

Vključitev poenostavljenega modela mehanskega spoja v numerično analizo

Mitja Glavan¹ — Jernej Klemenc² — Vili Malnarič¹ — Domen Šeruga^{2,*}

¹ TPV Automotive, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Trenutni trend v avtomobilski, letalski, navtični in drugih podobnih panogah je predvsem zmanjševanje porabe gradiva in posredno zmanjševanje mase prevoznih sredstev. V tem pogledu se danes za konstruiranje vse pogosteje pojavljajo tako imenovana lahka gradiva, kot so visokotrdnostno jeklo, aluminijeve zlitine, kompozitna gradiva in magnezijeve zlitine. Vendar pa zaradi različnih lastnosti teh gradiv njihovo spajanje s tradicionalnimi postopki varjenja ni možno. Danes je zato v uporabi veliko število alternativnih tehnologij spajanja, vsaka pa ima svoje prednosti in slabosti. Uporaba določene tehnologije je torej odvisna od zahtev glede trdnosti končnega izdelka, uporabljenih gradiv, možnosti integracije v proizvodne zmogljivosti in cene.

V raziskavi smo primerjali dve tehnologiji spajanja, ki predstavljata alternativo točkovnemu varjenju. Samorezno kovičenje je tehnologija, ki zagotavlja primerljivo statično trdnost in nekoliko večjo dinamično trdnost v primerjavi s točkovnim varjenjem, medtem ko je prednost zagozdnega spoja bistveno večja dinamična trdnost z izgubo znatnega deleža statične trdnosti.

Za poenostavljeno upoštevanje teh tehnologij v numeričnih analizah v predrazvojnih in razvojnih fazah konstrukcijsko-razvojnega procesa je potrebno razviti ustrezne numerične modele spojev. Poznavanje natančnih parametrov numeričnih modelov spojev prispeva k zmanjšanju razvojnih stroškov, krajšim razvojnim časom in optimizaciji geometrije izdelka pred izdelavo prvega prototipa. Spoji so bili izvedeni na jekleni pločevini S500MC debeline 2 mm. Uporabili smo samorezne kovice premera 5 mm, pri izdelavi zagozdnega spoja pa smo uporabili orodje premera 8 mm. Glede na zahteve standarda DVS/EFB 3480-1 so preizkušanci imeli dve obliki za vnašanje strižnih, odlupnih in kombiniranih obremenitev. Izvedli smo fizikalne preizkuse statične trdnosti spojev na preizkuševališču Zwick/Roell Z150. Na vsakem obremenitvenem nivoju smo zagotovili petkratno ponovitev preizkusa. Za izgradnjo poenostavljenega numeričnega modela z metodo končnih elementov smo uporabili programsko okolje Simulia Abaqus. Pločevine smo modelirali z lupinskimi elementi, spoj pa z linijskimi elementi, ki povezujejo pločevini. Pri velikosti in kakovosti mreže končnih elementov smo sledili industrijskim zahtevam za simulacije trka. Lastnosti pločevin smo popisali z bilinearno napetostno-deformacijsko krivuljo, prav tako pa je bil linijskim elementom dodeljen bilinearen materialni model ter okrogel prerez ustreznega premera.

Vendar pa so se parametri bilinearnih elastoplastičnih lastnosti spoja razlikovali od dejanskih materialnih lastnosti za jekleno pločevino S500 MC in so bolj predstavljali njegov fizični odziv pri obremenjevanju. Vse posebnosti mehanskega spoja so bile torej integrirane in predstavljene z njegovo bilinearno značilnostjo. Parametre mehanskih spojev za potrebe numeričnih analiz smo ocenili z optimizacijsko metodo, ki združuje uporabo metode odzivne površine, rezultate simulacij, rezultate fizikalnih preizkusov in genetski algoritem.

Rezultate simulacij z uporabo optimalnih vrednosti parametrov numeričnih modelov spojev smo nato primerjali z eksperimentalnimi opažanji za oba analizirana spoja.

Opazili smo, da je s predstavljeno metodologijo mogoče simulirati odziv analiziranih mehanskih spojev, predstavljajo pa optimalne vrednosti parametrov spojev vedno kompromis med kakovostjo prileganja eksperimentalnim opažanjem in množico analiziranih obremenitev.

Ključne besede: kovičenje, mehanski spoji, samorezno kovičenje, zagozdni spoj, metoda končnih elementov, optimizacija parametrov, odzivna površina, genetski algoritem