

## **چگونگی انتخاب الکتروود**

هنگام انتخاب الکتروود ، اولین اصل گزینش ، مطلع شدن از مشخصات فلز جوش الکتروود میباشد بنحوی که اطمینان حاصل شود که کیفیت فلز جوش الکتروود انتخابی مشابه و یا بهتر از فلز پایه می باشد . حالت جوش و همچنین نوع اتصال آن از سایر عوامل موثر در انتخاب الکتروود است .

### **اطلاعات کلی راجع به تأثیر نوع روکش الکتروود بر خواص ، سرعت و کیفیت فلز جوش.**

#### **الکتروود های روتیلی :**

تقریباً " دارای صد در صد جایگزینی میباشد . به سهولت قابل استفاده بوده و مناسب برای جوش هایی با اتصالات کوتاه ، فولاد های نرم ، جوش های نوار مانند ، ورق های فولادی و همچنین اتصال شکاف های عمیق می باشند . جوش حاصل از این الکتروودها کامل بوده و میزان پاشش آن بسیار کم و سرعت جوشکاری نیز مناسب میباشد . برای جوشکاری فولادهایی با میزان کشش پذیری بیش از 440 نیوتن بر میلیمتر مربع معمولاً " الکتروودهای روتیلی بدون آلیاژ توصیه نمی شود . الکتروودهای روتیلی در مقابل رطوبت غالباً " بدون واکنش هستند .

#### **الکتروودهای روتیلی با در صد روتیل زیاد**

این نوع الکتروود ها معمولاً " دارای سرعت جوشکاری زیادی بوده و جایگزینی فلز جوش را تا حدود 140 گرم در دقیقه افزایش میدهد . این نوع الکتروود به سهولت قابل استفاده میباشد و سرباره آن به راحتی جدا میگردد ، شکل و حالت جوش شکیل و مناسب برای جوش های عمودی و افقی است . فلز جوش این نوع الکتروود دارای چنان خواص کشش پذیری بالایی است که حتی میتوان گفت بیش از فلز جوش الکتروودهای قلیائی بدون آلیاژ میباشد. اما در برابر ترک و کشیدگی استحکام کمتری نسبت به آنها دارد صافی و مسطح بودن جوش و جذب پیوسته آن به فلز پایه باعث یکپارچگی کامل اتصالات می شود . کیفیت جوش این الکتروودها حداقل معادل کیفیت الکتروودهای قلیائی است که به ماشین کاری نیاز ندارند .

الکتروودهای روتیلی بدون آلیاژ از لحاظ میزان دوام و گذشته از کارایی های آن برای

جوشکاری فولادهای نرمی که قدرت کشش پذیری آنها تا حدود 440 نیوتن بر میلیمتر مربع میباشد توصیه میشود این الکترودها از نظر قدرت کشش پذیری میتوانند برای جوشکاری فولادهایی که کشش پذیری کمی بیشتر از 440 نیوتن بر میلیمتر مربع را نیز دارند به کار روند، اما به عنوان یک قانون کلی ، فقط الکترودهایی که حاوی هیدورژن پایین از قبیل الکترودهای قلیایی یا سیلکون قلیایی هستند باید جهت جوشکاری فولادهایی با استحکام بالاتر از 440 نیوتن به میلیمتر مربع مورد استفاد قرار گیرند .

### **الکترودهای اسیدی**

الکترودهای اسیدی بدون پودر آهن در پوشاندن سطح جوش راحت تر از الکترودهای قلیایی عمل مینمایند ولی نسبت به الکترودهای روتیلی دشوار تر . سرعت جوشکاری در این الکترودها متوسط و سطح خارجی جوش حالت صاف و براق دارد . سر باره آن درشت بوده و به سهولت قابل زدودن است ، این الکترودها در مقایسه با الکترودهای روتیلی مقاومتری کمتر و کشش پذیری بیشتری دارند ولی دارای کشیدگی و استحکام تماس بیشتری میباشد .

این نوع الکترودها که قبلاً "بازار را قبضه کرده بودند به تدریج جای خود را به الکترودهای روتیلی و الکترودهای قلیایی دادند که اولی جهت جوشکاری سطوح مسطح و دومی جهت سایر حالات جوشکاری به کار می روند . الکترودهای اسیدی بدون آلیاژ مناسب برای جوشکاری فولادهایی است که قدرت کشش تا حدود 440 نیوتن بر میلیمتر مربع را دارا هستند .

### **الکترودهای اسیدی با کارانی بالا**

این نوع الکترودها سرعت جوشکاری فوق العاده زیادی نسبت به الکترودهای معمولی دارند بنحوی که با این الکترودها میتوان حداکثر تا 120 گرم در دقیقه فلز جوش ایجاد نمود سطح جوش این الکترودها هموار و براق بوده ، سر باره آن درشت و به سهولت قابل زدودن است . این نوع الکترودها برای اتصالات کنگره ای و جوش های فیلت مانند در حالت افقی بسیار مناسب می باشد .

استقامت فلز جوش این نوع الکترودها همانند استحکام الکترودهای اسیدی معمولی است

و لذا کاربرد آن نیز مشابه است .

### **الکترودهای قلیائی بدون آلیاژ**

این الکترودها در سطوح مسطح سرعت جوشکاری متوسطی دارند ولی در حالت عمودی رو به بالا نسبت به سایر الکترودها دارای سرعت بیشتری میباشند . از این جهت الکترودهای قلیایی می توانند در حالت عمودی نسبت به دیگر الکترودها از شدت جریان بیشتری استفاده کنند . علاوه بر این ، میزان جایگزینی فلز جوش این الکترودها بازای هر الکتروده نیز بیشتر از سایر انواع الکترودهاست .

علیرغم اینکه معمولاً "سرباره الکترودهای قلیائی همانند الکترودهای اسیدی و روتیلی براحتی قابل زدودن نیست ولی باز هم میتوان آن را در دسته الکترودهایی با سرباره سهل الزدا قرار داد . سرباره الکترودهای قلیائی در مقایسه با الکترودهای روتیلی یا اسیدی نقطه ذوب پاینتری دارند لذا هنگام استفاده از الکترودهای قلیایی ، احتمال نفوذ سرباره در فلز جوش کمتر بوجود میاید ، حتی اگر ذرات بین دو جوش در یک جوشکاری طولانی کاملاً زدوده نشده باشد .

فلز جوش الکترودهای قلیائی حاوی هیدورژن ناچیزی است و در درجه حرارت پایین هم معمولاً از استحکام بالائی برخوردار است احتمال ترک در فلز جوش سرد یا گرم الکترودهای قلیائی در مقایسه با سایر الکترودها بسیار کمتر است . از این لحاظ برتری این نوع الکترودها هنگام جوشکاری فولادهائی با آلیاژ منگنز دار از قبیل دیگهای بخار فولادی و ورقه های بدنه کشتی که مقاومت کشش 490 تا 530 نیوتن بر میلیمتر مربع و فشار تسلیم 290 تا 390 نیوتن بر میلیمتر مربع را دارند نمایان می شود . هرچه جنس فولاد سخت تر باشد استفاده از الکترودهای قلیایی ضرورت بیشتری پیدا می کند و البته نباید فراموش کرد که کاهش رطوبت روکش در این الکترودها الزامی است ...

### **الکترودهای سیگنون - قلیائی با قابلیت بالا**

این نوع الکترودها سریعترین سرعت جوشکاری را دارا میباشند و ترجیحاً در سطح مسطح جوشکاری می شوند . این نوع الکترودها همانند الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ به کار می روند .

## **الکترودهای روتیلی - قلیانی با قابلیت بالا**

این نوع الکترودها تلفیقی از مزیت‌های الکترودهای روتیلی و قلیانی را فراهم می‌کند. لذا این الکترودها بهترین نوع الکترودها جهت جوش‌های فیلت مانند افقی و عمودی در فولادهای مستحکم می‌باشد که معمولاً این امکان با جوشکاری الکترودهای روتیلی فراهم نمی‌گردد.

## **الکترودهای سلولزی**

این نوع از الکترودها برای تمام حالات جوشکاری مخصوصاً جوشکاری عمودی و بالای سر که خواص مکانیکی فلز جوش از بیشترین درجه اهمیت برخوردار است و شرایط رادیوگرافی بایستی کاملاً بر فلز جوش حاکم باشد مناسب و به راحتی قابل استفاده است ضخامت الکترودها انتخابی در جوشکاری عمودی و بالای سر در مقایسه با الکترودهای با سایر پوشش‌ها مستلزم استفاده از یک سایز بالاتر می‌باشد. فولاد نرم را بدون گرمایش و حرارت دهی اولیه جوش می‌دهد ولی پیشنهاد می‌شود که فولادهای با استحکام بالا با حرارت دهی اولیه و همچنین ایجاد گرمایش در طول جوشکاری انجام گردد همچنان که برای جوشکاری با الکترودهای با هیدروژن کم عمل می‌گردد.

## **طبقه بندی الکترودها بر حسب استاندارد AWS.A 5.1**

انجمن جوشکاری آمریکا AWS با طبقه بندی انواع الکترودها جوشکاری تسهیلات خاصی را بمنظور کاربرد و نحوه استفاده بهینه از الکترودها در اختیار جوشکاران قرار می‌دهد. با این پیش زمینه، نگاهی به این سیستم و طریقه استفاده مطلوب از آن می‌پردازیم. پیشوند "E" نمایانگر الکترودها جوشکاری است. دو رقم اول از چهار رقم و سه رقم اول از پنج رقم نشانگر مقاومت کشش پذیری است. بعنوان مثال E - 6010 یعنی مقاومت کشش پذیری شصت هزار پوند بر اینچ مربع و E10018 هم یعنی مقاومت کشش پذیری فلز جوش صد هزار پوند بر اینچ مربع است.

از رقم بعدی تا آخرین رقم هم نمایانگر حالت جوشکاری است. رقم 1 نشانگر انجام جوشکاری در تمامی حالات می‌باشد. رقم 2 صرفاً برای سطوح مسطح افقی، رقم 3 نشاندهنده کاربرد الکترودها در سطوح مسطح افقی و عمودی رو به پایین است دو رقم آخر

هر دو با هم یعنی نوع پوشش و قطبیت یا جریانی که باید با آن جوشکاری کرد .

### جدول یک

نوع پوشش و شدت جریان	حالات	مقاومت کشش پذیری	الکتروود
10	1	60	E

### جدول 2

رقم	نوع پوشش	جریان جوشکاری
10	سلولز و سدیم بالا	مستقیم
11	پتاسیم و سلولز بالا	مستقیم یا متناوب
12	تیتانیوم و سدیم بالا	مستقیم یا متناوب
13	تیتانیوم و پتاسیم بالا	مستقیم یا متناوب
14	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
15	سدیم و هیدروژن پایین	مستقیم
16	پتاسیم و هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب
27	پودر آهن و اکسید آهن	مستقیم یا متناوب
18	هیدروژن پایین و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
20	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
22	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
24	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
28	پودر آهن و پتاسیم هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب

یک جوشکار برای هر نوع کار جوشکاری ، الکتروود خاص استفاده می کند و دستگاه جوش مستقیم ( DC ) قوس صاف و جوش مناسبتری ایجاد می کند . برخی از الکتروود ها

فقط با دستگاه برق مستقیم کار می کند ولی الکترودهای جوشکاری با برق متناوب قابلیت کاربرد با دستگاه جوش مستقیم را هم دارد و در اینجا متداولترین الکترودها و نحوه کاربرد آنها ارائه می گردد .

### **E - 6010**

فقط با جریان مستقیم کار کرده و مختص جوشکاری لوله است . نفوذ قوس جوش در این نوع الکترودها از همه الکترودها بیشتر است . بهترین الکترودها برای نفوذ در زنگزدگی ، چربی ، رنگ و کثیفی است . در تمام حالات قابل جوشکاری است به طوری که جوشکاران مبتدی معمولاً " کار با آن را دشوار می دانند ولی فوق العاده مورد علاقه جوشکاران خطوط لوله ، در سراسر دنیا است .

### **E-6011**

این الکترودها برای تمام حالات جوشکاری به کار می رود ، جوش آن با برق متناوب و ویژه زنگ زدگی ، چربی و فلزات کهنه است . هنگام عدم دسترسی به برق مستقیم اولین انتخاب جهت امور تعمیر و نگهداری است و دارای قوس جوش عمیق و نافذ است .

### **E-6013**

در تمام حالات قابل جوشکاری است ، برق آن متناوب و در جوش های تمیز و کم پاشش و ورق های فلزی نو و تازه کاربرد دارد . قوس مسطح آن دارای پاشش کم و نفوذی متوسط و سرباره سهل الزدایی دارد .

### **E-7018**

الکترودی است با قابلیت جوشکاری در تمام حالات ، با برق مستقیم کار میکند و هیدروژن آن کم است و به ویژه وقتی کیفیت جوش مطرح باشد و فلز مورد جوشکاری فلزی سخت جوش باشد مورد استفاده قرار میگیرد . دارای قابلیت جوش منظم و دارای خواص تماس در زیر صفر درجه سانتی گراد میباشد .

### **E-7024**

این الکترودها معمولاً " مختص جوش های بزرگ رو به پایین و بابرق متناوب در ورقه هایی با ضخامت تراز 6 میلیمتر مورد استفاده قرار میگیرد ولی بیشتر برای ورق هایی با ضخامت 12 میلیمتر به بالا کار میکند .

## سایر الکترودها

اگر چه به ندرت ، ولی هست زمانی که الکترودی ارقامی بیشتر در انتها داشته باشد مثل E8018-B2H4R . در این صورت ، B2 نمایانگر ترکیب شیمیایی فلز جوش ، H4 نشاندهنده هیدروژن ساطع شده است بدین معنی که هیدروژن محصول (الکتروده) بطور کامل گرفته شده است و R که نشانگر مقاومت در مقابل رطوبت است و حاکی از آن است که رطوبت الکتروده مورد نظر بخوبی کنترل شده و تحت آزمایش رطوبت قرار گرفته است .

**حالت جوشکاری بر اساس** ASME IX / BS  
EN ISO 6947

## چگونگی انتخاب شدت جریان مناسب برای جوشکاری

پیش از شروع جوشکاری همیشه اطمینان حاصل کنید که شدت جریان مناسب کار را در اختیار دارید . میزان جریان پیشنهادی برای هر الکتروده بیشتر در اطلاعات مربوطه به الکترودها از سوی تولید کننده مشخص شده است . با این وجود کاربردهای مختلف در حیطه جریانهای پیشنهادی قابل تغییر است چنان که در جدول ذیل مشاهده می کنید :

ضخامت ورقه ( متناسب با قطر الکتروده )			حالت جوشکاری
ضخیم	متوسط	نازک	
بالا	متوسط	پائین	افقی - عمودی
بالا	بالا	متوسط	تخت
متوسط	متوسط	پائین	بالای سر
متوسط	متوسط	پائین	عمودی رو به پائین
پائین	خیلی پائین	-	عمودی رو به بالا
پائین	خیلی پائین	-	شیب دار

### اطلاعات عمومی راجع به پیش گرم ( یا گرمایش اولیه )

فولادهای پر کربن و کم آلیاژ معمولاً به حرارت دهی نقطه اتصال نیاز دارند تا از ترک فلز جوش اجتناب گردد . جدول زیر حاوی این اطلاعات است .

گرمایش اولیه	گروه
بطور کلی ونه الزاماً حدود 100 تا 150 درجه سانتی گراد گرمایش اولیه لازمست	گروه 1 : فولاد کربن دار صاف زیر 0/25 درصد کربن یا فولاد کم آلیاژ زیر 0/12 درصد کربن.
گرمایش در قسمت های نازک ارجحیت دارد ولی ضرورت ندارد برای قسمتهای ضخیم حدود 100 تا 200 درجه سانتی گراد گرمایش اولیه لازمست .	گروه 2: فولاد کربن دار صاف 0/25 تا 0/35 درصد کربن یا فولاد کم آلیاژ 0/12 تا 0/25 درصد کربن
گرمایش اولیه لازم و در اغلب موارد ضروری ، بین 150 تا 250 درجه سانتی گراد حرارت اولیه لازمست .	گروه 3 : فولاد کربن دار صاف 0/35 تا 0/45 درصد کربن یا فولاد کم آلیاژ 0/20 تا 0/30 درصد کربن
حرارت دهی 200 تا 350 درجه سانتی گراد الزامی است	گروه 4 : فولاد کربن دار صاف بالای 0/45 درصد کربن یا فولاد کم آلیاژ بالای 0/30 درصد کربن یا فولاد آلیاژ دار بالای 3 درصد آلیاژ زنگ دار

## جدول درجه حرارت گرمایش اولیه و الکترودها

حداقل درجه حرارت پیش گرم به سانتی گراد		ضخامت	فولاد
الکتروده روتیلی	الکتروده کم هیدروژن		
-	-	تا 20 میلی متر	فولاد نرم 52 کیلوگرم بر میلیمتر مربع
100	-	20 تا 50 میلی متر	فولاد نرم 52 کیلوگرم بر میلیمتر مربع
100	-	تا 20 میلی متر	فولاد های با کشش پذیری بالا 54 تا 62 کیلوگرم بر میلی متر مربع
استفاده نشود	100	20 تا 50 میلی متر	فولاد های با کشش پذیری بالا 54 تا 62 کیلوگرم بر میلی متر مربع
استفاده نشود	با سازنده مشورت کنید	ضخامت بیشتر از 50 میلیمتر	فولاد های با کشش پذیری بالا 54 تا 62 کیلوگرم بر میلی متر مربع
100	-	تا 20 میلی متر	فولاد 1/2 مولیبدن
استفاده نشود	100	20 تا 50 میلی متر	فولاد 1/2 مولیبدن
100	100	تا 20 میلی متر	فولاد با کروم و یا 1/2 مولیبدن
استفاده نشود	100	20 تا 50 میلی متر	فولاد با کروم و یا 1/2 مولیبدن
استفاده نشود	200	تا 50 میلی متر	فولاد با کروم 2 1/4 ، مولیبدن 1
استفاده نشود	300	تا 50 میلی متر	فولاد 5 ، کروم 5 ، مولیبدن 0/5

## **نواقص جوش**

### **• مک جوش**

ممکن است منافذی روی سطح داخل یا خارج جوش به وجود آید که علت این امر معمولاً ناشی از مصرف الکتروود مرطوب و یا جوشکاری روی ورقه های کثیف و یا زنگ زده با گوگرد زیاد میباشد.

### **• پاشش سر باره**

پاشش سر باره که ممکن است در سطح یا در زیر کار باشد ممکنست ناشی از عدم تنظیم دو سطح اتصال ، کثیف بودن آنها ، عدم پاک کردن سطح کار بعد از هر جوش ، و گاهی هم بعلت اشکال در تولید الکتروود از طرف سازنده باشد همچنین کاربرد الکتروود با قطر بالا در سطح نازک یکی دیگ از علل پاشش سر باره میباشد .

### **• ذوب نشدن**

این مورد ناشی از عدم آماده سازی مناسب محل اتصال ، عدم انتخاب الکتروود با سایز مناسب نسبت به فلز پایه و همچنین تنظیم شدت جریان خیلی کم به نسبت ضخامت قطر الکتروود است .

### **• شکاف خوردگی**

معمولاً به سبب استفاده جریان خیلی زیاد و سرعت جوشکاری بالا و همچنین زاویه نامناسب الکتروود در زمان جوشکاری صورت می گیرد .

### **• روی هم افتادن جوش ها**

جریان پایین و سرعت کند جوشکاری و نیز عدم تنظیم درست زاویه الکتروود از جمله دلایل این نقص بشمار می رود .

### **• ترک**

از دلایل زیر به تنهایی یا با سایر دلایل ناشی می شود ، در این قسمت سعی شده که راه حل هائی نیز برای بوجود نیامدن این نقض ارائه گردد .

1- فلز جوش به اندازه کافی منعطف نیست بدین معنی که منگنز آن کم یا کربن آن بالاست در این صورت بایستی الکتروود خود را عوض کنید .

- 2- ورق جوش دارای کربن یا گوگرد بالا یا عوامل سخت کننده زیادی چون کروم ، وانادیوم یا نیکل و غیره میباشد . ورق جوش را عوض کرده یا از الکترودی با هیدروژن پایین استفاده کنید . گرمایش اولیه نیز برای چنین وق هائی ضروری است .
- 3- ورق جوش بسیار ضخیم است یا قسمت جوشکاری زیر مانع سنگینی قرار گرفته است . در این صورت از گرمایش اولیه و ترتیب صحیح مراحل جوشکاری بهره ببرید .
- 4- الکترودها مرطوب هستند . آنها را مطابق توصیه های قبلی خشک کنید .
- 5- مرتب و آماده نبودن محل جوش ، در این حالت محل جوش را مرتب و آماده کنید و از جوش صحیح و سالم در آن قسمت مطمئن شوید.
- 6- در فولادهای پر کربن و آلیاژ دار، به ویژه وقتی دو قسمت ضخیم است ، در محل اتصال ورق جوش و فلز جوش احتمال " ترک زیر کار" وجود دارد که به چشم نمی خورد ولی بعد از مدتی روی سطح کار نمایان می شود . با استفاده از الکترودهای کم هیدروژن که به تازگی در کوره خشک شده باشند و گرمایش اولیه محل اتصال به صورت صحیح و مناسب می توان از این مشکل اجتناب کرد .

### **توصیه های ایمنی**

جوش با قوس برقی دارای انرژی زیادی است و اشعه های مضرى چون اشعه ماورای بنفش ، مادون قرمز و دودهایی که باعث ناراحتی جوشکار می شود تولید می کند همچنین ممکن است ورقه فلز گرم ، سرباره و پاشش برای جوشکار خطرناک باشد . بنابراین لازمست احتیاط لازم جهت ایمنی در کار برای اجتناب از موارد ذکر شده فوق مد نظر قرار گیرد .

### **جوشکار باید به دستور العمل های ذیل جهت ایمنی توجه کند :**

- لباسی بپوشد که به هیچ نقطه ای از بدنش اشعه یا جرقه های گرم فلز اصابت نکند
- با استفاده از محافظ صورت ، ماسک و عینک ایمنی از صورت و چشمهای خود محافظت کند .
- خطر اتصال برق را با عایق کردن خود از زمین و اشیای فلزی کاهش دهد .
- بخصوص وقتی الکترودها را عوض می کند . دستکش لاستیکی دست کرده و کفش لاستیکی بپوشد .
- انبر الکتروود باید کاملاً عایق باشد .

- لوازم جوشکاری ( دستگاه جوش ) باید با زمین تماس داشته باشد . هنگام جوشکای نکردن بهتر است ابزار جوشکاری مانند انبر و ماسک به یک آویز یا صفحه عایق آویزان شود .
- کارگاه جوشکاری باید به سیستم تهویه مجهز شود . هنگام جوشکاری در فضای بسته نصب دستگاه تهویه موضعی ضروری است .
- مواد یا ابزار قابل احتراق را هرگز نزدیک اتاقک جوشکاری نگهداری نگردد .
- خطوط لوله ، تانکرها و مخازن تازمانی که از گاز یا مایع قابل انفجار کاملاً تخلیه نشده نبایستی برای جوشکاری مورد استفاده قرار گیرند .