

نگارنده : مهندس مهدی چمن آرا
مدیرعامل شرکت نوآندیشان سازه

فرآیند جوشکاری تحت گاز محافظ (MIG - MAG):

این روش جوشکاری به صورت نیمه اتوماتیک انجام میگیرد و به راحتی قابلیت تبدیل شدن به اتومات کامل را دارد. در این روش تزریق سیم جوش به صورت پیوسته ادامه دارد. همچنین به دلیل عدم وجود سرباره عمل محافظت توسط گاز خنثی (MIG) و یا گاز فعال (MAG) انجام میشود. جهت برقراری قوس نیز از یونیزه شدن همین گاز کمک گرفته می شود. در این فرآیند به دلیل عدم وجود سرباره عمل تسویه حوضچه مذاب انجام نمیشود. به همین دلیل تمیز بودن سطح کار از اهمیت ویژه ای برخوردار است. فلز جوش حاصل از این فرآیند درحالت های مشابه از سختی بیشتری نسبت به فرآیند جوشکاری به الکترو تگستن (TIG) برخوردار است همچنین سرعت این فرآیند از سرعت فرآیندهای الکترو دستی (SMAW) و جوشکاری به الکترو تگستن (TIG) بیشتر میباشد. به همین دلیل گرمای ورودی به قطعه کار کمتر از این دو فرآیند است، به همین خاطر پیچیدگی قطعات حاصل از جوشکاری به این روش کمتر میباشد و منطقه متأثر از حرارت (HAZ) نیز پهنای کمتری در مقایسه به سایر فرآیندها دارد و تنشهای پسماند حاصله نیز در مقطع جوش به حداقل میرسند. سطح جوش حاصله از این فرآیند ناصاف است و این پروسه نسبت به تغییرات ولتاژ و جریان بسیار حساس میباشد. در این روش نیز مانند فرآیند زیرپودری (SAW) هم برقراری قوس و هم تزریق ماده پرکننده را سیم جوش انجام میدهد.

عوامل تأثیر گذار بر روی فرآیند تحت گاز محافظ (MIG - MAG):

- 1- ولتاژ: دستگاههای این فرآیند در حالت ولتاژ ثابت (C.V) کار میکنند و منحنی مشخصه این نوع دستگاهها به صورت یک خط افقی با شیب اندک میباشد همچنین این نوع دستگاهها مانند فرآیند زیرپودری (SAW) مجهز به سیستم خود تنظیمی میباشد. (SELF ADJUSTING)
- 2- جریان: جریان در این پروسه در ۹۰ درصد اوقات جریان مستقیم با قطبیت معکوس (DCEP) میباشد که در این نوع جریان عملیات اکسید زدایی نیز انجام میشود در نتیجه ناخالصی های موجود در حوضچه جوش به حداقل میرسد. در این پروسه رابطه تقریبی زیر بین ولتاژ و جریان برقرار است $(V = 20 + 0.04I)$
- 3- سیم جوش: سیم جوش این فرآیند به صورت پیوسته و در سایزهای ۱/۸ - ۱ - ۱.۲ - ۱.۴ - ۱.۶ و گاهی تا ۲ میلی متر و در حلقه های از ۱۵ تا ۱۰۰ کیلوئی در بازار وجود دارد.
- 4- نوع گاز محافظ: نوع گاز این فرآیند با توجه به میزان جریان و ولتاژ همچنین نوع مد جوشکاری و قطر سیم جوش تنظیم میشود که معمولاً دبی گاز را ۱۰ برابر قطر سیم جوش

انتخاب مینمایند. گازهای مورد استفاده در این روش بسته به نوع ماده مورد جوشکاری میبایست تغییر کنند. برای جوشکاری آلومنیوم میبایست از گازهای با انتقال حرارت زیادتر از آرگون استفاده شود که گاز جایگزین آرگون به همراه هلیوم میباشد. (۱۰ تا ۳۰ درصد هلیوم). در جوشکاری فولاد زنگ نزن گاز مورد استفاده آرگون به همراه درصد کمی هیدروژن (تقریباً تا ۵ درصد) و گاهی تا ۲ درصد اکسیژن بکار گرفته میشود .

5- **سرعت تغذیه سیم جوش** : سرعت این فرایند با توجه به میزان جریان و ولتاژ همچنین

نوع مد جوشکاری به شرح زیر قابل تنظیم میباشد :

نکته : موارد فوق میبایست در WPS لحاظ نمونه (ولتاژ ، جنس سیم جوش ، ضخامت سیم جوش ، نوع گاز محافظ ، سرعت تغذیه سیم جوش)

مدهای (MOD) مختلف کارکرد و جوشکاری تحت گاز محافظ (MIG- MAG):

در این پروسه چهار مد مختلف برای جوشکاری به شرح زیر موجود است:

1- **مد اتصال کوتاه** : در این مد سیم جوش به قطعه کار می چسبد و در اثر حرارت ایجاد شده یک قطره از سیم جوش جدا شده و به قطعه کار متصل می شود و دوباره بعد از اتصال سیم جوش همین پروسه ادامه می یابد . گاهی اوقات تا ۲۰۰ بار در دقیقه این عمل جدا شدن قطره از نوک سیم انجام می شود . در این حالت حرارت ورودی به قطعه کار در کمترین مقدار خود است و این مد برای جوشکاری قطعات نازک از قابلیت خوبی برخوردار است . در این مد صدای جوشکاری مانند صدای وزوز زنبور میباشد که به گوش میرسد . سرعت سیم جوش در این فرآیند بین ۱ تا ۵ متر بر دقیقه متغیر است .

در این مد ولتاژ جریان در حداقل مقدار خود میباشد .

مثال : $V = 20$ $\phi = 1.2$ $S = 2-4 \text{ m/min}$ $Y_{CO2} = 100\%$ $I = 120$

2- **مد قطره ای** : در این حالت ولتاژ جریان بالاتر از مد اتصال کوتاه است . در این حالت قطرات مذاب از فاصله نسبتاً زیادی با ابعاد درشت (گاهی قطر قطرات ۲ تا ۳ برابر قطر سیم جوش) از سیم جوش خارج شده و به شدت به حوضچه مذاب برخورد می کنند . به همین دلیل پاشش در این مد بسیار زیاد و دانه درشت است . (نام دیگر این مد پرواز قطرات است). این مد در تمامی موقعیتهای جوشکاری انجام میشود ولی در بعضی از این موقعیتهای به دلیل هم جهت شدن پلاسما با جاذبه زمین پاشش افزایش می یابد . همچنین دبی گاز در این مد بالاتر از مد اتصال کوتاه است . گاز مورد استفاده در این مد دی اکسید کربن یا آرگون به همراه دی اکسید کربن میباشد و از این مد به دلیل پاشش زیاد در پاسهای پرکنی استفاده میشود .

مثال : $S = 4 - 6 \text{ m/min}$ $V = 26 \text{ v}$ $\phi = 0.8$

نکته : با این مد نمیتوان فولادهای ضد زنگ و فولادهای استحکام بالا را جوشکاری نمود زیرا جرقه های به جا مانده در سطح فلز جوش باعث به وجود آمدن ترکهای زیر سطحی می شوند .

3- **مد اسپری** : از این مد فقط برای جوشکاری ورقهای ضخیم استفاده میشود (به دلیل حرارت ورودی زیاد به قطعه) . برای رسیدن به این مد افزایش ولتاژ و دور سیم همچنین تغییر در نوع گاز مصرفی الزامی است (در حالت استفاده از گاز دی اکسید کربن خالص امکان رسیدن به این مد کم است) . در این مد تغذیه سیم جوش بالاتر از 6m/min است و در این مد هیچگونه پاششی مشاهده نمیشود . قطره مذاب پس از جدا شدن از سیم جوش به صورت منفجر شده به حوضچه مذاب می رسد و کل سطح جوش را پوشش میدهد . سطح جوش با این مد صاف (بدون پستی

وبلندی) بوده همچنین جوش حاصله بدون جرقه و دارای گرده وسیع میباشد .
مثال : $I > 200 \text{ A}$ $v = 32 - 38 \text{ v}$ $\phi = 0.8$

و دبی گاز تقریباً ۱۰ لیتر به دقیقه

۴- **مد چرخشی** : در این مد بالاترین میزان حرارت ورودی به قطعه را داریم و قوس دائماً در حال چرخش است (مانند پدیده وزش قوس که به دور خود بچرخد). عرض جوش و ابعاد حوضچه مذاب بزرگ است و عمق نفوذ زیاد میباشد . از این مد فقط در حالت تخت استفاده میشود و جریان در این مد مینیمم تا حد امکان افزایش یابد

مثال : $I > 500 \text{ A}$ و $S=35 \text{ m/min}$ نوع گاز یا آرگون به همراه دی اکسید کربن و یا آرگون به همراه هلیوم

۵- **مد پالسی** : در این مد نحوه گرمای ورودی به قطعه کار را توسط کنترل پالسهای جریان (در پالسهای + و -) کنترل می نمایند و در این حالت حوضچه جوش شروع به کوچک شدن میکند .

کاربردهای مد پالسی : این مد بیشتر به صورت جوشکاری در مد قطره ای و اسپری کاربرد دارد و گرمای ورودی و ابعاد حوضچه جوش و میزان پیچیدگی اتصالات جوش شده را کنترل میکند .

نکته : آلومینیوم و آلیاژهای آن در مد اتصال کوتاه و فولاد زنگ نزن در مد قطره ای جوشکاری نمی شوند .

نکته : استفاده از نازل تماس کوتاه معمولاً زمانی استفاده میشود که جوشکاری در مد قطره ای انجام شود زیرا پاشش جوش زیاد است و گاهی قطرات مذاب به نوک نازل برخورد میکند و باعث قطع شدن حرکت سیم جوش میشود و برعکس در جوشهای نفوذی T شکل به دلیل عمق شیار استفاده از نازل پایه بلند معمول است .

فاصله نوک الکتروود تا مقطع کار در حالت‌های مختلف :

۱- حالت اتصال کوتاه	فاصله 0mm
۲- حالت قطره ای	فاصله 5mm
۳- حالت اسپری	فاصله 8mm
۴- حالت پالسی	وابسته به نوع و ضخامت ورق و قطعه کار

نکته : به ترتیب از حالت‌های اتصال کوتاه تا پالسی سرعت جوشکاری (نرخ رسوب) زیاد میشود .

حداقل و حداکثر طول تورچ ۳ تا ۵ متر میباشد . (در حالت بدون کشش) در حالتی که بخواهیم از تورچ بلندتر استفاده کنیم مینیمم است از یک سیستم کشنده سیم در داخل دسته تورچ قرار دهیم . (تورچ Push Pull)

مسیری که سیم جوش در داخل آن حرکت میکند Liner نام دارد . اگر سیم جوش از جنس منگنز ، آلومینیوم یا فولاد زنگ نزن باشد جنس این روکش مینیمم است از نوع پلاستیک باشد و در حالت سیم جوش فولادهای کم کربن از جنس فولاد میباشد .

نکته : غلتکهای وایرفیدر با شیار دایره ای مناسب برای انواع سیم جوشهای آلومینیوم میباشد .

نکته : سیالیت حوضچه جوش فولاد زنگ نزن کم میباشد .

در حالت ورود گاز اکسیژن به حوضچه مذاب این گاز با فلز جوش واکنش انجام میدهد و به دلیل گرمازا بودن این واکنش و تولید حرارت سیالیت حوضچه اضافه می گردد . در مورد جوشکاری فولادهای کربنی مخلوط آرگون به همراه دی اکسید کربن (18 % + 82 %) استفاده میشود و در حالت مد اسپری حتماً میبایست از گاز آرگون استفاده شود از گاز نیتروژن نیز جهت پشت بند استفاده میشود .

فرآیند FCAW :

فرآیندی در زیر گروه MIG- MAG ولی از لحاظ شکل سیم جوش متفاوت با آن است. مقطع سیم جوش مورد استفاده در این فرآیند به صورت توخالی میباشد و فلاکس در مرکز سیم جوش به صورت پودر ذخیره شده است . این نوع سیم جوشها در قطرهای ۰/۹ تا ۲/۴ در بازار موجود میباشد . در جوشکاری با این روش سطح جوش بسیار صاف و هموار خواهد بود . از خصوصیات این روش امکان اضافه نمودن مواد افزودنی به داخل سیم جوش برای به دست آوردن خواص مختلف جهت انواع آلیاژها میباشد. از مزایای این روش امکان استفاده از آن در فضای باز است که این مزیت در اثر تولید گازهای محافظ حاصل از سوختن مواد داخل سیم جوش میباشد . گاهی اوقات این گازها آنقدر زیاد است که احتیاج به گاز محافظ خارجی نیز نمیشود . در این روش فلاکس موجود عمل تسویه حوضچه مذاب را نیز انجام میدهد و از حوضچه مذاب در برابر سرد شدن نیز محافظت به عمل می آورد . به همین دلیل (سرد شدن آرام جوش) از سختی و تردی فلز جوش کاسته میشود .
نکته : در این روش سیم جوش میتواند تا ۲۵ الی ۳۰ میلی متر از درون نازل خارج شود . (خروج سیم جوش از درون نازل Stick out نام دارد) .

تکنیکهای جوشکاری تحت گاز محافظ (MIG – MAG) :

با استفاده از تکنیکهای مختلف جوشکاری میتوان کنترل نفوذ جوش ، تغییر شکل مهره های جوش و مد جوشکاری را عوض کنیم . همچنین میتوان بدون تغییر مد عرض جوشکاری نفوذ آن و شکل گرده جوش را تغییر داد که این تغییرات با توجه به زاویه تورچ و جهت پیشروی انجام میشود .

۱- **حالت پس دستی (تکنیک پس دستی) :** در این روش نشیب مشعل در جهت مسیر جوشکاری میباشد (مشعل به سمت جوش نشده خم میشود) . در این حالت گرمای حاصل مستقیماً به حوضچه جوشکاری منتقل می گردد و نفوذ جوش زیادتر است و به دلیل گرفتن گرمای زیادتر حوضچه جوش دیرتر سرد میشود و ناخالصی های گاز به حداقل میرسد . در این روش عرض جوش کم و نفوذ زیاد است .

نکته : در جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم با این روش سطح جوش تمیز و دوده در کناره های جوش مشاهده میشود . (Back hand)

۲- **حالت پیش دستی (تکنیک پیش دستی) :** در این روش شیب مشعل در خلاف جهت جوشکاری است و قوس در جلوی حوضچه حرکت میکند . فلز جوش در این حالت با سرعت

زیادتری سرد میشود و احتمال وجود ناخالصی در فلز افزایش می یابد . در این روش بیشترین مقدار انرژی صرف ذوب کردن الکتروود می گردد و عرض جوش زیادتر با برآمدگی بیشتر است . سرعت مذاب ریزی در این روش زیاد است و به دلیل سریع سرد شدن حوضچه جوش مهره های جوش خشن و ناصاف می باشد . در این روش اسپاتر زیاد بوجود می آید .

نکته : در صورتیکه آلومنیوم و آلیاژهای آن را با این تکنیک جوشکاری نماییم به دلیل سریع عبور کردن گاز محافظ از روی خط جوش ، آلومنیوم با دی اکسید کربن واکنش داده و روی سطح فلز جوش ذرات سیاه رنگ دوده تشکیل می گردد . (For hand)

مزایای فرآیند جوشکاری تحت گاز محافظ (فعال و غیرفعال) MIG- MAG :

- ۱- روش نیمه اتوماتیک با قابلیت تبدیل به اتوماتیک
- ۲- پروسه پیوسته و بدون قطع جوشکاری
- ۳- سرعت مذاب ریزی زیاد
- ۴- تنش حرارتی کم و در نتیجه پیچیدگی کم بعد از جوشکاری

فلز پرکننده در این پروسه به دو صورت مفتول تو پر (MIG MAG) و الکتروود تو پودی (FCAW) میباشد .

معایب فرآیند جوشکاری تحت گاز محافظ (فعال و غیرفعال) MIG- MAG :

بزرگترین عیب این روش عدم ذوب کامل فلز پایه (LOF) میباشد . همچنین وجود سیم جوش درون فلز ذوب نیز از دیگر معایب این پروسه است .