



Namatek
True Education

www.namatek.com

Tungsten electrodes

انواع الكترود تنگستن

فهرست مطالب

۱. تاریخچه الکتروود تنگستن
۲. جوشکاری TIG
۳. انواع الکتروود تنگستن
۴. آماده‌سازی تنگستن

در ابتدای جوشکاری TIG، تنها دو نوع تنگستن مورد استفاده قرار می‌گرفت که تنگستن خالص برای آلومینیوم و منیزیم استفاده می‌شد و تنگستن ۲٪ برای سایر مواد مورد استفاده قرار می‌گرفت. در حالی که این دو مورد، برای سال‌ها به خوبی کار می‌کردند؛ اما انجام تحقیق و توسعه، به تولید طیف وسیعی از الکترودهای تنگستن منجر شد که هر کدام دارای خواص منحصر به فردی بودند. با توجه به انواع الکترود تنگستن موجود، برای یک جوشکار مبتدی، تشخیص و مرتب‌سازی همه گزینه‌های این الکترودها، می‌تواند تا حدودی گیج کننده باشد. بنابراین ما در متن زیر نگاهی به پرکاربردترین انواع الکترودهای تنگستن خواهیم داشت. این مقاله باید به شما کمک کند تا تصمیمی آگاهانه در مورد این که کدام یک برای پروژه‌های جوشکاری شما بهتر است، بگیرید.

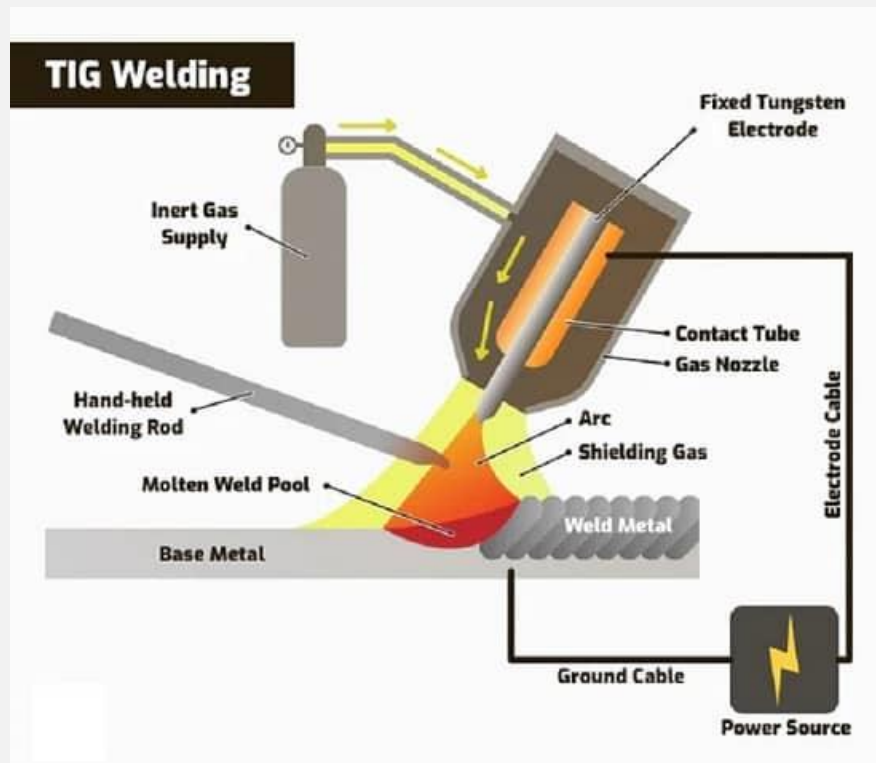
تاریخچه الکترود تنگستن



تنگستن خالص به عنوان یک الکترود جوش در ابتدای فرایند TIG، در دهه ۱۹۴۰ استفاده شد. جوشکاری TIG برای اتصال موثر آلیاژهای آلومینیوم و منیزیم ایجاد شد و استفاده از تنگستن خالص منطقی بود؛ زیرا تنگستن بالاترین دمای ذوب را در بین تمام فلزات دارد. در آن روزها منابع برق، مبتنی بر ترانسفورماتور بودند و تنگستن خالص می‌توانست جوشکاری را در حالت

AC که استاندارد آلومینیوم و منیزیم است، انجام دهد. در آن زمان، آماده‌سازی تنگستن معمول بود و این کار با گذراندن جریان کوتاهی از طریق الکتروود با تنظیم منبع برق روی حالت "قطب معکوس" (الکتروود مثبت) انجام می‌شد. اتصال باعث ذوب شدن نوک الکتروود می‌شود و وقتی که جریان قطع گردد، تنگستن به یک توپ صاف و براق تبدیل می‌شود. امروزه با وجود گاز محافظ در این فرآیند، می‌توان از اکسید شدن انواع الکتروود تنگستن جلوگیری کرد و اندازه توپ را با مقدار جریانی که در حالت EP از الکتروود عبور می‌کند، کنترل نمود. این الکتروود توپی، قوس را به شکل یک مخروط پهن ارائه می‌دهد و در نتیجه الکتروود می‌تواند جریان نسبتاً بالایی را بدون انتقال مقادیر کمی تنگستن به حوضچه جوش منتقل کند. توجه داشته باشید که با منابع برق مدرن اینورتر، الکتروود تنگستن خالص توصیه نمی‌شود.

جوشکاری TIG



جوشکاری با گاز بی‌اثر تنگستن (TIG) که با نام‌های جوشکاری قوس تنگستن گازی (GTAW) و جوشکاری قوس پلاسما (PAW) نیز شناخته می‌شود، بر سختی تنگستن و مقاومت در برابر دمای بالا برای انتقال جریان جوش به قوس متکی است. (تنگستن دارای بالاترین نقطه ذوب در بین فلزات یعنی ۳۴۱۰ درجه سانتیگراد است.) TIG در بسیاری از صنایع از جمله هوافضا، نیمه‌هادی، بیوتکنولوژی یا داروسازی، تولیدکنندگان لوله، پیمانکاران، خودروسازی، تولیدکنندگان اتصالات و شیرآلات، صنعتی، هسته‌ای و گازهای تخصصی استفاده می‌شود. در این نوع جوشکاری از انواع الکترود تنگستن استفاده می‌شود و انواع و روش‌های مختلفی دارد که عبارت‌اند از:

TIG اوربیتال یا جوش لوله

برای تولید جوش‌های همجوشی مداری با کیفیت بالا مورد نیاز صنایع با تکنولوژی پیشرفته امروزی، شکل الکتروود تنگستن متغیر مهمی است که باید ثابت نگه داشته شود. بیشتر سازندگان مداری به طول تنگستن دقیق نیاز دارند. کاربرد جوش‌های همجوشی مداری با استفاده از TIG در درجه اول به صنایع هسته‌ای، دارویی و شیمیایی محدود می‌شود. این صنایع به جوش لوله مداری کامل با اشعه ایکس در محدوده جریان ۱۲۵ آمپر تا ۳۰۰ آمپر نیاز دارند. اکثر جوشکارهای لوله مداری از الکترودهایی با قطر ۳۲/۳ یا ۸/۱ استفاده می‌کنند.

جوشکاری مکانیزه TIG

جوشکاری TIG مکانیزه طیف وسیعی از کاربردها مانند جوشکاری دم دقیق با استفاده از الکتروود تنگستن با قطر ۰/۰۴۰ در ۱/۰ آمپر تا جوشکاری آسیاب لوله با سرعت بالا با الکتروود تنگستن با قطر ۰/۲۵۰ با استفاده از جریانی تا ۶۰۰ آمپر را در بر می‌گیرد. یک الکتروود دقیق و در عین حال سازگار تأثیر چشمگیری در نتایج جوش و عمر الکتروود تنگستن خواهد داشت. اگر الکتروود به شدت آلوده باشد معمولاً برش الکتروود تنگستن لازم است.

جوشکاری دستی TIG

اکثر مشعل‌های جوشکاری دستی TIG، نیاز به یک الکتروود طولانی ۷ اینچی دارند که برای جا دادن به مشعل جوش دستی به دو نیم شود. شروع قوس و پایداری قوس برای جوشکار دستی مفید خواهد بود.

جوشکاری قوس پلاسما دستی و مکانیزه

فرایند جوشکاری قوس پلاسما نیازمند یک الکتروود تنگستن با شکل بسیار دقیق است. نوک تنگستن باید متحدالمرکز قطر نگه داشته شود تا در موقعیت صحیح و در مرکز مشعل پلاسما قرار گیرد. بیشتر مشعل‌های جوشکاری پلاسما به الکتروود تنگستن با طول برش نیاز دارند.

انواع الکتروود تنگستن

تنگستن یک عنصر فلزی کمیاب است که برای تولید الکتروودهای جوشکاری با گاز بی‌اثر تنگستن (TIG) استفاده می‌شود. این الکتروودها در اندازه‌ها و طول‌های مختلف هستند و از تنگستن خالص یا آلیاژی از تنگستن و سایر عناصر و اکسیدهای خاکی کمیاب تشکیل شده‌اند که می‌توانند مزایای زیر را ارائه دهند:

- تسهیل شروع قوس
- افزایش پایداری قوس
- بهبود ظرفیت حمل جریان میله
- کاهش خطر آلودگی جوش
- افزایش عمر الکتروود

برای از بین بردن سردرگمی در انتخاب الکتروود مناسب، هر الکتروود تنگستن دارای کد رنگی است که رنگ در نوک الکتروود ظاهر می‌شود. انواع الکتروود تنگستن براساس رنگ‌بندی در دسته‌های زیر قرار دارند:

انواع رنگی الکترودهای تنگستن		
رنگ	نوع تنگستن	نوع جریان
سبز	Pure Tungsten	AC
خاکستری	Ceriated 2%	DC or AC/DC
سیاه	Lanthanated 1%	DC or AC/DC
زرد	Lanthanated 1.5%	DC or AC/DC
آبی	Lanthanated 2%	DC or AC/DC
زرد	Thoriated 1%	DC
قرمز	Thoriated 2%	DC
سفید	Zirconiated 1%	AC

الکتروده سبز - تنگستن خالص

الکترودهای تنگستن خالص حاوی ۹۹/۵۰٪ تنگستن هستند و در طبقه‌بندی به‌عنوان EWP نشان داده می‌شوند. الکترودهای تنگستن سبز بهترین نتایج را در جوشکاری AC نشان می‌دهند و وقتی گرم می‌شوند یک نوک تمیز و گلوله‌ای تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، آنها یک قوس پایدار در جوشکاری موج متعادل و موج سینوسی ارائه می‌کنند. الکترودهای تنگستن خالص تمایل به تفک کردن در آمپراژ بالاتر دارند؛ بنابراین حتی اگر می‌توانید از آنها برای جوشکاری DC استفاده کنید، آنها برای شروع صاف قوس و نتایج تمیز در کاربردهای آمپراژ بالاتر عملکرد خوبی ندارند.



سازندگان، باتوجه به معایب شناخته شده الکترودهای تنگستن خالص، اکسیدهایی را برای بهبود پایداری قوس، شروع قوس و عملکرد معرفی کردند. با این حال، برخی از جوشکاران به دلیل قیمت پایین‌تر، تنگستن سبز را در جوشکاری آلومینیوم و منیزیم ترجیح می‌دهند.

الکترو تنگستن Thoriated

الکترودهای توریم‌دار یکی دیگر از انواع الکترو تنگستن موجود در بازار هستند که از آن‌ها را به‌عنوان یکی از پرکاربردترین الکترودهای تنگستن یاد می‌شود. آن‌ها حاوی ۹۷/۳۰٪ تنگستن و ۱/۷۰ تا ۲/۲۰٪ اکسید توریم هستند. شروع خوب جوشکاری DC و پایداری با طول عمر و نرخ فرسایش متوسط، دلیلی است که بسیاری از جوشکارهای قدیمی‌تر به الکترودهای thoriated سوگند یاد می‌کنند. افزودن اکسید توریم به تنگستن دمای عملیاتی زیر نقطه ذوب را کاهش می‌دهد که آلودگی و مصرف حوضچه جوش را به حداقل می‌رساند. در نتیجه، الکترودهای جوشکاری شده نتایج عالی را در جوشکاری منفی الکترو DC (قطب مستقیم) روی عملکرد جوشکاری کربن و فولاد ضدزنگ، آلیاژهای نیکل و آلیاژهای تیتانیوم ارائه می‌دهند. الکترودهای Thoriated در جوشکاری AC در مقایسه با الکترودهای تنگستن سبز عملکرد خوبی ندارند. الکترو thoriated سه نوع زرد، قرمز و بنفش را دارد که تنها دو مورد از آنها از نظر تجاری مهم هستند:

- الکترو توریم EWTh-1 دارای رنگ کد زرد و حاوی ۰/۸ تا ۱/۲ درصد اکسید توریم است. الکترودهای تنگستن زرد به خوبی نقطه تیز را حفظ می‌کنند. این مزیت آن‌ها را به انتخابی عالی برای فولاد، آلیاژهای مس، تیتانیوم یا آلیاژهای نیکل تبدیل می‌کند.

- الکترودهای EWTh-2 توریم دارای کد رنگ قرمز و حاوی ۷ - ۲/۲ درصد توریم هستند که ویژگی‌های عملیاتی را افزایش می‌دهد. الکترودهای تنگستن قرمز با پایداری و استارت خوب قوس، مصرف کم و نتیجه عالی در جوشکاری DC، بهترین انتخاب شما برای جوش TIG فولاد هستند.



بزرگ‌ترین ایراد الکترودهای thoriated در افزودن توریم نهفته است که ماده رادیواکتیو است. به همین دلیل است که باید هنگام آسیاب کردن الکترودهای تنگستن دارای احتیاط بیشتری به خرج دهید. نگرانی‌های ایمنی یکی از اصلی‌ترین دلایلی است که بسیاری از جوشکاران به جایگزین‌هایی مانند الکترودهای تنگستن لانتان دار یا سراته شده روی می‌آورند.

الکترودهای تنگستن خاکستری (نارنجی) - سرامیک

الکترودهای سریافته حاوی ۹۷/۳۰ درصد تنگستن و ۱/۸۰ تا ۲/۲۰ درصد CeO_2 یا اکسید سریم است که به آن سرپا نیز گفته می‌شود. با وجود این

الکترو د تنگستن زیرکونی شده قهوه‌ای حاوی ۱۰ درصد تنگستن و ۱۵٪ تا ۴۰٪ درصد اکسید زیرکونیوم است. آن‌ها دارای رنگ قهوه‌ای در نوک هستند و به‌عنوان EWZr-1 طبقه‌بندی می‌شوند. الکترودهای جوشکاری TIG قهوه‌ای به‌عنوان جایگزینی برای انواع الکترو د تنگستن خالص ساخته شده‌اند. این نوع الکترو د برای کارهای جوشکاری AC که شامل آلیاژهای آلومینیوم جوشکاری TIG و منیزیم است، استفاده می‌شود. مقدار زیاد تنگستن یک قوس بسیار پایدار ایجاد می‌کند و یک نوک توپی را حفظ می‌کند.

در همین حال، افزودن اکسید زیرکونیوم شروع قوس را بهبود می‌بخشد، تفک کمتری تولید می‌کند و آمپراژ بالاتر را بهتر از الکترودهای تنگستن خالص کنترل می‌کند. الکترودهای تنگستن قهوه‌ای گران‌تر از تنگستن سبز هستند؛ اما در کاربردهای جوشکاری موج سینوسی AC که نیاز به تمیزی دارند، بسیار مهم هستند. اگرچه تنگستن زیرکونی شده دارای ظرفیت حمل جریان مشابهی با الکترودهای تحت فشار است، نباید از آن در کاربردهای جوش DC بر روی فولاد کربنی استفاده کنید.

(2) الکترو د تنگستن سفید

الکترو د تنگستن EWZr-8/WZ8 که با رنگ سفید مشخص می‌شوند دارای ۷-۹٪ درصد اکسید زیرکونیوم هستند و برای استفاده با جریان متناوب (A/C) با استفاده از منابع برق جریان ثابت مبتنی بر اینورتر یا ترانسفورماتور روی آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای منیزیم توصیه می‌شود. این نوع الکترو د شروع قوس و پایداری قوس بهتر از تنگستن خالص ارائه می‌دهد.

الکترو د تنگستن لانتان



الکترودهای تنگستن لانتان دار حاوی حداقل ۹۷/۸۰ درصد تنگستن و افزودن ۱/۷-۰/۸ درصد اکسید لانتانیم (La_2O_3) است که لانتانا نیز نامیده می‌شود. اکسید لانتانیم اضافه شده، شروع قوس، پایداری و عملکرد را در جوشکاری AC و DC بهبود می‌بخشد و یک نوک تیز برای جوشکاری فولاد و یک نوک توپی برای آلیاژهای آلومینیوم و فلزات غیر آهنی در جوشکاری جریان متناوب TIG حفظ می‌کند. با توجه به ویژگی‌ها، الکترو د تنگستن لانتاندار جایگزین مناسبی برای الکترو د تنگستن thoriated در نظر گرفته می‌شود. اکسید لانتانیم رادیواکتیو نیست و این الکترودها را امروزه برای بسیاری از جوشکاران انتخابی مناسب می‌کند. الکترودهای تنگستن لانتان را بسته به افزودن لانتان به سه درجه جداگانه طبقه‌بندی می‌کنند:

- **الکترو د تنگستن مشکی:** الکترودهای EWL-1 حاوی ۱/۲-۸ درصد وزنی اکسید لانتانیم هستند و رنگ مشکی را روی نوک خود دارند. این الکترودها شبیه به الکترو د تنگستن آبی هستند و شروع قوس

جوش DC، قوس پایدار، نرخ فرسایش کم، دامنه آمپراژ وسیع و بدون تفک را از خود نشان می‌دهند.

• **الکترودهای تنگستن طلایی: EWL-1.5** یکی از الکترودهای همه کاره، با توانایی کارکرد خوب در حین کار جوشکاری AC و کاربردهای DCEN است. این نوع از انواع الکتروود تنگستن، حاوی ۱/۷-۳ درصد وزنی La_2O_3 هستند و شما می‌توانید آن‌ها را با رنگ طلایی روی نوک تشخیص دهید.

• **الکترودهای تنگستن آبی: EWL-2** الکترودهای حاوی ۸ تا ۲/۲ درصد وزنی اکسید لانتانیم پراکنده هستند که در میان انواع الکتروود تنگستن، بالاترین میزان اکسید را دارد. افزودن زیاد اکسیدها به تنگستن آبی اجازه می‌دهد تا در برابر بارهای ضربان‌دار و آمپر بالا مقاومت کند و در عین حال عملکرد عالی شروع قوس را با نرخ مصرف کم حفظ نماید.



الکترودهای تنگستن حاکی کمیاب

الکترودهای تنگستن حاکی کمیاب حاوی اکسیدهای حاکی کمیاب هستند که به عنوان الکترودهای EWG طبقه بندی می شوند و سازندگان باید از هر رنگی غیر از موارد استاندارد شده (قرمز، آبی، طلایی، قهوه ای و غیره) استفاده کنند. علاوه بر این، اکسیدهای اضافه شده می توانند ویژگی هایی را برای جوشکاری AC یا کاربردهای جریان مستقیم ارائه دهند. اگرچه الکترودهای حاکی کمیاب می توانند حاوی هر اکسیدی باشند ولی سازندگان باید به وضوح هر افزودنی و درصد آن را روی بسته بندی علامت گذاری کنند. در نتیجه، می توانید یک الکتروود خاص که کاملاً مناسب کاربردهای جوش TIG شما باشد، دریافت کنید.

الکتروود تنگستن میکس فیروزه ای

الکترودهای تنگستن Tri-Mix که به رنگ فیروزه ای هستند، به عنوان جایگزینی برای تنگستن ۲ Thoriated % معرفی می شوند. Tri-Mix دارای سه اکسید است که از نظر علمی متعادل شده اند تا سرعت مهاجرت و تبخیر را افزایش دهند که منجر به طولانی تر شدن عمر تنگستن و بسیاری بهبودهای دیگر بیش از ۲% تنگستن Thoriated می شود. بهبودهایی که در تنگستن Tri-Mix مشاهده می شود اغلب با قیمتی در حدود ۳/۱ بیشتر از تنگستن ۲% توریت استاندارد همراه بوده است.

این نوع الکتروود برای نوع جریان DC/AC مناسب است و برای جوشکاری مستقیم فولاد، فولاد ضد زنگ، مس، سیلیکون برنز، تیتانیوم و نیکل مورد استفاده قرار می گیرد.

آماده‌سازی تنگستن



پس از انتخاب الکترود تنگستن مناسب برای کاربرد خود، باید نوک آن را مطابق با الزامات آماده کنید. آماده‌سازی‌های معمولی شامل نوک تنگستن گلوله دار، نوک‌تیز و کوتاه شده است. الکترودهای تنگستن معمولاً دارای انتهایی هستند که باید قبل از استفاده تیز شوند. زاویه نقطه، شکل قوسی را که از الکترود خارج می‌شود، تعیین می‌کند. یک رابطه معکوس بین زاویه نقطه الکترود و قوس وجود دارد.

یک الکترود با نوک‌تیز در جایی که به فلز برخورد می‌کند، یک قوس مخروطی شکل با یک پایه پهن و یک گودال پهن ایجاد می‌کند.

این می‌تواند برای مواد نازک جوش لبه مفید باشد. الکترودهای جوش AC (تنگستن خالص یا زیرکونی شده) به نوک توپی نیاز دارند که در دستگاه‌های موج سینوسی و موج مربعی معمولی TIG عالی عمل می‌کند. برای به‌دست‌آوردن نوک توپی، به آماده‌سازی خاصی نیاز نخواهید داشت. فقط یک جریان متناوب را تأمین کنید و توپ در انتهای الکترود تشکیل می‌شود. برعکس، جوشکاری فولاد ضدزنگ یا فولاد به یک نوک‌تیز و یا بریده نیاز دارد که می‌تواند بر روی انواع الکترودهای مختلف (الکترودهای توریم‌دار،

لانتاندار و غیره) اعمال شود. جوشکاری آلومینیوم نازک یا هر فلز ظرفی که مستعد اعوجاج است به یک نوک تیز نیاز دارد. این نوک تیز، قوس را به دقت متمرکز می‌کند و ناحیه متأثر از گرما را باریک می‌کند. نوک باریک هنگام تلاش برای جلوگیری از اعوجاج فلزات ظرفی بسیار مهم است. به عنوان یک قاعده کلی، انواع الکتروود تنگستن را می‌توان با یک چرخ قطع ساییده برش داد یا با گوشه چرخ سنگ‌زنی خرد کرد. الکتروودها را با سیم کاتر برش ندهید و آن‌ها را با خم‌کردن نشکنید. این ممکن است منجر به شکستگی‌های غیرقابل مشاهده در انتهای بریده شده، شود که می‌تواند باعث ایجاد قوس نامنظم شود.

سخن آخر

تسلط بر جوشکاری TIG دشوار است؛ اما انتخاب نادرست انواع الکتروود تنگستن اغلب علت جوش‌های بی‌کیفیت است. اگر الکتروودهای TIG را با کاربردهایی که برای آن طراحی شده‌اند مطابقت دهید، کیفیت جوش را به میزان قابل توجهی بهبود خواهید داد. اگر نیاز به جوشکاری فلزات تخصصی در شرایط غیرعادی دارید، یافتن یک الکتروود تنگستن خاکی کمیاب مناسب، بهترین گزینه خواهد بود. با این حال، برای اکثر کاربردهای جوشکاری، شما با الکتروودهای توریم‌دار، لانتانت یا زیرکونی به خوبی عمل خواهید کرد. برخی از این الکتروودها دارای ویژگی‌های همپوشانی هستند؛ اما تفاوت‌هایی با هم دارند. ممکن است برای یافتن نوع و اندازه الکتروود مناسب نیاز به آزمون و خطا داشته باشید تا به نتایج دلخواه روی یک فلز و ضخامت خاص برسید.