

اجرای سازه های فولادی



دکتر محمود میناوند

اجرای سازه های فولادی

هرگاه ناظر از مشخصات فولادهای وارد شده به کارخانه اطمینان نداشته باشد می تواند از هر ۱۰ تن نیمرخ فولادی مشابه به تعداد ۳ نمونه اتفاقی انتخاب و انجام آزمایش های زیر را مطابق استانداردهای ملی و یا ISO در مورد آنها تقاضا نماید.

- آزمایش مقاومت کششی با اندازه گیری تغییر شکل نسبی

- آزمایش شاری روی نمونه زخم دار.

- آزمایش خمش سرد

- آزمایش متالوگرافی و تعیین ترکیب شیمیایی

• **ST37**: فولاد نرمه معمولی **S235**

• **ST44**: **S275**

• **ST52**: فولاد پرمقاومت کم آلیاژ **S355**

• نامگذاری جدید بر اساس استانداردهای اروپایی **EN10027** است.

جدول ۱-۴-۱-۱۰ مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی

مقاومت کششی برای ضخامت (mm)										نوع فولاد				
حد اقل تنش تسلیم برای ضخامت قطعه به mm														
>250	>200	>150	>100	>80	>63	>40	>16	≤16	>250	>150	>100	≥3	<3	
≤400	≤250	≤200	≤150	≤100	≤80	≤63	≤40		≤400	≤250	≤150	≤100		
N/mm ²										N/mm ²				
-	175	185	195	215	215	215	225	235	-	340-490	350-500	360-510	360-510	S235JR
-	175	185	195	215	215	215	225	235	-	340-490	350-500	360-510	360-510	S235J0
165	175	185	195	215	215	215	225	235	330-480	340-490	350-500	360-510	360-510	S235J2
-	205	215	225	235	245	255	265	275	-	380-540	400-550	410-560	420-580	S275JR
-	205	215	225	235	245	255	265	275	-	380-540	400-550	410-560	420-580	S275J0
195	205	215	225	235	245	255	265	275	380-540	380-540	400-550	410-560	420-580	S275J2
-	275	285	295	315	325	335	345	355	-	450-600	450-600	470-620	510-680	S355JR
-	275	285	295	315	325	335	345	355	-	450-600	450-600	470-620	510-680	S355J0
265	275	285	295	315	325	335	345	355	450-600	450-600	450-600	470-620	510-680	S355J2
265	275	285	295	315	325	335	345	355	450-600	450-600	450-600	470-620	510-680	S355K2

اجرای سازه های فولادی

جدول ۱۰-۴-۱- مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی (ادامه)

نوع فولاد		کرنش گسیختگی ($L_0=80mm$) برای ضخامت قطعه (میلی متر)										کرنش گسیختگی $L_0=5/6\sqrt{S_0}$ برای ضخامت قطعه (میلی متر)				حداقل طاقت پراشیدن نمونه شیار دار برای ضخامت قطعه به میلی متر														
وضعیت نمونه	≤ 1	> 1 $\leq 1/5$	$> 1/5$ ≤ 2	> 2 $\leq 2/5$	$> 2/5$ ≤ 3	> 3 ≤ 4	> 4 ≤ 6	> 6 ≤ 10	> 10 ≤ 15	> 15 ≤ 25	> 25 ≤ 40	دمای آزمایش (°C)	≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400	K۲	زول				% min									
				</																										

آزمایش شارپی

- در این آزمایش میزان انرژی جذب شده توسط نمونه شیاردار فلزی تعیین میگردد.
- آزمایش شارپی بیان کننده مقاومت فلز در برابر ایجاد و گسترش ترک در ریشه شیار یا زخم استاندارد است.
- فولاد در دمای پایین دچار ترد شکنی می شود.

اجرای سازه های فولادی

- هر چه میزان انرژی جذب شده توسط نمونه زخم دار بیشتر باشد فلز طاقت بیشتری دارد.
- بنابراین در مناطق سرد باید از فولادهای با طاقت بالا استفاده کرد.
- مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان میزان انرژی جذب شده در آزمایش شاریپی در اکثر موارد برابر ۲۷ ژول میباشد. انرژی تلف شده = $mgH - mgh$
- فولادهای با مقاومت بالا و شکل پذیری کم ، ترد هستند.
- در دمای پایین قطعات فولادی سازه ای که تحت تنش های کششی قرار دارند میتوانند شکست ترد رخ دهد.
- رده بندی فولاد در EN:
- رده بندی فولاد مقدار اثر شاریپی مورد نیاز برای جلوگیری از شکست ترد را بیان می کند.
- JR – Longitudinal Charpy V-notch impacts 27J at Room temp
- JO – Longitudinal Charpy V-notch impacts 27J at 0°C
- J2 – Longitudinal Charpy V-notch impacts ۲۷ J – ۲۰ J

آزمایش خمش سرد

- از کارخانه ساخت فولاد نمونه ای تهیه می گردد
- نمونه آنقدر تحت بارگذاری قرار می گیرد که زاویه داخلی آن به ۱۲۰ درجه برسد. در این حال باید کنترل شود که در بخش زیرین قطعه نباید ترکی ایجاد شده باشد.

بریدن قطعات فولادی

روشهای بریدن قطعات فولادی

۱- شعله

۲- روش سرد (گیوتین)

۳- اره دستی یا ماشینی

۴- واتر جت

۵- لیزر

۶- پلاسما

۱۰-۴-۴-۲ بریدن و سوراخ کردن

ابتدا قطعات باید به ابعاد و شکل های لازم به دقت بریده شده و در محل های لازم سوراخ گردند. برش ورق هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می گردد باید توسط دستگاه برش شعله ریلی انجام گیرد. برای ورق ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می باشد.

در این حالت لبه ها باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری های بیش از ۳ میلی متر باشد. ناهمواری ها و زخم های بیش از ۳ میلی متر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.

روش شعله (هوا گاز)

- روش شعله بیشتر برای ساخت تیر ورق ها و برش ورق ها استفاده می گردد.

روش سرد

- از این روش بیشتر برای ورق های زیر سری و روسری استفاده میشود.
- از این روش برای برش ورق های بزرگ نیز استفاده میشود.
- برای ورق های با ضخامت بیش از ۱۲ میلیمتر مجاز به استفاده از این روش نیستیم.

اړه:

- برای نیمرخ ها (تیر آهن، ناودانی و ...) که برای تیرها، مهاربند، ستون و اتصالات در صورت موافقت مهندس ناظر قابل استفاده است.
- پس از برش لبه ها باید یکنواخت و خالی از ناهمواری های بیش از ۳ میلیمتر باشد.

اجرای سازه های فولادی

- ناهمواریهای بیشتر از ۳ میلیمتر باید سنگ زدن و تعمیرکاری با جوش هموار کرد. (مثلا چنانچه با هوا برش قسمتی کنده شده باید توسط جوش پر شود)

واترجت

- فشار آب ۳۰ برابر کارواش است. در داخل آب گارنت (نوعی سیلیکات) یا ماسه ریز یا اکسید آلومینیوم استفاده میشود.
- استفاده از این روش گران است.

لیزر

- با تمرکز اشعه لیزر روی فولاد برش انجام میشود.
- فلز در محل تمرکز اشعه سریعاً ذوب می شود. در بعضی حالات هم فلز سوزانده شده و یا مستقیماً بخار می شود.
- در ابتدا باید لیزر از ورق عبور کند و آنرا سوراخ کند و سپس برش شروع می شود.
- با حرکت اشعه لیزر در راستای برش، ورق فلزی بطور مداوم ذوب شده و مواد مذاب توسط گاز کمکی از محدوده برش بیرون رانده میشود.
- نتیجه کار برشی است که پهنای آن اندکی از شعاع نور لیزر متمرکز ضخیم تر است.
- این روش گران است.

پخ زدن قطعات قبل از مونتاژ:

- شعله
- روش سرد (گیوتین)
- واترجت
- تراشکاری
- نکته: سنگ زدن یک روش برش یا پخ زدن نیست و فقط برای هموار کردن لبه ها مورد استفاده قرار میگیرد.

پخزنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله، با زاویه دادن به سر مشعل یا با سنگزنی های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاه های پخزن ضربه ای برای قطعات و ورق های با ضخامت بیش از ۱۲ میلی متر مجاز نمی باشد. پخزنی و آماده کردن لبه ها باید مطابق جزییات اجرایی درزهای پیش پذیرفته بوده و قبلاً به تأیید مهندس ناظر رسیده باشد.

- پیشنهاد دوم:
- پخ زدن ضربه ای (گیوتین):
- پخ زدن با گیوتین و اصلاح آن، این روش برای ورقهای با ضخامت ۱۲ میلیمتر و کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

روشهای سوراخکاری:

- ۱- مته
 - ۲- منگنه (پانچ) (در ویرایش چهارم مبحث دهم استفاده از منگنه مجاز نیست).
 - دقیق ترین روش استفاده از مته است. هم مته های دستی و هم مته های ابزار دقیق نظیر CNC که با مته خودکار کار می کنند وجود دارد.
 - قطعاتی که با پیچ بهم متصل میگردند باید به هم خال جوش شده و با هم توسط مته سوراخ شوند.
 - سوراخکاری با منگنه (پانچ) باعث آسیب دیدگی و ترک اطراف سوراخ می شود.
 - برای سوراخکاری با قطرهای زیاد ابتدا سوراخ کوچکی توسط منگنه ایجاد نمود و سپس سوراخ را با مته قطر دلخواه رساند.
- نکته : در اعضای سازه ای مجاز به استفاده از درزهای پیشانی نیستیم.

جوشکاری

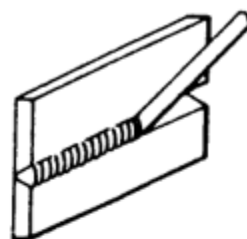
جدول ۱۰-۲-۹-۲ حداقل بُعد جوش گوشه

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۶ میلی متر	۳ میلی متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی متر	۵ میلی متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی متر	۶ میلی متر
بیش از ۲۰	۸ میلی متر

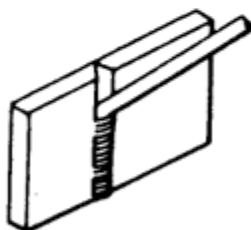
- حداکثر بُعد جوش گوشه در لبه قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت مساوی یا کمتر از ۶ میلیمتر برابر ضخامت قطعه و برای قطعات با ضخامت بیشتر از ۶ میلیمتر برابر ضخامت قطعه منهای ۲ میلیمتر میباشد.
- بُعد جوش گوشه نباید از ضخامت نازک ترین قطعه متصل شونده بیشتر باشد.



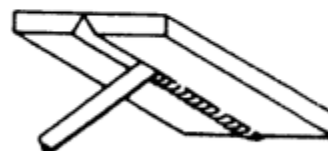
(الف) تخت (1G)



(ب) افقی (2G)



(پ) قائم (سریالا) (3G)

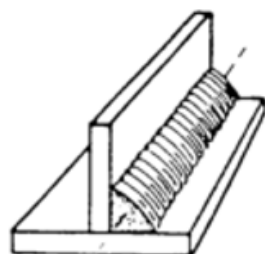


(ت) سقفی (بالای سر) (4G)

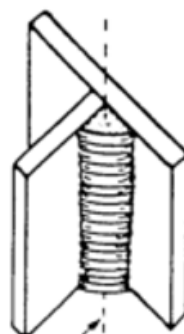
(الف) جوشهای شیاری



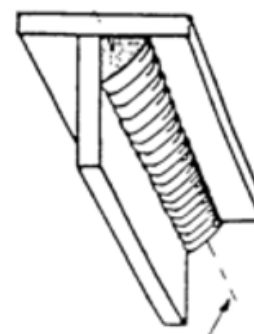
AXIS OF WELD
VERTICAL



AXIS OF WELD
HORIZONTAL



AXIS OF WELD
VERTICAL



AXIS OF WELD
HORIZONTAL

Figure 6-31. Welding positions--fillet welds--plate.

1F

2F

3F

4F

اجرای سازه های فولادی

- دهانه یا بازشدگی ریشه R
- برای اینکه الکتروود به ریشه جوش نفوذ کند از دهانه یا باز شدگی جوش استفاده میشود.
- هر قدر زاویه پخ لبه ها کوچکتر باشد، برای اینکه جوش به ریشه نفوذ کند باید دهانه ریشه بیشتر باشد.
- افزایش بیش از حد دهانه ریشه باعث افزایش هزینه ها(بدلیل افزایش مصالح مصرفی بیشتر) و همچنین افزایش اعوجاج ناشی از جوشکاری می شود.
- اگر دهانه ریشه کوچک باشد نفوذ جوش به ریشه انجام نمی شود و مجبور به استفاده از الکتروود نازک خواهیم شد و در نتیجه زمان جوشکاری افزایش می یابد.
- هر چه زاویه پخ کوچکتر باشد لاجرم باید باز شدگی ریشه بیشتر شود .
- تا فاصله ۳ میلیمتر ریشه را می توان بدون ورق پشت بند اجرا نمود ولی برای فواصل بیش از ۳ میلیمتر باید از ورق پشت بند استفاده کرد.
- زمانی که جوشکاری از یک طرف بوده و فاصله لبه ها نیز زیاد باشد از تسمه های پشت بند استفاده می شود.
- این تسمه پشت بند پس از انجام عملیات جوشکاری در جای خود باقی می ماند و جری از اتصال می شود.
- اگر تسمه برای ایجاد فاصله (فاصله دهنده) در لبه های نیم جناغی دو طرفه باشد باید قبل از جوشکاری سمت دوم ریشه آن سمت سنگ زده شود.
- تسمه های پشت بند باید با مصالح اصلی سازگار باشد. برای نصب آنها از خال جوشهایی در دو طرف و به صورت چپ و راست استفاده می شود.

اجرای سازه های فولادی

- برای جلوگیری از سوختن ریشه جوش از بکار بردن لبه های تیز در ریشه جوش باید خودداری نمود.
- برای این منظور ضخامتی در ریشه ایجاد می شود که به آن ضخامت ریشه (land) یا پیشانی گفته میشود.

• سنگ زدن ریشه از پشت back gauging

- در اتصالات شیار برای دستیابی به یک ذوب و امتزاج کامل در تمام مقطع جوش و در نتیجه یک جوش صد در صد تمام قدرت لازم است در تمام درزها باید طرف دوم یا پشت کار نیز جوش شود.
- در این حالت قبل از جوشکاری پشت کار باید ریشه جوش سنگ زده شود (یا بوسیله الکتروود گوج برداشت انجام شود) و جوشکاری انجام شود.
- تراش ریشه باید آنقدر باشد تا مصالح اصلی جوش طرف اول ظاهر شود.
- شکل تراش ریشه باید به نحوی باشد که الکتروود برای جوشکاری بتواند داخل آن وارد گردد (یعنی به اندازه کافی زاویه دهانه داشته باشد)
- شیارهای لایه ای بدلیل نیاز به ضخامت ریشه نیاز به جوش از پشت دارند.

عوامل ایجاد ترک در نوار جوش:

- هندسه مقطع جوش
- نسبت ابعادی جوش
- مصالح فلز پایه
- دخول هیدروژن
- گیرداری درز (ورق های ضخیم)
- حرارت القایی زیاد (ورق های ضخیم)

• هندسه مقطع جوش:

الف : جوش محدب در زمان سرد شدن و انقباض در گلوی خود؛ مصالح لازم برای تحمل تنش های کششی دو محوره دارد

ب- جوش مقعر در زمان سرد شدن و انقباض در گلوی خود؛ مصالح لازم برای تحمل تنش های کششی دو محوره ندارد

- جوش های مقعر وقتی خنک و منقبض می شوند، سطح خارجی آنها به کشش می افتد و در نتیجه باعث ایجاد ترک می شود.
- جوش محدب بدون ایجاد کشش سطحی سرد و منقبض می شود. و بایستی جوش به صورت محدب اجرا شود.
- نکته : پاس اول لازم است حتما محدب باشد.

نسبت عرض به عمق نوار ذوب:

- زمانیکه عمق جوش از عرض آن خیلی بزرگتر باشد ، سطح جوش بدلیل تماس با سطوح کناری زودتر از مرکز جوش سرد میشوند. در این حالت تنشهای انقباضی می تواند در هسته داغ جوش، ترک داخلی بدون اینکه در سطح ترکی دیده شود بوجود آورد.

•

راهکارهای کاهش ترک در نوار جوش:

- اصلاح مقطع نوار جوش: مقطع جوش محدب باشد.
- نسبت عرض به ضخامت مناسب انتخاب شود.
- گیرداری درز باید به حداقل برسد.
- فولادهای پر مقاومت هزینه اجرا را بالا می برند (نیاز به پیش گرمایش در جوشکاری).
- برای جلوگیری از ورود هیدروژن از روکش الکتروود به فلز پایه از الکتروودهای کم هیدروژن استفاده شود.
- کنترل حرارت القایی ناشی از جوشکاری از طریق پیش گرمایش یا پس گرمایش: هر چه حرارت القایی ناشی از جوشکاری کمتر باشد تنش های انقباضی کاهش یافته و در نتیجه تردی فلز پایه در حوزه تاثیر حرارت هم کاسته می شود.

جوشکاری ورقهای ضخیم:

- در ورقهای ضخیم سرعت سرد شدن جوش به علت حجم مصالح بالاست و بنابراین زودتر سرد می شوند و باعث ترک در جوش میشود
- بنابراین در جوش ورقهای ضخیم (به خصوص در پاسهای اول یا ریشه) برای کاهش سرعت سرد شدن جوش و افزایش شکل پذیری لازم است پیش گرمایش انجام شود.
- پیش گرمایش در ورقهای ضخیم باعث کاهش تنش های انقباضی ناشی از گیرداری درز می گردد.
- برای کاهش تنش های انقباضی در جوشکاری ورق ضخیم ، لازم است فاصله ای حدود ۱ الی ۲ میلیمتر بین دو ورق ایجاد گردد.

• جوشکاری جوش شیاری در ورقهای ضخیم:

- در ورقهای ضخیم پاس اول جوشکاری احتیاج به تمهیدات خاص دارد.(به خصوص برای درزهای جناغی دو طرفه برای جوش سمت دوم بدلیل وجود جوش در سمت اول گیرداری در جوش وجود دارد)
- زمانیکه پاس اول جوش داده می شود. جوش می خواهد دو ورق دو سمت را به طرف خود بکشد و بدلیل مقید بودن ورقها و عدم حرکت آنها ایجاد تنش عرضی در جوش شده که اگر از مقاومت جوش بیشتر باشد یک ترک در امتداد طولی ایجاد می شود. این موضوع زمانی رخ میدهد که جوش هنوز داغ بوده و مقاومت و شکل پذیری کمتری دارد.
- بنابراین لازم است در پاس اول جوش موارد زیر رعایت شود:

- محذب باشد(بدلیل اینکه جوش پاس اول کرین بیشتری از فلز پایه کسب می کند)

- گلولی جوش ضخیم باشد تا احتمال ایجاد ترک از بین رود.

اجرای سازه های فولادی

- از الکترودهای کم هیدروژن استفاده شود.

- در صورت لزوم از پیش گرمایش استفاده شود.

- نکته : چنانچه نیاز به پاسهای بیشتری در یک درز عمیق داشته باشیم بهتر است به جای استفاده از یک جوش عریض مقعر از جوشهای کم عرض محدب پهلوی به پهلوی استفاده شود که روی یکدیگر همپوشانی داشته باشند.

• ترک زیر نوار جوش:

- در فولادهای پر کربن امکان ایجاد ترک زیر نوار جوش حتی با اعمال پیش گرمایش زیاد است. علت آن است که فلز پایه به علت افزایش درجه حرارت قدرت بالایی در جذب هیدروژن پیدا می کند. از طرفی ممکن است مقداری از هیدروژن موجود در روکش الکتروود وارد ناحیه تفتیده فلز پایه شود. (ناحیه اطراف حوضچه مذاب تا دمای ۱۵۰ درجه) که با سرد شدن ناحیه تفتیده به همراه تنش های انقباضی باعث ایجاد ترک می شود و این ترک زیر نوار جوش ایجاد می شود. استفاده از الکترودهای کم هیدروژن باعث حذف این ترک ها می شوند

• عوامل موثر بر ترک زیر نوار جوش (تفتیده شدن فلز پایه):

- میزان کربن و آلیاژ بالا باعث کاهش شکل پذیری فلز در محل جوش می شود.
- تردی هیدروژنی ناشی از دخول هیدروژن از جوش به فلز پایه
- سرعت سرد شدن

انواع جریان الکتریکی

- جریان مستقیم (D.C)
- جریان متناوب (A.C)

انواع منابع تغذیه

- مولدها (Generator)، موتور درونسوز یا موتور برقی (موتور، دیزل ژنراتور)
- مبدل - یکسو کننده (Rectifier) برق AC را به DC تبدیل می کند
- مبدل (Transformer) = برق ۲۲۰ ولت شهری را به ۵۰ ولت و برق ۲۵ آمپر شهری را به ۱۵۰ آمپر تبدیل می کند.
- ولتاژ (اختلاف پتانسیل) برای ایجاد قوس الکتریکی (پرتاب الکترون از یک نقطه به نقطه دیگر) - ولتاژ زیاد باعث طول قوس بلند شده و باعث انحراف قوس می گردد. ولتاژ اگر کم باشد، طول قوس کم کوچک شده و برقراری قوس الکتریکی مشکل می شود
- آمپراژ برای ذوب کردن الکتروود بکار میرود.

پارامترهای مورد نیاز جهت جوش

- ولتاژ - جهت ایجاد قوس الکتریکی حدود ۳۰ الی ۵۰ ولت
- جریان (آمپراژ) - جهت ذوب الکتروود حدود ۱۵۰ آمپر

اجرای سازه های فولادی

قطبیت جوشکاری در جریان مستقیم

- مستقیم (یا قطبیت منفی) - اتصال انبر الکتروود به قطب منفی - (کیفیت بهتری دارد، سطح کمتری از فلز درگیر می شود و فلز دیر تر سرد می شود). جریان از قطب منفی منبع انرژی به سمت الکتروود ، سپس در عرض قوس الکتریکی عبور کرده سپس به قطب مثبت منبع انرژی می رود.

- معکوس (یا قطبیت مثبت) - اتصال الکتروود به قطب مثبت

جریان از قطب منفی منبع انرژی به سمت فلز پایه، سپس در عرض قوس الکتریکی و الکتروود عبور کرده سپس به قطب مثبت منبع انرژی می رود.

در جوشکاری ورقه های ضخیم بایستی از قطبیت منفی استفاده کنیم.

جدول ۳-۵ مفهوم رقم آخر در

نوع پوشش	نوع قوس	جریان	رقم آخر
آلی	قوس نفوذی	فقط DCRP	0
آلی	قوس نفوذی	DCRP یا A.C.	1
روتیلی (اکسید تیتان)	قوس متوسط	DCRP یا A.C.	2
روتیل	قوس نرم	A.C. یا D.C. قطب آزاد	3
روتیل یا پودر آهن (حدود ۳۰٪)	قوس نرم	A.C. یا D.C. قطب آزاد	4
کم هیدروژن	-	فقط DCRP	5
کم هیدروژن	قوس متوسط	DCRP یا A.C.	6
پودر آهن	-	A.C. یا D.C.	7
کم هیدروژن - قوس آهن	-	A.C. یا DCRP	8

علامت شناسایی الکتروود

• DCSP = جریان یکسو - قطبیت مستقیم • DCRP = جریان یکسو - قطبیت معکوس • A.C. = جریان متناوب

اجرای سازه های فولادی

الکتروود ۶۰۱۳: تافنس پایین، جوشکاری روی فولاد نرمه، کارهای آهنگری، اتصالات بدون نیاز به تافنس

الکتروود ۶۰۱۰: تافنس بالا و نفوذ در عمق ریشه درز

الکتروود ۷۰۱۸: تافنس بالا، کم هیدروژن، جوشکاری روی ورقهای پرمقاومت و ضخیم، اتصالات با جوش نفوذی

الکتروود ۷۰۲۴: پراکندگی و جوش بعنوان پرکننده ورقهای ضخیم

انواع روشهای جوشکاری

- جوش قوس الکتریکی با الکتروود روکشدار (SMAW)
- جوش قوس الکتریکی CO₂ تحت حفاظت گاز (GMAW)
- جوش قوس الکتریکی زیر پودری (SAW)

وظایف روکش الکتروود

- تسهیل در تشکیل قوس در ابتدا جوشکاری و تثبیت آن در طول جوشکاری
- ایجاد گاز محافظ در مقابل ورود آلودگی موجود در اتمسفر به حوضچه مذاب
- جلوگیری از ورود اکسیژن و ازت به حوضچه مذاب (وزن مخصوص کمتری دارد و روی جوش قرار میگیرد).
- نظافت و زدودن اکسیدها و آلودگی ها

اجرای سازه های فولادی

- کاهش نرخ سرد شدن فلز جوش
- نفوذ بهتر و ذوب کاملتر فلز مبنا
- کنترل شکل ظاهری جوش

. مزایا و معایب SMAW

- الف (SMAW) مزایای جوشکاری با الکتروود روپوش دار
- تجهیزات نسبتا ساده ، ارزان و قابل حمل
 - کاربرد گسترده ای دارد (خال جوش زنی ، جوش های منقطع ، جوشهای پیوسته)
 - گاز محافظ (دود) که از سوختن مواد روپوش الکتروود حاصل می شود نسبت به فرآیندهای GMAW ، به وزش باد ، حساسیت کمتری دارند .
 - برای جوشکاری بیشتر فلزات و آلیاژهای مناسب است .

- ب - معایب جوشکاری با الکتروود روپوش دار (SMAW)
- بخاطر نیاز به تعویض الکتروود (قطع قوس ، دور ریز ته الکتروود ، قرار دادن الکتروود جدید در انبر) پیوستگی جوشکاری مقدور نمی باشد .

-

به مهارت جوشکار وابسته است.

- به نوع الکتروود بستگی دارد.

- سرعت کم و وقت گیر است.

اجرای سازه های فولادی

جدول ۱۰-۲-۹-۴ الکترودهای سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F_y)	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود (F_{ue})	نوع الکتروود سازگار
تا 300 MPa , $t \leq 15 \text{ mm}$	420 MPa	$E60$ یا معادل آن
	490 MPa	$E70$ یا معادل آن
تا 300 MPa , $t > 15 \text{ mm}$	490 MPa	$E70$ یا معادل آن
از 300 MPa تا 380 MPa	490 MPa	$E70$ یا معادل آن
از 380 MPa تا 460 MPa	560 MPa	$E80$ یا معادل آن

t = ضخامت فلز پایه

انتخاب سائز الکتروود

- هندسه درز: گوشه یا لب بودن درز جوش (جوش گوشه می تواند با الکتروود قطر بزرگتری انجام شود)
- ضخامت فلز پایه: ورقهای ضخیم الکتروود قطر بزرگتری نیاز دارند
- ضخامت لایه جوش: موقعیت جوشکاری تاثیرگذار است. در جوش تخت و افقی ضخامت لایه جوش رسوب کرده بیشتر است .
- موقعیت جوشکاری : در جوشکاری تخت و افقی میتوان از الکتروود بزرگتر استفاده کرد
- شدت جریان: هر چه شدت جریان بیشتر باشد از الکتروود بزرگتر استفاده میشود
- مهارت جوشکار: جوشکاران ماهر از الکتروودهای با قطر بیشتر استفاده می کنند.
- با الکتروود های قطر کم ، جوش های قابل قبولی روی ورق های ضخیم می توان ایجاد کرد . ولی اغلب نیاز به زمان زیادی دارند .

اجرای سازه های فولادی

اگر قطعات کوچک و نازک را با الکترودهای قطر بزرگ جوشکاری کنیم، قطعات بسیار داغ می شوند

- الکتروده کم هیدروژن:
- دارای پوششی هستند که فاقد هیدروژن هستند.
- این الکتروده ایجاد جوشی می نماید که دارای شکل پذیری زیاد است.
- کاهش نیاز به پیش گرمایش
- میتوان تخلخل حاصل از جوشکاری فولادهای گوگرد دار را از بین برد.

میتوان برای فولادهایی که آلیاژدار پرمقاومت استفاده کرد

جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ

Gas Metal Arc Welding (GMAW) MIG

- الکتروده لخت از انبر مخصوص جوشکاری مورد استفاده قرار میگیرد و محافظت گاز توسط مخلوطی از گازها انجام میشود.
- الکتروده لخت به طول ۳۰ تا ۵۰ متری در قرقره به صورت ممتد می باشد.
- گاز محافظ متشکل از دی اکسید کربن یا آرگون و یا ترکیبی از دی اکسید کربن (حدود ۱۷ درصد)، آرگون و هلیوم (گازهای خنثی) میباشد.

اجرای سازه های فولادی

- قطر الکتروود در حدود ۱ تا ۲ میلیمتر است.
- هم به صورت دستی و اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بر روی اراپه) قابل استفاده است.
- قابلیت ایجاد جوش شیاری و هم گوشه را دارا می باشد.
- عمدتاً برای انجام جوشهای عرضی استفاده میشود.
- برای جوشهای طولی هم قابل استفاده است ولی برای جوشهای طولی جوش زیر پودری ارجحیت دارد.
- برای انجام جوش لوله کاربرد زیاد دارد.

مزایا و معایب GMAW

مزایا

- به علت عدم وجود گل جوش ، عیب سرباره را نخواهیم داشت
- برای جوشکاری ورقهای نازک مناسب است
- جوشکاری در وضعیت های مختلف تحت ، افقی ، - هزینه تجهیزات بالاتر است .
- عمودی و سقفی امکان پذیر است .
- جهت جلوگیری از زنگ زدگی مفتول فولادی ، سطح - برای ورقهای خیلی ضخیم مناسب نیست .
- مفتول با روکش مسی پوشانده شده است .
- جوشکاری بصورت نیمه اتوماتیک و اتوماتیک قابل انجام است

معایب

- جوشکاری اغلب در محیطهای بسته قابل انجام است
- امکان جوشکاری در فواصل دور از دستگاه جوش وجود ندارد

جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری

SAW)(Submerged Arc Welding

- این جوش هم برای جوش گوشه و هم برای جوش شیاری استفاده میشود.
- بخشی از پودر که روی جوش باقی میماند با ضربه قابل برداشت است.
- تنها جوشکاری است که قوس الکتریکی قابل رویت نیست.
- قطر الکتروود ۴ میلیمتر و بیشتر است بنابراین برای جوشکاری طولی طولی مقرون به صرفه است و دارای کیفیت بالایی است.
- در بین روشهای مختلف بهترین کیفیت و بیشترین سرعت را دارا میباشد.

مزایا

معایب

- نفوذ جوش در این روش بالاتر است .
- به دلیل ممتد بودن روش ، راندمان جوشکاری بالاست
- برای ورق های نازک مناسب نیست .
- جوشکاری فقط در حالت تخت و افقی قابل انجام است .
- به دلیل اتوماتیک بودن روش ، ظاهر سطح جوش دارای - هزینه تجهیزات بالاتر است.
- کیفیت بالایی است .
- دود جوشکاری کم است .
- اشعه قوس رویت نمی شود .
- در کارخانه های ساخت اسکلت عموماً از الکتروود روکش دار برای خال جوش زدن استفاده میشود.
- از جوش زیر پودری برای جوشهای طولی و از جوش روش گاز محافظ برای جوشهای عرضی استفاده میشود.
- در کارگاه روش الکتروود روکش دار بیشترین استفاده دارد و روش زیر پودری قابل استفاده نیست.

عیوب جوش:

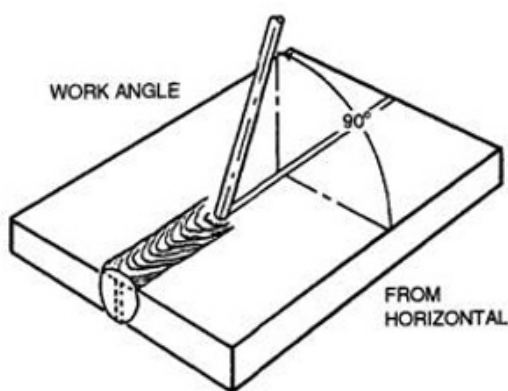
ترکها:

- ۱- عدم مهارت جوشکار ۲- ناخالصی فلز پایه ۳- نامناسب بودن فلز پر کننده از لحاظ ساختار متالورژیکی
- ۴- عدم کنترل یکی از پارامتر های موثر در فرآیند

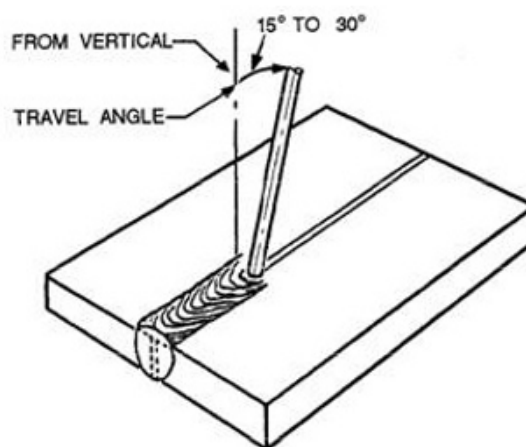
حفره ها:

عوامل ایجاد :

- ۱ - ناخالصی و کثیفی در منطقه مورد جوشکاری و الکترود ۲- زاویه نامناسب دست نسبت به سطح قطعه کار ۳- عدم حفاظت گازی در فرآیندهای تحت پوشش گاز



Work angle



Travel angle

آخال توپر:

- پاک نشدن مناسب سرباره از پاسهای قبلی
- آمپراژ ناکافی
- زاویه یا اندازه الکتروود نادرست
- آماده سازی غلط

ذوب شدگی ناقص:

عوامل ایجاد:

- ۱- کافی نبودن انرژی ورودی ۲- عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکتروود ۳- مناسب نبودن طرح اتصال
- ۴- کافی نبودن گاز محافظ در فرآیند ها با پوشش گاز ۵- عدم تمیز کاری در بین پاسها

نفوذ ناقص:

- فاصله کم درز ریشه | Root Gap
- حرارت ورودی پایین
- مقدار زیاد سطح ریشه | Root Face
- اندازه نامناسب الکتروود

بریدگی لبه:

می تواند ناشی از:

الف) شدت جریان زیاد

ب) زیاد بودن طول قوس

ج) استفاده از الکترودهای با ضخامت بیش با قطر زیاد

بازرسی جوش:

- قبل از جوشکاری
- حین جوشکاری
- بعد از جوشکاری

بازرسی قبل از جوشکاری:

- ارزیابی جوشکاری و تایید صلاحیت آن جهت جوشکاری مورد نظر
- نحوه مونتاژ قطعات و کنترل پارامترهای اتصال جوش
- بررسی تجهیزات مورد استفاده
- بررسی قطعات مورد جوشکاری از نظر عیوب و انحرافات مجاز، جنس، ضخامت و...

اجرای سازه های فولادی

- بازرسی موقع جوشکاری
- بازرسی ترتیب و توالی پاسهای جوش و کنترل تمیزکاری بین پاس های مختلف .
- بررسی و کنترل پارامترهای جوشکاری (آمپر ، ولتاژ ، قطبیت و ...)
- بازرسی مواد مصرفی (از قبیل نوع الکترود و شرایط بکارگیری آن ، گازختی ، فلاکس و....)
- کنترل درجه حرارت پیشگرم ، حفظ درجه حرارت بین پاسی در صورت لزوم

• بازرسی بعد از جوشکاری

- تست مخرب
- تست غیر مخرب

اجرای سازه های فولادی

جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع آزمایش	نوع جوش مورد آزمایش
بازرسی چشمی (VI)	۱ - صد درصد کلیه جوش ها
پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۲ - صد درصد جوش های لب به لب عرضی بال های کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی* و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون
پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۳ - ده درصد جوش های لب به لب طولی بال های کششی و اعضای کششی خرپاها
پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۴ - بیست درصد جوش های لب به لب عرضی و طولی در بال های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون ها
پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۵ - بیست درصد جوش های لب به لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی باشد و جوش های لب به لب طولی جان تیرها
رنگ نافذ (PT)	۶ - ده درصد جوش گوشه بال به جان و سخت کننده ها
رنگ نافذ	۷ - صد درصد جوش های گوشه اتصالات مهاربندی ها و اتصالات تیر به ستون*

* در صورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.

VT تست چشمی

- بررسی چشمی ، وجود ترک ، گرده زیاد، ساق نا کافی، بریدگی، گلوگاه نا کافی، نفوذ ناقص ، ذوب
شدگی ناقص ، تقعر در جوش و ... به طور کلی عیوب ظاهری جوش

اجرای سازه های فولادی

- دستگاه اندازه گیری جوش (Welding Gauge)، در لبه های مختلف آن اضافه جوش، بعد جوش ، زاویه جوش و... توسط این دستگاه اندازه گیری میشود. نقایص جوش گوشه توسط این دستگاه تعیین میگردد.

- طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تمام جوشهای یک ساختمان باید بازرسی چشمی شوند.

مزایا:

- سادگی در انجام آزمایش،
- هزینه کم
- نیاز به تجهیزات خاص ندارد

معایب

- به مهارت بازرس بستگی دارد.

تست نفوذ یا PT

- مرحله ۱: تمیز کردن جوش (اسپری تمیز کننده را روی دستمال میزنیم و روی جوش می مالیم)
- مرحله ۲: اسپری ماده نافذ روی جوش (قرمز رنگ) و انتظار ۱۰ دقیقه ای تا ماده نفوذ کند.
- مرحله ۳: تمیز کردن جوش از طریق اسپری مجدد تمیز کننده به دستمال و کشیدن آن روی جوش
- مرحله ۴: ماده آشکار ساز (سفید رنگ) اسپری میشود و مایع سریع خشک میشود. مایع قرمز رنگ واقع در تخلخل و ترک جذب ماده سفید رنگ می شود و رنگ قرمز پدیدار می شود. هر چه مقدار این ناحیه قرمز رنگ بیشتر باشد تخلخل بیشتر است. (حدود ۱۰ دقیقه)

مزایا:

- روش نسبتاً ساده ایست
- روش ارزانی است
- محدودیتی در جنس ماده وجود ندارد (بجز مواد متخلخل)
- قادر به تعیین محل و اندازه تقریبی عیب میباشد. (کمی بزرگتر)
- تجهیزات این روش قابل حمل و نقل است.

محدودیت بازرسی بروش PT

- تنها عیوب و ناپیوستگی های سطحی قابل تشخیص هستند.
- در قطعات متخلخل و با سطوح خشن کاربرد ندارد.
- گاهی ترکهای عریض و کم عمق تشخیص داده نمی شوند
- اندازه عیوب بزرگتر از اندازه واقعی تخمین زده می شود.

تست فراصوت UT

اجرای سازه های فولادی

- عمده کاربرد برای جوشهای شیاری است و برای جوش گوشه بسیار کم مورد استفاده قرار می گیرد.
- سرعت امواج در مصالح معلوم است. با توجه به ضخامت قطعه فاصله دو ضربان کالیبره میشود.
- چنانچه موج زودتر از زمان موعد برگردد یعنی قطعه دارای ترک است.
- برای سطوح مضرس جوشهای شیاری موج التراسونیک (صوتی) به صورت مایل انتشار می یابد.

مزایا:

- خواص نفوذی خوب برای تشخیص ترک و ناپیوستگی برای مقاطع ضخیم
- حساسیت بالا به ناپیوستگی های کوچک
- توانایی تعیین محل ناپیوستگی های داخلی و تخمین اندازه و شکل آنها
- کافی بودن دسترسی به یک وجه
- تجهیزات قابل حمل و استفاده در محل کار
- بی خطر بودن برای پرسنل

معایب

- کار و انجام عملیات نیازمند تکنسین های آموزش دیده و با تجربه است.
- قطعات جوش با شکلهای بی نظم را نمی توان تشخیص داد که شامل جوشهای گوشه نیز می شود.

اجرای سازه های فولادی

- ناپیوستگی سطحی ممکن است تشخیص داده نشود. (برای ترکهای عمقی مناسب است)
- برای کالیبره کردن دستگاه استاندارد ی موجود نیست.

تست رادیوگرافی - X Ray

- تاباندن اشعه ایکس یا گاما یا هر دو روی جوش مورد نظر
- ثبت روی فیلم ، صفحه فلورسنت و... در انتهای دیگر
- نقاط تیره تر نقاط ترک یا پوکی هستند

مزایا:

- دقت کار بالاست
- پردازش اطلاعات کار ساده و راحتی است.

محدودیت ها

- گرانقیمت است
- بازرسی مقاطع ضخیم یک فرآیند زمانبر است
- نیازمند محافظت شدید پرسنل است.
- انواع مشخصی از عیوب براحتی توسط رادیو گرافی ثبت نمی شود (ترکهایی که در راستای انتشار امواج X باشد).

کنترل اعوجاج

- قبل از جوشکاری
- حین جوشکاری
- بعد از جوشکاری

- قبل از جوشکاری:
- خال جوش زده شود
- گیره ، بست و نگهدارنده زده شود
- در صورت لزوم پیش گرمایش داده می شود.
- پیش خمش باعث ختنی سازی آثار انقباضی جوشهاست. در این حالت انقباض جوش باعث قرار گیری عضو در وضعیت اولیه و صحیح می شود.

پیش گرمایش:

- برای نیمرخ های نورد شده سنگین
- برای جوشهایی که قبلا یک یا دو پاس جوش شده اند و برای پاسهای بعدی نیاز به پیش گرمایش است.

اجرای سازه های فولادی

- پیش گرمایش با شعله انجام میشود.
- الکتروود کم هیدروژن برای از بین بردن اعوجاج مناسب است.

جدول ۱۰-۲-۹ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq 20$	*۲۰	*۱۰
$20 < t \leq 40$	۶۵	*۲۰
$40 < t \leq 65$	۱۱۰	۶۵
$t > 65$	۱۵۰	۱۱۰

* این دما در حد لمس کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ های حساس به دما) استفاده شود.

حین جوشکاری:

- توالی جوشکاری
- استفاده از حداقل حجم جوش (استفاده از پنجهای دو طرفه به جای پنجهای یکطرفه)
- استفاده از تعداد پاس کمتر در جوشکاری

• متعادل کردن جوشکاری:

- لنگر ناشی از انقباض در این حالت صفر می شود

سرعت جوشکاری

- هر چه سرعت جوشکاری بیشتر باشد ناحیه تفتیده شده کوچکتری ایجاد می شود و در نتیجه میزان اعوجاج کمتر است.
- نکته: ورقهای نازکتر، در رابطه با مسائل اعوجاج در حین جوشکاری مشکل ساز ترند.
- اگر جوش ها در حول تار خنثی متعادل نباشند ، ارجح است ابتدا جوشهای نزدیک به تار خنثی اجرا گردد.
- حتی بهتر است جوش نزدیک به تار خنثی با بعد بزرگتری باشد.
- برای ساخت تیر ورقهای مرکب باید جوشکاری سمت دوم بلافاصله پس از جوشکاری سمت اول (هنوز داغ است) انجام شود. زیرا با توجه به سرد شدن سمت اول و انقباض جوش قطعه به صورت شمشیری شده و جوش سمت دوم قادر به خنثی سازی تقعر پروفیل نیست.
- عملیات پس از جوشکاری
- آرام سرد کردن:

اجرای سازه های فولادی

آرام سرد کردن قطعه پس از جوشکاری مثلاً توسط کوره یکی از روشهای موثر در کاهش اعوجاج پس از ساخت قطعات است.

• تنش زدایی:

حرارت دهی یکنواخت قطعات جوش شده تا دمای زیر دمای بحرانی (دمای بحرانی فولاد حدود ۵۹۰ تا ۶۵۰ درجه سانتیگراد) و آرام سرد کردن آنها. این فرآیند نقطه تسلیم فلز را کاهش میدهد و تنشهای پسماند در فلز کاهش می یابد.

(دمای بحرانی برای هر ماده دمایی است که در بالاتر از آن دما نمی توان در آن با افزایش فشار یا کاهش حجم تغییر فاز ایجاد کرد).

جدول ۴-۴ - حداقل زمان توقف برای تنش زدایی (بند ۴-۴-۲)

ضخامت	$\leq 6\text{mm}$	$\leq 50\text{mm}$ و < 6	$> 50\text{mm}$
زمان توقف	۱۵ دقیقه	۲۴ دقیقه برای هر ۱۰ میلیمتر ضخامت	۲ ساعت به علاوه ۵ دقیقه به ازای هر ۱۰ میلیمتر ضخامت بزرگتر از ۵۰ میلیمتر

• نکات اجرایی ورق های پیوستگی:

اجرای سازه های فولادی

پ) طول ورق های پیوستگی باید برابر با فاصله خالص دو بال ستون باشد.

ت) پهنای ورق های پیوستگی در ستون های با مقطع قوطی شکل باید برابر فاصله خالص دو جان مقطع ستون بوده و در ستون های با مقطع H شکل مجموع پهنای ورق های پیوستگی در هر طرف جان مقطع ستون نباید از پهنای بال تیر یا پهنای ورق پوششی اتصال کمتر باشد.

ث) ضخامت ورق های پیوستگی نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق های پوششی اتصال (ورق های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر فقط به یک وجه ستون متصل هستند و از ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق های پوششی اتصال (ورق های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر به هر دو وجه ستون متصل هستند، کمتر در نظر گرفته شود.

ج) جوش ورق های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. در صورتی که ضخامت ورق پیوستگی کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است.

چ) جوش ورق های پیوستگی به جان ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد.

۱۰-۳-۵-۱ موقیعت وصله ستون ها

- الف) به جز موارد ذکر شده در زیر، در کلیه ستون های باربر و غیر باربر جانبی لرزه ای محل درز وصله در بالا و پایین وصله نباید از ۱۲۰۰ میلی متر به بال متصل به ستون نزدیکتر باشد.
- (۱) در جایی که ارتفاع آزاد ستون کمتر از ۲/۴ متر است، محل وصله باید در وسط ارتفاع آزاد ستون در نظر گرفته شود.
- (۲) در مواردی که درز لب به لب ورق های بال یا جان ستون در کارخانه و به صورت نفوذی کامل انجام می شود، محل درز وصله می تواند از ۱۲۰۰ میلی متر به بال متصل به ستون تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از بُعد بزرگتر ستون با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.
- (۳) در مواردی که اتصال کلیه تیرهای متصل به ستون مفصلی بوده و ستون در دهانه های مهاربندی شده قرار نگرفته باشد، محل درز وصله می تواند از ۱۲۰۰ میلی متر به بال تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از ۱/۵ برابر بُعد بزرگتر ستون با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.

پ) در وصله لب به لب بین ورق های با پهنا یا ضخامت متفاوت که در بال یا جان ستون به کار می روند، تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت، از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۶ صورت گیرد.

ت) در وصله ستون های با ابعاد و مقطع متفاوت، به جای استفاده از ورق های پرکننده با ضخامت های زیاد، ارجح است ابتدا مقطع بزرگتر با شیب حداکثر ۱ به ۶ به مقطع کوچکتر تبدیل شده و سپس اتصال وصله صورت گیرد.

(۷) در ستون های قوطی شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان ها به بال های مقطع ستون، باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد.

(۸) در ستون های ساخته شده از ورق با مقطع صلیبی شکل، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان ها به بال ها و جان دیگر باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی متر و ضخامت جان

نکات ساخت تیر در قاب های خمشی با استفاده از اتصالات از پیش تایید شده

(۴) در کلیه اتصالات از پیش تأیید شده فاصله بین مفصل پلاستیک در داخل تیر تا بر ستون با علامت S_h نمایش داده می شود و برای انواع مختلف اتصالات مذکور بر اساس نتایج آزمایش، محل تشکیل مفصل پلاستیک در بخش های مربوطه ارائه شده است.

(۵) در دو انتهای تیرهای ساخته شده از ورق، به فاصله $(S_h + d)$ که در آن d عمق تیر است، اتصال جان به بال باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی متر کمتر در نظر گرفته شود. در مواردی که در بخش های مربوط به اتصالات گیردار از پیش تأیید شده در این خصوص الزام دیگری وضع شده باشد، تأمین این شرایط برای اتصال جان به بال تیر الزامی نیست.

در ناحیه محافظت شده لازم است:

۱. به کار بردن وصله مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ ها یا ورق های تشکیل دهنده عضو در ناحیه حفاظت شده ممنوع است.
۲. هر گونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب مانند جوش های موضعی، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی های ناشی از برش های حرارتی در ناحیه حفاظت شده ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی بر طرف شده و تعمیر گردد.
۳. خال جوش کردن ورق های دوزنقه ای تیرهای مختلط و نیز جوش برشگیرهای از نوع گل میخ در تیرهای مختلط در ناحیه حفاظت شده، در صورت تأمین الزامات بخش ۱۰-۳-۱۳ مجاز است.

12. FABRICATION AND ERECTION

1. Protected Zone

A protected zone designated by these Provisions or ANSI/AISC 358 shall comply with the following requirements:

- (a) Within the protected zone, holes, tack welds, erection aids, air-arc gouging, and unspecified thermal cutting from fabrication or erection operations shall be repaired as required by the engineer of record.
- (b) Steel headed stud anchors shall not be placed on beam flanges within the protected zone.

اجرای سازه های فولادی

اجرای اتصالات پیچی در سازه های فولادی

انواع پیچها

- معمولی
- پرمقاومت

استاندارد پیچ در ایران

- ISO
- ASTM
- ASTM
- پیچ معمولی A307: مقاومت تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
- پیچ پرمقاومت A325: مقاومت تسلیم ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۸۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
- پیچ پرمقاومت A490: مقاومت تسلیم ۹۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۱۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

اجرای سازه های فولادی

- **ISO**
- پیچ معمولی ۴,۶: مقاومت تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
- پیچ معمولی ۴,۸, ۵,۶, ۵,۸, ۶,۸
- پیچ پرمقاومت ۸,۸: مقاومت تسلیم ۶۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۸۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
- پیچ پرمقاومت ۱۰,۹: مقاومت تسلیم ۹۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۱۰۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
- پیچ پرمقاومت ۱۲,۹: مقاومت تسلیم ۱۰۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش نهایی ۱۲۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

پیچ های معمولی

- از فولاد کم کربن تشکیل شده است
- در استاندارد آمریکایی **ASTM** با علامت **A307**
- استاندارد ایران از نوع **ISO** با علامت ۴,۶, ۴,۸, ۵,۶, ۵,۸, ۶,۸
- پیچ ۴,۶ برای **ST 37**
- پیچ ۵,۶ برای **ST 52**
- برای سازه های موقتی ، اعضای درجه دوم و غیر باربر جانبی کاربرد دارد

اجرای سازه های فولادی

پیچ های پرمقاومت

- از کربن متوسط تشکیل یافته است
- در استاندارد ASTM: A325 و A490
- در استاندارد ISO : ۱۲,۹ و ۱۰,۹ و ۸,۸

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ های تولید یا موجود در ایران

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F _y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F _u)
	ISO	ASTM		
پیچ های معمولی	-	A۳۰۷	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	۴,۶	-	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	۴,۸	-	۳۲۰ MPa	۴۲۰ MPa
	۵,۶	-	۳۰۰ MPa	۵۰۰ MPa
	۵,۸	-	۴۰۰ MPa	۵۲۰ MPa
	۶,۸	-	۴۸۰ MPa	۶۰۰ MPa
پیچ های پرمقاومت		A۳۲۵ d ≤ ۲۴mm	-	۸۰۰ MPa
	-	A۳۲۵ d > ۲۴mm	-	۷۲۵ MPa
	-	A۴۹۰	-	۱۰۰۰ MPa
	۸,۸		-	۸۰۰ MPa
	۱۰,۹		-	۱۰۰۰ MPa
	۱۲,۹		-	۱۲۰۰ MPa

اجرای سازه های فولادی

جدول ۱۰-۲-۹-۸ ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی متر

ابعاد اسمی سوراخ (mm)				قطر پیچ (mm)
سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض)	سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	سوراخ بزرگ شده	سوراخ استاندارد	
۱۸×۴۰	۱۸×۲۲	۲۰	۱۸	M۱۶
۲۲×۵۰	۲۲×۲۶	۲۴	۲۲	M۲۰
۲۴×۵۵	۲۴×۳۰	۲۸	۲۴	M۲۲
۲۷×۶۰	۲۷×۳۲	۳۰	۲۷	M۲۴
۳۰×۶۷	۳۰×۳۷	۳۵	۳۰	M۲۷
۳۳×۷۵	۳۳×۴۰	۳۸	۳۳	M۳۰
$(d+۳) \times ۲/۵ d$	$(d+۳) \times (d+۱۰)$	$d+۸$	$d+۳$	$\geq M۳۶$

- سوراخهای بزرگ شده تنها در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
- سوراخ لوبیایی کوتاه در اتصال اصطکاکی مجاز است ولی در اتصالات اتکایی ، امتداد طولی سوراخ در محور عمود بر امتداد نیرو باشد.
- ۴. سوراخ لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو در اتصالات اتکایی مجاز هستند. در اتصالات اصطکاکی در تمام امتدادها مجاز بوده لیکن باید فقط در یکی از ورق های اتصال وجود داشته باشد.
- مقدار حداقل برای فاصله ی سوراخ ها به دو جهت است

۱- جلوگیری از گسیختگی و پارگی ورق

۲- دیگری اجرایی بودن کار و فراهم کردن فضای مناسب برای بستن پیچ،

اجرای سازه های فولادی

- مقدار حداکثر سوراخ ها به سه دلیل است.

- ۱- بتوان توزیع به نسبت واقعی تری نیرو در اتصال داشته و هم یکنواختی آن را در پیچ ها به وجود آورد، تا فرض صلب بودن ورق تامین شود،
- ۲- با کم کردن فاصله، طول کمانش حاصل از نیروی فشاری را نیز به کمترین مقدار ممکن رساند از کمانش موضعی جلوگیری شود،
- ۳- از باز شدن درز بین ورق های اتصال و خطر زنگ زدگی ورق جلوگیری نمود.

پ) حداقل فواصل سوراخ پیچ ها در اتصالات پیچی

فاصله مرکز تا مرکز سوراخ های استاندارد، سوراخ های بزرگ شده و سوراخ های لوبیایی نباید از ۳ برابر قطر وسیله اتصال کمتر باشد.

ت) حداقل فاصله سوراخ ها تا لبه در اتصالات پیچی

فاصله مرکز سوراخ های استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۸ کمتر باشد. برای سوراخ های بزرگ شده و سوراخ های لوبیایی فاصله مرکز سوراخ تا لبه

نباید از آنچه که برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C مربوطه از جدول ۱۰-۲-۹-۹ کمتر شود.

اجرای سازه های فولادی

جدول ۱۰-۲-۹-۸ حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبه بریده شده با قیچی (گیوتین)	لبه نورد شده ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره
۲d	۱/۷۵d

d = قطر اسمی پیچ

جدول ۱۰-۲-۹-۹ مقادیر افزایش حداقل فاصله سوراخ تا لبه (C)

سوراخ لوبیایی (mm)			سوراخ بزرگ شده (mm)
موازی با لبه	عمود بر امتداد لبه		
	لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه	
.	۰/۷۵ d	۵ mm	۳ mm

ث) حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا لبه

حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در هر راستا به شرح زیر است.

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین از ۱۵۰ میلی متر تجاوز کند.

۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر پیچ تا نزدیکترین لبه قطعه در هر راستا نباید از ۸ برابر ضخامت نازکترین قطعه و همچنین ۱۲۵ میلی متر تجاوز کند.

ج) حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ ها در اتصالات پیچی

حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ ها در اتصالات پیچی در هر راستا به شرح زیر است.

اجرای سازه های فولادی

۱. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی کم و متوسط ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۲. برای قطعاتی که تحت اثر خوردگی شدید ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده و همچنین از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

- انواع اتصالات پیچی:

- اتکایی: پیچها به ورق تکیه می کنند و جدا نمی شوند. پیچها در برش کار می کنند.
- اصطکاکی: ورقها با نیروی زیادی به یکدیگر فشار وارد می کنند و در نتیجه نیرو از طریق اصطکاک منتقل می شود. در اینحالت پیچها در کشش کار می کنند.

- پیچهای اتکایی:

- این نوع اتصالات برای ساختمانهایی که در آنها نیروی زلزله مهم نیست مورد استفاده قرار میگیرد. نظیر سوله ها

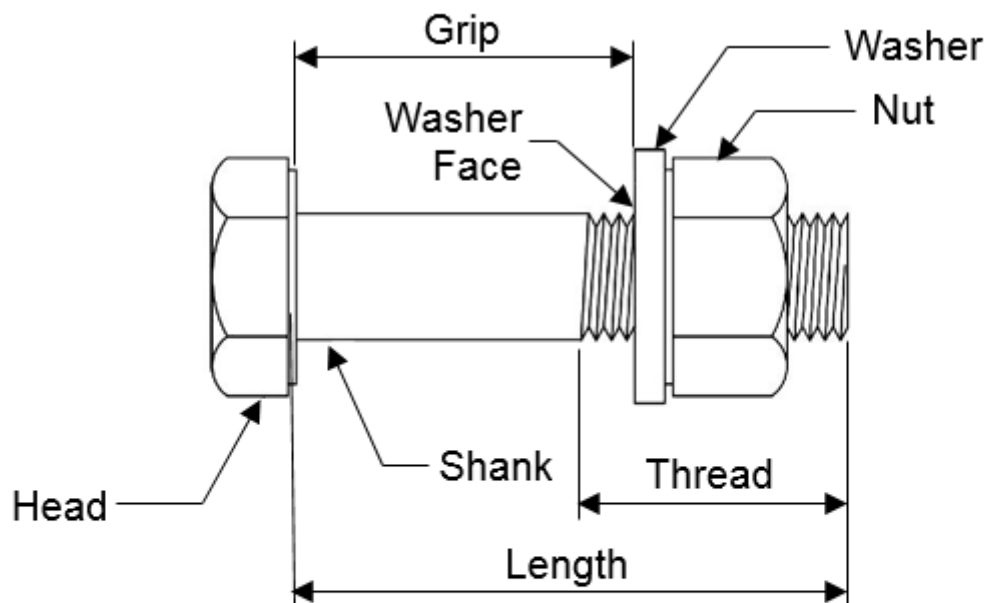
- در این نوع اتصال تنها کفایت پیچها کاملا سفت شوند.

سفتی کامل را در پیچ به‌حالتی می‌گویند که کارگر ماهر با آچار معمولی بدون آنکه با وزن خود به‌دسته آچار نیرو وارد کند، با به‌کارگیری آخرین توان خود نتواند پیچ را از آن محکم‌تر نماید.

اجرای سازه های فولادی

می گردند. در هریک از مراحل محکم کردن پیچ ها باید از قسمتی که اتصال صلب تر است و صفحات تغییر شکل کمتری می دهند شروع به بستن پیچ ها کرد. در وصله ها، قسمت صلب اتصال، وسط ورق اتصال می باشد. بعد از محکم کردن پیچ های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچ های کناری تا لبه آزاد ورق اتصال محکم می شوند. سپس می توان به پیچ های وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچ های کناری، آنها را از حالت کاملاً سفت خارج نکرده است. در تمام مراحل محکم کردن پیچ ها باید دقت کرد که از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری به عمل آید.

محاسبه طول جوش:



طول پیچ باید به اندازه ای باشد که پس از محکم کردن آن، حداقل 3 دندان کامل از مهره بیرون بماند.

اجرای سازه های فولادی

- روشهای کنترل پیش تنیدگی:
- ۱- کنترل تعدا دور پیچ
- ۲- کنترل ترک متر- آچار مدرج
- ۳- کنترل با پیچ TC بولت
- ۴- کنترل با واشر روزنه دار DTIS

جدول ۱۰-۴-۳ نیروی پیش تنیدگی و لنگر پیچشی پیش تنیدگی متناظر برای پیچ های ۸.۸

لنگر پیچشی لازم (KN.m)		نیروی پیش تنیدگی (kN)	قطر اسمی (mm)
گریسکاری با MOS _۲	روغن کاری شده		
۰/۲	۰/۲۸	۹۱	M۱۶
۰/۳۶	۰/۴۸	۱۴۲	M۲۰
۰/۵۲	۰/۷۲	۱۷۶	M۲۲
۰/۶۴	۰/۸۸	۲۰۵	M۲۴
۱/۰	۱/۳۲	۲۶۷	M۲۷
۱/۳۲	۱/۷۶	۳۲۶	M۳۰
۲/۲۴	۳/۰۴	۴۷۵	M۳۶

اجرای سازه های فولادی

جدول ۴-۴-۱۰ نیروی پیش تنیدگی و لنگر پیچشی پیش تنیدگی متناظر برای پیچ های ۱۰.۹

لنگر پیچشی لازم (KN.m)		نیروی پیش تنیدگی (kN)	قطر اسمی (mm)
گریسکاری با MOS _۲	روغن کاری شده		
۰/۲۵	۰/۳۵	۱۱۴	M۱۶
۰/۴۵	۰/۶	۱۷۹	M۲۰
۰/۶۵	۰/۹	۲۲۱	M۲۲
۰/۸	۱/۱	۲۵۷	M۲۴
۱/۲۵	۱/۶۵	۳۳۴	M۲۷
۱/۶۵	۲/۲	۴۰۸	M۳۰
۲/۸	۳/۸	۵۹۵	M۳۶