

Napovedovanje časovne trdnosti sočelnih zvarov z napakami na več mestih

Ebron Shaji* – Prabhu Raja Venugopal – Gautham Velayudhan – Mohanraj Selvakumar
Tehniški kolidž PSG, Oddelek za strojništvo, Indija

Sočelno varjenje je postopek za preprosto in trdno spajanje raznih komponent. Utrujenostne lastnosti zvarov so sicer dobre, napake v zvarih, kot so nepopolna prevaritev, nepopolna spojitev, zajede in poroznost, pa lahko privedejo do porušitve. Napaka v zvaru lahko v pogojih cikličnih obremenitev povzroči nastanek razpoke, rast razpoke v zvaru pa običajno pripelje do porušitve zvara. Trajanje rasti razpoke je odvisno od hitrosti rasti začetne razpoke do kritične velikosti, napovedati pa ga je mogoče s faktorjem intenzitete napetosti (SIF) na konici razpoke. V priložnikih so sicer na voljo enačbe za računanje vrednosti faktorja SIF za preprostejše zvarne spoje, toda iskanje primernih rešitev za konstrukcije z različnimi oblikami zvarov ter kompleksnimi geometrijami in obremenitvami je težavno.

Pričujoča študija obravnava prisotnost napak na različnih mestih v zvaru, vrste obremenitev, vrste napak in njihovo velikost. Napake v zvaru so bile modelirane kot poleleptične razpoke na osnovi priporočil IIW za konstruiranje zvarnih spojev in komponent na utrujanje. Faktor intenzitete napetosti v bližini napak je bil ocenjen z integralom M, čas rasti pa je bil izračunan po Parisovem zakonu s programsko opremo Fracture Analysis Code (FRANC3D). Glavna cilja študije sta napoved in rangiranje vpliva napak v zvarih na časovno trdnost sočelnih zvarnih spojev.

Za izdelavo sočelnih zvarnih spojev je bilo izbrano jeklo ASTM A517 kakovosti F. Za začetne dimenzije napak v zvaru so bile določene največje dopustne vrednosti iz meril za sprejemljivost zvarov po ASME B31.3. Napake v zvarih so bile modelirane kot ekvivalentne razpoke, rast razpok pa je bila simulirana s programsko opremo za simulacije FRANC3D. Obravnavani problem ima veliko spremenljivk, zato je bila izbrana faktorska zasnova po metodi Taguchi s petimi faktorji in tremi ravnmi. Za vsak podatkovni set v matriki zasnove je bila določena časovna trdnost sočelnega zvara s programsko opremo FRANC3D. Razmerje med signalom in šumom (S/N) je bilo določeno po kriteriju »več je bolje«. Za določitev časovne trdnosti sočelnega zvara je bil razvit kvadratični model drugega reda. V izbrani empirični formuli je upoštevan vpliv posameznih faktorjev in njihovih medsebojnih interakcij. Za validacijo empiričnega modela je bila opravljena eksperimentalna raziskava z značilnim podatkovnim setom.

Iz razmerja S/N izhaja, da ima vrsta obremenitev največji vpliv med obravnavanimi kontrolnimi dejavniki. Faktor L1 (natezna obremenitev) ima nižje razmerje S/N kot ostali dve vrsti obremenitev, kar pomeni, da je natezna obremenitev bolj kritična. Analiza vpliva napak v zvarih na časovno trdnost je pokazala, da pomanjkljiva prevaritev in zajede privedejo do minimalne trajne trdnosti, ko je zvarni spoj izpostavljen čistim membranskim napetostim. V prisotnosti več napak oz. pri kombiniranem vplivu treh napak z dodanima napakama na eni četrtini ali na treh četrtinah dolžine zvara je zmanjšanje časovne trdnosti signifikantno večje kot v prisotnosti napake sredi zvara. Primerjava rezultatov eksperimentov in empiričnega modela je pokazala 14-odstotno odstopanje časovne trdnosti. Odstopanje med napovedmi numeričnega in empiričnega modela je 4-odstotno, kar vpliva zaupanje v uporabo numeričnega postopka in empiričnega modela za določanje časa rasti razpoke.

V predstavljenem delu je bila kot glavni parameter namesto obremenitve uporabljena napetost. Napake so modelirane parametrično in velikost napak je zato sorazmerna z geometrijskimi dimenzijami plošče. Rezultati so neodvisni od geometrije in splošno veljavni.

Ključne besede: sočelni spoj, napake v zvarih, rast razpok, utrujenostne obremenitve, časovna trdnost, zasnova eksperimentov