

Obratovalne lastnosti zunanjih neevolventnih valjastih zobnikov z ravnimi in poševnimi zobmi: pregled

Ivan Okorn – Marko Nagode – Jernej Klemenc
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Namen preglednega znanstvenega članka je bil podati sistematičen pregled neevolventnih zobnikov, njihovih prednosti in slabosti ter možnosti uporabe v praktičnih aplikacijah. V strokovni in znanstveni literaturi nismo našli celovitega pregleda od starih oblik, kot so cikloidno ozobje in Novikov ozobje, do ozobji, ki so bila razvita v zadnjem desetletju. Želja avtorjev je bila pripraviti kritičen pregled, ki bo uporaben tako za raziskovalce novih oblik neevolventnih zobnikov kot za uporabnike le-teh v industriji.

Večina zobnikov v industrijski praksi ima evolventno obliko bokov zob. Z vidika bočne nosilnosti, obrabe in izkoristka ta oblika ni optimalna. Ključne slabosti evolventnega ozobja so: omejeno minimalno število zob pastorka, visoka kontaktna obremenitev zaradi konveksno-konveksnega dotika bokov zob in neugodne kinematske razmere (velike drsne hitrosti) na začetku in koncu ubiranja. Številni raziskovalci so razvili in analizirali različne neevolventne oblike bokov zob, ki se niso širše uveljavile v praksi. Glavna razloga sta stroški izdelave in občutljivost na točnost izdelave in montaže.

V preteklih desetletjih so bile raziskave večinoma usmerjene v izboljšavo lastnosti evolventnih zobnikov. Podrobno so bili raziskani vplivi geometrije, mazanja, točnosti izdelave in novih materialov na nosilnost in hrupnost ozobja. Ker v članku primerjamo evolventne zobnike z neevolventnimi, so uvodoma povzete glavne lastnosti evolventnih zobnikov. Pojasnjene so možnosti za izboljšanje njihovih obratovalnih lastnosti (uporaba profilnih premikov, profilne korekcije, nesimetrično ozobje).

Ocena lastnosti evolventnih in neevolventnih ozobji temelji na uveljavljenih kriterijih, kot so Hertzov kotalni tlak, temperatura v dotiku, debelina oljnega sloja, upogibna napetost v korenu zoba in hrupnost ozobja. V drugem poglavju so kriteriji za oceno podrobno predstavljeni. Na podlagi enačb, ki popisujejo razmere v dotiku bokov zob, so pojasnjeni trendi, ki jih raziskovalci upoštevajo pri razvoju neevolventnih zobnikov. Pri oblikovanju neevolventnih zobnikov je cilj doseči čim večji srednji krivinski radij, kar posledično pomeni zmanjšanje Herzovega tlaka, zmanjšanje temperature v dotiku in povečanje debeline oljnega sloja. Drugi ključni cilj je čim manjše relativno drsenje v dotiku, kar prispeva k manjši toplotni obremenitvi zobnikov in boljšemu izkoristku. Hrupnost zobnikov je manjša, če je stopnja prekrivanja večja. Večina neevolventnih zobnikov ima manjšo stopnjo prekrivanja, kar negativno vpliva na dinamične sile in hrupnost.

V tretjem poglavju so opisno in s slikami predstavljene različne oblike neevolventnih zobnikov. Povzeti in komentirani so rezultati raziskav iz navedene literature. Podrobneje so predstavljeni rezultati raziskav na S-zobnikih, ki so bili razviti in preizkušani na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. S preizkusi S-zobnikov in primerljivih evolventnih zobnikov je bila potrjena večja bočna nosilnost in manjša toplotna obremenitev S-zobnikov. Potencial na področju S-zobnikov predstavljajo zobniki s poševnimi zobmi, ki pa še niso bili eksperimentalno raziskani. V četrtem poglavju je združen pregled lastnosti predstavljenih neevolventnih zobnikov v primerjavi z evolventnimi zobniki. Uporabljeni kriteriji so bočna nosilnost, korenska nosilnost, toplotna obremenitev, hrupnost in občutljivost ozobja na napake izdelave in montaže. Večina neevolventnih zobnikov ima večjo korensko in bočno nosilnost ter manjšo toplotno obremenitev.

Za širšo uveljavitev neevolventnih zobnikov v industrijski praksi bodo potrebne nadaljnje eksperimentalne potrditve teoretičnih predpostavk. Z razvojem novih tehnologij in materialov se uporabnost neevolventnih zobnikov sicer povečuje. Ker pa je pri neevolventnih zobnikih mnogo težje doseči enak razred točnosti, so le-ti še vedno omejeni na specifične primere uporabe. Trenutno stanje razvoja in raziskav kaže, da neevolventni zobniki ne morejo izpodrinuti evolventnih v večjem obsegu.

Ključne besede: neevolventni zobniki, profil boka zoba, ubirница, S-zobniki, cikloidno ozobje, Novikov ozobje, nosilnost ozobja