پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد – نانو مواد

موضوع

ایجاد لایه نانو کامپوزیتی Fe / TiC بر فولادهای کربنی توسط روش پوشش دهی لیزری

استادان راهنما:

دکتر منصوره گنجعلی

دکتر محمد رضا رحیمی پور

استاد مشاور:

دکترمنیره گنجعلی

نگارنده:

مژده گنجی

سال تحصیلی۱۳۹۱– ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشدتأییدمی‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ –استاد راهنما			
۲ –استاد مشاور			
۳ –استاد مشاور			
٤ –استاد ممتحن			
٥ –استاد ممتحن			
٦ –نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنان که آفتاب مهرشان در آسمانه قلبم همیشه بر است و هرگز غروب نخواهد کرد.

همسر عزیزم

آنکه تمام فضای زندگی برای من است.

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی که هستی از اراده‌اش وجود یافت و اندیشه ره‌سپردن در مسیر ارتقای ایمان، معرفت و علم را در ذهن ما افکند و گوهر دانش را در صدف مصفای انسان قرار داد تا در بهشت آگاهی خویش، مقام و منزلتی را که شایسته وجود اوست دریابد. با عنایت پروردگارم فصلی دیگر از زندگی تحصیلی من به پایان رسید که بی شک بدون یاری عزیزانم گذر از این مرحله میسر نبوده است.

بر خود لازم می دانم کمال تقدیر و تشکر خود را نثار کسانی کنم که در این مسیر پر فراز و نشیب لحظه ای از راهنمایی، پشتیبانی و تشویق من دریغ نکردند. از استادان بردبارم، خانم دکتر منصوره گنجعلی و آقا دکتر رحیمی‌پور، که تمام روزهایی که تحت نظارت ایشان مشغول به کار بودم سرشار از آموختن توامان علم و اخلاق بود، نهایت تشکر را دارم. در پرتو روحیه پر از امید ایشان بود که تمام دلسردی ها رنگ می باخت و در سایه وجود خستگی ناپذیرشان، پرسش‌های گاه و بی گاهم پاسخ می‌یافت. از خانم دکتر منیره گنجعلی، استاد بزرگوارم، که قدم به قدم در تمامی مراحل این پژوهش مرا همراهی کردند و الگویی بی نظیر از یک پژوهشگر و یک استاد فداکار در ذهن من حک نمودند، کمال قدردانی را دارم.

در نهایت مایلم از تمامی دوستان عزیزم که در این مدت حامی من بوده اند تشکر کنم .

از خانواده عزیزم که از کودکی، شور دانستن و لذت کشف و جستجو را در من بیدار کردند،استقامت در تلاش را به من آموختند و در تمام این سال ها با فراهم کردن آرامش فکری و آسایش روحی، بسیاری دشواری ها را بر من آسان نمودند، با تمام وجود قدردانم.

مژده گنجی

بهار ۹۱

حق تالیف/گردآوری و تحقیق

این پروژه تحقیقاتی به شماره شناسه۷۷۸۹۵۲ درپژوهشگاه مواد و انرژی به ثبت رسیده است و کلیه دستاوردهای تحقیقاتی شامل نتایج نظری، نتایج علمی و عملی، دانش فنی و سایر موارد مربوط به این پروژه متعلق به پژوهشگاه مواد و انرژی می باشد. بهره برداری از نتایج پروژه برای موسسات دولتی و غیر دولتی با مجوز پژوهشگاه مواد و انرژی و درج نام پژوهشگاه مواد و انرژی امکان پذیر است.

چکیده

در این پژوهش امکان ایجاد پوشش‌های نانو کامپوزیتی Fe-TiC بر سطح زیرلایه‌های فولادی به روش پوشش‌دهی لیزری مورد بررسی قرار گرفت .

به منظور آماده‌سازی مواد اولیه و ایجاد ذرات نانو کریستال تیتانیم و کربن فعال شده از روش آلیاژسازی مکانیکی استفاده شد . ذرات تیتانیم و کربن خالص به نسبت استکیومتری مشخص مخلوط و توسط آسیا ماهواره ای آسیا شد. مخلوط نانو کریستال تیتانیم و کربن فعال شده با پودر آهن خالص مخلوط و برای مدت زمان کمتری تحت همان شرایط قبلی آسیا شد. مخلوط تیتانیم، کربن و آهن به عنوان ماده پوشش‌دهنده بر سطح زیر لایه فولادی قرار داده شد و از یک لیزر CO_2 در مد پیوسته با طول موج ۱۰/۶ میکرون (در محدوده مادون قرمز دور) با حداکثر توان ۲/۵ KW برای پوشش‌دهی استفاده شد. تاثیر پارامترهای لیزری (توان لیزر و سرعت روبش پرتو لیزر) بر تشکیل و مورفولوژی ذرات TiC در زمینه Fe ارزیابی شد. مطالعات میکروسکوپی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام گرفت. تعیین فازهای تولید شده، اندازه کریستال‌ها و پارامتر شبکه توسط دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) انجام گرفت. در نهایت سختی نمونه های پوشش داده شده با استفاده از میکرو سختی سنجی ویکرز اندازه گیری شد.

نتایج نشان داد که با استفاده از فرآیند پوشش‌دهی لیزری امکان تشکیل درجای پوشش های کامپوزیتی Fe- TiC در توان ۱/۵ KW و سرعت روبش ۴ mm/s میسر می باشد. پوشش‌های کامپوزیتی Fe-TiC تشکیل شده به طور موفقیت آمیزی باعث بهبود سختی سطح زیر لایه شد. مهمترین عامل تاثیرگذار بر میزان افزایش سختی پوشش، اندازه و توزیع ذرات TiC در زمینه Fe بود که با افزایش کسر حجمی این ذرات و کاهش اندازه ذرات میزان سختی افزایش یافت .

کلید واژه : پوشش دهی لیزری، پوشش‌های نانو کامپوزیتی Fe-TiC، روش درجا، سختی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... الف
فهرست جدول‌ها ..... ج
فهرست شکل‌ها ..... د

فصل ۱- مقدمه ۱
۱-۱- پیشگفتار ۱
۱-۲- شیوه های نوین ۱
۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۴
۱-۴- ساختار گزارش ۵

فصل ۲- مروری بر منابع مطالعاتی ۶
۲-۱- مقدمه ۶
۲-۲- پوشش دهی ۶
۲-۳- انواع روش های پوشش دهی ۷
۲-۳-۱- روکش کردن با جوش ۷
۲-۳-۲- پاشش حرارتی ۱۲
۲-۳-۳- رسوب فیزیکی بخار ۱۴
۲-۳-۴- رسوب شیمایی بخار ۱۵
۲-۳-۵- پوشش دهی لیزری ۱۶
۲-۴- پوشش دهی لیزری، پوششهای کامپوزیتی ۲۴
۲-۴-۱- کامپوزیتهای زمینه فلزی Fe تقویت شده با ذرات TiC ۲۴
۲-۴-۲- پوشش دهی لیزری، پوششهای کامپوزیتی زمینه فلزی ۲۵
۲-۵- بررسی تحقیقات در زمینه پوشش دهی لیزری، پوشش های کامپوزیتی زمینه فلزی ۲۶
۲-۶- آلیاژسازی مکانیکی ۲۹
۲-۶-۱- انواع آسیاها ۳۱
۲-۷- دیاگرام های فازی ۳۳
۲-۷-۱- دیاگرام فازی Ti-C ۳۳

۲-۷-۲- دیاگرام فازی Fe-Ti ۳۴
۲-۷-۳- دیاگرام فازی Fe-C ۳۵
۲-۸- ترمودینامیک تشکیل ۳۶

فصل ۳- روش تحقیق ۳۸

۳-۱- مواد اولیه ۳۸
۳-۱-۱- آماده سازی پودر ۳۹
۳-۱-۲- آماده سازی نمونه ها ۳۹
۳-۲- فرآیند پوشش دهی ۴۰
۳-۳- ارزیابی پوشش های تولید شده ۴۲
۳-۳-۱- آنالیزهای فازی به کمک پراشگر اشعه ایکس ۴۲
۳-۳-۲- تعیین اندازه دانه ها ۴۳
۳-۴- بررسی ریز ساختار ی ۴۳
۳-۵- آزمایش سختی ۴۴

فصل ۴- یافته های آزمایش و بحث ۴۵

۴-۱- نتایج روش آلیاژسازی مکانیکی ۴۵
۴-۲- نتایج پوشش دهی لیزری ۴۶
۴-۲-۱- شرایط فرآیند پوشش دهی ۴۶
۴-۲-۲- آنالیز فازی پوشش های تشکیل شده به کمک پراشگر اشعه ایکس ۴۷
۴-۲-۳- تحلیل فازهای ایجاد شده در حین فرآیند پوشش دهی ۵۱
۴-۲-۴- تاثیر متغیرهای توان و سرعت روبش بر تشکیل پوشش ۵۶
۴-۳- رفتار انجماد در طی فرآیند پوشش دهی ۵۸
۴-۴- نتایج آنالیزهای میکروسکوپ الکترونی روبشی و تفکیک انرژی ۶۲
۴-۵- نتایج سختی سنجی ۶۶

فصل ۵- نتیجه گیری ۶۹

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۷۵

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۷۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مقایسه بین پوشش دهی لیزری و سایر روشهای پوشش دهی ۲۳
جدول ۳-۱: درصد عناصر تشکیل دهنده زیرلایه..... ۳۸
جدول ۳-۲: متغیرهای فرآیند پوشش دهی..... ۴۱
جدول ۴-۱: محاسبه انرژی موثر و چگالی پودر رسوب داده شده ۵۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: شمایی از پوشش دهی با فرآیند جوشکاری قوسی تو پودری..... ۹
شکل ۲-۲: پوشش دهی با استفاده از فرآیند جوشکاری قوسی تحت گاز محافظ..... ۱۰
شکل ۲-۳: پوشش دهی با استفاده از جوشکاری قوسی تنگستن تحت پوشش گاز محافظ..... ۱۰
شکل ۲-۴: پوشش دهی با استفاده از جوشکاری قوسی پلاسما ۱۱
شکل ۲-۵: انواع فرآیندهای پاشش حرارتی..... ۱۳
شکل ۲-۶: شماتیکی از کلیات فرآیند پاشش حرارتی..... ۱۳
شکل ۲-۷: شمایی از فرآیندهای (الف) تبخیر در خلاء، (ب) پراکنشی و (ج) پوشش دهی یونی..... ۱۴
شکل ۲-۸: شماتیکی از فرآیند CVD ۱۵
شکل ۲-۹: تعداد اختراعات ثبت شده در سالهای متوالی ۱۷
شکل ۲-۱۰: تعداد مقالات چاپ شده در سالهای متوالی..... ۱۸
شکل ۲-۱۱: شماتیک پوشش دهی لیزری دو مرحله ای..... ۲۱
شکل ۲-۱۲: پوشش دهی لیزری همراه با تزریق پودر ۲۱
شکل ۲-۱۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری، نشان دهنده واکنش شیمیایی و تشکیل لایه در اطراف سطح TiC ۲۸
شکل ۲-۱۴: الف)دستگاه آسیای گلولهای سیارهای. ب) نحوه حرکت گلوله و پودر در یک آسیای گلولهای سیارهای ۳۲
شکل ۲-۱۵: دیاگرام فازی Ti-C..... ۳۴
شکل ۲-۱۶: دیاگرام فازی Fe-Ti..... ۳۵
شکل ۲-۱۷: دیاگرام فازی Fe-C ۳۶
شکل ۳-۱: الف) نازل لیزر ب) سیستم کنترل..... ۴۰
شکل ۳-۲: شمایی از پوشش دهی لیزری..... ۴۱
شکل ۴-۱: الگوی پراش اشعه ایکس مخلوط پودر Ti و C بعد از ۲۰ ساعت آسیاکاری..... ۴۶
شکل ۴-۲: پراش اشعه ایکس نمونه های پوشش داده شده گروه دوم با شرایط الف) توان KW ۱ و سرعت روبش mm/s ۲/۵ ب)توان KW ۱ و سرعت روبش ۴mm/s پ)توان KW ۱/۲ و سرعت روبش mm/s ۲/۵ ت)توان KW ۱/۵ و سرعت روبش ۲/۵mm/s ث)توان KW ۱/۵ و سرعت روبش mm/s ۴..... ۴۹

شکل ۴-۳: پراش اشعه ایکس نمونههای پوششداده شده گروه سوم با شرایط الف) توان ۱/۸ KW و سرعت روبش ۲/۵ mm/s ب) توان ۲ KW و سرعت روبش ۲/۵mm/s ۵۰
شکل ۴-۴: دیاگرام سه تائی Fe-Ti- C ۵۲
شکل ۴-۵: بزرگنمایی بالاتر از شکل۴-۴ در گوشه آهن..... ۵۳
شکل ۴-۶: افزایش دما از الف تا ج، الف) سیلان مخلوط پودر در پرتو لیزر ب) واکنش TI ذوب / انحلال یافته به منظور تشکیل TiC ج) انحلال ذرات TIC/C..... ۵۵
شکل ۴-۷: انرژی موثر و چگالی پودر رسوب داده شده. ۵۸
شکل ۴-۸: بردار سرعت روبش و نرخ انجماد..... ۵۹
شکل ۴-۹: شمای کلی دیاگرام فازی فرضی، نشان دهنده مسیر انجمادی. ۶۰
شکل ۴-۱۰:گرادیان دما در فصل مشترک جامد/مایع در طی فرآیند انجماد ۶۲
شکل ۴-۱۱:تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه پوشش داده شده با نانوکامپوزیت درجا Fe-TiC ۶۳
شکل ۴-۱۲:(الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه پوشش داده شده با توان لیزر ۱/۵ KWو وسرعت روبش پرتو mmS^{-1} ۴ با بزرگنمایی بالا ب) آنالیز تفکیک انرژی بر نقاط روشن پ) بر نقاط تیره در تصویر میکروسکوپ..... ۶۴
شکل ۴-۱۳:تصویر میکروسکوپ الکترون روبشی از نمونه پوشش داده شده تحت شرایط توان لیزر ۱ KW و سرعت روبش پرتو mmS^{-1} ۴ ..... ۶۵
شکل ۴-۱۴:الف) نمودار سختی ب) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی برای نمونه پوشش داده شده با توان لیزر۱/۵ KW و سرعت روبش پرتو mmS^{-1} ۴..... ۶۷
شکل۴-۱۵: نمودار سختی برای نمونه های پوششداده شده تحت شرایط الف) توان لیزر ۱ KWو سرعت روبش پرتو mmS^{-1} ۲/۵mm ب) توان لیزر ۱/۲ KW وسرعت روبش پرتو mmS^{-1} ۲/۵ ..... ۶۸

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

تخریب و زوال تدریجی و مستمر قطعات و تجهیزات مهندسی در اثر فرسایش مواد، باعث افت کارآیی آنها شده و علاوه بر آلودگی محیط زیست و هدر رفتن منابع طبیعی و مورد نیاز انسان سالانه لطمه‌های مالی سنگینی به اقتصاد کشور وارد می کند. فرسایش مواد در سازه‌ها و تجهیزات صنعتی به شکل‌های سایشی (که توسط فرآوری و استعمال مواد ایجاد می‌گردد)، خوردگی (در اثر مواد شیمیایی و آب طبیعی) و شکست (در اثر خستگی و شوک بار اعمالی) دیده می‌شود. عموماً اعتقاد بر این است که سطح یک قطعه بیشتر از درون آن، صدمه‌پذیر است و آسیبی که از سطح آغاز می‌شود نهایتاً باعث تخریب قطعه خواهد شد. گاه تمام سطوح یک قطعه در معرض سایش قرار می‌گیرد اما در بیشتر موارد تنها لازم است یک قسمت از سطح، مقاومت بالایی در برابر سایش نشان دهد[۱و۲].

۱–۲– شیوه های نوین

یک راه متداول برای مشکل فرسایش مواد، حفاظت از ماده در برابر عوامل مهاجم است. محافظت از یک قطعه، به طور معمول توسط پوشش دادن با یک ماده دیگر یا ایجاد یک لایه سطحی اصلاح

شده صورت می‌گیرد که پایدارتر از ماده تشکیل دهنده خود قطعه است همچنین پوشش دادن با استفاده از مواد سخت از نظرهزینه یک روش مقرون به صرفه تر از ساخت کل قطعه از موادی گرانقیمت وسختی بالاست[۱و۲]. بنابراین نیاز به افزایش سختی سطحی، مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی ترکیبات و مواد مهندسی، مهندسان را به توسعه مواد مختلف پوشش ترغیب کرده است. یکی از بهترین این مواد کامپوزیت‌ها می‌باشند. موادکامپوزیتی، موادی هستند که از ترکیب دو یا چند ماده مختلف تشکیل شده‌اند و در آن فاز پیوسته را زمینه و فاز توزیع شده را تقویت‌کننده می‌نامند. ذرات تقویت‌کننده دارای هندسه متفاوت شامل؛ ذره‌ایی، رشته‌ایی و لایه‌ای است و در زمینه‌های مختلف مانند پلیمر، سرامیک و فلز توزیع می‌شود. استحکام یا سختی کامپوزیت‌ها تابعی از خواص ذرات تقویت‌کننده و زمینه، همچنین پیوند بین زمینه و تقویت‌کننده است[۳].کامپوزیت‌های زمینه فلزی، کامپوزیت‌هایی هستند که در آن انواع مختلفی از ذرات سرامیکی (به عنوان مثال TiC، WC و TiB۲) با نقطه ذوب و سختی بالا در زمینه فلزی مانند آهن، کبالت یا نیکل توزیع شده است[۴و۵]. پوشش‌های کامپوزیتی سخت‌کننده سطحی معمولا شامل کسر حجمی بالایی از ذرات سخت سرامیکی است که در زمینه فلزی توزیع شده‌اند و دارای سختی و نقطه ذوب بالاتر نسبت به زمینه فلزی می‌باشند[۶ و۷].

روش‌های بسیار متنوعی از جمله عملیات سطحی توسط جوشکاری و پاشش حرارتی، پوشش‌دهی الکتریکی، رسوب‌دهی فیزیکی و شیمیایی بخار و پوشش‌دهی لیزری و... را می‌توان برای پوشش‌دهی استفاده نمود[۱]. در بین انواع روش‌های عملیات سطحی، پوشش‌دهی لیزری یک تکنیک کارآمد و ارزشمند برای بهبود خواص سطحی مواد است و می‌تواند به طور گسترده برای ایجاد پوشش‌های سطحی مختلف با ضخامت‌های قابل توجهی، استفاده شود[۸و۹]. در فرآیندهای پوشش‌دهی لیزری به علت وجود پرتو متمرکز، منطقه متاثر از حرارت نسبت به سایر روش‌های پوشش‌دهی مانند جوشکاری نسبتاً کوچکتر است. باریک بودن منطقه متاثر از حرارت، از تشکیل ترک جلوگیری نموده و سبب کاهش تاثیر حرارت بر خواص مکانیکی زیرلایه خواهد شد[۱۰]. لیزر به علت خصوصیات فوق‌العاده‌اش، درخشندگی[۱] بالا، جهتمندی[۲] بالا ، همدوسی[۳] بالا ، تکفامی[۴] بالا یکی از قدرتمندترین اختراعات قرن بیستم می‌باشد[۱۱]. اولین اختراع لیزر توسط مایمن[۵] در سال ۱۹۶۰ دستیابی به یک موفقیت بزرگ در علم بود. بلافاصله بعد از این اختراع دانشمندان ادعا کردند که لیزر پاسخ بسیاری از

1Brightness

2 Directionality

3Coherence

4MonochromaTiCity

۵Maiman

مشکلات علمی است که حتی شناخته نشده است. یکی از زمینه‌هایی که از تکنولوژی لیزر بهره‌مند شد، پردازش مواد بود که به سرعت در سال ۱۹۷۰ که بازده و توان لیزرهای تجاری افزایش یافت بسیار مطرح شد. در اواخر دهه ۱۹۷۰، در میان تکنولوژی پردازش مواد توسط لیزر، پوشش‌دهی لیزری توسط گانامتهو[۱] در شرکت بین‌المللی راکول[۲] در کالیفرنیا استفاده شد. بررسی مقالات و اختراعات ثبت شده مربوط به این تکنولوژی در دهه ۱۹۸۰ به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. همچنین در سال ۱۹۸۰ ویژگی‌های این تکنولوژی مورد توجه صنعت قرار گرفت و پوشش‌دهی لیزری به عنوان یک فرآیند موفق در میان فرآیندهای معمولی برای ایجاد پوشش‌های مقاوم در برابر سایش و خوردگی شناخته شد. این تکنولوژی توسط تولیدکنندگان مطرح موتور مانند جنرال الکتریک[۳]، پرات[۴]، ویتنی[۵]، الاید سیگنال[۶]، رولز رویس[۷]، الیسون[۸] ، سولار[۹] و ام تی یو (MTU) پذیرفته شد. در صنعت خودروسازی نیز این تکنولوژی برای پوشش دهی نشیمن‌گاه سوپاپ موتور توسط برخی از شرکت‌های اروپایی و آسیایی خودرو مانند فیات، تویوتا و مرسدس بنز استفاده شد[۱۲و۱۳].

در ۳۰ سال گذشته پوشش‌دهی لیزری مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است و بیش از ۲۰۰۰ مقاله تحقیقاتی در مجلات و کنفرانس‌های بین‌المللی منتشر شده است. تحقیقات انجام شده در زمینه پوشش دهی لیزری بیشتر موضوعات علمی شامل، تکنیک‌های فرآیند، خواص فیزیکی و مکانیکی مواد رسوب داده شده و فصل مشترک پوشش و زیرلایه، فازها و میکرو ساختارها، پدیده سرعت سرد شدن، مدل‌سازی و شبیه‌سازی را پوشش می‌دهد[۱۱]. در فرآیند پوشش‌دهی لیزری، پرتو لیزر به منظور ایجاد پوشش و پیوند متالورژیکی بین پوشش و زیرلایه، پودر و سطح زیرلایه را ذوب می‌کند. این فرآیند پوشش دهی قادر است مخلوطی از پودرهای مختلف مانند استالایت، کاربید تنگستن، کبالت، کاربید تیتانیم و... را بر سطح زیرلایه‌های فولاد، چدن و آلیاژهای تیتانیم پوشش دهد. در این روش مخلوط پودرها را می‌توان قبل از فرآیند پوشش‌دهی بر سطح زیرلایه قرار داد و یا توسط یک نازل به داخل حوضچه مذاب تزریق نمود[۱۴].

---

۱ Ganamuthu

۲ Rokwell

3 General Electric

4 Pratt

5 Whitney

6 Allied Signal

7 Rolls-Royce

8 Allison

9 Solar

در روش‌های پوشش دهی لیزری معمولی ذرات سرامیکی سخت یا ذرات تقویت‌کننده با پودر فلزی مخلوط شده، سپس این مخلوط توسط لیزر حرارت داده می‌شود به گونه‌ایی که پودر فلزی ذوب شده و با ذرات سرامیکی در داخل حوضچه مذاب ترکیب می‌شوند. به این روش تشکیل کامپوزیت روش تشکیل غیرهمزمان گفته می‌شود. در این روش فصل مشترک بین ذرات تقویت کننده و زمینه توسط ذوب مواد رشد یافته و ذرات سرامیکی را تر می‌کنند. با این حال همیشه یک پیوند مستحکم تشکیل نمی‌شود و فصل مشترک به عنوان یک منبع بالقوه‌ایی از ضعف خواهد بود، زیرا پیوند اتمی متفاوتی بین دو ماده وجود دارد که منجر به تفاوت در ضریب انبساط حرارتی می‌شود. در مقابل، فرآیند تشکیل درجا (همزمان) روشی است که فاز سرامیکی سخت در طی فرآیند پوشش‌دهی توسط واکنش بین ترکیبات پودر به وجود می‌آید. به عنوان مثال، TiC می‌تواند توسط واکنش بین پودرهای کربن و تیتانیم به وجود آید. این روش باعث ایجاد فاز زمینه و سرامیکی پایدار ترمودینامیکی با قدرت کافی برای انتقال تنش و در نتیجه کاهش احتمال تشکیل ترک و شکست در زمینه می‌شود. در سال‌های اخیر به علت افزایش خواص مکانیکی پوشش‌ها علاقه به استفاده از تکنیک درجا افزایش یافته است[۱۳، ۱۴، ۱۵و ۱۶].

به تازگی کامپوزیت‌های Fe-TiC به علت استحکام و سختی بالا و دانسیته کم TiC مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. علاوه بر این کامپوزیت Fe-TiC را به دلیل نقطه ذوب نسبتاً بالای زمینه فلزی می‌توان در درجه حرارت‌های بالا نیز استفاده نمود. همچنین پوشش‌هایی که دارای زمینه Fe هستند، می‌توانند سازگاری متالورژیکی بالایی با زیرلایه‌هایی از جنس فولاد کربن جزئی داشته باشند[۸ و۱۷].

۱-۳- هدف از انجام تحقیق

در این تحقیق ذرات TiC به عنوان ترکیبات سخت در زمینه آهنی برای رسوب دادن بر سطح زیرلایه فولادی استفاده شده است. هدف از این تحقیق توسعه تکنیک پوشش‌دهی لیزری به منظور رسوب‌دهی پوشش‌های نانوکامپوزیتی زمینه فلزی بدون ترک و همراه با پیوند متالورژیکی بسیار خوب و سختی بالا بر سطح زیرلایه‌های فولادی است. در تمامی تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است ذرات Ti، C و Fe در ابعاد میکرون بوده‌اند، که در تحقیق حاضر از ذرات نانو متری تیتانیم و کربن استفاده شده است. روش مورد استفاده شامل قرار دادن مخلوط پودر تیتانیم، کربن و آهن در ابعاد نانومتری بر سطح زیرلایه قبل از فرآیند پوشش دهی بود که با تابش پرتو لیزر دی اکسید کربن در مد پیوسته با طول موج ۱۰/۶ مکیرو متر بر مخلوط پودر و سطح زیرلایه، ذرات TiC در یک زمینه فلزی غنی از آهن

تشکیل شد. تاثیر پارامترهای لیزر (توان و سرعت حرکت پرتو لیزر دی اکسید کربن) بر تشکیل و مورفولوژی TiC، کیفیت و میکروساختار پوشش مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اندازه و توزیع ذرات TiC در زمینه فلزی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت سختی در نقاط مختلف پوشش اندازه گیری شده و با یکدیگر مقایسه شدند.

۱-۴- ساختار گزارش

این پایان‌نامه به ۵ فصل تقسیم شده است. در فصل دوم مروری بر منابع مطالعاتی و دور نمایی از مواد کامپوزیتی زمینه فلزی و پوشش دهی لیزری ،در فصل سوم روش اجرای پروژه، در فصل چهارم نتایج تحقیق تجربی و در فصل پنجم برخی نتایج مهم ارائه خواهد شد .

فصل ۲–مروری بر منابع مطالعاتی

۲–۱– مقدمه

در این فصل مقالات و اطلاعات مربوط به این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است . در اینجا تاکید بر کاربرد پوشش‌های نانوکامپوزیتی زمینه فلزی تقویت شده با ذرات TiC برای بهبود کیفیت سطح و افزایش سختی است. همچنین انواع روش‌های مختلف پوشش‌دهی[۱] مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفته است .

۲–۲– پوشش دهی

اکثر قطعات مورد استفاده در صنایع و تکنولوژی‌های جدید نیاز به یک سری خواص حجمی مشخص و مجموعه‌ای از خواص سطحی متفاوت دارند. خواص حجمی اغلب مربوط به استحکام قطعه می شوند، مانند استحکام کششی، مقاومت به ضربه و سفتی[۲] در حالی که خواص سطحی مورد نیاز عبارت است از مقاومت به خوردگی، سایش، فرسایش، اصطکاک و.... به ندرت دیده شده که مجموعه

[۱] Cladding

[2] Stiffness

خواص سطحی و حجمی مورد نیاز را بتوان با انتخاب یک ماده تأمین نمود. لذا نیاز به عملیات سطحی و پوشش‌دهی می‌باشد[۱۸]. سطح قطعات صنعتی مهم‌ترین بخش آن است، زیرا بسیاری از شکست‌ها از سطح شروع می‌شود. لذا، حفاظت و مقاوم‌سازی سطح از مسائل بسیار حساس و تعیین‌کننده کیفیت و عمر قطعات و در نهایت کارآیی یک واحد تولیدی و بهای تمام شده محصول می‌باشد. مهندسی سطح شامل کاربرد تکنولوژی‌های سنتی یا نوین عملیات حرارتی و یا انواع عملیات سطحی پوشش‌دهی بر سطح مواد و قطعات حساس مهندسی است. پوشش‌دهی فلز پایه با رسوب فلزی دیگر به منظور افزایش مقاومت به سایش، افزایش مقاومت به خوردگی، افزایش سختی، بهبود هدایت حرارتی، ترمیم یا بازسازی قطعات و... صورت می‌گیرد. نتایج پوشش‌دهی رسوب یک لایه نازک از مواد (به عنوان مثال فلزات و سرامیک) بر روی سطح یک ماده انتخاب شده است. این تغییرات خواص سطحی زیرلایه در اثر ماده رسوب داده شده است. به این ترتیب زیرلایه شامل یک ماده کامپوزیتی با خواصی می شود که قبل از آن با ماده زیرلایه به تنهایی قابل دستیابی نبود[۱۹و۲۰].

برای پوشش دادن‌های سطحی روش‌های متفاوتی وجود دارد، که از جمله این روش‌ها می‌توان به جوشکاری و پاشش حرارتی، رسوب‌دهی الکتریکی، رسوب‌دهی فیزیکی بخار، رسوب‌دهی شیمیایی بخار و پوشش‌دهی لیزر اشاره نمود[۱]. با این حال انتخاب بهترین روش به پارامترهای مختلفی از قبیل اندازه و متالورژی زیرلایه، سازگاری مواد پوشش به روش در نظر گرفته شده، سطح چسبندگی مورد نیاز و در دسترس بودن و هزینه تجهیزات بستگی دارد[۱۹].

۲-۳- انواع روش‌های پوشش دهی

۲-۳-۱- روکش کردن با جوش

روکش‌کردن با جوش[۱]، یک روش رسوب‌دهی با لایه نسبتاً ضخیم و استفاده از مواد پرکننده بر روی سطوح فلزات مختلف است که بیشتر، لایه رسوب داده شده دارای آنالیز و خواص متفاوت از قطعه کار است و پیوند متالورژیکی قوی با زیرلایه ایجاد می‌کند. بنابراین می‌توان برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سختی و یا سایش این نوع پوشش‌دهی را توصیه نمود[۲۱و۲۲]. این تکنیک به طور عمده برای بهبود عمر کاری قطعات مهندسی و تعمیر آنها حتی برای چندین بار و یا برای ساخت دیواره‌های کامپوزیتی مخازن تحت فشار استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر فرآیند روکش‌دهی با جوش به سرعت توسعه یافته است و در صنایع متعددی از قبیل صنایع شیمیایی، نیروگاه‌های بخار و هسته‌ایی، صنایع غذایی و صنایع پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۳].

[۱] weld cladding

روش‌های معمول جوشکاری که برای پوشش دهی استفاده می‌شود عبارتند از: فرآیندهای جوشکاری با گاز سوختنی[۱] (OFW) و جوشکاری قوسی[۲] (AW). جوشکاری با گاز سوختنی فرآیندی است که در آن از گرمای حاصل از شعله گاز برای ذوب مواد پوششی بر روی سطوح قطعه کار استفاده می‌شود. در فرآیند پوشش‌دهی، قطعه کار فقط به طور سطحی ذوب می‌شود. شعله گازی از احتراق گازهای مختلف مانند استیلن، پروپان و هیدروژن به همراه اکسیژن ایجاد می‌شود. جوشکاری اکسی استیلن برای پوشش‌دهی‌های سطحی نواحی که سطح خیلی کوچکی دارد بسیار مناسب می‌باشد. بنابراین برای سخت کاری سطحی سوپاپ‌های بخار، سوپاپ‌های موتور دیزلی و اتومبیل، تیغه‌های برش برای چوب و پلاستیک و... بسیار رضایت‌بخش است. در پوشش‌دهی توسط جوشکاری قوسی، حرارت با استفاده از یک قوس الکتریکی جهت ذوب مواد پوششی بر روی سطح قطعه کار ایجاد می‌شود. قوس الکتریکی در اثر ولتاژ بین الکترود و قطعه کار به وجود می‌آید. جهت پایدار نگهداشتن قوس، فاصله بین الکترود و قطعه کار در فرآیند جوشکاری قوسی باید ثابت نگه داشته شود. انواع روش‌های جوشکاری قوسی که برای پوشش دهی استفاده می‌شوند، شامل جوشکاری قوسی توپودری[۳] (FCAW)، جوشکاری قوسی با الکترود روپوشدار[۴] (SMAW)، جوشکاری قوس فلزی تحت پوشش گاز محافظ[۵] (GMAW)، جوشکاری قوس تنگستن تحت پوشش گاز محافظ[۶] (GTAW)، جوشکاری قوسی زیرپودری[۷] (SAW) و جوشکاری قوس پلاسما[۸] (PAW) است[۲۰ و۲۴].

در جوشکاری قوسی توپودری پارامترهای فرآیند برای پوشش دهی باید ثابت و دسته‌بندی شده باشد تا امکان جوشکاری قوسی اتوماتیک و روباتیک فراهم شود[۲۱]. مزایای پوشش‌دهی با استفاده از فرآیند جوشکاری قوسی توپودری سبب گسترش کاربرد این فرآیند است. از جمله مهم‌ترین این مزایا می‌توان به موارد ذکر شده در ذیل اشاره نمود[۲۵]:

- نرخ رسوب بالا
- کیفیت بالای مواد رسوب داده‌شده
- ظاهر پوشش بسیار خوب، صاف و یکنواخت

---

[1] Oxyfuel gas welding
[2] Arc welding
[۳] Flux cored arc welding
[۴] Shielded metal arc welding
[۵] Gas metal arc welding
[۶] Gas tungsten arc welding
[۷] Submerged arc welding
[۸] Plasma arc welding