



1



2

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

بارم بندی

۲۱ نمره



حضور در کلاس - ۱ نمره

فعالیت کلاسی - ۰/۵ نمره

پروژه - ۴ نمره

امتحان پایانی - ۱۵/۵ نمره

حداقل ۵۰ درصد نمرات پروژه، حضور و فعالیت در کلاس

3

3

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

اتصالات



اگر با کمی تامل به اطراف خود بنگریم خواهیم دید که اغلب وسائل پیرامون زندگی و محل کارمان به گونه ای به هم متصل شده اند، برخی به وسیله میخ، پرچ، پین، خار و ... تحت عنوان اتصالات مکانیکی، بعضی توسط انواع چسب های معدنی و آلی با عنوان اتصالات شیمیایی و برخی دیگر نیز به وسیله انواع فرآیندهای جوشکاری، لحیم کاری و ... تحت عنوان اتصالات متالوژیکی.

روش های مکانیکی (میخ، پرچ، پین و ...)

روش های شیمیایی (چسب های معدنی و آلی)

روش های متالوژیکی (جوشکاری و لحیم کاری)

4

4

مسعود احمدی
تکنولوژی و بازرسی جوش

اتصالات

دسته بندی دیگری از اتصالات

اتصال موقت

به اتصالی گفته می شود که عامل اتصال بدون هیچگونه خرابی جدا شده و پس از آن قطعات قابلیت تفکیک دارند: پیچ، پین، خار، قلاب

اتصال نیمه موقت

به اتصالی گفته می شود که در هنگام تفکیک قطعات نیاز به تخریب جزئی نیز وجود دارد: پرچ، لحیم سرد

اتصال دائم

به اتصالی گفته می شود که در صورت جدا نمودن عامل اتصال، هم قطعات اتصال و هم عامل اتصال آسیب می بیند (نیاز به بریدن و شکستن): جوشکاری



5

5

مسعود احمدی
تکنولوژی و بازرسی جوش

اتصال موقت

اتصال نیمه موقت

اتصال دائم



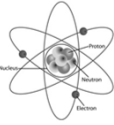






6

6



اتم و مولکول

- ❑ اتمها از یک هسته با بار مثبت تشکیل شده‌اند که توسط ابری از الکترون‌ها با بار منفی احاطه شده‌اند. زمانی که اتم‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند، ابرهای الکترونی با یکدیگر و با هسته شروع به فعالیت (برهم‌کنش) می‌کنند. اگر این برهم‌کنش‌ها باعث شوند تا سیستم به پایداری برسد و انرژی کلی آن کاهش بیابد، اتم‌ها با یکدیگر برای ساخت یک مولکول، پیوند تشکیل می‌دهند.
- ❑ این پایداری را با از دست دادن و یا گرفتن الکترون و همچنین از به اشتراک گذاشتن الکترون را به دست می‌آورند.
- ❑ بنابراین از نگاه ساختاری، مولکول‌ها مجموعه‌ای از اتم‌ها هستند که توسط نیروهایی در کنار یکدیگر نگهداشته شده‌اند.



7

7



پیوند شیمیایی

- ❑ بنابراین از نگاه ساختاری، مولکول‌ها مجموعه‌ای از اتم‌ها هستند که توسط نیروهایی در کنار یکدیگر نگهداشته شده‌اند.
- ❑ پیوندهای شیمیایی، اتم‌ها را به صورت موقت یا دائم کنار یکدیگر نگه می‌دارد.
- ❑ شناخته شده‌ترین نوع این پیوندها

یونی

کووالانسی

فلزی

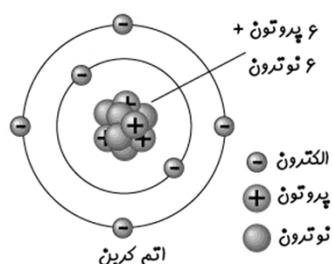


8

8

یون و پیوند یونی

❑ برخی از اتم‌ها با گرفتن یا از دست دادن یک الکترون کامل، پایدارتر می‌شوند. زمانی که الکترون‌های یک اتم تغییر کنند، اتم‌ها تبدیل به بارهایی الکتریکی یا «یون» (Ion) خواهند شد. اتم‌ها از لایه‌هایی تشکیل شده‌اند که در هر کدام از آن‌ها تعدادی الکترون قرار گرفته است.



9

9

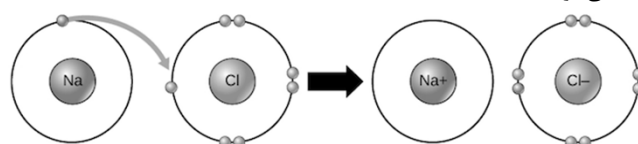
یون و پیوند یونی

❑ یون‌ها در حالت کلی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. «کاتیون‌ها» (Cations)، یون‌هایی هستند که با از دست دادن الکترون، دارای باری مثبت می‌شوند.

❖ برای نمونه اتم سدیم (Na) را فرض کنید که با از دست دادن الکترون تبدیل به Na^+ می‌شود.

❑ برخی از اتم‌ها با گرفتن الکترون، منفی شده که به آن‌ها آنیون می‌گویند.

❖ برای نمونه اتم کلر (Cl) با گرفتن یک الکترون منفی شده و تبدیل به Cl^- می‌شود.

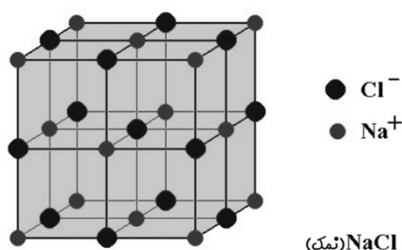


10

10

یون و پیوند یونی

- ❑ به پیوند ایجاد شده بین‌های یون‌های با بار مخالف، پیوند یونی (Ionic bond) گفته می‌شود. برای نمونه پیوندی یونی میان یون‌های Na^+ و Cl^- ایجاد شده که منجر به تولید نمک (NaCl) می‌شود.
- ❑ هم‌چون نمک، اکثر پیوندهای یونی بین اتم‌ها، در سه‌بعد و به‌صورت کریستال نظم می‌یابند.



11

11

خلاصه نکات پیوند یونی

- ❑ پیوندهای شیمیایی، حاصل جاذبه الکترواستاتیک بین اتم‌های فلزی و نافلزی هستند.
- ❑ پیوند یونی بین یک اتم فلزی و یک یا چند اتم نافلزی رخ می‌دهد.
- ❑ پیوند یونی شامل انتقال الکترون‌ها از یک اتم فلزی به یک اتم نافلزی برای رسیدن به آرایش الکترونی پایدار گاز نجیب است که در اثر این پیوند، یون‌های مثبت و منفی تشکیل می‌شوند.
- ❑ پیوندهای یونی، نقطه ذوب بالایی دارند و بیشتر آنها در آب، انحلال پذیر هستند و تحت این شرایط، هادی خوب الکتریسیته به شمار می‌آیند.



12

12

پیوند کووالانسی

❑ یکی از راه‌های پایدارتر شدن اتم‌ها به اشتراک گذاشتن الکترون‌ها (به جای از دست دادن یا گرفتن یک الکترون کامل) است. در حالتی که دو اتم الکترونی را به اشتراک می‌گذارند، میان آن‌ها پیوندی کووالانسی ایجاد می‌شود. در مولکول‌های تشکیل دهنده موجودات زنده، پیوندهای کووالانسی به نسبت یونی معمول‌تر هستند.

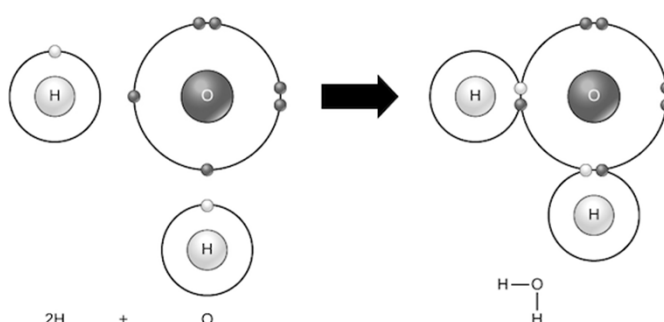
❑ مولکول آب را در نظر بگیرید. یک مولکول آب، از دو اتم هیدروژن و یک اکسیژن تشکیل شده است. هرکدام از اتم‌های هیدروژن یک الکترون را با تک اتم اکسیژن به اشتراک می‌گذارند. هم‌چنین اتم اکسیژن از یکی از الکترون‌هایش جهت اشتراک‌گذاری استفاده می‌کند.



13

13

پیوند کووالانسی



✓ توجه داشته باشید که الکترون به اشتراک گذاشته شده در بخشی از زمان در لایه آخر اتم هیدروژن و در بخشی دیگر در لایه آخر اتم اکسیژن قرار می‌گیرد.



14

14

خلاصه نکات پیوند کووالانسی

- ❑ پیوند کووالانسی بین دو یا چند اتم نافلزی رخ می دهد.
- ❑ در اثر این پیوند، مولکول ها تشکیل می شوند. پیوند کووالانسی با مفهوم اشتراک الکترون ها بین اتم های نافلز معنا پیدا می کند.
- ❑ یکی از رایج ترین شکل پیوند شیمیایی در موجودات زنده است.
- ❑ پیوندهای کووالانسی، نقطه ذوب پایینی دارند و بیشتر آنها در آب حل نمی شوند. علاوه بر این، در صورت انحلال در آب، هادی الکتریسیته نیستند.
- ❑ پیوندهای کووالانسی قطبی، نقطه ذوبی در دامنه متوسط دارند و برخی از این ترکیبات نیز در آب انحلال پذیر و فاقد هدایت الکتریکی هستند.

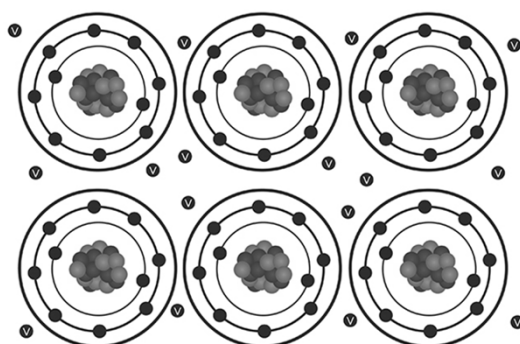


15

15

پیوند فلزی

- ❑ مدلی موسوم به «دریای الکترونی» (Sea of Electrons) ارائه شده است که فلزات را به صورت مخلوطی از هسته اتم و الکترون های لایه ظرفیت در نظر می گیرد.



16

16

پیوند فلزی

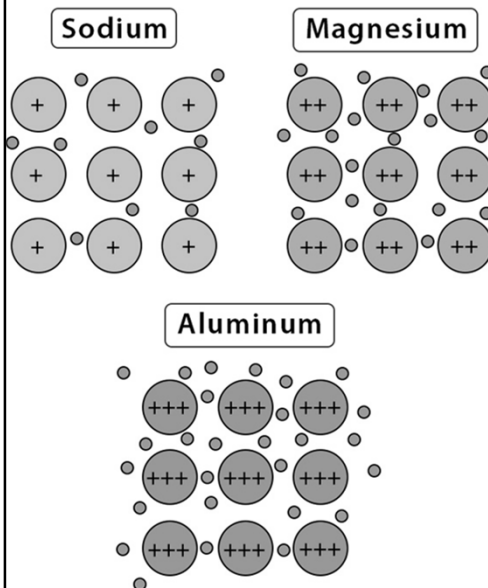
- ❑ پیوند های فلزی، سبب اتصال اتم های فلزی به یکدیگر می باشند.
- ❑ این پیوند در واقع نیروی جاذبه ای است که از تأثیر متقابل بین الکترون های لایه ظرفیت (الکترون های آزاد و یا الکترون های غیر مستقر) و هسته اتم ها که بار مثبت دارند به وجود می آید.
- ❑ یون های فلزی به طور منظم در دریایی از الکترون قرار گرفته اند. نیروهای جاذبه قدرتمند بین هسته مثبت و الکترون های آزاد، اتم های یک فلز در ساختار بلور را در کنار یکدیگر نگاه داشته است.
- ❑ بنابراین فلزات تمایل زیادی برای تشکیل شبکه های فضایی سه بعدی با متراکم ترین شکل را دارند.



17

17

پیوند فلزی



- ❑ تعداد الکترونها، قطر اتم ها و ... سبب تغییر در خواص فلزات (مثل دمای ذوب) شود.
- ❑ در فلز سدیم، یک الکترون به ازای هر اتم در دریای الکترون وجود دارد.



18

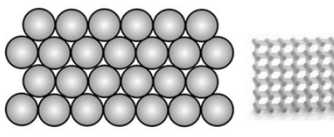
18

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

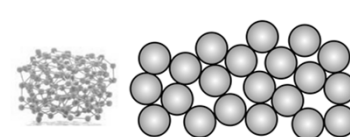
تقسیم بندی مواد جامد بر اساس نظم اتمی

بلوری (کریستالی)
Crystalline



• اتمها در یک الگوی سه بعدی تکراری و منظم جای گرفته اند

غیر بلوری (آمورف)
Amorphous



• اتمها در یک الگوی نامنظم جای گرفته اند

19

19

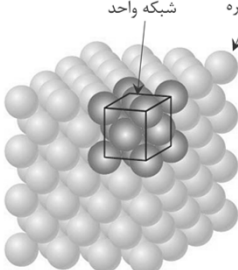
تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

شبکه (سلول) واحد Unit cell

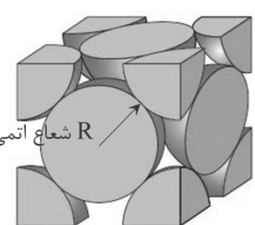
با تجزیه ساختمان ماده یک بلوری به بخشهای کوچک و تکراری، شبکه واحد بوجود می آید که بررسی ساختمان ماده را آسانتر می کند

اتمها بعنوان کره



شبکه واحد

ساختمان سه بعدی منظم از یک ماده



R شعاع اتمی

شبکه واحد

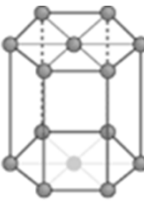
20

20

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

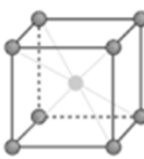
ساختارهای کریستالی متداول فلزات

هگزاگونال متراکم
Hexagonal close-packed (HCP)



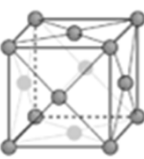
Hexagonal
Ti, Zn, Mg, Cd

مکعبی مرکزدار
Body-centered cubic (BCC)



Cubic body centered (bcc)
Fe, V, Nb, Cr

مکعبی با وجوه مرکزدار
Face-centered cubic (FCC)



Cubic face centered (fcc)
Al, Ni, Ag, Cu, Au

21

21

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

ساختار بلوری آهن

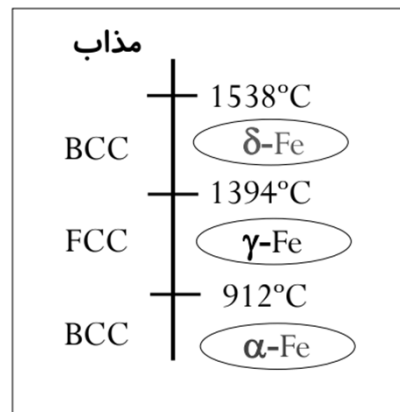
- ❑ ساختار بلوری آهن در دمای پایین به صورت شبکه کریستالی مکعبی مرکز پر (BCC) است که به آن آهن آلفا می گویند.
- ❑ با افزایش دمای آهن ساختار بلوری آن دچار تغییر می شود. در دمای ۷۲۱ درجه سانتیگراد ساختار آهن دچار تغییر می شود و به شکل مکعبی با وجوه مرکز پر (FCC) در می آید که به آن آهن گاما می گویند.
- ❑ با افزایش بیشتر دمای آهن مجدداً ساختار کریستالی آن متحول می شود و به حالت BCC تغییر شکل می دهد این تحول بلوری در دمای ۱۲۳۰ درجه سانتیگراد رخ می دهد.
- ❑ در نهایت با افزایش دمای آهن و رسیدن به حد نقطه ذوب شبکه بلوری آهن درهم می ریزد و به حالت مذاب در می آید.

22

22

ساختار بلوری آهن

فازهای آهن



23

23

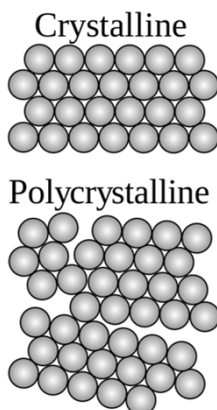
❑ مواد کریستالی به دو دسته زیر تقسیم بندی می شوند:

✓ مواد تک بلور Single Crystal

تک کریستال ساختار اتمی دارد که به طور منظم در کل حجم تکرار می شود. تک کریستال ها در بهترین حالت ممکن هستند و درجه نظم بالایی دارند و تکرار هندسی منظم آنها در تمامی حجم ماده دیده می شود.

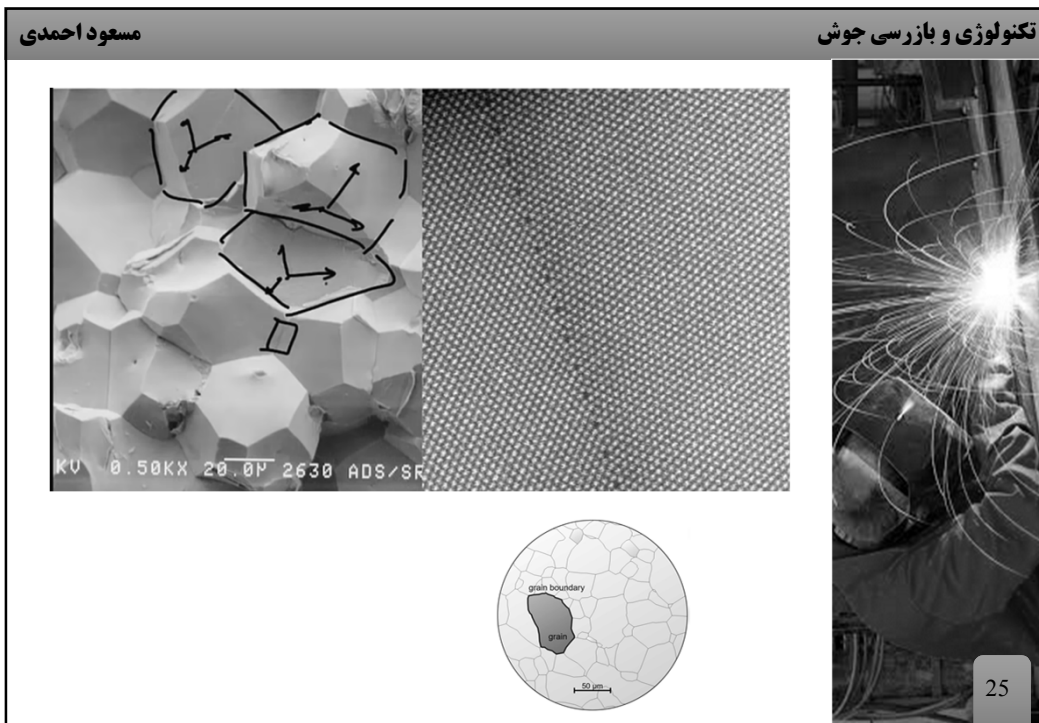
✓ مواد چند بلور PolyCrystal

از کنار هم قرار گرفتن تعداد زیادی تک کریستال متفاوت به نام کریستالیت یا دانه (Grain) ایجاد شده است. نظم اتمی از یک حوزه به حوزه دیگر در دانه ها تغییر می کند.

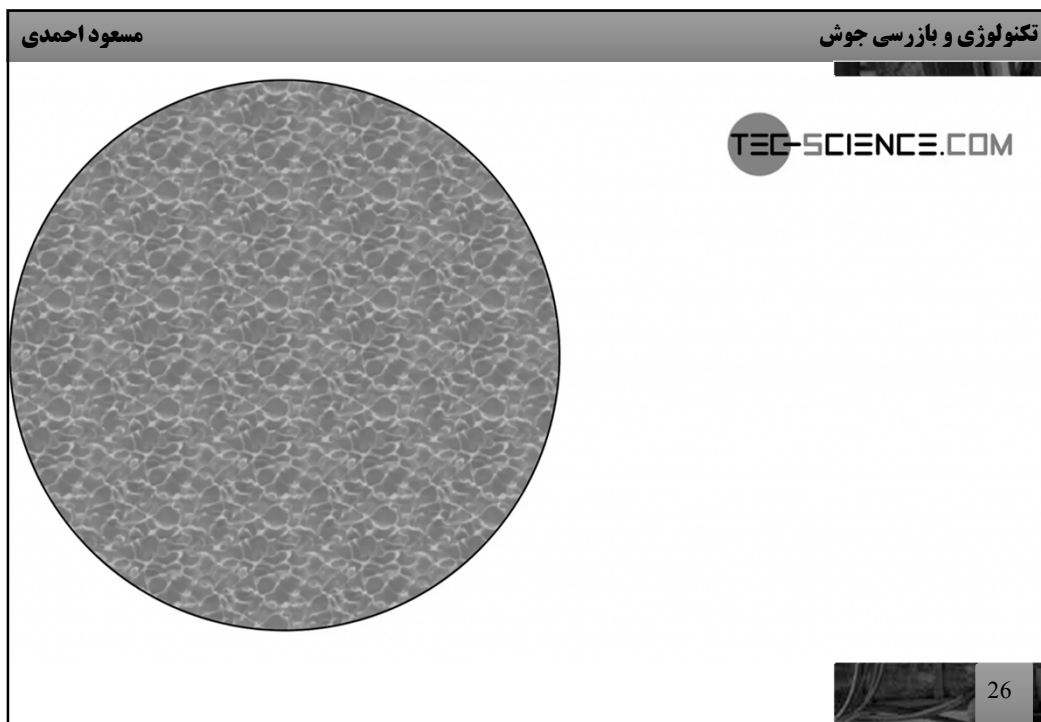


24

24



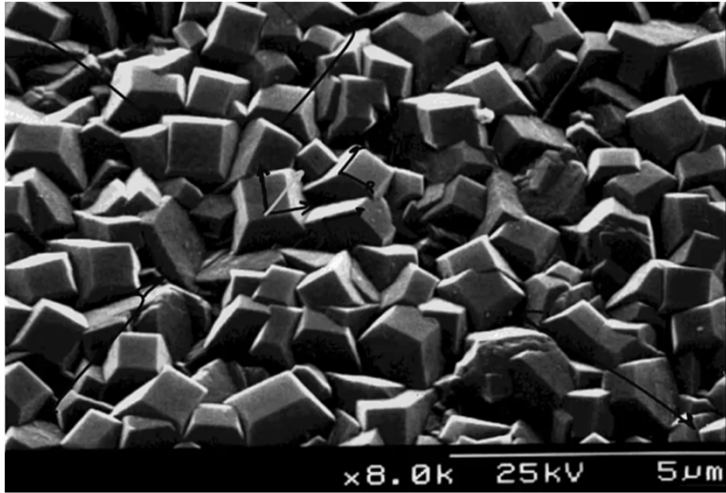
25



26

مسعود احمدي

تکنولوژی و بازرسی جوش

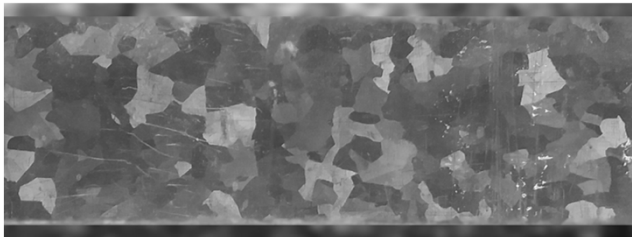


27

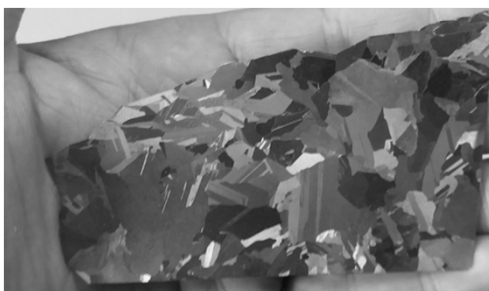
27

مسعود احمدي

تکنولوژی و بازرسی جوش



Galvanized steel

Polycrystalline
silicon of a solar cell

28

28

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

```

graph TD
    A[فولادها] --> B[فولاد ساده کربنی]
    A --> C[فولاد آلیاژی]
    B --> D[کم کربن]
    B --> E[کربن متوسط]
    B --> F[پرکربن]
    C --> G[کم آلیاژ]
    C --> H[پرآلیاژ]
        
```

☐ فولاد کم کربن

☐ فولاد با کربن ملایم (فولاد نرمه) که ۰/۰۹ تا ۰/۲۹ درصد وزنی کربن دارد.

☐ فولاد با کربن متوسط (فولاد اعلای ساختمانی) که ۰/۳ تا ۰/۵۹ درصد وزنی کربن دارد.

☐ فولاد پرکربن (فولاد ابزار) که ۰/۶ تا ۱/۷ درصد وزنی کربن دارد.

29

29

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

تمرین ۰۱

تاثیر عناصر آلیاژی بر خواص فولاد کربنی

30

30

ریز ساختار فولاد

- ❑ فولادهایی که درصد کربن کمتر از نقطه یوتکتوئید (۰.۰۷۶٪) داشته باشند، به نام فولادهای هیپوئوتکتوئید (Hypoeutectoid) شناخته می شوند.
- ✓ ساختار متالوگرافی آنها شامل فریت و پرلیت می باشد که با افزایش درصد کربن بر میزان پرلیت اضافه شده و از فریت کاسته می شود.
- ❑ فولادهایی که درصد کربن برابر با ۰.۰۷۶٪ درصد داشته باشد با نام یوتکتوئید (Eutectoid) شناخته می شوند.
- ✓ ساختار آن در دمای محیط کاملاً پرلیتی می باشد.
- ❑ فولادهایی که کربنی بیش از این مقدار داشته باشند، با نام فولادهای هایپریوتکتوئید (Hypereutectoid) شناخته می شوند.
- ✓ در دمای محیط دارای ساختار میکروسکوپی پرلیت و سمانتیت است که با افزایش درصد کربن بر فاز سمانتیت اضافه شده و از فاز پرلیت کاسته می شود.

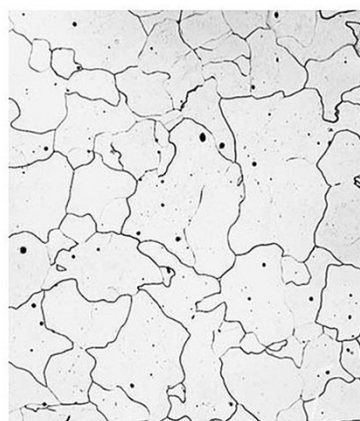


31

31

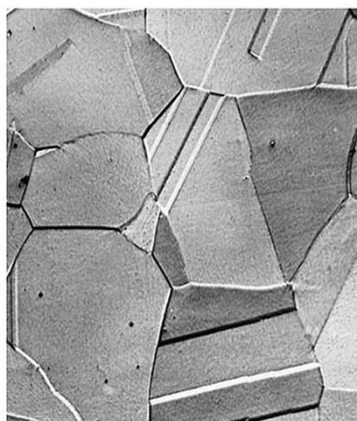
ریز ساختار فولاد

Ferrite and Austenite



(a)

Ferrite



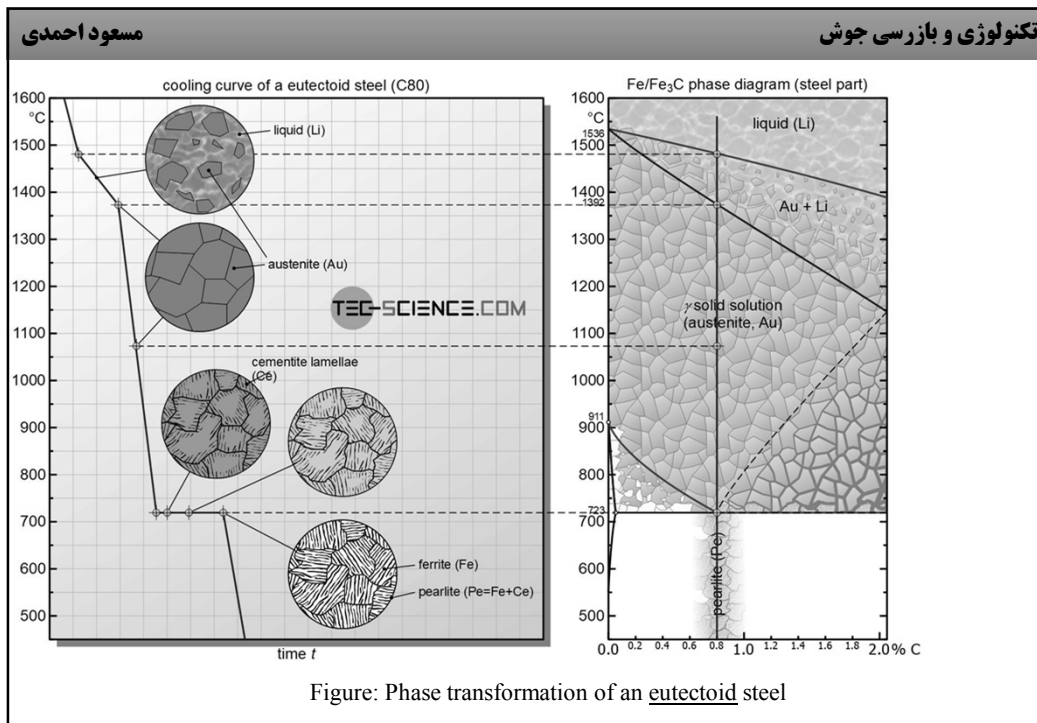
(b)

Austenite

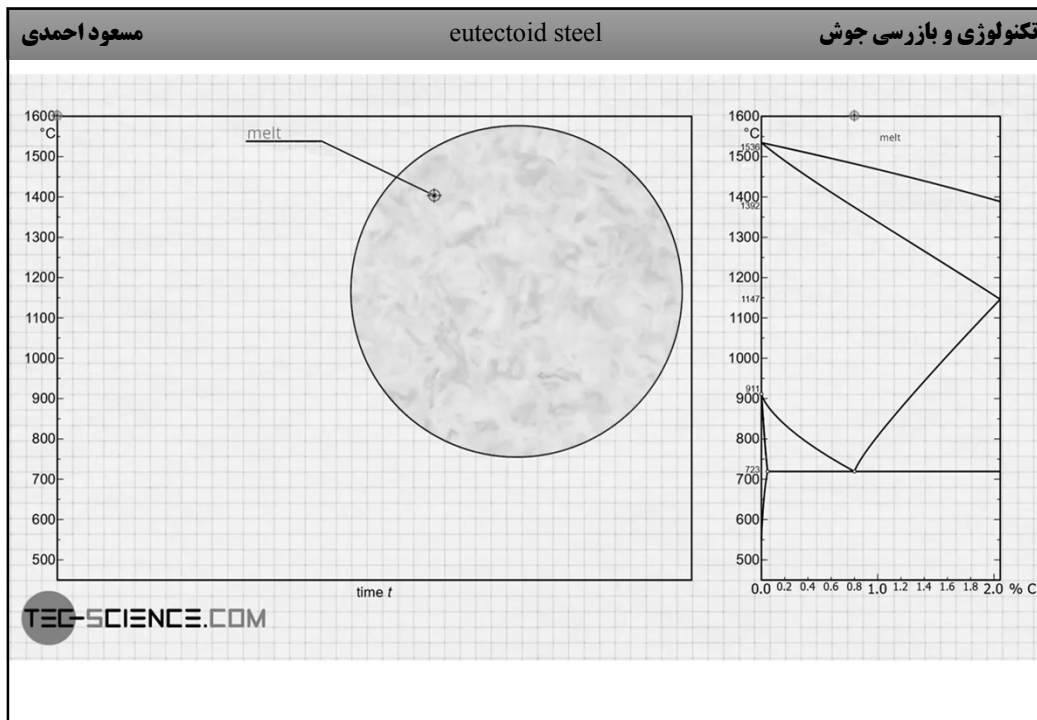


32

32



33



34

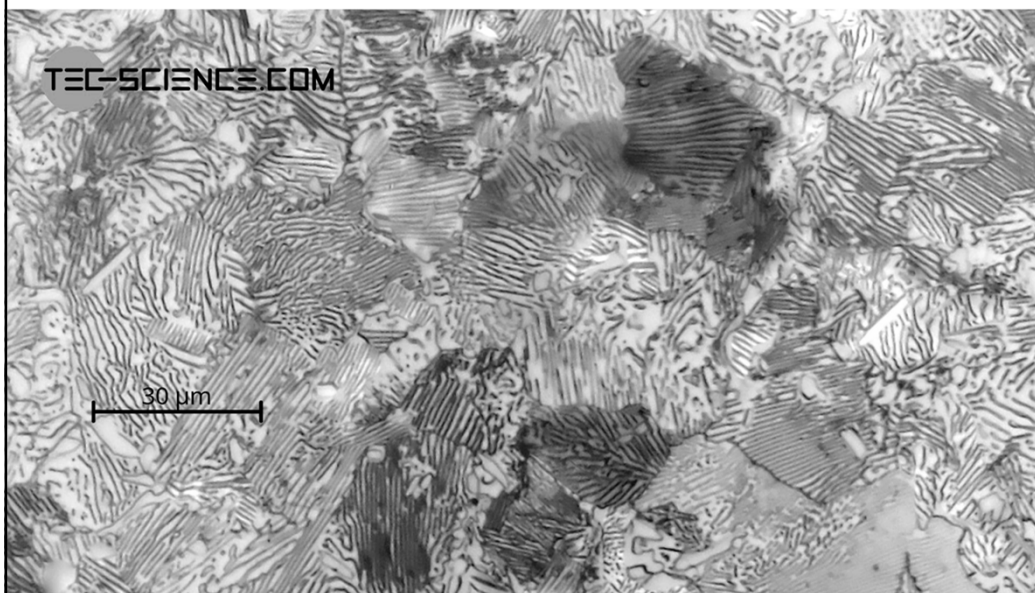


Figure: Micrograph of eutectoid steel with a carbon content of 0.8 % (C80)

35

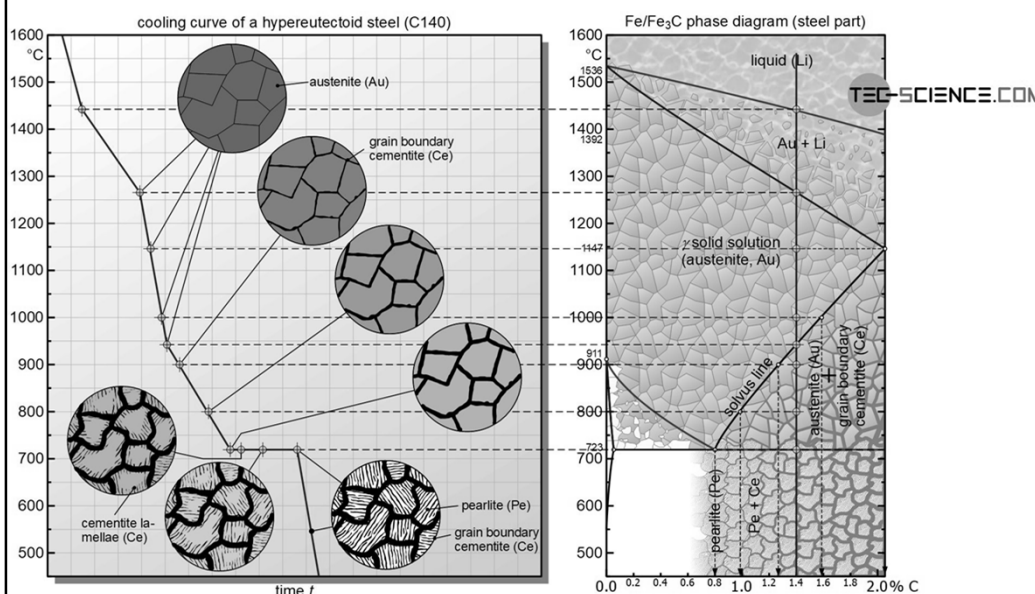
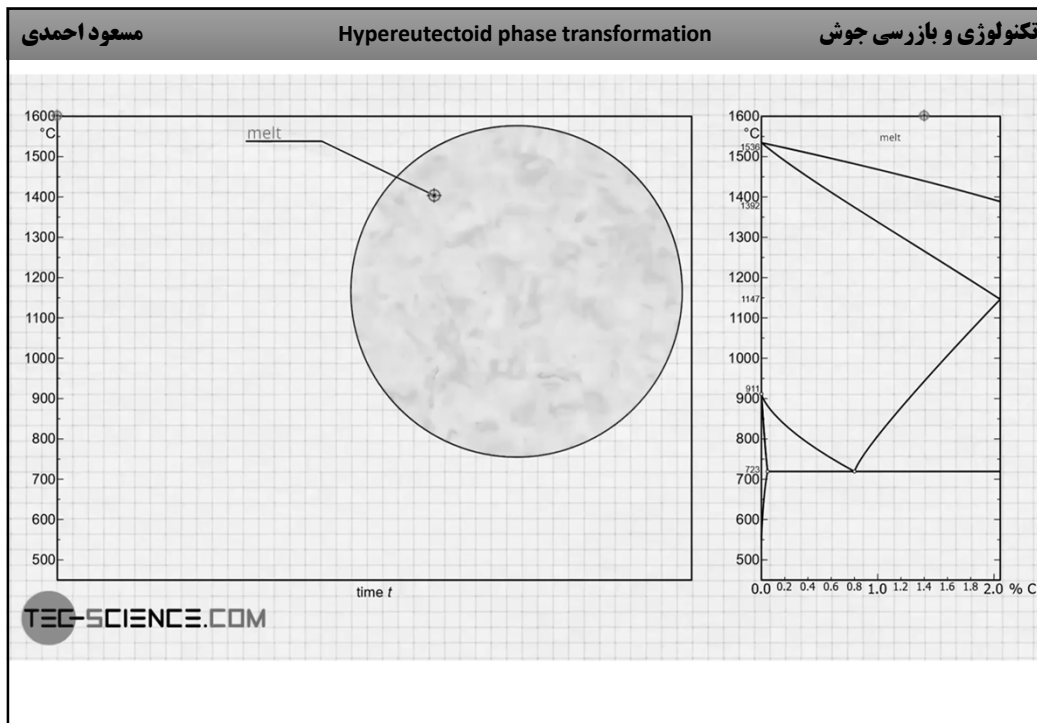
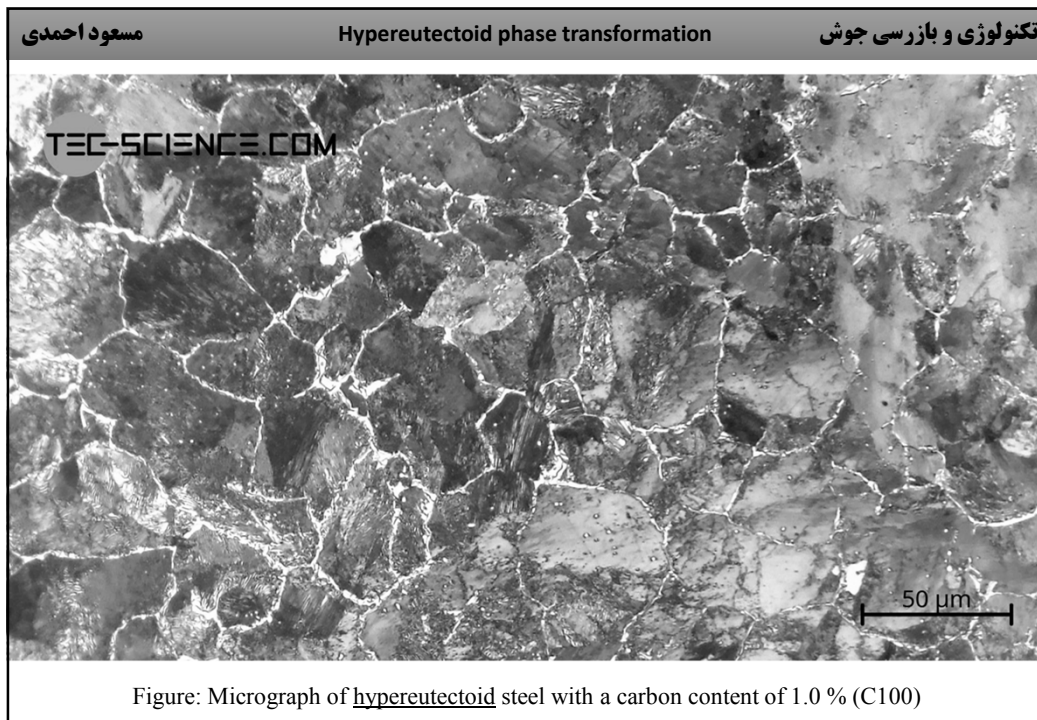


Figure: Phase transformation of a hypereutectoid steel

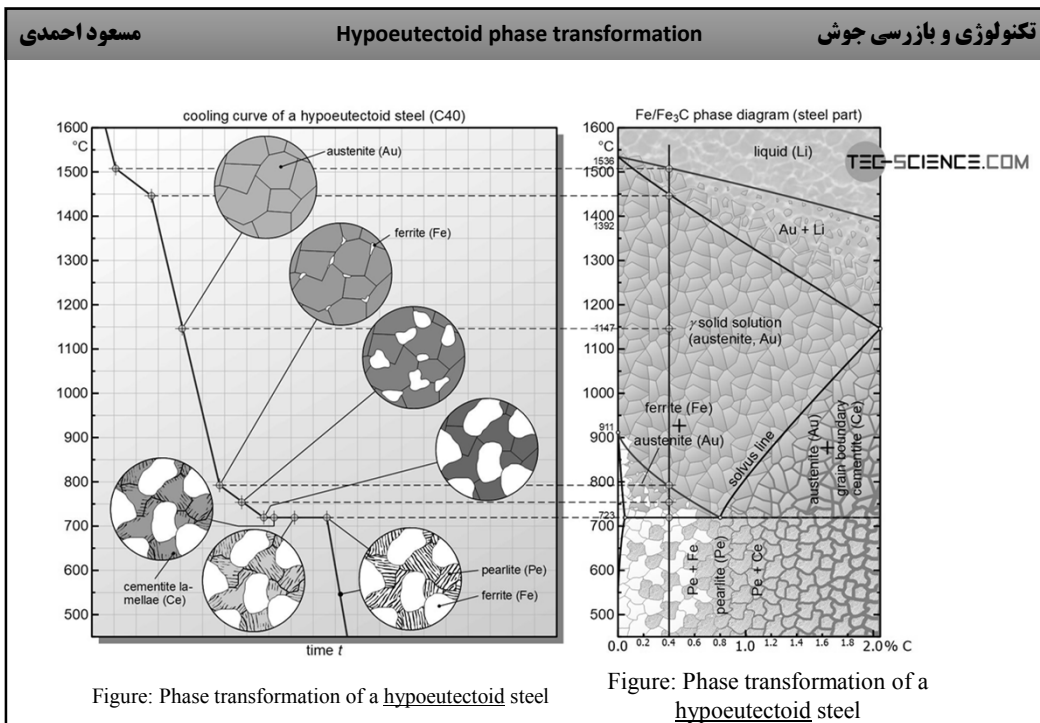
36



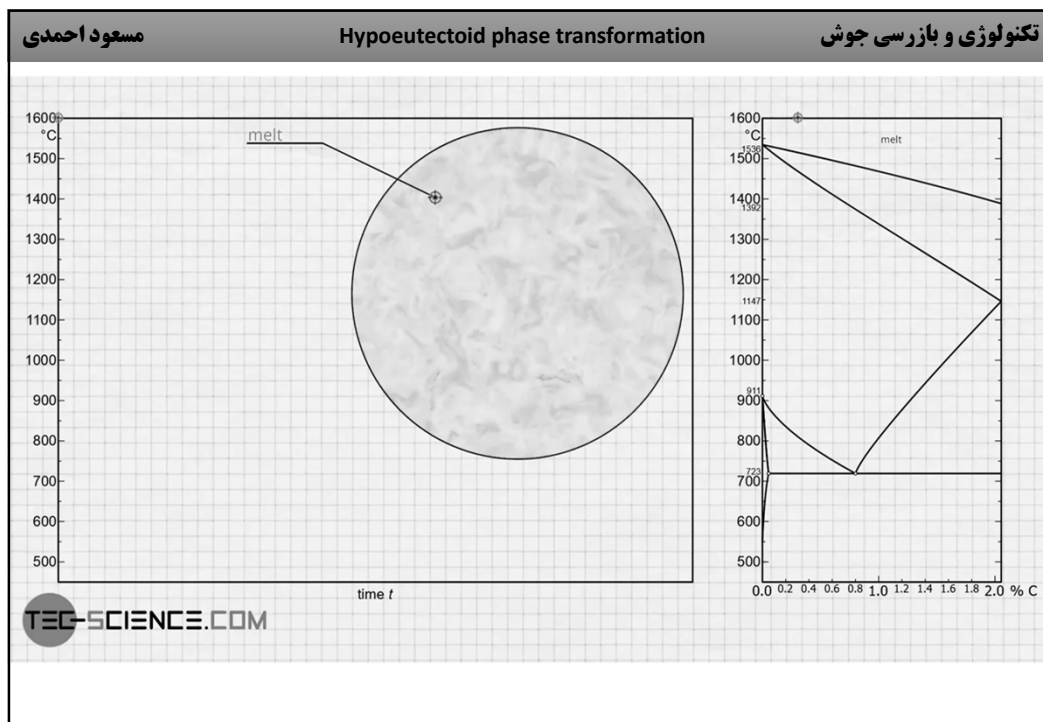
37



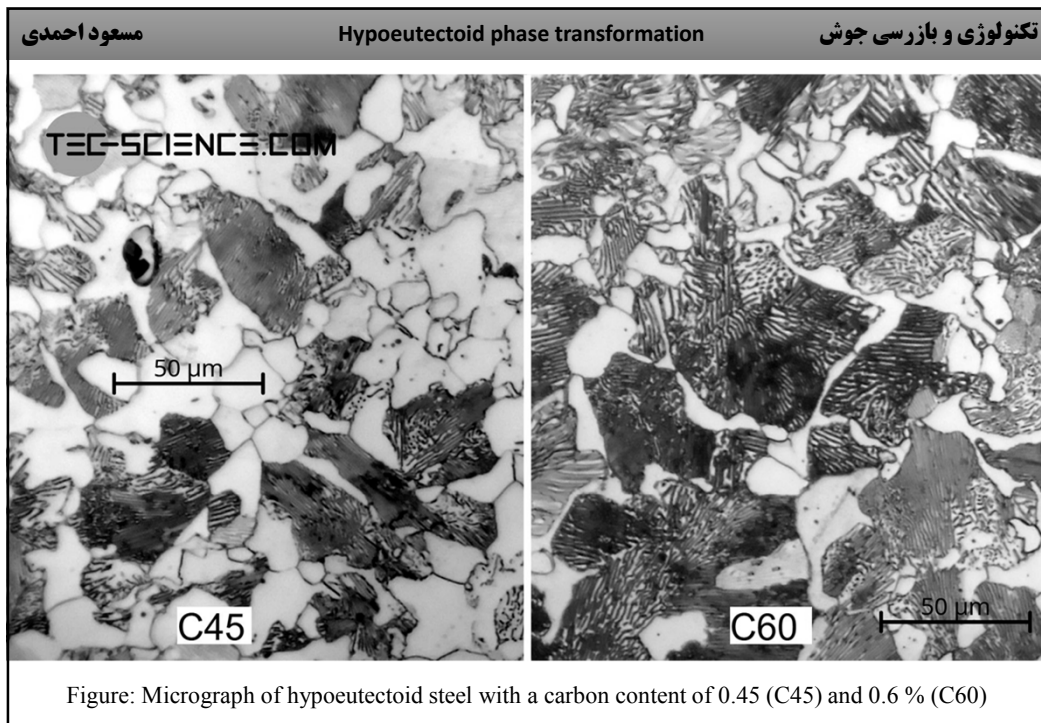
38



39



40



41

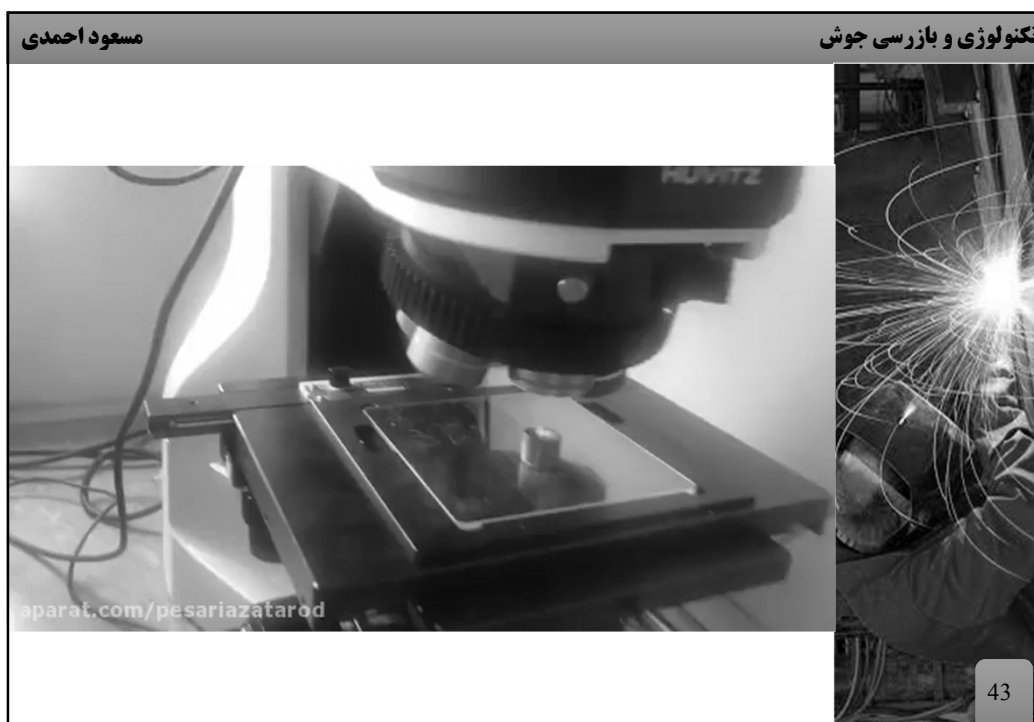
تکنولوژی و بازرسی جوش ریز ساختار فولاد مسعود احمدی

❑ پرلیت (P):

✓ ترکیبی از لایه های متناوب فریت و سمانتیت می باشد که در اثر تحول یوتکتوئید از آستنیت به وجود می آید که در زیر میکروسکوپ در بزرگ نمایی های بالای ۵۰۰ برابر به صورت اثر انگشت است.

42

42



43

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوشکاری نفوذی
Diffusion welding

✕

اتصال دائم (جوشکاری)

منبع حرارتی (ذوب)

اعمال فشار و تغییر شکل پلاستیک (غیر ذوبی)

ماده واسطه (غیر فلزی: چسب و فلزی: لحیم)

جوشکاری عبارتست از ترکیب کریستال‌ها یا اتم‌های دو جسم با یکدیگر بطوریکه خاصیت متالورژیکی محل اتصال با نواحی دیگر دارای ساختار مشابه باشد.

44

44

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری نفوذی
Diffusion welding

45

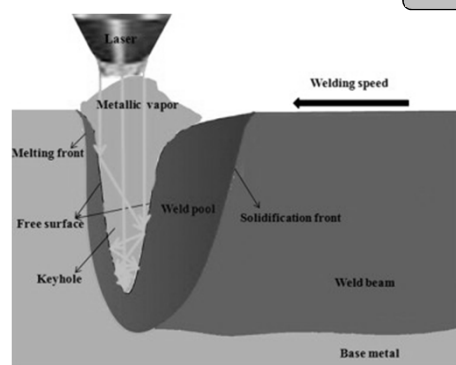
45

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

اتصال دائم (جوشکاری)

منبع حرارتی (ذوب)



Fusion Welding

جوشکاری ذوبی



46

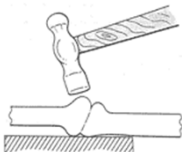
46

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

اتصال دائم (جوشکاری)

اعمال فشار و تغییر شکل پلاستیک

✓ حرارت می تواند اعمال شود ولی ذوب شدن دو قطعه را نداریم.



Nonfusion Welding جوشکاری غیر ذوبی

ماده واسطه

✓ به کمک یک ماده واسطه بین دو قطعه قرار داده شود.

✓ ماده واسطه بر اساس کشش سطحی (چسبندگی) و نفوذ (Interlocking) در بین شبکه کریستالی دو قطعه عمل می کند.



47

47

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

اتصال دائم (جوشکاری)

ماده واسطه

❑ ماده واسطه غیر فلزی: مانند انواع چسب ها Adhesive Bonding

❑ ماده واسطه فلزی: مانند لحیم (لحیم کاری)

❖ حرارت داریم ولی فقط ماده واسطه فقط ذوب می شود ولی دو قطعه ذوب نمی شوند.

❖ هرچه لایه نازکتر باشد اتصال بهتر است.

❖ لحیم کاری دیر-ذوب (سخت)

❖ لحیم کاری زود-ذوب (نرم)



48

48

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

دسته بندی انواع جوشکاری

تمرین ۰۲ ماده واسطه (غیر فلزی: چسب و فلزی: لحیم)

لحیم کاری

➤ نحوه عملکرد

➤ لحیم کاری دیر-ذوب (سخت)

➤ لحیم کاری زود-ذوب (نرم)

➤ کاربرد در صنایع مختلف

Brazing and Soldering




49

49

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

دسته بندی دیگر انواع جوشکاری

دسته بندی انواع جوشکاری بر اساس نوع انرژی

- جوشکاری قوسی با الکتروود روکش دار
- جوشکاری قوسی با پودر محافظ
- جوشکاری قوسی با گاز محافظ
- جوشکاری قوسی با الکتروود کربنی
- جوشکاری قوسی
- انرژی الکتریکی
 - جوشکاری مقاومتی
 - نقطه جوش
 - درز جوش (فرقه های)
 - سربه سر
 - جوشکاری القایی
- انرژی شیمیایی
 - جوشکاری با شعله گاز
 - جوشکاری ترمیت
- انرژی مکانیکی
 - جوشکاری اصطکاکی
 - جوشکاری آهنگری
- انرژی تشعشعی
 - جوشکاری تابشی
 - جوشکاری آلترا سونیک
 - جوشکاری الکتروبیوم
 - جوشکاری لیزری



50

50

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

دسته بندی انواع جوشکاری

تمرین ۰۳

بررسی جوشکاری ترمیت، آلتراسونیک و لیزری




51

51

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

دسته بندی دیگر انواع جوشکاری

جوشکاری

- جوشکاری غیر ذوبی**
Nonfusion Welding
یا
جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding
- جوشکاری ذوبی**
Fusion Welding
یا
جوشکاری حالت مایع
Liquid-State Welding



52

52

جوشکاری ذوبی

در جوشکاری های ذوبی، قطعات در محل اتصال، بر اثر حرارت ذوب شده و با هم ترکیب می شوند و در نهایت پس از سرد شدن، قطعات به یکدیگر جوش می خورند. در این حالت، اتصال در محل جوش می تواند نتیجه ذوب لبه های قطعات باشد. همچنین علاوه بر ذوب لبه ها، فلز پرکننده ای نیز میتواند به آن اضافه شود که در جوشکاری قوس الکتریکی به این فلز پرکننده، الکتروود گویند.



53

53

انواع جوشکاری ذوبی

- ☐ جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار (Stick Metal Arc Weld/ SMAW)
- ☐ جوشکاری زیر پودری (Submerged Arc Welding / SAW)
- ☐ جوشکاری قوسی توپودری (Flux Cored Arc Welding / FCAW)
- ☐ جوشکاری با گاز (Oxy-Fuel Welding/ OFW)
- ☐ جوشکاری با گاز آرگون (Tungsten Inert Gas/ TIG)
- ☐ جوشکاری فلزی تحت گاز محافظ (Metal Inert Gas/ MIG)
- ☐ جوشکاری فلزی تحت گاز محافظ فعال (Metal Active Gas/ MAG)
- ☐ جوشکاری پلاسما (Plasma Arc Welding/ PAW)
- ☐ جوشکاری کربن (Carbon Arc Welding/ CAW)
- ☐ جوش ترمیت (Thermite Welding)
- ☐ جوش احتراقی مس (Cad Weld)
- ☐ جوشکاری گلمیخ به ورق فولادی (Stud Welding)
- ☐ جوشکاری مقاومتی (Resistance Welding/ RW)



54

54

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوشکاری ذوبی

Gas Welding-GW
جوشکاری با گاز اکسیژن و سوخت
← برای ذوب کردن فلز از گاز اکسیژن و سوختی که همراه آن می‌سوزد، استفاده می‌شود.

Arc Welding-AW
جوشکاری با قوس الکتریکی
← در این روش برای ذوب کردن فلز از قوس الکتریکی استفاده می‌شود.

Resistance Welding-RW
جوشکاری مقاومتی
← در این روش برای ایجاد گرمای ذوب از مقاومت الکتریکی استفاده می‌شود، در حالی که دو فلز در کنار یکدیگر زیر فشار قرار دارند.



55

55

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی

جوشکاری با گاز اکسیژن و سوخت
← برای ذوب کردن فلز از گاز اکسیژن و سوختی که همراه آن می‌سوزد، استفاده می‌شود.

تأمین انرژی لازم برای جوشکاری با شعله گاز، از ترکیب مناسب گاز سوختنی با اکسیژن حاصل می‌شود. سوختن گاز یک واکنش شیمیایی است که انرژی شیمیایی گاز را به انرژی حرارتی تبدیل می‌کند.




56

56

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی

جوشکاری با گاز
اکسیژن و سوخت

جوشکاری اکسی استیلین (Oxy-Acetylene Welding - OAW)

جوشکاری اکسی هیدروژن (Oxy-Hydrogen Welding - OHW)

جوشکاری گاز پر فشار (Pressure Gas Welding - PGW)



57

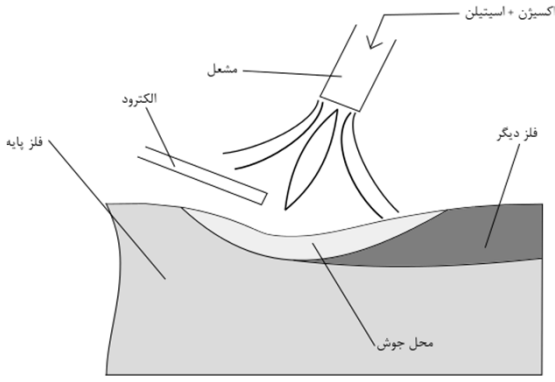
57

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی

جوشکاری با گاز
اکسیژن و سوخت




58

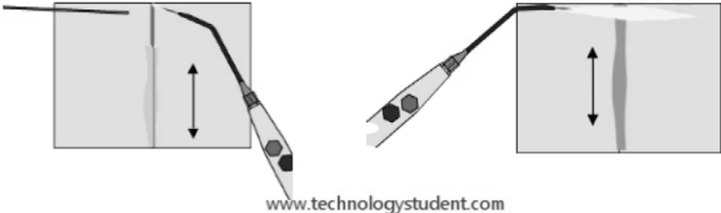
58

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی

جوشکاری با گاز
اکسیژن و سوخت



www.technologystudent.com



59

59

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوشکاری ذوبی

جوشکاری با گاز
اکسیژن و سوخت

Today's Lesson:

**OIL and
OXYGEN**

aparar.com/ardestangases



60

60

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

تمرین ۰۴

✓ دلیل انفجار در ویدئو اسلاید قبل





61

61

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

روش های جوشکاری ذوبی

جوشکاری مقاومتی

←

در این روش برای ایجاد گرمای ذوب از مقاومت الکتریکی استفاده می شود، در حالی که دو فلز در کنار یکدیگر زیر فشار قرار دارند.

در جوشکاری مقاومتی برای ایجاد جوش از فشار و گرما استفاده می شود. پس از رسیدن قطعه به دمای ذوب و خمیری، فشار برای آمیختن دو قطعه به کار می رود. در این روش فلز کاملاً ذوب نمی شود.

گرمای لازم از طریق عبور جریان برق از قطعات به دست می آید.



62

62

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی جوشکاری مقاومتی

- جوش مقاومتی نقطه‌ای (Resistance Spot Welding/RSW)
- جوشکاری مقاومتی درز جوش (نواری) (Resistance Seam Welding/RSW)
- جوش مقاومتی نقطه‌ای برجسته (Resistance Projection Welding/RPW)
- جوش مقاومتی نقطه‌ای لب‌به‌لب ورق‌های فلزی (Flash Butt Welding/FBW)



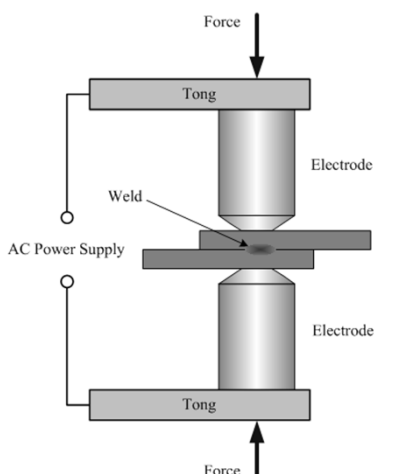
63

63

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

دسته بندی دیگر انواع جوشکاری-ذوبی

Resistance Spot Welding (RSW)



روش‌های جوشکاری ذوبی جوشکاری مقاومتی



64

64

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

روش‌های جوشکاری ذوبی جوشکاری مقاومتی

What is **Resistance Spot Welding**?

aparar.com/khasragh



65

65

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

انواع جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

- جوشکاری پرسی یا فورجی (Forge Welding - FOW)
- جوشکاری سرد (Cold Welding - CW)
- جوشکاری اصطکاکی (Friction Welding - FRW)
- جوشکاری انفجاری (Explosive Welding - EXW)
- جوشکاری اولتراسونیک (Ultrasonic Welding - USW)
- جوشکاری لیزری (Laser Welding - LW)



66

66

مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

در جوشکاری های غیرذوبی برای تشکیل جوش، قطعات را ذوب نمی کنند. به همین دلیل به آن جوشکاری حالت جامد نیز می گویند. در جوشکاری اصطکاکی که یک فرآیند غیرذوبی است، حرارت مورد نیاز بر اثر مالش سطوح قطعات تولید می شود، در حدی که باعث خمیری شدن قطعات در محل اتصال شود. سپس با اعمال فشار لازم، عمل جوشکاری انجام می گیرد.

در این فرآیندها از هیچ ماده پرکننده لحیمی استفاده نمی شود. در این روش، فلزات اتصال، خواص اولیه خود را حفظ می کنند. مشکلات ناشی از ناحیه متأثر از حرارت در این فرآیندها دیده نمی شود.



67

67

مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری اصطکاکی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

در جوشکاری اصطکاکی از حرارت تولید شده توسط اصطکاک بین دو قطعه برای جوش دادن آن دو به یکدیگر استفاده می شود. بطور سنتی در جوشکاری اصطکاکی یک قطعه را در طی یک سطح مشترک بر روی قطعه دیگری همراه با اعمال نیروی فشاری آنقدر حرکت می دهند تا حرارت تولید شده بر اثر اصطکاک در فصل مشترک قطعه، باعث نرم شدن ماده دو قطعه در مجاورت فصل مشترک شود.



68

68

مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری اصطکاکی

در این زمان بخشی از ماده موجود در سطح مشترک دو قطعه که خاصیت پلاستیکی پیدا کرده به فضای بیرون فصل مشترک رانده می شود. سپس حرکت نسبی دو قطعه متوقف شده و یک نیروی فشاری بزرگتر اعمال می شود و همزمان دو قطعه شروع به سرد شدن می کنند. این عمل باعث جوش خوردن دو قطعه به یکدیگر می شود.

نکته اصلی عملیات جوشکاری اصطکاکی این است که از آنجایی که ماده مذابی تولید نمی شود، جوشکاری در فاز جامد فلزات صورت گرفته است.



69

69

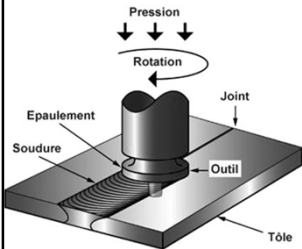
مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری اصطکاکی



در این روش یک ابزار چرخشی مصرف نشدنی شامل یک پین و شانه با طراحی خاص داخل لبه های جفت شده و در طول آن حرکت می کند. شانه، تماس محکمی به بالای سطح قطعه کار ایجاد می کند. توزیع حرارت به وسیله اصطکاک در شانه و مقادیر کمتری در سطح پین، مواد را نرم کرده و آن ها را به هم جوش می دهد. تغییر فرم پلاستیکی شدید و جریان فلز نرم شده هنگام حرکت ابزار در طول جهت جوشکاری رخ می دهد.



70

70

مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری غیر ذوبی

جوشکاری اصطکاکی احتشاشی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)





71

مسهود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری غیر ذوبی

مزیت جوشکاری حالت جامد

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

➤ هنگامی که حین جوشکاری فلز ذوب می شود، به دلیل انجماد سریع، ساختارهای غیر تعادلی پس از اتصال بوجود می آید. در واقع به دلیل تنش های باقیمانده، ساختار به ترک خوردن حساس می شود. لذا برای اصلاح ساختار باید عملیات حرارتی روی قطعات صورت بگیرد. در جوشکاری حالت جامد، ساختار غیر تعادلی تشکیل نمی شود.



72

مسهود احمدی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

جوشکاری غیر ذوبی

مزیت جوشکاری حالت جامد

➤ وقتی فلز ذوب می شود، میزان انحلال گاز در آن بسیار بالاست. در فرآیندهای ذوبی، سطح مذاب با محیط اطراف کاملاً مواجه شده و امکان جذب گاز وجود دارد. این گازها، میزان حلالیت در جامد را حین انجماد پایین آورده و مذاب یک حالت فوق اشباع پیدا می کند. خروج این گازهای حل شده از بالک جامد قطعه بسیار مشکل و تقریباً غیر ممکن است. گاز هیدروژن بدترین حالت را ایجاد می کند. زیرا به صورت یک ذره پروتون که تحرک آن بسیار بالاست، در مذاب حل می شود. هیدروژن باعث ایجاد ترک سرد یا ترک تأخیری می گردد.



73

73

مسهود احمدی

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

جوشکاری غیر ذوبی

مزیت جوشکاری حالت جامد

➤ در حین جوشکاری انبساط های غیر یکنواخت و در هنگام انجماد انقباض های غیر یکنواخت ایجاد می شود که همراه با ایجاد تنش های کششی می باشد که مستعد ایجاد ترک هستند. لذا در جوشکاری حالت جامد، نوع تنش های باقیمانده در فصل مشترک، تنش های فشاری می باشد که امکان گسترش ترک را از بین می برد.



74

74

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری غیر ذوبی
Solid-State Welding (SSW)

مزیت جوشکاری حالت جامد

- عدم اعوجاج قطعات حین جوشکاری
- عدم استفاده از فلز پرکننده برای جوشکاری
- عدم نیاز به جوشکار ماهر برای جوشکاری
- قابلیت جوشکاری فلزات سبک از جمله آلومینیوم و نیز پلیمرها
- قابلیت استفاده برای فرایندهای سطحی در فلزات و تولید نانو کامپوزیت‌های سطحی

جوشکاری غیر ذوبی

75

75

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری حالت جامد
Solid-State Welding (SSW)

معایب جوشکاری حالت جامد

- نیاز به آماده سازی سرتاسر سطوح است (چربی زدایی، اکسید زدایی، برس کشی، سندبلاست).
- تجهیزات آن گران قیمت است.

جوشکاری غیر ذوبی

76

76

مسهود احمدي
تكنولوژي و بازرسى جوش

تمرین ۵

بررسی انواع جوشکاری حالت جامد:

- ✓ جوشکاری پرسی یا فورجی
- ✓ جوشکاری سرد
- ✓ جوشکاری اصطکاکی
- ✓ جوشکاری انفجاری





77

77

مسهود احمدي
تكنولوژي و بازرسى جوش

جوشکاری با گاز اکسیژن و سوخت

↓

Arc Welding-AW

جوشکاری با قوس الکتریکی

↓

جوشکاری مقاومتی

←

در این روش برای ذوب کردن فلز از قوس الکتریکی استفاده می‌شود.

انواع جوشکاری قوس الکتریکی

Shielded Metal Arc Welding	جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)
Submerged Arc Welding	جوش قوس الکتریکی غوطه ور یا جوش زیرپودری (SAW)
Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ (GMAW)

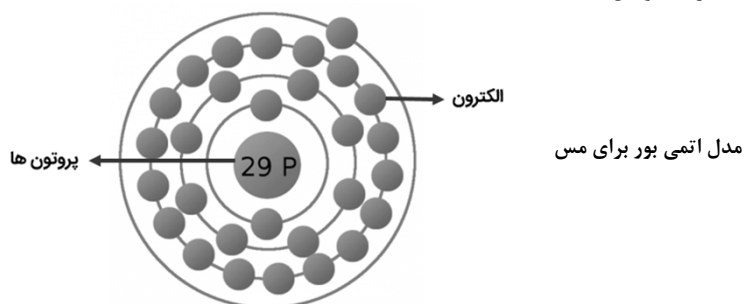


78

78

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

➤ الکترون ها نقش بسیار مهمی رو در الکتریسیته بازی میکنند. در یک اتم پایدار، تعداد الکترون ها با تعداد پروتون ها برابر هست. در مدل اتمی بور که در شکل زیر آورده شده است، هسته که از ۲۹ پروتون تشکیل شده ، توسط ۲۹ الکترون در اطراف خودش احاطه شده است.



79

79

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

➤ الکترون هایی که در یک اتم وجود دارند ، میتوانند به اتم مقید نباشند. به الکترون هایی که در بیشترین فاصله از هسته قرار دارند، الکترون های ظرفیت گفته می شود. با استفاده از یک نیروی خارجی (که به اندازه کافی قوی باشد) الکترون های ظرفیت میتوانند از اتم جدا شوند. به این الکترون ها، الکترون های آزاد گفته می شود که به ما این خاصیت را می دهند که بتوانیم بار الکتریکی را جا به جا کنیم.

الکتریسیته همین حرکت بارهای الکتریکی هست



80

80

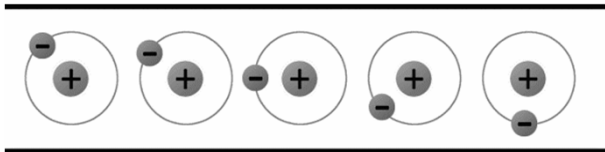
تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

بار الکتریکی

الکتریسیته همان حرکت الکترون ها است. با استفاده از الکترون ها ما میتوانیم یک کار را انجام دهیم. لامپ ها، گوشی های تلفن و ... همه نتیجه حرکت الکترون ها و انجام یک کار است.





81

81

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

بار الکتریکی

جریان

↓

ولتاژ

↓

مقاومت

←

در دنیای الکترونیک سه مفهوم وجود دارد



82

82

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

جریان ← نرخ حرکت بارهای الکتریکی است.

ولتاژ ← تفاوت بار الکتریکی در دو نقطه است.

مقاومت ← تمایل به جلوگیری از حرکت بارهای الکتریکی (جریان الکتریکی) است.



83

83

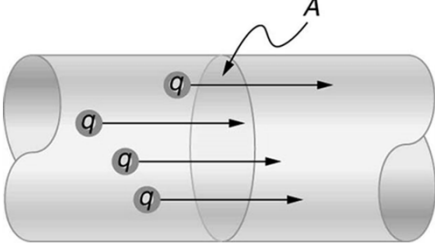
تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

جریان الکتریکی

حرکت بارهای الکتریکی تحت عنوان جریان الکتریکی شناخته می‌شود. شکل زیر چنین حرکتی را در سیمی با مقطع A نشان می‌دهد.

شارش بار = جریان



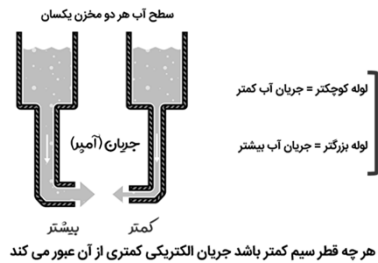
به مقدار بار عبوری در واحد زمان، از مقطع A، جریان الکتریکی گفته می‌شود.

$$I = \frac{q}{t}$$


84

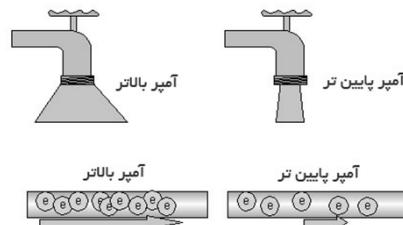
84

جریان الکتریکی



مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

وقتی آب جاری میشود، نرخ آب خروجی در شلنگ پهن تر، بیشتر از نرخ آب خروجی در شلنگ باریک تر است. به زبان ما، جریان جاری شده از لوله باریک تر، کمتر از جریان جاری شده از لوله پهن تر است.



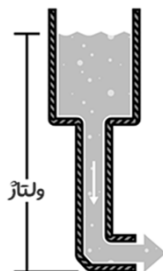
85

85

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

ولتاژ ← تفاوت بار الکتریکی در دو نقطه است.

ما ولتاژ را به صورت اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه در یک مدار تعریف می کنیم. یک نقطه بار الکتریکی بیشتری نسبت به نقطه ی دیگر دارد. اختلاف بار الکتریکی بین این دو نقطه را ولتاژ می نامند.



شکل روبرو از یک مخزن و خروجی تشکیل شده است را در نظر بگیرید. در این تصویر آب را معادل بار الکتریکی، اختلاف فشار آب را معادل ولتاژ و جریان آب عبوری از خروجی را معادل جریان الکتریکی در نظر بگیرید.



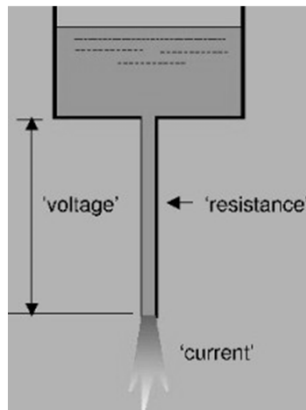
86

86

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

ولتاژ

تفاوت بار الکتریکی در دو نقطه است.



به سادگی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار آب موجود در تانکر (بار الکتریکی)، فشار آب و در نتیجه جریان آب عبوری از خروجی افزایش می‌یابد، بنابراین: جریان الکتریکی رابطه مستقیمی با بار الکتریکی دارد.



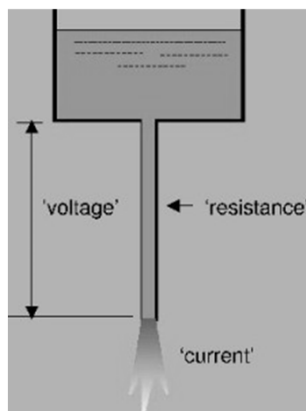
87

87

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

ولتاژ

تفاوت بار الکتریکی در دو نقطه است.



از طرفی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع تانکر، (دقت کنید که فقط با افزایش ارتفاع نه افزایش مقدار آب) جریان عبوری از باریکه به علت فشار بیشتر افزایش می‌یابد: یعنی جریان الکتریکی با ولتاژ الکتریکی رابطه مستقیم دارد.

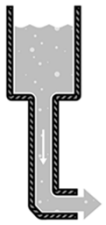


88

88

مفاهیم: ولتاژ، جریان و مقاومت

مقاومت



آب = بار الکتریکی
فشار آب = ولتاژ
جریان آب = جریان الکتریکی
عرض لوله = مقاومت

مقاومت کمتر

مقاومت بیشتر

مفهوم مقاومت در قطعات الکتریکی

در هر لحظه از دو لوله با پهناهای متفاوت، آب یکسانی خارج نمی شود. این مفهوم دقیقاً همان مقاومت است. شلنگ باریکتر، مقاومت بیشتر در مقابل آب دارد و از آن آب کمتری خارج می شود. بنابراین مقاومت بیشتر سبب کاهش جریان می شود.

لوله کوچکتر در مقابل فشار آب، مقاومت کمتری دارد.



89

89

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مفاهیم: اصول جریان الکتریسته در جوشکاری

جریان الکتریکی عبارت است از حرکت و جابه جایی الکترون ها که از طریق یک رسانا در مداری بسته صورت می گیرد. **جریان الکتریسته** در صورتی در مدار برقرار می شود که بین قطب مثبت و منفی اختلاف پتانسیل وجود داشته باشد. دو نوع جریان الکتریکی وجود دارد:

جریان مستقیم (DC)

جریان متناوب (AC)

در صورتیکه جهت حرکت الکترون ها ثابت و بدون تغییر باشد و یا به عبارت دیگر قطب های مثبت و منفی تغییر نکنند، جریان مستقیم است و اگر قطب های مثبت و منفی به صورت متناوب تغییر یابند و جهت حرکت الکترون ها ثابت نباشد، جریان متناوب به وجود می آید.

90

90

45

مسمود احمدي
تكنولوژی و بازرسی جوش

JAVAD AFSHARI
www.aparat.com/javad_afshari

aparat.com/javad_afshari
91

91

مسمود احمدي
تكنولوژی و بازرسی جوش

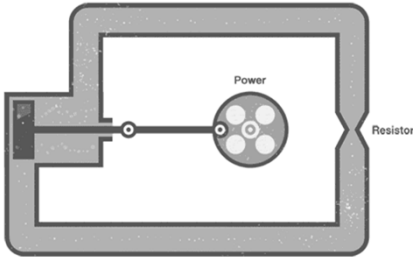
مفاهيم: اصول جريان الكترسيته در جوشكاري جريان متناوب (AC)

Alternating Current

➤ جريان متناوب جرياني است كه به طور منظم تغيير جهت مي دهد. نتيجه ي اين تغييرات اين است كه سطح ولتاژ نيز همزمان با تغيير جهت جريان، معكوس مي شود.

➤ نحوه ي توليد جريان AC را مي توان با نحوه ي چرخش جريان آب مقايسه كرد:

Alternating Current: The Water Analogy



92

92

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مفاهیم: اصول جریان الکتریسته در جوشکاری

جریان مستقیم (DC)

Direct Current Electrode Positive

93

93

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مفاهیم: اصول جریان الکتریسته در جوشکاری

جریان مستقیم (DC)

Direct Current

- فهم جریان مستقیم کمی ساده تر از جریان متناوب است. به جای اینکه به عقب و جلو نوسان داشته باشد، جریان DC یک ولتاژ یا جریان ثابت را تولید می کند.
- جریان DC شبیه یک مخزن آب است که در ته آن یک خروجی متصل شده است.
- این مخزن فقط می تواند آب را به یک جهت فشار دهد: به بیرون از خروجی. همانند یک باتری، وقتی مخزن خالی باشد، دیگر آبی در لوله ها جریان نمی گیرد.

94

94

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوشکاری ذوبی

Arc Welding (AW) Process

فرآیند جوشکاری قوس الکتریکی

وجه مشترک فرآیندهای مبتنی بر قوس الکتریکی، استفاده از انرژی الکتریکی است.



✓ جوشکاری قوسی یکی از انواع فرایند جوشکاری است که در آن از یک قوس الکتریکی برای تولید گرمای مورد نیاز، جهت ذوب و اتصال فلزات استفاده می‌شود.

✓ خالی شدن بار الکتریکی بین دو قطب دارای اختلاف پتانسیل در یک کانال یونیزه شده را قوس الکتریکی گویند.

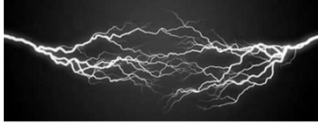
95

95

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

قوس الکتریکی



Electric Arc

❑ ساختار یونیزه به ترکیبی اشاره دارد که در آن، ذرات باردار مثبت، منفی و خنثی به صورت مخلوط کنار هم قرار گرفته باشند.

❑ برای ایجاد کانال یونیزه باید اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) به اندازه کافی بالا باشد.

❑ تشکیل قوس الکتریکی در اثر یونیزاسیون گاز پدید می آید.

❑ گاز یونیزه گازی است که اجزاء تشکیل دهنده آن باردار هستند.

❑ به بیان ساده تر:

➤ قوس الکتریکی ابزاری جهت ایجاد جریان الکتریکی میان دو نقطه مجزا شده توسط یک گاز می باشد. این دو نقطه الکترون نامیده می شود.

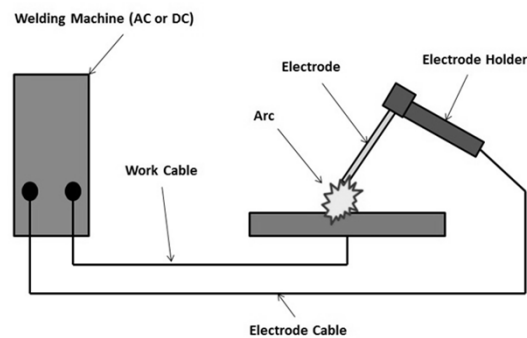
96

96

قوس الکتریکی انواع قوس

قوس مستقیم

اکثر قوس‌ها بین دو فلز ایجاد می‌شود که یکی از آن‌ها الکتروود و دیگری، قطعه کار نامیده می‌شود. هر کدام دارای قطب مثبت و منفی شده و بین آن‌ها قوس الکتریکی ایجاد می‌شود. به این حالت قوس مستقیم می‌گویند.



97

97

قوس الکتریکی انواع قوس

قوس مستقیم

(الف) جوشکاری قوسی با الکتروود مصرفی (Consumable Electrodes)

این دسته از الکتروودها در حین برقراری قوس ذوب می‌شوند و جزئی از فلز جوش را تشکیل می‌دهند.

(ب) جوشکاری قوسی با الکتروود غیرمصرفی

(Non Consumable Electrodes)

این الکتروودها برای ایجاد قوس و ذوب شدن لبه‌های قطعه کار مورد استفاده واقع می‌شوند، ولی خود ذوب نمی‌شوند.



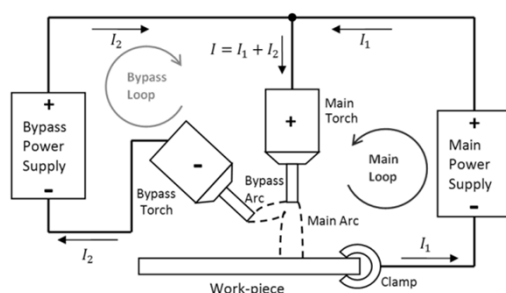
98

98

قوس الکتریکی انواع قوس

قوس غیر مستقیم

اگر قطعه کار رسانا نباشد (مانند سرامیک) بایستی قوس را بین دو الکترود ایجاد کنیم و قوس ایجاد شده می تواند بصورت غیرمستقیم قطعه کار را ذوب (یا حالت خمیری) یا برش دهد.

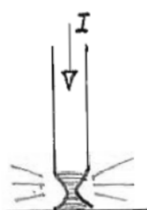


99

99

قوس الکتریکی شروع قوس

- ❑ فقط بکار بردن پتانسیل لازم در الکترود سرد قوس الکتریکی بوجود نمی آید.
- ❑ قوس هنگامی می تواند ایجاد شود که یک کانال یونیزه شده یا هادی الکترود موجود باشد. این کانال می تواند به دو طریق عمده زیر آماده شود:
 - بکار بردن ولتاژ خیلی بالا (HF) که سبب دشارژ یا خالی شدن بار الکتریکی شود.
 - ایجاد بخارات فلزی



- ❖ مثلاً در جوشکاری با الکترود دستی، تماس الکترود و قطعه کار به یکدیگر سبب ایجاد قطره کوچکی در نوک الکترود می گردد. این قطره از یک طرف تمایل به چسبیدن به الکترود دارد و از سوی دیگر به قطعه کار. در نهایت جریان الکتریکی عبوری از ناحیه نازک شده سبب ایجاد بخارات فلزی و تشکیل کانال یونیزه می گردد.



100

100

قوس الکتریکی دمای قوس

➤ دمای قوس در فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن تا حدود ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد و در فرآیند جوشکاری قوس با الکترود روپوشدار تا حدود ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد می رسد (تفاوت در ترکیبات کانال یونیزه شده در این دو روش). این دما قادر است ترکیبات فلزی و غیر فلزی را به اتم های تشکیل دهنده آن تجزیه کند و یا یونیزه نماید.

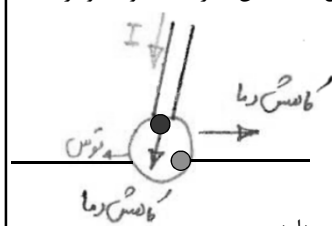
➤ دما در نقاط مختلف قوس، متفاوت است.

❑ بالاترین دما با رنگ قرمز

❑ کمترین دما با رنگ آبی

➤ شدت جریان (I) بر میزان دما و حتی نور تاثیر مستقیم دارد.

➤ تغییرات یا تمهیداتی که در مشعل ایجاد می شود می توانند سبب تغییر شکل قوس و تغییر در دمای قوس شود.

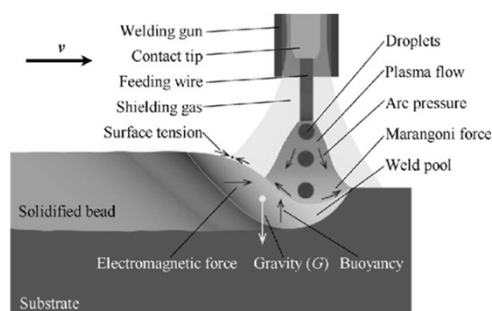


101

101

قوس الکتریکی پایداری قوس

➤ یک قوس پایدار دارای سه ویژگی اصلی است: شکل ثابت قطرات (a constant shape of droplets)، طول ثابت قوس (constant length of arc) و مقدار کم پاشش (low amount of spatter).



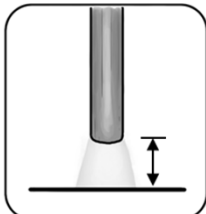
102

102

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

قوس الکتریکی

طول قوس



➤ طول قوس (length of arc)

فاصله بین الکترود تا سطح حوضچه مذاب جوش می باشد. طول قوس مناسب جهت ایجاد اتصالات بی نقص، دارای اهمیت می باشد.

➤ در الکترودهای مصرفی: چنانچه طول قوس بیش از حد زیاد باشد، این امر باعث انحراف مسیر و کاهش قدرت قوس و در نهایت ایجاد پاشش هایی از فلز مذاب هنگام حرکت آن از سوی الکترود به سوی جوش، خواهد شد.

➤ جوشکاری با طول قوس کوتاه (ولتاژ قوس پایین)، در جوشکاری با جریان مستقیم آسانتر از جریان متناوب می باشد.



103

103

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

قوس الکتریکی

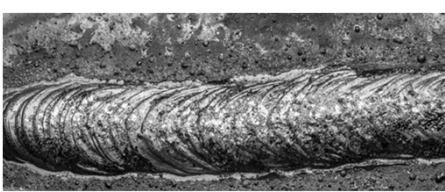
انحراف یا وزش قوس

Arc Blow



جوشکاری بدون وزش قوس

جوشکاری با وزش قوس



104

104

Arc Blow

قوس الکتریکی انحراف یا وزش قوس

- عبور جریان الکتریکی در الکتروود، قطعه کار و کابل جوشکاری موجب ایجاد یک حوزه مغناطیسی می گردد که به صورت دایره های متوالی عمود بر عبور جریان می باشند.
- هنگامی که حوزه ی اطراف قطعه کار یا الکتروود نامتعادل شود، قوس به طرفی که تمرکز حوزه بیشتر است انحراف می یابد، این انحراف از حالت حقیقی، به وزش قوس موسوم است.
- انحراف قوس یا وزش قوس بیشتر در جریان یکنواخت یا DC رخ می دهد، زیرا حوزه مغناطیسی از نظر جهت ثابت است، اما در جریان متناوب (AC) به علت تغییر جهت جریان الکتریکی در هر نیم سیکل این انحراف قوس کمتر اتفاق افتاده یا ناچیز است .

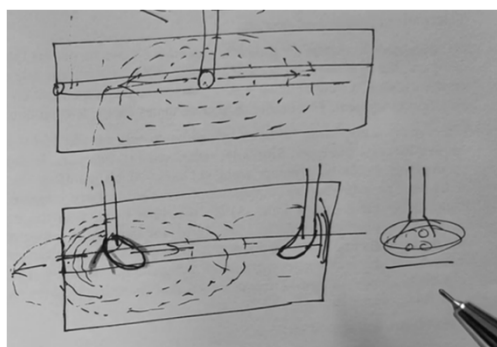
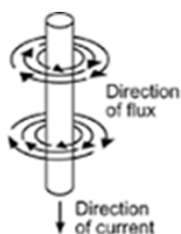


105

105

Arc Blow

قوس الکتریکی انحراف یا وزش قوس

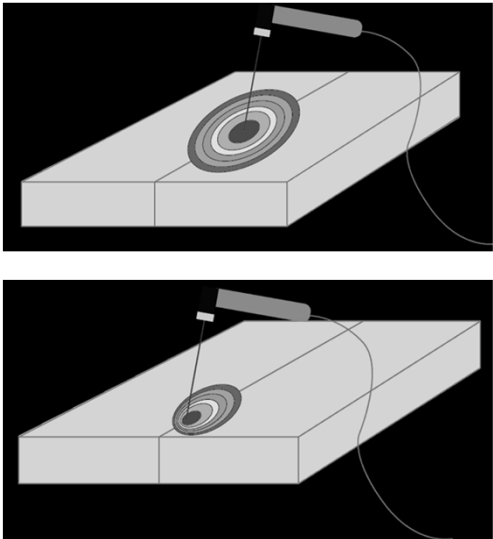


106

106

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

قوس الکتریکی انحراف یا وزش قوس Arc Blow




107

107

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

قوس الکتریکی

تمرین ۰۶

انحراف یا وزش قوس

✓ دلایل ایجاد در ابتدا و انتهای جوش (لبه های قطعات)

✓ روش های جلوگیری




108

108

مسهود احمدي
تكنولوژي و بازرسى جوش

قوس الكترىكى

تمرين ۰۷

معرفى انواع دستگاه هاى جوشكارى

- ✓ جريان الكترىكى ورودى به كارگاه جوشكارى
- ✓ ترانسفورماتور
- ✓ ركتى فاير
- ✓ ژنراتور الكترىكى
- ✓ ژنراتور احتراقى
- ✓ اينورتر





109

109

مسهود احمدي
تكنولوژي و بازرسى جوش

تدرىس موارد زير بصورت نوشتارى

- ☐ نكات تكميلى تمرين ۷
- ☐ مقايسه دستگاه هاى جوشكارى
- ☐ مقايسه جريان AC و DC
- ☐ پديده Arc Cleaning (قدرت تميزكنندگى قوس)



110

110

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

Arc Welding-AW

جوشکاری با قوس الکتریکی

در این روش برای ذوب کردن فلز از قوس الکتریکی استفاده می‌شود.

انواع جوشکاری قوس الکتریکی

Shielded Metal Arc Welding	جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)
Submerged Arc Welding	جوش قوس الکتریکی غوطه ور یا جوش زیرپودری (SAW)
Gas Metal Arc Welding	جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ (GMAW)



111

111

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

- نام کتابی این جوش، جوش قوس الکتریکی با الکترود روکشدار است که در محاورات فنی به جوشکاری قوسی با الکترود دستی معروف است.
- در این جوش از الکترودهای پوشش دار استفاده می‌شود.
- هر چهار مدل دستگاه جوش در این نوع جوشکاری استفاده می‌شود.
- محدوده آمپر مورد استفاده: ۵۰-۳۵۰ آمپر
- در فرآیند جوشکاری الکترود دستی از الکترودهای مصرفی استفاده می‌شود.

الکترود مصرفی (Consumable Electrodes)

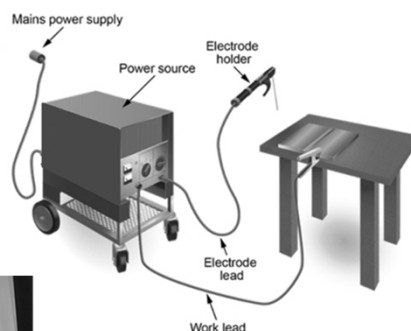
این دسته از الکترودها در حین برقراری قوس ذوب می‌شوند و جزئی از فلز جوش را تشکیل می‌دهند.



112

112

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)



113

113

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

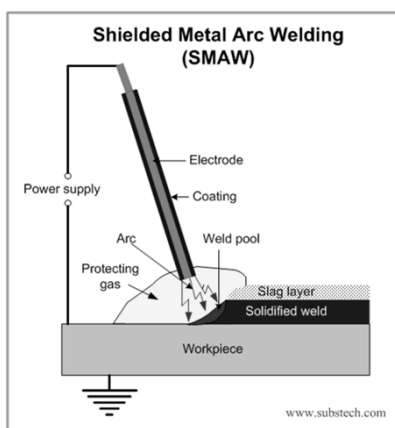
- این روش جوش کاری با ذوب فلز پایه، فلز الکترود و روکش آن همراه است و فلز الکترود به عنوان یک ماده پرکننده عمل می کند.
- قوس الکتریکی که بین نوک الکترود و ورق ایجاد می شود، باعث ذوب شدن نوک الکترود می گردد و قطره های مذاب همراه قوس حرکت می کنند تا محل درز با فلز پرکننده پر شود.
- چون مغزه فولادی الکترود در دمایی کمتر از پوشش آن ذوب می شود، در نتیجه همواره فلز مذاب در حین جابجایی در طول قوس محافظت می شود. زیرا قسمتی از ماده پوشش الکترود به صورت بخار (گاز) درآمده و حوضچه مذاب را در مقابل نفوذ هوا محافظت می کند و قسمت دیگر به صورت سرباره (گل جوش) منجمد می شود که روی سطح فلز جوش رسوب می کند و امکان سرد شدت تدریجی و آهسته را فراهم می آورد. بدین ترتیب خواص مکانیکی و متالورژیکی جوش ارتقا می یابد.



114

114

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)



➤ بعد از سرد شدن نوار جوش و قبل از انجام نوار دوم جوش (عبور دوم یا پاس دوم) باید سرباره یا گل جوش روی پاس اول برداشته شود. این عمل به کمک چکش گل زن و فرچه فلزی صورت می گیرد.

➤ در واقع ابتدا پاس اول گل زنی شده و سپس روی آن فرچه فلزی کشیده می شود.



115

115

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

□ سیکل کاری یا چرخه کاری (Duty Cycle) دستگاه جوش

➤ یکی از مواردی که راجع به انواع دستگاه جوش باید بدانیم، چرخه کاری آن است. چرخه کاری دستگاه جوش، مشخص می کند که چه مدت می توانید با دستگاه جوش کار کنید. هر دستگاه جوش با توجه به قدرت و آمپری که دارد از یک چرخه عملکرد برخوردار است که این چرخه بر حسب درصد توسط شرکت سازنده اعلام می شود. هر چه چرخه کارایی یک دستگاه بیشتر باشد، مدت زمانی که می توان با دستگاه کار کرد؛ بیشتر می شود.

30A/15.5V - 140A/21V (max 170A/20V)						
		X	20%	60%	100%	
U ₀	V	I ₂	140A	80A	60A	
29 ÷ 51		U ₂	21V	18V	17V	



116

116

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

❑ سیکل کاری یا چرخه کاری (Duty Cycle) دستگاه جوش

$$D.C. = \frac{\text{مجموع زمان روشن بودن قوس}}{\text{زمان استاندارد}} * 100$$

➤ استاندارد EN60974-1 اروپا، یکی از استانداردهای مورد قبول برای چرخه کاری است و به عنوان بهترین معیار کارکرد ماشین در شرایط واقعی در نظر گرفته می‌شود. برای انجام این تست، دو بار دستگاه را به سربار حرارتی می‌رساند و مدت زمانی را که دستگاه در ۱۰ دقیقه کار می‌کند، به عنوان چرخه کاری آن در نظر می‌گیرند.

➤ به زبان ساده تر چرخه عملکرد دستگاه جوش به مدت زمانی گفته می‌شود که دستگاه می‌تواند بدون وقفه کار کند.



117

117

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

❑ سیکل کاری یا چرخه کاری (Duty Cycle) دستگاه جوش

$$D.C. = \frac{\text{مجموع زمان روشن بودن قوس}}{\text{زمان استاندارد}} * 100$$

➤ برای مثال اگر یک دستگاه جوشکاری دارای چرخه کاری ۳۰ درصد در ۲۰۰ آمپر باشد یعنی این دستگاه در طول ۱۰ دقیقه می‌تواند ۳ دقیقه با ۲۰۰ آمپر کار کند. ۷ دقیقه بعدی دستگاه نیاز به خنک شدن و استراحت دارد.

➤ Duty cycle معمولاً در اکثر دستگاه‌های جوش موجود ۶۰٪ می‌باشد. یعنی در هر ۱۰ دقیقه جوشکاری باید ۶ دقیقه جوشکاری کرده و ۴ دقیقه به دستگاه جوش استراحت دهیم. می‌توان گفت قیمت دستگاه جوش با چرخه عملکرد دستگاه جوش رابطه مستقیمی دارد.



118

118

مסعود احمدي

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

وسایل جانبی جوشکاری SMAW

کابل جوشکاری

انبر جوشکاری

انبر (گیره) اتصال

رابط کابل

موقعیت دهنده

میز جوشکاری

چکش

برس سیعی

انبر قطعه گیر



119

119

مסعود احمدي

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)




➤ یکی از اجزای اصلی جوشکاری است که قطر آن با توجه به مقدار جریان مورد نیاز برای جوشکاری بدون ایجاد گرمای زیاد، انتخاب می شود. کابل جوشکاری باید ویژگی هدایت الکتریکی بالا و استحکام کافی را دارا بوده و در عین حال انعطاف پذیر باشد.

➤ طول کابل جوشکاری در حد امکان کوتاه انتخاب می شود تا باعث افت ولتاژ و آمپر نگردد. در جوشکاری از دو نوع کابل، یکی جهت اتصال به قطعه کار و دیگری برای اتصال به انبر جوشکاری، استفاده می شود. برای اتصال کابل ها به ترمینال ها از بست های ویژه کابل (cable shoe) استفاده می شود.



120

120

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

مس	آلومینیوم	۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰
مسافت (m)	مسافت (mm)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)	جریان (A)
۱.۵	-	۲۷	۱۵	۷	۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۲.۵	-	۳۶	۲۵	۱۲	۸	۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۴	-	۴۶	۴۰	۲۰	۱۳	۱۰	۸	۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۶	۱۰	۵۸	۵۸	۳۰	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۸	۷	۶.۵	۶	۵	-	-	-	-
۱۰	۱۶	۷۷	۷۷	۵۰	۳۳	۲۵	۲۰	۱۶	۱۴	۱۲	۱۱	۱۰	۸	۷	۶	۵	۵
۱۶	۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۵۳	۴۰	۳۲	۲۶	۲۲	۲۰	۱۷	۱۶	۱۳	۱۱	۱۰	۸	۸
۲۵	۵۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۸۳	۶۲	۵۰	۴۱	۳۵	۳۱	۲۷	۲۵	۲۰	۱۷	۱۵	۱۳	۱۲
۳۵	۷۰	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۱۵	۸۶	۶۹	۵۷	۴۹	۴۳	۳۸	۳۴	۲۸	۲۴	۲۱	۱۸	۱۷
۵۰	۹۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۱۵۶	۱۱۷	۹۳	۷۸	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۸	۳۲	۲۸	۲۵	۲۳
۷۰	۱۲۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۲۲	۱۶۶	۱۳۳	۱۱۱	۹۵	۸۳	۷۴	۶۶	۵۵	۴۷	۴۱	۳۶	۳۳
۹۵	۱۵۰	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۲۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۲۹	۱۱۲	۱۰۰	۹۰	۷۵	۶۴	۵۶	۵۰	۴۵	۴۵
۱۲۰	۱۸۵	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۲۷۸	۲۲۲	۱۸۵	۱۵۹	۱۳۹	۱۲۳	۱۱۱	۹۲	۸۹	۶۹	۶۷	۵۵	۵۵
۱۵۰	۲۴۰	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۳۰	۲۶۴	۲۲۰	۱۸۹	۱۶۵	۱۴۷	۱۳۲	۱۱۰	۹۴	۸۲	۷۳	۶۶	۶۶
۱۸۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳۹۳	۳۱۴	۲۶۷	۲۲۴	۱۹۶	۱۷۴	۱۵۷	۱۳۱	۱۱۲	۹۸	۸۷	۷۸	۷۸
۲۴۰	۴۰۰	۴۶۵	۴۶۵	۴۶۵	۴۲۷	۳۴۹	۲۹۱	۲۴۹	۲۱۸	۱۹۴	۱۷۴	۱۴۵	۱۲۴	۱۰۹	۹۷	۸۷	۸۷
۳۰۰	۵۰۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	۴۹۶	۳۹۷	۳۳۱	۲۸۳	۲۴۸	۲۲۰	۱۹۸	۱۶۵	۱۴۱	۱۲۴	۱۱۰	۹۹

➤ به قسمتی از جدول بالا که با رنگ آبی مشخص شده است توجه کنید. مطابق اعداد درج شده در این ستون و ردیف، کابل آلومینیومی ۱۵۰ میلیمتر مربعی می تواند در سیستم سه فاز ۳۸۰ یا ۴۰۰ ولت، ۱۰۰ آمپر را در فاصله ۴۵۰ متری از خود عبور دهد در حالی که افت ولتاژ و دمای کابل بیشتر از حد مجاز نشود.

121

121

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

انبر جوشکاری

➤ از انبر جوشکاری برای نگهداری الکترود در زوایای مختلف در هنگام جوشکاری استفاده می شود.

➤ جنس مغزی آن از آلیاژ مس بوده و روکش عایق آن از جنس کائوچو، لاستیک یا فیبر فشرده است. انبرهای جوشکاری بر اساس میزان آمپر عبوری از آنها دسته بندی می شوند. فک های انبر دارای شیارهایی است که می توان الکترود را به صورت زاویه دار در آن قرار داد.



122

122

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

انبر (گیره) اتصال

از این انبر برای اتصال قطعه کار و تکمیل مدار جوشکاری استفاده می شود. انبر اتصال نیز باید دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا و استحکام بسیاری باشد و لازم است قدرت فتر نگه دارنده آن نیز زیاد باشد.



123

123

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

رابط کابل

به منظور اتصال کابلها به انبر یا ترمینال های خروجی دستگاه و همچنین برای اتصال دو کابل به یکدیگر از رابط ها استفاده می شود. رابط (فیش) باید دارای استحکام کافی بوده و توان هدایت الکتریکی بالایی داشته باشد. به همین دلیل رابط عموماً از جنس مس، آلومینیم یا فولاد ساخته میشوند. اتصال آنها به کابل به صورت جوشکاری، لحیم کاری یا پرسی است.



124

124

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

میز جوشکاری

برای قرار دادن قطعه کار و کابل اتصال زمین و برخی ابزارهای لازم و همچنین ایجاد عملیات جوشکاری در ارتفاع مناسب، از میز جوشکاری استفاده می‌شود. میز جوشکاری معمولاً فولادی بوده و آن را در کابین جوشکاری و با حفاظ‌های مناسب، قرار می‌دهند. میز جوشکاری باید دارای یک موقعیت دهنده ساده برای قرار دادن قطعه کار در حالت‌های مختلف برای جوشکاری و جعبه نگه دارنده الکترود و جعبه الکترود‌های مصرف شده باشد.



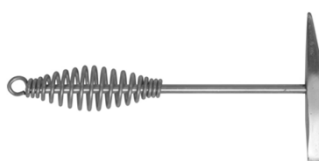
125

125

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

چکش جوش

از چکش جوش برای پاک کردن و برداشتن سرباره و جرقه جوش از روی قطعه کار استفاده می‌شود و سطح قطعه کار را برای جوش‌های بعد آماده می‌کند. یک سر چکش به صورت سنبه بوده که برای تمیز کردن شیارها و حفره‌ها به کار می‌رود و سر دیگر آن به شکل گوه تیزی است که برای شکستن سرباره جوش استفاده می‌شود.



126

126

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

برس سیمی



برای پاک کردن پس مانده های دوده در کناره های خط جوش مورد استفاده قرار می گیرد. برس سیمی بصورت دستی یا ماشینی به کار می رود.

انبر قطعه گیر



برای نگهداری و جفت و جور کردن قطعات یا جابه جا کردن قطعات جوشکاری شده به کار می رود. انبر های قطعه گیر در فرم ها و اندازه های مختلف و با توجه به وضعیت قطعه کار ساخته می شوند.



127

127

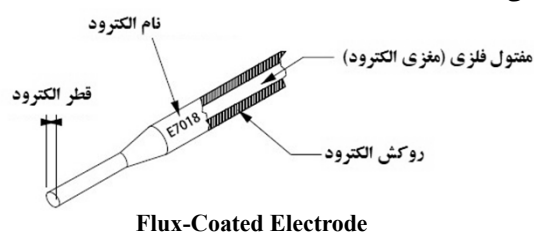
جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

عموما منظور از مواد مصرفی در جوشکاری SMAW، الکترود می باشد. الکترود جوشکاری مفتول فلزی است که دور تا دور آن توسط پوشش فلاکس (Flux Coating) احاطه گردیده است. قطر الکترود از روی قطر مغزی آن محاسبه می گردد.

جوشکاری قوسی با الکترود مصرفی (Consumable Electrodes)

این دسته از الکترودها در حین برقراری قوس ذوب می شوند و جزئی از فلز جوش را تشکیل می دهند.



Flux-Coated Electrode



128

128

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی



129

129

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مغزی (هسته) الکترود ضمن هدایت جریان الکتریکی و برقراری قوس بین نوک الکترود و سطح قطعه کار، خود نیز ذوب می شود و از مخلوط شدن مذاب مغز الکترود با مذاب لبه های قطعه کار، حوضچه مذاب به وجود می آید که پس از انجماد فلز جوش را تشکیل می دهد.

معیار اندازه گیری الکترود بر اساس قطر مغز فلزی آن است و معمولاً با قطرهای 2، 2.5، 3، 4 و 5 میلی متر تولید می شوند.

الکترود میکا E6013: الکترود 2.5، دارای طول ۳۰ سانتیمتر، الکترود ۳.۲ و ۴، دارای طول ۳۵ سانتیمتر و الکترود ۵، دارای طول ۴۵ سانتیمتر است.

انتهای الکترودهای روکش دار حدود ۳ سانتی متر به منظور قرار گرفتن در دهانه انبر جوشکاری و برقراری اتصال الکتریکی لخت می باشد.



130

130

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مغزی (هسته) الکترود

- برای دستیابی به یک جوش مناسب، نزدیک بودن ترکیب شیمیایی الکترود به ترکیب شیمیایی فلز پایه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
- جنس هسته الکترود
 - ☐ فولاد ساده کربنی (کم کربن): طیف غالب الکترودها در این بخش قرار می گیرد.
 - ☐ فولاد آلیاژی: عمدتاً فولاد زنگ نزن هستند.
 - ☐ غیر آهنی: نیکل، آلومینیوم، مس
- وجود پوشش های متنوع و فراوان، سبب شده است تا سازندگان الکترود فقط از تعداد محدودی مغزی الکترود برای تولید صدها نوع الکترود استفاده کنند. پس شرکت های سازنده با تنوع پوشش بیشتر سروکار دارند و هسته عموماً فولاد کم کربن هستند.



131

131

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مغزی (هسته) الکترود

تمرین ۸

- جنس هسته الکترود
 - ☐ فولاد ساده کربنی (کم کربن): طیف غالب الکترودها در این بخش قرار می گیرد.
 - ☐ فولاد آلیاژی: عمدتاً فولاد زنگ نزن هستند.
 - ☐ غیر آهنی: نیکل، آلومینیوم، مس

عناصر تشکیل دهنده هسته الکترود در دسته بندی انجام شده



132

132

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

پوشش (روکش) الکترود

➤ روکش، پوشش یا فلاکس الکترودها از مواد مختلفی ساخته شده اند که آن ها را طبق فرمولاسیون خود با هم مخلوط می کنند و با روش های مختلف روی مفتول فلزی پوشش می دهند

➤ این خمیر را که اصطلاحاً گل الکترود نامیده می شود، به وسیله پرس های مخصوصی و با فشار روی میله فلزی پرس می کنند. خمیر روکش داده شده را در کوره خشک کن کاملاً خشک کرده و در نهایت الکترود را بسته بندی می نمایند.

➤ روکش الکترود سه نقش عمده متالورژیکی، الکتریکی و فیزیکی را در جوش ایفا می کند.



133

133

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

پوشش (روکش) الکترود

➤ روکش الکترود سه نقش عمده متالورژیکی، الکتریکی و فیزیکی را در جوش ایفا می کند.

□ در حضور مواد و عناصر موجود در ترکیب روکش، وظایف متالورژیکی مهمی چون آلیاژسازی (کنترل ترکیب شیمیایی و خواص ناحیه جوش)، محافظت از حوضچه مذاب با تولید گازهای محافظ و سرباره یا گِل جوش، اکسیژن زدایی با حضور عناصر اکسیژن زدا، تصفیه مذاب (جذب ناخالصی های (مثلاً گوگرد، فسفر، ... آزاد شده از فلز پایه)، کاهش نرخ سرد شدن فلز جوش با سرباره سازی، قابلیت جداسازی سرباره و ... بر عهده روکش الکترود است.



134

134

مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

پوشش (روکش) الکترود

➤ روکش الکترود سه نقش عمده متالورژیکی، الکتریکی و فیزیکی را در جوش ایفا می کند.

❑ هدایت الکتریسیته در قوس، یونیزاسیون و بهبود شروع، پایداری و ثبات قوس الکتریکی با حضور فلزات قلیایی خاکی چون سدیم که سریع یونیزه می شوند از جمله نقش های الکتریکی روکش است.

❑ نقش روکش یا پوشش از نظر فیزیکی این است که باعث شود عمل جوشکاری توسط الکترود به آسانی انجام بگیرد، به خصوص در وضعیت جوشکاری قائم یا بالای سر که حرکت مذاب بر خلاف جاذبه زمین است. ویسکوزیته، کشش سطحی و ضخامت روکش نقش مهمی در این مورد ایفا می کند.

تکنولوژی و بازرسی جوش



135

135

مسعود احمدی

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

تنوع الکترود

➤ تنوع می تواند بر اساس طبقه بندی هسته و پوشش باشد.

➤ عمده تنوع بر اساس تنوع ترکیبات پوشش می باشد.

➤ مواد اصلی پوشش دهنده الکترودها

❑ مواد تشکیل دهنده گاز (گاز ساز یا گاز زا)

❑ سرباره ساز

❑ مواد احیاکننده و اکسیژن زدا

❑ چسب

❑ پودر آهن (در بعضی از الکترودها فقط وجود دارند)

❑ فروآلیاژها (ترکیبات آلیاژی) (در بعضی از الکترودها فقط وجود دارند)

تکنولوژی و بازرسی جوش



136

136

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مواد اصلی پوشش دهنده الکترودها

□ مواد تشکیل دهنده گاز (گاز ساز یا گاز زا):

✓ مواد گازی که در اثر تجزیه روکش ایجاد می شود به مانند یک حفاظ در کنار قوس خواهند بود و در واقع اتمسفری تشکیل خواهند داد که موجب حفاظت حوضچه مذاب در مقابل نفوذ گازهای مخرب موجود در اتمسفر (مانند نیتروژن (ازت) و هیدروژن) خواهد شد که باعث شکنندگی و تخلخل در فلز جوش می شوند.

✓ عموماً در این بخش می توان به سلولز صنعتی اشاره کرد.



137

137

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

اجزاء اصلی تشکیل دهنده ترکیب هوا		
ردیف	عنصر	مقدار (درصد)
۱	نیتروژن [N _۲]	۷۸
۲	اکسیژن [O _۲]	۲۱
۳	آرگون [Ar]	۰/۹۶
۴	دی اکسید کربن	۰/۰۳
۵	سایز اجزاء	۰/۰۱



138

138

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مواد اصلی پوشش دهنده الکترودها

□ سرباره ساز:

✓ به صورت سنگ های معدنی می باشند، مانند سنگ تیتان (اکسید تیتانیوم TiO_2) که به صورت طبیعی و به نام روتیل (Rutile) در معادن یافت می شود، سنگ منگنز، فلوراسپار (Fluorspar)، آهک ($CaCO_3$)، خاک چینی، کوارتز، سنگ مرمر، اکسید آهن، بعضی سیلیکات ها و غیره.

□ مواد احیاکننده و اکسیژن زدا (Deoxidizer):

✓ مواد احیاکننده و اکسیژن زدا مثل فرومنگنز، فروسیلیسیم، فروکروم، فروتیتانیوم و غیره که برای احیای برخی اکسیدها به کار می روند.



139

139

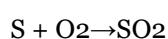
یادآوری

□ احیا به معنی تبدیل کانی های غیر اکسیدی حالت اولیه به کانه اکسیدی و بدست آوردن فلز مورد نظر از کانه اکسیدی.

□ فرآیند اکسیداسیون (اکسایش): فرآیندی است که در آن یک جسم (اکسید کننده) الکترون می گیرد و عدد اکسایش یک اتم افزایش می یابد.

□ فرآیند احیا (کاهش): فرآیندی است که در آن یک جسم (احیا کننده) الکترون از دست می دهد و عدد اکسایش یک اتم کاهش می یابد.

□ واکنش زیر یک واکنش اکسایش و کاهش می باشد. چون عدد اکسایش اتم S از صفر به $4+$ افزایش پیدا می کند و می گوئیم گوگرد اکسید شده است و عدد اکسایش اتم O از صفر به $2-$ کاهش پیدا کرده است و می گوئیم اکسیژن کاهش شده است:



140

140

بیان ساده تر

❑ مواد احیاکننده و اکسیژن زدا (Deoxidizer):

- ✓ وظیفه آنها جذب اکسیژن و بعضاً گوگرد است. یعنی هنگامیکه به هر دلیلی اکسیژن وارد مذاب می شود، سیلیسیم و منگنز (بصورت فروسیلیسیم و فرومنگنز) با اکسیژن واکنش می دهند و به صورت SiO_2 و MnO_2 خارج می شوند.
- ✓ در پوشش الکترودهای خیلی خاص ممکن است از عناصر اکسیژن زدای خیلی قوی مانند Ti، Mg و Al استفاده شود که البته خیلی متداول نیست.

Magnesium
منیزیم

Titanium
تیتانیوم

Aluminium
آلومینیوم



141

141

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مواد اصلی پوشش دهنده الکترودها

❑ چسب:

- ✓ عوامل چسباننده که باعث خمیری شدن و چسبیدن پوشش روی مغزی می گردند: مثل سیلیکات سدیم و سیلیکات پتاسیم

❑ پودر آهن (در بعضی از الکترودها فقط وجود دارند):

- ✓ در بعضی الکترودها، برای افزایش نرخ رسوب و راندمان و بازدهی، مقداری پودر فلز پایه نیز اضافه می شود به طور مثال در الکترودهای فولادی، مقادیری پودر آهن به پوشش اضافه می گردد.



142

142

جوش قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW/MMAW)

مواد مصرفی جوشکاری SMAW

مواد اصلی پوشش دهنده الکترودها

□ فروآلیاژها (ترکیبات آلیاژی):

✓ عناصر آلیاژی (مانند فروکروم، فرونیکل، فرووانادیم، فروتیتانیوم و ...) که برای رساندن ترکیب نهایی جوش به آنالیز مورد انتظار به پوشش اضافه می شود.

Fe-Cr فروکروم

Fe-Ni فرونیکل

Fe-V فرووانادیم

Fe-Ti فروتیتانیوم



143

143

جوش SMAW/MMAW تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

یکی از روشهای متداول در تقسیم بندی الکترودهای روپوشدار (روکش دار)، دسته بندی آنها از نظر نوع پوشش و خصوصیات مواد بکار رفته در آن است.

الکترودهای سلولزی

الکترودهای روتیلی

الکترود قلیایی یا کم هیدروژن

الکترود اکسیدی

الکترود اسیدی

الکترود روتیلی-قلیایی



144

144

جوش SMAW/MMAW تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

Cellulosic Electrode

الکترودهای سلولزی (نفوذی)

- ❑ در پوشش این دسته از الکترودها مقدار زیادی (حدود ۴۰ درصد) سلولز وجود دارد. در دمای قوس سلولز می سوزد و تولید گازهای دی اکسید کربن CO_2 ، مونوکسید کربن CO و هیدروژن H_2 می کند. ایجاد دود زیاد از معایب این نوع الکترود می باشد.
- ❑ پوشش های سلولزی در حین جوشکاری مقدار زیادی گاز هیدروژن آزاد می کنند؛ بنابراین محل جوش مستعد ترک خوردگی می شود.
- ❑ از خصوصیات مهم این نوع الکترودها نفوذ (عمق جوش) بالای آنها می باشد. به همین دلیل از آنها بیشتر در جوشکاری پاس ریشه استفاده می کنند.
- ❑ این الکترودها اگرچه سرباره کمی تولید می کنند ولی سرباره آنها چسبندگی زیادی دارد بنابراین تمیزکاری گل جوش آنها کمی مشکل است.



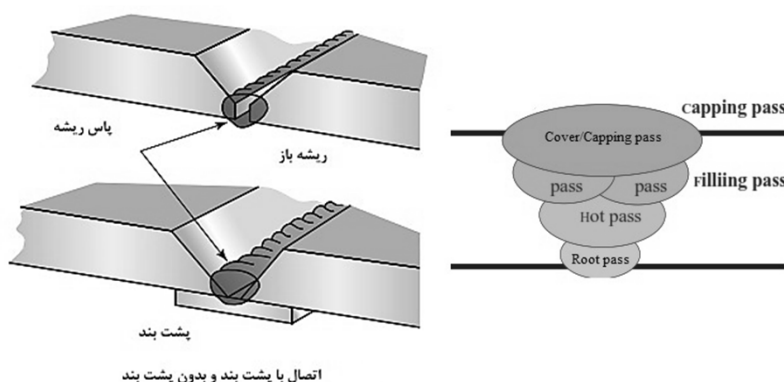
145

145

جوش SMAW/MMAW تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

Cellulosic Electrode

الکترودهای سلولزی



- ❑ بحث صرفه جویی در برشکاری و پخ سازی



146

146

جوش SMAW/MMAW تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

Rutile Electrode

الکترودهای روتیلی

- ❑ اکسید تیتانیوم (TiO_2) در اصطلاح روتیل نیز نامیده می شود، بنابراین الکترود ساخته شده از اکسید تیتانیوم (حدود ۴۵ درصد) به نام الکترود روتیلی شناخته می شود.
- ❑ پوشش این نمونه از الکترودها به رطوبت حساسیت خاصی ندارند.
- ❑ کار کردن با آنها راحت می باشد (مقدار زیاد تیتانیوم موجود در پوشش الکترود روتیلی باعث پایداری بالای قوس الکتریکی در این الکترود شده است). در نتیجه برای جوشکاری ورق گزینه بسیار مناسبی است.
- ❑ جدا شدن راحت سرباره یا گل جوش و همچنین امکان استفاده از جریان AC و DC از دیگر مزایای این نمونه از الکترودها می باشد.
- ❑ *** در بحث کنترل کیفیت این نوع الکترود شرط toughness بررسی نمی شود و عموماً کشش elongation مطرح است.



147

جوش SMAW/MMAW تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

الکترودهای قلیایی یا بازی

- ❑ الکترود قلیایی از موادی مانند CaO ، MgO ، Al_2O_3 و ... در پوشش خود بهره مند می باشد. دقت شود که مواد سلولوزی و روتیلی هم وجود دارد اما مقادیر عمده را تشکیل نمی دهند.
- ❑ با آنکه نفوذ آن به اندازه الکترود سلولوزی نیست و از سوی دیگر راحتی کار با آن نیز به اندازه الکترود روتیلی نیست، اما خصوصیات مهندسی بهتری را ایجاد می کند.
- ❑ در این نوع الکترود می توان ترکیبات آلیاژی برای بهبود خواص مکانیکی استفاده نمود. دلیل این موضوع آن است که عموماً آلیاژهای اضافه شده با اکسیدهای قلیایی ترکیب نمی شوند.
- ❑ در زمان جوشکاری با الکترود قلیایی مقداری از روپوش الکترود در حرارت قوس می سوزد و دی اکسیدکربن و منو اکسیدکربن تولید می کند تا همانند گاز محافظ از جوشکاری محافظت کند.



148

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW

تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

الکترودهای قلیایی یا بازی

- ❑ قابلیت اکسیژن زدایی موجود در الکترود قلیایی به حذف مقداری از اکسیژن موجود در فلز جوش کمک می کند.
- ❑ سرباره تولید شده در الکترود قلیایی از نوع چسبیده است، بنابراین می توان از آن جهت جوشکاری موقعیت عمودی به پایین استفاده کرد.
- ❑ ضربه پذیری بالا حتی در دماهای بسیار پایین یکی از مزیت های منحصر به فرد الکترودهای قلیایی در مقایسه با نوع سلولزی است.
- ❑ از آنجا که مقدار هیدروژن در الکترودهای قلیایی بسیار ناچیز است (الکترود کم هیدروژن)، از این نوع می توان برای اتصال و جوشکاری فولادهای مستعد به ترک خوردگی سرد یا هیدروژنی استفاده نمود.
- ❑ عموماً از جریان DC باید استفاده نمود. این مورد از نقاط ضعف می باشد.



149

149

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW

تقسیم بندی الکترودهای بر اساس ترکیبات پوشش

الکترودهای قلیایی یا بازی

- ❑ الکترودهای قلیایی جاذب رطوبت هستند. بنابراین قبل از جوشکاری لازم است به مدت ۲ الی ۳ ساعت در دمای حدود ۲۵۰ الی ۳۰۰ درجه سانتیگراد داخل خشک کن قرار گیرند تا گاز هیدروژن ناشی از تجزیه آب در مذاب فلز جوش حل نشود.



150

150

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW

مبحث ۱۰-۱۳۹۲

۲-۳-۳-۱۰ اتصالات جوشی

مشخصات مصالح جوش به کار رفته در اتصالات و وصله‌های اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای و نیز وصله ستون‌های غیرباربر جانبی لرزه‌ای باید مطابق شرایط زیر باشد.

۱. فلز جوش با فلز پایه سازگار باشد.
۲. طاقت نمونه شیار داده شده شاری استاندارد فلز جوش در دمای ۱۸- درجه سلسیوس، حداقل ۲۷ ژول باشد.
۳. در اتصالات و وصله‌های با جوش نفوذی کامل، در قاب‌های خمشی ویژه و متوسط و تیرهای پیوند قاب‌های مهاربندی شده واگرا، باید علاوه بر دو شرط فوق طاقت نمونه شیار داده شده شاری استاندارد فلز جوش در دمای ۲۹- درجه سلسیوس حداقل ۲۷ ژول باشد.



151

151

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

مبحث ۱۰-پیش نویس جدید

۶-۱-۲-۳-۱۰ مصالح جوش

الف) جوش به کاررفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

در کلیه جوش‌های به کاررفته در اعضا و اتصالات سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، مشخصات فلز پرکننده باید مطابق با مشخصات جدول ۲-۳-۱۰ باشد.

جدول ۲-۳-۱۰: مشخصات فلز پرکننده جوش به کاررفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

رده الکترود (فلز پرکننده جوش)		مشخصات
E80	E70	
حداقل 470 MPa	حداقل 400 MPa	تنش تسلیم
حداقل 550 MPa	حداقل 490 MPa	تنش کششی نهایی
حداقل 19 درصد	حداقل 22 درصد	تغییر طول نسبی
حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس	حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس	طاقت نمونه شیار داده شده شاری



152

152

تکنولوژی و بازرسی جوش

مبحث ۱۰-پیش نویس جدید

ب) جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در مواردی که در این فصل جوش‌ها به صورت جوش‌های بحرانی لرزه‌ای مشخص شده‌اند، فلز پرکننده جوش باید علاوه بر برآورده نمودن مشخصات جدول ۱۰-۳-۲، باید مشخصات مطابق جدول ۱۰-۳-۳ را نیز برآورده نماید.

جدول ۱۰-۳-۲: مشخصات فلز پرکننده در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

رده الکترود (فلز پرکننده جوش)		مشخصات
E80	E70	
حداقل 470 MPa	حداقل 400 MPa	تنش تسلیم
حداقل 550 MPa	حداقل 490 MPa	تنش کشش نهایی
حداقل 19 درصد	حداقل 22 درصد	تغییر طول نسبی
حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس	حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس	طاقة نمونه شیار داده شده شاری

0.2% offset method

153

153

تکنولوژی و بازرسی جوش

مبحث ۱۰-پیش نویس جدید

۱۰-۳-۳-۳ جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در قاب‌های خمشی متوسط، جوش‌های زیر، بحرانی لرزه‌ای محسوب می‌شوند و در مورد آن‌ها باید ضوابط بند ۱۰-۳-۲-۱-۶-ب رعایت شود:

الف) جوش‌های شیار در محل وصله ستون‌ها؛

ب) جوش شیار بال تیر یا ورق‌های روسری و زیرسری بال تیر به ستون و نیز جوش شیار جان تیر به ستون؛

پ) جوش‌های اتصال ستون به کف‌ستون.

استثناء: در صورتی که آزمایش‌ها یا تحلیل‌ها نشان دهند که امکان تشکیل مفاصل پلاستیک در پای ستون یا در نزدیکی آن وجود ندارد و ضمناً تحت اثر ترکیبات بارگذاری شامل زلزله تشدید یافته در پای ستون برکنش محتمل نیست، جوش‌های این اتصال می‌توانند بحرانی لرزه‌ای محسوب نشوند.



154

154

مبحث ۱۰-پیش نویس جدید

۱۰-۳-۳-۳ جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در قاب‌های خمشی ویژه، جوش‌های زیر، بحرانی لرزه‌ای محسوب می‌شوند و در مورد آن‌ها باید ضوابط بند ۱۰-۳-۱-۲-۶-ب رعایت شود:

الف) جوش‌های شیار در محل وصله ستون‌ها؛

ب) جوش بال و جان تیر به ستون؛

پ) جوش‌های اتصال ستون به کف‌ستون.

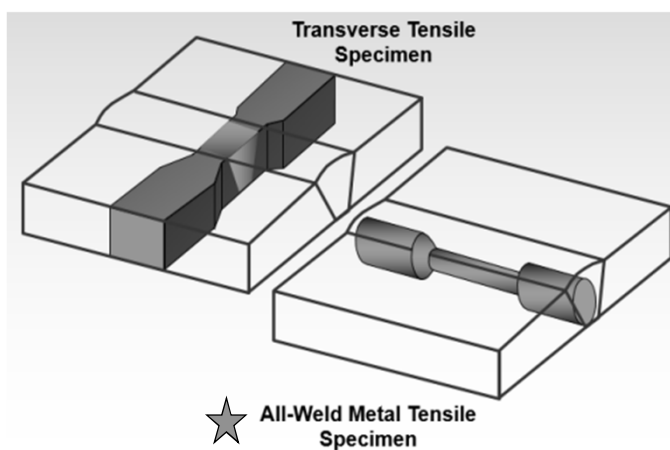
استثناء: در صورتی که آزمایش‌ها یا تحلیل‌ها نشان دهند که امکان تشکیل مفاصل پلاستیک در پای ستون یا در نزدیکی آن وجود ندارد و ضمناً تحت اثر ترکیبات بارگذاری شامل زلزله تشدید یافته در پای ستون برکنش محتمل نیست، جوش‌های این اتصال می‌توانند بحرانی لرزه‌ای محسوب نشوند.



155

155

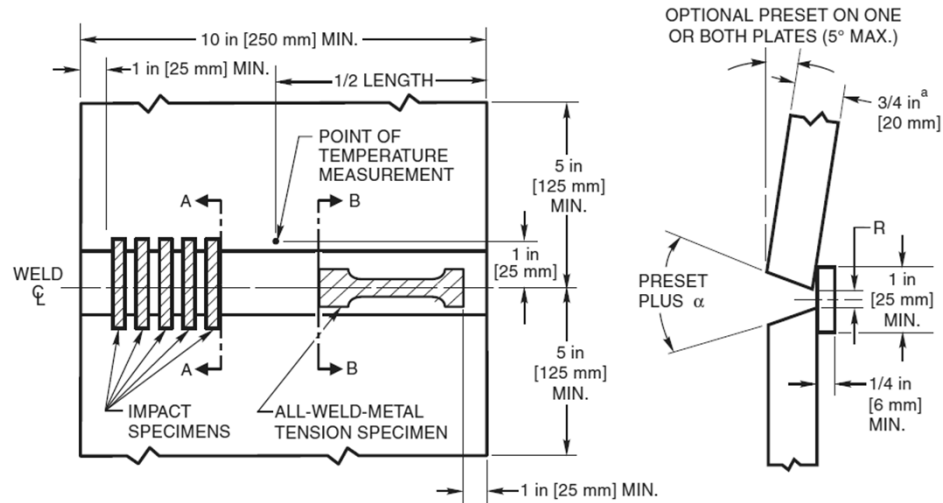
تست کشش در جوش



156

156

AWS D1.8/D1.8M

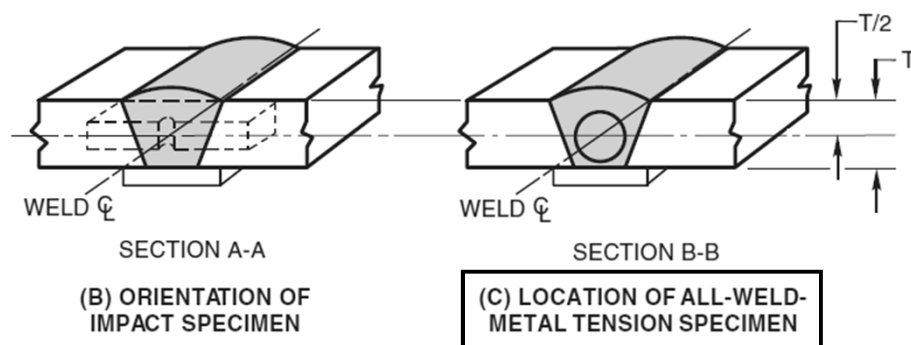


(A) TEST PLATE SHOWING LOCATION OF TEST SPECIMENS

157

157

AWS D1.8/D1.8M

(B) ORIENTATION OF
IMPACT SPECIMEN(C) LOCATION OF ALL-WELD-
METAL TENSION SPECIMEN

158

158

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

تست شاپی در جوش



159

159

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

AWS D1.8 و دیگر اسناد AWS

AWS D1.8 الحاقیه AWS D1.1 می باشد نه جایگزین آن. تمام الزامات AWS D1.1 برقرار است مگر آنکه توسط AWS D1.8 تغییر پیدا کرده باشد

AWS D1.8 صرفاً برای کاربرد در سازه های فولادی ساختمانی به کار می رود

این اسلاید برگرفته از ارائه دکتر علیرضا رضائیان می باشد.



160

160

AWS D1.8 و کاربرد در ایران

ت-۱.۱ کاربرد

این آیین‌نامه نوعاً بر جوشها در سیستمهای مقاوم لرزه‌ای که مطابق مقررات لرزه‌ای AISC طراحی شده باشند، قابل اعمال است. این آیین‌نامه برای اعمال بر طراحی یا ساخت سازه‌های فولادی یا بخشی از سازه‌های فولادی که طبق مقررات لرزه‌ای AISC طرح نشده اند، در نظر گرفته نشده است.

این اسلاید برگرفته از ارائه دکتر علیرضا رضائیان می باشد.



161

161

AWS D1.8 و کاربرد در ایران

ت-۱.۱ کاربرد

این مقررات تنها برای اعمال بر اتصالات یا اعضای که ممکن است تنشها یا کرنشهای سطح تسلیم در حین زلزله طرح تجربه نمایند یا گسیختگی آنها ممکن است تاثیر نامطلوب بسزایی بر عملکرد سیستم مقاوم لرزه‌ای داشته باشد، در نظر گرفته شده اند. بنابراین شامل تمام جوشهای اعضای سیستم مقاوم لرزه‌ای نخواهند بود.

این اسلاید برگرفته از ارائه دکتر علیرضا رضائیان می باشد.



162

162

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

جوش SMAW/MMAW

E - 6011

الکترود
 استحکام کششی جوش
 حالت جوشکاری
 نوع پوشش

حرف E قبل از یک عدد چهار یا پنج رقمی (EXXXXX) منظور الکتروده می باشد که در روش جوشکاری با قوس الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد. چنانچه جوشکاری با روش گاز انجام گیرد از حرف E استفاده نمی شود بلکه بجای آن از حرف RG استفاده می شود و منظور این است:

163

163

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

جوش SMAW/MMAW

E - 6011

الکترود
 استحکام کششی جوش
 حالت جوشکاری
 نوع پوشش

دو یا سه رقم "عدد چهار یا پنج رقمی" بعد از حرف E مشخص کننده استحکام کششی جوش می باشد. مثلا E60xx و E100xx دارای 60 ksi و 100 ksi استحکام کششی جوش هستند.

164

164

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW

نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

۱۰-۲-۶ الکترودها (فلز پرکننده) سازگار با فلز پایه

الکترودها (فلز پرکننده جوش) سازگار با فلز پایه مطابق جدول زیر تعریف می‌شود:

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

نوع الکترودها سازگار	تنش تسلیم مشخصه مصالح فلز پایه (F _y)
E60 یا معادل آن	تا 300 MPa و $t \leq 20$ mm (t = ضخامت فلز پایه)
E70 یا معادل آن	
E70 یا معادل آن	تا 300 MPa و $t > 20$ mm
E70 یا معادل آن	از 300 MPa تا 380 MPa
E80 یا معادل آن	از 380 MPa تا 460 MPa

❑ مطابق مبحث ۱۰، برای جوش‌های شیار با نفوذ کامل و تحت کشش در راستای عمود بر محور طولی جوش، انتخاب الکترودها سازگار با فلز پایه بایستی مطابق جدول فوق باشد.

❑ برای جوش‌های شیار با نفوذ کامل در سایر شرایط بارگذاری و نیز برای جوش‌های شیار با نفوذ نسبی، تا ضخامت ورق ۲۰ میلیمتر استفاده از الکترودها E60 و E70 مجاز بوده ولی برای ضخامت‌های بالاتر فقط استفاده از E70 مجاز است.



165

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW

نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

❑ برای جوش‌های گوشه، انگشتانه و کام رعایت فلز پرکننده سازگار الزامی نبوده ولی در هر حال استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی بیش از یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار مجاز نیست.



166

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW

نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

E-6011

الکتروده

استحکام کششی جوش

حالت جوشکاری

نوع پوشش

دومین عدد از سمت راست مشخص کننده وضعیت جوشکاری می باشد که الکتروده برای آن حالت طراحی شده است.

167

167

تکنولوژی و بازرسی جوش
مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW

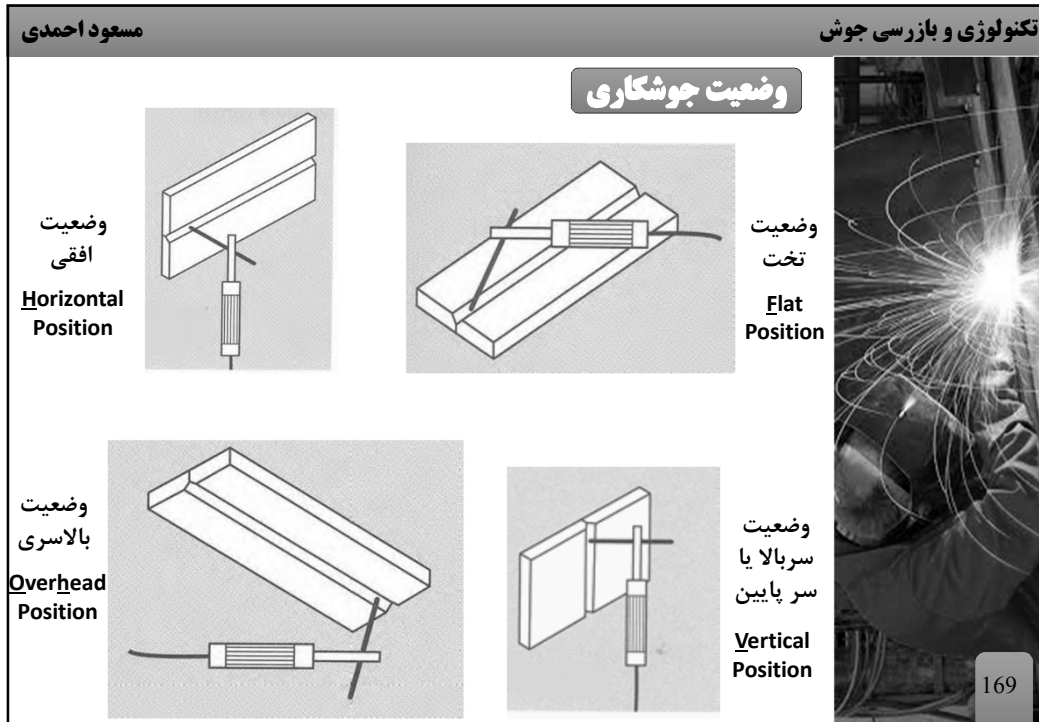
نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

وضعیت جوشکاری

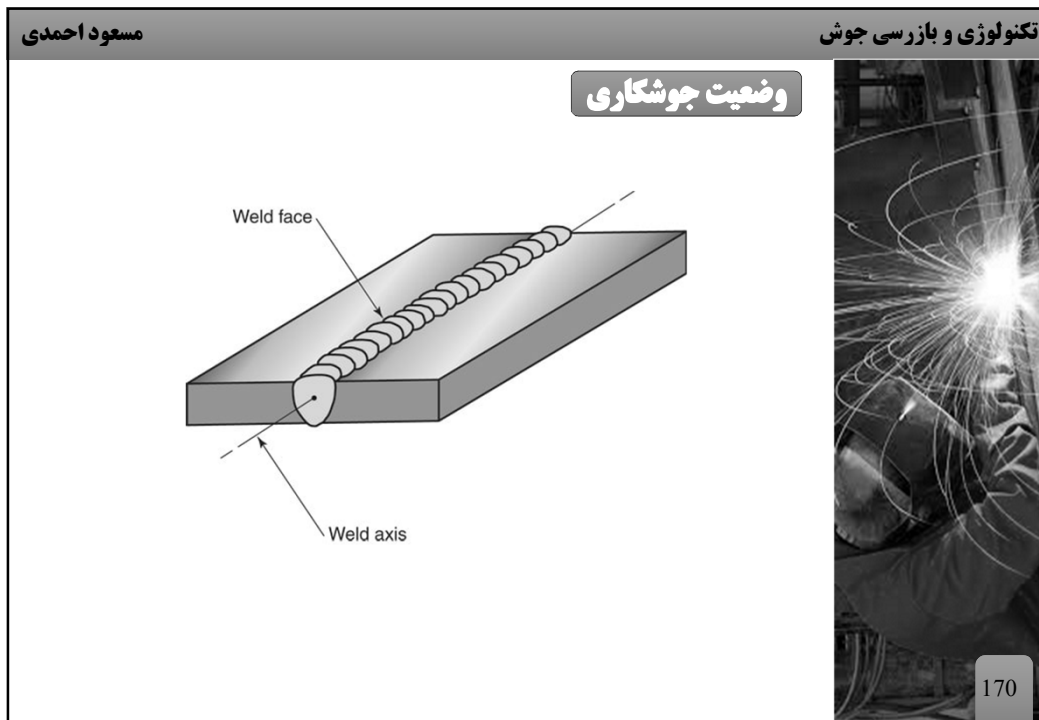
وضعیت جوشکاری یکی دیگر از متغیرهایی است که به طور غیر مستقیم و از طریق تاثیر روی مهارت جوشکار و کنترل مذاب فلز جوش روی اجرای جوشکاری تاثیر می گذارد. بنابراین تا حد امکان سعی می شود اجرای جوشکاری در وضعیت های ساده تر صورت پذیرد تا احتمال به دست آوردن جوش با کیفیت افزایش یابد.

168

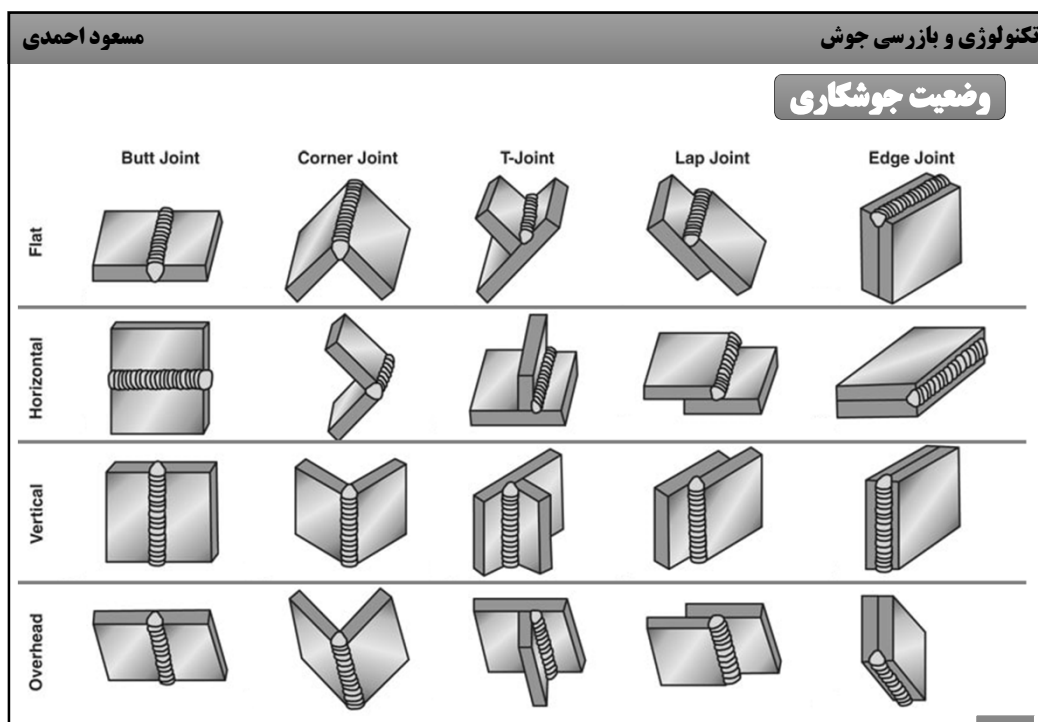
168



169



170



171

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

E-6011

الکتروده
استحکام کششی جوش
حالت جوشکاری
نوع پوشش

دومین عدد از سمت راست مشخص کننده وضعیت جوشکاری می باشد که الکتروده برای آن حالت طراحی شده است.
این عدد می تواند ۱، ۲، ۳ و ۴ باشد.



172

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

EXX1X: منظور از 1

✓ کاربری الکتروده جوشکاری در همه موقعیت‌ها (All Position) می‌باشد.

EXX2X: منظور از 2

✓ کاربری الکتروده جوشکاری فقط برای حالات تخت و افقی (Flat & Horizontal) می‌باشد.

EXX3X: منظور از 3

✓ کاربری الکتروده جوشکاری فقط برای حالت تخت (Flat) می‌باشد.

EXX4X: منظور از 4

✓ کاربری الکتروده جوشکاری به جز در وضعیت عمودی (Vertical) سربالا، در بقیه موقعیت‌ها مجاز است.



173

173

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نامگذاری الکترودها بر اساس AWS

E-6011

الکتروده

استحکام کششی جوش

حالت جوشکاری

نوع پوشش

آخرین عدد از سمت راست مشخص کننده نوع جریان و نوع روکش است.



174

174

تکنولوژی و بازرسی جوش				
مسعود احمدی				
جوش SMAW/MMAW نامگذاری الکترودها بر اساس AWS				
رقم	نوع روپوش	جریان AC	جریان DCEN	جریان DCEP
0	سلولزی سدیم دار	-	-	+
1	سلولزی پتاسیم دار	+	-	+
2	روتیلی سدیم دار	+	+	-
3	روتیلی پتاسیم دار	+	+	+
4	روتیلی پودر آهن دار	+	+	+
5	قلیایی سدیم دار	-	-	+
6	قلیایی پتاسیم دار	+	-	+
7	اکسیدی (اکسید آهن + پودر آهن)	+	+	-
8	قلیایی پودر آهن دار	+	-	+

175

175

تکنولوژی و بازرسی جوش												
مسعود احمدی												
جوش SMAW/MMAW رابطه شدت جریان و قطر الکتروده												
راهنمای انتخاب شدت جریان جوشکاری بر حسب قطر هر الکتروده												
قطر (mm)	E 6010 E 6011	E 6012	E 6013	E 6019	E 6020	E 6022	E 6027 E 7010	E 7014	E 7015 E 7016	E 7018 M E 7018	E 7020 E 7028	E 7048
1.6	20-40	25-60	35-55	35-5	35-55	30-60	35-65	30-55	20-55	30-50	30-55	30-55
2	25-60	35-80	45-90	50-90	60-100	60-100	80-125	110-160	100-150	115-165	140-190	80-140
2.5	40-80	75-125	80-140	80-130	100-150	110-160	125-185	150-210	140-210	150-220	180-250	150-220
3.2	110-170	140-215	140-240	150-230	175-250	170-400	210-300	200-275	180-225	200-275	230-305	210-270
4	210-320	250-400	250-350	310-360	275-375	280-300	300-420	330-415	300-390	315-400	335-430	300-430
5	260-360	260-360	260-360	260-360	260-360	280-400	280-400	290-480	280-480	310-410	330-500	330-510
6	375-425	300-500	320-430	360-410	340-450	370-480	375-475	390-500	375-475	375-470	400-525	390-550

176

176

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW

تجربه

➤ استفاده از الکترودهای روتیلی معمولی یعنی E6013 و E7024 برای اعضای سیستم باربر جانبی لرزه ای و بخصوص جوش نفوذی اتصالات قابهای خمشی ویژه و متوسط و همچنین مهاربندهای با شکلپذیری ویژه (بخصوص واگرا) عموماً الزامات لرزه ای را تامین نمی کند.

➤ در این موارد می توان از الکترودهای قلیایی مانند E7016، E7018 و E7028 استفاده نمود.

177

177

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

تمرین ۹

➤ معرفی الکترودهای متعارف و کاربرد آنها

- ☐ الکتروده E6010
- ☐ الکتروده E6011
- ☐ الکتروده E6012
- ☐ الکتروده E6013
- ☐ الکتروده E7015
- ☐ الکتروده E7016
- ☐ الکتروده E7018
- ☐ الکتروده E7028
- ☐ الکتروده E7024

178

178

تمرین ۱۰

- شرایط انبارداری و نگهداری الکترودهای روکش دار
- عوامل فساد الکترودهای روکش دار
- مقادیر مجاز رطوبت در پوشش الکترودهای جوشکاری روکش دار



179

179

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

- انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ نوع الکترود

- ❖ جنس قطعه ای که جوش می شود؟
- ❖ شرایط سرویس؟
- ❖ نوع جریان الکتریکی
- ❖ وضعیت جوشکاری
- ❖ نرخ رسوب
- ❖ سهولت کار
- ❖ قیمت (هزینه)

□ سایز (قطر) الکترود

- ❖ ضخامت قطعه
- ❖ طرح اتصال
- ❖ کیفیت جوش
- ❖ وضعیت جوشکاری
- ❖ سهولت (خستگی و دقت جوشکار)



180

180

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

➤ انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ نوع الکترود

- ❖ جنس قطعه ای که جوش می شود؟
 - ✓ ترکیب شیمیایی
 - ✓ ساختار میکروسکوپی
- ❖ شرایط سرویس؟
 - ✓ چه انتظاراتی از جوش می رود؟
 - ✓ نوع تنش (استاتیکی، دینامیکی، فشاری، برشی)؟
 - ✓ قطعه در چه دمایی بهره برداری می شود؟
 - دما بالا رود استحکام پائین می آید.
 - ✓ خوردگی محیط
 - الکترود باید شرایط خوردگی محیط را تحمل کند



181

181

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

➤ انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ نوع الکترود

- ❖ نرخ رسوب
 - ✓ سرعت در فرآیند جوشکاری
 - فرض شود الکترود انتخابی پروژه ای E7018 است، آیا امکان انتخاب E7028 است؟
 - E7028 الکترودی حاوی پودر آهن است که فقط اجازه جوشکاری تخت و افقی دارد و نرخ رسوب آن ۱/۵ برابر E7018 است.
 - مثلاً در پاس ریشه استفاده نشود و فقط جوش های تخت و افقی پرکردنی (پاس های نهایی) از E7028 استفاده شود.
 - نتیجه کار، افزایش سرعت است.



182

182

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

➤ انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ نوع الکترود

❖ سهولت کار

✓ این عامل با تامین وضعیت جوشکاری و نتایج مطلوب

در تست های مورد نیاز

❖ قیمت



183

183

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

➤ انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ سایز (قطر) الکترود

❖ ضخامت قطعه

✓ عموماً قطر الکترود بهتر است از ضخامت قطعه کار کمتر باشد.

✓ ضخامت ۲ میلیمتر است از الکترود ۳ و ۴ نمی توان استفاده

کرد، حداکثر از ۲ یا ۲.۵ می توان استفاده کرد.

❖ طرح اتصال

✓ آیا امکان استفاده از الکترود قطور در پاس ریشه وجود دارد؟

❖ کیفیت جوشکاری

✓ با الکترود قطور و آمپر بالا بخواهیم جوشکاری کنیم آیا ساختار

فلز اطراف جوش درشتتر می شود یا ریزتر؟ با تغییر ساختار

خواص تغییر می کند.

✓ در هنگام استفاده از الکترود باریکتر، از آمپر پائینتر استفاده می

شود. در نتیجه حجم ذوب کمتر بوده و بدنبال آن ساختار

ظریفتر و ریزتری در جوش (و حتی کنار جوش) ایجاد می کند.



184

184

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW نکات کلی در رابطه با انتخاب الکترود

➤ انتخاب الکترود در روش جوشکاری SMAW

□ سایز (قطر) الکترود

❖ وضعیت جوشکاری

- ✓ در جوشکاری قائم وقتی الکترود قطور باشد و آمپر هم بالا باشد، حجم ذوب زیاد شده و کنترل آن مشکل است.
- ✓ این مشکل در جوشکاری بالای سر نیز وجود دارد.
- ✓ به همین دلیل به ندرت برای جوشکاری قائم و بالای سر از الکترود با قطر بالای ۴ استفاده می شود.

❖ سهولت

- ✓ کار کردن با الکترود نازک و قطور مشکل است.
- ✓ الکترود قطور و بلند، سنگین است و خستگی ایجاد می کند.
- ✓ الکترود ظریف بدلیل آمپر پائین و طول قوس کوتاه، نیاز به دقت در جوشکاری دارد.
- ✓ به همین علت در دوره های کارآموزی بیشتر از الکترودهای ۳ یا ۳/۵ استفاده می شود.



185

185

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

پیش از انجام هرگونه عملیات جوشکاری، باید قطعات را برای جوش کاری مهیا ساخت.

بدین منظور از روشهای مختلفی برای براده برداری و برشکاری استفاده می شود.





186

186

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری عبارت است از جداسازی یا ایجاد شیار در قطعات و مواد خام فلزی که توسط ابزارهای برشکاری دستی یا ماشینی صورت می گیرد. انواع تسمه ها، مفتول ها، لوله ها، پروفیل ها و ورقها را می توان به کمک رو شهای برشکاری در اندازه های موردنظر تهیه کرد.

برشکاری دستی

برشکاری ماشینی



187

187

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری

برشکاری دستی

از جمله رو شهای برشکاری دستی می توان به اره کاری دستی یا قیچی کاری اشاره کرد.





در اره کاری بسته به جنس و سختی فلزات از تیغه با دندانه های محسب استفاده می شود. همچنین برای بریدن ورق ها میتوان از قیچی دستی و یا قیچی اهرمی با بازوهای گوناگون استفاده کرد.



188

188

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری برشکاری ماشینی

Cutting

در این روش، برشکاری و جداسازی قطعات توسط ماشین های ویژه ای صورت می گیرد.

اره نواری

اره آتشی

قیچی ماشینی



189

189

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری برشکاری ماشینی

اره نواری




190

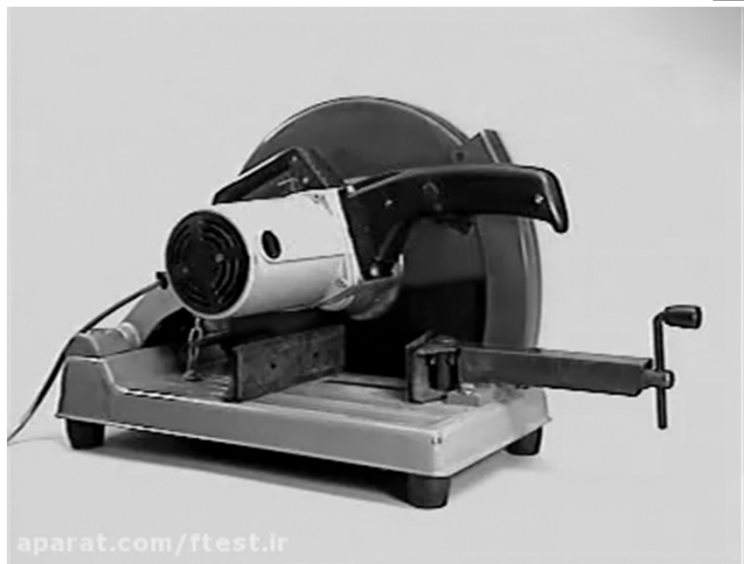
190



191



192

برشکاری
برشکاری ماشینی
اره آتشی (پروفیل بر)
aparat.com/ftest.ir

193

193

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری
برشکاری ماشینی
قیچی ماشینی

از قیچی های ماشینی برای بریدن ورق های ضخیمتر استفاده میکنند.

از قیچی های ماشینی دارای انواع متفاوت می باشند که در اندازه ها و فرمهای مختلف ساخته میشود و از جمله آنها می توان به گیوتین ها اشاره کرد.



194

194

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

برشکاری برشکاری ماشینی فیچی اهرمی و ماشینی



WWW.STS-WELD.COM



195

195

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

آماده سازی قطعات برای جوشکاری (براده برداری)

منظور از براده برداری در جوشکاری، پلیسه گیری، پاک سازی و آماده سازی لبه قطعات در محل اتصال است. برای براده برداری و آماده سازی قطعه جهت اجرای اتصال جوشکاری، از ابزارهایی مانند سوهان یا سنگ سنباده استفاده میشود.





196

196

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری**آماده سازی قطعات برای جوشکاری (براده برداری)**

از جمله کاربرد های سنگ سنباده دستی میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- آماده سازی و پخ زدن لبه قطعات در محل اتصال
- پاک سازی سرباره و مذاب اضافه بعد از هر پاس از جوشکاری

از برس سیمی دیسکی و بشقابی برای پاکسازی قطعه کار از اکسید های فلزی و جرقه ها

برروی سطح قطعه کار استفاده میشود



197

197

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری**پخ سازی در جوشکاری****Plate Beveling**

- برای اتصال مناسب لبه های قطعات، باید از فرم مناسب پخ استفاده کرد.
- انواع مختلف پخها به منظور اجرای جوشکاری مناسب در تمام سطح تماس دو قطعه با یکدیگر ایجاد می شوند. هدف اصلی در اجرای پخ در لبه قطعات، دسترسی به ریشه جوش از طریق الکتروود روپوش دار است. از پخ ها بیشتر برای اتصال قطعات ضخیم که باید به صورت لب به لب جوشکاری شوند استفاده می شود، ولی در برخی شرایط برای سایر حالت های اتصال دو قطعه به یکدیگر نیز ممکن است، به کار روند.



198

198

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW آماده سازی اتصالات برای جوشکاری

پخ سازی در جوشکاری

Plate Beveling

The diagrams illustrate the process of plate beveling for SMAW/MMAW welding. The top row shows two cross-sectional views of a plate being beveled. The left view shows a bevel with a 60-degree angle, a 1/8 inch (3 mm) maximum root face, and a 1/8 inch (3 mm) maximum root opening. The right view shows a similar bevel with a 60-degree angle and a 1/8 inch (3 mm) maximum root face. The bottom view shows a cross-section of a beveled plate with a 60-degree angle and a 1/8 inch (3 mm) maximum root face. A welder is shown working on a plate in the background.

199

199

تکنولوژی و بازرسی جوش

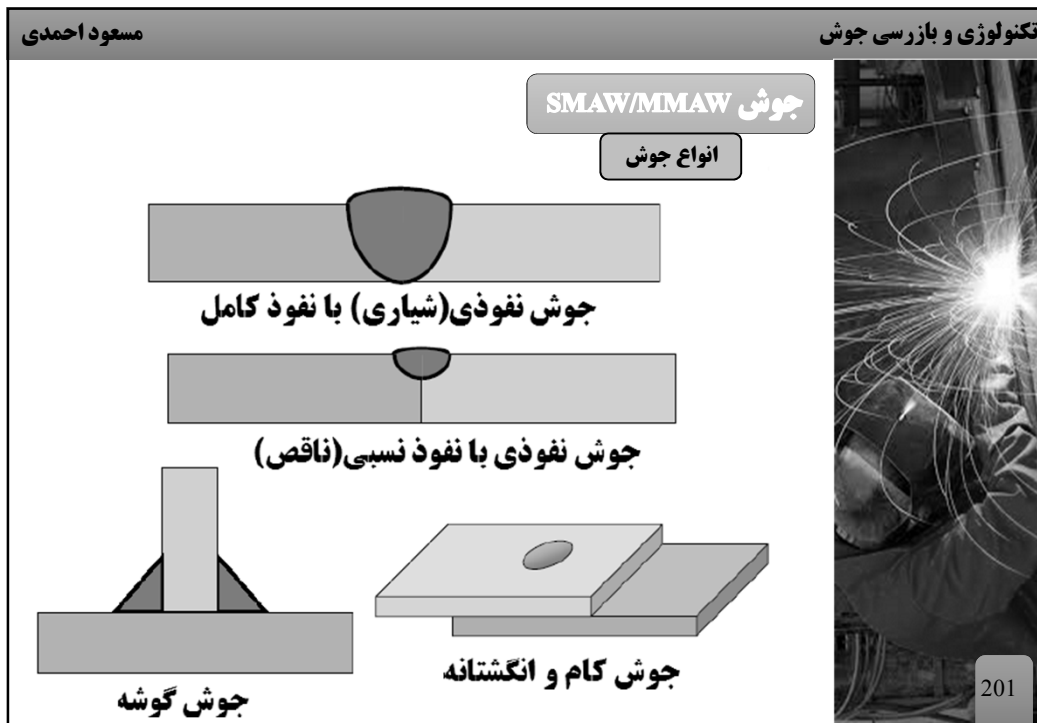
مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW انواع اتصالات جوشی

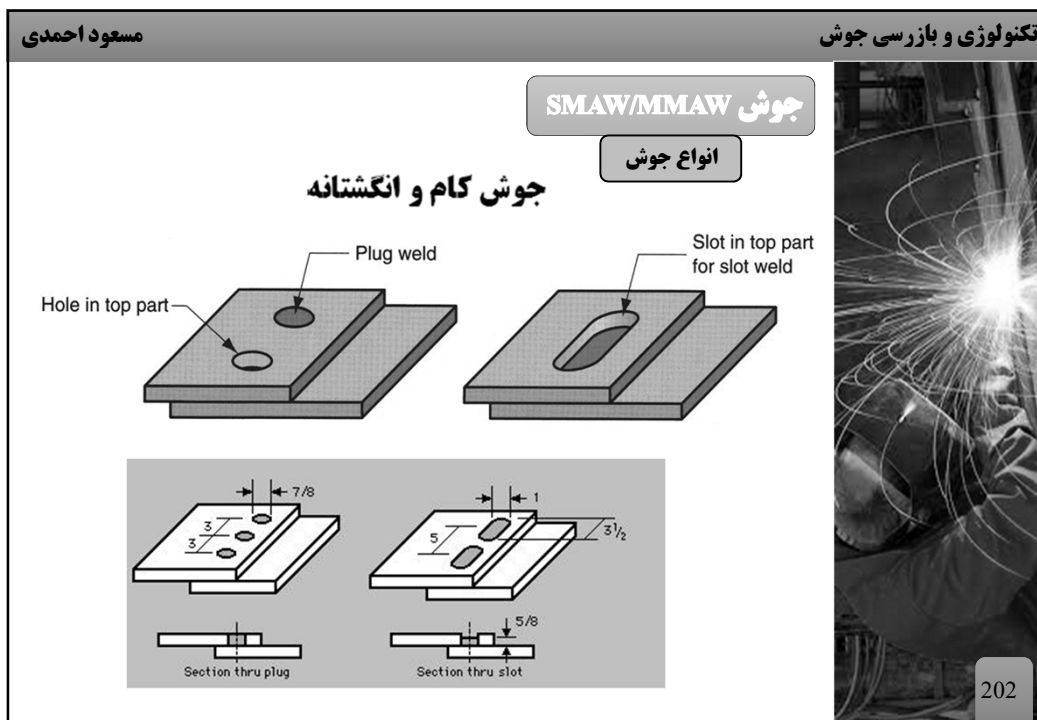
The diagrams illustrate various types of welded joints. The top row shows a Tee Joint (اتصال سپری), an Edge Joint (اتصال بیشانی), and a Butt Joint (اتصال لب به لب). The bottom row shows a Corner Joint (اتصال گوشه) and a Lap Joint (اتصال رویهم). A welder is shown working on a plate in the background.

200

200



201



202

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW

نفوذ کامل

نفوذ نسبی (ناقص)

جوش نفوذی (شیاری): Groove Weld

مورد اصلی استفاده از این نوع جوش، متصل ساختن قطعات سازه ای است که روی یک سطح و در امتداد هم قرار می گیرند.

جوش نفوذی با نفوذ کامل اغلب به منظور انتقال کل نیروی قطعات متصل شونده مورد استفاده قرار می گیرد.

در این نوع جوش لبه قطعات نیاز به آماده سازی دارد.

زاویه شیار

شکافت ریشه

Backing

203

203

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

جوش SMAW/MMAW

جوش نفوذی (شیاری): Groove Weld

نفوذ نسبی (ناقص)

Partial Penetration

Actual Throat Thickness

Design Throat Thickness

نفوذ کامل

Full Penetration

Design Throat Thickness

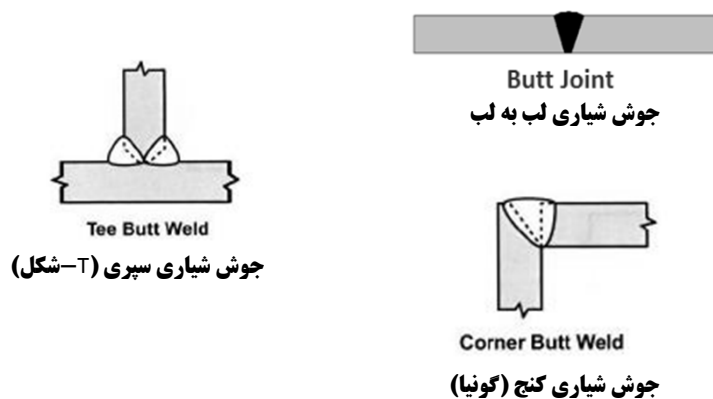
Actual Throat Thickness

204

204

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

□ جوش های شیاری عموماً به سه صورت زیر مورد استفاده قرار می گیرند:



205

205

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

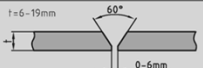
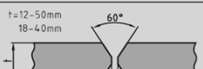
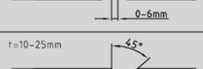
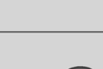
□ آماده سازی درز جهت انجام جوش شیاری

- ✓ به منظور رسوب بهتر مصالح جوش در درز بین دو قطعه متصل شونده و نیز جهت سهولت کار، لبه قطعه متصل شونده را باید متناسب با ضخامت قطعه یا قطعات متصل شونده به صورت شکل های هندسی خاص در آورد. این عمل را آماده سازی درز بین دو قطعه می نامند.
- ✓ در واقع آماده سازی درز به فراهم نمودن شرایطی جهت نفوذ جوش به اندازه کافی در محل درز بین دو قطعه متصل شونده اطلاق می شود.
- ✓ انتخاب نوع درز و نحوه آماده سازی آن علاوه بر اینکه به مسائل طراحی وابسته است، بر هزینه انجام جوشکاری نیز تاثیر مستقیمی خواهد داشت. به طور مثال از بین درزهای مجاز برای یک اتصال خاص، شیاری مناسب خواهد بود که حجم جوش به کار رفته در آن دارای کمترین مقدار باشد.



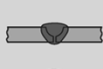
206

206

تکنولوژی و بازرسی جوش		مسعود احمدی	
جوش SMAW/MMAW		جوش شیاری (Groove weld)	
نوع اتصال	شکل اتصال	روش اجرای جوش	
لب به لب بدون پخ (با ریشه باز)			شیار ساده
لب به لب با پخ یک طرفه			شیار نیم جناغی یکطرفه
لب به لب با پخ دوطرفه (V)			شیار جناغی یکطرفه
لب به لب با پخ دویل دوطرفه (X)			شیار جناغی دوطرفه
لب به لب با پخ دویل یک طرفه (K)			شیار نیم جناغی دوطرفه

207

207

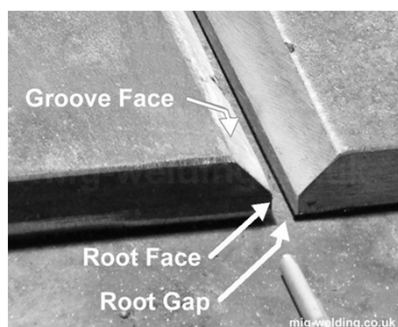
تکنولوژی و بازرسی جوش		مسعود احمدی	
جوش SMAW/MMAW		جوش شیاری (Groove weld)	
شیار لاله ای یکطرفه	لب به لب با پخ لاله ای یک طرفه (U)		
شیار لاله ای دوطرفه	لب به لب با پخ لاله ای دوطرفه (X)		
شیار نیم لاله ای یکطرفه	لب به لب با پخ نیم لاله ای یک طرفه (J)		
شیار نیم لاله ای دوطرفه	لب به لب با پخ نیم لاله ای دوطرفه (K)		

208

208

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

دهانه ریشه (root opening/gap)



- ❑ فاصله بین دو لبه در محل ریشه درز را دهانه ریشه می نامند و با علامت R نشان داده می شود.
- ❑ کاربرد آن بدین منظور است که الکتروود بتواند به ریشه درز برسد.
- ❑ دهانه ریشه به زاویه پخ لبه ها بستگی دارد. هرچه زاویه پخ لبه ها کمتر باشد، مقدار دهانه ریشه بزرگتر خواهد بود.

- ❑ هنگامی که جوشکاری از یکطرف بوده و مقدار دهانه ریشه بزرگ باشد (در عمل بیش از ۳ میلیمتر)، از تسمه های پشت بند (Backing Strip) استفاده می شود.

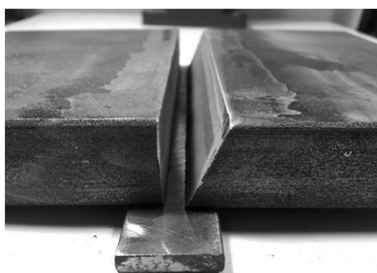


209

209

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

تسمه پشت بند (backing strip)



- ❑ حداقل ضخامت تسمه های پشت بند در:
 - ✓ فرآیند جوشکاری SMAW برابر با ۵ میلیمتر،
 - ✓ در فرآیند جوشکاری GMAW (قوس الکتریکی با حفاظ گازی) برابر با ۶ میلیمتر
 - ✓ در فرآیند جوشکاری SAW (جوش زیرپودری) برابر با ۱۰ میلیمتر است.

- ❑ چنانچه برداشتن تسمه های پشت بند الزامی نباشد، پهنای آن باید حداقل ۷۵ میلیمتر باشد.



210

210

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

- در صورت عدم استفاده از پشت بند، امکان سوختن ریشه در پاس اول وجود دارد.
- البته در صورتی که امکان سنگ زدن یا گوجینگ (برشکاری با قوس و هوای فشرده با استفاده از الکتروود ذغالی) ریشه از پشت کار وجود داشته باشد، ریشه سنگ خورده یا مقداری از فلز جوش و لبه های پشت کار با گوجینگ برداشته می شود و پس از رفع عیب، یک پاس جوش نیز داده می شود. به این جوش که پشت یک جوش شیاری یک طرفه و پس از تکمیل آن اجرا می شود، جوش پشتی (Back Weld) می گویند.
- سوختن ریشه در پاس اول باعث ایجاد یک سری فرو رفتگی بصورت ناپیوسته در طول خط جوش (پاس ریشه) می گردد.

سوختگی Burn-Through

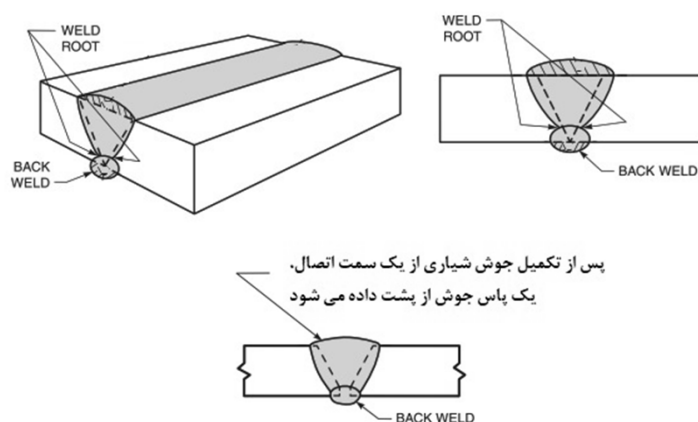


211

211

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

عدم استفاده از پشت بند

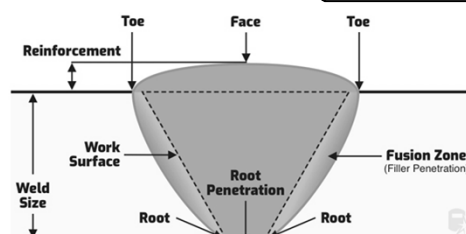


212

212

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

گرده جوش (weld reinforcement)



- ❑ به میزان تحذب اسمی جوش های شیاری، گرده جوش گفته می شود.
- ❑ در آئین نامه AWS-D1.1 میزان گرده لازم در جوش های شیاری برابر ۱/۵ میلیمتر توصیه شده است.
- ❑ مقدار بیشتر گرده جوش عموماً فایده ای نداشته و موجب افزایش هزینه جوشکاری و نیز موجب اعوجاج قطعه می شود.

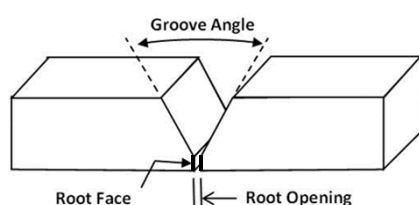


213

213

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

ضخامت ریشه (root face)



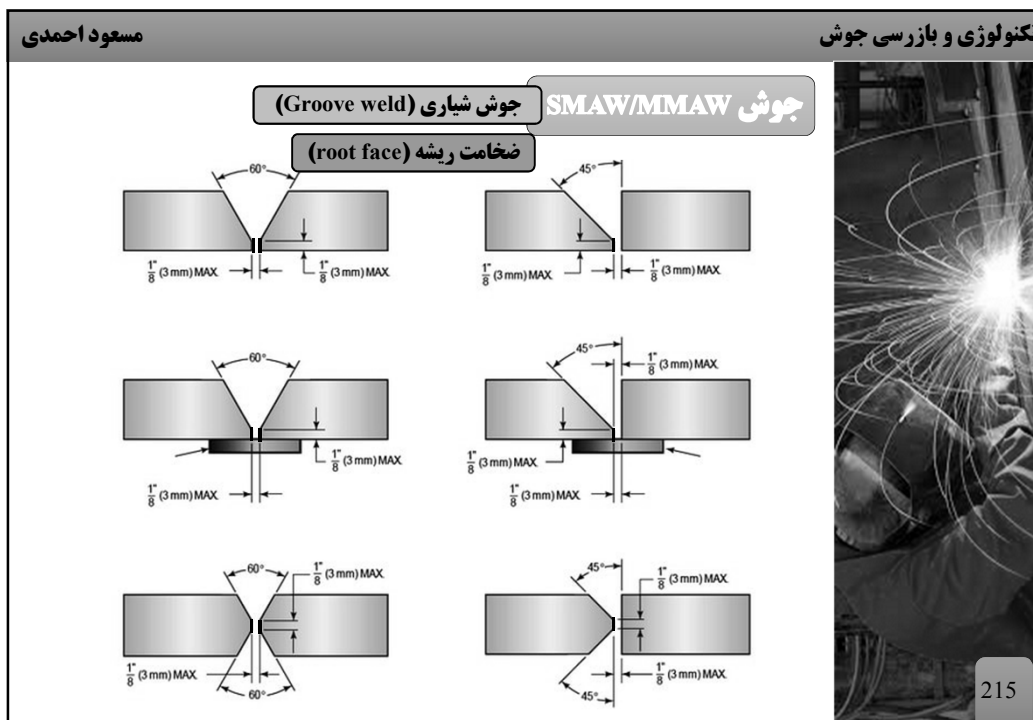
- ❑ به قسمت برگشت قائم لبه یا لبه ها در ریشه درز، ضخامت ریشه گفته می شود که با حرف f نمایش داده می شود.

- ❑ معمولاً زمانی که از تسمه پشت بند استفاده می شود، برای ریشه ضخامتی در نظر گرفته نمی شود. زیرا در این حالت یک فضای خالی به وجود می آید و در هنگام جوشکاری درون آن پر از گاز می شود.



214

214



215

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

سطح مقطع موثر

سطح مقطع موثر در نفوذ نسبی **سطح مقطع موثر در نفوذ کامل**

- ☐ مطابق آئین نامه AISC 360 و مبحث ۱۰، سطح مقطع موثر در جوش های شیاری عبارت است از حاصلضرب طول موثر جوش در ضخامت موثر جوش.
- ☐ طول موثر جوش برابر با طول جوش شده است.
- ☐ ضخامت موثر در جوش های شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت قطعه نازکتر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعه جوش شده در اتصال کنج (گونیا) و سپری (T) در نظر گرفته می شود.
- ☐ در آئین نامه ذکر شده است که در تعیین ضخامت موثر جوش های شیاری با نفوذ کامل، نباید گرده جوش در نظر گرفته شود.

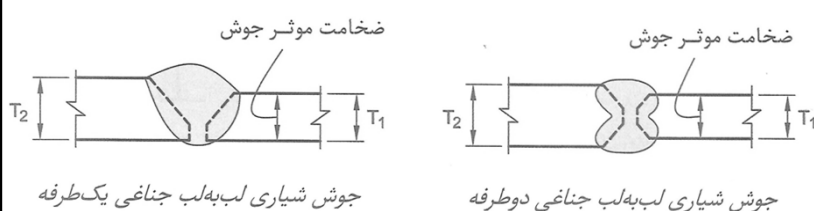
216

216

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

سطح مقطع موثر سطح مقطع موثر در نفوذ کامل

□ ضخامت موثر در جوش های شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت قطعه نازکتر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعه جوش شده در اتصال کنج (گونیا) و سپری (T) در نظر گرفته می شود.



217

217

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

سطح مقطع موثر سطح مقطع موثر در نفوذ نسبی

□ مطابق آئین نامه AISC 360 و مبحث ۱۰، سطح مقطع موثر در جوش های شیاری عبارت است از حاصلضرب طول موثر جوش در ضخامت موثر جوش.

□ طول موثر جوش برابر با طول جوش شده است.

□ ضخامت موثر در جوش های شیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق شیاری منهای سه میلیمتر در نظر گرفته می شود.

□ مطابق آئین نامه استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی در حالتیکه بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد، مجاز نیست.

□ مطابق AWS D1.1، چنانچه زاویه شیاری بزرگتر از ۶۰ درجه باشد، در اینصورت در جوش های شیاری با نفوذ نسبی ضخامت موثر جوش را می توان برابر عمق شیاری در نظر گرفت.

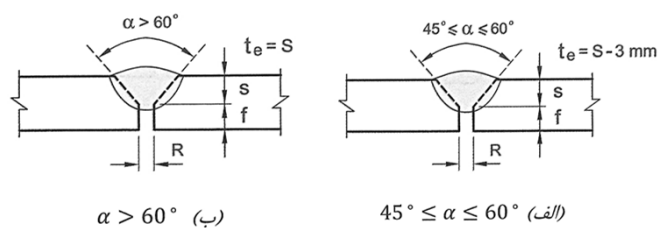


218

218

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

سطح مقطع موثر سطح مقطع موثر در نفوذ نسبی

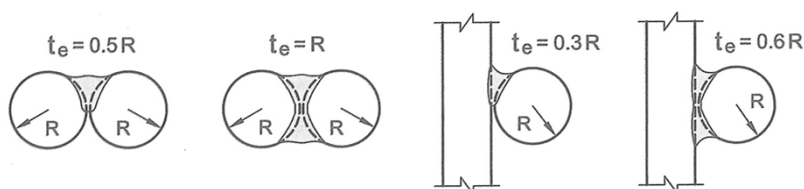


219

219

جوش SMAW/MMAW جوش شیاری (Groove weld)

□ مطابق مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان، ضخامت موثر جوش شیاری بین دو لبه گرد (مانند شیار بین دو میلگرد) یا بین یک لبه گرد و یک لبه تخت (مانند اتصال میلگرد به ورق) باید مطابق شکل زیر باشد.



220

220

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMW/MMAW

جوش شیاری (Groove weld)

❑ مطابق آئین نامه AISC 360 و مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان، حداقل ضخامت موثر جوش در جوش های شیاری با نفوذ نسبی (نفوذ ناقص) به ضخامت قطعه نازکتر وابسته است و نباید از مقادیر جدول زیر کمتر باشد.

❑ اگر ضخامت موثر جوش از مقادیر جدول مذکور کمتر باشد، در اینصورت باید عمق شیاری را افزایش داد.

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل ضخامت موثر
تا ۶ میلیمتر	۳ میلیمتر
بیش از ۶ میلیمتر تا ۱۲ میلیمتر	۵ میلیمتر
بیش از ۱۲ میلیمتر تا ۲۰ میلیمتر	۶ میلیمتر
بیش از ۲۰ میلیمتر تا ۴۰ میلیمتر	۸ میلیمتر
بیش از ۴۰ میلیمتر تا ۶۰ میلیمتر	۱۰ میلیمتر
بیش از ۶۰ میلیمتر تا ۱۵۰ میلیمتر	۱۳ میلیمتر
بیش از ۱۵۰ میلیمتر	۱۶ میلیمتر



221

مسعود احمدی

تکنولوژی و بازرسی جوش

جوش SMW/MMAW

جوش شیاری (Groove weld)

تمرین ۱۱

➤ جوش های شیاری با نفوذ کامل از پیش تأیید شده (درزهای استاندارد)

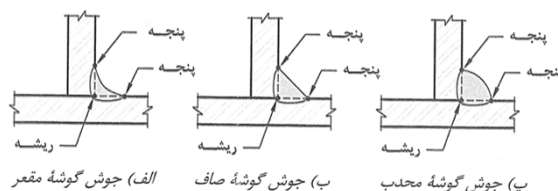
- ❑ علائم اختصاری نوع اتصال
- ❑ علائم اختصاری نوع نفوذ و محدودیت فلز پایه
- ❑ شماره اختصاصی نوع شیاری (نوع درز)
- ❑ علائم اختصاری نوع فرآیند جوشکاری
- ❑ علائم اختصاصی وضعیت جوشکاری
- ❑ شماره اختصاصی یادداشت های فنی
- ❑ ترسیم حداقل چهار جدول استاندارد



222

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld)

- ❑ جوش های گوشه به جوش هایی گفته می شود که بر وجوه جانبی دو قطعه مجاور هم رسوب می کنند.
- ❑ در جوش گوشه، نیازی به پخ زنی لبه قطعات نبوده و فلز جوش مستقیماً به وجوه جانبی دو قطعه مجاور می چسبد.
- ❑ به علت سهولت و سادگی اجرای این نوع جوش، پر استفاده ترین نوع جوش در صنعت ساختمان سازی است.
- ❑ مقطع نوار جوش گوشه تقریباً مثلی شکل بوده ولی سطح آزاد آن ممکن است صاف (smooth)، مقعر (concave) یا محدب (convex) باشد.



223

223

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld)

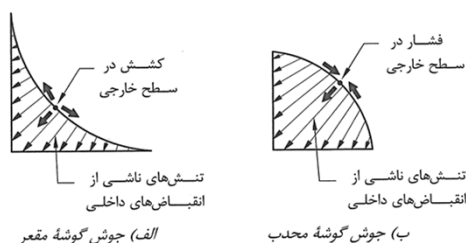
- ❑ در جوش گوشه مقعر با آنکه مسیر یکنواخت تری برای جریان تنش به وجود می آید، ولی تجربه نشان داده است که جوش های گوشه مقعر بخصوص اگر با یک عبور (پاس) جوشکاری شده باشند مستعد ایجاد ترک داخلی در جوش هستند.
- ❑ در واقع وقتی جوش مقعر شروع به خنک شدن می کند، تنش های ناشی از انقباض های داخلی موجب می شود که سطح آزاد جوش کشیده شود و در نتیجه سطح آزاد به کشش می افتد.
- ❑ از سوی دیگر، وقتی سطح آزاد جوش محدب است، تنش های ناشی از انقباض های داخلی موجب می شود که سطح آزاد جوش فشرده شود و در نتیجه سطح آزاد به فشار می افتد.
- ❑ در صورتیکه بر اساس نیازهای طرح، اجرای جوش گوشه مقعر ضرورت داشته باشد، در اینصورت در انجام جوشکاری باید از تعداد پاس های زیاد استفاده شود بطوریکه پاس اول (عبور اول) باید قدری تحذب داشته باشد.



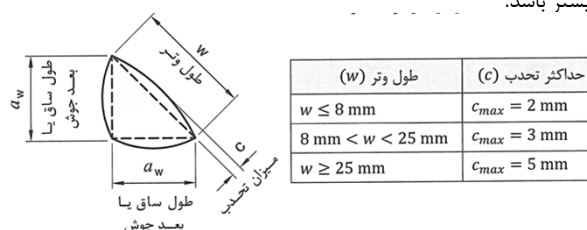
224

224

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld)



□ مطابق AWS D1.1، در جوش‌های گوشه میزان تحدب (convexity) نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد.



225

225

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld) سطح مقطع موثر

□ مطابق آئین نامه AISC 360 و مبحث ۱۰، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه عبارت است از حاصلضرب طول موثر جوش در ضخامت موثر گلولی جوش.

□ طول موثر جوش گوشه برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده است.

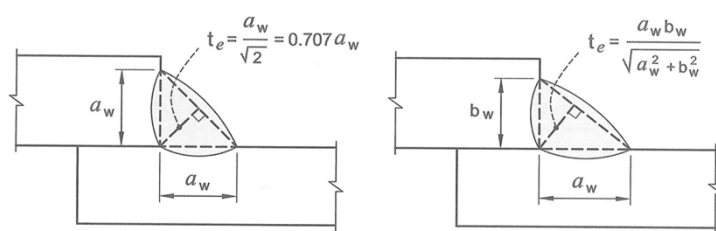
□ ضخامت موثر گلولی جوش (t_e) برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن است.

□ به عبارت دیگر، ضخامت موثر گلولی جوش (t_e) برابر با ارتفاع وارد بر وتر بزرگترین مثلث قائم زاویه‌ای که در داخل جوش محاط می‌شود، به حساب می‌آید.

□ هرچند بر اساس تعریف فوق، استفاده از جوش‌های با دو ساق نامساوی مجاز است ولی در کاربردهای عملی بهتر است از این نوع جوش خودداری شود (بدلیل غیراقتصادی شدن طرح). معمولاً زمانی از این نوع جوش استفاده می‌شود که امکان افزایش ابعاد هر دو ساق میسر نباشد.

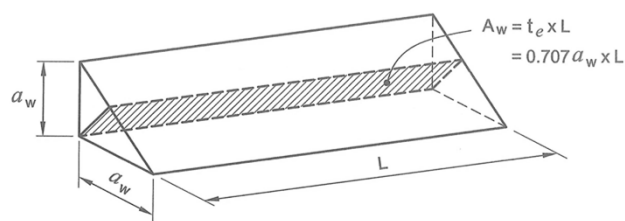
226

226



الف) جوش گوشه با ساق‌های مساوی

ب) جوش گوشه با ساق‌های نامساوی



پ) سطح مقطع مؤثر جوش گوشه

بعد جوش گوشه (ضخامت جوش گوشه) a_w ضخامت مؤثر گلوئی جوش گوشه t_e

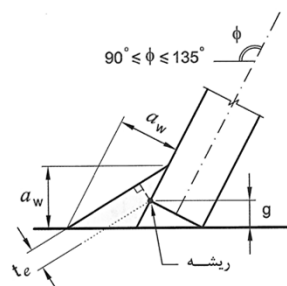
227

227

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld) سطح مقطع مؤثر

□ در کاربردهای عملی ضرورت اتصال سپری مورب با جوش گوشه به کرات اتفاق می افتد، در چنین مواقعی بعد مؤثر جوش گوشه t_e نیز گلوئی مؤثر آن مطابق شکل زیر

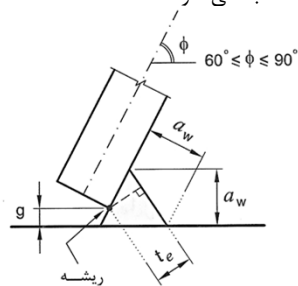
محاسبه می شوند:



$$a_{weq} = \frac{a_w - g}{0.707 \times 2 \sin(\phi/2)}$$

$$t_e = \frac{a_w - g}{2 \sin(\phi/2)}$$

$$g \leq 5 \text{ mm}$$



$$a_{weq} = \frac{a_w - g}{0.707 \times 2 \sin(\phi/2)}$$

$$t_e = \frac{a_w - g}{2 \sin(\phi/2)}$$

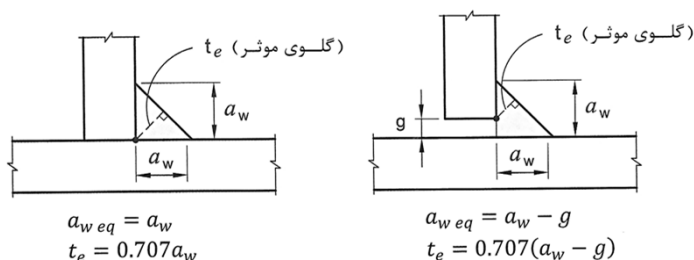
$$g \leq 5 \text{ mm}$$

228

228

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld) سطح مقطع موثر

□ گاهی اوقات به منظور رعایت مسائل اجرایی، در اتصال گونیا با استفاده از جوش گوشه، یک فضای خالی (gap) بین قطعات متصل شونده پیش بینی می شود. در صورتیکه این فضا قابل ملاحظه باشد (مثلا بیش از یک و نیم میلیمتر)، باید اثر آن در محاسبات لحاظ شود.



229

229

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld) حداقل بعد جوش گوشه

□ بعد جوش های گوشه نباید از بعد مورد نیاز برای انتقال نیروهای محاسبه شده کوچکتر در نظر گرفته شود.

□ همچنین حداقل بعد جوش های گوشه تابع ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده بوده و نباید از مقادیر جدول زیر کوچکتر در نظر گرفته شوند.

□ جوش های گوشه ای که برای تقویت جوشهای شیاری بکار می روند از این قاعده مستثنا هستند.

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بعد جوش گوشه
تا ۶ میلیمتر	۳ میلیمتر
بیش از ۶ میلیمتر تا ۱۲ میلیمتر	۵ میلیمتر
بیش از ۱۲ میلیمتر تا ۲۰ میلیمتر	۶ میلیمتر
بیش از ۲۰ میلیمتر	۸ میلیمتر



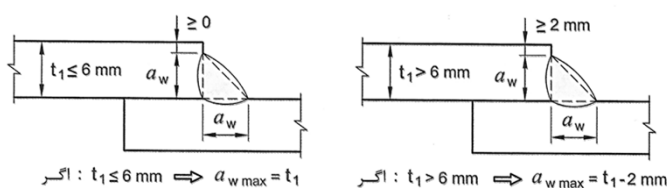
230

230

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld)

حداکثر بعد جوش گوشه

□ برای قطعات با ضخامت کوچکتر یا مساوی ۶ میلیمتر برابر با ضخامت قطعه متصل شونده و برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۶ میلیمتر برابر با ضخامت قطعه متصل شونده منهای دو میلیمتر است.



□ اگرچه در آئین نامه AISC 360 و مبحث دهم مقررات ملی برای بعد جوشهای گوشه در اتصال سپری محدودیتی وجود ندارد ولی در برخی کتب سازه فولادی توصیه شده است که حداکثر بعد جوش گوشه برابر با ضخامت نازکترین قطعه در نظر گرفته شود.



231

231

جوش SMAW/MMAW گوشه (Fillet Weld)

تمرین ۱۲

➤ نکات طول موثر جوش گوشه



232

232

جوش SMAW/MMAW جوش گوشه (Fillet Weld)

تمرین ۱۳

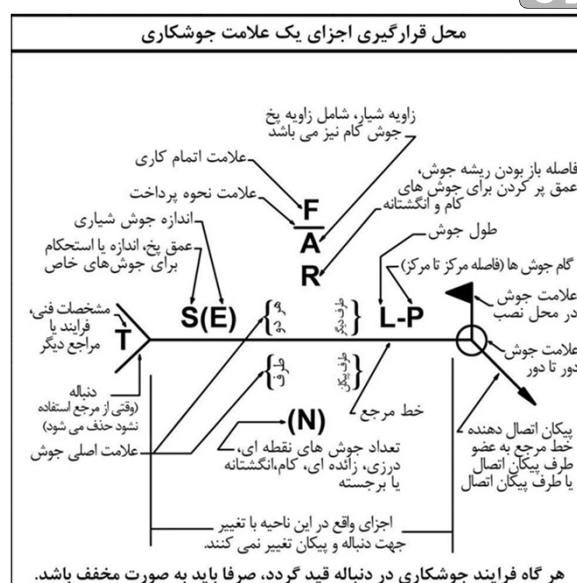
➤ علائم جوشکاری بر مبنای پیکان جوش



233

233

پیکان جوش



234

234

پیکان جوش

علائم تکمیلی							
جوش دور تا دور	جوش در محل نصب	جوش بیرون زده از طرف اول	لایه مصرفی	پشت بند یا فاصله انداز	پرداخت سطح		
					تخت	محدب	مقعر



235

235

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

جوشکاری یکی از خطرناک ترین فرایندهای کارگاهی به شمار می آید. خطراتی همچون آتش سوزی و انفجار، سوختن بر اثر پاشش مذاب، برق گرفتگی، آسیب های ناشی از لبه تیز فلزات و پلیسه ها و ابزار های برشی، و آلودگی های گازی از جمله این خطرات هستند. در فرایند های جوشکاری قوسی پرتو هایی همچون اشعه ایکس، مادون قرمز، و ماوراء بنفش تولید می شود که برای چشم ها و بدن انسان مضر هستند.



236

236

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

ایمنی محیط جوشکاری و مواد مصرفی

ایمنی دستگاه های جوشکاری

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی



237

237

تکنولوژی و بازرسی جوش مسعود احمدی

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

ماسک جوشکاری

شیشه ماسک

عینک جوشکاری

دستکش، پیش بند و مچبند چرمی نسوز

لباس جوشکاری

کفش ایمنی



238

238

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

ماسک جوشکاری

ماسک ها معمولاً به صورت دستی یا کلاهی ساخته می شوند و بایستی سر و صورت و گردن را پوشش دهند. جنس آنها نیز باید سبک، با استحکام و نسوز باشد. در حالتی که جوشکاری به کار با هر دو دست نیاز داشته باشد، از ماسک های کلاهی قابل تنظیم استفاده می شود.



239

239

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

ماسک جوشکاری

ماسکهای مخصوص دارای لوله تهویه هوا و اکسیژن برای تنفس جوشکار بوده، و همچنین بخارات و گازهای سمی را از محیط، مکش کرده و دور می سازد. از این نوع ماسکها برای شرایط سخت کاری یا جوشکاری در مخازن بسته و با دود زیاد استفاده می شود.



240

240

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

شیشه ماسک

دو لایه شیشه در هر ماسک جوشکاری به کار رفته است که لایه بیرونی شیشه معمولاً شفاف بوده و به عنوان محافظ شیشه اصلی در نظر گرفته می شود. شیشه های رنگی دارای درجات تیرگی مختلفی بوده و براساس جنس قطعه کار، نوع روکش الکتروود و شدت جریان انتخاب می شوند. معمولاً باید تیره ترین شیشه ای که با وجود آن می توان حوضچه جوش را دید، انتخاب کرد.



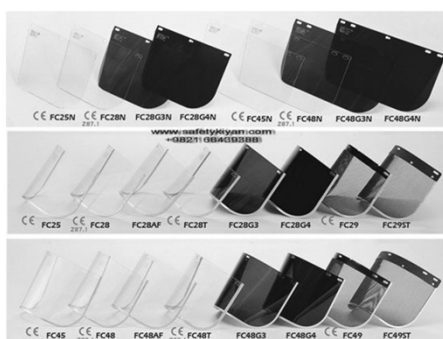
241

241

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

شیشه ماسک



242

242

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

شیشه ماسک

شماره شیشه	موارد استفاده	شماره شیشه	موارد استفاده
۲	نور شدید و گرمکاری قطعات	۸	جوشکاری سنگین گاز- برشکاری و جوشکاری برق تا ۷۵ آمپر
۳	لحیم کاری نرم - برشکاری سبک	۹	جوشکاری با الکترو د کم هیدروژن یا جوشکاری تیگ
۴	لحیم کاری سخت با اشعه استیلن - برشکاری سنگین - جوشکاری گاز برای ورق های نازک	۱۰	جوشکاری و برشکاری برق ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر جوشکاری فلزات غیر آهنی با گاز محافظ جوشکاری و برشکاری برق بالای ۲۵۰
۵	جوشکاری و برشکاری سبک با استیلن	۱۱	آمپر- جوش قوس با الکترو د تنگستنی و گاز محافظ
۶	جوشکاری اکسی استیلن	۱۴	جوشکاری و برشکاری با الکترو د کربنی



243

243

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی

عینک جوشکاری

از عینک های سفید و شفاف در هنگام سنگزنی یا پاک سازی سرباره جوش با چکش و یا برس سیمی استفاده میشود.



244

244

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری قوس الکتریکی



**دستکش، پیشبند و مچبند
چرمی نسوز**

لباس جوشکاری

کفش ایمنی



245

245

تکنولوژی و بازرسی جوش

مسعود احمدی

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

ایمنی دستگاه های جوشکاری

از آن جا که تمامی دستگاه های جوشکاری از برق شهری با ولتاژ ۲۲۰ ولت استفاده می کنند، لذا کلیه اتصالات سیم ها و کابل ها بایستی بگونه ای اجرا شوند که همه قسمت های آنها محفوظ و دور از دسترس باشد. اتصالات باید محکم و بدون لقی بوده تا مانع از گرم شدن آن ها شود. برای جلوگیری از گرم شدن دستگاه باید توجه داشت که سیستم خنک کننده (فن) سالم باشد.



246

246

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

ایمنی محیط جوشکاری و مواد مصرفی

جرقه ها ممکن است سبب بروز آتش سوزی شوند، بنابراین باید از جوشکاری در نزدیکی مواد قابل اشتعال مانند مواد نفتی و روغنی و خرده چوب و غیره خودداری کرد. کارگاه جوشکاری باید دارای امکانات اطفای حریق بوده و افراد آموزش های لازم را ببینند.



247

247

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

ایمنی محیط جوشکاری و مواد مصرفی

کابین جوشکاری باید دارای سیستم تهویه گاز ها و دود های حاصل از جوشکاری باشد. قطعات کاری نیز باید بگونه ای روی میز جوشکاری قرار گیرند که خطر افتادن وجود نداشته باشد. برای جابه جا کردن قطعات از دستکش یا انبر استفاده کنید.



248

248

مسعود احمدی
تکنولوژی و بازرسی جوش

ایمنی در جوشکاری قوس الکتریکی

ایمنی محیط جوشکاری و مواد مصرفی

پس از عملیات جوشکاری قطعات گرم را در معرض تماس با بدن قرار ندهید و باقی مانده الکتروود ها را در ظرف مخصوص بریزید.



249

249



250