بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمد محمودیان پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان بررسی خصوصیات ریز ساختاری کامپوزیت زمینه نیکلی ایجاد شده در محل با استفاده از لیزر پالسی** در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۲ 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 فرشید مالك قائینی	استادیار	
استاد مشاور	مهندس محمد جواد ترکمنی	مربی	
استاد ناظر	دکتر امیر عبداله زاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر سیدمحمدمهدی هادوی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر امیر عبداله زاده	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

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 نگارنده در رشته مهندسی مواد- شناسایی و انتخاب مواد است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر فرشید مالک قائینی، مشاوره جناب آقای محمدجواد ترکمنی 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 محمد محمودیان دانشجوی رشته مهندسی مواد- شناسایی و انتخاب مواد مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد محمودیان

تاریخ و امضا:

۹۱/۶/۱۸

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.

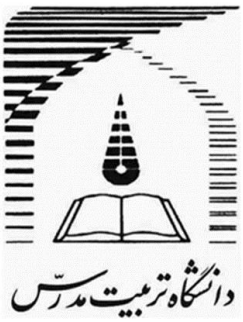
ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ 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

محمد محمودیان

امضاء



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی و علم مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

بررسی خصوصیات ریزساختاری کامپوزیتهای زمینه نیکلی ایجاد شده درجا با استفاده از لیزر پالسی

نگارنده

محمد محمودیان

استاد راهنما

دکتر فرشید مالک

استاد مشاور

مهندس محمدجواد ترکمنی

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به:

شهدای علم و فضیلت

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم از راهنمایی های کارگشای جناب آقای دکتر مالک و مشاوره‌ی دلسوزانه‌ی جناب آقای مهندس ترکمنی و همکاری بی دریغ متخصصان مرکز علوم و فنون لیزر ایران، جناب آقایان چهرقانی و حامدی و مباحثه های سودمند جناب آقایان مهندسین فرنیا و شیخی و دوستان همراه در آزمایشگاه های ۱۵۵-۱۵۷، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۵-۲۵۹، ۴-۹ و ۴-۱۰ کمال قدردانی و تشکر را داشته باشم. از خانواده‌ی عزیزم که با صبوری پشتوانه ام بودند نیز برای همیشه ممنونم.

چکیده

روکش کاری لیزری در صنعت و تحقیقات علمی به طور روز افزون رواج یافته است. رویکرد متفاوتی در مواد استفاده شده در روکش کاری لیزری استفاده از مخلوط پودرهای عناصر خالص به عنوان مواد خام و ایجاد آلیاژ به صورت در جا می باشد. هدف این تحقیق بررسی امکان پذیری لایه نشانی لیزری برای ایجاد کامپوزیت زمینه فلزی (MMC) با استفاده از پودر عناصر خالص توسط لیزر پالسی Nd:YAG با توان کم می باشد. از روکش کاری لیزری با روش پیش نشانی برای ایجاد پوشش MMC از مخلوط پودرهای عناصر خالص شامل ۷۵درصد وزنی نیکل و عناصر تشکیل دهنده‌ی آلیاژ سخت شامل ۲۵درصدوزنی مجموع پودر تانتالم و کربن استفاده شد.

اثرات پارامترهای لیزری و فرایندی و ترکیب پوشش بر تشکیل تخلخل بررسی شد. با افزودن مقادیر مناسبی پودر فلورایدکلسیم به عنوان فلاکس و پودر آلومینیم به عنوان اکسیژن زدا به بستر پودر پیش نشانده می توان به لایه های بدون تخلخلی دست یافت.

پوشش آلیاژی سخت کاربیدتانتالم/نیکل با واکنش تانتالم و کربن در حوضچه‌ی مذاب ایجاد شد. نتایج مقطع عرضی پوشش تک پاس، مقدار رقیق شدگی، سختی سطحی و ریزساختارهای ایجاد شده در شرایط روکش کاری مختلف ارائه و بحث شده و پارامترهای بهینه‌ی روکش کاری برای دستیابی به نمونه های MMC با بیشینه‌ی کیفیت تعیین شده است. از میکروسکوپ نوری، SEM، EDS و XRD و اندازه گیری ریزسختی برای بررسی ویژگی های ریزساختاری و سختی نمونه های MMC استفاده شده است. نتایج نشانگر تشکیل پوشش بدون ترک با دو نوع فاز بوده است: زمینه‌ی نرم بدون تخلخل و فاز سخت توزیع شده در زمینه. آنالیز ترکیب شیمیایی EDS نشانگر عدم حضورتانتالم و یا کربن در زمینه‌ی نمونه ها بوده است. آنالیز XRD نشان داد که محصول نهایی شامل فازهای TaC و NiFe می باشد. اندازه‌ی ذرات TaC تشکیل شده کوچک و با اندازه‌ی متوسط کمتر از ۲ میکرومتر می‌باشد. به علت تشکیل درجای ذرات کاربیدتانتالم در حوضچه‌ی مذاب، کاربیدتانتالم پیوند فصل مشترکی خوبی با نیکل دارد.

کلمات کلیدی: کامپوزیت زمینه فلزی، آلیاژسازی درجا، روکش کاری لیزری، لیزر پالسی

فهرست

فصل اول

مقدمه ۱

فصل دوم

مروری بر منابع ۴

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۱-۱ ویژگی های لیزر ۵

۲-۱-۲-۱ کاربرد انواع لیزر ۶

۲-۱-۳ قابلیت جذب فلزات نسبت به طول موج ها در دماهای مختلف ۷

۲-۲ فرایندهای بر پایه‌ی لیزر ۷

۲-۲-۱برتری فرایندهای بر پایه‌ی لیزر ۹

۲-۳ روکش کاری لیزری ۵

۲-۳-۱ روکش کاری لیزری با روش پیش نشانی ۱۱

۲-۳-۲ پارامترهای فنی روکش کاری با لیزر ۱۱

۲-۳-۳ جنبه های مورد توجه روکش کاری لیزری ۱۲

۲-۳-۴ روکش کاری لیزری در رقابت با روش های دیگر ۱۳

۲-۴ پوشش های کامپوزیتی زمینه فلزی ۱۳

۲-۴-۱ زمینه ها در کامپوزیت زمینه فلزی ۱۴

۲-۴-۲ فاز سخت در کامپوزیت های زمینه فلزی ۱۶

۲-۴-۳ اندرکنش ذرات و زمینه ۱۸

۲-۴-۴ملاحظات مقاومت به سایش ۲۰

۲-۴-۵ اثر افزودنی ها در کامپوزیت های زمینه فلزی ۲۰

۲-۴-۶ مشکلات افزودن فاز سخت کامپوزیت زمینه فلزی ۲۲
۲-۴-۷ سنتز درجا ۲۲
۲-۴-۷-۱ پژوهش های انجام شده در زمینه ۲۳
۲-۴-۷-۲ استفاده از تانتالم و کربن برای بهبود خواص ۲۴
۲-۵ رویکرد پژوهش حاضر ۲۷
فصل سوم
مواد و روش تحقیق ۲۸
۳-۱ مواد و تجهیزات ۲۹
۳-۱-۱ زیرلایه ۲۹
۳-۱-۲ پودر ۳۰
۳-۱-۳ انتخاب چسب ۳۱
۳-۱-۴ تجهیزات لیزر ۳۲
۳-۲ روش تحقیق ۳۲
۳-۲-۱ بررسی اثر چسب ۳۴
۳-۲-۱-۱ تغییر نسبت چسب سیلیکات سدیم به پودر ۳۴
۳-۲-۱-۲ رقیق نمودن چسب سیلیکات سدیم با آب مقطر ۳۵
۳-۲-۱-۳ بررسی اثر چسب پلی وینیل الکل ۳۵
۳-۲-۱-۴ بررسی اثر چسب استات سلولز ۳۵
۳-۲-۲ بررسی اثر تغییر پارامترهای فرآوری لیزری ۳۶
۳-۲-۳ تغییر اندازه‌ی پودر نیکل ۳۷
۳-۲-۴ رفع تخلخل ۳۸
۳-۲-۴-۱ اثر تغییر پارامترهای پیش نشانی ۳۸
۳-۲-۴-۲ اثر تغییر پارامترهای فرآوری لیزری ۳۸

۳-۲-۵ ایجاد کامپوزیت زمینه نیکلی از پودرهای نیکل، گرافیت و تانتالم ۴۰
۳-۲-۵-۱بررسی تأثیر عرض پالس بر کیفیت لایه های ایجادی ۴۱
۳-۲-۵-۲ اثر تغییر هم پوشانی پالس ها در کیفیت لایه های ایجادی ۴۱
۳-۲-۶ روال آماده سازی نمونه ۴۲
۳-۲-۶-۱زیرلایه ۴۲
۳-۲-۶-۲ آماده سازی و گستردن خمیر ۴۲
۳-۳ آزمایش های انجام شده برای بررسی پوشش ۴۳
فصل چهارم
نتایج و بحث ۴۵
۴-۱ مقدمه ۴۶
۴-۲ بررسی اثر چسب ۴۶
۴-۲-۱ تغییر نسبت پودر نیکل خالص به چسب سیلیکات سدیم ۴۷
۴-۲-۲ رقیق نمودن چسب سیلیکات سدیم با آب مقطر ۵۰
۴-۲-۳ چسب پلی وینیل الکل ۵۱
۴-۲-۴ چسب استات سلولز ۵۱
۴-۴ بررسی اثر تغییر پارامترهای فرآوری لیزری ۵۲
۴-۴-۱ اثر درصد هم پوشانی پالس ها ۵۳
۴-۴-۲ اثر قله‌ی توان ۵۵
۴-۵ لایه نشانی پودر نیکل با اندازه‌ی متوسط ۴۵ میکرومتر ۵۶
۴-۶ تحلیل و شناسایی منشأ تخلخل ۵۸
۴-۶-۱ تخلخل در اثر گاز محبوس در پودر ۵۸
۴-۶-۲ تخلخل به علت حساسیت جوشکاری نیکل ۵۸
۴-۶-۳ تخلخل در اثر چسب مورد استفاده ۵۹
۴-۷ کاهش تخلخل ۵۹

۴-۷-۱ اثر تغییر در پارامترهای پیش نشانی ۶۰
۴-۷-۱-۱ کاهش ضخامت بستر پودر و افزایش دمای خشک شدن خمیر ۶۰
۴-۷-۱-۲ تغییر چسب ۶۰
۴-۷-۲ تغییر در پارامترهای فرآوری لیزری ۶۲
۴-۷-۲-۱ ذوب مجدد لایه‌ی ایجاد شده ۶۲
۴-۷-۲-۲ افزایش زمان روشن بودن پرتو لیزر ۶۳
۴-۷-۲-۳ اثر ذوب مجدد لایه از طریق تابش لیزر در مسیرهای با هم پوشانی جانبی ۶۴
۴-۷-۳ اثر آلومینیم و فلوراید کلسیم در کاهش تخلخل ۶۴
۴-۷-۴ جمع بندی راه کارهای کاهش تخلخل ۶۵
۴-۸ ایجاد کامپوزیت زمینه نیکلی ۶۶
۴-۸-۱ اثر پارامترهای لیزری در کیفیت لایه های کامپوزیتی حاصل ۶۷
۴-۸-۱-۱ اثر تغییر عرض پالس بر ویژگی های لایه ۶۸
۴-۸-۱-۲ اثر هم پوشانی پالس ها بر ویژگی های لایه ۷۶
۴-۸-۲ سختی سنجی ۸۲

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۴
۵-۱ نتیجه گیری ۸۵
۵-۲ پیشنهادها ۸۶
مراجع ۸۷

فهرست جدولها

شماره صفحه

جدول۲-۱ مقایسه‌ی سیستم های لیزری با توان بالا ۶

جدول ۲-۲ پژوهش های سال های اخیر سنتز در جای ذرات تقویت کننده در زمینه های فلزی ۲۳

جدول ۳-۱ ترکیب شیمیایی فولاد St14 استفاده شده به عنوان زیرلایه ۳۰

جدول ۳-۲ مشخصات پودر زمینه‌ی پوشش ۳۰

جدول ۳-۳ پارامترهای لایه نشانی لیزری برای تعیین مقدار چسب ۳۴

جدول۳-۴ نمونه های با نسبت مختلف پودر به چسب ۳۴

جدول ۳-۵ نمونه های با نسبت آب به چسب مختلف ۳۵

جدول ۳-۶ ترکیب بهینه‌ی نسبت حلال و پودر استات سلولز برای ایجاد چسب مناسب ۳۵

جدول۳-۷ پارامترهای لایه نشانی لیزری برای بررسی تاثیر قله‌ی توان و هم پوشانی پالس ها ۳۷

جدول۳-۸ پارامترهای لایه نشانی لیزری برای بررسی تاثیر قله‌ی توان و هم پوشانی پالس ها ۳۹

جدول۳-۹ پارامترهای لایه نشانی لیزری برای بررسی اثر هم پوشانی جانبی ۴۰

جدول۳-۱۰ پارامترهای لایه نشانی لیزری کامپوزیت برای بررسی اثر عرض پالس ۴۱

جدول ۳-۱۱ پارامترهای لایه نشانی لیزری برای بررسی اثر تغییر هم پوشانی پالس ها ۴۲

جدول ۴-۱ ویژگی های هندسی مقطع عرضی نمونه های بررسی اثر تغییر نسبت پودر به چسب ۴۸

جدول ۴-۲ ویژگي هاي هندسي مقطع عرضي نمونه هاي لايه نشاني پودر نيكل خالص ۱۰ ميكروني براي بررسي اثر تغيير نسبت آب مقطر به چسب سيليكات سديم ۵۰

جدول ۴-۳ ویژگی های هندسی مقطع عرضی نمونه های بررسی اثر تغییر قله توان و هم پوشانی پالس ها ۵۲

جدول ۴-۴ زمان ذوب ذرات پودر نیکل خالص با اندازه‌ی متوسط ۱۰ و ۴۵ میکرومتر با استفاده از رابطه‌ی ۴-۱ ۵۷

جدول ۴-۵ ویژگی های هندسی مقطع عرضی نمونه های بررسی اثر تغییر عرض پالس ۶۹

جدول ۴-۶ ترکیب عنصری مربوط به ذرات سفید رنگ نمونه‌ی H1 , H4 ۷۲

جدول ۴-۷ ترکیب عنصری مربوط به زمینه‌ی تیره‌ی نمونه‌ی H1 , H4 ۷۳

جدول ۴-۸ ترکیب عنصری مربوط به ذرات سفید رنگ نمونه‌ی I2 و I5 ۸۰

جدول ۴-۹ ترکیب عنصری مربوط به زمینه‌ی تیره‌ی نمونه‌ی I2 و I5 ۸۰

فهرست شکلها

شماره صفحه

شکل ۲-۱ نمودار چگالی توان لیزر و زمان بر هم کنش پرتو برای فرایندهای لیزری مختلف ۸

شکل ۲-۲ روش های مختلف لایه نشانی با لیزر ۱۰

شکل ۲-۳ پارامترهای لیزر پالسی ۱۲

شکل ۲-۴ نمودار فازی تعادلی تانتالم-کربن ۲۶

شکل ۳-۱ مشخصات فرایند روکش کاری لیزری دو مرحله ای ۲۹

شکل ۳-۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر نیکل ۳۱

شکل ۳-۳روال انجام آزمایش ها ۳۳

شکل ۳-۴ تفاوت هم پوشانی پالس ها وهم پوشانی پاس ۴۰

شکل ۳-۵ شکل شماتیک مقطع عرضی پوشش ۴۳

شکل ۴-۱ سطح نمونه تحت تابش لیزر با نسبت پودر نیکل خالص ۱۰میکرونی به چسب سیلیکات سدیمgr/cc ۵. ۴۸

شکل ۴-۲ مقطع عرضی نمونه های بررسی اثر تغییر نسبت پودرنیکل خالص ۱۰ میکرونی به چسب سیلیکات سدیم ۴۹

شکل ۴-۳ مقطع عرضی نمونه های لایه نشانی پودر نیکل خالص ۱۰ میکرونی ۵۰

شکل ۴-۴ نمای سطح نمونه‌ی پودر نیکل خالص ۱۰ میکرونی پیش نشانی شده با چسب پلی وینیل الکل ۵۱

شکل ۴-۵ مقطع عرضی نمونه های لایه نشانی پودر نیکل خالص ۱۰ میکرونی برای بررسی اثر تغییر درصد هم پوشانی ۵۳

شکل۴-۶ الف) نمودار حاصل از محاسبات تئوری موقعیت جبهه مذاب در طول پوشش دهی لیزری بستر پودر پیش نشانده ۵۴

شکل ۴-۶ ب) تغییرات شکل مذاب با گذشت زمان ۵۴

شکل ۴-۷ مقطع عرضی نمونه های پوشش نیکل خالص با هم پوشانی پالس ۸۰٪ بررسی اثر تغییر قله‌ی توان ۵۵

شکل۴-۸ مقطع عرضی نمونه های لایه نشانی پودر ۴۵ میکرونی با پارامترهای لیزری ثابت ۵۶

شکل ۴-۹ مقطع عرضی نمونه‌های با ضخامت بستر پودر متفاوت نیکل خالص ۴۵ میکرونی با پارامترهای لیزری ثابت ۶۰

شکل۴-۱۰ مقطع عرضی لایه‌ی حاصل از پیش نشانی خمیر نیکل خالص ۴۵ میکرونی با استات سلولز ۶۱

شکل ۴-۱۱ مقطع عرضی و طولی لایه‌ی حاصل از پودر نیکل خالص ۴۵ میکرونی بعد از قرارگیری تحت تابش لیزر۳مرتبه در طول یک مسیر ۶۳

شکل ۴-۱۲ مقطع عرضی و طولی نمونه های فرآوری شده برای بررسی اثر عرض پالس ۶۳

شکل۴-۱۳ مقطع عرضی حاصل از لایه نشانی نیکل خالص در مسیرهای با هم پوشانی جانبی ۵۰٪ ۶۴

شکل ۴-۱۴ مقطع عرضی نمونه‌ی حاصل از لایه نشانی نیکل خالص با افزودن ۴٪ آلومینیم و ۵٪ فلورایدکلسیم ۶۵

شکل ۴-۱۵ مقطع عرضی نمونه‌ی لایه نشانی کامپوزیتی در مسیرهای با هم پوشانی جانبی ۵۰٪ ۶۷

شکل۴-۱۶ مقطع عرضی نمونه‌ی حاصل از لایه نشانی کامپوزیت در یک پاس تابش لیزر ۶۸

شکل ۴-۱۷ مقطع عرضی نمونه‌های حاصل از لایه نشانی کامپوزیت با پارامترهای لیزری فرکانس ۱۲ Hz و هم پوشانی پالس ۷۵٪ برای بررسی اثر عرض پالس ۶۸

شکل ۴-۱۸ تصویر BSE مقطع عرضی نمونه های کامپوزیتی... ۷۱

شکل ۴-۱۹ تصویر BSE نمونه های کامپوزیتی در عرض پالس متفاوت و فرکانس ۱۲ Hz ، انرژی پالس ۱۸,۳۳jو هم پوشانی پالس ۷۵٪ ۷۲

شکل۴-۲۰ نمودار فازی دوتایی حالت تعادل تانتالم، نیکل و آهن ۷۶

شکل۴-۲۱ هم پوشانی پالس ها و پاس های کنار هم در چهار پاس متوالی ۷۷

شکل۴-۲۲ تصویر سطح پوشش کامپوزیتی فرآوری شده با پارامترهای... ۷۷

شکل ۴-۲۳ مقطع عرضی نمونه‌هایپوشش کامپوزیتی ۷۸

شکل۴-۲۴ تخلخل بین پاس ها در هم پوشانی جانبی بیشتر از ۵۰٪ ۷۸

شکل۴-۲۵ تصویر BSE نمونه‌های فرآوری شده با هم پوشانی پالس الف) ۸۴٪ و ب) ۷۵٪ ۸۰

شکل ۴-۲۶ تصویر آنالیز فازیXRD نمونه‌ی I2 فرآوری شده با هم پوشانی پالس ۸۴٪ ۸۱

شکل۴-۲۷ منطقه‌ی عدم اختلاط فلز پایه در طول مرز ذوبی ۸۲

شکل۴-۲۸ تغییرات سختی نمونه های I2با هم پوشانی پالس ۸۴٪ و I5 با هم پوشانی پالس ۷۵٪ ۸۳

فصل اول

مقدمه

ایجاد آلیاژ با ترکیب و خواص دلخواه با استفاده از پودر عناصر خالص و لایه نشانی لیزری روش نسبتاً جدیدی می‌باشد. در این روش واکنش بین ذرات در حوضچه‌ی مذاب در منطقه‌ای محدود رخ می‌دهد. بنابراین می‌توان روی سطح قطعات در معرض شرایط ساینده و یا خورنده به صورت موضعی و بدون تغییر در خواص توده‌ی ماده با ذوب لایه‌ای نازک از سطح و با استفاده از ترکیب پودری مناسب خواص سطحی را بهبود بخشید. کامپوزیت های زمینه فلزی تقویت شده با ذرات سخت ایجاد شده درجا[1] اخیراً مورد توجه روزافزون قرار گرفته است. فاز سخت در این روش به صورت در جا و هنگام فرآوری لیزری ایجاد می شود. بنابراین فصل مشترک فازهای سخت سازگاری بیشتری با زمینه داشته و پیوند مناسب تری با زمینه نسبت به فازهای سخت از قبل ایجاد شده دارد. زمینه‌ی فلزی این کامپوزیت ها معمولاً آهن، کبالت و یا نیکل می باشند. نیکل با خواص عالی از نظر خوردگی در سال‌های اخیر به علت ملاحظات زیست محیطی جایگزین کبالت به عنوان زمینه در کامپوزیت های زمینه فلزی با کاربرد دما بالا شده است. برای ایجاد فاز سخت نیز ذرات کاربیدی و نیتریدی مختلفی در زمینه‌ی کامپوزیت ها ایجاد شده است. در بین این ذرات سخت، کاربیدتانتالم با دمای ذوب بسیار بالا و پایداری حرارتی و شیمیایی عالی به ویژه در کاربردهای مقاوم به سایش و خوردگی دما بالا استفاده می شود.

هدف از این تحقیق بررسی امکان پذیری لایه نشانی لیزری برای ایجاد کامپوزیت زمینه فلزی (MMC) با استفاده از پودر عناصر خالص نیکل، تانتالم و کربن توسط لیزر پالسی Nd:YAG با توان کم و دستیابی به درک بهتری از فرایند روکش کاری لیزری با استفاده از پودر عناصر خالص می باشد. مقالات بسیار کمی در مورد روکش کاری لیزری پودر تانتالم/کربن/نیکل برای ایجاد آلیاژ سخت TaC/Ni توسط واکنش در جا منتشر شده است. از سوی دیگر ایجاد روکش های سخت با استفاده از عناصر خالص و لیزر پالسی تاکنون در کشور سابقه نداشته است. روش دو مرحله ای روکش کاری لیزری با پیش نشانی بستر پودر با مقدار اندکی چسب بر روی زیرلایه‌ی فولاد کم کربن و سپس ایجاد پوشش با پیوند متالورژیکی با زیرلایه توسط تابش لیزر پالسی Nd:YAG استفاده شده است. از فولاد St14 به عنوان زیرلایه استفاده شد. فولاد کم کربن St14 عمدتاً شامل آهن بوده و فقط با ورود آهن در رقیق شدن ترکیب پوشش تأثیر می گذارد. بنابراین نبود عناصر آلیاژی سبب ساده سازی بررسی پوشش شده است.

لیزر پیوسته به طور وسیعی در حوزه ی مهندسی سطح با لیزر مورد استفاده قرار می گیرد ولی مطالعات پیرامون ایجاد پوشش توسط لیزر پالسی با کمبود روبرو است. عرض پالس کوتاه و قله‌ی توان بالا در لیزر پالسی با ایجاد عمق ذوب کافی سبب ایجاد سرعت سرد شدن بالاتر حوضچه‌ی مذاب در مقایسه با لیزر پیوسته می شود. بنابراین انتظار می رود که پوشش با ریزساختار ظریف حاصل شود.

[1] In-situ synthesized hard particles reinforced Metal matrix composites

باید توجه داشت که تفاوت اصلی بین مطالعات انجام شده در ایجاد کاربیدتانتالم با پژوهش حاضر، سینتیک واکنش تانتالم و کربن می‌باشد. در فرآوری لیزری شرایط با شرایط تعادلی نمودار فازی متفاوت می باشد. با افزایش سرعت انجماد که مشخصه‌ی فرآیندهای لیزری است، حد حلالیت کاهش می‌یابد. لذا امکان تشکیل کاربید در درصدهایی کمتر از مقادیر مشخص شده در نمودارهای فازی تعادلی وجود دارد.

سؤالات مطرح در این تحقیق شامل چگونگی ایجاد آلیاژ سخت با ترکیب و خواص دلخواه به صورت درجا با استفاده از مخلوط پودر عناصر خالص و توسط لیزر پالسی، تأثیر پارامترهای فرآوری لیزری بر رقیق شدن ترکیب پوشش، تغییر اندازه‌ی کاربیدها در ترکیب کامپوزیت و تأثیر هم پوشانی پالس ها بر آلیاژ حاصل می باشد.

این تحقیق با همکاری متخصصان مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران انجام شده است.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱ مقدمه

امروزه مصرف انرژی، هزینه‌ی تولید و طول عمر قطعات از مهم ترین نگرانی های صنایع می‌باشد. رقابت و چالش روزافزون بین صنایع، نیرو محرکه‌ای برای یافتن فرایند و یا تکنیک های جایگزین برای تولید محصولات کارا با کیفیت سطحی عالی و کمترین قیمت تمام شده می‌باشد. قطعات در شرایط بارگذاری ساینده به علت از دست دادن خواص مکانیکی و سطحی خود نیازمند تعویض می‌باشند. از این رو سالانه صنایع تولیدی چندین میلیارد دلار صرف جایگزینی اجزا و یا قطعات دارای ارزش افزوده می نمایند[۱]. روش های بهبود خواص سطحی با لیزر انتخاب بهتری برای تعمیر قطعات به منظور صرفه جویی در هزینه، مواد و زمان برای افزایش طول عمر سرویس می‌باشد[۲]. در سال های اخیر مهندسی سطح با استفاده از لیزر به علت ویژگی های منحصر به فرد و قابلیت های بهره گیری از آن در کاربردهای مختلف گسترش یافته است[۳]. کاربرد متداول مهندسی سطح از طریق لیزر، بهبود مقاومت به سایش و خوردگی است.

۲-۱-۱ ویژگی های لیزر

لیزر مخفف "تقویت نور با نشر تابش تهییج شده"[1] منبع تابشی با فرکانس نوری، پیوسته، قابل کنترل و دارای توان بالا است. پاول و استین [۴] ویژگی های لیزر را این چنین توصیف نموده اند:

۱- دقیق، تمیز و تک رنگ بودن انرژی و از نوع الکترومغناطیس بودن تابش.

۲- روشنی، جهت داری و پیوستگی بالا و توزیع فضایی و زمانی منحصر به فرد.

۳- شکل پرتو به آسانی، به سرعت و به دقت قابل تغییر است.

۴- پرتو توسط میدان های مغناطیسی منحرف نمی شود.

۵- برخلاف پرتو الکترونی، عملکرد لیزر مستلزم برقراری شرایط خلأ نمی‌باشد.

۲-۱-۲ کاربرد لیزر

کاربرد لیزر از زمان پیدایش آن در دهه‌ی ۱۹۶۰ [۵] به عنوان ابزاری ارزشمند در صنعت، خودروسازی، کشتی‌رانی، هوافضا، تحقیقات علمی، ارتباطات، درمان، حوزه‌ی نظامی و هنر به صورت نمایی گسترش یافته است. این استفاده‌ی وسیع به این علت بوده است که به جای استفاده از چند دستگاه برای جوشکاری، سخت کاری، برش، ماشین کاری و ... یک دستگاه لیزر قادر به انجام تمامی فرایندهای مرتبط با این کاربردها بوده است. امروزه استفاده از لیزرها را نمی توان به حوزه‌ی خاصی محدود نمود. متمرکز نمودن پرتو لیزر با توان بالا در یک نقطه‌ی کوچک منجر به ایجاد چگالی توان بسیار

[1] Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation