

Računski model za analizo upogibne trdnosti sintranih zobnikov

Srečko Glodež^{1,*} – Marko Šori² – Tomaž Verlak¹

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Slovenija

V času, ko je potrebno zagotavljati kakovostne izdelke z nizko ceno in čim manj odpada, je tehnologija avtomatskega stiskanja kovinskih prahov v končno ali skoraj končno obliko in sintranja (ADC/SINT – *Automatic die compaction and sintering*) postala zelo zanimiva za različna področja industrije, še posebej za avtomobilsko industrijo. Že nekaj časa je prašna metalurgija prisotna pri različnih delih volanskega sklopa, zobniških črpalkah in različnih pomožnih delih, zadnje čase pa se pojavlja kot zanimiva, cenovno ugodnejša alternativa pri izdelavi zobnikov za menjalnike. Obstoječi ISO-standardi za preračun zobnikov ne predvidevajo materialov iz skupine prašne metalurgije, tako da obstajajo le informacijska priporočila po AGMA, ki podajajo oceno vrtilnega momenta, ki ga lahko sintran zobnik prenaša. Ta priporočila zajemajo upoštevanje podatkov o materialih, obsežen in zapleten del teh priporočil pa upošteva geometrijo zob zobnika. Zaradi kompliciranosti postopka pri pridobivanju koeficientov geometrije zoba, je bil v okviru te raziskave razvit model, ki napove obratovalno dobo določenega sintranelega zobnika, če so znane njegove materialne lastnosti pri dinamičnih obremenitvah.

V okviru eksperimentalnega dela so v sklopu raziskav najprej s kvazi-statičnim nateznim preizkusom pri sobni temperaturi določene statične mehanske lastnosti uporabljenega sintranelega materiala: modul elastičnosti, meja tečenja in natezna trdnost. Sledi dinamično testiranje pri različnih napetostih z obremenitvenim razmerjem $R = 0$, na osnovi katerega se določi vpliv amplitudne napetosti na dobo trajanja preskušanca. Končni rezultat raziskav je določitev dveh osnovnih materialnih parametrov za dimenzioniranje dinamično obremenjenih komponent z napetostno metodo: koeficienta trdnosti pri utrujanju s_r^c in eksponenta trdnosti pri utrujanju b .

V sklopu raziskave so bile določene lastnosti materiala v dveh različnih stanjih. Polovica preskušancev je bila posintrana, druga polovica dodatno zakaljena. Preskušanci so bili izdelani in toplotno obdelani po priporočilih proizvajalca uporabljenega kovinskega prahu. Izkazalo se je, da dodatna toplotna obdelava materiala bistveno poveča natezno trdnost in zmanjša raztezek ob prelomu. Rahlo se poveča tudi modul elastičnosti. Občutna razlika je tudi pri dinamični trdnosti, vendar se ta razlika manjša in skoraj izgine pri nižjih napetostih oziroma pri daljši dobi trajanja, kar se kaže tudi kot večji naklon premice Basquin-ove enačbe v dvojnem logaritmičnem diagramu.

Glavni fokus raziskave je določitev upogibne trdnosti zobnika v korenu zoba, ki je lahko pri sintranih zobnikih poljubne oblike. Matrica, v kateri se stiskajo sintrani zobniki, je običajno izdelana z žično erozijo (wire EDM), ki omogoča poljubno obliko korena zoba. Ker se pri tem postopku izdelave matrice potrebuje vsaj 2D digitalni model zobnika, se lahko isti model uporabi za hitro pripravo MKE modela, s pomočjo katerega se določi napetostno polje v korenu zoba. V numerični simulaciji so vključeni trije zobje obravnavanega zobnika in en zob zobnika, ki je togo vpet v prostoru. Obravnavan zobnik je postavljen k togo vpetemu zobniku tako, da je kontakt med njima na zunanji točki enojnega ubiranja obravnavanega zobnika. Obremenitev je izvedena z rotacijo obravnavanega zobnika okoli svoje osi tako, da se nasloni na tog zob. Celotna rotacija obravnavanega zobnika je izvedena v več korakih, kar omogoča boljšo stabilnost numerične simulacije. Napetosti v korenu zoba pri različnih obremenitvenih primerih so potem preko Basquin-ove enačbe s predhodno določenimi materialnimi parametri pretvorjene v predvideno dobo trajanja zobnika oziroma število nihajev obremenitve do poškodbe v korenu zoba. Rezultati računskih analiz po predlaganem modelu kažejo, da imajo dodatno zakaljeni zobniki predvsem v območju časovne trdnosti občutno večjo upogibno dinamično trdnost v primerjavi z nekaljenimi zobniki. Ta razlika pa je vse manjša, čim bolj se približujemo območju trajne trdnosti (10^6 ali več nihajev obremenitve). Vendar pa je potrebno poudariti, da ta metoda zajema zgolj trdnost korena zoba in ne obrabe zobnih bokov, ki bo predvidoma pri samo sintranih zobnikih bistveno večja.

Nadaljnje raziskovalno delo bo zajemalo dejansko preskušanje sintranih zobnikov na ustreznem preskuševališču, ki bodo izdelani na enak način in iz iste prašne mešanice, kot so bili izdelani natezni preskušanci. Potrebno bo določiti, koliko obratovalnih ciklov zdrži posamezen zobnik ob določenem momentu. Ti rezultati bodo pokazali, ali je predlagana metoda primerna oziroma dovolj natančna za določitev nosilnosti korena zoba sintranih zobnikov.

Ključne besede: sintrani zobniki, napetostna metoda, numerično modeliranje, preskusi