

Konstruiranje komponent iz feritno-perlitne nodularne litine s površinskimi diskontinuitetami za utrujanje

Márton Gróza* – Károly Váradi

Univerza za tehniko in ekonomijo v Budimpešti, Oddelek za konstruiranje strojev in izdelkov, Madžarska

Cilj predstavljene raziskave je razvoj metodologije zagotavljanja kakovosti za kontrolo površinskih napak pri varnostno pomembnih ulitkih, kot so deli železniških zavornih sistemov. Na trajno dinamično trdnost nodularne litine močno vpliva populacija napak v materialu. Proces utrujanja se običajno začne pri napakah na površini ali v bližini površine (velika hrapavost, votline, vključki peska, lunckerji, oksidi). Upoštevanje realnih lastnosti materiala (npr. površinskih diskontinuitet) pri vrednotenju utrujanja je zelo pomembno za zanesljivost obratovanja in ekonomično proizvodnjo.

Visokociklične utrujenostne lastnosti materiala brez napak za enosno obremenitveno stanje so opisane s preprostim in uveljavljenim modificiranim Goodmanovim pristopom. Trajna dinamična trdnost kot funkcija velikosti napak na mestu iniciacije razpoke (Kitagawovo razmerje) je modelirana z različnimi metodami: s pristopom gradienta napetosti napake, po Murakamiju, z linearno elastično lomno mehaniko in na osnovi učinkovitega praga napredovanja razpoke. Primerjava rezultatov simulacij in rezultati eksperimentov so podani v Kitagawovih diagramih in v obliki kart dovoljene velikosti napak, izrisanih v postprocesorju FEA (analiza po metodi končnih elementov).

Smernice za kontrolo so bile izpeljane iz rezultatov analize po MKE in dodatnih izračunov na osnovi mehanike kontinuuma in lomov, v katerih je bila določena največja dovoljena ekvivalentna velikost napake za vsako točko na površini komponente.

Opravljene so bile utrujenostni preizkusi za analizo raztrosa utrujenostnih lastnosti materiala v kvaliteti po ISO1083/JS/500-7 NCI. Pri poliranih vzorcih različnih komponent iz nodularne litine 500-7 je bila ugotovljena do 40-odstotna razlika v trajni dinamični trdnosti. Za primerjavo metod na predvidenem področju uporabe so bile izrisane karte dovoljene velikosti površinskih napak za preprost analitični premer. Površinske diskontinuitete velikostnega reda 1000 μm lahko zmanjšajo trajno dinamično trdnost nodularne litine za faktor 2,5 (poloblaste napake v cilindričnih preskušancih pri natezno-tlačni obremenitvi tipa R-1 [1]). Pristop gradienta napetosti napak modelira večosno utrujenostno vedenje materialov brez napak in z napakami v območju visokocikličnega utrujanja, zato je bolj splošen od ostalih analiziranih metod.

Uporaba predlaganega pristopa (oz. najbolj splošnega pristopa gradienta napetosti napak) je omejena na proporcionalno večosno visokociklično utrujanje in na kovinske materiale, pri katerih v visokociklični utrujenostni trajnostni dobi prevladuje faza iniciacije razpoke. Avtorji so prepričani, da razvoj tovrstnih metod ne bi smel biti usmerjen zgolj v iskanje determinističnih rezultatov, ampak bi se moral posluževati tudi probabilističnega pristopa.

V članku so podani novi podatki o utrujenostnih preizkusih nodularne litine ISO1083/JS/500-7. Objavljeni so tudi rezultati za preskušance s kompleksnimi umetnimi površinskimi napakami pri različnih obremenitvah. Takšni podatki so redki in dragoceni. Primerjane so različne metode za opisovanje vpliva površinskih diskontinuitet na zmanjšanje trajne dinamične trdnosti. V članku je predstavljena neposredna primerjava kart dovoljene velikosti napak. Gre za nov pristop, ki bo primeren tako za znanstveno skupnost kot za industrijo. Podan je predlog neposredno uporabne metode za računanje dovoljene velikosti napak po MKE pri kompleksnih komponentah. Uporabna bo za vse inženirje, ki se ukvarjajo s konstrukcijo, simulacijami ali kontrolo kakovosti, kakor tudi za livarje.

Ključne besede: visokociklično utrujanje, analiza po metodi končnih elementov, lomna mehanika, površinske napake, večosno utrujanje, nodularna litina