دانشکده مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی مواد- خوردگی وحفاظت از مواد

بررسی خواص پوشش آلفا آلومینايد بر سوپر آلیاژ پایه نیکل و پوشش MCrAlY به روش الکترو لیتیک پلاسما

به وسیله‌ی

الناز بهادری

استادان راهنما

دکتر سیروس جوادپور

دکتر محمد حسین شریعت

بهمن 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب الناز بهادری دانشجوی رشته مهندسی مواد گرایش خوردگی و حفاظت از مواد دانشکده مهندسی، اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاد کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین اظهار میکنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: الناز بهادری

تاریخ و امضاء: 1391/2/31

تقدیم به پدر، مادر و برادر عزیزم که در تمامی مراحل زندگی

همواره حامی من بوده اند

سپاسگزاری

سپاس می گزارم خدای بزرگ را که نعمت وجود پدر و مادر مهربان و استادان ارزشمند را به من ارزانی داشت و افتخار در خدمت اشان بودن را نصیبم کرد. اکنون که این رساله به پایان رسیده است، شرط ادب است که در اول دفتر، از استاد ارجمند جناب آقای دکتر سیروس جوادپور تشکر و قدردانی نمایم که در تمامی مقاطع تحصیلی همچون پدری مهربان، هدایت کننده و راهنمای من بوده اند و از هیچ تلاشی دریغ نکرده اند. سپس از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمد حسین شریعت که در تمام مراحل تدوین این رساله مرا راهنمایی کردند و دانش خود را بیدریغ در اختیار من قرار دادند، صمیمانه سپاسگزاری کنم. بی شک بدون دستگیری و بر رسی موشکافانه این اساتید، این رساله سامان نمی یافت.

همچنین از سر کار خانم دکتر فاطمه محزون که همواره با روی گشاده در طول پروژه و مراحل بعد از آن مرا یاری کردند، تشکر می نمایم.

از اعضای محترم کمیته جناب اقای دکتر محمد ابراهیم بحر العلوم و همچنین دکتر مهدی جاویدی که با راهنمایی های صمیمانه خود مرا در اتمام این پایان نامه همراهی کردند، سپاسگزارم.

چکیده

بررسی خواص پوشش آلفا آلومیناید بر سوپر آلیاژ پایه نیکل و پوشش MCrAlY به روش الکترو لیتیک پلاسما

به کوشش

الناز بهادری

سوپر آلیاژهای پایه ی نیکل کاربرد فراوانی در ساخت پره های توربین و قطعات مورد استفاده در دمای بالا دارند. به منظور افزایش مقاومت به خوردگی و سایش دما بالا، اعمال پوشش برای حفاظت از این مواد در معرض گازهای داغ و مواد ساینده ضروری می باشد. در این تحقیق آلومینا (Al_2O_3) به عنوان پوشش سرامیکی مقاوم به خوردگی و سایش در دمای بالا بر آلیاژ اینکونل (IN738) و همچنین آلیاژ اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY، با روش الکترولیتیک پلاسمای کاتدی (CPED)، داده شد. عملیات پوشش دهی در محلول اتانول حاوی $Al(NO_3)_3.9H_2O$ در pH های اسیدی، خنثی و بازی انجام گرفت. بررسی نتایج آنالیز XRD از ترکیب شیمیایی سطح پوشش، حضور α-Al_2O_3 را به عنوان فاز اصلی وNi_3Al را به عنوان یک فاز بین فلزی بر هر دو نمونه نشان داد. تغییر در ترکیب شیمیایی در طول سطح مقطع پوشش با آنالیز EDX و در نهایت مورفولوژی سطح پوشش ها در pH های مختلف با میکروسکپ الکترونی (SEM)، بررسی شد. به منظور بررسی خواص مکانیکی پوشش ها بر روی هر دو نوع نمونه، تست سختی، زبری و سایش انجام گرفت. سختی گرفته شده از سطح و همچنین سطح مقطع نمونه های پوشش دار توسط دستگاه Micro Hardness، نشان دهنده ی افزایش سختی با اعمال پوشش می باشد. زبری سطح نمونه ها توسط دستگاه Micro Roughness، انجام گرفت و همچنین تست سایش pin on disk، به منظور بررسی مقاومت به سایش پوشش ها بر روی نمونه ها انجام گرفت. مقاومت به خوردگی پوشش ها توسط دستگاه پتانسیو استات ود ر محلول 3/5٪ کلرید سدیم انجام گرفت. نتایج تست خوردگی حاکی از بهبود خواص خوردگی در هر دو نمونه بعد از عملیات پوشش‌گیری می باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **2**

فصل دوم: مروری بر منابع

2-1- سوپر آلیاژها 5

2-1-1- ساختار متالورژیکی سوپرآلیاژها 5

2-1-2-سوپرآلیاژهای پایه نیکل 6

2-1-3- اینکونل 738، **(IN738)** 7

2-2-پوشش‌های دما بالا 8

2-2-1-پوشش‌های نفوذی 9

2-2-2- پوشش‌های روکشی 10

2-2-2-1- نقش عناصر آلیاژی بر خواص پوشش‌های MCrAlY 10

2-2-3-پوشش‌های عایق حرارتی 11

2-3-عملیات پوشش‌دهی پلاسمایی الکترولیتی 13

2-3-1- تاریخچه 13

2-3-2-اصول فیزیکی و شیمیایی روش الکترولیتیک پلاسما 13

2-3-3-خصوصیات جریان-ولتاژ 15

2-3-4-مکانیزم‌های فرآیند **EPT** 17

2-3-5-تاثیر پارامترهای مختلف بر **EPP** یا **PEO** 20

2-3-6- مزایای استفاده از روش الکترولیتیک پلاسما 20

2-3-7-ترکیب پوشش‌دهی با **EPP** و روش‌های دیگر 21

2-4-آلومینا و خواص آن 21

2-4-1-ساختارآلومینا 23

2-4-2-خواص آلومینا 24

عنوان **صفحه**

2-4-3-کاربرد آلومینا 25
2-5- استفاده از روش الکترولیتیک پلاسما جهت تولید پوشش آلومینا 26
2-5-1-مقایسه‌ی پوشش‌دهی با روش الکترولیتیک پلاسما و روش‌های دیگر 28

فصل سوم: مواد و روش تحقیق

3-1-تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز 31
3-2-آماده‌سازی نمونه‌ها 31
3-3-تهیه محلول پوشش‌دهی توسط روش الکترولیتیک پلاسما 32
3-4-عملیات پوشش‌دهی با روش الکترولیتیک پلاسمای کاتدی (**PED**) 33
3-5-تست‌ها و آنالیزهای پس از پوشش‌دهی 34
3-5-1-بررسی مورفولوژی و ریز ساختارها 34
3-5-2-تست سایش 34
3-5-3-تست سختی 36
3-5-3-1-تست میکرو سختی 36
3-5-3-2-تست سختی ویکرز 36
3-5-4-تست زبری 37
3-5-5-بررسی رفتار خوردگی 38

فصل چهارم: نتایج و بحث

4-1- تولید پوشش اکسید آلومینیوم با روش الکترولیتیک پلاسمای کاتدی 42
4-2- توضیح راجع به واکنش های انجام شده 45
4-3- بررسی ریزساختار و مورفولوژی سطح 48
4-3-1- بررسی مورفولوژی سطح پوشش ها بر آلیاژ اینکونل 48
4-3-2- بررسی مورفولوژی سطح پوشش ها بر زیر لایه ی **MCrAlY** 50
4-4- آنالیز ترکیب شیمیایی پوشش ها 53
4-4-1- بررسی ترکیب شیمیایی پوشش ها بر سوپر آلیاژ پایه ی نیکل 53
4-4-2- بررسی ترکیب شیمیایی پوشش بر زیر لایه ی **MCrAlY** 56
4-5- خواص مکانیکی 59
4-5-1- خواص سایشی 59

عنوان **صفحه**

4-5-1-1- بررسی اثر سایش بر نمونه اینکونل و نمونه ی پوشش دار 59
4-5-1-2- بررسی اثر سایش بر نمونه اینکونل با زیر لایه ی **MCrAlY**
و نمونه پوشش دار 62
4-5-2- اصطکاک 64
4-5-3- سختی سطح 65
4-5-3-1- سختی سطح نمونه ی اینکونل و نمونه ی پوشش دار 65
4-5-3-2- سختی سطح نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی **MCrAlY**
و نمونه ی پو شش دار 67
4-5-4- زبری 68
4-6- بررسی رفتار خوردگی 69
4-6-1 بررسی رفتار خوردگی نمونه ی اینکونل بدون پوشش ونمونه
با پوشش Al_2O_3 69
4-6-2- بررسی رفتار خوردگی نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی **MCrAly**
بدون پوشش ونمونه با پوشش Al_2O_3 72

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1- نتیجه گیری 77
5-2- پیشنهادات 78

فهرست منابع و مأخذ 79

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول 1- تاثیر عناصر آلیاژی در سوپر آلیاژها..... 6
جدول 2- تاثیر عناصر آلیاژی مختلف بر خواص پوشش‌های MCrAlY..... 10
جدول 3- تحولات غیر قابل تغییر در سیستم Al_2O_3 23
جدول 4- بعضی از خواص آلومینا 25
جدول 5- مهمترین کاربردهای آلومینا..... 25
جدول 6- اشکال بلوری آلومینا..... 26
جدول 7- ترکیب IN738 LC (wt%) 31
جدول 8- ترکیب شیمیایی حمام الکترولیت ها حجم کل محلول 1 لیتر می باشد..... 42
جدول 9- ترکیب شمیایی حمام الکترولیت با pH های مختلف حجم کل
محلول 1 لیتر می باشد..... 45
جدول 11- بررسی نتایج خوردگی بر اینکونل با پوشش Al_2O_3 و بدون پوشش Al_2O_3..... 71
جدول 12- بررسی نتایج خوردگی بر زیر لایه ی MCrAlY با پوششAl_2O_3
و بدون پوششAl_2O_3 73

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل1- تصویری از توزیع مواد مورد استفاده در موتور جت 7
شکل2- پوشش عایق حرارتی 12
شکل 3- فرآیندهای الکترودی در الکترولیز محلول آبی 14
شکل4- منحنی مشخصه جریان-ولتاژ نمونه برای فرآیندهای EPT در روش کاتدی 16
شکل 5- تشریح پدیده‌ی تخلیه‌ی الکتریکی در روش الکترولیتیک پلاسما 16
شکل 6- تصویر شماتیک از مکانیزمهای تولیدی در فرآیند EPT 19
شکل 7- ساختار کریستالی آلفا آلومینا(α-Al_2O_3). شعاع یونی برای Al^{3+}
(قرمز) $0.55A°$ و برای O^{-2} (آبی)$1.35A°$ 24
شکل 8- تصویری از روش آندایزینگ و روش الکترولیتیک پلاسما اکسیداسیون 27
شکل9- (الف) نمونه‌ی اینکونل. (ب) آند از جنس فولاد زنگ نزن آستنیتی 32
شکل 10- منبع تغذیه سه فاز تولید کننده ولتاژ 33
شکل 11- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) 34
شکل 12- دستگاه تست سایش پین روی دیسک چرخان 35
شکل 13- دستگاه تست ریز سختی 36
شکل 14- دستگاه تست سختی 37
شکل 15- دستگاه تست زبری سنجی 38
شکل 16- دستگاه پتانسیواستات 38
شکل 17- نمونه های تست خوردگی 39
شکل 18- سلول پلاریزاسیون و الکترودها 39
شکل 19-a- تصویر از سطح مقطع نمونه اینکونل با پوشش Al_2O_3 43
شکل19-b- تصویر از سطح مقطع نمونه با زیر لایه ی MCrAlY
و پوشش Al_2O_3 (بزرگنمایی 2000X) 44

عنوان **صفحه**

شکل19-b-1- تصویر از سطح مقطع نمونه با زیر لایه ی MCrAlY
و پوشش Al_2O_3 (بزرگنمایی 266X) 44
شکل 20-a- نمودار تغییرات ولتاژ – جریان در روش الکترولیتیک پلاسمای کاتدی
برای نمونه ی IN738..... 46
شکل 20-b- نمودار تغییرات ولتاژ – جریان در روش الکترولیتیک پلاسمای کاتدی
برای نمونه ی IN738 + MCrAlY..... 46
شکل 21-a - میکرو ساختار حاصل از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش
داده شده در محلول اسیدی با pH:2/7، به وسیله ی میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 49
شکل 21-b- میکرو ساختار حاصل از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش
داده شده در محلول با pH:7، به وسیله ی میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 49
شکل 21-c- میکرو ساختارحاصل از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش
داده شده در محلول بازی با pH:11 ، به وسیله ی میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 50
شکل 22- میکرو ساختار زیر لایه ی MCrAlY بدون پوشش، به وسیله ی
میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 51
شکل 23-a- میکرو ساختار حاصل از سطح پوشش بر زیر لایه ی MCrAlY
پوشش داده شده در محلول اسیدی با pH:2/7، به وسیله ی میکروسکوپ
الکترونی روبشی..... 51
شکل 23-b- میکرو ساختار حاصل از سطح پوشش بر زیر لایه ی MCrAlY
پوشش داده شده در محلول با pH:7، به وسیله ی میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 52
شکل 23-c- میکرو ساختار حاصل از سطح پوشش بر زیر لایه ی MCrAlY
پوشش داده شده در محلول بازی با pH:11، به وسیله ی میکروسکوپ
الکترونی روبشی..... 52
شکل 24-a- آنالیز XRD از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش داده شده
در محلول اسیدی با pH:2/7..... 54
شکل 24-b- آنالیز XRD از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش داده شده
در محلول با pH:7..... 54
شکل 24-c- آنالیز XRD از سطح پوشش بر نمونه های اینکونل پوشش داده شده
در محلول بازی با pH:11..... 55
شکل 25-a- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح مقطع پوشش بر اینکونل..... 55

عنوان **صفحه**

شکل 25-b- نتیجه ی آنالیز EDX از سطح مقطع نمونه اینکونل پوشش داده شده با روش الکترولیتیک پلاسما (ناحیه ی A در شکل 4-28-a) 55
شکل 25-c- نتیجه ی آنالیز EDX از سطح مقطع نمونه اینکونل پوشش داده شده با روش الکترولیتیک پلاسما (ناحیه ی B در شکل 4-28-a) 56
شکل 26- پروفایل غلظت عناصر Ni ، Co، Cr، Alو O از سطح مقطع پوشش بر نمونه ی اینکونل 56
شکل 27- آنالیز XRD از سطح پوشش بر نمونه با زیر لایه ی MCrAlY در محلول با Ph:7..... 57
شکل 28- نتیجه ی آنالیز EDX از سطح مقطع نمونه اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY پوشش داده شده 58
شکل 29- پروفایل غلظت عناصر Ni ، Co، Cr، Al وO از سطح مقطع پوشش بر نمونه اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY..... 58
شکل 30-a- مسیر سایش بر نمونه ی اینکونل بدون پوشش..... 60
شکل 30-b- مسیر سایش بر نمونه ی اینکونل با پوششAl_2O_3 60
شکل 31-a- مسیر سایش بر پین نمونه ی اینکونل بدون پوششAl_2O_3 61
شکل 31-b- مسیر سایش بر پین نمونه ی اینکونل همراه با پوششAl_2O_3 61
شکل 32-a- مسیر سایش بر نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY بدون پوشش..... 62
شکل 32-b- مسیر سایش بر نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY همراه با پوشش Al_2O_3..... 62
شکل 33-a- مسیر سایش بر پین نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY بدون پوشش Al_2O_3..... 63
شکل 33-b- مسیر سایش بر پین نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY همراه با پوششAl_2O_3 63
شکل 34-a- نمودار ضریب اصطکاک بر حسب فاصله برای نمونه ی اینکونل..... 64
شکل 34-b- نمودار ضریب اصطکاک بر حسب فاصله برای نمونه ی اینکونل با پوششAl_2O_3 64
شکل 35-a- نمودار ضریب اصطکاک بر حسب فاصله برای نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY..... 65
شکل 35-b- نمودار ضریب اصطکاک بر حسب فاصله برای نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY با پوشش Al_2O_3..... 65

عنوان **صفحه**

شکل 36- نمودارمقایسه ی سختی سطح نمونه ی اینکونل و نمونه ی اینکونل
با پوشش Al_2O_3 66
شکل37- سختی اندازه گیری شده از سطح مقطع نمونه اینکونل با پوشش Al_2O_3..... 66
شکل 38- نمودارمقایسه ی سختی سطح نمونه ی اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY
با پوشش Al_2O_3 و بدون پوشش Al_2O_3 67
شکل 39- سختی اندازه گیری شده از سطح مقطع نمونه اینکونل با زیر لایه ی
MCrAly و پوشش Al_2O_3..... 68
شکل 40- مقایسه ی زبری سطح نمونه های پوشش گرفته شده در pH های متفاوت 69
شکل 41- پتانسیل مدار باز نمونه ی اینکونل با پوششAl_2O_3 و بدون پوششAl_2O_3
در محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 70
شکل 42- رفتار خوردگی نمونه ی اینکونل با پوشش Al_2O_3 و بدون پوشش Al_2O_3 در
محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 70
شکل 43-a- مورفولوژی سطح آلیاژ اینکونل بعد از تست خوردگی..... 71
شکل 43-b- مورفولوژی سطح آلیاژ اینکونل با پوشش Al_2O_3، بعد از تست خوردگی..... 71
شکل 44- پتانسیل مدار باز نمونه ها با زیر لایه یMCrAlY، با پوشش Al_2O_3
و بدون پوشش Al_2O_3 در محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 73
شکل 45- رفتار خوردگی نمونه ها اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY، با پوشش Al_2O_3
و بدون پوششAl_2O_3 در محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 73
شکل 46-a- مورفولوژی سطح آلیاژ اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY
بعد از تست خوردگی..... 74
شکل 46-b- مورفولوژی سطح آلیاژ اینکونل با زیر لایه ی MCrAlY،
با پوشش Al_2O_3، بعد از تست خوردگی..... 74
شکل 47- مقایسه ی پتانسیل مدار باز برای تمامی نمونه ها در محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 75
شکل 48- مقایسه ی رفتار خوردگی برای تمامی نمونه ها در محلول 3/5٪ کلرید سدیم..... 75

فصل اول

مقدمه

در سال‌های اخیر تلاش بسیاری برای بهبود کارآیی موتورها در دمای بالا انجام گرفته است تا بازده‌ی ترمودینامیکی آن‌ها افزایش یابد. این هدف با پیشرفت در انتخاب مواد و فرآیندهای تولید تا حد زیادی برآورده شده است. ظهور سوپر آلیاژها در اوایل 1950، بهبود تکنولوژی ریخته‌گری و به‌کارگیری سامانه‌ی خنک‌کاری برای پره‌های توربین در دهه‌ی 1960، قدم اصلی به سوی‌این هدف بودند. طی 20-30 سال گذشته، انجماد جهت‌دار و تک‌کریستالی کردن آلیاژ تأثیر به‌سزایی داشته‌اند اما در حال حاضر بر استفاده از پوشش‌های مناسب تأکید می‌شود. پوشش‌ها، چه در توربین‌های جت و یا توربین‌های زمینی و موتورهای دریایی، چندین هدف را تأمین می‌کنند. اولین شرط کارکرد توربین‌ها در دماهای بالاتر، افزایش استحکام است. از طرفی چنین شرایط کاری به معنای مشکلات جدی اکسیداسیون وخوردگی نیز می‌باشد و نکته‌ی منفی‌این حالت آن است که بهبود خواص مکانیکی آلیاژهای زمینه به قیمت کاهش مقاومت در برابر محیط انجام می‌شد [1]. بسیاری از مواد مهندسی برای استفاده در دمای بالا، مقاومت اکسیداسیون کافی را ندارند، فلزات دیر گداز مثل Mo و W نیز به دلیل تشکیل اکسیدهای فرار، سریعاً اکسید می‌گردند، Ta و Nb دارای قابلیت انحلال بالایی برای اکسیژن هستند. فولادهای ساده کربنی تشکیل اکسیدهای غنی از آهن را می‌دهند که با سرعت زیادی رشد می‌کنند. بنابراین اولین هدف استفاده از پوشش‌ها آن بود که مقاومت به اکسایش آلیاژهای پایه را افزایش دهند[2] و [3].

به‌طورکلی پوشش‌های مورد استفاده در دمای بالا را می‌توان به عنوان لایه‌ای سطحی روی مواد معرفی نمود که می‌تواند سرامیکی و یا فلزی باشد. پوشش‌های بکار رفته روی مواد در دمای بالا مانند سدهای خنثی و بی اثر عمل نمی‌کنند و از طریق واکنش با اکسیژن محیط و ایجاد یک شکل متراکم باعث حفاظت می‌شوند. این پوشش‌ها باید حاوی عناصری چون Al، Cr و Si باشند تا به‌طور پیوسته لایه‌های جدیدی در ازای لایه‌های تخریب شده در اثر سیکل‌های حرارتی جایگزین نمایند. لذا با توجه به این مکانیزم حفاظتی، عمر کاربردی یک پوشش توسط میزان قابلیت آن، جهت تشکیل لایه محافظ و حفظ و جایگزین نمودن لایه‌های مورد نیاز معین می‌گردد [1] و[2]. این پوشش‌ها عبارت بودند از آلومینایدها، آلومینایدهای اصلاح شده با پلاتین، پوشش‌هایMCrAlY و همچنین پوشش‌های سد حرارتی (TBC)که از سرامیک‌هایی

با هدایت حرارتی بسیار کم هستند [2].

پوشش‌های روکشی MCrAlY در دمای بالا، لایه محافظی از Al_2O_3 را در واکنش با اتمسفر در سطح خود ایجاد می‌کنند. این پوشش‌ها همچنین باعث افزایش مقاومت به خوردگی داغ و اکسیداسیون آلیاژ زمینه نیز می‌گردند. مزایای دیگر این پوشش‌ها عبارتند از: قابلیت انتخاب ضخامت پوشش، انعطاف پذیری بالا نسبت به سایر پوشش‌ها، مخصوصاً پوشش‌های نفوذی و همچنین زیر لایه‌ای مناسب برای پوشش‌های سرامیکی با ضریب انبساط حرارتی کم [2].

پوشش‌های Al_2O_3 خواص بسیار خوبی از لحاظ مقاومت در برابرخوردگی، انحلال در نمک های متفاوت و همچنین سایش دارند. لایه‌ی جامد Al_2O_3 بسیار ترد و شکننده است در نتیجه باید ضخامت آن بهینه باشد [3] و [4]. این پوشش‌ها همچنین مقاومت بسیار خوبی در برابر اکسیداسیون در دمای بالا دارند که می‌توانند به عنوان پوشش مناسب بر سوپر آلیاژهای پایه نیکل در دماهای بالا انتخاب شوند.

روش الکترولیتیک پلاسما روش نسبتاً جدیدی برای تولید پوشش‌هایی همانند Al_2O_3 بر فلزاتی مانند فولاد زنگ نزن آستنیتی و آلیاژهای Al، Ti و... می‌باشد [5]، [6] و[7]. اساس این روش پدیده‌ی تخلیه‌ی الکتریکی در حین الکترولیز است که مکانیزم آن، ترکیبی از مکانیزم‌های پوشش شیمیایی از گاز (CVD)، الکترو فورتیک و کاشت‌یونی است [8]. این روش به دو صورت آندی (اکسیداسیون الکترولیتی پلاسمایی) و کاتدی انجام می‌گیرد. در تکنیک کاتدی آلودگی‌های سطحی پاک شده و به علت استفاده از محلول‌های آبی غیر سمی، برای محیط زیست نیز خطر ساز نمی‌باشد. به علاوه به دلیل واکنش‌های حرارتی و شیمیایی مختلفی که دراین روش روی می‌دهند، سطح، خواص منحصر به فردی خواهد داشت [9]. دراین روش تخلیه الکتریکی بر ویا نزدیکی نمونه ایجاد می‌شود که نتیجه‌ی آن رسوب محصولات حاصل از تخلیه‌ی الکتریکی و تولید پوشش می‌باشد. پوشش تولید شده در اثر واکنش یون‌های موجود در محلول با سطح قطعه‌کار و نفوذ آن‌ها به دلیل دمای موضعی بسیار بالا، می‌باشد [5].

پوشش‌های Al_2O_3 که با روش پلاسما الکترولیتیک اکسیداسیون به دست می‌آیند، همگی شامل فازهای α-Al_2O_3 و γ–Al_2O_3 می‌باشند که فاز α-Al_2O_3، متراکم‌تر و سخت‌تر است در حالی که فاز γ–AL_2O_3، نرم‌تر و دارای تخلخل‌های زیادتری است. بنابراین هنگامی که تغییر فاز از α-Al_2O_3 به γ–Al_2O_3 در آلومینیوم صورت می گیرد، خواص بهتری از پوشش گرفته می شود [10].

در انجام این تحقیق دو هدف دنبال می‌شود:

1- بررسی امکان تشکیل پوشش Al_2O_3 بر سوپر آلیاژ پایه‌ی نیکل و بررسی خواص آن

2- بررسی امکان تشکیل پوشش Al_2O_3 بر سوپر آلیاژ پایه‌ی نیکل وآلیاژ پایه ی نیکل با زیر لایه ی MCrAlY و همچنین بررسی خواص آن ها

فصل دوم