

Numerična analiza napetosti za različne širine varkov pri navarjanju

Adam Kulawik – Joanna Wróbel

Tehniška univerza v Čenstohovi, Fakulteta za strojništvo in računalništvo, Poljska

V članku so predstavljene razlike v napetostnih stanjih po nanosu varkov s kotom 90° po standardu EN ISO 5817. Primerjava rezultatov numeričnega modela omogoča izbiro primerne širine varkov pri reparaturnem navarjanju elementov iz malolegirane srednjegljičnega jekla (C45).

Cilj je obnovitev začetne geometrije elementa, pomembna pa je tudi izbira dodatnega materiala z ustreznimi lastnostmi (v danem primeru je ta enak osnovnemu materialu). Te lastnosti so v veliki meri odvisne od fazne sestave. Dodajni material vpliva na trdoto, krhkost in duktilnost. Zaradi dragih eksperimentov, ki jih zaradi geometrijskih omejitev pogosto niti ni mogoče izvesti, je bila sprejeta odločitev o numerični analizi problema. Model je bilo mogoče poenostaviti iz treh v dve razsežnosti (simetrija izračunov za dolge varke), zato so bili opravljeni izračuni po metodi končnih elementov v prečno postavljeni ravnini glede na smer nanosa. Vsak novi varek je bil upoštevan kot dodatna površina v mreži končnih elementov.

Opravljen je bila analiza vpliva širine varkov (0,006 m, 0,01 m in 0,014 m) in temperature predgrevanja na fazne transformacije in efektivne napetosti obnovljenega sloja. Uporabljen je bil nestandarden način predgrevanja (pred nanosom vsakega varka, po ohladitvi na temperaturo okolice). V članku je analiziranih 12 različnih kombinacij temperatur predgrevanja in širin varkov za doseganje ustreznega navarjenega sloja brez neskladnosti. Vsi preračuni so bili opravljeni z avtorsko zaščitenim programom. Model vključuje ustrezne odvisnosti med elementi za modeliranje temperatur in faznih transformacij nad oz. pod temperaturo likvidus (T_L) in solidus (T_S). Upoštevane so tudi odvisnosti med zgornjimi modeli in modelom mehanskih lastnosti.

Iz rezultatov sledi sklep, da povečanje širine varkov ugodno vpliva na zmanjšanje stopnje efektivnih preostalih napetosti, kar pa je težko izvedljivo v praksi. Napetosti so najmanj ugodne v prvi površini navara. Pri nižjih temperaturah predgrevanja in ožjih varkih so bila identificirana območja možnih razpok. V tem primeru je treba uporabiti nižjo temperaturo predgrevanja in popuščanje, kar je povezano s podobnimi stroški energije kot pri višjih temperaturah predgrevanja.

Načrtovana je tudi eksperimentalna raziskava za potrditev teh rezultatov, konkretno metalografske preiskave za opredelitev doseženih faznih transformacij. To še zlasti velja za območja, kjer prihaja do ponovnega ogrevanja. Načrtovani so tudi preizkusi trdote materiala. Ti bodo lahko potrdili analizo sestave navara in osnovnega materiala, kakor tudi rezultate numeričnih simulacij. Analiza trdote je lahko tudi izhodišče za konstruiranje elementov, ki jih je mogoče obnoviti ali so namenjeni abrazivni obdelavi.

V inženirski praksi se pred opredelitvijo postopka navarjanja elementov iz težavnih materialov, kot so tisti z visoko vsebnostjo ogljika, opravi serija eksperimentalnih raziskav. V članku je predstavljen numerični model, ki lahko v veliki meri nadomesti te raziskave. Analiza napetostnega stanja, opredeljenega z numeričnimi simulacijami, bo omogočila izbiro ustreznih parametrov procesa za komponente zahtevnih oblik, ki niso primerne za eksperimentalne študije s poenostavljeno geometrijo. Predstavljena analiza faznih premen v trdnem stanju in nastalih napetosti omogoča napovedovanje vedenja obnovljene površine in samega navara, ne le v območju stabilnega procesa (središče navara), temveč tudi na njegovem začetku in koncu. Rezultati analize bodo uporabni za izbiro širine varkov pri reparaturnem navarjanju.

Ključne besede: računalniška mehanika, numerična simulacija, navar, predgrevanje, analiza deformacij, napetost