

بررسی تأثیر زمان آبکاری الکترولیس نیکل بر پوشش‌دهی پودر SiC

محمد هفتنتی^{۱*}، مینا سعیدی حیدری^۲، جلال الدین قضاوتی^۳

^۱ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

^۲ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ گروه مهندسی مکانیک بیوپسیستم، دانشکده فنی و مهندسی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، تبریز، ایران

* moh7tani@gmail.com

چکیده:

در این تحقیق تأثیر زمان آبکاری بر پوشش‌دهی پودر SiC به روش الکترولیس نیکل - بور در سه دمای ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی ریزساختار و مورفوولوژی پودرهای SiC پوشش داده شده از میکروسکوپ الکترونی رویشی مجذب به آنالیزگر EDS استفاده شد و به منظور تعیین ترکیب و فازهای موجود در پودرهای SiC پوشش داده شده دستگاه پراش پرتو ایکس مورد استفاده قرار گرفت. در فرآیند پوشش‌دهی الکترولیس، میزان زمان و دمای حمام آبکاری الکترولیس تأثیر بسیاری بر میزان پوشش و یکنواختی آن بر روی سطح ذرات SiC دارد. نتایج نشان دهنده این است که بهترین میزان پوشش نیکل - بور بر سطح ذرات SiC در زمان ۴۵ دقیقه و دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شده است. با این حال یکنواخت ترین پوشش در زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. آنالیز فازی نمونه‌های SiC پوشش داده نیز بیانگر آن است که در زمان ۳۰ دقیقه آبکاری الکترولیس در هر سه دمای ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درجه سانتی‌گراد؛ علاوه بر فاز SiC، فاز Ni نیز بر سطح ذرات SiC حضور دارد و با افزایش دما شدت پیک‌های Ni افزایش یافته است.

اطلاعات مقاله:

دربافت: ۱۴ فروردین ۱۳۹۷

پذیرش: ۱۷ تیر ۱۳۹۷

کلید واژه:

نیکل - بور، پوشش‌دهی، پودر SiC، الکترولیس، زمان آبکاری

و پوسته‌ای فلزی اطلاق می‌شوند که به پودر سرامیکی خواص الکتریکی، مغناطیسی و شیمیایی ویژه می‌دهند و هم‌زمان ترشوندگی میان فلز و ماده سرامیکی را بهبود می‌بخشند [۴]. افزودن ذرات سرامیکی با استحکام و دیرگدازی بالا به یک زمینه فلزی منجر به تولید ماده‌ای می‌شود که خواص آن بین آلیاژ زمینه و سرامیک تقویت کننده است. از مشکلات کاربرد صنعتی SiC در تولید مواد

۱- مقدمه

ذرات سرامیکی SiC دارای استحکام بالا، سختی بالا، مقاومت پوششی و مقاومت خوردگی بالا هستند که آن‌ها را به عنوان مواد تقویت کننده ایده‌آلی در کامپوزیت‌های زمینه فلزی مانند مواد زمینه آلومینیومی، زمینه آهن و زمینه منیزیم معرفی کرده است [۳-۱]. پودرهای سرامیکی پوشش داده شده با فلز به پودرهای کامپوزیتی با هسته‌ای سرامیکی

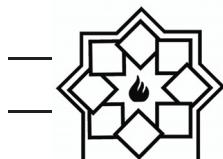


نمک‌های نیکل (سولفاتی و کلریدی) است و در آن‌ها نحوه پوشش دهی ذرات SiC با اندازه ذرات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۹، ۸، ۲]. با این حال با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در خصوص ذرات SiC تاکنون تأثیر زمان فرآیند آبکاری الکترولیس در حمام‌های بوریدی مورد مطالعه قرار نگرفته است. البته تعدادی از دانشمندان اثر زمان در فرآیند الکترولیس دیگر عناصر را بررسی کرده‌اند. شارما^۱ و همکارانش [۱۰] در بررسی پوشش‌های الکترولیس نیکل روی آلیاژ‌های آلومنیوم تأثیر افزایش زمان در دما و pH ثابت بر ضخامت لایه ایجادشده را به صورت خطی دانستند. بر اساس نتایج تحقیقات این دانشمندان با گذشت زمان نرخ رسوب گذاری مقدار اندکی کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند به کاهش مقدار واکنش‌دهنده‌ها در الکترولیت مربوط باشد. نوری و همکارانش [۱۱] در تحقیقاتی که به منظور بررسی اثر مورفولوژی ذرات اولیه SiC بر چگونگی ایجاد پوشش Co-P روی آن‌ها انجام داده‌اند نشان دادند وجود نقايس بیشتر در سطح پودرهای اولیه نرخ رسوب گذاری را افزایش داده و موجب کاهش زمان مورد نیاز برای ایجاد پوشش می‌شود. ژانگ^۲ و همکارانش [۱۲] در سال ۲۰۰۵ در تحقیقاتی که به منظور بررسی تأثیر زمان رسوب گذاری بر مورفولوژی سطح و چگالی پوشش نیکل روی سطح ریز ذرات کروی شیشه انجام شد نشان دادند که با افزایش زمان ضخامت پوشش ایجادشده بیشتر می‌شود. با توجه به موارد ذکر شده در این مقاله تأثیر زمان آبکاری بر پوشش دهی پودر SiC به وسیله فرآیند

کامپوزیتی می‌توان به قابلیت ترشوندگی خصیف آن توسط مذاب بسیاری از فلزات اشاره کرد. از بین روش‌های متعددی که امروزه برای رفع این مشکل به کار می‌رود، روش آبکاری الکترولیس روی سطح ذرات SiC است. فرآیند پوشش دهی الکترولیس روشی ساده، ارزان و کارآمد است و امروزه برای پوشش دهی فلزی روی مواد غیر هادی، نیمه‌هادی‌ها و فلزات استفاده می‌شود. الکترولیس یک روش رسوب شیمیایی است که به طور خود به خودی روی سطح اعمال می‌شود و ضخامت پوشش به طور خطی مدامی که ترکیب شیمیایی محلول تغییر نکرده است، اضافه می‌شود [۵، ۶].

در آبکاری الکترولیس هیچ‌گونه جریان خارجی وجود ندارد و الکترون‌های مورد نیاز توسط واکنش شیمیایی در محلول تأمین می‌شود. دلیل گستردگی استفاده از این روش، سازوکار تشکیل پوشش به وسیله احیای شیمیایی یا خود کاتالیزور یون‌های آبی روی سطح مورد نظر است. این سازوکار مزیت‌هایی نظیر قابلیت کنترل ساده، تکرارپذیری فرآیند، ایجاد لایه یکنواخت در تمامی سطوح و عدم وجود محدودیت در حجم سیستم دارد. بنابراین از فرآیند الکترولیس می‌توان به عنوان یک روش مؤثر برای اصلاح سطح بهره برد [۷-۵]. همچنین باید دقت کرد که در این روش پارامترهای مختلفی وجود دارد که می‌تواند بر کیفیت پوشش اثر بگذارد. تاکنون در خصوص پوشش دهی ذرات SiC به روش الکترولیس نیکل پارامترهای بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است که شامل بررسی انواع روش‌های فعال‌سازی، بررسی انواع مواد احیاکننده (هیدرازین و هیپو فسفیت) و انواع

¹ Sharma
² Zhang

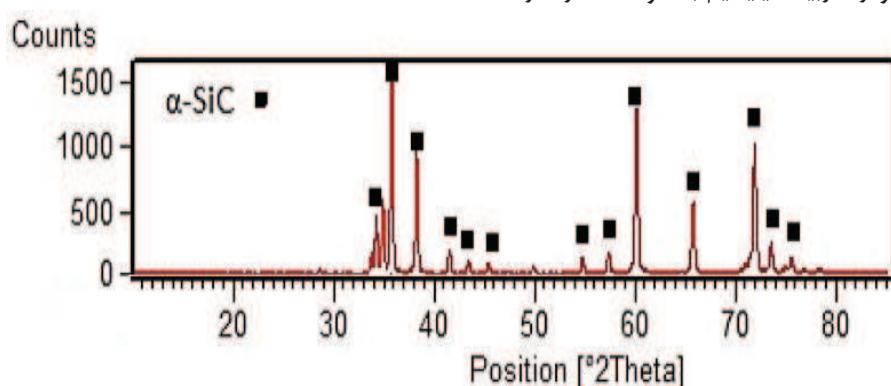


۱۵ میکرومتر، خلوص ۹۹/۹ درصد و ساخت شرکت Chengdu Rong Feng کشور چین استفاده شد. در شکل ۱ الگوی پراش پرتو ایکس پودر کاربید سیلیسیم نشان داده شده است که تنها دارای فاز آلفا SiC است. تصاویر SEM این پودر در شکل ۲ نشان داده شده است.

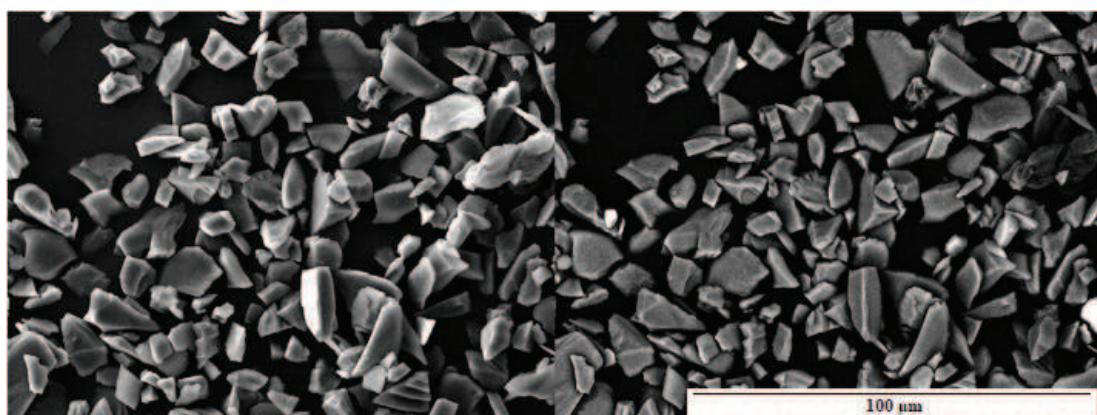
آبکاری الکتروولس نیکل-بور با استفاده از عامل احیاکننده بوروهیدرید سدیم مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- فعالیت‌های تجربی

در این تحقیق از پودر کاربید سیلیسیم با متوسط اندازه ذرات



شکل ۱- الگوی پراش پرتو ایکس پودر SiC

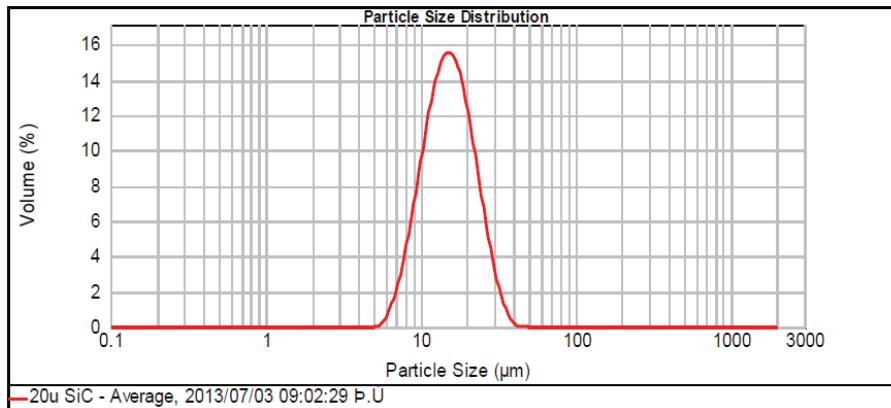


شکل ۲- تصاویر SEM پودر SiC

پودر کاربید سیلیسیم مصرفی، ۱۵ میکرومتر است. آبکاری پودر کاربید سیلیسیم در حمام الکتروولس نیکل-بور شامل ۴ مرحله است که در ادامه شرح داده شده است.

نتیجه حاصل از آنالیز اندازه ذرات^۳ PSA و میانگین اندازه ذرات پودر کاربید سیلیسیم مصرفی در شکل ۳ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود متوسط اندازه ذرات

^۳ Particle Size Analyser



شکل ۳- میانگین اندازه ذرات پودر SiC.

و در دستگاه گریز از مرکز قرار داده شد تا ذرات از محلول جداسده و تهنشین شوند. شستشوی ذرات با آب مقطر نیز یکبار انجام شد. مرحله جداسازی ذرات در دستگاه گریز از مرکز ۱۵ دقیقه بود.

ج) مرحله فعال سازی

برای فعال سازی، ابتدا محلول شامل ۰/۰۰۴۲ مولار کلرید پالادیوم ($PdCl_2$) و ۴۰ میلی لیتر بر لیتر اسید کلریدریک آماده شد که مانند محلول حساس سازی کاملاً بی رنگ است. سپس مانند مرحله حساس سازی، ذرات به این محلول افروده شدند و درون دستگاه اولتراسونیک به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. پس از آن نیز مرحله گریز از مرکز و شستشو با آب مقطر و جداسازی مانند مرحله حساس سازی تکرار شد.

د) مرحله آبکاری

آبکاری الکترولیس پودرهای SiC در سه زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه در دماهای ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. اجزای اصلی حمام آبکاری الکترولیس و مقادیر آن ها در جدول ۱ آورده شده است. مقدار نمک سولفات نیکل، سدیم بوروهیدرید، کمپلکس کننده و NaOH بر اساس مقالات انتخاب شد [۱۳، ۱۴].

الف) شستشوی ذرات کاربید سیلیسیم به وسیله استون و آب مقطر

برای هر بار پوشش دهی، ۰/۳ گرم پودر کاربید سیلیسیم به ۱۰ سی استون افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرار گرفت تا آلودگی های احتمالی ذرات در استون حل شود. سپس استون حاوی ذرات اولتراسونیک شده در لوله های آزمایش ریخته شده و درون دستگاه گریز از مرکز قرار داده شدند تا ذرات از استون جدا گردند. مدت زمان ماندن لوله های آزمایش در دستگاه گریز از مرکز ۱۵ دقیقه بود. ذرات یکبار نیز با آب مقطر شستشو و در دستگاه گریز از مرکز قرار داده شدند. بعد از این مدت، ذرات از لوله آزمایش تخلیه گردیدند.

ب) مرحله حساس سازی

در این مرحله، محلول حساس سازی شده شامل ۰/۰۷ مولار کلرید قلع ($SnCl_4$) و ۴۰ میلی لیتر بر لیتر اسید کلریدریک (HCl) آماده شد. این محلول کاملاً بی رنگ و شفاف است. ذرات کاربید سیلیسیم در این محلول ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرار داده شد و بعد از آن، مانند مرحله قبل محلول درون لوله های آزمایش ریخته شده



۱-۳- بررسی اثر زمان در پوشش دهنده پودر SiC به روش الکتروولس در دماه ۷۵ درجه سانتی گراد

شكل ۴ نمودار پراش پرتو ایکس نمونه های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دماه ۷۵ درجه سانتی گراد را نشان می دهد. وجود پیک های کوچک نیکل در این نمودار تشکیل پوشش نیکل بر سطح ذرات SiC را تأیید می کند. البته باید توجه کرد که به علت اینکه پوشش ایجاد شده به صورت کامل روی ذرات ایجاد نشده است پیک های نیکل در نمودار XRD با ارتفاع کم ظاهر شده اند. نتایج حاصل از آنالیز EDS نیز که در شکل ۵ آورده شده است، وجود نیکل در پودرهای حاصل از آبکاری را تأیید می کند.

شكل ۶ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای آبکاری شده در دماه ۷۵ درجه سانتی گراد را نشان می دهد. وجود پوشش نیکل روی سطح ذرات SiC در این تصاویر قابل مشاهده است. اگرچه با افزایش زمان پوشش بیشتری روی سطح ذرات ایجاد شده است اما به طور کلی پوشش چندان یکنواخت به نظر نمی رسد که علت این امر را می توان پایین بودن دماه فرآیند آبکاری دانست. زیرا بر اساس نظر قضاوتی و سعیدی [۷] درجه حرارت مستقیماً روی واکنش هایی که در حمام الکتروولس نیکل - بور انجام می شود تأثیرگذار است. دماه حمام روی سرعت واکنش های ۱ تا ۴ مؤثر است. به همین علت دماه حمام، میزان نیکل و بور وارد شده به پوشش را نیز کنترل می کند و سبب افزایش میزان نیکل و بور در پوشش می شود. در واقع پایین بودن دما سبب کاهش احیاء یون های نیکل شده است و در نتیجه فرآیند تشکیل لایه نیکل بر سطح ذرات SiC به خوبی انجام نمی شود.

جدول ۱- مقادیر مواد اولیه ساخت حمام آبکاری

الکتروولس پودر SiC

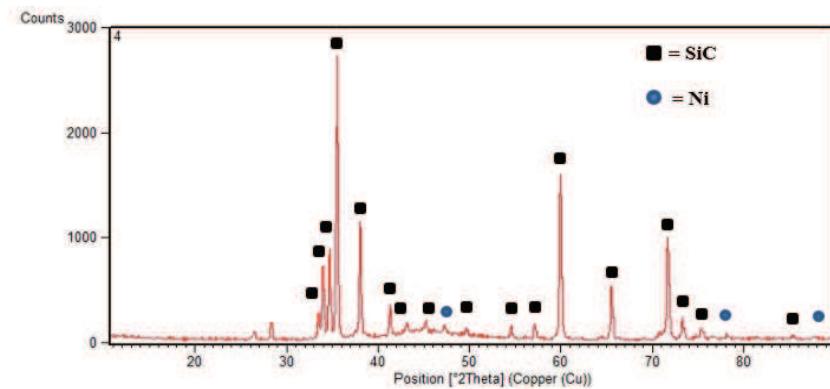
ماده	مقدار
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	۱۵ گرم بر لیتر
NaBH_4	به نسبت ۱ به ۱ با $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و به میزان ۱ سی سی در دقیقه
$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$	به نسبت ۱ به ۳ با $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
NaOH	۱۰ مولار

پس از فرآیند آبکاری خشک کردن ذرات در دماه ۱۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۳ ساعت صورت گرفت. برای بررسی ریزساختار و مورفولوژی پودرهای SiC پوشش داده شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) با EDX اولتاژ اعمالی ۱۵-۲۰ کیلو ولت و مجهر به آنالیزگر استفاده شد و به منظور تعیین ترکیب و فازهای موجود در پودرهای SiC پوشش داده شده دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) ساخت شرکت فیلیپس^۴ مورد استفاده قرار گرفت. الگوهای پراش با استفاده از پرتوی $\text{CuK}\alpha$ ، فیلتر نیکل و ولتاژ ۴۰ کیلو ولت گرفته شدند.

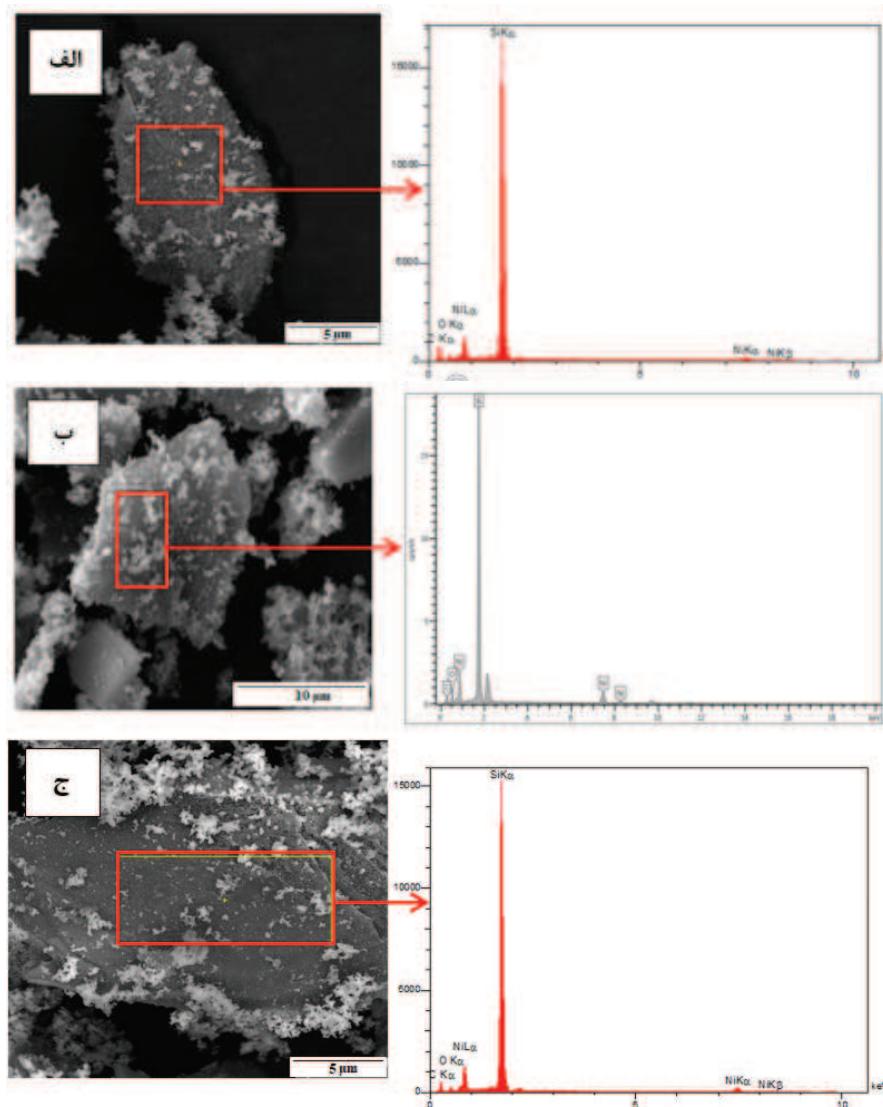
۳- نتایج و بحث

به منظور بررسی چگونگی تأثیر زمان بر پوشش نیکل ایجاد شده روی سطح ذرات SiC در فرآیند آبکاری تغییر وزن پودر SiC در دو حالت قبل و بعد از آبکاری محاسبه شد. در ادامه مقدار این تغییر وزن به همراه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و نمودارهای پراش پرتو ایکس برای زمان های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه در دماهای ۷۵ و ۹۵ درجه سانتی گراد آورده شده است.

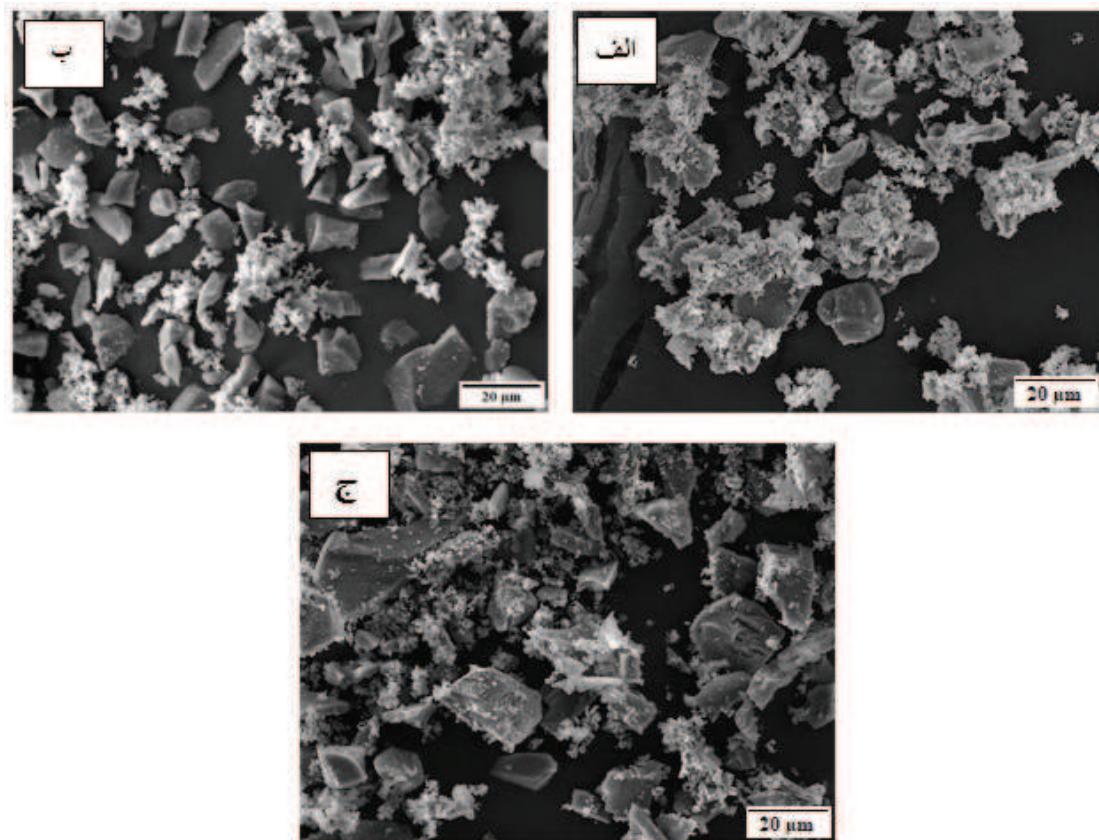
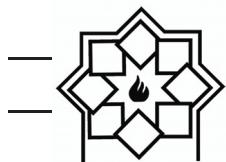
^۱ Philips



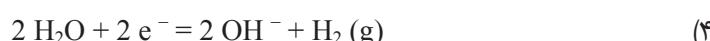
شکل ۴- نمودار پراش پرتو ایکس نمونه های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد.



شکل ۵- آنالیز EDS پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد و زمان (الف) ۱۵، (ب) ۳۰ و (ج) ۴۵ دقیقه.

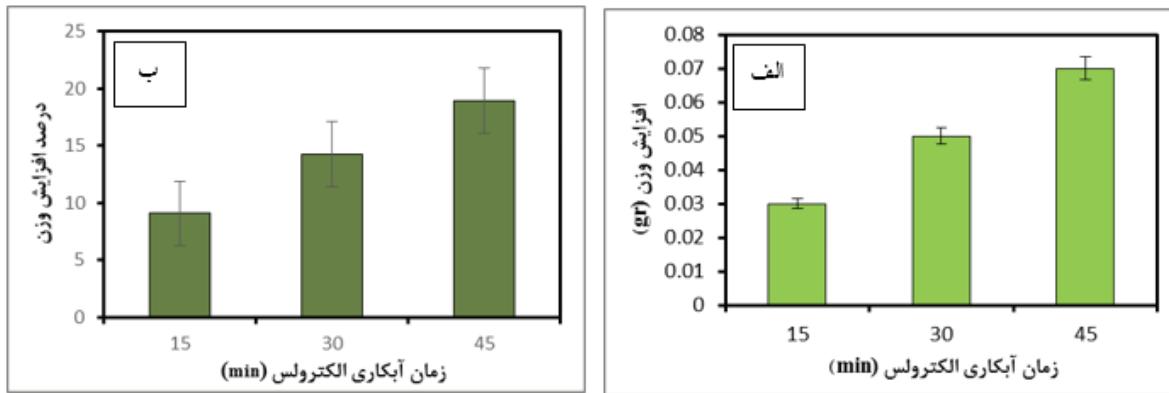


شکل ۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای آبکاری شده در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد و زمان (الف)، (ب) ۱۵ و (ج) ۴۵ دقیقه.



است که این مقادیر به ترتیب معادل ۹، ۱۴ و ۱۸/۵ درصد افزایش وزن است. این اعداد نشان می‌دهد که با افزایش زمان آبکاری پوشش نیکل بیشتری روی سطح ذرات SiC رسوب نموده است که این امر در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز مشاهده شد.

در شکل ۷-الف و ۷-ب به ترتیب نمودار تغییر وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در زمان‌های مختلف در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به صورت مقدار و درصد نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اختلاف وزن پودرهای حاصل از آبکاری و پودرهای اولیه در زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۵ و ۰/۰۳ گرم

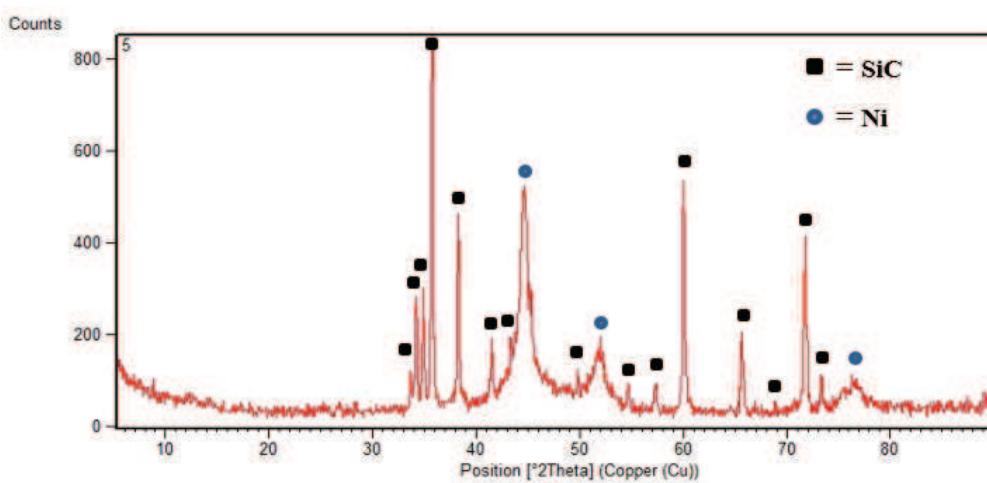


شکل ۷-الف) افزایش وزن و ب) درصد افزایش وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد و زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه.

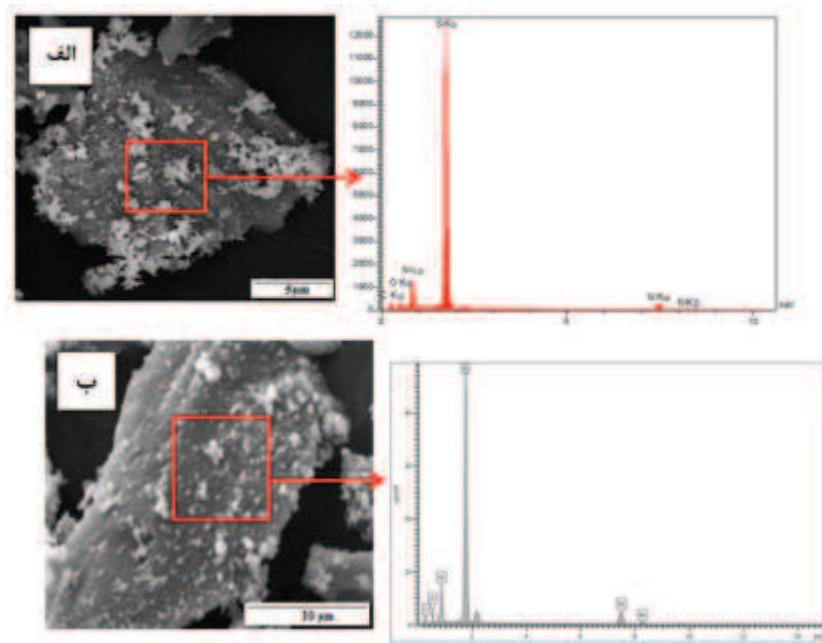
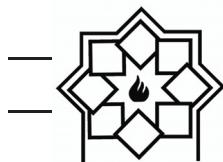
پیک‌های مربوط به نیکل با ارتفاع زیاد پدیدار شده‌اند که نشان‌دهنده‌ی وجود مقدار زیاد نیکل در نمونه است. بنابراین می‌توان گفت احتمالاً در این دما پوشش نیکل با ضخامت و کیفیت مناسب روی سطح رسوب کرده است. در نتایج حاصل از آنالیز EDS نیز که در شکل ۹ آورده شده است، پیک‌های نیکل با شدت مناسب در پودرهای حاصل از آبکاری دیده می‌شود.

۲-۳- بررسی اثر زمان در پوشش دهی پودر SiC به روش الکتروولس در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد

شکل ۸ نمودار پراش پرتو ایکس نمونه‌های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد را نشان می‌دهد. در این نمودار برخلاف نمودار مربوط به نمونه آبکاری شده در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد (شکل ۴)



شکل ۸- نمودار پراش پرتو ایکس نمونه‌های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد.



شکل ۹- آنالیز EDS پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و زمان (الف) ۱۵، (ب) ۳۰ دقیقه.

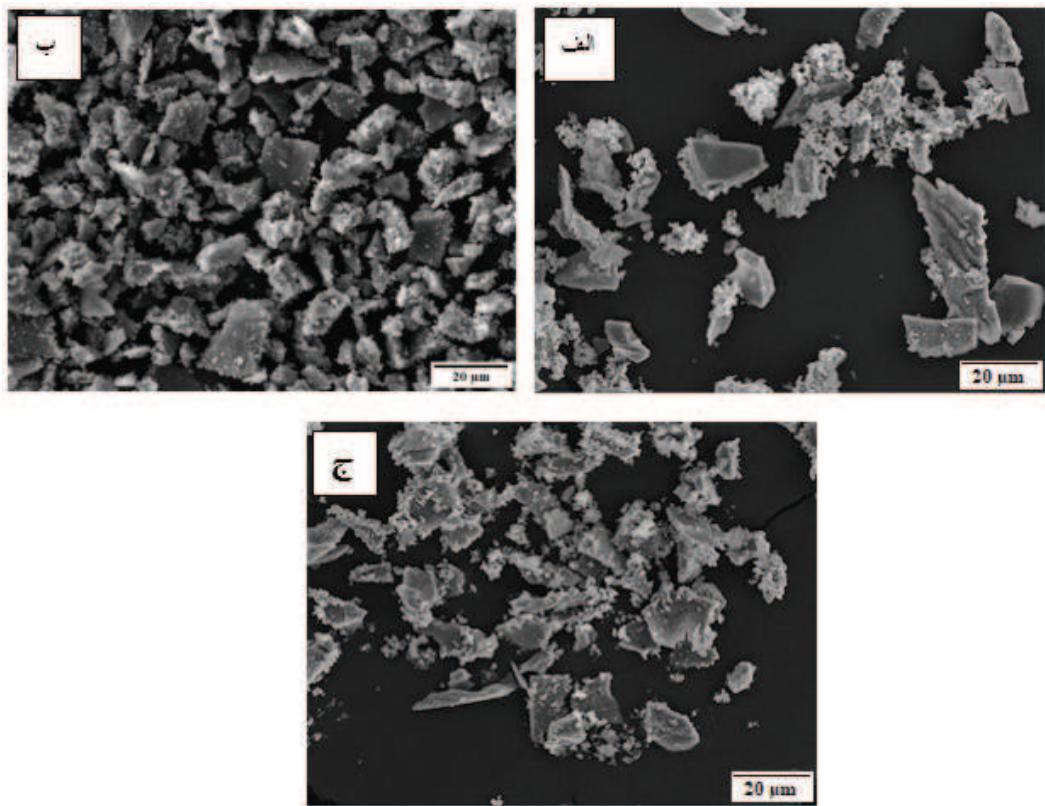
کرده و خوشها را تشکیل می‌دهند و کلوخه‌های ریز همگن در فاصله بین خوشها تشکیل می‌شوند. کلوخه‌های بزرگ احتمالاً از هسته‌زایی ترجیحی بر اساس کاهش شیمیایی در مراحل اولیه ایجاد پوشش ناشی می‌شود. به همین دلیل رسوب نیکل اغلب روی نقاط کاتالیتیکی یا جزایر جدا از هم تشکیل شده و در ادامه به مجموعه‌های بزرگ‌تر از کلوخه‌ها تبدیل می‌شوند. پس از آن کلوخه‌های ریز و همگن در نتیجه هسته‌زایی و رشد Ni بر اساس مکانیزم‌های الکتروشیمیایی در همسایگی کلوخه‌های اصلی یا در فاصله خالی بین آن‌ها می‌توانند تشکیل شوند. با انجام فرآیند رسوب‌گذاری در زمان‌های بیش از ۱۵ دقیقه به تدریج سطح ذرات SiC با یک لایه پیوسته پوشیده می‌شود. این لایه که ممکن است بسیار نازک باشد می‌تواند در اثر تجمع کلوخه‌های تشکیل شده در مراحل اولیه رسوب‌گذاری تشکیل شود. بر اساس تحقیقات این دانشمندان پس از گذشت ۳۰ دقیقه از زمان رسوب‌گذاری

شکل ۱۰ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای آبکاری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. وجود پوشش نیکل روی سطح ذرات SiC در این تصاویر قابل مشاهده است. همان‌طور که در این تصویر مشاهده می‌شود با افزایش زمان آبکاری پوشش ایجادشده روی سطح ذرات افزایش یافته است، به طوری که در نمونه‌ی آبکاری شده در زمان ۳۰ دقیقه (شکل ۱۰-ب) سطح ذرات SiC به طور کامل پوشش یافته است. از طرفی در نمونه مربوط به ۴۵ دقیقه آبکاری (شکل ۱۰-ج) ضمن ضخیم‌تر شدن پوشش در کل سطح در برخی مناطق پوشش نیکل به صورت ناهمگن تجمع کرده است که موجب از بین رفتن یکنواختی پوشش شده است. علت این پدیده را می‌توان در مکانیزم ایجاد پوشش جستجو کرد. بر اساس نظر هی و همکارانش [۱۵] پس از ۱۰ دقیقه آبکاری ساختار کلوخه‌ای نامنظم روی ذرات SiC شکل می‌گیرد. در این مرحله کلوخه‌های بزرگ تجمع



ساختار کلوخه‌ای نامنظم روی سطح می‌شود. با افزایش زمان سطح ذرات SiC با یک لایه پیوسته و نازک از جنس Ni پوشیده می‌شود. زمانی که فرآیند ادامه پیدا می‌کند کلوخه‌های نیکل تازه رسوب‌کرده به عنوان کاتالیست برای ادامه فرآیند ترسیب نیکل عمل می‌کنند. بر اساس این مکانیزم پس از تشکیل لایه اولیه در برخی مناطق کلوخه‌ها مجدداً تجمع کرده و باعث ضخیم شدن پوشش می‌شوند که این امر یکنواختی پوشش را از بین می‌برد.

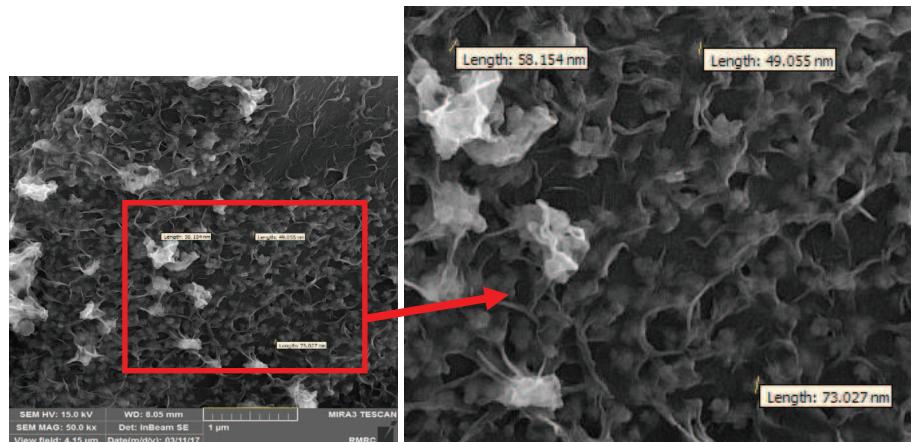
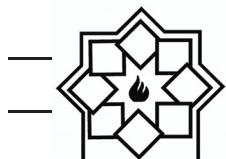
یک لایه پیوسته و همگن به طور کامل سطح ذرات SiC می‌پوشاند. آن‌ها همچنین بیان کردن تعدادی کلوخه همچنان روی لایه‌ی ایجاد شده رسوب می‌کنند و برخی از آن‌ها نیز باهم تجمیع می‌شوند. بر این اساس مکانیزم پیشنهادی برای تشکیل پوشش الکتروولس نیکل روی ذرات SiC به شکل زیر است: رسوب‌گذاری از نقاط کاتالیتیکی آغاز شده و پس از آن واکنش هسته‌زایی الکتروشیمیایی در همسایگی کلوخه‌های نیکل و یا حد فاصل آن‌ها اتفاق می‌افتد و موجب تشکیل یک



شکل ۱۰ - تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و زمان (الف) ۱۵، (ب) ۳۰ و (ج) ۴۵ دقیقه.

۳۰ دقیقه تهیه شده است و با استفاده از نرم‌افزار دیجی مایزر تحلیل شده است ذرات نیکل با اندازه‌ی کمتر از ۱۰۰ نانومتر به وضوح دیده می‌شوند.

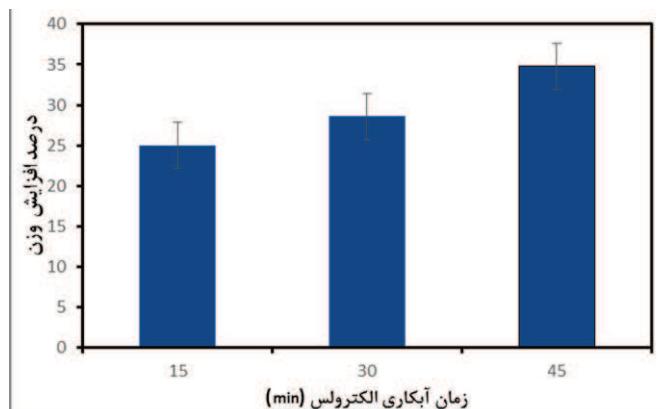
نانو بودن پوشش ایجاد شده روی سطح ذرات SiC به خوبی در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در این تصویر که از پودرهای آبکاری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد و زمان



شکل ۱۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویشی پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد و زمان ۳۰ دقیقه.

و با ایجاد لایه‌ی نیکل روی سطح ذرات وزن نمونه‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش زمان آبکاری اختلاف وزن اولیه و ثانویه بیشتر هم می‌شود که این امر از ضخیم‌تر شدن لایه تشکیل شده روی سطح ذرات حکایت دارد.

در شکل ۱۲-الف و ۱۲-ب به ترتیب نمودار تغییر وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در زمان‌های مختلف در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به صورت مقدار و درصد نشان داده شده است. بر اساس این نمودارها پس از فرآیند آبکاری

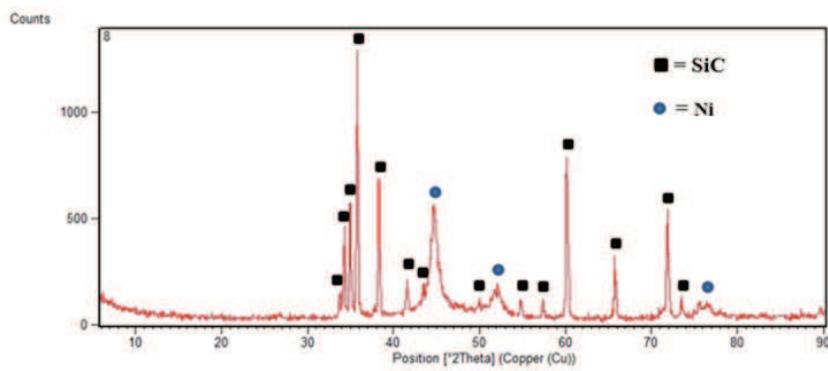


شکل ۱۲- الف) افزایش وزن و ب) درصد افزایش وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد و زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه.

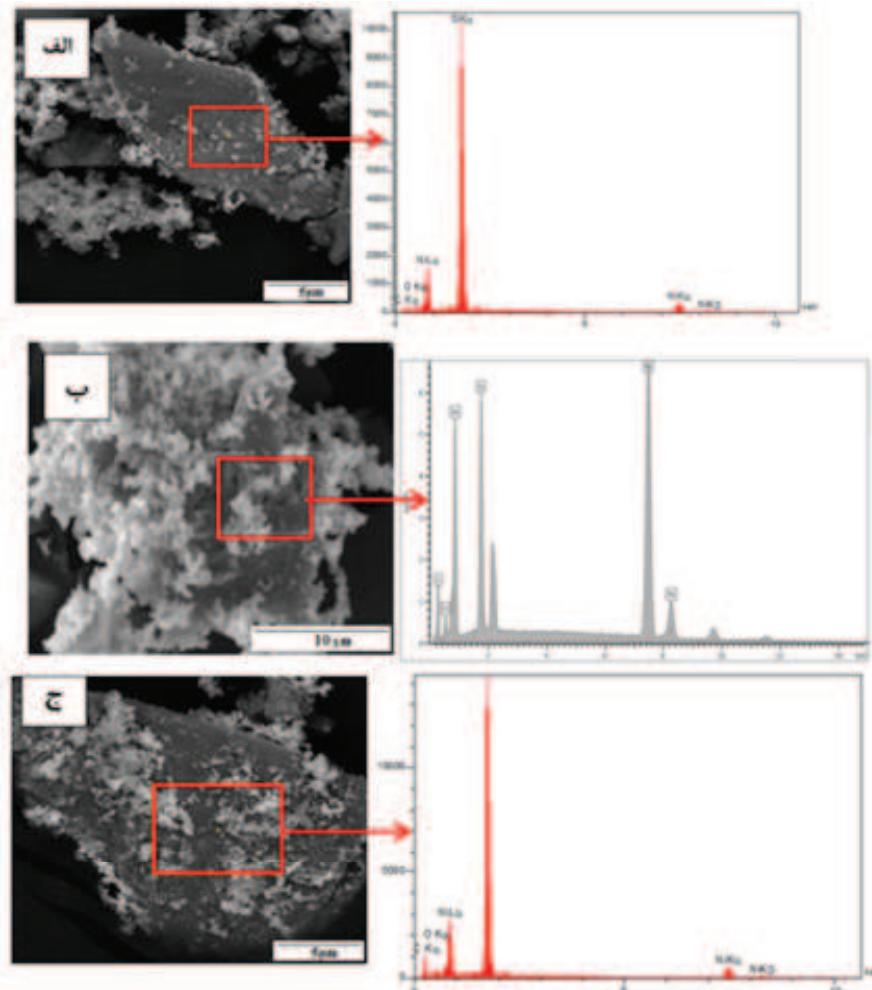
می‌دهد. در این نمودار پیک‌های مربوط به نیکل با ارتفاع زیاد پدیدار شده‌اند که نشان‌دهنده‌ی وجود مقدار زیاد نیکل در نمونه است. در نتایج حاصل از آنالیز EDS نیز که در شکل ۱۴ آورده شده است، پیک‌های نیکل با شدت مناسب در پودرهای حاصل از آبکاری دیده می‌شود.

۳-۳- بررسی اثر زمان در پوشش دهی پودر SiC به روش الکتروولس در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد

شکل ۱۳ نمودار پراش پرتو ایکس نمونه‌های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد را نشان



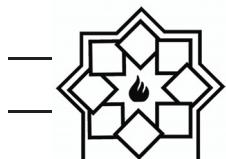
شکل ۱۳ - نمودار پراش پرتو ایکس نمونه های آبکاری شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد.



شکل ۱۴ - آنالیز EDS پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد و زمان (الف) ۱۵، (ب) ۳۰ و (ج) ۴۵ دقیقه.

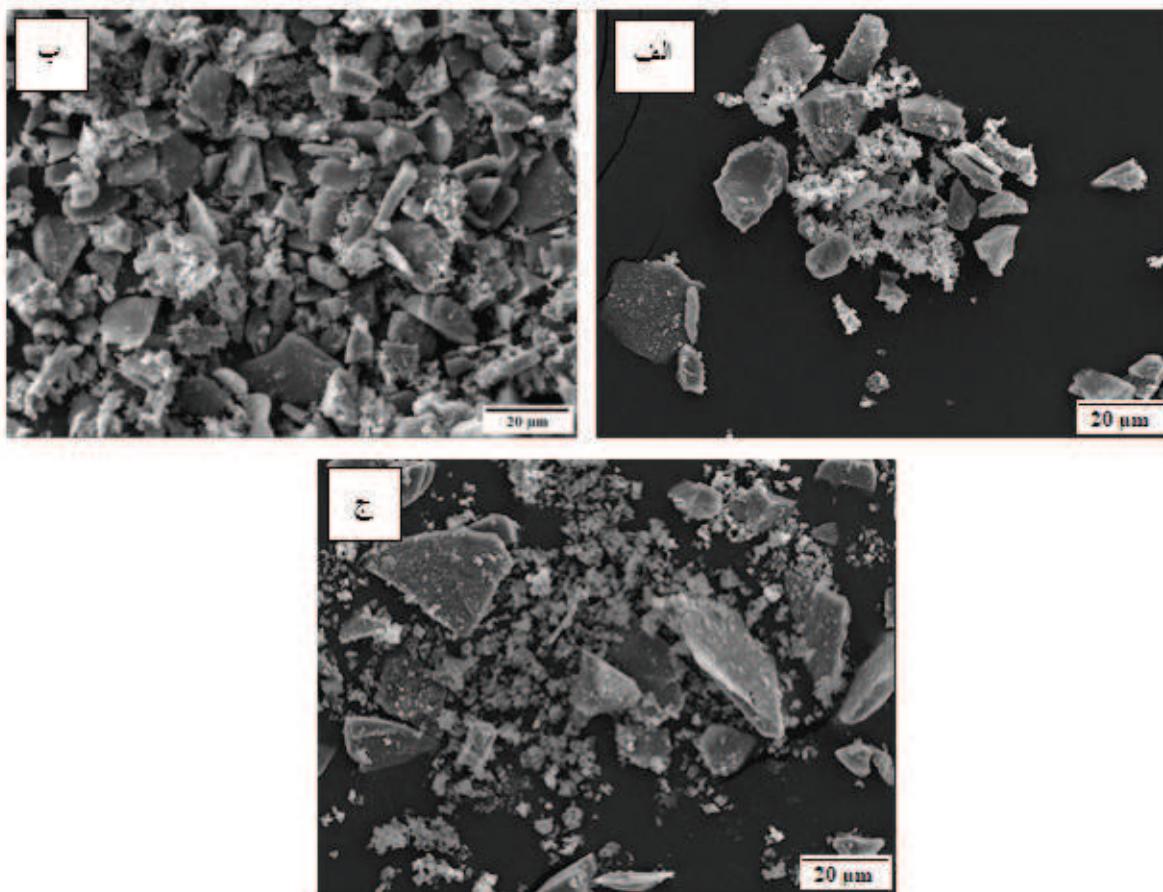
پوشش نیکل روی سطح ذرات SiC در این تصاویر به خوبی دیده می شود. همان طور که در این تصاویر مشاهده می شود

شکل ۱۵ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای آبکاری شده در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد را نشان می دهد.



سرعت واکنش‌های ۱ تا ۴ افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت احیای نمک فلز و تولید یون نیکل بیشتر می‌شود [۷]. بنابراین بر اساس مکانیزم پیشنهادی هی و همکارانش [۱۵] تعدادی از یون‌های نیکل نمی‌توانند در محل مناسب رسوب کرده و هسته‌هایی مجزا از جنس نیکل تشکیل می‌شود.

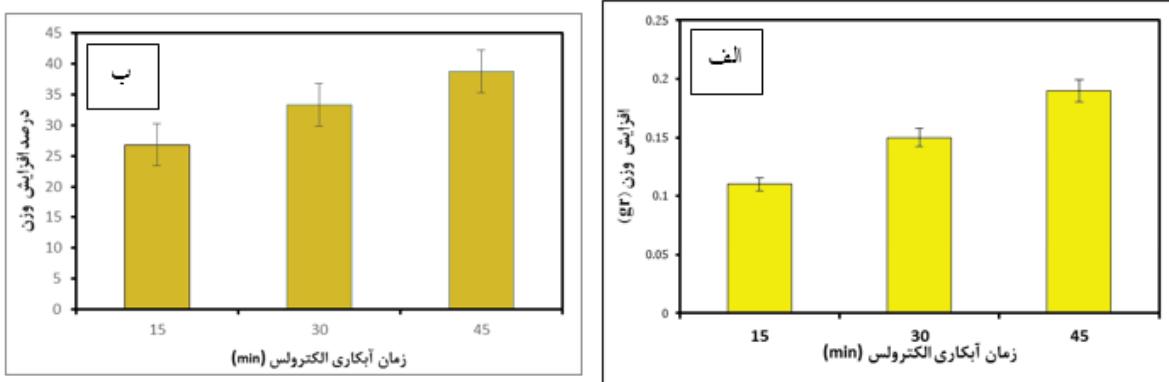
در این دما نیز با افزایش زمان آبکاری پوشش ایجاد شده روی سطح ذرات افزایش یافته است. البته در این شکل می‌توان برخی نقاط را که در آن‌ها ذرات نیکل به صورت خوش تجمع کرده و روی سطح ذرات SiC قرار نگرفته‌اند نیز مشاهده نمود. علت این امر است که با افزایش دما



شکل ۱۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودرهای SiC آبکاری شده در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان (الف) ۱۵، (ب) ۳۰ و (ج) ۴۵ دقیقه.

و با ایجاد لایه‌ی نیکل روی سطح ذرات وزن نمونه‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش زمان آبکاری اختلاف وزن اولیه و ثانویه بیشتر هم می‌شود که این امر از ضخیم‌تر شدن لایه تشکیل شده روی سطح ذرات حکایت دارد.

در شکل ۱۶-الف و ۱۶-ب به ترتیب نمودار تعییر وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در زمان‌های مختلف در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به صورت مقدار و درصد نشان داده شده است. بر اساس این نمودارها پس از فرآیند آبکاری

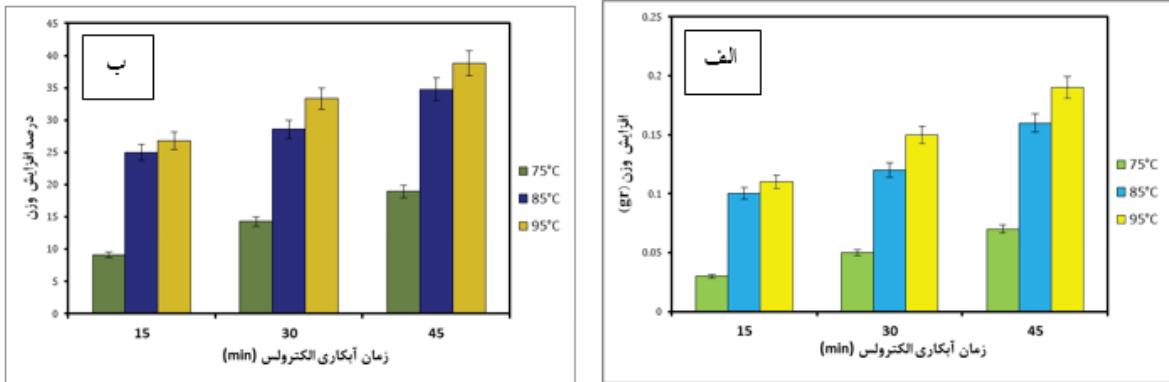


شکل ۱۶- (الف) افزایش وزن و (ب) درصد افزایش وزن پودرهای SiC قبل و بعد از آبکاری در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد و زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه.

البته درصد این افزایش با افزایش دما بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر شیب نمودار افزایش وزن نمونه‌های پس از آبکاری در دمای بالاتر مثبت‌تر است. نکته قابل توجه دیگر آن است که با گذشت زمان معمولاً مقدار درصد افزایش وزن کاهش می‌یابد. این پدیده که در مطالعات سایر دانشمندان نیز مشاهده شده است می‌تواند به کاهش مقدار واکنش‌دهنده‌ها در الکترولیت مربوط باشد [۱۰].

۴-۳- بررسی اثر زمان در پوشش دهی پودر SiC به روش الکترولیس

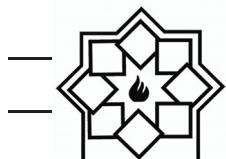
تفییرات وزنی پودر SiC و درصد این تغییرات پس از پوشش دهی الکترولیس نیکل در زمان‌ها و دماهای مختلف آبکاری در شکل ۱۷ نشان داده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در همه دماها با افزایش زمان آبکاری از ۱۵ به ۳۰ و ۴۵ دقیقه، میزان پوشش نیکل افزایش یافته است.



شکل ۱۷- (الف) تغییرات وزنی و (ب) درصد تغییرات وزنی پودر SiC پس از پوشش دهی الکترولیس نیکل در زمان‌ها و دماهای مختلف آبکاری.

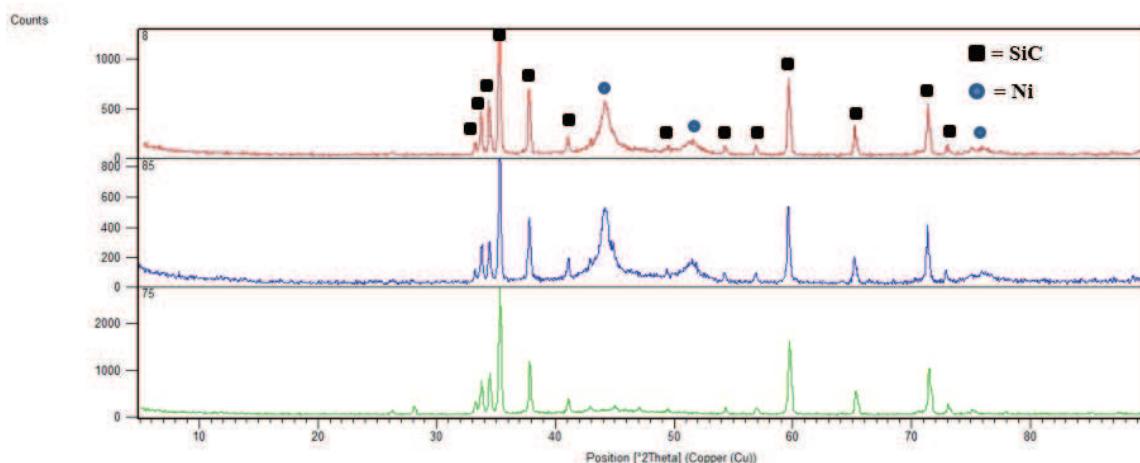
است. این امر که در نمودار پراش پرتو ایکس (شکل ۱۸) به صورت افزایش شدت پیک‌های مربوط به نیکل خود را

همچنین با افزایش دمای حمام آبکاری الکترولیس از ۷۵ به ۹۵ و ۹۵ درجه سانتی گراد بر میزان پوشش افزوده شده



شد در دماهای ۷۵ و ۹۵ درجه سانتی گراد به ترتیب کم بودن و زیاد بودن سرعت واکنش ها موجب عدم پوشش SiC دهی و یا ایجاد پوشش غیریکنواخت در سطح ذرات می شود.

نشان می دهد، ناشی از افزایش فعل و انفعالات در حمام آبکاری و در نتیجه افزایش تولید یون فلزی است. البته می باشد دقت کرد که این افزایش وزن پوشش به معنای بهبود کیفیت آن نیست. چنانچه در بخش های قبل بحث



شکل ۱۸- آنالیز فازی پودرهای SiC آبکاری شده در زمان ۳۰ دقیقه و دمای (الف) ۷۵ درجه سانتی گراد، (ب) ۸۵ درجه سانتی گراد و (ج) ۹۵ درجه سانتی گراد.

مراجع

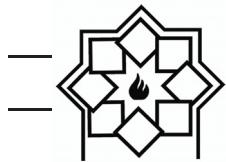
- [1] F. Kretz, Z. Gácsi, J. Kovács, and T. Pieczonka, "The electroless deposition of nickel on SiC particles for aluminum matrix composites," *Surface and Coatings Technology*, vol. 180, pp. 575-579, 2004.
- [2] H. Zhang, X. Wu, Q. Jia, and X. Jia, "Preparation and microwave properties of Ni-SiC ultrafine powder by electroless plating," *Materials & design*, vol. 28, pp. 1369-1373, 2007.
- [3] L.-M. Luo, Z.-L. Lu, X.-Y. Tan, X.-Y.

۴- نتیجه گیری

در فرآیند پوشش دهی الکترولیس، میزان زمان و دمای حمام آبکاری الکترولیس تأثیر بسیاری بر میزان پوشش و یکنواختی آن بر روی سطح ذرات SiC داردند. نتایج نشان دهنده این است که بیشترین میزان پوشش نیکل-بور بر سطح ذرات SiC در زمان ۴۵ دقیقه و دمای ۹۵ درجه سانتی گراد حاصل شده است. با این حال یکنواخت ترین پوشش در زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به دست آمده است. آنالیز فازی نمونه های SiC پوشش داده شده نیز بیانگر آن است که در زمان ۳۰ دقیقه آبکاری در هر سه دمای ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درجه سانتی گراد؛ علاوه بر فاز C، فاز Ni نیز بر سطح ذرات SiC حضور دارد و با افزایش دما شدت پیک های Ni افزایش یافته است.



- "Preparation of Ni-coated SiC Ceramic composite powder by electroless plating," in Applied Mechanics and Materials, 2012, pp. 77-80.
- [10] A. Sharma, M. Suresh, H. Bhojraj, H. Narayananamurthy, and R. Sahu, "Electroless nickel plating on magnesium alloy," Metal finishing, vol. 96, p. 10121416, 1998.
- [11] H. Noori, R. T. Mousavian, R. A. Khosroshahi, D. Brabazon, and S. Damadi, "Effect of SiC particle morphology on Co-P electroless coating characteristics," Surface Engineering, vol. 32, pp. 391-396, 2016.
- [12] Q. Zhang, M. Wu, and W. Zhao, "Electroless nickel plating on hollow glass microspheres," Surface and Coatings Technology, vol. 192, pp. 213-219, 2005.
- [13] X. Zhu, "Processability of Nickel-boron Nanolayer Coated Boron Carbide," University Libraries, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2008.
- [14] H. Dong, X. Zhu, and K. Lu, "Morphology and composition of nickel-
- Ding, L.-M. Huang, J.-G. Cheng, et al., "A specific chemical activation pretreatment for electroless nickel plating on SiC ceramic powders," Powder Technology, vol. 249, pp. 431-435, 2013.
- [4] G. Ling and Y. Li, "Influencing factors on the uniformity of copper coated nano-Al₂O₃ powders prepared by electroless plating," Materials Letters, vol. 59, pp. 1610-1613, 2005.
- [5] W. Riedel, Electroless nickel plating: ASM International, 1991.
- [6] J. R. Davis, Surface engineering for corrosion and wear resistance: ASM international, 2001.
- جلال الدین قضاوتی، مینا سعیدی حیدری، [۷]
"بررسی تأثیر دما و میزان pH بر
پوشش دهی پودر SiC به روش الکترولیس
Ni-B، اولین کنفرانس ملی رویکردهای
نوین و کاربردی در مهندسی مکانیک،
۱۳۹۴
- [8] J. Pázmán, V. Mádai, J. Tóth, and Z. Gácsi, "Investigation of the electroless nickel plated SiC particles in metal matrix composites," Powder Metallurgy Progress, vol. 10, pp. 102-109, 2010.
- [9] H. Yao, G. L. Zhu, and Y. Z. Wang,



boron nanolayer coating on boron carbide particles," Journal of Materials Science, vol. 43, pp. 4247-4256, 2008.

- [15] P. He, S. Huang, H. Wang, Z. Huang, J. Hu, X. Cheng, et al., "Electroless nickel-phosphorus plating on silicon carbide particles for metal matrix composites," Ceramics International, vol. 40, pp. 16653-16664, 2014.