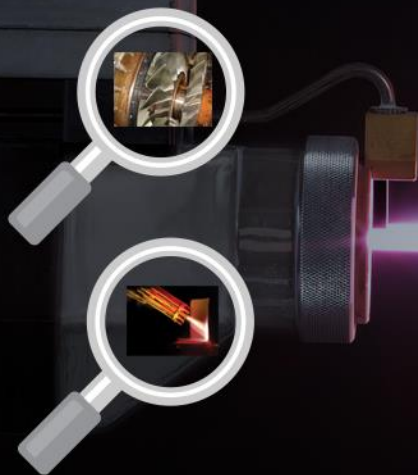


با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی  
و به سفارش یک شرکت دانش بنیان منتشر می‌شود:

# فراخوان

لایه گذاری ضخیم سطحی روی پرده‌های  
ثابت و متحرک توربین گازی



مهلت ارسال پروپوزال‌ها:

۱۴۰۰/۱۱/۰۱

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.



توربین‌های گازی که در گستره‌ی وسیعی از صنایع کشور مورد استفاده هستند، به علت کار در شرایط عملیاتی بسیار سخت همواره در معرض انواع آسیب‌ها به ویژه خوردگی و فرسایش هستند. سالانه مبالغ بسیار گزافی جهت تعویض قطعات آسیب دیده از جمله پرده های توربین گازی هزینه می‌شود. حال آن که بازسازی این قطعات می‌تواند منجر به صرفه جویی ارزی قابل توجهی گردد. لایه گذاری و اصلاح ضخامت سطوح فرسایش یافته یکی از چالش‌های اصلی در فرایند بازسازی پرده‌های توربین بوده چرا که ضخامت لایه گذاری قابل انجام در روش‌های رایج در کشور همچون بریزینگ در خلاء و HVOF بسیار محدود است. روش‌های پاشش حرارتی (HVOF) از جمله گزینه‌های مطرح برای رفع این چالش به شمار می‌آید. هدف این طرح پژوهشی، دستیابی به یک روش ترکیبی نوین است که در آن با به کارگیری هر دو روش بریزینگ در خلاء و HVOF می‌توان لایه گذاری ضخیم تا ۱ میلی متر را بر روی سطوح پرده های توربین گازی اعمال نمود. انتظار می‌رود: تیم مجری در فاز نخست این طرح پژوهشی به ترکیب مناسبی از مواد پوشش دهنده برای لایه گذاری ضخیم پرده های آسیب دیده دست یابد. در فاز دوم این طرح پژوهشی، تیم مجری روش HVOF و شرایط محیطی و پارامترهای دخیل در آن را با توجه به ترکیب مواد پوشش دهنده به دست آمده در فاز اول، به صورت اختصاصی بیهینه سازی کند.



## 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 فرمائید:

- 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 علاقمندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.
- پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین‌شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ ۱ بهمن ماه ۱۴۰۰ در قالب Word در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.
- 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 به عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.
- در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.
- گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق موردنظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند 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.
- تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به منزله 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.
- هرگونه سؤال یا ابهام درخصوص این فرایند را با شرکت ارزیابان فناوری امیرکبیر به عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره‌های تماس: ۰۹۹۱۲۳۲۴۷۶۲، ۰۹۹۱۲۳۲۴۷۶۲ و ۰۹۹۱۲۳۲۴۷۶۲-۸۶۰۱۳۸۶۲ تا ۰۲۱-۸۶۰۱۳۸۶۲)

## درباره شرکت دانش بنیان متقاضی

این فراخوان به درخواست یک شرکت دانش بنیان تولیدی نوع ۲ تدوین شده است. شرکت متقاضی در سال ۱۳۸۷ با هدف ساخت و بازسازی قطعات نیروگاهی تاسیس شده است و در حال حاضر فضایی کارگاهی به وسعت ۱۳۰۰ متر مربع و تجهیزات کارگاهی مناسب برای ساخت و بازسازی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی را در اختیار دارد. شرکت متقاضی تاکنون برای ساخت لاینر توربین گازی GE-F5 موفق به دریافت مجوز دانش بنیانی شده است.

## ضرورت مسئله

توربین‌های گازی در صنایع مختلف کشور از جمله نفت، گاز، برق، الکترونیک و هوافضا کاربرد دارند. به دلیل شرایط فرایندی ویژه‌ی این نوع سیستم‌ها، قطعات توربین در معرض انواع آسیب‌ها از جمله خوردگی، اکسیداسیون و سایش در دمای بالا هستند و باید به صورت دوره‌ای تعویض شوند. پره‌های توربین از اصلی‌ترین قطعات در معرض خوردگی و تخریب بوده و سالانه باید هزینه‌های گزافی به منظور تعویض این قطعات صرف شود. بازسازی پره‌های توربین و بازگرداندن آنها به مدار سرویس به عنوان یکی از راه‌حل‌های مناسب برای کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری در صنایع شناخته می‌شود.

یکی از فرآیندهای بازسازی سطحی پره‌های توربین‌های گازی، لایه گذاری و اصلاح ضخامت سطوح فرسایش یافته است. تکنولوژی مرسوم اصلاح ضخامت و رفع عیوب سطحی در صنعت بازسازی در کشور، فرآیند بریزینگ در خلاء است که با این روش حداکثر تا ۰.۵ mm امکان لایه گذاری وجود دارد. علت محدودیت در ضخامت لایه گذاری، از خواص مواد مورد استفاده در فرآیند بریزینگ به ویژه تردی و شکنندگی آنها ناشی می‌شود. این محدودیت موجب می‌شود تا بسیاری از قطعات توربین که دچار فرسودگی و سایش بیش از ۰.۵ mm هستند، بدین روش قابل بازسازی نبوده و به طور کامل از سرویس خارج شوند.

به منظور رفع محدودیت لایه گذاری بر روی پره‌های توربین، روش‌های پاشش حرارتی از جمله پاشش شعله‌ای با سوخت اکسیژن با سرعت بالا<sup>۱</sup> پیشنهاد می‌شوند. در این روش امکان لایه گذاری با ضخامت بالا فراهم شده است. لایه بدست آمده از روش لایه گذاری ضخیم سطحی با استفاده از روش HVOF روی پره‌های ثابت و متحرک توربین گازی ضمن از بین بردن محدودیت در ضخامت لایه گذاری نسبت به روش بریزینگ در خلاء، دارای استحکام و چسبندگی به زیر لایه بیشتر و همچنین چقرمگی<sup>۲</sup> بالاتری است.

### مسئله اصلی تحقیق

(نیاز تحقیقاتی):

"لایه گذاری ضخیم سطحی روی پره‌های ثابت و متحرک توربین گازی"

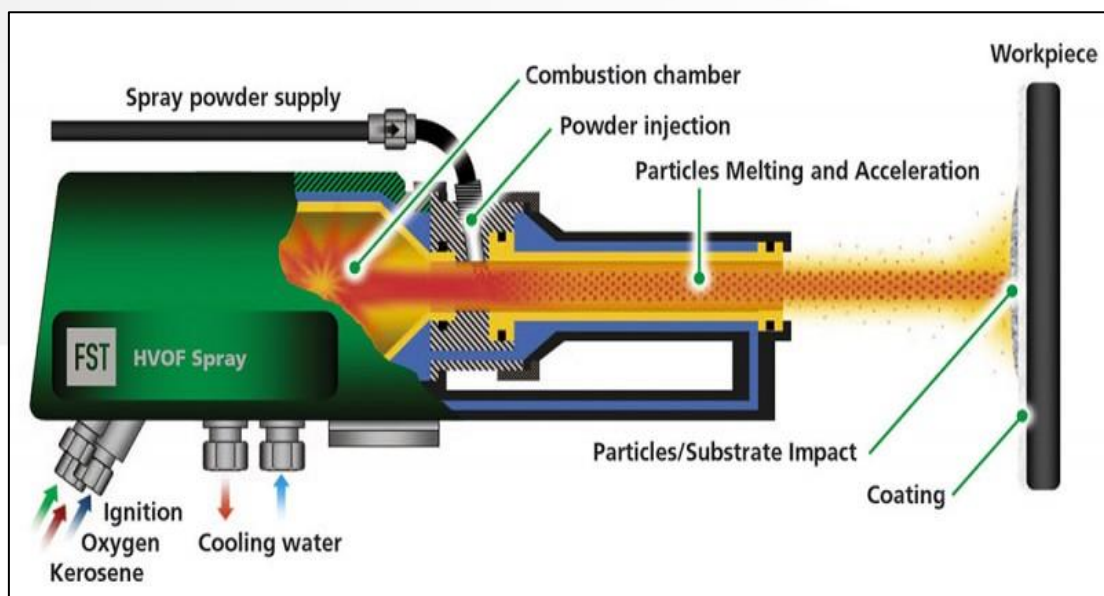
این نکته را باید در نظر داشت که با توجه به تعداد عدیده توربین‌های در حال بهره برداری در صنایع مختلف کشور و تنوع این قطعات، نتایج این پروژه ضمن کاهش هزینه‌های تعمیراتی و صرفه جویی اقتصادی برای بهره برداران، اثرات مورد توجهی را در کاهش وابستگی به خرید این قطعات داشته و در این برهه حساس که کشور دچار کمبود منابع مالی است موجب صرفه جویی قابل توجه در هزینه‌های سالانه تعمیرات و بازسازی توربین‌های گازی خواهد شد.

با توجه به موارد ذکر شده یک شرکت دانش‌بنیان فعال در زمینه تعمیرات و بازسازی توربین‌های گازی در صدد است که به روش نوینی برای بازسازی و لایه‌گذاری پره‌های توربین آسیب دیده دست یابد. هدف از اجرای این طرح پژوهشی ایجاد پوششی برای لایه گذاری ضخیم (تا ۱ میلی‌متر) با استفاده از مخلوط پودری مواد پوشش‌دهنده‌ی MCrAlY به همراه مواد مورد استفاده در بریزینگ و به‌کارگیری فناوری HVOF با هدف ارائه‌ی جایگزین روش بریزینگ در خلاء و احیای پره‌های از رده خارج شده (Scrap) به دلیل فرسایش گسترده است. روش مورد نظر شرکت متقاضی ترکیبی از روش HVOF و مواد مورد استفاده در بریزینگ در خلا خواهد بود که تا کنون در داخل کشور مورد استفاده قرار نگرفته و فناوری آن در اختیار تعدادی کمی از شرکت‌های بین‌المللی است و در نهایت می‌تواند لایه‌ای با ضخامت تا ۱ میلی‌متر را بر روی پره‌های آسیب‌دیده ایجاد کند.



## مشروح مسئله تحقیقاتی

به منظور بازسازی سطوح پره‌های آسیب‌دیده در توربین‌های گازی به ویژه آسیب‌هایی با ضخامت بالا، استفاده از روش‌های پاشش حرارتی از جمله HVOF پیشنهاد می‌شود. HVOF یک فرآیند اسپری گرمایی با استفاده از احتراق گاز چون هیدروژن، متان، پروپیلن، استیلن و یا احتراق مایع مانند اتانول یا نفت سفید است. در این فرآیند سوخت و اکسیژن با فشار بالا در محفظه‌ی احتراق ترکیب می‌شوند. این مخلوط تحت دما و فشار کنترل شده مشتعل می‌شود. در مرحله‌ی بعد ترکیباتی که به منظور لایه نشانی انتخاب شده‌اند به صورت پودری و توسط یک نازل تفنگی به شعله تزریق شده و با سرعت مافوق صوت به سمت زیر لایه سوق داده می‌شوند و در این مسیر فرآیند ذوب آن‌ها نیز رخ خواهد داد. پس از برخورد این ذرات با زیرلایه، به دلیل انرژی بالای ناشی از حرکت ذرات به آن متصل می‌شوند و در نتیجه پوشش تشکیل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱ - نمای شماتیک از لایه‌گذاری با HVOF

علاوه بر روش اعمال پوشش، مواد مورد استفاده برای ترمیم آسیب‌های پره‌های توربین نیز بر کیفیت بازسازی آن‌ها موثر است. استفاده از ترکیبی از مواد پوشش‌دهنده‌ی MCrAlY به همراه مواد مورد استفاده در بریزینگ به عنوان گزینه‌ی اصلی این طرح تحقیقاتی پیشنهاد می‌شود، اما ترکیب درصد دقیق مواد، بهینه‌سازی ویژگی‌های ترکیب به دست آمده از جمله چالش‌هایی است که می‌بایست به آن پاسخ داده شود.

## "لایه گذاری ضخیم سطحی روی پره‌های ثابت و متحرک توربین گازی"

تیم مجری این طرح تحقیقاتی در فاز نخست این طرح پژوهشی باید به ترکیب مناسبی از مواد پوشش دهنده MCrAlY به همراه مواد مورد استفاده در بریزینگ برای لایه‌گذاری ضخیم پره‌های آسیب دیده دست یابد. در فاز دوم این طرح تحقیقاتی تیم مجری باید روش HVOF و شرایط محیطی و پارامترهای دخیل در آن را با توجه به ترکیب مواد پوشش دهنده در فاز اول، به صورت اختصاصی بهینه‌سازی کند.

### خروجی‌های مورد انتظار تحقیق

- توسعه روش ترکیبی برای ایجاد لایه‌گذاری ضخیم بر روی سطح پره‌های ثابت و متحرک توربین گازی با استفاده از روش HVOF و بریزینگ در خلا



### الزامات تحقیق

- شرایط و محدودیت‌های مربوط به طرح "لایه گذاری ضخیم سطحی روی پره‌های ثابت و متحرک توربین گازی" عبارتند از:
- استفاده از ترکیبی از مواد پوششی MCrAlY مورد استفاده در روش بریزینگ
- امکان پوشش‌دهی لایه‌هایی به ضخامت ۱ میلی‌متر
- دستیابی به استحکام چسبندگی ۱۰۰ MPa به زیر لایه
- دستیابی به لایه صاف و یکنواخت با صافی سطحی  $3.5 - 5 \mu m$
- مقاوم بودن پوشش نهایی به شرایط سایش و فرسایش در دمای کاری توربین (حداقل ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد)

### معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری



- تناسب تحصیلات آکادمیک تیم تحقیقاتی با مساله
- سوابق پژوهشی و اجرایی مرتبط با طرح
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی استاندارد و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه های 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 به طور کامل متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق‌الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

### ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۱ بهمن ماه ۱۴۰۰ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیر از 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](mailto:info@inif.ir)



[www.afzatech.ir](http://www.afzatech.ir)

۰۲۱-۸۶۰۱۳۸۵۹-۸۶۰۱۳۸۶۲

آدرس: شهرآرا، خیابان پاتریس لومومبا، نبش کوچه  
برادران شهید آبشوری (هفدهم)، ساختمان پارس،  
پلاک ۱۶۸، طبقه ۲، واحد ۳