دانشکدهٔ مهندسی مواد و متالورژی

عنوان

تعیین سیکل عملیات حرارتی مناسب برای بهینه‌سازی اتصال در کامپوزیت سه لایه نورد شده برنج–فولاد–برنج

توسط :

محمد علی رزازی قدیم

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در
رشته شناسایی و انتخاب مواد فلزی

اساتید راهنما:

دکتر تمیزی فر ـ دکتر عربی

زمستان ۱۳۸۲

...به صبر مادرم و تلاش پدرم و به دستهای پر مهر آنان

که درخت جوانی‌ام را بارور کردند و امروز ثمره تلاشهایم

را به قلبهای مهربانشان تقدیم می‌کنم

تشکر و قدردانی

با سپاس از خداوند متعال

بر خود لازم می‌دانم از اساتید گرامی آقایان دکتر مرتضی تمیزی فر و دکتر حسین عربی به جهت ارائه راهنماییهای مفید و سازنده در انجام این پروژه تشکر و قدردانی کنم. از آقایان دکتر امیر حسین کوکبی ، دکتر سید محمد علی بوترابی و دکتر سید حسین رضوی که زحمت بازخوانی و داوری این پروژه را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

در پایان جا دارد از آقای مهندس علی مهریاب قائم مقام صنایع شهید شیرودی به خاطر حمایتهای بی دریغ در انجام این پروژه و آقایان مهندس بهزاد طولمی نژاد، مهندس امین جعفری، مهندس همیانی، مهندس کاشانی کارشناس ارشد آزمایشگاه فیزیک الیاف دانشکده نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، خانم مهندس زهرا صالحپورکارشناس آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی دانشکده مهندسی متالورژی دانشگاه علم و صنعت ایران، مسئولین محترم آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف و همچنین عده‌ای از پرسنل صنایع مهماتسازی شهید شیرودی به خاطر همکاری در انجام این پروژه تشکر و قدردانی نمایم.

محمد علی رزازی قدیم

زمستان ۱۳۸۲

چکیده

جوش سرد نوردی که در آن دو یا چند لایه فلزی در دمای محیط و با اعمال نیروی فشاری ناشی از نورد به یکدیگر اتصال می‌یابند یکی از روش‌های تولید مواد مرکب لایه‌ای است. در این تحقیق در ابتدا بر روی سطوح فولادی عملیات پوشش‌دهی کرم سخت و برسکاری انجام شد. سپس با قرار دادن ورق فولادی در بین دو ورق برنجی، بسته فلزی تهیه شده و تحت عملیات نورد سرد اتصال بین ورقه‌ها حاصل گردید. ماده مرکب تولید شده در این حالت در شرایط مختلف تحت عملیات حرارتی قرار گرفت. به منظور بررسی خواص مکانیکی ماده مرکب سه لایه بعد از عملیات حرارتی، از آزمایش کشش و لایه‌کنی استفاده شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داده‌اند که استحکام فصل مشترک با افزایش دما و زمان آنیل در هر دو حالت آماده سازی کرم سخت و برسکاری زیاد شده است. به طوری که در حالت کرم سخت در نمونه آنیل شده در ۹۰۰ درجه سانتیگراد بالاترین میزان استحکام که در حدود ۱۳۴ نیوتن بر سانتی متر می‌باشد، به دست آمده است. ساختار و سطوح شکست ماده مرکب سه لایه با استفاده از میکروسکوپ نوری و الکترونی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و مکانیزم اتصال تشریح شده است.

فهرست

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: مروری بر منابع ۵

۲-۱- آماده سازی لایه‌های فلزی برای تولید مواد مرکب سه لایه ۶

۲-۱-۱- برس کاری ۶

۲-۱-۲- پوشش‌دهی ۱۱

۲-۱-۲-۱- نرمی پوشش ۱۳

۲-۱-۲-۲- نسبت ابعادی خرده‌ها در لایه پوشش ۱۵

۲-۲- پارامترهای موثر بر استحکام جوش سرد ۱۸

۲-۲-۱- میزان تغییر شکل پلاستیک ۱۸

۲-۲-۲- ساختار کریستالی فلزات ۲۱

۲-۲-۳- روش آماده سازی ۲۳

۲-۳- عوامل موثر بر استحکام فصل مشترک مواد مرکب لایه‌ای ۲۴

۲-۳-۱- تاثیر دما ۲۵

۲-۳-۱-۱- دمای نورد ۲۵

۲-۳-۱-۲- دمای عملیات حرارتی ۲۸

۲-۳-۲- تاثیر فشار ۳۴

۲-۳-۲-۱- فشردن پستی و بلندی‌های دو سطح ۳۵

۲-۳-۲-۲- انحلال و کاهش اندازه حفرات ۳۶

۲-۳-۳- میزان تغییر شکل پلاستیک ۳۸

فصل سوم: روش انجام آزمایش ۴۱

۳-۱- مواد مورد مصرف در ساخت نمونه‌ها ۴۲

۳-۲- برش نمونه‌ها ۴۴

۳-۳- آنیل ورقه‌های برنجی ۴۴
۳-۴- شستشوی ورقه‌های برنجی ۴۴
۳-۵- آماده‌سازی سطوح فولادی ۴۶
۳-۵-۱- برسکاری خشن ۴۶
۳-۵-۲- پوشش‌دهی کرم سخت ۴۷
۳-۶- تهیه ماده مرکب سه لایه برنج- فولاد- برنج ۴۸
۳-۷- عملیات حرارتی مواد مرکب سه لایه ۵۰
۳-۸- بررسی خواص مکانیکی ۵۰
۳-۸-۱- آزمایش کشش بر روی نمونه‌های سه لایه ۵۰
۳-۸-۲- اندازه گیری استحکام فصل‌مشترک با استفاده از آزمایش لایه‌کنی ۵۱
۳-۸-۳- آزمایش میکروسختی ۵۳
۳-۹- بررسی‌های میکروسکوپی ۵۳
۳-۹-۱- میکروسکوپ نوری ۵۳
۳-۹-۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵۴

فصل چهارم: نتایج آزمایش ۵۵

۴-۱- نتایج مربوط به روش آماده سازی با پوشش کرم سخت ۵۶
۴-۱-۱- آزمایش کشش ۵۶
۴-۱-۲- آزمایش لایه‌کنی ۶۰
۴-۲- نتایج مربوط به روش آماده سازی با برسکاری خشن ۶۲
۴-۲-۱- آزمایش کشش ۶۲
۴-۲-۲- آزمایش لایه‌کنی ۶۵
۴-۲-۳- آزمایش میکرو سختی ۶۶
۴-۳- نتایج میکروسکوپی ۶۶
۴-۳-۱-نمونه‌های آماده سازی شده از روش کرم سخت ۶۶
۴-۳-۲- نمونه‌های آماده سازی شده به روش برسکاری خشن ۸۱

فصل پنجم: بحث ۹۲
۵-۱- نمونه‌های برسکاری..... ۹۳
۵-۲- نمونه‌های کرم سخت ۹۷
۵-۳- بررسی نمونه های کرم سخت..... ۹۸
۵-۴- نمونه های برسکاری ۱۰۳
نتیجه‌گیری ۱۰۸
منابع و مراجع ۱۰۹

فهرست جداول

جدول۱-۲. ضخامت لایه اکسیدی و زمان لازم برای ایجاد آن در فلزات مختلف ۷

جدول۲-۲. میزان نرمی پوشش در وضعیت های مختلف جوشکاری ۱۵

جدول۳-۲. نسبت ابعادی خرده‌ها در لایه پوشش در وضعیت های مختلف جوشکاری ۱۶

جدول۴-۲. دسته بندی زوج فلزات مختلف بر حسب سهولت در انجام جوش سرد ۲۲

جدول۵-۲. تاثیر افزایش فشار بر انرژی فعال‌سازی زوج‌های مختلف فلزی ۳۷

جدول۶-۲. تاثیر فشار هیدرواستاتیک بر روی ضخامت لایه بین فلزی در زوج نیکل - آلومینیم ۳۸

جدول۱-۳. ترکیب شیمیایی برنج تمباک(% wt) ۴۲

جدول۲-۳. ترکیب شیمیایی فولاد St13 (% wt) ۴۲

جدول۳-۳. ترکیبات و شرایط محلول چربی‌گیری الکترولیتی(% wt) ۴۵

جدول۴-۳. ترکیب شیمیایی محلول وان پولیش شیمیایی ۴۵

جدول۵-۳. مشخصات برس ۴۶

جدول۶-۳. :مشخصات محلول مورد استفاده و شرایط آبکاری کرم سخت نمونه‌های فولادی ۴۸

جدول۷-۳. مشخصات نورد ۵۰

جدول۱-۴. نتایج آزمایش کشش در شرایط مختلف عملیات حرارتی در حالت کرم سخت ۵۷

جدول۲-۴. نتایج آزمایش لایه‌کنی در شرایط مختلف عملیات حرارتی در حالت کرم سخت ۶۰

جدول۳-۴. نتایج آزمایش کشش در شرایط مختلف عملیات حرارتی در حالت برسکاری خشن ۶۲

جدول۴-۴. نتایج آزمایش لایه‌کنی در شرایط مختلف عملیات حرارتی در حالت برسکاری خشن ۶۵

جدول۵-۴. نتایج میکرو سختی در نقاط مشخص شده در شکل ۱۱-۴ ..... ۶۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۲. لایه‌های موجود بر روی سطح فلزات بعد از برس‌زنی ۷

شکل ۲-۲. نمایشی از سطح فلز آلومینیم که تحت عملیات برس زنی قرار گرفته است ۸

شکل ۳-۲. نمایش شماتیک نحوه اتصال در فرایند جوش سرد نوردی ۱۱

شکل ۴-۲. مقایسه استحکام در حالتی که بر روی یک ورق پوشش اعمال شده با حالتی که بر روی دو ورق پوشش اعمال شده است ۱۳

شکل ۵-۲. نمایش شماتیک خرد شدن ذرات پوشش در فصل مشترک ۱۶

شکل ۶-۲. مقایسه استحکام زوج آلومینیم – آلومینیم در حالتی که پوشش های مختلفی بر روی ورقه‌ها اعمال می‌شود ۱۷

شکل ۷-۲. مقایسه استحکام زوج فولاد- فولاددر حالتی که پوشش های مختلف بر روی ورقه‌ها اعمال می‌شود ۱۸

شکل ۸-۲. استحکام فصل مشترک در زوج های مختلف فلزی بر حسب درصد کاهش سطح مقطع ۲۱

شکل ۹-۲. تغییر شکل دو کریستال A وB در فصل مشترک به هنگام فشار ۲۳

شکل ۱۰-۲. نمایش شماتیک برای نشان دادن نحوه اتصال در فرایند نورد گرم ۲۶

شکل ۱۱-۲. تاثیر دمای نورد بر استحکام فصل مشترک زوج فلزی مس – نقره ۲۷

شکل ۱۲-۲. تاثیر دمای نورد بر روی سختی ورقه‌های مس ونقره ۲۸

شکل ۱۳-۲. تاثیر دمای عملیات حرارتی بر استحکام فصل مشترک زوج فلزی مس – نقره ۲۹

شکل ۱۴-۲. پدیده ذوب موضعی و ناپدید شدن فصل مشترک در بعضی از مناطق ۳۰

شکل ۱۵-۲. جدول الکترونگاتیویته ۳۱

شکل ۱۶-۲. تغییرات ضخامت لایه بین فلزی با افزایش زمان آنیل ۳۲

شکل ۱۷-۲. تغییرات استحکام فصل مشترک با ضخامت لایه بین فلزی ۳۳

شکل ۱۸-۲. قرار گرفتن یک لایه میانی بین دو فلز اصلی برای سهولت در اتصال ۳۴

شکل ۱۹-۲. نمایش شماتیک تشکیل حفره‌ها در فصل مشترک ۳۵

شکل ۲۰-۲. وابستگی اندازه حفره به زمان (نقطه A انتقال از مرحله اول به مرحله دوم را نشان می‌دهد) ۳۶

شکل ۲۱-۲. نفوذ جاهای خالی اتمی از سطوح حفرات به سمت مرزها به دلیل وجود شیب تنشی ۳۶

شکل ۲۲-۲. تاثیر زمان آنیل در استحکام زوج مس- مس که در درصدهای مختلف تغییر شکل اتصال یافته‌اند.(دمای آنیل ۶۰۰ درجه است) ۳۹

جدول۱-۳. ترکیب شیمیایی برنج تمباک (wt %)..... ۴۲
جدول۲-۳. ترکیب شیمیایی فولاد St13 (wt %)..... ۴۲
شکل ۳-۳. مراحل انجام آزمایش..... ۴۴
جدول۳-۳. ترکیبات و شرایط محلول چربی‌گیری الکترولیتی (wt %)..... ۴۶
جدول۴-۳. ترکیب شیمیایی محلول وان پولیش شیمیایی..... ۴۶
جدول۵-۳. مشخصات برس..... ۴۷
جدول۶-۳. :مشخصات محلول مورد استفاده و شرایط آبکاری کرم سخت نمونه‌های فولادی..... ۴۹
شکل ۲-۳. شماتیک بستهٔ برنج- فولاد- برنج که از یک طرف پرچ شده است ۴۹
شکل ۳-۳. شماتیک نورد تسمهٔ سه‌لایه برنج- فولاد- برنج..... ۵۰
جدول۷-۳. مشخصات نورد..... ۵۱
شکل ۴-۳. ابعاد نمونه کشش..... ۵۲
شکل ۵-۳. شماتیکی از آزمایش لایه‌کنی کامپوزیت سه‌لایهٔ برنج- فولاد- برنج..... ۵۳
شکل ۶-۳. منحنی خروجی در آزمایش لایه‌کنی ۵۳

شکل ۱-۴. تغییرات استحکام کششی با دمای آنیل در حالت کرم سخت..... ۵۸
شکل ۲-۴. تغییرات استحکام کششی بازمان آنیل در حالت کرم سخت..... ۵۸
شکل ۳-۴. تغییرات درصد ازدیاد طول با دمای آنیل در حالت کرم سخت ۵۹
شکل ۴-۴. تغییرات درصد ازدیاد طول با زمان آنیل در حالت کرم سخت..... ۵۹
شکل ۵-۴. تغییرات استحکام لایه‌کنی با دمای آنیل در حالت کرم سخت ۶۱
شکل ۶-۴. تغییرات استحکام لایه‌کنی بازمان آنیل در حالت کرم سخت..... ۶۱
شکل ۷-۴. تغییرات استحکام کششی با دمای آنیل در حالت برسکاری خشن ۶۳
شکل ۸-۴. تغییرات استحکام کششی با زمان آنیل در حالت برسکاری خشن..... ۶۳
شکل ۹-۴. تغییرات درصد ازدیاد طول با دمای آنیل در حالت برسکاری خشن ۶۴

شکل ۱۰-۴. تغییرات درصد ازدیاد طول با زمان آنیل در حالت برسکاری خشن ۶۴
شکل ۱۱-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع میکرو سختی شده ۶۶
شکل ۱۲-۴. نمایش پوشش کرم به صورت پیوسته بر روی لایه فولادی قبل از عملیات نورد ۶۷
شکل ۱۳-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد قبل از انجام عملیات حرارتی در حالت کرم سخت ۶۸
شکل ۱۴-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 500 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۶۹
شکل ۱۵-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 600 درجه سانتیگرادبه مدت ۱/۵ ساعت ۶۹
شکل ۱۶-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700° درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۷۰
شکل ۱۷-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 800° درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۷۰
شکل ۱۸-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 900 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۷۱
شکل ۱۹-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای°C 700 به مدت ۰/۵ ساعت ۷۱
شکل ۲۰-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگراد درجه سانتیگرادبه مدت ۳ ساعت ۷۲
شکل ۲۱-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700° درجه سانتیگراد به مدت ۴/۵ ساعت ۷۲
شکل ۲۲-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700° درجه سانتیگراد به مدت۶ ساعت ۷۳
شکل ۲۳-۴. تصویر SEM از سطح لایه‌کنده شده برنجی در نمونه قبل ازآنیل ۷۳
شکل ۲۴-۴. تصویر SEMسطح شکست از بخش برنج – فولاد در حالت کرم سخت در نمونه آنیل شده در دمای 800 درجه سانتیگراد و به مدت ۱/۵ ساعت ۷۴
شکل ۲۵-۴. تصویر SEM از سطح لایه‌کنده شده فولادی در نمونه آنیل شده در 600 درجه سانتیگراد ۷۵

شکل ۲۶-۴. تصویر SEM از سطح لایه‌کنده شده فولادی در نمونه آنیل شده شکل(۲۵-۴) با بزرگنمایی بالاتر ۷۵
شکل ۲۷-۴. تصویر سطح شکست و توزیع عناصر کرم، آهن، و مس در سطح لایه‌کنده شده فولادی در نمونه آنیل شده در دمای 600 درجه سانتیگراد..... ۷۶
شکل ۲۸-۴. تصویر سطح شکست و توزیع عناصر کرم، آهن، و مس در سطح لایه‌کنده شده برنجی در نمونه آنیل شده در دمای 600 درجه سانتیگراد..... ۷۷
شکل ۲۹-۴. تصویر SEM از سطح لایه فولادی بعد از آزمایش لایه‌کنی در نمونه آنیل شده در دمای 900 درجه سانتیگراد ۷۸
شکل ۳۰-۴. تصویر بزرگ شده از داخل حلقه نشان داده شده در شکل (۲۹-۴) که حفرات کله‌قندی ناشی از شکست نرم را در بخشی از سطح شکست نمونه نشان می‌دهد..... ۷۸
شکل ۳۱-۴. تصویر سطح شکست و توزیع عناصر کرم، آهن، و مس در سطح لایه‌کنده شده فولادی در نمونه آنیل شده در دمای 900 درجه سانتیگراد..... ۷۹
شکل ۳۲-۴. تصویر سطح شکست و توزیع عناصر کرم، آهن، و مس در سطح لایه‌کنده شده برنجی در نمونه آنیل شده در دمای 900 درجه سانتیگراد..... ۸۰
شکل ۳۳-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد قبل از انجام عملیات حرارتی در حالت برسکاری خشن . ۸۱
شکل ۳۴-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 500 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۲
شکل ۳۵-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 600 درجه سانتیگراده مدت ۱/۵ ساعت ۸۳
شکل ۳۶-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۳
شکل ۳۷-۴. نمایش مناطق دانه ریز در میکروپین‌ها در نمونه عملیات حرارتی شده در دمای 700 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۴
شکل ۳۸-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 800 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۴
شکل ۳۹-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 900 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۵

شکل ۴۰-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگرادبه مدت ۰/۵ ساعت ۸۵
شکل ۴۱-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگرادبه مدت ۳ ساعت ۸۶
شکل ۴۲-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگراده مدت ۴/۵ ساعت ۸۶
شکل ۴۳-۴. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع برنج – فولاد بعد از انجام عملیات حرارتی در دمای 700 درجه سانتیگراد به مدت ۶ ساعت ۸۷
شکل ۴۴-۴. تصویر سطح شکست از فصل مشترک لایه‌های برنج – فولاد در حالت برسکاری خشن در نمونه آنیل شده در دمای 600 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت ۸۷
شکل ۴۵-۴. تصویر SEM سطح شکست در حالت برسکاری خشن در نمونه آنیل شده در دمای 700 درجه سانتیگراد و به مدت ۱/۵ ساعت ۸۸
شکل ۴۶-۴. تصویر SEM از سطح شکست قسمت فولادی در نمونه شکل ۴۵-۴ ..... ۸۸
شکل ۴۷-۴. سطح شکست نمونه نشان داده شده در تصویر ۴۵-۴ در قسمت برنج ۸۹
شکل ۴۸-۴. تصویرBE در قسمت میکروپین‌ها در نمونه آنیل شده در دمای 700 درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ ساعت. ۸۹
شکل ۴۹-۴. تصویر SEM از سطح لایه فولادی بعد از آزمایش لایه‌کنی در نمونه آنیل شده در دمای 600 درجه سانتیگراد ۹۰
شکل ۵۰-۴. آنالیز نقطه‌ای از موقعیت A در شکل ۴۹-۴ ..... ۹۰
شکل ۵۱-۴. تصویر سطح شکست و توزیع عناصر آهن، و مس در سطح لایه‌کنده شده فولادی در نمونه آنیل شده در دمای 600 درجه سانتیگراد ۹۱

فصل اول

مقدمه

با پیشرفت تکنولوژی نیاز به ساخت موادی که مجموعه‌ای از خواص مناسب از قبیل استحکام مکانیکی بالا، مقاومت قابل قبول در برابر خوردگی، نسبت استحکام به وزن بالا و... را دارا باشند، افزایش یافته است. به همین دلیل ساخت مواد مرکب[1] اهمیت پیدا کرده است. اما در میان این نوع مواد، ساختارهای لایه‌ای فلزی به علت امکان دست‌یابی آنها به چندین نوع از خواص مطلوب فیزیکی و مکانیکی مورد توجه بیشتر قرار گرفته‌اند. این مواد با روشهای مختلف تولید می‌گردند. یکی از مهمترین روشهای تولید این مواد استفاده از روشهای جوشکاری حالت جامد است[2] .به طورکلی روشهای جوشکاری را به دو دسته کاملا مجزا تقسیم می‌کنند. دسته اول روشهای جوشکاری ذوبی[3] هستند که در این روش‌ها، حداقل یکی از اجزا در طی فرایند جوشکاری ذوب می‌شود. در این روش‌ها پیوستگی و اتصال دو فلز با انجماد فاز مذاب صورت می‌گیرد. دسته دوم روشهای جوشکاری حالت جامد هستند که طی آنها اتصال دو فلز در فاز جامد و بدون حضور فاز مذاب صورت می‌گیرد[۱].

در روشهای جوشکاری ذوبی با بالا رفتن دما در موضع جوش، اتمهای موجود در فصل مشترک آرایش اولیه پایدار خود را از دست می‌دهند و بر روی هم می‌لغزند. وزن مذاب حاصل شده اتم های دو فلز را در فصل مشترک در فواصل نیروهای بین اتمی قرار می‌دهد و پس از انجماد پیوستگی فلزی حاصل می‌شود (منظور از فواصل بین اتمی این است که وقتی اتمهای دو فلز در فصل مشترک آن قدر به یکدیگر نزدیک می‌شوند، که بین آنها نیروهای جاذبه و دافعه اتمی برقرار می‌شود). وقتی برآیند این نیروها به نفع نیروی جاذبه باشد پیوند فلزی حاصل می شود. در

[1] Composite Material
[2] Solid State Welding
[3] Fusion Welding

روشهای جوشکاری حالت جامد، اتمهای موجود در فصل مشترک با اعمال فشار، کار پلاستیکی و یا نفوذ در حالت جامد در فواصل نیروهای بین اتمی قرار می‌گیرند. در حقیقت این پارامترها انرژی فعال‌سازی[1] لازم برای برقراری اتصال در حالت جامد را فراهم می‌کنند[۲].

در میان روشهای مختلف جوشکاری حالت جامد، جوش سرد[2] یکی از روشهای مرسوم و متداول در اتصال فلزات است که طی آن با اعمال نیروی فشاری در دمای محیط دو فلز به یکدیگر متصل می‌گردند[۳].

اولین قطعات تزئینی تولید شده به طریق جوش سرد مربوط به سه هزار سال قبل از میلاد مسیح می‌باشد. این قطعات از جنس برنز روکش شده با طلا است که امروزه مشخص شده است که بین برنز و طلا از طریق چکش‌کاری پیوند فلزی حاصل شده است. این موضوع نشان دهنده این مطلب است که احتمالاً جوش سرد اولین روش جوشکاری بین فلزی بوده که انسان آن را به کار گرفته است.

توسعه تجاری این روش به عنوان یک فرآیند صنعتی تقریبا از سال ۱۹۵۰ میلادی شروع شده است. البته قابل ذکر است که گرچه اصول این فرایند از زمان‌های پیشین تاکنون تقریباً ثابت مانده است، ولیکن تجهیزات آن به طور قابل توجهی تغییر یافته‌اند[۳].

امروزه جوش سرد کاربردهای بسیاری در ساخت و تولید مواد مرکب یافته است. بعضی از کاربرد های جوش سرد در ساخت این مواد عبارتند از:

[1] Activation Energy
[2] Cold Welding

ساخت مبدل‌های حرارتی از جنس آلومینیم – آلومینیم برای استفاده در صنایع یخچال‌سازی، ساخت ورقه های مس – نیکل برای تولید سکه، ساخت ورقه‌های فولاد ساده کربنی – آلومینیم برای استفاده در صنایع خودرو، ساخت ورقه‌های فولاد ساده کربنی – تیتانیم برای استفاده در راکتورهای شیمیایی، ساخت ورقه‌های مس – آلومینیم برای عبور جریان الکتریسیته در برق فشار قوی و...[۳و۴]

در این تحقیق با استفاده از روش جوش سرد نوردی، ابتدا ماده مرکب سه لایه برنج – فولاد– برنج تولید گردید. پس از این مرحله ماده مرکب تولید شده، و در شرایط مختلف تحت عملیات حرارتی قرار گرفت. در ادامه، بررسی‌های ساختاری و خواص مکانیکی بر روی این مواد انجام گرفت.

فصل دوم:

مروری بر منابع

۲-۱- آماده سازی لایه‌های فلزی برای تولید مواد مرکب سه لایه :

آماده سازی سطوح فلزات قبل از نورد از مهم ترین عوامل تاثیر گذار در ایجاد جوش سرد بین فلزی است. روشهای معمول آماده سازی فلزات شامل روشهای برس‌زنی و پوشش‌دهی هستند. عملیات برس‌زنی به منظور تمیزکاری سطوح فلزی و افزایش سطوح اتصال انجام می‌شود و یک روش بسیار مناسب برای این منظور است. در بررسی‌های موجود مشخص شده است[۵] که ایجاد پوشش‌های مختلف بر روی سطوح فلزی نظیر آلومینایزینگ، پوشش‌های نیکل و... نیز روشی‌هایی موثر برای اتصال بهتر سطوح فلزی قبل از عملیات جوشکاری خواهند بود. بنابراین بررسی روشهای مختلف آماده سازی سطحی و تاثیر آنها بر استحکام اتصال، بسیار حایز اهمیت است.

۲-۱-۱- برس کاری

وقتی که فلزات در شرایط محیطی قرار می‌گیرند انواع مختلف آلودگی بر روی سطح آنها به وجود خواهد آمد(شکل ۲-۱). این آلودگی‌ها از روشهای مختلف شیمیایی و مکانیکی از بین می‌روند[۶].

اما اگر سطوح تمیز فلزی دوباره در شرایط معمولی و در اتمسفر محیط قرار گیرند سریعا دچار آلودگی خواهند شد. جدول (۲-۱) ضخامت لایه اکسیدی و زمان لازم برای ایجاد آن لایه را در مورد فلزات مختلفی که سطوح آنها پاک و تمیز شده و سپس در معرض هوای خشک در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد