



معاونت پژوهشی

کد سند: RO-S-F-27-02

تاریخ صدور: ۱۳۹۹/۴/۲۲

تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۵/۱۵

فرم خلاصه فارسی طرح / پروژه

عنوان طرح / پروژه: امکان سنجی فنی و اقتصادی توسعه فناوری لیزرپینینگ به منظور افزایش عمر خستگی پره های توربین و کمپرسور

واحد مجری:	معاونت تخصصی تولید	کارفرما:	پژوهشگاه نیرو
مدیر طرح / پروژه:	سعید سهمانی	مجری:	علی اکبر زام
کد مالی پروژه:	۹۰۰۰۰۲	کد کیفی پروژه:	PGPN09
نوع طرح / پروژه:	امانی	معاونت:	معاونت تخصصی تولید

همکاران:

کلمات کلیدی: (۶ تا ۱۰ مورد)

لیزر، تنش پسماند، عمر خستگی، مقاومت در برابر سایش، استحکام، توربین گازی، توربین بخار، رشد ترک

ضرورت انجام پروژه / طرح:

با گذشت شش دهه، روش های مختلفی برای ایجاد تنش پسماند فشاری بر روی سطح قطعات به منظور افزایش عمر خستگی و مقاومت در برابر رشد ترک ارائه گردیده اند. از معروف ترین و متداول ترین این روش ها، می توان به روش شات پینینگ اشاره کرد. با این حال، عمق تنش های پسماند ایجاد شده با این روش بسیار محدود بوده و در حدود ۰,۲۵ میلیمتر است. همچنین، با توجه به کار سختی قابل توجهی که در این فرآیند صورت می پذیرد، زبری سطح بطور قابل توجهی افزایش یافته و در قطعاتی همچون پره کمپرسور، این امر سبب کاهش راندمان می گردد.

به منظور رفع این مشکلات، با استفاده از تکنولوژی لیزر روش جدیدتری با نام لیزر شوک پینینگ (لیزرپینینگ) در سال ۱۹۷۰ میلادی معرفی گردید. در ابتدا، این فرآیند با استفاده از لیزر پالسی با انرژی پالس نسبتاً بالا و عرض پالس بسیار کوتاه انجام می گرفت. بر این اساس، امکان ایجاد تنش های پسماند فشاری عمیق تر (حدود ۴ برابر عمیق تر از روش شات پینینگ) و در عین حال یکنواختی بیشتر همراه با تخریب ناچیز سطح قطعه فراهم گردید. همچنین، این روش از این قابلیت برخوردار است که می توان بصورت محلی در یک نقطه دلخواه از قطعه اقدام به ایجاد تنش پسماند کرد.

لذا، امکان سنجی فنی و اقتصادی توسعه فناوری لیزرپینینگ جهت استفاده در صنعت نیروگاهی کشور با تاکید بر استفاده از این فناوری جهت افزایش عمر قطعات مختلف توربین ها و کمپرسورهای نیروگاهی ضروری به نظر می رسد.

اهداف پروژه / طرح:

واماندگی مکانیکی قطعات می توانند سبب صدمات و خسارات مالی فراوانی شوند. واماندگی مکانیکی در واقع شامل اندرکنش بسیار پیچیده ای مابین زمان، بار و محیط است که در آن، محیط شامل دو عامل دما و خوردگی می باشد. علت نهایی اکثر واماندگی های مکانیکی این است که یک ترک به حدی رشد می کند که ماده باقیمانده قادر به تحمل تنش ها و کرنش های اعمال شده نبوده و شکست ناگهانی رخ می دهد. به منظور پیش گیری از این اتفاق، یک راه حل، تعویض قطعه آسیب دیده می باشد

که البته صرفه اقتصادی ندارد و در بسیاری از موارد زمانبر است. راه حل دیگر، کاهش مقدار بار وارده بر قطعه مورد نظر است که در خیلی از مواقع این امر امکان پذیر نیست. اما بهترین راه حل، استفاده از روش هایی به منظور تأخیر در رشد ترک و یا توقف کامل آن است. لذا با استفاده از این روش ها می توان عمر قطعات را تا مقدار قابل قبولی بهبود بخشید.

قطعات مکانیکی موجود در توربین های نیروگاهی تحت شرایط کاری سخت قرار داشته، بعلاوه به دلیل ارتعاش کل سیستم، تحت بار متغیر با زمان قرار دارند، لذا شکست ناشی از پدیده هایی همچون خستگی مکانیکی، خستگی حرارتی، خستگی سایشی و یا رشد ترک حاصل از خوردگی از عمده ترین دلایل واماندگی این قطعات است. پیشگیری از شکست و بهبود عمر قطعات، سال هاست که توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. تنش پسماند فشاری مطلوب می تواند نقش مهمی در ارتقاء عمر مواد ایفا کند. فناوری لیزرپینینگ به عنوان فرآیندی جدید با دقت و سرعت بالا با ایجاد تنش پسماند فشاری در سطح قطعه می تواند منجر به بهبود قابل توجه خواص مکانیکی قطعه مورد نظر گردد.

در این پروژه به امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از فناوری لیزرپینینگ در صنعت نیروگاهی کشور به منظور افزایش عمر قطعات مختلف بکار رفته در توربین های نیروگاهی و به تبع آن کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری آنها پرداخته شده است.

چکیده پروژه/طرح:

پیشینه تحقیقاتی ۴۰ ساله فناوری لیزر در ایران؛ از حدود ۱۰ سال پیش رشد و توسعه صنعت لیزر ایران را سرعت بخشید. از سوی دیگر در قرن بیست و یکم که به قرن لیزر و فوتونیک شهرت دارد و بیش از ۲۰ سال از آغاز آن نمیگذرد، خبر از تحولاتی در حوزه فناوری های لیزر و فوتونیک داده می شود. لیزر و فوتونیک یک فناوری کلیدی و توانمند ساز است که دارای اثرات اهرمی غیرقابل انکار بر دیگر فناوری ها می باشد. امروزه بسیاری از فناوری نسل های جدید لیزر بومی سازی شده و یا زیرساخت های لازم برای آنها در کشور ایجاد شده است که در نتیجه آن محصولاتی به بازار عرضه شده است. بعضی دیگر از فناوری های مربوط به لیزر، در لبه تکنولوژی و دانش فنی است. از طرف دیگر، شکست حاصل از عواملی همچون ترک خستگی، ترک حاصل از خوردگی و بارهای سایشی از عوامل مهم از کار افتادگی قطعات تحت شرایط بارگذاری سخت و بلند مدت (همچون قطعات نیروگاهی) می باشد. روش های بسیاری به منظور ارتقاء عمر قطعات مکانیکی وجود دارد. یک دسته مهم از فناوری های مورد استفاده جهت بهبود و افزایش عمر قطعات، فناوری های پردازش مکانیکی سطح می باشند که اساس آنها ایجاد یک لایه تنش پسماند فشاری بر روی سطح قطعه است. این تنش پسماند فشاری سطحی سبب جلوگیری از ایجاد و یا گسترش ترک های ناشی از آسیب های گوناگون در قطعه شده و در نتیجه باعث ارتقاء عمر قطعات می گردد. فناوری لیزرپینینگ به عنوان یکی از فناوری های نسبتاً جدید و کارآمد در حوزه فناوری های پردازش مکانیکی سطح دارای قابلیت های متعددی در ارتقاء عمر قطعات نیروگاهی می باشد.

مراحل و روش های انجام پروژه/طرح:

- بررسی دستگاه لیزر مورد استفاده در فرآیند لیزرپینینگ
- بررسی مشخصات تنش های باقیمانده ایجاد شده با استفاده از فناوری لیزرپینینگ
- بررسی اثرات فرآیند لیزرپینینگ بر خواص مکانیکی مواد
- بررسی استفاده از فناوری لیزرپینینگ برای قطعات نیروگاهی
- بررسی فواید استفاده از فناوری لیزرپینینگ
- بررسی مزیت های فناوری لیزرپینینگ در مقایسه با فناوری های مشابه
- بررسی موارد مورد استفاده از فناوری لیزرپینینگ در توربین های نیروگاهی

- بررسی مدل های مختلف لیزر (موج پیوسته، پالس و Q Switching)
- مشخصات فنی و اقتصادی مدل های متداول لیزر در فرآیند لیزرپینینگ
- تخمین کاهش هزینه حاصل از فناوری لیزرپینینگ برای توربین های بخار کشور
- تخمین کاهش هزینه حاصل از فناوری لیزرپینینگ برای کمپرسورهای توربین V94.2

اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه/ طرح (خروجی های فنی، ثبت اختراع، مقالات، کتب، گزارش های فنی و ...):

با توجه به مباحث مطرح شده، از لحاظ فنی، تکنولوژی لیزرپینینگ دارای کاربردهای متعدد برای قطعات مختلف توربین های نیروگاهی می باشد که موارد مهم اثرات مثبت آن همانطور که به آنها اشاره شد عبارتند از:

- افزایش عمر و استحکام خستگی قطعات تحت بارهای متناوب همچون پره های توربین و کمپرسور به اندازه ۲ الی ۵ برابر
 - افزایش مقاومت در برابر خستگی سایشی قطعات تحت بارهای سایشی همچون ریشه پره های توربین و اتصالات پیچی روتورها به اندازه ۲ تا ۳ برابر
 - افزایش استحکام جوش قطعات جوشکاری شده به یکدیگر تا ۱,۵ برابر
 - افزایش سختی سطح قطعات تحت بارهای سایشی و ضربه ای همچون پره های کمپرسور تا ۲ برابر
 - افزایش مقاومت در برابر رشد ترک حاصل از تنش خوردگی در قطعات تحت بارهای سایشی و محیط خورنده همچون پره های توربین بخار به اندازه ۳ الی ۵ برابر
- بر این اساس، طبق برآوردهای صورت گرفته در مراجع متعدد، با استفاده از فناوری لیزرپینینگ می توان هزینه های تعمیر و نگهداری موتورهای توربینی را بین ۳۵٪ تا ۵۵٪ کاهش داد.

از طرف دیگر، مشخص شد که با صرف کمی زمان بیشتر می توان با استفاده از لیزرهای سوئیچ-Q با چگالی انرژی کمتر یا متوسط که نسبت به لیزرهای با انرژی بالا از قیمت به مراتب کمتری برخوردار می باشند، به عمق تنش پسماند و مساحت تحت پوشش مورد نظر دست یافت، همچنین، مجموعه تجهیزات یک دستگاه لیزرپینینگ از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است، که البته هزینه اصلی ساخت آن مربوط به بخش اول می باشد:

❖ تجهیزات منبع لیزر

❖ تجهیزات کنترل نوری لیزر

❖ تجهیزات کنترل موقعیتی لیزر

بر اساس برآورد اقتصادی به عمل آمده در مورد هزینه تأمین بخش اول دستگاه (تجهیزات منبع لیزر) که هزینه اصلی ساخت دستگاه می باشد، به ترتیب برای لیزرهای انرژی پایین و متوسط در محدوده های ۸۰ الی ۱۲۰ میلیون و ۶۰۰ میلیون الی ۱ میلیارد تومان است. این هزینه ها در مقایسه با کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری حاصل از این فناوری برای توربین های بخار کشور حدود ۹,۵ میلیارد تومان طی ۷ سال و کمپرسور توربین های V94.2 کشور حدود ۱۰۰ میلیارد تومان طی ۱۵ سال خواهد بود لذا، می توان نتیجه گرفت که استفاده از فناوری لیزرپینینگ هم در حین فرآیند ساخت قطعات و هم در حین بازسازی آنها از مزیت اقتصادی قابل قبولی برخوردار است.

البته، با توجه به چالش های عنوان شده برای استفاده از این فناوری، ملاحظه گردیده است که پارامترهای مختلفی در میزان تأثیر فناوری لیزرپینینگ بر بهبود و ارتقاء عمر قطعات و خواص مکانیکی آنها تعیین کننده می باشند. لذا، به منظور درک بهتر تأثیرات این پارامترها بر میزان اثربخشی فناوری لیزرپینینگ روی قطعات، نیاز به کسب دانش فنی مربوطه و انجام تحقیقات عددی و تجربی بیشتر در هر مورد بخصوص می باشد.