

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ТЕПЛОСТІЙКОЇ СТАЛІ

A.I. Petrovsky; S.M. Beiger; A.V. Hevchuk; I.S. Nishtuk; R.M. Rebryk
INFLUENCE OF PRELOADING ON THE STRESS-STRENGTH STATE OF HEAT-RESISTANT STEEL

Основними чинниками підвищення опору крихкому руйнуванню теплостійкої сталі типу 15Х2МФА корпусів атомних реакторів після попереднього термомеханічного навантаження (ПТН) є комплексний вплив затуплення вістря тріщини, залишкових напружень стиску та деформаційного зміцнення матеріалу у вістрі тріщини

З літератури відомі декілька теоретичних підходів до оцінки ефекту ПТН. Основними є модель Челла, яка базується на використанні J-інтегралу і врахуванні пластичних деформацій у вістрі тріщини після ПТН та відома RKR модель (Ritchie, Knott, Rice).

Відомо, що руйнування після ПТН починається на деякій віддалі від фронту тріщини (CID) за умови локального перевищення нормальними напруженнями деякого критичного значення – напруження руйнування. Встановлено, що існує взаємозв'язок між в'язкістю руйнування, напруженням руйнування, величиною деякої відділі від фронту тріщини та мікроструктурою сталі.

НДС у вістрі тріщини моделювали з використанням програмного комплексу ANSYS, який базується на методі скінченних елементів. Для відтворення поведінки матеріалу використовували восьмивузловий двовимірний скінченний елемент Plane82 із кінематичним (трансляційним) зміцненням, у якому використовується критерій текучості Мізеса та асоціативний закон текучості. Розрахунки проводили за умов плоскої деформації. В цьому варіанті пластичної поведінки матеріалу використовується модель Бесселінга або полілінійна модель напруження-деформації, яка описує ефект Баушінгера. Вважається, що діаграма деформування складається із окремих ділянок, комбінація яких дає змогу моделювати складну поведінку матеріалу.

Для вибору ступеня згущення скінченноелементної сітки у вістрі тріщини розраховували нормальні напруження на продовженні вістря тріщини за різних кроків сітки - 8,33 мкм, 12,5 мкм, 25 мкм, 50 мкм та співставляли їх з аналітичними розрахунками.

Для цього створили скінченноелементну модель плоского зразка (шириною 100 мм, довжиною 300 мм) з центральною тріщиною півдовжиною $l = 28$ мм, який навантажували розтягом.

Для розрахунків використовували істинну діаграму деформування сталі 15Х2МФА за температури 20 °С. Очевидно, що криві збігаються на віддалі 100 мкм від вістря тріщини, тобто меншій від CID, що свідчить про можливість використання сітки з кроком 50 мкм для вирішення поставленої задачі. Проте, для подальших розрахунків використовували крок сітки 25 мкм, оскільки подальше її згущення призводить до сингулярності напружень безпосередньо у вістрі тріщини.

Виявлено, що довжина зони пластичних деформацій у вістрі тріщини і нормальні пластичні деформації значно більші від комбінованого ПТН у порівнянні із ПТН.

За комбінованого ПТН, у порівнянні із ПТН, спостерігається істотніше зниження нормальних напружень та еквівалентних напружень за Мізесом спереду вістря тріщини при наступному навантаженні зразка при 20°С за сталого КІН.