جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

قابلیت جوش پذیری و جوشکاری مس و آلیاژهای آن

مس، اولین فلزی است که توسط انسان مورد استفاده قرار گرفت. پنج هزار سال پیش، یونانی ها و رومیان باستان، آن را از جزیره قبرس کنونی استخراج می کردند. یونانیان آن را به نام کالکو (*Chalco*) و رومیان به نام آیس (*Aes*) می شناختند و چون از جزیره قبرس استخراج می شد آن را آیس سیپریم (*Cypirum*) نامیدند. بعداً در زبان های مختلف اروپایی ، به دلیل تلفظ های متفاوت کلمه، سپیریم شکل های متفاوتی به خود گرفت، به طوری که امروز در انگلیسی آن را کوپر (*Copper*) و درآلمانی (*Kupfer*) و در فرانسه (*Cuivre*) می نامند.

این فلز، به دلیل سختی توأم با انعطاف پذیری، هدایت حرارتی و الکتریکی بالا، قبول عملیات مکانیکی گوناگون، شکل پذیری فوق العاده ، مقاومت در برابر خوردگی، رنگ های زیبا، غیرمغناطیسی بودن، قابلیت ریخته گری مناسب، لحیم کاری نرم و سخت، جوش پذیری، غیر سمی بودن، .... و نیز امکان تهیه آلیاژهای گوناگون در کنار سایر فلزات، به یک عنصر بسیار مفید و غیر قابل چشم پوشی در صنایع بشری آمده است.

مس با جرم اتمی ٦٣/٥٤ و ساختار (*FCC*) در 1083^0c ذوب می شود. این عنصر، به دلایل متالورژیکی، به عنوان حلال ترین فلز شناخته شده و به غیر از سرب، تقریباً کلیه عناصر با آن، قابلیت انحلال دارند.

از نظر شیمیایی، مس از فلزات نجیب به شمار آمده و در جدول تانسیون، پس از نقره قرار دارد. مس در مجاورت هوا و رطوبت، از یک قشر نازک اکسید مس که مخلوطی از CuO و Cu_2O است پوشیده می شود. این قشر نازک، بقیه فلز را از اکسیده شدن محافظت می کند. اگر این اکسیدها مدت زیادی در مجاورت هوا قرار گیرند و یا سطح مس به شدت اکسیده شود، رنگ مایل به سیاه، آن ، به تدریج به رنگ سبز که مخلوطی از سولفات و یا کلرورهای قلیایی است تبدیل می شود که آن را زنگار (*Patina*) می گویند. هوای محیط، در تشکیل این ترکیبات بسیار مؤثر است. به طوری که اکثراً در نواحی صنعتی، ترکیبات سولفات به فرمول $3Cu(OH)_2$ و $CuSo_4$ و در مجاورت دریاها ترکیبات کلروری مثل $3Cu(OH)_2$ و $CuCl_2$ به وجود می آید.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

مس مذاب، قابلیت انحلال شدیدی برای گازهای مختلف دارد و این پدیده، هنگام انجماد به سرعت کاهش می یابد. مقدار حل شدن گازها در مس، به درجه حرارت و فشار جزیی گازها در محیط خارج بستگی دارد.

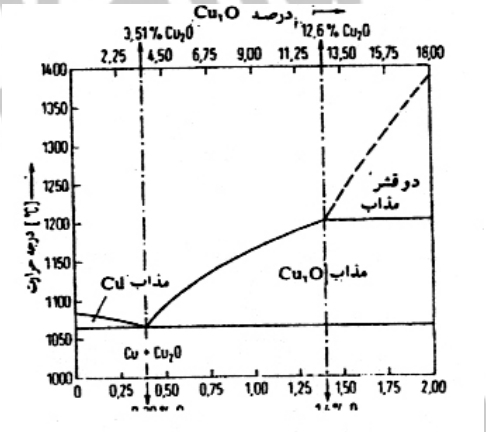
گازها در مس بیشتر به صورت بیشتر به صورت اتمی حل می شوند. مقدار حلالیت گازها را می توان به صورت رابطه $C = K\sqrt{P}$ نمایش داد که در آن C مقدار گاز حل شده بر حسب سانتی متر مکعب در هر ۱۰۰ گرم فلز مس بوده، P فشار جزئی گاز در محیط خارج و K ضریب ثابتی است که به درجه حرارت بستگی دارد. با توجه به رابطه بالا می توان نتیجه گرفت که افزایش دما با افزایش K و در نتیجه افزایش مقدار گاز حل شده مذاب رابطه مستقیم دارد.

بررسی حلالیت گازها در مس و آلیاژهای آن

گازهایی مثل اکسیژن، هیدروژن و ... در مس قابل حل بوده و تأثیراتی بر آن می گذارد و که بدین قرار است :

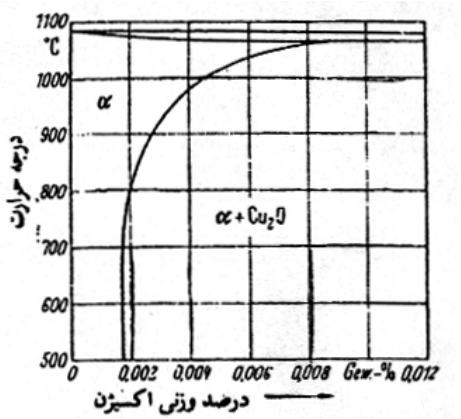
- حلالیت اکسیژن

اکسیژن، به صورت اتمی در درجه حرارت اوتکتیک ۱۰۶۵ درجه سانتیگراد حدود ۰/۰۰۹ درصد و درجه حرارت محیط حدود ۰/۰۰۲ درصد در مس قابل حل است. در صورتی که مقدار اکسیژن، این حدود باشد، با مس وارد ترکیب شده و اتکتیکی به صورت $Cu\text{-}Cu_2O$ با حدود ۰/۳۹ درصد اکسیژن تشکیل می دهد.



شکل (۱) دیاگرام تعادلی $Cu\text{-}Cu_2O$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید



شکل (۲) حلالیت اکسیژن در مس

همانگونه که از منحنی های شکل (۱) و (۲) مشخص است، ترکیب اکسید فلزی Cu_2O در درجه حرارت ۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتی گراد پایدار است. در درجه حرارت های پایین تر، این ترکیب به CuO تبدیل می شود. بنابراین پس از جوشکاری، براساس یکی از واکنش های زیر، CuO در اثر سرد شدن تشکیل خواهد شد.

$$2Cu_2O + O_2 \rightarrow 4\ Cu_2O$$
$$Cu_2O \rightarrow CuO + Cu$$

در اثر جوشکاری و در درجه حرارت های بالاتر از ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد، Cu_2O تجزیه شده و اکسیژن آزاد می کند که در اثر فعل و انفعالات شیمیایی جانشینی با سایر عناسر موجود، ترکیب شده و بخار آب و سایر اکسیدهای فلزی، تولید می کند.

همچنین در هنگام پیشگرم کردن و شروع جوشکاری در حرات های حدود ۷۰۰ درجه سانتی گراد، مس با یک شعله سبز رنگ با اکسیژن محیط ترکیب شده و CuO تولید می کند :

$$Cu + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CuO$$

که در درجه حرارت های بالاتر CuO حاصله به Cu_2O تبدیل خواهد شد.

$$2Cu + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Cu_2O$$
$$CuO + Cu \rightarrow Cu_2O$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

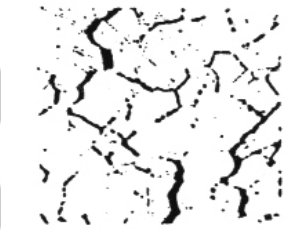
با توجه به این نتایج و بررسی انجام شده می توان گفت که مقدار جذب اکسیژن در مس مذاب به زمان بستگی دارد و از این رو، برای محافظت مس مذاب از ورود اکسیژن، بهترین روش استفاده از جوشکاری با سرعت بالا و وجود گازهای محافظ حوضچه است.

حلالیت هیدروژن

هیدروژن در مس مذاب، در ۱۰۸۳ درجه سانتیگراد به میزان ٦ سانتی متر مکعب در هر ۱۰۰ گرم از فلز حل می شود ولی در حضور عناصر آلیاژی مثل قلع، روی یا آلومینیوم این حلالیت به شدت کاهش می یابد. به طور مثال ، در آلیاژ مس با ۱۰ درصد آلومینیوم، حلالیت هیدروژن تا ۵۰ درصد کاهش می یابد. جذب هیدروژن توسط حوضچه مذاب از منابع مختلف مثل هوای محیط، مواد مصرفی، رطوبت و چربی و غیره انجام می گیرد. با انجماد مس نیز، میزان حلالیت آن تا حدود $\frac{1}{3}$ کاهش می یابد. در صنعت مس، تأثیر هیدروژن چه در حالت مذاب و چه در حالت جامد، یکی از فاکتورهای مهم به حساب می آید. در حالت جامد، اگر مس در درجه حرارت های بالا با هیدروژن در تماس باشد، هیدروژن به دلیل دارا بودن شعاع اتمی بسیار کوچکتر نسبت به مس می تواند در مس نفوذ کرده و سپس تشکیل ملکول H_2 بدهد و اگر در مس اکسیژن وجود داشته باشد، واکنش زیر حاصل خواهد شد :

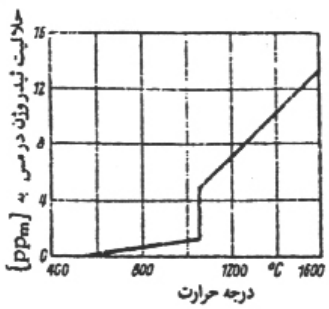
$$Cu_2O + H_2 \rightarrow 2Cu + H_2O \uparrow$$

بخار آب تولید شده بر خلاف هیدروژن، در مس نامحلول است و بنابراین در اطراف مرزدانه ها جمع و به علت تراکم و فشار زیادی که ایجاد می کند، مرزدانه ها را سست، ضعیف و شکننده می کند. (۳). این خاصیت خطرناک به هیدروژن تردی شهرت پیدا کرده، بنابراین در زمان جوشکاری باید از قطعات مسی و پر کننده هایی استفاده کرد که قبلاً اکسیژن زدایی شده باشند.



شکل (۳) هیدروژن تردی در مس

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید



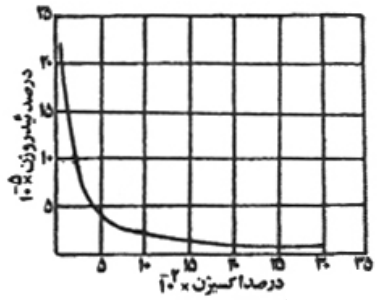
شکل (٤) حلالیت هیدروژن در درجه حرارت های مختلف در مس

بر اساس آنچه گفته شد، نتیجه گرفته می شود که معمولاً هیدروژن مازاد بر حلالیت، به دو صورت در مس بروز می نماید:

– هیدروژن ملکولی که تحت تأثیر فشار داخلی و در جه حرارت مس مذاب انبساط یافته، و تخلخل های درشت در وسط جوش ایجاد می کند

– هیدروژن اتمی آزاد شده که در اثر فعل و انفعلاتی تولید بخار آب می کند و در واقع تأثیر مشترک هیدروژن و اکسیژن را به قطعه مسی به صورت تخلخل های ریز و پراکنده، تحمیل می کند.

نکته آخر این که در هر درجه حرارت، افزایش مقدار اکسیژن به تقلیل حلالیت هیدروژن و بالعکس منجر می شود. در نمودار شکل (۵) نسبت حلالیت اکسیژن و هیدروژن در مس مذاب در دمای حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد، نشان داده شده است.



شکل (۵) حلالیت توأم اکسیژن و هیدروژن در مس مذاب

– حلالیت سایر گازها

در جوشکاری مس، گازهایی مثل نیتروژن و Co_2 کلاً بی تأثیر بوده و حتی می توانند حوضچه مذاب را از گازهای ناخالص دیگر حفاظت نمایند. اما حضور گازهای گوگردی مثل SO_2، علاوه بر ایجاد حباب های

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

گازی و در نهایت تخلخل، با ایجاد سولفور مس Cu_2S تأثیر زیادی در کاهش خواص مکانیکی مس خواهند داشت.

تأثیرات عناصر آلیاژی بر خواص جوش پذیری مس

عناثر آلیاژی مختلف، بر حسب خواص و شرایط خاص خود، تأثیرات گوناگونی بر خواص فیزیکی و مکانیکی مس به ویژه در حالت جوشکاری اعمال می کنند.

عناصر افزودنی برای بهبود قابلیت ماشینکاری مثل سرب، گوگرد و تلوریم

سرب مایع در داخل آلیاژهای مس، یکی از عیوبی است که ناشی ازخروج سرب از شبکه کریستالی در آخرین مراحل انجماد است. در حقیقت وجود عناصری مثل سیلیسیم، آلومینیوم و گازهای محلول در مایع، باعث راندن سرب از داخل شبکه خواهد شد.

وجود گوگرد، تلوریم و حتی عناصری مثل سلینم و تیتانیوم، هرچند خواص ماشینکاری را افزایش می دهند، اما علاوه بر افزایش مقاومت الکتریکی، سبب سرخ شکنندگی (*Redshortness*) مس نیز می گردند و از این رو، در کاهش خواص جوش پذیری مس مؤثرند.

روی

روی یکی از عناصر آلیاژ کننده اصلی مس به شمار می آید. آنچه در این بحث قابل ذکر است، تأثیر شدید روی، بر افزایش قابلیت جوش پذیری مس است. نکته قابل توجه دیگر بخارات سمی است که در حین جوشکاری ترکیبات مس و روی متصاعد می شوند که باید کاملاً مد نظر قرار گیرند.

قلع

به طور کلی قلع، در حدود ۱ تا ۱۰ درصد با افزایش حساسیت مس به بروز ترک های گرم، قابلیت جوش پذیری را کاهش می دهد. علاوه بر این، اکسید قلعی که در جریان جوشکاری حاصل شده و به صورت پودر سفیدی در کناره های جوش دیده می شود، بسیار شکننده بوده و استحکام جوش را تا حد زیادی از بین می برد. تنها حسن وجود مقادیر ناچیز قلع، کاهش بخارات سمی در جریان جوشکاری مس محتوی روی است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

بریلیوم، آلومینیوم و نیکل

وجود مقدار کمی از بریلیوم در مس، باعث می شود که خواص مکانیکی فلز حاصل با مس کاملاً متفاوت باشد. مقدار بریلیوم اضافه شده به مس، همواره از ۲ درصد بیشتر و از ۲/۵ درصد کمتر است. زیرا اگر مقدار آن از ۲ درصد کمتر باشد عملاً اثری روی خواص مکانیکی مس نداشته و اگر مقدار آن از ۲/۵ درصد تجاوز کند، آلیاژی شکننده به وجود می آید. خواص مکانیکی آلیاژ به عملیات حرارتی روی آن بستگی دارد. در هنگام جوشکاری باید با انتخاب صحیح نوع جریان و شدت قوس، لایه سخت اکسید برلیوم را از سطح آلیاژ زدود. مورد استعمال آلیاژ در مواقعی است که به فلزی احتیاج باشد که در هنگام ساختن جسم مورد نظر نرم و چکش خوار بوده و پس از ساختن جسم با انجام عملیات معینی بتوان آن را سخت کرد و جسم ساخته شده، خواص عالی مکانیکی داشته باشد. از مشخصات دیگر این آلیاژ، مقاومت عالی آن به خوردگی در مقابل هوا است.

نیکل در مس حل شده و باعث ریز شدن دانه ها می گردد. به طور کلی، نیکل سبب بالا رفتن استحکام کششی خواهد شد، بدون آن که از مقدار فاز δ بکاهد. این عنصر مقاومت به خوردگی آلیاژ را به خصوص در مقابل آب دریا بالا می برد. آلیاژ را به خصوص در مقابل آب دریا بالا می برد. مقدار نیکل در این آلیاژها در حدود ۲ تا ۷ درصد است. آلیاژهای مس- نیکل را می توان مورد عملیات حرارتی قرار داد. مهمترین خاصیتی که این آلیاژ پیدا می کند، حفظ کردن سختی در حرارت های نسبتاً بالا تا حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد و تغییر در انبساط حرارتی آن است. در هنگام جوشکاری این آلیاژها نیز برداشتن لایه اکسید نیکل سطح آلیاژ ضروری است که البته زحمت بسیار کمتری نسبت به لایه اکسید برلیوم و آلومینیوم دارد.

آلیاژهای مس- برلیوم- نیکل دار، دارای خواص مکانیکی و هدایت الکتریکی بالاتری نسبت به آلیاژ دوتایی هرکدام است. زیرا در این حالت، ترکیب بین فلزی بین برلیوم و نیکل به وجود آمده در نتیجه، عملیات حرارتی در توزیع این ترکیب بین فلزی و افزایش بعضی خواص مکانیکی آلیاژ کاملاً مؤثر بوده و مورد لزوم

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

است. این آلیاژها، در ساعت سازی دقیق برای ساختن رقاصک ساعت و فنرها به کار می روند و چون خاصیت مغناطیسی ندارند به فولادهای مشابه ترجیح داده می شوند.

آلومینیوم و مس دارای یک اتکتیک و یک اتکتوئید می باشند. فاز α در سرما و گرما چکش خوار بوده و آلیاژ تا ۹/٤ درصد آلومینیوم در سرما به صورت فاز α است. شبکه β در گرما چکش خوار بودهولی تا حرارت ٥٦٥ درجه سانتیگراد پایدار است و پس از آن تجزیه می شود. بدین ترتیب، شبکه β در حالت تعادل در درجه حرارتی کمتر از ٥٦٥ درجه نمی تواند وجود داشته باشد. وجود اتکوئید در دیاگرام تعادل دو فلز، امکان آب دادن آلیاژ را نشان می دهد و با آب دادن می توان شبکه β را خارج از دامنه پایدار بودن خود در سرما نیز به دست آورد. در حالت عادی، فاز β در درجه حرارت ٥٦٥ درجه سانتیگراد تجزیه شده و تولید $\alpha+\gamma$ می کند که شبکه γ کاملاً سخت و شکننده است.

آلیاژهای مس- آلومینیوم، محتوی تا ٥ درصد آلومینیوم، دارای جوش پذیری خوبی هستند اما وقتی درصد آلومینیوم تا ۱۰ درصد افزایش پیدا می کند، آلیاژها ترد و سخت می شوند. آلیاژهای مس- آلومینیوم اغلب به صورت چندتایی بوده و با خود مقادیری آهن، نیکل یا منگنز دارند. هر سه عنصر گفته شده تأثیرات تقریباً نزدیکی روی آلیاژ مذکور دارند.

خواص مکانیکی این آلیاژها، تقریباً شبیه فولادهاست اما از مقاومت به خوردگی بسیار بالاتری برخوردارند. برای جوشکاری این آلیاژها، برداشتن لایه اکسید آلومینیوم سطحی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، پس برای این منظور، استفاده از تمهیداتی که در بخش جوشکاری آلومینیوم ذکر شد، توصیه شده است. فاصله حرارتی انجماد آلیاژهای مس و آلومینیوم عملاً بسیار کم بوده و در نتیجه انقباض متمرکز حاصل در قطعه جوشکاری شده، نسبتاً عمیق خواهد بود و باید تدابیر لازم را در این مورد پیش بینی شود.

سیلیسیم

افزایش سیلسیم به مس باعث می شود که مقاومت به خوردگی آلیاژ بالا برود. مقدار سیلسیم در حدود ٤ درصد توصیه شده است. این آلیاژ، در مقابل اسیدها و آمونیاک کاملاً مقاوم است و دارای خواص مشابه با

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

برنزهاست ولی قیمت آن خیلی ارزان تر و سیالیت و خواص جوش پذیری بالاتری دارد. به طور کلی، اگر مقدار سیلیسیم در آلیاژ کم باشد (حدود ۰/۱ تا ۰/۵ درصد) روی خواص الکتریکی مس اثر نکرده ولی باعث افزایش خواص مکانیکی خواهد شد.

سیلیسیم با نیکل، ترکیب بین فلزی به فرمول Ni_2Si می دهد که به طور یکنواخت در مس پخش شده و سختی آلیاژ را به حدود ۲۰۰ برینل می رساند در حالی که استحکام کششی آن ٦۰ تا ۷۰ کیلوگرم بر میلی مترمربع خواهد بود. وجود مقادیری آهن نیز با ایجاد ترکیب بین فلزی Fe_2Si باعث بهبود خواص مکانیکی فلزی خواهد شد. سیلسیم علاوه بر این، یک اکسیژن زدای موفق است.

فسفر

این عنصر، خواص مکانیکی مس را تقویت کرده ولی از مقدار هدایت الکتریکی آن می کاهد. فسفر در اغلب آلیاژهای مس به عنوان اکسیژن زدا به کار می رود و به دلیل افزایش شدید سیالیت، باعث ایجاد سطوح غیر یکنواخت می شود، به خصوص در مورد آلیاژهای محتوی، سرب، عملاً قادر به انجام اکسیژن زدایی نیست. مقدار فسفر مورد لزوم، معمولاً ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ درصد است و جز در مورد آلومینیوم برنز، در سایر آلیاژها کم و بیش مورد استفاده قرار می گیرد. محصول فعل و انفعال فسفر (P_2O_5) به صورت گاز، علاوه بر اکسیژن زدایی، در خروج گازهای محلول نیز مؤثر است ولی از طرف دیگر، حذف شرایط اکسیدی در مذاب، باعث افزایش جذب هیدروژن خواهد شد. پس از القاء فسفر به آلیاژهای مس، همواره باید با افزایش سرعت جوشکاری و حفاظت کامل حوضچه جوش همراه باشد، تا از نفوذ مجدد هیدروژن جلوگیری شود.

لیتیم

لیتیم عنصر دیگری است که خاصیت اکسیژن زدایی آن تقریباً ۱۰ برابر فسفر می باشد و علاوه بر احیاء اکسیدها، عمل اخراج گازهای محلول (هیدروژن) را نیز با تشکیل (هیدرورلیتیم) (LiH) تشدید می نماید. اشکال عمده فقط در نقطه ذوب LiO_2 است که در شرایط جوشکاری به صورت بخار در می آیند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

کادمیم

کادمیم تأثیر چندانی بر هدایت الکتریکی مس ندارد ولی خواص مکانیکی آن را افزایش می دهد. آلیاژهای مس محتوی بیش از ۱/۲۵ درصد کادمیم به دلیل تشکیل اکسید کادمیم و افزایش نقطه ذوب آلیاژ، مشکلات کوچکی را برای جوشکاری قوس الکتریکی پدید می آورند که البته به سادگی مرتفع می شوند.

کرم

کرم عملاً بر خواص مقاومت الکتریکی مس تأثیری نداشته ولی خواص مکانیکی آن را افزایش می دهد. این عنصر، مانند برلیوم و آلومینیوم تولید اکسید مقاومی در سطح مس مذاب می کند. پس برای جوشکاری آلیاژهای مسی که محتوی کرم هستند، استفاده از گازهای محافظ حوضچه توصیه می شود.

به طور کلی، خاصیت هدایت الکتریکی و خواص مکانیکی، دو عامل متضاد بوده و عناصر اضافه شده به مس، باعث تقویت یکی و کاهش دیگری خواهد شد. باید در نظر داشت که هدایت الکتریکی مس خالص ماکزیمم بوده و اضافه کردن هیچ عنصری باعث بالا رفتن مقدار هدایت الکتریکی نمی شود.

آهن و منگنز

آهن اغلب به عنوان عنصر کمکی در آلیاژهای مس- آلومینیوم، مس- نیکل، برنج ها و برنزهای آلومینیوم به میزان ۱/٤ تا ۳/۵ درصد وجود دارد. آلیاژهای آهن دار، مس، نیازی به عملیات حرارتی بعدی ندارند زیرا وجود آهن سبب ریزدانه شدن آلیاژ شده و با تغییر در ساختار، تأثیر سرعت سرد شدن مذاب بر خواص مکانیکی را تقلیل می دهد. بنابراین وجود آهن به این مقدار تأثیری بر خواص جوش پذیری فلز ندارد.

منگنز در مس اثراتی مشابه اثرات نیکل دارد اما مقدار این تأثیرات، به مراتب کمتر است، بنابراین وجود منگنز در مقادیر ۲ تا ۳ درصد بر خواص جوش پذیری آلیاژهای مس تأثیری ندارد.

بیسموت

این فلز مقاومت الکتریکی را بالا بردن و باعث شکنندگی آن نیز می شود. مقدار حلالیت بیسموت در مس، بسیار کم است ولی همان مقادیر کم نیز، بر خواص مکانیکی و هدایت الکتریکی اثرات مهمی باقی می گذارد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

اگر بیسموت به صورت اکسید باشد، اثر مضر آن کمتر خواهد بود. مقدار مجاز این عنصر در فلز مس در حدود ۰/۰۰۷ درصد است و در هر صورت، خواص جوشکاری آلیاژ را کاهش داده و نیاز به عملیات پیشگرمایی و پسگرمایی را افزایش می دهد.

ارسنیک

ارسنیک خالص، خاصیت چکشخواری مس در سرما را زیاد می کند. همچنین خواص مکانیکی و سختی فلز را افزیش و هدایت الکتریکی آن را به شدت کاهش می دهد. اگر ارسینک و بیسموت تواماً وجود داشته باشند، چون با یکدیگر وارد ترکیب می شوند اثر مضر کمتری بر خواص الکتریکی مس خواهند داشت. حد مجاز وجود ارسنیک در مس، حدود ۰/۰۰۱ درصد است.

طلا و پلاتین

این عناصر روی مقاومت الکتریکی و همچنین خواص مکانیکی، اثر چندانی ندارند بنابراین بر خواص جوش پذیری مس نیز تأثیر به خصوصی ندارند.

عوامل مؤثر بر جوش پذیری مس و آلیاژهای آن

هدایت حرارتی (*Thermal Conductivity*)

جوش پذیری مس و آلیاژهای آن، به شدت تحت تأثیر خواص هدایت حرارتی آنها قرار دارد. جدول خواص جوش پذیری آلیاژهای گوناگون مس را توسط فرآیندهای مختلف جوشکاری و براساس خواص هدایت حرارتی هر یک، بررسی و با یکدیگر مقایسه می کنند. تقسیم بندی آلیاژهای گوناگون مس در این جدول، براساس استاندارد *UNS* انجام شده است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

بررسی بعضی خواص شیمیایی و جوش مس و آلیاژهای گوناگون آن

آلیاژ و عدد استاندارد UNS	ترکیب شیمیایی اصلی	نقطه‌ذوب (°c)	هدایت حرارتی	جوش پذیری MMA	جوش پذیری MIG/MAG	جوش پذیری TIG
مس‌های OFC و ETP						
C۱۰۲۰۰: مس بدون اکسیژن (OFC)	۹۹/۹۵Cu	۱۰۸۳	۱۰۰	ضعیف	خوب	خوب
C۱۱۰۰۰: مس چقرمه الکترولیتی	۹۹/۹Cu+۰/۰۴O۲	۱۰۸۳	۱۰۰	ضعیف	متوسط	متوسط
مس‌های اکسیژن زدایی شده						
C۱۲۰۰۰: مس اکسیژن زدایی شده به وسیلهٔ فسفر (کم فسفر) (DLP)	۹۹/۹Cu+۰/۰۰۸P	۱۰۸۳	۹۹	ضعیف	عالی	عالی
C۱۲۰۰۰: مس اکسیژن زدایی شده به وسیلهٔ فسفر (پر فسفر) (DHP)	۹۹/۹Cu+۰/۰۲P	۱۰۸۳	۸۷	ضعیف	عالی	عالی
مس - برلیوم						
C۱۷۵۰۰: مس برلیوم با هدایت بالا	۹۶/۹Cu+۰/۶Be+۲/۵Co	۱۰۶۸	۵۳-۶۶	متوسط	متوسط	متوسط
C۱۷۰۰۰: مس برلیوم با استحکام بالا	۹۸/۳Cu+۱/۷Be	۹۸۲	۲۷-۳۳	خوب	خوب	خوب
C۱۷۲۰۰: مس برلیوم با استحکام بالا	۹۸/۱Cu+۱/۹Be	۹۸۲	۲۷-۳۳	خوب	خوب	خوب
برنج‌های با روی کم						
C۲۱۰۰۰: مطلا یا طلای بدل ۹۵ درصد	۹۵Cu+۵Zn	۱۰۶۶	۶۰	ضعیف	خوب	خوب
C۲۲۰۰۰: برنز تجاری ۹۰ درصد	۹۰Cu+۱۰Zn	۱۰۴۳	۴۸	ضعیف	خوب	خوب
C۲۳۰۰۰: برنج برنز قرمز ۸۵ درصد	۸۵Cu+۱۵Zn	۱۰۲۷	۴۱	ضعیف	خوب	خوب
C۲۴۰۰۰: برنج با مس کم ۸۰ درصد	۸۰Cu+۲۰Zn	۹۹۹	۳۶	ضعیف	خوب	خوب
برنج‌های با روی زیاد						
C۲۶۰۰۰: برنج فشنگ یا پوکه ۷۰ درصد	۷۰Cu+۳۰Zn	۹۵۴	۳۱	ضعیف	متوسط	متوسط
C۲۶۸۰۰: برنج زرد ۶۶ درصد	۶۵Cu+۳۵Zn	۹۳۲	۳۰	ضعیف	متوسط	متوسط
C۲۸۰۰۰: برنج با روی زیاد	۶۰Cu+۴۰Zn	۹۰۴	۳۱	ضعیف	متوسط	متوسط
برنج‌های نازک (فویل برنجی)						
C۴۴۳۰۰: برنج نیروی دریایی: (Admiral+γ)	۷۱Cu+۲۸Zn+۱Sn	۹۳۸	۲۸	ضعیف	متوسط	متوسط
C۴۶۴۰۰: برنج نیروی دریایی: (Naval)	۶۰Cu+۳۹/۲۵Zn+۰/۷۵Sn	۸۹۹	۳۰.	ضعیف	متوسط	متوسط

www.kandoocn.com

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

ادامه جدول

آلیاژ و عدد استاندارد UNS	ترکیب شیمیایی اصلی	نقطه ذوب (°c)	هدایت حرارتی	جوش پذیری MMA	جوش پذیری MIG/MAG	جوش پذیری TIG
برنج های مخصوص						
C۶۷۵۰۰: برنز منگنز دار A	۵۸/۵Cu+۳۹Zn+۱/۴Fe+۱Sn+۰/۱Mn	۸۸۸	۲۷	ضعیف	متوسط	متوسط
C۶۸۷۰۰: برنج آلومینیوم آرسینک دار	۷۷/۵Cu+۲۰/۵Zn+۲Al+۰/۰۶As	۹۷۱	۲۶	ضعیف	متوسط	متوسط
ورشو						
C۷۴۵۰۰: ورشو ۱۰-۶۵	۶۵Cu+۲۵Zn+۱۰Ni	۱۰۲۱	۱۲	ضعیف	متوسط	متوسط
C۷۵۲۰۰: ورشو ۱۸-۶۵	۶۵Cu+۱۷Zn+۱۸Ni	۱۱۱۰	۸	ضعیف	متوسط	متوسط
C۷۵۴۰۰: ورشو ۱۵-۶۵	۶۵Cu+۲۰Zn+۱۵Ni	۱۰۷۷	۹	ضعیف	متوسط	متوسط
C۷۵۷۰۰: ورشو ۱۲-۶۵	۶۵Cu+۲۳Zn+۱۲Ni	۱۰۳۸	۱۰	ضعیف	متوسط	متوسط
C۷۷۰۰۰: ورشو ۱۸-۵۵	۵۵Cu+۲۷Zn+۱۸Ni	۱۰۵۴	۸	ضعیف	متوسط	متوسط
فسفر برنز						
C۵۰۵۰۰: فسفر برنز ۱/۲۵ درصد E	۹۸/۷Cu+۱/۳Sn+۰/۲P	۱۰۷۷	۵۳	متوسط	خوب	خوب
C۵۱۰۰۰: فسفر برنز ۵ درصد A	۹۵Cu+۵Sn+۰/۲P	۱۰۴۹	۱۸	متوسط	خوب	خوب
C۵۲۱۰۰: فسفر برنز ۸ درصد C	۹۲Cu+۸Sn+۰/۲P	۱۰۲۷	۱۶	متوسط	خوب	خوب
C۵۲۴۰۰: فسفر برنز ۱۰ درصد D	۹۰Cu+۱۰Sn+۰/۲P	۹۹۹	۱۳	متوسط	خوب	خوب
برنز آلومینیوم						
C۶۱۳۰۰: آلومینیوم برنز D که با قلع پایدار شده	۸۹Cu+۷Al+۳/۵Fe+۰/۳۵Sn	۱۰۴۶	۱۴	خوب	عالی	خوب
C۶۱۴۰۰: آلومینیوم برنز D	۹۱Cu+۶-۸Al+۱/۵-۳/۵Fe+۱Mn	۱۰۴۶	۱۷	خوب	عالی	خوب
C۶۳۰۰۰: آلومینیوم برنز E	۸۲Cu+۱۰Al+۵Ni+۳Fe	۱۰۵۴	۱۰	خوب	خوب	خوب
سیلیسیم برنز						
C۶۵۱۰۰: برنز کم سیلیسیم B	۹۸/۵Cu+۱/۵Si	۱۰۶۰	۱۵	متوسط	عالی	عالی
C۶۵۵۰۰: برنز پر سیلیسیم A	۹۷Cu+۳Si	۱۰۲۷	۹	متوسط	عالی	عالی
مس - نیکل						
C۷۰۶۰۰: مس - نیکل ۱۰ درصد	۸۸/۶Cu+۹-۱۱Ni+۱/۴Fe+۱Mn	۱۱۴۹	۱۲	خوب	عالی	عالی
C۷۱۵۰۰: مس - نیکل ۳۰ درصد	۷۰Cu+۳۰Ni	۱۲۳۸	۸	عالی	عالی	عالی

همانگونه که از جدول مشخص شد، تقریباً کلیه آلیاژهای اصلی مس (به غیر از آلیاژهای برنج با روی زیاد)، برنج های دریایی و ورشو را می توان با تماس روش های جوشکاری به هم متصل کرد. در این بین، بهترین روش جوشکاری برای آلیاژهای مس، روش های *TIG* و *MIG* است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

آلیاژهای مس- نیکل، برنز سیلیسیم دار، برنز آلومینیوم دار، فسفر- برنز و مس اکسیژن زدایی شده، از قابلیت های جوش پذیری بهتری نسبت به سایر انواع آلیاژهای مس برخوردارند.

آنچه در ستون هدایت حرارتی مشاهده گردید، اعدادی است که براساس یک استاندارد، به هر یک از آلیاژهای منسوب شده است.

در این استاندارد، هدایت حرارتی مس بدون اکسیژن ($Oxygen - Free\ copper = OFC$) که در مقیاس $\frac{W}{m.^0c}$ معادل ۱۳۳ و در مقیاس $\frac{Btu}{ft.h.^0F}$ معادل ۲۲۶ است، با عدد ۱۰۰ نشان داده می شود. بنابراین سایر آلیاژهای موجود در جدول نیز، با همین مقیاس و به نسبت، با یک عدد مشخص شده اند.

در جوشکاری مس های تجاری و آلیاژهای مس که محتوی مواد آلیاژی کمتری هستند و در نتیجه از هدایت حرارتی بالاتری برخوردارند، نوع جریان و گاز محافظ باید به گونه ای انتخاب شود که با حداکثر حرارت ورودی، توزیع حرارت و پراکندگی آن در سطح قطعه خنثی و جبران شود. علاوه بر آن، حتی آلیاژهایی که از هدایت حرارتی خیلی بالایی نیز برخوردار نیستند، به پیشگرمایی نیاز دارند و میزان پیشگرم کردن آنها، علاوه بر عدد هدایت حرارتی به ضخامت فلز نیز بستگی دارد. حرارت بین پاسی نیز، باید همواره به اندازه دمای پیشگرمایی نگه داشته شود.

آلیاژهای مس جوشکاری شده ، نیازی به پسگرمایی ندارند اما برای جلوگیری از بروز عیوبی مثل ترک های طولی و سرخ شکنندگی، باید سرعت سرد شدن را کنترل نمود.

گاز محافظ (*Shielding gas*)

در فرآیند جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ در جوشکاری مس و آلیاژهای آن، استفاده از گاز آرگون خالص یا مخلوطی از آرگون و ۲۵ تا ۷۵ درصد هلیوم توصیه شده است.

به دلیل گرانتر بودن هلیوم، نسبت به آرگون، به کارگیری آرگون یا مخلوط پرآرگون همواره اقتصادی تر است. البته نباید فراموش کرد که گاز هلیوم قوس پایداری در جوشکاری آلیاژهای مس پدید آورده و از ایجاد جرقه جوش نیز جلوگیری می کند. همچنین در فرآیندهایی که به حرارت ورودی بالاتری نیاز باشد، استفاده از گاز

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

هلیوم یا مخلوط پر هلیوم همواره ترجیح داده می شود؛ به طور مثال، در جوشکاری مس خالص و آلیاژهای مس با هدایت حرارتی بالا مثل آلومینیوم- برنز، این امر توصیه شده است، زیرا در جریان جوشکاری با شرایط و پارامترهای مساوی، گاز هلیوم حدوداً $\frac{1}{3}$ بیشتر از آرگون، حرارت ورودی را از دست می دهد.

طرح اتصال (*Joint design*)

طراحی اتصال برای جوشکاری قوس الکتریکی مس و آلیاژهای آن با طراحی اتصال برای فولادهای تفاوت های زیادی نمی کند. برای قطعات مختلف و براساس ضخامت آنها، طرح اتصال مناسب را می توان انتخاب نمود :

- برای قطعات تا ضخامت ۳*mm* طرح اتصال *I* شکل استفاده می شود.

- برای قطعات ضخیم تر از ۳*mm* طرح اتصال *V* شکل یا *X* استفاده می شود. اما در هر حال، پاشنه پخ (*Root face*) نباید بزرگتر از ۳*mm* باشد.

چون ضریب انبساط حرارتی مس تقریباً ۱/۵ برابر آهن است، پس احتمال پیچیدگی و تاب برداشتن آن در اثر جوشکاری به مراتب بیشتر از آهن است. بنابراین در هنگام جوشکاری مس و آلیاژهای آن، استفاده از نگه دارنده و فیکسچرها توصیه شده است. در این خصوص، توجه به نکات زیر ضروری است :

- در قطعاتی که قرار است در یک طول زیاد از جوشکاری استفاده شود، به کارگیری فرآیند *MIG* و ترجیحاً به صورت اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک توصیه شده است.

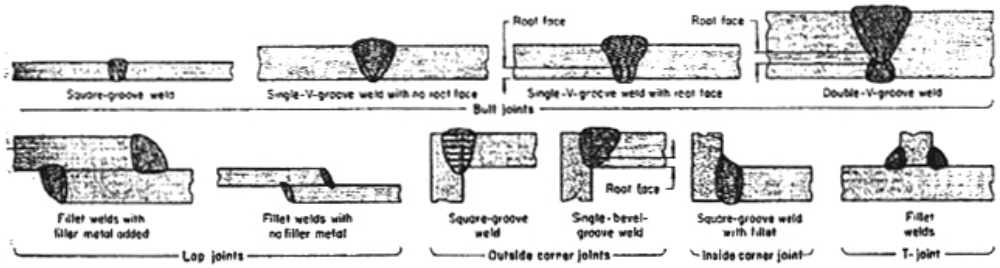
- در جوش های طویل، استفاده از خال جوش با فواصل مساوی و معین لازم است.

- استفاده از پشت بندهای مسی، گرافیتی یا سرامیکی و یا میله های پشت بند از همین جنس مرسوم است.

- برای دستیابی به عمق نفوذ کامل، استفاده از دو جوشکار که به طور همزمان از دو طرف در وضعیت عمودی روی قطعه، کار می کنند توصیه شده است.

- در صورتی که از روش *TIG* برای پاس اول استفاده می شود، به کار بردن تکنیک سوراخ کلیدی (*Keyhile*) با فاصله ریشه (*Root gap*) به اندازه ۳*mm* توصیه شده است.

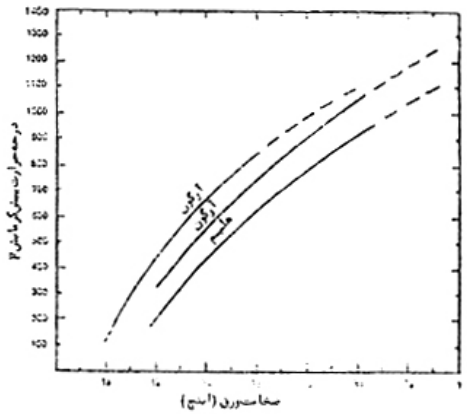
جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید



نمونه هایی از طراحی اتصال برای فرآیند *TIG* در جوشکاری مس و آلیاژهای آن

پیشگرم کردن

انتخاب درجه حرارت برای پیشگرم کردن قطعات مسی و آلیاژهای آن، بستگی زیادی به ضخامت، اندازه هدایت حرارتی و خواص مکانیکی مورد انتظار دارد. شکل زیر رابطه بین ضخامت قطعه کار و دمای پیشگرمایی انتخابی را نشان می دهد.



رابطه درجه حرارت پیشگرم و ضخامت ورق مسی در مجاورت گازهای محافظ

افزایش دمای پیشگرم تا حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد، همواره سبب افزایش عمق نفوذ جوش در هنگام استفاده از گار آرگون به عنوان گاز محافظ می شود. در حالی که در زمان استفاده از گاز هلیوم، اصولاً نیازی به پیشگرمایی نیست.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

وضعیت جوشکاری

به دلیل سیالیت بالای مذاب مس و اغلب آلیاژهای آن، استفاده از وضعیت تخت برای جوشکاری این مواد در اکثر موارد توصیه شده است. در جوشکاری های گوشه و اتصالات T نیز، استفاده از وضعیت افقی (*Horizontal*) پیشنهاد می شود.

وضعیت عمودی (*Vertical*) ، سقفی (*Over head*) و افقی در جوشکاری اتصالات لب به لب، و در صورت لزوم قابل استفاده است اما باید سعی نمود تا جای ممکن تمهیداتی به کار رود که از این وضعیت ها پرهیز شود. وضعیت های خاص، بیشتر برای جوشکاری *TIG* و *MIG* آلیاژهای آلومینیوم- برنز، فسفر- برنز و نیز آلیاژهای مس و نیکل در شرایط غیر ممکن استفاده می شوند. در این وضعیت ها استفاده از الکترود تنگستن و مفتول جوشکاری با حداقل قطر، جریان جوشکاری حداقل و به صورت پالسی، برای کنترل حوضچه مذاب توصیه شده است.

ضخامت قطعه کار (*Thikness*)

ضخامت قطعه کار، علاوه بر تأثیرگذاری روی انتخاب دمای پیشگرم ، قطر الکترود تنگستن، قطر مفتول جوشکاری و سایر پاارامترهای دیگر، تأثیر به سزایی در گزینش طرح اتصال به جا می گذارد که در بخش مربوطه توضیح داده شد.

ضخامت قطعه کار همچنین در انتخاب فرآیند جوشکاری نقش مهمی ایفا می کند. ضخامت های بسیار نازک تا ٦*mm* را می توان به راحتی با روش *TIG* و ضخامت بیش از آن را با روش *MIG* جوشکاری نمود.

آلیاژهای سخت و رسوب ناخالصی ها یا عناثر آلیاژی سخت کننده

(*Precipition – Handenable Alloys*)

برلیم، کرم، بور، نیکل، کبالت، سیلیسیم و زیرکونیم با رسوب در ساختار مس و پدیده رسوب سختی، سختی آلیاژ را تا حد قابل ملاحظه های افزایش می دهند. به همین دلیل، در هنگام جوشکاری این آلیاژها باید تا جای

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

ممکن از تشکیل اکسیدهای فلزی و غیرفلزی جلوگیری نمود. همچنین انجام عملیات حرارتی پسگرمایی مثل آنیل یا نرمال کردن پس از جوشکاری در این شرایط بی فایده نخواهد بود.

ترک های داغ

وسعت محدوده خمیری رد استحاله مایع به جامد حرارتی مذکور به ویژه آلیاژهای مس- قلع و مس- نیکل را در هنگام انجماد نسبت به ترک های گرم حساس نموده است. مقدار مذاب بین دندریتی در این آلیاژها در هنگام انجماد، سبب می شود تا فضاهای خالی مستعدی برای بروز ترک در بین دندریت ها پدید آید. تنش های انقباضی نیز در جریان انجماد نیز در جریان انجماد فضاهای خالی بین دندریتی را تشدید می کند. برای کاهش ترک های گرم در جوشکاری و آلیاژهای آن، توجه به تذکرات زیر و رعایت آنها ضرورت است :

۱- پیشگرم کردن

۲- کنترل سرعت سرد شدن

۳- کاهش اندازه درز اتصال (*Root opening*)، و

٤- افزایش اندازه و بزرگی پاس ریشه.

خلل و فرج (*Porosity*)

ناخالصی هایی مثل روی، کادمیم و فسفر که نقطه جوش های پایین دارند، در طی جوشکاری بخار شده و تولید خلل و فرج می نمایند. برای کاهش دادن احتمال برزو خلل و فرج ها در محل جوش مس و آلیاژهای آن، باید سرعت جوشکاری را تا حد امکان بالا برده و از فلز پر کننده های استفاده شود که مقدار روی، کادمیم و فسفر آن تا حداقل ممکن باشد.

شرایط و وضعیت سطحی قطعه کار (*Surface Condition*)

وجود گریس، چربی، روغن، اکسیدها و سایر کثافات در سطح قطعه کار، مانند سایر فلزات، موجب آلودگی و افت کیفی جوش می شود. بنابراین باید قبل از شروع جوشکاری، عملیات کاملی برای چربی و اکسید زدایی سطح قطعه صورت پذیرد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

در آلیاژهای آلومینیوم- برنز و سیلیسیم- برنز، علاوه بر اعمال روش های شیمیایی و مکانیکی معمول باید در فاصله حدود ۱۰-۱۵۰mm در اطراف منطقه مورد جوشکاری با ماشینکاری، اقدام به تمیزکاری سطح نمود.

علاوه بر مواردی که در بالا شرح داده شد، در پروژه های گوناگون و بسته به نیازهای فنی از اتصالات طراحی شده، مباحث خوردگی و خواص فیزیکی، عوامل دیگری نیز در هنگام جوشکاری مس و آلیاژهای آن مد نظر قرار خواهند گرفت.

جوشکاری قوسی دستی

به طور کلی در جوشکاری قوسی دستی مس معمولاً از الکترودهایی از جنس برنز سیلیسیم یا برنز قلع استفاده می شود. زیرا در صورت استفاده از الکترود مسی، جوش متخلخل (کرمو) خواهد شد. بنابراین اگر می خواهید مشخصه های فلز جوش، مثلاً از لحاظ رسانندگی الکتریکی، همانند مشخصه های فلز پایه باشد، باید از فرآیندهای تیگ یا میگ استفاده کنید.

اگر از فرآیند جوشکاری قوسی دستی استفاده می کنید، الکترود را به قطب مثبت منبع برق dc متصل کنید. پس از پیشگرم کردن قطعه، جوشکاری را با قوس کوتاه انجام دهید و الکترود را تقریباً به حالت عمودی نگه دارید و آن را طبق الگویی هلالی به چپ و راست ببرید و در هر رویه ذوب اندکی مکث کنید.

جوشکاری تیگ

به طور کلی برای جوشکاری تیگ مس از جریان مستقیم با الکترود منفی و گاز محافظ آرگون استفاده کنید (در مورد مقاطع خیلی ضخیم می توانید از هلیم استفاده کنید). در هنگام جوشکاری می توانید پشت بندی از جنس فولاد زنگ نزن یا فولاد کم کربن به کار ببرید، اما این پشت بندها را باید با ترکیبات ضد پاشش پوششکاری کنید تا به خط جوش نچسبند.

جوشکاری میگ

به طور کلی در جوشکاری میگ می توان از گازهای محافظ مختلف استفاده کرد. استفاده از گازهای زیر امکانپذیر است: آرگون، نتیروژن، هلیم، مخلوطهای آرگون- نیتروژن و آرگون- هلیم. نیتروژن و هلیم سبب

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

ایجاد مقدار زیادی ترشح می شوند، اما آهنگ گرمادهی بالایی دارند؛ در صورت استفاده از این گازها، دمای پیشگرم را می توان پایینتر گرفت. با استفاده از مخلوطهای آرگون- هلیم درزهایی با بهترین جلوه ظاهری جوش داده می شود.

پیشگرم کردن سبب اکسایش نواحی اطراف درز می شود. برای جلوگیری از این پدیده می توان بیش از پیشگرم کردن قطعات، درزها را با مخلوط براکس و الکل پوشش داد. پس از جوشکاری باید پسمانده تنکار را پاک کرد تا سبب خوردگی نشود.

جوش پذیری و جوشکاری مس بدون اکسیژن و مس خالص چقرمه الکترولیتی

(*Oxygen – Free and Tough pitch Coppers weldability , OFC & ETP*)

مس بدون اکسیژن با ۹۹/۹۵ درصد مس و مس چقرمه الکترولیتی با ۹۹/۹۰ درصد مس و ۰/۰٤ اکسیژن به عنوان مس خالص محسوب می گردند (برخی مشخصات آنها را می توانید در جدول ملاحظه نمایید).

برای جوشکاری این خانواده از فلزات توجه به نکات زیر ضروری است :

۱- به طور کلی ، جوشکاری این فلزات با روش فرآیند *MMA* و الکترود دستی مرسوم نیست، زیرا امکان نفوذ اکسیژن در حوضچه افزایش یافته و در عین حال، امکان تمرکز حرارت را به اندازه کافی فراهم نمی آورد. از این فرآیند، فقط در مواردی که تعمیر یک قطعه شکسته یا خورده شده ضخیم مورد نظر است، استفاده خواهد شد. فرآیند *MMA*، برای جوشکاری مس با ضخامت حداقل ٦*mm* توصیه شده و در ضخامت های کمتر از آن به هیچ وجه توصیه نمی گردد.

۲- در فرآیند *MMA*، پیشگرم کردن قطعه کار به ضخامت ٦*mm* تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد و بالاتر از آن به ازای افزایش هر میلی متر ضخامت، ۱۵ درجه سانتیگراد بیشتر تا حداکثر ۳۵۰ درجه سانتیگراد توصیه می شود.

۳- در فرآیند *MMA*، استفاده از چهار نوع الکترود جوشکاری امکان پذیر است (الکترودهای قلیایی) :

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

الف) الکترود *ECU* : *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60189* با استحکام کشش *ksi* ۲۵ و انعطاف پذیری ۲۰ درصد و سختی ۲۰ تا ٤۰ برینل، با جریان ۲۵۰-۵۰ آمپر برای قطرهای ۲/۵ تا ۵ میلی متر به صورت *DC* مثبت در کلیه وضعیت ها به غیر از سقفی و عمودی سرازیر.

ب) الکترود *ECuSi* : *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60656* با استحکام کششی *ksi* ۵۰ و انعطاف پذیری ۲۰ درصد، سختی ۱۰۰-۸۰ برینل، با جریان ۲۰۰-۵۵ آمپر و ولتاژ ۲۸-۲۵ ولت *DC* مثبت برای قطرهای ۲/۵ تا ۵ میلیمتر در کلیه وضعیت ها به غیر از سقفی و عمودی سرازیر.

پ) الکترود *ECuSnA* : *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60518* و یا الکترود *EcuSnA* : *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60521* که هر دو از خانواده فسفر- برنز هستند (تفاوت *A* و *C* در میزان قلع موجود در آلیاژ است، به این ترتیب که مقدار قلع در نوع *A* ، ٤ تا ٦ درصد و در نوع *C* ، ۷ تا ۹ درصد است) با استحکام کششی ۳۵ تا ٤۵ در مقیاس *ksi* ، انعطاف پذیری حدود ۲۰ درصد، سختی ۷۰ تا ۵۰ برینل برای نوع *A* و ۸۵ تا ۱۰۰ برینل برای نوع *C* ، با جریان ٦۰ تا ۲۳۰ آمپر و ولتاژ ۲۲ تا ۲۵ ولت به صورت *DC* مثبت برای قطرهای ۲/۵ تا ۵ میلیمتر در کلیه وضعیت ها به غیر از سقفی و عمودی سرازیر.

ت) الکترود *EcuA1-A2* : *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60614* و یا الکترود *EcuA1-B*: *AWS SFA – 5.6* با عدد استاندارد *UNS : W60619* که هر دو از خانواده آلومینیوم- برنز هستند (تفاوت آنها در مقدار آهن و آلومینیوم موجود در آلیاژ است. به این ترتیب که در نوع A_2 ، مقدار آهن معادل ۰/۵ تا ۵ درصد و مقدار آلومینیوم معادل ٦/۵ تا ۸ درصد است در حالی که در نوع *B* ، مقدار آهن معادل ۲/۵ تا ۵ درصد و مقدار آلومینیوم معادل ۷/۵ تا ۱۰ درصد است) با استحکام کششی *KSi* ٦۰ برای نوع *A2* و *KSi* ٦۵ برای نوع *B* ، انعطاف پذیری ۲۰ درصد برای نوع *A2* و ۱۰ درصد برای نوع *B* ، سختی ۱۵۰-۱۳۰ برینل برای نوع *A2* و ۱۸۰-۱٤۰ برینل برای نوع *B*، با جریان *DC* مثبت معادل ۲۸۰-۸۰ آمپر و ولتاژ حدود ۲۵ ولت برای قطرهای ۲/۵ تا ۵ میلی متر در کلیه وضعیت ها به غیر از سقفی و عمودی سرازیر.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

٤- پس از جوشکاری *MMA*، نیازی به عملیات حرارتی پسگرمایی نیست، مشروط بر آن که در حین جوشکاری و قبل از آن، کلیه مواردی که در بحث عوامل مؤثر بر جوش پذیری مس گفته شد، به ویژه مسایل مربوط به هدایت حرارتی، طرح اتصال، وضعیت جوشکاری، ضخامت قطعه کار، ترک های گرم، شرایط و وضعیت سطحی قطعه کار، به طور دقیق مد نظر قرار گیرد. ٥- فرآیند جوشکاری شعل های برای اتصال قطعات مسی از ضخامت حداقل ۱/٥*mm* تا ضخامت ۲۰*mm* با گازهای پروپان، گاز طبیعی و یا استیلن قابل انجام است. چون درجه حرارت حاصل به وسیله استیلن بیشتر از سایر گازهاست، بنابراین برای جوشکاری مس، از این گاز با شعله خنثی یا کمی اسیدی استفاده می نمایند. جدول زیر مشخصات فنی مربوطه به قطعه کار و ابزار و پارامترهای جوشکاری با شعله را روی مس بدون اکسیژن نشان می دهد.

پارامترهای جوشکاری گازی استیلن مس بدون اکسیژن

ضخامت قطعه (mm)	طرح اتصال	اندازه سوراخ سر مشعل جوشکاری (mm)	اندازه سوراخ سرمشعل گرم کننده (mm)	درز اتصال (mm)	تعداد جوشکار یا کمک جوشکار لازم
۱/٥	لب به لب با ریشه I	٥٥-٥٨	-	۰	۱
۱/٥	لب به لب با ریشه I	٥٥-٥٨	-	۱/٥-۲/٥	۱
۳	لب به لب با ریشه I	٥۱-٥۴	-	۲/٥-۳	یک نفر جوشکار و یک نفر اپراتور گرم کن
۴/٥	لب به لب با پخ V شکل ۶۰ تا ۹۰°	۴۸-٥۰	۴۳-۴۶	۳-۴/٥	یک نفر جوشکار و یک نفر اپراتور گرم کن
۶	لب به لب با پخ V شکل ۶۰ تا ۹۰°	۴۳-۴۸	۴۳-۴۶	۳-۴/٥	یک نفر جوشکار و یک نفر اپراتور گرم کن
۹	لب به لب با پخ V شکل ۶۰ تا ۹۰°	۳۸-۴۱	۳۸-۴۱	۴/٥	یک نفر جوشکار و یک نفر اپراتور گرم کن
۱۲/٥	لب به لب با پخ X شکل ۹۰°	۳۸-۴۱	-	۴/٥	دو نفر جوشکار پشت و رو همزمان
۲۰	لب به لب با پخ X شکل ۹۰°	۳۸-۴۱	-	۴/٥	دو نفر جوشکار پشت و رو همزمان

٦- در فرآیند جوشکاری استیلن مس خالص، استفاده از فلاکس های روانساز یا تنه کار، برای کاهش اکسیدهای موجود در حوضچه و افزایش سیالیت مذاب به صورت خمیر، قبل از جوشکاری مرسوم است. این خمیر را که معمولا مخلوطی از کلریدها، فلوریدها و بوریت ها، در درز اتصال می مالند یا در ضمن جوشکاری، به طور متناوب از طریق فرو بردن نوک گرم مفتول به داخل آن مورد استفاده قرار می دهند. از

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

آنجایی که مواد روانساز بسیار خورنده هستند، پس از اتمام جوشکاری باید از سطح کار پاک شده و اثری از آنها باقی نماند. همچنین استفاده از مفتول های مسی اکسیژن زدایی شده ($ERCu$) برای پر کردن قطعه کار توصیه می شود.

۷- قطعات از جنس مس بدون اکسیژن یا مس چقرمه الکترولیتی با ضخامت های بسیار نازک معادل $1mm$ تا $6mm$ را با یک پاس و بیش از $6mm$ تا $12/5mm$ را با چند پاس با فرآیند TIG می توان جوشکاری نمود. قبل از این ، اطلاعات بسیار مفیدی در رابطه با جوشکاری مس با فرآیند TIG در جدول ارایه گردید. روش TIG ، برای جوشکاری ورق های نازک تر از $3mm$ به حالت تخت و در ضخامت های بالاتر به ویژه در ضوعیت های غیر تخت (افقی و عمودی و سقفی) بسیار مناسب است.

۸- در روش TIG، برای جوشکاری مس از جریان DC منفی و الکترود تنگستن خالص یا تنگستن با ۲ درصد توریم استفاده می شود.

۹- گازهای مصرفی محافظ در جوشکاری TIG مس و بدون اکسیژن و چقرمه الکترولیتی عبارتند از :

الف) گاز آرگون : دارای پایین ترین ولتاژ قوس و کمترین انرژی داده شده به جوش، مناسب برای ضخامت های کمتر از $3mm$ با نیاز به پیشگرمایی با درجه حرارت بالاتر و سرعت جوشکاری آهسته تر و عمق نفوذ کمتر. نسبت به هلیوم سنگین تر ولی ارزان تر بنابراین مقدار مصرف آن نسبت به دیگر گازها کمتر است.

ب) گاز هلیوم : دارای ولتاژ قوس و انرژی ورودی به جوش بیشترین نسبت به آرگون بوده، برای ضخامت های بیش از $3mm$ مناسب است و دارای عمق نفوذ بیشتری می باشد سرعت جوشکاری با این گاز را می توان افزایش داد اما به دلیل سبک بودن مقدار گاز مصرفی در مقایسه با سایر گازها بیشتر است و چون قیمت بالاتری دارد خیلی مقرون به صرفه نیست.

پ) گاز نیتروژن : دارای بالاترین ولتاژ قوس و بیشترین انرژی ورودی به جوش بوده، از نظر سایر خواص، تقریباً ما بین دو گاز گفته شده است، ولی از همه ارزان تر می باشد. نقطه ضعف اصلی نیتروژن پاشش و جرقه

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

زیاد قوس و ظاهر بسیار بد جوش می باشد. بنابراین بهترین حالت استفاده از مخلوط گازهاست. نسبت و نوع گازها براساس نوع آلیاژ انتخاب خواهد شد.

۱۰- در جوشکاری *TIG* قطعات مسی ضخیم که باید با چندین پاس به هم متصل شوند، استفاده از حرکات زیگزاگی تورچ مجاز نبوده و پاس اول (ریشه) باید بسیار محکم و پر حجم باشد تا از ترک برداشتن جوش جلوگیری کند.

۱۱- در جوشکاری *TIG* ورق های مسی تا ضخامت *۳mm* در اتصالات لب به لب و تا ضخامت *۱/۵mm* در اتصالات لب روی لب به استفاده از مفتول پر کننده نیازی نیست اما در ضخامت های بیش از آن باید از مفتول های جوشکاری با استاندارد *AWS SFA 5.7 : ERCu* و جریان *DC* منفی استفاده کرد. همچنین استفاده از مفتول جوشکاری با استاندارد *AWS SFa 5.7 : ERCuSi* با عدد استاندارد *UNS : C65600* از خانواده سیلیسیم- برنز، با سختی ۸۰ تا ۱۰۰ برینل و استحکام کششی معادل *KSi* ۵۰، با جریان *DC* منفی توصیه شده است. برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه، می توان به جدول مراجعه نمود.

۱۲- فرآیند جوشکاری *MIG* مس بدون اکسیژن و مس چقرمه الکترولیتی برای اتصال قطعات با ضخامت حداقل ٦/٥ تا ٤/٥ میلی متر با یک پاس و بیش از آن، با تعداد پاس های بیشتر (بدون محدودیت) امکان پذیر است.

۱۳- در فرآیند *MIG* ، برای جوشکاری مس از جریان *DC* مثبت استفاده می شود.

١٤- گازهای محافظ در این فرآیند نیز دقیقاً مانند فرآیند *TIG* می باشد که قبلاً به تشریح خواص هر کدام پرداخته شد.

١٥- در فرآیند *MIG* برای جوشکاری مس بدون اکسیژن و مس چقرمه الکترولیتی، چگونگی انتقال قطرات مذاب از سر مفتول (سیم جوش) به حوضچه جوش از اهمیت ویژهای برخورداری است. هرچه شدت جریان افزایش یابد، انتقال مذاب از حالت قطرهای یا گلول های به سوی حالت اسپری تغییر می کند که درحالت دوم، عمق نفوذ در وسط جوش بالا و در کناره ها کمتر خواهد بود. این انتقال اسپری فقط در زمانی اتفاق می

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

افتد که از آرگون به عنوان گاز محافظ استفاده شود. انتقال گلوله ای در هنگام استفاده از گازهای هلیوم و نیتروژن و در صورت پایین بودن جریان با آرگون صورت گرفته و در این حالت، عمق نفوذ در کلیه نقاط کمتر و پاشش جوش بیشتر خواهد بود. به همین دلیل است که مخلوط گازها برای محافظت حوضچه جوش توصیه شده است. زیرا در حالت استفاده از نسبت ۳ به ۱ ، آرگون به هلیوم، انتقال به صورت اسپری، آرام و با نفوذ یکنواخت و مناسب بوده و نیاز به پیشگرم کردن و نیز به حداقل می رسد.

۱۶- در فرآیند *MIG* ، باید از حرکات زیگزاگی خودداری کرد و طول قوس را در حدود *۵mm* تنظیم نمود زیرا، طول قوس های کوتاه تر باعث بروز عیوبی مثل سوختگی کناره جوش (زیر برش *Under cut*) شده و ریشه را بسیار بد شکل و ضعیف می نماید. طول قوس های بلندتر، سبب نفوذ گازهای ناخالص و مضر در جوش مثل اکسیژن و هیدروژن می شود.

۱۷- برای جوشکاری مس بدون اکسیژن و مس چقرمه الکترولیتی با فرآیند *mig* استفاده از مواد مصرفی زیر توصیه می شود :

الف) سیم جوش قرقرهای با استاندارد *AWS SFA 5.7- : ERCu* با شماره *UNS C 18980* معادل استاندارد *KSi DIN 1733 : SG – Cu Sn* با جریان *DC* مثبت، سختی ۲۵ راکول *F* و استحکام کششی *Ksi* ۲۵ ، قابل جوشکاری در کلیه وضعیت ها.

ب) سیم جوش قرقرهای با استاندارد *AWS SFA- 5.7 : ERCuSi-A* با شماره *UNS C 65600* از خانواده سیلیسیم- برنز معادل استاندارد *DIN 1733 : SG-Cu SI 3* با جریان *DC* مثبت، سختی ۸۰ تا ۱۰۰ برنیل و استحکام *KSi* ۵۰، قابل جوشکاری در کلیه وضیت ها.

پ) سیم جوش قرقرهای با استاندارد *AWS SFA- 5.7 : ERCu Sn-A* با شماره *UNS C 51800* از خانواده فسفر- برنز با جریان *DC* مثبت، سختی ۷۰ تا ۸۵ برنیل و استحکام کششی *KSi* ۳۵ ، قابل جوشکاری در کلیه وضعیت ها.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای مس- برلیوم با استحکام بالا

جوشکاری آلیاژهای مس- برلیوم با استحکام بالا، به دلیل سیالیت و حجم مذاب بیشتری که تولید می شود، از آلیاژهای مس- برلیوم با قابلیت هدایت حرارتی بالا بسیار آسان تر است. کلیه فاکتورهایی که در رابطه با جوشکاری *TIG* در بخش (۱-۵-۶) در مورد آلیاژ مس- برلیوم با قابلیت هدایت حرارتی بالا ذکر شد، کم و بیش در این خصوص نیز صادق هستند، فقط توجه به این نکته ضروری است که در جوشکاری آلیاژهای مس- برلیوم با استحکام بالا، تا ضخامت ۱۲ میلیمتر می توان از روش *TIG* استفاده نمود و ضخامت های بالاتری را بهتر است با فرآیند *MIG* جوشکاری نمود. برای جوشکاری این آلیاژها، توجه به نکات زیر توصیه می شود :

۱- در روش *TIG* و تا ضخامت ۳ میلیمتر، به مفتول نیازی نیست در حالی که در ضخامت های بالاتر، باید ازمفتول های آلیاژی مس- برلیوم با استحکام بالا استفاده نمود، زیرا مفتول های استاندارد استحکام لازم را در مقطع جوش فراهم نمی آورند.

۲- طرح اتصال در هنگام استفاده از فرآیند *TIG* تا ضخامت ۲/۵ میلیمتر به صورت *I*، و بیش از آن تا ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر به صورت *V* با زاویه ۹۰^{0} خواهد بود.

۳- برای قطعات ضخیم تر از ۳ میلیمتر استفاده از دمای پیشگرمایی ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد و عملیات پسگرمایی آنیل محلولی (*Silution Annealing*) و پیرسختی به مدت ۳ ساعت در ۳۱۵ درجه برای آلیاژ *UNS : C 17000* و مدت ۳ ساعت در ۳۵۰ درجه سانتیگراد برای آلیاژ *UNS : C 17200* توصیه شده است. برای دستیابی به استحکام بالاتر، باید روی قطعه کار پس از انجام پسگرمایی، کار سرد مکانیکی انجام داد.

٤- همان طول که قبلاً گفته شد، جوش پذیری آلیاژهای مس- برلیوم با استحکام بالا، به مراتب از جوش پذیری آلیاژهای مس- برلیوم با قابلیت هدایت حرارتی بالا بیشتر است زیرا آلیاژهای استحکام بالایی مثل *UNS : C 17000 (1.7% Be)* و *UNS : C 17200 (1.9% Be)* دارای نقطه ذوب پایین تر، سیالیت

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

مذاب بیشتر و حدوداً ۵۰ درصد هدایت حرارتی پایین تری هستند. بر این اساس، استفاده از فرآیند *MIG* برای جوشکاری این آلیاژها با ضخامت بیش از ٦ میلی متر توصیه شده است.

جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای مس- کرم و مس- کادمیم

(*Cadmium and Chromium Coppers Weldability*)

جوش پذیری آلیاژهای مس- کرم و مس- کادمیم به دلیل پایین تر بودن هدایت حرارتی آنها نسبت به مس، راحت تر است. به طور کلی، اغلب پارامترهای جوشکاری مورد استفاده در جوشکاری مس در مورد این آلیاژها نیز صادق است با این تفاوت که برای جوشکاری آلیاژهای مس- کرم یا مس- کادمیم به جریان پایین ترو حرارت ورودی کمتری نیاز است. کلیه روش های جوشکاری به ویژه *TIG* و *MIG* را می توان برای اتصال دادن این آلیاژها به یکدیگر به کار گرفت.

نکته مهم در جوشکاری این آلیاژها، استفاده از عملیات حرارتی پسگرمایی و کار سرد مکانیکی پس از جوشکاری برای دستیابی به استحکام کافی است. آلیاژهایی مثل مس- زیرکونیم و مس- کرم- زیرکونیم نیز از این دست هاند.

جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای برنج

(*Copper – Zinc (Brass) A;;oys Weldability*)

جوش پذیری آلیاژهای برنج با روی کم، به ویژه با فرآیندهای *TIG* و *MIG* نسبت به سایر آلیاژهای برنج به مراتب بهتر است، زیرا افزایش مقدار روی در ترکیب با سایر عناصر آلیاژی ، تشکیل اکسیدهای سطحی مزاحم و فازهای بین فلزی، سبب کاهش خواص جوش پذیری برنج ها می گردند.

۱- برای جوشکاری قطعات برنجی تا ضخامت حداکثر ۹ میلیمتر، استفاده از فرآیند *TIG* توصیه شده است.

۲- در فرآیند *TIG* ، معمولاً نیازی به پیشگرم کردن نیست و حرارت ناشی از قوس، به دلیل هدایت حرارتی بالای برنج، خود نقش پیشگرمایی اجباری را برای نواحی بعدی جوش ایفاء می کند و در قطعات ضخیم، پیشگرمایی در ۹۰ تا ۳۱۵ درجه سانتیگراد مفید است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۳- برای جوشکاری برنج با فرآیند *TIG* ، استفاده از گاز آرگون یا مخلوط هلیوم در آرگون با نسبت هلیوم بیشتر، به طور معمول توصیه شده است. انتخاب گاز محافظ بیشتر به ضریب انتقال حرارت برنج مربوط می شود، به طوری که برای جوشکاری برنج هایی که از قابلیت هدایت حرارتی بالاتری برخوردارند از گاز آرگون و برای برنج های با قابلیت هدایت حرارتی پایین تر مثل برنج های با روی زیاد، برنج های نازک و برنج های مخصوص، به کارگیری مخلوط پرهلیوم همراه آرگون توصیه شده است (گاز هلیوم همان طور که قبلاً گفته شد، قوس الکتریکی را گرم تر می کند).

٤- برای جوشکاری قطعات برنجی ضخیم تر از ۱/۵ میلیمتر به روش *TIG*، استفاده از مفتول های جوشکاری الزامی خواهد بود و در این راستا، باید مفتولی انتخاب شود که کاهش درصد روی در اثر سوختن و تبخیر را جبران نماید. مفتول هایی مثل *ERCuSi : A 5.7 : AWS* به ترتیب برای برنج های با روی کم و زیاد بسیار مؤثرند.

سیلیسیم موجود در مفتول *ERCuSi*، تأثیر به سزایی در جبران روی از دست رفته در اثر تبخیر دارد و به همین دلیل و نیز به سبب مقاومت به خوردگی بالا، مقدار استفاده از این نوع مفتول در جوشکار *TIG* برنج ها به وسیله جریان *AC* پایین، بیش از سایر موارد است. لازم به ذکر است برای قطعات نازک تر از ۱/۵ میلیمتر، می توان عمل جوشکاری *TIG* را بدون استفاده از فلز پر کننده و با افزایش سرعت جوشکاری انجام داد.

۵- به طور کلی، انواع برنج ها را می توان با فرآیند *MIG* نیز جوشکاری کرد. جدول مشخصات فنی و پارامترهای مورد نظر آزمایش شده برای جوشکاری انواع برنج های قرمز (با روی کم) و زرد (با روی زیاد) را با فرآیند *MIG* نشان می دهد.

٦- در جوشکاری آلیاژهای برنج با فرآیند *MIG* از سیم جوش $ERCuSi - A$ که مذاب حاصل ازآن سیالیت زیادی داشته و به جریان جوشکاری پایینی نیز نیاز دارد، استفاده می نمایند. برای طرح اتصال، بهترین شکل *V* با زاویه پخ ٦۰ درجه و در هنگام استفاده از سیم جوش $ERCuSn - A$ شکل *V* با زاویه ۷۰ ئرجه می باشد که در حالت دوم، تطابق رنگی ناحیه جوش با فلز پایه به مراتب بهتر است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۷- در جوشکاری آلیاژهای برنج با فرآیند *MMA*، به کارگیری الکترودهای زیر توصیه شده است :

- الکترود *ERCuSn – A* : *AWS : SFA – 5.6 ECuSn* معادل *UNS : W60518* (فسفر- برنز) با قلع ٤ تا ٦ درصد.

- الکترود *ECuSn –CA* : *AWS : SFA – 5.6 ECuSn* معادل *UNS : W60521* (فسفر- برنز) با قلع ۷ تا ۹ درصد.

- الکترود *ECuSi* : *AWS : SFA – 5.6* معادل *UNS : W60656* (سیلیسیوم- برنز) در صورتی که به استحکام کششی و سختی بالاتری نیاز باشد، استفاده از *ECuSi* توصیه می شود، زیرا جوش حاصل دارای استحکامی معادل *KSi* ۵۰ (۳۵۰ *Mpa*) و سختی ۸۰ تا ۱۰۰ برنل خواهد شد. اما جوش حاصل از الکترودهای اول و دوم از نظر تاطبق رنگی به فلز پایه بسیار نزدیکتر است.

۸- در هنگام جوشکاری با فرآیند *MMA*، باید زاویه پخ را حداقل ۷۰ تا ۹۰درجه در نظر گرفت تا امکان خروج سرباره و گاز و نفوذ کامل جوش فراهم شود. در ضمن استفاده از پیشگرمایی و حفظ حرارت بین پاسی تا حدود ۲۵۰ درجه سانتیگراد و سرعت دست بالا توصیه شده است.

۹- جوشکاری مقاومتی برنج ها نیز مانند مس، تقریباً غیر ممکن است و در صورت انجام، اقتصادی و با کیفیت نمی باشد.

جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم- برنز

(*Aluminum Bronzes wldability*)

همانگونه که ملاحظه کردید، آلیاژهای سه گانه برنز آلومینیوم دار از قابلیت جوش پذیری خوب و حتی عالی برخوردارند. بر این اساس، برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم- برنز باید موارد مهم زیرا رد نظر گرفت :

۱- فرآیند *TIG* برای جوشکاری آلیاژهای برنز آلومینیوم دار تا ضخامت بیش از ۱۰ میلیمتر مناسب است.

۲- از آنجایی که قابلیت هدایت حرارتی این آلیاژ به فولادهای کربنی بسیار نزدیک است. بنابراین به حرارت ورودی بالایی نیاز نیست.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۳- در جوشکاری *TIG* آلیاژهای برنز آلومینیوم دار، معمولاً استفاده از گاز آرگون برای جریان *AC* و در شرایطی که به سرعت جوشکاری بالاتر و عمیق نفوذ بیشتری نیاز باشد، گاز آرگون- هلیوم با جریان *DCEN* توصیه شده است. همچنین برای جلوگیری از تشکیل فیلم اکسید آلومینیوم در سطح قطعه کار می توان از بعضی فلاکس های اکسیژن زدا استفاده نمود (فلاکس های فلوریدی).

٤- استفاده از جریان *AC* همواره به *DCEN* برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم برنز ترجیح داده می شود، زیرا با جریان *AC* می توان با صرف نیروی کمتری لایه اکسید آلومینیوم سطحی را از سطح آلیاژ برداشت. جریان *AC* بیشتر در جوشهای چند پاسی با فرکانس بالا استفاده می شود، در حالی که جریان *DCEN* بیشتر در جوش های تک پاسی و به ویژه در جوشکاری های *TIG* اتوماتیک (در مورد قطعاتی که دارای سطوح تمیز و یا از قبل پاک شده هستند) کاربرد دارد.

٥- در فرآیند *TIG* ، برای جوشکاری آلیاژهای برنز آلومینیوم دار از سه نوع مفتول مصرفی می توان استفاده کرد :

- مفتول *ERCuA1 – A2 : A 5.7 . AWS* معادل *UNS : 61800*.
- مفتول *ERCuA1 – A3 : A 5.7 . AWS* معادل *UNS : 62400*.
- مفتول *ERCuA1 – A1 : A 5.7 . AWS* معادل *UNS : 61000*.

به طور معمول، مفتول اول استفاده می شود و در شرایطی که به ترتیب شیمیایی نزدیک به ترکیب شیمیایی فلز پایه و نیز هم رنگی بین جوش و فلز پایه نیاز باشد، استفاه از دو مفتول بعدی توصیه می گردد.

٦- به طور کلی، برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم دار- برنز به روش *TIG* تا ضخامت *٦mm* ، نیازی به پیشگرمایی نیست، اما در آلیاژهایی که مقدار آلومینیوم کمتر از ۱۰ درصد بوده و از *٦mm* درجه سانتیگراد و سریع سرد کردن توصیه می گردد. آلیاژهای محتوی بیش از ۱۰ درصد آلومینیوم را باید تا ٦۰۰ درجه سانتیگراد گرم کرده و در بین پاس های جوشکاری نیز در همین محدوده دمایی فعالیت نمود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۷- فرآیند *MIG*، یکی دیگر از فرآیندهای قابل استفاده جوشکاری آلیاژهای برنز آلومینیوم دار است که به دلیل امکان انجام آن در وضعیت های سخت از قبیل سر بالا و سقفی، به ویژه در قطعات ضخیم تر مصرف بالایی دارد.

۸- سیم جوش های مصرفی در فرآیند *MIG* نیز، مانند فرآیند *TIG* می توانند از بین سه سیم جوش معرفی شده براساس نیاز مکانیکی و متالورژیکی انتخاب شوند.

۹- مواردی که در رابطه با پیشگرمایی و دمای بین پاسی برای جوشکاری *TIG* آلیاژهای برنز آلومینیوم دار گفته شد، در فرآیند *MIG* نیز باید مد نظر قرار گیرند.

۱۰- علاوه بر روش های گازی می توان از فرآیند *MMA* نیز برای جوشکاری آلیاژهای ریختگی یا کار شده آلومینیوم- برنز استفاده کرد. مواد اکسیژن زدایی که در روکش الکترودهای مورد استفاده در این فرآیند تعبیه شده است، قادرند لایه های اکسید آلومینیوم ایجاد شده روی سطح آلیاژ را در جریان جوشکاری احیاء نموده و ذوب کنند.

۱۱- به طور معمول، برای جوشکاری *MMA* آلیاژهای برنز- آلومینیوم دار، از طرح اتصال *V* شکل بازاویه پخ ۷۰ تا ۹۰ درجه و یک پشت بند با همان آلیاژ فلز پایه استفاده می شود.

۱۲- برای جوشکاری *MMA* آلیاژهای آلومینیوم- برنز که در حدود ۷ درصد آلومینیوم در ترکیب خود داشته و از ضخامت بالایی برخوردارند باید تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد پیشگرم شوند. اما به پسگرمایی بعد از جوشکاری نیازی ندارند. برای آلیاژهایی که مقدار آلومینیوم موجود آنها در ترکیب، بیش از ۷ درصد است، علاوه بر استفاده از دمایی در حدود ٤۰۰ تا ٤۲۰ درجه به عنوان پیشگرمایی، نیاز به پسگرمایی و نیز استفاده از الکترودهای ویژه *E Cu Al – C* ، *E Cu Al – D* و *E Cu Al – E* دارد که در بخش *AWS , A5.13* تحت عنوان الکترودهای جوشکاری برای پوشش دهی سطحی استاندارد شده اند و محتوی مقادیر ۲/۵ تا ۵ درصد آهن هستند.

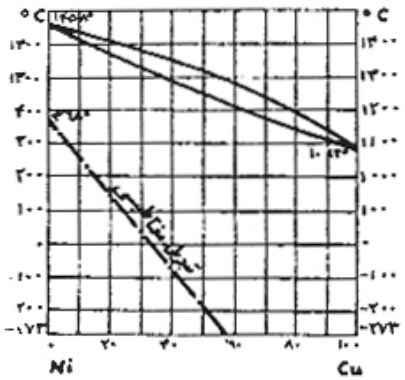
درصد آلومینیوم الکترودهای گفته شده نیز به ترتیب ۱۲/۵ ، ۱۳/۵ و ۱٤/۵ درصد است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

در این شرایط، ممکن است حتی به پیشگرمایی تا دمای ۶۲۰ درجه سانتیگراد نیاز باشد (آنیل) و پس از آن، یک عملیات تنش زدایی تمپر کردن در دمای پایین تر از ۲۵۰ درجه و آرام سرد کردن نیز انجام گیرد که البته هر یک، به نیازهای ما بستگی خواهد داشت.

جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل (*Copper Nickel weldability*)

همانطور که قبلاً گفته شد، نیکل کاملاً درمس محلول و دیاگرام تعادلی آن کاملاً تعادلی آن کاملاً کلاسیک بوده و آلیاژ حاصل، در هر نسبتی شامل یک فاز است. افزودن نیکل به آلیاژ باعث افزایش سختی حتی تا حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد شده و انبساط حرارتی آلیاژ را قابل کنترل می نماید. کاربردی ترین آلیاژهای مس- نیکل، آلیاژهایی با حدود ۳۰ درصد نیکل و ۷۰ درصد مس با ساختار α، چکشخواری و مقاومت به خوردگی فوق العاده است که سختی آن معادل ۷۵ برینل می باشد. از آنجایی که انبساط طولی آلیاژ ناچیز بوده و خواص آن به خواص فولادهای کربنی بسیار نزدیک است، بنابراین جوشکاری آن به سهولت انجام می پذیرد.



شکل (۶) دیاگرام ساختاری، تعادلی مس- نیکل

بعضی موارد مهمی که باید در جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل در نظر گرفت به قرار زیر است :

۱- فرآیند *TIG* بهترین فرآیند برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل است که به وسیله آن می توان قطعات با ضخامت حداقل *۱/۵mm* را جوشکاری نمود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۳- جریان جوشکاری برای فرآیند *TIG* در آلیاژهای مس- نیکل، معمولاً *DCEN* است، اگرچه در روش های *TIG* اتوماتیک، به کارگیری جریان های *AC* به دلیل کنترل بهتر در طول های بیشتر جوشکاری نیز توصیه شده است.

٤- گاز محافظ در فرآیند *TIG* برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل، عموماً آرگون است زیرابه وسیله آن، امکان کنترل قوس الکتریکی به مراتب بهتر و آسانتر است، اگرچه از گاز هلیوم نیز می توان استفاده نمود.

۵- علاوه بر فرآیند *TIG* می توان آلیاژهای مس- نیکل را با فرآیند *MIG* نیز به یکدیگر اتصال داد. کلیه آلیاژهای مس- نیکل ضخیم تر از *۱/۵mm* را می توان با فرآیند *MIG* به یکدیگر متصل کرد.

٦- جدول پارامترها و مشخصات فنی لازم برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل با فرآیند *MIG* را نشان می دهد.

پارامترهای مهم برای جوشکاری *MIG* آلیاژهای مس- نیکل

طرح اتصال	ضخامت قطعه (mm)	پیشانی پخ (mm)	درز اتصال (mm)	جنس مفتول	قطر مفتول (mm)	گاز محافظ	شدت جریان گاز محافظ m^3/h	جریان (آمپر) (DCEP)	ولتاژ (V)	سرعت جوشکاری (Cm/min)	تعداد پاس
I شکل	۳	۳	۰	ERCuNi	۱/۶	آرگون	۰/۸	۲۸۰	۳۰-۲۷	۵۵۰-۴۵۰	۱
I شکل	۶	۳	۰	ERCuNi	۱/۶	آرگون	۰/۸	۳۳۰-۲۷۰	۲۸-۲۲	۵۵۰-۴۵۰	۳-۲
V شکل - ۶۰° تا ۸۰°	۹	۳	۵-۳	ERCuNi	۲/۴	آرگون+هلیوم	۰/۸	۳۶۰-۳۰۰	۲۸-۲۲	۶۰۰-۵۰۰	۴-۲
V شکل - ۶۰° تا ۸۰°	۱۲	۳	۵-۳	ERCuNi	۴-۳/۲	آرگون+هلیوم	۰/۸	۳۰۰-۲۵۰	۲۸-۲۲	۶۰۰-۵۵۰	۴-۳
X شکل - ۶۰° تا ۸۰°	۱۹	۳	۵-۳	ERCuNi	۶-۵	آرگون+هلیوم	۰/۸	۳۰۰-۲۵۰	۲۸-۲۴	۶۰۰-۵۵۰	۶-۴
X شکل - ۶۰° تا ۸۰°	۲۵	۳	۵-۳	ERCuNi	۶	آرگون+هلیوم	۰/۸	۳۰۰-۲۵۰	۲۸-۲۶	۶۰۰-۵۵۰	۱۲-۱۰
X شکل - ۶۰° تا ۸۰°	بیش از ۲۵	۳	۵-۳	ERCuNi	۶	آرگون+هلیوم	۰/۸	۳۲۰-۲۷۰	۲۸-۲۶	۶۵۰-۶۰۰	-

۷- انتقال قطرات مذاب در فرآیند *MIG* برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل، معمولاً به صورت اسپری (به ویژه برای قطعات ضخیم تر از *٦mm*) مرسوم بوده و روش های دیگری مثل انتقال پلی (مدار بسته) برای قطعات نازک تر به همراه روش اسپری به صورت پالسی نیز کاربرد دارند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

۸- هرچه مقدار نیکل آلیاژ مس- نیکل افزایش یابد، برای جوشکاری *TIG* یا *MIG* آن، به جریان جوشکاری کمتر نیاز بوده و سرعت جوشکاری نیز کاهش می یابد.

۹- در هنگام جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل ضخیم تر از ۱۲*mm* بار وش های *MIG* یا *TIG* (به ندرت *TIG*) استفاده از پشت بند مس- نیکل، مسی، کربنی، گرافیتی یا فولادی ضروری است.

۱۰- برای جوشکاری *TIG* یا *MIG* آلیاژهای مس- نیکل، معمولاً نیازی به پیشگرمایی نیست. فقط در جوش های چند پاسی، دمای بین پاسی نباید از ٦٥ درجه سانتیگراد کمتر شود.

۱۱- برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل با فرآیند *MMA*، باید از جریان *DCEN* استفاده کرد.

۱۲- الکترود مصرفی در فرآیند *MMA* برای جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل به طور معمول الکترود *AWS , SFA 5.6 – FcuNi* معادل *UNS : 60715* می باشد که دارای ۲۹ تا ۳۳ درصد نیکل ۱ تا ۲/۵ درصد منگنز، ۰/٤ تا ۰/۷۵ درصد آهن، ۰/۵ درصد تیتانیوم، ۰/۰۲ درصد فسفر و ۰/۰۲ درصد سرب و سایر عناصر است. انعطاف پذیری ۲۰ درصد و سختی آن ٦۰ تا ۸۰ برنیل است.

جوشکاری الکترونی مس و آلیاژهای آن (*Electron Beam Welding of copper Alloys*)

اغلب پارامترهایی که در فرآیندهای جوشکاری قوس الکتریکی مس و آلیاژهای آن مؤثر بوده و در مورد آنها مطالعه نمودید، فرآیند جوشکاری *EBW* مس و آلیاژهای آن را نیز تحت تأثیر قرار می دهند، اما هدایت حرارتی بالای مس سبب می شود تا مشکلاتی که در فرآیندهای قوس الکتریکی وجود دارد، در روش *EBW* به حداقل برسد. در فرآیند *EBW*، جریانی از الکترون ها از رشته تفت های تحت ولتاژ زیاد با شتاب عبور داده شده و به صورت باریک های متمرکز (به عنوان منبع حرارتی جوشکاری) حوضچه بسیار کوچک مذابی پدید می آورند که باعث جوش خوردن دو قطعه به یکدیگر می شوند. اغلب آلیاژهای برنجی مس، با این فرآیند و بدون کمترین مشکلی قابل جوشکاری هستند اما در مس خالص و مس بدون اکسیژن، به دلیل ایجاد جرقه های زیاد، این عمل با مشکلاتی مواجه می شود، ضمن آن که، کنترل مذاب تولید شده در این حالت کمی مشکل ساز است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۵۱۱-۶۶۴۱۲۶۰ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1
Directory:
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title: فصل ششم
Subject:
Author: 2
Keywords:
Comments:
Creation Date: 4/15/2012 11:37:00 AM
Change Number: 1
Last Saved On:
Last Saved By: hadi tahaghoghi
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 4/15/2012 11:37:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 34
Number of Words: 6,907 (approx.)
Number of Characters: 39,370 (approx.)

www.kandoocn.com
www.kandoocn.com
www.kandoocn.com