

Računska metoda za analizo odpovedi mehanskih spojev plastnih kompozitov

Ivana Ilić¹ – Zlatko Petrović² – Mirko Maksimović³ – Slobodan Stupar² – Dragi Stamenković^{4,*}

¹Vojno-tehnični institut, Srbija

²Fakulteta za strojništvo, Srbija

³Vodovod, Srbija

⁴Termoelektro, Srbija

Članek obravnava računsko metodo za analizo odpovedi plastnih kompozitov v spoju vrste luknja-čep. Raziskava je bila usmerjena v razvoj zanesljivega računskega postopka za analizo obremenitve inicialne odpovedi spojev vrste luknja-čep v plastnih kompozitnih konstrukcijah. Trdnost mehanskih spojev v kompozitnih konstrukcijah so preučevali številni raziskovalci. Trdnost takšnih spojev je odvisna od številnih dejavnikov, med drugim od geometrije spoja, orientacije vlaken, vrstnega reda zlaganja itd. Velik del raziskav, ki so bile opravljene na mehanskih spojih, je bil osredotočen na eksperimentalno in numerično ugotavljanje vpliva geometrijskih dejavnikov na trdnost spojev. Opravljena je bila numerična študija za določanje odpovedi mehanskih spojev laminiranih kompozitnih materialov, ojačenih z vlakni.

Cilj tega dela je numerična preučitev vedenja spojev luknja-čep pri kompozitih vrste grafit-epoksidna smola, pri čemer je bila posebna pozornost posvečena občutljivosti modela na različne geometrijske dimenzije. Za določanje porazdelitve napetosti v kompozitnih ušesih je bila uporabljena dvodimenzionalna kontaktna metoda končnih elementov. Za določanje obremenitve pri odpovedi in načina odpovedi je bil izbran model napovedovanja inicialnih poškodb s Tsai-Wujevimi odpovednimi pogoji. Analiza vključuje Chang-Scott-Springerjev model karakteristične krivulje in analizo po dvodimenzionalni kontaktni metodi končnih elementov za vrednotenje porazdelitve napetosti okrog luknje za pritrdilni element.

Za določanje odpovedi spoja je uporabljena kombinacija Chang-Scott-Springerjevega modela karakteristične krivulje in Tsai-Wujevega kriterija inicialne odpovedi. V delu je posebna pozornost posvečena porazdelitvi obremenitev na spoju vrste luknja-čep ter vplivu porazdelitve na raven obremenitev in mesto odpovedi. Analize inicialne odpovedi so bile pri prejšnjih raziskavah izvedene s kosinusno porazdelitvijo v mehanskem spoju ušes in čepa. V tem delu je analiziran model ušesa/čepa po kontaktni metodi končnih elementov.

V članku je podana analiza problema mehanskih spojev laminiranih kompozitnih plošč s tornimi kontaktnimi pogoji. Uporabljen je zakon Coulombovega trenja, omejitve kontakta pa so vključene z razširjenimi metodami notranjih kazni. Za obravnavo nediferencialnega člena zaradi Coulombovega trenja je bil uporabljen perturbirani variacijski princip. Rezultati izračunov so primerjani z rezultati eksperimentov.

Preučen je tudi vpliv vrstnega reda zlaganja plasti kompozitnega materiala z luknjami za čep. V delu je posebna pozornost posvečena načinu odpovedi in modalni analizi pri kompozitih z vrstnim redom zlaganja $[0/(\pm 45)_3/90_3]_S$. Rezultati izračunov so bili primerjani z razpoložljivimi rezultati eksperimentov in ugotovljena je bila dobra korelacija med rezultati izračunov in eksperimentov.

Rezultati kažejo, da lahko predlagana numerična metoda na osnovi kontaktne metode končnih elementov za analizo napetosti v povezavi s Tsai-Wujevim kriterijem odpovedi za analizo inicialne odpovedi napove trdnost kompozitnih spojev vrste luknja-čep z največ 5 odstotnim odstopanjem glede na rezultate preizkusov.

Ključne besede: kompoziti, analiza odpovedi, MKE, kontaktni problem, spoj luknja-čep, indeks odpovedi