

بررسی اثر نانو ذرات کپالت بر چسبندگی فصل مشترک لعلاب-فلز

فاطمه برخورداریان^۱، مجید جعفری^۲، احمد منشی^۳

^۱دانشجو دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر نجف آباد

^۲عضو هیأت علمی گروه مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر نجف آباد



مهندسه فاطمه برخورداریان مؤلف اصلی این مقاله، دانشجوی کارشناسی ارشد سرامیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد می‌باشد.

چکیده: در این پژوهش در جهت افزایش چسبندگی لایه لعلاب به فلز با استفاده از روش آبکاری الکتریکی بر روی فلز پایه، لایه‌ی نازکی در حدود نانو ذرات کپالت تشکیل داده شد و با تغییر پارامتر زمان نسبت به تغییر ضخامت به وجود آمده به عنوان لایه واسطه فلز به لعلاب اقدام شد. پس از اعمال پوشش نانو ذرات کپالت، لعلاب در فرآیند پخت در دمای ۸۵۰ درجه سانتیگراد روی فلز تشکیل شد و پارامترهای فیزیکی نظیر آزمایش ضربه جهت بررسی میزان چسبندگی انجام شد. همچنین نانو ذرات کپالت و مورفولوژی آن به عنوان لایه واسطه توسط SEM و EDS مورد بررسی میکروسکوپی توسط SEM نشان داد که رشد مناطقی اشباع از کپالت به صورت شاخه‌ای و شبیم گونه در فصل مشترک و در محیط شیشه (لعلاب) رشد کرده است. وجود ساختار شاخه‌ای که با رشد ساختار اشباع از کپالت در لعلاب ایجاد شده باعث افزایش چشمگیر استحکام و چسبندگی لعلاب به فلز شده است و با افزایش زمان پوشش دهی عیوب سطحی و ظاهری در لعلاب نیز کمتر مشاهده شده است.

کلمات کلیدی: نانو ذرات کپالت، آبکاری الکتریکی، لعلاب، فصل مشترک، چسبندگی.

۱- مقدمه

لعلاب، به جامدی شیشه‌گون که از ذوب یا گداختن مخلوطی از چندین ماده معدنی به دست می‌آید، اطلاق می‌شود. از نظر تاریخی برای اولین بار لعلاب به منظور پوشش دادن فلزات طلا، نقره و مس مورد استفاده واقع شد. لعلاب تحت شرایط مطلوب پخت با فلز پایه ترکیبی حقیقی ایجاد می‌کند و به گونه‌ای تفکیک ناپذیر به فلز می‌چسبد، در نتیجه امکان خوردگی فلز تحت هر شرایط محیطی به حداقل ممکن می‌رسد. پوشش لعلاب به صورت دو لایه صورت می‌گیرد. لایه اولی که به آستری معروف است و خاصیت چسبندگی به بدنه فلزی را دارد و لایه دوم (لایه رویه)، که پوشش نهایی است، علاوه بر زیبا سازی ظاهر قطعه، خاصیت حفاظتی را نیز دارد.

لعلاب‌ها در حرارت بین ۷۷۰ تا ۸۴۰ درجه سانتیگراد در کوره‌های مخصوص پخت در مدت زمان بین ۵ تا ۱۲ دقیقه به کمک یک عامل پیوندی به نام اکسید کپالت یا اکسید نیکل به فلز زیری می‌چسبند و وجود مقادیر ناچیز اکسید کپالت، چیزی حدود ۰/۱۵-۰/۵ درصد در لعلاب باعث چسبندگی آن به فلز بعد از عمل پخت می‌شود. تاثیر هیچ ماده‌ی دیگری به اندازه اکسید کپالت نمی‌توانند اتصال مناسبی با فلز ایجاد نمایند. اکسید نیکل در صورتی که به ترکیب لعلاب اضافه شود، تاثیر ناچیزی از ایجاد پیوند با فلز خواهد داشت. هنگامی که در سطح مشترک بین لعلاب و فلزات آهنی متمرکز شود، اثر بسیار سودمندی روی چسبندگی خواهد گذاشت.^{[۱] و [۲]}

تاکنون نظریه‌های مختلفی درباره علت چسبندگی لعلاب به فلز بیان گردیده است. از قبیل: نظریه الکتروولیت، نظریه لایه اکسید، نظریه احیای هیدروژن، نظریه مکانیکی، نظریه دندربیت و نظریه جذب اتمی اثر نانو ذرات در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی لعلاب بسیار با اهمیت است. در این ارتباط از نانو ذرات کپالت در جهت بهبود خواص استفاده شد. بنابراین برای نانو ذرات تعریف متعددی ارائه شده است اما به طور خاص نانو ذرات دارای قطری بین ۱ تا ۲۵۰ نانومترند. به عبارتی آن‌ها در حوزه‌ای مابین اثرات کوانتومی اتم‌ها، مولکول‌ها و خواص مواد توده ای قرار می‌گیرند.^[۳]

روش‌های مختلفی برای سنتز و پوشش دهی نانو کپالت وجود دارد از قبیل: سنتز نانو ذرات کپالت در سیستم قلیایی هیدرازین اتانول (EHAS) در دمای اتاق، سنتز نانو ذرات اکسید کپالت با ناخالصی مس به روش سل-ژل، سنتز نانو ذرات کپالت به وسیله تجزیه حرارتی $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. آبکاری کپالت روی فولاد ضدزنگ در دمای بالا [۱۷، ۱۰، ۹].

تحقیقات گسترده‌ای توسط خانم سمیعی و همکارانش^۱ در این رابطه تحت عنوانی ریزاساختار و چسبندگی در لعاب‌های کپالت دار و بدون کپالت بر روی فولاد کم کربن و بررسی سازکارهای خوردگی پوشش‌های شیشه‌ای بر روی فولاد انجام شد که لعاب کپالت دار و بدون کپالت مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که لعاب بدون کپالت مشکلات بیشتری به لحاظ چسبندگی و بی عیب شدن نسبت به لعاب کپالت دار نشان می‌دهد و لعاب کپالت دار چسبندگی بالاتری دارد. همچنین در این رابطه شنگ شیو و همکارانش^۲ نیز در سال ۱۹۹۷ مقاله‌ای تحت عنوان ریزاساختار و چسبندگی لعاب پرسلان بر روی فولاد کم کربن گزارش دادند که در این مقاله چسبندگی بین لعاب و فلز را در سه نوع نمونه، (۱) با کپالت غوطه ور شده، (۲) با نیکل غوطه ور شده و (۳) نمونه‌ای بدون غوطه وری فلز، و چسبندگی را مورد بررسی قرار دادند [۲۰ و ۱۹].

در ادامه در سال ۲۰۰۸ آقای وانگ^۳ مقاله‌ای تحت عنوان اثر تبلور بر پوشش سخت لعاب با زیر لایه‌ی فولاد، نمونه‌های لعاب شده را در کوره از دمای ۸۰۰ تا ۹۴۰ درجه سانتیگراد برای زمان‌های مختلف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه قرار داده شدند. نتایج بدین شرح بوده که زمان تبلور که افزایش می‌یابد، فصل مشترک فولاد و لعاب زیر می‌شود. فاکتور چسبندگی، ریز ساختی و انرژی ضربه‌ای افزایش می‌یابند [۲].

پوشاندن یک جسم با یک لایه نازک از یک فلز با کمک یک سلول الکترولیتی آبکاری نامیده می‌شود. الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون‌های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرند. فرآیند آبکاری معمولاً با فلزات گرانبهای چون طلا و نقره و کروم جهت افزایش ارزش و خواص فلزات پایه مانند آهن و مس انجام می‌گیرد [۱۱ و ۱۲].

کپالت در فصل مشترک لعاب و فلز استفاده شود و سعی برآن داشته که با ایجاد چسبندگی بیشتر از ایجاد عیوب پارگی و پریدگی لعاب جلوگیری کرد و خوردگی فلزات را کاهش داد.

در این راستا نانو ذرات کپالت با استفاده از روش آبکاری الکتریکی بر روی فولاد ST-12 پوشش داده و سپس لعاب آماده شده را بر روی سطح ایجاد و توسط دستگاه‌های الگوی پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز EDS مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین در انتهای تست چسبندگی گرفته و با نمونه‌ای که فاقد پوشش نانو کپالت بود، مقایسه و نتایج بررسی شد.

طبق بررسی‌های انجام شده و تست ضربه این نتیجه حاصل شد که با افزایش زمان پوشش‌دهی چسبندگی افزایش یافته و با بررسی دقیق فصل مشترک متوجه رشد مناطقی اشیاع از کپالت به صورت شاخه‌ای و شبیم مانند که باعث افزایش چسبندگی و استحکام شده است. همچنین با افزایش زمان پوشش‌دهی استحکام و چسبندگی بهبود یافته است.

۲- فعالیت‌های تجربی

پس از پوشش دهی ورق فولاد ST-12 از طریق روش آبکاری الکتریکی که بدین ترتیب انجام شده که ۳۳ گرم از $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و ۱۳۷ گرم از $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ را در ۵۰۰ گرم آب مقطور تجزیه کرده و سپس $6/2$ گرم از H_3BO_3 به آن اضافه کرده و هم زده تا کاملاً حل شوند. که محلول بدست آمده محلول الکترولیت را تشکیل داده و سپس در ادامه ورق‌های ورق‌های فلزی را در اتانول و آب مقطر شسته که ورق فلزی کاولد شده و الکتروود گرافیت الکتروود آند شده و جریان 0.088 A.cm^{-2} و در زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه پوشش دهی را انجام داده که یک لایه براق خاکستری به ضخامت نانومتر روی آن تشکیل شده است.

و سپس در ادامه از لعاب تجاری ساخت کشور ترکیه استفاده کرده و برای اعمال لعاب از طریق اسپری و پیستوله اقدام کرده و به اندازه ۳۰ درصد وزن لعاب، آب اضافه نموده و بعد از هم زدن، لعاب را با ضخامت یکسان و مناسب اسپری شد و همچنین به نمونه‌ها اجازه داده شد تا مقداری در هوای آزاد خشک شوند و سپس بعد از خشک شدن نمونه برای پخت به کوره منتقل شدند، پخت بر روی پایه‌ای از جنس سرامیک دیرگذار درون کوره‌ی الکتریکی صورت می‌گرفت و در این مرحله دمای کوره ۸۵ درجه

¹ Samiei et al

² Shive et al

³ Wang

سانتیگراد و با سرعت ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقيقه بود.

از نمونه‌ها تست ضربه گرفته شد و سپس از فصل مشترک نمونه‌ها مقطع برش داده شده و مانند شدند، بعد از عملیات آماده سازی (سایش و پولیش) سطح مقطع نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) و طیف سنجی تفکیک انرژی (EDS) بررسی شدند. و انتها توسط تست ضربه چسبندگی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

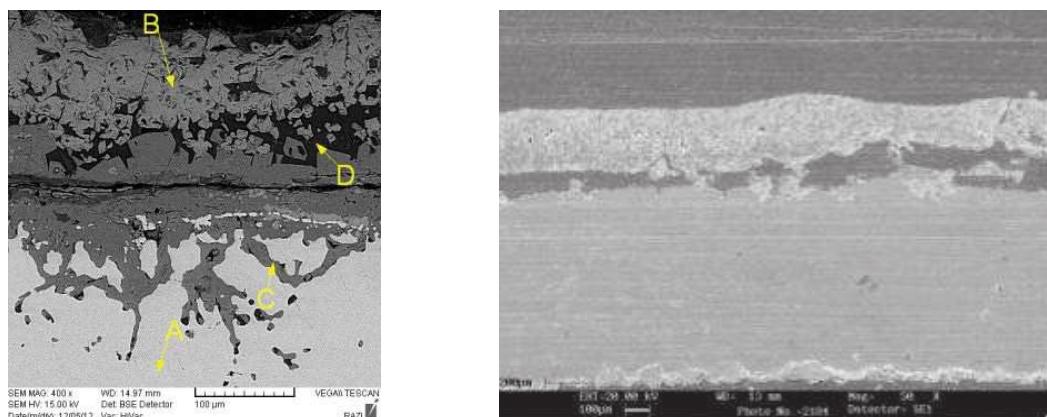
۳- نتایج و بحث

۳-۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف سنجی تفکیک انرژی

نمونه‌هایی که از کوره بیرون آمدند را مانند کرده و سپس بعد از انجام دقیق مراحل پولیش از فصل مشترک نمونه‌ها SEM و EDS گرفته شد. که در ابتدا تصاویر مربوط به میکروسکوپ روبشی را آورده و سپس در ادامه تصاویر مربوط به طیف سنجی تفکیک انرژی بررسی شد.

الف- نمونه‌ی بدون پوشش آبکاری الکتریکی

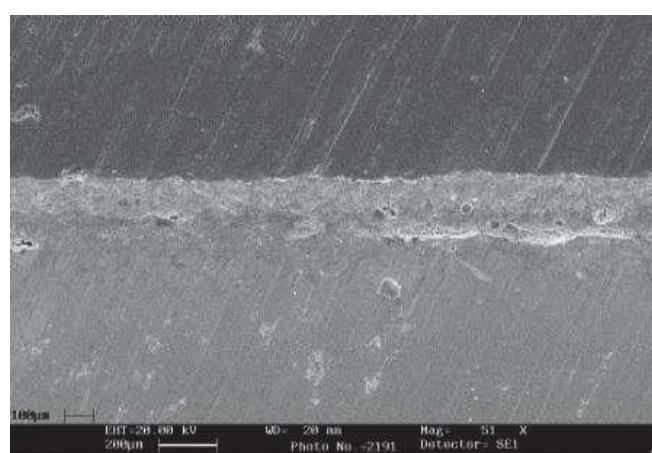
در تصاویر (۱) و (۳) آنچه راکه به طور واضح می‌توان دید عدم چسبندگی در فصل مشترک نمونه‌ای که بدون پوشش آبکاری الکتریکی بوده و نمونه‌ای که همراه با پوشش آبکاری الکتریکی بوده دارای چسبندگی فوق العاده زیادی در فصل مشترک است.



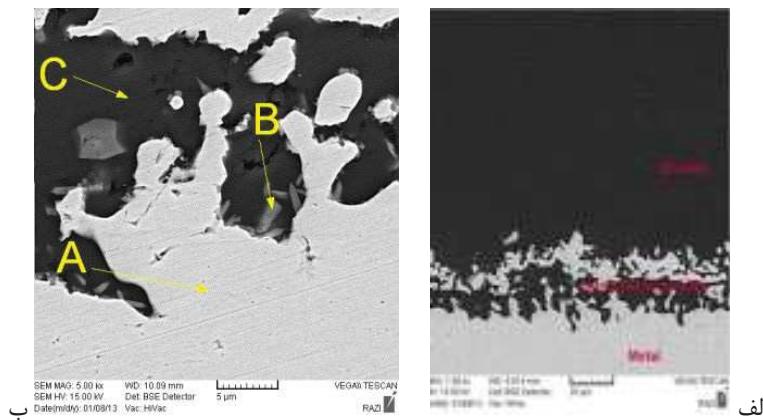
شکل ۲- تصویر میکروسکوپ روبشی بدون پوشش آبکاری الکتریکی از فصل مشترک لعب-فلز با خط مدرج ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۱- تصویر میکروسکوپ روبشی بدون پوشش آبکاری الکتریکی از فصل مشترک لعب-فلز با خط مدرج ۲۰۰ میکرومتر

ب- نمونه‌ای با ۵ دقیقه پوشش آبکاری الکتریکی

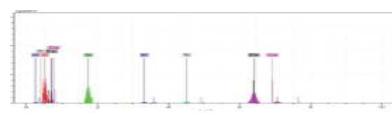


شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی در زمان ۵ دقیقه پوشش آبکاری الکتریکی از فصل مشترک لعب-فلز با خط مدرج ۱۰۰ میکرومتر



الف

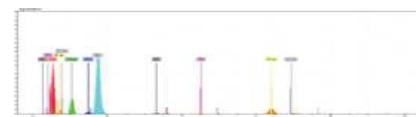
شکل ۴- تصویر میکروسکوپ روشی در زمان ۵ دقیقه از فصل مشترک لعب-فلز (الف) با خط مدرج ۲۰ میکرومتر، (ب) با خط مدرج ۵ میکرومتر



شکل ۶- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی B



شکل ۵- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی A



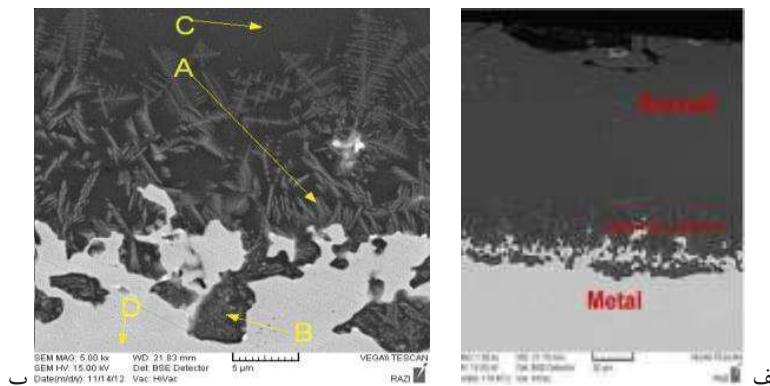
شکل ۷- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی C

در جدول زیر نتایج آنالیز EDS نقاط مختلف نمونه‌ی مربوطه را بر حسب درصد وزنی آورده. جدول(۱)

جدول ۱- نتایج آنالیز EDS نقاط مختلف

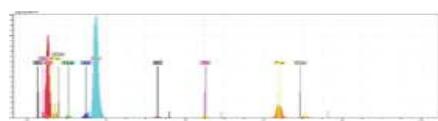
عنصر	نقطه آزمایش									
	Co	Na	Ti	K	Al	O	Si	Mn	Fe	
A	1/74	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/08	0/18	95/40	
B	0/02	0/00	3/20	1/61	0/00	30/34	4/07	0/00	38/40	
C	0/13	7/18	1/53	0/72	0/94	51/48	21/19	0/00	13/67	

ج- نمونه‌ای با ۱۰ دقیقه پوشش آبکاری الکتریکی



الف

شکل ۸- تصویر میکروسکوپ روشی در زمان ۱۰ دقیقه از فصل مشترک لعب-فلز (الف) با خط مدرج ۲۰ میکرومتر، (ب) با خط مدرج ۵ میکرومتر



شکل ۱۰- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی B



شکل ۹- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی A



شکل ۱۲- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی C



شکل ۱۱- آنالیز EDS مربوط به نقطه‌ی D

در جدول زیر نتایج آنالیز EDS نقاط مختلف نمونه‌ی مربوطه را بر حسب درصد وزنی آورده. جدول(۲)

جدول ۲- نتایج آنالیز EDS نقاط مختلف

عنصر	نقطه آزمایش										
	Co	Na	Ti	K	Al	O	Si	Mn	Fe		
A	0/02	0/00	1/53	1/60	0/00	43/8	10/65	0/00	21/200		
B	0/35	0/76	1/74	0/63	1/08	35/94	22/31	0/00	23/67		
C	0/62	4/25	1/61	1/08	1/47	53/02	24/88	0/00	11/76		
D	0/95	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/25	0/00	97/72		

طبق شکل‌های (۲)، (۴) و (۸) می‌توان به این نتیجه رسید که در نمونه‌ای که بدون پوشش دهی آبکاری الکتریکی بوده نقطه اتصال محکمی در فصل مشترک دیده نشده و گسیختگی لاعاب به فلز کاملاً به وضوح دیده شد. (شکل(۲)). در ادامه در نمونه‌ای که ۱۰ دقیقه پوشش دهی شده رشد شاخه‌ای ذرات کبالت بیشتر و گستردگر است و شبیه بلورهای برف هستند که در تمام جهات رشد می‌کنند و همین باعث استحکام بالای نمونه شده است. (شکل (۸)). نمونه‌ی دیگر که ۵ دقیقه پوشش دهی شده تنها در بعضی از قسمت‌ها رشد شاخه‌ای ذرات کبالت مشاهده شده که در همان قسمت‌ها چسبندگی بالاتری نسبت به دیگر نقاط دیده شده است. (شکل(۴)) تصاویر (۵) و (۷) آنالیز EDS مربوط به نمونه‌ای که ۵ دقیقه پوشش دهی شده است و (۱۰)، (۹)، (۱۱) و (۱۲) آنالیز EDS مربوط به نمونه‌ای که ۱۰ دقیقه پوشش دهی شده است. که در ادامه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

در نمونه‌ای که ۵ دقیقه پوشش دهی شده در نقطه‌ی B و در نمونه‌ای که ۱۰ دقیقه پوشش دهی شده در نقطه‌ی A بیشترین درصد کبالت وجود دارد و همچنین مشاهده می‌شود که در این دونقطه‌ی مشخص شده بلورک‌های کبالت رشد شاخه‌ای فزاینده‌ای خواهند داشت. همچنین در تمام نقاط این دو نمونه فاز کبالت وجود دارد. در نمونه‌ای که بدون پوشش دهی بوده در هیچ نقطه‌ای بلورک‌های کبالت مشاهده نشده است.

و در اینجا استحکام با چسبندگی رابطه‌ی مستقیم دارد. پس در نمونه‌ی ای که ۱۰ دقیقه آبکاری الکتریکی شده استحکام و چسبندگی بالاتر است.

۳-۲- بررسی سطح و ظاهر لاعاب

بررسی دقیق‌تر سطح لاعاب در تصاویر a، ۲، ۴ و ۸ که توسط میکروسکوپ الکترونی رویشی گرفته شد به این نتیجه می‌انجامد که بر روی نمونه‌ای که ۵ دقیقه پوشش دهی شده عیوب سوراخ‌های نیش سوزنی و پینهول بیشتر دیده شده و در نهایت می‌توان گفت نمونه‌هایی که پوشش کاری شده بودند علاوه بر چسبندگی بالاتر دارای عیوبی از این قبیل که در بالا ذکر شده است نسبت به نمونه‌ی بدون پوشش دهی کمتر دیده شده است.

و می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش رشد شاخه‌ای بلورک‌های کبالت علاوه بر استحکام بالاتر و چسبندگی بالاتر، از عیوب پنهان و نیش سوزنی کمتر شده و لعابی با کیفیت بالاتر خواهیم داشت.

و همچنین به نظر می‌رسد که وجود یک فاصله پوشش اکسید کبالت بین فولاد ST-12 پایه و لعاب بالا موجب می‌شود که هوای حبس شده در زیر پوشش و یا اکسیژن آزاد شده از احیای لایه‌ی سطحی اکسید آهن از میان لعاب عبور نکند و ظاهر لعاب بدون پنهان باشد.

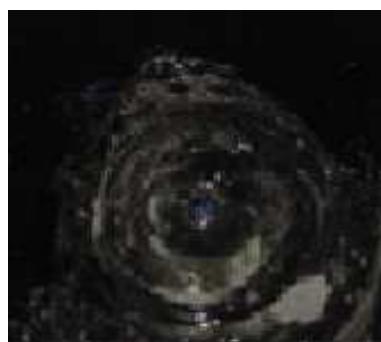
۳-۳-بررسی تست چسبندگی

از نمونه‌های مورد نظر تست چسبندگی گرفته و هر شکل را با استفاده از نرم افزار فتوشاپ^۴ به ناحیه‌های مساوی تقسیم کرده و می‌توان درصد چسبندگی را از رابطه‌ی زیر بدست آورد. تصاویر (۱۳) و (۱۴) و (۱۵)

$$\frac{\text{تعداد ناحیه‌های رنگ شده}}{\text{تعداد کل ناحیه‌های نمونه}} \times 100 = \text{درصد چسبندگی} \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۱۵- نمونه‌ی با ۱۰ دقیقه پوشش



شکل ۱۴- نمونه‌ی با ۵ دقیقه پوشش
آبکاری الکتریکی



شکل ۱۳- نمونه‌ی بدون پوشش آبکاری
الکتریکی

شکل (۱۳) اثر سطح مقطع میله‌ی دستگاه ضربه را به ناحیه‌های مساوی تقسیم کرده که ۱۲ ناحیه از کل شکل بدون پریدگی بوده‌اند و طبق زیر درصد چسبندگی را محاسبه کرده:

$$\frac{12}{42} \times 100 = 28\%$$

شکل (۱۴) اثر سطح مقطع میله‌ی دستگاه ضربه را به ناحیه‌های مساوی تقسیم کرده که ۵۳ ناحیه از کل شکل بدون پریدگی بوده‌اند و طبق زیر درصد چسبندگی را محاسبه کرده:

$$\frac{53}{63} \times 100 = 84\%$$

شکل (۱۵) اثر سطح مقطع میله‌ی دستگاه ضربه را به ناحیه‌های مساوی تقسیم کرده که ۴۱ ناحیه از کل شکل بدون پریدگی بوده‌اند و طبق زیر درصد چسبندگی را محاسبه کرده:

$$\frac{41}{42} \times 100 = 97\%$$

در نهایت این نتیجه حاصل شد که افزایش چسبندگی با افزایش زمان پوشش‌دهی کبالت همراه است.

۴-نتیجه‌گیری

- ذرات کبالت در فصل مشترک به صورت شاخه‌ای و شبیه به بلورهای برف در تمامی جهات رشد و اتصال برقرار کرده و باعث افزایش استحکام شده است.

⁴ Photoshop

مراجع

- با افزایش زمان پوشش دهی فاکتور چسبندگی افزایش یافته است و فاکتور زمان با چسبندگی رابطه‌ای مستقیم دارد.
 - وجود یک فاصله پوشش اکسید کبالت بین فولاد ST-12-12 پایه و لعاب بالا موجب می‌شود که هوای جبس شده در زیر پوشش و یا اکسیژن آزاد شده از احیای لایه‌ی سطحی اکسید آهن از میان لعاب عبور نکند و ظاهر لعاب بدون پنهول باشد.
- [1] Available from: URL: <http://mozabelectric-guilan.blogfa.com>, Last visit jan 2013.
- [2] کالیتی، بی. دی. اعتمادی، ب. عمیقیان، ج.، "مبانی پراش پرتو ایکس"، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۸۲
- [3] Williamson,G. K., Hall, W. H., "X-Ray lin broadening from Filed Aluminium and Wolfram" *Acta Metallurgic*,No.1,pp.22-31,1953.
- [4] Available from: URL: <http://www.tebyan.net>, Last visit Nov 2012
- [5] N. Eliaz, K. Venkatakrishna, A. Chitharanjan Hegde, "Electroplating and characterization of Zn–Ni, Zn–Co and Zn–Ni–Co alloys", *Surface & Coatings Technology* 205 (2010) 1969–1978.
- [6] Available from: URL: <http://www.The Electroplating Method Explained – Metal Plating Club.mht>, Last visit Nov 2012.
- [7] Available from: URL: <http://www.corrosionofmetal - General introduction to other electrochemical corrosion methods.mht>, Last visit Nov 2012.
- [8] Available from: URL: <http://www.۱۰۰۰۰۶۳۹ PDF> مقاله آنکاری الکتریکی NiazeMarkazi.mht, Last visit Nov 2012.
- [9] ف. مسعودی بروجنی، لعاب فلز(۱)، انتشارات جوان، ۱۳۷۴
- [10] D. Wang, "Effect of crystallization on the property of hard enamel coating on steel substrate", *Applied Surface Science* 225 ,4640–4645,2009.
- [11] Available from: URL: <http://dtg60ah.persianblog.ir>, Last visit Nov 2012.
- [12] Andrew.I Andrews, Porcelain Enamels, Champaign,IL: Garrard press,1961.
- [13] س. باغشاهی، ع. میرحبیبی، لعاب‌ها و پوشش‌های شیشه‌ای، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ۱۳۸۳.
- [14] م. سالاریه، لعاب خواص، کاربرد، عیوب، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ۱۳۸۳.
- [15] ف. مسعودی بروجنی، لعاب فلز(۲)، انتشارات نداء، ۱۳۷۶
- [16] Available from: URL: <http://www.keskinkimya.com.tr>, Last visit Nov 2012
- [17] ز. شیخی، ع. احمد پور، ن. شاه طهماسبی، م. باقری محققی، م. کریمی پور "سترنانو ذرات اکسید کبالت با ناخالصی مس به روش سل-ژل و بررسی خواص ساختاری آن‌ها"، اولین کنفرانس ملی نانو و بیو فناوری، کرمان، ۲۱-۱۹ آبان ۱۳۸۸.
- [18] F. Guo, H. Zheng, Z. Yang, Y. Qian, "Synthesis of cobalt nanoparticles in ethanol hydrazine alkaline system (EHAS) at room temperature", *Materials Letters* 56 (2002) 906–909
- [19] H. G. Zheng, J. H. Liang, J. H. Zeng, Y. T. Qian, *Mater. Res. Bull.* 36 (2001) 47.
- [20] H. G. Zheng, J. H. Zeng, J. H. Liang, *Acta Metall. Sin.* 35(1999) 837.
- [21] V. F. Puntes, K. M. Krishnan, A. P. Alivisatos, *Science* 291 (2001) 2115.
- [22] V. F. Puntes, K. M. Krishnan, A. P. Alivisatos, *Science* 291 (2001) 47.
- [23] X. L. Dong, C. J. Choi, B. K. Kim, *Scripta Mater.* 47 (2002) 857.
- [24] Z. H. Wang, C. J. Choi, B. K. Kim, J. C. Kim, Z. D. Zhang, *J. Alloys Comp.* 351 (2003) 319.
- [25] H. Shao, Y. Huang, H. Lee, Y. Jae Suh, C. Oh Kim, "Cobalt nanoparticles synthesis from Co(CH₃COO)₂



شرکت تهییه و تولید مواد نسوز کشور

تولید کننده انواع اکسیدهای منیزیم و کلینکرهای منیزیما

**Iranian Refractories
Procurement and
Production Co.**

Leading Producer:

- Dead Burned Magnesia
- Caustic Calcined Magnesia
- Magnesia Base Clinkers



تهران، خیابان یوسف آباد، خیابان
ابن سینا، شماره ۸۲، طبقه ۶
۱۴۳۳۸۶۳۵۶۵
کد پستی: ۱۵۸۷۵-۱۹۷۷
صندوق پستی: ۰۴۱ (۸۸۷۱۱۰۸۷)، ۰۴۱ (۸۸۷۱۴۴۵۹)
تلفن: +۹۸ ۲۱ ۰۹۰۲۳۷۷۷
فکس: +۹۸ ۲۱ ۰۸۷۳۵۶۳
info@irrep.com
www.irrep.com

AIAO-BAR +۹۸ ۲۱ ۰۹۰۲۳۷۷۷