

Numerična in eksperimentalna študija tornega obnašanja pri natezno-upogibnem preizkusu

Hirpa G. Lemu^{1,*} – Tomasz Trzepieciński²

¹ Univerza v Stavangerju, Oddelek za strojništvo, konstrukcije in materiale, Norveška

² Tehniška univerza v Rzeszowu, Katedra za preoblikovanje, Poljska

Torno obnašanje pri preoblikovanju pločevine je odvisno od več parametrov, med katerimi sta tudi površinska hrapavost in mazanje. Študije kažejo, da torne in materialne lastnosti neposredno vplivajo na proces in so tudi medsebojno odvisne. Topografija površine ima velik vpliv tudi na torno obnašanje kontaktne površine in njeno obrabo. Zato obstaja potreba po opredelitvi vloge trenja in zanesljivih metodah za kvantifikacijo koeficienta trenja pri preoblikovanju kovin. V članku je predstavljena primerjalna študija tornega obnašanja pri natezno-upogibnem preizkusu (BUT) pločevine iz jekla, medenine in aluminijevih zlitin z eksperimentalnim in numeričnim pristopom.

Zasnovana je bila eksperimentalna študija za karakterizacijo vpliva mazanja in površinske hrapavosti na torne lastnosti. Uporabljena je bila tudi metoda končnih elementov (MKE), ki omogoča simulacijo tečenja materiala pločevine ob upoštevanju kompleksnega pojava trenja. Eksperimentalni preizkus je bil izveden s preizkusnim trakom, ki je bil na eni strani vpet v glavo z merilno celico. Trak je bil ovit okrog fiksnega valja premera 20 mm in obremenjen v napravi za natezni preizkus, ki zagotavlja približno 90-stopinjski stik. Preizkus je bil opravljen s štirimi koluti orodnega jekla X165CrV12 z različnimi vrednostmi površinske hrapavosti. Med izvedbo natezno-upogibnega preizkusa so bile merjene deformacije, na osnovi tega pa je bila izračunana hitrost preoblikovanja po prerezu traku. Vpliv plastičnih deformacij na koeficient trenja je bil preučevan v pogojih brez mazanja in z mazanjem. Simulacija je bila opravljena s programom MSC.Marc + MENTAT 2007r1. Kolut je bil modeliran kot popolnoma tog elastoplastičen material, lastnosti pa so bile popisane z von Misesovim kriterijem tečenja z izotropnim preoblikovalnim utrjevanjem.

Rezultati: (1) Vpliv površinske hrapavosti kolutov: Torni preizkusi s pločevino AA5754 H24 so pokazali, da se koeficient trenja spreminja s površinsko hrapavostjo kolutov in, da obstajajo značilne razlike pri tornem obnašanju. Pri preizkusih suhega trenja se koeficient trenja pri višjih vrednostih hrapavosti zmanjšuje z deformacijami preizkušanca. Vzrok za to so lahko spremembe topografije površine pločevine v deformiranem stanju. Ugotovljeno je bilo tudi, da površinska hrapavost kolutov v mazanem območju zmanjša koeficient trenja za približno 25 do 40 %. Medtem ko je koeficient suhega trenja pri medeninasti pločevini stabilen, pa mazanje spremeni značaj sprememb tornega upora, pri čemer je bila najnižja vrednost ugotovljena pri kolutih s površinsko hrapavostjo $R_a = 0,63$ mm. Trend rezultatov za jekleno pločevino kakovosti za globoki vlek je podoben kot pri ostalih dveh materialih in koeficient trenja se povečuje s površinsko hrapavostjo. (2) Kontaktni tlak pri lokalnem zoženju: Rezultati v tem primeru ne kažejo tipičnega trenda ali spremenljivosti kot funkcije kakovosti površine in tornega stanja. Splošna ugotovitev je, da kontaktni tlak pada s povečevanjem vrednosti hrapavosti. Najmanjši kontaktni tlak med preizkušanimi materiali je bil ugotovljen pri AA5754 H24, jeklo za globoki vlek pa ima največjo zmogljivost utrjevanja. (3) Ekvivalentna celotna plastična deformacija: V vseh primerih je bil ugotovljen kolaps prostih koncev preizkušancev, obremenjenih z zavorno silo upora. Pojav ustreza lokalnemu zoženju preseka zlasti pri visokih vrednostih trenja. Primerjava pogojev suhega trenja in mazanja kaže majhne, a značilne razlike v porazdelitvi deformacij. Vpliv porazdelitve deformacij pri velikem kontaktnem tlaku v kontaktnem območju je npr. pretežno odvisen od geometrije, vpliv mazanja pa je majhen. Določene opažene razlike med eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati so verjetno posledica poenostavitve. (4) Porazdelitev kontaktnega upora in efektivnih deformacij: Ugotovljeno je bilo, da porazdelitev napetosti kontaktnega trenja po kontaktni površini pločevinastega koluta ni enakomerna, trend porazdelitve pa je podoben v suhem in v mazanem stanju do približno 60-stopinjskega kontakta. Porazdelitev v tem območju kaže, da so vrednosti napetosti kontaktnega trenja pri suhem trenju približno petkrat večje kot pri mazanem stiku. Na začetku kontakta so bili v obeh primerih opaženi tudi lokalni vrhovi napetosti kontaktnega trenja, vzrok temu pa je lahko v različnih lastnostih tečenja materiala pri višjih celotnih deformacijah preizkušanca. Članek obravnava predvsem vpliv mazanja in površinske hrapavosti. Uporaba MKE na tem področju omogoča simulacijo tečenja materiala ob upoštevanju pojava kompleksnega trenja ter podaja boljše razumevanje kontaktnih pogojev za sprejemljivo ceno.

Gljučne besede: upogibanje in nateg, preoblikovanje, trenje, koeficient trenja, površinska hrapavost, kontaktni tlak