بسم الله الرحمن الرحيم

٩٤٥١

٩٩٠٥١

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد

عنوان:

بررسی پارامترهای موثر در روکش‌دهی ورق فولاد کربنی با یک سوپرآلیاژ به روش جوشکاری

دانشجو :

مهدی جمشیدی‌نیا

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۷ /۷/ ۱۵

استاد راهنما :

دکتر امیر عبداله‌زاده

استاد مشاور :

دکتر فرشید مالک قائینی

بهمن ۱۳۸۶

۹۹۰۰۱

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای مهدی جمشیدی نیا پایان نامه ۸ واحدی خود را **با عنوان بررسی پارامترهای موثر در روکش دهی ورق فولاد کربنی با یك سوپر آلیاژ به روش جوشکاری** در تاریخ ۱۳۸٦/۱۲/۱۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد – شناسائی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر امیر عبداله زاده	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر فرشید مالک قائینی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر حمید اسدی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر امیر حسین کوکبی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر حمید اسدی	دانشیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ ~~رساله دکتری~~ نگارنده در رشته **مهندسی مواد** است که در سال **۱۳۸۶** در دانشکده **فنی و مهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی ~~سرکار خانم/~~جناب آقای دکتر **امیر عبداله‌زاده** و مشاوره ~~سرکار خانم/~~جناب آقای دکتر **فرشید مالک قائینی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

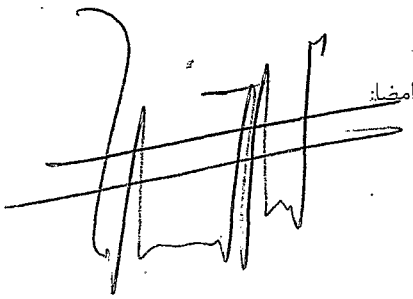
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **مهدی جمشیدی‌نیا** دانشجوی رشته **مهندسی مواد- گرایش شناسایی و انتخاب** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **مهدی جمشیدی‌نیا**

تاریخ و امضا:



تقدیم به پدر عزیز و مادر فداکارم

که نادره وجودم از آنهاست

و

تقدیم به همسر مهربانم

که همواره، همراه و همیارم بوده است.

۱۵ /۷/ ۱۳۸۷

تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی شرکت نفت و گاز پارس انجام شده است و کلیه حقوق مادی و معنوی آن متعلق به این شرکت می‌باشد.

علاوه بر حمایت مادی، پشتیبانی شرکت از پروژه و همچنین علاقه‌مندی ریاست و پرسنل واحد پژوهش و توسعه به انجام این پژوهش، موجب دلگرمی نگارندگان این گزارش بوده است که در اینجا مورد قدردانی قرار می‌گیرد. نگارندگان از تمامی افرادی که مستقیم یا غیرمستقیم به انجام این پروژه یاری رسانده‌اند به‌ویژه از آقای دکتر فرشید مالک قائینی برای مشاوره علمی، از مرکز تربیت مربی کرج (آقایان مهندس حسن‌پور، مهندس زارع و دیگر همکاران) به خاطر در اختیار قرار دادن دستگاه جوشکاری قوس گاز- فلز و کمک‌های فنی، از آقای مهندس کارگر به خاطر همکاری در طراحی و ساخت دستگاه حامل تورچ جوشکاری قوس گاز- تنگستن، از آقای مهندس رضایی برای آنالیز دقیق نمونه‌ها و از خانم فرهنگیان و آقای فیروزی به خاطر همکاری در انجام آزمایشات متالورژیکی تشکر فراوان دارند.

چکیده

در این تحقیق روکش‌دهی سوپرآلیاژ اینکونل ۶۲۵ (UNS N06625) بر روی فولاد API 5L X65 مورد بررسی قرار گرفت. اعمال لایه‌های روکش با استفاده از فرایند جوشکاری قوس گاز- تنگستن (GTAW) انجام شد. برای دستیابی به ترکیب شیمیایی مناسب بر روی سطح روکش و همچنین با توجه به شرایط نمونه شاهد موجود، روکش‌دهی به صورت دولایه‌ای انجام شد. لایه اول روکش از نظر میزان رقیق‌شدگی و همچنین هندسه گرده جوش مورد بررسی قرار گرفت تا شرایط بهینه روکش‌دهی با توجه به این دو فاکتور به دست آید. بر این اساس، سرعت جوشکاری ۰/۰۷۹ m/min، سرعت تغذیه سیم ۰/۶۷ m/min و جریان ۱۳۰ آمپر، به عنوان تنظیمات بهینه روکش‌دهی معرفی شده و روکش‌دهی دولایه‌ای در این تنظیمات به انجام رسید. روکش دولایه حاصل از نظر سختی، ترکیب شیمیایی، ریزساختار، صافی سطح و استحکام اتصال مورد بررسی قرار گرفت. از نظر ریزساختاری علاوه بر بررسی فازهای موجود، محصولات ثانویه انجماد شامل فازهای یوتکتیک گاما- لاوه و کاربیدهای MC در روکش که غنی از عناصری همچون Nb بوده‌اند مورد بررسی قرار گرفت. انجماد اینکونل ۶۲۵ (UNS N06625)، تشکیل ساختاری دندریتی را به دنبال داشت که با تجمع Ni و Fe در مغز دندریت و Mo، Si و به‌ویژه Nb در فضای بین دندریتی همراه بود. فلزپایه API 5L X65 نیز از نظر ریزساختاری مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس فازهای تشکیل دهنده زیرلایه قبل از انجام جوشکاری شامل فازهای فریت و پرلیت بوده‌اند. در حالی که بعد از انجام عملیات روکش‌دهی، وجود فازهایی همچون فریت، بینیت و مارتنزیت در منطقه متاثر از حرارت تشخیص داده شد. ضمن اینکه رسوبات موجود در زیرلایه نیز از نظر ترکیب شیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار سختی در فاصله ۰/۲ میلی‌متری از سطح روکش دولایه‌ای، برابر ۳۲ RC بوده است که در محدوده استاندارد NACE MR0175 برای مواد مورد استفاده در محیط ترش قرار دارد. بررسی‌های انجام گرفته بر روی سطح روکش دولایه‌ای، مقدار متوسط آهن را در سطح روکش برابر ۴/۷۱٪ ارزیابی نمود. این در حالی است که مقدار آهن در سطح

نمونه شاهد برابر ۷/۳۴٪ بود. به منظور بررسی استحکام اتصال روکش به زیرلایه، چهار نمونه خمش بر اساس استاندارد ASME تهیه شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، در سه نمونه از چهار نمونه، ترک‌هایی با اندازه‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌متر به‌وجود آمدند که هر سه آنها کوچکتر از حد پذیرش استاندارد (۳/۲ میلی‌متر) بودند. این در حالی بود که در نمونه چهارم هیچ ترکی مشاهده نشد. ضمن اینکه از نظر صافی نیز نمونه تولید شده در تحقیق حاضر، دارای سطحی صاف‌تر از نمونه شاهد بود.

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول ۴

۱- مقدمه ۵

فصل دوم ۷

۲- مروری بر منابع ۸

۲-۱- روشهای کنترل خوردگی ۸

۲-۲- روشهای مختلف روکش دهی فولاد ۹

۲-۳- استفاده از جوشکاری در فرایندهای روکش دهی سطحی ۱۰

۲-٤- پارامترهای مهم در جوشکاری GTAW ۱۳

۲-۴-۱- جریان جوشکاری ۱۳

۲-۴-۲- ولتاژ قوس ۱۵

۲-۴-۳- سرعت حرکت ۱۶

۲-۴-۴- تغذیه سیم ۱۶

۲-۵- مواد پرکننده ۱۷

۲-۵-۱- انواع فلز پرکننده در GTAW ۱۹

۲-۶- سوپرآلیاژهای پایه نیکل ۲۱

۲-۶-۱- اثر عناصر آلیاژی بر خواص آلیاژهای نیکل ۲۱

۲-۶-۲- کاربیدها ۲۳

۲-۶-۳- آلیاژ اینکونل ۶۲۵ (UNS N06625) ۲۳

۲-۷- فولاد X۶۵ ..... ۲۶

۲-۸- خواص موردانتظار برای فلز جوش ۲۹

۲-۸-۱- رقیق شدگی ۲۹

۲-۸-۱-۱- محاسبه هندسی رقیق شدگی ۳۰

۲-۸-۱-۲- محاسبه شیمیایی رقیق شدگی ۳۱

۲-۸-۱-۳- پارامترهای مؤثر بر رقیق شدگی ۳۱

۲-۸-۲- یکپارچگی اتصال ۳۶

۲-۸-۳- سختی ۳۷
۲-۸-۴- ریزساختار ۴۰
۲-۹- گاز ترش ٤۲
۲-۱۰- ضخامت لایه روکش ٤۵
۲-۱۱- اقتصاد در روکش دهی ٤۶

فصل سوم ۴۹

۳- روش انجام آزمایش ۵۰

۳-۱- مواد ۵۰
۳-۱-۱- نمونه شاهد ۵۰
۳-۱-۱-۱- ترکیب شیمیایی سطح روکش نمونه شاهد ۵۰
۳-۱-۱-۲- سختی روکش نمونه شاهد ۵۱
۳-۱-۱-۳- ریزساختار نمونه شاهد ۵۱
۳-۱-۲- سیم جوش ۵۱
۲-۱-۳- زیرلایه ۵۱
۳-۲- تجهیزات ۵۲
۳-۲-۱- دستگاه جوشکاری ۵۲
۳-۲-۱-۱- دستگاه جوشکاری قوس گاز- فلز ۵۲
۳-۲-۱-۲- دستگاه جوشکاری قوس گاز- تنگستن ٥٤
۳-۲-۲- طراحی حامل تورچ ۵۵
۳-۳- متغیرهای جوشکاری ۵۹
۳-۳-۱- تعیین مقادیر بهینه برخی پارامترها ۵۹
۳-۳-۱-۱- جریان ۵۹
۳-۳-۱-۲- فاصله الکترود تنگستنی و قطعه کار ۶۰
۳-۳-۱-۳- زاویه تورچ ۶۰
۳-۳-۱-٤- زاویه تغذیه سیم ۶۱
۳-۳-۱-۵- زاویه نوک الکترود تنگستنی ۶۱
۳-۳-۱-۶- گاز محافظ و دبی گاز ۶۱
۳-۳-۱-۷- قطبیت ۶۱
۳-۳-۱-۸- سرعت جوشکاری و سرعت تغذیه ۶۲
۳-٤- آزمایشات ۶۳
۳-۴-۱- هندسه گرده جوش ۶۳

۳-۴-۲- رقیق شدگی ۶۴
۳-۴-۳- بررسی ریزساختاری ۶۴
۳-۴-۴- بررسی ترکیب شیمیایی ۶۴
۳-۴-۵- استحکام اتصال (آزمون خمش) ۶۵
۳-۴-۶- سختی ۶۵
۳-۴-۷- بررسی ظاهری صافی سطح ۶۵

فصل چهارم ۶۶

۴- نتایج وبحث ۶۷

٤-۱- هندسه گرده جوش ۶۷
۴-۱-۱- بررسی تغییرات اندازه عرض گرده جوش ۶۷
۴-۱-۲- بررسی تغییرات اندازه ارتفاع گرده جوش ۶۹
۴-۱-۳- بررسی تغییرات اندازه نسبت عرض به ارتفاع گرده جوش ۷۲
۴-۱-۴- بررسی تغییرات اندازه زاویه اتصال گرده به زیرلایه ۷۴
٤-۲- رقیق شدگی ۷۸
٤-۳- اثر جریان بر هندسه گرده و رقیق شدگی ۸۰
٤-٤- بررسی ریزساختاری ۸۳
۴-۴-۱- ریزساختار فلز جوش ۸۳
٤-٤-۱-۱- منطقه عدم آمیختگی ۸۳
٤-٤-۱-۲- ساختار انجمادی فلز جوش ۸۷
۴-۴-۲- ریزساختار فلز پایه ۹۹
٤-٤-۲-۱- ریزساختار فلز پایه قبل از عملیات روکش دهی ۹۹
٤-٤-۲-۲- ریزساختار منطقه متاثر از حرارت (HAZ) ۱۰۱
٤-۵- ترکیب شیمیایی سطح روکش ۱۰۸
٤-۶- استحکام اتصال (آزمون خمش) ۱۱۰
٤-۷- سختی ۱۱۱
٤-۸- بررسی ظاهری صافی سطح ۱۱۲

فصل پنجم ۱۱۳

۵- نتیجه گیری ۱۱۴

مراجع ۱۱۶

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ را می‌توان از پرمصرف‌ترین مواد در تمامی صنایع دانست. این اقبال گسترده به فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ، از محدوده بسیار وسیع خصوصیات فولاد ناشی می‌شود. به‌طوری که تقریباً برای تمامی کاردبردهای متداول صنعتی می‌توان خانواده‌ای از فولادها را مورد استفاده قرار داد. اما حتی ماده‌ای با این ویژگی‌های مثبت نیز دارای ضعف‌هایی می‌باشد. از جمله مشکلات فولاد، استعداد به خوردگی در حضور رطوبت و در مجاورت با مواد خورنده است. تخریب سطوح فلزی تجهیزات در صنایع مختلف در اثر خوردگی و سایش، منجر به کاهش کارایی کل مجموعه و در شرایط بسیار وخیم، منجر به توقف کارکرد می‌شود. متاسفانه آمار دقیقی از خساراتی که همه ساله صنایع کشور (ایران) در اثر خوردگی متحمل می‌شوند در دست نیست. اما برای پی‌بردن به اهمیت موضوع، به تحقیقات انجام شده در ایالات متحده اشاره می‌شود. آسیب‌های وارد بر مواد، ناشی از خوردگی فلزات در سال ۱۹۹۸ برابر۲۷۶ میلیارد دلار به اقتصاد ایالات متحده هزینه تحمیل نمود که حدود ۳/۱٪ از تولید ناخالص ملی این کشور را تشکیل داد [۱].

یکی از اولین گزینه‌ها در مقابله با این مشکل، استفاده از موادی با خصوصیات مقاومت به خوردگی قوی‌تر از فولاد است. اما چنین راه‌حلی نه‌تنها موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود، بلکه در مواردی به علت دسترسی محدود و دشوار به این مواد، انجام این کار غیرعملی است. وجود خسارات ناشی از خوردگی و از طرفی تمایل به کاهش هزینه‌ها، موجب شد تا فرایندهای حفاظت از فولاد مورد توجه قرار گیرند. به‌طور کلی، حفاظت از فولاد به روشهای مختلفی انجام می‌شود که یکی از این روشها، استفاده از روکش‌های مقاوم به خوردگی است. این روکش‌ها می‌توانند به یکی از سه شکل زیستی، فلزی و یا غیرفلزی اعمال شوند. اعمال روکش‌های فلزی به دو شیوه کلی اتصال فاز جامد- جامد و اتصال ذوبی انجام می‌شود. در این تحقیق، روکش‌دهی فلزی فولاد با اتصال ذوبی مورد توجه قرار گرفته است.

در فصل دوم این تحقیق، مروری بر روشهای کنترل خوردگی، خصوصیات فرایندهای جوشکاری گاز- فلز[1] و جوشکاری گاز- تنگستن[2]، مواد وتجهیزات مورد استفاده در آن و همچنین خواص مورد انتظار روکش تولید شده ارائه شده است. ضمن اینکه توضیحات مختصری در مورد اینکونل ۶۲۵ (UNS N06625)، فولادX۶۵، محیطهای حاوی گاز ترش، ضخامت بهینه لایه روکش و همچنین اقتصاد روکش- دهی ارائه شد.

فصل سوم شامل اطلاعات مربوط به مواد و تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق و همچنین اطلاعات مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. ضمن اینکه نحوه تعیین برخی از پارامترهای بهینه جوشکاری و همچنین نحوه انجام آزمایشات بیان شد.

در فصل چهارم، نتایج حاصل از آزمایشات در دو بخش مجزا ارائه شد. در بخش اول نتایج آزمایشات انجام شده بر روی روکش یک لایه‌ای، یعنی بررسی رقیق‌شدگی و هندسه گرده جوش ارائه شد. بخش دوم، نتایج آزمایشات انجام شده بر روی روکش دولایه‌ای را دربردارد که شامل بررسی ترکیب شیمیایی سطح روکش، سختی و استحکام اتصال می‌باشد. ضمن اینکه بررسی‌های ریزساختاری هم بر روی هر دو نمونه یک لایه‌ای و دو لایه‌ای به انجام رسید.

فصل پنجم نیز به جمع‌بندی نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده می‌پردازد.

---

1 . Gas Metal Arc Welding (GMAW)
2 . Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

فصل دوم

مروری بر منابع

۲- مروری بر منابع

۲-۱- روشهای کنترل خوردگی

فولاد به دلیل داشتن خصوصیاتی بسیار مطلوب، به خوبی و با گستردگی زیادی برای محدوده وسیعی از کاربردهای مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله خواص فولاد می‌توان به خواص مکانیکی مطلوب مثل استحکام کششی، چقرمگی، شکل پذیری و مقاومت به کندگی مناسب اشاره نمود. فولاد همچنین از نظر فرایندهای ساخت نیز دارای ویژگی‌های مناسبی همچون شکل‌پذیری، جوش‌پذیری و قابلیت رنگ‌شدن مطلوبی است. از دیگر جنبه‌های مثبت فولاد می‌توان به در دسترس بودن، خواص غیرمغناطیسی، قابلیت بازیابی و قیمت مناسب آن اشاره کرد. اما از آنجا که این فلز در حضور رطوبت دارای استعداد به خوردگی و در دماهای بالا دارای استعداد به اکسیدشدن است، استفاده موفقیت‌آمیز از خصوصیات مطلوب فولاد، اجرای نوعی حفاظت از آن را اجباری می‌سازد.

روشهای حفاظت از خوردگی مورد استفاده در صنایع عبارتند از:

۱. تغییر فلز با آلیاژسازی که در حقیقت استفاده از فولاد با درصد آلیاژی بالاتر و یا فولاد زنگ‌نزن با قیمت بیشتر در مقایسه با فولاد کربنی یا فولاد کم‌آلیاژ است.

۲. تغییر محیط به وسیله خشک‌کردن و یا استفاده از ممانعت‌کننده‌ها.

۳. کنترل پتانسیل الکتروشیمیایی با استفاده از جریانهای آندی و کاتدی که حفاظت آندی و کاتدی نامیده می‌شوند.

۴. استفاده از روکش‌های زیستی، فلزی، غیرفلزی (شامل شیشه‌ها و سرامیک‌ها).

انتخاب نوع روکش به عواملی چون اندازه قطعه و در دسترس بودن، محیط خورنده، دماهای مورد انتظار، اعوجاج قطعه، ضخامت قابل دستیابی روکش و هزینه‌ها بستگی دارد. استفاده از روکش‌های مقاوم به خوردگی یکی از رایج‌ترین ابزارهای مورد استفاده برای حفاظت از فولاد است.

۲-۲- روشهای مختلف روکش‌دهی فولاد

فلزات روکش داده شده، سیستمهای کامپوزیتی لایه ای فلز به فلز متصل به هم هستند که به چند شیوه قابل تولید می باشند. تکنیک های اولیه روکش دهی شامل اتصال غلطکی داغ، اتصال غلطکی سرد و اتصال انفجاری و روکش دهی با جوشکاری هستند. هرچند روکش دهی گریز از مرکز، اتصال چسبنده، اکستروژن و فشار داغ ایزواستاتیک نیز برای تولید فلزات روکش شده مورد استفاده قرار گرفته اند. فلزات روکش داده شده را می توان به شکل ورق، صفحه، تیوب، میله و سیم تولید نمود. اغلب فلزات و آلیاژها قابلیت روکش داده شدن را دارند. روکش فولاد با فولاد زنگ نزن، مس، آلیاژهای نیکل، تیتانیم و تانتالوم در صنایع فرایندهای شیمیایی به شدت رشد کرده است و کاربردهای آن شامل ظروف تحت فشار راکتورها، مبدل حرارتی و تانک های ذخیره سازی نیز می شود.

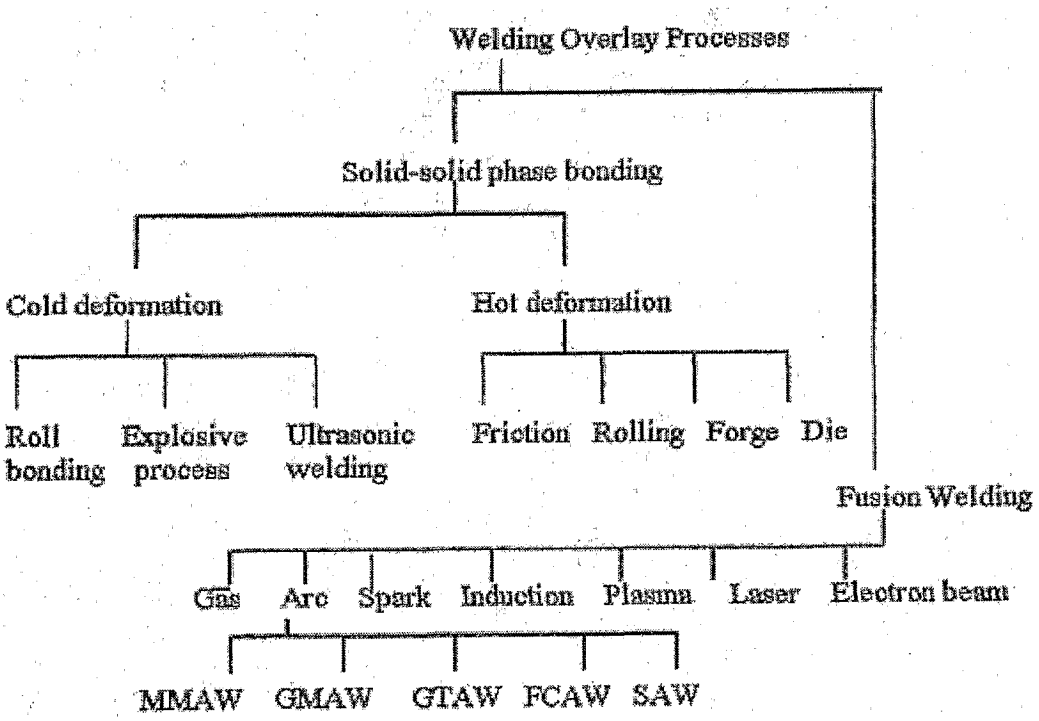
اخیرا استفاده از مواد روکش داده شده در صنعت جواهرسازی، ظرافت فلزات گرانبها را با استحکام فلزات زمینه ارزان قیمت ترکیب کرده است. امروزه این گونه سیستمها در کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی هم نظیر اتصالات و متصل کننده ها (با بهره گیری از فلزات گرانبها با خواص مقاومتی کم و اعتماد بالا به کارایی مناسب قطعات) مورد استفاده قرار گرفته است [۲].

۲-۳- استفاده از جوشکاری در فرایندهای روکش دهی سطحی

جوشکاری یک روش انجمادی مورد استفاده برای اعمال روکشهای مقاوم به خوردگی است. روکشهای حاصل از جوشکاری دارای یک مزیت ویژه نسبت به دیگر شیوه های روکش دهی هستند و آن اینکه لایه روکش با زمینه یک اتصال متالورژیکی برقرار نموده و احتمال جداشدن این دو از بین می رود. ضمن اینکه می توان این فرایند را به نحوی اجرا نمود که تقریبا عاری از هرگونه تخلخل و یا دیگر عیوب باشد. لایه های رسوب داده شده توسط جوشکاری نسبت به دیگر شیوه های روکش دهی سطحی می توانند در ضخامت های بیشتری اعمال شوند که معمولاً در محدوده ۲ تا ۱۰ میلی متر هستند.

در طی روکش دهی سطحی با جوشکاری، ماده روکش به نقطه ذوب رسیده و سپس بر روی سطح فلز زمینه منجمد می‌شود. مؤثر بودن روکش دهی با جوشکاری به طور عمده به فرایند جوشکاری و ترکیب شیمیایی آلیاژ روکش وابسته است. فرایند جوشکاری باید به گونه ای انتخاب و بهینه سازی شود که بتوان لایه های محافظ را با نرخ لایه نشانی بالا اعمال نمود و ضمناً کنترل مناسب رقیق شدگی و ضخامت لایه روکش هم امکان پذیر باشد. ترکیب لایه روکش باید به گونه ای انتخاب شود که بتواند خواص مورد نیاز برای مقاومت در برابر محیط را داشته باشد. ترکیب آلیاژ هم باید به گونه ای انتخاب شود که جوشکاری آن امکان پذیر باشد [۲].

روکش‌دهی سطحی به روش جوشکاری می‌تواند توسط اتصال حالت جامد و یا از طریق فرایندهای نفوذی انجام پذیرد (شکل ۲-۱) .



شکل ۲-۱- فرایندهای روکش دهی سطحی [۳].

اتصال حالت جامد بین سطوح فلزی می تواند از طریق فرایندهای تغییرشکل گرم یا سرد به دست آید. فرایندهای تغییر شکل گرم شامل اصطکاک، فورج و اتصال غلطکی و فرایندهای تغییرشکل سرد شامل نورد، اتصال انفجاری و اتصال فراصوتی می باشند. در فرایندهای تغییرشکل گرم، هیچ منبع حرارتی خارجی لازم نیست. حرارت تولید شده توسط اصطکاک بین دو سطح در تماس با هم به واسطه نیروی اعمالی، برای جوش دادن مواد کافی است. فرایندهای جوشکاری نفوذی اسم‌شان را از منبع حرارتی می‌گیرند؛ نظیر اکسی استیلن، قوس، جرقه، مقاومت، القا، پلاسما، لیزر و پرتو الکترونی. در جوشکاری نفوذی، سطوح در تماس باهم، به وسیله نفوذ سطوح مشترک با یا بدون استفاده از مواد مصرفی افزودنی به هم متصل می‌شوند. به جز روشهای گاز و قوس فلزی دستی، تمامی دیگر روشهای جوشکاری نفوذی قابل اتوماسیون می باشند. روشهای مورد استفاده متداول شامل جوشکاری قوس فلز گاز، قوس تنگستن گاز، قوس هسته- فلاکس، سرباره الکتریکی و قوس زیرپودری است. شیوه های پیشرفته با منبع حرارتی متمرکزتر شامل جوشکاری قوس انتقالی پلاسما، لیزر و پرتو الکترونی می‌شوند.