

DK 621.833:621.07

Primerjava med obdelovalnimi postopki za spiralno stožčaste zobnike

PAVLE ŠMARČAN

(Nadaljevanje in konec)

2.03. Izdelava po cikloidi kot vzdolžni krivulji zoba

Ta postopek za izdelavo spiralnih stožčastih zobnikov je najbolje razvilo podjetje Oerlikon, uporablja pa ga tudi Klingelberg pri cikloploidnem ozobčanju.

Izdelovalni postopek je podoben kakor pri izdelavi po krožnici kot vzdolžni krivulji zoba. Tudi tu je orodje frezalna glava, ki ima čelno nameščene nože. Postopek pa ni prekinjeno delilen, ampak kontinuiran. Kakor kaže slika 9, se orodje in obdelovanec — v narisani primeru ploski zobnik — vrtita stalno enakomerno. Pri tem pa ne obdelujemo samo ene zobne vrzeli, ampak kontinuirano vse zobne vrzeli hkrati. Zato noži niso nameščeni enakomerno po obodu frezalne glave, ampak v posebnih skupinah. Vsaka skupina ima en nož 1, ki reže vnaprej in na globino, drugi nož 2, ki obdeluje en bok, in tretji nož 3, ki obdeluje drugi bok. Med stalnim vrtenjem obdelovanca oziroma ploskega zobnika in orodja prihaja vsaka skupina teh nožev v naslednjo zobno vrzel in ga obdeluje (slika 9). Vsaka skupina nožev sestavlja torej en zob ploskega zobnika. Število skupin nožev je odvisno od premera frezalne glave in je navadno med 3 in 11, označujemo ga pa z z_w . Pri vsakem vrtljaju frezalne glave se mora obdelovanec zavrteti za z_w zob naprej. S tem lahko natančno določamo prestavno razmerje med vrtenjem frezalne glave in obdelovanca.

Pri tem postopku se orodje in obdelovanec vedno vrtita drug proti drugemu, kar lahko povzamemo s slike 9. Redko gre za obratno vrtenje. Zato potrebujemo za izdelavo zobniške dvojice dve frezalni glavi, ki sta si pa zrcalno enaki.

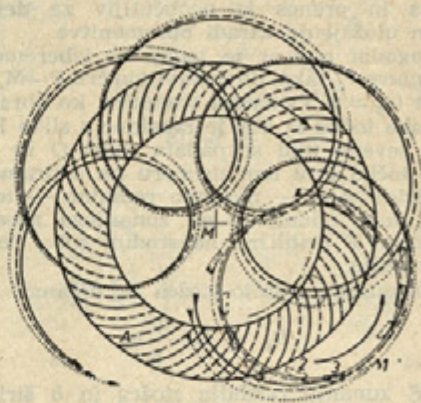
Med obdelavo vdira frezalna glava postopoma v obdelovanec. Podajanje je razdeljeno na dve fazi. V prvi fazi se giblje orodje le aksialno in obdeluje zobno vrzel pri krožnikastem zobniku skoraj do polne globine, pri gonilnem zobniku pa le prek enega dela širine zoba. Druga faza je kotaljenje, ki dokončno izoblikuje bok. Druga faza je zopet samo za to, ker imamo opraviti s stožčastimi zobniki. Pri ploskem zobniku je namreč lahko odvečna.

Ceprav ima frezalna glava krožno gibanje, vzdolžna krivulja zoba ni krožnica, ker se hkrati vrti tudi obdelovanec. Te medsebojne odnose prikazuje slika 10. Na njej so vidni prerezi skozi razdelbno ravnino ploskega zobnika, pri čemer je C os frezalne glave, r_w polmer frezalne glave, M os ploskega zobnika, R_p računski razdalja stožca, E_x razdalja med osjo frezalne glave in osjo ploskega zobnika — t. i. ekscentričnost.

Če hočemo z vrtenjem orodja in obdelovanca doseči kontinuiran proces pri obdelavi, tedaj morata biti vrtilni hitrosti ploskega zobnika in frezalne glave v nasprotnem razmerju od razmerja med številom zob z_p ploskega zobnika in številom skupin nožev z_w . Pri tem je smer vrtenja frezalne glave nasprotna smeri vrtenja obdelovanca, kakor je bilo že omenjeno. Lahko si je predstaviti, da je s frezalno glavo povezan krog s polmerom E_b , s ploskim zobnikom krog s polmerom E_y , oba pa se dotikata v točki M_0 . Če hočemo, da se oba kroga kotalita drug po drugem brez drsenja, morata biti njihova polmera v razmerju števila zob:

$$\frac{E_b}{E_y} = \frac{z_w}{z_p} \quad (11)$$

Če se krog s polmerom E_b in s tem seveda frezalna glava kotita po osnovnem krogu s polmerom E_y ,

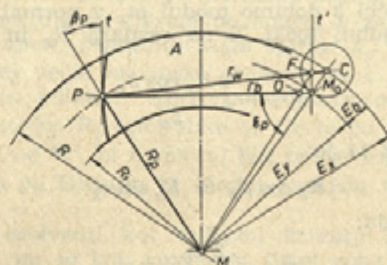


Slika 9

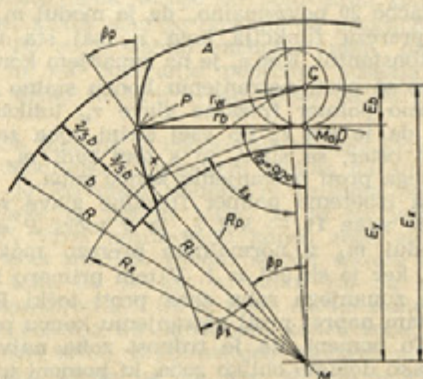
opisuje točka P, ki predstavlja nož frezalne glave, na ravnini ploskega zobnika A podaljšano epicikloido. Stična točka M_0 obeh krogov je trenutno središče gibanja. Krivinski polmer r_b te krivulje, ki predstavlja vzdolžno krivuljo zoba, ne ustreza polmeru frezalne glave. Krivinski polmer r_b in središče krivine lahko ugotovimo (po metodi Euler/Savary):

Črta $P-M_0$ je pravokotnica na krivuljo v točki P; t je tangenta na krivuljo v točki P. Skozi M_0 potegnemo paralelo t' k tangenti t, ki črto $P-C$ seka v točki F. Črta $F-M$ seka črto $P-M_0$ v točki O, ki je iskano središče krivine, razdalja $P-O$ pa je krivinski polmer r_b vzdolžne krivulje zoba v točki P.

Ker se med kotaljenjem obeh krogov lega tangente vzdolž širine zoba stalno menjava, se seveda menjava tudi krivinski polmer. Slednji se od notra-



Slika 10



Slika 11

njega konca zoba proti zunanemu stalno večja, toda ne več kakor za 1,1- do 1,3-krat.

Polmer frezalne glave je lahko v določenih mejah poljubno velik, saj ni nobene stroge matematične medsebojne odvisnosti med njim, kotom spirale in modulom v normalnem prerezu. Pokazalo pa se je, da se pojavljajo pri čisto določenem pogoju posebno ugodne zobne proporcije. Trdnost zoba je pri tem optimalna in prenos je neobčutljiv za deformacije okrova in uležajenja zaradi obremenitve.

Ta ugodni primer je tedaj, če izberemo polmer frezalne glave r_w tako, da sestavljata črti $P-M_0$ in $C-M$ pravi kot ($\varepsilon_p = 90^\circ$) v tistem trenutku, ko obravnavamo preračunsko točko P, kar je razvidno s slike 11. V tem trenutku seveda tudi sovpadata točki O in M_p . Preračunsko točko P v tem primeru ne izbiramo na polovični širini zoba — merjeno radialno — temveč za $\frac{1}{2}$ širine zoba oddaljeno od zunanjega roba. S tem imamo točko P približno na sredini zoba, če merimo vzdolž krivulje.

Preračunsko razdaljo stožca R_p dobimo:

$$R_p = R - \frac{2}{5}b \quad (12)$$

kjer je R zunanja razdalja stožca in b širina zoba. Krivinski polmer r_b v točki P je:

$$r_b = R_p \sin \beta_p \quad (13)$$

kjer je β_p kot spirale v točki P. Da ne dobimo premajhnega premera frezalne glave r_w , mora biti kot spirale v točki P najmanj 30° .

Polmer osnovnega kroga E_y epicikloide dobimo:

$$E_y = R_p \cos \beta_p \quad (14)$$

in polmer kotalnega kroga E_b :

$$E_b = \frac{z_w}{z_p} E_y \quad (15)$$

Ekscentričnost E_x pa je:

$$E_x = E_y + E_b \quad (16)$$

in polmer frezalne glave:

$$r_w = \sqrt{r_b^2 + E_b^2} \quad (17)$$

Po enačbi 3 dobimo modul m_x v normalnem prerezu v poljubni točki X na razdalji R_x in s kotom spirale β_x :

$$m_x = \frac{2 R_x \cos \beta_x}{z_p} \quad (18)$$

Po sliki 11 je:

$$R_x \cos \beta_x = E_y \sin \varepsilon_x \quad (19)$$

Iz tega izhaja:

$$m_x = \frac{2 E_y}{z_p} \sin \varepsilon_x \quad (20)$$

Iz enačbe 20 povzemamo, da je modul m_x v normalnem prerezu funkcija kota ε_x , saj sta velikosti E_y in z_p konstantni. Kot ε_x je na zunanjem koncu zoba največji in se proti notranjemu koncu stalno manjša. Če izberemo polmer frezalne glave r_w tolikšen (glej sliko 10), da je kot ε_x po vsej širini zoba za katero koli točko oster, se sin ε_x in s tem tudi m_x manjša od zunanjega proti notranjemu koncu zoba.

Če pa izberemo polmer frezalne glave r_w tako, kakor kaže slika 11 — kot ε_p je v točki P enak 90° — je modul m_p v normalnem prerezu maksimalen v točki P, ker je $\sin 90^\circ = 1$. V tem primeru bo torej modul od zunanjega roba zoba proti točki P vedno večji, od tam naprej proti notranjemu koncu pa vedno manjši. To pomeni, da je trdnost zoba največja na sredini. Tako dobimo obliko zoba, ki pomeni trdnostno ugodno rešitev.

Višina zoba je po vsej širini enaka kakor pri Klingelbergovem postopku. Zato tudi tu ni odstopka v obliki profila zoba, ki smo ga obravnavali pri Gleasonovem postopku in je nastal zaradi zmanjševanja višine zoba.

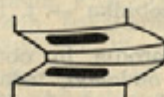
Če si še enkrat ogledamo sliko 9, vidimo, da je vsak nož v skupini nameščen na drugem polmeru. Noži 1, ki režejo vnaprej, so na največjem polmeru (pikčasti krog). Za temi so noži 2, ki režejo zunanje boke zobne vrzeli (črtkani krog). Na najmanjšem polmeru pa so noži 3, ki režejo notranje boke zobne vrzeli (polno izvalčen krog). Ker so torej noži na različnih polmerih, tudi epicikloide obeh bokov nimajo enakih krivinskih polmerov. Zaradi tega nastajata določena izbočenost in lokalizirano nošenje med zobniškimi dvojicami. Velikost in mesto lokaliziranega nošenja lahko računsko natančno določimo s spreminjanjem polmerov kakor tudi s spreminjanjem razdalje obeh nožev, ki režeja boke. Lahko dosežemo tudi nošenje po vsej širini zoba, kar pa navadno ni zaželeno.

Pri obdelavi zobniške dvojice shajamo navadno z dvema strojema: eden je za obdelavo gonilnega zobnika, drug pa za krožnikasti zobnik. Praviloma namreč zobčamo grobo in fino v enem obdelovalnem postopku.

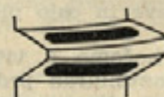
3.0. PODROČJE NOŠENJA MED OBREMENITVIJO

Na stičnem mestu zoba gonilnega in krožnikastega zobnika deluje določena prenosna sila. Ta sila v določenih mejah seveda deformira zobnike, gredi, ležaje in okrov. Zaradi tega se zobnika odmakneta od teoretično natančne medsebojne lege, zaradi česar se prav tako premakne tudi področje nošenja. Ti odmiki so ravno pri avtomobilskih pogonih razmeroma veliki, ker ni mogoče graditi dovolj togo, če želimo prihraniti težo in prostor. Da pa kljub tem premikom dobimo še zadovoljivo nošenje, je treba bok zoba vzdolžno izbočiti, kakor je bil že govor v prejšnjih poglavjih.

Predvsem je pomembna velikost področja nošenja. Pri velikem področju prihajamo že pri razmeroma majhnih premikih z nošenjem na rob zoba, pri majhnem področju pa se lahko zgodi, da je zaradi koncentracije obremenitve na majhni površini površinski pritisk prevelik. Praviloma naj bi se področje nošenja pri majhni obremenitvi razprostiralo na dolžini, ki je enaka polovici širine zoba. Glede središča področja nošenja pa pri tem ni neogibno potrebno, da je na sredini širine zoba. Vsak obdelovalni postopek zahteva namreč glede tega določena odstopanja, kar bo omenjeno še pozneje. Za Gleasonov postopek je viden primer takega nošenja na sliki 12. Pri popolni obremenitvi je zaželeno, da se področje nošenja razširi po vsej širini zoba, kakor kaže slika 13. To pa je seveda zelo težko doseči.



Slika 12



Slika 13

Vsekakor lahko torej z dovolj togo in močno gradnjo preprečujemo ali vsaj zelo omejujemo »potovanja« področja nošenja v odvisnosti od spremembe obremenitve. W. K. Vogel navaja, da lahko z izbiro oblike vzdolžne krivulje zoba še tovrstneje vplivamo na tako potovanje. Po mnogih preskušnjah na poskusnih stoli in v vozilih se je avtor prepričal, da krivinski polmer zoba bistveno vpliva na lego področja nošenja pod obremenitvijo. Izkazalo se je, da področje nošenja tem bolj potuje proti notranjemu koncu zoba, čim manjši je krivinski polmer oziroma proti zunanemu

koncu, čim večji je krivinski polmer vzdolžne krivulje zoba. Elastična gradnja v glavnem potemtakem le dopušča potovanje področja nošenja, vendar ga ne usmerja.

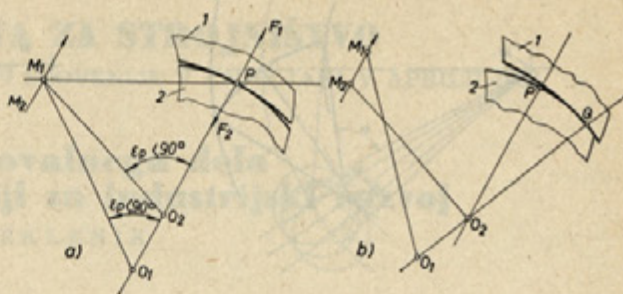
Zobniki, katerih vzdolžna krivulja zoba izhaja iz krožnega loka (Gleason, Modul), imajo praviloma velike krivinske polmere na krivulji zoba. Pri njih skoraj vedno opazujemo potovanje področja nošenja proti zunanemu koncu zoba pri povečanju obremenitve. Zato oblikujemo zobe tako, da je področje nošenja pri majhnih obremenitvah na notranjem delu zoba (glej sliko 12). Pri povečevanju obremenitve se področje nošenja veča in potuje proti zunanemu koncu zoba, vendar se navadno nikdar ne razprostira po vsej širini (slika 13).

Zobniki, katerih vzdolžna krivulja zoba izhaja iz evolvente (Klingenberg), pa se glede na potovanje področja nošenja pri obremenitvi obnašajo precej drugače. Najpogosteje potuje področje nošenja proti notranjemu koncu zoba, včasih ostaja na sredini, zelo redko pa potuje proti zunanemu koncu. Ta neenoten pojav izhaja od tod, ker je zelo velika razlika med krivinskimi polmeri na notranjem in zunanem koncu zoba. Na notranjem koncu zoba, kjer so krivinski polmeri zelo majhni (evolventa blizu osnovnega kroga), obstaja težnja, da se področje nošenja pomakne še bolj navznoter. Na zunanem koncu, kjer so krivinski polmeri zelo veliki, se skuša področje nošenja pomakniti navzven. Glede na to, kakšni pogoji prevladujejo, se pač usmeri premikanje področja nošenja.

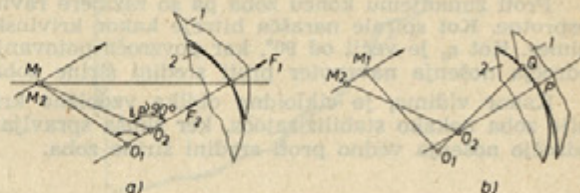
Teoretično je zelo težko dokazati medsebojno odvisnost med potovanjem področja nošenja in velikostjo krivinskega polmera. Vzdolžne krivulje bokov zob na gonilnih in krožnikastih zobnikih namreč precej odstopajo od izhodiščnih vzdolžnih krivulj na ploskih zobnikih. Temu se pridružuje še to, da teče stična linija posevno prek boka zoba. Zato pa je gornja opažanja mogoče dokazati razmeroma preprosto, če vprašanje obravnavamo v razdelni ravni ploskega zobnika s krožnim lokom kot vzdolžno krivuljo zoba.

Na sliki 14a je narisano ubiranje med konkavnim bokom zoba na gonilnem ploskem zobniku 1 in konveksnim bokom zoba 2 na ploskem krožnikastem zobniku. Dejansko se oba ploska zobnika razlikujeta med seboj samo glede krivinskega polmera na vzdolžni krivulji zoba. Krivinski polmer zoba 1 je razdalja $P-O_1$, zoba 2 pa $P-O_2$. Obe središči O_1 in O_2 krivinskih polmerov morata ležati na isti premici, ki je pravokotna na tangento na krivuljo v stični točki P. Oba krivinska polmera sta izbrana (razmeroma velika) tako, da je kot ε_p manjši od 90° . Če je pogon neobremenjen, obe središči M_1 in M_2 obeh ploskih zobnikov natančno sovpadata. Če pa pogon obremenimo, se v točki P pojavljata sila F_1 in njena reakcija F_2 , ki sta seveda usmerjeni tudi pravokotno na tangento na krivuljo v točki P. Ti dve sili povzročata določene deformacije zaradi več ali manj elastične gradnje in se središči M_1 in M_2 obeh ploskih zobnikov razmakneta v smeri delovanja sil. Pri tem pa zanemarjamo aksialno komponento obeh sil, ki nastaja zaradi ubirnega kota, ker je njen vpliv na premik področja nošenja minimalen.

Medsebojno lego pri obremenjenem pogonu ponazarja slika 14b. Zaradi enostavnosti jemljemo, da ploski zobnik 2 ostane na svojem mestu in se zobnik 1 premakne za vso deformacijo. Kakor vidimo, dobi središče M_1 ploskega zobnika 1 novo lego. Nadalje jemljemo še, da sta oba zobnika toliko toga, da se zaradi obremenitve ne deformirata. Krivinska polmera sta po vsej širini zoba konstantna, kar velja tudi za razdalji M_1-O_1 in M_2-O_2 . Če s temi predpostavkami rišemo zobnik 1 iz točke M_1 (slika 14b), se obe krivulji stikata v točki Q, ki leži bliže zunanemu koncu zoba.



Slika 14



Slika 15

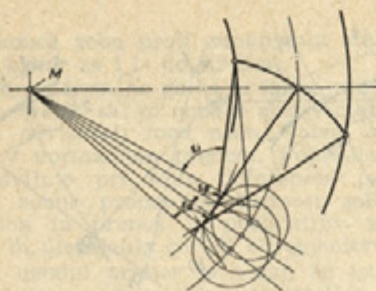
Na slikah 15a in 15b je narisana primer, kjer sta krivinska polmera izbrana (razmeroma majhna) tako, da je kot ε_p večji od 90° . Če sedaj napravimo podoben konstrukcijski poskus kakor na sliki 14, dobimo stično točko Q pod obremenitvijo bliže notranjemu koncu zoba.

Iz tega lahko sklepamo, da skuša področje nošenja ostati v sredini zoba, če izberemo tak krivinski polmer vzdolžni krivulji zoba, ki da kot $\varepsilon_p = 90^\circ$. Slednjič lahko s slik 14 in 15 razberemo, da je vseeno, kateri od obeh zobnikov je gonilen in kateri gnan.

Opazovanja na slikah 14 in 15 so najbližja Gleasonovemu in Modulovemu postopku za obdelavo, ker smo operirali s krožnimi loki. Vendar so pri tem postopku pogoji taki, da je kot ε_p navadno manjši od 90° in se zelo težko približuje gornjemu pogoju — $\varepsilon_p = 90^\circ$. Pogoji logaritmične spirale po enačbi 8 zahteva namreč pri najbolj pogostnih kotih spirale β_p (med 30° in 40°) precej večje krivinske polmere in s tem seveda tudi večje polmere r_w frezalne glave od računske razdalje stožca R_p (glej sliko 4). Če bi pa hoteli imeti ε_p manjši od 90° , bi r_w moral biti precej manjši od R_p . Praktično pa Gleason in Modul jemljeta r_w približno enak R_p .

Pri evolventi kot vzdolžni krivulji zoba (Klingenberg) pa je kot ε po vsej širini zoba konstanten in enak 90° (slika 7). Teoretično torej področje nošenja ne bi smelo imeti težnje po potovanju. Dejansko pa le potuje, kakor smo že omenili po praktičnih opazovanjih. To si je lahko razlagati tako, da je lega labilna in na potovanje področja nošenja bistveno vplivajo drugi faktorji in ne toliko vzdolžna krivulja zoba.

Glede tega pa je cikloidna vzdolžna krivulja zoba mnogo ugodnejša (shematični prikaz na sliki 16). Po sliki 11 je krivinski polmer r_b oziroma polmer frezalne glave r_w izbran tako, da je za točko P kot $\varepsilon_p = 90^\circ$. Proti notranjemu koncu zoba se krivinski polmer sicer manjša, vendar se kot spirale manjša še hitreje, tako da je kot ε_i (slika 16) na notranjem koncu manjši od 90° . Če bi imeli zaradi slabe vgradnje področje nošenja na notranjem koncu zoba, bi to pri obremenitvi težilo za potovanjem navzven proti sredini širine zoba glede na to, kar je bilo omenjeno pri sliki 14.



Slika 16

Proti zunanjemu koncu zoba pa so razmere ravno nasprotno. Kot spirale narašča hitreje kakor krivinski polmer. Kot ϵ_a je večji od 90° , kar povzroča potovanje področja nošenja navznoter proti sredini širine zoba.

Kakor vidimo, je cikloidna oblika vzdolžne krivulje zoba nekako stabilizirajoča, ker skuša spravljati področje nošenja vedno proti sredini širine zoba.

4.0. TRDNOSTNE RAZMERE

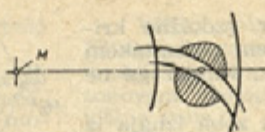
Glede vzdržljivosti zoba je vsekakor ugodno, da je področje nošenja nekje na sredini širine zoba in kaže težnjo, da bi tudi tam ostalo. Edino tako lahko izrabljamo vso širino zoba za nošenje obremenitve. Področje nošenja, ki je pri majhni obremenitvi kratko (slika 17), se pri večji obremenitvi zaradi elastičnosti materiala širi proti obema koncema zoba. Edino če je izhodišče na sredini, je velikost obremenjenosti zoba na obeh koncih razmeroma enaka (slika 18). V nasprotnem primeru pa so na enem koncu večje napetosti in je seveda zato vzdržljivost manjša. Podobno kakor obremenitev se obnaša tudi površinski pritisk. Zaradi tega iščemo zob, ki je na sredini širine trdnostno najmočnejši. Tak zob pa daje pravilno izbrana cikloidna vzdolžna krivulja zoba.

5.0. OBDELAVA PO OZOBČANJU

Za zdaj še samo podjetje Gleason izdeluje stroje za brušenje spiralnih stožastih zobnikov. Za podjetje Modul ni podatkov. Za postopek brušenja je krožnica kot vzdolžna krivulja zoba najpreprostejša. Za druge postopke bi bili potrebni razmeroma komplicirani stroji za brušenje. Kadar je potrebna skrajna natančnost, pomeni seveda možnost za brušenje veliko prednost in je ne more nadomestiti nobena druga obdelava. Če pa ostanemo pri avtomobilskih pogonih, je brušenje brez vsake praktične vrednosti, ker niso potrebne takšne natančnosti. V teh kvalitetah brez pomisleka izhajamo z lepanjem, ki ga lahko opravimo enako kvaliteto po vseh omenjenih obdelovalnih postopkih. Lepamo pa vselej tisto dvojico skupno, ki je pozneje tudi skupno vgrajena ter po možnosti pri takih okoliščinah, v kakršnih res tudi obratuje.

6.0. GOSPODARNOST

Pri primerjavi različnih obdelovalnih postopkov glede gospodarnosti pogosto zadevamo na pomote in napačna sklepanja. Po finančnih vidikih, ki so nasploh odločujoči, navadno nista zanimiva cena niti število strojev za določeno izdelavo, temveč amortizacija investiranega kapitala in drugi stroški (za orodje, vzdrževanje itd.). Razumljivo je za posamično izdelavo in manjše serije ekonomičen samo univerzalen, za zelo velike serije pa specialen stroj. Pri velikih serijah je primeren za vsako operacijo po en ali celo več spe-



Slika 17



Slika 18

cialnih strojev. Včasih je lahko ekonomična tudi kombinacija več univerzalnih strojev, od katerih je vsak določen samo za odrejeno operacijo. Tako smo bolj elastični pri morebitni odpovedi enega stroja ali pa tedaj, če je treba nepredvidoma spremeniti obdelovanec in s tem tudi tehnološki postopek.

Kakor vidimo, se je zelo težko opredeliti za nekaj splošno veljavnega. Vsak primer je treba posebej temeljito preučiti in preračunati. Največkrat so določeni Gleasonovi in Modulovi obdelovalni postopki prikladnejši za velike serije, Klingelbergovi, Oerlikonovi in najnovejši Gleasonovi ter Modulovi postopki pa bolj ekonomični za posamično izdelavo in majhne serije.

Glede tega nekaj povedo tudi razni podatki v različnih prospektih. Pri tem pa moramo biti zelo previdni in teh podatkov ne smemo uveljavljati kar vsevprek. Za čiste obdelovalne čase pri velikih serijah je pri Gleasonu izračunana najnižja vrednost 6 sekund za obdelavo (grobo in fino) enega zoba. V ustreznih pogojih velja pri Klingelbergu kot najnižja vrednost 15 sekund, pri Oerlikonu pa 13 sekund. Če bi upoštevali tudi pomožne čase, bi bile gornje vrednosti pri zelo velikih serijah morda za 20 do 30 % večje. Pri majhnih serijah pa pri Klingelbergu in Oerlikonu celotni obdelovalni časi tudi niso mnogo daljši kakor za 20 do 30 %. Enako navajata Gleason in Modul za najnovejša obdelovalna postopka (Equicurv in Kurvex).

Gornjih vrednosti pa ne gre jemati za povprečne, ampak za najbolj idealne.

7.0. SKLEP

Če vse tri obdelovalne postopke za spiralne stožaste zobnike, ki smo si jih po raznih vidikih ogledali malo podrobneje, primerjamo med seboj, vidimo, da so pravzaprav med seboj enakovredni, če seštejemo pozitivne in negativne lastnosti. Če pa bi se morali v konkretnem primeru odločiti za katerega obdelovalnih postopkov, bi se morali zelo temeljito pogledati, kateri je najbolj ekonomičen. Seveda je taka odločitev tako tesno povezana s konkretnim primerom, da je tukaj glede izbire nemogoče reči kaj podrobnejšega. Naš namen je bil samo nakazati faktorje in okoliščine, ki vplivajo pri različnih vzdolžnih krivuljah zoba, ne pa reševati konkretne primere.

Literatura:

- [1] Frédéric Rochat »Die Verzahnungsmaschinen für Kegelräder«, Zürich. Izdaja: Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon Bührle — Co.
- [2] W. K. Vogel »Die Bedeutung der Zahnflankenform bei Spiralkegelrädern«, ATZ 1959, zvezka 10 in 11.
- [3] Dr. Ing. G. Brandner »Kleinserienfertigung kreisbogenverzählter Kegelräder«, Werkstatt und Betrieb 1965, zvezek 6.
- [4] K. F. Keck »Zahnrad-Praxis«, II. del. Založba: R. Oldenbourg, München 1958.
- [5] K. F. Keck »Gleason Kegelräder in der Feinmechanik«, Carl Hanser Verlag, München 1957.
- [6] Razni prospekti in tehnični podatki v sestavku naštetih tvrdk.

Avtorjev naslov: Pavle Smarčan, dipl. ing.,
Višja tehniška šola,
Maribor