

سمینار دفاع از رساله دکتری مهندسی مواد
با عنوان

ارزیابی عملکرد و مکانیزم‌های تخریب حرارتی و محیطی پوشش‌های چندلایه سد حرارتی شامل لایه رویی گادولینیوم زیر کونات

Performance evaluation and thermal and environmental failure mechanisms of multilayer thermal barrier coatings with gadolinium zirconate topcoat

ارائه‌کننده: احسان صدری

زمان: دوشنبه ۱۴۰۱/۷/۱۱ ساعت ۱۴

مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

اعضای کمیته داوری

استاد مشاور: دکتر حمیدرضا سلیمی جزی

اساتید راهنما: دکتر فخرالدین اشرفی‌زاده، دکتر عبدالمجید اسلامی

اساتید داور: دکتر احمد کرمانپور، دکتر سید مهران نحوی، دکتر سعیدرضا بخشی

چکیده:

برای افزایش بهره‌وری در توربین‌های گازی (هوایی و نیروگاهی) نیاز به افزایش دمای بالاتر از 1200°C در سطح پوشش سد حرارتی (TBC) و ایجاد گرادیان دمایی بیش از 200°C با زیرلایه فلزی بوده که در پوشش‌های متداول TBC با محدودیت‌هایی همراه است. در این پژوهش عملکرد و مکانیزم‌های تخریب پوشش‌های سد حرارتی نوین از دو دیدگاه، ترکیب شیمیایی و طراحی ریزساختار، ارزیابی شده است. به جهت اصلاح ترکیب شیمیایی از پوشش رویی (TC) پیروکلر گادولینیوم زیر کونات (GZO) با هدف بهبود کارکرد نارسایی حرارتی و افزایش عمر سیکلی پوشش استفاده شد، از عناصر هافنیوم و سیلیسیم نیز به منظور افزایش چسبندگی لایه اکسید حرارتی (TGO) و اصلاح رفتار محافظتی پوشش پیوندی استفاده گردید. در راستای طراحی ریزساختار، با توجه به عملکرد چندگانه همزمان TBC از پوشش‌های چندلایه با نقش اختصاصی لایه‌ها استفاده شد. به این منظور، نقش پوشش پیوندی (BC) به دو لایه با کارکرد جداگانه‌ی بهبود یافته تفکیک گردید. پوشش سرامیکی رویی GZO برای افزایش نارسایی حرارتی و پوشش میانی YSZ برای ایجاد تافنس شکست پوشش و انطباق مناسب با BC استفاده شد. آزمون‌های شوک حرارتی، خستگی سیکل حرارتی (اکسیداسیون سیکلی) و خوردگی داغ محیط و اناداتی برای ارزیابی عملکرد حرارتی و محیطی پوشش‌ها متناسب با شرایط حرارتی و محیطی مورد نیاز توربین‌ها اعمال شد. با ایجاد ریزساختار دوگانه‌ی بهینه‌ای از توزیع حرارت در GZO پیروکلر، مقاومت زینترینگ، نارسایی حرارتی و عمر کارکردی GZO افزایش یافت. انطباق مناسب پوشش پیوندی دارای ریزساختار APS موجب افزایش استحکام اتصال فصل مشترک BC/TC و افزایش تحمل تنش پوشش، هنگام رشد TGO شده که عمر خستگی سیکلی و شوک حرارتی پوشش را به صورت قابل توجهی افزایش داد. حضور اکسیدهای غنی از هافنیوم باعث کاهش رشد و نرخ راجتینگ TGO شده است. پوشش چهار لایه شامل دولایه‌ی سرامیکی GZO و YSZ و دولایه‌ی پیوندی APS و HVOF از $\text{NiCoCrAlY (Hf, Si)}$ دارای عمر خستگی حرارتی (بیش از ۵۰٪) و شوک حرارتی (بیش از ۱۰۰٪) بسیار بیشتری نسبت به پوشش‌های متداول هستند. لازم ذکر است هر یک از لایه‌های فوق در این پوشش دارای نقش‌های اختصاصی نارسایی حرارتی، تافنس شکست در نواحی پر تنش، چسبندگی فصل مشترک BC/TC، محافظت اکسیداسیونی BC و افزایش مقاومت خزشی BC هستند. ارزیابی مقاومت خوردگی داغ پوشش‌ها در محیط نمک‌های و اناداتی دمای 1000°C نشان داد جدایش لایه‌ی سرامیکی رویی عامل کنترل‌کننده‌ی عمر خوردگی داغ این TBC ها است. تشکیل و انادات‌های گادولینیوم و ایتريوم به ترتیب در GZO و YSZ و متعاقبا استحاله مارتنزیتی مونوکلینیک زیرکونیای باقیمانده باعث تشدید تنش‌ها و جوانه‌زنی ترک‌های افقی درون لایه سرامیکی شده است. نقش ریزساختار بهینه GZO در بهبود عمر خوردگی داغ این پوشش‌ها کلیدی است به نحوی که در ریزساختار بهینه، زمان جدایش ورقه‌ای آن حدود سه برابر بیشتر شده است. برای افزایش بیشتر عمر حرارتی این پوشش‌ها، نیاز به بهبود استحکام فصل مشترک سرامیکی GZO/YSZ و ریزساختار BC-APS میانی است.

کلمات کلیدی: پوشش‌های چندلایه سد حرارتی، گادولینیوم زیر کونات، پیروکلر، شوک حرارتی، خستگی سیکل حرارتی، خوردگی داغ، مکانیزم تخریب، راجتینگ