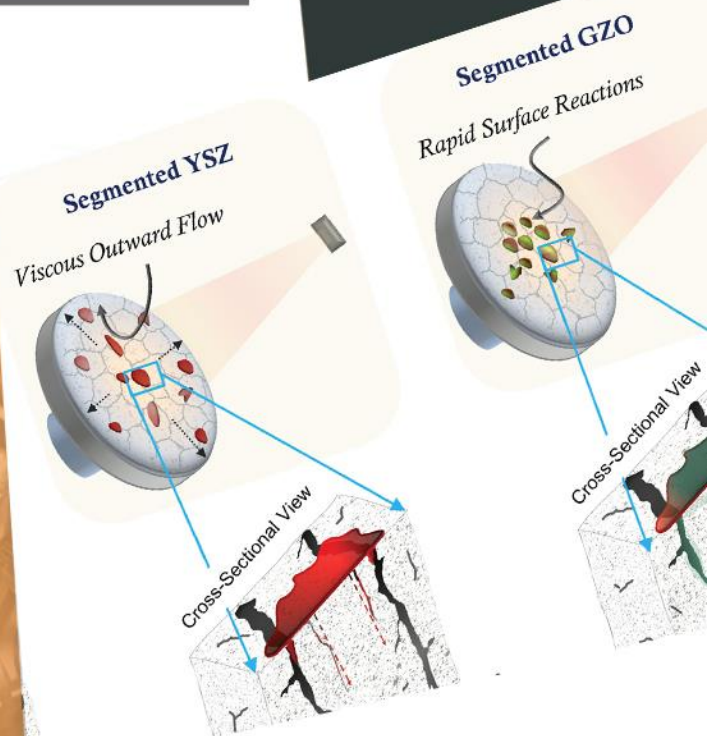


## فراخوان

۲۰۶

### سنتز پودر زیر کونات گادولینیوم

### به منظور به کارگیری به عنوان پوشش سد حرارتی



مهلت ارسال پروپوزال‌ها:

۱۴۰۳/۰۵/۲۵

شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی و سازمانی مجاز است.



پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد انتخاب و به عنوان مجری به شرکت دانش بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.



در صنایع فعال در محیط‌های با گرادیان دمایی زیاد و فشارهای بالا در حضور اکسیژن یا گازهای خورنده، نیاز به موادی با قابلیت تحمل بار گرمایی زیاد به شدت احساس می‌شود. برای مقابله با اکسیداسیون و خوردگی در قطعات، تنها راه اعمال پوشش سد حرارتی روی سطح قطعات است. از متداول‌ترین پوشش‌های سد حرارتی زیر کونمای پایدار شده با ایتریا (YSZ) است که محدودیت‌های زیادی برای استفاده از آن به دلیل تغییر فاز در دماهای بالاتر از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد وجود دارد و از طرفی پوشش زیر کونات گادولینیوم به دلیل تحمل دمایی بالاتر بدون تغییر فاز و هم چنین رسانش گرمایی پایین‌تر می‌تواند راهکار موثری برای این چالش باشد.

در راستای سنتز این ماده، مجری تحقیق باید در گام نخست، روش و شرایط سنتز پودر زیر کونات گادولینیوم را ارائه نماید به طوری که از تک فاز بودن و تشکیل فاز اصلی اطمینان یابد. سپس لایه‌های پوشش سد حرارتی را طراحی نماید. در گام بعدی، لازم است با روش پاشش پلاسمایی (دمای عملکرد ۲۶۰۰ درجه سانتیگراد) پوشش را مطابق با استاندارد ASTM C633 و EN 15340 اعمال و بهینه سازی نماید.



## بسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور تقویت توان توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد نوآوری باز و همکاری فناورانه، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، نیازهای تحقیقاتی و فناورانه شرکت‌های دانش‌بنیان و متعاقباً، گروه‌های پژوهشی و فناور توانمند برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری‌های مورد نیاز این شرکت‌ها را شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو دارید، نیاز تحقیقاتی/فناورانه یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان متقاضی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمایید:

(۱) شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی یا سازمانی مجاز است. همه پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و سایر علاقه‌مندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.

(۲) پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ **۲۵ مرداد ۱۴۰۳** در قالب **Word** در سامانه **غزال** به آدرس <https://ghazal.inif.ir> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیر از آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.

(۳) پس از اتمام مهلت ارسال پروپوزال‌ها، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.

(۴) در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳ جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به‌طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.

(۵) در صورت عضویت تیم منتخب در بنیاد ملی نخبگان تهران، طرح مشمول حمایت مجزا از این نهاد نیز خواهد شد. (۶) گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق مورد نظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند افزون بر برنامه معرفی شده، از هر روش یا فناوری دلخواه و در قالب یک برنامه تحقیقاتی متفاوت برای حل این مسئله تحقیقاتی و دستیابی به اهداف آن استفاده کنند.

(۷) تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به‌منزله بهره‌مندی از حمایت‌های صندوق نوآوری و شکوفایی نخواهد بود و برای فرستنده حقی ایجاد نمی‌کند. صندوق نوآوری و شکوفایی خود را ملزم به رعایت محرمانگی دانسته و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق باقی خواهد ماند.

(۸) هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت بومرنگ به‌عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره تماس: ۶۶۵۳۳۸۶۴ و ۶۶۵۳۹۷۳۴-۰۲۱ و ۰۹۳۶۱۷۹۵۷۰۷)

## درباره شرکت دانش بنیان متقاضی

این فراخوان به سفارش یک شرکت دانش بنیان نوپا تدوین شده است که از شرکت های خصوصی توانمند در زمینه صنایع هوافضا بوده و در سال های اخیر توانسته است چندین محصول دانش بنیان را به صنعت فضایی کشور ارائه کند. شرکت متقاضی فعالیت خود را از سال ۱۳۹۹ با تکیه بر طراحی مفهومی موتورهای پیشران مایع کرایونیک با پیشران اکسیژن مایع-کروسین و اکسیژن مایع - اتانول و با تمرکز خاص بروی سامانه های پیشران فضایی آغاز کرد. تمرکز اصلی شرکت بر روی ساخت مخازن کروی و استوانه ای کرایونیک است و از ابتدا با هدف ایجاد زیرساخت های لازم برای سامانه های پیشران فضایی تأسیس شد. در حال حاضر این شرکت موفق به طراحی و ساخت نمونه زمینی و تست موتور ۸/۵ کیلو نیوتن نیروی خلأ شده است.

## ضرورت مسئله

محفظه‌های احتراق بخش مهم و استراتژیک موتورهای ماهواره‌بر محسوب می‌شوند که تحت تنش‌های گرمایی بالایی قرار دارند. افزایش عملکرد محفظه‌های احتراق منجر به افزایش بازدهی و کارآمدی موتور خواهد شد. یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش رو در محفظه‌های احتراق به کارگیری پوشش‌های سد حرارتی (TBC) به منظور حفاظت از دیواره‌های محفظه تحت تنش است که بایستی توانایی تحمل دمای بالا را داشته و به عنوان عایقی در برابر گرما عمل کنند، محفظه درجه حرارت کمتری را تجربه کند و تا حد امکان از آسیب‌های ناشی از دمای بالا محافظت شود. به علت اینکه دمای گاز ایجاد شده در محفظه احتراق از نقطه ذوب بخش‌های فلزی زیر لایه معمولاً بالاتر است، هرگونه شکستی در پوشش‌های سد حرارتی، موتور را در معرض خطر قرار می‌دهد. انتخاب ماده پوشش سد حرارتی بر اساس الزامات اصلی، نقطه ذوب بالا، عدم استحاله فازی در محدوده دمایی دمای اتاق تا دمای کاری، هدایت حرارتی پایین، خنثی بودن شیمیایی، انطباق ضریب انبساط حرارتی پوشش با زیرلایه فلزی، چسبندگی خوب به زیرلایه فلزی و نرخ زینترینگ پایین در یک میکروساختار متخلخل است. یکی از متداول‌ترین پوشش‌های سد حرارتی زیرکونیای پایدار شده با ایتریا (YSZ) است. محدودیت‌های زیادی برای استفاده از این پوشش به دلیل تغییر فاز در دماهای بالاتر از حدود  $1200^{\circ}\text{C}$  وجود دارد. در سال‌های اخیر پوشش زیرکونات گادولینیوم به دلیل تحمل دمایی بالاتر بدون تغییر فاز و هم‌چنین رسانش گرمایی پایین‌تر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته است. این ترکیب جدید قادر به تحمل دمایی بسیار بالاتر از YSZ است و می‌تواند تاثیر چشمگیری در افزایش راندمان قطعات داشته باشد. هدف از طرح پژوهشی حاضر، سنتز پودر زیرکونات گادولینیوم تک فاز و اعمال آن به صورت پوشش با روش پاشش پلاسمایی بروی قطعات با دمای کاری بالا و تحت تنش‌های حرارتی زیاد است.

## مسئله اصلی تحقیق

### (نیاز تحقیقاتی):

مسئله این تحقیق عبارت است از  
« سنتز پودر زیرکونات گادولینیوم  
به منظور به کارگیری آن به عنوان  
پوشش سد حرارتی »

## مشروح مسئله تحقیقاتی

در برخی صنایع به دلیل دماهای کاری بالا تحقیق روی پوشش‌ها و مواد نوین با کارایی پیشرفته به شدت احساس می‌شود. تنوع موادی که می‌توانند به عنوان مواد TBC استفاده شوند، بسیار محدود است و تاکنون مواد بسیار کمی برای برآورده کردن این نیازها رضایت کننده بوده‌اند. از جمله این مواد می‌توان به زیرکونات گادولینیوم اشاره کرد که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. به طور کلی زیرکونات، از جمله فلزات خاکی کمیاب با ساختار کریستالی پیروکلر دسته‌ای از سرامیک‌ها محسوب می‌شوند که رسانش گرمایی پایینی دارند و می‌توانند به عنوان مواد مناسب برای پوشش‌های سد حرارتی در نظر گرفته شوند. گادولینیوم زیرکونات (GZ) یک ماده جایگزین، با هدایت حرارتی کمتر، توانایی تف جوشی بهتر و نقطه ذوب و پایداری فاز بالاتر از YSZ است. زیرکونات گادولینیوم به عنوان پوشش‌های سد حرارتی ویژگی‌های به مراتب بهتری را برای قطعاتی با دمای کاری بالا ایجاد می‌کند و این امر منجر به افزایش کارایی و راندمان قطعه می‌گردد و جایگزین مناسبی برای ترکیبات متداول خواهد بود. مهم‌ترین ویژگی‌هایی که می‌توان برای این پوشش در نظر گرفت عبارتند از:

الف) پایداری گرمایی در دمای بالاتر نسبت به YSZ که در نتیجه منجر به قابلیت کاربرد این پوشش در قطعاتی با دمای کاری بالاتر نسبت به پوشش‌های متداول می‌شود.

ب) رسانش گرمایی پایین‌تر که منجر به ایجاد عایق بودن بهتر و کاهش انتقال حرارت کم‌تر به قطعه شده و عمر قطعه افزایش پیدا خواهد کرد.

Compound	$\kappa_{\min}$	Compound	$\kappa_{\min}$	Compound	$\kappa_{\min}$
BeO	3.78	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2.34	NiO	1.48
SiC	3.00	TiO <sub>2</sub>	2.07	LaMgAl <sub>11</sub> O <sub>19</sub>	1.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.89	Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	2.00	Gd <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1.14
MgO	2.56	Mullite	1.68	Monazite	1.13
AlN	2.45	ZrO <sub>2</sub> (YSZ)	1.49	ThO <sub>2</sub>	0.98

جدول ۱. مقایسه ضریب رسانش گرمایی برخی مواد در زمینه پوشش‌های سد حرارتی

## « سنتز پودر زیرکونات گادولینیوم به منظور به کارگیری آن به عنوان پوشش سد حرارتی »

به دلیل کاربرد این پودر به عنوان پوشش سد حرارتی در قطعات خاص و عدم امکان واردات، عدم وجود تولید کننده داخلی و نیاز به این پودر در صنایع هوافضا که در سال های اخیر رشد چشمگیری داشته است نیاز به تولید آن به شدت احساس می شود.

در این پروژه انتظار می رود پودر زیرکونات گادولینیوم با هدف استفاده به عنوان پوشش سد حرارتی در قطعاتی با کاربردهای دما بالا و تحت تنش های حرارتی بالا سنتز شود. در نهایت پودر سنتز شده با طراحی و بهینه سازی ترکیب چند لایه ای مختلف (از نظر ضخامت و نوع) با استفاده از روش پاشش پلاسمایی روی نمونه های آزمایشگاهی مورد آزمون پوشش داده خواهد شد و رفتار آن در محیط هایی با تنش حرارتی بالا (دمای اعمالی حدود  $2600^{\circ}C$ ) در سیکل های زمانی مختلف بررسی می گردد. از مجری تحقیق انتظار می رود گام های زیر را طی نماید:

- مطالعات اولیه به منظور تعیین روش و شرایط سنتز پودر زیرکونات گادولینیوم
- سنتز پودر زیرکونات گادولینیوم تک فاز با روش انتخاب شده در گام پیشین
- انجام تست های مربوط به تایید تک فاز بودن و اطمینان از تشکیل فاز اصلی
- طراحی اولیه لایه های پوشش سد حرارتی برای نمونه های آزمایشگاهی
- اعمال پوشش با روش پاشش پلاسمایی و بهینه سازی ساختار پوشش سد حرارتی
- انجام تست های مربوط به پوشش نهایی به منظور تایید به عنوان پوشش استاندارد برای کاربرد در قطعات تحت تنش حرارتی بالا

### خروجی تحقیق



- پودر زیرکونات گادولینیوم تک فاز به میزان ۱۶ کیلوگرم با ضخامت ۲۵۰ میکرون
- ترکیب بهینه چندلایه‌ای پوشش‌های سد حرارتی با به کارگیری پودر زیرکونات گادولینیوم با بیشینه استحکام برشی و کمترین رسانش گرمایی
- پوشش استاندارد (از نظر ضخامت لایه‌ها و ترکیب چند لایه ای پوشش) با تحمل دمای بالای ۲۶۰۰ درجه سانتیگراد

### الزامات تحقیق



- بررسی فاز مبتنی بر آزمون پراش پرتو ایکس (XRD) از پودر سنتز شده
- بررسی فاز مبتنی بر تصویر برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر سنتز شده
- اعمال پوشش سد حرارتی با پودر سنتز شده با روش پاشش پلاسمایی
- رسانش گرمایی پوشش مطابق کارت ICDD
- آزمون مشعل براساس استاندارد
- آزمون تست استحکام برشی براساس استاندارد ASTM C633
- آزمون تست استحکام برشی براساس استاندارد EN 15340

### معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری

- تحصيلات و سوابق تیم تحقیقاتی و تناسب آن با مسئله
- رویکرد فنی تیم تحقیقاتی به مسئله
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و مواد اولیه و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه اجرای تحقیق



### تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی:** با توجه به مدل کسب و کار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری تماماً متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

### ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۲۵ مرداد ۱۴۰۳ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.





تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، زاینده رود  
شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی شرکت های دانش بنیان  
کدپستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱  
تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰  
پست الکترونیک: info@inif.ir



www.boomerangtt.com

telegram:boomerangtt

insta:boomerangtt.co

۰۲۱-۶۶ ۵۳ ۹۷ ۳۴-۶۶ ۵۳ ۳۸ ۶۴

آدرس: ناحیه نوآوری شریف، میدان شهید تیموری، به  
سمت بزرگراه شیخ فضل الله نوری، خیابان لطفعلی خانی