

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی متالورژی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد - انتخاب و شناسائی مواد

بررسی و مقایسه امکان پوشش دهی مس با تیتانیوم، آلومینیوم و سیلیسیم

و پوشش دهی همزمان به روش سمانتاسیون فشرده

استاد راهنما:

دکتر مرتضی زند رحیمی

استاد مشاور:

دکتر رامین رئیس زاده

مؤلف:

محمد امامیان

شهریور ۱۳۸۵

۱۳۸۷ / ۲ / ۱۲

۱۰۳۳۱۳

از راهنمایی ها و پشتیبانی های بی دریغ استاد گرانقدر

جناب آقای دکتر زند رحیمی

که بدون همراهی ایشان امکان انجام این پایان نامه نبود،

همچنین از کمک های به شائبه

آقای دکتر باطنی

همچنین مرد خستگی ناپذیر بخش متالورژی، دوست و سرور عزیزم

آقای شمسی

کمال تشکر و امتنان رادارم.

تقدیم به

پدر

آسمانی ترین دوست زمینیم

که در آخرین روزهای تدوین این پایان نامه ما را تنها و به دیار باقی

شتافت

و مادرم

این یاور دیرینه

و همسرم

که طی مراحل انجام پایان نامه یار و همراه من بود

این پابین نامه به عنوان یکی از شرایط احراز کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی متالورژی
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود

نام و نام خانوادگی:

امضاء:

دانشجو: محمد امامیان

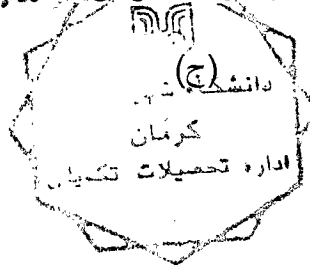
استاد راهنما: دکتر مرتضی زند رحیمی

دوره ۱: دکتر مریم احتشام زاده

دوره ۲: دکتر رامین رئیس زاده

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشگاه: دکتر غلامرضا کمالی (دانشگاه شهید باهنر)

حق چاپ محفوظ و مخصوص است



چکیده

برای بهبود خواص خوردگی و تریبولوژی مس می توان آن را با عناصر فلزی به روش سمانتاسیون فشرده پوشش داده و روی سطح فازهای اینترمتالیک ایجاد کرد. در این روش با نفوذ عناصر فلزی، پوشش نفوذی بر روی سطح شکل می گیرد. برای این منظور ترکیبی از مخلوط پودرهای فشرده تهیه گردید که شامل فلزات پوشش دهنده، NH_4Cl بعنوان فعال کننده و Al_2O_3 بعنوان پرکننده بی اثر می باشند. در این تحقیق از فلزات آلومینیم، سیلیسیم، تیتانیم و ترکیبات دوتایی از آنها برای پوششدهی استفاده گردید.

با پوشش دادن سیلیسیم بر روی مس پوششی شامل دولایه تشکیل می گردد که لایه اول ضخامتی در حدود ۲۰۰ میکرون شامل ترکیبات بین فلزی ϵ ($\text{Cu}_{15}\text{Si}_4$)، η^2 ($\text{Cu}_0.83\text{Si}_{0.17}$) دارد. لایه دوم محلول جامد مس حاوی سیلیسیم است و ضخامتی در حدود ۵۰ میکرون دارد و غلظت سیلیسیم در آن با شیب ثابتی کم می شود. آلومینیم نیز بعد از پوشش دهی بر روی مس تشکیل دولایه می دهد. که لایه رویی اینترمتالیکهای مس و آلومینیم شامل γ_1 ، AlCu_3 ، AlCu_4 به Cu_9Al_4 ضخامت تقریبی ۳۰۰ میکرون و لایه زیرین محلول جامد مس حاوی آلومینیم به ضخامت تقریبی ۱۰۰ میکرون می باشد. آلومینیم و تیتانیم نیز بصورت همزمان امکان پوششدهی بر مس را دارند به شرطی که مقدار آلومینیم در مخلوط پودر فشرده از ۲٪ بیشتر نباشد بعد از پوششدهی روی سطح فازهای اینترمتالیک $\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{Ti}(\text{Cu},\text{Al})_2$ و Cu_4Ti_3 شکل میگیرد. ولی در ترکیباتی که مقدار آلومینیم از ۲٪ بیشتر است فقط آلومینیم نفوذ می کند و نفوذ تیتانیم به هیچ مقدار دیده نمی شود. اما این نتیجه نیز بدست آمد که امکان پوشش دهی آلومینیم و سیلیسیم بطور همزمان بر روی مس با هیچ یک از ترکیبات پودر فشرده وجود ندارد. با توجه به آنالیز عنصری خطی EDS مشخص شد که آلومینیم عمق نفوذ بیشتری از سیلیسیم و سیلیسیم عمق نفوذ بیشتری نسبت به تیتانیم دارد.

فصل اول

۲	۱-۱ مقدمه
	فصل دوم: مروری بر منابع
۹	۱-۲-۱-مس و خواص آن
۹	۱-۲-۱-۱-مقاومت به خوردگی
۱۰	۱-۲-۲-هدایت الکتریکی و حرارتی
۱۰	۱-۲-۳-خواص مکانیکی
۱۰	۱-۲-۴-اکسیداسیون مس
۱۰	۱-۲-۴-۱-رفتار اکسیداسیون مس
۱۲	۱-۲-۴-۲-تئوری اکسیداسیون مس
۱۵	۱-۲-۴-۳-روش های جلوگیری از اکسیداسیون مس
۱۶	۲-۲-نفوذ
۱۶	۲-۲-۱-ترمودینامیک نفوذ
۱۶	۲-۲-۲-ساز و کار اتمی نفوذ
۱۷	۲-۲-۳-نفوذ در آلیاژهای جانشین
۱۸	۲-۲-۴-نفوذ در آلیاژهای سه تایی
۲۱	۲-۳-پوشش های نفوذی فلزی
۲۱	۲-۳-۱-شرایط لازم برای تشکیل
۲۲	۲-۳-۲-انواع روش های تشکیل پوشش های نفوذی

۲۲	۲-۳-۱-۲-فرآیندهای جامد - جامد
۲۳	۲-۳-۲-فرآیندهای مذاب - جامد
۲۴	۲-۳-۳-فرآیندهای گاز - جامد
۲۴	۲-۳-۳-طبیعت پوشش های نفوذی به روش پودی
۲۶	۲-۳-۴-ترکیب شیمیایی و ساختار ناحیه نفوذی
۲۸	۲-۳-۵-فرآیند فلز دهی پودری
۲۹	۲-۴-پوشش دهی با استفاده از روش لمانتاسیون فشرده
۲۹	۲-۴-۲-فعال کننده ها
۳۳	۲-۴-۲-آلومینا یزینگ، کرومایزینگ و سیلیکونایزینگ
۳۵	۲-۴-۳-سمانتاسیون مس
۳۵	۲-۴-۳-۱-پوشش حاصل از رسوب دهی تیتانیوم
۳۶	۲-۴-۳-۲-رفتار اکسیداسیون پوشش های حاصل از تیتانیوم
۳۹	۲-۴-۳-۳-پوشش های حاصل از رسوب دهی آلومینیوم
۴۱	۲-۴-۳-۴-رفتار اکسیداسیون پوشش های حاصل از آلومینیوم
فصل سوم: شرح روش آزمایش	
۴۳	۳-۱-مواد مصرفی
۴۳	۳-۱-۱-آلیاژ مصرفی

۴۳	۲-۱-۳ پودرهای مصرفی برای عملیات سمانتاسیون فشرده
۴۳	۲-۳ عملیات سطحی
۴۳	۱-۲-۳ آماده سازی نمونه ها
۴۴	۲-۲-۳ عملیات پوشش نفوذی
۴۵	۳-۳ شناسایی فازها
۴۵	۱-۳-۳ متالوگرافی
۴۶	۲-۳-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۴۶	۳-۳-۳ آنالیز عنصری خطی (EDS)
۴۶	۴-۳-۳ آنالیز تفرق اشعه ایکس (XRD)

فصل چهارم: نتایج و یافته ها

۴۸	۱-۴ نتایج و تصاویر میکروسکوپ توری (OM)
۵۱	۲-۴ نتایج و تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM)
۵۷	۳-۴ نتایج و تصاویر حاصل از آنالیز عنصری خطی (EDS)
۶۶	۴-۴ نتایج حاصل از تفرق اشعه ایکس (XRD)
۶۸	۵-۴ نتایج حاصل از پوشش دهی مس با سیلیسیم
۶۹	۶-۴ نتایج حاصل از پوشش دهی مس با آلومینیم
۶۹	۷-۴ نتایج حاصل از پوشش دهی مس با آلومینیم و تیتانیم به طور همزمان
۷۰	۸-۴ نتایج حاصل از پوشش دهی مس با آلومینیم و سیلیسیم بطور همزمان

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۷۲	۱-۵ ساختار و ترکیبات پوشش سیلیسیم بر روی مس
۷۳	۲-۵ ساختار و ترکیبات پوشش آلومینیم بر روی مس
۷۵	۳-۵ ساختار و ترکیبات پوشش آلومینیم و تیتانیم به صورت همزمان بر روی مس
۷۸	۴-۵ ساختار و ترکیبات پوشش آلومینیم و سیلیسیم به صورت همزمان بر روی مس
۷۹	۵-۵ مقایسه پوششها
۸۲	۶-۵ فعال کننده (Activator)
۸۵	۷-۵ نتیجه گیری
۸۶	۸-۵ پیشنهادات
	فصل ششم: منابع
۸۸	۱-۶ منابع و مراجع

فصل اول:

مقدمه

مقدمه

ویژگی های مس مانند ضریب انتقال حرارت و الکتریسته بالا، مقاومت به اکسیداسیون و خوردگی، آنرا فلزی مناسب برای کاربردهای متالورژیکی در دماهای بالا، از قبیل قالبهای ریخته گری پیوسته، نازل های اکسیژن و واتر ژاکت در کنورتورها و سوراخ سرباره در کوره بلند کرده است. [۱ و ۲]

مس و آلیاژهایش قابلیت زیادی در شکل پذیری به اشکال و ابعاد دلخواه با هر روش ساخت معروف را دارند. آنها براحتی نوردکاری، کشش، اکستروژن، آهنگری بصورت سرد و گرم می شوند. آلیاژهای ریختگی برای انواع مس و آلیاژهای قابل استحصال است. مس به راحتی پولیش، عملیات سطحی و پوشش داده می شود تا برای کاربردهای مختلف قابل استفاده گردد. اما مشکل اصلی مس اکسیداسیون در درجه حرارتهای بالا و خواص نه چندان مطلوب مکانیکی، بویژه در سطح آن می باشد.

وقتی مس در هوا گرم می شود در ابتدا فیلم Cu_2O روی سطح شکل می گیرد. وقتی ضخامت اکسید افزوده می شود اکسید مس سیاه (CuO) روی این لایه بوجود می آید. مشابه همین مورد زمانی که مس در درجه حرارت بالا و اکسیژن قرار دارد شکل می گیرد. در دمای پایین (تا 100°C) ضخامت فیلم اکسیدی نسبت به زمان، بصورت لگاریتمی افزایش می یابد. اما با افزایش دما مقدار افزایش لایه اکسیدی با بی نظمی همراه است. تا وقتی ضخامت لایه بیشتر می شود. رشد فیلم اکسیدی با قانون پارابولیک همراه است [۱].

به منظور جلوگیری از اکسیداسیون و یا کاهش میزان آن باید لایه های اکسیدی تشکیل شده روی سطح پایدار گردند و از سطح جدا نگردند. برای این باید لایه اکسیدی چسبندگی خوبی روی سطح داشته باشد و پوسته نگردد. این کار را به وسیله پوشش سطحی می توان انجام داد [۱ و ۲]. برای این منظور ابتدا بایستی روش مناسب برای اعمال پوشش و عناصری را یافت که براحتی بتوان آنها را روی سطح مس پوشش داد و همچنین این عناصر بتوانند مقاومت به خوردگی را افزایش دهند.

با توجه به تحقیقات انجام شده [۱ و ۲ و ۳ و ... ۱۲] عناصر مناسب برای این کار فلزات Si، Ti، Al می باشند که این فلزات را می توان به صورت تکی و یا همزمان روی سطح پوشش داد. این فلزات بعد از اعمال پوشش و در واکنش با زمینه، تشکیل فازهای اینترمتالیک می دهند که این فازها خواص حرارتی و مکانیکی سطح را افزایش داده و در محیط های اکسید کننده با تشکیل پوسته های اکسیدی پیوسته و چسبان، فلز زمینه را از اکسید شدن محافظت می کنند. از میان روش های متعدد انجام پوشش شامل پلاسما اسپری، رسوب گذاری حالت بخار (PVD)، اشعه الکترونی، اسپاترینگ، کاشت یونی و سمانتاسیون فشرده از همه مفیدتر به دلیل کم هزینه بودن، امکان انجام پوشش برای قطعات با اشکال هندسی پیچیده، عدم نیاز به دستگاه ها و امکانات گرانقیمت و غیره روش سمانتاسیون فشرده می باشد و بطور وسیع برای پوشش دهی بر روی فلزات به منظور جلوگیری از اکسیداسیون و خوردگی فلزات مورد استفاده قرار می گیرد. مزایای اصلی این روش حجم کاری بالا به طوریکه قطعات با مقادیرهای متفاوت را می توان پوشش داد، کم بودن هزینه انجام و مواد اولیه، و قابل استفاده بودن برای محدوده وسیعی از اشکال و اندازه می باشد [۴] مکانیزم تشکیل این نوع پوشش ها نفوذ اتم های پوشش به درون فلز زمینه است.

نفوذ همیشه برای کاهش در انرژی آزاد گیبس انجام می شود. اتم ها از نواحی دارای پتانسیل شیمیایی (μ) بالاتر به نواحی دارای پتانسیل شیمیایی پایین تر نفوذ می کنند یعنی حرکت به سمت پایین شیب پتانسیل شیمیایی می باشد. هنگامی که پتانسیل شیمیایی تمام اتم ها در هر جایی یکسان شد و سیستم به تعادل رسید در اینصورت نفوذ متوقف می شود. دو ساز و کار متداول برای نفوذ اتم ها به درون یک جامد وجود دارد و نوع ساز و کار غالب نیز به نوع محل های اشغال شده در شبکه ارتباط می یابد. اتم های جانشین معمولاً به وسیله ساز و کار مکان های خالی از اتم، جابه جا شده و نفوذ می کنند، در صورتی که اتم های کوچکتر، بر اثر اعمال نیروی آنها بر اتم های بزرگتر پیرامون به طور بین نشین حرکت کرده و جابه جا می شوند.

شرایط لازم برای تشکیل پوششهای نفوذی بر روی فلز زمینه را می توان به صورت زیر خلاصه کرد: [۲۰]

- اختلاف شعاع اتمی فلز پوشش و شعاع اتمی فلز زمینه نباید بیشتر از ۱۵-۱۶ درصد باشد.
 - یک تماس فلزی باید بین زیر لایه و فلز پوشش به وجود آید.
 - گرچه پارامتر اندازه شعاع اتمی امکان نفوذ را مشخص می کند. اما حتی در حضور شیب غلظتی مناسب در فصل مشترک پوشش از زیر لایه ، این پارامتر به تنهایی کافی نیست بلکه پارامتر دیگری نظیر تشابه شبکه های کریستالی ، میل ترکیبی شیمیایی اتمهای عناصر پوشش و زیر لایه و تفاوت بین خواص الکترونگاتیوی آنها نیز اهمیت دارد.
- روش جامد-جامد اصطلاحاً جامد یا پودری (Cementation) به عنوان مثال آلومینیوم دهی ، سیلیسیم دهی ، کرم دهی و روی دهی سطح و آنیل کردن است . کارهای زیادی در این رابطه انجام گرفته و همگی نشان می دهد که صرفاً در اثر تماس فلزات خاصی با همدیگر ، امکان نفوذ آنها در یکدیگر در دمایی زیر نقطه ذوب آنها وجود دارد. نشان داده شده که برخی از پارامترهای محیطی می توانند اثرات قابل توجهی بر روی نفوذ داشته باشد به عنوان مثال ، افزایش فشار می تواند به نفوذ و در نتیجه آلیاژ شدن کمک کند . این امر ناشی از در تماس قرا گرفتن بیشتر اتم از پوشش و سطح در اثر افزایش فشار است. همچنین مشخص شده است که تشکیل ترکیبات بین فلزی اثرات تعیین کننده ای بر روی نوع ، ضخامت و کیفیت پوشش دارد [۲۳]. فرآیند جامد یا پودری شامل حرارت دادن فلزی که باید پوشش داده شود در تماس با فلز پوشش است. معمولاً فلز پوشش به صورت پودر بوده و دمای عملیات زیر دمای ذوب فلز با نقطه ذوب کمتر انتخاب می شود. به منظور جلوگیری از ذوب شدن پودر ، معمولاً یک ماده پر کننده خنثی (Inert filler) مانند اکسید آلومینیم به مخلوط پودر پوشش دهنده اضافه می شود . این امر موجب می شود تا بتوان از دمای بالاتری استفاده کرد و لذا زمان عملیات را کاهش داد. فرآیند جامد را می توان به کمک تجهیزات نسبتاً ساده ای انجام داد. در این فرآیند محدودیت اندازه قطعه وجود نداشته و از نظر اقتصادی نیاز به نسبت زیاد سطح قطعات به وزن مواد است همچنین پوشش های

فلزی با نقطه ذوب بالا را می توان توسط فرآیند پودری به وجود آورد برای این کار ، از فعال کننده هایی (activator) نظیر نمک های هالورژنه استفاده می شود . این نمک ها به این دلیل استفاده می شوند که دمای فرآیند را کاهش می دهند.

در ضمن تشکیل یک پوشش نفوذی ، فلز پوشش به داخل زیر لایه نفوذ کرده و تشکیل یک پوسته یا ناحیه آلیاژی را می دهد که ضخامت آن تابعی از دمای زمان عملیات است. در نهایت فازهای جدید (شامل محلول های جامد و ترکیبات) در این ناحیه نفوذی تشکیل می شود . یکی از مهمترین جنبه های پوشش های نفوذی همان فاکتورهای تعیین کننده طبیعت و ماهیت این نوع پوشش ها است. برای پیش بینی ساختار پوشش های نفوذی پارامتر اندازه یا اختلاف شعاع اتمی مهمترین پارامتر است. این پارامتر یک شاخص منفی است. در حقیقت ، یک مقدار نامناسب (بیشتر از 15^+) درصد اختلاف نسبت به قطر اتمی فلز پایه (بدین مفهوم است که تشکیل محلول های جامد فقط در حد چند اتم درصد است. از سوی دیگر ، یک پارامتر اندازه مناسب به تنهایی نمی تواند تشکیل محلول های جامد را در یک دامنه وسیعی از ترکیب شیمیایی تضمین کند. تحت چنین شرایط ، میزان حد حلالیت جهت تشکیل محلول جامد و همچنین امکان تشکیل فازهای میانی بستگی به پارامتر دیگری مانند تفاوت در شبکه کریستالی، ظرفیت شیمیایی و الکترونگاتیوتی عناصر تشکیل دهنده پوشش و زیر لایه دارد. نمودارهای فازی تعادلی بسیاری از سیستم های آلیاژی در دسترس است . با استفاده از این نمودارها ، تشکیل و ترکیب شیمیایی پوشش های نفوذی را می توان مطالعه کرد. [۲۳]

برای اعمال پوشش نفوذی پودری قطعه ای را که قرار است پوشش داده شود کاملاً تمیز کرده و پس از خشک کردن همراه با مواد پوشش دهنده در یک محفظه (جعبه) قرار داده ، درب محفظه را بسته و به نحوی درز گیری می کنند که ورود و خروج هوا میسر نباشد. مواد پوشش دهنده معمولاً شامل پودر فلز ، آلومینا (اکسید آلومینیم) و ۱ الی ۵ درصد کلرید آمونیم است. اضافه کردن یک نمک هالورژنه نه تنها واکنشها را فعال می کند ، بلکه با عمل کردن به عنوان یک روانساز واکنش اولیه را تسهیل می نماید. به منظور افزایش نفوذ ، محفظه را تا دمایی در محدوده

۸۰۰-۹۵۰ درجه سانتیگراد و برای زمانی در حدود ۲-۲۴ ساعت حرارت می دهند. اگر قرار باشد که محفظه چرخانده شود (به منظور افزایش تماس و لذا افزایش یکنواختی پوشش) زمان پوشش دادن ۴ تا ۶ ساعت کافی است. برای افزایش فشار بخار ترکیبات پودر فشرده و در نتیجه تماس عنصری بیشتری توان از عملیات با روانساز زیاد استفاده کرد که غلظت زیاد فلز در تماس با سطح قطعه را خواهیم داشت. در نتیجه پوشش حاصل غیر یکنواخت و ترد بوده و غلظت فلز پوشش در سطح آن زیاد است یک عملیات حرارتی ثانویه (۱۲ تا ۴۸ ساعت) به وجود آمدن پوشش ضخیم با انعطاف پذیری بیشتر را موجب می شود. [۲۰]

در اثر پوشش دهی تیتانیوم بر روی مس فازهای مختلف فلزی و بین فلزی با توجه به دیاگرام فاز تعادلی مس و تیتانیوم (شکل ۲-۱۲) امکان تشکیل دارد. با پوشش دهی مس توسط تیتانیوم به روش پودری، سه لایه مختلف روی سطح را می توان ایجاد کرد ضخامت لایه اول در حدود $2\mu m$ است. الگوی XRD حضور $\alpha-Ti$ ، $TiCu$ را در لایه اول نشان می دهد. این الگو حضور $TiCu$ و Ti_2Cu را نیز در لایه میانی نشان می دهد.

آلومینیوم از جمله فلزاتی می باشد که براحتی درون مس نفوذ کرده و به مقدار قابل توجهی خواص سطح را در نمونه های مسی از قبیل خواص خوردگی و مکانیکی بهبود می بخشد. با توجه به دیاگرام فاز تعادلی دو تایی مس و آلومینیوم (شکل ۲-۱۳)، فازهای فلزی و بین فلزی متعددی از این دو عنصر تشکیل می گردد. از الگوهای تفرق اشعه ایکس (XRD) سطح مس پوشش داده شده با آلومینیوم مشخص می شود که سطح مس بعد از آلومینایزینگ پودری حاوی مقدار زیادی ذرات Al_2O_3 می باشد که به دلیل باقیماندن این ذرات از مخلوط پودر در سطح نمونه می باشد. ذرات Al_2O_3 به راحتی با پولیش نرم برطرف می شوند. همچنین دو فاز محلول جامد Cu و $\gamma_1-Cu_6Al_4$ شناسایی شدند. با توجه به دیاگرام فاز دو تایی Al-Cu، حلالیت آلومینیوم در (Cu) حدود ۸ درصد وزنی در $800^\circ C$ است. بنابراین پوشش شامل لایه خارجی دو فاز (Cu) و $\gamma_1-Cu_6Al_4$ و لایه داخلی منطقه نفوذی آلومینیوم می باشد [۱۶ و ۳۶].

سیلیسیم در واکنش با NH_4Cl تشکیل کلریدهای سیلیسیم شامل $SiCl$, $SiCl_2$, $SiCl_3H$, $SiCl_2H_2$, $SiCl_3H$ می دهد. این کلریدها که همگی در فاز گازی هستند، در تماس با سطح نمونه حین انجام سماتاسیون، شکسته شده و سیلیسیم اتمی را تحویل نمونه می دهند [۴] و در درجه حرارت بالا، سیلیسیم اتمی درون فلز پایه (مس) نفوذ می کند. طبق قوانین فیک مقدار این نفوذ به درجه حرارت و زمان عملیات بستگی دارد [۲۲].

برای بهسازی پوششهای انجام گرفته می توان آنها را بصورت ترکیبی و همزمان بر روی سطح اعمال کرد برای این منظور در ترکیب پودر فشرده باید مخلوطی از پودرهایی که قرار است همزمان پوشش داده شوند را قرار داد. در این تحقیق از دو ترکیب همزمان آلومینیم-سیلیسیم و آلومینیم-تیتانیم برای نفوذ دهی همزمان استفاده شد. بعد از پوششدهی مشخص گردید که آلومینیم و تیتانیم به صورت همزمان امکان پوششدهی بر روی مس را دارند به شرطی که مقدار آلومینیم در ترکیب مخلوط پودر فشرده از ۲٪ بیشتر نباشد. اما سیلیسیم و آلومینیم هر چند هر یک بطور مجزا روی مس پوشش ایجاد می کنند ولی به صورت همزمان نمیتوانند درون مس نفوذ کرده و پوشش همزمان یا ترکیبی ایجاد کنند. در این حالت در رقابت برای نفوذ آلومینیم و سیلیسیم فقط آلومینیم نفوذ می کند.

فصل دوم:

مروری بر منابع

۲-۱- مس و خواص آن

مس و آلیاژهای مس جزء گروه های اصلی فلزات تجاری می باشند. آنها به طور وسیع به خاطر هدایت الکتریکی و حرارتی عالی مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین مقاومت به خوردگی، راحتی ساخت، استحکام خوب و مقاومت به خستگی خوب از مزایای آنها است. به صورت عمده غیر مغناطیسی هستند، و براحتی لحیم کاری و یا زود جوش می شوند. مس و تعداد زیادی از آلیاژهایش بوسیله روشهای مختلف گازی، قوسی و مقاومتی جوشکاری می گردند.

مس خالص بطور وسیع در ساخت کابل ها و سیم ها، اتصالات الکتریکی و قطعات دیگری که احتیاج به انتقال جریان الکتریکی دارند مورد استفاده قرار می گیرد. مس و برنج های ویژه، برنرها و کاپرونیکل ها به مقدار زیاد در رادیاتور اتومبیل، مبدل های حرارتی، سیستم های گرمایی خانه ها و به دلیل مقاومت به خوردگی خوب در لوله ها، شیرها و فیتینگ ها در سیستم های انتقال آب یا دیگر سیال های مایع مورد استفاده قرار می گیرد. [۱۲]

ویژگی های مس آنرا مناسب برای کاربردهای متالورژیکی در دماهای بالا، از قبیل: قالبهای ریخته گری پیوسته، نازل های اکسیژن و واتر ژاکت در کنورتورها و سوراخ سرباره در کوره بلند کرده است. [۱ و ۲]

۲-۱-۱- مقاومت به خوردگی: مس جزء فلزات نوبل می باشد مس خالص در برابر اکثر محیط های خورنده مقاوم است؛ اما بعضی محدودیت ها در مقابل تردی هیدروژنی و خوردگی تحت تنش (SCC) دارد. تردی هیدروژنی زمانی مشاهده می شود که مس (tpc) که آلیاژی حاوی اکسید مس است در معرض اتمسفر احیاء قرار گیرد بیشتر آلیاژهای مس اکسیژن زدایی می شوند بنابراین در معرض تردی هیدروژنی قرار نمی گیرند. SCC بیشتر در برنج که در معرض آمونیا یا آمین ها قرار دارد روی می دهد. برنج های حاوی بیشتر از ۱۵٪ روی به SCC مستعد تر هستند. مس و آلیاژهای مسی که روی ندارند یا روی کمی دارند عمدتاً به SCC مستعد نیستند.

[۱۲].

۲-۱-۲-هدایت الکتریکی و حرارتی: مس و آلیاژهایش اساساً هادی های خوب الکتریسته و گرما هستند، در واقع مس برای این منظور بیشتر از سایر فلزات استفاده می شود. عناصر آلیاژی مقدار هدایت الکتریکی و حرارتی را کاهش می دهد که این کاهش برای هدایت الکتریکی بیشتر است. مقدار این کاهش نسبت به عنصر آلیاژی به هدایت عنصر آلیاژی و یا دیگر خواص آن بستگی ندارد. به همین دلیل مس کاملاً خالص برای هدایت از مسی که مقدار کمی عنصر آلیاژی دارد مناسب تر است [۱۲].

۲-۱-۳-خواص مکانیکی: مس خیلی خالص فلزی نرم است اما بسیاری از آلیاژهای مس سخت تر و محکم تر از مس می باشند. مس به راحتی تغییر شکل سرد می دهد وقتی تغییر شکل شروع می شود انرژی کم برای ادامه لازم است و تغییرات زیاد در شکل یا کاهش زیاد در سطح مقطع در یک پاس ایجاد می شود. [۱۲]

مس و آلیاژهایش قابلیت زیادی در شکل پذیری به اشکال و ابعاد دلخواه با هر روش ساخت معروف را دارند. آنها براحتی نوردکاری، کشش، اکستروژن، آهنگری بصورت سرد و گرم می شوند. آلیاژهای ریختگی برای انواع مس و آلیاژهای قابل استحصال است. مس به راحتی پولیش، عملیات سطحی و پوشش داده می شود تا برای کاربردی مختلف قابل استفاده گردد.

۲-۱-۴-اکسیداسیون مس

۲-۱-۴-۱-رفتار اکسیداسیون مس

وقتی مس در هوا گرم می شود در ابتدا فیلم Cu_2O روی سطح شکل می گیرد. وقتی ضخامت اکسید افزوده می شود اکسید مس سیاه (CuO) روی این لایه شکل می گیرد. مشابه همین مورد زمانی که مس در درجه حرارت بالا و اکسیژن قرار دارد شکل می گیرد. در دمای پایین (تا $100^\circ C$) ضخامت فیلم اکسیدی نسبت به زمان بصورت لگاریتمی افزایش می یابد. اما با افزایش دما مقدار افزایش لایه اکسیدی با بی نظمی همراه است. تا وقتی ضخامت لایه بیشتر می شود، رشد فیلم اکسیدی با قانون پارابولیک همراه است. [۱]