بسم الله الرحمن الرحيم

جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روپوشدار

- Shielded Metal Arc Welding
- Manual Metal Arc Welding
- Welding with Stick Electrodes

الکترود

- الکترود میله ای فلزی است که قوس الکتریکی بین انتهای آن وفلز اصلی برقرار شده وباعث ذوب ناحیه جوش وبرقراری اتصال میگردد.

قطرالکترود mm	1.6	2.0	2.5	3.25	4.0	5.0	6.0	8.0
طول الکترودmm	230&300	230&300	350	350	350&450	450	450	450

جدول (6-1) : قطروطول الکترودهای متداول

قطر روپوش الکترود

- قطر روپوش الکترود D (الکترود با روپوش) نسبت به قطر میله الکترود d (قطرالکترود بی روپوش)نسبتهای زیر را دارد؛
- الکترود با روپوش نازک $D/d < 1.2$
- الکترود با روپوش متوسط $1.20 < D/d < 1.45$
- الکترود با روپوش ضخیم $1.45 < D/d < 1.80$
- الکترود با روپوش بسیار ضخیم $D/d > 1.80$
- الکترودهای با روپوش ضخیم معمولا" جوشهائی با مقاومت بیشتروظاهرزیباترتولید میکنند،ولی ازالکترودهای با روپوش نازک گرانترند.

جنس فلز الکترود

الکترودهای بدون روپوش معمولا" دارای ترکیبات زیر هستند ؛

- کربن 0.08 تا 0.13 درصد
- منگنز 0.30 تا 0.40 درصد
- سیلیسیم 0.03 تا 0.30 درصد
- فسفر 0.012 تا 0.018 درصد
- گوگرد 0.026 تا 0.028 درصد

جنس فلز الکترود را می توان به دسته های کلی زیر تقسیم نمود.

- *فولاد بدون آلیاژ یا فولاد نرم شامل فولادهای ساده ساختمانی*
- *فولادهای پرکربن*
- *فولادهای مخصوص (فولادهای آلیاژی) شامل؛ فولاد نیکل دار- کرم نیکل – کرم مولیبدن – نیکل مولیبدن وانادیم – منگنزمولیبدن وغیره*
- *چدن*
- *فلزات غیر آهنی یا رنگی شامل؛ آلومینیوم- مس- برنج- برنز- سرب وغیره*

وظایف روپوش الکترود

- با یونیزه کردن ستون قوس، پایداری وثبات قوس را افزایش داده وآنرا یکنواخت مینماید.
- روپوش الکترود ضمن جوشکاری گازهائی متصاعد می سازد که اطراف ناحیه مذاب را احاطه کرده واز دخول اکسیژن وازت به این منطقه جلوگیری می نماید،درنتیجه ازاکسیدشدن ونیتریده شدن توسط O2 و N2جلوگیری شده وازایجاد تخلخل نیزممانعت می گردد.
- با تشکیل قشر احیاء کننده ائی ازسرباره (گل جوش) باعث تأخیر درسرد شدن حوضچه جوش شده وازایجاد ترک در جوش جلوگیری می نماید.
- واکنشهای سرباره، فلزمذاب وگازوگاهی اوقات عمل تصفیه یا اضافه کردن عناصر آلیاژی را به حوضچه جوش انجام می دهد.
- به کمک ویسکوزیته، کشش سطحی ودیگر خواص فیزیکی سرباره حاصل ازپوشش، شکل گرده جوش ازظاهری مناسب برخورداروبرآمدگی وصافی مورد نظر راتأمین مینماید.
- سرباره پس از کنترل سرعت سرد شدن جوش وانجماد آن به راحتی قابل جداکردن می باشد.
- روپوش الکترود حاوی موادی می باشد که نقطه ذوب را پائین می آورد،بدین طریق ناخالصی ها را ازحوضچه به بیرون می فرستد.

خواص روپوش الکترود

1. روپوش درحین ذوب بایستی تولید سرباره وگازهای محافظ بنماید.
2. نقطه ذوب روپوش باید نزدیک به نقطه ذوب فلزی که الکترود از آن تهیه شده،باشد.
3. تولید قوس را درجوشکاری با برق جریان متناوب آسان وقوس را پایدارنماید.
4. روپوش کاملا" به الکترود چسبیده شده وبطور یکنواخت وبا ضخامت مساوی آن را پوشانده ویک شکل وبدون تورق وترک باشد.
5. حتی الامکان ضد آب بوده وتحت تاثیررطوبت هوا مرطوب وفاسد نشود.
6. سرباره بایستی دارای خاصیت احیاءکنندگی اکسیدهای تشکیل شده باشد.
7. سرباره بایستی خیلی سخت نباشدوبسادگی روی فلزذوب شده پخش ومنتشرشودوآن را با یک لایه یکنواخت بپوشاند.
8. سرباره منجمد شده بایستی دارای سرعت انقباض بیشتری نسبت به فلزجوش باشد تا بسادگی ازروی سطح جوش پاک گردد.
9. در الکترودهائی که برای جوشکاری درحالت عمودی وبالاسری درنظرگرفته شده، سرباره باید بسرعت منجمد شودتا از ریزش قطرات فلزجلوگیری بعمل آید.
10. روپوش بایستی عناصرمضرکه مرغوبیت جوش را کاهش می دهد(گوگرد،فسفروغیره) دربرنداشته باشد.

عناصر تشکیل دهنده روپوش الکترود

- **مواد سرباره ساز** :این مواد معدنی بوده وشامل اکسیدهای فلزی(بصورت سنگهای معدنی)مثل؛سنگ تیتان یا سنگ معدنی تیتانیوم ،سنگ معدنی منگنز، فلدسپات، فلوریت، گچ،خاک چینی یا کوئولن ،کوارتز، سنگ مرمر.

سنگ معدنی تیتانیوم ومنگنزسرعت انجماد سرباره را زیاد می کند.تیتانیوم معدنی سرعت ذوب الکترودرا افزایش داده وبازده جوشکاری را بالا می برد.

فلدسپات پایداری قوس را بهتر نموده وروانی سرباره را افزایش می دهد.

- ***مواد تشکیل دهنده گازی***

این مواد گازهای لازم برای حفاظت فلز جوش ازاکسید شدن ونیتریده شدن بوسیله O2 و N2 موجود درهوا را فراهم می کنندوعبارتند از؛نشاسته، خاک اره، کتان، سلولز، ذغال چوب وآرد.درحقیقت با سوختن چنین موادی مقداری H2 و CO تولید می شود که O2 و N2 را پس میزند.

- ***عوامل احیاء کننده***

این عوامل اکسید آهن بوجود آمده را احیاءنموده وتبدیل به آهن خالص می کنند وعبارتند از؛فرومنگنز، فروسیلیسیم، فروکرم، فروتیتانیوم، فروملیبدنیوم وآلومینیوم.

- ***عوامل آلیاژدهنده***

این عوامل عناصر لازم برای تکمیل آلیاژبه منظوربهبود خواص مکانیکی را به داخل فلز جوش وارد می نمایند(هرچند قسمت عمده عناصر آلیاژی ازطریق میله فلزی هسته الکترود تأمین می شود)وعبارتند از؛فرومنگنز، فروسیلیسیم، فروکرم، اکسید نیکل وغیره.دراغلب روپوش الکترودها عامل آلیاژکننده اصلی فرومنگنز است که هم خاصیت احیاءکنندگی وهم خاصیت آلیاژسازی راتوأما" برآوردمیکند.

- ***مواد چسبنده***

این مواد باعث خمیری شدن وچسبندگی دادن به روپوش می شوند وآنرا بطورمطمئن روی میله الکترود پس از منجمد شدن نگه می دارند.برای این منظور اغلب ازچسب شیشه، سیلیکاتهای سدیم وپتاسیم وگاهی چسب نشاسته استفاده می شود.

انواع الکترودها بر حسب نوع روپوش آنها

- 1-الکترودهای سلولزی
- 2-الکترودهای روتیلی
- 3-الکترودهای اسیدی
- 4-الکترودهای قلیائی (کم هیدروژن)
- 5-الکترودهای اکسیدی
- 6-الکترودهای روتیلی با پودر آهن
- 7-الکترودهای مرکب

1-الکترودهای سلولزی

- پوشش این نوع الکترودها از مقدارزیادی سلولزتشکیل شده که دراثر سوختن آن مقدارزیادی هیدروژن واکسیدکربن بوجود می آید که قوس وحوضچه جوش را ازاتمسفرمحافظت می کند وبطور کلی دارای خواص ذیل می باشد؛
- *الکترود با روپوش سلولزی دارای قوس پرنفوذ وپرنیرو ازنوع افشانی(اسپری)میباشد.*
- *برای جوشکاری درتمام وضعیتها مناسب است .*
- *سرباره نازکی تولید وخط جوش تختی دارد.*
- *با جریان یکسو وقطبیت معکوس بکار میرود.*
- *دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش می باشد.*

2-الکترودهای روتیلی

بطورکلی دارای خواص ذیل می باشد؛

- *شروع جوش ومصرف آسان دارند.*
- *الکترودهای روتیلی نسبتا" به رطوبت حساسیت ندارند.*
- *با جریان متناوب ومستقیم قابلیت جوشکاری دارند.*
- *دارای قوس ملایم با قدرت متوسط، شدت جریان وحرارت ورودی کم می باشد.*
- *دراین الکترود بدلیل وجود مقادیری سدیم وپتاسیم درپوشش، قوس آرامتروبا نفوذ کمتری ایجاد میشود.*
- *قابلیت جداشدن سرباره عالی بوده،گرده جوش ظریف است*

3-الکترودهای اسیدی

درپوشش این الکترود ازموادی استفاده شده است که سرباره حاصل دارای خاصیت اسیدی میباشد.الکترواسیدی جوش هموارو‌براق تولیدمی کند وسرباره جوش بادکرده وبراحتی ازجوش جدامی شود.درهمه حالتها، بخصوص درحالت مسطح قابل استفاده می باشد.بطورکلی الکترود اسیدی دارای خواص ذیل می باشد؛

- *روشن کردن این نوع الکترود آسانتر ولی روشن کردن مجددآن ازالکترودهای روتیلی سخت تر است.*
- *مقاومت کششی فلزجوش آن کمتراز مقاومت کششی جوش حاصل از الکترودهای روتیلی است.*
- *افزایش طول واستحکام ضربه ائی آن بیشتر است .*

4-الکترودهای قلیائی (کم هیدروژن)

- سرعت جوشکاری آن درحالت مسطح متوسط بوده ولی درجوشکاری حالت عمودی سرعت جوشکاری ازالکترودهای دیگر بیشتر است .
- سرباره براحتی ازروی جوش پاک می شود.
- سرباره الکترودهای قلیائی دارای نقطه ذوب پائین تری نسبت به سرباره الکترودهای روتیلی یا اسیدی است.
- فلز جوش حاصل دارای هیدروژن کمتری بوده ومعمولا" حتی دردرجه حرارتهای پائینترازاستحکام خوبی برخوردار می باشد.
- احتمال ترک خوردن فلز جوش نسبت به الکترودهای دیگر کمتر است، لذا برای جوشکاری فولادهای ساختمانی پر منگنز، مخازن تحت فشار وپلیتهای کشتی این الکترودها بر سایر الکترودها ارجحیت دارند.
- بطور کلی هرچه قدر سخت شوندگی فولاد بیشتر،افزایش ضخامت ورق از25 میلیمترواثر بارهای دینامیکی بیشتر گردد،ضرورت مصرف الکترودهای قلیائی بیشترشده و احتیاج به رطوبت کمتری درروپوش می باشد.
- سرباره الکترودهای قلیائی به رنگ قهوه ائی یا قهوه ائی سوخته می باشد.

5-الکترودهای اکسیدی

پوشش این نوع الکترودها بیشتر از اکسیدآهن ویا اکسید منگنزمی باشد وبطورکلی دارای خواص ذیل می باشند؛

- *سرباره جوش این الکترود کلفت؛ متراکم وخود جداشونده بوده ونقش عمده حفاظت جوش بعهده سرباره می باشد.*
- *چون فلز الکترود خیلی سیال است، عموما" برای جوشکاری گوشه ائی درحالت افقی واتصالات درحالت مسطح بکار می رود.*
- *این الکترود برای اتصالاتی که درآن ظاهر جوش برکیفیت مکانیکی ارجحیت دارد،توصیه می شود.*

6-الکترودهای روتیلی با پودر آهن

- پوشش این الکترود دارای روکش ضخیم محتوی پودرآهن می باشد.
- درجوشکاری گوشه وجوش شیاری عمیق بکارمی رود.
- رسوب زیادی داشته وپاک کردن سرباره جوش براحتی انجام می شود.
- محافظت بیشتری ازجوش بعمل می آورد.
- با شدت جریان بالا می توان جوشکاری نمود.

7-الکترودهای مرکب

- علاوه بر روپوشهای ذکرشده ازمخلوط کردن مواد مختلف روپوشهای مرکبی با خواص گوناگون برای مواردداستعمال مختلف بدست می آید.بعنوان مثال ازروپوش ***اسیدی-روتیلی*** میتوان نام برد.این نوع الکترود اغلب ضخیم بوده، تولید سرباره ای شبیه به سرباره روپوش اسیدی مینماید که قدری ازآن سیال تر است.این روپوش دارای اکسید تیتانیوم تا میزان 35% میباشدوخیلی شبیه خواص الکترود روپوش اسیدی است.برای جوشکاری گوشه ای، افقی وعمودی درفولادهای پرمقاومت بهترین الکترود بحساب می آید.

اثرمواد مورد استفاده درپوشش الکترود

- ***سلولز:*** *برای ایجاد گاز محافظ وعامل احیاءکننده(باسوختن سلولزگازموردنظرحاصل میگردد).*
- ***کربناتهای فلزی:*** *جهت تنظیم بازیسیته سرباره وایجاد اتمسفر احیائی (الکترودهای سفیدرنگ وبا جوش خوب).*
- ***روتیل (اکسید تیتانیوم):*** *جهت ایجاد سرباره ائی فعال ولی سریع منجمد شونده.البته به یونیزاسیون وپایداری قوس نیز کمک می کند.*
- ***فرومنگنزوفروسیلیسیم:*** *جهت اکسیژن زدائی فلز جوش وافزایش مقدارمنگنزوسیلیسیم فلز جوش*

- ***خاک رس وچسب:*** *جهت انعطاف پذیرکردن پوشش درمرحله تولید وکمک به استحکام پوشش.*
- ***فلورید کلسیم :*** *جهت تولیدگاز محافظت کننده از قوس، تنظیم کننده بازیسیته وایجاد سیالیت ومیزان حلالیت اکسیدهای فلزی.*
- ***فلزات آلیاژی:*** *نظیرنیکل، مولیبدن، کروم و... جهت تأمین محتوای آلیاژی فلزجوش.*
- ***سیلیکاتهای مینرالی :*** *جهت ایجاد سرباره واستحکام بخشی به پوشش الکترود.*
- ***اکسید آهن ویا منگنز:*** *جهت تنظیم سیالیت وخواص سرباره.اکسیدآهن درمقادیرکم خود به پایداری قوس کمک می کند.*
- ***پودر آهن:*** *افزایش راندمان تولید با تأمین فلزبیشتر.*

وظیفه اجزاء روپوش سرباره	چسبانندگی	مقاومت روپوش	تثبیت کننده قوسی	سوباره‌سازی	تشکیل دهنده گاز	عامل احیاءکنندگی	عامل اکسیدکنندگی	قلیائی بودن سوباره	اسیدی بودن سوباره	سیالیت سوباره	درصد آلیاژی	نرخ جایگزینی	کمی هیدروژن
سلولز	II	II			I	II							
روتیل			I	I					II	I			II
رزین	I	II				II							
سیلیکات سدیم	I		II					II					
آزبست	II	I	II	I						II			II
خاک رس	II	II	II	I						II			II
کربنات کلسیم			I	II	I		II	II					I
فلوریدکلسیم								I	I	I			
سیلیکات آلومینیوم			II	I									
سیلیکات منگنز			II	I									
سیلیکات آهن		I	II	I									
سیلیکات پتاسیم	I		I	I									II
اکسید آهن			II				I	I	I	I			
فرومنگنز				I		I			II		II		
پودرهای آلیاژی							II				I		
پودرآهن			II									I	

I. وظیفه اولیه
II. وظیفه ثانویه

جدول(7-1): طبقه بندی وظایف مواد تشکیل دهنده روپوش الکترود

طبقه بندی وشناسائی الکترودها

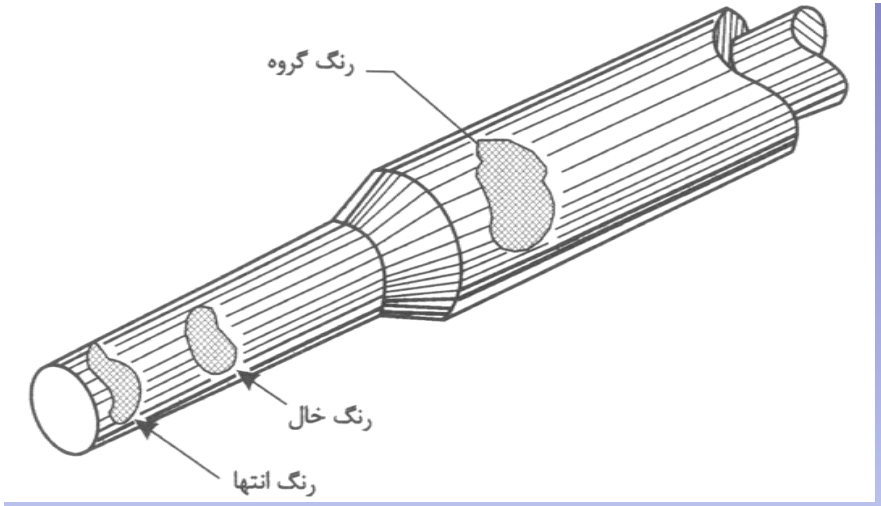
الف) سیستم تعیین هویت با رنگ :رنگ شناسائی درسه محل به شرح زیر زده می شود:

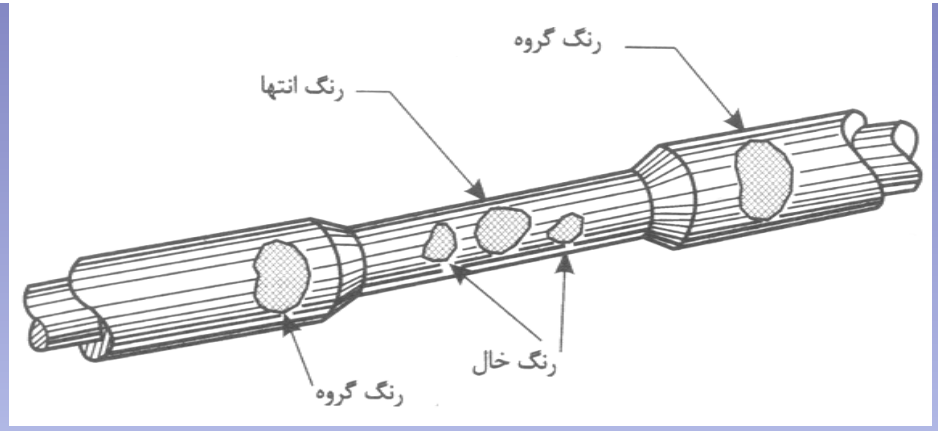
1- رنگ انتها- درانتهای میله الکترود

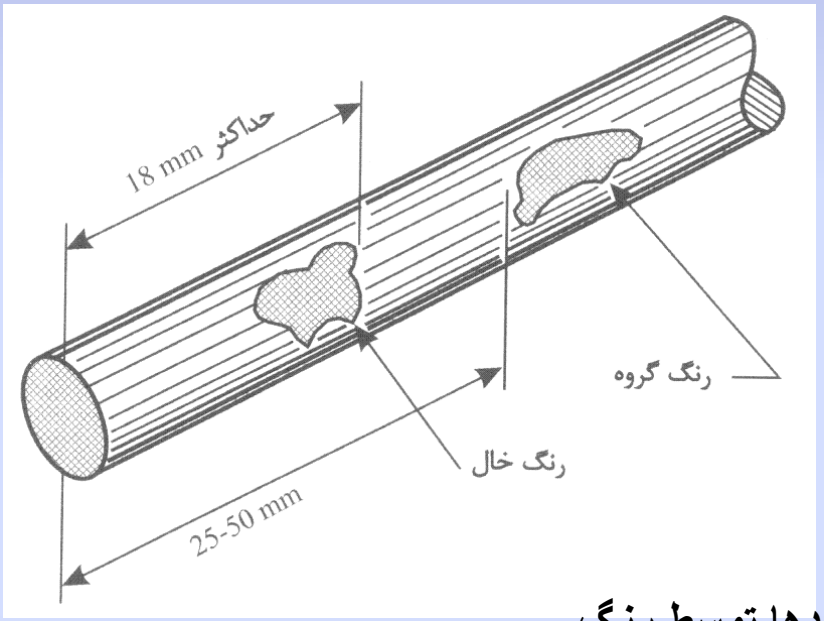
2- رنگ خال – درروی قسمت لخت میله

3- رنگ گروه – در زیر اعداد طبقه بندی

ب) سیستم تعیین هویت با چاپ یا مهرزدن ویا کدی برروی الکترود







شکل(22-1): نحوه شناسائی الکترودها توسط رنگ

طبقه بندی الکترودها به روش آمریکائی

درطبقه بندی A.W.S. هرالکترود با یک حرف E یا G
(E درمورد جوش قوس الکتریکی وG درمورد جوش گاز) ویک عدد چهار یا پنج رقمی مقابل این حرف ، به شکل E xxxxx ،مشخص می شود.

- *دو رقم سمت چپ ازکدچهاررقمی (یا سه رقم سمت چپ ازکد پنج رقمی) مقاومت کششی فلزجوش را برحسب کیلوپوند بر اینچ مربع نشان میدهد.* به عنوان مثال الکترود E60xx دارای مقاومت کششی 60000 پوند براینچ مربع معادل 4200 کیلوگرم برسانتی مترمربع می باشد.
- *دومین رقم ازسمت راست، مشخص کننده وضعیت جوشکاری مناسبی است که الکترودبرای آن وضیعت طراحی شده است* . بعنوان مثال الکترود هائی که دومین رقم از سمت راست آنها عدد یک است (Exx1x)برای جوشکاری درهمه وضعیتها (تخت،افقی، عمودی،بالاسری) مناسبند.
- *رقم اول سمت راست از این اعداد معرف نوع جریان، نوع روپوش، مقدار نفوذ قوس وسایر خصوصیات گرده جوش می باشد*

جدول (8-1): رقم دوم ازسمت راست نلمگذاری الکترود برحسب وضعیتهای جوشکاری

دومین رقم ازسمت راست	وضعیت جوشکاری مناسب	مثال
1	کاربردالکترودردرهمه وضعیتها All Position	Exx1x
2	کاربردالکترودفقط برای وضعیت تخت وافقی F,H	Exx2x
3	کاربردالکترودفقط برای وضعیت تخت Flat	Exx3x
4	کاربردالکترودردرهمه وضعیتها و V-down	Exx4x

نامگذاری AWS	نوع پوشش	وضعیت جوشکاری	نوع جریان
Exx10	پرسلولز،سدیم	All. Pos.	DCRP.
Exx11	پرسلولز،پتاسیم	All	DCRP,AC
Exx12	پرتیتان(روتیل)،سدیم	All	DCSP,AC
Exx13	پرتیتان،پتاسیم	All	DCSP,DCRP,AC
Exx14	پودرآهن،تیتان	All	DCSP,DCRP,AC
Exx15	کم هیدروژن،سدیم	All	DCRP
Exx16	کم هیدروژن،پتاسیم	All	DCRP,AC
Exx18	کم هیدروژن ، پودرآهن ،پتاسیم	All	DCRP,AC
Exx20	پراکسیدآهن	F,H	DCSP,AC
Exx22	پراکسیدآهن	F,H	DCSP,DCRP,AC
Exx24	پودرآهن،تیتان	F,H	DCSP,DCRP,AC
Exx27	پودرآهن،اکسیدآهن	F,H	DCSP,AC
Exx28	پودرآهن،کم هیدروژن	F,H	DCRP,AC
VExx27	پودرآهن،اکسیدآهن	F,H	DCSP,AC
Exx48	کم هیدروژن ، پودرآهن	F,H,V(down-hill),OH	DCRP,AC

جدول (9-1): وضعیت وکاربرد وقطبیت الکترودها بر حسب رقم اول سمت راست

Table 1
Electrode Classification

AWS Classification				
A5.1	A5.1M	Type of Covering	Welding Position[a]	Type of Current[b]
E6010	E4310	High cellulose sodium	F, V, OH, H	dcep
E6011	E4311	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6012	E4312	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcen
E6013	E4313	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6018[c]	E4318[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E6019	E4319	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6020	E4320	High iron oxide	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E6022[d]	E4322[d]	High iron oxide	F, H-fillet	ac or dcen
E6027	E4327	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7014	E4914	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E7015	E4915	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H	dcep
E7016[c]	E4916[c]	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018[c]	E4918[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018M	E4918M	Low-hydrogen iron powder	F, V, OH, H	dcep
E7024[c]	E4924[c]	Iron power, titania	H-fillet, F	ac, dcep, or dcen
E7027	E4927	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7028[c]	E4928[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	H-fillet, F	ac or dcep
E7048	E4948	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, OH, H, V-down	ac or dcep

مشخصه های کاربردی الکترودها

- جنس مواد مصرفی درروکش یک الکترود نه تنها مشخصات مکانیکی وشیمیایی فلز جوش را تعیین می کند،بلکه ویژگی های کاربردی الکترود را نیز مشخص می کند.استفاده از الکترودهای مختلف مستلزم استفاده از تکنیکهای مختلف جوشکاری است . الکترودها با توجه به ویژگی های کاربردی ونوع درز اتصال به سه گروه تقسیم میشوند.***الکترودهای پرجوش Fast Fill، الکترودهای زود جوش Fast Freeze ، والکترودهای پر و زود جوش Fill Freeze(Fast Follow)***

- Notes:
- a. The abbreviations, F, H, H-fillet, V, V-down, and OH indicate the welding positions as follows:
- F = Flat, H = Horizontal, H-fillet = Horizontal fillet,
- V = Vertical, progression upwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018, E7014, E7015, E7016, E7018, E7018M, E7048).
- V-down = Vertical, progression downwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018, E7014, E7015, E7016, E7018, E7018M, E7048),
- OH = Overhead (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under,except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018, E7014, E7015, E7016, E7018, E7018M, E7048).
- b. The term “dcep” refers to direct current electrode positive (dc, reverse polarity). The term “dcen” refers to direct current electrode negative (dc, straight polarity).
- c. Electrodes with supplemental elongation, notch toughness, absorbed moisture, and diffusible hydrogen requirements may be further identified as shown in Tables 2, 3, 10, and 11.
- d. Electrodes of the E6022 classification are intended for single-pass welds only

Table 2
Tension Test Requirements[a, b, c]

AWS Classification		Tensile Strength		Yield Strength at 0.2% Offset		Elongation Percentage in 4x Diameter Length
A5.1	A5.1M	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	
E6010	E4310	60	430	48	330	22
E6011	E4311	60	430	48	330	22
E6012	E4312	60	430	48	330	17
E6013	E4313	60	430	48	330	17
E6018	E4318	60	430	48	330	22
E6019	E4319	60	430	48	330	22
E6020	E4320	60	430	48	330	22
E6022[d]	E4322[d]	60	430	Not Specified		Not Specified
E6027	E4327	60	430	48	330	22
E7014	E4914	70	490	58	400	17
E7015	E4915	70	490	58	400	22
E7016	E4916	70	490	58	400	22
E7018	E4918	70	490	58	400	22
E7024	E4924	70	490	58	400	17[e]
E7027	E4927	70	490	58	400	22
E7028	E4928	70	490	58	400	22
E7048	E4948	70	490	58	400	22
E7018M	E4918M	Note f	Note f	53–72[g]	370–500[g]	24

Notes:

a. See Table 4 for sizes to be tested.

b. Requirements are in the as-welded condition with aging as specified in 12.2.

c. Single values are minimum.

d. A transverse tension test, as specified in 12.5 and a longitudinal guided bend test, as specified in Section 13 are required.

e. Weld metal from electrodes identified as E7024-1 [E4924-1] shall have elongation of 22% minimum.

f. Tensile strength of this weld metal is a nominal 70 ksi [490 MPa].

g. For 3/32 in [2.4 mm] electrodes, the maximum yield strength shall be 77 ksi [530 MPa].

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens[a]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6018 E6027, E7015, E7016[b], E7018[b], E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4915, E4916[b], E4918[b], E4927, E4948	20 ft·lbf at –20°F [27 J at –30°C]	15 ft·lbf at –20°F [20 J at –30°C]
E6019 E7028	E4319 E4928	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024[b]	E4312, E4313 E4320, E4322 E4914, E4924[b]	Not Specified	Not Specified
AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens[c]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4918M	50 ft·lbf at –20°F [67 J at –30°C]	40 ft·lbf at –20°F [54 J at –30°C]

Notes:

a. Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J].

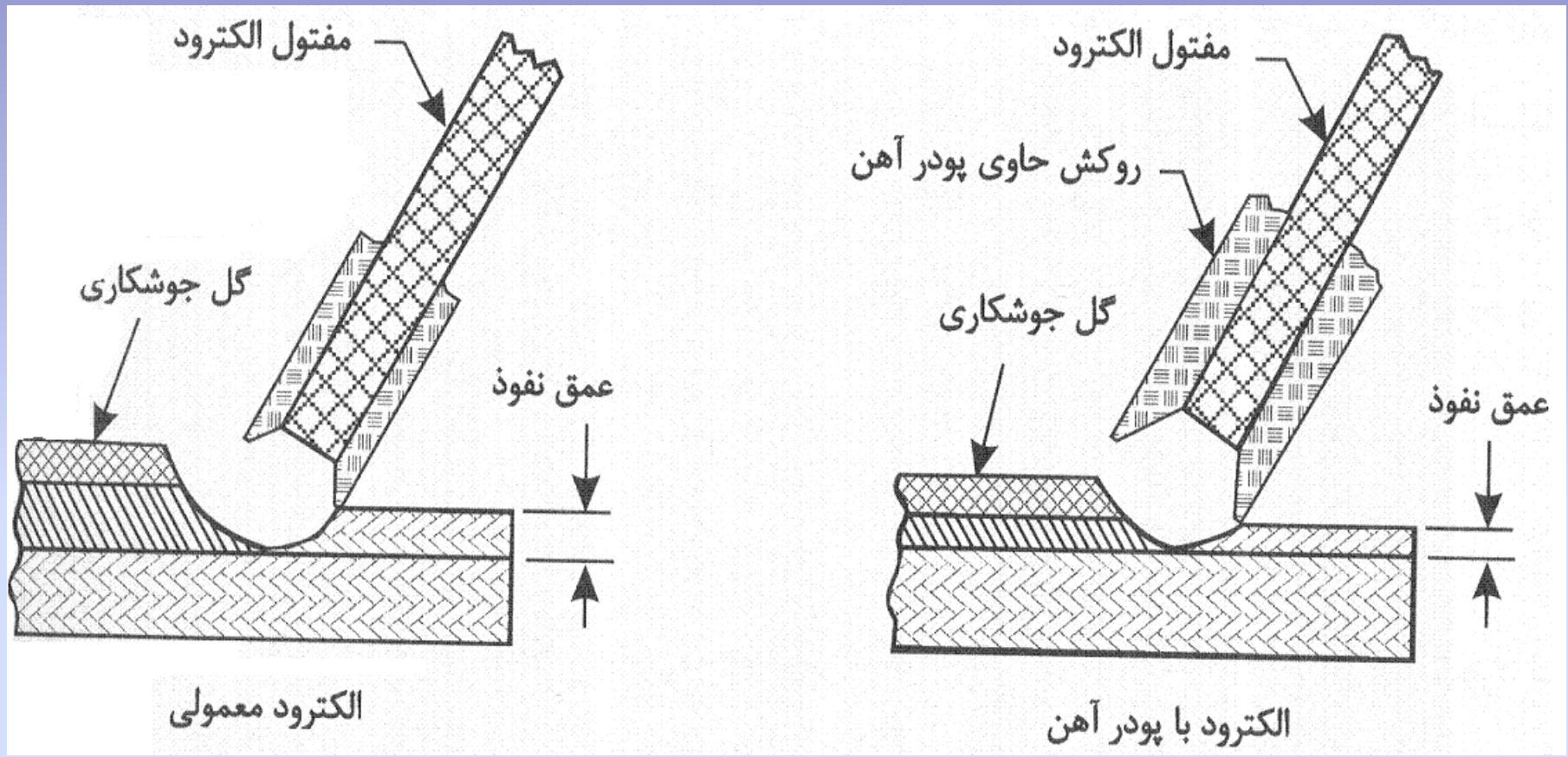
b. Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft·lbf at –50°F [27 J at –45°C]	15 ft·lbf at –50°F [20 J at –45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]

c. All five values obtained shall be used in computing the average. Four of the five values shall equal, or exceed, 50 ft·lbf [67 J].

الکترودهای پرجوش

- الکترودهای پرجوش درز رازود پرمی کند، این خاصیت نقطه مقابل الکترودهای زود جوش است. الکترودهای پرجوش دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن می باشند ، که کاربرد وسیعی درجوشکاری گوشه وجوشهای شیاری عمیق دارد(شکل 23-1). این الکترودها برای جوشکاری سریع رو به پائین طراحی شده ،میزان رسوب بالا بوده وپاک کردن سرباره براحتی انجام میگیرد.گودافتادگی کناره جوش (undercut) کم است.این نوع الکترود با قوس سبک وملایم ذوب میشود،عمق نفوذ آن زیاد نیست درنتیجه امتزاج فلز جوش وفلز پایه کم است، ظاهر جوش بسیارصاف وسطح جوش تخت تا کمی محدب می باشد.الکترودهای پرجوش عبارتند از Exx28، Exx27 ، Exx24 ، Exx14 .



شکل(23-1): اثر پوشش ضخیم حاوی پودرآهن

الکترودهای زود جوش

- این نوع الکترودها دارای قابلیت انجماد سریع فلزجوش میباشند.این خاصیت در مواردی که ترشح گل جوش ویا فلز جوشکاری به خارج ازدرزجوش وجود داردویا درجوشکاری بالاسری و سقفی بسیار مهم است .این الکترودها دارای قوس قوی ونفوذی بوده وهرچند با جریان متناوب نیزبکارمیرود لیکن عموما" با جریان یکسووقطبیت معکوس کارائی بیشتری دارد.دارای سرباره کم وخط جوش تخت میباشند. E6010 با جریان یکسو و E6011 با جریان متناوب ازاین نوع الکترودها هستند.

الکترودهای پر و زود جوش

- خصوصیات الکترودهای پر و زود جوش بنحوی احتیاجات هر دو گروه پرجوش و زودجوش رابرآوردمیکند.دراتصالات رویهم (Lap weld) وجوشکاری ورقهای نازک بعلت لزوم مقداری فلزجوش اضافی برای شکل گیری جوش، درصورت استفاده ازاین نوع الکترودها، جوشکاری سریعتر خواهد بود.به همین دلیل به این الکترودها زود رو (Fast Follow) نیزمیگویند. قوس ملایم، قدرت نفوذ متوسط با شدت جریان وحرارت ورودی کم، مسائل سوختگی (سوراخ شدن)راکاهش میدهد.این الکترودها برای مصارف عمومی،برای جوشکاری ورقهای نازک وهمچنین برای جوشکاری سرپائین بکارمیروند،مانند Exx12,Exx13 .

الکترودهای کم هیدروژن
Low Hydrogen Electrodes

- هیدروژن اثر مضری درفولادهای آلیاژی وپراستحکام داردوسبب ترک خوردگی های بین دانه ای میگردد.این نوع الکترودها با کد Exxx8شده وبا وجود ترکیباتی چون آهک ،سنگ کربنات ،تیتان وپودرآهن درپوشش خود،کمترین میزان هیدروژن درفلزجوش راباقی می گذارند.این الکترودها برای فولادهای پرکربن ،فولادهای کم آلیاژ،فولادهای سخت ودرهرکجائی که باردینامیکی وضخامت بیش از1.0 اینچ مدنظرباشد،توصیه می شود.یادآوری میگرددظهورهیدروژن درجوش ازچهار منبع احتمال دارد،
- رطوبت جذب شده درپوشش الکترود
- آب موجود درمواد چسبنده تشکیل دهنده پوشش
- تجزیه ترکیبات اورگانیکی نظیر چربی ها ورنگها، که همراه با آب یا هیدروژن میباشند.
- آب تبلور همراه کریستالها ی مینرالها یا کانی ها

این الکترودها را باید قبل ازمصرف طبق دستورالعمل پخت.

الکترودها با پوشش محتوی پودرآهن
Electrodes Irons Powder

تأثیرافزایش پودرآهن درروپوش الکترود بررفتارقوس رامیتوان چنین خلاصه نمود،

- وجود پودر آهن درپوشش سرعت پراکندگی الکترود را افزایش میدهد.درواقع مقدارفلزبیشتری درواحد زمان به حوضچه جوش منتقل میشود.
- جریان مورد نیاز نیزبه همان نسبت افزایش سرعت پراکندگی ،افزایش میابد.
- سرعت تمیزکاری جوش بیشتر می شود.
- مقدارترشح جوش Spatter کمترمیگردد.
- شکل گرده جوش بهتر خواهدبود.
- پایداری ویکنواختی قوس بیشتر است.

سه نوع الکترودی که درصنعت مصرف عمومی دارد

- الکترود **E6010** باپوشش سلولزی دروضعیت All position که با جریان DCRPکارمی کند.

- الکترود **E6013** با پوشش روتیلی دروضعیت All position وقابل استفاده با هرنوع جریان،بیشتربرای جوشکاری سازه های فلزی Steel Structures بکارگرفته می شود.

- الکترود **E7018** با پوشش پودرآهن وکم هیدروژن، دروضعیت All position که با جریان AC,DCRP کارمیکند،درهرکجائی که استحکام ،مقاومت دربرابربارهای خستگی وچقرمگی فلزجوش مطرح باشد،بسیارمناسب میباشد.دربکارگیری این الکترودها نگهداری مناسب (نگهداری درفلاسک)وپخت درoven قبل ازمصرف اجتناب ناپذیرمي باشد.

الکترودهای فولاد ضدزنگ
Stainless Steel electrodes

- فولادهای ضدزنگ معمولا" فولادهای کروم داریا کروم- نیکل می باشند.این آلیاژ ها مقاومت مکانیکی ومقاومت دربرابرخوردگی ،حرارت،اکسیداسیون وپوسته شدن فولادراافزایش میدهند.شناسائی الکترودهای فولادضدزنگ براساس روش ارئه شده توسط AISI (موسسه آهن وفولاد امریکا)می باشد.Exxx-xxسه رقم اول مقاومت کششی فلزجوش برحسب کیلوپوند براینچ مربع بوده ودورقم بعدی براساس موقعیت جوشکاری وویژه گیهای کاربردی الکترود مطابق قراردادهای AWS میباشد.
- این الکترودها با روکش حاوی آهک ، تیتانیوم – آهک وتیتانیوم طراحی شده اند.

- **روپوش آهک دار** مناسب با جریان DCRP ودروضعیت قائم وسقفی نیز بکارگرفته میشود.این الکترود برای پاس ریشه به منظور جلوگیری از ترک گلوگاه جوش مناسب است.سطح جوش محدب وگل تولیدشده سطح جوش را کاملا"پوشانده وکمترین مقدار ترشح را ایجادمینماید.این نوع روپوش با داشتن پودرهای خاص ،ناخالصی ها راازسطح جوش دورکرده ومنجربه تولید جوشی عاری ازتخلخل ودارای خواص مکانیکی ومقاومت خوردگی قابل توجه میگردد.(E3xx-15)
- **روپوش تیتانیوم** مناسب بادونوع جریان AC,DCRP بوده وبه خاطر عمل آرام قوس تحت عنوان الکترودهای نوع آهکی یاد میشوند. ظاهرجوش صاف با سطح کمی مقعرکه احتیاج زیادی به تمیزکردن ، سوهان زنی ویا ماشین کاری ندارد وگل زنی نیزبراحتی انجام میگیرد.این الکترودها دررده E3xx-16 قرارمی گیرند.
- **روپوش تیتانیوم – آهک** تنها با جریان DC ویا هردونوع جریان DC,AC ودرهمه وضعیت های جوشکاری قابل استفاده میباشد.برای جوشکاری فولادپرمقاومت کروم دار، فولاد ضدزنگ ازآلیاژکروم – مولیبدن وبعضی ازفولادهای ضدزنگ کروم – نیکل بکارمیرود.

الکترودهای آلومینیوم

- برای جوشکاری آلومینیوم ، روش جوشکاری قوسی تحت حفاظت گازوجوشکاری گازی با الکترود تنگستن کاربرد بیشتری نسبت به انواع روشهای دیگر دارد.لیکن درموارد محدودی نیزازروش جوشکاری قوسی با الکترود روپوشدار استفاده میگردد.آلیاژهای اصلی که درالکترودهای آلومینیومی بکارمی روند، عبارتند از: منیزیم (درترکیب با روی ویا بدون منگنز) وسیلیکون (با ویا بدون مس).
- شکل پذیری وترک خوردگی که به نام پارگی گرم " hot-shortness " شناخته می شود، ازمشکلات جوشکاری آلومینیوم میباشد.ازدرزهای پرجوش بایداجتناب نمود.ترک خوردگی جوش به خاطرپایین بودن مقاومت کششی بعضی ازترکیبات فلزجوش درتغییرات درجه حرارت معمول است .براین مورد میتوان با استفاده ازمقداربیشتری آلیاژمنیزیم –آلومینیوم غلبه کرد،چراکه جوش تولید شده با این ترکیب مقاومت کششی خوبی پس از گیرش دارد.نوع درزاتصال وتکنیک جوشکاری برروی ترک حوردگی جوش موثراست.

انواع الکترودهای آلومینیوم

- الکترود **E1100** برای جوشکاری آلومینیوم بدون آلیاژ. دارای شکل پذیری زیاد، هدایت الکتریکی مناسب وحداقل مقاومت کششی معادل 840 Kg/cm2 .

- الکترود **E3003** با شکل پذیری زیاد وحداقل مقاومت کششی معادل 980 Kg/cm2 .

- الکترود **E4043** با مقدار سیلیکون بالا (حدود 5%) که روانی فوق العاده ائی درفلزجوش تأمین می کند.

نیروهای موثر برانتقال فلزالکترود به حوضچه جوش
metal transfer

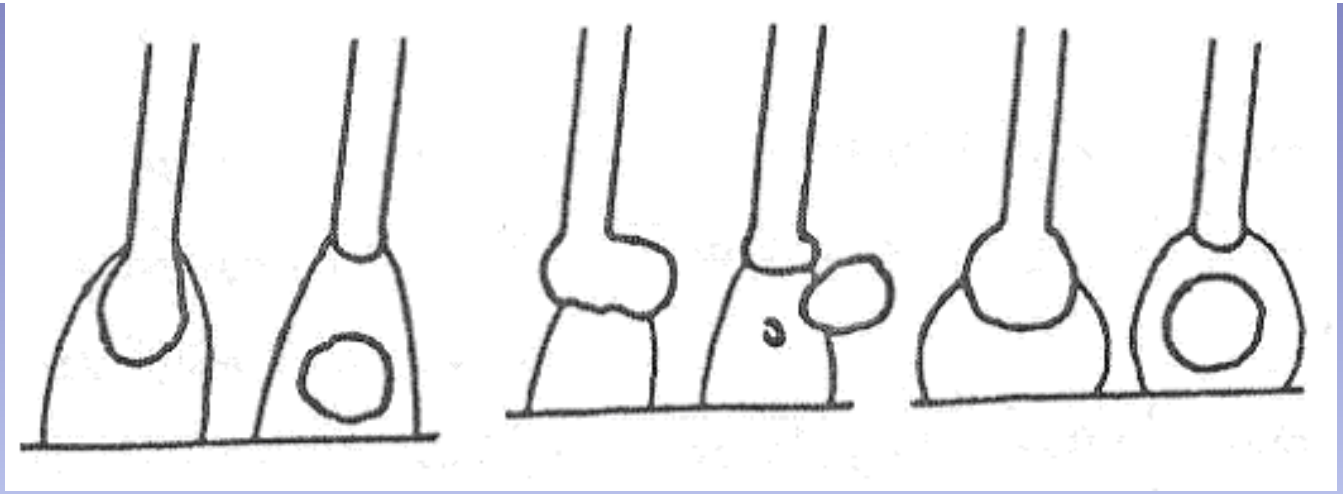
نیروهائی که درانتقال فلز ازالکترود به حوضچه جوش نقش دارند، عبارتند از:

- *کشش سطحی*
- *شتاب ثقل (وزن)*
- *نیروی الکترومغناطیسی*
- *نیروی هیدرودینامیک دراثرجریان وجنبش گازها*

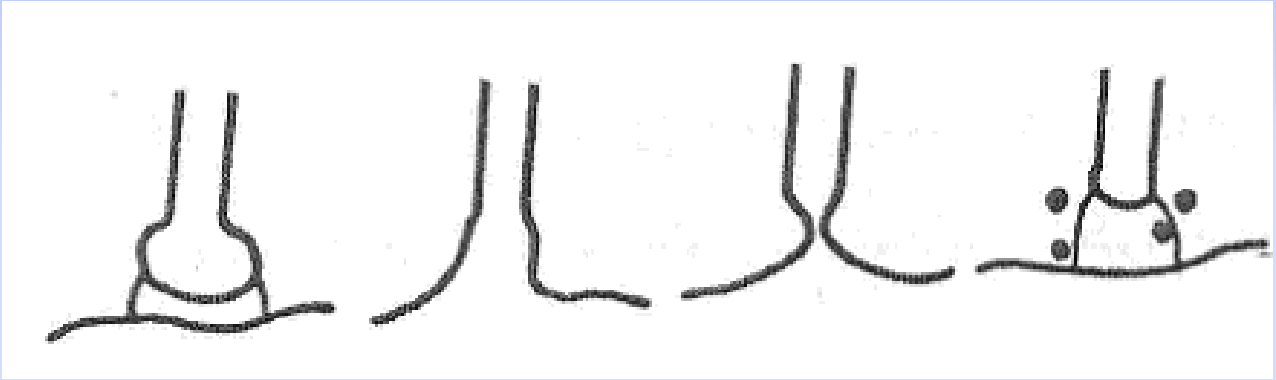
دومکانیسم اصلی برای انتقال فلزازالکترود به حوضچه مذاب جوش وجود دارد،

- ***ریزش قطرات با پرواز آزاد " Free-flight "***
- *که به سه نوع فرعی به صورت : ثقلی " gravitation "،ریزش شدید یا تصویری " projection " و دفع کردنی " repelled " تقسیم میشود.*
- ***مداربسته با انتقال پلی " short-circuiting "***

Kurzlichtbogen
Draht: SG 2 1,2 mm
Gas: 82% Ar + 18% CO_2
-0:02:51



(a): ریزش قطرات با پروازآزاد



(b): انتقال قطرات بطور مدار بسته

شکل(24-1): مکانیسم های انتقال قطرات مذاب ازالکترود به حوضچه جوش

نرخ یا میزان ذوب الکترود *melting rate*

- **طول الکترود ذوب شده دردقیقه را نرخ ذوب الکترود می نامند.**
نرخ ذوب به عوامل مختلفی بستگی داردودر شرایط مشابه (ازنظر اندازه وشدت جریان) درموتورهای ژنراتور
بیشترازترانسفورماتورهای یکسوکننده ودرترانسفورماتورهای یکسوکننده بیشتر ازترانسفورماتورهای .ac است.
- برای منبع با قدرت معین ،نرخ ذوب با ازدیاد شدت جریان افزایش می یابد،ولی شدت افزایش درالکترودهای ضخیم کمتر
ازالکترودهای باریک است.درشدت جریانهای خیلی زیاد،بعلت وزش قوس وجرقه spatter وحرارت مقاومتی زیاد درالکترود، نرخ ذوب دوباره اندکی کاهش می یابد.

Deposition rate نرخ رسوب

- نرخ رسوب را که معمولا" با پوند یا کیلوگرم دردقیقه نشان می دهند ،**مستقیما" با مقدار فلزجوش رسوب داده شده در واحد زمان** اندازه گیری مینمایند.نرخ رسوب در شرایط مشابه با موتورهای ژنراتوربیشترین وبا ترانسفورماتورهای .ac کمترین مقدار است .نرخ رسوب معمولا" کمتر از نرخ ذوب است چون مقداری از فلز بصورت های مختلف نظیر جرقه ، اکسید شدن (اکسایس)ودود درحین انتقال ارالکترود به حوضچه جوش ازبین میرود.درصد وزن فلزرسوب داده شده به وزن فلز ذوب شده از مفتول الکترود بازدهی الکترود می باشد.
- 100*(فلزذوب شده از مفتول الکترود/ فلزرسوب داده شده) = بازدهی الکترود
- درشدت جریانهای بالا بعلت وزش قوس وجرقه ، بازدهی الکترود کاهش می یابدودرنتیجه باید شدت جریان پایین تری انتخاب نمود.درالکترودهای پودرآهن دار کارائی ازصددرصد تجاوزمیکند،زیرا مقداری ازپودرآهن موجود در پوشش نیز به وزن رسوب اضافه می شود.

انتخاب نوع الکترود

- **ترکیب فلز مادر:**

تمام فولادهای کم کربن معمولی را می توان هرنوع الکترود معمولی جوشکاری نمود،مگرآنکه درجه حرارت محیط پایین باشد.فولادهائی با کربن بیشتر از حدود 0.35% یا دارای مقاومت کششی بیشتر از 4200 Kg/cm2 را اغلب به کمک الکترودهائی با روپوشهای کم هیدروژن یا روپوشهای پودرآهنی کم هیدروژن جوشکاری می نمایند،تانیازی به پیش گرمایش ویا پس گرمایش فلز مورد جوشکاری نباشد.

- ***وضعیت جوشکاری:***

برای وضعیتهای عمودی وبالاسری ازالکترودهای ویژه ائی بایستی استفاده نمود. الکترودهائی با سرعت زیاد را برای جوشکاری افقی وتخت میتوان بکار برد.

- ***مناسبت الکترود با نوع اتصال*** : *اگربین دولبه قطعات مورد جوشکاری فاصله زیادی وجود دارد باید از الکترودهای ویژه ومعینی که سرباره حجیمی ایجادمی کنند استفاده نمود.*
- ***درجه اهمیت اتصال جوش:*** برای مواردی که جوشها بایستی مقاومت زیاد، نرمی خوب ومقاومت به ضربه خوب دردرجه حرارت پایین داشته باشند،عموما" ازالکترودهائی با روپوشهای کم هیدروژن پودرآهن دار استفاده می شود.
- *برای جوشهائی که با رادیوگرافی بازرسی می شوند،الکترودهای معمولی نظیر E6012 ،*
- *E6013، E7014 وE7024 کمتر فایده دارند.*
- *برای جوشهائی که ظاهر جوش اهمیت دارد،الکترودهائی نظیرE6020 ،E6027 و E7024*

اغلب بکارمی روند.

- **میزان نفوذ جوش** : برای درزهائی که دسترسی دوطرفه به حوضچه جوش وجود نداردومیخواهند جوش نفوذ خوبی داشته باشد،ازالکترودهای سلولزی نظیر E6010 استفاده میکنند.درجدول زیر میزان نفوذ جوش برخی ازالکترودهای معمولی درج شده است.

نوع الکترود	میزان نفوذ	نوع الکترود	میزان نفوذ
E6010	زیاد	E7014	متوسط
E6011	زیاد	E7016	متوسط
E6012	متوسط	E7018	کم
E6013	کمتر ازقبلی	E7024	کم
E6020	متوسط	E7028	کم
E6027	متوسط	-------	-------

- **هزینه اجرای جوشکاری:** هزینه اجرای جوشکاری ازدو طریق برانتخاب الکترودتأثیرمی گذارد.اول آنکه الکترودهای مختلف سرعت ذوب متفاوتی دارند،که این سرعت ذوب عامل مهمی درهزینه کل اجرای جوشکاری است.اثر دوم که اهمیت آن کمتر است هزینه مستقیم الکترود مصرفی است. ازبین الکترودهائی با قطرهای مساوی،الکترودهای پودرآهن دار E7024 والکترودهای کم هیدروژن پودرآهن دار E7028 دارای بیشترین سرعت ذوب بوده وهزینه کلی جوشکاری را کاهش می دهند.
- **مهارت جوشکار** : بهترین نتیجه جوشکاری با الکترود معین وقتی حاصل می شودکه جوشکاربقدرکافی درمصرف آن مهارت داشته باشد.الکترودهای مخصوص جوشکاری دروضعیت تخت (E6020)ازالکترودهای مخصوص همه وضعیتها،نظیرE6010 ، مهارت کمتری نیازدارند.الکترودهای کم هیدروژن مهارت جوشکاری بیشتری نسبت به سایرالکترودها،لازم دارند.

انتخاب قطر الکترود

- قانون کلی درانتخاب قطر الکترود این است که ضخامت الکترود نبایستی از ضخامت ورق مورد جوشکاری بیشترباشد.اصولا" الکترودهای ضخیم برای وضعیتهای عمودی ، وبالاسری مناسب نیستند.ماکزیمم قطرالکترود دراین وضعیتهای دشوار5 میلیمتر می باشد.

نوع اتصال ووضعیت جوشکاری	قطرمناسب الکترود برحسب میلیمتر
برای جوش لوله که احتیاج به ذوب خوب ریشه دارد.	3.25یا 4 برای جوشکاری پاس اول 4 یا 5 برای پاسهای بعدی درتمام وضعیتها 5 یا بزرگتربرای وضعیت تخت
یرای جوش لوله با قطر کم	2.5برای جوشکاری پاس اول 3.25 یا 4 برای پاسهای بعدی
برای جوشکاری درزهائی با دوشیب یا یک شیب با تسمه پشت بند	5 برای جوشکاری پاس اول دروضعیت تخت بزرگتر از 5 برای پاسهای بعدی
برای جوشهای رویهم (گوشه)دروضعیت تخت	5 یا 6
برای جوشکاری رویهم ولب به لب دروضعیتهای دیگر	4 اغلب برای جوش پاس اول 5 حداکثرقطری که عملا"مصرف میشود
درجوشکاری با الکترود کم هیدروژن	3.25 یا 4 برای وضعیت عمودی وسقفی 5 یا بزرگتربرای وضعیت تخت وافقی

جدول(11-1): قطرمناسب الکترود برای مصرف درجوشهای مختلف

انتخاب شدت جریان مناسب

شدت جریان لازم برای جوشکاری معمولا" باید بطور تجربی بدست آید،ولی باید درنظرداشت که :

- *هرچه فلزمورد جوشکاری ضخیمتر باشد،شدت جریان بیشتری لازم است.*
- *اتصالات لب به لب وگوشه ائی نسبت به اتصالات سپری ولب رولب شدت جریان کمتری احتیاج دارند.*
- *جوشهای یک پاسه نسبت به جوشهای چند پاسه شدت جریان بیشتری نیازمند هستند.*
- *پیش گرمایش فلز،سبب کاهش شدت جریان مورد نیازجوشکاری میگردد.*
- *درشدت جریان خیلی زیاد،پاشیدگی بیشتر،کنترل ناحیه مذاب ضعیفتر وهمچنین روپوش الکترود بطور کامل ذوب نمی شود.درشدت جریان خیلی کم ،نگهداری قوس مشکل وفلزالکترود یا فلزمادرذوب نخواهدشد.*

نگهداری صحیح الکترودها

- رطوبت موجود درروپوش الکترود بهنگام جوشکاری تبخیرشده وباعث بادکردن روپوش وریختن آن وهمچنین اکسیدشدن فلزجوش وبالاخره تقلیل خواص مکانیکی جوش می گردد.
- جوشکاری با الکترود مرطوب منجربه افزایش ولتاژقوس،ترشح زیاد،گودافتادگی لبه ها شده وتمیزکردن سرباره را با مشکل مواجه می سازد.
- اشکال دیگر درمورد الکترودهای روپوش دار،ترک برداشتن یا ریختن قسمتی ازپوشش الکترود،دراثر حمل وجابجائی است،که موجب برهم زدن ثبات قوس واکسیدشدن فلزجوش میگردد.بعضی ازالکترودها مثل الکترودهای قلیائی بطورخاصی خشک گردیده ودارای روپوش شکننده تراز روپوش الکترودهای معمولی بوده وجابجائی آنها به دقت زیادی نیازدارد.
- معمولا"دررطوبت 90%روپوش الکترود قلیائی پس ازیک روز،دررطوبت 70% نیزپس ازیک هفته خراب شده ودرحالتی که رطوبت نسبی کمتراز40%باشد،تاثیری ندارد.الکترودهای اسیدی نسبتا" حساسیتی به جمع کردن رطوبت ندارندوالکترودهای روتیلی آلی می توانند بالاترین درصد رطوبت را تحمل نمایند.

خشک کردن الکترودهای مرطوب

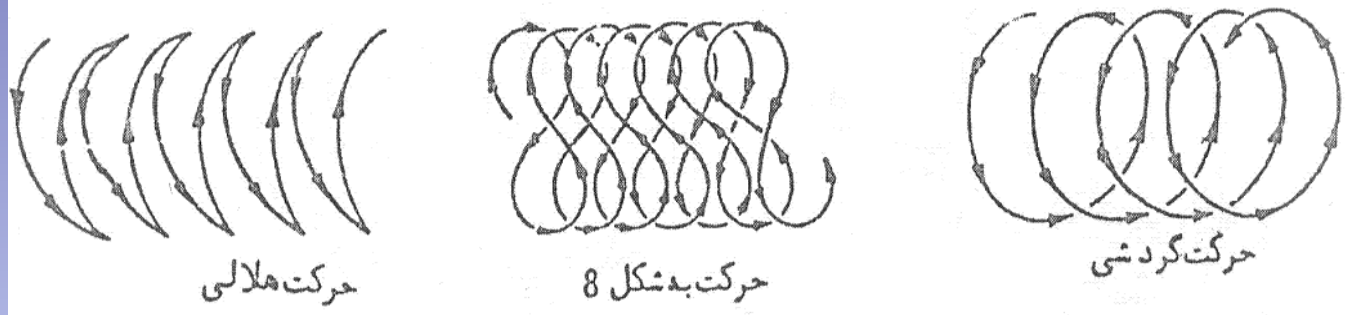
- *1- الکترودهای کم رطوبت دیده* را دریک اون مناسب تحت درجه حرارت 250~200 درجه سانتیگراد حدود سه ساعت گرم می نمایند.
- *2- الکترودهای شدیدا"آسیب دیده ازرطوبت والکترودهای قلیائی مخصوص خشک شده*،که مرطوب شده اندرابایستی به کارخانه سازنده عودت داده شوند تا دوباره خشک شوند،چون به درجه حرارت بالاتری نیازدارند که ممکن است باعث شکننده شدن روپوش آنها گردد.

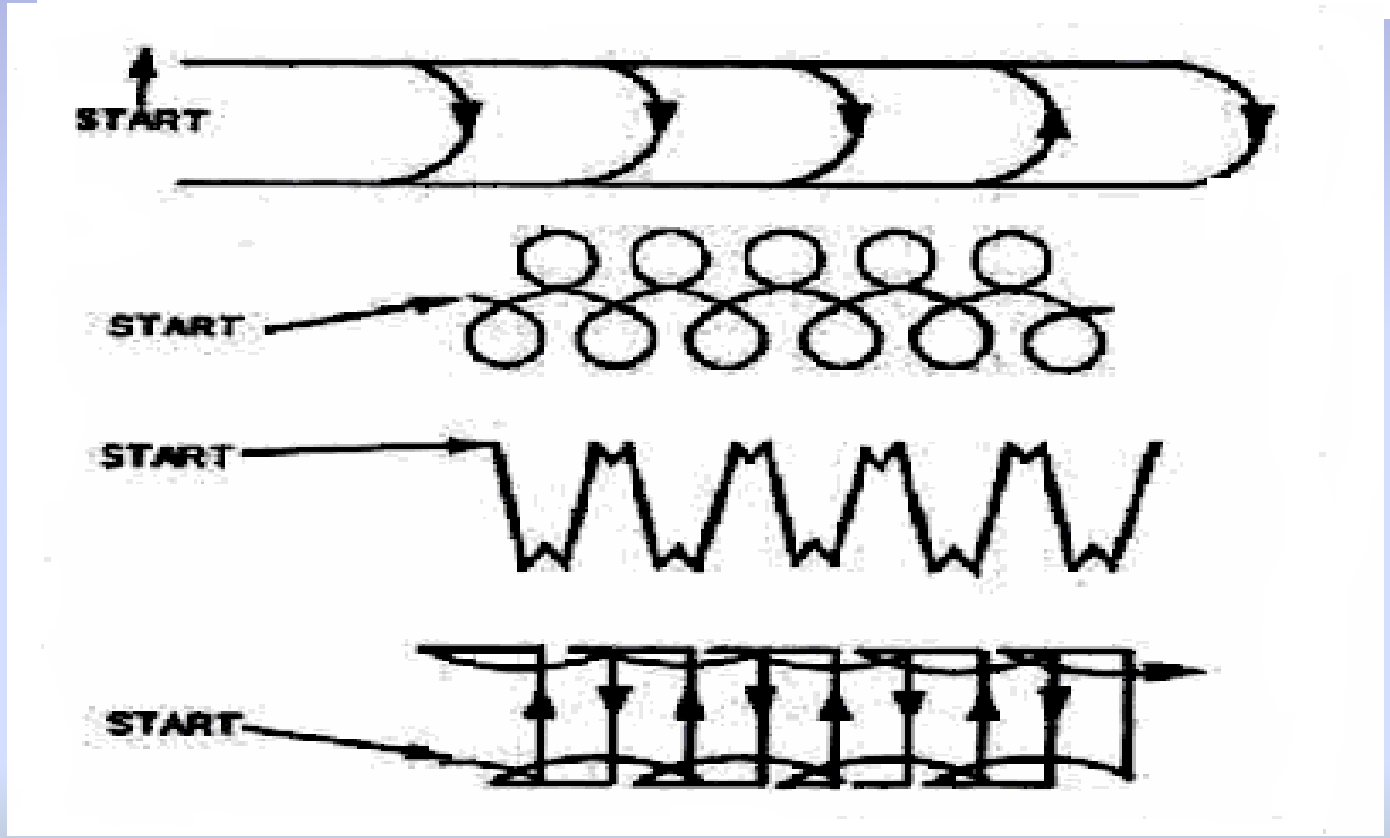
- الکترودها را بایستی زودتر از یکی دو ساعت به مصرف مانده از اون خارج نمود.

عملیات جوشکاری دستی

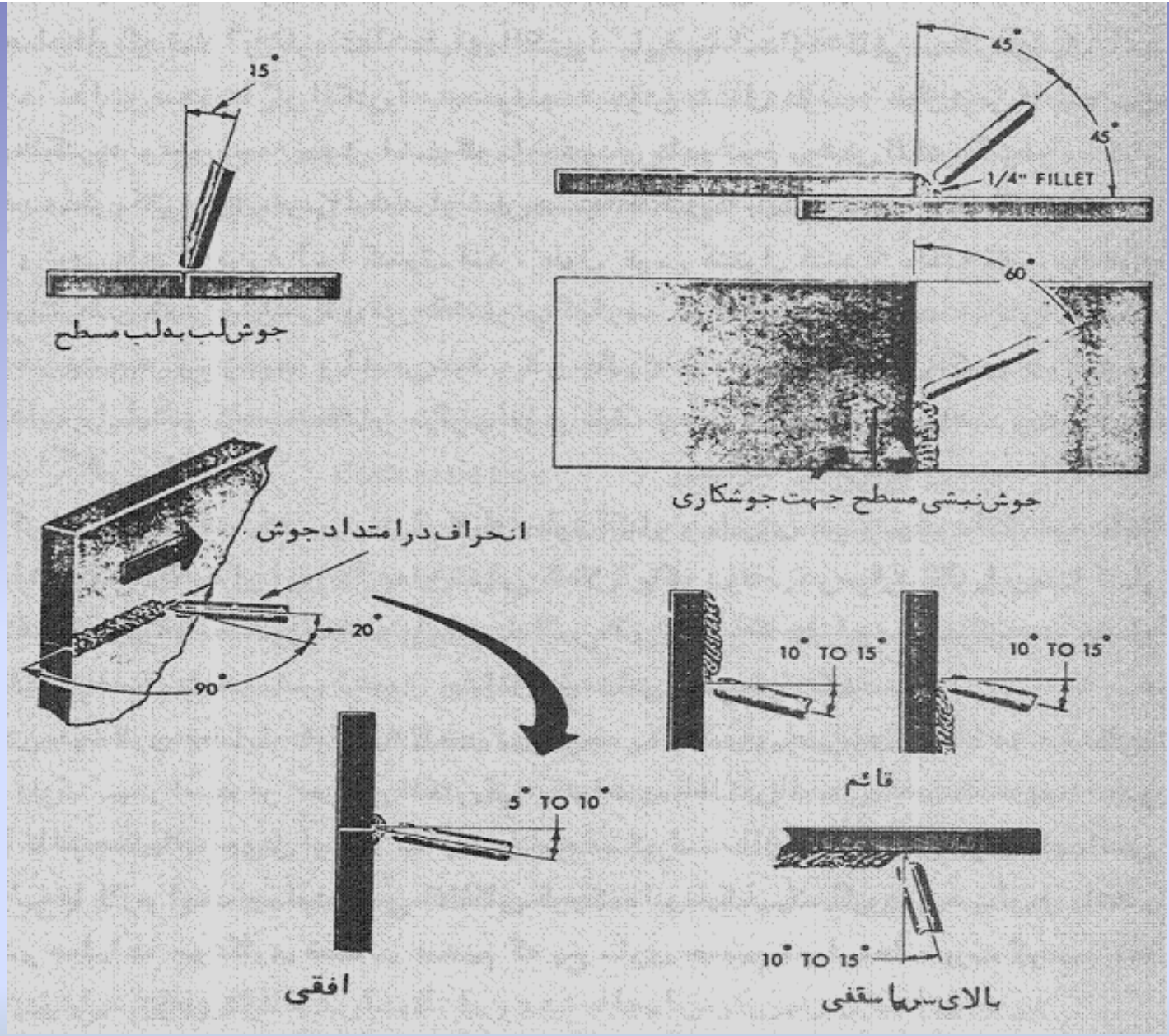
- پس ازشروع قوس جوشکار باید قوس را به داخل محل اتصال هدایت نماید تا فلز جوش درمحل مورد نظر رسوب نماید.برای این کار جوشکار باید سه حرکت دست را همزمان وبطور یکنواخت وقابل کنترل انجام دهد، که این سه حرکت عبارتند از:

- *تثبیت فاصله نوک الکترود با سطح مذاب حوضچه جوش با انطباق همزمان ذوب الکترود وحرکت آن به سمت جوش.*
- *حرکت الکترود و قوس درسرتاسر مسیر جوش که دراصل سرعت پیشروی جوشکاری است.*
- *در صورت لزوم حرکتهای زیگزاگی یا موجی متناسب با وضعیت جوش، تا نیروی قوس فلز مذاب را در محل لزوم هدایت نموده ونگه دارد وسرباره را نیز به اطراف جارو کند.نمونه ائی از این حرکتها در شکل(25-1) ملاحظه می شود.*
- ***زاویه الکترود: زاویه بین الکترود با خط عمود بر جوش در صفحه طولی را زاویه راهنما Lead Angle وزاویه الکترود با خط عمود بر جوش در صفحه عرضی را زاویه کار Work Angle می گویند.***شکل *(26-1)*





شکل(25-1): نمونه ائی از حرکتهای موجی الکترود



شکل(26-1): وضعیت الکترود درحالتهای مختلف جوشکاری