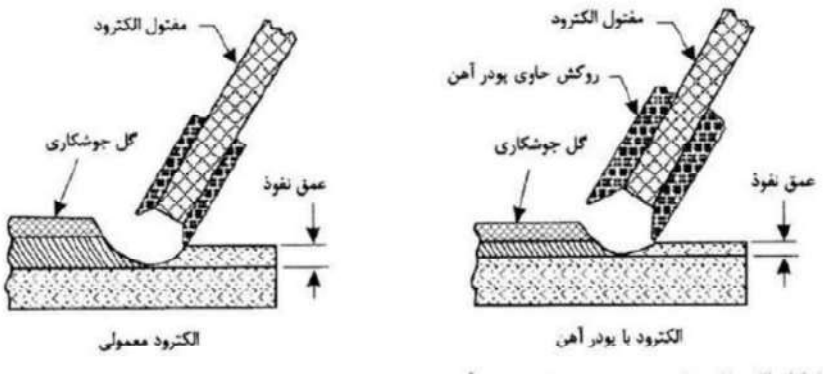
مواد تشکیل دهنده روکش الکترود (۳-٤-٤)

نوع روکش الکترود، 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 الکترودهاست. در **روکش الکترود سیلیکات سدیم و پتاسیم** عموماً به عنوان **حامل** (**ملات**) به کار می‌روند. بعضی از **چسب‌های گیاهی** نیز دارای کاربردهای محدودی در این زمینه هستند. **آلیاژها و فلزات خالص** به عنوان **عناصر احیاکننده** و **عناصر آلیاژی** به کار می‌روند. **فلزات قلیایی خاکی** بهترین **تثبیت کننده قوس الکتریکی** هستند. **خاک اره**، **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**، **آلومینا**، **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 فوق الذکر را دارند.

mohammad-karimi.com

پودر آهن

پودر آهن به روکش بسیاری از انواع الکترودها اضافه می‌شود. در **حرارت شدید قوس الکتریکی**، پودر آن به فولاد تبدیل شده و **بر فلز جوش** می افزاید. هنگامی که **پودر آهن** به مقدار نسبتاً زیادی (حدود ۳۰ درصد یا بیشتر) به **ترکیب روکش الکترود** اضافه می‌شود، **سرعت جوشکاری** به طور محسوسی افزایش یافته، قوس تثبیت شده و **پاشیدگی جوش** کاهش می‌یابد و **گل جوش** به راحتی جدا می‌شود (شکل ۳ - ۲). سطح جوش انجام شده با این الکترودها بسیار صاف است (جوش‌های H و I در شکل ۳ -۴)



شکل (۵-۲۵): روکش ضخیم‌تر حاوی پودر آهن، اثر بوته‌ای در انتهای الکترود ایجاد می‌کند که موجب افزایش بازده انرژی حاصل از قوس الکتریکی می‌گردد.

پرسش ۵-۲۳) آیا به ترتیب یکی از عوامل پاشیدگی جوش، افزایش درصد پودر آهن در ترکیب روکش الکترود است؟ و آیا ضخیم‌تر شدن روکش حاوی پودر آهن باعث ایجاد اثر بوته‌ای در انتهای الکترود می‌شود؟ (آبان ۱۴۰۳ نظارت «۵۵»)

الف) خیر – بلی ب) بلی – خیر ج) خیر – خیر د) بلی - بلی

پاسخ) با توجه به شکل ۳-۲، گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش خرداد ۱۳۹۳ نظارت «۷» است.

پرسش ۵-۲۴) با افزایش پودر آهن به میزان ۳۰ درصد یا بیشتر به ترکیب روکش الکترود، کدام مورد اتفاق می‌افتد؟ (اسفند ۱۳۸۹ معماری تخصصی «۷۵»)

الف) با کاهش پاشیدگی جوش، گل جوش براحتی جدا می‌شود. ب) قوس جوشکاری تثبیت می‌شود.

ج) سرعت جوشکاری بطور قابل ملاحظه‌ای زیاد می‌شود. د) همه موارد

پاسخ) با توجه به بند ۳-۴-۴، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش اسفند ۱۳۹۱ نظارت «۵۳» است.

روکش‌های کم هیدروژن

الکترودهای کم‌هیدروژن نتیجه تحقیقات در خلال **جنگ دوم جهانی** می‌باشند. موضوع این تحقیقات یافتن الکترودی برای جوشکاری **ورق‌های ضخیم زرهی** (مورد استفاده در **زره‌پوش‌ها** 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 نوار جوش** در **فولادهای کربن‌دار** و **فولاد آلیاژی** می‌گردد. با **حذف هیدروژن**، از ایجاد **ترک‌های زیر و مجاور نوار جوش** جلوگیری شده و **فولادهای ضخیم و سخت** می‌توانند بدون **عملیات پیش‌گرمایش** و یا با پیش‌گرمایش کم جوش داده شوند. به علاوه، این الکترودها در **فولادهای پرگوگرد** تولید **نوار جوش غیر متخلخل** کرده و از ایجاد انقباض‌های بعد از جوش در **فولاد فسفردار** جلوگیری می‌کنند. **اضافه کردن پودر آهن به روکش الکترود**، **نرخ ترسیب جوش مذاب** را افزایش می‌دهد.

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

تأمین محدوده وسیعی از **خواص مورد نظر جوشکاری** با اضافه کردن تعدادی **عناصر آلیاژی** نظیر **کلوئید کربن**، **منگنز**، **کروم**، **نیکل**، **مولیبدنیم** و **وانادیم** به ترکیب ساختمانی روکش این نوع الکترود امکان‌پذیر است.

mohammad-karimi.com

قوس ایجاد شده با این نوع الکترود تند و شدید نبوده و دارای **نفوذ متوسطی** است. گل ایجاد شده ضخیم و ترد بوده و به راحتی تمیز می‌شود. در جوشکاری با این نوع الکترود باید از **قوس کوتاه** استفاده کرد. **قوس بلند** باعث **مکش هیدروژن** (**افزایش رطوبت**) شده که موجب **تخلخل** و **دخول سرباره در نوار جوش** می‌شود.

با استفاده از **تکنیک‌های صحیح جوشکاری**، تأمین جوشی با کیفیت خوب و جوابگوی **آزمایش رادیوگرافی** امکان‌پذیر است.

پرسش ۵-۲۵) در جوشکاری به ترتیب کدام‌یک از موارد زیر قابلیت تنظیم ترکیب فلز جوش را دارد؟ و آیا می‌توان فولادهای ضخیم و سخت را بدون عملیات پیش‌گرمایش و یا با پیش‌گرمایش کم جوش داد؟ (دی ۱٤۰٤ اجرا «۵»)

الف) روکش الکترود، بلی ب) اکسیدها، بلی ج) روکش الکترود، خیر د) اکسیدها، خیر

پاسخ) با توجه به بندهای ۳-٤-۱ و ۳-٤-٤، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۲۶) در جوشکاری هنگامی که پودر آهن به مقدار بیش از ۳۰ درصد به ترکیب روکش الکترود اضافه می‌شود ..... و در صورت فقدان هیدروژن در ترکیب اجزای روکش الکترود ..... (اسفند ۱۳۹۵ اجرا «۳۸»)

الف) سرعت افزایش می‌یابد - فولادهای ضخیم و سخت نیاز به پیش‌گرمایش دارند.

ب) سرعت افزایش می‌یابد - فولادهای ضخیم و سخت می‌توانند با پیش‌گرمایش کم یا بدون آن جوشکاری شوند.

ج) پاشیدگی جوش افزایش می‌یابد - الکترودها در هوای مرطوب نیز قابل استفاده خواهند بود.

د) پاشیدگی جوش کاهش می‌یابد - ایجاد ترک‌های ریز در جوشکاری فولادهای کربن‌دار اجتناب‌ناپذیر است.

پاسخ) با توجه به مطالب پودر آهن و روکش‌های کم‌هیدروژن از بند ۳-٤-٤، گزینه ب صحیح است.

تأثیر روکش بر قطبیت (۳ -٤ - ۵)

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 - ۱ تأثیر وجود روکش را بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی فلز جوش شرح می‌دهد.

جدول (۵-۳):مقایسه 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
مقاومت نهایی $f_u(kg/cm^2)$	۳۵۰۰-۴۲۰۰	۴۲۰۰-۵۲۵۰	۳۸۰۰-۴۹۰۰
تنش تسلیم $f_y(kg/cm^2)$	۲۶۶۰-۳۱۵۰	۳۱۵۰-۴۲۰۰	۲۱۰۰-۲۲۴۰
افزایش طول در ۵ سانتی‌متر (درصد)	۵-۱۰	۲۰-۴۰	۳۰-۴۰
افزایش طول در خم آزاد (درصد)	۱۰-۲۰	۳۵-۶۰	-
کاهش سطح مقطع (درصد)	۸-۲۰	۳۵-۶۵	۶۰-۷۰
چگالی	۷/۵-۷/۷	۷/۸۰-۷/۸۵	۷/۸۵
مقلومت خستگی (**حد دوام**) kg/cm^2	۸۴۰-۱۲۶۰	۱۸۲۰-۲۱۰۰	۱۸۲۰-۲۱۰۰
آزمایش ضربه ایزود (kg/m)	۳/۵-۱۰/۵	۲۸-۴۹	۳۵-۵۶

پرسش ۵-۲۷) در جوشکاری با جریان یکسو منظور از قطبیت معکوس چیست؟ و درصد افزایش طولی در فلز جوش حاصل از الکترود روکش‌دار بیشتر است یا الکترود بدون روکش؟ (بهمن ۱۳۹۷ نظارت «٤۲»)

الف) الکترود منفی – الکتروید بدون روکش ب) الکترود منفی - الکترود روکش‌دار

ج) الکترود مثبت - الکترود بدون روکش د) الکترود مثبت – الکترود روکش‌دار

پاسخ) با توجه به بند ۳-٤-۵، گزینه د صحیح است.

mohammad-karimi.com

جدول (۵-٤):خصوصیات جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه

ازدیاد طول نسبی در ۵۰ میلی متر	نقطهٔ تسلیم kg/cm^2	حداقل مقاومت کششی kg/cm^2	جدا شدن سرباره (کل)	پاشیدگی	ظاهر نوار جوش	سرعت حرکت	نفوذ	نوع جریان	وضعیت جوشکاری	نوع روکش	
٪۲۲	۳۵۰۰	۴۳۴۰	**تقریباً آسان**	**متوسط**	**موجدار و تخت**	متوسط	**عمیق**	**DCRP**	**تمام وضعیت‌ها**	**پر سلولز – سدیمی**	E۶۰۱۰
٪۲۲	۳۵۰۰	۴۳۴۰	تقریباً آسان	متوسط	موجدار و تخت	متوسط	عمیق	**DCRP a. c.**	تمام وضعیت‌ها	**پر سلولز – پتاسیمی**	E۶۰۱۱
٪۱۷	۳۸۵۰	۴۶۹۰	**آسان**	**کم**	**صاف و محدب**	**خوب**	**متوسط**	DCSP a. c.	تمام وضعیت‌ها	**روتیلی* – سدیمی**	E۶۰۱۲
٪۱۷	۳۸۵۰	۴۶۹۰	آسان	کم	**صاف و تخت تا محدب**	خوب	**کم**	DCRP, **DCSP** a.c.	تمام وضعیت‌ها	روتیلی – **پتاسیمی**	E۶۰۱۳
٪۱۷	۴۲۰۰	۴۹۰۰	آسان	کم	صاف و تخت تا محدب	زیاد	متوسط	DCRP, DCSP. .a.c	تمام وضعیت‌ها	روتیلی – **پودر آهن**	E۶۰۱۴
٪۲۲	۴۲۰۰	۴۹۰۰	تقریباً آسان	کم	صاف و محدب	خوب	کم تا متوسط	DCRP	تمام وضعیت‌ها	**کم هیدروژن سدیمی**	E۶۰۱۵
٪۲۲	۴۲۰۰	۴۹۰۰	**خیلی آسان**	کم	صاف و محدب	خوب	**کم تا متوسط**	DCRP, .a.c	تمام وضعیت‌ها	**کم هیدروژن پتاسیمی**	E۶۰۱۶
٪۲۵	۳۵۰۰	۴۳۴۰	خیلی آسان	کم	صاف و تخت تا مقعر	**زیاد**	عمیق	d.c ,a.c : تخت افقی DCSP a. c.	**تخت – افقی**	**اکسید اهن**	E۶۰۲۰
٪۱۷	۴۲۰۰	۵۰۴۰	آسان	کم	صاف و کمی محدب	**خیلی زیاد**	کم	DCRP, DCSP. .a.c	تخت – افقی	روتیل – پودر اهن	E۶۰۲۴
٪۲۵	۳۵۰۰	۴۳۴۰	آسان	کم	**تخت تا مقعر**	خیلی زیاد	متوسط	d.c ,a.c : تخت افقی DCSP a. c.	تخت – افقی	پودر اهن – اکسید اهن	E۶۰۲۷
٪۲۲	۴۲۰۰	۵۰۴۰	خیلی آسان	کم	صاف و تخت تا محدب	زیاد	کم	DCRP a. c.	تمام وضعیت‌ها	پودر آهن – کم هیدروژن	E۷۰۱۸
٪۲۲	۴۲۰۰	۵۰۴۰	خیلی آسان	کم	صاف و کمی محدب	خیلی زیاد	کم	DCRP a. c.	تمام وضعیت‌ها	پودر آهن – کم هیدروژن	E۷۰۲۸

a. c. = **جریان متناوب** ، d.c = **جریان مستقیم** ، DCRP = **جریان یکسو با قطبیت معکوس** (**الکترود مثبت**)

* **روتیل اکسید نیتان** می‌باشد.

mohammad-karimi.com

جدول (۵-۵):دامنه شدت جریان الکتریکی برای جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه و فولاد کم آلیاژ

قطر الکترود اینچ (میلی متر)	دامنه شدت جریان (آمپر)								
	نوع الکترود								
	E۶۰۱۰, E۶۰۱۱	E۶۰۱۲	E۶۰۱۳	E۶۰۲۰	E۶۰۲۷	E۶۰۱۴	E۷۰۱۵, E۷۰۱۶	E۷۰۱۸	E۷۰۲۴, E۷۰۲۸
$\frac{1}{16}$ (۱/۶)	-	۲۰-۴۰	۲۰-۴۰	-	-	-	-	-	-
$\frac{5}{64}$ (۲)	-	۲۵-۶۰	۲۵-۶۰	-	-	-	-	-	-
$\frac{3}{32}$ (۲/۴)	۴۰-۸۰	۳۵-۸۵	۴۵-۹۰	-	-	۸۰-۱۲۵	۸۰-۱۲۵	۷۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۴۵
$\frac{1}{8}$ (۳/۲)	۷۵-۱۲۵	۸۰-۱۴۰	۸۰-۱۳۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۲۵-۱۸۵	۱۱۰-۱۶۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۱۵-۱۶۵	۱۴۰-۱۹۰
$\frac{5}{32}$ (۴)	۱۱۰-۱۷۰	۱۱۰-۱۹۰	۱۰۵-۱۸۰	۱۳۰-۱۹۰	۱۶۰-۲۴۰	۱۵۰-۲۱۰	۱۴۰-۲۰۰	۱۵۰-۲۲۰	۱۸۰-۲۵۰
$\frac{3}{16}$ (۴/۸)	۱۴۰-۲۱۵	۱۴۰-۲۴۰	۱۵۰-۲۳۰	۱۷۵-۲۵۰	۲۱۰-۳۰۰	۲۰۰-۲۷۵	۱۸۰-۲۵۵	۲۰۰-۲۷۵	۲۳۰-۳۰۵
$\frac{7}{32}$ (۵/۶)	۱۷۰-۲۵۰	۲۰۰-۳۲۰	۲۱۰-۳۰۰	۲۲۵-۳۱۰	۲۵۰-۳۵۰	۲۶۰-۴۰	۲۴۰-۳۲۰	۲۶۰-۳۴۰	۲۷۵-۳۶۵
$\frac{1}{4}$ (۶/۴)	۲۱۰-۳۲۰	۲۵۰-۴۰۰	۲۵۰-۳۵۰	۳۷۵-۳۷۵	۳۰۰-۴۲۰	۳۳۰-۴۱۵	۲۹۰-۳۰۰	۳۱۵-۴۰۰	۳۳۵-۴۳۰
$\frac{5}{16}$ (۸)	۷۵-۴۲۵	۳۰۰-۵۰۰	۳۲۰-۴۳۰	۳۴۰-۴۵۰	۳۷۵-۴۷۵	۳۹۰-۵۰۰	۳۷۵-۴۷۵	۳۷۵-۴۷۰	۴۰۰-۵۲۵



شکل (۵-۲۶): محل شماره طبقه‌بندی الکترود برای الکترود روکش‌دار با محل گیره انتهایی (ته‌گیر)

پرسش ۵-۲۸) در صورتی‌که قطر سیم مغزه الکترودهای فولاد نرمه و کم آلیاژ از نوع E۶۰۱۴، $\frac{1}{8}$ اینچ باشد، دامنه شدت جریان الکتریکی برای جوشکاری با این الکترودها: (اردیبهشت ۱۳۹۷ نظارت «۱۵»)

الف) ۱۲۵ آمپر است ب) از ۱۵۰ تا ۲۱۰ آمپر است.

ج) از ۱۱۰ تا ۱۶۰ آمپر است. د) از ۱۰۰ تا ۱۵۰ آمپر است.

پاسخ) با توجه به جدول ۳-۳، گزینه ج صحیح است.

۵ - ۳- ۲ طبقه‌بندی و شماره‌گذاری الکترودها طبق AWS (۳-۵)

الکترودها برحسب **خواص مکانیکی مفتول فولادی**، **نوع پوشش** و **وضعیت جوشکاری** طبقه‌بندی و برای شناسایی شماره‌گذاری می‌شوند. **سیستم شماره‌گذاری بر اساس AWS**، یک عدد چهار یا پنج رقمی می‌باشد که به دنبال حرف E قرار می‌گیرند.

حرف E مخفف کلمه‌ی **الکترود** است. اولین دو رقم سمت چپ (یا سه رقم اول در سیستم پنج رقمی) **حداقل مقاومت کششی مفتول الکترود** را برحسب کیلوپوند (هزار پوند) بر اینچ مربع نشان می‌دهد (اگر این عدد در ۷۰ ضرب شود، مقاومت بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع به دست می‌آید). برای مثال مقاومت کششی الکترود E۶۰۱۰، مساوی (۴۲۰۰ kg/cm^2) ۶۰۰۰۰ psi و الکترود E۷۰۱۰، مساوی (۴۹۰۰ kg/cm^2) ۷۰۰۰۰ psi و الکترود E۱۰۰۱۰، مساوی (۷۰۰۰ kg/cm^2) ۱۰۰۰۰۰ psi است. رقم سوم **موقعیت جوشکاری** را توصیف می‌کند. برای مثال عدد یک در E۶۰۱۰، نشان می‌دهد جوشکاری با این نوع الکترود در همه‌ی موقعیت‌ها اعم از **تخت**، **افقی**، **سربالا** و **سقفی** می‌تواند انجام شود.

mohammad-karimi.com

عدد ۲ از E۷۰۲۰ نشان می‌دهد که این الکترود تنها در **جوشکاری درزهای تخت و افقی** به کار می‌رود. عدد ۳ نشان می‌دهد که الکترود باید تنها در موقعیت جوشکاری تخت به کار رود. آخرین رقم **نوع جریان و نوع روکش الکترود** را تعیین می‌کند. توضیح بیشتر در مورد این سیستم طبقه‌بندی شماره‌ای در جدول‌های آیین‌نامه ۳-۴- و ۳-۵ آمده است.

شکل ۳ – ۳ محل مهر زدن یا چک کردن شماره طبقه‌بندی الکترود بر روی پوشش آن را نشان می‌دهد.

جدول (۵-۶): سیستم طبقه‌بندی الکترودها به روش AWS (آیین‌نامه ۳-۴)

مثال	مفهوم	رقم
$E-۶۰XX = ۴۲۰۰ kg/cm^۲$ $E-۱۱۰XX = ۷۷۰۰ kg/cm^۲$	**حداقل مقاومت کششی**	۲ یا ۳ رقم اول
تمام وضعیت‌ها $E-XX۱X =$ **تخت و افقی** $E-XX۲X =$ **تخت** $E-XX۳X =$	**وضعیت جوشکاری**	رقم بعدی
به جدول آیین‌نامه ۳-۵ مراجعه شود	**نوع جریان**، **نوع سرباره**، **نوع قوس**، **عمق نفوذ**، وجود **پودر آهن** و **هیدروژن** در **روکش**	رقم آخر

جدول (۵-۷):مفهوم رقم آخر در نام‌گذاری الکترود به روش AWS (آیین‌نامه ۳-۵)

نوع پوشش	نوع قوس	جریان	رقم آخر
آلی	**قوس نفوذی**	فقط **DCRP**	۰
آلی	قوس نفوذی	DCRP یا **A.C.**	۱
روتیلی (**اکسید تیتان**)	**قوس متوسط**	DCRP یا A.C.	۲
روتیل	**قوس نرم**	A.C. یا **D.C.** قطب آزاد	۳
روتیل با پودر آهن (حدود ۳۰٪)	قوس نرم	A.C. یا D.C. **قطب آزاد**	۴
کم هیدروژن	–	فقط DCRP	۵
کم هیدروژن	قوس متوسط	DCRP یا A.C.	۶
پودر آهن	–	D.C. یا A.C.	۷
کم هیدروژن – **قوس آهن**	–	DCRP یا A.C.	۸

علامت شناسایی الکترود

DCSP = **جریان یکسو – قطبیت مستقیم** **DCRP** = **جریان یکسو – قطبیت معکوس** **A.C.** = **جریان متناوب**

پرسش ۵-۲۹) مشخصات الکترود E۷۰۱۶ کدام است؟ (شهریور ۱۳۹۱ نظارت «۳۱»)

الف) الکترود کم‌هیدورژن با مقاومت کششی فلز جوش ۴۹۰۰ kg/cm^۲ که در همه‌ی وضعیت‌ها، قابل استفاده است.

ب) الکترود روتیلی معمولی با مقاومت کششی فلز جوش ۴۹۰۰ kg/cm^۲ که فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.

ج) الکترود سلولزی با مقاومت کششی فلز جوش ۴۲۰۰ kg/cm^۲ که در همه‌ی وضعیت‌ها، قابل استفاده است.

د) الکترود روتیلی پودرآهن‌دار با مقاومت کششی فلز جوش ۴۲۰۰ kg/cm^۲ که فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.

پاسخ) با توجه به بند ۳-۵، مقاومت آن برابر ۴۹۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است. عدد ۱ نشان دهنده‌ی تمام وضعیت‌های جوشکاری و عدد ۶ نیز نشان دهنده‌ی الکترود کم‌هیدروژن با نوع قوس متوسط است. بنابراین، گزینه الف صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش آذر ۱۳۸۸ تخصصی «۷۴» است.

mohammad-karimi.com

۵ – ۳– ۳ انتخاب نوع و قطر الکترود (۳–۶)

خواص فلز جوش ترسیب شده در درز و مناسب بودن آن به عنوان **مصالح اتصال‌دهنده‌ی** قطعاتی که به هم جوش می‌شوند، به **انتخاب 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 م**واد تشکیل‌دهنده‌ی روکش الکترود** تعیین می‌شود.

با توجه به مطالب ارائه شده، اهمیت شناخت کامل **مشخصه‌های الکترودهای پایه**، روشن است. شناخت کامل از **رده‌های الکترودها**، نه تنها در **انتخاب صحیح الکترود** برای یک کار خاص به شما کمک می‌کند، بلکه در به دست آوردن **مهارت فنی** لازم جهت **عملیات جوشکاری** نیز مؤثر است.

انتخاب اندازه‌ی صحیح الکترود برای استفاده در یک کار مشخص، دارای اهمیتی به اندازه‌ی **انتخاب رده‌ی مناسب الکترود** است. نکات زیر در هنگام انتخاب الکترود باید مورد توجه قرار گیرد:

- **هندسه‌ی درز: جوش گوشه** می‌تواند با **الکترود بزرگتری** نسبت به آنچه که در **جوش لب به لب** مورد نیاز است، انجام شود.
- **ضخامت فلز پایه:** واضح است که با **افزایش ضخامت فلز مورد جوش**، **الکترود با قطر بزرگ‌تری** می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- **ضخامت لایه 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 به **جوشکاری سربالا یا سقفی** بیشتر است.
- **موقعیت جوشکاری:** در **جوشکاری تخت و افقی** می‌توان از **الکترود با قطر بزرگ‌تری** نسبت به **موقعیت سربالا یا سقفی** استفاده کرد.
- **نوع و 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.
- **شرایط بهره‌برداری: مقاومت کششی**، **شکل‌پذیری**، **مقاومت خستگی** و **مقاومت در مقابل خوردگی** خصوصیات مهم جوش هستند که توجه به آن‌ها به **انتخاب صحیح الکترود** کمک می‌کند.

پرسش ۵–۳۰) در مقایسه جوش گوشه و جوش لب به لب کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (مرداد ۱۴۰۰ نظارت «۶»)

الف) جوش لب به لب باید با الکترود بزرگتری نسبت به آنچه در جوش گوشه موردنیاز است، انجام شود.

ب) جوش گوشه می‌تواند با الکترود بزرگتری نسبت به آنچه در جوش لب به لب موردنیاز است، انجام شود.

ج) فقط در جوشکاری سربالا، الکترود جوش گوشه نسبت به آنچه در جوش لب به لب موردنیاز است، بزرگتر انتخاب می‌شود.

د) فقط در جوشکاری سربالا، باید الکترود جوش لب به لب نسبت به آنچه در جوش گوشه موردنیاز است، بزرگتر انتخاب می‌شود.

پاسخ) با توجه به بند ۳–۶، گزینه ب صحیح است.

۵ – ۳– ٤ مشخصه‌های کاربردی الکترودها (۳–۷)

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** است. بنابراین الکترودها با توجه به ویژگی‌های کاربردی و **نوع درز اتصال** به سه گروه تقسیم می‌شوند: **الکترودهای پرجوش**[۱] (**پربازده**)، **الکترودهای زود جوش**[۲] (**نفوذی**)، و **الکترودهای پر و زود جوش**[۳] (**زودرو**).

---

[۱] Fast fill

[۲] Fast freeze

[۳] Fill freeze

mohammad-karimi.com

۵-۳-٤-۱ الکترودهای پربازده (پرجوش) (۳-۷-۱)

الکترود پربازده، درز را زود پر می‌کند. این خاصیت نقطه مقابل **الکترودهای نفوذی** است. **الکترودهای پر بازده**، دارای **روکش ضخیم محتوی پودر آهن** می‌باشند که کاربرد وسیعی در **جوشکاری گوشه** و **جوش شیاری عمیق** دارد. در این نوع الکترود، **میزان رسوب** زیاد بوده و **پاک کردن سرباره** آن به راحتی انجام می‌شود. **بریدگی لبه‌ی 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 آیین‌نامه ۳-۴).

در رده‌ی **الکترودهای پر بازده**، الکترودهای EXX۱۴، EXX۲۴، EXX۲۷ و EXX۲۸ در **جوش‌های شیاری در وضعیت تخت و افقی** به کار می‌روند (شکل آیین‌نامه ۳-۴-F).

در این حالت اگر در **دستورالعمل جوشکاری**، **جریان یکسو** ذکر شده باشد، استفاده از **جریان متناوب** امکان‌پذیر است که باعث کاهش پدیده **انحراف قوس** می‌شود.

پرسش ۵-۳۱) در اتصالات جوشی مقاطع فولادی آیا الکترودهای زودجوش به ترتیب برای جوشکاری‌های سربالا مناسب هستند؟ و آیا عموماً با جریان یکسو با قطبیت معکوس به کار می‌روند؟ (مرداد ۱٤۰۳ نظارت «۵۷»)

الف) خیر – خیر　　ب) بلی – خیر　　ج) خیر – بلی　　د) بلی - بلی

پاسخ) با توجه به بند ۳-۷-۲، گزینه د صحیح است.

۵-۳-٤-۲ الکترودهای نفوذی (زودجوش) (۳-۷-۲)

الکترودهای نفوذی دارای **قابلیت انجماد سریع فلز جوش** می‌باشند. این خاصیت در مواردی که **پاشیدگی گل جوش** و یا **فلز جوشکاری** به خارج 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** به کار می‌روند، هرچند ممکن است با **جریان متناوب** نیز به کار روند. **الکترودهای نفوذی** دارای **سرباره** کمی بوده و **خط جوش تخت** تولید می‌کنند (شکل آیین‌نامه ۳-۴ جوش‌های B و C). با گذشت از موارد استثنا، **خط جوش حاصل**، جوابگوی **آزمون پرتونگاری** بوده و مورد استفاده آن‌ها در **جوشکاری لوله‌ها و مخازن تحت فشار** است. این الکترودها به طور وسیعی برای همه‌ی موقعیت‌های جوشکاری و در هر نوع عملیات **ساخت کارخانه‌ای** و **کارهای تعمیری** مورد استفاده می‌باشند. الکترودهای E۶۰۱۰ با **جریان مستقیم** و E۶۰۱۱ با **جریان متناوب**، مثال‌هایی از این نوع الکترود می‌باشند.



شکل (۵-۲۷): مقایسه‌ی ظاهر نوارجوش‌های انجام شده با انواع الکترودها (آیین‌نامه ۳-٤)

پرسش ۵-۳۲) در اتصالات جوشی مقاطع فولادی آیا الکترودهای زودجوش به ترتیب برای جوشکاری‌های سربالا مناسب هستند؟ و آیا عموماً با جریان یکسو با قطبیت معکوس به کار می‌روند؟ (مرداد ۱٤۰۳ نظارت «۵۷»)

الف) خیر – خیر　　ب) بلی – خیر　　ج) خیر – بلی　　د) بلی - بلی

پاسخ) با توجه به بند ۳-۷-۲، گزینه د صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵-۳-٤-۳ الکترودهای ترکیبی (۳-۷-۳)

در بعضی درزها، نیاز به هر دو **خصوصیت پربازدهی و نفوذی بودن** است. هنگامی که **الکترود نفوذی** مورد نیاز است، بهترین انتخاب رده‌ی EXX۱۰ و EXX۱۱ می‌باشد. الکترودی که دارای هر دو خاصیت پربازدهی و نفوذی بودن است، الکترود EXX۱۴ با **روکش حاوی پودر آهن** می‌باشد که در همه‌ی وضعیت‌ها قابل استفاده است (تمام وضعیت). این الکترود دارای **خاصیت زود پرکنندگی** به میزان نوع EXX۲۴ نبوده و **سرعت انجماد** آن نیز به اندازه‌ی EXX۱۰ نمی‌باشد، ولیکن خواص آن در حد واسطه‌ی این رده می‌باشد.

۵-۳-٤-٤ الکترودهای کم‌هیدروژن[۱] (۳-۷-٤)

الکترودهای کم‌هیدروژن دارای پوششی هستند که عملا فاقد **هیدروژن** می‌باشد. این الکترودها، جوشی عاری از **ترک**، **زیرترک**[۲] و **ریزترک**[۳] تولید می‌کنند و جوش حاصل دارای **شکل‌پذیری استثنایی** است (جوش F و K در شکل آیین‌نامه ۳-۴).

زیرترک غالباً دارای علایم خاصی نیست و در **منطقه‌ی تفتیده**[۴] (HAZ) در **فلز پایه** به وجود 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. به علت کاهش نیاز به **عملیات پیش‌گرمایش** با این نوع الکترود، کاربرد ویژه‌ی آن‌ها در جوشکاری **فولادهای سخت‌جوش** و **فولادهای آلیاژدار پرمقاومت** می‌باشد. مثال‌هایی از این نوع الکترود EXX۱۸ و EXX۲۸ می‌باشد. این نوع الکترودها ممکن است با **جریان مستقیم با قطبیت معکوس** (**DCRP**) یا **جریان متناوب** به کار روند.

پرسش ۵-۳۳) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (مرداد ۱۳۹٤ نظارت «۱۱»)

الف) زیر ترک غالباً دارای علائم خاصی نیست و در منطقه‌ی تفتیده در فلز پایه به وجود می‌آید.

ب) جوش گوشه می‌تواند با الکترود بزرگتری نسبت به آنچه که در جوش لب به لب مورد نیاز است، انجام شود.

ج) در جوشکاری تخت و افقی می‌توان از الکترود با قطر بزرگتری نسبت به موقعیت سربالا یا سقفی استفاده کرد.

د) هر سه گزینه صحیح است.

پاسخ) با توجه به بندهای ۳-۶ و ۳-۷-٤، گزینه د صحیح است.

۵ – ۳– ۵ وضعیت جوشکاری (۳-۱۱)

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 به خوبی قابل استفاده می‌باشند. وضعیت جوشکاری روی هزینه‌ها تأثیرگذار است. **جوشکاری تخت اقتصادی‌ترین نوع جوشکاری** بوده و پس از آن به ترتیب **جوشکاری افقی، قائم و سقفی** قرار دارند که **جوشکاری سقفی گرانترین** نوع است.

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

اگر جوشکاری باید در **موقعیت سقفی و یا قائم** انجام گیرد، الکترودهای ۲۸ ، ۲۷ ، ۲۴ ، EXX۲۰ قابل استفاده نیستند و انتخاب الکترود مصرفی باید از میان الکترودهای باقیمانده صورت گیرد. حرکت و کنترل EXX۱۶ و EXX۱۸ که در طبقه الکترودهای قابل استفاده برای همه موقعیت‌ها قرار دارند، در **جوشکاری‌های قائم و سقفی** قدری مشکل است.

به طور کلی **جوشکاران** دریافته‌اند که الکترودهای قرار گرفته در طبقه ۲۸ ، ۲۷ ، ۲۴ ، ۲۰ ، ۱۳ ، EXX۱۲ دارای **کنترل آسان** در **موقعیت‌های افقی و تخت** می‌باشند و **جوشکاری قائم و سقفی** با الکترودهای EXX ۱۱,EXX ۱۰, EXX۱۶ آسان‌تر است. خصوصاً سهولت استفاده از الکترودهای EXX۱۲ و EXX۱۳ در **جوشکاری قائم رو به پایین** بیشتر است.

---

[۱] Low hydrogen electrode

[۲] Under bead crack

[۳] Micro crack

[۴۴] Heat affected zone

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۳٤) به ترتیب در کدام‌یک از جوشکاری‌ها قابلیت انجماد سریع فلز جوش مهم است؟ و کدام‌یک از جوشکاری‌های زیر اقتصادی‌تر است؟ (مهر ۱۳۹۹ اجرا «٤»)

الف) جوشکاری افقی - جوشکاری تخت از جوشکاری سربالا
ب) جوشکاری تخت - جوشکاری افقی از جوشکاری تخت
ج) جوشکاری سربالا - جوشکاری افقی از جوشکاری تخت
د) جوشکاری سربالا - جوشکاری تخت از جوشکاری افقی

پاسخ) با توجه به بند ۳-۷-۲ و ۳-۱۱، گزینه د صحیح است.

۵ - ۳- ٦ نگهداری الکترودهای روکش‌دار (۳-۱۳)

نگهداری صحیح از الکترودهای روکش‌دار نه تنها سبب **بهبود کیفیت جوش** و **افزایش بازدهی** آن می‌گردد، بلکه **کاهش هزینه‌های ناشی از دورریز الکترود** و تأخیرات مربوط به آن را نیز به همراه دارد. بنابراین توجه به توصیه‌های مهم برای **انبارداری و نگهداری الکترودها**، بسیار ضروری است.

نگهداری الکترودهای روکش‌دار به دلیل وجود **رطوبت موجود در هوا**، **عناصر موجود در روکش** و **جذب رطوبت** توسط آنها، همواره یک عامل مشکل‌ساز به شمار می‌رود. به طور کلی، معایب زیر همواره **الکترودهای روکش‌دار** را تهدید می‌نماید.

۵-۳-٦-۱ خسارت مکانیکی (۳-۱۳-۱)

هر چند **روکش الکترودها** به میزان قابل توجهی در برابر **عوامل تخریب مکانیکی خارجی** مقاوم هستند، اما نباید فراموش کرد که الکترودهایی که با بی‌احتیاطی جابه‌جا می‌شوند، همیشه در معرض **عوامل مخرب مکانیکی** ناشی از **ضربه**، **سایش**، **خراش** و غیره می‌باشند. **پوشش الکترودها** از **انعطاف‌پذیری بالایی** برخوردار نبوده و **مقاومت به ضربه** پایینی دارند. از این رو در هنگام **بارگیری**، **تخلیه** و **تغییرمکان**، **جعبه‌های الکترود** را نباید با **ضربه** جابه‌جا کرد و یا به اطراف **پرتاب** کرد. همچنین باید از قرار دادن تعداد زیادی جعبه روی هم خودداری گردد.

روکش برخی از الکترودهای خاص مانند **الکترودهای قلیایی خشک**، در مقایسه با **الکترودهای معمولی**، بسیار شکننده‌تر بوده که در جابه‌جایی و حمل و نقل مستلزم دقت بیشتری هستند.

۵-۳-٦-۲ جذب رطوبت (۳-۱۳-۲)

جذب رطوبت با درصد بالا، در **پوشش الکترودها** بسیار خطرناک است. مشکل بیشتر از آنجا ناشی می‌گردد، که مقدار رطوبت تا پیش از انجام جوشکاری قابل تشخیص نبوده و فقط پس از **بازرسی‌های چشمی** یا **آزمایش‌های غیرمخرب** با ملاحظه‌ی **تخلخل‌ها** و سایر نقایص مشخص می‌شود.

توجه به این نکته ضروری است که، با وجود این‌که اغلب الکترودها هنگامی که **مقدار رطوبت روکش** آن‌ها حداقل باشد، **بهترین عملکرد جوشکاری** را نشان می‌دهند، اما این موضوع در مورد **الکترودهای سلولزی** مصداق ندارد و **رطوبت در روکش** این نوع الکترودها **عملکرد جوشکاری** را بهبود می‌بخشد. به همین دلیل، الکترودهای سلولزی را در **قوطی‌های فلزی دربسته**، نگهداری کرده، و چنانچه **درب قوطی** باز شود نباید مدت طولانی بدون استفاده باقی بماند، زیرا روکش آن‌ها **خشک** می‌شود.

به طور کلی الکترودها در هر شرایطی آمادگی **جذب رطوبت** را دارند. در **رطوبت نسبی ۹۰ درصد محیط**، **روکش الکترودها** به سرعت **رطوبت هوا** را جذب کرده و در کمتر از یک روز غیر قابل استفاده می‌شوند. در **رطوبت نسبی ۷۰ درصد**، روکش الکترودها حداکثر یک هفته مقاومت می‌نمایند و پس از آن جوش حاصل کاملاً **معیوب** خواهد شد. تنها در شرایطی که مقدار **رطوبت نسبی محیط**، کمتر از ۴۰ درصد باشد، می‌توان الکترود را برای مدت نسبتاً طولانی در **مجاورت هوا** و در خارج از بسته‌بندی نگهداری کرد.

مقدار **رطوبت موجود در روکش انواع الکترودها** (به جز **الکترودهای قلیایی کم‌هیدروژن**) را می‌توان با **توزین** حدود ۱ گرم از نمونه‌ی روکش قبل و بعد از خشک کردن در **کوره** به مدت یک ساعت در درجه حرارت $100^{o}C$ تعیین کرد. کاهش وزن نمونه، معرف **درصد حضور رطوبت در روکش الکترود** خواهد بود.

مقدار رطوبت روکش الکترودهای قلیایی کم‌هیدروژن معمولاً در دمای $100^{o}C$ - ۹۰ با وسایل خاصی تعیین می‌شود. هر چند تشخیص مقدار رطوبت، بدون **امکانات آزمایشگاهی** کار چندان ساده‌ای نیست، اما می‌توان از روش‌های ساده‌ای برای تشخیص مرطوب بودن الکترودها استفاده کرد.

یکی از این روش‌ها این است که یکی از **بسته‌های الکترود** که ۵ یا ۶ شاخه از الکترودهای آن را برداشته‌اید، بین شست و چهار انگشت هر دو دست نگه داشته و به آرامی بلرزانید. اگر الکترودها خشک و یا مقدار رطوبت مجاز باشند، **صدای واضح و تیز فلزی** به گوش می‌رسد و اگر مرطوب باشند **صدای خفه و بم** تولید خواهند کرد. برای آشنا شدن با نوع این دو صدا، می‌توان آزمایش را ابتدا بین دو بسته‌ی الکترودی که به خشک و مرطوب بودن هر یک اطمینان هست انجام داد.

mohammad-karimi.com

یکی دیگر از **راه‌های تشخیص الکترود مرطوب**، جوشکاری با آن‌ها است. وقتی با یک **الکترود مرطوب** جوشکاری شده و پس از استفاده از نیمی از **طول الکترود**، جوشکاری متوقف گردد، اولا روی پوشش الکترود **شعله‌ای** که از **نوک الکترود** باقی مانده و به طرف بالا **زبانه** می‌کشد دیده خواهد شد، ثانیاً **ترک‌هایی طولی در روکش الکترود** (از **سمت نوک به طرف بالا**) مشاهده می‌گردد.

بنابراین باید الکترودها را همواره از مرطوب شدن محافظت کرد. این ضرورت، به طور معمول از طریق بسته‌بندی رعایت می‌شود. **الکترودهای قلیایی** که به طور مخصوص خشک شده‌اند، در **جعبه‌های مقاوم در برابر رطوبت** یا در **پاکت‌های ضخیم پلاستیکی** عرضه می‌شوند. تا هنگامی که از الکترودها استفاده نمی‌گردد، نباید **پوشش پلاستیکی** آن‌ها باز شود و حتی پس از باز کردن و برداشتن الکترود تا حد امکان باید آن را دوباره به شکلی بست که کوچک‌ترین **منفذ عبور هوا** در آن وجود نداشته باشد.

الکترودهای اسیدی چندان حساسیتی به جذب رطوبت ندارند و **الکترودهای روتیلی** می‌توانند **بالاترین درصد رطوبت** را تحمل نمایند.

باید توجه داشت که نه تنها **جذب رطوبت از هوا** به الکترود خسارت می‌زند، بلکه تبدیل این رطوبت در اثر **تقطیر** نیز با **تولید آب**، موجب **تخریب روکش الکترود** خواهد شد. با توجه به وجود **اختلاف دمای بین روز و شب**، همان‌طور که مشخص است در طی روز دمای محیط به سرعت بالا می‌رود اما **مغزی الکترود** که در **کارتن‌های مقوایی عایق** قرار دارد، به آرامی گرم می‌شود؛ با **کاهش دما در شب**، بخشی از رطوبت جذب روکش الکترودها می‌شود. مسأله ایجاد **قطرات شبنم** به‌ویژه در زمان‌های قبل از تخلیه **کانتینرهای حمل بار** که در محل‌های سرد نگهداری می‌شوند، باید مورد توجه قرار گیرد.

بنابراین باید **بسته‌های الکترود**، پیش از استفاده، به مدت کافی در محلی نگهداری شوند تا به دمای محیط برسند، هر چند که جذب رطوبت ممکن است در مدتی کوتاه صورت گرفته باشد.

۵-۳-۶-۳ فاسد شدن روکش الکترود (۳-۱۳-۳)

روی سطح الکترودهایی که **تاریخ مصرف** آن‌ها گذشته باشد، **کریستال‌ها** یا **پوسته‌های سفیدی** (**Fur**) دیده می‌شود که ناشی از خروج **سیلیکات سدیم** از **پوشش الکترود** بوده و هر چند خود برای جوشکاری مضر نیستند، اما به خوبی نشان می‌دهند که **عمر مفید الکترود** به پایان رسیده و نباید در **کارهای حساس** از آن استفاده کرد.

الکترودهایی که در **ترکیب روکش** خود مقادیر زیادی **پودر آهن** دارند، اگر برای مدتی **بدون محافظ در معرض رطوبت** قرار گیرند، روی پوشش آن‌ها **آثار اکسید شدن** مشاهده می‌شود. این امر، به طور معمول سبب **افزایش اکسیژن جذب‌شده در جوش** و در نهایت افزایش مقدار **هیدروژن جذب‌شده در جوش** می‌گردد، بنابراین چنین الکترودهایی باید کاملا دور ریخته شوند زیرا اصلا قابلیت استفاده و دوباره خشک کردن را ندارند. در برخی مواقع **زنگ آهن** حتی تا **مغزی الکترود** نیز نفوذ می‌کند.

توجه به این نکته ضروری است که استفاده از **الکترودهای معیوب** می‌تواند معایبی را در جوش باعث شود که مهم‌ترین آن‌ها از این قرار است:

۱) **ایجاد قوس الکتریکی شعله‌ور**
۲) **افزایش مقدار و مسافت پاشش جرقه‌های جوش**
۳) **ایجاد آخال و حفرات در فلز جوش**
٤) **پودر شدن پوشش الکترود**
۵) **تاول زدن پوشش الکترود**
٦) **احتیاج به ولتاژ بالا برای انجام جوشکاری**
۷) **افزایش احتمال ورود هیدروژن به فلز جوش** به ویژه در **فولادهای سختی‌پذیر** و افزایش **سختی و تردی فلز جوش**
۸) **ایجاد کریستال سفید رنگ** (**Fur**) روی **پوشش الکترود فاسد**
۹) **عدم پایداری قوس** و خاموش و روشن شدن آن
۱۰) **ظاهر نامناسب مهره‌های جوش** و کاهش اندازه و ابعاد آنها
۱۱) **بروز سوختگی‌های** (**بریدگی**) **کناره‌ی جوش**
۱۲) باقی ماندن سرباره در داخل فلز جوش
۱۳) **ترک‌های زیاد در منطقه HAZ**

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۳۵) به ترتیب آیا الکترودهایی که روی سطح آنها پوسته‌های سفید دیده می‌شوند، قابل استفاده هستند؟ الکترودهایی که روی سطح آنها آثار اکسید آهن مشاهده می‌شود چطور؟ (آبان ۱۴۰۳ اجرا «۵۲»)

الف) خیر – بلی، به شرطی که در کارهای حساس از آنها استفاده نشود.

ب) بلی، به شرطی که در کارهای حساس از آنها استفاده نشود - خیر

ج) بلی، به شرطی که در کارهای حساس از آنها استفاده نشود - بلی

د) خیر - خیر

پاسخ) با توجه به بند ۳-۱۳-۳، گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های مهر ۱۳۹۸ نظارت «۲۵» و خرداد ۱۳۹۳ اجرا «۵۲» است.

پرسش ۵-۳۶) یکی از دلایل مهم افزایش مقدار و مسافت پاشش جرقه‌های جوش ایجاد آخال و حفرات در فلز جوش و ایجاد قوس الکتریکی شعله‌ور ..... (مرداد ۱۳۹۴ اجرا «۳۶»)

الف) مقاوم بودن روکش الکترود در مقابل رطوبت است.

ب) فاسد شدن روکش الکترود است.

ج) هم‌مرکز بودن روکش با میله‌ی الکترود است.

د) ترک‌دار بودن فلز درز جوش است.

پاسخ) با توجه به بند ۳-۱۳-۳، گزینه ب صحیح است.

۵ - ۳- ۷ بسته‌بندی الکترودها (۳-۱۵)

اندازه (قطر) و طول استاندارد (۳ -۱۵ -۱)

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

در **طول‌های مختلف الکترود**، **طول گیر انتهای الکترود** (در داخل **فک انبر الکترود**) برای همه طول‌ها استاندارد است.

بسته بندی و دسته بندی (۱۵- ۲)

به منظور جلوگیری از **صدمه رسیدن به الکترود در حین حمل و نقل**، توصیه می‌شود **وزن دسته و بسته‌های الکترود** در حدود زیر باشد:

- **وزن بسته‌های الکترود** حدود ۴ کیلوگرم
- **وزن جعبه‌ها** حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم
- **وزن خالص حلقه و قرقره** به طور تقریب بین ۶۵ تا ۹۰ کیلوگرم

جدول (۵-۸):قطر و طول الکترود (آیین‌نامه ۳-۶)

طول استاندارد (mm)	قطر استاندارد مفتول الکترود (mm)
۲۲۵	۱/۵
۳۰۰-۲۲۵	۲
۳۰۰	۲
۳۵۰	۳
۳۵۰	۴
۳۵۰	۴/۵
۴۵۰-۳۳۰	۵/۵
۴۵۰	۶
۴۵۰	۸
۴۵۰	۱۰

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۳۷) در جوشکاری مقاطع فولادی آیا الکترود با طول بیش از ٤٠ سانتی‌متر نیز استفاده می‌شود؟ و منظور از قطر استاندارد الکترود چیست؟ (اسفند ۱٤۰۲ اجرا «٥٤»)

الف) خیر - منظور قطر مفتول داخلی الکترود است.
ب) بلی - منظور قطر مفتول داخلی الکترود است.
ج) بلی - منظور قطر خارجی مفتول و پوشش آن است.
د) خیر - منظور قطر خارجی مفتول و پوشش آن است.

پاسخ) با توجه به جدول ۳-۶ و بند ۳-۱۵-۱، گزینه ب صحیح است.

علامت گذاری (۳ - ۱۵ - ۳)

کلیه **دسته‌ها**، **بسته‌ها**، **جعبه‌ها**، **حلقه‌ها** و **قرقره‌های الکترود** باید شامل اطلاعات زیر باشند:

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

۵ - ۳- ۸ ضوابط بازرسی ظاهری الکترودها (۳-۱٦)

الکترودهایی که دارای نوع و قطر یکسان بوده و **روش ساخت واحدی** داشته و یک جا عرضه می‌شوند «**پارتی**» نام دارند. برای **الکترودهای مخصوص جوشکاری فولادهای ساختمانی** **حداکثر وزن پارتی** ۲۰ تن و برای **الکترودهای جوشکاری فولادهای ویژه** حداکثر وزن هر پارتی ۵ تن می‌باشد.

- **بازدید ظاهری و اندازه‌گیری** باید با برداشتن تا ۰/۵ درصد الکترودها از محل‌های مختلف هر پارتی (که از ۱۰ عدد الکترود کمتر نباشد) و بررسی آن‌ها صورت پذیرد.
- **بازدید ظاهری الکترودها** بدون استفاده از **وسایل بزرگ‌نما** انجام می‌شود.
- از هر تن الکترود حداقل ۳ الکترود برای هر یک از موارد کنترل ظاهری (**استحکام روکش** – **وضعیت ظاهری**، **مقاومت در مقابل رطوبت** و **هم مرکز نبودن**) انتخاب می‌شود.
- برای **کنترل کیفیت جوشکاری** و **آزمایش‌های مکانیکی** و غیره به تعداد لازم نسبت به **قطر الکترود** و **حجم آزمایش** نمونه‌گیری انجام می‌شود.

۵-۳-۸-۱ بازدید ظاهری روکش (۳-۱٦-۱)

روکش الکترود باید **محکم**، **بادوام**، **بدون ترک** و یکنواخت باشد.

در **بازدید ظاهری** موارد ذیل مورد توجه قرار می‌گیرد:

الف: **لخت بودن الکترود روکش‌دار** تا قطر ۶ میلی متر، حداکثر تا نصف قطر و برای الکترود بزرگتر، حداکثر ۳ میلی‌متر از سر الکترود مجاز است.

ب: **برجستگی‌ها و سوراخ‌های تکی** به اندازه حداکثر یک چهارم **ضخامت روکش** مجاز است.

پ: **فرورفتگی ناحیه‌ای** نباید تعدادشان بیش از سه و طول‌شان بیش از ۲ میلی‌متر و عمق‌شان بیش از نصف **ضخامت روکش** باشد.

ت: **منفذها** نباید تعدادشان بیش از سه عدد در هر ۱۰ میلی متر **طول روکش** بوده و قطر هر منفذ بیش از ۲ میلی متر و عمق آن از نصف **ضخامت روکش** بیشتر باشد.

ث: **روکش** نباید بیش از ۲ **ترک مویی** و به طول بیشتر از ۱۲ میلی متر داشته باشد.

پرسش ۵-۳۸) چنانچه در جوشکاری یک اسکلت فلزی از الکترودهای روکش دار با قطر ۵ و ۸ میلی‌متر استفاده شود، لخت بودن سر الکترود حداکثر تا چه میزان مجاز است؟ (مهر ۱۳۹۸ نظارت «۲۲»)

الف) به ترتیب ۲/۵ و ٤ میلی‌متر
ب) به ترتیب ۲/۵ و ۳ میلی‌متر
ج) ۳ میلی‌متر در هر دو مورد
د) به ترتیب ۳ و ٤ میلی‌متر

پاسخ) با توجه به بند ۳-۱٦-۱، گزینه ب صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵-۳-۸-۲ استحکام روکش (۳-۱۶-۲)

طبق **استاندارد روسیه** برای پی بردن به **استحکام الکترود** آزمایش زیر را انجام می‌دهند:

الف: الکترودهای تا قطر ۳ میلی‌متر را از فاصله یک متری آزادانه و به طور افقی بر روی **صفحه فولادی** رها می‌کنند.

ب: الکترودهای با قطر بزرگتر از ۳ میلی‌متر را از نیم متری آزادانه و به طور افقی بر روی **صفحه فولادی** رها می‌کنند.

روکش این الکترود نباید در این **سقوط** آسیب ببیند.

پرسش ۵-۳۹) در راهنمای جوش و اتصالات جوشی، برای بررسی استحکام روکش الکترود حداکثر ارتفاعی که الکترود در صورت رها شدن بر روی صفحه فولادی نباید (در این سقوط) آسیب ببیند، چند متر است؟ (مهر ۱۴۰۲ اجرا «۴۸»)

الف) الکترودهای تا قطر ۳ میلی‌متر، ۰/۵ متر

ب) الکترودهای تا قطر ۳ میلی‌متر، ۱ متر

ج) الکترودهای با قطر بزرگتر از ۳ میلی‌متر، ۱ متر

د) الکترودهای با قطر بزرگتر از ۳ میلی‌متر، ۱/۵ متر

پاسخ) با توجه به بند ۳-۱۶-۲، گزینه ب صحیح است.

۵-۳-۸-۳ مقاومت روکش در مقابل رطوبت (۳-۱۶-۳)

روکش الکترود باید در مقابل رطوبت مقاومت کند و پس از آنکه به مدت ۲۴ ساعت در آب ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت **علامت خرابی** در آن پدیدار نگردد و **چسبندگی** خود را از دست ندهد.

۵-۳-۸-۴ هم‌مرکز بودن روکش (۳-۱۶-۴)

روکش الکترود باید با **میله الکترود** هم مرکز باشد و به طور یکنواخت میله را پوشانده باشد.

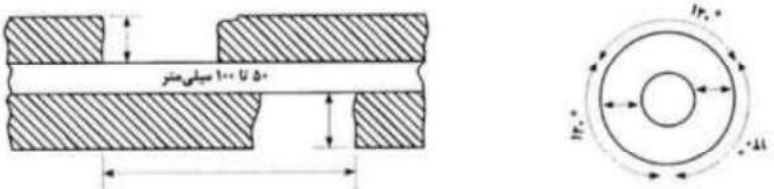
اختلاف ضخامت روکش $e = S_1 - S_2$ بسته به **قطر میله الکترود** نباید از مندرجات جدول ۳ - ۷ تجاوز نماید. برای تعیین **یکنواختی ضخامت روکش** باید در سه محل که نسبت به هم تحت زاویه ۱۲۰ درجه قرار داده شده و به فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ میلی متر از هم باشند، **ضخامت روکش** اندازه‌گیری شود (شکل ۳ - ۶).

ضخامت روکش باید با میکرومتر و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر کنترل شود.

کنترل ضخامت هم مرکز بودن روکش را می‌توان با **دستگاه‌های مخصوص** (**مغناطیسی** و غیره) **بدون تخریب روکش** انجام داد.

جدول (۵-۹):اختلاف ضخامت مجاز (آیین‌نامه ۳-۷)

اختلاف مجاز ضخامت روکش (میلی متر) $e = S_1 - S_2$	قطر میله الکترود (میلی متر)
۰/۰۵	۱/۶
۰/۰۸	۲
۰/۱۰	۲/۵
۰/۱۵	۳
۰/۲۰	۴
۰/۲۵	۵
۰/۳۰	۶



شکل (۵-۲۸): تعیین یکنواختی روکش (آیین‌نامه ۳-۶)

mohammad-karimi.com

۵-۳-۸-۵ کیفیت اجرای جوشکاری (۳-۱۶-۵)

جوشکاری الکترود باید خصوصیات ذیل را داشته باشد:

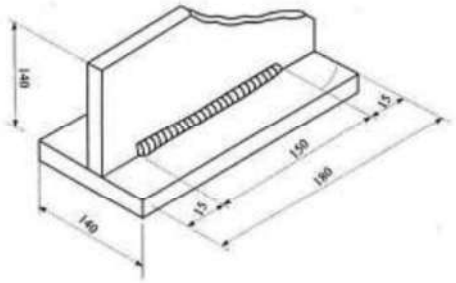
الف: قوس باید به آسانی روشن شده و پایدار باشد. نوع **جریان برق و شدت جریان جوشکاری** طبق توصیه **سازنده الکترود** انتخاب می‌شود.

ب: روکش باید به طور مناسب با **میله مغزه** ذوب شده تا در **انتهای الکترود**، روکش به صورت **لوله** یا **شاخک** باقی نمانده و مانع **ذوب مداوم الکترود** نشود.

پ: روی **گرده جوش** باید **سرباره محافظ** تشکیل شود که پس از سرد شدن به راحتی برداشته شود.

ت: **فلز درز جوش** و **فلز مبنا** نباید حاوی **ترک** باشد.

ث: **سطح مقطع شکست جوش گوشه** از لحاظ وجود **تخلخل**، **ترک** و **نفوذ** مورد **ارزیابی چشمی** قرار گیرد (شکل ۳ – ۷)



شکل (۵-۲۹): (آیین‌نامه ۳-۷)

۵-٤ طراحی درز جوش (فصل چهارم)

۵ – ٤– ۱ انواع جوش (٤-۳)

به منظور برقراری اتصالات فوق انواع مختلف جوش به شرح زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴ – ۲):

۱ – **جوش گوشه:** جوشی است که بر **وجوه جانبی دو قطعه مجاور هم رسوب** می کند (۴ –۲– الف).

۲ – **جوش شیاری:** 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 – ۲ – ب).

۳– **جوش انگشتانه:** جوشی است که **درون یک سوراخ** به صورت **توپر** داده می‌شود (شکل ۴ – ۲ – پ).

۴ – **جوش کام:** جوشی است که **درون یک شکاف** به صورت **توپر** داده می‌شود (شکل ۴ – ۲– ت).

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

پرسش ۵-٤۰) برای اینکه جوش بر وجوه جانبی دو قطعه فولادی مجاور هم رسوب کند، بهتر است از کدام‌یک از انواع جوش که با علامت آن مشخص شده است استفاده گردد؟ (مهر ۱۳۹۸ نظارت «۲۶»)

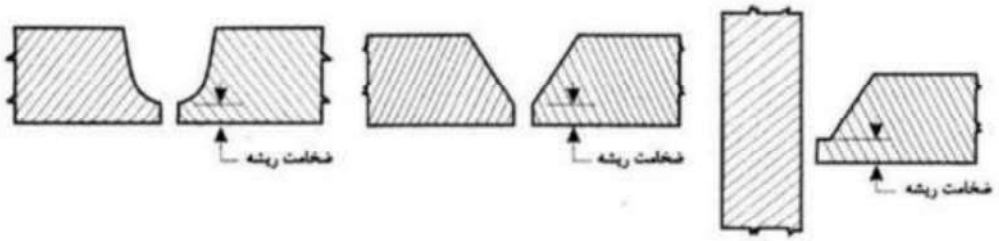
الف)  ب)  ج) د) 

پاسخ) با توجه به تعریف بند ٤-۳، این جوش از نوع جوش گوشه است. مطابق جدول ۱-۲٤، علامت این جوش مطابق گزینه د است. بنابراین، گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش آذر ۱۳۹۲ اجرا «۲۶» است.

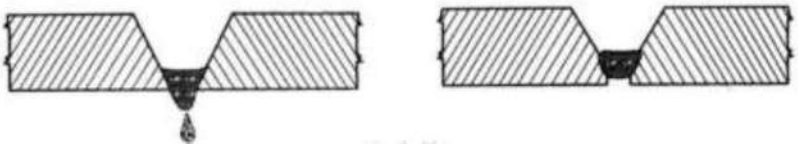
۵ – ٤– ۲ ضخامت ریشه (پیشانی) (٤-۸)

برای اینکه از **سوختن ریشه جوش** و همچنین از **ریزش جوش** جلوگیری شود، به جای اینکه **لبه جوش** در **محل ریشه** به صورت **تیز** باشد، ضخامتی برای آن قائل می‌شوند که آن را **ضخامت ریشه یا پیشانی** می‌نامند (شکل ۴ – 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 – ۱۴)



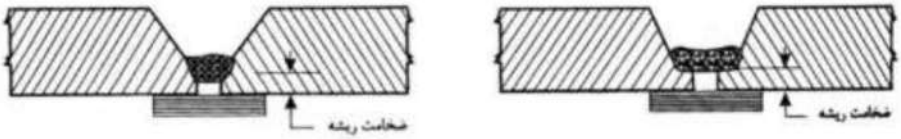
شکل (۵-۳۰): ضخامت ریشه (آیین‌نامه ٤-۱۳)

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۳۱): (آیین‌نامه ٤-١٤)

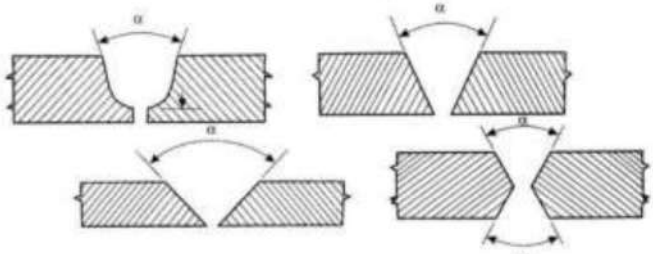
اجرای پیشانی ریشه در عمل وقت‌گیر و پرکار است و به دو برش و یا یک **برش** و یا **سنگ زدن** نیاز دارد. وقتی منظور به دست آوردن **جوش صددرصد** (**تمام قدرت**) بوده و لبه نیز دارای **پیشانی ریشه** باشد، قبل از جوش روی دوم (**پشت کار**) احتیاج به **سنگ زدن ریشه** است. وقتی که از **تسمه‌های پشت بند** استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامتی برای ریشه در نظر گرفت (شکل۴ – ۱۵). زیرا در این حالت یک فضای خالی پیدا می‌شود که در هنگام جوشکاری درون آن پر از **گاز** می‌گردد.



شکل (۵-۳۲): (آیین‌نامه ٤-١٥)

فلسفه اصلی پخ زدن لبه، ایجاد **دسترسی برای جوشکاری** در تمام ضخامت و همچنین مطمئن شدن از **ذوب و امتزاج کامل** در تمام سطح مقطع می‌باشد. **دسترسی خوب**، با افزایش **زاویه پخی**، و **افزایش دهانه ریشه** به دست می‌آید که همیشه ترکیبی از آنها یک راه‌حل خوب به دست می‌دهد (شکل ۴ – ۱۶).

زاویه پخی بستگی به محل کار و زاویه‌ای که الکترود در محل کار می‌تواند داشته باشد، دارد (شکل ۴ – ۱۷). همان طوری که در شکل ۴ – ۱۷ نشان داده شده، زاویه پخی حداقل برابر با ۴۵ درجه توصیه می‌شود.



شکل (۵-۳۳): زاویه پخی (آیین‌نامه ٤-١٦)

درزهای لاله‌ای (U) و نیم‌لاله‌ای (J)

درزهای لاله‌ای و نیم‌لاله‌ای برای جوشکاری بسیار عالی هستند ولی **هزینه ساخت** آنها گران تمام می‌شود. این درزها نیز احتیاج به **ضخامت ریشه** و در نتیجه **سنگ زدن ریشه از پشت** دارند.

پرسش ۵-٤١) برای جلوگیری از سوختن ریشه و ریزش جوش چه باید کرد؟ (مهر ۱۳۹۶ اجرا «۸»)

الف) باید از الکترود هیدروژنی با ولتاژ بالا استفاده کرد.
ب) از الکترود مناسب و ولتاژ پایین استفاده کرد.
ج) باید لبه جوش در محل ریشه به صورت تیز باشد.
د) باید در محل ریشه جوش برای آن پیشانی در نظر گرفت.

پاسخ) با توجه به بند ٤-٨، گزینه د صحیح است.

۵-۵ عیب‌های جوش (فصل پنجم)

۵ – ۵– ۱ عیب‌های اصلی جوش (۵-۱)

هر جوشکار باید با **معایب اصلی جوشکاری** که به **گسیختگی اتصال جوش‌شده** کمک می‌کند، آشنا باشد. این آشنایی در تولید **جوشی با کیفیت مقبول** 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 جوش** را منتفی می‌سازد. مصالحی که به یکدیگر جوش می‌شوند (**ورق** یا **لوله**) باید از لحاظ **وجود معایب سطحی** با دقت بازرسی شوند.

mohammad-karimi.com

درصورتی‌که **روش‌ها و فنون صحیح جوشکاری** به کار گرفته نشود، ممکن است معایبی در **سطح یا داخل فلز جوش** به وجود آید. بعضی از این معایب رایج عبارتند از:

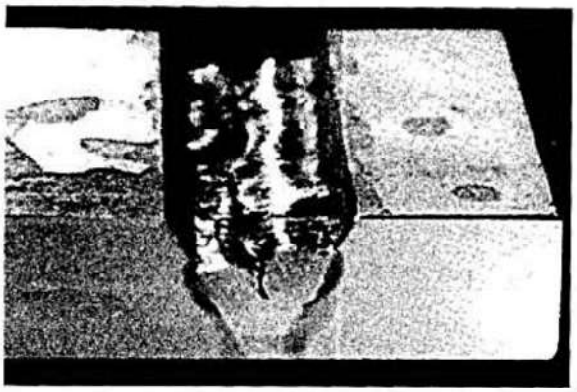
- **ذوب ناقص** (**Lack of Fusion-LOF**)
- **نفوذ ناقص** (**Lack of Penetration-LOP**)
- **تخلخل** (**Porosity**)
- **بریدگی کناره جوش** (**Undercut**)
- **ناخالصی‌های حبس شده** (**Slag Inclusion**)
- **سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه** (**Overlap**)
- **گرده اضافی در جوش** (**Excess Weld**)
- **لکه قوس** (**Arc Strike**)
- **انواع ترک‌ها** (**Cracks**)
- **عدم پرشدگی شیار** (**Under fill**)
- **جرقه و پاشش** (**Spatter**)

۵-۵-۱-۱ ذوب ناقص (۵-۱-۱)

ذوب ناقص عبارت است از **عدم امتزاج کامل فلز پایه و فلز جوش مجاور آن**. این عیب ممکن است در اثر **تمیز نبودن** سطوحی که باید به یکدیگر متصل گردند و پوشیده بودن آنها از **گرد و خاک**، **گل جوش**، **زنگ‌زدگی** یا هر عامل خارجی دیگری اتفاق بیفتد (شکل ۵ – ۲).

دلایل امتزاج ناقص به شرح زیر است:

- **کافی نبودن حرارت ورودی**
- **انتخاب نادرست قطبیت جریان و گاز محافظ**
- **طرح اتصال نامناسب**
- **سطح آلوده ورق**
- **نوع یا اندازه نامناسب الکترود**
- **تنظیم نادرست جریان و سرعت جوشکاری**



شکل (۵-۳٤): شکل ذوب ناقص در پاس رویی جوش (آیین‌نامه ۵ – ۲)

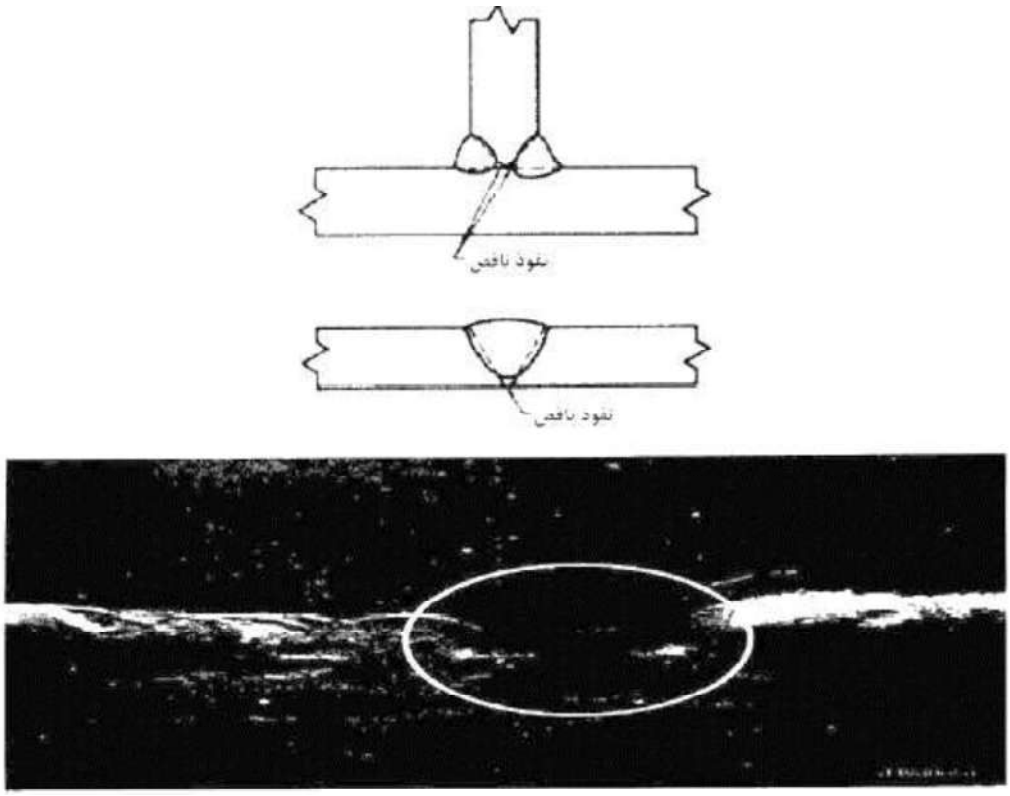
۵-۵-۱-۲ نفوذ ناقص (۵-۱-۲)

نفوذ ناکافی بدین معنی است که فلز جوش تا عمق کمتری از آنچه در طراحی در نظر گرفته شده است در **داخل درز یا شیار** نفوذ می‌نماید. نفوذ ناقص تنها هنگامی که در دستورالعمل‌ها چنین مشخص گردیده، مورد قبول است (شکل ۵ – ۳)

mohammad-karimi.com

این عیب که عمدتاً به **جوش‌های شیاری نفوذی** مربوط می‌گردد، تحت شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

- **ضخامت پیشانی ریشه** بیش از نیاز **دهانه ریشه** است.
- **دهانه ریشه** خیلی کوچک است.
- **زاویه پخی شیار** v شکل خیلی کوچک است.
- **اندازه الکترود** خیلی بزرگ است.
- **سرعت حرکت الکترود** خیلی زیاد است.
- **شدت جریان جوشکاری** خیلی پایین است.



شکل (۵-۳۵): نفوذ ناقص در جوش (آیین‌نامه ۵-۳)

پرسش ۵-۴۲) کدام حالت موجب نفوذ ناقص جوشکاری نمی‌شود؟ (خرداد ۱۳۹۳ اجرا «۱۵»)

الف) دهانه خیلی کوچک ریشه
ب) شدت جریان خیلی کم جوشکاری
ج) سرعت زیاد حرکت الکترود
د) کاربرد الکترود با قطر کم

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۲، گزینه د جواب این مساله است.

این پرسش، مشابه پرسش آذر ۱۳۸۸ تخصصی «۶۸» است.

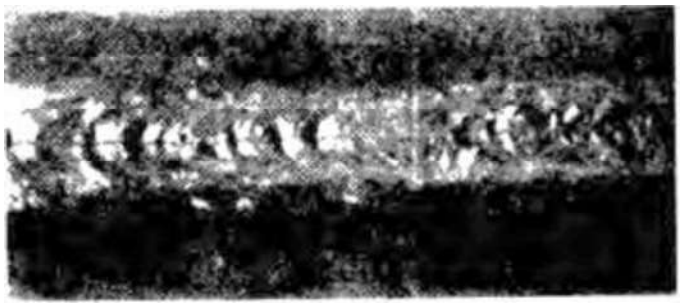
۵-۵-۱-۳ تخلخل (۵-۱-۳)

تخلخل در صورت ایجاد **حفره‌های خالی** یا **محبوس شدن گازها** در **فلز جوش** هنگام سرد شدن آن اتفاق می‌افتد. این عیب در صورت استفاده از **شدت جریان‌های خیلی زیاد** یا **طول قوس خیلی بلند** ایجاد می‌شود. تخلخل ممکن است به طور یکنواخت در طول جوش پراکنده گردد یا ممکن است به صورت یک **حفره بزرگ** در **ریشه جوش گوشه** یا **ریشه جوش شیاری** در مجاورت **تسمه پشت‌بند** متمرکز گردد. حالت اخیر به دلیل **روش جوشکاری نامناسب** و **استفاده غیرصحیح از تسمه‌های پشت‌بند** اتفاق می‌افتد. **وجود رطوبت**، **وزش باد در سطح جوش** و **کاربرد الکترود نامرغوب** از دلایل ایجاد تخلخل در جوش می‌باشد (شکل ۵ – ۴)

mohammad-karimi.com



الف) تخلخل ردیف شده در جوش



ب) حفرات گازی خطی شده که از طریق ترک به هم متصل شده‌اند



پ) حفرات لوله‌ای شکل در سطح شکست

شکل (۵-۳۶): تخلخل در جوش (آیین‌نامه ۵-۴)

تخلخل سطحی، تأثیر مستقیم و مضری در **مقاومت خستگی فلز جوش** دارد. **حفرات سطحی** بسیار خطرناک‌تر از حفراتی با همان اندازه در **عمق جوش** هستند.

با توجه به موارد زیر می‌توان از بروز تخلخل به خوبی جلوگیری کرد:

- **خشک کردن الکترود** در **خشک کن** قبل از مصرف
- **تنظیم شدت جریان جوشکاری**
- **تنظیم طول قوس**
- **عدم جوشکاری در شرایط جوی نامناسب**

پرسش ۵-۴۳) به ترتیب: اگر در جوشکاری بر اثر کاربرد الکترود نامرغوب حفره‌هایی در فلز جوش ایجاد شود آیا حفره‌های ایجاد شده در سطح خطرناک‌تر از حفره‌های به همان اندازه و ایجاد شده در عمق جوش هستند؟ و آیا وجود رطوبت و وزش باد در سطح می‌تواند باعث ایجاد تخلخل شود؟ (آبان ۱۴۰۳ اجرا «۵۳»)

الف) خیر – خیر　　ب) بلی – خیر　　ج) خیر – بلی　　د) بلی - بلی

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۳، گزینه د صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵-۵-۱-٤ بریدگی کناره‌ی جوش (۵-۱-٤)

بریدگی یا **سوختگی** به معنای **شیار ذوب‌شده‌ای در فلز مبنا** می‌باشد که در **انتهای ساق جوش** قرار گرفته و به‌وسیله‌ی **فلز جوش** پر نشده است. استفاده از **جریان قوی یا طول قوس زیاد** ممکن است **فلز مبنا** را بسوزاند یا قسمتی از آن را از جای خود جدا کرده و شیاری به جای گذارد. این عیب به راحتی با **چشم** قابل تشخیص است و می‌توان آن را با **جوشکاری مجدد ناحیه‌ی بریدگی**، با **الکترودهای نمره پایین‌تر از فلز جوش** پر نمود (شکل ۵-۵).



شکل (۵-۳۷): بریدگی کناره‌ی جوش (آیین‌نامه ۵-۵)

پرسش ۵-٤٤) اگر در هنگام جوشکاری شیار ذوب شده‌ای در فلز مبنا ایجاد شود ..... (مرداد ۱۳۹٤ اجرا «۳۵»)

الف) دلیل آن می‌تواند طول خیلی بلند قوس باشد.

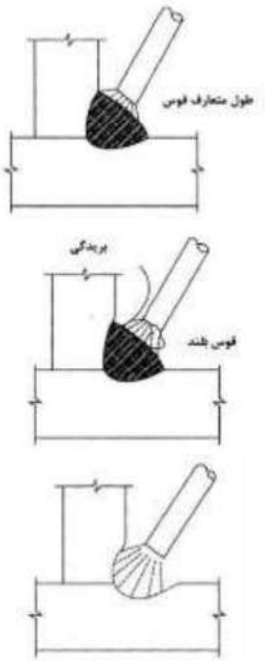
ب) و نیروی مورد انتقال عمود بر محور این شیار باشد نیاز به تعمیر ندارد.

ج) در هر صورت این شیار و بریدگی مضر است و نیاز به تعمیر دارد.

د) هر سه مورد صحیح است.

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-٤، گزینه الف صحیح است.

در **جوش‌های شیاری**، **سوختگی کنار جوش** ممکن است هم روی سطح و هم در **ریشه‌ی اتصال** ایجاد شود. **دلایل بروز سوختگی کنار جوش** عبارت است از: **تکنیک جوشکاری نامناسب**، **سرعت جوشکاری زیاد** و استفاده از **شدت جریان بیش از اندازه** و **طول قوس بلند** (شکل ۶-۵).



الف) بر اثر **دمیدن قوس** قسمتی از **فلز مبنا** ذوب می‌شود.

ب) اگر قوس خیلی بلند باشد، **فلز جوش مذاب** حاصل از **انتهای الکترود** ممکن است کم بیاید و به طور کامل این **منطقه‌ی ذوب‌شده** را پر نکند، بنابراین **طول ساق فوقانی جوش**، بریدگی به جا می‌ماند.

پ) اگر **طول قوس** به اندازه‌ی صحیح کوتاه شود، **فلز جوش مذاب** از **انتهای الکترود** به طور کامل این **منطقه‌ی ذوب‌شده** را پر خواهد کرد و بریدگی به جای نخواهد گذاشت.

شکل (۵-۳۸): اثر طول قوس بر ایجاد بریدگی لبه‌ی جوش (آیین‌نامه ۵-٦)

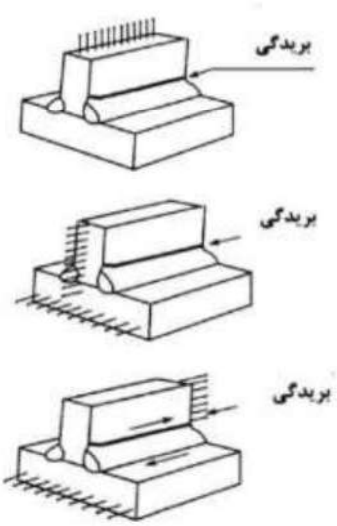
با **روش مناسب جوشکاری بریدگی کنار جوش** حذف می‌شود و نیازی به **تعمیر مجدد** ندارد.

بنابراین چنانچه بریدگی ایجاد شد، این سؤال مطرح می‌شود که آیا این بریدگی مضر است و نیاز به تعمیر دارد یا خیر؟

۱) اگر بریدگی باعث تقلیل قابل ملاحظه‌ای در مقطع شود، مجاز نمی‌باشد؛ که این مقدار در جدول **حدود پذیرش بازرسی چشمی** بیان شده است.

۲) ثانیاً اگر **نیروی مورد انتقال**، **عمود بر محور بریدگی** باشد، آنگاه **بریدگی** به عنوان **نقطه‌ی ضعیفی برای افزایش خستگی** به حساب می‌آید (شکل ۵-۷).

mohammad-karimi.com



(الف) در اینجا **نیروی کششی اعمال شده عمود بر بریدگی** است و **افزاینده‌ی خستگی** محسوب می‌شود که ممکن است مضر باشد.

(ب) در اینجا **خستگی‌های کششی محوری** اعمال شده **موازی با بریدگی** هستند و **افزاینده‌ی خستگی** محسوب نمی‌شود و مضر نخواهد بود.

(پ) در اینجا **نیروی برشی اعمال شده موازی با بریدگی** است و **افزاینده‌ی خستگی** به حساب نمی‌آید و مضر نمی‌باشد.

شکل (۵-۳۹): رابطه‌ی جهت بارگذاری نسبت به جهت بریدگی لبه‌ی جوش (آیین‌نامه ۵-۷)

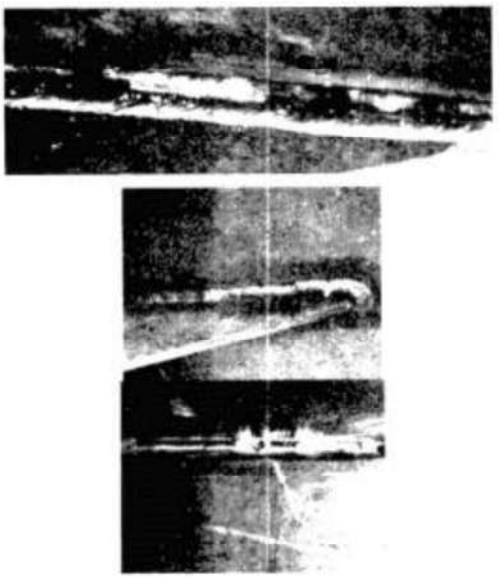
پرسش ۵-۴۵) در کدام‌یک از موارد زیر سوختگی به معنای شیار ذوب شده‌ای در فلز مبنا که در انتهای ساق جوش قرار گرفته و به وسیله جوش پر نشده است، ممکن است اتفاق بیافتد؟ (مرداد ۱۴۰۳ اجرا «۴۲»)

الف) استفاده از شدت جریان بیش از اندازه و طول قوس بلند
ب) تکنیک جوشکاری نامناسب
ج) سرعت جوشکاری زیاد
د) هر سه گزینه صحیح است.

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۴، گزینه د صحیح است.

۵-۵-۱-۵ حبس سرباره (۵-۱-۵)

گل‌جوش در حین عملیات جوشکاری در نتیجه **ذوب روکش الکترود** تشکیل می‌گردد و مخلوطی از **اکسید فلزات** و ترکیبات دیگر می‌باشد. به دلیل **وزن مخصوص کمتر**، **گل جوشکاری** اغلب به سطح **حوضچه مذاب** می‌آید و وقتی جوش سرد شد به راحتی توسط **چکش** جوش کنده می‌شود. **سرد شدن سریع جوش** ممکن است گل‌جوش را قبل از رسیدن به سطح، به دام بیندازد. **جوش‌های سقفی** بیشتر در معرض **تداخل گل‌جوش** قرار دارند و باید به دقت بازرسی شوند. وقتی که برای **تأمین اندازه جوش مشخص** احتیاج به **چند بار عبور** (pass) الکترود باشد، باید بین هر دو عبور، **جوشکار** گل‌جوش مرحله قبل را بردارد. عدم دقت در انجام صحیح این عمل یکی از دلایل عمده **تداخل گل جوشکاری** است. (شکل‌های ۵ – ۸ و ۵ – ۹).



شکل (۵-۴۰): گل جوش (سرباره) حبس شده (آیین‌نامه ۵-۸)

mohammad-karimi.com



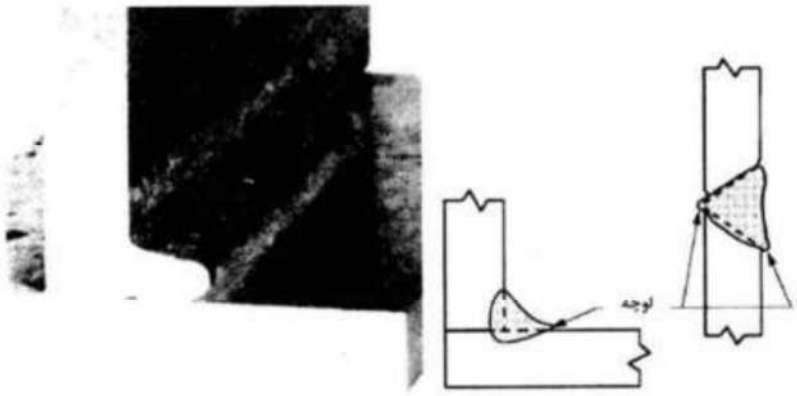
شکل (۵-۴۱): (آیین‌نامه ۵-۹)

۵-۵-۱-۶ سر رفتن جوش روی فلز پایه، (لوچه) (۵-۱-۶)

یکی دیگر از **ناپیوستگی‌های سطحی** که مربوط به بکارگیری **تکنیک نامناسب جوشکاری** است، **سر رفتن مذاب** یا **لوچه** نام دارد. لوچه عبارت است از **جاری شدن فلز جوش روی فلز پایه بدون ذوب نمودن کامل آن** (شکل ۵-۱۰).

سر رفتگی به عنوان یک **ناپیوستگی خطرناک** محسوب می‌شود؛ زیرا باعث ایجاد یک **شیار تیز** روی سطح قطعه می‌گردد. این شیار به عنوان **محل تمرکز تنش** می‌تواند باعث **ایجاد و رشد ترک** شود.

علت اصلی سر رفتگی، تکنیک نامناسب جوشکاری می‌باشد. زمانی که **سرعت جوشکاری** خیلی آهسته باشد، مقدار **فلز پرکننده** فراتر از حد نیاز جهت پر کردن اتصال بوده و اضافی آن روی **فلز پایه** جاری می‌گردد؛ به دلیل **سرد بودن فلز پایه**، ذوب کافی در محل جاری شدن ایجاد نمی‌گردد. در بعضی از الکترودها به دلیل **سیال بودن مذاب**، حساسیت به این ناپیوستگی بیشتر می‌باشد و از این الکترودها فقط در **وضعیت تخت** استفاده می‌گردد. **سر رفتگی مذاب** به دلیل تأثیر **نیروی ثقل**، اغلب در **وضعیت افقی** رخ می‌دهد.



شکل (۵-۴۲): سررفتگی در یک جوش گوشه (آیین‌نامه ۵-۱۰)

پرسش ۵-۴۶) علت بوجود آمدن لوچه یا رویهم افتادگی جوش (Overlap) کدام‌یک از موارد زیر است؟ (آذر ۱۳۸٤ معماری مشترک پایه‌های ۱ و ۲ و ۳ «۳۵»)

الف) سرعت حرکت دست جوشکار از حالت نرمال و طبیعی کمتر باشد.

ب) زاویه الکترود نادرست انتخاب شود.

ج) قطر الکترود زیاد باشد.

د) تمامی موارد بالا

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۶، گزینه د صحیح است.

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۴۷) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (اسفند ۱۳۹۵ اجرا «۳۹»)

الف) سررفتگی جوش زمانی که سرعت جوشکاری آهسته باشد، ایجاد می‌شود و اغلب در وضعیت عمودی رخ می‌دهد.

ب) زنگ‌زدگی فولاد دلیلی بر امتزاج ناقص آن نمی‌تواند باشد.

ج) اگر ضخامت پیشانی ریشه در جوشکاری بیش از نیاز دهانه ریشه باشد، فلز جوش تا عمق مشخص شده در طراحی نفوذ خواهد کرد.

د) اگر ضخامت پیشانی ریشه در جوشکاری بیش از نیاز دهانه ریشه باشد، فلز جوش تا عمق مشخص شده در طراحی نفوذ نخواهد کرد.

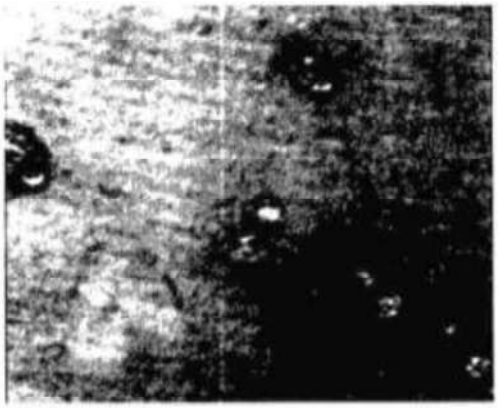
پاسخ) با توجه به بندهای ۵-۱-۱، ۵-۱-۲ و ۵-۱-۶، گزینه د صحیح است.

۵-۵-۱-۷ گرده اضافی در جوش (۵-۱-۷)

گرده اضافی، عبارت است از **فلز جوش اضافه بر مقدار مورد نیاز** جهت **پر کردن اتصال**. **مشکل اصلی گرده جوش**، احتمال ایجاد **گوشه‌های تیز** در نواحی **پنجه جوش** می‌باشد. با **افزایش ارتفاع گرده جوش**، حساسیت بیشتری در این نواحی ایجاد می‌شود. گرده اضافی می‌تواند در **پاس ریشه** و یا **پاس نهایی** اتفاق بیفتد (شکل‌های ۵ – ۱۱ و ۵ – ۱۲)

۵-۵-۱-۸ لکه قوس (۵-۱-۸)

لکه قوس در اثر **روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه**، خارج از **درز اتصال** به وجود می‌آید که در اثر آن، مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه به طور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد می‌گردد. لکه قوس قابل پذیرش نیست و وجود آن باعث **ترک در فلز پایه** می‌گردد (شکل ۵ – ۱۳)



شکل (۵-۴۳): لکه قوس (آیین‌نامه ۵-۱۳)

پرسش ۵-۴۸) اگر در اثر روشن کردن قوس هنگام جوشکاری روی سطح فلز پایه، خارج از درز اتصال مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه به طور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد گردد، وجود آن باعث ترک در فلز پایه می‌شود؟ و آیا به وجود آمدن این مناطق کوچک قابل پذیرش در جوشکاری است؟ (اردیبهشت ۱۴۰۲ اجرا «۱»)

الف) بلی – بلی　　ب) خیر – خیر　　ج) خیر – بلی　　د) بلی - خیر

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۸، گزینه د صحیح است.

۵-۵-۱-۹ ترک‌ها (۵-۱-۹)

ترک‌ها، **شکستگی‌های فلز جوش** می‌باشند که در اثر **تنش‌های داخلی در امتداد خط جوش و یا عمود بر آن** به وجود می‌آیند. ترک‌ها همچنین ممکن است از **فلز جوش** به **فلز مبنا** امتداد پیدا کنند و یا کاملاً در فلز مبنا و در **مجاورت خط جوش** باشند. ترک‌ها **زیان‌بارترین معایب جوش** هستند.

ترک‌خوردگی فلزات به سه رده اصلی تقسیم می‌شوند: **ترک‌خوردگی گرم**، **ترک‌خوردگی سرد** و **ترک‌های مویی**، که انواع ترک را در شکل ۵ – ۱۴ مشاهده می‌کنید.

- **ترک‌خوردگی گرم:** در **درجه حرارت زیاد** و در خلال **سرد شدن ناگهانی جوش** پس از آنکه **فلز جوش** رسوب و **شروع به انجماد** نماید، اتفاق می‌افتد. **اکثر ترک‌های جوشکاری**، ترک‌خوردگی گرم هستند.

mohammad-karimi.com

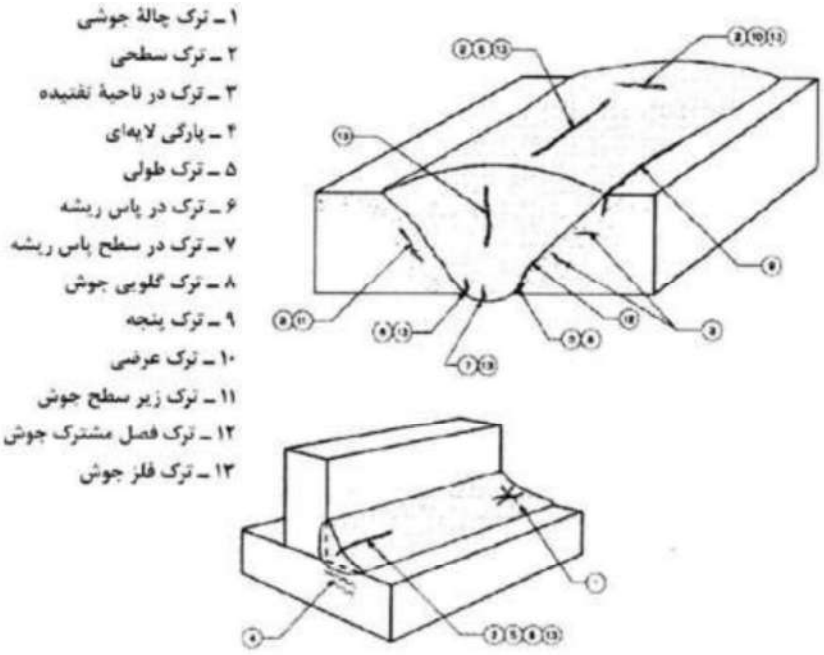
- **ترک‌خوردگی سرد:** به ترک‌هایی اطلاق می‌شود که در **دمای معمولی اتاق** یا درجه حرارتی نزدیک به آن اتفاق می‌افتند. این ترک‌ها ممکن است ساعت‌ها و یا روزها پس از سرد شدن جوش حادث شوند. **وقوع ترک‌خوردگی سرد در فولاد** در مقایسه با سایر فلزات بیشتر است.
- **ترک‌های مویی:** ممکن است از نوع ترک‌های گرم یا سرد باشند. این ترک‌ها به قدری 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.

با توجه به اهمیت ترک، بحث کاملی در بخش ۵ – ۴ ارایه شده است که توصیه می‌شود مورد مطالعه قرار گیرد.

- **لکه قوس:** (لکه‌هایی که از **برخورد تصادفی الکترود با سطح کار** به وجود می‌آید، حالتی **آبله‌گونه** روی سطح کار ایجاد می‌کند) ممکن است **ترک‌های ریزی** ایجاد کنند.
- اگر جوشکاری از لبه ورق شروع شده و روند آن به سمت داخل ورق باشد، یک ترک در **طول لبه جوش** در قسمت **پنجه** اتفاق خواهد افتاد. ترک‌ها ممکن است در نتیجه **پدیده بریدگی جوش** نیز اتفاق بیفتند.
- استفاده از **الکترودهای کم هیدروژن** همراه با **پیش‌گرمایش مناسب**، از ایجاد **ترک‌های «سرد»** پیشگیری می‌کند.

به طور کلی **علل عمده ایجاد ترک در جوش** و نواحی اطراف آن عبارتند از:

۱. **نفوذ هیدروژن**
۲. **نسبت عمق به عرض زیاد**
۳. **تقعر سطح جوش**
۴. **عدم پیش گرمایش مناسب درز جوش**
۵. **وجود چاله انتهای جوش پرنشده**
۶. **وجود رطوبت در الکترود یا درز جوش**
۷. **طرح نامناسب درز جوش**



شکل (۵-٤٤): انواع ترک در جوش (آیین‌نامه ۵-۱٤)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۴۹) بیشترین ترک‌های جوشکاری از نوع سرد است یا گرم؟ و آیا استفاده از الکترودهای کم‌هیدروژن می‌تواند از ایجاد ترک‌های سرد پیشگیری کند؟ (خرداد ۱۴۰۴ نظارت «۵۳»)

الف) گرم، خیر ب) سرد، بلی ج) گرم، بلی د) سرد، خیر

پاسخ) با توجه به بند ۵-۱-۹، گزینه ج صحیح است.

۵-۵-۱-۱۰ عدم پرشدگی شیار (۵-۱-۱۰)

این **عیب سطحی** در اثر **کمبود رسوب فلز جوش** در **مقطع جوش شیاری** رخ می‌دهد؛ به عبارتی **عدم پرشدگی شیار**، زمانی ایجاد می‌شود که **فلز پرکننده رسوب داده شده** جهت **پر کردن شیار**، کافی نباشد (شکل ۵ – ۱۶).

۵-۵-۱-۱۱ جرقه و پاشش (۵-۱-۱۱)

جرقه و **پاشش** عبارت است از **ذرات فلزی** که در حین **جوشکاری ذوبی** به اطراف پرتاب شده و به عنوان بخشی از **فلز جوش** محسوب نمی‌شوند (شکل ۵ – ۱۷).

جرقه و پاشش، اغلب از اهمیت و حساسیت کمی در بین معایب جوشکاری برخوردار است، ولی به هر حال در صورتی که پاشش به صورت یک **قطره بزرگ** باشد، **گرمای کافی جهت ایجاد حساسیت به ترک** را ایجاد خواهد کرد.

۵ – ۵– ۲ عیوب جوش در جوشکاری تحت حفاظت گاز (۵-۲)

ترک (۵ – ۲ – ۱)

عواملی که می‌تواند موجب بروز **ترک در فلز جوش** شود عبارتند از:

- **بالا بودن نسبت عمق به عرض مقطع جوش** که با **افزایش ولتاژ** یا **کاهش شدت جریان** می‌توان **گرده جوش** را پهن‌تر و کم عمق‌تر نمود.
- **مقطع جوش** خیلی کوچک باشد، به ویژه در مورد **جوش گوشه** یا **پاس ریشه** در **جوش شیاری در ورق‌های ضخیم**، که با **کاهش سرعت جوشکاری** می‌توان جوش بزرگتری ایجاد کرد.
- **سرد شدن سریع چاله انتهایی جوش**، که با **کاهش سرعت سرد شدن** و **کنترل جهت حرکت انبر** در **انتهای نوار جوش** می‌توان از ایجاد **چاله انتهایی** جلوگیری کرد.

ذرات محبوس شده (آخال) (۵-۲-۲)

ذرات محبوس شده (آخال) در جوش می‌تواند به یک یا چند دلیل زیر به وجود آید:

- استفاده از **جوش چند پاسی** و یا **اتصال کوتاه قوس** ضمن عملیات جوشکاری که با **تمیز کردن هرگونه ناخالصی** بر روی جوش قبل از انجام **پاس بعدی** می‌توان این عیب را تا حدودی کاهش داد.
- **سرعت پیشرفت بالا** نیز می‌تواند باعث **محبوس شدن ذرات** به صورت لایه‌ای در جوش شود که با انتخاب **سرعت پیشرفت کمتر** و **سیم جوشی با مقدار مواد اکسیژن‌زدای بیشتر** و **افزایش ولتاژ** می‌توان **میزان ذرات محبوس شده** را تقلیل داد.
- در **جریان‌های بالا**، در حالت انتقال به صورت **اسپری**، ضرورتی برای **رفع سرباره** وجود ندارد. اما در **انتقال اتصال کوتاه** در **جریان‌های کم** بهتر است **تجمع سرباره** توسط **برس سیمی** از بین رود تا از تشکیل **آخال** ناشی از **سرباره** جلوگیری شود.

پرسش ۵-۵۰) آیا در جوشکاری مقاطع فولادی به ترتیب استفاده از جوش چند پاسی و یا اتصال کوتاه قوسی ضمن عملیات جوشکاری می‌توانند باعث ایجاد آخال در جوش شوند؟ (اسفند ۱۴۰۲ اجرا «۴۲»)

الف) خیر – بلی ب) بلی – خیر ج) بلی – بلی د) خیر - خیر

پاسخ) با توجه به بند ۵-۲-۲، گزینه ج صحیح است.

خلل و فرج (مک) (۵ – ۲ – ۳)

در زمان سرد شدن، **حلالیت گازها در فلز جوش** کاهش می‌یابد. هنگامی که **فلز جوش** در حال منجمد شدن است، **گازهای محلول** از **حوضچه** خارج می‌شوند. اما گازهایی که نمی‌توانند خارج شوند و در **فلز جوش** باقی می‌مانند موجب **جوانه‌زنی** و تشکیل **حفره‌های گازی**

mohammad-karimi.com

می‌شوند. اگر **سرعت سرد شدن** بالا باشد **حفرات داخل فلز منجمد شده** حبس می‌شوند (شکل ۵ – ۱۸). گازهایی که معمولاً موجب تشکیل **تخلخل** می‌شوند، **نیتروژن**، **هیدروژن** و **دی‌اکسیدکربن** می‌باشند. در این میان **نیتروژن** از **هوای اطراف**، **هیدروژن** از طریق **اکسیدهای سطحی** (**زنگ**) و **ترکیبات هیدروژن‌دار** مانند **رنگ**، **روغن** و **گریس** و **دی‌اکسیدکربن** نیز به دلیل **واکنش کربن با اکسیژن** در **فولاد** می‌تواند تولید **تخلخل در جوش** نماید.

از دیگر **عوامل تشکیل خلل و فرج** می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

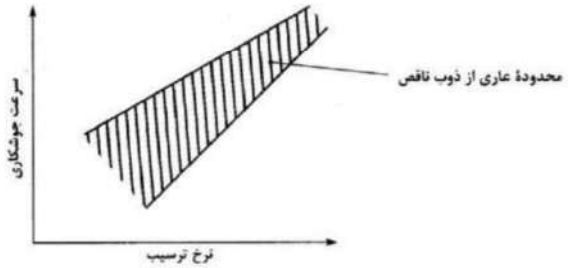
- کافی نبودن **منطقه تحت پوشش گاز محافظ**؛ که با **افزایش نرخ عبور گاز** با کاهش آن در صورت وقوع **تلاطم**، تمیز کردن **جرقه** از اطراف **دهانه نازل**، **کاهش دادن وزش و جریان هوا** و **کاهش فاصله نازل تا سطح کار** می‌توان این عیب را رفع کرد.
- **وجود ناخالصی‌ها در الکترود**
- **کثیفی سطح کار**؛ **تمیز کردن هرگونه آلودگی** (**روغن**، **رنگ**، **رطوبت** و ....) برای جلوگیری از این عیب ضروری است.
- **ولتاژ زیاد قوس** و **فاصله زیاد نازل تا سطح کار**؛ که می‌تواند سبب ورود **اکسیژن** و **ازت** هوا به **حوضچه جوش مذاب** شود. در این مورد **کاهش ولتاژ** و **کاهش فاصله نازل تا سطح کار** کمک به کاهش این عیب می‌کند.

ذوب ناقص (آیین‌نامه ۵ – ۲ – ٤)

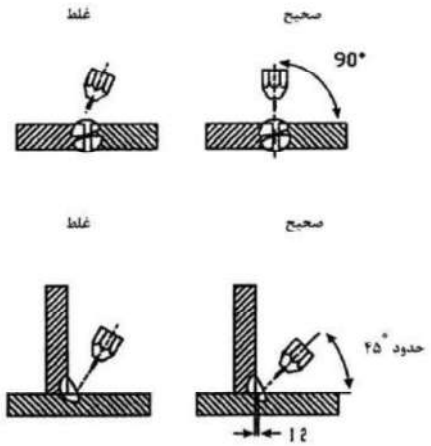
ذوب ناقص در بسیاری از مواقع به خصوص در **جوشکاری قوس کوتاه با جریان کم** در **قطعات ضخیم** و در **وضعیت بالای سر و افقی** ایجاد می‌شود. همچنین در جوشکاری در **وضعیت تخت**، زمانی که **فلز جوش جلوتر از قوس** حرکت می‌کند احتمال وجود این عیب زیاد است که با **تغییر زاویه انبر** و مستقیم نگهداشتن آن نسبت به **حوضچه** می‌توان از بروز این نقص جلوگیری کرد.

ولتاژ کم، **زیاد بودن طول مؤثر الکترود** که موجب **حرارت ورودی نامناسب و غیرمتناسب** با مقدار **مواد پرکننده** می‌شود، **عدم تمیزی**، **شکل هندسی** یا **زاویه نامناسب اتصال** و **بزرگی حوضچه جوش** از عوامل به وجود آورنده این عیب می‌باشد. برای جبران و کاهش این علل به ترتیب باید **سطح مسیر اتصال**، از هرگونه **پوسته و لایه زنگ زده** و آلودگی‌های دیگر تمیز شود. **نرخ تغذیه سیم جوش و ولتاژ** باید افزایش یابد یا **سرعت جوشکاری** کاهش پیدا کند (شکل ۵ – ۱۹).

طرز قرارگیری انبر جوشکاری نسبت به **حوضچه جوش** نیز از **عوامل تأثیرگذار بر ذوب ناقص** می‌باشد (شکل ۵–۲۰).



شکل (۵–٤۵): اثر سرعت جوشکاری و احتمال بروز ذوب ناقص (آیین‌نامه ۵–۱۹)



شکل (۵–٤٦): تأثیر زاویه صحیح انبر نسبت به قطعه کار (آیین‌نامه ۵–۲۰)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۵۱) آیا در جوشکاری در وضعیت تخت امکان دارد که فلز جوش جلوتر از قوس حرکت کند؟ (بهمن ۱۳۹۷ اجرا «۲۲»)

الف) این اتفاق فقط هنگام جوشکاری عمودی می‌افتد.

ب) خیر

ج) بلی

د) در صورتی که گازهای محلول در حوضچه ی جوش نتوانند خارج شوند این اتفاق می‌افتد.

پاسخ) با توجه به بند ۵-۲-٤، گزینه ج صحیح است.

نفوذ ناقص (۵-۲-۵)

نفوذ ناقص جوش، دلایلی مشابه با **ذوب ناقص** دارد. بدین ترتیب در این جا هم عواملی چون **زاویه انبر** تأثیرگذار است. **حداکثر نفوذ**، زمانی حاصل می‌شود که **انبر** به صورت **عمود بر سطح قطعه کار** نگه داشته شود. از آنجایی که میزان جریان به عنوان **مهمترین تعیین کننده نفوذ** است، **پارامترهای تأثیرگذار بر جریان** نیز بر **الگوی نفوذ مؤثر** می‌باشند.

سوختگی کناره جوش (۵-۲-٦)

با **کاهش سرعت جوشکاری** می‌توان از به وجود آمدن این عیب جلوگیری کرد.

همچنین **کاهش سرعت تغذیه سیم جوش** و **تغییر زاویه انبر** نیز در جلوگیری از به وجود آمدن این نقص مؤثر می‌باشند.

پاشش (۵-۲-۷)

پاشش عاملی است که می‌تواند موجب **تشکیل حفره**، **نفوذ ناکافی** و **اختلال در سیکل‌های جوشکاری** شود. **پاشش ذرات بزرگ** که معمولاً بر روی قطعه کار شکل می‌گیرد، به دلیل **کم بودن شدت جریان نسبت به قطر سیم جوش** یا **طول قوس بسیار زیاد** (**ولتاژ بسیار بالا**) رخ می‌دهد که موجب می‌شود قطرات در یک **محور مستقیم** منتقل نشوند.

۵ - ۵- ۳ ترک‌خوردگی جوش (۵-٤)

۵-۵-۳-۱ ترک جوش (۵-٤-۱)

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

۱- **وقوع ترک در نوار جوش** (به صورت ظاهری یا داخلی)؛

۲- **ترک در ناحیه‌ای از فلز پایه** که تحت تأثیر **دمای جوش**، تغییر حالت **متالورژیک** می‌دهد و به آن **ناحیه‌ی تفتیده**[1] می‌گویند (**ترک در زیر نوار جوش**)؛

۳- **ترک در جوش در هنگام بهره برداری** (**ترک مقاومتی**).

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

۱- **گیرداری درز** که باعث به وجود آمدن **تنش‌های انقباضی زیاد** در جوش می‌شود.

۲- **هندسه‌ی مقطع نوار جوش**. با سرد شدن، جوش تمایل به **انقباض** پیدا می‌کند. **جوش با سطح محدب** در گلوی خود مصالح کافی برای مقابله با **کشش‌های دو محوری** را دارد. لیکن در **نوار جوش با سطح مقعر**، **تنش‌های کششی عرضی** قابل توجهی به وجود می‌آید که می‌تواند **ترک طولی در نوار جوش** به وجود آورد. در **نوار جوش با نفوذ عمیق** که عمق آن بیش از عرضش باشد، در صورت **گیرداری درز**، وقوع **ترک‌های داخلی** محتمل می‌باشد. در صورت زیاد بودن میزان **سولفور** یا **فسفر** در فلز پایه، وقوع هر دو ترک فوق به مقدار زیادی تشدید می‌گردد.

۳- **میزان کربن و آلیاژها در فلز پایه**. هر چه میزان **کربن** و **آلیاژ در فلز پایه** زیاد باشد، **شکل‌پذیری فلز جوش** کاهش یافته و احتمال وقوع ترک بیشتر می‌شود.

۴- **وارد شدن حباب‌های هیدروژن** از **روکش الکترود** در **نوار جوش**.

۵- **وجود رطوبت در سطح شیار جوش** در فلز پایه و آلودگی سطح مذکور.

۶- **سرد شدن سریع جوش** که موارد ۳ و ۴ را افزایش می‌دهد.

[1] Heat Affected Zone (HAZ)

mohammad-karimi.com

عواملی که باعث وقوع ترک در ناحیه تفتیده در فلز پایه می‌شوند (ترک در زیر نوار جوش)

۱- میزان **کربن یا آلیاژ زیاد** که باعث **افزایش سختی‌پذیری و کاهش شکل‌پذیری ناحیه تفتیده** می‌شوند. (در فولادی که **سختی‌پذیری** ندارد، امکان وقوع ترک زیر **نوار جوش** وجود ندارد).

۲- **تردی هیدروژنی ناحیه ذوب شده** به علت وارد شدن **هیدروژن** از **فلز جوش**.

۳- **سرعت سرد شدن** که به هر یک از دو عامل ۱ و ۲ مؤثر است.

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

تحت **شرایط بهره‌برداری**، جوش ترک نمی‌خورد، لیکن درصورتی‌که به خوبی طرح نشده باشد، وقوع **ترک مقاومتی** در آن امکان پذیر است. وقوع دو نوع خرابی در جوش در هنگام بهره‌برداری محتمل است و باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد:

۱- **تردی ناشی از زخم** که باعث **شکست جوش یا فلز پایه** در **ناحیه‌ی تفتیده**، تحت **بارهای ضربه‌ای بزرگ** در **درجه حرارت پایین** می‌گردد.

۲- **ترک خستگی** به علت اثر **زخم ناشی از هندسه‌ی نامناسب درز**. این نوع شکست تحت **بارهای متناوب با تکرار و دامنه‌ی بزرگ** به وجود می‌آید.

عواملی که باید کنترل گردند

۱. **هندسه نوار: سطح نوار جوش** باید قدری **محدب** بوده و دارای **نسبت عرض به عمق مناسب** باشد. این مسئله باید در **جوش‌های یک پاسه** و **جوش ریشه** در **جوش‌های چند پاسه** و یا حتی **پاس‌های میانی** مورد توجه قرار گیرد.

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

۳. **میزان کربن و آلیاژها:** در هنگام **انتخاب نوع فولاد** باید دقت گردد که موازنه‌ای بین **هزینه‌ی فولاد** و **هزینه‌ی جوش** برقرار گردد. انتخاب **فولادهای پرمقاومت** هر چند که باعث **کاهش هزینه‌ی فولاد** می‌گردد، لیکن به علت وجود **میزان کربن زیاد و یا آلیاژها**، و به خصوص عناصری مثل **سولفور** یا **فسفر**، که **تأثیر منفی بر کیفیت جوش** دارند، افزایش قابل توجهی در **هزینه‌ی جوشکاری** وجود خواهد داشت. این دو هزینه باید قابل موازنه باشند.

۴. **وارد شدن هیدروژن:** برای جلوگیری از ورود **حباب‌های هیدروژن** باید از **الکترودهای کم هیدروژن** استفاده گردد.

۵. **حرارت ورودی:** باید کل حرارت ورودی کنترل گردد. این حرارت شامل **پیش گرمایش**، **حرارت القایی** به واسطه‌ی **جوشکاری**، گرمایش در حد فاصل **پاس‌های مختلف** و پس گرمایش به منظور جلوگیری از **سرد شدن سریع** می‌باشد. **حرارت القایی کمتر**، باعث کاهش **تنش‌های انقباضی** و کاهش **سرعت سرد شدن** (که از **تردی زیاد ناحیه‌ی تفتیده** می‌کاهد) می‌گردد. این دو از **عوامل مهم بروز ترک در جوش** می‌باشند.

پرسش ۵-۵۲) اندکی تحدب در سطح نوار جوش و دارا بودن نسبت عرض به عمق مناسب، در کدام‌یک از جوش‌های زیر باید مورد توجه قرار گیرد؟ (مهر ۱۴۰۲ اجرا «۳»)

الف) در پاس‌های میانی جوش‌های چند پاسه
ب) جوش‌های یک پاسه
ج) جوش‌های ریشه در جوش‌های چند پاسه
د) هر سه گزینه صحیح است.

پاسخ) با توجه به مورد ۱ بالا، گزینه د صحیح است.

۵-۵-۳-۲ ورق‌های نازک (۵-۴-۳)

جوش‌هایی که ورق‌هایی نازک را متصل می‌کنند، به ندرت تمایل به ترک از خود نشان می‌دهند. حرارتی که در هنگام جوشکاری به ورق انتقال داده می‌شود و **جرم کم ورق**، **سرعت سرد شدن** را کاهش می‌دهد. این موضوع به علاوه **تنش‌های داخلی کاهش یافته** ناشی از **نسبت مناسب بعد گلو به ضخامت ورق**، و **انعطاف‌پذیری خوب ورق نازک در مقابل انقباض**، از شدت تأثیر عوامل ایجاد ترک می‌کاهد. در **جوشکاری ورق‌های نازک**، ترک‌خوردگی تقریباً هیچ وقت مشکل مهمی نمی‌باشد، مگر این‌که **میزان کربن و آلیاژ فولاد** به طور غیرمعمولی زیاد باشد.

۵-۵-۳-۳ ورق‌های ضخیم (۵-۴-۴)

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

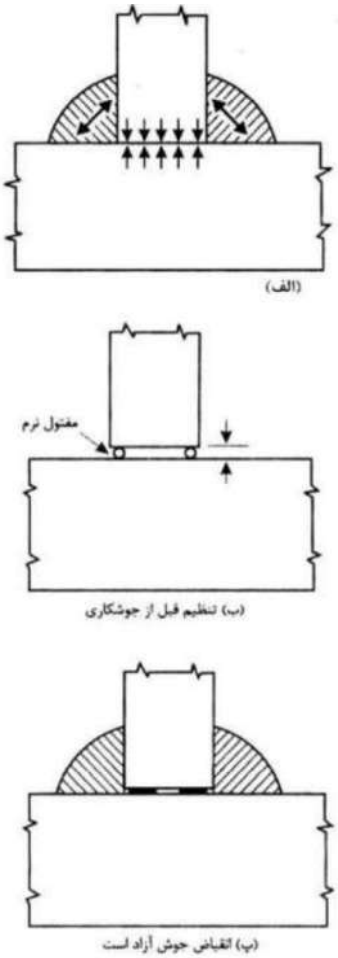
mohammad-karimi.com

برای **ضخامت‌های معمول**، **کارخانه‌های نورد** مشکلی برای برآورده کردن مشخصات مقاومتی ندارند، لیکن برای **تولیدات با ضخامت زیاد**، به خاطر **سرعت سرد شدن کمتر**، لازم است **میزان کربن یا آلیاژها** به منظور دستیابی مقاومت مورد نظر، 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 **پیش گرمایش** نیز لازم می‌گردد. هدف از این روش‌ها، **کاهش سرعت سرد شدن جوش** و **افزایش شکل‌پذیری** آن است. علاوه بر افزایش شکل‌پذیری، **پیش گرمایش ورق‌های ضخیم**، باعث **کاهش تنش‌های انقباضی** که در اثر **گیرداری درز** ایجاد می‌گردد، می‌شود.

به علت **هزینه‌ی بالا**، پیش گرمایش باید به خوبی تعریف شده باشد. برای مثال، برای **جوش گوشه‌ی ورق نازک جان به ورق ضخیم بال**، پیش گرمایشی به اندازه‌ی **پیش گرمایش جوش لب به لب دو ورق ضخیم** با **درجه‌ی گیرداری زیاد**، لازم نیست.

مطابق شکل آیین‌نامه ۵-۲۳، برای **کاهش تنش‌های انقباضی** در **جوشکاری ورق‌های ضخیم**، لازم است فاصله‌ای حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر، بین دو ورق ایجاد گردد. این فاصله را می‌توان به کمک **مفتول نرمه** ایجاد نمود. **برش مضرس لبه‌ها** با دندانه‌هایی در همین حدود، می‌تواند تأمین‌کننده‌ی این فاصله باشد.



شکل (۵-۴۷): (آیین‌نامه ۵-۲۳)

پرسش ۵-۵۳) جوش در ورق ضخیم ..... از ورق نازک سرد می‌شود و برای کاهش تنش‌های انقباضی در ورق‌های ضخیم لازم است فاصله‌ای حدود ..... بین دو ورق ایجاد گردد. (اسفند ۱۳۹۵ اجرا «۴۰»)

الف) دیرتر - ۲ تا ۳ میلی‌متر
ب) زودتر - ۱ تا ۲ میلی‌متر
ج) دیرتر - ۱ تا ۲ میلی‌متر
د) هم‌زمان - ضخامت الکترود

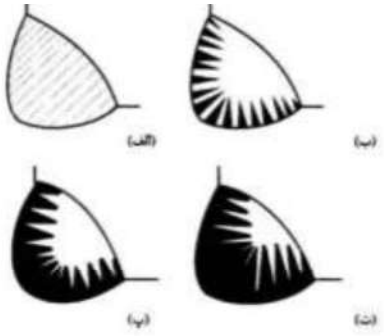
پاسخ) با توجه به بند ۵-۴-۴، گزینه ج صحیح است.

mohammad-karimi.com

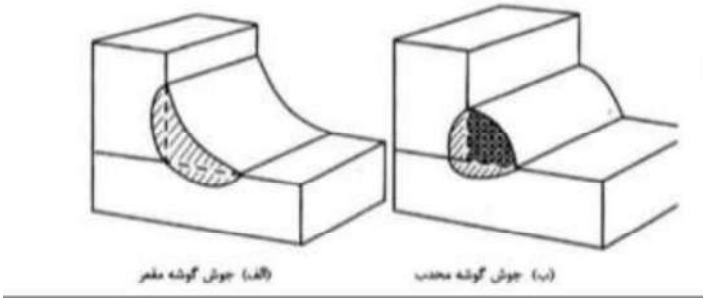
۵-۵-۳-۴ جوش گوشه (۵-۴-۵)

در شکل آیین‌نامه ۵-۲۴ **مراحل سرد شدن نوار مذاب جوش گوشه** از سمت دو ساق به **گلوی جوش** نشان داده شده است. همان طور که این شکل نشان می‌دهد، **گلوی جوش گوشه** آخرین منطقه‌ای است که سرد و جامد می‌گردد.

حال به مقایسه‌ی دو **نوار جوش محدب و مقعر** مطابق شکل آیین‌نامه ۵-۲۵ می‌پردازیم. همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد، مقایسه‌ی ظاهری، **اندازه‌ی 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.



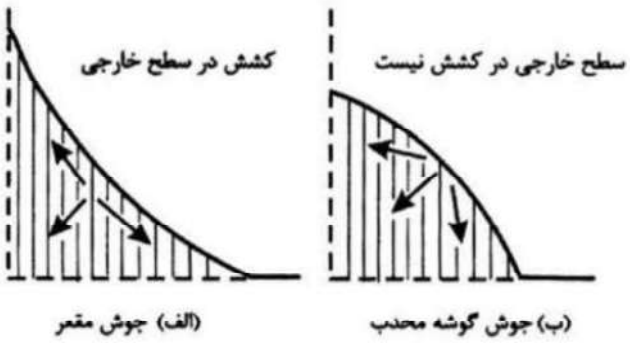
شکل (۵-۴۸): (آیین‌نامه ۵-۲۴)



شکل (۵-۴۹): (آیین‌نامه ۵-۲۵)

این احساس در اغلب طراحان وجود دارد که **جوش گوشه‌ی مقعر**، مسیر یکنواخت‌تری برای **جریان تنش** به وجود می‌آورد. لیکن تجارب عملی مبین این است که **جوش‌های گوشه‌ی یک پاسه‌ی مقعر تمایل بیشتری برای ترک‌خوردگی** دارند. بخصوص در فولادهایی که به **روش‌های خاص جوشکاری** نیاز دارند. این عیب مزیت **توزیع یکنواخت تنش** را جبران می‌کند.

وقتی که **جوش مقعر** خنک و **منقبض** می‌شود، سطح خارجی آن به کشش می‌افتد (شکل ۵-۲۶-الف). این کشش می‌تواند در جوش ایجاد ترک نماید. با استفاده از **جوش محدب** می‌توان از این ترک جلوگیری نمود. همان‌طور که شکل ۵-۲۶-ب، نشان می‌دهد **جوش محدب** می‌تواند بدون ایجاد **کشش سطحی**، سرد و منقبض گردد. در **جوش‌های گوشه‌ی چند پاسه**، فقط **پاس اول** (**جوش ریشه**) لازم است به صورت **محدب** اجرا گردد. به همین علت اگر در طراحی برای جریان یکنواخت‌تر تنش لازم باشد از **جوش مقعر** استفاده گردد، باید جوش به صورت **چند پاسه** اجرا شود که **پاس اول** باید دارای قدری **تحدب** باشد.



شکل (۵-۵۰): (آیین‌نامه ۵-۲۶)

۵-۵-۳-۵ جوش‌های شیاری (۵-۴-۶)

در **ورق‌های ضخیم**، **پاس اول** (**جوش ریشه**)، احتیاج به تمهیدات خاصی دارد. این مسئله در **درزهای جناغی دوطرفه (X)** برای **جوش ریشه‌ی طرف دوم** اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، چون در هنگام اجرای این جوش، به علت اجرای **جوش طرف اول**، گیرداری بیشتری در درز وجود دارد. **جوش در هنگام سرد شدن**، **تمایل به انقباض همه‌جانبه** دارد که قیود موجود در ورق از این انقباض جلوگیری می‌کند و در نتیجه در جوش **تنش‌های کششی انقباضی** به وجود آمده و حتی جوش در نقاط متعددی به **حد تسلیم** می‌رسد.

شکل آیین‌نامه ۵-۲۷ می‌تواند ایده‌ای از **تنش‌های کششی محبوس** و **تسلیم جوش** به دست دهد. فرض کنید که طول ورق‌ها کوچک بوده و اجازه‌ی **انقباض آزاد** به جوش داده شود. **وضعیت انقباض یافته** با خط چین نشان داده شده است. حال اگر بخواهیم ورق‌ها را به

mohammad-karimi.com

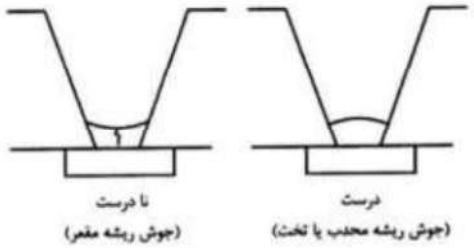
وضعیت اولیه برگردانیم، وضعیتی که در صورت وجود قید وجود خواهد داشت، نیاز به ایجاد **کشش عرضی** در درز داریم که ایجاد تنش کششی عرضی در جوش می‌نماید. در عمل به علت عدم امکان حرکت در ورق و کم بودن ضخامت جوش در مقابل ورق، **کشیدگی** (**اتساع**) یا **تسلیم** فقط در جوش به وجود می‌آید که قسمت اعظم آن در زمانی 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 به وجود 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 آیین‌نامه ۵-۲۸، اگر این جوش به صورت **مقعر** اجرا 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 کم هیدروژن** نیز عامل مهمی در **کاهش احتمال ترک** است، در نهایت استفاده از پیش گرمایش نیز می‌تواند مقرر شود.

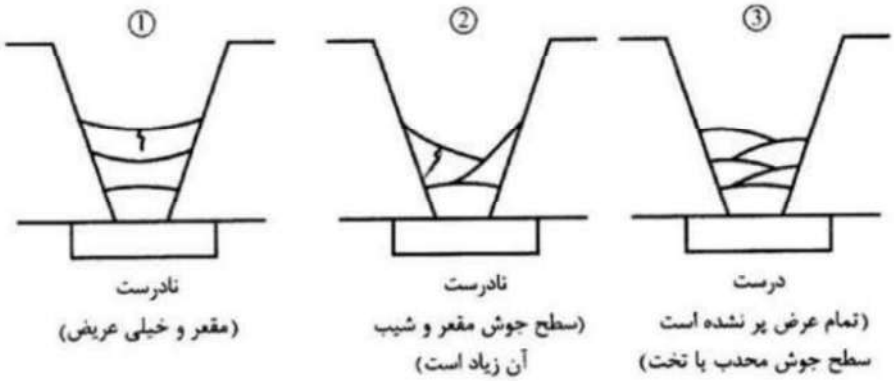


شکل ۵ ـ ۲۷



شکل (۵-۵۱): (آیین‌نامه ۵-۲۸)

اگر **پاس‌های میانی جوش** به طور قابل توجهی **عریض** یا **مقعر** باشد، **احتمال وقوع ترک** در امتداد آنها نیز وجود دارد. مطابق شکل آیین‌نامه ۵-۲۹، در این حالت به جای استفاده از نوارهای عریض و مقعر، پاس‌های جوش بهتر است به صورت **نوارهای پهلو به پهلو با عرض کمتر** و **تحدب بیشتر** اجرا گردد.



شکل (۵-۵۲): (آیین‌نامه ۵-۲۹)

پرسش ۵-۵٤) در ورق‌های فولادی ضخیم کدام‌یک از مشخصات زیر را پاس اول جوش شیاری دارا می‌باشد؟ (مرداد ۱٤۰۰ اجرا «۷»)

الف) پاس اول (جوش ریشه) آلیاز کمتری از فلز پایه کسب می‌نماید.

ب) پاس اول جوش شکل‌پذیری کمتری نسبت به سایر پاس‌ها دارد.

ج) اگر پاس اول به صورت مقدر اجرا گردد، امکان ترک‌خوردگی در آن کمتر است.

د) افزایش ضخامت گلوی پاس اول، احتمال ایجاد ترک در آن را افزایش می‌دهد.

پاسخ) با توجه به بند ۵-٤-۶، گزینه ب صحیح است.

mohammad-karimi.com

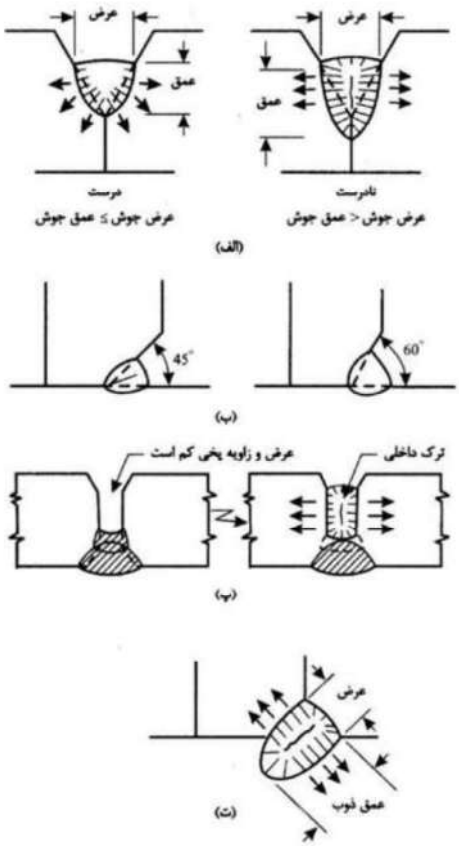
۵-۵-۳-۶ ترک‌های داخلی در نوار جوش و نسبت عرض به عمق نوار جوش (۵-۴-۷)

وقتی که به علت **گیرداری درز** یا **شیمی مصالح** یا هر دو عامل، **تمایل به ترک‌خوردگی در جوش** وجود داشته باشد، **ترک در سطح جوش** ظاهر می‌شود. گاهی مواقع ممکن است **ترک داخلی** بدون هرگونه **عمق زیاد جوش** یا **طرح غلط درز** ایجاد گردد. **سرد شدن** (**انجماد**) **جوش شیاری** مشابه **جوش گوشه** است. **انجماد از سطح تماس جوش** با سطح فلز پایه شروع شده و در **محور مرکزی جوش** به اتمام می‌رسد. اگر **عمق ذوب** خیلی بزرگ‌تر از **عرض نوار جوش** باشد، **سطح جوش** ممکن است زودتر از مرکز آن **منجمد** شود. در این حالت **تنش‌های انقباضی** می‌توانند در **هسته‌ی داغ جوش**، **ترک داخلی بدون بروز سطحی** به وجود آورند (شکل آیین‌نامه ۵-۳۰-الف).

ترک‌های داخلی می‌توانند به علت **عدم طراحی دقیق درز** و **آماده‌سازی لبه‌ها** نیز به وجود آیند. شکل آیین‌نامه ۵-۳۰-ب، نتایج ترکیب **ورق ضخیم**، **نفوذ عمیق** و **زاویه‌ی لبه ٤٥ درجه** را نشان می‌دهد.

شکل آیین‌نامه ۵-۳۰-پ، یک **جوش جناغی دوطرفه (X)** را نشان می‌دهد که برای **جوش طرف دوم شیار کم‌عرض** و عمیقی سنگ خورده است. جوشکاری در این شیار باعث به وجود آمدن **ترک داخلی** خواهد شد.

شکل آیین‌نامه ۵-۳۰-ت، ایجاد **ترک داخلی را در جوش گوشه‌ای** نشان می‌دهد که **عمق ذوب** آن نسبت به عرضش 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 به عرض**، **طرح مناسب درز جوش**، استفاده از **سرعت و آمپر مناسب** برای **کنترل حجم مصالح جوش مصرفی** می‌باشد.



شکل (۵-۵۳): (آیین‌نامه ۵-۳۰)

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

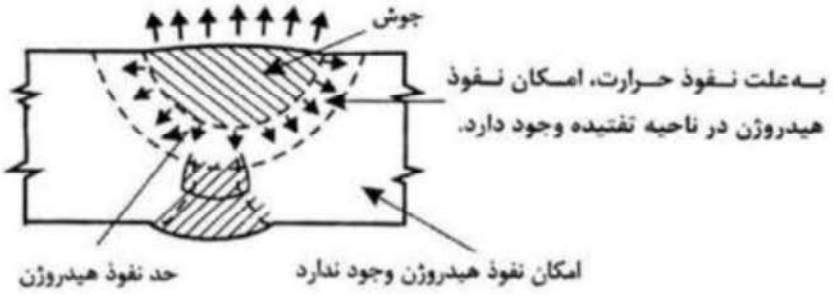
$$\frac{\text{عرض جوش}}{\text{عمق ذوب}} = ۱/۴ \text{ تا } ۱$$

mohammad-karimi.com

۵-۵-۳-۷ ترک در زیر نوار جوش[1] (۵-٤-۸)

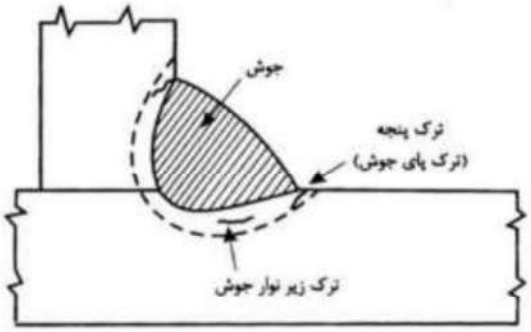
این نوع ترک، ترکی است که در **زیر نوار جوش** در **ناحیه‌ی تفتیده‌ی فلز پایه** به وجود می‌آید. در **فولادهای نرمه کم کربن** تقریباً وقوع چنین ترکی مشاهده نمی‌شود. با **افزایش میزان کربن و آلیاژها و ضخامت ورق**، امکان وقوع آن افزایش می‌یابد. در فولادهایی با حد تسلیم ۷۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع حتی با وجود اعمال پیش گرمایش، باز باید انتظار وقوع این ترک‌ها را داشت.

یکی از روش‌های جلوگیری از این نوع ترک، استفاده از **مصالح جوش کم هیدروژن** است، چون **نفوذ هیدروژن** باعث **تردی ناحیه‌ی تفتیده‌ی فلز پایه** می‌گردد. **هیدروژن** می‌تواند از طریق **روکش الکترود** و یا **رطوبت موجود در سطوح مورد جوش** وارد فلز پایه گردد. **نوار جوش** و **ناحیه‌ی تفتیده‌ی فلز پایه** به علت **درجه حرارت زیاد قدرت جذب هیدروژن** بالایی دارند. خوشبختانه اکثر هیدروژن از **حد فاصل درز جوش** خارج شده و فقط قسمت ناچیزی از آن **جذب نوار جوش و فلز پایه** می‌گردد. با توجه به **کاهش قابلیت جذب هیدروژن** به علت **کاهش دما**، با دور شدن از **ناحیه‌ی تفتیده**، **قدرت جذب هیدروژن** نیز توسط **فلز پایه** از بین می‌رود. در شکل آیین‌نامه ۵-۳۱ **نواحی نفوذ هیدروژن در نوار جوش و فلز پایه** نشان داده شده است. در واقع **ناحیه‌ی خارج از ناحیه‌ی تفتیده** مانند حصاری در اطراف **حوزه‌ی تأثیر حرارت**، از **نقطه‌نظر جذب هیدروژن** عمل می‌نماید و در **شکل فریت** باقی می‌ماند.



شکل (۵-٥٤): (آیین‌نامه ۵-۳۱)

با کاهش دما، **ناحیه‌ی تفتیده** به شکل قبلی خود یعنی **فریت بدون قدرت جذب هیدروژن** بر می‌گردد. **هیدروژن‌های جذب شده** از فلز جدا شده و به صورت حفراتی در حد فاصل **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 **ناحیه‌ی تفتیده** از فلز پایه رخ می‌دهد (شکل آیین‌نامه ۵-۳۲). به این نوع ترک، ترک در زیر نوار یا **زنجیره‌ی جوش** می‌گویند. درصورتی‌که این ترک‌ها در فلز پایه در **مجاورت نوار جوش** ظاهر شوند، به آن‌ها **ترک پنجه**[2] می‌گویند. **کاهش سرعت انجماد**، **کاهش سرعت جوشکاری** و **پیش گرمایش**، به هیدروژن جذب شده فرصت خروج می‌دهند و از شدت بروز این نوع ترک کاسته می‌شود.



شکل (۵-٥٥): (آیین‌نامه ۵-۳۲)

استفاده از **الکترود کم هیدروژن**، منبع اصلی **تولید هیدروژن** را از بین برده و باعث **حذف ترک** در زیر **نوار جوش** می‌شود.

---

[1] Under bead cracking

[2] Toe crack

mohammad-karimi.com

۵-۵-۳-۸ جمع‌بندی مطالب ارائه شده در مورد ترک (۵-٤-۹)

مهم‌ترین مشخصه‌ی درز جوش، عاری بودن آن از هرگونه ترک است. ترک می‌تواند در **نوار جوش** (**مصالح جوش**) و **ناحیه‌ی تفتیده** در **فلز پایه** به وجود 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 نوار جوش** به صورت یک مشکل در می‌آید و برای جلوگیری از وقوع آن به تمهیدات خاصی نیاز است.

برای جلوگیری از وقوع ترک روش‌های پیشگیرانه‌ی زیر ایجاب می‌شود:

الف) **انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب** به همراه **مقطع مناسب برای درز و نوار جوش** و **کنترل مواد مضاف**.

ب) **کاهش گیرداری درز** با **تعبیه‌ی فاصله بین دو لبه‌ی ورق**.

پ) استفاده از **مصالح جوش کم هیدروژن**.

ت) **کنترل سرعت انجماد** با **کاهش شدت جریان الکتریسیته**، **کاهش سرعت جوشکاری** و در صورت نیاز استفاده از **پیش گرمایش** و **کنترل دما در پاس‌های میانی**.

پرسش ۵-۵۵) در جوشکاری مقاطع فولادی احتمال ایجاد ترک در نوار جوش و ناحیه تفتیده در فلز پایه در ورق‌های فولادی با ضخامت متوسط بیشتر است یا ورق‌های فولادی با ضخامت بالاتر؟ (اسفند ۱٤۰۲ اجرا «٤۳»)

الف) در ورق‌های با ضخامت متوسط به علت استقامت کمتر ورق احتمال ایجاد ترک در نوار جوش بیشتر است.

ب) با افزایش ضخامت ورق احتمال ایجاد ترک در نوار جوش و زیر نوار جوش بیشتر می‌شود.

ج) احتمال ایجاد ترک در نوار جوش و یا در زیر نوار جوش ربطی به ضخامت ورق فلز پایه ندارد.

د) اگر از مصالح جوش با هیدروژن بالا استفاده شود احتمال ایجاد ترک در نوار جوش و ناحیه تفتیده فلز پایه کمتر می‌شود.

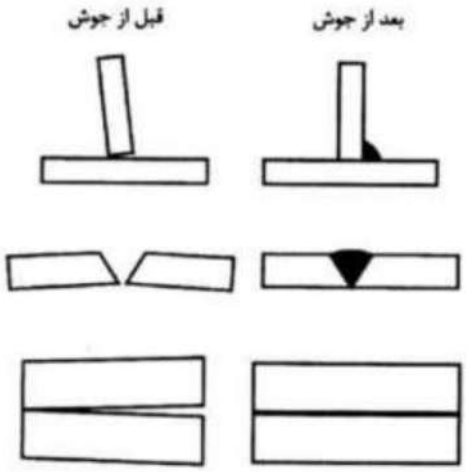
پاسخ) با توجه به بند ۵-٤-۹، گزینه ب صحیح است.

۵-٦ تغییرشکل‌های ناشی از جوشکاری (فصل ششم)

۵ - ٦- ۱ کنترل انقباض جوش (٦-٤)

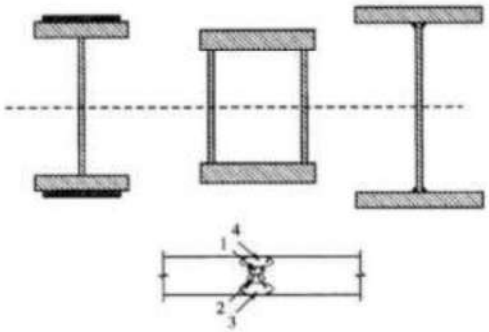
یکی از روش‌های مقابله با **آثار انقباضی جوش**، **پیش خمش** و **پیش تنظیم اعضا** و **تنظیم درزها برای خنثی‌سازی آثار انقباضی** است. در این حالت مطابق شکل ۶ - ۴ ، **انقباض جوش** باعث می‌شود که اعضا به وضعیت اولیه درآیند.

در صورت امکان، جوش باید حول **تار خنثای مقطع عضو** متعادل گردد. در این حالت **بازوی نیروی برون‌محور** مساوی صفر می‌گردد، به طوری که اگر **نیروی انقباضی** F وجود داشته باشد، **لنگر انقباضی** Fd مساوی صفر می‌شود (شکل۶ - ۵)



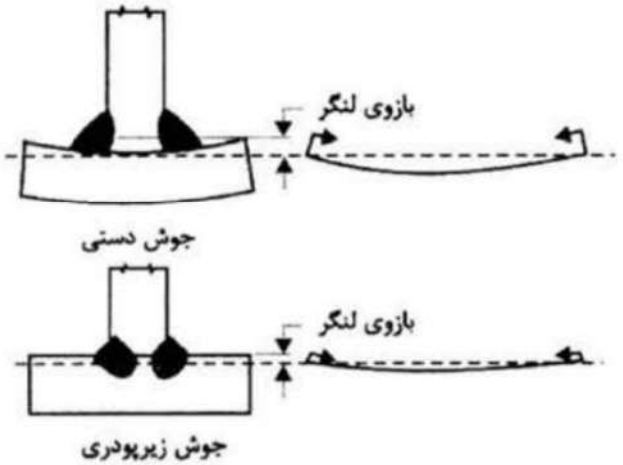
شکل (۵-٥٦): تنظیم اولیه درزها باعث می‌شود که انقباض، آن‌ها را به وضعیت صحیح مورد نظر درآورد. (آیین‌نامه ٦-٤)

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۵۷): معادل کردن جوش‌ها و یا نوارهای جوش در حول تار خنثای عضو، اعوجاج زاویه‌ای را به صفر می‌رساند (آیین‌نامه ٦-۵)

در صورتی که **محور خنثای مقطع** مطابق شکل ۶ – ۶ پایین‌تر از **مرکز ثقل جوش‌ها** قرار گیرد، با 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.



شکل (۵-۵۸): افزایش عمق جوشکاری، باعث می‌شود مرکز ثقل جوش به تار خنثای عضو نزدیک‌تر شده و باعث کاهش لنگر انقباضی گردد. (آیین‌نامه ٦-٦)

تأثیر فلز پایه در مجاورت نوارجوش

انقباض فلز جوش به تنهایی، اغلب نمی‌تواند مقادیر **انقباض‌های واقعی** را توجیه نماید. به این حقیقت باید توجه داشت که **فلز پایه 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، **ناحیه گرم شده** تحت **انقباض حجمی** قرار گرفته و **تنش‌های انقباضی** در **امتداد طولی و عرضی** به وجود می‌آید. در نتیجه این ناحیه از فلز پایه به همراه **فلز جوش منقبض** می‌شود.

تأثیر سرعت جوشکاری

حجم فلز پایه‌ای که در **اعوجاج** شرکت می‌کند، می‌تواند توسط **دستورالعمل جوشکاری مناسب** کنترل گردد. **افزایش سرعت جوشکاری** می‌تواند **حجم فلز پایه تحت تأثیر حرارت** را کاهش داده و در نتیجه **انقباض** و **اعوجاج‌های** ناشی از آن را کاهش دهد. سرعت زیاد را می‌توان با **روش‌های جوش خودکار و نیمه خودکار** و یا استفاده از **الکترودهای خاص در جوشکاری دستی** به دست آورد.

تأثیر شدت جریان و سرعت جوشکاری در **ناحیه تفتیده** در شکل ۶ – ۷ نشان داده شده است. تقریباً اندازه جوش به دست آمده در دو حالت الف و پ، یکسان است. اختلاف آنها در این است که **سرعت بیشتر جوشکاری** در حالت پ، **ناحیه تفتیده باریک‌تری** به وجود می‌آورد. از عرض منحنی هم دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس می‌توان به عنوان نشانه‌ای از **ناحیه تفتیده فلز پایه** که به همراه **فلز جوش** در

mohammad-karimi.com

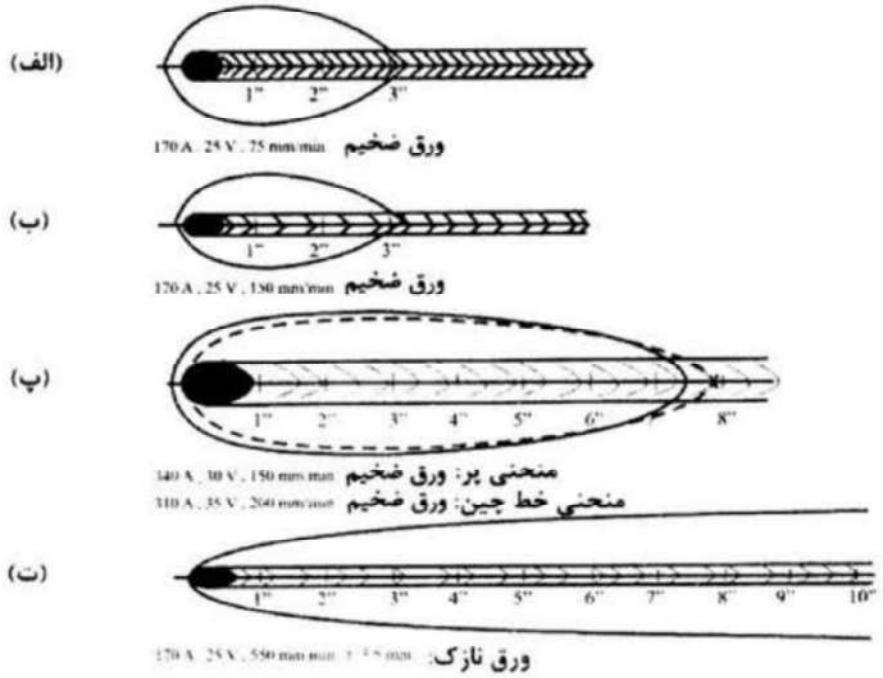
انقباض مؤثر است، استفاده نمود. این پدیده پاسخی به این سؤال است که چرا **جوشکاری با سرعت زیاد** **اعوجاج کمتری** تولید می‌کند. این مسئله از مقایسه حرارت اعمال شده به ورق به وسیله جوش نیز آشکار است.

برای جوش الف:

$$\frac{۶۰EI}{V}=\frac{(۶۰)(۲۵V)(۱۷۰amp)}{۳''/\min}=۸۵۰۰۰Joule/in$$

برای جوش ب:

$$\frac{۶۰EI}{V}=\frac{(۶۰)(۳۵V)(۳۱۰amp)}{۸''/\min}=۸۱۰۰۰Joule/in$$



شکل (۵-۵۹): تاثیر تکنیک‌های جوشکاری بر ناحیه‌ی تفتیده. در هر حالت، منحنی هم‌دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس نشان داده شده است. (آیین‌نامه ٦-۷)

مقایسه حالت الف و ب، شکل ۶ – ۷ گویای شرایط دیگری است. دو **درز لب به لب** یکی در **وضعیت قائم** (**سربالا**) و دیگری در **وضعیت افقی** با استفاده از **جوش شیاری** با **عبورهای چندگانه** تولید شده‌اند.

جوش سربالا با سه بار عبور با سرعت ۳ اینچ (۷۵ میلی متر) بر دقیقه با حرکت از پایین به بالا به طور **زیگ زاگ**، اجرا شده است (جوش الف). جوش افقی با ۶ بار عبور با سرعت ۶ اینچ (۱۵۰ میلی متر) بر دقیقه اجرا شده است (جوش ب). **سرعت جوش** بیشتر، باعث شده است که عرض ناحیه هم حرارت باریک‌تر گردد؛ ولی ۶ بار عبور باعث **تجمع انقباض‌ها** و در نتیجه **افزایش انقباض** نسبت به حالت الف، شده است.

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

در شکل ۶ – ۷ ــ ت، ملاحظه می‌شود که عرض بزرگتری از فلز پایه در **ناحیه تفتیده** قرار گرفته است. این مسئله به همراه **انعطاف‌پذیری بیشتر ورق نازک‌تر**، باعث **اعوجاج بیشتری** شده است.

اصولاً **ورق‌های نازک‌تر**، از نظر **مسائل اعوجاجی و حرارتی** مشکل‌سازتر از **ورق‌های ضخیم** هستند.

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۵۶) در جوشکاری مقاطع فولادی آیا فلز پایه مجاور نوار جوش سهمی در انقباض مقاطع دارد؟ افزایش سرعت جوشکاری چطور؟ (اردیبهشت ۱۴۰۲ نظارت «۵۵»)

الف) بلی - خیر

ب) بلی - افزایش سرعت انقباض ناشی از جوشکاری را کاهش می‌دهد.

ج) خیر - افزایش سرعت انقباض ناشی از جوشکاری را کاهش می‌دهد.

د) خیر - افزایش سرعت انقباض ناشی از جوشکاری را افزایش می‌دهد.

پاسخ) با توجه به بند ۶-۴، گزینه ب صحیح است.

پرسش ۵-۵۷) افزایش سرعت جوشکاری چه تاثیری بر انقباض و اعوجاج فلز پایه دارد؟ و سرعت زیاد جوشکاری چگونه به دست می‌آید؟ (مهر ۱۳۹۸ اجرا «۳»)

الف) انقباض و اعوجاج را کاهش می‌دهد - با استفاده از الکترودهای خاص در جوشکاری دستی یا روش‌های جوش خودکار و نیمه خودکار

ب) انقباض را کاهش و اعوجاج را افزایش می‌دهد - با استفاده از روش‌های جوش خودکار و نیمه خودکار

ج) انقباض و اعوجاج را افزایش می‌دهد - با استفاده از روش‌های جوش خودکار و نیمه خودکار

د) انقباض را کاهش و اعوجاج را افزایش می‌دهد - سرعت زیاد جوشکاری به حرکت و دقت جوشکاری مربوط است.

پاسخ) با توجه به بند ۶-۴، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۵۸) کدام‌یک از تعاریف زیر در مورد کنترل انقباض جوش درست است؟ (خرداد ۱۳۹۳ اجرا «۱۶»)

الف) در صورت امکان جوش باید حول وجه خارجی مقطع عضو متعادل گردد تا بازوی نیروی برون محور صفر شود.

ب) افزایش عمق جوشکاری، باعث می‌شود مرکز نقل جوش به تار خنثی عضو نزدیکتر شود و لنگر انقباضی کاهش یابد.

ج) فقط با تنظیم درزها می‌توان با آثار انقباض جوش مقابله نمود که انقباض جوش باعث شود اعضا به وضعیت اولیه درآیند.

د) با متعادل کردن جوش یا نوارهای جوشی، اعوجاج زاویه‌ای محدودی در عضو ایجاد می‌شود.

پاسخ) طبق تعاریف بیان شده در بند ۶-۴، جوش باید حول محور خنثی متعادل شود و علاوه بر تنظیم درزها، پیش خمش و پیش تنظیم اعضا نیز می‌تواند باعث کاهش انقباض جوش شود. همچنین، با متعادل کردن جوش‌ها، اعوجاج زاویه‌ای به صفر می‌رسد. بنابراین، گزینه‌های الف، ج و د صحیح نیستند. مطابق تعاریف، گزینه ب صحیح است.

۵ - ۶- ۲ شمشیری شدن (انحنای طولی) (۶-۷)

به علت **انقباض جوش‌های طولی نامتعادل** نسبت به **تار خنثی**، **انحنای طولی** یا **شمشیری شدن** رخ می‌دهد (شکل ۶ - ۱۳). مقدار خیز Δ به علت شمشیری شدن را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$\Delta = ۰/۰۰۵ \frac{A_w dL^۲}{I} \qquad (۵-۱)$$ (آیین‌نامه ۳-۶)

در رابطه فوق:

A_w = **سطح مقطع کلی جوش‌ها** ($cm^۲$)

d = **فاصله بین مرکز ثقل مقطع گرده جوش تا تار خنثی** (cm)

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

I = **ممان اینرسی عضو** ($cm^۴$)

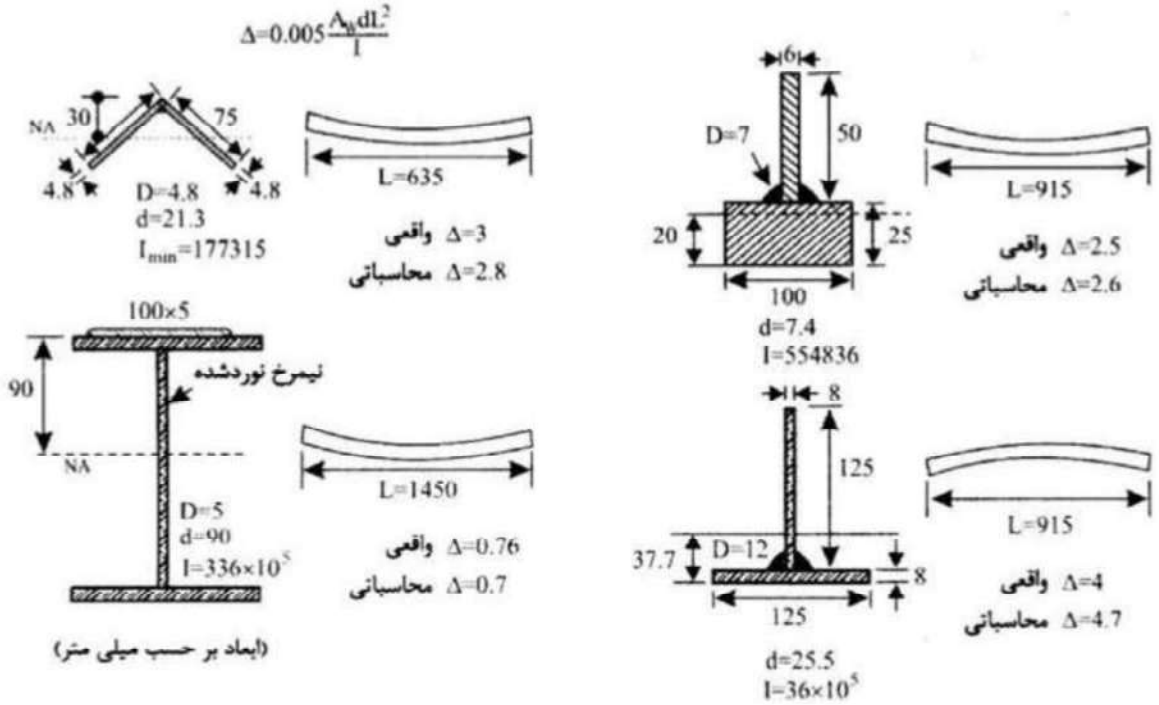
Δ = **خیز حداکثر** (cm)

در شکل ۶ - ۱۳ انطباق خوب نتایج حاصل از رابطه با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان داده شده است.

گاهی مواقع حتی با وجود **تعادل جوش‌ها حول تار خنثی**، **پدیده شمشیری شدن** در **اعضای طولی** رخ می‌دهد.

mohammad-karimi.com

این پدیده این طور توجیه می‌شود که در اطراف خط جوش اول **تغییرشکل‌های خمیری** رخ می‌دهد که این تغییرشکل‌ها به علت **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 **تغییر شکل‌های ناخواسته** جلوگیری نمود. به عنوان مثال به **توالی انجام عبور جوش‌ها** در شکل ۶ – ۵ توجه نمایید.



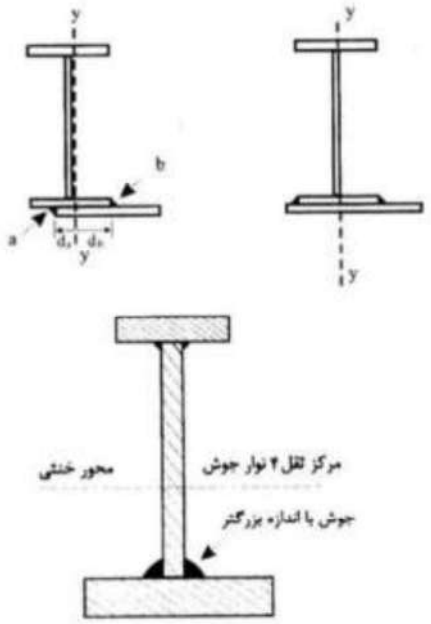
شکل (۵–۶۰): انطباق خوب رابطه‌ی ٦–۳ با مقادیر اندازه‌گیری شده در عمل برای پدیده‌ی شمشیری شدن. (ابعاد برحسب میلی‌متر) (آیین‌نامه ٦–۱۳)

در این درزجوش، ابتدا عبور ۱ انجام می‌شود. عبور ۲ در سمت مقابل ورق را نمی‌تواند کاملاً به وضعیت تخت درآورد، لیکن عبور ۳ که در سمت عبور ۲ انجام می‌شود، تغییرشکل اولیه را کاملا خنثی نموده و مقداری تغییر شکل مخالف نیز به وجود می‌آورد. عبور ۴ در سمت مخالف کاملا وضعیت اولیه را به وجود می‌آورد.

در صورتی که جوش‌ها در حول تار خنثی متعادل نباشد، ارجح است ابتدا جوش‌های نزدیک به تار خنثی اجرا گردند (شکل ۶ — ۱۴). حتی بهتر است که اندازه جوش نزدیک‌تر به تار خنثی، قدری بزرگ‌تر انتخاب گردد. در شکل ۶ – ۱۴ فوقانی که اتصال یک ورق به بال تحتانی 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 به صورت تخت و همزمان قابل اجرا هستند.

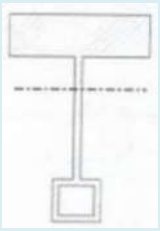
أغلب لازم می‌شود که برای حصول مقاومت لازم، دو یا چند نیمرخ جدار نازک به یکدیگر متصل شوند (شکل ۶ – ۱۵). در چنین حالتی کار درستی نیست که ابتدا جوش یک سمت را انجام داده و اجازه دهیم تا سرد شود، و سپس جوش سمت دیگر را انجام دهیم. در این حالت انجام جوش دوم نمی‌تواند انحنای ناشی از جوش اول را کاملا خنثی نماید. این پدیده با توجه به شکل ۶ – ۱۵ بدین ترتیب توجیه می‌شود که جوش فوقانی باعث گرم شدن بال فوقانی و در نتیجه تحدب کل عضو می‌شود (شکل‌های الف و ب). اگر اجازه دهیم بال و جوش فوقانی به دمای محیط برسد تحدب از بین رفته و به علت انقباض جوش، عضو به صورت مقعر در می‌آید (شکل پ). حال اگر در این حالت جوش سمت دیگر انجام شود، نمی‌تواند تمام این تقعر را خنثی نماید. چاره 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.

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۶۱): وقتی که جوش‌ها در حول تار خنثی متعادل نیستند، ارجح است که ابتدا جوش نزدیک‌تر به تار خنثی انجام شود. حتی بهتر است که اندازه‌ی جوش آن نیز به تناسب افزایش یابد. (آیین‌نامه ۶-۱۴)

پرسش ۵-۵۹) در جوشکاری مقطع فولادی ترکیبی زیر آیا ارجح است که ابتدا جوش نزدیک‌تر به تار خنثی انجام شود؟ و آیا بهتر است که اندازه جوش آن نیز به تناسب افزایش یابد؟ (اسفند ۱۴۰۲ اجرا «۴۱»)

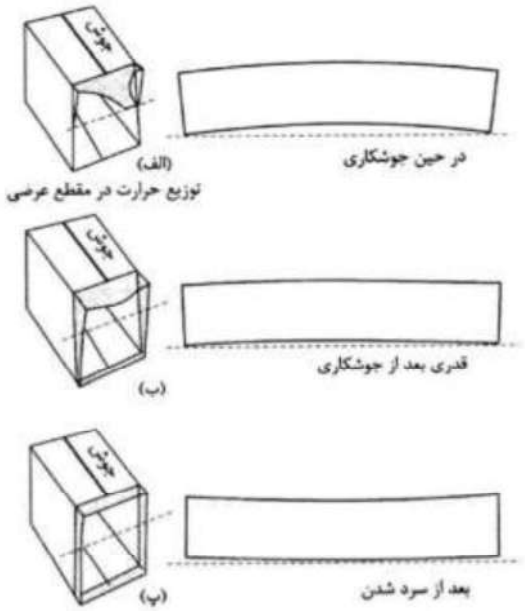


الف) خیر - خیر　　ب) بلی - خیر

ج) خیر - بلی　　د) بلی - بلی

پاسخ) با توجه به شکل ۶-۱۴، گزینه د صحیح است.

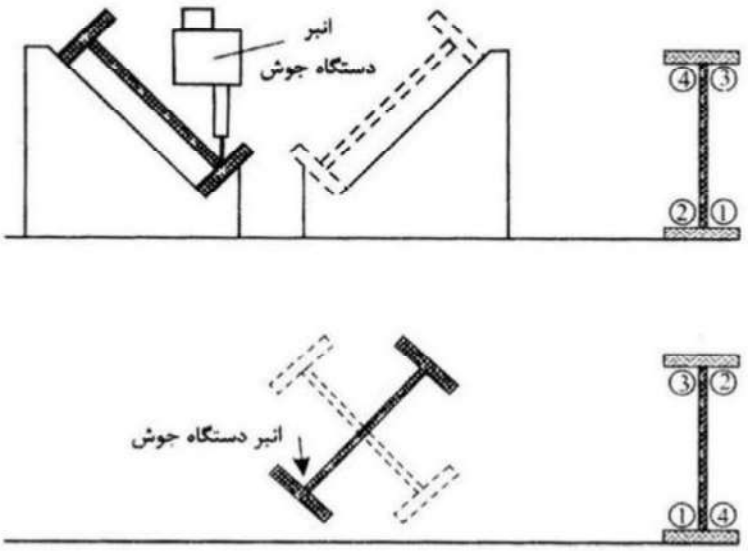
این پرسش، مشابه پرسش‌های شهریور ۱۴۰۱ نظارت «۴۵» و شهریور ۱۳۹۵ نظارت «۵۱» است.



شکل (۵-۶۲): در اتصال چند نیمرخ به یکدیگر، جوش طرف دوم باید قبل از سرد شدن جوش طرف اول انجام شود و سپس هر دو جوش به صورت همزمان سرد گردند. (آیین‌نامه ۶-۱۵)

mohammad-karimi.com

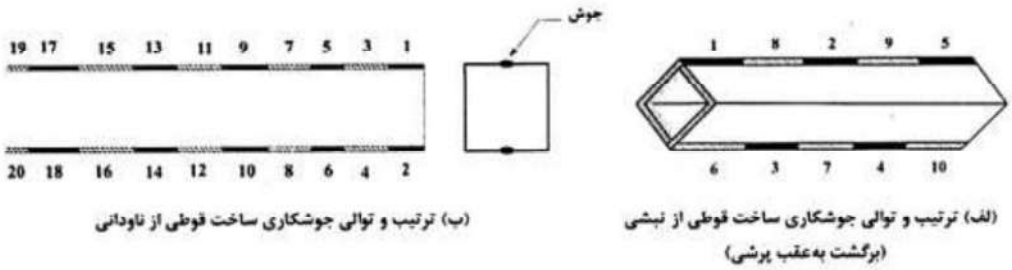
در شکل ۶ – ۱۶، روش انجام **جوش خودکار اتصال بال به جان تیرورق** بدون ایجاد اعوجاج نشان داده شده است. در صورتی که فقط از یک **دستگاه جوش** استفاده گردد، تیرورق تحت زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه قرار می‌گیرد، تا جوشکاری تقریباً در **وضعیت تخت** انجام شود. این وضعیت بسیار مطلوب بوده و موجب **افزایش سرعت جوشکاری** می‌گردد. همچنین **شکل زنجیره جوش** نیز بهتر شده و می‌توان اندازه دلخواه به آن داد.



شکل (۵-۶۳): وضعیت و توالی جوشکاری در اتصال بال به جان تیرورق. (آیین‌نامه ۶-۱۶)

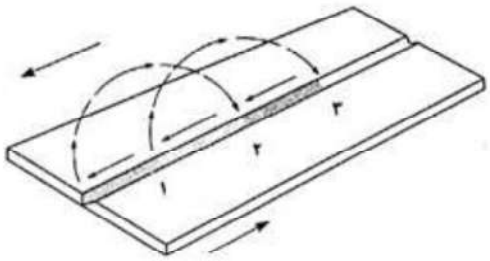
در هر سه مورد شکل ۶ – ۱۷، طول جوش به قسمت‌های ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متری (در **جوش با الکترود دستی**) و ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر (در **جوش با الکترود ممتد**) تقسیم می‌شود و به نوبت مطابق شماره ها توسط یک نفر جوشکار یا دو نفر جوشکار (به طور همزمان) جوشکاری می‌گردد.

در هر دو مورد شکل ۶ – ۱۸، طول جوش به قسمت‌های ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در جوش با **الکترود دستی** و ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متری (در جوش با **الکترود ممتد**) یا دو نفر جوشکار (به طور همزمان) جوشکاری می‌گردد. در شکل ۶ – ۱۹ ، رواداری‌های مجاز ساخت و تغییرشکل‌های ناشی از **جوشکاری طبق آیین نامه AWS** ارایه شده است.



(ب) ترتیب و توالی جوشکاری ساخت قوطی از ناودانی

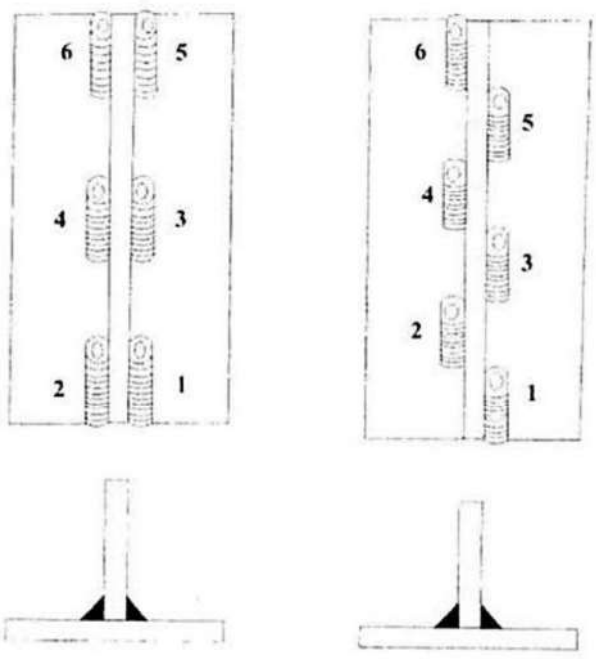
(الف) ترتیب و توالی جوشکاری ساخت قوطی از نبشی (برگشت به‌عقب پرشی)



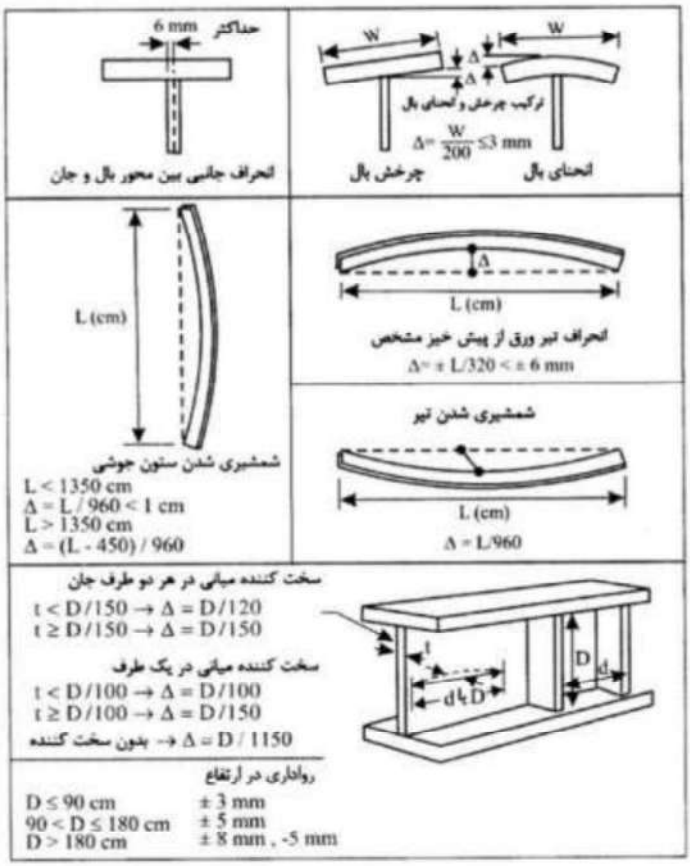
(پ) ترتیب و توالی جوشکاری برگشت به‌عقب، برای کنترل پیچیدگی طولی

شکل (۵-۶۴): ترتیب و توالی جوشکاری برگشت به عقب، برای کنترل پیچیدگی. (آیین‌نامه ۶-۱۷)

mohammad-karimi.com



شکل (۵-٦٥): ترتیب جوشکاری در اتصالات سپری جهت کنترل پیچیدگی. (آیین‌نامه ٦-١٨)



شکل (۵-٦٦): رواداری‌های مجاز ساخت و تغییرشکل‌های مجاز ناشی از جوشکاری طبق AWS. (آیین‌نامه ٦-١٩)

mohammad-karimi.com

۵ - ٦- ۳ جمع‌بندی مطالب فصل (٦-۱۱)

انقباض عرضی

۱ – بستگی به **درجه گیرداری** دارد.

۲ – مقدار آن در حدود ۱۰ درصد **متوسط درز جوش** است.

۳– مقدار آن با افزایش **سطح مقطع جوشکاری**، افزایش می‌یابد.

۴ – مقدار آن با **افزایش دهانه ریشه** و **شیب پخی لبه**، افزایش می‌یابد.

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

انقباض زاویه‌ای می‌تواند با تدابیر زیر کاهش یابد

۱ – استفاده از **جوش‌های جناغی (V) و لایه ای (U) دو طرفه**

۲ – انجام **جوش‌های پشت و رو به صورت یک در میان**

۳– **پخ زدن لبه** به منظور **کاهش بازوی لنگر** و در نتیجه **کاهش اعوجاج**

۴ – استفاده از **جوش‌های گوشه با اندازه کم**. مقدار انحنا با توان ۱/۳ اندازه جوش متناسب می‌باشد.

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

انحنای طولی اعضا به علت نوارهای طولی جوش (شمشیری شدن)

۱ – **متعادل کردن جوش‌ها** در حول **محور خنثای مقطع** به دو روش زیر:

الف – **هم اندازه کردن جوش‌های هم فاصله در دو طرف تار خنثی**

ب – در صورتی که **جوش‌های دو طرف تار خنثی** هم اندازه نباشند، اندازه جوش‌هایی که در فاصله نزدیکتری نسب به تار خنثی قرار دارند باید افزایش داده شود.

۲– اگر جوش‌ها نسبت به تار خنثی متقارن نباشند، می‌توان از تدابیر زیر استفاده نمود:

الف – **پیش انحنای عضو** (**پیش خیز**)

ب – تکیه دادن عضو در نواحی میانی و طره کردن دو انتهای آن، به طوری که عضو به صورت **محدب** درآمده و این **تحدب** در هنگام جوشکاری به صورت مستقیم درآید.

پ – **تقسیم کردن عضو به مجموعه‌های کوچکتر**، به طوری که که جوشکاری در مقطع در هر مجموعه به صورت متقارن باشد. اگر بال طویل‌تر یک **عضو خمیده**، حرارت داده شود، به صورت مستقیم در می‌آید.

روش‌های مناسب برای کنترل اعوجاج

۱ – **بستن عضو به شاسی** کار و نگهداری آن در حین جوشکاری

۲ – **تنظیم لبه‌ها و ورق‌ها به صورت غیر هم راستا**، به طوری که بعد از جوش به صورت مستقیم درآیند.

۳– **پیش انحنای عضو** (**پیش‌خیز**)

۴ – **بستن دو عضو به صورت پشت به پشت** با مقداری **پیش انحنا** (**استفاده از پشت بند**).

۵ – استفاده از **گیره** و **قالب** (در نهایت باعث افزایش **تنش پسماند** می‌شود).

۶– پیش‌بینی فاصله برای **خنثی کردن انقباض** در هنگام **مونتاژ قطعات**

۷– امکان آزادی حرکت برای قطعات در هنگام جوشکاری

۸– تقسیم قطعات اصلی به قطعات کوچکتر و سپس سر هم کردن قطعات

۹– ابتدا **قطعات انعطاف‌پذیرتر** جوش داده شوند، به طوری که راست کردن آنها ساده باشد.

mohammad-karimi.com

۵-۷ بازرسی جوش – بازرسی چشمی (عینی) (فصل هفتم)

۵ – ۷– ۱ پنج دستورالعمل برای حصول کیفیت در جوشکاری (۷–۳)

برای **حصول جوش خوب** باید پنج عامل زیر را برآورده نمود (**قانون پنج P**):

۱ – **روش جوشکاری** (**Process Selection**)

۲ – **آماده‌سازی مناسب لبه‌ها** (**Preparation**)

۳ – **دستورالعمل جوشکاری** (**Procedure**) : **بازرسی‌های تضمین کیفیت** (**Q/A**)

۴ – **پرسنل** (**Personnel**)

۵ – **بازرسی و تأیید جوش** (**Prove**) : **بازرسی‌های کنترل کیفیت** (**Q/C**)

چهار عامل اول در رده **بازرسی‌های تضمین کیفیت** و عامل پنجم در رده **بازرسی‌های کنترل کیفیت** می‌باشد.

پرسش ۵–۶۰) کدام‌یک از موارد زیر در جوشکاری مربوط به بازرسی‌های کنترل کیفیت می‌باشد؟ (QC) (آذر ۱۳۹۲ اجرا «۲۴»)

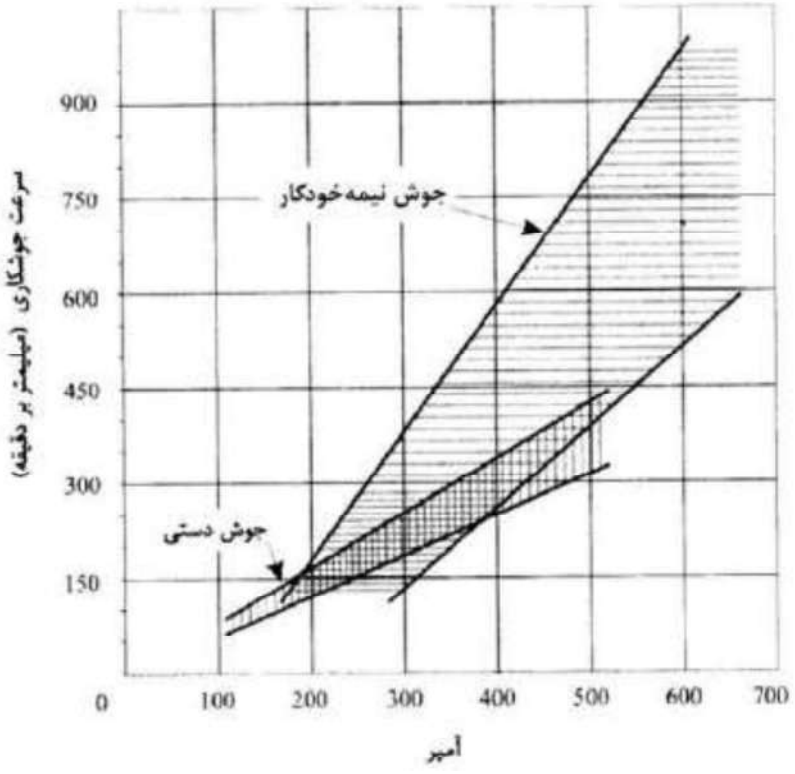
الف) روش جوشکاری (Process Selection) ب) بازرسی و تأیید جوش (Prove)

ج) آماده‌سازی مناسب لبه‌ها (Preparation) د) دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

پاسخ) با توجه به بند ۷–۳، گزینه ب صحیح است.

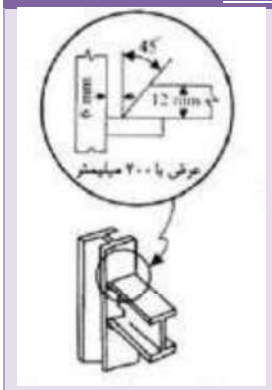
روش جوشکاری (Process)

اولین گام، انتخاب روش **مناسب برای جوشکاری** است. در این گام **مسئولین طراحی و اجرا**، تصمیم می‌گیرند که از کدام یک از روش‌های **جوش دستی**، **نیمه خودکار** و یا **تمام خودکار** برای کار استفاده نمایند. این تصمیم‌گیری از **نقطه نظر زمان و اقتصاد** بسیار مهم و تأثیرگذار است. امروزه استفاده از **جوشکاری نیمه و یا تمام خودکار** باعث **افزایش قابل توجه در سرعت و کاهش هزینه‌ها** می‌گردد، که البته مستلزم **سرمایه‌گذاری اولیه بیشتر** نیز می‌باشد. در شکل‌های ۷ – ۲ و ۷ – ۳، مقایسه‌ای بین سه روش جوشکاری به منظور انتخاب مناسب‌ترین آنها انجام شده است.



شکل (۵–۶۷): استفاده از جوش‌های نیمه‌خودکار، باعث افزایش چشمگیر سرعت جوشکاری و در نتیجه کاهش هزینه آن می‌شود.

mohammad-karimi.com

روش جوشکاری		الکترود پودری	زیرپودری	دستی	دستی
	نوع الکترود	۲/۴ NS.۳M	۷۸۰FLUX	E۶۰۲۷	E۶۰۱۱
	شدت جریان (آمپر)	۳۲۵–۳۵۰	۳۵۰–۳۷۵	۳۰۰–۳۵۰	۲۰۰–۲۲۵
	ولتاژ (ولت)	۳۰–۳۱	۳۰–۳۱		
	قطبیت	DC+	DC+	AC	DC+
	سرعت جوش (اینچ بر ساعت)	۱۲–۱۳	۱۰/۵ – ۱۱/۰	۹/۵ – ۱۰/۵	۵–۶
	زمان قوس (دقیقه)	۳/۲	۳/۸	۳/۹	۸/۳
	زمان تمیز کردن (دقیقه)	۱/۰	۰/۷	۱/۰	۲/۳
	زمان کل (دقیقه)	۴/۲	۵/۴	۴/۹	۱۰/۶
	مقایسه	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۲/۵

شکل (۵–۶۸): مقایسه‌ای بین سه روش جوشکاری برای انتخاب بهترین روش جوشکاری

آماده‌سازی لبه‌ها (Preparation)

در **درزهای لب به لب**، **آماده‌سازی لبه‌ها** ایجاد تعادلی بین **زاویه پخی لبه** و **دهانه ریشه** می‌باشد. **زاویه پخی زیاد**، نیاز به **دهانه ریشه کوچک‌تر** و **زاویه پخی کم** نیز نیاز به **دهانه ریشه بزرگ‌تر** دارد. **نوع درز**، **وضعیت جوشکاری** و **دستورالعمل جوشکاری**، در **انتخاب زاویه پخی** و **دهانه ریشه** مؤثر می‌باشند. برای حفظ **اقتصاد جوش**، **زاویه پخی و دهانه ریشه** باید در حداقل حفظ گردد و **اندازه الکترود** نیز متناسب و سازگار با کار باشد. در شکل ۷ – ۴ **حداکثر اندازه مجاز الکترود** طبق آیین نامه AWS ارائه شده است. بعد از انتخاب **زاویه پخی**، **دهانه ریشه** و **اندازه الکترود**، قبل از **شروع جوش‌های اصلی**، باید یک سری **جوش آزمایشی** انجام شده و مورد آزمایش قرار گیرد.

پرسش ۵–۶۱) در جوشکاری درزهای لب به لب کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (دی ۱۴۰۱ اجرا «۳۶»)

الف) برای حفظ اقتصاد جوش در جوشکاری لب به لب نباید زاویه پخی لبه و دهانه ریشه در حداقل حفظ گردد.

ب) دهانه ریشه طبق جداول و مستقل از زاویه پخی لبه‌ها در نظر گرفته می‌شود.

ج) زاویه پخی زیاد به نیاز به دهانه ریشه بزرگ‌تر و زاویه پخی کم لبه نیاز به دهانه ریشه کوچک‌تر دارد.

د) زاویه پخی زیاد لبه نیاز به دهانه ریشه کوچک‌تر و زاویه پخی کم لبه نیاز به دهانه ریشه بزرگ‌تر دارد.

پاسخ) با توجه به بند ۷–۳، گزینه د صحیح است.

دستور العمل جوشکاری (WPS)[۱]

اتصالات مهم هر سازه نیاز به یک **دستورالعمل جوشکاری** که جزییات آن به طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته و طرح‌ریزی شده است، دارند.

بهترین روش برای تدوین دستورالعمل جوشکاری قابل اعتماد، استفاده از **نمونه‌های آزمایشی** است. **دستورالعمل جوشکاری کامل**، باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱ – **جزییات اتصال**

۲ – **هندسه و رواداری‌های درز**

۳– **روش جوشکاری**

۴ – **نوع و اندازه الکترود**

۵ – **نوع پودر و یا گاز محافظ**

۶ – **شدت جریان و ولتاژ** (و تغییرات آنها در پاس‌های مختلف) و **قطبیت**

---

[۱] .Welding Procedure specification

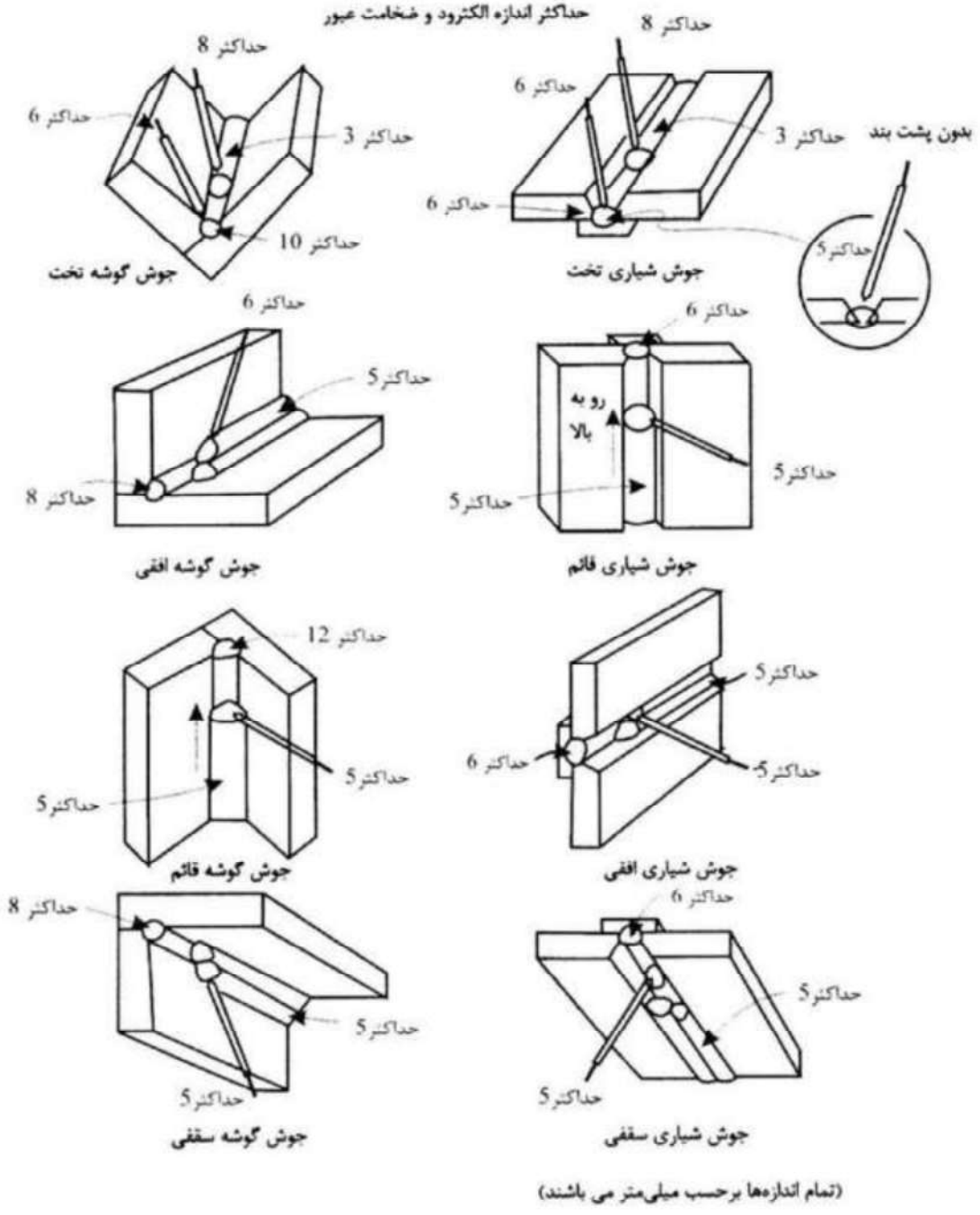
mohammad-karimi.com

۷- **پیش گرمایش** و **درجه حرارت عبورهای میانی**

۸- **توالی عبورها** (همراه با یک طرح)

۹- **نوع بازرسی مورد نیاز**

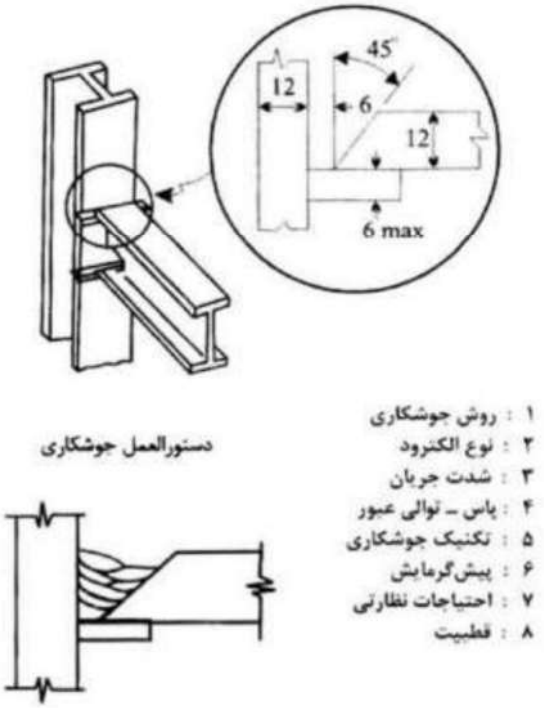
۱۰- هر اطلاعات دیگر از قبیل **زاویه الکترود**، **قرارگیری نوار جوش** و یا تکنیک‌های خاصی که کمکی برای **حصول جوش خوب** توسط جوشکار باشد.



شکل (۵-۶۹): حداکثر اندازه‌ی مجاز الکترود طبق AWS (آیین‌نامه ۷-٤)

در شکل ۷ – ۵ یک نمونه از **دستورالعمل جوشکاری** ارائه شده است. هر چند که انتخاب دستورالعمل جوشکاری مناسب به زمان اولیه نیاز دارد، لیکن باید به نتایج آن که ایجاد یکنواختی و هماهنگی بین تمام جوشکاران و جلوگیری از اعمال **سلیقه‌های شخصی** است، توجه داشت. در شکل ۷ – ۶ فرم استاندارد دستورالعمل جوشکاری نشان داده شده است.

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۷۰): مشخصات لازم برای درج در دستورالعمل جوشکاری (آیین‌نامه ۷-۵)

۵ – ۷– ۲ نظارت پیش‌گیرانه (PM) (۷-٤)

به طور خلاصه باید به این نکته توجه نمود که اگر **انجام بازرسی** به بعد از **اتمام جوش** واگذار گردد، خیلی دیر خواهد بود. اگر بعد از **اتمام جوش**، **وقوع ترک**، **بریدگی لبه جوش**، **اندازه 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 عینی**، **عیوب احتمالی** مورد بررسی قرار گرفته و روش‌هایی برای رفع عیوب اتخاذ می‌گردد. در این خصوص تهیه **چک‌لیست** کمک خوبی در رسیدن به هدف خواهد بود. در انتهای فصل یک چک‌لیست کامل ارائه گردیده است.

۵ – ۷– ۳ بازرسی عینی (V.I) (۷-۵)

یکی از **مؤثرترین روش‌های بازرسی جوش**، **بازرسی عینی عملیات جوشکاری** توسط **بازرسان و ناظران آموزش‌دیده** است. طبق **دستورالعمل آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی**، صددرصد جوش‌های انجام شده باید **بازرسی عینی** گردند.

بازرسی عینی اگر به درستی انجام شود، از **ارکان مهم بازرسی جوش** می‌باشد. بازرسی‌های عینی غالباً در سه مرحله **قبل از جوشکاری** و در **حین جوشکاری** در **برنامه تضمین کیفیت** و **بعد از جوشکاری** در **برنامه 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 برنامه بازرسی عینی**، **تنظیم برنامه‌های پیشگیرانه** است که در طی آن تعداد جوش‌هایی که مورد ترمیم قرار می‌گیرند، کاهش یابند.

پرسش ۵-۶۲) طبق دستورالعمل آیین‌نامه جوشکاری ساختمانی چند درصد جوش‌های انجام شده باید بازرسی عینی گردند؟ (آبان ۱٤۰۳ اجرا «۵۱»)

الف) ۷۰ درصد ب) ۸۵ درصد ج) ۱۰۰ درصد د) ۵۰ درصد

پاسخ) با توجه به بند ۷-۵، گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش آذر ۱۳۸۸ تخصصی «۶۹» است.

mohammad-karimi.com

۵-۷-۳-۱ اصول بازرسی چشمی (عینی) جوش (۷-۵-۱)

بازرسی عینی از **کاربردی‌ترین روش‌های بازرسی جوش** است. این روش سریع بوده و نیازی به **تجهیزات گران قیمت** 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.

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

بازرسی چشمی روشی برای **شناسایی نواقص و معایب سطحی** می‌باشد. شناسایی و تعمیر این عیوب، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. تأثیر بازرسی چشمی هنگامی بهینه می‌شود که دوره 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:

۱ – **کنترل نقشه‌ها و مشخصات فنی؛**

۲ – **کنترل دستورالعمل‌های جوشکاری؛**

۳– **ارزیابی جوشکاران؛**

۴ – **تعیین نقاط کنترل؛**

۵– **تنظیم برنامه ثبت نتایج؛**

۶– **کنترل مصالح فلز پایه و فلز جوش؛**

۷ – **کنترل پخی، هندسه، هم راستایی** و **جفت و جوری درزها؛**

۸– **کنترل پیش گرمایش لازم؛**

۹ – **کنترل عملیات برشکاری و تضاریس ناشی از برشکاری؛**

۱۰ – **شرایط عمومی کارگاه جوشکاری.**

بازرسی عینی در حین جوشکاری

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

۱ – **کنترل کیفیت نوار ریشه** (**پاس ریشه**)

۲ – **کنترل هندسه درز جوش** قبل از جوشکاری روی دیگر

۳– **دمای پیش گرمایش** و **دمای پاس‌های میانی**

۴ – **توالی جوش‌ها**

۵ – **کنترل ظاهر جوش**

۶ – **تمیزکاری جوش** و **گل جوش** بین دو **پاس متوالی**

۷– **کنترل آمپراژ**، ولتاژ و **سرعت حرکت دست جوشکار**

۸– **نوسان عرضی دست جوشکار** (حداکثر ۲/۵ برابر **ضخامت مفتول الکترود**)

پرسش ۵-۶۳) در ارزیابی‌های عینی جوشکاری، نوسان عرضی دست جوشکار حداکثر تا چند برابر ضخامت مفتول الکترود قابل قبول می‌باشد؟ (آبان ۱۳۹۳ نظارت «۱۹»)

الف) ۲ برابر ب) ۳ برابر ج) ۲/۵ برابر د) ۱/۵ برابر

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، گزینه ج صحیح است.

mohammad-karimi.com

بازرسی عینی بعد از جوشکاری

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

۱ – **ظاهر نهایی جوش**

۲ – **اندازه نهایی جوش**

۳– **طول جوش**

۴ – **دقت‌های ابعادی**

۵ – **میزان اعوجاج**

۶ – **اصلاحات حرارتی**

۷– **عیوب ظاهری** شامل:

۷ – ۱ **تخلخل ظاهری** (**تخلخل سوزنی**)

۷ – ۲ **عدم امتزاج کامل**

۷ – ۳ **عدم نفوذ کامل جوش در فلز پایه**

۷ – ۴ **بریدگی پای جوش**

۷ – ۵ **لوچه**

۷ – ۶ **ترک‌های سطحی**

۷ – ۷ **گرده بیش از حد جوش**

۸– **عملیات تنش‌زدایی**

بازرس جوش باید مجهز به ابزاری شامل **اندازه‌گیر جوش**، **متر**، **کولیس**، **چراغ قوه** و **ذره‌بین** باشد.

پرسش ۵–۶۴) در بازرسی‌های جوش، کنترل توالی جوش‌ها، میزان اعوجاج و کنترل هندسه به ترتیب در ردیف کدام‌یک از بازرسی‌های عینی جوش قرار می‌گیرند؟ (خرداد ۱۳۹۳ نظارت «۵»)

الف) در حین جوشکاری - بعد از جوشکاری - قبل از جوشکاری

ب) بعد از جوشکاری - در حین جوشکاری - قبل از جوشکاری

ج) قبل از جوشکاری - بعد از جوشکاری - در حین جوشکاری

د) در حین جوشکاری - قبل از جوشکاری - بعد از جوشکاری

پاسخ) با توجه به بند ۷-۵-۱، گزینه الف صحیح است.

۵-۷-۳-۲ وظایف عمده بازرس جوش (۷-۵-۲)

عمده مسئولیت‌های بازرس جوش عبارتند از:

۱ – **حضور دائم در محل کار** و اشراف کامل به **نقشه‌های سازه** و **مشخصات فنی**

۲ – **بررسی و تأیید صلاحیت پیمانکار و جوشکاران مشغول به کار**

۳– کنترل مواد ورودی مطابق با **مشخصات فنی کار**

۴ – کنترل مواد ورودی مطابق **نقشه‌های تأیید شده**

۵ – کنترل کامل تمام **جوش‌های کارگاهی** انجام شده

۶ – کنترل **نحوه آماده سازی اتصالات**، **مونتاژکاری** و **رواداری‌های** آن، **نحوه انبارداری** و استفاده از **الکترودها** و **کنترل ولتاژ** و **آمپر دستگاه‌های جوشکاری** مطابق دستورالعمل‌های مربوطه

۷– نظارت مداوم بر اجرای جوشکاری مخصوص **جوش‌های چند پاسی** و اطمینان از نحوه آماده‌سازی، **پیش‌گرمایش** و **دمای بین پاسی** مطابق دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی

۸– کنترل **ابعاد جوشکاری مطابق نقشه‌ها**

۹ – **پیگیری رفع نقایص قبلی**

۱۰ – استفاده از **دستورالعمل‌های جوشکاری ساخت و نصب** که توسط **طراح** تأیید شده باشد.

mohammad-karimi.com

۱۱ – تهیه **PQR** برای جوش‌هایی که پیش‌پذیرفته نباشند.

۱۲ – **تهیه گزارش‌های بازرسی چشمی**، عدم تطابق‌ها، **چک‌لیست‌های کنترل روزانه** و **پیگیری عیوب**

۱۳ – **تفسیر نقشه‌های جوشکاری و مشخصات**

۱۴ – **بررسی سفارش خرید** به منظور حصول اطمینان از درستی تعیین **مواد جوشکاری** و مواد مصرفی

۱۵ – **بررسی و شناسایی مواد دریافت شده طبق سفارش خرید**

۱۶ – بررسی **ترکیب شیمیایی** و **خواص مکانیکی** از روی گزارش نورد طبق نیازمندی‌های معین شده

۱۷ – **بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز**

۱۸ – بررسی نحوه **انبار کردن فلز پرکننده** و دیگر عوامل مصرفی

۱۹ – **بررسی تجهیزات مورد استفاده**

۲۰ – **بررسی آماده‌سازی اتصال جوش**

۲۱– بررسی **ارزیابی صلاحیت جوشکاران** و **اپراتورهای جوشکاری**

۲۲ – انتخاب **نمونه‌های آزمایش تولیدی**

۲۳ – ارزیابی نتایج آزمایشات

۲۴ – **نگهداری سوابق**

مسئولیت ایجاب می‌کند که **بازرس جوش** دارای **شخصیت حرفه‌ای** با توانایی و درک خوب باشد، بازرسی جوش ممکن است با کارخانجات متعدد ساخت و کارگاه‌های متعددی سر و کار داشته باشد که بایستی در همه موارد ساعات کار و مقررات کاری سازمان‌های مربوطه را رعایت نماید. مراعات دقیق قواعد و مقررات کار خصوصاً در **موارد پرسنلی**، **ایمنی** و **امنیتی** الزامی است. هیچگاه بازرس نباید خود را مستحق امتیازات ویژه بداند.

بازرس باید در مورد **کارگاه ساخت** بی‌طرف باشد، بی‌معطلی تصمیم بگیرد، بدون آنکه تحت تأثیر نظر دیگران واقع شود و با اتکا به حقایق تصمیم بگیرد و تحت تأثیر عقاید مختلف، تصمیم قبلی خود را به آسانی عوض نکند.

۵-۷-۳-۳ وسایل بازرسی چشمی (عینی) جوش (۷-۵-۳)

وسایل گوناگونی برای بازرسی جوش وجود دارد. در این قسمت بعضی از وسایل که بیشتر در **بازرسی چشمی** مورد استفاده قرار می‌گیرند به شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱ – **وسایل اندازه‌گیری خطی**

۲ – **آمپرمتر**

۳– **دماسنج رنگی** (**گچ حرارتی**)

۴ – **دماسنج سطحی**

۵ – **گیج‌های جوش** (**گرده‌سنج جوش**)

۶– **چراغ‌ها و آینه‌های بازرسی**

۷ – **متر نواری**

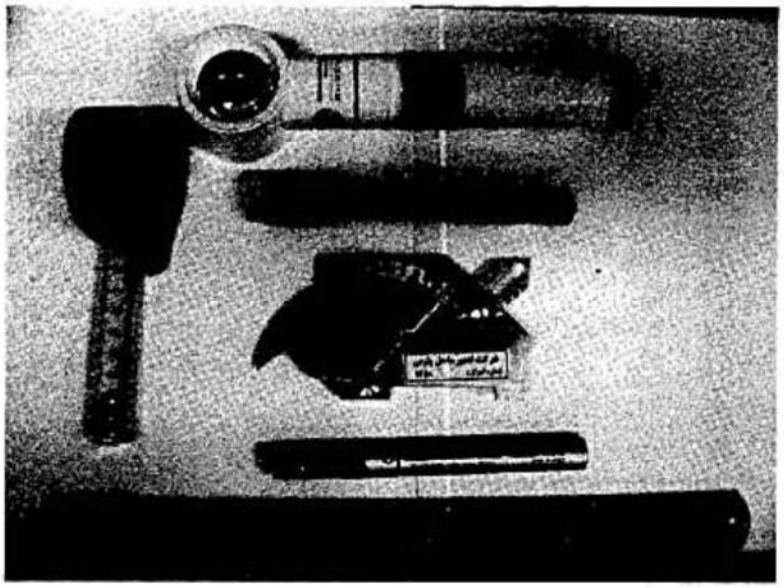
۸– **کولیس**

۹ – **ذره‌بین با قدرت بزرگ‌نمایی ۲ تا ۱۰ برابر**

۱۰ – وسیله‌ای برای **نشانه‌گذاری جوش**

۱۱ – برای **بازرسی چشمی جوش‌های با امکان دسترسی محدود**، **آینه‌ها**، **اندوسکوپ‌ها**، **بورواسکوپ‌ها**، **فیبرهای نوری** و **دوربین‌های تلویزیونی** ممکن است استفاده شود.

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۷۱): وسایل بازرسی چشمی جوش (آیین‌نامه ۷-۱۱)

پرسش ۵-۶۵) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (دی ۱٤۰٤ نظارت «۲»)

الف) دماسنج رنگی (گچ حرارتی) جزو وسایل بازرسی عینی جوش نمی‌باشد.

ب) زمان بازرسی عینی پس از اتمام جوشکاری است.

ج) پیگیری رفع نقایص قبلی جوش جزو وظایف عمده بازرس جوش نمی‌باشد.

د) اصل مهم در بازرسی عینی جوشکاری تنظیم برنامه‌های پیشگیرانه است.

پاسخ) با توجه به بندهای ۷-۵-۳، ۷-۵ و ۷-۵-۲، به ترتیب گزینه‌های الف، ب و ج صحیح نیستند. مطابق بند ۷-۵، گزینه د صحیح است.

پرسش ۵-۶۶) ابزارهای موردنیاز بازرس جوش در بازرسی عینی کدامند؟ (خرداد ۱۳۹۳ نظارت «۶»)

الف) کولیس، گیره، فنر، فرچه برقی، ماسک

ب) اندازه‌گیر جوش، شاقول، قید، گیره، چراغ قوه، فرچه برقی، ماسک

ج) اندازه‌گیر جوش، فنر، کولیس، چراغ قوه، ذره‌بین

د) هیچکدام

پاسخ) با توجه به بند ۷-۵-۳، گزینه د جواب این مساله است.

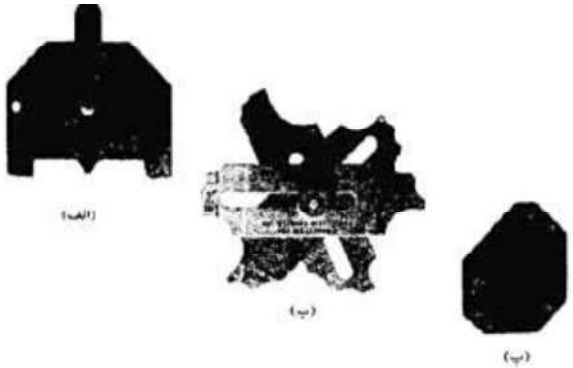
۵-۷-۳-٤ اندازه‌گیری جوش (۷-۵-٤)

اندازه نادرست جوش و هندسه غلط، معایبی هستند که با **بازرسی‌های عینی** و به کمک **وسایل اندازه‌گیری جوش**، آشکار می‌شوند. **وسایل اندازه‌گیری جوش** ابزاری هستند که **جوشکار** توسط آنها می‌تواند از قرارگیری ابعاد جوش تکمیل شده در محدوده مشخص **طرح هندسی**، اطمینان حاصل کند. شکل ۷ – ۱۲ سه نوع از این وسایل را نشان می‌دهد: (الف) **دستگاه ترکیبی اندازه‌گیری جوش گوشه و یا شیاری**؛

(ب) **دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه**؛ (پ) نوع دومی از **دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه** که در کارگاه ساخته می‌شود.

شکل‌های ۷ – ۱۳ و ۷ – ۱۴ روش کاربرد **دستگاه اندازه‌گیری جوش گوشه** را که در شکل ۷ – ۱۲ – ب معرفی شد، شرح می‌دهند. شکل ۷ – ۱۵ روش کاربرد **دستگاه کارگاهی اندازه‌گیری جوش گوشه** معرفی شده در شکل ۷ – ۱۲ – پ را شرح می‌دهد.

mohammad-karimi.com

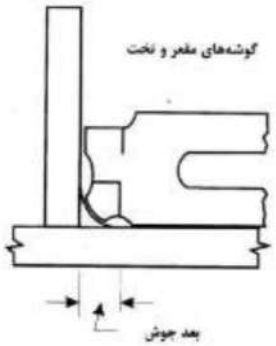


شکل (۵-۷۲): سه نوع از وسایل اندازه‌گیری جوش که عموماً توسط جوشکاران و بازرسان برای تعیین اندازه جوش به کار می روند. (آیین‌نامه ۷-۱۲)

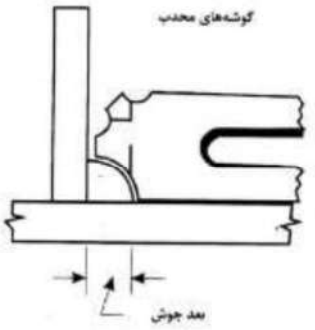
آزمایش مناسب در عمل

جوشکاری نیازمند **بازرسی‌های عینی** به طور پیوسته در خلال پیشرفت کار می‌باشد.

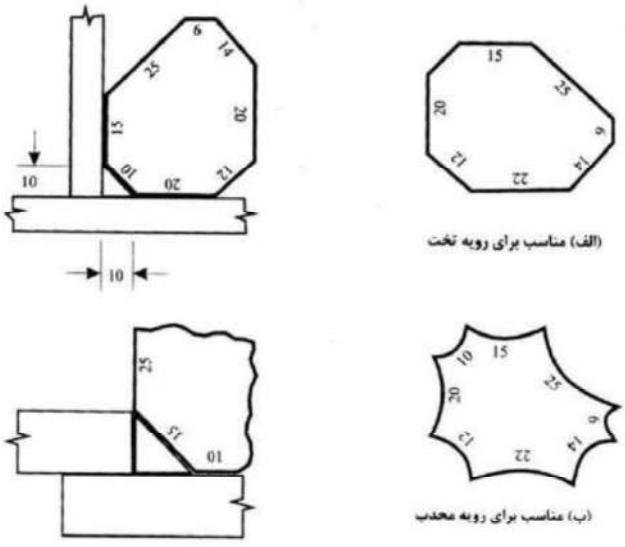
جوش تکمیل شده باید از لحاظ **صحت ابعاد و طرح جوش**، **معایب سطحی** و **تابیدگی** و **اعوجاج قطعه جوش شده** مورد آزمایش و اندازه‌گیری دقیق قرار گیرد. توجه خاصی باید بر روی **چاله‌های پر نشده جوش**، **شروع و توقف ناقص جوشکاری**، **ترک‌های عمقی** و **ترک‌های موجود در لبه** (**کنج**) جوش اعمال شود. جدول‌های ۷ - ۱ و ۷ - ۲ روش‌های مناسب بازرسی و آزمایش‌های تعیین معایب فلز جوش و پایه را توصیف می‌کنند.



شکل (۵-۷۳): روش کاربرد ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه جهت تعیین بعد جوش گوشه تخت و مقعر (آیین‌نامه ۷-۱۳)



شکل (۵-۷۴): روش کاربرد ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه جهت تعیین بعد جوش گوشه محدب (آیین‌نامه ۷-۱۴)



شکل (۵-۷۵): روش کاربرد دستگاه اندازه‌گیری کارگاهی جوش گوشه (آیین‌نامه ۷-۱۵)

mohammad-karimi.com

جدول (۵-۱۰):روش‌های ارزیابی برای جوش‌های گوشه و شیاری (آیین‌نامه ۷-۱)

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	**بریدگی**
ذرات مغناطیسی نفوذ ماده رنگی عینی فراصوتی پرتونگاری [۳]	**ذرات مغناطیسی** **نفوذ ماده رنگی** عینی مخرب [۳]	**ترک**
پرتونگاری فراصوتی	مخرب **فراصوتی**	**نفوذ ناقص**
پرتونگاری فراصوتی	مخرب فراصوتی	**اختلاط**

۱ – از **ابزار اندازه‌گیری جوش گوشه** استفاده کنید.

۲ – **آزمایش‌های مخرب** وجود **ترک‌های داخلی** را آشکار خواهد کرد.

۳– **آزمایش پرتونگاری** نوع ترک‌های موجود در محدوده آزمایش را آشکار خواهد ساخت.

جدول (۵-۱۱):روش‌های ارزیابی برای جوش‌های گوشه و شیاری (آیین‌نامه ۷-۱)

روشهای آزمایش	معایب
بازرسی عینی با ابزار اندازه‌گیری دقیق بازرسی عینی با وسایل اندازه‌گیری دقیق **بازرسی عینی با اندازه‌گیری تقریبی جوش** بازرسی عینی با اندازه‌گیری تقریبی جوش	**معایب هندسی** **اعوجاج** **فاصله نامناسب قطعات** **بعد جوش نادرست** **نیمرخ نامناسب جوش**
پرتونگاری، **شکست**، **میکروسکوپی**، **ماکروسکوپی**، **فراصوتی** پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی **بازرسی عینی**، **آزمایش خمش** ، پرتونگاری، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، ذرات مغناطیسی، فراصوتی بازرسی عینی، آزمایش خمش، پرتونگاری، فراصوتی، **رنگ نافذ** بازرسی عینی پرتونگاری، شکست، میکروسکوپی، ماکروسکوپی، فراصوتی	**معایب متالورژی** **تخلخل** **حبس سرباره** **امتزاج ناقص** **ترک‌خوردگی** **بریدگی لبه جوش** **معایب سطحی** **نفوذ ناقص**
کلیه آزمایش‌های **کشش فلز جوش**، **کشش عرضی**، **برش جوش گوشه**، **کشش فلز پایه** کلیه آزمایش‌های کشش فلز جوش، کشش عرضی، کشش فلز پایه کلیه آزمایش‌های کشش فلز جوش، **آزمایش خمش آزاد**، **خمش هدایت شده**، کشش فلز پایه **آزمایش سختی** **آزمایش ضربه** **آزمایش شیمیایی** **آزمایش خوردگی**	**معایب مکانیکی** **مقاومت کششی کم** **مقاومت تسلیم کم** **شکل‌پذیری** **سختی نامناسب** **شکست ضربه‌ای** **ترکیب ساختمانی نامناسب** **مقاومت خوردگی کم**

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۶۷) وسیله زیر در صنعت ساختمان چه کاربردی دارد؟ (خرداد ۱٤۰٤ اجرا «٤٥»)



الف) عمدتاً توسط جوشکاران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب) برای اتصال لوبیایی عناصر سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ج) برای تکیه‌گاه‌های قابل تنظیم در لبه سقف در اجرای کرتین‌وال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

د) برای ایجاد فاصله مناسب میلگرد از سطح بتن

پاسخ) با توجه به بند ۷-۵-٤، گزینه الف صحیح است.

پرسش ۵-۶۸) در بازرسی جوش روش‌های زیر به ترتیب چه نکاتی را در مورد جوش مشخص می‌کنند؟ (شهریور ۱٤۰۱ اجرا «٤٥»)

- آزمایش پرتونگاری
- بازرسی عینی با اندازه‌گیری تقریبی جوش
- آزمایش کشش فلز پایه جوش

الف) بعد جوش نادرست - اعوجاج - تخلخل

ب) بعد جوش نادرست - نوع ترک‌های موجود در محدوده آزمایش - مقاومت خوردگی

ج) شکل‌پذیری - مقاومت خوردگی - نوع ترک‌های موجود در محدوده آزمایش

د) نوع ترک‌های موجود در محدوده آزمایش - بعد جوش نادرست – شکل‌پذیری

پاسخ) با توجه به جدول‌ها ۷-۱ و ۷-۲، گزینه د صحیح است.

۵ - ۷- ٤ ضوابط پذیرش بازرسی چشمی (عینی) جوش (۷-٦)

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. همان طور که در ساخت اعضای ساختمانی ضوابطی برای **رواداری‌های هندسی** وجود دارد، وجود هر عیب در جوش به معنای مردود اعلام نمودن آن نیست و تحت رواداری‌هایی می‌توان عیوبی را در جوش پذیرفت.

جوشی تحت آزمایش‌های غیرمخرب قرار می‌گیرد که در بازرسی‌های عینی مورد پذیرش قرار گرفته باشد. شرایط پذیرش AWS به شرح زیر می‌باشد:

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 – جوش باید فاقد هرگونه **ترک** باشد.

۲ – بین **لایه‌های جوش مجاور** و بین **لایه جوش و فلز پایه**، باید **امتزاج** کامل برقرار باشد.

۳- تمام **چاله‌های انتهایی نوار جوش** باید به اندازه **سطح مقطع کامل جوش** پر شوند. این چاله‌ها می‌توانند حاوی **ترک‌های ستاره‌ای** باشند.

۴ – **مقطع جوش** باید مطابق شکل ۷ – ۱۶ باشد.

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

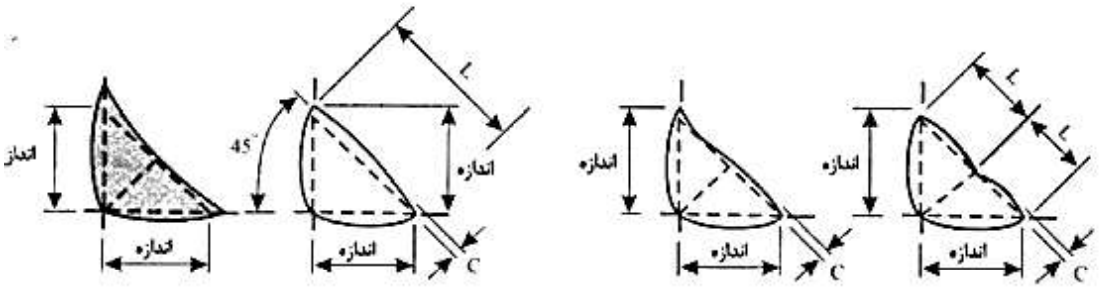
۶ – در **جوش‌های گوشه** مجموع **قطر تخلخل‌های سطحی** با قطر ۱ میلی متر و بزرگتر، نباید از ۱۰ میلی متر در هر ۲۵ میلی متر طول جوش و از ۲۰ میلی متر در هر ۳۰۰ میلی متر طول جوش بیشتر باشد.

۷- مجموعاً ۱۰ درصد از **طول کل نوار جوش** می‌تواند دارای اندازه‌ای به مقدار ۱/۵ میلی متر کوچکتر از اندازه نقشه باشد. در **جوش گوشه متصل کننده بال به جان**، در طولی معادل دو برابر **عرض بال** از انتهای تیر، هیچ گونه کمبود اندازه مجاز نیست.

mohammad-karimi.com

۸- در **درزهای لب به لب** با **جوش شیاری تمام نفوذی** که **امتداد درز** عمود بر **امتداد تنش کششی** است، نباید هیچ گونه **تخلخل سطحی** قابل ملاحظه باشد. در سایر موارد **جوش‌های شیاری**، مجموع قطر **تخلخل‌های سوزنی** با قطر ۱ میلی متر و بزرگتر، نباید از ۱۰ میلی متر در هر ۲۵ میلی متر طول جوش و ۲۰ میلی متر در هر ۳۰۰ میلی متر طول جوش بیشتر باشد.

۹ - **بازرسی عینی جوش‌ها** می‌تواند به محض **خنک شدن جوش تا دمای محیط** آغاز گردد. در **فولادهای خیلی پر مقاومت** با تنش تسلیم بزرگتر از ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع، **بازرسی‌های عینی** باید ۴۸ ساعت بعد از تکمیل جوش انجام شود.

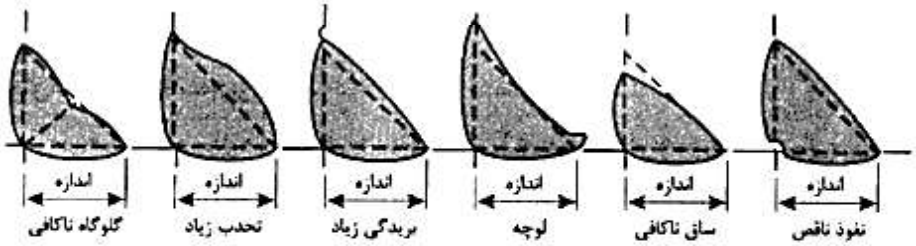


(ب) مقطع قابل پذیرش جوش گوشه

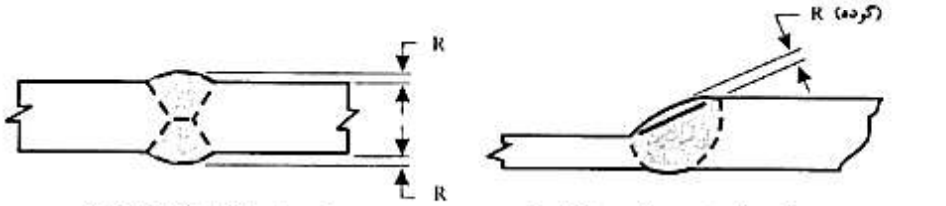
(الف) مقطع مطلوب برای جوش گوشه

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

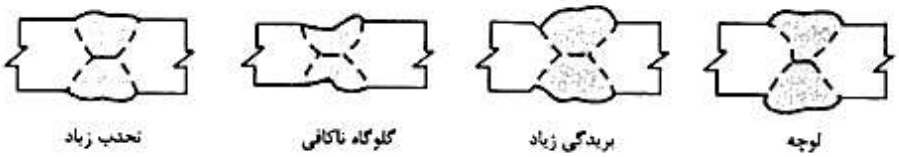


درز لب به لب (دو ورق غیر هم ضخامت)

درز لب به لب (ورق با ضخامت یکسان)

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: کلیه جوش‌ها باید شرایط پذیرش در بازرسی چشمی را مطابق بخش ۷-۶ برآورد نماید.

شکل (۵-۷۶): مقطع قابل پذیرش جوش‌ها (آیین‌نامه ۷-۶)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۶۹) بازرسی‌ها در جوشکاری فولادهای خیلی پرمقاومت، چند ساعت بعد از خنک شدن جوش آغاز می‌شود؟ (اردیبهشت ۱۳۹۷ نظارت «۱٤»)

الف) ۲٤ ساعت ب) ٤۸ ساعت ج) ۱۲ ساعت د) ۶ ساعت

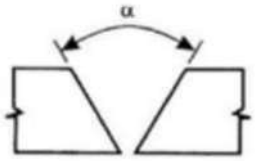
پاسخ) با توجه به مورد ۹ بند ۷-۶، گزینه ب صحیح است.

۵ - ۷- ۵ چک لیست بازرسی چشمی (عینی) (۷-۸)

نکاتی که قبل، حین و بعد از جوشکاری باید مورد **بازرسی عینی** قرار گیرند:

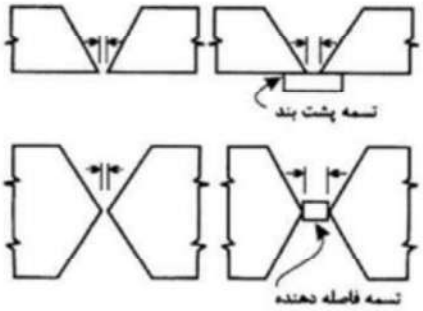
- ●○○ **کنترل قبل از جوشکاری**
- ○●○ **کنترل در حین جوشکاری**
- ○○● **کنترل بعد از جوشکاری**

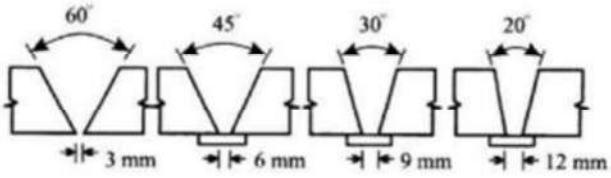
۱- **زاویه پخی** (IncIuded angle) ●○○



زاویه پخی باید به اندازه‌ای باشد که **الکترود** به راحتی به **ریشه جوش** برسد و در **عبورهای متوالی**، از **ذوب کامل جداره‌ها** اطمینان حاصل گردد. در حالت عمومی هر چه این زاویه بزرگتر باشد، **مصرف مصالح جوش** افزایش می‌یابد.

۲- **دهانه ریشه** (Root Opening) ●○○



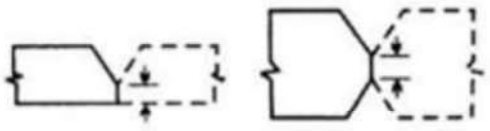


در صورت عدم استفاده از **تسمه پشت‌بند**، امکان **سوختن ریشه** در **عبور (پاس) اول** وجود دارد. در نتیجه، در این حالت **دهانه ریشه** قدری کاهش داده می‌شود. در صورتی که امکان **سنگ‌زدن ریشه** از **پشت کار** وجود داشته باشد، **عدم ذوب کامل ریشه** در عبور (پاس) اول خیلی جدی نیست. در صورت استفاده از **تسمه پشت‌بند**، **دهانه ریشه** افزایش داده می‌شود تا **ذوب کامل ریشه** و **تسمه پشت‌بند** امکان‌پذیر باشد. در این حالت نیازی به **سنگ زدن ریشه** از پشت کار نمی‌باشد و امکان **سوختن ریشه** نیز در میان نیست. در **پخ دو طرفه**، **تسمه فاصله دهنده** نقش **ورق پشت** را بازی می‌کند. لیکن قبل از جوش، پشت کار باید سنگ زده و کاملاً برداشته شود.

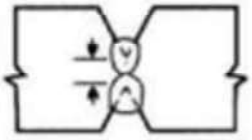
تذکر: برای دستیابی به **ذوب کامل ریشه و لبه‌ها**، **زاویه پخی** و **دهانه ریشه**، اثر عکس روی یکدیگر دارند. یعنی هر چه **زاویه پخی** کم باشد، باید **دهانه ریشه** افزایش داده شود و هر چه **دهانه ریشه** کم باشد، باید **زاویه پخی** افزایش داده شود. در عمل باید به کمک آزمون و خطا مطلوب‌ترین حالت تعیین شود.

mohammad-karimi.com

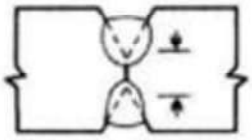
۳- ضخامت ریشه (Root face) ○○●



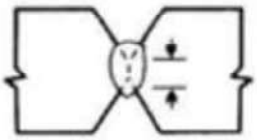
رعایت **ضخامت ریشه** به منظور جلوگیری از **سوختن ریشه** می‌باشد و معمولاً در **جوش‌های خودکار زیرپودری** مقرر می‌گردد. ضخامت ریشه دارای یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر است و در صورت عدم رعایت مقدار حداقل، **ریشه جوش** می‌سوزد و در صورت عدم رعایت مقدار حداکثر، **ذوب ریشه** کامل نخواهد بود.



(الف) ضخامت ریشه کم باعث سوختن ریشه می‌شود

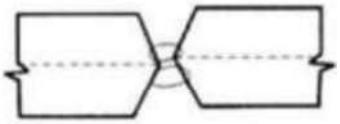


(ب) ضخامت ریشه زیاد باعث عدم نفوذ کامل می‌شود



(پ) ضخامت ریشه مناسب باعث نفوذ مناسب میشود

٤- هم محوری درز (Alignment) ○○●



عدم **هم محوری صحیح** باعث تشکیل قسمت‌هایی با **نفوذ ناقص جوش** می‌شود.

۵ - تمیزی درز (Cleanliness of Joint) ●●●

سطوح درز باید تمیز و عاری از هرگونه **آلودگی**، **گرد و غبار** و **رطوبت** باشند.

٦ - نوع و اندازه مناسب الکترود (Proper type and size of electrode) ○●○

نوع و اندازه الکترود باید برای **نوع فلز مورد جوش**، **وضعیت جوشکاری**، **وظیفه جوش**، **ضخامت ورق**، **اندازه درز** و غیره مناسب باشد.

۷- قطبیت و شدت جریان مناسب (Proper welding current and Polarity) ○●○

بر حسب **نوع و قطر الکترود**، **نوع درز** و **وضعیت جوشکاری** باید **شدت جریان** و **قطبیت جوشکاری** مناسب انتخاب شود.

۸- خال جوش مناسب (Proper tack weld) ○●○

خال‌جوش‌ها باید کوچک و بلند باشند، به طوری که با **جوش اصلی** تداخلی نداشته باشند. در **ورق‌های ضخیم**، برای اجرای خال‌جوش‌ها باید از **الکترودهای کم هیدروژن** استفاده نمود.

پرسش ۵-۷۰) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (شهریور ۱٤۰۱ اجرا «٤٤»)

الف) خال‌جوش‌ها باید کوچک و بلند باشند و در ورق ضخیم با الکترودهای کم‌هیدروژن اجرا شوند.

ب) خال‌جوش‌ها باید کوچک و کوتاه باشند و در ورق ضخیم با الکترودهای کم‌هیدروژن اجرا شوند.

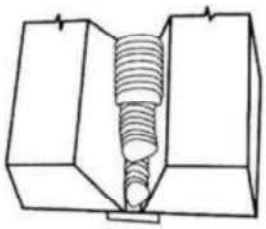
ج) خال‌جوش‌ها باید کوچک و بلند باشند و در ورق ضخیم با الکترودهای پرهیدروژن اجرا شوند.

د) تداخل خال‌جوش‌ها با جوش اصلی بلامانع است و در ورق‌های ضخیم برای اجرای خال‌جوش‌ها باید از الکترودهای کم‌هیدروژن استفاده نمود.

پاسخ) با توجه به مورد ۸ بند ۷-۸، گزینه الف صحیح است.

mohammad-karimi.com

۹- ذوب خوب (Good Fusion) ○●●

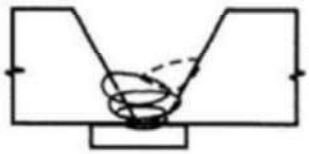


هر عبور (پاس) جوش باید به طور کامل با **ورق پشت‌بند**، **عبور قبلی** و **فلز پایه** هم جوش شده و **امتزاج کامل** به وجود آورد، به طوری که هیچ گونه **حفره هوا** در فصل مشترک به وجود نیاید.

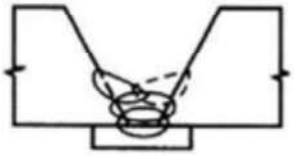
۱۰ - پیش گرمایش و درجه حرارت پاس‌های میانی (Proper Preheat and interpass temperature) ○●○

مقدار پیش‌گرمایش و **درجه حرارت مناسب برای عبورهای میانی**، بستگی به **ضخامت ورق**، **نوع فولاد**، **روش جوشکاری** و **درجه حرارت محیط** دارد. در صورتی که شرایط گفته شده، پیش‌گرمایش و درجه حرارت خاصی برای **جوش‌های میانی** لازم بدارند، در حین عملیات جوشکاری این موضوع باید به طور پیوسته مورد بررسی قرار گیرد.

۱۱ - توالی و ترتیب پاس‌های جوش (Proper sequencing of Passes) ○●○



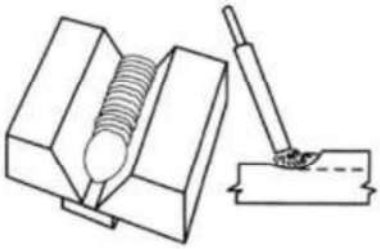
(ب) به علت فضای محدود امکان تولید حفرات هوا وجود دارد.



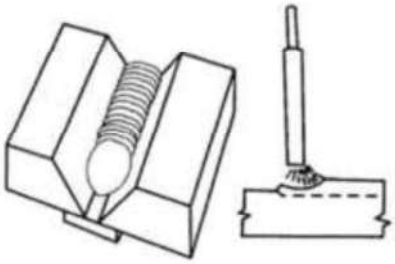
(الف) هیچ مشکلی برای عبور بعدی وجود ندارد.

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) ○●○



اگر سرعت حرکت خیلی آهسته باشد، **فلز جوش** ذوب شده و **گل جوشکاری**، به سمت **جلوی الکترود** فرار کرده و شروع به سرد شدن می‌نمایند. در نتیجه جوش اصلی که به روی این قسمت اجرا می‌گردد، **شانس نفوذ کافی به ریشه** را از دست می‌دهد.



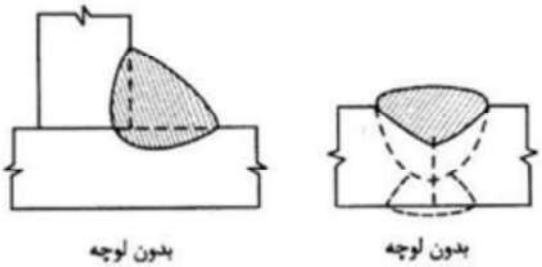
اگر سرعت حرکت افزایش داده شود، امکان **فرار مواد مذاب** به **جلوی الکترود** وجود نداشته و **نفوذ کامل** صورت می گیرد.

mohammad-karimi.com

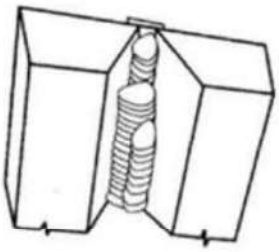
۱۳- لوچه (شره) جوش (Over lap) ○●●



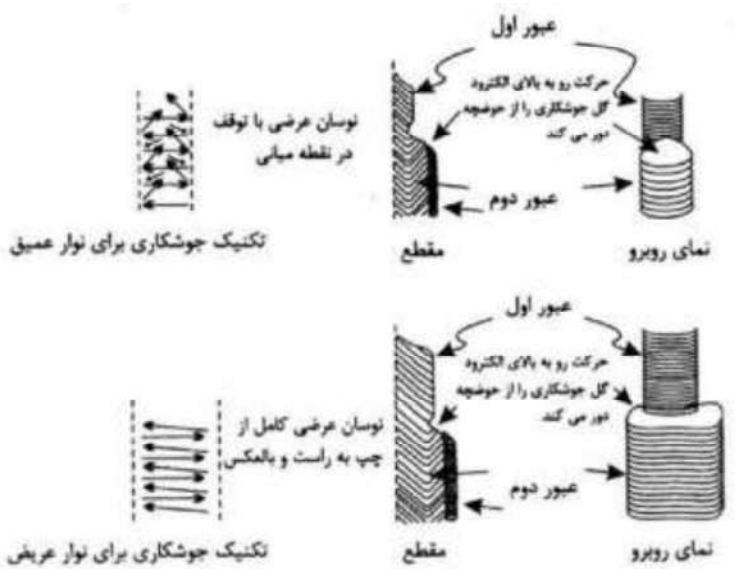
اگر **سرعت نوک الکترود** خیلی آهسته باشد، هم مقادیر زیادی از فلز جوش در حال **رسوب**، از **لبه‌های نوار جوش** به سمت بیرون **سرریز** (**شره**) کرده و هم‌جوشی کامل به وجود نمی‌آید. **عمل سرریز** به سهولت در حین جوشکاری قابل مشاهده بوده و روش اصلاح آن **افزایش سرعت جوشکاری** است (شکل زیر).



۱۴ - غلتاندن حوضچه مذاب نوک الکترود در جوش‌های سربالا (قائم) (Tilt of crater in vertical welding) ○●○



در **جوش‌های سربالا (قائم)** با دادن **حرکت زیگزاگ** به **نوک الکترود** و غلتاندن **حوضچه مذاب**، **گل جوشکاری** را به طرف جلو رانده و از تداخل آن با جوش جلوگیری می‌شود.



mohammad-karimi.com

۱۵- چاله انتهای جوش (Filled crater) ●●○

چاله دو انتهای جوش از دو نقطه نظر زیر ممکن است بحث برانگیز باشد:

۱ – **ضخامت گلوی جوش** کمتر از سایر قسمت‌های **نوار جوش** است.

۲ – با توجه به اینکه **سطح مقعری** دارند، امکان وقوع **ترک ستاره‌ای** در آنها در هنگام سرد شدن وجود دارد. در **جوش‌های گوشه پیوسته**، **خطر چاله انتهای جوش** وجود ندارد، زیرا جوشکار در هنگام **تعویض الکترود**، **چاله 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.

پرسش ۵-۷۱) در قطعات فولادی با طول جوش محدود، آیا باید انتهای جوش در محلی واقع گردد که میزان تنش کم است؟ و آیا هنگام سرد شدن جوش امکان وقوع ترک ستاره‌ای در انتهای جوش وجود دارد؟ (دی ۱۴۰۱ اجرا «۵۲»)

الف) بلی – خیر　　ب) بلی – بلی　　ج) خیر – بلی　　د) خیر - خیر

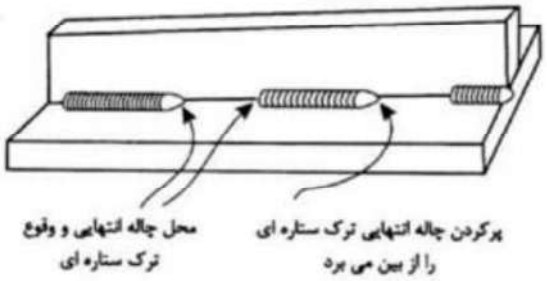
پاسخ) با توجه به مورد ۱۵ بند ۷-۸، گزینه ب صحیح است.



مثال: در جوش گوشه **ورق فوقانی اتصال صلب به بال تیر**، در شروع و ختم جوش باید دقیق بود تا چاله ایجاد نشود.

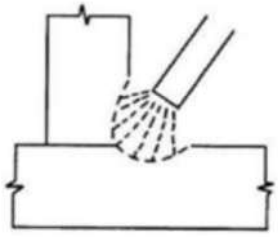
مثال: در **جوش نبشی نشیمن**، جوش از **پشت بال نبشی** شروع شده و به لبه آن ختم می‌گردد، به طوری که چاله در این محل که تنش‌های کمتری دارد، ایجاد شود.

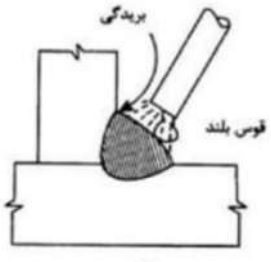
مثال: در **جوش‌های منقطع**، **تشکیل چاله** در دو انتهای هر قطعه، مشکل مهمی نیست، لیکن با روش کار مناسب نباید اجازه تشکیل آن را بدهیم. **مکث جوشکار** در انتها و کمی **برگشت دست به عقب** مشکل را حل می‌نماید.



۱۶- بریدگی لبه‌های جوش (Under cut) ●●○

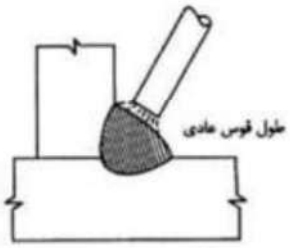
الف: قوس الکتریک قادر به ذوب قسمت‌هایی از فلز پایه می‌باشد.





ب: اگر **طول قوس** بلند باشد (**فاصله نوک الکترود تا سطح جوش**)، **مصالح جوش** نمی‌تواند تمام **فضای ذوب** را پر کند، در نتیجه در لبه جوش **گودافتادگی** یا **بریدگی** به وجود می‌آید.

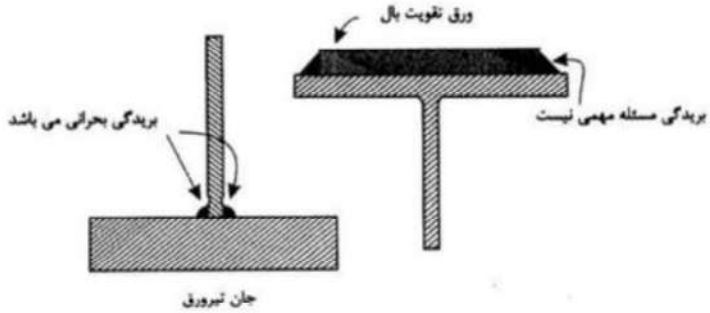
mohammad-karimi.com



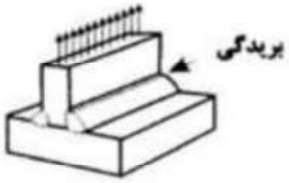
پ- **کاهش طول قوس** (نزدیک کردن **نوک الکترود** به **سطح جوش**)، **مصالح جوش** تمام فضای ذوب شده را پر می‌کند.

با توجه به اینکه **بریدگی** به راحتی با اصلاح **دستورالعمل جوشکاری** قابل اصلاح است، وقوع آن قابل پذیرش نیست. اما این سوال پیش می‌آید که بریدگی در چه مواردی مضر بوده و باید اصلاح گردد.

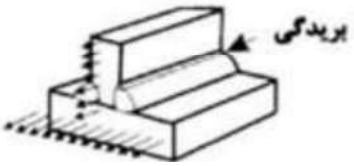
۱- اگر بریدگی باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد، وقوع آن مردود است.



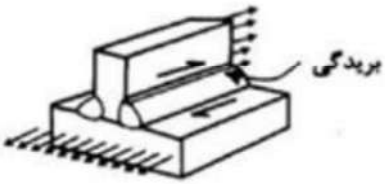
۲- اگر **بریدگی** باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد، وقوع آن مردود است.



در شکل رو به رو **بریدگی زیان‌بار** است.



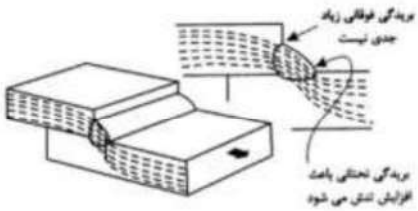
در شکل رو به رو بریدگی خیلی مضر نیست.



در شکل رو به رو نیز **تنش برشی** به **موازات بریدگی** عمل نموده و زیان بار نخواهد بود.

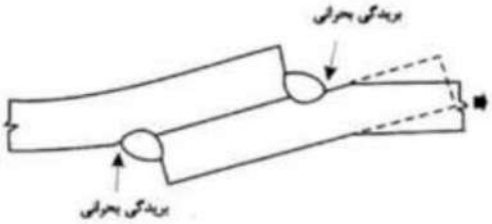
طبق **آیین نامه AWS**، در حالتی که نیرو به طور عرضی بر بریدگی اعمال می‌گردد، بریدگی تا عمق ۰/۲۵ میلی متر و در صورتی که نیرو به **موازات بریدگی** باشد، تا عمق ۰/۸ میلی متر قابل قبول است.

به عنوان آخرین مطلب، توجه گردد که بریدگی تحتانی دارای تأثیر زیان‌بارتری نسبت به **بریدگی فوقانی** است.

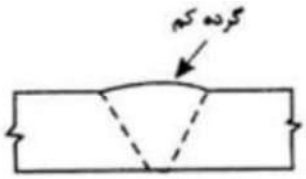


mohammad-karimi.com

هرگونه **برون محوری**، باعث ایجاد **تنش خمشی** در **بریدگی تحتانی** می‌گردد.



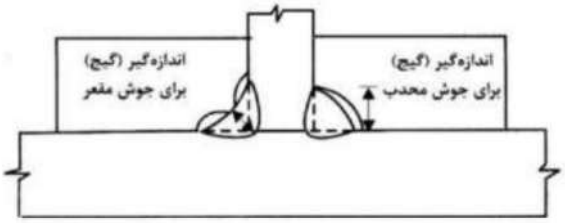
۱۷ - گرده در جوش‌های شیاری (Slight Reinforcement on Groove Welds) ●●○



وجود **گرده** تا ۱/۵ میلی متر در **جوش‌های شیاری** قابل پذیرش است. مقادیر بیشتر باعث افزایش مخارج و کاهش **مقاومت خستگی** می‌گردد.

۱۸- اندازه جوش گوشه (Full size of fillet weld) ●○○

با استفاده از **اندازه‌گیری‌های مخصوص**، **اندازه جوش گوشه** باید کنترل گردد.



۱۹ - وقوع ترک (Cracks) ●●○

وقوع هرگونه ترک به هر صورت سطحی یا عمقی باعث مردود شدن جوش خواهد شد.

۵-۸ آزمایش‌های ارزیابی (فصل هشتم)

۵ – ۸– ۱ آزمایش‌های مخرب (۸–۳)

آزمایش‌های مخرب عبارتند از **آزمایش‌های مکانیکی** روی **نمونه جوش شده** جهت تعیین مقاومت و سایر **خواص مکانیکی**. روش‌های آزمایش از این نوع نسبتاً **ارزان قیمت** و بسیار کاربردی هستند، به همین جهت در سطح وسیعی جهت **ارزیابی دستورالعمل جوشکاری** و **صلاحیت جوشکار** به کار می‌روند. آزمایش مخرب معمولاً روی **نمونه اخذ شده از ورق یا لوله جوش شده** انجام می‌شود که در حقیقت نمونه‌ای از مصالح و دستورالعمل‌های جوشکاری به کار رفته در کارگاه یا کارخانه می‌باشند. آزمایش‌های مخرب در **برنامه تضمین کیفیت** مورد توجه قرار می گیرند.

۵-۸-۱-۱ مراحل انجام آزمایش‌های مخرب (۸–۳–۱)

در **آزمایش‌های مخرب**، ابتدا جوش با مشخصات موردنظر روی ورق یا **قطعه آزمون** در وضعیت موردنظر توسط **جوشکار** اجرا می‌شود. در صورتی که هدف **آزمایش مصالح** و یا **wps** باشد، جوشکار باید دارای **صلاحیت مربوطه** باشد. سپس از این نمونه، **آزمونه‌هایی با عرض مشخص** بریده می‌شود و هر آزمونه تحت آزمایش خاصی قرار می‌گیرد. مطابق شکل‌های ۸ – ۱ تا ۸ – ۹، مراحل انجام آزمایش‌های غیرمخرب به شرح زیر است:

۱ – **تهیه تجهیزات لازم برای عملیات جوشکاری آزمایشی**

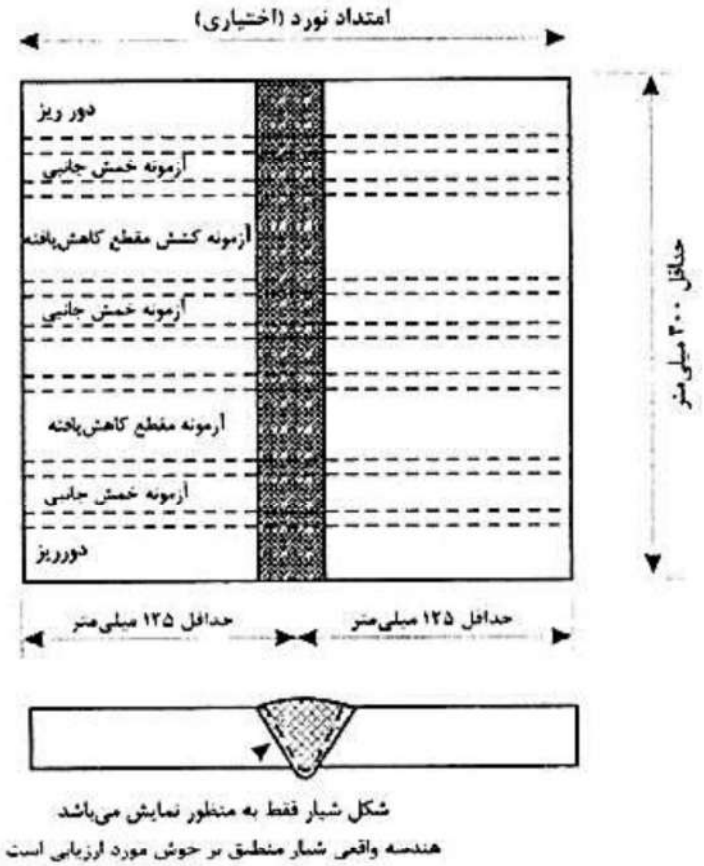
۲ – **تهیه نمونه آزمایشی** که ورقی با ضخامت ۱۰ تا ۲۰ میلی متر و طول ۳۰۰ میلی متر و عرض ۲۵۰ میلی متر (شامل دو قطعه هر یک به عرض ۱۲۵ میلی متر می‌باشد).

۳– انجام جوش در وضعیت مورد نظر توسط جوشکار (**تخت**، **افقی**، **قائم** و یا **سقفی**) در ورق آزمایشی

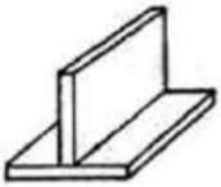
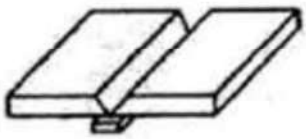
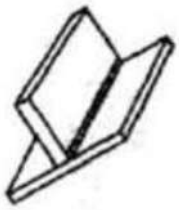
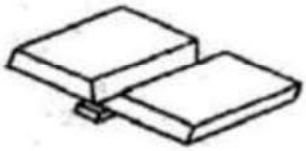
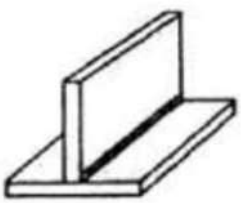
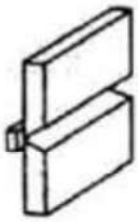
۴ – **تهیه آزمونه از نمونه آزمایشی** با برش آن در عرضی حدود ۲۰ تا ۴۰ میلی متر

۵ – انجام آزمایش‌های لازم بر روی آزمونه‌ها

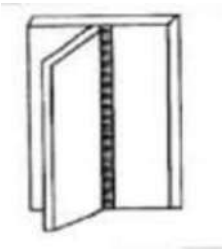
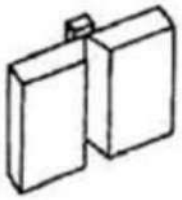
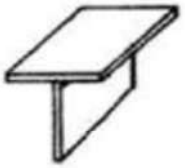
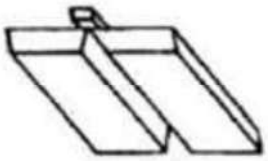
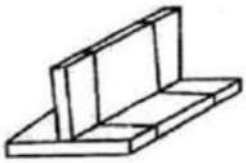
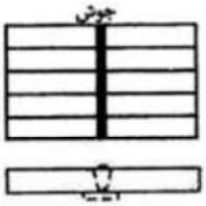
mohammad-karimi.com



شکل (۵-۷۷): قطعه آزمون و برش‌های لازم برای تهیه آزمونه‌ها (شکل ۸-۱)

	آزمون جوش گوشه	آزمون جوش شیاری
آزمون آماده‌سازی درز		
وضعیت تخت		
وضعیت افقی		

mohammad-karimi.com

	آزمون جوش گوشه	آزمون جوش شیاری
وضعیت قائم (سربالا)		
وضعیت بالای سر (سقفی)		
آماده‌سازی نمونه		

شکل (۵-۷۸): نمونه آزمایشی و وضعیت‌های جوشکاری (آیین‌نامه ۸-۲)

تجهیزات شامل دو بخش است:

(الف) قطعه آزمون و متعلقات:

- **قطعه آزمون:** که قبل از انجام آزمون، عملیاتی شامل: **بریدن**، **پخ‌سازی لبه** و **تمیزکاری** بر روی آن انجام شده.
- **قید یا گیره:** که جهت **مهار اتصال** و **جلوگیری از تغییر شکل** و **انطباق دو لبه قطعه** استفاده می‌شود.
- **ناودان انتهایی:** در **ابتدا و انتهای درز جوش** جهت جلوگیری از **شره کردن**، **ذوب ناقص** لبه‌های کار مونتاژ می‌گردد.

(ب) تجهیزات جوشکاری و فردی جوشکاران:

دستگاه جوش، **کابل** و **انبر جوشکاری**، **الکترود** (متناسب با **جنس فولاد** و خواص مورد نظر و **وضعیت جوشکاری**) **فرچه برقی یا دستی**، **ماسک جوشکاری**، **دستکش** و در صورت لزوم **تجهیزات مربوط به پیش گرم**.

پرسش ۵-۷۲) آیا آزمایش ارزیابی جوش که به صورت مکانیکی روی نمونه جوش جهت تعیین مقاومت و سایر خواص مکانیکی انجام می‌شود نسبت به سایر آزمایش ها نسبتاً ارزان‌قیمت و بسیار کاربردی‌تر می‌باشد؟ و آیا تهیه ورق نمونه‌ای به ضخامت ۱۵ میلی‌متر برای این آزمایش مناسب است؟ (مرداد ۱۴۰۳ نظارت «۴۹»)

الف) بلی – خیر　　ب) بلی – بلی　　ج) خیر – بلی　　د) خیر - خیر

پاسخ) با توجه به بند ۸-۳ و ۸-۳-۱، گزینه ب صحیح است.

۵-۸-۱-۲ آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی (۸-۳-۲)

نکته قابل توجه برای **کارآموزان جوشکاری** و جوشکاران در ارتباط با **جوشکاری قطعه آزمون** این است که با وجودی که این آزمایش‌ها برای **تعیین توانایی جوشکاران** طرح شده است، بسیاری از آنها به دلایلی که ارتباطی به قابلیت‌شان در جوشکاری ندارد، در امتحانات قبول نمی‌شوند. علت این امر بی‌دقتی در کاربرد جوش و بی‌توجهی نسبت به **آماده‌سازی قطعه آزمایش** و **نمونه‌های آزمایشی** است.

mohammad-karimi.com

انتخاب و آماده سازی ورق‌ها. در هنگام آزمون ضروری است که **ورق** و **تسمه پشت‌بند**، **جوش‌پذیر**، **شکل‌پذیر** و از جنس **فولاد کم کربن** باشند. آزمایش به گونه‌ای 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 محدوده تغییرشکل‌های خطی فراتر نرفته و تمام تغییرشکل‌ها به جوش اعمال می‌شود و در نتیجه **تغییر شکل جوش** فراتر از **نقطه تسلیم** شده و موجب گسیختگی در **منطقه فلز جوش** می‌گردد.

جوشکاری ورق‌ها. انتخاب صحیح الکترود اولین گام در **تولید جوش سالم** می‌باشد. با توجه به اینکه ورق‌ها عموماً در تمام وضعیت‌ها جوشکاری می‌شوند، الکترود مورد استفاده برای ورق‌ها باید مناسب برای تمام وضعیت‌ها بوده و شکل‌پذیری مناسبی داشته باشد، به همین جهت باید از طبقه E۶۰۱۰ ، E۶۰۱۱ ، E ۶۰۱۷ یا E ۶۰۱۸ باشند. از سیم جوش E ۷۰ S 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.

هیچ گونه **عملیات اصلاحی توسط پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش** برای پذیرفتن آزمایش مجاز نیست. این امر باعث گرم شدن تدریجی ورق شده و باعث می‌گردد ورق بعد از تکمیل عملیات جوشکاری به ملایمت سرد شود. جوشکار تحت هیچ شرایطی مجاز نیست که قطعه جوش شده را در **آب سرد** قرار داده و یا از هر طریق دیگری سرد شدن قطعه را پس از جوشکاری تسریع کند.

عملیات پرداخت نمونه آزمایشی. توجه کافی به **پرداخت سطحی نمونه 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 به **شکست قطعه** منجر می‌شود. هر قدر در عملیات پرداخت سطح صافتری ایجاد گردد شانس پذیرفتن نمونه آزمایشی بیشتر است. حتی یک **شکاف عرضی باریک** ممکن است تحت شرایط سخت تنشی آزمایش باز شود.

هرگونه **گرده جوش** (**پاس تقویتی**) چه در **سطح رویی** و چه در **جوش ریشه** باید زدوده شود. همواری لبه‌های نمونه آزمایشی باید شعاعی معادل ۱/۵ میلی متر داشته باشد که با برش تامین 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 نمونه 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 میلی متر در هر جهت دلخواه اندازه‌گیری شود، قابل قبول نیست. البته ترک‌های ایجاد شده در کنج‌های نمونه در حین انجام آزمایش شامل این مطلب نیست.

۵-۸-۱-۳ آزمایش‌های مخرب جوش شیاری (۸-۳-۳)

پس از تهیه نمونه آزمایشی و برش آن به قطعات کوچکتر و تهیه آزمونه‌ها، آزمایش‌های لازم روی آنها انجام می‌شود.

آزمایش‌های مخرب جوش شیاری عبارتند از:

(الف) **آزمایش کشش مقطع کاهش یافته**

(ب) **آزمایش خمش هدایت شده**

(ب) **آزمایش شکست نمونه زخم‌دار**

(ت) **آزمایش کشش روی نمونه تمام مصالح**

۵-۸-۱-٤ آزمایش‌های دیگر (۸-۳-۵)

علاوه بر آزمایش‌های مخرب که در قسمت‌های قبل شرح داده شد، روش‌های آزمایش دیگر نیز در **صنعت جوشکاری** نظیر **آزمایش حک**، **ضربه** و **خستگی** وجود دارند.

آزمایش حک (۸ - ۳ - ۵ - ۱)

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 - ۲۹). بررسی جوش در مقطع مورد نظر با اهداف زیر دنبال می‌شود:

mohammad-karimi.com

- **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**
- **بررسی متالورژی ناحیه تفتیده (HAZ)**



شکل (۵-۷۹): نمونه حک کاری شده فولاد کرم دار که جوش شیاری چند پاسه را در یک اتصال جناغی یکطرفه نشان می دهد. (آیین‌نامه ۸-۲۹)

حک کاری عمیق، **معایب بی‌ضرری** نظیر **ترک‌ها** و **تخلخل‌های کوچک** را به طور اغراق‌آمیزی بزرگ نشان می‌دهد.
بنابراین **بازبینی سطحی** باید به محض مشخص شدن واضح جوش انجام شود و حک‌کاری نباید به میزانی باشد که موجب **تخریب حجم داخلی نمونه** گردد. سطح مورد مطالعه ممکن است با استفاده از لایه نازکی از **رنگ شفاف** محافظت شود. در این صورت بازبینی سطح با استفاده از **میکروسکوپ نوری** بررسی شده یا با **دوربین‌های مخصوص** از ساختار داخلی آن عکس تهیه کرد.
در این روش، یک مقطع عرضی از اتصال جوش شده جهت **عملیات حک کاری** بریده می‌شود. عمل برش درز اتصال با استفاده از یک **اره دنده‌ریز** انجام می‌شود. **سطح فلز جوش و فلز پایه** باید **سوهان** شود تا به یک سطح صاف تبدیل شده و سپس با **سنباده ریز** پرداخت شود. این سطح با یکی از انواع **محلول‌های حک‌کاری** پرداخت می‌شود که معروف ترین آنها **اسید نیتریک** می‌باشد.
اسید نیتریک. این محلول از اختلاط ۱ واحد **اسید نیتریک غلیظ** و ۳ واحد حجمی آب به دست 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 **میله 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 مستغرق شود. در هنگام آزمایش از **تهویه 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** محافظت شود.

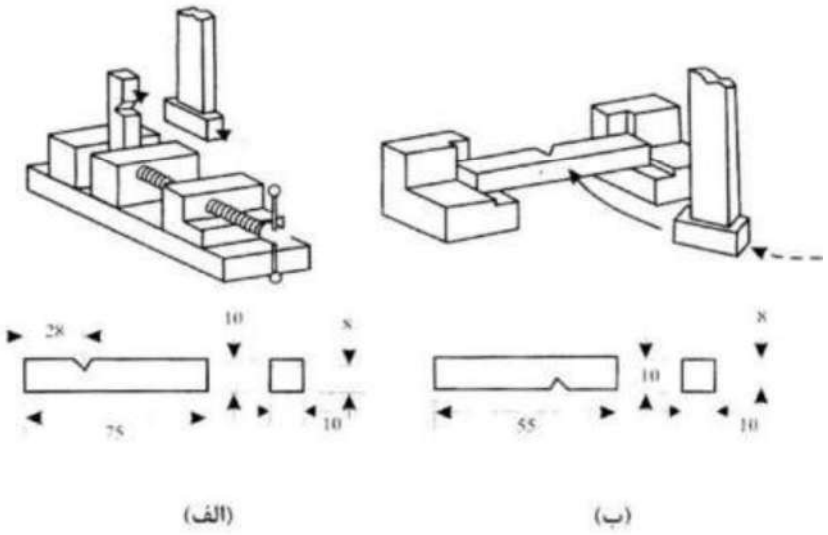
الف) آزمایش ضربه (آیین‌نامه ۸-۳-۵-۲)

هدف از انجام آزمایش ضربه، تعیین **مقاومت ضربه‌ای جوش و فلز پایه** در یک **سازه 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** شود که به خاطر فقدان **طاقت ضربه‌ای مصالح** است.

آزمونهای شارپی و ایزود

دو روش استاندارد برای **آزمایش ضربه** وجود دارد: **آزمایش ایزود** و **آزمایش شارپی**. در این روش‌ها نمونه آزمایشی با یک ضربه می‌شکند و **مقاومت ضربه‌ای نمونه** برحسب واحد نیرو – طول که واحد **کار** و **انرژی** است، سنجیده می‌شود. (در فیزیک کار به صورت حاصل ضرب 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 – ۳۰ نشان داده شده است.

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۸۰): نمونه آزمایشی آزمون ضربه ایزود (شکل الف) و آزمون ضربه شارپی (شکل ب) و روش اعمال بار در هر روش. نمونه‌های زخم‌دار (شیار V) مطابق شکل دارای زاویه‌ی پخی ٤٥ درجه و شعاع کف معادل ۰/۲۵ میلی‌متر در محل شیار می‌باشند

پرسش ۵-۷۳) کدام گزینه زیر صحیح نمی‌باشد؟ (خرداد ۱۳۹۳ اجرا «۱٤»)

الف) جوش یا فلز آن تحت بارهای ضربه‌ای طاقت خوبی نشان می‌دهند که ناشی از شکل‌پذیری بالای فولاد است.

ب) با وجود فقدان طاقت ضربه‌ای مصالح، جوش با فلز آن در تنش‌های کششی شکل‌پذیری زیادی از خود نشان می‌دهد.

ج) هدف از آزمایش ضربه، تعیین مقاومت ضربه‌ای جوش یا فلز پایه آن است.

د) منظور از مقاومت ضربه‌ای، طاقت فلز در برابر ضربه سریع و ناگهانی است.

پاسخ) با توجه به بند ۸-۳-۵-۲، گزینه الف جواب این مساله است.

۵ – ۸– ۲ آزمایش‌های غیرمخرب (۸-٤)

آزمایش‌های غیرمخرب در **برنامه‌ی کنترل کیفیت (QC)** قرار می‌گیرند و از آن برای تأیید جوش تمام‌شده استفاده می‌شود. انواع آزمایش‌های غیرمخرب عبارتند از:

- **بازرسی با مواد نافذ**[۱] **(PT)**
- **آزمون ذرات مغناطیسی**[۲] **(MT)**
- **آزمون فراصوتی**[۳]
- **آزمون پرتونگاری**[۴] **(RT)**
- **آزمایش جریان گردابی**[۵]
- **آزمایش نشت**
- **آزمایش سختی**

[۱] Penetration Test

[۲] Magnetic Particle testing

[۳] Ultrasonic Testing

[۴] Radiographic Inspection

[۵] Eddy current testing

mohammad-karimi.com

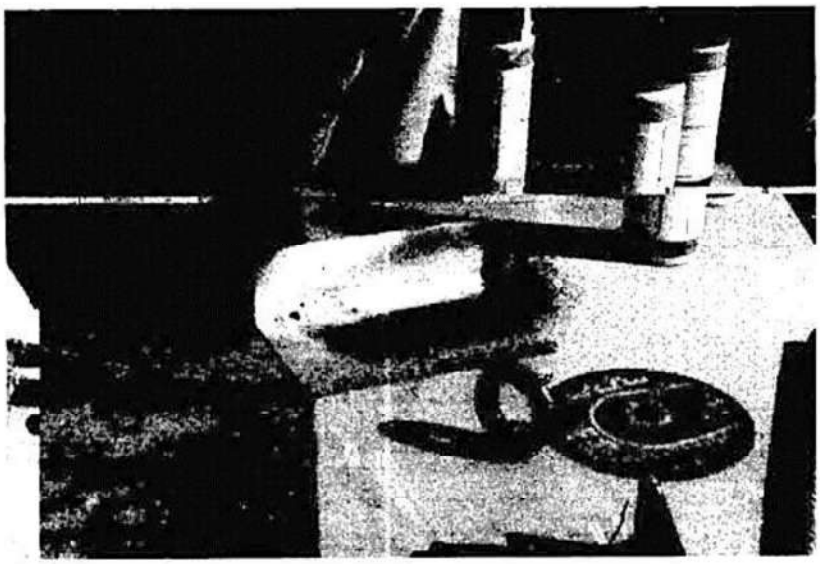
۵-۸-۲-۱ بازرسی با مواد نافذ (PT) (۸-٤-۱)

بازرسی با مواد نافذ یکی از **شیوه‌های غیرمخرب** برای **محل‌یابی معایب سطحی** می‌باشد. مشابه **روش پرتونگاری**، این آزمایش برای **فلزات غیر مغناطیسی** نظیر **فولاد ضدزنگ**، **آلومینیوم**، **منیزیم** و **تنگستن** و **پلاستیک‌ها** نیز قابل کاربرد است. **آزمایش با مواد نافذ** جهت **تشخیص عیوب داخلی** قابل استفاده نمی‌باشد. محدودیت این آزمایش عدم امکان استفاده از آن برای **مواد متخلخل** (**Porous**) می‌باشد.

آزمایش با رنگ نافذ قرمز

سطح مورد بازرسی باید در ابتدا از **لکه‌های روغن**، **گریس** و **مواد ناخالص و خارجی** توسط **ماده آماده‌ساز** (**پرایمر**) تمیز شود. سپس **ماده نافذ قرمز رنگی** روی سطح پاشیده می‌شود که در **داخل ترک‌ها** و سایر **ناهمواری‌ها** نفوذ می‌کند. **رنگ اضافی** از روی سطح پاک شده و سپس یک **مایع فوق العاده فرار** حاوی **ذرات ریز سفید رنگ** بر روی سطح پاشیده می‌شود. این ماده به نام **ماده ظهور** (**ظاهرکننده**) خوانده می‌شود.

تبخیر مایع فرار باعث برجای ماندن **گرد خشک سفید رنگ** بر روی **ماده قرمز** نفوذ کرده در **ترک‌ها** می‌گردد و بر اثر **عمل مویینگی**، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و **پودر سفید کاملا قرمز** می‌شود. به همین جهت ترک مورد نظر به وضوح با این روش قابل شناسایی است (شکل ۸ – ۳۱)



شکل (۵-۸۱): آزمایش با رنگ نافذ در یک اتصال جوشی. (آیین‌نامه ۸-۳۱)

ضوابط پذیرش در آزمایش با رنگ نافذ، مطابق آیین‌نامه AWS، مانند **ضوابط پذیرش بازرسی عینی** می‌باشد.

پرسش ۵-۷٤) ماده ظهور (ظاهرکننده) در کدام‌یک از آزمایش‌های جوش به کار می‌رود؟ (آذر ۱۳۹۲ اجرا «۲۳»)

الف) آزمایش ضربه　　ب) آزمایش با رنگ نافذ قرمز

ج) آزمون‌های شارپی و ایزود　　د) آزمایش‌های مخرب

پاسخ) با توجه به بند ۸-٤-۱، گزینه ب صحیح است.

۵-۸-۲-۲ آزمون ذرات مغناطیسی (MT) (۸-٤-۲)

آزمون ذرات مغناطیسی یکی از **آسان‌ترین آزمایش‌های غیرمخرب جوشکاری** است. این آزمایش برای **بررسی و بازبینی عیوب سطحی** و نزدیک به سطح ورق‌ها قبل از جوشکاری و برای معایبی از قبیل **ترک‌های سطحی**، **ذوب ناقص**، **تخلخل**، **بریدگی**، **نفوذ ناقص ریشه** و **اختلاط سرباره در نوار جوش** به کار می‌روند. این روش محدود به **مواد مغناطیسی شونده** نظیر **چدن**، **فولاد**، **نیکل** و **کروم** بوده و برای **مواد و فلزات غیر مغناطیسی** مانند **فولاد ضدزنگ**، **آلومینیوم** و **مس** کاربرد ندارد. نام دیگر این آزمایش **روش پودر یا گرد مغناطیسی** است.

mohammad-karimi.com

این آزمایش که در شکل ۸ – ۳۲ نشان داده شده، **محل ترک‌های داخلی و سطحی بسیار ریز** را برای **رؤیت با چشم غیر مسلح** آشکار می‌کند. معایب موجود توسط این روش در عمقی معادل ۵ تا ۷ میلی متر زیر سطح جوش قابل تشخیص هستند. معایب عمیق‌تر با این روش قابل شناسایی نیستند.

قطعه مورد آزمایش با استفاده از **جریان الکتریکی** جهت ایجاد **میدان مغناطیسی** در داخل **مصالح مغناطیسی** می‌گردد. **سطح مغناطیسی شده قطعه** با **لایه نازکی از یک گرد مغناطیسی** نظیر **اکسید آهن قرمز** پوشیده می‌شود. این لایه گرد در صورت عدم وجود عیب در جوش یا فلز پایه به شکل **میدان مغناطیسی** و در راستای **خطوط میدان** در می‌آید، ولی در صورت وجود هرگونه ناپیوستگی که موجب ایجاد **نشت میدان** گردد با ایجاد **دو قطبی جدید** در محل عیب در آن نقطه **تجمع پودر** اتفاق می‌افتد که از این طریق ناپیوستگی مذکور آشکار می‌گردد. **ضوابط پذیرش در آزمایش ذرات مغناطیسی** مطابق آیین نامه AWS، مانند **ضوابط پذیرش بازرسی عینی** است. مطابق استاندارد ASME، بازرس **آزمایشات PT و MT** فقط مجاز به تعیین **خطی یا کروی بودن عیب** بوده و حد پذیرش و یا رد این عیوب نیز در استاندارد به شرح زیر می‌باشد:

۱ – کلیه **نشانه‌ها** (**Indications**) کوچکتر از ۱/۶ میلی متر قابل پذیرش می‌باشند.

۲ – کلیه **عیوب خطی** با ابعاد بزرگتر از ۱/۶ میلی متر غیر قابل پذیرش بوده و باید تعمیر گردد.

۳– کلیه **عیوب کروی** با ابعاد بزرگتر از ۴/۸ میلی متر غیر قابل پذیرش بوده و باید تعمیر گردد.

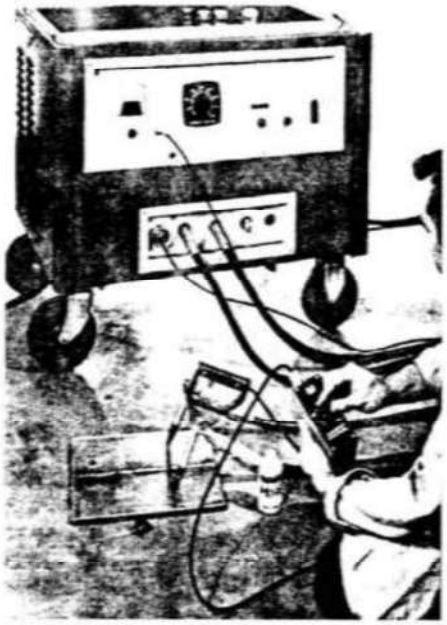
لازم به ذکر است علایمی که طول آنها بزرگتر از سه برابر عرض آنها باشد به عنوان عیوب خطی ارزیابی می‌شوند.

پرسش ۵–۷۵) در اتصالات جوشی ساختمان‌های فولادی آزمونی که محل ترک‌های داخلی و سطحی بسیار ریز را برای رویت با چشم غیرمسلح آشکار می‌کند، چه نام دارد؟ آیا معایب به عمق ۹ میلی‌متر با این روش قابل شناسایی هستند؟ (اردیبهشت ۱۴۰۲ اجرا «۲»)

الف) آزمون پودر یا گرد مغناطیسی – بلی
ب) آزمون حک - خیر
ج) آزمون پودر یا گرد مغناطیسی – خیر
د) آزمون حک - بلی

پاسخ) با توجه به بند ۸-٤-۲، گزینه ج صحیح است.

۵-۸-۲-۳ آزمون فراصوتی (۸-٤-۳)



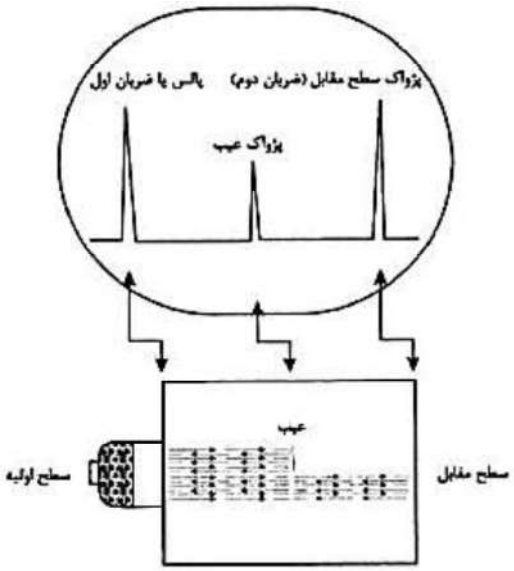
آزمون فراصوتی یکی از **آزمایش‌های نسبتاً پیشرفته** در رده **آزمایش‌های غیر مخرب** می‌باشد. این روش سریع بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به قطعه جوش شده می‌باشد. چون این روش از نزدیک کنترل می‌شود، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعه جوش شده بدون نیاز به یک سری عملیات پر کار را دارا می‌باشد. این روش هم **معایب سطحی** و هم نواقص **داخلی فلز جوش و فلز پایه** را مشخص مکان یابی و اندازه گیری می‌کند.

آزمایش فراصوتی با **انتشار امواج** از یک **فرستنده** (**بلور کوارتز تحت جریان متناوب**)، که مشابه یک **موج صوتی** ولی با **فرکانس بالاتری** است، انجام می‌شود. موج‌های فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می‌شوند و با هرگونه تغییر در **تراکم داخلی قطعه**، منعکس می‌شوند. **امواج منعکس شده** توسط **گیرنده** جذب شده و پس از تقویت روی **صفحه نمایشگر اسیلوسکوپ** به صورت **منحنی‌های ضربانی** ظاهر می‌گردند ارتفاع این **منحنی‌های ضربانی** نسبت به یک **خط مبنا** قابل تنظیم است.

شکل (۵–۸۲): دستگاه آزمایش ذرات مغناطیسی (آیین‌نامه ۸–۳۲)

mohammad-karimi.com

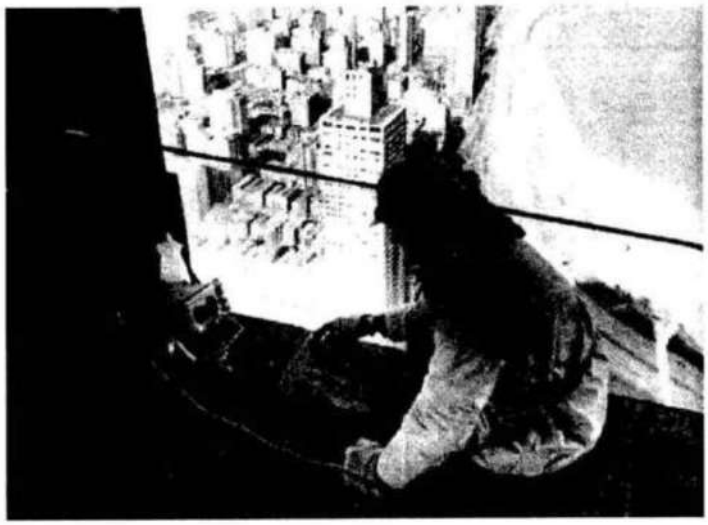
هنگامی که **واحد جستجوگر** (**پروب**) روی مصالح مورد نظر قرار داده می‌شود (حد فاصل **سطح پروب** و **سطح جسم** باید به یک **ماده روغنی** به نام **کوپلنت** آغشته شود)، دو نوع **پژواک** بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. **ضربان اول**، **انعکاس صدا** از **سطح رویی جسم** که در تماس با دستگاه است و **ضربان دوم** مربوط به **انعکاس 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. هنگامی که یک عیب یا ترک داخلی توسط **واحد جستجو** (**پروب**) پیدا شود، **ضربان سومی** بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می‌شود (شکل ۸ – ۳۳)



شکل (۵-۸۳): انعکاس امواج در برخورد با سطوح ورق و عیب، به صورت امواج ضربانی بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌شوند. (آیین‌نامه ۸-۳۳)

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 – ۳۴ برای **بازرسی اتصال جوشی بال فوقانی تیر به ستون** نشان داده شده است.



شکل (۵-۸٤): کاربرد یک دستگاه آزمایش فراصوتی قابل حمل در کنترل جوش ساختمانی در طبقه ٧٦ یک آسمان خراش (آیین‌نامه ۸-۳٤)

پرسش ۵-۷۶) در آزمایش فراصوتی چطور معایب داخلی جوش تشخیص داده می‌شود؟ (اسفند ۱۳۸۹ معماری تخصصی «۷۲»)

الف) امواج فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می‌شوند و نیازی به تخریب جوش نیست.

ب) با پژواک ضربان ارسالی، صرفاً معایب سطحی جوش معلوم می‌شود.

ج) هنگامی که یک عیب یا ترک داخلی توسط پروب دستگاه پیدا می‌شود، ضربان‌ها حذف می‌شوند.

د) با بررسی فاصله میان ضربان‌ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان تراکم عیب معلوم می‌شود.

پاسخ) با توجه به بند ۸-٤-۳، گزینه د صحیح است.

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۷۷) برای تشخیص ترک‌های سطحی احتمالی در جوش ورق‌های فولادی ضدزنگ کدام‌یک از روش‌های آزمایش زیر نامناسب است؟ (شهریور ۱۳۸۶ معماری عمومی «۳۱»)

الف) روش ذرات مغناطیسی　　ب) روش استفاده از مواد نافذ

ج) روش پرتونگاری　　د) روش فراصوتی

پاسخ) با توجه به توضیحات بیان شده در بندهای ۸-٤-۱، ۸-٤-۲ و ۸-٤-۳، گزینه الف جواب این مساله است.

این پرسش، مشابه پرسش آبان ۱۳۹۳ نظارت «۱۲» است.

پرسش ۵-۷۸) کدام‌یک از روش‌های زیر برای کنترل کیفیت جوشکاری اسکلت فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ (اردیبهشت ۱٤۰۲ اجرا «۲۰»)

الف) استفاده از امواج صوتی فرکانس بالا U.T.　　ب) بازرسی چشمی O.T.

ب) استفاده از مایعات نافذ P.T.　　د) هر سه گزینه صحیح است.

پاسخ) با توجه به مطالب بیان شده، هر سه روش بیان شده جز روش‌های کنترل کیفیت جوش است. بنابراین، گزینه د صحیح است.

۵-۸-۲-٤ آزمون پرتونگاری (RT) (۸-٤-٤)

پرتونگاری یکی از روش‌های **آزمایش غیر مخرب** می‌باشد که **نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز** (**میکروسکوپی**) جوش را نشان می‌دهد. در این روش دو نوع **پرتو X یا گاما** مورد استفاده قرار می‌گیرد. **اشعه گاما** به خاطر **طول موج کوتاه** خود می‌تواند در **ضخامت‌های نسبتاً زیادی** از مواد نفوذ کند، در ضمن **زمان تابش اشعه** به **قطعه مورد پرتونگاری** در مورد **اشعه گاما** نسبت به **اشعه X** بسیار طولانی‌تر می‌باشد. **فیلم‌های به دست آمده از پرتونگاری با اشعه X** به نام **ایکس‌نگار** و **فیلم‌های به دست آمده از کاربرد اشعه گاما** به نام **گامانگار** خوانده می‌شوند. این دو نوع فیلم در حالت کلی به نام **پرتونگار** خوانده می‌شوند.

در **آزمایش پرتونگاری** یک عکس از **وضعیت داخلی فلز جوش** گرفته می‌شود. در حین **عکس‌برداری**، **فیلم** در یک طرف 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. **حبس سرباره**، **حفره گازی**، **ترک‌ها**، **بریدگی‌های کناره جوش** و **قسمت‌های نفوذ ناقص جوش** تراکم کمتری نسبت به **فولاد سالم** دارند. بنابراین در حوالی این قسمت‌ها پرتو بیشتری به **سطح فیلم** می‌رسد و **عیوب فلز جوش** به صورت **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 (شکل‌های ۸ - ۶۱ و ۸ - ۶۲)

۵-۹ مسائل اجرایی در کارهای فولادی (فصل نهم)

۵ - ۹- ۱ ساخت اعضا (۹-٤)

روش ساخت اعضا بر حسب اینکه از **ورق** ساخته شوند و یا **پروفیل**، متفاوت خواهد بود. در صورتی که اعضا از ورق ساخته شوند، مراحل کار به صورت زیر است:

۱ - **برشکاری**

۲ - **تسمه‌سازی** - یعنی **یکسره کردن ورق‌ها** و انجام **جوش درزهای** آنها در روی **شاسی** و **بازرسی جوش درزها**

۳- **مونتاژ اولیه** - یعنی **مونتاژ بال و جان** و **خال جوش کردن** آن در داخل **قالب**

۴ - **جوش اولیه** - **تکمیل جوشکاری بال و جان** یا **جوش سخت‌کننده‌های ستون‌های جعبه‌ای**

۵ - **مونتاژ صفحه ستون** یا **فلنج تیر**

۶ - **تابگیری**

۷- **مونتاژ سخت‌کننده‌ها** و سایر الحاقیات **هسته ستون** یا **مونتاژ وجه چهارم در ستون‌های جعبه‌ای**

۸- **جوش ثانویه** - **تکمیل جوش هسته ستون و یا تیر**

۹ - **مونتاژ نهایی** - **ملحقات ستون** (**دستک**، **ورق زیرسری**، **ورق بادبند** و....)

mohammad-karimi.com

۱۰ – **جوش نهایی**

در مواقعی تقدم و تأخر ردیف‌های ۲ و ۳ عوض می‌شود؛ یعنی **ورق‌های بال و جان** مونتاژ می‌شوند و سپس **جوش درزها** انجام می‌شود. این کار هر چند ممکن است از نظر **کنترل تغییر شکل‌ها** مفید باشد، لیکن به علت به وجود آمدن دو عیب عمده زیر غیر مجاز می‌باشد:

۱ – **ایجاد تنش‌های پسماند** با توجه به قیدهای موجود در مقابل **تغییر شکل‌های حرارتی جوش و فلز جوش شده**.

۲ – **دشواری اجرای جوش درزها** به صورت پیوسته و بی‌عیب.

پرسش ۵–۷۹) در صورتی که ساخت تیر به مقطع I از ورق و توسط جوشکاری باشد به نحوی که پس از برشکاری ابتدا مونتاژ اولیه و سپس تسمه-سازی انجام شود، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (اردیبهشت ۱۴۰۲ اجرا «۳»)

الف) این روش از نظر کنترل تغییر شکل‌ها مفید است و الزامی است.

ب) این روش از نظر کنترل تغییر شکل‌ها مفید است ولی مجاز نیست.

ج) این روش امکان کنترل تغییر شکل‌ها را ندارد و به همین دلیل مجاز نیست.

د) این روش امکان کنترل دقیق تغییر شکل‌ها را ندارد ولی مجاز است.

پاسخ) با توجه به بند ۹-۴، گزینه ب صحیح است.

۵-۹-۱-۱ تسمه‌سازی (۹-۴-۱)

تسمه سازی فقط در مورد **اعضای ساخته شده از ورق** به کار می‌رود. از آنجایی که ورق به صورت **رول برش نخورده** و یا اغلب به طول ۶ متری برش خورده در **بازار** موجود می‌باشد و از طرفی اکثر **دستگاه‌های برش گیوتین** قابلیت برش ورق تا طول ۶ متر را دارا می‌باشند، جهت ساخت اعضای سازه نظیر **ستون‌ها** و یا حتی **شاه تیرها** که دارای طول بیش از ۶ متر می‌باشند **تسمه‌سازی** امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در **تسمه‌سازی** باید از **تسمه ورق‌های صاف و بدون پیچیدگی و یا شمشیری** استفاده شود. **مونتاژ و یا سر هم کردن صحیح تسمه‌ها** و رعایت **محل قرارگیری بندهای جوش** در **قطعه نهایی** از نکات بسیار مهم در **کیفیت نهایی و کارایی تیرورق‌ها** می‌باشد.

در مرحله **مونتاژ تسمه‌ها** روی یک **شاسی مسطح** در راستای یک سری صفحات عمودی کوچک به صورت **لچکی** که از قبل به صورت **ریسمانی** در یک راستا قرار گرفته‌اند، قرار می‌گیرند و **درز جوشها** هم راستا شده و با **خال جوش** و **ناودان کنار جوش** به هم متصل می‌شوند.

قطعاتی که با **جوش شیاری به صورت لب به لب** به یکدیگر متصل می‌شوند، باید هم باد یکدیگر قرار گرفته و به وسیله **پیچ**، **گیره**، **گوه**، **قید** و یا **خال جوش** تا **اتمام جوشکاری** در وضعیت خود تثبیت شوند. در صورت امکان استفاده از **قید** و **قالب** توصیه می‌شود آزادی‌های مناسب برای **جمع شدگی** و **تابیدگی** وجود داشته باشد.

پرسش ۵–۸۰) در اجرای سازه فولادی کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (شهریور ۱۴۰۱ اجرا «۴۳»)

الف) برای ساخت شاه تیرها فقط هنگامی که طول آنها کمتر از ۶ متر باشد، استفاده از تسمه مجاز است.

ب) برای ساخت اعضای سازه‌ای نظیر ستون‌ها فقط هنگامی که طول آنها از ۶ متر کمتر باشد، استفاده از تسمه مجاز است.

ج) برای اتصال تسمه‌ها جهت ساخت تیرها با جوش لب به لب، استفاده از قالب اجباری است.

د) برای ساخت اعضای سازه‌ای نظیر ستون‌ها و یا حتی شاه تیرها با طول بیش از ۶ متر استفاده از تسمه مجاز است.

پاسخ) با توجه به بند ۹-۴-۱، گزینه د صحیح است.

الف) درزهای لب به لب (آیین‌نامه ۹-۴-۱-۱)

بر حسب **نوع آماده‌سازی لبه‌ها** و درز حاصل، انواع مختلفی از **جوش لب به لب** به وجود می‌آید. **درزهای لاله‌ای** و **نیم لاله‌ای** (J ، U) 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 به استفاده از **درزهای جناغی** (V) محدود می‌کند. در درز V، با کاهش **زاویه درز**، **مصرف فلز جوش** کاهش می‌یابد. لیکن با کاهش این **زاویه دهانه ریشه** باید به منظور **دستیابی الکترود** به داخل درز و ایجاد یک **جوش سالم** در **ریشه درز**، افزایش داده شود. بدیهی است برای حصول **جوش اقتصادی** باید تعادلی بین **زاویه پخی** و **دهانه ریشه** به وجود آید. در **ورق‌های ضخیم‌تر** **درز با زاویه کوچکتر و ریشه بزرگتر** **کمترین مقدار فلز جوش** را لازم دارد.

mohammad-karimi.com

چنانچه **تسمه پشت‌بند** مورد استفاده قرار گیرد، **دست طراح** در انتخاب **دهانه ریشه** باز خواهد بود، لیکن **جوشکاری** باید در یک سمت انجام گیرد، به عبارت دیگر یک **درز V** تنها خواهیم داشت. اما اگر **تسمه پشت‌بند** مورد استفاده قرار نگیرد، **دهانه ریشه** باید در حدود ۳ میلی متر باز نگه داشته شود. در این صورت جوش روی **دهانه ریشه** پل زده و پایین نمی‌ریزد. **درز جناغی** ممکن است به صورت **یکطرفه (V)** یا **دو طرفه (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 دو طرفه** ترجیح دارد. به خاطر داشته باشید که در درز V ، **تغییر شکل زاویه‌ای** بیشتر است و با **افزایش ضخامت ورق** به سرعت افزایش می‌یابد.

پرسش ۵-۸۱) هنگام جوشکاری مقاطع فولادی در کارگاه کدام‌یک از حالت‌های جوشکاری زیر تغییر شکل زاویه‌ای بیشتری را نتیجه می‌دهد و با زیاد شدن ضخامت بال میزان این تغییر شکل چه تغییراتی دارد؟ (اردیبهشت ۱۳۹۷ اجرا «۲۱»)

الف) با درز جوشکاری به صورت V - ثابت می‌ماند.

ب) با درز جوشکاری به صورت X - به سرعت افزایش می‌یابد.

ج) با درز جوشکاری به صورت V - به سرعت افزایش می‌یابد.

د) با درز جوشکاری به صورت X - ثابت می‌ماند.

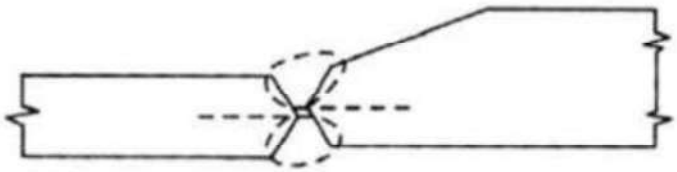
پاسخ) با توجه به بند ۹-٤-۱-۱، گزینه ج صحیح است.

ب) هم‌راستا کردن ورق (آیین‌نامه ۹-٤-۱-۲)

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

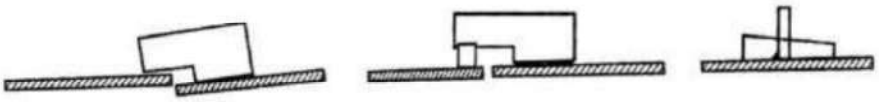
شکل ۹ - ۸ یک **درز لب به لب X غیر هم‌راستا** را در **بال یک شاهتیر**، در نقطه تغییر مقطع نشان می‌دهد. این عدم هم راستایی، حصول یک ریشه سالم و **جوش بی عیب** را مشکل می‌نماید.

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 جابه جایی به محل اجرا، یا حتی یک اختلاف در **هلالی شدن در بال** می‌تواند چنین شرایطی را ایجاد کند. **مشکل هلالی شدن**، با اندازه جوش گوشه جان به بال، افزایش پیدا کرده و با زیاد شدن ضخامت بال تیر کاهش می‌یابد.



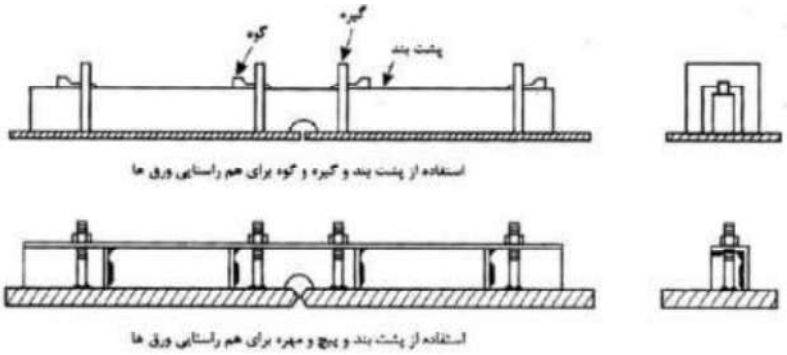
شکل (۵-۸۵): هم‌راستا کردن ورق‌ها (آیین‌نامه ۹-۸)

روش‌های مختلفی برای تصحیح این شرایط وجود دارد که شکل ۹ - ۹ یکی از این روش‌ها را نشان می‌دهد. زمانی که ورق‌ها زیاد ضخیم نیستند، می‌توان **گیره‌های کوچکی** به انتهای 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 - ۱۰ هم روش دیگری را که معمولاً در مورد **بال‌های ضخیم‌تر** مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان می‌دهد.



شکل (۵-۸٦): گیره فقط در طول یک لبه جوش می‌شود، بنابراین می‌تواند به راحتی با یک چکش برداشته شود. گوه فولادی به منظور قرار دادن لبه‌های ورق در یک ردیف به زیر گیره رانده می‌شود. (آیین‌نامه ۹-۹)

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۸۷): آیین‌نامه (۹-۱۰)

پرسش ۵-۸۲) برای هم‌راستا کردن ورق‌هایی که زیاد ضخیم نیستند در جوش‌های لب به لب ..... (شهریور ۱۳۹۵ اجرا «۳۱»)

الف) در زیر ورق‌ها گوه‌هایی قرار می‌گیرد تا آنها را هم‌راستا کند.

ب) می‌توان گیره‌ی کوچکی به انتهای هر دو ورق جوش داد تا هم‌راستا شوند.

ج) در صورتی که از گیره استفاده شود، گیره فقط در طول یک لبه جوش می‌شود.

د) استفاده از گیره یا گوه مجاز نیست.

پاسخ) با توجه به بند ۹-٤-۱-۲، گزینه ج صحیح است.

پ) **ریزش انتهای جوش** (آیین‌نامه ۹-۴-۱-۳)

به علت **ریزش مواد مذاب جوش**، **انتهای جوش درزهای لب به لب** به صورت **تمام ضخامت** در نمی‌آید.

برای رفع این عیب غالباً در **انتهای درز** به کمک **تسمه اضافه** طولی برای درز ایجاد می‌شود که بعد از **اتمام عملیات جوشکاری**، این قطعه سنگ زده می‌شود (شکل‌های ۹ – ۱۱ و ۹ – ۱۲). تعبیه این جزییات در درزهای بال بسیار مهمتر می‌باشد. به این اضافه **طول ناودان** گویند.

در شکل‌های ۹ – ۱۳ و ۹ – ۱۴ تصاویری از **اجرای درزهای لب به لب** نشان داده شده است.

پرسش ۵-۸۳) در ابتدا و انتهای درزهای بال مقاطع فولادی که جوش به صورت لب به لب اجرا می‌شود. غالباً اضافه طولی برای درز ایجاد می‌شود که اصطلاحاً ناودان نامیده می‌شود. علت اصلی تعبیه این جزئیات چیست؟ (مهر ۱٤۰۲ اجرا «۲»)

الف) برای اینکه در ابتدا و انتهای جوش، سرباره جوش از ناودان تخلیه شود.

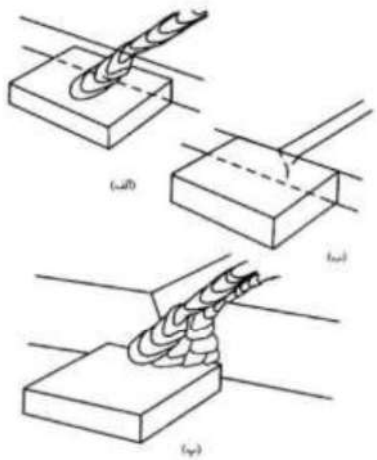
ب) برای اینکه ابتدا و انتهای جوش درزهای لب به لب به صورت تمام ضخامت درآید.

ج) برای دور کردن نفوذ رطوبت از طریق ناودان و جلوگیری از زنگ زدگی محل جوش تعبیه می‌شود.

د) به علت ایجاد تکیه‌گاه برای اتصال سازه به نما با فاصله مشخص استفاده می‌شود.

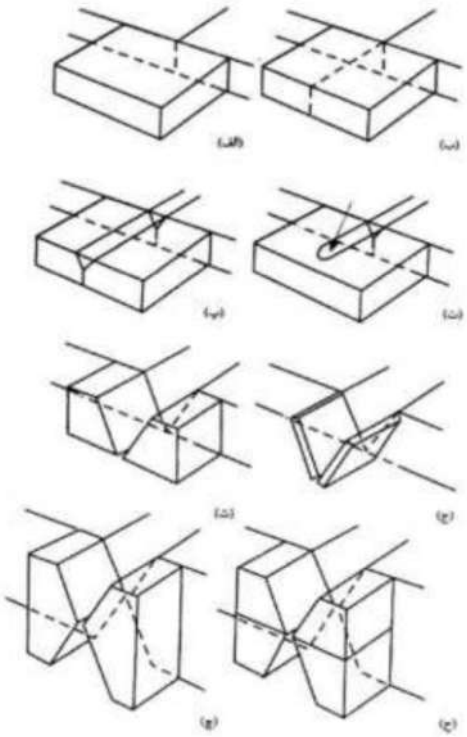
پاسخ) با توجه به بند ۹-٤-۱-۳، گزینه ب صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش‌های آبان ۱۳۹۳ نظارت «۲۱» و آذر ۱۳۹۰ معماری تخصصی «۷۷» است.

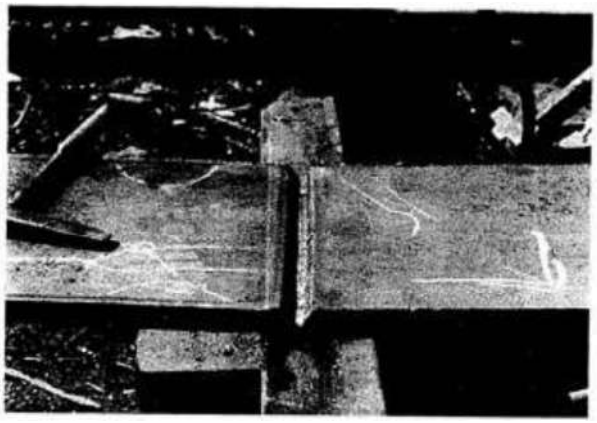


شکل (۵-۸۸): نصب ناودان در ابتدا و انتهای درز (آیین‌نامه ۹-۱۱)

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۸۹): تعبیه ناودان (آیین‌نامه ۹-۱۲)



شکل (۵-۹۰): سرهم کردن ورق‌ها و انجام پاس ریشه (آیین‌نامه ۹-۱۳)



شکل (۵-۹۱): تکمیل جوش شیاری و ناودان انتهایی (آیین‌نامه ۹-۱٤)

mohammad-karimi.com

۵-۹-۱-۲ مونتاژ ورق‌های بال و جان مقاطع I شکل (۹-٤-۲)

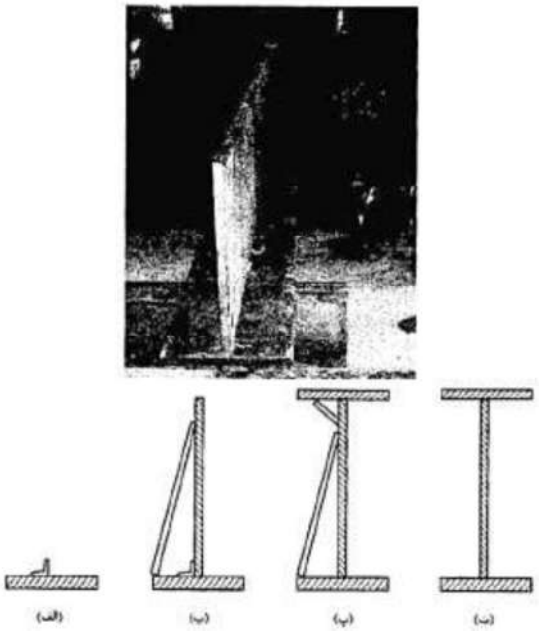
در **ساخت تمام خودکار**، ابتدا ورق بال و جان با **خال جوش** به هم متصل شده و سپس توسط **جوش زیرپودری** نوار جوش کامل می‌شود. تیر ورق‌ها را می‌توان به وسیله یکی از روش‌های زیر مونتاژ نمود:

۱ – نخست یک بال بر روی زمین به صورت تخت قرار داده شده و محور آن توسط **گچ** علامت زده می‌شود. در این حالت **گیره‌های قائم** کوچکی در فواصل مشخصی نسبت به یکدیگر در طول بال در نزدیکی خط میانی آن **خال جوش** می‌شوند (شکل ۹ – ۱۵). سپس **جان تیرورق** به صورت قائم بر روی بال قرار گرفته و به طور موقت با **قطعات مهاری موقت** که بین جان و بال جوش شده‌اند نگه داشته می‌شود. **گیره‌ها در طول بال**، موقعیت جان را در **طول خط میانی بال** حفظ می‌کنند. حال می‌توان **ورق بال فوقانی** را در **بالای جان** نصب و خال جوش کرد. این روش در مورد **تیرهای مستقیم با ارتفاع کم و متوسط** به کار می‌رود.

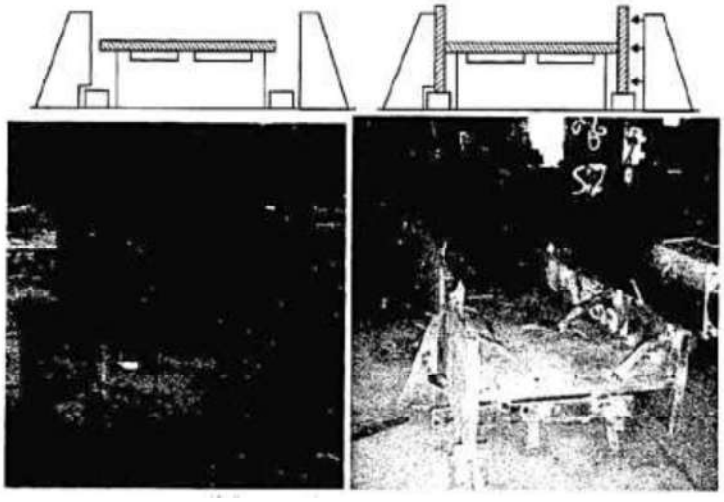
می‌توان تیرورق را با **خواباندن ورق جان** بر روی **قالب در موقعیت افقی** مونتاژ نمود (شکل ۹ – ۱۶).

در این روش بعد از خواباندن جان بر روی قالب، **ورق‌های بال** در موقعیت خودشان قرار گرفته و با وسایلی نظیر **گوه**، **پیچ** ، **جک** و یا در بعضی شرایط **هوای فشرده** به **دو لبه جان** محکم می‌شوند.

قالب به صورت خودکار بال را در موقعیت مشخص به صورت قائم نگه می‌دارد.



شکل (۵-۹۲): مراحل مونتاژ و جوشکاری ورق جان و یال تیر ورق به روش جان قائم

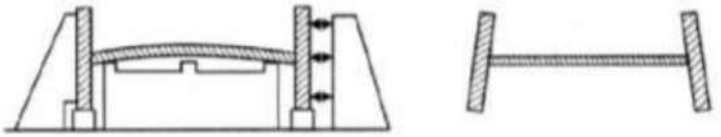


شکل (۵-۹۳): مونتاژ تیر ورق در قالب به روش بال قائم

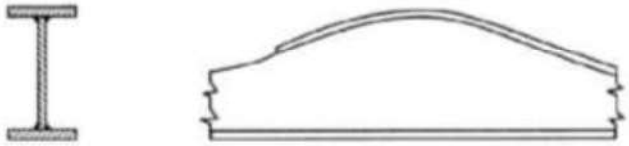
mohammad-karimi.com

اگر جان لاغر و یا عمیق (با ارتفاع زیاد) باشد، باید احتیاط کرد که فشار زیادی بر روی بال‌ها وارد نشود، چرا که می تواند باعث **کمانه کردن** جان به سمت بالا شود (شکل ۹ – ۱۷). از آنجایی که بال‌ها به صورت قائم بر روی **پایه** نگه داشته می‌شوند، زمانی که فشار از روی آنها برداشته شده و جان به صورت اولیه درمی‌آید، امکان دارد که بال‌ها بچرخند و دیگر نسبت به هم موازی نباشند.

تیرهای ماهیچه‌ای به شکل **شکم ماهی**، معمولاً با **خواباندن جان به صورت افقی** مشابه روش **بال قائم** مونتاژ می‌شوند. اما در عین حال برخی از این گونه تیرها که زیاد عمیق نیستند به روش **جان قائم** مونتاژ می‌شوند (شکل ۹ – ۱۸). در این روش بال مستقیم فوقانی روی قالب قرار داده شده و جان به صورت قائم در موقعیت خود قرار می‌گیرد، در این حالت **بال تحتانی** روی قسمت فوقانی قرار داده شده و با کمی فشار و یا حرارت در مقابل **لبه منحنی جان** محکم می‌شود.



شکل (۵-۹٤): (آیین‌نامه ۹-۱۷)



شکل (۵-۹۵): (آیین‌نامه ۹-۱۸)

پرسش ۵-۸٤) برای ساخت تیر با مقطعی به شکل زیر با استفاده از ورق‌های فولادی آیا می‌توان با خواباندن ورق جان بر روی قالب در موقعیت افقی عمل مونتاژ را انجام داد؟ (خرداد ۱٤۰٤ اجرا «٤۳»)



الف) بلی، فقط در صورتی که نخست جان به صورت قائم به بال که به صورت خوابیده قرار دارد جوش شده باشد.

ب) خیر

ج) بلی

د) این روش فقط برای مقاطع فولادی ترکیبی که نیروی محوری در طول به آن وارد می‌شود مجاز است.

پاسخ) با توجه به بند ۹-٤-۲، گزینه ج صحیح است.

۵-۹-۱-۳ مونتاژ مقاطع جعبه‌ای (۹-٤-۳)

ستون‌های جعبه‌ای دارای دو بال و دو جان می‌باشند و در اکثر **سازه‌های ساختمانی با اسکلت فلزی** مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به عدم امکان دسترسی به **داخل ستون** پس از بسته شدن آن و در نتیجه **عدم امکان جوشکاری سخت‌کننده‌های داخلی** آن در مرحله **مونتاژ اولیه**، یک وجه از چهار وجه ستون نباید مونتاژ شود.

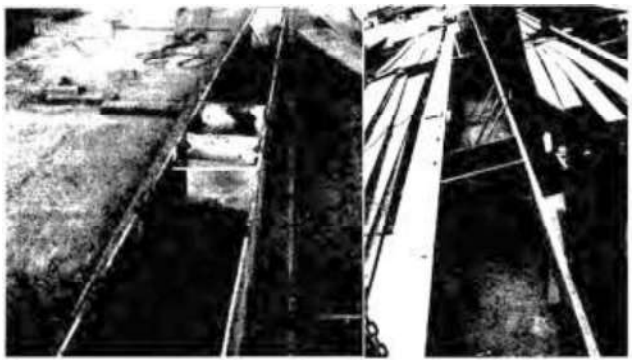
ترتیب کار به این شکل است که مطابق مونتاژ I شکل ابتدا یک قالب یا **فیکسچر** مناسب در روی یک **شاسی** ساخته می‌شود. در اینجا مونتاژ بر روی یک بال انجام می‌شود و دو جان ستون مطابق **نقشه‌های کارگاهی** با رعایت فاصله آنها از لبه بال روی بال زیرین مونتاژ می‌شوند. (شکل ۹ – ۱۹)

جهت مونتاژ دو وجه جان روی بال زیرین، ابتدا تعدادی ورق‌های کوچک که به صورت **گونیا** بریده شده‌اند از داخل، روی بال، **خال جوش** می‌شوند به نحوی که دو ورق جان پس از چسبیدن به آنها در محل نهایی خود قرار گرفته باشد. لازم به ذکر است این ورق‌های کوچک پس از تکمیل مونتاژ ورق‌های جان برداشته شده و جهت ساخت ستونهای بعدی به کار می‌روند. پس از مونتاژ ورق‌های جان روی بال باید این ورق‌ها روی بال گونیا شوند که این امر توسط مونتاژ کار به وسیله ابزار مناسب نظیر **گوه**، **پتک آهنگری** و **گونیا** انجام می‌شود.

ورق‌های سخت‌کننده نیز در این مرحله مطابق **نقشه‌های کارگاهی** در داخل **ستون جعبه‌ای** (که اکنون به صورت یک **مقطع U شکل** می‌باشد) مونتاژ می‌شود. این کار با رعایت اضافه طول مناسب جهت **جمع‌شدگی پس از جوشکاری** که متناسب با ضخامت ورق و اندازه جوش بال به جان می‌باشد صورت می‌گیرد.

mohammad-karimi.com

در ستون‌های جعبه‌ای در حالت U شکل، جهت جلوگیری از تغییر شکل و **ناگونیایی جان و بال** نسبت به هم از **میله‌های مهاری** در سرتاسر طول ستون استفاده می‌شود. این کار از ناحیه داخل ستون به صورتی انجام می‌شود که دو جان نسبت به هم و نسبت به بال ستون مهار شده باشد.



شکل (۵-۹۶): مونتاژ اولیه ستون جعبه‌ای (آیین‌نامه ۹ – ۱۹)

مونتاژ وجه چهارم ستون‌های جعبه‌ای

پس از تکمیل جوش **سخت‌کننده‌های داخل ستون‌های جعبه‌ای** نوبت **مونتاژ وجه چهارم** این ستون‌ها می‌رسد.

قبل از **مونتاژ وجه چهارم** باید کلیه جوش‌های داخل ستون مورد بازرسی و تأیید **مهندس ناظر** یا **بازرس جوش ساختمان** قرار گرفته و پس از تأیید، مونتاژ وجه چهارم مجاز می‌باشد.

تاب‌گیری و **صاف کردن ورق وجه چهارم** قبل از مونتاژ الزامی می‌باشد. مونتاژ وجه چهارم در این نوع ستون‌ها عموماً به یکی از دو روش زیر انجام می‌شود:

۱ – **ورق وجه چهارم** به صورت کامل بندزنی و جوش شده و جهت اتصال به **سخت‌کننده‌های داخلی** از **جوش کام** استفاده می‌شود.

در این روش محل قرارگیری **سخت‌کننده‌ها در زیر وجه چهارم** توسط مونتاژ کار مربوطه با دقت اندازه‌گیری شده و روی ورق خط‌کشی می‌شود. ابعاد و **شکل درز جوش کام** مطابق نقشه‌ها و آیین‌نامه می‌باشد. (شکل ۹ – ۲۰)

کلیه برش‌ها باید توسط **برش خودکار** و با دقت انجام شود.

وجه چهارم باید به طور کامل به لبه‌های جان چسبیده و نسبت به آنها **گونیا** باشد. می‌توان با استفاده از یک **قطعه U شکل** و **گوه**، وجه چهارم را تا حد ممکن به **لبه‌های جان ستون** چسباند. در صورتی که **لبه‌های درز جوش کام**، نیاز به **سنگ‌زنی** داشته باشد، باید قبل از مونتاژ کامل، **عملیات سنگ‌زنی** و **آماده‌سازی لبه** روی آن انجام شود.

۲ – **وجه چهارم ستون** به صورت تکه تکه در حدفاصل میان ترازهای ستون روی U مونتاژ شده به نحوی که **ورق‌های سخت‌کننده** را بتوان به آن از داخل جوشکاری نمود (شکل ۹ - ۲۰). عموماً این روش در مورد **مقاطع بزرگ** کاربرد دارد. اتصال ورق‌های بال به هم نیز به صورت **شیاری** با **ورق پشت‌بند** انجام می‌شود. کلیه موارد در خصوص **گونیا بودن** این وجه نسبت به ستون که در روش اول گفته شد در این موارد نیز صادق می‌باشد.



شکل (۵-۹۷): نصب وجه چهارم روی ستون جعبه‌ای (آیین‌نامه ۹-۲۰)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۸۵) برای اتصال آخرین وجه ستون‌های جعبه‌ای فولادی به سخت‌کننده‌های داخلی، کدام‌یک از انواع جوش‌های زیر که با علامت اختصاری آن مشخص شده است، استفاده می‌شود؟ (مرداد ۱۴۰۰ نظارت «۷»)

الف)  ب) ج) د) 

پاسخ) با توجه به بند ۹-۴-۳، باید از جوش کام استفاده شود. علامت جوش کام براساس جدول ۱-۲۴، مطابق گزینه د است. گزینه د صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش شهریور ۱۳۹۱ نظارت «۳۲» است.

۵-۹-۱-۴ ساخت ستون مرکب با مقاطع نوردشده و ورق (۹-۴-۶)

ستون‌ها ممکن است برحسب نیاز از اتصال انواع پروفیل‌های مختلف ساخته شوند که رایج‌ترین آنها عبارتند از:

(الف) **اتصال دو پروفیل به یکدیگر به طریقه جفت کردن**

(ب) **اتصال دو پروفیل با یک ورق سراسری روی بال‌ها**

(پ) **اتصال دو پروفیل با قیدهای موازی و یا مورب** (ستون مشبک)

روش ساخت ستون جفت (آیین‌نامه ۹ - ٤ - ٦-١)

ابتدا دو تیرآهن در کنار یکدیگر و بر روی **سطح شاسی کار** (شکل ۹ - ۲۵) با خال جوش به هم متصل می‌شوند؛ سپس دو سر و وسط ستون جوش شده و سپس برگردانده شده و مانند قبل جوشکاری می‌شود. در ادامه قسمت‌های باقی مانده جوشکاری می‌شود؛ همین کار در سوی دیگر ستون انجام می‌شود و جوشکاری ادامه می‌یابد تا جوش مورد نیاز ستون تامین گردد. این شیوه جوشکاری برای جلوگیری از **پیچش ستون** در اثر حرارت زیاد در حین جوشکاری ممتد می‌باشد. در صورتی که در سرتاسر ستون به جوشکاری نیازی نباشد، **حداقل طول جوش‌های منقطع** باید مطابق شکل ۹ - ۲۶ و دستورات زیر اجرا گردد:

الف) **حداکثر فاصله آزاد جوش منقطع** نباید از ۲۰t یا ۳۰ سانتی متر تجاوز کند.

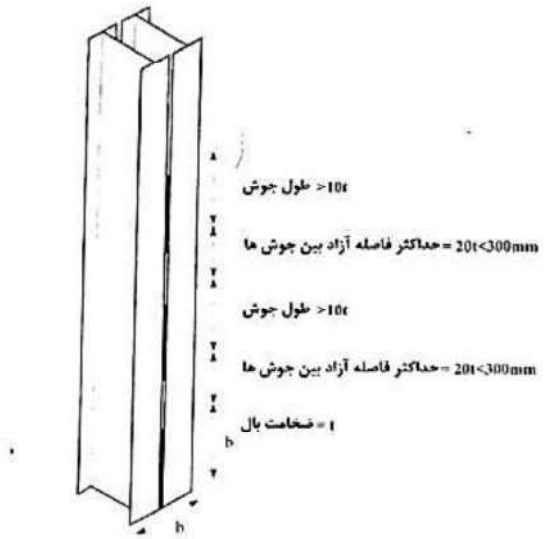
ب) **طول جوش ابتدایی و انتهایی ستون** باید حداقل برابر با **بزرگترین عرض مقطع** باشد و به طور یکسره انجام شود.

ج) **طول مؤثر هر قطعه از جوش منقطع** نباید از ۱۰ برابر ضخامت بال یا حداقل ۱۰۰ میلی متر کمتر باشد.

د) **فاصله میان لبه بال دو پروفیل** نباید از یک شکاف ۱/۵ میلی متر تجاوز کند.



شکل (۵-۹۸): جوشکاری ستون جفت روی شاسی کار (آیین‌نامه ۹-۲۵)



شکل (۵-۹۹): ستون با پروفیل جفت (آیین‌نامه ۹-۲۶)

mohammad-karimi.com

پرسش ۵-۸۶) حداکثر فاصله آزاد جوش منقطع برای ساخت ستون توسط اتصال به هم دو تیرآهن در کنار یکدیگر در کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (شهریور ۱۴۰۱ نظارت «۴۴»)

الف) ۲۰ برابر ضخامت جان یا ۳۰ سانتی‌متر
ب) ۲۰ برابر ضخامت بال یا ۳۰ سانتی‌متر
ج) ۲۰ برابر ضخامت بال یا ۲۰ سانتی‌متر
د) ۲۰ برابر ضخامت جان با ۲۰ سانتی‌متر

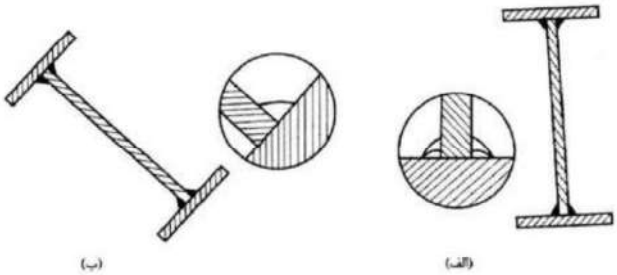
پاسخ) با توجه به بند ۹-۴-۶-۱، گزینه ب صحیح است.

۵-۹-۱-۵ موقعیت جوشکاری (۹-۴-۱۱)

می‌توان تیرها را در موقعیتی که جان آنها زاویه‌ای بین ۳۰ تا ۴۵ درجه با افق می‌سازد، جهت اجرای جوش‌ها در **موقعیت تخت**، قرار داد. این موقعیت به خاطر آنکه جوشکاری ساده‌تر و کمی سریع‌تر انجام می‌شود، مطلوب می‌باشد. به علاوه این طرز قرارگیری امکان کنترل و بازرسی بهتر از شکل نوار جوش و انجام **جوش‌های بزرگتر** در یک بار عبور را در مواقع ضروری فراهم می‌کند. به عنوان مثال بزرگترین نوار جوش در یک بار عبور که در موقعیت افقی اجرا می‌شود، در حدود ۸ میلی متر است. حال آنکه در موقعیت تخت، این اندازه می‌تواند تا ۲۰ میلی متر افزایش یابد.

برای نوار جوش با ساق ۶ تا ۸ میلی متری، موقعیت اجرای جوش (به صورت افقی یا تخت)، اختلاف زیادی ایجاد نمی‌کند. اگر نوار جوش ۱۰ میلی متر یا ۱۳ میلی متری 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 – ۳۹ – الف). حال اگر سازنده دارای دو **انبر جوش** باشد، این دو نوار جوش ممکن است به طور همزمان انجام شوند، که در این صورت زمان کلی جوشکاری کاهش می‌یابد. اما در عین حال موقعیت افقی، حداکثر اندازه جوش را که در یک بار عبور جوش به دست می‌آید، محدود می‌کند.

با **کج کردن** تیر در یک زاویه، می‌توان جوش با اندازه بزرگتر را فقط با یک بار عبور اجرا کرد. ولی در عین حال باید توجه کرد که فقط یک نوار جوش نیز در هر زمان می‌تواند صورت گیرد (شکل ۹ – ۳۹ – ب)، و لازم است که تیر برای اجرای هر کدام از جوش‌ها بچرخد که این زمان جابه جا کردن را افزایش می‌دهد.



شکل (۵-۱۰۰): (آیین‌نامه ۹-۳۹)

در کارگاه ساخت با دو **انبر جوش خودکار**، می‌توان به طور همزمان دو نوار جوش را بر روی تیر انجام داد. برای اجرای چنین عملیاتی باید از بین دو روش قرارگیری تیر که در شکل ۹-۴۰ نشان داده شده است، یکی را انتخاب کرد.

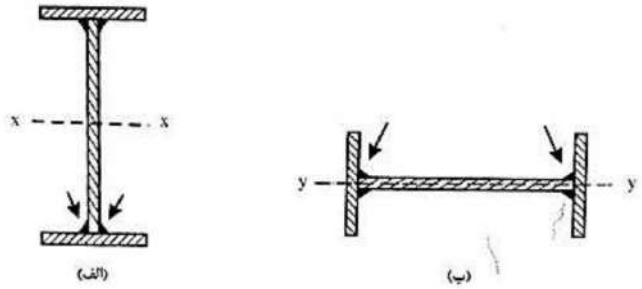
ممکن است مطرح شود که روش (الف) نسبت به حالت (ب) بهتر می‌باشد، چرا که تیر نسبت به محور X-X دارای صلبیت بیشتری است و بنابراین، در نتیجه اجرای دو جوش اول بر روی **بال تحتانی**، تمایل کمتری به **انحنای طولی** وجود دارد.

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.

در صورت وجود **بال ضخیم**، امکان دستیابی به **نوار جوش** با اندازه کافی جهت **القای حرارت جوشکاری کافی** برای ورق بال مطرح می‌شود. در این صورت روش (الف) به خاطر تهیه دو برابر مقدار حرارت و گرما بر روی بال نسبت به روش (ب) بهتر خواهد بود.

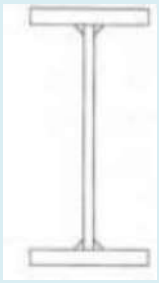
در واقع در مورد تأثیر **انقباض جوش** بعد از اجرای همه **نوارهای جوش**، بین این دو روش، اختلاف بسیار کمی وجود دارد.

mohammad-karimi.com



شکل (۵-۱۰۱): (آیین‌نامه ۹-۴۰)

پرسش ۵-۸۷) برای اجرای تیر که در شکل مشخص شده است، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (شهریور ۱۴۰۱ نظارت «۴۳»)



الف) با کج کردن تیر در یک زاویه، می‌توان جوش با اندازه بزرگ‌تر را فقط با یک بار عبور اجرا کرد.

ب) با کج کردن تیر در یک زاویه، فقط یک نوار جوش در هر زمان می‌تواند صورت گیرد.

ج) با کج کردن تیر در یک زاویه، برای اجرای هر کدام از جوش‌ها لازم است که تیر بچرخد.

د) هر سه گزینه صحیح می‌باشد.

پاسخ) با توجه به بند ۹-۴-۱۱، گزینه د صحیح است.

۵ - ۹- ۲ نصب کف ستون (۹-۱۰)

در انجام **عملیات نصب اسکلت**، دو روش عمومی برای **نصب کف ستون** بر روی **فونداسیون** وجود دارد:

۱ - **روش سنتی:** در این روش که در **ساختمان‌سازی متعارف در ایران** معمول است، **ورق کف ستون** به صورت جدا از ستون بر روی **فونداسیون** مستقر می‌گردد. **حد فاصل ورق کف ستون و فونداسیون** به کمک **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 به کمک **تراز** و **دوربین**، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و **مهره‌های میله مهارها** سفت می‌شود. بعد از **گرفتن ملات**، کف ستون آماده نصب ستون بر روی آن می‌باشد.

۲ - **روش صنعتی:** در این روش کف ستون در کارخانه به صورت **گونیا** به **پای ستون** جوش و یکپارچه می‌شود. برای نصب، ابتدا روی **فونداسیون** **پدگذاری** (**Pading**) می‌شود. پدها ورق‌های ۴×۱۰۰×۱۰۰ میلی متر می‌باشند که یک **شاخک نبشی** به **سطح تحتانی** آن جوش شده است. **پدها** به کمک **ملات** کاملاً در موقعیت مورد نظر، مستقر و تراز می‌شوند. بعد از گرفتن **ملات زیر پد**، **ستون به همراه کف ستون روی آنها** مستقر شده و با **شیم‌گذاری**، ستون کاملاً به صورت **شاقولی** در می‌آید و **مهره‌های میله مهار** سفت می‌شود. در مرحله آخر دور ورق کف ستون **قالب‌بندی** شده و **فضاهای خالی زیر کف ستون** به کمک **ملات خیلی روان ضد انقباض** پر می‌شود (به این عمل **گروت‌ریزی** می‌گویند).

پرسش ۵-۸۸) در چه موردی در ساختمان‌های با اسکلت فلزی از پدگذاری و شیم‌گذاری استفاده می‌شود؟ (مهر ۱۳۹۶ اجرا «۱۰»)

الف) برای جوشکاری جان‌های عمیق که نیاز به کارگیری توالی گام به عقب است.

ب) در عملیات حمل یک قطعه سنگین

ج) در روش صنعتی نصب کف ستون به پی

د) در جوشکاری‌های لب به لب که نیاز به پشت‌بند باشد.

پاسخ) با توجه به بند ۹-۱۰، گزینه ج صحیح است.

mohammad-karimi.com

۵-۱۰ کنترل کیفی در ساختمان‌های کوچک (فصل چهاردهم)

۵ - ۱۰- ۱ جوش خوب چیست؟ (۱۴-٤)

برای اینکه جوشی قابل پذیرش بوده و به عنوان **جوش خوب** پذیرفته شود باید دارای صفات زیر باشد. اغلب این صفات را می‌توان در **بازرسی عینی** تأیید و یا مردود نمود.

۱ - **زنجیره جوش** دارای **هندسه منظمی** بوده و توازن کامل بین **سرعت حرکت**، **آمپراژ** و **ولتاژ** برقرار باشد. اگر این توازن برقرار نباشد، عیوب بعدی در جوش قابل ملاحظه خواهد بود.

۲ - **جوش در فلز پایه** نفوذ کافی و متقارن در دو طرف **درز جوش** داشته باشد. جوشی که نفوذ کافی ندارد همانند **دمل** دارای برجستگی زیاد خواهد بود. جوشی که به علت **آمپر زیاد** دارای **نفوذ بیش از حد** باشد، کاملاً در فلز پایه فرو رفته و **ولو** می‌شود.

۳- **هندسه و ابعاد جوش** کامل باشد. با **گوشه یک مقوا** می‌توان وسیله مناسبی برای اندازه‌گیری ابعادی جوش تهیه نمود و نیاز به اندازه‌گیر پیشرفته نمی‌باشد (شکل ۱۴ - ۴).

۴ - **بریدگی در لبه‌های جوش** وجود نداشته باشد. **بریدگی ناشی از آمپراژ زیاد دستگاه** می‌باشد.

۵ - **پاشیدگی در اطراف نوار** وجود نداشته باشد، **پاشیدگی به علت آمپر بالا** و **کثیف بودن درز** به وجود می‌آید.

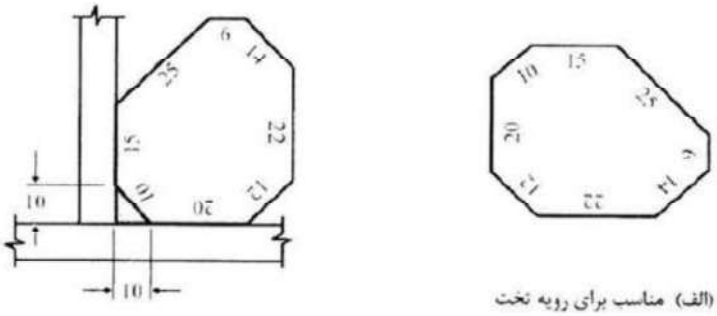
۶- **ترک سطحی** وجود نداشته باشد.

۷- **حفرات سطحی** (**کرمو بودن سطحی**) وجود نداشته باشد.

۸- **ترک‌های عمقی** و **حفرات عمقی** با **بازرسی عینی** قابل مشاهده نیستند.

۹ - **جوش لوچه** نشده باشد، **لوچه شدن** در اثر **امتزاج ناقص** با یکی از سطوح مجاور درز می‌باشد.

اهمال و سستی در انجام **وظیفه نظارت** قابل بخشش نیست ولی وسواس زیاد نیز ترمزی برای جریان روان کار است و با اعتماد به نفس مناسب می‌توان کارگاه را پذیرای **جوش خوب** نمود.



شکل (۵-۱۰۲): اندازه‌گیری ساده جوش (آیین‌نامه ۱۴-٤)

پرسش ۵-۸۹) در جوشکاری مقاطع فولادی آیا آمپراژ زیاد دستگاه می‌تواند به ترتیب باعث بریدگی در لبه‌های جوش یا پاشیدگی در اطراف نوار جوش شود؟ (اسفند ۱٤۰۲ نظارت «٤۱»)

الف) بلی – خیر　　ب) بلی – بلی　　ج) خیر – بلی　　د) خیر - خیر

پاسخ) با توجه به موارد ٤ و ۵ بند ۱٤-٤، گزینه ب صحیح است.

mohammad-karimi.com

منابع

[۱] طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری (پیوست ۶ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴))، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ۱۳۹۸.

[۲] دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان، ۱۴۰۴.

[۳] ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد دارای معلولیت، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۹.

[۴] پیوست لازم و الاجرا مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان ضوابط حفاظتی – انتظامی ساختمان‌ها، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان، ۱۴۰۳.

[۵] راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی، دفتر مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۰.

[۶] مجموعه پرسش‌های آزمون نظام مهندسی رشته مهندسی معماری.