

Numerična simulacija vpliva toplotnega utrujanja na napredovanje razpok v tanki gredni prirobnici iz jekla SS316L

Fariha Mukhtar¹ – Faisal Qayyum² – Hassan Elahi^{3,*} – Masood Shah¹

¹ Tehniška univerza, Oddelek za strojništvo, Pakistan

² Tehniška univerza Bergakademie Freiberg, Inštitut za preoblikovanje kovin, Nemčija

³ Univerza v Rimu Sapienza, Oddelek za strojništvo in letalsko tehniko, Italija

Tudi po več kot desetletju raziskovanja pojava razpok v komponentah jedrskih reaktorjev zaradi toplotnega utrujanja še vedno obstajajo vrzeli v znanju. Obstaja potreba po znanju o napredovanju razpok in vplivih razpok na utrujenostno trajnostno dobo jeklenih komponent zaradi intenzivnega toplotnega utrujanja. Raziskovalci so se v preteklosti ukvarjali z eksperimentalnimi preiskavami, ki zaradi omejitev pri zbiranju podatkov zagotavljajo le omejeno razumevanje. Raziskovalna tema je bil tudi razvoj analitičnih in numeričnih metod z različnimi aproksimacijami, ki ne dajejo zanesljivih rezultatov. Točni modeli za numerične simulacije lahko pripomorejo k boljšemu razumevanju vpliva različnih dejavnikov na napredovanje razpok.

V predstavljeni raziskavi je bil razvit model za numerično simulacijo na osnovi končnih elementov s pomočjo komercialne programske opreme ABAQUS. Cilj je bil pridobitev vpogleda v napredovanje in zaustavitev širitve razpok v tanki gredni prirobnici iz jekla SS316L. Sestav je bil hlajen od znotraj, vir cikličnih toplotnih obremenitev pa je bil postavljen na obod prirobnice. Opravljeni so bili eksperimenti na posebnem preizkuševališču s tuljavo za indukcijsko ogrevanje zunanega oboda. Za določitev natančnega temperaturnega profila so bili uporabljeni termoelementi, radialno pritrjeni na obod. Modelu so bili dodeljeni realnočasovni in temperaturno odvisni podatki o elastoplastičnih lastnostih materiala. Robni pogoji in toplotni profil za numerični model so bili usklajeni s podatki eksperimentov.

Pridobljeni rezultati simulacije so bili za validacijo primerjani z rezultati eksperimentov. V predstavljenem delu so ovrednotene napetosti, ki povzročijo začetek razpok, vpliv števila in dolžine razpok na napetosti, absorpcija energija na vrhu razpoke v vsakem toplotnem ciklu in pragovne vrednosti razpok. Ugotovljeno je bilo, da se vrednost CMOD povečuje neodvisno od števila ali dolžine razpok in zato ni primerna za identifikacijo poškodb zaradi toplotnega utrujanja. Razviti model za simulacijo pripomore k boljšemu razumevanju evolucije napetosti in deformacij zaradi cikličnih toplotnih obremenitev v disku iz jekla SS316L. Ugotovljeno je bilo, da je nastanek razpok posledica obodnih napetosti v prirobnici. Razviti model omogoča boljše razumevanje pojavov napredovanja razpok in sproščanja energije na vrhu razpok ter bo uporaben pri prihodnjih raziskavah na področju projektiranja komponent, ki so izpostavljene toplotnemu utrujanju, npr. v jedrskih elektrarnah.

Ključne besede: toplotno utrujanje, numerična simulacija, SS316L, obodna napetost, napredovanje razpoke, J-integral