



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: تعیین ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز زیمنس V94.2

پژوهشگاه نیرو	کارفرما:	طرح توسعه فناوری ارزیابی وضعیت و تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی	واحد مجری:
معصومه رعیت پور	مجری:	محسن مهدیزاده	مدیر طرح / پروژه:
CLPMT02-1	کد کیفی پروژه:	۱۶۰۰۱	کد مالی پروژه:
فناوری	معاونت:	کاربردی و توسعه‌ای	نوع طرح / پروژه:

همکاران: فرساد فرقانی، معصومه رعیت پور و علی اکبر فلاح

کلمات کلیدی:

توربین گاز، زیمنس V94.2، پره متحرک، تخمین عمر، استحکام، درصد ازدیاد طول، انرژی ضربه

ضرورت انجام پروژه/طرح:

سوپرآلیاژها یکی از مناسب‌ترین مواد برای تامین خواص مورد نیاز در اجزای توربین گاز، به خصوص پره‌ها می‌باشند. ریزساختار پره‌ها در حین کارکرد در اثر ترکیب دمای بالا و بارگذاری زیاد دچار تغییراتی می‌گردد که بستگی به عواملی مانند ساعت کارکرد پره‌ها، شرایط کاری توربین و ویژگی‌های پره دارد. تغییرات حاصله در ریزساختار پره‌ها منجر به افت خواص مکانیکی آنها می‌گردد. افت تدریجی خواص مکانیکی در نهایت منجر به تخریب و از کارافتادگی قطعات می‌گردد. از جمله مهمترین خواص مکانیکی پره‌ها که به مرور زمان دچار تغییر می‌شوند میتوان به خواصی مثل سختی، خزش، کشش دمای بالا و دمای محیط اشاره کرد.

با توجه به ارتباط بین تغییر خواص مکانیکی پره‌ها با عمر باقیمانده آنها، در کشورهای مختلف تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است و به عنوان یکی از روشهای مرسوم در ارزیابی وضعیت پره‌ها مطرح می‌باشد. لذا لازم است که در راستای سایر تحقیقات مربوط به تخمین عمر قطعات داغ، تحقیقات جامعی در جهت دستیابی به ارتباط کمی بین تغییرات خواص مکانیکی پره‌ها با عمر باقیمانده آنها صورت گیرد تا بر این اساس از طریق بررسی تغییرات خواص مکانیکی پره‌ها، زمان رسیدن به وضعیت بحرانی آنها مشخص گردد.

از سوی دیگر بیش از ۱۶۰ واحد گازی زیمنس V94.2 تاکنون در کشور نصب گردیده است. بنابراین با توجه به هزینه بسیار بالای پره‌های توربین و هم چنین تعداد بالای واحدهای زیمنس در کشور، سوپرآلیاژهای مورد استفاده در پره‌های متحرک توربین V94.2 در این پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اهداف پروژه/طرح:

- تدوین مستندات لازم جهت تعیین عمر باقیمانده پره‌های متحرک توربین گاز زیمنس از تغییرات مقادیر خواص مکانیکی آلیاژ (همچون سختی، استحکام، درصد ازدیاد طول و انرژی ضربه)
- کاهش هزینه‌های ارزیابی
- افزایش سرعت ارزیابی عمر
- شناسایی و بکارگیری روشهای جدید ارزیابی عمر

چکیده پروژه/طرح:

با راه‌اندازی شرکت مهندسی و ساخت توربین مینا (توگا) در سال ۱۳۷۸ و تولید توربین‌های گازی مدل V94.2، نصب توربین‌های گازی در کشور شتاب بسیار بیشتری نیز پیدا کرده است به طوری که در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ بیش از ۱۵۰ واحد توربین گازی در کشور نصب و راه‌اندازی شده است. از طرفی با توجه به این نکته که توربین‌های گازی تولید شده توسط شرکت توگا به منظور استفاده در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی، تماماً از نوع زمینس V94.2 و یا مدل‌های ارتقا یافته آن می‌باشد، این توربین‌های گازی در کشور از اهمیت مضاعفی برخوردار شده است. بنابراین نظر به تعداد واحدهای V94.2 در حال بهره‌برداری در کشور، موضوع ارزیابی وضعیت و تعیین عمر باقیمانده قطعات بحرانی به منظور کاهش هزینه‌های نگهداری و کاهش ریسک بهره‌برداری بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

از جمله حساس‌ترین قطعات با شرایط ویژه کارکرد، پره‌های گردان در توربین‌های گازی می‌باشند. این قطعات به دلیل شکل و شرایط پیچیده، همواره در معرض تخریب‌های ناگهانی قرار دارند. مکانیزم‌های تخریبی مانند خزش، خستگی، خوردگی، ذرات خارجی و برهم کنش این عوامل، می‌تواند عمر این قطعات را به شدت کاهش دهد. هرچند پیش بینی عمر این پره‌ها، معمولاً توسط شرکت سازنده صورت می‌پذیرد، اما استفاده غیر استاندارد از توربین‌ها، تغییرات غیر قابل پیش بینی در سیکل بهره‌برداری و تغییرات ریز ساختاری که منجر به تغییر در خواص می‌شود، سبب می‌شوند که عمر واقعی این قطعات با عمر اعلام شده توسط سازنده تفاوت داشته باشد. حتی در مواردی پیش می‌آید که این قطعات به عمر پیش بینی شده خود نرسند. در صورتی که پره‌های توربین‌های گازی دچار تخریب زود هنگام ناگهانی شوند، ممکن است از جنبه‌های مختلف ضررهای هنگفتی را متوجه نیروگاه‌ها سازد. علاوه بر این تخمین عمر باقیمانده واقعی این پره‌ها، به دلیل کاهش هزینه‌های تعمیر و تعویض، هزینه‌های نگهداری واحد را به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد.

با توجه به ارتباط بین تغییر خواص مکانیکی پره‌ها با عمر باقیمانده آنها، در کشورهای مختلف تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است و به عنوان یکی از روشهای مرسوم در ارزیابی وضعیت پره‌ها مطرح می‌باشد. لذا در این پروژه با تهیه پره‌های کارکرده با عمرهای مختلف از نیروگاههای گازی کشور تغییرات ریز ساختاری و همچنین خواص مکانیکی بر حسب عمر سپری شده مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و با بررسی و تحلیل آنها ارتباط کمی و کیفی مابین تغییرات خواص و عمر باقیمانده پره‌ها جهت استفاده در روشهای مخرب و غیر مخرب ارزیابی عمر باقیمانده تعیین گردید.

مراحل و روش‌های انجام پروژه/طرح:

مرحله اول - جمع آوری اطلاعات و بررسی های اولیه

۱-۱- جمع آوری اطلاعات مربوط به واحدهای گازی V94.2 و سوپراآلیاژهای مورد استفاده در پره‌های متحرک (خواص مکانیکی و مشخصات ریزساختاری و...)

۱-۲- بررسی آسیبها و مکانیزم‌های تخریب پره‌های متحرک

۱-۳- بررسی تاثیر شرایط بهره‌برداری بر روند تخریب پره‌های متحرک

۱-۴- بررسی آماری تخریب پره‌های متحرک و ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده مفید از پره‌ها

۱-۵- ارائه گزارش

مرحله دوم- شناسایی معیارها و بررسی ارتباط بین خواص مکانیکی و عمر پره

۲-۱- بررسی معیارهای مربوط به خواص مکانیکی سوپراآلیاژهای بکار رفته در پره‌های متحرک

۲-۲- بررسی روند تغییرات خواص مکانیکی (سختی، ضربه، استحکام، داکتیلیتی) بر حسب زمان کارکرد و بررسی تغییرات ریزساختاری سوپراآلیاژهای بکار رفته در پره‌های متحرک

۲-۳- بررسی روشهای مختلف ارزیابی وضعیت پره بر اساس تغییرات خواص مکانیکی

۲-۴- بررسی و تعیین ارتباط کمی بین خواص مکانیکی و عمر باقیمانده پره

۲-۵- تهیه نمونه‌های مختلف کار کرده در شرایط مختلف بهره‌برداری و بررسی شرایط کارکرد آنها

۲-۶- ارائه گزارش

مرحله سوم- انجام آزمایشات، تحلیل نتایج و تهیه معیارهای کمی

۳-۱- برنامه‌ریزی جهت انجام آزمایشات مختلف روی نمونه‌های تهیه شده (تعیین تعداد نمونه‌ها از هر تست، نقشه نمونه‌ها، مکانهای نمونه‌برداری از هر پره، شرایط تست و...)

۳-۲- نمونه‌سازی و انجام آزمایشات مکانیکی مطابق با استانداردهای موجود روی سوپراآلیاژهای مختلف

۳-۳- تحلیل نتایج حاصل از آزمایشات

۳-۴- تعیین ارتباط بین تغییرات ایجاد شده در خواص مکانیکی سوپراآلیاژهای بکار رفته با عمر

۳-۵- تهیه دستورالعمل لازم جهت استفاده از روند تغییرات خواص مکانیکی در ارزیابی عمر باقیمانده پره‌ها

۳-۶- ارائه گزارش

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

مهم ترین نتایج کسب شده بشرح زیر می باشد.

- ۱- بررسی های ریزساختاری نمونه های تهیه شده از پره های متحرک توربین های گاز به عنوان یکی از اقتصادی ترین و کارآمدترین روش های ارزیابی وضعیت همواره مورد توجه بوده است.
- ۲- بر اساس مطالعه ریزساختار پره های تحت سرویس بوده می توان نتیجه گرفت که به کمک بررسی میزان پیشرفت وقوع واکنش های کاربیدی، تخمین میزان زوال ریزساختاری پره های تحت سرویس بوده امکان پذیر خواهد بود.
- ۳- با مقایسه نتایج آزمون های کشش دمای بالا و دمای محیط می توان نتیجه گرفت که تغییرات نتایج آزمون های کشش دمای بالا منطقی تر بوده و به نحو مناسبتری تغییرات عمر خزشی باقیمانده را توضیح می دهد. علاوه بر این، در بین پارامترهای مختلف خواص مکانیکی، تغییرات مقادیر ازدیاد طول اندازه گیری شده تطابق مناسبتری با عمر خزشی باقیمانده داشته و در نتیجه می تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت و تخمین عمر باقیمانده مورد توجه قرار گیرد.
- ۴- پارامترهای استحکامی اندازه گیری شده توسط آزمون های کشش دمای محیط و کشش گرم، وابستگی شدیدی به تغییرات ریزساختاری حین سرمایش نمونه ها داشته و در نتیجه نمی تواند به تنهایی برای تخمین عمر باقیمانده پره ها مورد توجه قرار گیرد. این معضل برای نتایج آزمون های کشش دمای محیط شدیدتر می باشد که می تواند به دلیل وابستگی شدید خواص کششی دمای محیط به ویژگی های ذرات ریز '۷' ثانویه باشد.
- ۵- روند تغییرات نتایج آزمون ضربه، تطابق مناسبی با روند تغییرات عمر خزشی نمونه های مختلف نشان می دهد. از این رو، انجام آزمون ضربه بر روی نمونه های اندازه کوچک تهیه شده از پره های کار کرده به عنوان روشی کارآمد برای ارزیابی وضعیت این پره ها پیشنهاد می شود.
- ۶- در بین خصوصیات مختلف ریزساختاری، تشکیل شبکه ی پیوسته ی رسوبات مرزدانه ای تاثیر مشخص تری بر خواص خزشی سوپرآلیاژهای پایه نیکل نشان می دهد. علاوه بر این خصوصیت ریزساختاری، تغییر میزان کاربیدهای مرزدانه ای و درون دانه ای در نمونه های کار کرده، تغییرات اندازه و تغییر مورفولوژی رسوبات '۷' اولیه نیز می تواند به عنوان سایر نشانه های زوال ریزساختاری و خواص مکانیکی سوپرآلیاژ IN738LC مورد توجه قرار گیرد.

گزارش فنی مشخصات و ویژگی های آلیاژهای مورد استفاده در پره های متحرک توربین زیمنس

گزارش فنی شناسایی معیارها و بررسی ارتباط بین خواص مکانیکی و عمر پره

گزارش فنی دستورالعمل استفاده از روند تغییرات خواص مکانیکی در ارزیابی عمر باقیمانده پره ها