

بسم الله الرحمن الرحيم

خبرنامه

اردیبهشت ماه 1405، شماره 33

همکار این شماره :
دکتر حسن شریفی

مرروی بر فرایندهای GTAW و FSW برای اتصالات
آلیاژهای آلومینیم گروه های 2000 و 6000

2



انجمن جوشکاری و آزمایش های غیرمخرب ایران

اصفهان - خیابان شمس آبادی - ساختمان شمس -

طبقه 4- واحد 413

تلفن: 03132240325

info@iwnt.com

جوشکاری :

علم و هنر اتصال مواد

Welding: The Art and Science of Material Joining



مروری بر فرایندهای FSW و GTAW برای اتصالات آلیاژهای آلومینیم

گروه‌های 2000 و 6000 (قسمت اول)

دکتر حسن شریفی

عضو هیئت علمی گروه مهندسی متالورژی و مواد، دانشگاه شهر کرد

چکیده

آلومینیم و آلیاژهای آن به عنوان موادی نوپا در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. از آلیاژهای آلومینیم در صنایع مختلف از جمله راه آهن خودروسازی و صنایع هوا فضا مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه آلومینیم و آلیاژهای آن جز مواد مهم صنعتی به‌شمار می‌روند و پس از فولاد مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین آلیاژ صنعتی است. جوشکاری این آلیاژها به روش های ذوبی چالش بر انگیز است. یکی از راه‌های بر طرف کردن مشکلات جوشکاری ذوبی استفاده از فرایندهای اتصال حالت جامد است. در این میان جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیم به طور گسترده استفاده می‌شود. در این پژوهش به مروری بر روش‌های اتصال آلیاژهای آلومینیم با روش GTAW و FSW پرداخته شد. عامل مهم در ایجاد اتصال در فرایند FSW تغییر شکل شدید پلاستیک است در حالی که در فرایند GTAW عامل اتصال ذوب و انجماد است. تغییرات خواص مکانیکی در اتصالات ایجاد شده توسط فرایند FSW برای آلیاژهای سری 2000 و 6000 تشکیل رسوبات و ترکیبات بین فلزی، و حل شدن رسوبات در نواحی مختلف می‌باشد.

کلمات کلیدی: فرایند GTAW، در فرایند FSW، آلیاژهای سری 2000 و 6000.

مقدمه

- آلومینیم و آلیاژهای آن

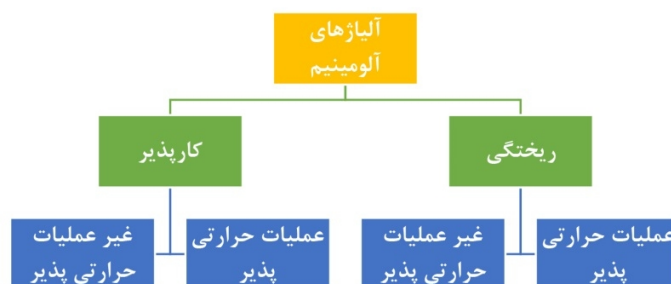
آلومینیم، دومین عنصر فلزی فراوان بر روی زمین، در اواخر قرن نوزدهم به‌عنوان یک رقیب اقتصادی در برنامه‌های مهندسی تبدیل شد. تحولات مهم صنعتی، با تقاضای فلزی با ویژگی‌های منحصر به فرد مانند آلومینیم و آلیاژهای آن همراه شد. رشد صنعت آلومینیم محدود به این تحولات نبود. اولین کاربردهای تجاری آلومینیم در قاب آینه، و سینی‌های خیاطی بود. وسایل آشپزی نیز از اولین بازارهای هدف این فلز به شمار می‌رفت. با گذشت زمان، طیف وسیعی از کاربردها تا حدی افزایش یافته که تقریباً هر جنبه‌ای از زندگی مردم به طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر استفاده از آن قرار می‌گیرد. آلیاژهای آلومینیم در حالت کلی به دو دسته کارپذیر و ریختگی تقسیم‌بندی می‌شوند و هر کدام از این گروه ها به دو دسته عملیات حرارتی‌پذیر و غیر قابل عملیات حرارتی تقسیم بندی می‌شوند. شکل (1) و جدول (1) دسته بندی کلی آلیاژهای آلومینیم را نشان می‌دهد.

- فرایند جوشکاری قوس تنگستن گاز (GTAW)

فرایند جوشکاری قوس تنگستن گاز، که جوشکاری با الکتروود تنگستن تحت گاز خنثی نیز نامیده می‌شود، در دهه 1930 توسعه پیدا کرد. در این فرایند، جوشکاری با استفاده از قوس الکتریکی انجام می‌شود به نحوی که حرارت لازم جهت ذوب قطعات تحت جوشکاری و فلز پرکننده، با تشکیل قوس الکتریکی بین

الکتروود تنگستن یا آلیاژهای آن و قطعات تحت اتصال به دست می‌آید. حوضچه جوش و الکتروود مصرف نشدنی به وسیله گاز خنثی (آرگون یا هلیوم) در مقابل اکسیداسیون و آلودگی‌های اتمسفری، محافظت می‌شود [1].

پس از برقراری قوس الکتریکی میان قطعه کار و الکتروود، تشکیل حوضچه مذاب، فلز پرکننده به حوضچه جوش وارد می‌شود. فلز پرکننده می‌تواند هم به صورت دستی و هم به صورت اتوماتیک، وارد حوضچه مذاب می‌گردد. حوضچه جوش، فلز پرکننده و قوس الکتریکی، به وسیله گاز محافظ خنثی که از طریق نازل گاز هدایت می‌شود، محافظت می‌گردد. در این فرایند به دلیل عدم وجود فلاکس، فلز جوش ایجاد شده سرباره نداشته و نیازی به تمیزکاری سطح جوش پس از انجام فرایند جوشکاری نیست.



شکل 1- دسته بندی کلی آلیاژهای آلومینیم

جدول 1- نام‌گذاری آلیاژهای کار شده آلومینیم

نامگذاری	عناصر مهم آلیاژی
۱XXX	آلومینیم خالص
۲XXX	مس
۳XXX	منگنز
۴XXX	سیلیسیم
۵XXX	منیزیم
۶XXX	منیزیم-سیلیسیم
۷XXX	روی
۸XXX	عناصر دیگر

این فرایند یکی از فرایندهای متداول در جوشکاری آلیاژهای آلومینیم است. عباس و همکاران [2] تاثیر فلز پرکننده را بر ریزساختار و خواص اتصال آلیاژ آلومینیم 2024 جوشکاری شده توسط فرایند GTAW را بررسی کردند. برای این منظور از فلزات پرکننده ER4043، ER5356 و ER4047 برای پرکردن درز اتصال استفاده شد. آن‌ها گزارش کردند که بیشترین سختی مربوط فلزات جوش ER4043 و ER4047 بوده است.

هم چنین اتصال ایجاد شده با استفاده از فلز پرکننده ER5356 استحکام کششی اندکی بالاتر (240 مگاپاسکال) نسبت به فلزات پرکننده ER4043 (230 مگاپاسکال) و ER4047 (225 مگاپاسکال) دارد. جدول (2) خواص مکانیکی اتصالات ایجاد شده با فلزات پرکننده مختلف را نشان می‌دهد.

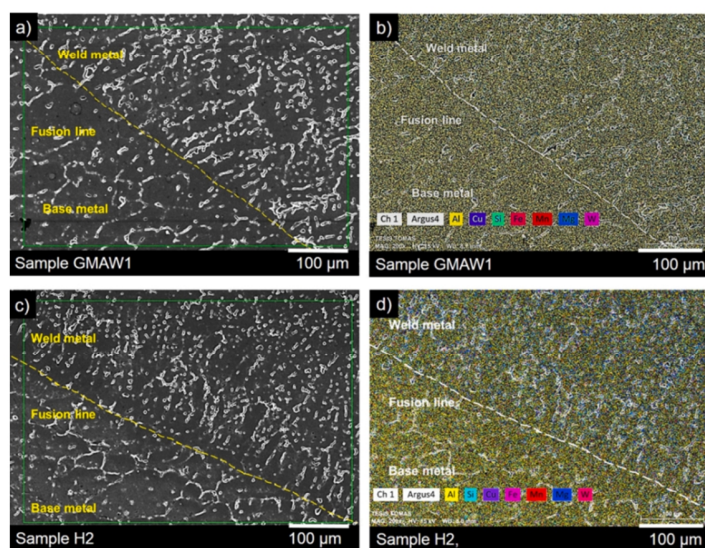
جدول 2- خواص مکانیکی اتصالات ایجاد شده با فلزات پرکننده مختلف [2]

Filler Metal Type	Current (Amp)	Voltage (V)	Yield strength (MPa)	Ultimate tensile strength (MPa)	Join Efficiency %	Elongation %	Failure location
ER5356	100	12.5	148	240	52.74	6	HAZ
ER4043	115	13.5	156	235	51.64	3.5	HAZ
ER4047	115	13.5	155	225	50	4	HAZ

هرناندز و همکاران [3] تاثیر فرایند هیبریدی GTAW و GMAW را بر روی خواص اتصالات آلیاژ آلومینیم 6061 مورد بررسی قرار دادند. برای فرایند GTAW از جریان AC و محدوده 70 تا 120 آمپر و برای فرایند GMAW از قطبیت DCEP محدوده جریان 110 تا 160 آمپر است و فلز پرکننده ER5356 برای جوشکاری قطعات مورد استفاده قرار گرفت. شکل (1) تصاویر میکروسکوپ نوری از ریزساختار برای فرایند هیبریدی و GMAW را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که تخلخل در اتصال ایجاد شده با فرایند GMAW نسبت به فرایند هیبریدی بیشتر است. آن‌ها گزارش کردند که با اعمال فرایند هیبریدی نرخ جوشکاری 40 درصد افزایش یافت و ساختار ریزدانه تری ایجاد گردید. هم چنین این فرایند باعث کاهش تخلخل در فلز جوش ایجاد شده گردید. این فرایند هم چنین باعث کاهش خواص مکانیکی در ناحیه متأثر از حرارت گردید که دلیل این امر به فرایندی آلیاژ 6061 نسبت داده می‌شود.

شکل (2) ریزساختار ناحیه اتصال با استفاده از فرایندهای GMAW و فرایند هیبریدی را نشان می‌دهد. در فلز جوش مشاهده می‌شود که ریزساختار هر دو نمونه، شکل (2-الف و 2-ج) مشابه زمینه‌ای آلومینیمی با شبکه از دندریت‌ها و رسوبات بین دندریتی سفید است که این رسوبات از نوع Al_3Mg_2 هستند و نقاط تیره رنگ درون فازهای دندریتی $Al_6(FeMn)$ هستند. از سوی دیگر، جدایش عنصری Mg و Si در فلز پایه ذوب جزیی شده در مجاورت خط جوش مشهود است، که ویژگی‌های ریزساختاری معمول در جوش‌های ذوب آلومینیم می‌باشد. لازم به ذکر است که هیچ شواهدی مبنی بر جدا شدن تنگستن از فرایند GTAW در اتصالات جوش داده شده ترکیبی GTAW-GMAW مشاهده نشده است. با این وجود، در نقشه‌های عنصری در شکل (2-ب و 2-د) ارائه شده است که نشان دهنده تفاوت محسوسی در محتوای Mg در فلز جوش است. نمونه 1 GMAW غلظت کمتری از منیزیم را نشان می‌دهد که این امر احتمالاً بخاطر تبخیر آن به دلیل فرایند GMAW، زیرا جریان جوشکاری بیشتر از جریان جوشکاری ترکیبی در حین انتقال فلز است. طبق مشاهدات وانگ و همکاران [4]، منیزیم عنصری می‌تواند به صورت بخار با مقداری آلومینیم در حین انتقال

فلز مذاب از ستون قوس از دست داد، با این وجود، سیمنوف و همکاران [5]، اشاره کردند که تبخیر می‌تواند از یک مکانیزم پخش کننده استفاده کند. هنگامی که دمای سطح آند از جوش فلز کمتر است و مخلوطی از گاز بخار تا حدی یونیزه می‌شود، در حالی که هنگامی که دمای سطح آند بیشتر و بخار فلزی به داخل پلاسما نفوذ می‌کند، در این حالت، افزایش انرژی کششی سطح در فرایند جوشکاری ترکیبی، می‌تواند از تبخیر این عنصر به همراه جریان کمتر GMAW برای انتقال فلز در طول جوشکاری جلوگیری کند.



شکل 2- مقایسه فرایند GMAW و فرایند هیبریدی، الف و ب- فرایند هیبریدی، ج و د- فرایند هیبریدی [3]

واسو و همکاران [6] تاثیر فرایند GTAW و GMAW را بر ریزساختار و خواص اتصال آلیاژ آلومینیم 5059 مورد بررسی قرار دادند. از فلز پر کننده ER5556 برای پر کردن درز اتصال استفاده شد. جریان جوشکاری برای فرایند GTAW و GMAW به ترتیب 160 و 195 آمپر انتخاب شد. آن‌ها گزارش کردند که استحکام اتصال در اتصال ایجاد شده به وسیله فرایند GTAW بیشتر از فرایند GMAW است. کمترین سختی برای جوش‌های ایجاد شده توسط هر دو فرایند در فلز جوش گزارش شد که دلیل آن نرم شده این ناحیه حین عمل سیکل‌های جوشکاری متعدد در جوشکاری چندپاسه است.

تبلور مجدد و رشد دانه در مناطق نزدیک منطقه فلز جوش به دلیل ایجاد سیکل حرارتی رخ می‌دهد. به این دلیل که حداکثر دمای سیکل حرارتی که بالاتر از دمای تبلور مجدد است، با دور شدن از منطقه فلز جوش این دما کاهش می‌یابد. بنابراین، تبلور مجدد به تنهایی بدون هیچ گونه رشد دانه در نزدیکی ناحیه فلز جوش اتفاق می‌افتد، در حالی که تبلور مجدد جزئی دور از مرکز جوش اتفاق می‌افتد. ناحیه HAZ ساختار دانه درشت‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار است، زیرا اثر حرارتی در طول فرایند جوشکاری دارد [7].