

## Nova aksialna modifikacija in simulacijska analiza čelnega evolventnega zobnika

Ningning Wang – Xueyi Li\* – Kun Wang – Qingliang Zeng – Xiao Shen  
Znanstveno-tehniška univerza v Shandongu, Kolidž za strojništvo in elektroniko, Kitajska

Pri čelnih zobniških prenosih lahko nastopi neenakomerna porazdelitev obremenitev zaradi napak v obdelavi in montaži, elastičnih deformacij in drugih dejavnikov, posledično pa se močno zmanjša obremenljivost in skrajša življenjska doba zobnikov. Najučinkovitejša rešitev za omenjene težave je aksialna modifikacija, kjer se s spremembo površine zoba popravi oblika in položaj kontaktne površine.

Različne modifikacije se razlikujejo po učinkovitosti in zato je zelo pomembna izbira optimalne metode modifikacije zobniških dvojic. Poleg tega se oblika površine zoba z aksialno modifikacijo razlikuje od površine standardnega evolventnega zoba in zato je težko natančno oceniti vpliv modifikacije na zobniško dvojico. Sledi sklep, da je treba preučiti teorijo modifikacij, poiskati nov pristop in ovrednotiti zmogljivost modificiranega zobnika. Za razrešitev naštetih problemov ter izboljšanje kontaktnih pogojev, učinkovitosti ubiranja in obremenljivosti zobniških dvojic je predlagana nova metoda aksialne modifikacije na podlagi sestavljene modifikacijske krivulje. Iz modifikacijske krivulje je bila izpeljana enačba, ki določa obliko površine modificiranega zoba.

Za ovrednotenje zmogljivosti modificirane zobniške dvojice je bil izdelan natančen model dvojice po metodi končnih elementov na podlagi interpolacije s kubičnim B-zlepkom. Sledila je simulacijska analiza, v kateri je bil določen učinek modifikacije s pomočjo vrednosti kontaktnih napetosti, upogibnih napetosti in deformacij zob ter z opazovanjem stanja kontaktne površine. Modifikacijski parametri so bili optimizirani z ortogonalnimi eksperimenti za modificirano zobniško dvojico in tako je bil določen optimalen učinek modifikacije v izbranih delovnih pogojih. Za validacijo metode je bila uporabljena zobniška dvojica iz avtomobilskega menjalnika, ki je bila modificirana po predlagani metodi. Rezultati analize kažejo občutno izboljšanje problema neenakomerne porazdelitve obremenitev po modifikaciji zobniške dvojice z optimiziranimi parametri, kakor tudi izboljšanje obremenljivosti zobniške dvojice. Opravljena je bila tudi primerjava zobniških dvojic, modificiranih po univerzalni in optimizirani metodi.

Rezultati primerjave kažejo, da je predlagana metoda modifikacije bolj prilagodljiva od univerzalne metode. Končno je bila preverjena še učinkovitost in praktičnost predlagane metode s testi na zobniških dvojicah, ki so bile izdelane v ta namen. Predstavljeno delo odpravlja določene pomanjkljivosti obstoječih študij z novo metodo modifikacije in vrednotenjem njenega učinka. Parametri modifikacije so bili optimizirani z izvedbo ortogonalnega eksperimenta, v katerem so bili določeni primerni parametri za različne zobniške dvojice.

Predlagana metoda je uporabna za konstruiranje in optimizacijo zobnikov za učinkovitejši prenos in zmanjšanje stroškov. Metoda je trenutno primerna le za čelne zobniške prenose, v prihodnje pa bo razširjena še na zobnike s poševnim ozobjem in na analizo utrujanja.

**Ključne besede:** neenakomerna porazdelitev obremenitev, aksialna modifikacija, simulacijska analiza, kontaktna površina, učinek modifikacije, optimizacija