



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد دفاع از رساله دکتری مهندسی مواد

تحلیل رفتار خزشی فولاد ساده کربنی در مخازن تحت فشار جدار نازک با استفاده از روش فرورونده نانومتریک

Analysis of Creep Behavior of Carbon Steel Used in Thin-Walled Pressure Vessels Using Nanoindentation Method

ارائه دهنده: عادل طاهری نیا

مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

زمان: یکشنبه ۱۴۰۵/۰۶/۰۱ ساعت ۹:۰۰

اعضای کمیته داوری:

اساتید راهنما: دکتر عبدالمجید اسلامی، دکتر محمدعلی گل‌عذار اساتید داور: دکتر احمد رضائیان، دکتر محمدرضا طوقی نژاد، دکتر حامد میرزاده

چکیده

پدیده خزش یکی از مهم‌ترین و در عین حال پنهان‌ترین مکانیزم‌های تخریب در تجهیزات تحت فشار به‌ویژه در شرایط دمایی بالا به شمار می‌رود. عدم وجود نشانه‌های ظاهری قابل تشخیص در مراحل اولیه این پدیده، موجب می‌شود تا خرابی ناشی از خزش اغلب به‌صورت ناگهانی و بدون هشدار قبلی رخ دهد؛ مسئله‌ای که می‌تواند منجر به خسارات مالی، جانی و زیست‌محیطی گسترده گردد. از سوی دیگر، ارزیابی دقیق میزان خزش و تخمین طول عمر باقیمانده تجهیزاتی نظیر مخازن تحت فشار برای تداوم بهره‌برداری ایمن و اقتصادی در صنایع حیاتی همچون نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه‌ها امری ضروری است. روش‌های کلاسیک آزمون خزش، اگرچه اطلاعات مفیدی از رفتار طولانی‌مدت مواد ارائه می‌دهند، اما به دلیل نیاز به زمان بسیار طولانی، هزینه‌های بالا و نمونه‌های حجیم، در بسیاری از موارد با محدودیت‌های عملیاتی و اقتصادی مواجه‌اند؛ به‌ویژه زمانی که تجهیزات در سرویس بوده و امکان تهیه نمونه کافی و مشابه وجود ندارد. در این راستا، روش فرورونده نانومتریک (Nanoindentation Creep Test) به‌عنوان یکی از تکنیک‌های نوین آزمایشگاهی، قابلیت بالایی در بررسی رفتار خزشی مواد در مقیاس کوچک و با صرف زمان کمتر فراهم کرده است. از جمله مزایای کلیدی روش نانومتریک می‌توان به امکان تحلیل رفتار خزشی فازهای مختلف ریزساختار فولاد به‌صورت مجزا، نیاز به حجم بسیار کم از نمونه، کاهش قابل توجه مدت‌زمان آزمون (از چند ماه به چند ساعت) و قابلیت اجرای آزمون بر روی نمونه‌های سرویس‌دهنده اشاره کرد. این ویژگی‌ها، روش فرورونده نانومتریک را به گزینه‌ای مناسب برای پایش سلامت و ارزیابی صلاحیت بهره‌برداری از تجهیزات حساس صنعتی بدل ساخته است. همچنین این روش نه تنها امکان بررسی خواص مکانیکی موضعی در مقیاس نانو را فراهم می‌کند، بلکه قادر است پارامترهای مرتبط با خزش نظیر ضریب حساسیت به تنش و انرژی فعال‌سازی را از طریق مدل‌سازی دقیق استخراج کند. در پژوهش حاضر، با استفاده از روش فرورونده نانومتریک، رفتار خزشی فولاد ساده کربنی ASME SA-516 Gr.70 که یکی از پرکاربردترین مواد در ساخت مخازن تحت فشار در صنایع حرارتی است، مورد بررسی قرار گرفته است. هدف اصلی، تحلیل مکانیزم‌های خزش این فولاد در دماهای بالا، استخراج پارامترهای مدل رفتاری خزش و پیش‌بینی طول عمر باقیمانده مخزن پیش از وقوع گسیختگی بوده است. در ادامه، تطابق داده‌های به‌دست‌آمده از روش نانومتریک با نتایج آزمون‌های سنتی خزش مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داده شد که نتایج به‌دست‌آمده از این روش دارای دقت بالا و همبستگی مناسب با داده‌های کلاسیک دارد. در پایان، یک مدل تحلیلی برای رفتار خزشی فولاد کربنی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون نانومتریک توسعه داده شد که می‌تواند به‌عنوان ابزار پیش‌بینی دقیق عمر باقیمانده تجهیزات تحت فشار در شرایط سرویس واقعی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای مناسبی برای جایگزینی تدریجی آزمون‌های پرهزینه و زمان‌بر کلاسیک با روش‌های نوین و سریع در ارزیابی‌های دوره‌ای تجهیزات صنعتی فراهم سازد.

واژه‌های کلیدی: خزش، فرورونده نانومتریک، مخازن تحت فشار.