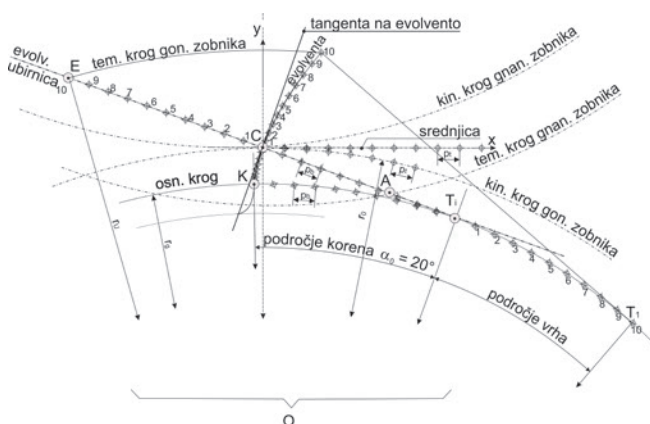


» Pravila za oblikovanje S-zobnikov, 1. del

Dr. Jože Hlebanja
Dr. Gorazd Hlebanja
Dr. Mark Umberger

Zobniki so pomembni strojni deli za pretok moči od hitro tekočih strojev, to je od izvora energije, do njenih porabnikov – delovnih strojev. Pri tem je pomembna oblika zobnih bokov za gladek prenos moči od gonilnih na gnane zobnike. Sodobna proizvodnja zobnikov temelji na kotalnem načinu z odrezavanjem materiala z orodjem oblike zobnice, katere srednjica se med odrezavanjem kotali po imenskem krogu nastajajočega zobnika. Za oblikovanje boka zoba mora biti ustrezno oblikovano tudi orodje za zobčanje.

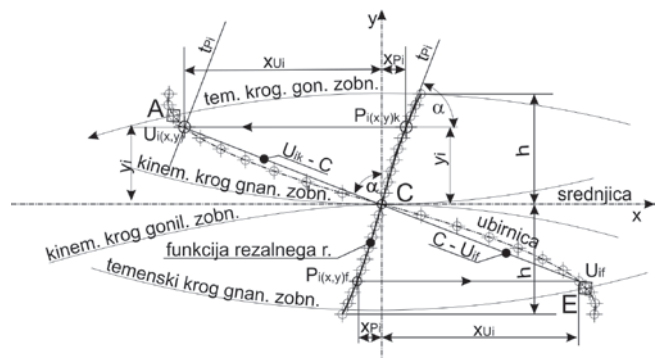
Najbolj razširjena oblika bokov zob valjastih zobnikov je že od Leonharda Eulerja (1707–1783) naprej evolventna oblika, ki se oblikuje z ravnim rezilom in ima ravno ubirnico, kot kaže Slika 1. Priказana je evolventna funkcija, ki se začne v točki K na osnovnem krogu in se tvori z odvijanjem traku po osnovnem krogu. Točke na evolventi 1, 2, 3 ... imajo krivinsko središče na osnovnem krogu v točkah 1, 2, 3 ... Pri tem je opazno, da se razdalje med točkami na osnovnem krogu večajo, seveda pa tudi krivinski radiji na evolventi. Razdalje radijev se krajšajo in se v točki K skrajšajo na nič, to pa ima za posledico slabo udeležbo korenov zob pri prenosu energije preko bokov evolventnih zob zobnikov. Na daljici A-E se prenaša moč od gonilnega zobnika na gnanege – ta postopek imenujemo ubiranje zob gonilnega zobnika z zobmi gnanege zobnika, daljico A-E pa imenujemo ubirnica. Pri evolventnih zobnikih odhaja moč (obremenitev) od korena zoba gonilnega zobnika na vrh zoba gnanege zobnika, to pa pomeni od majhne površine zobnega boka v korenu zoba gonilnega zobnika na veliko površino boka zoba gnanege zobnika, kar z vidika vzdržljivosti zobnikov ni ugodno.



» Slika 1: Kinematične razmere v polu hitrosti pri evolventnih zobnikih

Oblikovanje S-zobnikov

Pravila za oblikovanje S-zobnikov so bila prvič predstavljena na mednarodni konferenci VDI o zobnikih leta 2010 v Garchingu pri Münchnu v članku »Spur gears with a curved path of contact for small gearing dimensions«, ki je bil objavljen v zborniku VDI Berichte 2108, VDI Verlag (str. 1281–1294) [1]. Ta pravila so bila pogosto uporabljena v raziskovalnem delu, zato jih smemo jemati kot znana in jih bomo na tem mestu ponovili in dopolnili z novimi spoznanji. Izvirni in pričujoči članek temeljita na kotalnem postopku industrijske izdelave zobnikov ter sledita premikanju točke P_i z rezila orodja za zobčanje do točke U_i na ubirnici. Mesto točke U_i ustreza osnovnemu zakonu ozobja. Na tem mestu se oblikuje (izreže) točka G_i , ki pripada nastajajočemu boku zoba zobnika. Temu sledi zavrtitev boka zoba zobnika skupaj z novo točko G_i v smeri zobčanja, da pride točka P_i s točke U_i na izhodiščno točko na krivulji osnovne funkcije zobnice.



» Slika 2: Funkcija rezalnega roba in pripadajoča ubirnica

Smiselno enak potek oblikovanja S-zobnikov, kot je pravkar predstavljeni, bomo uporabili tudi na tem mestu, s to razliko, da smo usmerjeni na večje dimenzije in na predstavitev današnjega stanja S-zobnikov. Izhodišče so naši napotki iz članka [1], kjer je bil poudarek na majhnih zobnikih, in na tej funkciji krivulje rezalnega roba rezkarja za zobčanje:

$$y_{P_i} = a_p (1 - (1 - x_{P_i})^n) \quad (1)$$



Upokojeni profesor dr. Jože Hlebanja, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani • **Dr. Gorazd Hlebanja**, Fakulteta za strojništvo Univerze v Novem mestu • **Dr. Mark Umberger**, Entia, d. o. o.

Ta funkcija je sestavljena iz dveh enakih polovic: ena polovica določa rezalni rob vrha zoba, druga pa oblikuje rezalni rob njegovega vznožja. Vsakemu delu rezalnega roba pripada svoj del ubirnice, celotna ubirnica pa ima obliko črke S in zato to vrsto zobnikov imenujemo »S-zobniki«.

V enačbi (1) ima funkcija rezalnega roba največjo vrednost $y_V = a_p$ pri abscisi $x_V = m$, del funkcije, ki je uporabljen za opredelitev zobnega profila osnovne zobnice, pa je od točke C do točke $A(x_{Pa}, y_{Pa} = m)$. Abscisa x_{Pi} ima za vse točke P_i vrednost:

$$x_{Pi} = 1 - (1 - y_{Pi}/a_p)^{1/n} \tag{2}$$

Odvod te funkcije y'_{Pi} je pomemben za pridobitev podatkov o tangentah na krivuljo rezalnega roba:

$$y'_{Pi} = n \cdot a_p \cdot (1 - x_{Pi})^{n-1} \tag{3}$$

V tej enačbi sta x_{Pi} in y_{Pi} kartezijski koordinati z izhodiščem v kinematičnem polu C, a_p je parameter velikosti komponent in n je eksponent. Obe veličini imata odločujoč vpliv na značaj profilne funkcije y_{Pi} . Obe polovici se v kinematičnem polu C stikata in zvarita v enotno funkcijo y_{Pi} . Koordinate točk v korenu zoba so enake velikosti, vendar nasprotnega predznaka. V vsaki točki P_i na profilu je mogoče narisati tangento t_{Pi} z naklonom $\alpha_{Pi} = \text{atan}(y'_{Pi})$. Točka P_i pri horizontalnem premiku zobnice doseže na ubirnici točko U_i , v kateri normala na tangento t_{Pi} prečka kinematični pol hitrosti C. S tem ta bok zoba doseže veljavnost osnovnega zakona ozobja. Abscisa x_{Ui} točke U_i na ubirnici je določena z ordinato y_{Pi} in kotom tangente α_{Pi} :

$$x_{Ui} = y_{Pi} \cdot \tan(\alpha_{Pi}) = -y_{Pi} \cdot y'_{Pi} \tag{4}$$

Ko rezalni rob odrezuje (oblikuje) obdelovanec v točkah ubirnice U_i , se vzdolž ubirnice generira površina boka zoba v skladu z enačbo (1).

Za izračun hitrosti vsake točke G na boku zoba na ubirnici U_i potrebujemo tudi radij r_{Ui} oziroma oddaljenost od središča zobnika:

$$r_{Ui} = (x_{Ui}^2 + (r_0 \pm y_{Ui})^2)^{0,5}, \tag{5}$$

kjer je r_0 radij imenskega kroga zobnika. Enačba (5) je veljavna za gonilni in za gnani zobnik, pri čemer se vsota v oklepaju nanaša na vrh in razlika na vznožje zoba.

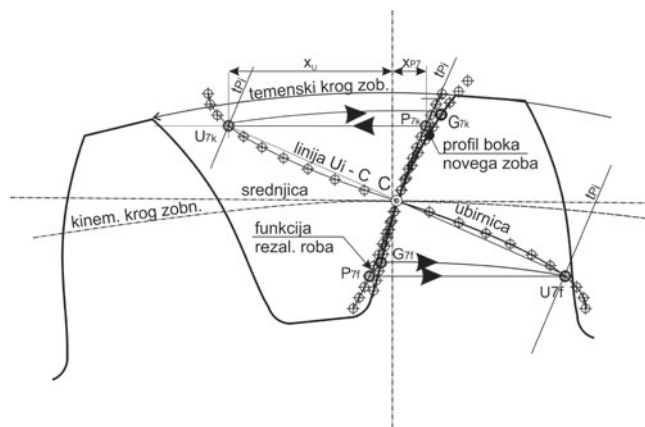
Oblikovanje bokov zob S-zobnika

Ko točka P_i na rezalnem robu doseže ubirnico v točki U_i (Slika 2 in 3), se na obdelovancu izvrši zobčanje in oblikuje točka G_i na nastajajočem boku zoba. Pri tem točka P_i opravi do mesta odrezavanja U_i pot:

$$s = x_{Pi} + x_{Ui} \tag{6}$$

Enako pot v obliki krožnega loka prepotuje tudi nova točka na boku zoba G_i , da pride v končni položaj na izdelanem zobniku. Kot φ_{0UGi} določimo po enačbi:

$$\varphi_{0UGi} = s/r_0 = (x_{Pi} + x_{Ui})/r_0 \tag{7}$$



» Slika 3: Točke na boku zoba G_i se oblikujejo v točkah U_i na ubirnici

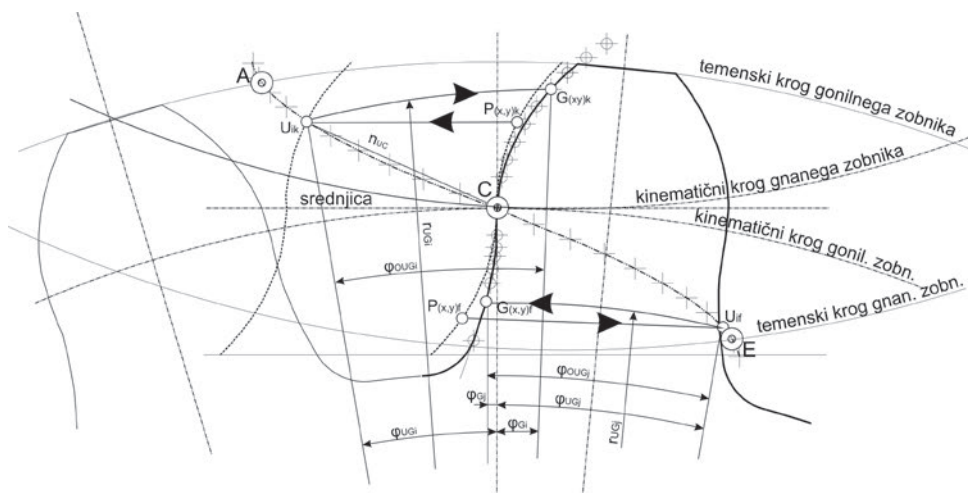
Oblikovanje bokov zob S-zobnikov z rezkanjem

Izhajamo iz kompozicije rezalnega roba orodja in ubirnice, kot sta prikazana in funkcionalno povezana na Slikah 2, 3 in 4, iz zahteve, da funkcija rezalnega roba ustreza enačbi 1, in iz zobčanja na kotalni način. Točke na rezalnem robu P_i tedaj oblikujejo na mestih točk na ubirnici U_i točke na boku zob nastajajočih zobnikov G_i . Mesto točk G_i na bokih gotovih zob je določeno s koordinatama x_{Gi} in y_{Gi} za vrh zoba:

$$x_{Gi} = r_{Ui} \cdot \sin \varphi_{Gi}, y_{Gi} = r_{Ui} \cdot \cos \varphi_{Gi} - r_0 \tag{8}$$

Koordinate točk x_{Gi} in y_{Gi} v vznožju so enake velikosti in nasprotnega predznaka.

Potek izpeljave enačbe (8) bomo pojasnili s pomočjo Slike 4, ki ponazarja pomembne konstrukcijske poteze.



» Slika 4: Geometrijske veličine, potrebne za izračun bokov zob zobnikov

Postopek izračuna bokov zob zobnika

Najprej moramo določiti osnovno funkcijo rezalnega roba s konkretnimi podatki [1]:

1. Izberemo koeficient velikosti a_p v območju 1,2–1,6; priporočena vrednost je $a_p = 1,4$.
2. Izberemo vrednost za α_0 : $\alpha_0 = 70^\circ$, $\tan(\alpha_0) = 2,747$
3. Določimo radij kinematičnega kroga zobnika r_0 ; $r_0 = z \cdot m / 2$ (z = število zob, m = modul)
4. Določimo koordinate y_i točk P_i rezalnega roba za vrh zoba: 10 točk P_i razvrstimo od vrha zoba do točke C v intervalih

- po 0,1 mm. Profil je invarianten za modul, za $m = 5$ mm npr. pomnožimo te intervale s faktorjem 5.
5. Ordinate točk y_i v vznožju zoba so porazdeljene v enakih intervalih, vendar v obratni smeri od točke C do dna vrzeli.
 6. Izračunamo koordinate x_i po enačbi 2 za vse točke P_i .
 7. Izračunamo odvod y' za vse točke P_i po enačbi 3.
 8. Izračunamo abscise x_{U_i} vseh točk na ubirnici U_i po enačbi 4.
 9. Izračunamo radij r_{U_i} (razdaljo od središča zobnika) v točkah U_i na ubirnici po enačbi 5.
 10. Izračunamo kote $\varphi_{OU_{Gi}}$ za vrh in $\varphi_{OU_{Gj}}$ za vznožje zoba.
 11. Izračunamo kote φ_{UGi} za vrh in φ_{UGj} za vznožje zoba.
 12. Izračunamo kote φ_{Gi} za vrh in φ_{Gj} za vznožje zoba.

S pridobljenimi podatki po točkah 1 do 12 in z enačbama 8 se za vse točke P_i na rezalnem robu (10 za vrh zoba in 10 za vznožje zoba) izračunajo koordinate bokov zob zobnika $G_i(x, y)$:

$$\varphi_{OU_{Gi}} = (x_{Pi} + x_{Ui})/r_0; \varphi_{UGi} = \text{atan}(x_{Ui}/(r_0 + y_i)); \varphi_{Gi} = \varphi_{OU_{Gi}} - \varphi_{UGi} \quad (9a)$$

Za vznožje zoba se izvrši zobčanje boka na vznožju zoba pred simetralo zob ter nastanejo ti koti:

$$\varphi_{OU_{Gj}} = (x_{Uj} - x_{Pj})/r_0; \varphi_{UGj} = \text{atan}(x_{Uj}/(r_0 - y_j)); \varphi_{Gj} = \varphi_{OU_{Gj}} - \varphi_{UGj} \quad (9b)$$

Glede na izbrani bazni profil zobniške funkcije je v vseh točkah P_i te funkcije znana vrednost njene tangente y'_{Pi} . Od tod dobimo

vrednost naklonskega kota tangente α_{kGi} v vsaki točki na boku zoba, ki je za vrh zoba:

$$\alpha_{Gi} = \text{atan}(y'_{Pi}) - \varphi_{OU_{Gi}} \quad (10a)$$

in za vznožje zoba:

$$\alpha_{Gi} = \text{atan}(y'_{Pj}) + \varphi_{OU_{Gj}} \quad (10b)$$

Posebne pomena je naklon tangente γ na krivuljo rezalnega roba v točki kinematičnega pola C in običajno se uporabljajo vrednosti med 65° in 75° . Naklon tangente v kinematičnem polu ($x_{Pi} = 0$) je:

$$\tan \gamma = n \cdot a_p \cdot (1 - x_{Pi})^{1/n} = n \cdot a_p \quad (11)$$

Vrednost eksponenta n , ki ustreza izbranim vrednostim $a_p = 1,4-1,5$ in γ , je torej:

$$n = \tan \gamma / a_p \quad (12)$$

Drugi del članka bo objavljen v naslednji številki revije IRT3000. Cel članek bo na voljo na spletni strani www.irt3000.si.

» Ko robot razvršča odpadke

Na mednarodnem tekmovanju razvojniki Smart Green Island Makeathon na otoku Gran Canaria je 13 študentov v le treh dneh razvilo sistem za razvrščanje odpadkov s pomočjo robotov.



Podpora interdisciplinarnemu timu študentov s tehniške univerze v Brnu, visoke šole v Kemptnu, tehniške univerze v Ostravi, visoke šole v Bremerhavnu in univerze Erlangen-Nürnberg je zagotovilo podjetje B&R Industrial Automation. Strokovnjaki za avtomatizacijo so študentom za izvedbo projekta priskrbeli programsko in strojno opremo, udeleženci z visoke šole v Kemptnu pa so sami razvili in pripeljali s seboj robota, izdelanega s 3D-tiskalnikom. Zaradi odprtega in prilagodljivega robotskega jedra sistema B&R so lahko »doma« izdelanega robota brez težav upravljali s krmilnikom B&R. Končna rešitev tako vključuje tri robote različnih konstrukcij, ki s pomočjo več senzorjev razvrščajo odložene odpadke. Za centralni komunikacijski protokol so uporabili OPC UA.

» br-automation.com

» Ultrakompaktni industrijski PC s stopnjo zaščite IP65/67

C7015 je cenovno ugodna in zmogljiva naprava s stopnjo zaščite IP65/67, njeno delovno mesto pa je neposredno ob stroju. Ta strojna oprema zaseda v skladu s sodobnimi koncepti industrije 4.0 malo prostora in jo je mogoče vgraditi na poljubno mesto.

Množica vgrajenih vmesnikov omogoča povezovanje delov strojev in sistemov z oblaki in drugimi omrežji. Integrirana povezava Ethercat-P omogoča neposredno povezovanje aktuatorjev/senzorjev prek modulov Ethercat P-Box IP67 in s tem decentralizacijo kompleksnih nalog diagnostične obravnave in nadzora stanj.

Kompaktna modularna matična plošča Beckhoff in ohišje iz kombinacije cinkovega tlačnega liva in aluminija sta značilni Beckhoffovi rešitvi, razviti za uporabo v industriji, dolgotrajno razpoložljivost in zanesljivost. Temperaturno delovno območje računalnika C7015 znaša kljub pasivnemu hlajenju do $+50^\circ\text{C}$. Z različnimi vmesniki (3 x LAN, 2 x USB, Mini-DisplayPort), 40-gigabajtnim diskom SSD M.2 s pomnilnikom 3D-flash in vgrajenim procesorjem Intel Atom® (z do štirimi jedri) in Multicore podporo za TwinCAT 3 je primeren za simultano, visokozmogljivo avtomatizacijo v zahtevnih realnočasovnih aplikacijah, vizualizacijo in komunikacijo, od klasičnega krmiljenja strojev do sodobnega računalništva na robu.



» beckhoff.de

» Pravila za oblikovanje S-zobnikov, 2. del

Dr. Jože Hlebanja
Dr. Gorazd Hlebanja
Dr. Mark Umberger

Pri oblikovanju profila rezkarjev, kot je prikazani na Sliki 5, izhajamo iz funkcij rezalnega roba in ubirnice, ki sta prikazani na Sliki 3 in sta položeni skozi kinematični pol C.

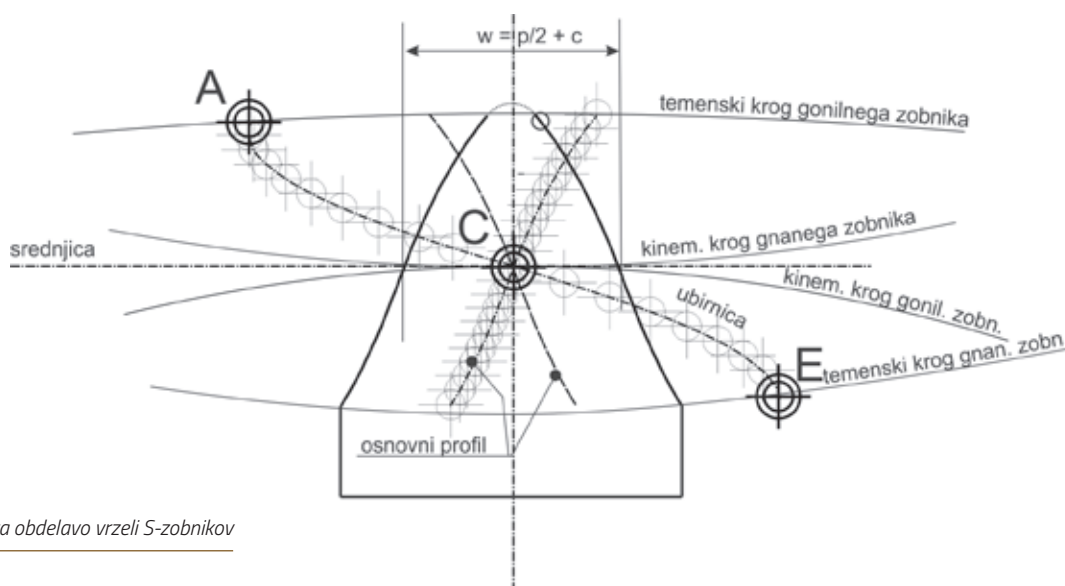
(1. del je bil objavljen junijski številki revije IRT3000.)

Oblikovanje rezkarjev za rezkanje vrzeli S-zobnikov

Desni rezalni rob na Sliki 5 smo uporabili za levi bok nastajajočega orodja, iz prezrcaljenega rezalnega roba, ki prav tako poteka skozi pol C, pa je nastal desni bok rezalnega orodja. Razdalja med obema bokoma mora biti enaka debelini vrzeli zoba w , ki je enaka vsoti polovice razdelka p in obratovalne špranje zobnika c , ki ima s standardom predpisano mero. Na presečišču temenskega kroga gonilnega zobnika z ubirnico je točka A, kjer se začne ubiranje vznožja zoba gonilnega zobnika z vrhom zoba gnanega zobnika.

Na presečišču temenskega kroga gnanega zobnika in ubirnice je točka E, kjer je konec ubiranja. Ker je velikost ubirnice odvisna od modula ozobja, sta pri zobniških parih z enakim modulom oblika in dolžina ubirnice obeh zobniških partnerjev enaki, moč pa se mora prenašati s kotaljenjem boka zoba gnanega zobnika po boku zoba gonilnega zobnika.

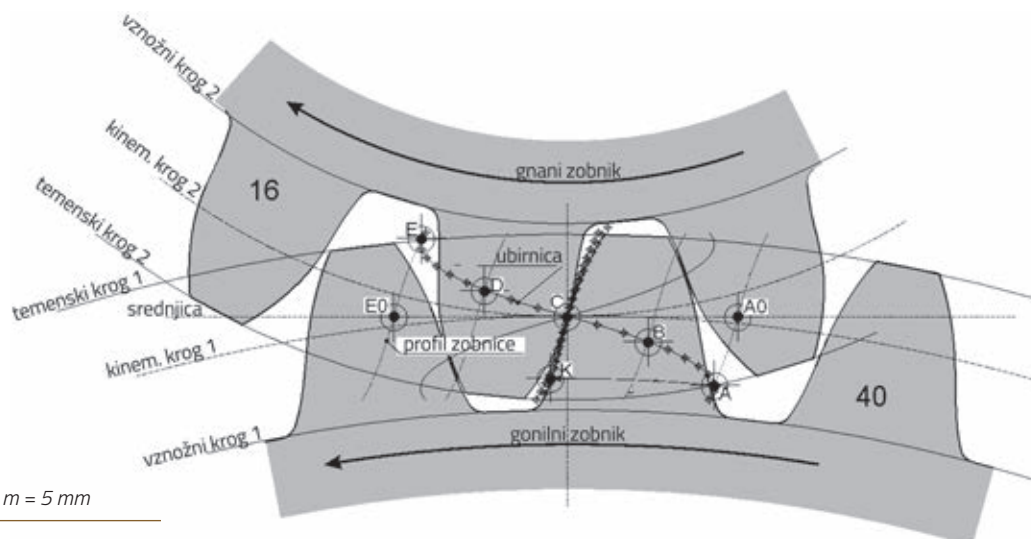
Na Sliki 6 je prikazano ozobje para zobnikov z S-ozobjem, ki sta bila oblikovana po tukaj opisanem postopku. Pastorek kot gnani zobnik ima 16 zob, medtem ko ima gonilni zobnik 40 zob.



» Slika 5: Profil rezkarja za obdelavo vrzeli S-zobnikov



Upokojeni profesor dr. Jože Hlebanja • Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani
 Dr. Gorazd Hlebanja • Fakulteta za strojništvo Univerze v Novem mestu
 Dr. Mark Umberger • Entia, d. o. o.



» Slika 6: Ozobje para S-zobnikov, $m = 5 \text{ mm}$

Vijačni S-zobniki

Običajne vijačne zobnike pogosto označujemo kot poševnozobe valjaste zobnike, katerih glavne značilnosti so, da so njihovi profili bokov zob v čelnem rezu evolvente, da imajo zobje obliko vijačnice in da prostor med zobmi zapolnjujejo vijačne vrzeli. V nadaljevanju bomo predstavili nove vijačne S-zobnike.

Na Sliki 7 je na levi strani prikazan prerez skozi ozobje vijačne S-zobnika v ravnini kinematičnega pola C. Vidna je srednjica zobnice, nakazani sta smer zobčanja s kotaljenjem in smer rez-

kanja vrzeli zob zobnice. Desna stran Slike 7 pa prikazuje prerez vijačnega zobnika A-E skozi vertikalno ravnino in profil vrzeli v smeri gibov zobčanja vrzeli. V isti ravnini je prikazana tudi ubirnica z začetkom v točki A in koncem v točki E. Ubirnica se začne v presečišču s temenskim krogom gonilnega zobnika (A) in konča v presečišču s temenskim krogom gnanega zobnika (E). Pri tej metodi so abscise točk U_i na ubirnici pomnožene s faktorjem $1/\cos \beta$. Orodje z rezkanjem ustvarja točke G na nastajajočem boku zoba vzdolž celotne ubirnice in odstranjuje material po celi dolžini boka.

VENTIL

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

ISSN 1318 - 7279

Letnik 25

- Strokovni in znanstveni prispevki
- Iz prakse za prakso
- Ventil na obisku
- Novice - zanimivosti
- Aktualno iz industrije
- Novosti na trgu
- Podjetja predstavljajo
- Ali ste vedeli
- Dogodki



revija Ventil

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
Tel.: 01/ 4771 704, Faks: 01/ 4771 772,
E-pošta: ventil@fs.uni-lj.si, Internet: www.revija-ventil.si

Spoštovani!

Ventil je znanstveno-strokovna revija in objavlja prispevke, ki obravnavajo razvojno in raziskovalno delo na Univerzi, inštitutih in v podjetjih s področja fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike. Revija želi seznanjati strokovnjake z dosežki slovenskih podjetij, o njihovih izdelkih in dogodkih, ki so povezani z razvojem in s proizvodnjo na področjih, ki jih revija obravnava. Prav tako želi ustvariti povezavo med slovensko industrijo in razvojno in raziskovalno sfero ter med slovenskim in svetovnim proizvodnim, razvojnim in strokovnim prostorom. Naloga revije je tudi popularizacija področij fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike še posebno med mladimi. Skrbi tudi za strokovno izrazoslovje na omenjenih področjih.

Revija Ventil objavlja prispevke avtorjev iz Slovenije in iz tujine, v slovenskem in angleškem jeziku. Prispevkom v slovenskem jeziku je dodan povzetek v angleščini, prispevki v angleščini pa so objavljeni z daljšim povzetkom v slovenskem jeziku. Člani znanstveno strokovnega sveta so znanstveniki in strokovnjaki iz Slovenije in tujine. Revijo pošiljamo na več naslovov in imamo izmenjavo z drugimi revijami v Evropi. Revija je vodena v podatkovni bazi INSPEC.

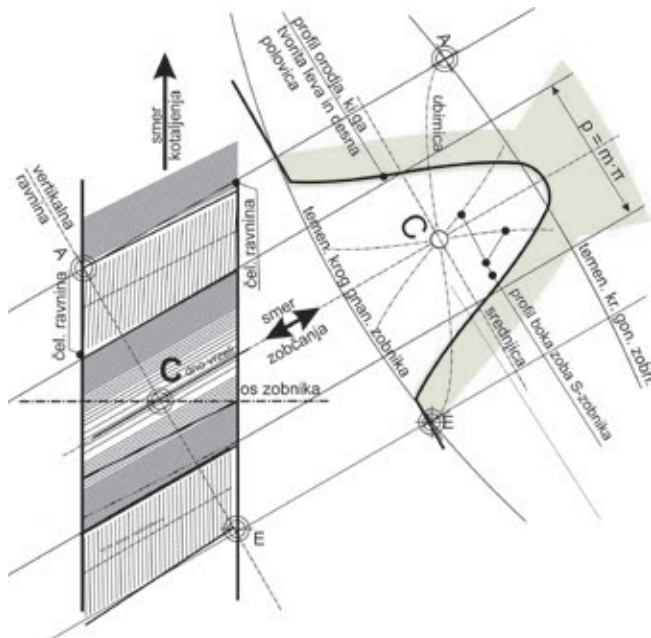
Štiriindvajsetletno izhajanje revije Ventil pomeni, da je v prostoru neprecenljiva za razvoj stroke. Uredništvo si skupaj z znanstvenim strokovnim svetom prizadeva za visokokvalitetno raven in relevantnost objav, ki bosta v prihodnosti vse napore usmerila v to, da bo kvalitetna raven še višja. V ta namen vključuje v znanstveno strokovni svet priznane znanstvenike, raziskovalce in strokovnjake, ki s svojim znanjem vspodbujajo vsak na svojem področju objavljanje rezultatov razvojnega in raziskovalnega dela. Uredništvo spremlja razvoj stroke in znanstveno raziskovalno delo doma in vtujini preko konferenc, delavnic in seminarjev ter z izmenjavo tuje periodike.

Revija je priznana v tujini, še posebno na področju fluidne tehnike, kar želimo doseči tudi na področju mehatronike in avtomatizacije. Preko objav v reviji se promovirajo dosežki slovenske znanosti in industrijske proizvodnje. Revija je in bo tudi v prihodnje prostor za predstavljanje kvalitetnih razvojnih in raziskovalnih dosežkov slovenske industrije in raziskovalne sfere na področju fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike.

Uredništvo

Preskus S-zobniške dvojice z enakima ubirnicama na trenje

Prednost S-prirejene zobniške dvojice je v tem, da poteka potovanja dotikališča bokov zob od začetka ubiranja v točki A do konca ubiranja v točki E na kotalni način, v veliki meri z malo trenja.



» Slika 7: Značilnosti oblikovanja vijačnih S-zobnikov

Predstavljena S-zobnika sta bila izdelana z namenskim rezkarjem, katerega srednjica se je med odrezavanjem kotalila po imenskem krogu zobnika. Profil rezkarjev po meri za obdelavo vrzeli je bil oblikovan po pravilih za oblikovanje S-zobnikov, Slike 2, 3 in 4. Zobnike so izdelali v podjetju J. Perovšek na običajnih strojih za rezkanje zobnikov. Oba zobnika iz dvojice sta bila izdelana z istim orodjem in zato sta dobila enako ubirnico.

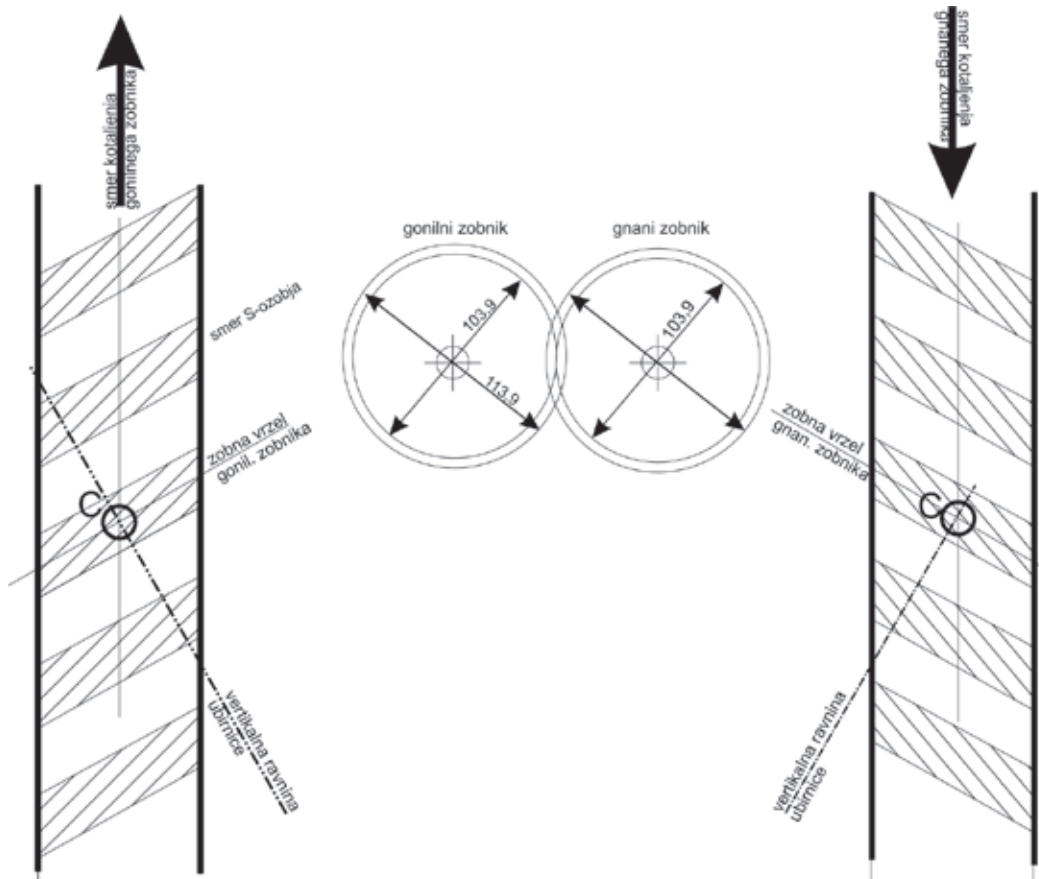
V preskusnem sestavu zobnikov je bil gnani zobnik nameščen na izhodno gred, gonilni zobnik pa na vhodno gred. Med obremenitvijo smo opazovali velikost tornih izgub na zobnikih, ki pa niso bile omembe vredne. S tem je bilo potrjeno, da zobniška dvojica prenaša navor s kotaljenjem po ubirnici in tako varčuje z energijo.

Vijačni zobniški prenosniki s pravokotno navzkrižnima osema

Take zobniške prenosniki imenujemo na kratko prenosniki z valjastimi zobniki in poševnimi zobmi na pravokotnih oseh. Pogosto se uporabljajo za pogon centrifug (npr. Alfa-Laval) in naša dvojica ima večji gonilni zobnik s 60 zobmi na vodoravni osi in manjši gnani zobnik z 20 zobmi na vertikalni osi, Slika 10. Velikost ozobja našega prenosnika je $m = 5$ mm, veliki pogonski zobnik ima levo vijačnico $\beta_1 = 30^\circ$, mali gnani zobnik pa desno vijačnico s kotom $\beta_2 = 60^\circ$. Naš cilj je bil preskusiti uporabnost S-zobnikov za izdelavo in rezultat je uspešno izdelan zobniški par, ki je prikazan na Sliki 10.

Zaključek

Predstavili smo sestavo in bistvene elemente S-zobnikov, ki so pri nas nastajali več kot deset let in so danes primerni za industrijsko proizvodnjo. Dosedanje raziskave S-zobnikov so bile usmerjene



» Slika 8: Preskus prirejenih S-zobnikov na odpor gibanju brez zunanje obremenitve



» Slika 9: Druga preskusna S-zobniška dvojica: gonilni zobnik $z_1 = 28$, gnani zobnik $z_2 = 16$

predvsem na male jeklene in plastične zobnike z modulom $m \leq 1$ mm, s tem prispevkom pa smo posegli tudi na področje velikih zobnikov. Predložena snov ne more biti popolna, vendar menimo, da bo uporabnikom koristna in da jo bodo lahko sproti dopolnjevali. Avtorji so pripravljene odgovoriti in pojasniti vsa vprašanja. Prepričani smo, da bodo S-zobniki dopolnjevali področja, kamor evolventni zobniki ne sežejo, vsem uporabnikom pa želimo veliko uspeha.

Nomenklatura

Slika 1	
AE	ubirnica
C	kinematični pol
K	točka začetka evolventne funkcije
T_1	središče krivinskega radija evolvente v točki C
T_i	središče krivinskega radija evolvente v točki i
r_U	polmer temenskega kroga
r_g	polmer osnovnega kroga
Slika 2	
P_i	točka na zobnici (rezalnem robu)
U_i	točka na ubirnici
$U_{ik}C$	normala na tangento t_{P_i}
t_{P_i}	tangentna na rezalni rob v točki P_i
α	kot tangente t_{P_i}
h	višina zoba
Slika 3	
U_{7k}, U_{7f}	točki na ubirnici, kjer se oblikujeta točki G_{7k} in G_{7f}
Slika 4	
$\phi_{OUG_{i,j}}$	kot krožnega loka med $U_{ik,f}$ in $G_{i,f}$
$\phi_{UG_{i,j}}$	kot krožnega loka med $U_{ik,f}$ in osjo y
$\phi_{G_{i,j}}$	kot krožnega loka med $G_{i,f}$ in osjo y
$r_{UG_{i,j}}$	polmer v točki $G_{i,j}$
Slika 5	
p	razdelek
c	obratovalna špranja
w	debelina vrzeli zoba



» Slika 10: Par S-zobnikov s pravokotno navzkrižnima osema, kot se uporabljajo v centrifugah

Enačbe	
x_i, y_i	kartezijski koordinati z izhodiščem v kinematičnem polu C
a_p	parameter velikosti
n	eksponent
α_{P_i}	naklonski kot tangente t_{P_i}
r_{U_i}	polmer v točki U_i , merjen od središča zobnika
r_o	polmer razdelnega kroga
ϕ_{OUG_i}	kot krožnega loka premika točke G_i
α_{G_i}	naklonski kot tangente t_{G_i}

Viri

- [1] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2010). Spur gears with a curved path of contact for small gearing dimensions. V: VDI-Bericht 2108: 4th International Conference on Gears, Garching, Nemčija, 4.–6. okt. 2010: Europe invites the world. VDI-Verlag, Düsseldorf, str. 1281–1294.
- [2] Hlebanja, J. (1974). Erzeugung von Zahnflankenprofilen durch Rollkurven. Antriebstechnik, vol. 13, no. 2, str. 111–117.
- [3] Hlebanja, J. (1991). Influence of the path of contact shape on sliding conditions between tooth flanks. JSME International conference on motion and power transmission, Hiroshima.
- [4] Hlebanja, J. (1976). Konkav-konvexe Verzahnung. Ermittlung der Zahnflanken und einige Grenzfälle. Antriebstechnik, vol. 15, št. 6, str. 324–329.
- [5] Niemann, G., Winter, H. (1988). Maschinenelemente, Band 2, poglavje Sonderverzahnung nach Hlebanja, str. 43.
- [6] Hlebanja, J., Okorn, I. (1996). Investigation of tooth surface durability of non-involute spur gears. V: Proceedings of International Conference on Gears, str. 443–450.
- [7] Hlebanja, J., Okorn, I. (1999). Charakteristische Eigenschaften von Zahnradern mit stetig gekrümmter Eingriffslinie. Antriebstechnik, vol. 38, št. 12, str. 55–58.
- [8] Okorn, I. (2000). Raziskava bočne nosilnosti zobnikov s progresivno ukrivljeno ubirnico. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani.
- [9] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2002). Lubrication efficiency of S-Gears. V: VDI-Bericht 1665. VDI-Verlag, Düsseldorf, str. 1065–1076.
- [10] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2005). Tooth flank durability of internal S-gears. V: VDI-Bericht 1904. VDI-Verlag, Düsseldorf, str. 385–394.
- [11] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2005). Anwendbarkeit der S-Verzahnung in Getriebebau. Antriebstechnik, vol. 44, št. 2, str. 34–38.
- [12] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2008). Constructive measures to increase the load-carrying capacity of gears, V: Proceedings of 48. anniversary of the Faculty of technical sciences, Novi Sad, Srbija.
- [13] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2009). Konkav-konvexe Sonderverzahnung, Vorteile und Nachteile gegenüber Evolventenverzahnung. V: Proceedings of International Conference on Power Transmission '09.

- [14] Hlebanja, G. (2011). Specially Shaped Spur Gears: A Step Towards Use in Miniature Mechatronic Applications. V: Proceedings of 7th International Scientific Conference on Research and Development of Mechanical Elements and Systems IRMES, str. 475-480.
- [15] Hlebanja, G., Kulovec, S., Duhovnik, J. (2014). S-gears made of polymers. V: Proceedings of the 1st international conference on polymer tribology, Bled, Slovenija.
- [16] Zorko, D., Kulovec, S., Tavčar, J., Duhovnik, J. (2017). Different teeth profile shapes of polymer gears and comparison of their performance. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, vol 11, št. 6.
- [17] Hlebanja, G., Kulovec, S. (2018). Thermal behaviour of plastic S-shaped gears in comparison with involute gears. V: Proceedings of 3rd international conference on polymer tribology, Portorož, Slovenija.
- [18] Hlebanja, G., Hlebanja, J. (2013). Influence of axis distance variation on rotation transmission in S-Gears: example of heavy-duty gears, V: VDI-Bericht 2199, VDI-Verlag, Düsseldorf, str. 669-679.
- [19] Hlebanja, G., Kulovec, S., Duhovnik, J. (2016). Experimental determination of plastic S-gear characteristics. V: Proceedings of 2nd international conference on polymer tribology, Ljubljana, Slovenija.
- [20] Duhovnik, J., Zorko, D., Sedej, L. (2016). The effect of teeth profile shape on polymer gear pair properties. Tehnički vjesnik, vol. 23, št. 1., str. 199-207.
- [21] Hlebanja, G., Hlebanja, J. (2012). Contact circumstances of the highly loaded, low speed gears, V: Proceedings of KOD 2012, str. 21-26.
- [22] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (1994). Efficiency and maximal transmitted load for internal lantern planetary gears. V: Proceedings of International gearing conference, str. 117-120.
- [23] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (1994). Planetni zobniški prenosnik. Patent št. 9300152, Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino (SIPO).
- [24] Hlebanja, J., Hlebanja, G. (2012). Contribution to the development of cylindrical gears. V: Proceedings of 4th international conference Power transmissions, Sinaia, Romunija, str. 309-320.
- [25] Hlebanja, G., Kulovec, S., Hlebanja, J., Duhovnik, J. (2014). S-gears made of polymers. Ventil, vol 20, št. 5, str. 358-367.

Cel članek je na voljo na spletni strani www.irt3000.si.

» Nov katalog 2020/2021 podjetja Hoffmann Group

Podjetje Hoffmann Group je 1. avgusta na trgu predstavilo svoj nov letni katalog 2020/2021. Posodobljena in razširjena izdaja celovitega kataloga za kakovostna orodja, opremo za delovna mesta in shranjevanje ter za osebno varovalno opremo ponuja več kot 90 tisoč izdelkov, vključno s približno 9 tisoč novih izdelkov.

Katalog podjetja Hoffmann Group omogoča podjetjem, da pri enem dobavitelju najdejo izdelke za področja obdelave, freziranja, vrtnja, struženja, vpenjanja, merjenja, brušenja, ročnega orodja, skladiščenja in osebne varovalne opreme. Nov katalog je natisnjen v 18 jezikih in velja od 1. avgusta 2020 naprej. Vsi izdelki so na razpolago tudi v spletni trgovini podjetja eShop, ki je dostopna na spletni strani www.hoffmann-group.com.

Katalog podjetja Hoffmann Group 2020/2021 zajema 500 blagovnih znamk proizvajalcev, več kot 40 tisoč izdelkov blagovne znamke GARANT ter izdelke blagovne znamke HOLEX. Kot je že običajno za katalog podjetja Hoffmann Group, je levji delež ali 38,9 odstotka novih izdelkov s področja obdelave in tehnologije vpenjanja. Med temi izdelki so tudi čelna frezala z rezalnimi ploščicami namenjena za visoka podajanja GARANT Power Q Double in svedri za globoko vrtnje GARANT Master Steel DEEP.

V novem katalogu podjetja Hoffmann Group se je prav tako bistveno povečala ponudba osebne varovalne opreme. Izdelki na področju osebne varovalne opreme tako predstavljajo tretjino novih izdelkov, med katere spadajo tudi prve rokavice na svetu, ki ne vsebujejo silikona in vsestransko uporabne rokavice za delo v laboratorijih in čistih prostorih ter različne varnostne in opozorilne oznake za označevanje delovnih okolij.

S približno dva tisoč novimi izdelki se je povečala tudi ponudba na področju ročnih orodij in merilne opreme. Ponudba se ni povečala le na področju ročnih orodij, temveč tudi na področju visokokakovostne merilne tehnologije z izdelki, kot je pametno nastavitveno orodje GARANT Setting Bench.

» Nov katalog podjetja Hoffmann Group 2020/2021 je na razpolago od 1. avgusta 2020 naprej. | Vir: Hoffmann Group



Na področju opreme za delovna mesta in skladiščne opreme, ki je v katalogu 2019/2020 predstavljalo največje število novih izdelkov zaradi predstavitve opreme GARANT GridLine, je v katalogu podjetja Hoffmann Group 2020/2021 približno 500 novih izdelkov. V novem katalogu je še posebej poudarjena nova programska oprema za obvladovanje in nadzor sistema izdaje GARANT Tool24.

Z novim katalogom 2020/2021 podjetje Hoffmann Group še naprej ponuja celovito in posebej izbrano ponudbo kakovostnih orodij, opreme za delovna mesta in skladiščenje ter osebno varovalno opremo.

» www.hoffmann-group.com