

بررسی پارامترهای سنتز احتراقی در فرایند تولید کامپوزیت متخلخل TiC/Al₂O₃ در حضور مواد گاززا

سیده فاطمه شمس^۱، احد ضابط^۲، جلیل وحدتی خاکی^۳

چکیده

در این پژوهش که به منظور بررسی برخی فاکتورهای سنتز احتراقی (از قبیل: دمای آدیاباتیک، دمای احتراق، زمان احتراق، دمای اشتعال و زمان اشتعال) فرایند تولید کامپوزیت با تخلخل بالای (حدود ۸۰٪) TiC/Al₂O₃ صورت گرفته است، از روش افزودن عوامل گاززا به مخلوط پودرهای واکنش دهنده و سپس سنتز احتراقی نمونه‌های خام استفاده شده است. در حین انجام آزمایشات دما و زمان واکنش سنتز احتراقی تولید کامپوزیت های متخلخل TiC/Al₂O₃ در حضور عوامل گاززای مختلف ثبت شده است و سپس منحنی‌های دما-زمان بدست آمده از لحاظ تاثیر عوامل گاززا بر روی پارامترهای سنتز احتراقی مورد تحلیل قرار گرفته است. مشاهده شده است با افزایش میزان مواد گاززا در یک فشار ثابت، علاوه بر افزایش زمان اشتعال نمونه ها، دمای اشتعال هم افزایش پیدا کرده و دمای احتراق نمونه ها هم کاهش یافته است. با استفاده از نرم افزار factsage به محاسبه دماهای آدیاباتیک سیستم در شرایط افزودن عوامل گاززای مختلف و مقایسه داده های حاصل شده با شرایط تجربی پرداخته شده است. مشاهده شده است در عمل، سنتز احتراقی خود پیش رونده (SHS) با جبهه پایدار) تا مقادیر بالاتری از مقدارهای پیش بینی شده توسط نرم افزار هم قابل انجام بوده است.

واژه های کلیدی: پارامترهای سنتز احتراقی، مواد گاززا، کامپوزیت TiC/Al₂O₃ با تخلخل بالا

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فردوسی مشهد hanie.shams@yahoo.com

^۲ استادیار، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ استاد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

سنتز احتراقی یا سنتز دمای بالای خود پیش رونده یک روش پیشنهادی برای تولید سرامیک های پیش رفته، کامپوزیت های سرامیکی و ترکیبات بین فلزی است و به یک واکنش شیمیایی بسیار گرمازا بستگی دارد که پس از اعمال یک پالس کوتاه انرژی برای شروع واکنش خود پیش رونده می شود. برای آشنایی بیشتر با فرایند سنتز احتراقی، در ادامه به برخی از جنبه های کلی یک واکنش سنتز احتراقی اشاره خواهیم کرد. دمای آدیاباتیک (Tad): اگر از اتلاف گرما در سیستم چشم پوشی نماییم یعنی فرض کنیم که تمام گرمای تولید شده در واکنش، صرف افزایش دمای محصول ها بشود، می توان بیشترین دمایی را که در هنگام واکنش سنتز احتراقی در اثر انرژی آزاد شده قابل دست یابی است، تعیین کرد که به آن دمای آدیاباتیک گویند. لازم به یادآوری است که دمای آدیاباتیک یک کمیت آرمانی است که در عمل هرگز به طور صد در صد قابل دست یابی نیست و همواره درصدی از افت دما در سیستم به دلیل اتلاف گرما اجتناب ناپذیر است [۱]. معیار تجربی مرزائف: مرزائف یک معیار تجربی ارائه داد که بر اساس آن دمای آدیاباتیک به عنوان معیاری برای تعیین اینکه واکنش سنتز احتراقی در یک سیستم خاص قابل انجام هست یا نه، در نظر گرفته می شد. این معیار که از آن پس به نام معیار مرزائف خوانده شد از این قرار است: $Tad \geq 1800 K$ در تحقیقی دیگر منیر و انسلمی دمای ۲۰۰۰ کلوین را دمای بحرانی برای واکنش های SHS ذکر کردند [۲]. دمای اشتعال (Tig): دمایی که مخلوط واکنش دهنده باید به آن برسد تا احتراق اولیه صورت گرفته و پس از آن واکنش می تواند به صورت خودپیش رونده ادامه یابد. هر چه این دما پایین تر باشد، اشتعال سریعتر صورت گرفته و در نتیجه فرایند به زمان و انرژی کمتری نیاز خواهد داشت. دمای احتراق (TC): ماکزیمم دمای قابل دست یابی در حین انجام واکنش سنتز احتراقی را دمای احتراق گویند [۳].

مواد با تخلخل بالا (بیشتر از ۶۰٪) می توانند با بکارگیری سنتز احتراقی هنگامی که مواد اولیه و محصولات در حالت جامد باقی بمانند تولید شوند و این به طور وسیعی نتیجه تخلخل اولیه در قرص پودری واکنش نکرده است. اگر دمای احتراق از دمای ذوب یکی یا تعدادی از مواد اولیه یا محصولات تجاوز کند، منجر به شدت بالای چگالش می شود. جریان مواد اولیه و/یا محصولات مذاب به خاطر اثر موینگی و جاذبه مخصوصاً اگر تفاوت چشمگیری در دانسیته قسمت های مذاب و جامد باشد، منجر به چگالش نمونه می شود به این معنا که حفرات با مذاب پر می شوند. یک عامل گاززا می تواند با ورود به جبهه احتراق به طور طبیعی بر وقوع چگالش برای چنین سیستم هایی غلبه کند. عوامل گاززای ایده آل دارای دمای تجزیه ای در حدود دمای احتراق واکنش هستند، در نتیجه گازها به داخل جبهه ویسکوز واکنش آزاد می شوند تا به تشکیل حفرات کمک کنند. اگر گاز تولید شده جلوی جبهه واکنش به خاطر تفاوت چشمگیر دمای تجزیه و احتراق باشد، افزایش ناچیز یا صفر در تخلخل محصول خواهیم داشت. از آن جا که تجزیه معمولاً یک فرایند گرماگیر است عامل گاززای انتخابی نباید به طور چشمگیری در واکنش سنتز احتراقی دخالت کند یا آن را به تعویق بیندازد به این معنا که گرمای تولید شده از واکنش سنتز احتراقی گرمازا باید خیلی بیشتر از گرمای مورد نیاز برای تجزیه عامل گاززا باشد. واکنش در مواردی که عامل گاززا به عنوان یک رقیق کننده یا فروبرنده حرارت قابل توجه عمل می کند می تواند قبل از رسیدن به تبدیل کامل کوئنچ شود. سیستم واکنش باید با یک سرعت سوختن نسبتاً بالا (موج احتراق صفحه ای و پایدار) پیشروی کند تا اثرات اتلاف حرارتی از جبهه واکنش مینیمم شود [۴]. در این جا به بررسی پارامترهای واکنش سنتز احتراقی از قبیل: دمای آدیاباتیک، دمای احتراق، زمان احتراق، دمای اشتعال و زمان اشتعال در فرایند تولید کامپوزیت متخلخل TiC/Al_2O_3 در حضور عامل رقیق کننده و عوامل گاززای افزودنی می پردازیم.

مواد و روش تحقيق

هدف اين تحقيق بررسی پارامترهای واکنش سنتز احتراقي از قبيل: دمای آدياباتيك، دمای احتراق، زمان احتراق، دمای اشتعال و زمان اشتعال در فرایند توليد کامپوزيت TiC/Al_2O_3 با تخلخل بالا (حدود ۸۰٪) است. مواد اوليه شامل پودرهای گرافيت ($> 45 \mu m$)، آلومينيوم فلزی (خلوص ۹۹/۹٪ و $> 45 \mu m$) و اکسيد تيتانيوم (رتيل) هستند که در کنار آن ها در برخی نمونه ها از کربنات کلسيم و در برخی ديگر از خاک اره ($> 53 \mu m$) به عنوان عوامل گاززا استفاده شده است. در محاسبات ترموديناميکی، برای خاک اره فرمول شيميايي سلولز در نظر گرفته شده است. به نسبت های استکيومتری واکنش مقابل $3TiO_2 + 3C + 4Al \rightarrow 3TiC + 2Al_2O_3$ از پودرهای گرافيت، آلومينيوم و اکسيد تيتانيوم وزن کرده و در يک محفظه پلاستيکی به همراه ۱۰ ساچمه فولادی با قطر ۵ ميلي متر قرار داده و به صورت دستی آنقدر هم زده شد تا مخلوط پودری همگن حاصل شده است. سپس مخلوط های پودری شامل مقادير مختلف از مواد گاززای کربنات کلسيم يا خاک اره و يا مقادير مختلف ماده رقيق کننده آلومينا تهيه شده است. سپس مقادير ۳ گرمی از اين مخلوط های پودری توسط دستگاه پرس هيدروليک تحت چندین فشار پرس مختلف به قرص هایی از مواد اوليه تبديل شده اند. سپس هر نمونه جداگانه در مرکز مايکروفر خانگی و در توان ثابت ۹۰۰ W قرار داده شده تا سنتز احتراقي در آن اتفاق بيفتد. برای بررسی نحوه تغييرات دمای واکنش در حين انجام واکنش به اين طريق عمل شده است که: پيرومتر را بر روی پایه دوربين عکاسی معمولی نصب کرده و بر روی نمونه فوکوس کردیم. همزمان با فشردن دکمه استارت فر مايکروويو به کمک دوربين ديجیتال از تغييرات دمای نمونه در حال سنتز فيلم گرفته شد. پس از اينکه يک نقطه از نمونه مشتعل شد مايکروفر را خاموش کردیم تا جبهه احتراق کل نمونه را در بر گيرد (يعنی سنتز به صورت خود پيش رونده ادامه يافته است). از طرفی در حين انجام واکنش ها به کمک کورنومتر زمان شروع اشتعال و زمان اتمام احتراق نمونه ها را يادداشت شده است. همچنين از زمان شروع واکنش سنتز تا پايان آن دماها نیز ثبت شده اند. در هر ثانيه سه دما نشان داده شد که پس از ميانگين گرفتن از آن ها به ازای هر ثانيه يک دما ثبت شده و منحنی های T-t برای نمونه های مذکور رسم شده است. لازم به ذکر است هر آزمایش دو بار تکرار شده است و از آنجا که آزمایشات انجام شده تکرار پذیری لازم را دارا بوده است، منحنی های زیر حاصل ميانگين داده های دو آزمایش جداگانه قرار داده شده است.

نتايج و بحث

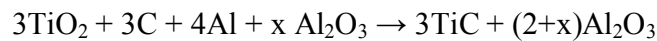
تعيين دقيق حد مرزائف برای سيستم مورد آزمایش

در ابتدا برای بررسی امکان سنتز احتراقي دمای بالای خود پيش رونده کامپوزيت TiC/Al_2O_3 ، دمای آدياباتيك سيستم زیر با استفاده از نرم افزار Factsage محاسبه شده است:

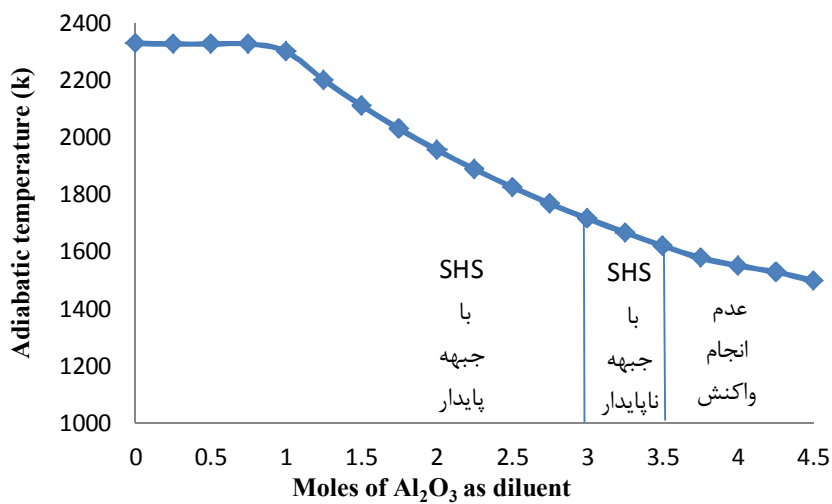


که در حدود ۲۳۳۰ کلوين بدست آمد. بر اساس معيار مرزائف برای انجام واکنش سنتز احتراقي دمای بالای خود پيش رونده (دمای آدياباتيك بيش از ۱۸۰۰ درجه کلوين)، امکان انجام سنتز و بوجود آمدن کامپوزيت مطلوب در اين سيستم وجود داشت. اما از آن جا که هدف ما در اين تحقيق، افزايش درصد تخلخل محصولات سنتز احتراقي بود و برای نیل به اين هدف در

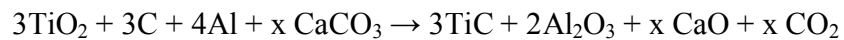
نظر داشتیم از افزودن عوامل گاززا استفاده کنیم، باید دمای آدیاباتیک در حضور این عوامل گاززا تعیین می شد تا از عدم کاهش دمای آدیاباتیک سیستم به زیر ۱۸۰۰ کلوین اطمینان حاصل می کردیم زیرا همانطور که می دانیم افزودن عوامل گاززا و رقیق کننده به مخلوط واکنش باعث جذب گرمای حاصل از واکنش گرمازا شده و دمای آدیاباتیک سیستم را کاهش می دهند. در نتیجه برای تعیین حداکثر میزان مواد گاززا (کربنات کلسیم و خاک اره) و رقیق کننده (آلومینا) قابل افزودن به مخلوط مواد اولیه، باز هم با استفاده از نرم افزار Factsage، دمای آدیاباتیک برای واکنش های ۲، ۳ و ۴ به ازای مقادیر مختلف آلومینا، کربنات کلسیم و خاک اره محاسبه شده است و منحنی های زیر رسم شده است (قسمت های نقطه چین اشکال ۱ تا ۳).



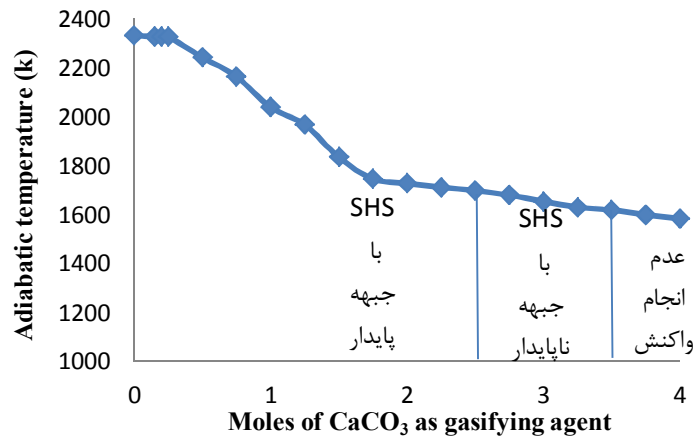
(۲)



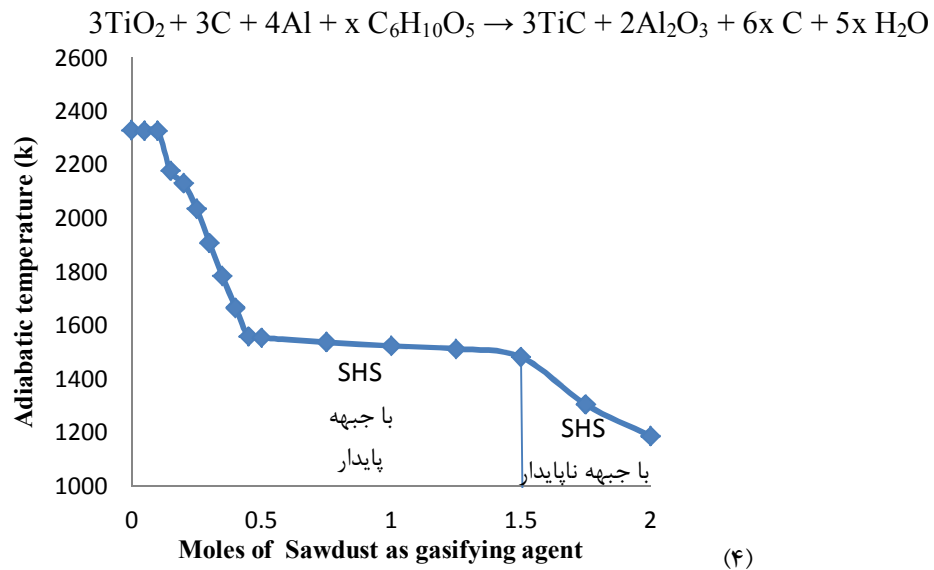
شکل ۱: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم بر حسب میزان مول ماده رقیق کننده (آلومینا).



(۳)



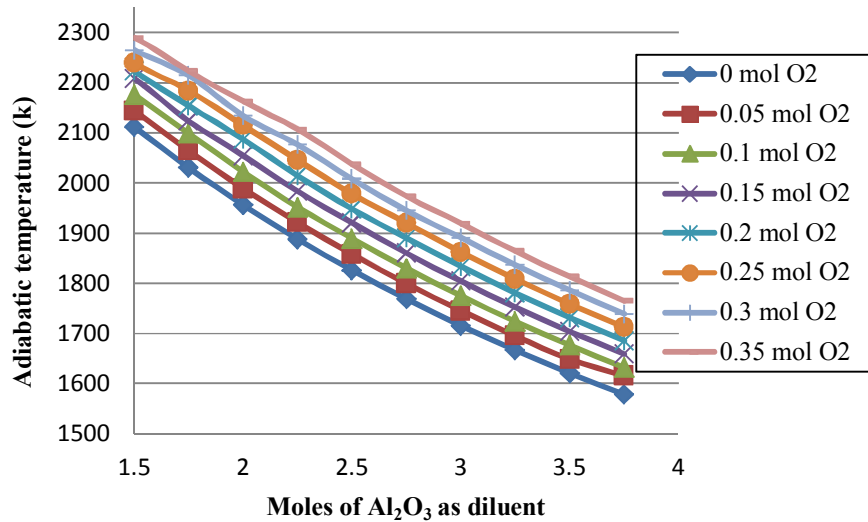
شکل ۲: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم بر حسب میزان مول ماده گاززا (کربنات کلسیم).



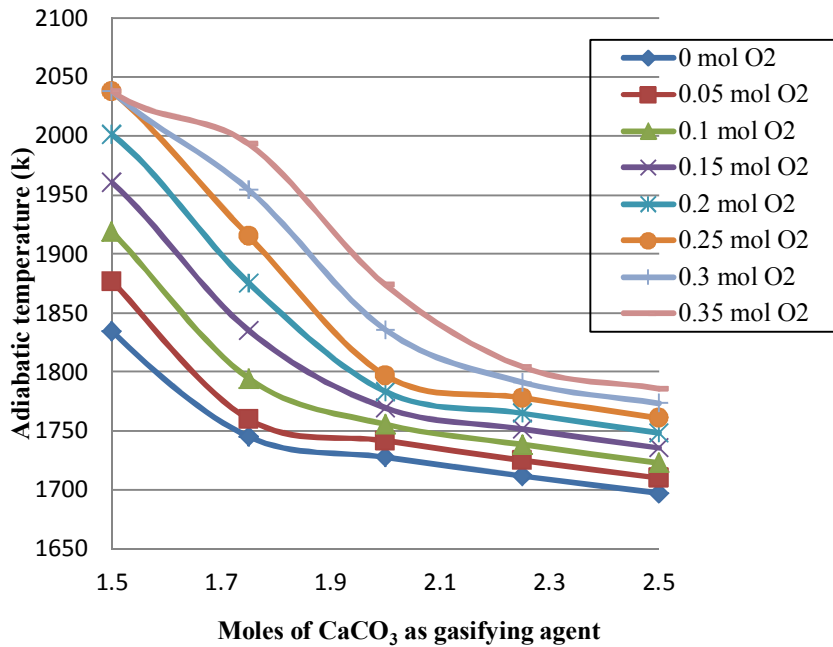
شکل ۳: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم بر حسب میزان مول ماده گاززا (خاک اره).

بر اساس آنچه با نرم افزار محاسبه شده است و در منحنی ها نیز قابل مشاهده است، ماکزیمم مقدار آلومینا، کربنات کلسیم و خاک اره برای اینکه دمای آدیاباتیک سیستم کم تر از معیار مرزانت نشود به ترتیب ۲/۶۱ مول، ۱/۵۶ مول و ۰/۳۴ مول است. اما بر اساس آنچه در عمل و در حین انجام آزمایشات رخ داده است و در منحنی های بالا هم به تصویر کشیده شده است، در مورد هر سه ماده، سنتز احتراقی خود پیش رونده (SHS با جبهه پایدار) تا مقادیر بالاتری از این سه مقدار پیش بینی شده هم قابل انجام بوده است. در نمونه هایی با ۳ مول آلومینا، ۲/۵ مول کربنات کلسیم و ۱/۵ مول خاک اره هم واکنش سنتز احتراقی به صورت خود پیش رونده انجام شده است. می توان دلیل زیر را برای این قضیه بیان کرد: همانطور که می دانیم محفظه فر مایکروویو ایزوله نیست و هوا در آن جریان دارد. به خاطر وجود اکسیژن هوا، احتمال اکسیداسیون آلومینیوم و تشکیل گرمزای آلومینا وجود داشته است و مقداری از حرارت جذب شده بوسیله مواد گاززا یا رقیق کننده، توسط گرمای حاصل از این واکنش جایگزین شده، بنابراین دمای آدیاباتیک سیستم به مقدار پیش بینی شده کاهش نیافته است. برای تصدیق این نظریه مقادیر مختلف اکسیژن را وارد واکنش های ۲، ۳ و ۴ کرده و منحنی های دمای آدیاباتیک بر حسب میزان ماده گاززا یا رقیق کننده را در حضور اکسیژن رسم کرده ایم (شکل ۴ تا ۶). آن چنان که انتظار داشتیم مشاهده شد دمای آدیاباتیک واکنش های ۲، ۳ و ۴ در حضور اکسیژن افزایش یافته است بنابراین به ازای مقادیر بیشتر مواد افزودنی، دمای آدیاباتیک به زیر ۱۸۰۰ کلوین افت نکرده و هنوز معیار مرزانت برای انجام سنتز احتراقی صادق بوده است، به طور مثال در حضور ۰/۳۵ مول اکسیژن، حداکثر میزان آلومینا برای برقراری معیار مرزانت از ۲/۶۱ مول به ۳/۵۶ مول، حداکثر میزان کربنات کلسیم برای برقراری معیار مرزانت از ۱/۵۶ مول به ۲/۳ مول و حداکثر میزان خاک اره برای برقراری معیار مرزانت از ۰/۳۴ مول به ۰/۴۲ مول افزایش یافته است. شایان ذکر است در مورد نمونه های حاوی عامل گاززای خاک اره، عامل دیگری هم در افزایش دمای آدیاباتیک سیستم مؤثر

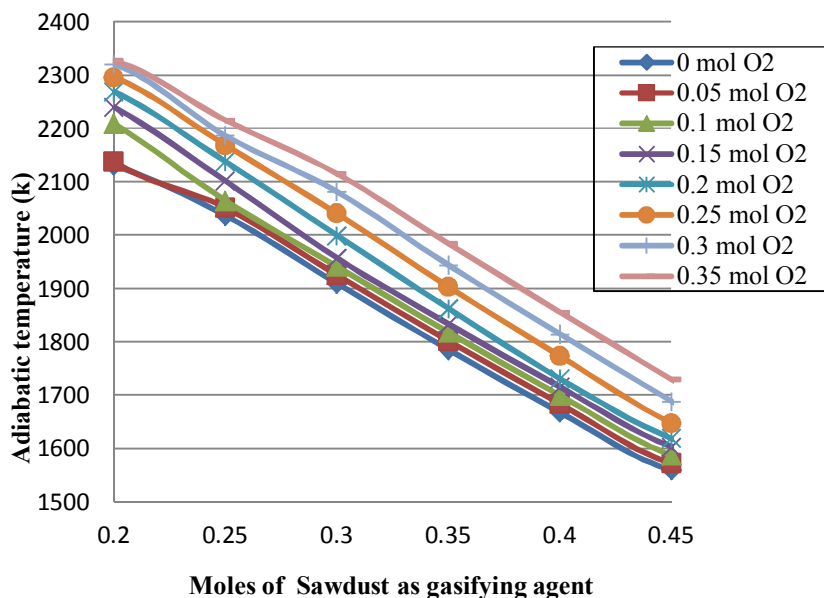
بوده است. می توان از سوختن خاک اره در حضور اکسیژن محیط قبل از انجام واکنش سنتز احتراقی نیز به عنوان عاملی که باعث پیش گرمایش نمونه ها و در نتیجه افزایش دمای آدیاباتیک سیستم شده است، نام برد.



شکل ۴: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم به ازای مقادیر مختلف آلومینا در حضور اکسیژن.



شکل ۵: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم به ازای مقادیر مختلف کربنات کلسیم در حضور اکسیژن.



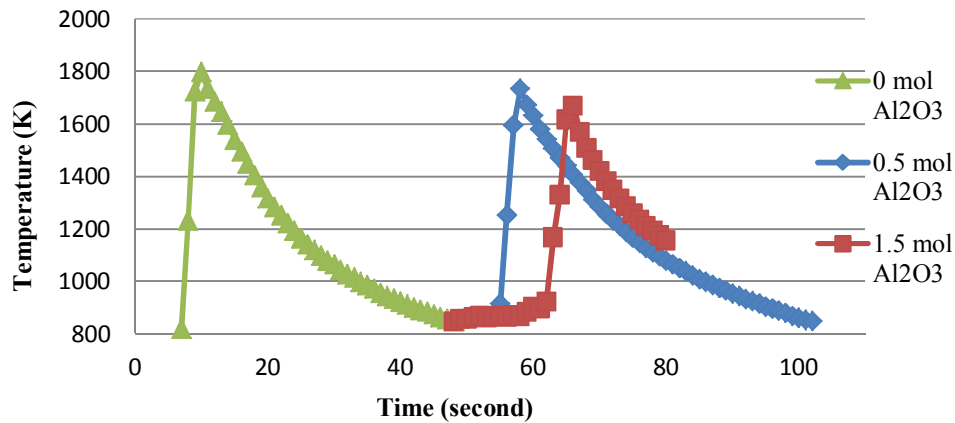
شکل ۶: تغییرات دمای آدیاباتیک سیستم به ازای مقادیر مختلف خاک اره در حضور اکسیژن.

بررسی نمودارهای دمای احتراق بر حسب زمان واکنش سنتز احتراقی

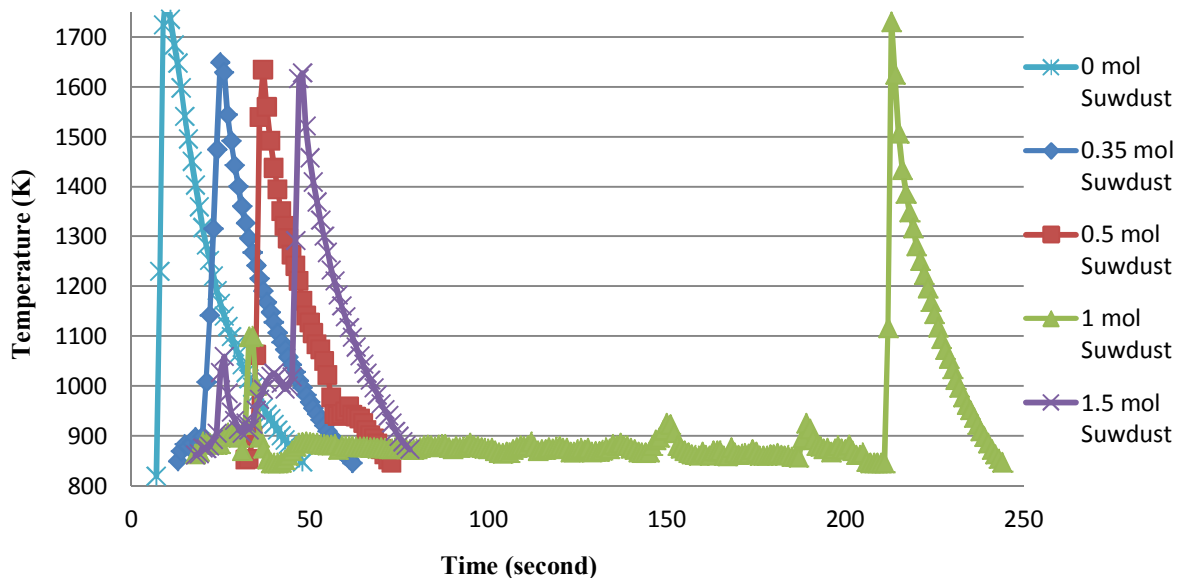
همان طور که در قسمت مواد ورودی تحقیق بیان شده است دمای واکنش سنتز احتراقی در طول زمان انجام واکنش اندازه گیری شده است و سپس اشکال ۷ تا ۱۰ رسم شده است. همان طور که مشاهده می کنیم در یک فشار ثابت با افزایش رقیق کننده آلومینا، زمان اشتعال افزایش یافته است (شکل ۷) که از طرفی این مسئله را می توان به کاهش نرخ تولید حرارت مربوط دانست و از طرف دیگر می توان گفت ذرات آلومینا ممکن است به عنوان مانعی بر سر راه تماس ذرات واکنش دهنده عمل کنند، آن ها دارای هدایت الکتریکی و حرارتی پایین هستند بنابراین اجازه عبور اشعه مایکروویو را با کم ترین میزان جذب می دهند. همچنین در یک فشار ثابت با افزایش میزان ماده گاززای کربنات کلسیم و خاک اره، زمان اشتعال افزایش یافته است (اشکال ۷ و ۸). از آنجا که رابطه واکنش کلی تولید کامپوزیت TiC/Al_2O_3 شامل دو مرحله مجزا است که اولی واکنش احیاء آلومینوترمیک اکسید تیتانیوم و دومی واکنش تیتانیوم با کربن است [۵] و برای انجام واکنش احیاء آلومینوترمیک می بایست ذرات اکسید تیتانیوم و آلومینیوم در تماس کامل با یکدیگر باشند، حضور کربنات کلسیم و خاک اره سبب ممانعت از این تماس شده و در حقیقت نقش بازدارنده را در انجام واکنش احیاء آلومینوترمیک دارد که این امر سبب به تعویق افتادن شروع واکنش یا به عبارتی افزایش زمان اشتعال واکنش می شود. به عبارتی افزایش تماس بین ذرات TiO_2 و Al منجر به اشتعال سریع تر می شود [۶]. البته در گراف مربوط به ۱ مول خاک اره (شکل ۸)، تأخیر در شروع واکنش به طور غیر عادی زیاد بوده است. باید گفت در مورد این نمونه شاهد تغییرات چشمگیری قبل از رسیدن به نقطه اشتعال هستیم که می توان آن را به ناهمگنی بستر پودری مربوط دانست که امکان اشتعال واکنش را در مکان های مختلف در زمان های متفاوت به وجود می آورد و این امر خود منجر به هدر رفتن انرژی دریافتی از مایکروویو برای شروع واکنش سنتز احتراقی می شود و اشتعال را به طور چشمگیری به تعویق می اندازد. به وضوح می بینیم که در یک فشار ثابت با افزایش رقیق کننده آلومینا، دمای شروع

واکنش افزایش یافته است زیرا با حضور هرچه بیش تر ذرات آلومینا، تماس بین Al و TiO_2 کم تر می شود و در نتیجه نقاط احتمالی کم تری برای اشتعال واکنش وجود خواهند داشت. علاوه بر این هندسه و همگن بودن مخلوط واکنش و همچنین هدایت حرارتی نمونه در تعیین دمای اشتعال نقش دارد، هنگامی که غلظت آلومینا بیش تر می شود، به تدریج آلومینای بیش تری برای جذب گرمای ناشی از واکنش احیای آلومینوترمیک اکسید تیتانیوم حضور خواهد داشت و بنابراین باید مقدار گرمای بیش تری برای انجام واکنش سنتز تولید شود و این مسئله در افزایش دمای اشتعال بروز می کند [۵]. همچنین در یک فشار ثابت با افزایش میزان ماده گاززای کربنات کلسیم و خاک اره، دمای اشتعال افزایش یافته است. می توان حضور هرچه بیش تر ذرات کربنات کلسیم را به عنوان فرو برنده گرمای واکنش آلومینوترمیک، دلیل افزایش دمای اشتعال با افزایش مقادیر این ماده گاززا دانست. شایان ذکر است خاک اره دارای یک اثر دو جنبه ای است. از طرفی با افزایش میزان خاک اره به خاطر ممانعت از تماس ذرات واکنش دهنده و در نتیجه وجود نقاط احتمالی کم تر برای اشتعال واکنش و همچنین جذب انرژی میکروویو توسط ذرات خاک اره، افزایش دمای اشتعال قابل پیش بینی است. اما از طرفی گرمایی ناشی از سوختن خاک اره با اکسیژن هوا و در نتیجه در دسترس بودن مقدار گرمای بیشتر برای انجام واکنش سنتز احتراقی باید باعث کاهش دمای اشتعال شود. همان طور که مشاهده می کنیم در مقادیر کمتر و بیشتر از ۱ مول خاک اره در اثر افزایش میزان خاک اره و در نتیجه افزایش ممانعت تماسی ذرات واکنش دهنده، با افزایش دمای اشتعال مواجه هستیم و در مقدار ۱ مول احتمالاً اثر گرمایی سوختن خاک اره غالب شده است و با کاهش دمای اشتعال مواجه می شویم. قابل مشاهده است که در یک فشار ثابت با افزایش رقیق کننده آلومینا، ماکزیمم دمای قابل دستیابی در واکنش (دمای احتراق) کاهش یافته است زیرا حضور ذرات آلومینا باعث جذب گرمای حاصل از واکنش سنتز شده و در نتیجه باعث کاهش دمای احتراق خواهد شد. همچنین در یک فشار ثابت با افزایش میزان ماده گاززای کربنات کلسیم و خاک اره، دمای احتراق کاهش یافته است زیرا با افزودن ماده گاززای کربنات کلسیم (با دمای تجزیه ۱۰۷۳ کلوین) به مخلوط واکنش، مقداری از گرمای واکنش صرف تجزیه این ماده شده و در نتیجه دمای احتراق کاهش می یابد. در مورد نمونه های حاوی کمتر و بیشتر از ۱ مول خاک اره هم با افزایش میزان این ماده گاززا شاهد کاهش در دمای احتراق سیستم هستیم. همان گونه که گفتیم خاک اره دارای یک اثر دو جنبه ای است. از طرفی با افزایش ذرات خاک اره و جذب گرمای حاصل از واکنش سنتز احتراقی با کاهش دمای احتراق سیستم روبرو هستیم و از طرفی سوختن گرمای خاک اره سبب افزایش دمای احتراق سیستم می شود. در مقادیر کمتر و بیشتر از ۱ مول اثر جذب گرمای حاصل از واکنش سنتز احتراقی توسط این ذرات غالب است. در نمونه حاوی ۱ مول خاک اره هم که احتمالاً اثر گرمای حاصل از سوختن این ماده چشم گیرتر است، افزایش دمای احتراق سیستم را شاهد هستیم. اثرات فشار پرس بر روی دمای اشتعال، زمان اشتعال، زمان واکنش (برابر است با زمان رسیدن به ماکزیمم دما پس از اشتعال [۵]) و دمای احتراق در نمونه های حاوی مقادیر مختلف کربنات کلسیم به وضوح قابل رؤیت است (اشکال ۹ و ۱۰). با افزایش فشار پرس، زمان اشتعال برای نمونه ها افزایش یافته زیرا با افزایش فشار پرس و بیش تر فشردن ذرات به یکدیگر، هدایت حرارتی بیش تر می شود. متعاقب افزایش هدایت حرارتی، تلفات حرارتی نیز افزایش می یابد. بنابراین تأمین حداقل انرژی محرکه برای آغاز واکنش احیاء آلومینوترمیک به تأخیر می افتد که در نتیجه باعث افزایش زمان شروع واکنش خواهد شد. همچنین با افزایش فشار پرس دمای اشتعال کاهش یافته است، ممکن است یکی از دلایل آن مربوط باشد به چگال تر شدن نمونه واکنش کننده در اثر افزایش فشار و متعاقب آن هدایت بیش تر حرارت به بیرون از نقاط گرم موضعی و در نتیجه جلوگیری از اشتعال نمونه [۵]. همچنین در مقدار

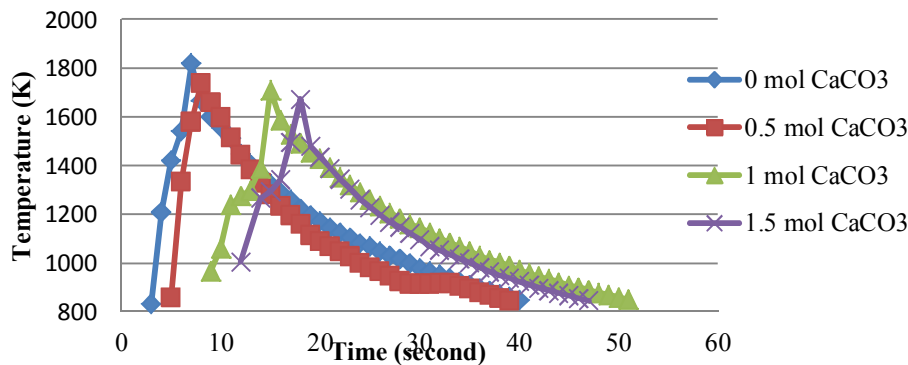
مول ثابت از ماده گاززای کربنات کلسيم، زمان واکنش نمونه های با فشار پرس بالاتر، کم تر است از زمان واکنش نمونه های با فشار پرس پایین تر، دليل اين امر را می توان به نزديک تر بودن ذرات پودری مخلوط واکنش به هم در فشارهای بالاتر مربوط دانست که باعث پیشروی سریع تر جبهه واکنش در اثر انتقال سریع تر گرمای سنتز احتراقی از طریق نقاط نزديک به هم می شود. به وضوح می توان کاهش دمای احتراق با افزایش فشار پرس از ۸۸ به ۳۵۲ مگاپاسکال را در یک مقدار مول ثابت از ماده گاززا مشاهده کرد زیرا با افزایش فشار پرس، نمونه ها چگال تر شده و هدایت حرارتی آن ها افزایش یافته و در نتیجه تلفات حرارتی از نمونه ها بیش تر می شود که اين امر سبب کاهش ماکزيمم دمای قابل دست يابی واکنش يا همان دمای احتراق می شود.



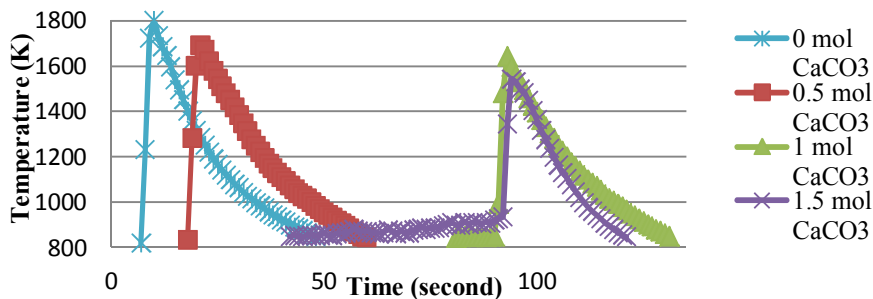
شکل ۷: منحنی های دمای واکنش بر حسب زمان در حضور مقادير مختلف رقيق کننده آلومينا در فشار ثابت ۳۵۲ مگاپاسکال.



شکل ۸: منحنی های دمای واکنش بر حسب زمان در حضور مقادير مختلف ماده گاززای خاک اره در فشار ثابت ۳۵۲ مگاپاسکال.



شکل ۹: منحنی های دمای واکنش بر حسب زمان برای مقادیر مختلف ماده گاززای کربنات کلسیم در فشار ثابت ۸۸ مگاپاسکال.



شکل ۱۰: منحنی های دمای واکنش بر حسب زمان برای مقادیر مختلف ماده گاززای کربنات کلسیم در فشار ۳۵۲ مگاپاسکال.

نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر عوامل گاززای افزودنی را بر پارامترهای سنتز احتراقی در فرایند تولید کامپوزیت با تخلخل بالای TiC/Al_2O_3 مشاهده کردیم. انجام واکنش سنتز احتراقی در حضور اکسیژن محیط باعث افزایش مقادیر حدی پیش بینی شده مواد گاززا برای ارضای معیار مرزائف، شده است. حضور مواد گاززا باعث به تعویق افتادن واکنش سنتز احتراقی شده اند، دمای مورد نیاز برای شروع واکنش سنتز را افزایش داده اند و همچنین باعث کاهش دمای احتراق سیستم مورد مطالعه شده اند.

مراجع

- 1- A.G.Merzhanov, "Combustion Process that Synthesize Materials", Journal of Materials Processing Technology, Vol.56, 1996, pp.222-241.
- 2- Z. A. Munir, U. Anselmi-Tamburini, "Self-Propagating High-Temperature Synthesis of Hard Materials", Handbook of Ceramic Hard Materials, 2000, pp.322-373.
- 3- U. Anselmi-Tamburini, F. Maglia, G. Spinolo, Z. A. Munir, "Combustion Synthesis: an Effective Tool for the Synthesis of Advanced Materials", Science and Technology, Chimica & Industria, 2000, pp.1-10.
- 4- N. Kanetake, M. Kobashi, Scripta Materialia, "Innovative Processing on Porous and Cellular Materials by Chemical Reaction", Scripta Materialia, Vol.54, 2006, pp.521-525.
- 5- Chrysanthou, A. Saidi, C.E.W. Aylott, J.V. Wood, "Preparation and Microstructure A of Al_2O_3 -TiC Composites by Self-Propagated High Temperature Synthesis", Journal of Alloys and Compounds, Vol.203, 1994, pp.127-132.
- 6- D. Atong, D. Clark, "Ignition Behavior and Characteristics of Microwave-Combustion Synthesized Al_2O_3 -TiC Powders", J. Ceramics International, Vol.30, 2004, pp.1909-1912.