

استفاده از خاکستر سبوس برنج برای تولید نانو ذرات Al_2O_3/SiC به روش سنتز خود انتشار دمای بالا و آسیاکاری

سید مرتضی حسینی^۱، قاسم دینی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی نانو، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی نانو، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*عهده دار مکاتبات: g.dini@sci.ui.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵)

چکیده: در این پژوهش از سیلیس موجود در سبوس برنج برای سنتز نانو ذرات Al_2O_3/SiC استفاده شده است. سبوس برنج یکی از ضایعات کشاورزی در کشورهای تولید کننده ی برنج مانند ایران است. به همین منظور، خاکستر بدست آمده از سوزاندن سبوس برنج که حاوی بیش از ۹۳ درصد سیلیس است به همراه پودر آلومینیوم و کربن به نسبت مولی ۳:۴:۶ مخلوط شد و با استفاده از یک قالب استوانه ای شکل در فشار ۵۰MPa به قرص تبدیل گردید. به منظور انجام سنتز خود انتشار دمای بالا (SHS)، قرص های تهیه شده در یک کوره الکتریکی تحت اتمسفر گاز آرگون و در دمای $850^{\circ}C$ قرار داده شد. سپس از آسیاب گلوله ای سیاره ای به مدت ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۴ ساعت برای کاهش اندازه ذرات کامپوزیت سنتز شده استفاده گردید. نتایج بررسی ها توسط XRD، XRF، SEM و DLS نشان داد که از خاکستر سبوس برنج می توان برای تولید نانو ذرات Al_2O_3/SiC به روش SHS و آسیاکاری استفاده کرد و اندازه ذرات سنتز شده پس از آسیاکاری به مدت ۴ الی ۲۴ ساعت در محدوده ۸۷۰ nm تا ۶۵ nm قرار می گیرد.

واژه های کلیدی:

سنتز، نانو ذرات، Al_2O_3 ، SiC ، خاکستر سبوس برنج، SHS، آسیاکاری.

۱- مقدمه

پودری اولیه پس از اختلاط با نسبت مناسب تحت فشار پرس سرد به یک قرص متراکم تبدیل می شوند. سپس با اعمال یک منبع خارجی، انرژی لازم جهت انجام واکنش شیمیایی در بخش کوچکی از واکنشگرها فراهم می آید. با انجام واکنش در لایه ای از مواد اولیه، آن چنان حرارتی ایجاد می گردد که انرژی فعال سازی مورد نیاز جهت انجام واکنش شیمیایی در لایه مجاور خود را فراهم می آورد. بدین ترتیب یک موج احتراق به صورت خود کفا و بدون نیاز به انرژی خارجی در سرتاسر قرص منتشر شده و واکنشگرها را به محصول تبدیل می کند [۴-۵].

سنتز خود انتشار دمای بالا^۱ (SHS)، فرایند کنترل شده ای است که در آن از واکنش های مشتعل شونده ی شدیداً گرمازا بین مواد پودری اولیه برای تولید انواع مختلفی از مواد منحصربفرد استفاده می شود. به عبارت دیگر SHS، فرایندی خود کفا از لحاظ انرژی بوده که امروزه با کاهش منابع انرژی، جایگاه ویژه ای را به عنوان یک روش اقتصادی تولید به خود اختصاص داده است [۱-۳].

مبانی این روش بر پایه استفاده از واکنش های خود کفای حرارتی بین پودر فلزات یا مواد ترکیبی می باشد. بدین ترتیب که مواد

و گرم کردن در محدوده دمای 1600°C تا 2500°C است [۱۴]. با اضافه کردن SiC به دیگر مواد می‌توان خواص مکانیکی و سایشی را بهبود بخشید. به صورت متداول برای تولید کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ ذرات SiC به صورت ویسکروز یا صفحه‌ای شکل با ابعاد مختلف به پودر Al_2O_3 اضافه شده و سپس عملیات اختلاط و شکل‌دهی انجام می‌گیرد [۱۰-۱۳]. با استفاده از واکنش آلومینوترمیک (رابطه‌ی ۱) نیز می‌توان کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ را تولید کرد [۱۵].



در این واکنش، سیلیس (SiO_2) توسط آلومینیوم احیا شده و اکسید پایدارتر (Al_2O_3) و یک فاز ثانویه (SiC) تشکیل می‌گردد. به عنوان منسجم‌ترین کار انجام گرفته در رابطه با تولید کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ به روش SHS، می‌توان به تحقیقات انجام گرفته توسط لی^۲ و همکارانش [۱۶] اشاره کرد. در این تحقیق از مخلوط پودرهای مواد اولیه با نسبت‌های مولی متفاوت، فشار پرس و دمای پیش‌گرم مختلف برای تولید کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ استفاده گردید و در نهایت شرایط بهینه برای سنتز این کامپوزیت به روش SHS ارائه شده است. از آنجا که یکی از مواد اولیه بکار رفته در تولید کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ به روش SHS، سیلیس می‌باشد، در این پژوهش سعی شده است که این ماده اولیه از سبوس برنج^۳ تأمین گردد. تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که خاکستر سبوس برنج^۴ حاوی مقادیر قابل توجهی سیلیس است [۱۷-۱۸]. هرچند تا به حال مصارف متعددی برای سبوس برنج و خاکستر آن مطرح شده است [۱۷-۲۱]، اما از این ماده در تولید مواد به روش SHS کمتر استفاده شده است [۲۲-۲۳]. بنابراین در این پژوهش، امکان استفاده از خاکستر سبوس برنج برای تولید کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ به روش SHS بررسی شده است.

در روش‌های متداول تولید، به دلیل استفاده از تجهیزاتی مانند کوره‌های دمای بالا و صرف زمان‌های طولانی، هزینه تولید بسیار بالا است. اما ویژگی اصلی فرایند SHS، اقتصادی بودن تولید از طریق آن به دلیل سرعت بالا، مصرف کم انرژی و سادگی فرایند می‌باشد. همچنین به علت دمای بالای ایجاد شده در حین فرایند، بسیاری از ناخالصی‌های موجود در مواد اولیه تبخیر و محصولی با خلوص بالا تولید می‌گردد [۶-۱].

لازم به ذکر است که فرایند SHS یک فرایند سنتز مواد در حالت جامد است [۷]. به این معنی که واکنش بین مخلوط مواد اولیه در حالت جامد اتفاق می‌افتد و با دیگر فرایندهای سنتز مواد که عمدتاً به صورت غیر یکنواخت صورت می‌گیرد، متفاوت است. از آنجا که اساس فرایند SHS بر مبنای نفوذ می‌باشد، واکنش‌ها به صورت اتمی و تقریباً یکنواخت در سرتاسر مواد اولیه صورت می‌گیرد.

به بیان دیگر هر یک از ذرات نهایی که می‌تواند به دلیل دمای بالای سنتز، کلوخه شده و ابعاد متفاوتی داشته باشد، از اجزا محصولات نهایی تشکیل شده است. برای دستیابی به اندازه ذرات نانومتری پس از فرایند SHS، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود [۷] که در این میان استفاده از آسیاکاری بسیار پر کاربرد است. در واقع هنگام آسیاکاری، پارامترها به نحوی انتخاب می‌گردد که سنتز جدیدی صورت نگرفته و تنها ابعاد ذرات محصول SHS کاهش پیدا کند.

از زمان معرفی فرایند SHS، مواد و ترکیبات متنوعی با این روش تولید شده است [۸-۹]. کامپوزیت $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ یکی از موادی است که می‌تواند از طریق فرایند SHS تولید گردد. به دلیل برخی از ویژگی‌های مکانیکی، حرارتی و تریبولوژیکی این کامپوزیت سرامیکی، از آن می‌توان به خوبی برای تولید ابزارهای برشی، مواد ساینده و دیگر کاربردهای دمای بالا استفاده کرد [۱۰-۱۳].

از آنجا که SiC در طبیعت کم است، بیشتر SiC مورد نیاز برای صنایع از طریق سنتز تولید می‌شود. ساده‌ترین روش تولید آن، مخلوط کردن ماسه و کربن در یک کوره الکتریکی مقاومتی

۲- مواد و روش انجام تحقیق

سبوس برنج مورد نیاز در این پژوهش از یک واحد برنج کوبی واقع در شهر درچه اصفهان تهیه گردید. جهت تهیه خاکستر سبوس برنج، سبوس اولیه در فضای باز سوزانده شد. به منظور آنالیز عنصری و فازی سبوس و خاکستر آن، از آزمون‌های CHNS (Leco 932)، XRF (Bruker S4 Pioneer) و XRD (Bruker D8 Advance, $\lambda_{Co}=1.789\text{\AA}$) استفاده گردید. از پودر آلومینیوم با خلوص ۹۹/۹۹ (مرک) و اندازه ذرات زیر $40\mu\text{m}$ و کربن سیاه تجاری با خلوص ۹۹/۹ و اندازه ذرات زیر $5\mu\text{m}$ به عنوان دیگر مواد اولیه استفاده گردید.

با توجه به تحقیقات قبلی در رابطه با تولید کامپوزیت Al_2O_3/SiC به روش SHS [۱۶]، نسبت مولی ۳:۴:۶ به ترتیب برای Al ، SiO_2 و C انتخاب گردید. بر همین اساس برای تهیه قرص‌های استوانه‌ای با قطر 10mm ، مقدار 6g از مخلوط پودری توزین گردید. برای متراکم‌سازی مخلوط پودری و تهیه قرص از یک سمبه ماتریس فولادی تهیه شده برای این منظور استفاده شد. برای متراکم‌سازی از فشار تقریبی 50MPa استفاده گردید. به منظور انجام فرایند SHS، از یک کوره الکتریکی لوله‌ای با اتمسفر خنثی (گاز آرگون) استفاده شد. پس از رسیدن دمای کوره به 850°C ، قرص‌ها یک به یک درون کوره قرار گرفت. در تمامی مراحل انجام واکنش از جریان گاز آرگون به منظور جلوگیری از اکسیداسیون و آلوده شدن اتمسفر کوره استفاده شد. هر یک از نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه درون کوره نگهداری گردید. انجام فرایند به وضوح با خروج ناگهانی حجم زیادی از دود و شعله به خوبی قابل تشخیص بود.

پس از انجام فرایند SHS و ارزیابی محصول توسط XRF، XRD و SEM (Sigma Field Emission Zeiss)، از آسیاب گلوله‌ای سیاره‌ای برای کاهش اندازه ذرات و تولید نانو ذرات Al_2O_3/SiC استفاده گردید. به همین منظور، محصول فرایند SHS با نسبت گلوله به پودر ۱۰ به ۱ استفاده شد. جنس گلوله‌ها و محفظه‌های آسیاب از فولاد زنگ‌نزن انتخاب گردید. گلوله‌ها در دو اندازه مختلف استفاده شد. آسیابکاری به صورت خشک و

با سرعت چرخش 500rpm در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۴ ساعت انجام شد. در نهایت برای ارزیابی محصول نهایی پس از آسیابکاری، آزمایش‌های XRF، XRD، SEM و DLS (Vasco-Cordouan Technologies) انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

در جدول (۱) نتایج بدست آمده از آنالیز CHNS برای تعیین درصد مواد آلی سبوس ارائه شده است. به خوبی مشخص است که درصد قابل توجهی از سبوس، از مواد آلی و عمدتاً کربن تشکیل شده است. دیگر بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که سبوس برنج معمولاً حاوی ۳۱ تا ۳۷ درصد اکسیژن است [۱۸]. با این حال نتیجه آزمون تعیین درصد مواد فرار^۵ (L.O.I) نشان می‌دهد که در حدود ۲۷ درصد از سبوس از مواد غیر آلی تشکیل شده است.

جدول (۱): درصد مواد آلی تشکیل دهنده‌ی سبوس برنج

عنصر	C	H	N	S
درصد	۳۳/۶۸	۴/۴۴	۰/۶۶	---

در جدول (۲) نتایج بدست آمده از آنالیز XRF برای خاکستر سبوس برنج ارائه شده است. همانگونه که انتظار می‌رود، بخش اصلی مواد تشکیل دهنده‌ی خاکستر سبوس برنج، سیلیس می‌باشد.

همچنین در شکل (۱) الگوی XRD بدست آمده برای خاکستر سبوس برنج ارائه شده است. از شکل می‌توان مشاهده کرد که سیلیس موجود در خاکستر سبوس برنج به سه صورت فاز کریستوبالیت (شماره کارت: 01-076-0941)، فاز تریدمیت (شماره کارت: 00-001-0378) و فاز آمورف (وجود یک کوهان در زوایای ۹ تا ۱۷ درجه) وجود دارد. این نتیجه با دیگر بررسی‌های صورت گرفته در این رابطه تطابق دارد [۱۷-۱۹].

همچنین در شکل (۲) الگوی XRD محصول پس از فرایند SHS ارائه شده است. از شکل می‌توان مشاهده کرد که کامپوزیت Al_2O_3/SiC تشکیل شده است. علی‌رغم اینکه در بررسی‌های قبلی از سیلیس با ساختار کوارتز برای سنتز این کامپوزیت استفاده شده است [۱۵ و ۱۶]، اما نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که از دیگر ساختارهای سیلیس نیز می‌توان برای سنتز کامپوزیت Al_2O_3/SiC استفاده نمود.

جدول (۲): ترکیب شیمیایی خاکستر سبوس برنج

ترکیب	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	K ₂ O	Na ₂ O	CaO
درصد	۹۳/۰۷	۰/۲۳	۰/۳۶	۲/۱۲	۰/۶۲	۱/۵۵

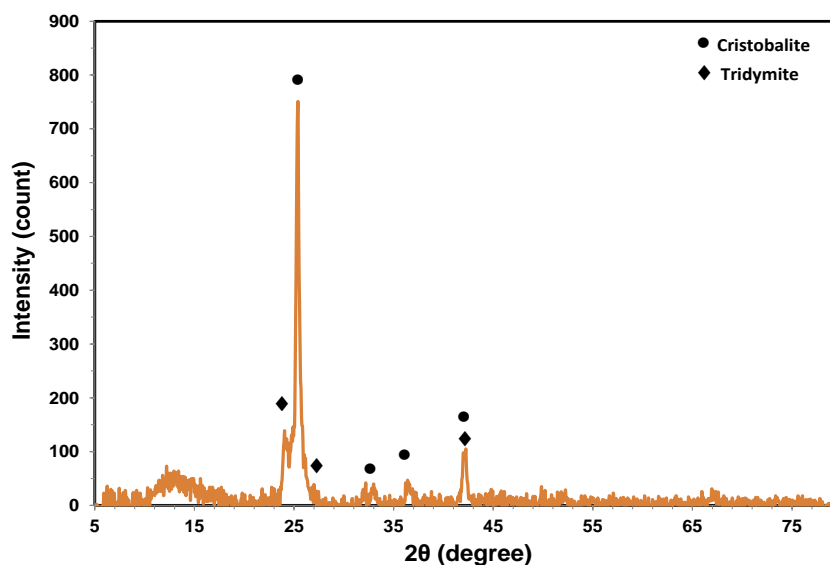
در جدول (۳) نتایج بدست آمده از آنالیز XRF محصول پس از فرایند SHS ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد، بخش مواد فرار در این جدول ناچیز است که نشان دهنده‌ی مصرف تمامی کربن اضافه شده به عنوان ماده‌ی اولیه است.

جدول (۳): ترکیب شیمیایی محصول فرایند SHS

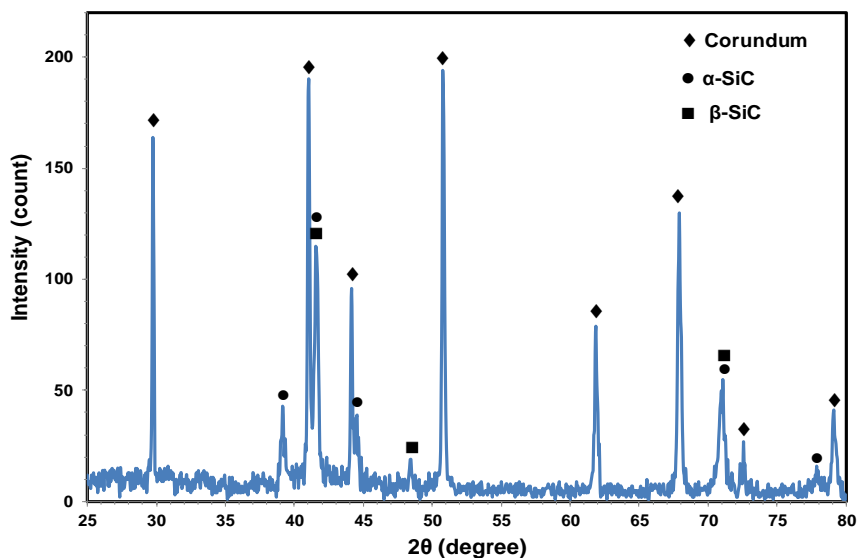
ترکیب	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	L.O.I
درصد	۵۳/۰۴	۴۳/۸۷	۰/۲۳	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۶۱	۰/۹۸

اضافی در کامپوزیت سنتز شده قابل تشخیص نیست که این مسئله می‌تواند به دلیل باقی ماندن نمونه‌ها پس از واکنش در کوره و سوختن کربن اضافی پس از خروج نمونه از کوره باشد. هرچند مواد اولیه‌ی مورد استفاده کاملاً خالص نبوده است، اما الگوی XRD بدست آمده برای محصول فاقد ناخالصی است. همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، این نتیجه یکی از مزایای فرایند SHS است.

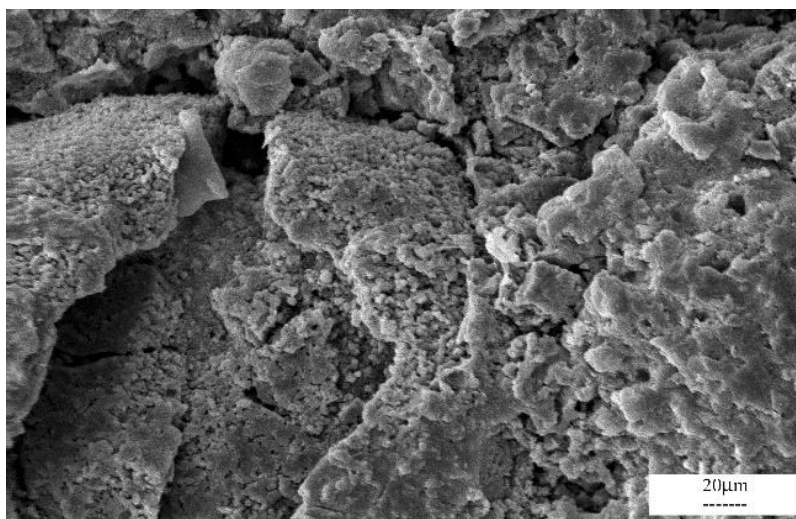
اکسید آلومینیوم ایجاد شده به صورت فاز کوراندوم (شماره کارت: 01-071-1123) است. SiC ایجاد شده عمدتاً به دو صورت α -SiC (با ساختار هگزاگونال و شماره کارت: 00-029-1126) و β -SiC (با ساختار مکعبی و شماره کارت: 01-075-0254) است. وجود آلوتروپ‌های مختلف SiC می‌تواند به نرخ سرد شدن نمونه پس از خروج از کوره مرتبط باشد [۲۴-۲۵]. همچنین آلومینیوم کاملاً مصرف شده است که نشان دهنده‌ی فعالیت بالای پودر مورد استفاده است. کربن آزاد



شکل (۱): الگوی XRD خاکستر سبوس برنج



شکل (۲): الگوی XRD کامپوزیت سنتز شده توسط فرایند SHS



شکل (۳): تصویر SEM (حالت SE^p) کامپوزیت سنتز شده توسط فرایند SHS

نداشته و تنها منجر به ورود آهن (به عنوان آلودگی) از تجهیزات آسیاکاری شده است.

جدول (۴): درصد عناصر اصلی، مواد فرار و آهن در محصول فرایند SHS پس از آسیاکاری در زمان‌های ۴، ۱۲ و ۲۴ ساعت

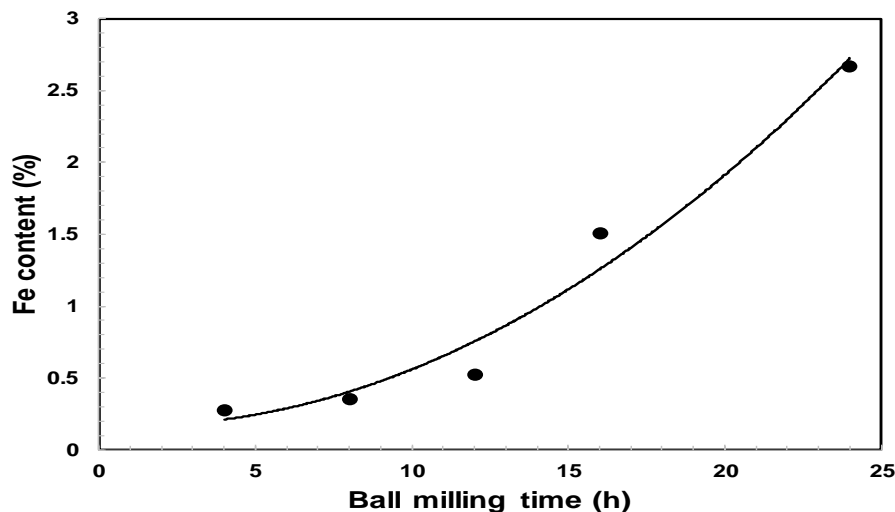
زمان آسیاکاری	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	L.O.I
۴ ساعت	۵۲/۲۷	۴۳/۵۲	۰/۲۸	۰/۸۱
۱۲ ساعت	۵۱/۸۳	۴۳/۱۶	۰/۵۳	۰/۷۶
۲۴ ساعت	۵۱/۳۸	۴۲/۰۶	۲/۶۷	۰/۹۶

در شکل (۳) تصویر SEM بدست آمده برای محصول پس از فرایند SHS ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد به علت بالا بودن دمای فرایند SHS، ذرات کلوخه شده‌اند و اندازه‌ی برخی از آن‌ها در حدود چند ده میکرون است.

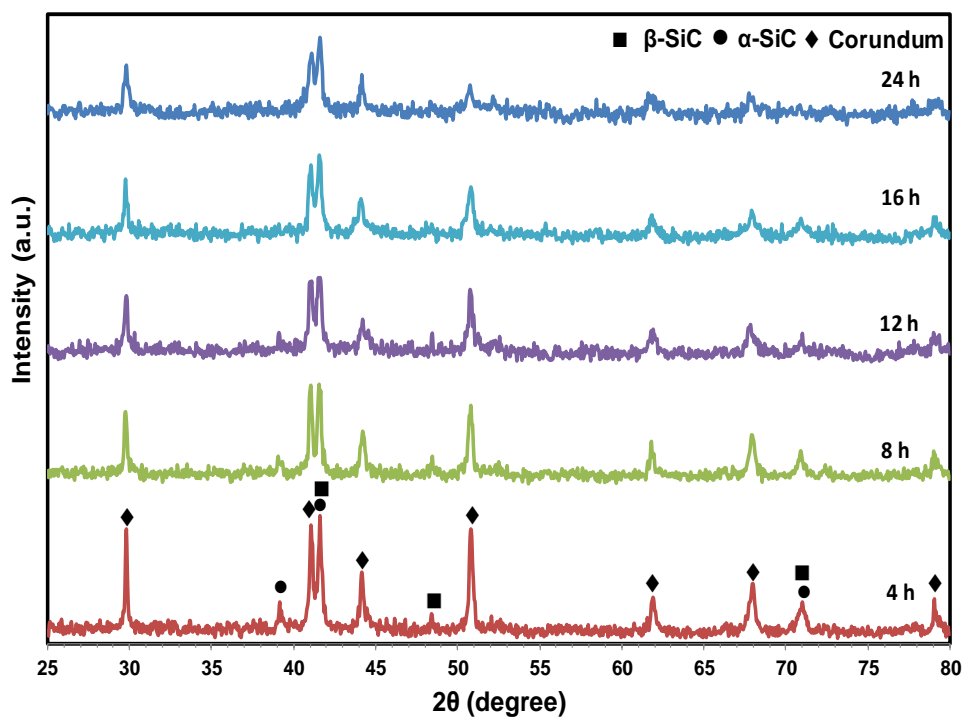
در جدول (۴) آنالیز XRF محصول سنتز شده بعد از ۴، ۱۲ و ۲۴ ساعت آسیاکاری ارائه شده است. با مقایسه‌ی جدول (۳) و (۴) می‌توان گفت که آسیاکاری تأثیری بر آنالیز شیمیایی اصلی

گردیده است که نشان دهنده‌ی کاهش اندازه ذرات هنگام فرایند آسیاکاری است. در واقع ساختار فازی محصول فرایند SHS بعد از آسیاکاری همچنان Al_2O_3/SiC است.

هرچند مقدار آهن با افزایش زمان آسیاکاری افزایش یافته است (شکل (۴))، اما این میزان در زمان‌های پایین چندان قابل توجه نیست. همچنین در شکل (۵) تأثیر زمان آسیاکاری بر الگوی XRD محصول ارائه شده است. با مقایسه‌ی شکل (۲) و (۵) می‌توان گفت که آسیاکاری تنها منجر به پهن شدن پیک‌ها

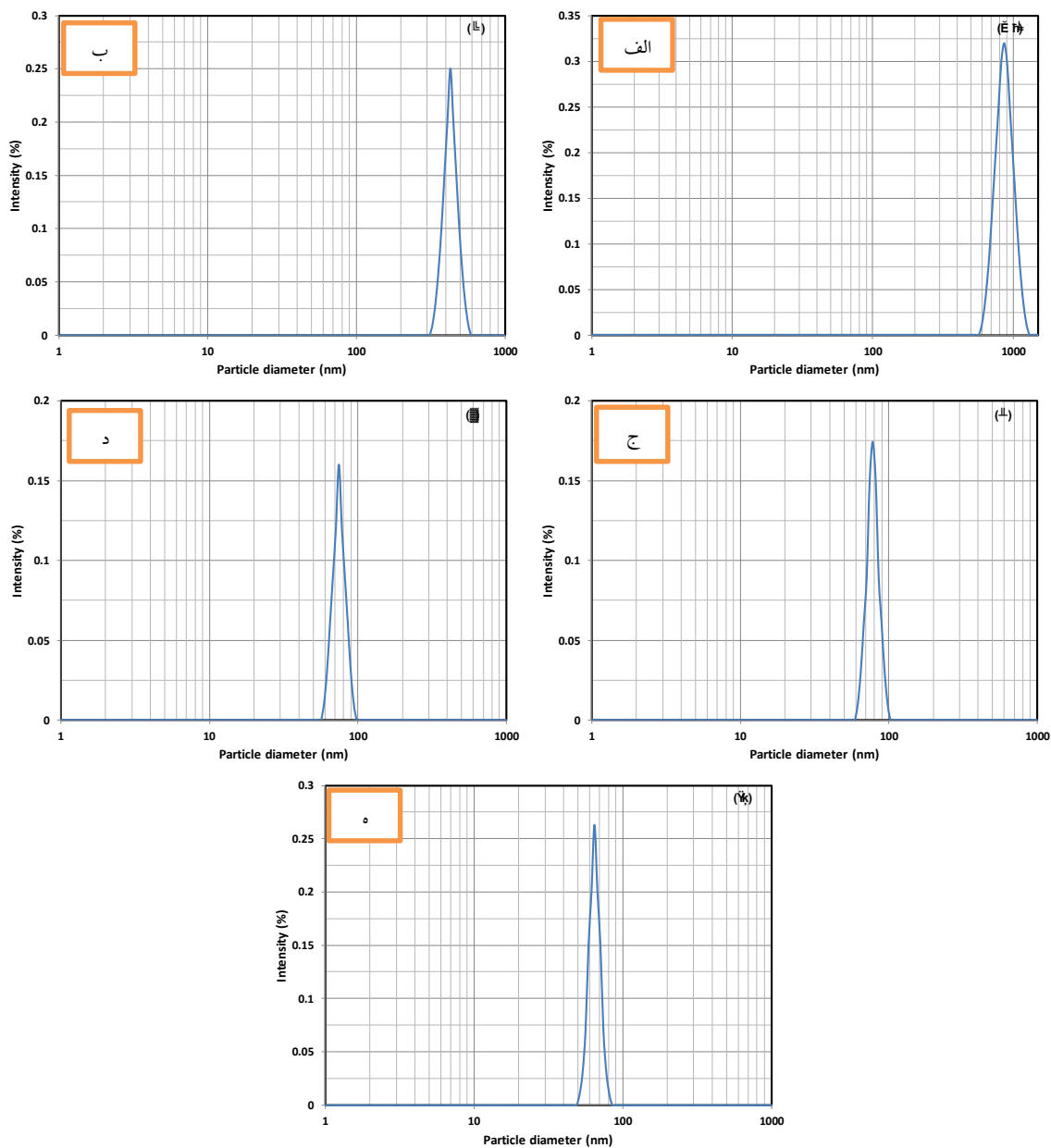


شکل (۴): تأثیر زمان آسیاکاری بر میزان آهن ورودی به محصول فرایند SHS



شکل (۵): تأثیر زمان آسیاکاری بر الگوی XRD محصول فرایند SHS

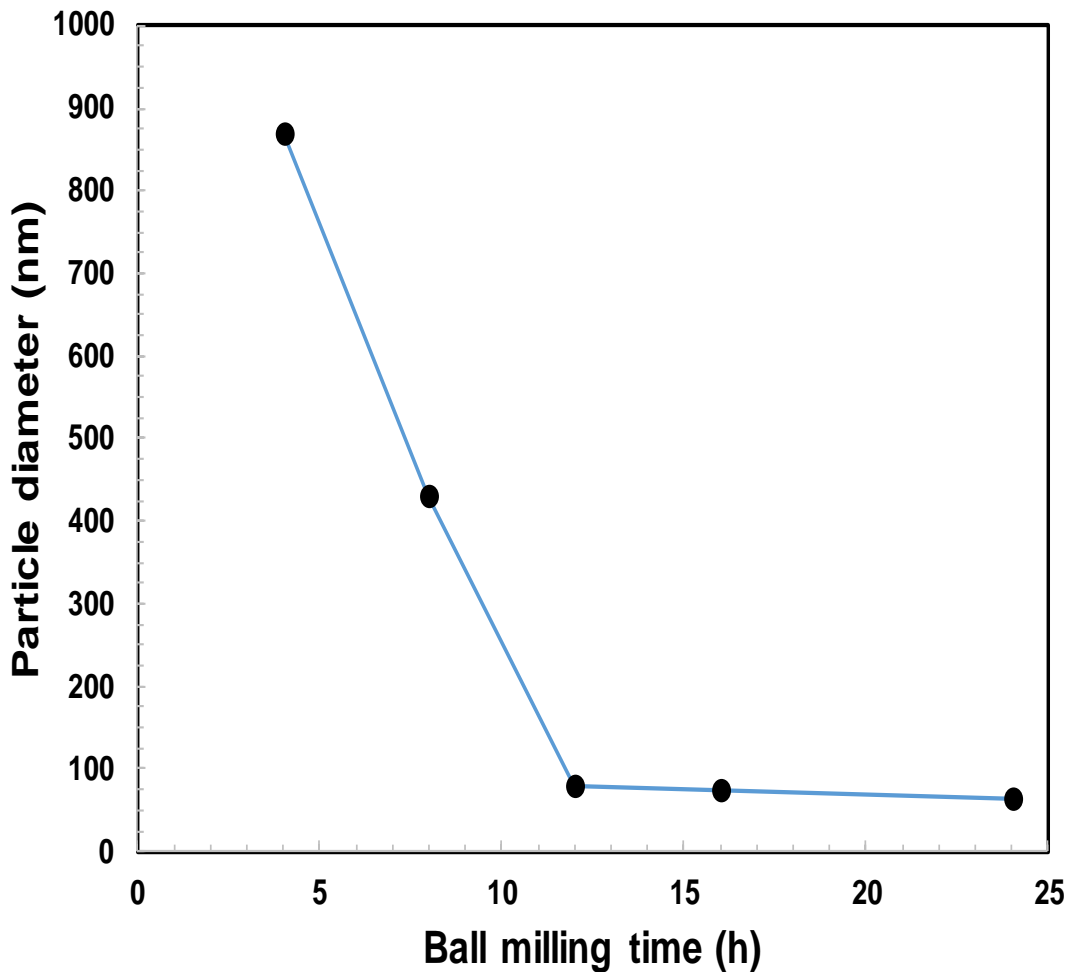
به منظور بررسی دقیق تر تأثیر زمان آسیاکاری بر کاهش اندازهی ذرات، در شکل (۶) نتایج آزمون DLS برای محصول پس از ۱۲ و ۲۴ ساعت آسیاکاری ارائه شده است.



شکل (۶): نتایج آزمون DLS برای محصول فرایند SHS بعد از آسیاکاری به مدت: (الف): ۴، (ب): ۸، (ج): ۱۲، (د): ۱۶ و (ه): ۲۴ ساعت

نشان داده شده است. از شکل (۷) به خوبی مشخص است که پس از ۱۲ ساعت، تقریباً اندازهی ذرات تغییر قابل توجهی نداشته است.

می توان مشاهده کرد که میانگین اندازهی ذرات بعد از ۱۲ و ۲۴ ساعت آسیاکاری به ترتیب ۸۰nm و ۶۵nm است. همچنین در شکل (۷) تأثیر زمان آسیاکاری در محدودهی ۴ الی ۲۴ ساعت

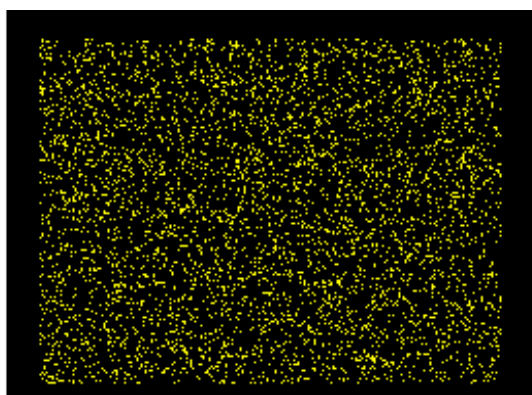
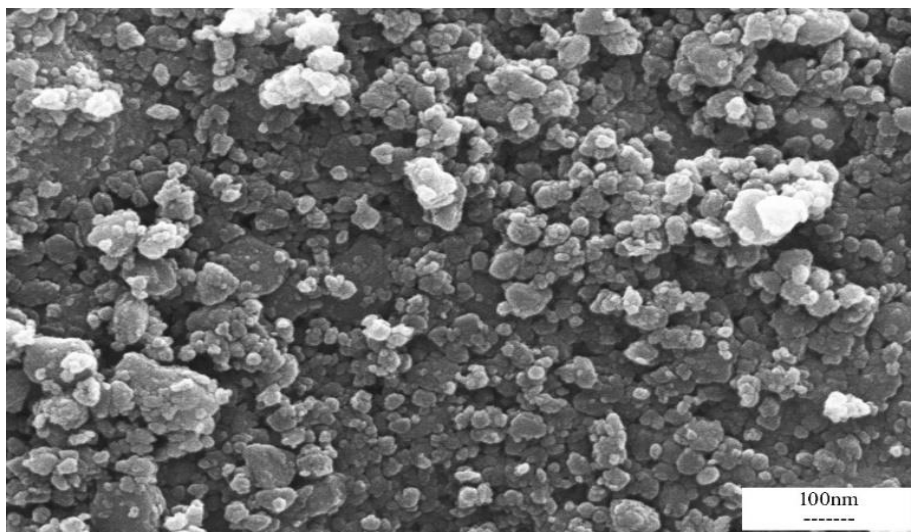


شکل (۷): تأثیر زمان آسیاکاری بر اندازه ذرات محصول فرایند SHS

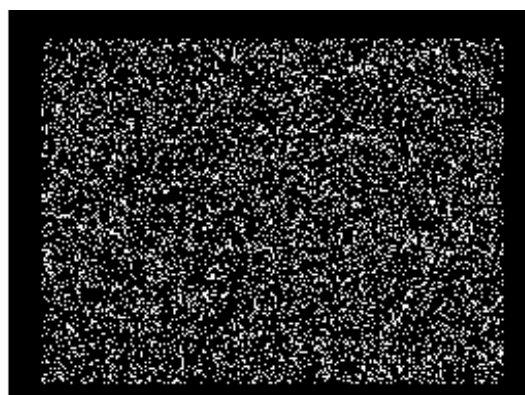
۴- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که امکان استفاده از خاکستر سبوس برنج حاوی بیش از ۹۰ درصد سیلیس به عنوان ماده‌ی اولیه در تولید نانو ذرات Al_2O_3/SiC به روش SHS و آسیاکاری وجود دارد. خاکستر بدست آمده پس از سوزاندن در فضای باز و با ساختارهای مختلف از سیلیس بدون هیچ‌گونه آماده‌سازی بعدی در فرایند SHS قابل استفاده است. علاوه بر این به دلیل ماهیت سرامیکی کامپوزیت Al_2O_3/SiC ، امکان دست‌یابی به اندازه ذرات در مقیاس نانو پس از آسیاکاری وجود دارد و اندازه ذرات محصول سنتز شده پس از ۱۲ ساعت آسیاکاری به حدود ۸۰nm کاهش یافت.

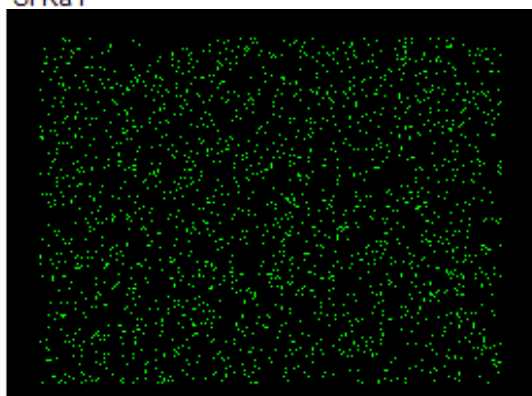
به منظور ارزیابی دقیق‌تر محصول فرایند SHS پس از ۱۲ ساعت آسیاکاری، از FE-SEM استفاده گردید. نتایج بدست آمده در شکل (۸) ارائه شده است. همچنین نقشه‌ی توزیع عناصر نیز برای این شکل ارائه شده است. از شکل می‌توان مشاهده کرد که اندازه‌ی ذرات با میانگین بدست آمده از DLS برای این نمونه مطابقت دارد. از سوی دیگر، عناصر تشکیل دهنده‌ی کامپوزیت Al_2O_3/SiC در تمامی نقاط توزیع یکنواختی دارند. بنابراین، با توجه به این نتایج و شکل (۵)، می‌توان گفت که محصول نهایی بدست آمده پس از فرایند SHS و آسیاکاری به مدت ۱۲ ساعت، نانو ذرات Al_2O_3/SiC می‌باشد.



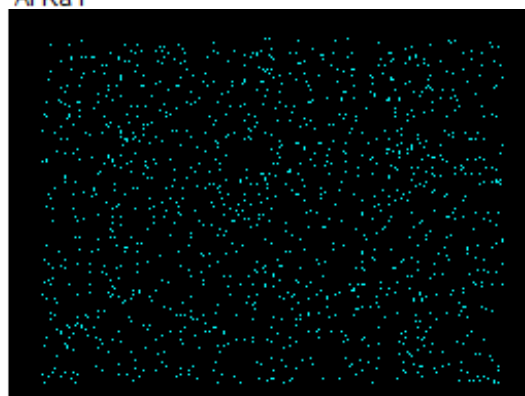
Si Ka1



Al Ka1



O Ka1



C Ka1_2

شکل (۸): تصویر SEM (حالت SE) و توزیع عناصر Al، Si، C و O در محصول فرایند SHS پس از ۱۲ ساعت آسیابکاری

Energy and Combustion Science, Vol. 27, pp. 1-74, 2001.

۵- مراجع

- [1] Makino, "Fundamental aspects of the heterogeneous flame in the self-propagating high-temperature synthesis (SHS) process", Progress in

- [12] Y. M. Ko & W. T. Kwon, "Cutting performance of Al₂O₃-SiC nanocomposite tools", *Journal of Materials Science*, Vol. 40, pp. 785-787, 2005.
- [13] R. Barea, M. Belmonte, M. I. Osendi & P. Miranzo, "Thermal conductivity of Al₂O₃/SiC platelet composites", *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 23, pp. 1773-1778, 2003.
- [14] P. G. Neudeck, "Silicon Carbide Technology", *VLSI Handbook*, CRC Press, 2006.
- [15] L. S. Abovyan, H. H. Nersisyan, S. L. Kharatyan, R. Orrù, R. Saiu, G. Cao & D. Zedda, "Synthesis of alumina-silicon carbide composites by chemically activated self-propagating reactions", *Ceramics international*, Vol. 27, pp. 163-169, 2001.
- [16] J. H. Lee, C. Y. An, C. W. Won, S. S. Cho & B. S. Chun, "Characteristics of Al₂O₃-SiC composite powder prepared by the self-propagating high-temperature synthesis process and its sintering behavior", *Materials Research Bulletin*, Vol. 35, pp. 945-954, 2000.
- [17] F. Bondioli, L. Barbieri, A. M. Ferrari & T. Manfredini, "Characterization of Rice Husk Ash and Its Recycling as Quartz Substitute for the Production of Ceramic Glazes", *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 93, pp. 121-126, 2010.
- [18] Kumar, K. Mohanta, D. Kumar & O. Parkash, "Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 2, pp. 86-90, 2012.
- [19] S. D. Nagrale, H. Hajare & P. R. Modak, "Utilization of Rice Husk Ash", *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 2, pp. 1-5, 2012.
- [20] G. Abood Habeeb & H. Bin Mahmud, "Study on Properties of Rice Husk Ash and Its Use as Cement Replacement Material", *Materials Research*, Vol. 13, pp. 185-190, 2010.
- [21] S. Kumar, P. Sangwan, R. Dhankhar, V. Mor & S. Bidra, "Utilization of Rice Husk and Their Ash: A
- [2] P. Mossino, "Review-Some aspects in self-propagating high-temperature synthesis", *Ceram. Inter.*, Vol. 30, pp. 311-332, 2004.
- [3] A. G. Merzhanov, "Combustion processes that synthesize materials", *J. Mater. Processing Technology*, Vol. 56, pp. 222-241, 1996.
- [4] K. C. Patil, S. T. Aruna & T. Mimani, "Combustion synthesis: an update", *Current opinion in solid state and mater. sci.*, Vol. 6, pp. 507-512, 2002.
- [5] J. Subrahmanyam & M. Vijayakumar, "Review-self-propagating high-temperature synthesis", *J. Mater. Sci.*, Vol. 27, pp. 6249-6237, 1992.
- [۶] ی. م. علی شریفی، "اثر فعال‌سازی مکانیکی بر کاهش اندازه ذرات SiC/Al₂O₃ در کامپوزیت ایجاد شده بوسیله سنتز خود انتشار دمای بالا و بر سینتیک واکنش"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۹.
- [7] S. T. Aruna & A. S. Mukasyan, "Combustion synthesis and nanomaterials", *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, Vol. 12, pp. 44-50, 2008.
- [۸] ع. اسماعیلی علی آبادی و ع. سعیدی، "تولید کامپوزیت TiC در زمینه آلومیناد نیکل به روش سنتز احتراقی انفجاری"، فرایندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۳، سال ۲، صفحه ۱، پاییز، ۱۳۸۷.
- [۹] ع. حاج علیلو، ع. سعیدی و م. عباسی، "تولید کاربرد تیتانیم و نانو کامپوزیت TiC-Al₂O₃ با استفاده از روتیل به روش سنتز احتراقی و آلیاژسازی مکانیکی"، فرایندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۱، سال ۴، صفحه ۱، بهار، ۱۳۸۹.
- [10] Y. M. Ko, W. T. Kwon & Y. W. Kim, "Development of Al₂O₃-SiC composite tool for machining application", *Ceramics International*, Vol. 30, pp. 2081-2086, 2004.
- [11] M. Belmonte, M. I. Nieto, M. I. Osendi & P. Miranzo, "Influence of the SiC grain size on the wear behaviour of Al₂O₃/SiC composites", *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 26, pp. 1273-1279, 2006.

Review”, Research Journal of Chemical and Environmental Sciences Res. J. Chem. Env. Sci., Vol. 1, pp. 126-129, 2013.

[22] S. Niyomwas, “Synthesis and characterization of silicon-silicon carbide composites from rice husk ash via self-propagating high temperature synthesis”, J. Met. Mat. Min, Vol. 19, pp. 25-21, 2009.

[23] T. Chanadee & S. Niyomwas, “Self-Propagating High-Temperature Synthesis of Si-SiC Composite Powder”, Key Engineering Materials, Vol. 675, pp. 623-626, 2016.

[24] W. J. MoberlyChan, J. J. Cao, C. J. Gilbert, R. O. Ritchie & L. C. De Jonghe, “The Cubic-To-Hexagonal Transformation to Toughen SiC”, Ceram. Micro., pp. 177-190, 1998.

[25] C. E. Ryan, R. C. Marshall, J. J. Hawley, I. Berman & D. P. Considine, “The Conversion of Cubic and Hexagonal Silicon Carbide as a Function of Temperature and Pressure”, Aniso. Single-Crys. Refra. Comp., pp. 177-197, 1968.

۶- پی نوشت

-
- [1] Self-Propagating High-Temperature Synthesis (SHS)
 - [2] Lee
 - [3] Rice Husk
 - [4] Rice Husk Ash
 - [5] Loss On Ignition
 - [6] Secondary Electron

Fabrication of Al₂O₃/SiC nanoparticles from the Rice hush ash via self-propagation high-temperature synthesis and ball milling

Morteza Hoseini¹, Ghasem Dini^{2*}

1- M.Sc. Student, Department of Nanotechnology Engineering, Faculty of Advanced Sciences and Technologies, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Nanotechnology Engineering, Faculty of Advanced Sciences and Technologies, University of Isfahan, Isfahan, Iran

*Corresponding author: g.dini@sci.ui.ac.ir

Abstract

In this study, silica obtained from the rice hush was used to synthesis of Al₂O₃/SiC nanoparticles. The rice husk is an agricultural residue abundantly available in rice producing countries such as Iran. For this reason, the ash obtained from the burning of the rice hush which contains more than 93% silica, and aluminum and carbon powders with the molar ratios of 3:4:6 were mixed and then pressed into pellets by using a cylindrical die under a pressure 50MPa. In order to conduct the self-propagation high-temperature synthesis (SHS), the produced pellets were placed in an electrical furnace at 850°C under the argon gas atmosphere. Then, a planetary ball-milling for 4, 8, 12, 16 and 24h was used to decrease the particle size of the synthesized composite. The results of XRF, XRD, SEM and DLS investigations shown that the rice hush ash can be used to fabricate Al₂O₃/SiC nanoparticles with an average particle size of about 80 to 65nm via SHS and ball-milling for 12 to 24h.

Keywords:

Synthesis, Nanoparticles, Al₂O₃/SiC, Rice Hush Ash, Ball milling, SHS.

Journal homepage: ma.iaumajlesi.ac.ir

Please cite this article using:

Morteza Hoseini, Ghasem Dini, Fabrication of Al₂O₃/SiC nanoparticles from the Rice hush ash via self-propagation high-temperature synthesis and ball milling, in Persian, *New Process in Material Engineering*, 2018, 12(2), 15-25.