

Vpliv celične strukture v telesu zobnika na vibracije, ki jih povzročajo ubiranje

Riad Ramadani^{1,*} – Marko Kegl² – Jožef Predan² – Aleš Belšak² – Stanislav Pehan²

¹ Univerza v Prištini, Fakulteta za strojništvo, Kosovo

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Članek obravnava metodo za omejevanje vibracij in hrupa zobnikov. Problem, ki nastopa pri vsakovrstnih zobniških prenosnikih, so vibracije, ki nastopajo zaradi samega principa prenosa moči med zobatima kolesoma. Ker se zaradi ubiranja zob spreminja vzmetna konstanta torzijskega sistema, je ta sprememba že sam po sebi razlog za vibracije in hrup, pa četudi se prenaša povsem konstanten moment.

Glavna metoda, ki zmanjša prenos vibracij na okolje, je spremenjena notranja konstrukcija zobniškega telesa. Namesto polnega zobniškega telesa je to telo sestavljeno iz celic, nekakšne palične strukture. Topologija celične strukture je optimizirana tako, da se bistveno zmanjša masa celotnega zobnika, napetosti v strukturi pa se dvignejo, a še vedno tudi na mestih prehodov ostanejo daleč pod nivojem kritičnih. Takšna struktura postane v primerjavi s polnim telesom za velikostni razred bolj elastična. Koncentrirane lokalne obremenitve, ki nastanejo na zobnih bokih, se najprej razpršijo po telesu zobnika, nato pa skozi strukturo potujejo po zapletenih poteh, kjer nastopa več raznovrstnih deformacij, pri čemer se energija vibracij zmanjšuje, kar vodi do njihovega dušenja.

Postavljena je bila hipoteza, da bi k zmanjšanju vibracij pripomogla polimerna matrica, ki bi jo naknadno vtisnili v odprto celično strukturo zobniškega telesa. Hipoteze so bile preverjene tako, da so se s 3D-laserskimi printerji izdelali vzorčni zobniki s celično strukturo, nato pa so se njihove lastnosti primerjale z referenčnimi zobniki na preizkuševališču.

Preizkuševališče je bilo narejeno tako, da so zobniki ubirali v zaprti zanki, ker se je na ta način lahko zelo udobno in natančno kontroliralo obremenitve, ki so jih prenašali. Zaradi relativne majhnosti, enostavnosti in kompaktnosti preizkuševališča je bilo možno v laboratorijskih razmerah realizirati obratovanje referenčnih in zobnikov s celično strukturo telesa v ustreznem ohišju, kjer so bili kontrolirani pogoji obratovanja tako glede mazanja, vrtilne frekvence, momenta kot tudi glede temperature. Na zobnike, ki so bili predmet opazovanja, so bili nameščeni mini senzorji oziroma merilni lističi, mini mikrofoni ter miniaturna tipala pospeškov, in sicer enkrat tik ob izvoru vibracij, na zobnem vencu zelo blizu zobnega korena, ter drugič na pestu zobnika oziroma v njegovi neposredni bližini. Med obema setoma senzorjev je bilo le zobniško telo, zato se je na ta način lahko meril vpliv strukture telesa na prenos vibracij. Ohišje testnega gonila je bilo opremljeno s prosojno steno, tako da je bilo mogoče stanje zobnikov tudi med preizkušanjem spremljati s pogledom. Tipala so bila povezana z mikro-drsniki z ustrežno merilno opremo in analizatorji signalov, tako da so bili narisani karakteristični diagrami, ki so vsebovali elementarne podatke o tem, kako se s časom spreminjajo amplitude in frekvence nihanj, pospeški in hrup, ki se prenaša preko okoliškega zraka.

Analiza podatkov, ki so bili dobljeni z eksperimenti, je potrdila hipotezo, da celična struktura zobniškega telesa odločilno vpliva na zmanjšanje nihanj, ki so posledica delovanja zobnikov. Analiza je pokazala, da pa je treba celično strukturo skrbno optimizirati, saj se s takšnim pristopom izognemo lokalnim koncentracijam napetosti, ki bi lahko bistveno poslabšale trdnostno strukturo celotnega sistema. Posebno dodano vrednost v obliki močnega dušenja vibracij predstavlja vtisnjena polimerna matrica. Predlagan pristop za zmanjšanje vibracij zobnikov je novost v svetu po teoretični, znanstveni in praktični plati tako zaradi uporabljene optimizacije topologije celične strukture kakor tudi zaradi integracije polimerne matrice.

Ključne besede: vibracije, zobniki, celična struktura, optimizacija topologije, preizkuševališče, analiza signalov