

انجمن جوشکاری ایران

خبرنامه

اسفند ماه 98 ، شماره 19

همکار این شماره : مهندس احمد رضا وکیلی



انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

تهران - خیابان کریمخان زند - نبش آبان شمالی -

ساختمان علامه طباطبایی - طبقه 2 - واحد 227

تلفن: 88931783

itmanager@iwnt.com

www.iwnt.com

جوشکاری :

علم و هنر اتصال مواد

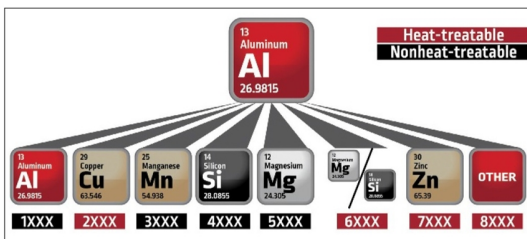
Welding: The Art and Science of Material Joining



(Mg) و روی (Zn) عناصر آلیاژی اصلی هستند که برای ایجاد آلیاژهایی با افزایش خواص مکانیکی به آلومینیوم خالص اضافه می‌شوند (شکل 2).



شکل 1 - یک جوشکار روی بدنه قایق آلومینیومی کار می‌کند.



شکل 2 - در این نمودار آلومینیوم به همراه مس، منگنز، سیلیسیم، منیزیم و روی نشان داده شده است که عناصر اصلی آلیاژی اضافه شده به آلومینیوم خالص برای تولید آلیاژهایی با خواص مکانیکی بالا می‌باشند.

بین آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای فولادی که باید به رسمیت شناخته شوند و به عنوان بخشی از فرایند طراحی در نظر گرفته شوند، تفاوت‌های چشم‌گیری دارند. که شامل موارد زیر است:

- برخی از آلیاژهای آلومینیوم عملیات حرارتی پذیرند و بعضی از آنها عملیات حرارتی پذیر



پاسخ چهار سوال مهم در این زمینه را بیاموزید

آلومینیوم و آلیاژهای آن برای بسیاری از کاربردهای ساخت بسیار مناسب است. آلیاژهای آلومینیوم از زمان آغاز کار تاکنون بطور گسترده در صنعت هوافضا مورد استفاده قرار گرفته است. آنها همچنین به طور گسترده‌ای در صنایع دیگر، مانند خودرو، کامیون و تریلر، کشتی‌سازی، بسته‌بندی، ساختمان و معماری، سیلندرهای فشار قوی و بسیاری دیگر پذیرفته شده‌اند. شکل (1) ملاحظه شود. دلایل اصلی استفاده از آلیاژهای آلومینیوم در صنایع مختلف، نسبت استحکام به وزن آن و مقاومت در برابر خوردگی فوق‌العاده آن می‌باشد. این موضوع برای اکثر برنامه‌های کاربردی در بخش‌های صنعت که در بالا توضیح داده شده، مفید است. آلومینیوم خالص، بدون آلیاژ یک فلز نرم و قابل انعطاف است و بنابراین استحکام کافی برای اکثر کاربردهای ساخت را ندارد. عناصری مانند مس (Cu)، منگنز (Mn)، سیلیسیم (Si)، منیزیم

جوشکاری قوسی مرسوم وجود دارد که می تواند برای آلومینیوم مورد استفاده قرار گیرد، از جمله جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی، باریکه لیزری و فراصوتی. چهار سوال زیر ملاحظات مهم برای جوشکاری مناسب آلومینیوم را بیان می کند.



شکل 3 - یک جوشکار از مهارت های خود برای جوشکاری یک ورق آلومینیومی استفاده می کند.

1- برای جوشکاری بهتر آلومینیوم و آلیاژهای آن از چه فرایندهایی استفاده می شود؟

با افزایش مصرف آلومینیوم در بسیاری از صنایع، تولیدکنندگان باید روش های متداول برای اتصال این مواد را در نظر بگیرند. جوش ها باید به

نمی باشند، در حالی که تقریباً همه فولادها عملیات حرارتی پذیر می باشند.

- بعضی از آلیاژهای آلومینیوم با استفاده از روشهای معمولی جوشکاری قوسی مانند جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ (GMAW) و جوشکاری قوس تنگستنی گاز محافظ (GTAW) قابل جوشکاری نیست. با این وجود اگر اپراتور اقدامات احتیاطی لازم را انجام دهد تقریباً هر فولادی قابل جوشکاری می باشد.

- جوش های آلومینیوم، که شامل فلز جوش و منطقه تفتیده (HAZ) می باشد، معمولاً در مقایسه با مواد پایه از استحکام کمتری برخوردار می باشند. در فولادها، جوش ها معمولاً دست کم به اندازه ماده پایه دارای استحکام می باشند.

- استحکام و انعطاف پذیری آلومینیوم در دماهای پایین به خطر نمی افتد، از آنجا که با کاهش دما تا سطح کرایوژنیک، انعطاف پذیری افزایش می یابد. فولادها با کاهش دما شکننده تر می شوند.

بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم را می توان با جوشکاری قوسی اتصال داد. شکل (3) ملاحظه شود. با این حال، برخی از آلومینیوم های درجه یک هواپیما و سایر آلیاژهای خاص با استفاده از روش های مرسوم، غیر قابل جوشکاری می باشند. به دلیل لایه اکسید آلومینیوم برای شکسته شدن سطح و اطمینان از جوشکاری مناسب یک قطب مثبت لازم است. جوشکاری آلومینیوم به طور معمول یک منطقه نرم در فلز جوش و HAZ ایجاد می کند. گاهی اوقات، برای بهبود یافتن برخی از خواص مکانیکی، ممکن است فرایند عملیات حرارتی

روشی انجام شود که کیفیت آنها بدون به خطر انداختن بهره‌وری به بالاترین حد برسد.

به طور کلی فرایند جوشکاری قوسی تنگستنی برای ارائه بالاترین کیفیت جوش‌ها ارجح است. این فرایند از یک الکتروود تنگستن غیر مصرفی برای ذوب فلز پایه استفاده می‌کند. بسته به نوع ماده پایه و کاربرد آن، ممکن است فلز پرکننده اضافه شود. فلز پرکننده به طور مستقل اضافه می‌شود و هیچ فلزی را به قوس منتقل نمی‌کند. این فرایند با استفاده صحیح از تکنیک و تمیز کردن مناسب مواد پایه، میزان تخلخل بسیار کمی را ایجاد می‌کند. از دیگر مزایای فرایند GTAW کنترل ورودی استثنایی حرارت، سطح صاف مهره‌های جوش، بدون پاشش و کاهش تولید دود است. با توجه به این مزایا، این فرایند مکان خود را در صنعت هوافضا، جایی که کیفیت بالا بسیار مهم است، بسیار مناسب می‌کند.

فرایند GTAW، میزان رسوب فلزات پرکننده بسیار پایین است، همچنین سرعت حرکت آهسته‌ای دارد. این فرایند در محیط با تولید بالا سازگار نمی‌باشد. خوشبختانه پیشرفت‌های بسیاری در زمینه فناوری‌های فرایند جوشکاری GTAW حاصل شده است. فرایند جوشکاری قوسی فلزی گاز محافظ گزینه‌ای محبوب است در زمانی که کیفیت و بهره‌وری امری ضروری باشد. تفاوت عمده این فرایند در این است که سیم جوش به طور مداوم تغذیه می‌شود، و در طول قوس به فلز پایه اضافه می‌شود. با این حال، آلومینیوم یک فلز نرم است و تغذیه سیم می‌تواند چالش برانگیز باشد. برای تغذیه بهینه، منابع تغذیه آلومینیوم باید از غلتک‌های داری معبر با شیار U شکل استفاده شود، راهنماهای سیم پلاستیکی مناسب، آسترهای غیر فولادی و نکات

صحیح در مورد قطر داخلی استفاده کنند. جوشکاری آلومینیوم با فرایند GTAW تا زمانی که از پارامترها و فرایندهای صحیح برای جلوگیری از ایجاد ذوب ناقص و تخلخل استفاده شود، دارای بهره‌وری بیشتری نسبت به فرایند جوشکاری GTAW می‌باشد.

در نهایت، تصمیم‌گیری براساس الزامات و اولویت‌های کاربر است. اگر بهره‌وری اهمیت کمتری نسبت به کیفیت جوش داشته باشد ممکن است استفاده از فرایند جوشکاری GTAW راه مناسبی باشد. اگر به تولید بالا یا تعادل هر دو نیاز باشد، استفاده از فرایند جوشکاری GTAW در نظر گرفته می‌شود.

2- چه زمانی باید اتوماسیون را در نظر بگیرید؟

فرایند جوشکاری آلومینیوم خودکار می‌تواند بهره‌وری را بهبود ببخشد و بدون تغییر نیروی کار میزان تولید را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. علاوه بر این، پابرجایی و قابلیت اطمینان در فرایند خودکار می‌تواند به کاهش هزینه‌های مربوط به کارمجدد، تعمیر و جوشکاری اضافه کمک کند.

با وجود راه‌حل‌های مختلف خودکار در دسترس، تعیین کاربرد و انتخاب راه حل مناسب نیاز به یک تحلیل دقیق از برنامه جوشکاری را دارد.

برای تحلیل جوشکاری به جدول (1) مراجعه فرمایید. این موضوع را هنگام بررسی طیف گسترده‌ای از قابلیت‌های موجود از تأمین کنندگان بالقوه خودکار در نظر بگیرید.

برای جوشکاری آلومینیوم خودکار بهتر است یک راه حل کامل وجود داشته باشد، زیرا سیستم باید در زمینه قوس جوشکاری که مهمترین جز می‌باشد، طراحی

با استفاده از فلز پرکننده 6061 در منطقه متاثر از حرارت می باشد. برای تطبیق رنگ پس از آندکاری، استفاده از 4043 روی مواد پایه 6050، خودداری شود.

از طرف دیگر، برخی از مزایای 5356 در هنگام جوشکاری نسبت به 6061 شامل افزایش استحکام برشی و شکل پذیری و همچنین افزایش بهره‌وری می باشد. مقاومت الکتریکی بالاتری نسبت به 4043 دارد. این بدان معنی است که برای یک جریان معین، سرعت تغذیه سیم 5356 افزایش می یابد.

هنگامی که سرعت تغذیه سیم 4043 را در 200 آمپر با سرعت تغذیه سیم 5356 در 200 آمپر مقایسه می شود، تقریباً 33 درصد در میزان رسوب نسبت به دومی افزایش داده می شود. همچنین این کار باعث می شود جوشکاری خارج از حالت با 5356 آسانتر شود. زیرا 4043 تمایل به سیال بودن دارد و برای جوش‌های سربالایی بخصوص هنگام استفاده از ولتاژ ثابت استفاده می شود، و در این حالت جوش دارای پروفیل غیر قابل قبول و سوختگی لبه در پنجه‌های جوش خواهد بود.

یکی دیگر از عواملی که باید مورد توجه قرار گیرد سفتی آلیاژ است. فلز پرکننده 5356 در مقایسه با همان قطر سیم، سفت تر از 4043 است. این امر به تغذیه کمک می کند، به خصوص اگر به جای یک مشعل جوشکاری یکطرفه از دو طرفه استفاده شود.

4- آینده صنعت جوش آلومینیوم چیست؟

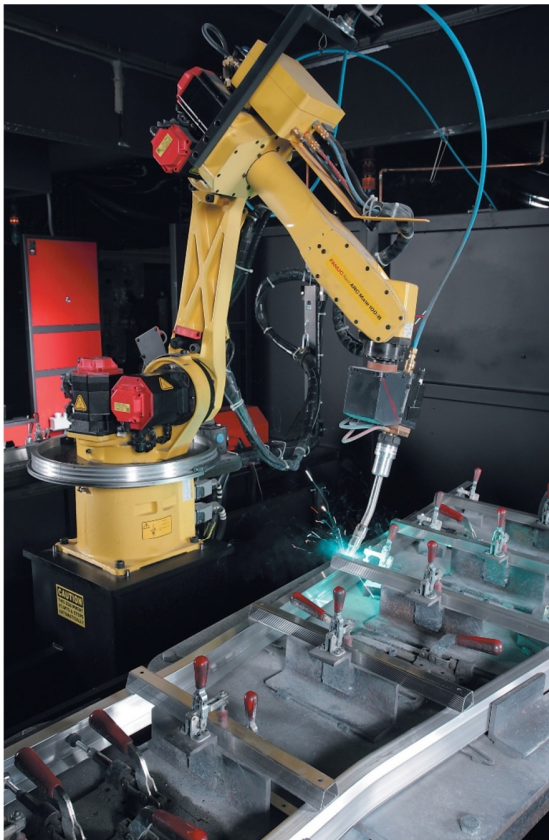
از آنجایی که صنایع مختلف برای کاهش وزن سبک با الزامات جدی روبرو هستند، احتمالاً میزان

شود. علاوه بر این، ارایه دهندگان راه حل در تجزیه و تحلیل برنامه، تهیه بسته کامل از جمله فلز پرکننده ایده آل، یکپارچگی سیستم خودکار در گردش کار و ارائه خدمات پس از فروش و پشتیبانی فنی مداوم هم برای سیستم خودکار و هم برای جوشکاری با تجربه هستند.

3- تاکنون در مورد تجهیزات اتوماسیون بحث کرده ایم. در مورد فلزات پرکننده چگونه؟

آلیاژ مورد جوشکاری و شرایط بهره‌برداری جوش نهایی به تعیین مناسب فلز پرکننده کمک می کند. در برخی طرح ها می توان از فلزات پر کننده چندگانه استفاده کرد. به عنوان مثال، می توان با استفاده از دو ماده اصلی متداول، آلیاژ 6061، با استفاده از دو فلز پرکننده اصلی جوشکاری موجود در بازار، 4043 و 5356 جوشکاری شوند. آلیاژهای مختلف دیگری نیز وجود دارند که می توانند مورد استفاده قرار گیرند، اما به خاطر این بحث، روی 4043 و 5356 تمرکز می شود.

فلز پرکننده 4043 که اغلب مورد استفاده قرار می گیرد نسبت به 5356 مزیت بیشتری دارد. از آنجا که 6061 نسبت به بسیاری از آلیاژهای فلز پایه حساسیت بیشتری به ترک دارد، استفاده از 4043 می‌تواند به کاهش احتمال ترک کمک کند. دارای سیالیت بالاتر و ترکیب شیمیایی است که بسیار متفاوت از آلیاژ پایه است. مزیت دیگر 4043 زیبایی سطح جوش است. دوده کمتری را در اطراف جوش ایجاد می کند و باعث درخشندگی بیشتر در سطح جوش نسبت به 5356 می شود. برخی محدودیت‌های 4043 شامل انعطاف پذیری نسبتاً کم و استحکام برشی جوش در هنگام جوشکاری گوشه‌ای می باشد. تفاوت در جوش شیاری، استحکام بین این دو آلیاژ قابل



شکل 4 - جوشکاری خودکار یک قاب آلومینیومی.

پایان بحث

آلومینیوم به طور معمول به دلیل نسبت وزن کم به استحکام زیاد مورد استفاده قرار گرفته است، اما هرگز در کاربردهایی که استحکام فولاد لازم باشد قابل استفاده نمی باشد. آلیاژهای آلومینیوم استحکام بالا با خواص مکانیکی نزدیک به فولاد برای دهها سال وجود داشته است. برخی از گروههای آلیاژی متداول، از جمله 2xxx، 7xxx و حتی برخی از 8xxx، همه با چالشهای جوشکاری قوسی مشابه مواجه می باشند. همان عناصر آلیاژی که باعث بالا رفتن استحکام عالی مواد می شوند باعث ترک خوردگی شدید در جوش

استفاده از آلومینیوم در سراسر صنایع افزایش خواهد یافت. صناعی که سعی در ساخت با جنس آلومینیوم را دارند، به طور معمول نسبت به ساخت با فولاد جوش شده، علاوه بر مواردی که در حال حاضر وجود دارند با چالشهای دیگری نیز روبرو خواهند شد. در محیطهای تولید بالا مانند حمل و نقل، بهره‌وری جدی گرفته نمی شود. روشهای مختلفی برای دستیابی سریع به آرایش ساختاری جوش آلومینیوم وجود دارد.

با توجه به هدایت حرارتی بالای آلومینیوم، اجرا با فرایند آمپراژ زیاد که از قطرهای معمول بزرگتر استفاده می کنند ($D > 1.6$ میلی متر) به احتمال زیاد افزایش خواهند یافت. روی مواد آلومینیومی نازک ($t < 3$ میلی متر)، با شکل موجی نوین به سرعت پیشروی بیش از 100 اینچ بر دقیقه می‌رسانند. نیاز به بهره‌وری در ترکیب با نیروی کار در حال کاهش، گرایش به سمت افزایش فرایند خودکار برای جوشکاری آلومینیوم را دنبال می کند.

صنعت خودروسازی دهه‌ها است که از فرایند خودکار انعطاف پذیر، برای جوشکاری آلومینیوم استفاده می کند. با اجرای آسانتر شدن فرایند خودکار، میزان پذیرش در صنایع جوشکاری آلومینیوم مانند فرایند ساخت کامیون / تریلر و ساخت و سازهای عمومی بر این اساس افزایش می‌یابد. گذشته از رباتیک انعطاف پذیر مرسوم، سیستمهای اتوماسیون سخت مانند دروازه‌هایی برای جوشهای طولانی آلومینیوم روی اتصالات فیکس شده به طور چشم‌گیری در حال افزایش بهره‌وری هستند (شکل 4).

جدول 1- تجزیه و تحلیل

کاربرد جوش

تجزیه و تحلیل کاربرد جوش موارد زیر را در بر می گیرد:

• **گردش کار تأسیسات.** تنگناها و چالش‌های قبل، حین و بعد از فرایند جوشکاری را شناسایی کنید. چیدمان کف و در دسترس بودن نیروی کار نیز باید در نظر گرفته شود.

• **هندسه قطعه.** آیا قطعات برای فرایند خودکار مناسب هستند؟ آیا مونتاژ قابل تکرار است؟

• **طراحی اتصال.** تعیین نگه دارنده‌ها و الزامات گیره‌های تنظیم وضعیت

• **الزامات تولید.** جوش‌های کوتاه قطعات بیشتر، یا جوش‌های بلندتر قطعات کمتری دارند؟

• **الزامات فرایند جوشکاری.** کدام فرایند؟ GTAW یا GMAW، منبع نیرو؟

نیز می شود. علاوه بر این، تخریب HAZ از آلیاژهای آلومینیوم استحکام بالا اغلب هدف اولیه خود را منسوخ می کنند. تحولات اخیر در آلیاژهای جدید، عملیات حرارتی و تغییرات ذرات سرانجام جوشکاری این آلیاژها بدون کاهش استحکام و یا ایجاد ترک‌ها امکان پذیر می شود. متنوع سازی فلزات پرکننده موجود نیز در حال افزایش است، زیرا تولید کنندگان آلیاژهای بیشتری مانند 5556، 5554، 4145 و پرکننده‌های غیر معمول دیگر را تولید می کنند. نیاز به آلیاژهای غیر متعارف و بی نظیر آلومینیوم با کاربردهای تخصصی لیزر سیم سرد و گرم و ساخت مواد افزودنی قطعات کامل به طور فزاینده‌ای ضروری می شود.