



## بررسی اثر ناخالصی های $TiB_2$ و کربن بر اکسایش غیر ایزوترمال قرص های کاربید بور

### میله های کنترل

سیمین، جانی تبار درزی<sup>۱\*</sup>؛ محمد، تقی زاده<sup>۱</sup>؛ طه، قیچی ساز<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>سازمان انرژی اتمی ایران- پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای- پژوهشگاه چرخه سوخت هسته ای

<sup>۲</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات- دانشکده فنی و مهندسی- گروه مهندسی هسته ای

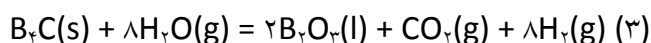
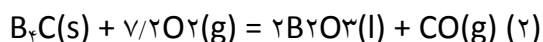
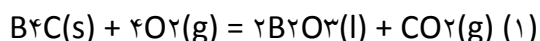
### چکیده

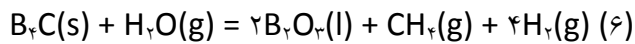
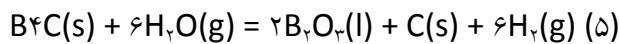
در این تحقیق قرص های کاربید بور خالص و قرص های کاربید بور حاوی ۲/۵ درصد کربن و ۲/۵ درصد  $TiB_2$  با روش پرس سرد تهیه شدند. سپس رفتار اکسایشی این دو نمونه قرص بصورت غیر ایزوترمال در جو هوا با استفاده از آنالیز کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC) و وزن سنجی دمایی (TG) مورد مطالعه قرار گرفت. هدف از این بررسی ها دستیابی به نوع اصلاح شده ای از قرص های کاربید بور است که در مقابل اکسایش مقاومت بالاتری نشان دهند. این مطالعه نشانگر به تعویق افتادن فرایند اکسایش در قرص های کاربید بور حاوی افزودنی کربن و  $TiB_2$  در مقایسه با قرص های کاربید بور خالص است.

کلید واژه:  $TiB_2$ ، کربن اکتیو،  $B_4C$ ، میله کنترل، اکسایش غیر ایزوترمال

### مقدمه

$B_4C$  اصلی ترین بخش تشکیل دهنده میله کنترل در راکتور هسته ای است که جهت تنظیم واکنشهای زنجیره ای شکافت سوخت اورانیوم بکار می رود. از آن جاییکه این ماده در دماهای نسبتاً پایین تمایل به اکسید شدن دارد، مطالعه روی فرایند اکسایش آن به عنوان اصلی ترین واکنشی که در میله های کنترل تاسیسات هسته ای مورد توجه است، دغدغه بسیاری از گروه های تحقیقاتی است. این ماده در دمای نسبتاً پایین  $600^\circ C$  در هوا شروع به اکسایش می کند و اکسایش سبب تغییرات قابل توجهی در ترکیب و ساختار شیمیایی ناحیه سطحی آن می شود در نتیجه می تواند اثرات منفی ایی روی کارایی آن بگذارد. زمانیکه کاربید بور تحت اتمسفر هوا قرار می گیرد، واکنش های زیر بین کاربید بور و اکسیژن و یا بین کاربید بور و بخار آب محتمل است [۱].





تمامی واکنش های فوق از لحاظ ترمودینامیکی امکان پذیر بوده انرژی آزاد گیبس منفی دارند. در میان این واکنش ها واکنش (۱) از لحاظ ترمودینامیکی محتملتر است بنابراین  $B_2O_3$  اصلی ترین محصول واکنش اکسایش کاربید بور تلقی می شود [۲]. در مورد اکسایش  $B_4C$  سرامیکی یا پودری گزارشاتی در مقالات ارائه شده است [۳ و ۴]. در این گزارشات اثر عوامل گوناگونی که می توانند بر اکسایش و سرعت آن موثر باشند، بررسی شده است. اما آزمایشات و تحقیقات در این زمینه در شرایط نا یکسان انجام شده و در بسیاری از موارد نتایج کار همه گروه های تحقیقاتی همسو نیست. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع لازم است فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر انرژی اکتیواسیون واکنش ساکایش مانند مورفولوژی و میزان تخلخل، اندازه ذرات  $B_4C$ ، دمای اکسایش، افزودن ناخالصی ها در شبکه کریستالی و نوع اتمسفری که در آن اکسایش اتفاق می افتد، مورد بررسی های جامع قرار گیرد. در این تحقیق اثر افزودنی های  $TiB_2$  و کربن فعال بر رفتار اکسایشی قرص های کاربید بور بصورت غیر ایزوترمال مورد مطالعه قرار می گیرد.

## روش کار

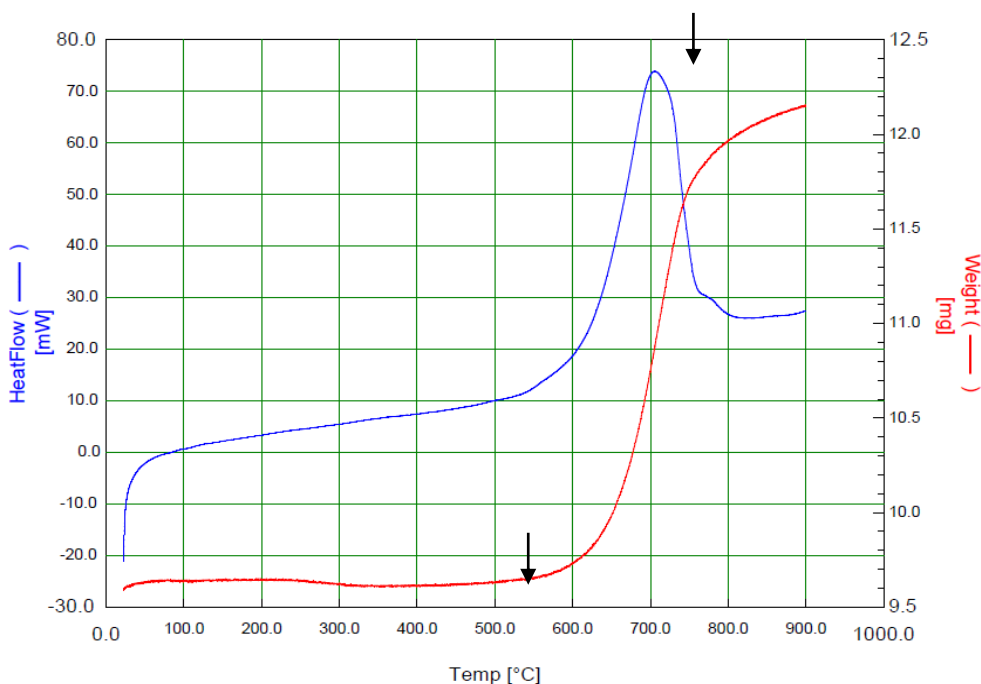
در این تحقیق با استفاده از پودر های کاربید بور، کربن اکتیو و  $TiB_2$  بوسیله روش پرس سرد قرص تهیه شد. برای تهیه هر دو نمونه قرص کاربید بور خالص و قرص کاربید بور با افزودنی  $2/5$  درصد کربن و  $2/5$  درصد  $TiB_2$  از روشی یکسان استفاده شد. ابتدا پودرها در آون در دمای  $120$  درجه سانتیگراد به مدت  $1$  ساعت خشک شد. در مرحله بعد پودرها به مدت  $5$  دقیقه در آسیاب گلوله ای با  $140$  دور دقیقه مخلوط شدند. سپس به مخلوط پودر های تهیه شده چسب اضافه شد (چسب مورد استفاده از حل کردن  $10000$  PEG در استون نیتریل با نسبت حجمی  $1$  به  $3$  تهیه و به ازای  $7$  گرم پودر،  $2CC$  چسب اضافه شد). سپس مخلوط پودرهای کاربید بور و افزودنی ها در دمای  $120$  درجه سانتیگراد به مدت  $1$  ساعت در آون خشک شد. سپس به مدت  $10$  دقیقه در آسیاب گلوله ای با  $140$  دور بر دقیقه قرار داده شد و بعد تحت پرس سرد تحت فشار  $450$  مگا پاسکال قرار داده شد. در نهایت عملیات زینترینگ قرص های کاربیدبور در کوره زینترینگ در دمای  $2000^{\circ}C$  تحت اتمسفر گاز آرگون و به مدت  $1$  ساعت انجام شد. نرخ افزایش دمای کوره  $10^{\circ}C/min$  در نظر گرفته شد. بعد



از اتمام زمان زیتترینگ اجازه داده شد تا کوره به طور طبیعی تا دمای محیط سرد شود. به منظور بررسی اثر مواد افزودنی در روند اکسایش غیر ایزوترمال کاربرد بور از آنالیز های حرارتی کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC: ) و وزن سنجی دمایی (TG: ) استفاده شد. در تمامی آزمایشات اکسایش غیر ایزوترمال کاربرد بور، سرعت افزایش دما ۱۰۰C/min است.

### نتایج

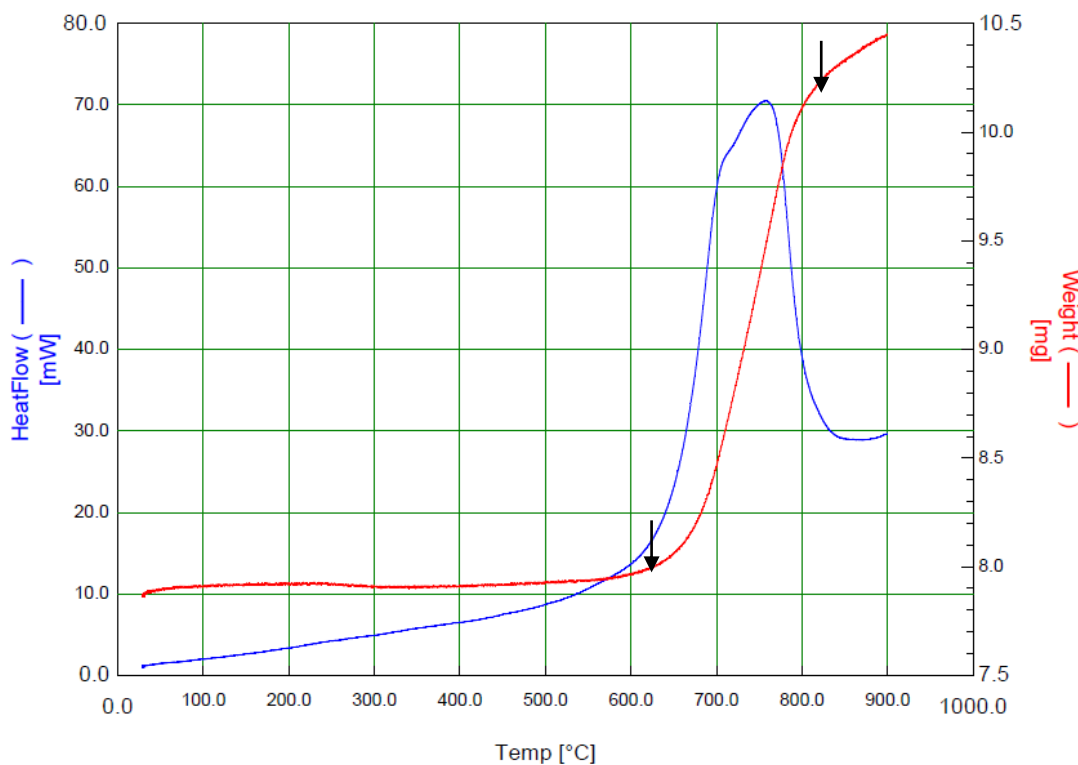
شکل (۱) مربوط به آنالیز حرارتی قرص کاربرد بور خالص سینتر شده در دمای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد، تحت اتمسفر هوا است. این شکل منحنی های کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC) و وزن سنجی دمایی (TG) مربوط به این ماده را نشان می دهد. براساس منحنی TG، شروع کاهش وزن و یا به عبارت دیگر شروع فرایند اکسایش از دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد است و اوج کاهش وزن یا به عبارت دیگر حداکثر اکسایش و تولید  $B_2O_3$  در دمای ۷۱۰ درجه سانتیگراد صورت گرفته است. بر اساس گزارشات تولید ذرات  $B_2O_3$  در سطح کاربرد بور اثر بازدارندگی ایی بر اکسایش کاربرد بور در دماهای بالاتر تحت بخار آب نشان می دهد [۵].



شکل (۱) منحنی های کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC) و وزن سنجی دمایی (TG) قرص کاربرد بور بدون افزودنی سینتر شده در دمای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد



شکل (۲) مربوط به آنالیز حرارتی قرص کاربید بور با افزودنی ۲/۵ در صد  $TiB_2$  و ۲/۵ درصد کربن، تحت اتمسفر هوا است. این شکل منحنی های کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC) و وزن سنجی دمایی (TG) مربوط به این ماده را نشان می دهد. براساس منحنی TG، شروع کاهش وزن از دمای ۵۷۵ درجه سانتیگراد است و اوج کاهش وزن در دمای ۷۶۰ درجه سانتیگراد صورت گرفته است



شکل (۲) منحنی های کالریمتری روبشی دیفرانسیلی (DSC) و وزن سنجی دمایی (TG) قرص کاربید بور با افزودنی ۲/۵ درصد کربن و ۲/۵ درصد  $TiB_2$  سینتر شده در دمای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد

### بحث و نتیجه گیری

مقایسه شکل های ۱ و ۲ نشان می دهد که شروع اکسایش کاربید بور خالص ۵۱۰ درجه سانتیگراد است در حالیکه شروع اکسایش در قرص کاربید بور با افزودنی ۲/۵ درصد کربن و ۲/۵ درصد  $TiB_2$  ۵۷۵ درجه سانتیگراد است. همچنین این مطالعات نشان داد که نقطه اوج اکسایش در کاربید بور خالص ۷۱۰ درجه سانتیگراد است در حالیکه نقطه اوج اکسایش در نمونه های کاربید بور با افزودنی ۲/۵ درصد کربن و ۲/۵



درصد  $TiB_2$  ۷۶۰ درجه سانتیگراد است. مطالعات اکسایش غیر ایزوترمال قرص کاربید بور خالص در مقایسه با قرص های کاربید بور حاوی افزودنی نشانگر به تعویق افتادن فرایند اکسایش در اثر الحاق مواد افزودنی به قرص است. بنابراین با مطالعات گسترده تر و انتخاب افزودنی مناسب به کاربید بور می توان قرص های کاربید بور مقاومتر در مقابل اکسایش تهیه نمود.

## مراجع

- [۱] Y. Li, T. Qiu, Oxidation behaviour of boron carbide powder, Materials Science and Engineering A. ۲۰۰۷, ۴۴۴, ۱۸۴.
- [۲] D.R. Stull, H. Propfer, JANAF Thermochemical Tables, second ed. NSRDS-NBS ۳۷, US Government Printing Office, Washington, DC, ۱۹۷۱.
- [۳] Y.G. Gogotsi, V.P. Yaroshenko, F. Porz, Oxidation Resistance of Boron Carbide-Based Ceramics, J. Mater. Sci. Lett. ۱۹۹۲, ۱۱, ۳۰۸.
- [۴] T. Sato, K. Haryu, T. Endo, M. Shimada, Corrosion of Nonoxide Ceramics by High Temperature Water Vapor, ZAIRYO, ۱۹۸۸, ۳۷, ۷۷.
- [۵] P. Matje, K.A. Schwetz, in: H. Hausner, G.L. Messing, S. Hirano (Eds.), Ceramic Powder Processing Science, Proceedings of the ۲nd International Conference, Berchtesgaden, FRG, ۱۹۸۸, pp. ۳۷۷-۳۸۴.