

kjer so bili merjeni: moč P s kW, pretok mase (pare) q s kg/s in topotni padec H s kcal/kg. Izkoristek η je brezdimenzijsko število.

Do nedavna, ko smo merili moč parne turbine še s konjskimi močmi [KS], smo temu ustreznouporabljali enačbo

$$P = \eta q H / 632$$

V obeh navedenih enačbah imamo nepotrebna pretvorna koeficiente, ki sta za fizikalno predstavo popolnoma odveč.

Veličinska enačba za moč turbine se glasi enostavno

$$P = \eta q H$$

V njej uporabljamo koherentne enote Giorgijevega sistema mer: za moč P — W, za pretok mase q — kg/s, za topotni padec H — J/kg.

12. primer: Potisk curka.

V literaturi je v rabi za potisk curka izraz

$$F = \frac{\gamma}{g} \cdot Q v$$

Enačba je veličinska; pravilen rezultat bomo dobili s kakršnimi koli enotami, posebno preprosto pa bo računanje s koherentnimi enotami.

Z uporabo tehniškega sistema mer bo sila F merjena s kp, specifična teža γ s kp/m³, zemeljski

pospešek $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, prostorninski pretok Q merimo s m³/s in hitrost v s m/s. Pri uporabi koherentnih enot sistema mer MKSA bi merili silo F z N in specifično težo γ z N/m³, ostale enote pa bi bile enake.

Potisk curka F pa lahko mnogo enostavnejše izrazimo z zmnožkom pretoka q in hitrosti v :

$$F = q v$$

Za to veličinsko enačbo ustrezne koherentne enote daje le Giorgijev sistem mer: za silo F — N, za pretok mase q — kg/s, za hitrost v — m/s.

ZAKLJUČEK

Primeri, zbrani z dokaj različnih področij, kažejo, da uvedba veličinskih enačb ne samo ponostavlja enačbe, ampak jim daje fizikalni smisel in s tem razumljivost, ponekod pa celo pojasnjuje pojme, medtem ko je raba številskih enačb le več ali manj slepo računanje po receptih.

Računanje z veličinskimi enačbami je posebno preprosto, če uporabljamo koherentne enote veličin. Ta koherenca enot pa je rešena z Giorgijevim sistemom mer (MKSA), ki povezuje najrazličnejša področja fizike in tehnike.

Avtor: prof. ing. Bojan Kraut,
Oddelek za strojništvo tehniške fakultete,
Ljubljana.

DK 621.917:621.833.1

Analiza univerzalnega stroja za ozobljenje

(Sistem Pfauter)

CIRIL PISANSKI

Kotalne rezkalne stroje gradijo že od konca preteklega stoletja. Leta 1887 je Grand patentiral svoj stroj za rezkanje čelnih zobnikov z ravnnimi zobmi, leta 1894 pa J. E. Reinecker stroj za rezkanje polžastih zobnikov. Herman Pfauter je dne 2. septembra 1897 vložil patent za nov postopek — patent univerzalnega rezkalnega stroja za ozobljenje čelnih zobnikov z ravnnimi in poševnimi zobmi ter za ozobljenje polžastih zobnikov. Ta stroj je v svoji metodi postal najpopolnejši stroj za ozobljenje, tako da je Herman Pfauter v svoji patentni prijavi upravičeno dejal »...v vsem je treba novo metodo označiti kot dovršeno, ki se ne da več izboljšati...« (Sl. 1, 2).

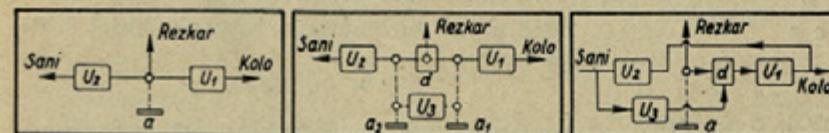
Pri rezkanju čelnih zobnikov uporabljamo kot orodje cilindričen, polžasto oblikovan kotalni rezkar, ki je zastrupen in zabrušen tako, da se profil po vsakokratni obrabi in brušenju ne spreminja, kar je velikega pomena. Kotalni rezkarji so izobilkovani tako, da profil zuba kotalnega rezkarja, gledan pravokotno na zavojnico, ustreza profilu zuba zobatega droga. (Sl. 3.)

V naslednjem nameravam podrobneje opisati univerzalni rezkalni stroj firme J. E. Reinecker — URF 7a

(sl. 2, sistem Pfauter), ki ga med ostalimi stroji nahajamo v Litostroju in sem ga z raznimi dopolnitvami in rekonstrukcijami usposobil za univerzalna ozobljenja. (Sl. 4, 5, 6.) Ker sem imel takrat, ko sem šele začel sestavljati kinematično shemo, veliko težav — manjkalci so razni strojni deli, predvsem zobniki, ki so v bistvu vplivali na konstante stroja, le-te pa so osnove za nameščanje ustreznih menjalnih zobnikov — in mi ni bila dostopna primerna literatura, ne dvomim, da bodo naslednja razmotrovanja pomagala tistim tehnikom, ki imajo tudi opravka z dopolnjevanjem in rekonstrukcijami sličnih strojev.

Za ozobljenje z različnimi načini so izvedena na stroju (sl. 2) naslednja gibanja (vrtenja, pomiki):

1. vrtenje rezkarja,
2. vrtenje mize pri stroju,
3. vertikalni pomik rezkalnega suporta,
4. horizontalni pomik stojala pri stroju,
5. aksialni (osni) pomik rezkalnih sani na suportu.



Brez diferenciala

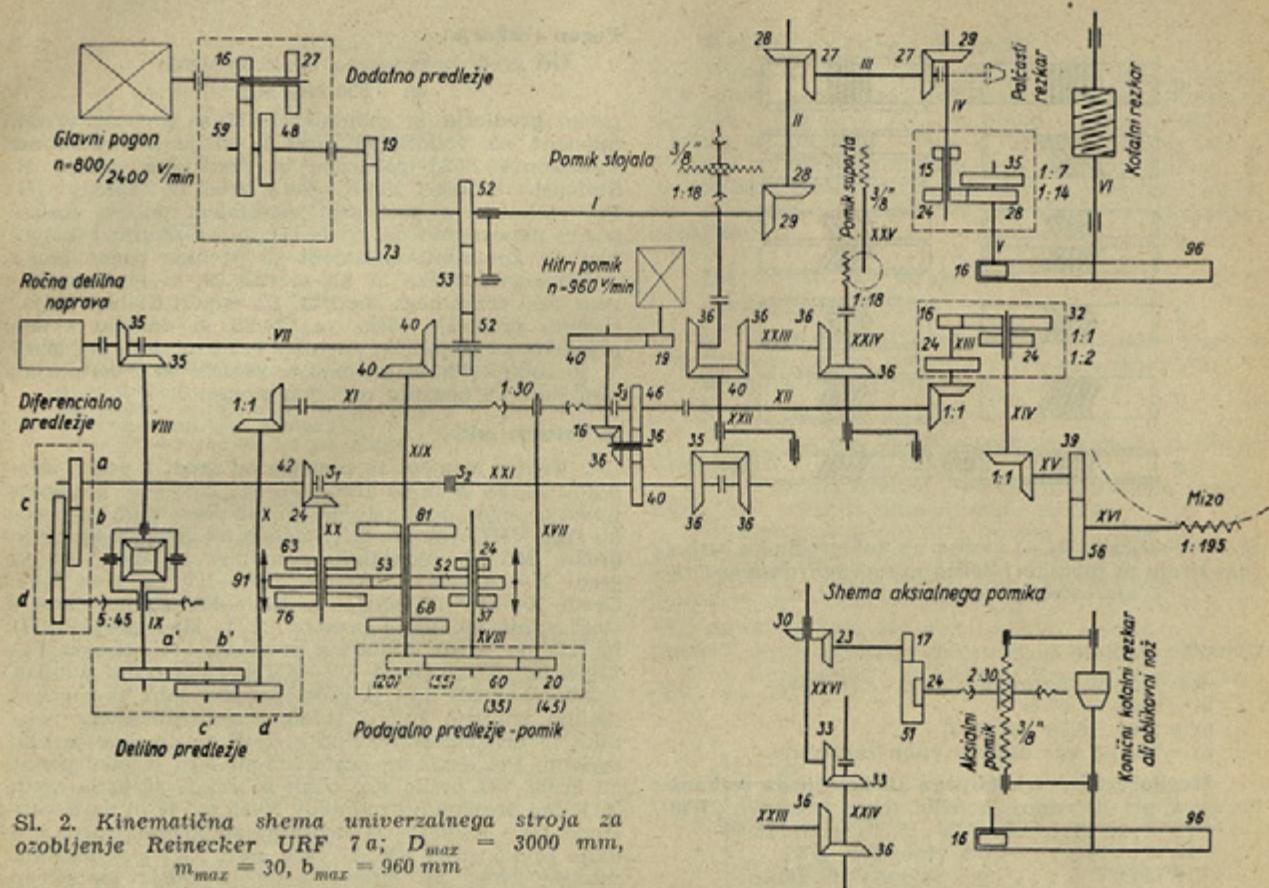
a = pogon, d = diferencial, U₁ = delilni menjalni zobniki, U₂ = diferencialni menjalni zobniki, U₃ = podajalni menjalni zobniki

Z diferencialom

Dokončna izvedba

Sl. 1. Razvojne sheme univerzalnega rezkalnega stroja za ozobljenje (postopek Pfauter)

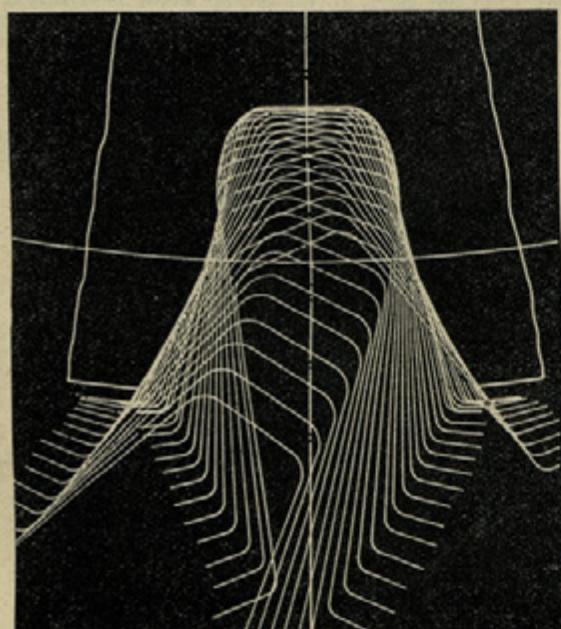
Dokončna izvedba daje povsem skladno poševno ozoblje — levo ali desno — pri vsakem številu zob in poljubni velikosti pomika



Sl. 2. Kinematična shema univerzalnega stroja za ozobljenje Reinecker URF 7a; $D_{max} = 3000 \text{ mm}$, $m_{max} = 30$, $b_{max} = 960 \text{ mm}$

1. Vrtenje rezkarja.

Pri določanju števila vrtljajev rezkarja sem imel v osnovi v mislih potrebo po zveznem spremenjanju števila vrtljajev rezkarja v odvisnosti od premera rezkarja in materiala zobnika, t. j. hitrost rezkanja.



Sl. 3. Slika rezkanja čelnih zobnikov s katalnim rezkarjem

Sedanja izvedba pogona z elektromotorjem na izmenični tok, s številom vrtljajev $n = 960 \text{ min}^{-1}$ in brez dodatnega predležja: elektromotor — zobniki 16/59, 27/48 ... (glej shemol), je vsekakor le zasilna rešitev. Pravilno hitrost rezkanja bomo dosegli le z vgraditvijo elektromotorja na enosmerni tok k dodatnemu predležju z možnostjo menjanja števila vrtljajev elektromotorja v območju $800 \dots 2400 \text{ min}^{-1}$. Določitev prestave dodatnega predležja v odnosu na število vrtljajev pogonskega elektromotorja na enosmerni tok je, glede na to, ali se rezka s palčastim ali katalnim ozir. kolutnim rezkarjem, razvidna v naslednjem:

Število vrtljajev palčastega rezkarja (brez prestave 16/59):

$$i = 19/73 \cdot 29/28 \cdot 28/27 = 1/3,58.$$

Glede na števila vrtljajev elektromotorja bi imel rezkar takole število vrtljajev:

$$\begin{aligned} n_{960} &= 960/3,58 = 270 \text{ min}^{-1}, \\ n_{2400} &= 2400/3,58 = 670 \text{ min}^{-1}, \\ n_{800} &= 800/3,58 = 224 \text{ min}^{-1}. \end{aligned}$$

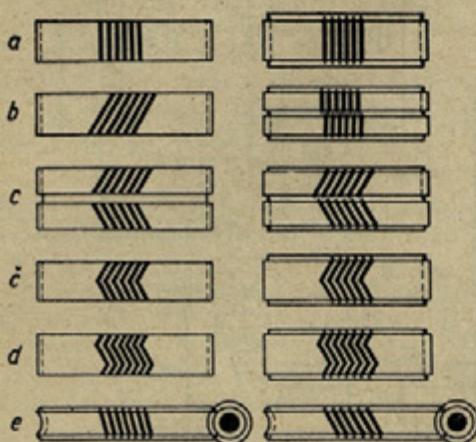
Vsi ti vrtljaji palčastega rezkarja pa so glede na velikost rezkanih modulov in rezilne hitrosti previški. Podobni stroji firme Schiess imajo n. pr. za enako delovno območje število vrtljajev palčastega rezkarja: $n = 20$ do 200 min^{-1} .

Z vgraditvijo dodatnega predležja $i = 16/59$ dobimo naslednje število vrtljajev:

$$\begin{aligned} n_{800} &= 800 \cdot 16/59 \cdot 19/73 \cdot 29/28 \cdot 28/27 = 61 \text{ min}^{-1}, \\ n_{2400} &= 2400 \cdot 16/59 \cdot 19/73 \cdot 29/28 \cdot 28/27 = 183 \text{ min}^{-1}. \end{aligned}$$

Primer:

$$\begin{aligned} v &= 16 \text{ m/min.} \\ d &\sim \pi \cdot m/2, \\ n &= 61 \dots 183 \text{ min}^{-1}. \end{aligned}$$



Sl. 4. Ozobljenja, ki so možna na univerzalnem rezkalnem stroju za zobjnike. (Možna so tudi notranja ozobljenja ustreznih oblik, a, b, c, č, d.)

Območje modulov:

$$v = \pi dn/1000 \text{ m/min.} = \pi \cdot m \cdot n/2000$$

$$m = 2000 \cdot v/\pi^2 \cdot n$$

$$m \sim 2000 \cdot 16/10 \cdot (61 \dots 183)$$

m = 52...17, kar ustreza vsem zahtevam.

Število vrtljajev kotalnega ali kolutnega rezkarja:

Prestava pri dosedanji izvedbi (brez prestave 27/48):

$$i = 19/73 \cdot 29/28 \cdot 28/27 \cdot 27/29 \cdot 15/35 (24/28) \cdot 16/96 =$$

$$= 19/73 \cdot 1/14 \dots \text{pri vklopitvi } 15/35$$

$$= 19/73 \cdot 1/7 \dots \text{pri vklopitvi } 24/28$$

Ustrezeno število vrtljajev rezkarja:

$$1:7 \quad 1:14$$

$$n_{960} = 36 \text{ min}^{-1} \quad 18 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{800} = 30 \text{ min}^{-1} \quad 15 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{2400} = 90 \text{ min}^{-1} \quad 30 \text{ min}^{-1}$$

Glede na najmanjše število vrtljajev in največji rezkarja, ki ga še lahko vpne (d_{max} = 250 mm), dobimo ustrezeno rezilno hitrost:

$$v = \pi dn/1000 = \pi \cdot 250 \cdot 15/1000 = 11,8 \text{ m/min.}$$

Ta rezilna hitrost pa je v praksi pri določenih materialih, posebno če je material slab (pesek, okovine in sl.), že previsoka, zaradi česar sem se odločil vgraditi tudi v tem primeru predležje, ki bo omogočilo znižanje števila vrtljajev na vrednost, ki je za podobne stroje navedena v literaturi (n = 8...50 min⁻¹).

Prestava s predležjem 27/48:

$$i = 27/48 \cdot 19/73 \cdot 1/14 (1/7)$$

Ustrezeno število vrtljajev rezkarja:

$$1:7 \quad 1:14$$

$$n_{960} = 20 \text{ min}^{-1} \quad 10 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{800} = 16,8 \text{ min}^{-1} \quad 8,4 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{2400} = 50,4 \text{ min}^{-1} \quad 25,2 \text{ min}^{-1}$$

Pogon rezkarja:

Od gredi pogonskega elektromotorja

$$(n = 800/2400 \text{ min}^{-1})$$

preko predležja in zobjnikov 19/73 se prenaša vrtilni moment na vodoravno gred I, ki je s stožčastima zobjnikoma 29/28 povezana z vertikalno gredjo II. Stožčasta zobjnika 28/27 vežeta gred II z gredjo III. Pri rezkanju s palčastim rezkarjem dobiva rezkar pogon neposredno od gredi III, pri rezkanju s kolutnim ali kotalnim rezkarjem pa prehaja pogon preko stožčastega zobjnika 27 na zobjnik 29, ki je na vrtljivem delu rezkalnega suporta. Na suportu lahko vključujemo predležje 15/35, oz. 24/28 in dobimo s tem prestavo na stojalu in suportu 1:14 oz. 1:7. Na gred V je zobjnik 16, ki prijema v zobjnik 96 z notranjim ozobjem! Ta poganja rezkalno vreteno.

2. Vrtenje mize.

Vrtilni moment se prenaša od gredi I preko zobjnikov 52, 53 in 52 na gred VII. Pri kotalnem postopku prehaja pogon preko stožčastih zobjnikov 35/35 na prečno gred VIII in preko diferenciala na gred IX ter dalje preko delilnih menjalnih zobjnikov a'-b'-c'-d' in gredi X—XI—XII—XIII—XIV—XV na gred XVI. Gredi X—XI, XII—XIII in XIV—XV so povezane s stožčastimi zobjniki s prestavo 1:1. Med gredjo XIII in XIV je lahko vključena prestava 1:1 oziroma 1:2 (24/24 oz. 16/32). Gredi XV—XVI vežeta čelnega zobjnika 39/56. Na gredi XVI je enostopenjski polž, ki poganja delilno polžasto kolo Z = 195. Pogon polžastega zobjnika je izveden simetrično z obeh strani, kar je zelo ugodno. Pri delilnem postopku pa sem izvedel pogon od gredi VII preko stožčastih zobjnikov 40/40 in gredi XIX ter pretikalnih zobjnikov 20/55 oz. 55/20 na devetstopenjsko predležje za menjanje podajanja. Pogon gre dalje preko gredi XX, ki veže gred XXI s stožčastimi zobjniki 24/42, na diferencialno predležje ter preko diferenciala in delilnih menjalnih zobjnikov k mizi.

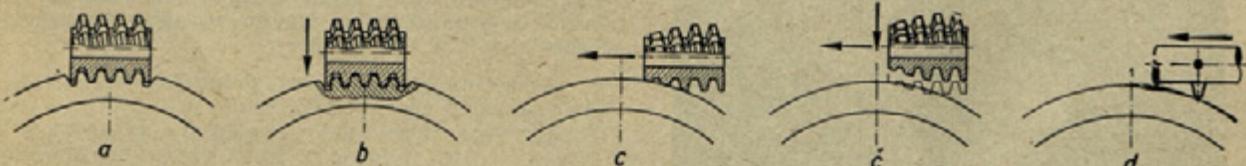
Pri delilnem postopku in ozobljenju čelnih zobjnikov z ravnnimi zobjnimi mizo blokiramo, menjalni zobjnik —a— diferencialnega predležja pa **odstranimo**.

3. Vertikalni pomik rezkalnega suporta.

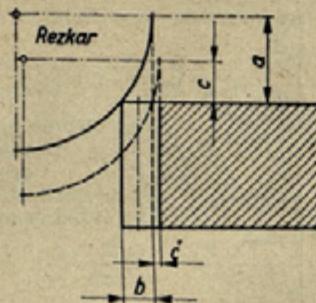
Pogon je izveden od gredi XI in polžastega prenosa 1:30 na gred XVII, preko gredi XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV na navojno vreteno XXV z navojem 3/8", ki daje pomik suporta. Pretikalna zobjnika 20/55 se lahko zamenjujeta, gredi XVIII—XIX—XX pa so izmenoma povezane z zobjniki s številom zob:

37	68	76
52	53	91
24	81	63

Menjanje vprijemov navedenih zobjnikov oziroma sprememb podajanja dosežemo s prestavljanjem dveh ročic na položaje 1—2—3 in 4—5—6, zobjniki 68, 53, 81 so trdno spojeni med seboj in prosti vrtljivi na gred XI; gredi XX—XXI vežeta stožčasta zobjnika 24/42, XXI—XXII pa zobjnika 36/35, ki tvorita del preklopnega predležja za menjanje smeri pri podajanju suporta oz. stojala. Pogon gre dalje preko stožčastih



Sl. 5. Razni primeri rezkanja: a — rezkanje čelnih zobjnikov, b — rezkanje polžastih zobjnikov s kotalnim valjastim rezkarjem (radialni postopek), c — rezkanje polžastih zobjnikov s kotalnim koničnim rezkarjem (aksialni postopek), d — rezkanje polžastih zobjnikov po radialno-aksialnem postopku, e — rezkanje polžastih zobjnikov s profilnim nožem.



Sl. 7. Vrezovanje pri čelnem ozobljenju

a — vrezovanje pri kosmačenju,
b — globina rezkanja pri kosmačenju,
c — vrezovanje pri gladkanju,
d — globina rezkanja pri gladkanju

zobnikov 40/36, gredi XXIII in stožastih zobnikov 36/36 na gred XXIV, ki poganja polžasti prenos 1:18, ta pa navojno vreteno XXV z navojem 3/8". Vertikalni pomik je izveden ročno ali avtomatično.

4. Aksialni pomik pri sanch suporta.

Potrebujemo ga pri ozobljenju polžastih zobnikov po aksialnem postopku. Pogon sem odvzel od gredi XXIV, s sklopkom odklapljen gred XXV in s stožastimi zobniki 33/33 spojil novo vertikalno gred XXVI. Pogon sem speljal dalje preko stožastih zobnikov 30/23, 17—51—24 (zobnik 51, samo posreduje vrtenje) k polžastemu predležju 2:30 na vreteno z navojem 3/8", ki je trdno spojeno s sanmi.

5. Horizontalni pomik stojala.

Do gredi XXII velja za horizontalni pomik stojala isto, kakor za vertikalni pomik suporta. Od gredi XXII pa gre pogon preko stožastih zobnikov 40/36 in polžastega predležja 1:18 na horizontalno navojno vreteno z navojem 3/8". Zaradi enakih prestav je velikost horizontalnega pomika enaka vertikalnemu.

Hitri pomiki.

a) Hitri vertikalni (horizontalni) pomik suporta (stojala).

Za hitri pomik služi poseben elektromotor ($n = 960 \text{ min}^{-1}$). Pogon gre preko zobnikov 19—40—16—36—36—40 na gred XXI, od tu pa, kakor je že znano, na suport oz. stojalo. Hitri pomik vključim z ročico: stojalo—suport—hitri pomik, pri čemer s sklopkom S₁ odklapljen ostali mehanizem, obenem pa s sklopkom S₂ vključim pogon za hitri pomik.

Velikost hitrega pomika:

$$c = 960 \cdot 19/40 \cdot 16/36 \cdot 36/40 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 1/18 \cdot 3/8" = \\ c = 110 \text{ mm/min.}$$

b) Hitri pomik sani suporta. (Glej 4. Aksialni pomik pri sanch suporta.)

Velikost hitrega pomika:

$$c = 960 \cdot 19/40 \cdot 16/36 \cdot 36/40 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 33/33 \cdot \\ \cdot 30/23 \cdot 17/24 \cdot 2/30 \cdot 3/8" =$$

$$c = 110 \text{ mm/min. [približno enaka vrednost kot pod a] zaradi skoraj enake prestave].}$$

c) Hitro vrtenje mize.

Isti elektromotor poganja zobnike 19/40, 16/36, 36/46, zobnik 46 poganja gred XII preko sklopkov S₃. Hitro vrtenje vključujemo z ročico: miza — hitro vrtenje, pri čemer odklapljam s sklopkom S₃ ostali del mehanizma.

Hitrost vrtenja mize:

$$n_{\text{hitro}} = 960 \cdot 19/40 \cdot 16/36 \cdot 36/46 \cdot 1/1 \cdot 1/1 (1/2) \cdot 1/1 \cdot \\ \cdot 39/56 \cdot 1/195 =$$

$$n_{\text{hitro}} = 5,2 \text{ min}^{-1} (\text{prestava mize } 1:1), \\ 2,6 \text{ min}^{-1} (\text{prestava mize } 1:2).$$

Diferencialno predležje.

Pogon k diferencialnemu predležju gre od gredi XX preko stožastih zobnikov 24/42 ter vključene sklopke S₁ na gred XXI in preko diferencialnih menjalnih zobnikov a—b—c—d k diferencialu stroja. Polžasti zobnik diferenciala daje dodatno vrtenje, ki je potrebno pri rezkanju zobnikov s poševnimi zobmi oz. pri rezkanju polžastih zobnikov po aksialnem postopku.

Diferencial stroja.

Opozovanja stroja:

- a) Diferencial izključen: ker se polžasti zobnik v tem primeru prosto suče, ga z vijakom blokiram.
Prestava diferenciala: $n_{\text{VIII}} : n_{\text{IX}} = 1 : 1$.

- b) Diferencial vključen:

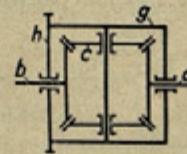
Vijak moramo odviti: polžasti zobnik in okrov diferenciala se vrtita skupaj.

Ce blokiram gred IX, se pri dvakratnem zasuku gredi VIII polžasti zobnik zasuče enkrat.

Ce blokiram gred VIII, se pri enkratni zavrtitvi polžastega zobnika gred IX zavrti dvakrat.

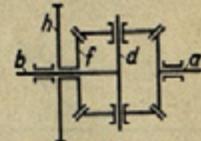
Prestava diferenciala: blokiram polžasti zobnik (okrov) — $n_h = 0$ in dobim: $n_{\text{VIII}} = -n_{\text{IX}}$. Ko se gred VIII zavrti enkrat, se gred IX tudi enkrat, a v nasprotno smer, prestava diferenciala je torej: $1 : -1$.

Po Krummeju: Praktische Verzahnungstechnik: (Sl. 7, 8.)



Sl. 7. Enačba diferenciala te oblike:

$$n_a = -n_b \pm 2n_h \\ n_{\text{IX}} = -n_{\text{VIII}} \pm 2n_h$$



Sl. 8. Mnogi stroji imajo vgrajen diferencial te oblike z ustrezeno enačbo:

$$n_a = 2n_b \pm n_h$$

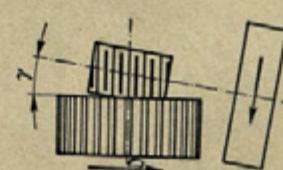
Izenačevalno kolo h je zvezano z osjo satelitov c in tvori zaključeni okrov g. Ce označimo število vrtljajev gredi b z n, izenačevalnega polžastega zobnika h z n_h , je število vrtljajev gredi a: n_a .

$$n_a = -n_b \pm 2n_h \text{ ali } n_{\text{IX}} = |n_{\text{VIII}} + 2n_h|$$

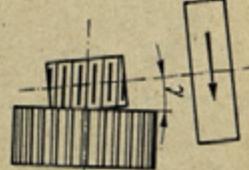
To velja le, če imajo sateliti enako število zob.

Določitev prestave: za $n_h = 0$, $n_a = n_b$, odtod izhaja: $i = 1 : -1$.

Določitev enačb za namestitve delilnih menjalnih zobnikov pri rezkanju po kotalnem postopku. (Namestitve stroja: sl. 9.)



Desni rezkar



Levi rezkar

Sl. 9. Lega in smer vrtenja kotalnega rezkarja in zobnika pri rezkanju ravnih zob

Kot je bilo že omenjeno, je potrebno, da se pri enem vrtljaju kotalnega rezkarja zavrti ozobljeno kolo (miza) za G/Z vrtljajev, pri čemer je G ... število stopenj kotalnega rezkarja, Z ... število zob rezkega zobnika.

Prestava:

$$\begin{aligned} i &= 96/16 \cdot 28/24 (35/15) \cdot 29/27 \cdot 27/28 \cdot 28/29 \cdot 52/52 \cdot 35/35 \\ a'/b' \cdot c'/d' &\cdot 1/1 \cdot 1/1 \cdot 24/24 (16/32) \cdot 1/1 \cdot 39/56 \cdot 1/195/ = \\ &= G/Z \end{aligned}$$

Prestava na stojalu in suportu:

Vključeno

$$15/35 : i_{15/35} = 29/28 \cdot 28/27 \cdot 27/29 \cdot 15/35 \cdot 16/96 = 1/14$$

Vključeno

$$24/28 : i_{24/28} = 29/28 \cdot 28/27 \cdot 27/29 \cdot 24/28 \cdot 16/96 = 1/7$$

Prestava v podstavku stroja:

Vključeno 32/16:

$$\begin{aligned} i_{32/16} &= 52/52 \cdot 35/35 \cdot b'/a' \cdot d'/c' \cdot 1/1 \cdot 1/1 \cdot 32/16 \cdot 1/1 \\ .56/39 \cdot 195/1 &= b'/a' \cdot d'/c' \cdot 560/1 \end{aligned}$$

Vključeno 24/24:

$$\begin{aligned} i_{24/24} &= 52/52 \cdot 35/35 \cdot b'/a' \cdot d'/c' \cdot 1/1 \cdot 1/1 \cdot 24/24 \cdot 1/1 \\ .56/39 \cdot 195/1 &= b'/a' \cdot d'/c' \cdot 280/1. \end{aligned}$$

Celotna prestava: $G = 1$

$$\text{Vključeno: } 15/35, 16/32 : a'/b' \cdot c'/d' = 560/14 Z = 40/Z$$

$$\text{Vključeno: } 15/35, 24/24 : a'/b' \cdot c'/d' = 280/14 Z = 20/Z$$

$$\text{Vključeno: } 24/28, 16/32 : a'/b' \cdot c'/d' = 560/7 Z = 80/Z$$

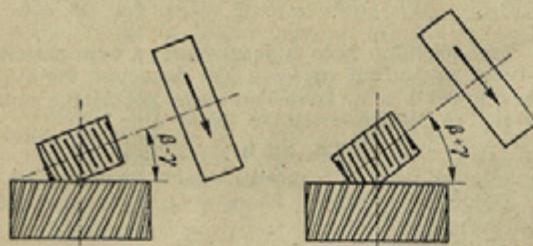
$$\text{Vključeno: } 24/28, 24/24 : a'/b' \cdot c'/d' = 280/7 Z = 40/Z$$

Enačbe za delilne menjalne zobjnike:

Obrazec	Prestavno razmerje na stojalu in suportu:	Prestava mize	Predležje zobjnika
	1:7	1:14	
a'/b' · c'/d'	40/Z 80/Z	20/Z 40/Z	1:1 1:2

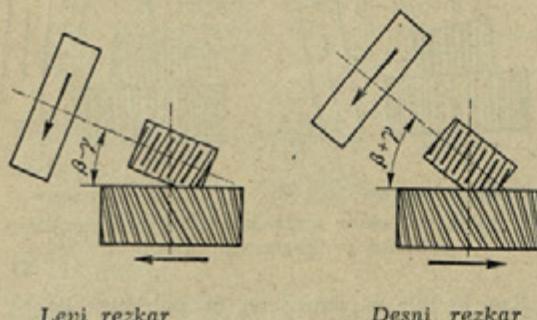
Delilno

Določitev enačb za namestitev diferencialnih menjalnih zobjnikov pri rezkanju poševnih zob. — (Namestitev stroja: sl. 10, 11.)



Desni rezkar

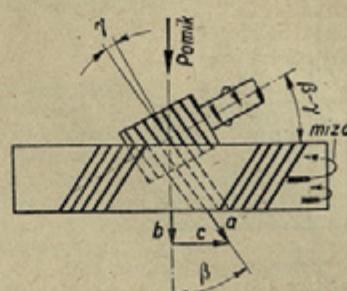
Desni zobjnik



Levi rezkar

Levi zobjnik

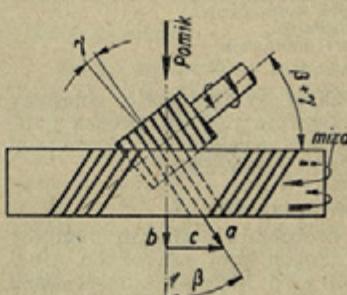
Sl. 10. Lega in smer vrtenja kotalnega rezkarja in zobjnika pri rezkanju poševnih zob



Desni rezkar, desni zobjnik

Pravilno kotaljenje

Kotaljenje in dodatno vrtenje — enako usmerjeno.
Rezilna sila je nasprotno usmerjena



Nepravilno kotaljenje

Dodatno vrtenje je usmerjeno nasprotno kotaljenju. Rezilna sila je usmerjena enako kakor kotaljenje

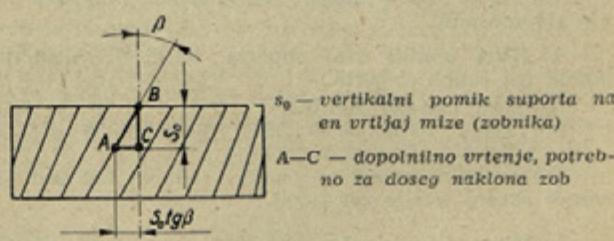
Levi rezkar, desni zobjnik

Sl. 11. Kotaljenje čelnega zobjnika s poševnimi zobjmi
a — rezilna sila, b — aksialna komponenta, c — prečna komponenta

Pri ravnom ozobjju so zobje paralelni k osi zobjnika. Podajanje kotalnega rezkarja je vzdolž osi zobjnika. Miza stroja ima osnovno vrtenje: pri enem vrtljaju rezkarja se zavrti zobjnik za G/Z vrtljaja.

Drugače je pri poševnem ozobljenju: vsak zobj je k osi zobjnika nagnjen pod določenim kotom. Podajanje rezkarja je enako, kakor pri rezkanju ravnih zobj — vzdolž osi zobjnika, zato pa je potrebno k osnovnemu vrtenju mize še dodatno vrtenje (sl. 7, 8, 10, 11 in 12).

Pri poševnem ozobljanju se mora pri vsakem vrtljaju mize (zobjnika), ko se rezkar pomakne za velikost podajanja s_0 (vertikalni pomik suporta na en vrtljaj mize), miza stroja (zobjnik) dopolnilno zavrteti za velikost poti A—C (sl. 12). To dopolnilno vrtenje je izvedeno z diferencialom.



Sl. 12.

Pri enem vrtljaju zobjnika daje osnovno vrtenje velikost oboda $\pi d_o : \pi \cdot d_o = Z \cdot t_s = Z \cdot m_z \cdot \pi = Z \cdot m_n \cdot \pi / \cos \beta \beta \dots$ kot naklona zoba. Dopolnilno vrtenje za en vrtljaj zobjnika je določeno iz trikotnika A—B—C; pri tem je:

$$A-C = s_0 \cdot \tan \beta$$

Razmerje dopolnilnega vrtenja proti osnovnemu pa je:

$$\frac{\text{vrt. dop.}}{\text{vrt. osnov.}} = \frac{A - C}{\pi \cdot d_o} = \frac{s_o \cdot \operatorname{tg} \beta}{Z \cdot m_s \cdot \pi} = \frac{s_o \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \beta}{Z \cdot m_n \cdot \pi} = \frac{s_o \cdot \sin \beta}{Z \cdot m_n \cdot \pi}$$

Z upoštevanjem enačbe diferenciala: $n_{IX} = [n_{VIII} + 2 n_h]$ nastavim razmerje:

$$\frac{s_o \cdot \sin \beta}{Z \cdot m_n \cdot \pi} = \frac{2 \cdot n_h}{Z \cdot m_n \cdot \pi} = n_{VIII}$$

n_h . število vrtljajev polžastega zobjnika diferenciala, ki povzroča dopolnilno vrtenje;
 n_{VIII} . število vrtljajev gredi VIII, ki povzroča osnovno vrtenje;
 $a' - d'$. delilni menjalni zobjniki;
 $a - d$. diferencialni menjalni zobjniki;
 $K_1 - K_2$. prestave podajanja.

Iz navedenega izhaja:

$$n_h = n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot a/b \cdot c/d \cdot 5/45$$

$$s_o = n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 1/18 \cdot 3/8''$$

$$n_{VIII} = Z \cdot 7(14) \cdot 52/52 \cdot 35/35$$

Te vrednosti vstavim v osnovno enačbo in dobim:
 $\sin \beta / Z m_n \pi \cdot n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 1/18 \cdot 3/8'' = 2 \cdot n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot a/b \cdot c/d \cdot 5/45 \cdot 1/Z \cdot 1/7(14) \cdot 52/52 \cdot 35/35$

S krajšanjem dobim:

$$\frac{\sin \beta \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 1/18 \cdot 3/8''}{\pi \cdot Z \cdot m_n} = \frac{2 \cdot a/b \cdot c/d \cdot 5/45}{Z \cdot 7(14)}$$

Z nadaljnjjim krajšanjem in ureditvijo dobim naslednji končni enačbi za izračunavanje diferencialnih menjalnih zobjnikov:

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{6.0638 \cdot \sin \beta}{m_n} \quad (\text{prestavno razmerje stojala in suporta } 1:7)$$

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{12.1276 \cdot \sin \beta}{m_n} \quad (\text{pri prestavnem razmerju stojala in suporta } 1:14)$$

Določitev enačb za namestitve diferencialnih menjalnih zobjnikov pri rezkanju polžastih zobjnikov po aksialnem postopku.

Pri ozobljenju polžastih zobjnikov po aksialnem postopku je vertikalni pomik suporta in horizontalni pomik stojala izklopiljen, stojalo-suport pa po nastaviti blokiramo.

Velikost osnega pomika sani (orodja) določata kvaliteta in točnost boka zoba. Dopolnilno vrtenje mize, ki je potrebno pri aksialnem postopku, je proporcionalno osnemu pomiku rezkanja (sani). Velikost dopolnilnega vrtenja je določena z diferencialnimi menjalnimi zobjnikami.

Pri enem vrtljaju navojnega vretena sank z navojem $3/8''$, se sani in s tem orodje (profilni nož, konični rezkar) pomaknejo za $3/8''$. V skladu s tem izvira dalje: ko napravi rezkar osni pomik, ki je enak delitvi rezkanih zob — t_s —, napravi navojno vreteno $t_s/3/8''$ vrtljajev. Pri osnem pomiku rezkarja za t_s , se mora miza (zobjnik) dopolnilno zavrteti za $1/Z$ vrtljaja.

Na podlagi teh ugotovitev in glede na kinematično shemo stroja, izvira razmerje:

$$\frac{h}{Z \cdot m_n \pi} = \frac{2 n_h}{n_{VIII}}$$

Enačba diferenciala: $n_{IX} = | n_{VIII} + 2 n_h |$

$a' - d'$. delilni menjalni zobjniki,
 $a - d$. diferencialni menjalni zobjniki,
 h . aksialni pomik $3/8'' = 9,525 \text{ mm}$.
 $h = n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 33/33 \cdot 30/23 \cdot 17/24 \cdot 2/30 \cdot 3/8''$.
 $n_h = n_{IX} \cdot a'/b' \cdot c'/d' \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot 24/42 \cdot a/b \cdot c/d \cdot 5/45$.
 $n_{VIII} = Z \cdot 7(14) \cdot 52/52 \cdot 35/35$.

Z vstavljivijo navedenih vrednosti v osnovno enačbo, razporeditvijo in delnim krajšanjem dobimo:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 1/m \cdot 3/8''/2 \pi \cdot 7(14) \cdot 45/5 \cdot 52/52 \cdot 35/35 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 33/33 \cdot 30/23 \cdot 17/24 \cdot 2/30$$

Z uporabo sedmih decimalnih logaritmov dobim naslednji rezultat:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{6,7229}{m} \quad (\text{pri prestavi na stojalu in suportu } 1:7)$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{13,4458}{m} \quad (\text{pri prestavi } 1:14)$$

Opomba: $m \cdot \pi = t_s$ delitev polža v aksialnem prerezu, torej m aksialni!

Uporaba delilne naprave za ročno delitev:

Prestava mize do delilne naprave:

$$195/1 \cdot 56/39 \cdot 1/1 \cdot 24/24 (32/16) \cdot 1/1 \cdot 1/1 = 280 (560)$$

Ko se gred VIII oz. IX zasuče sedemkrat, se delilna plošča zavrti enkrat in napravi eno delitev.

Dalje izhaja:

$$7 \cdot a'/b' \cdot c'/d' = 560/Z \quad (\text{prestava mize } 1:2)$$

$$7 \cdot a'/b' \cdot c'/d' = 280/Z \quad (\text{prestava mize } 1:1)$$

In končno:

$$\frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{80}{Z} \quad (1:2) \quad \frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{40}{Z} \quad (1:1)$$

Z število zob rezkanega zobjnika.

Opomba: Pri uporabi večstopenjskega rezkarja pomnožimo vse izračunane enačbe s številom stopenj rezkarja (G).

Določitev pomikov — podajanj.

a) Vertikalni pomik rezkalnega suporta pri kotalnem postopku na en vrtljaj mize $s_0 \dots \text{mm/vrtljaj mize}$.

Ker je prestava za pomik suporta enaka kakor za pomik stojala, je podajanje stojala enako podajanju suporta. Velikost podajanja spremjamajo z menjanjem leg ročic (1—2—3, 4—5—6) in pretikalnimi zobjniki 20/60 oz. 45/35 (pri delilnem postopku: 20/55 oz. 55/20).

Primer izračuna za najmanjši pomik:

Prestava mize: 1:1, pretikalni zobjniki: 20/60 = K_2 . Lega ročic: 2—6 : $K_1 = 24/81 \cdot 53/91$.

Prestava:

$$s_0 = 195/1 \cdot 56/39 \cdot 1/1 \cdot 24/24 \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot 20/60 \cdot 24/81 \cdot 53/91 \cdot 24/42 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 1/18 \cdot 3/8'' = s_0 = 0,18 \text{ mm/vrtljaj mize}$$

Podobno sem izračunal vse kombinacije pomikov in jih prenesel v priloženo tabelo (pomik v mm na en vrtljaj mize).

b) Aksialni pomik sank (orodja) pri rezkanju polžastih zobjnikov: $s_0 \dots \text{mm/vrtljaj mize}$.

Primer izračuna za najmanjši pomik:

Prestava mize: 1:1, pretikalni zobjniki: 20/60 = K_2 . Lega ročic: 2—6 : $K_1 = 24/81 \cdot 53/91$.

Prestava:

$$s_0 = 195/1 \cdot 56/39 \cdot 1/1 \cdot 24/24 \cdot 1/1 \cdot 1/30 \cdot 20/60 \cdot 24/81 \cdot 53/91 \cdot 24/42 \cdot 36/35 \cdot 40/36 \cdot 36/36 \cdot 33/33 \cdot 30/23 \cdot 17/24 \cdot 2/30 \cdot 3/8'' = s_0 = 0,206 \text{ mm/vrtljaj mize}$$

Stojoalo Suport	Pomik v mm na en vrtljaj mize			
Položaj ročic	A B	20 60	A B	45 35
	MIZA		MIZA	
	1:1	1:2	1:1	1:2
2	6	0,18	0,36	0,7
1	6	0,28	0,56	1,0
2	4	0,33	0,66	1,2
3	6	0,40	0,80	1,5
1	4	0,50	1,00	2,0
2	5	0,60	1,2	2,3
3	4	0,7	1,4	2,8
1	5	0,9	1,8	3,5
3	5	1,3	2,6	5,1
				10,2

Delilni postopek				
Pomik suporta v mm na en vrtljaj kolutnega rezkarja				
Položaj ročic	Zobniki	20 55	1:7	1:14
2	6	0,15	0,30	
1	6	0,23	0,46	
2	4	0,27	0,54	
3	6	0,33	0,66	
1	4	0,41	0,82	
2	5	0,50	1,00	
3	4	0,60	1,20	
1	5	0,75	1,50	
3	5	1,04	2,08	

Osnji pomik v mm na en vrtljaj mize				
Položaj ročic	A B	20 60	A B	45 35
	MIZA		MIZA	
	1:1	1:2	1:1	1:2
2	6	0,20	0,40	0,77
1	6	0,30	0,60	1,19
2	4	0,37	0,74	1,42
3	6	0,44	0,88	1,70
1	4	0,56	1,12	2,18
2	5	0,66	1,32	2,56
3	4	0,81	1,62	3,12
1	5	1,02	2,04	3,93
3	5	1,46	2,92	5,75
				11,50

Delilni postopek				
Pomik suporta v mm na en vrtljaj palčastega rezkarja				
Položaj ročic	Pretikalni zobniki	20 55	55 20	
2	6	0,020	0,153	
1	6	0,031	0,234	
2	4	0,037	0,280	
3	6	0,045	0,337	
1	4	0,057	0,430	
2	5	0,067	0,505	
3	4	0,082	0,620	
1	5	0,103	0,780	
3	5	0,147	1,110	

Rezultati vseh kombinacij so vneseni v tabelo (osni pomik v mm na en vrtljaj mize).

c) Vertikalni pomik rezkalnega suporta na en vrtljaj kolutnega rezkarja — delilni postopek: $s_0 \dots$ mm/vrtljaj kolutnega rezkarja.

Primer izračuna za najmanjši pomik:

Pretikalni zobniki: $20/55 = K_2$.

Lega ročic: $2-6 : K_1 = 24/81 \cdot 53/91$.

Prestava:

$$s_0 = \frac{96}{16} \cdot \frac{28}{24} \cdot \frac{29}{27} \cdot \frac{27}{28} \cdot \frac{28}{29} \cdot \frac{52}{52} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{20}{55} \cdot \frac{24}{81} \cdot \frac{53}{91} \cdot \frac{24}{42} \cdot \frac{56}{56} \cdot \frac{36}{35} \cdot \frac{40}{36} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{1}{18} \cdot \frac{3}{8}'' =$$

$$s_0 = 0,148 \text{ mm/vrtljaj kolutnega rezkarja}$$

(v tabeli: 0,15 mm/vrt.).

Rezultati vseh kombinacij so vneseni v tabelo (pomik suporta v mm na en vrtljaj kolutnega rezkarja — delilni postopek).

d) Vertikalni pomik rezkalnega suporta v mm na en vrtljaj palčastega rezkarja.

Primer izračuna za najmanjši pomik:

Pretikalni zobniki: $20/55 = K_2$.

Lega ročic: $2-6 : K_1 = 24/81 \cdot 53/91$.

Prestava:

$$s_0 = \frac{27}{28} \cdot \frac{28}{29} \cdot \frac{52}{52} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{20}{55} \cdot \frac{24}{81} \cdot \frac{53}{91} \cdot \frac{24}{42} \cdot \frac{56}{56} \cdot \frac{36}{35} \cdot \frac{40}{36} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{1}{18} \cdot \frac{3}{8}'' =$$

$$s_0 = 0,020 \text{ mm/vrtljaj palčastega rezkarja.}$$

Rezultati vseh izračunov so vneseni v tabelo (pomik suporta v mm na en vrtljaj palčastega rezkarja).

S tem bi bila v glavnem podana kinematična analiza univerzalnega stroja za ozobljenje sistema Pfauter.

Nadaljnja zanimivost bi bila analiza kinematike za ozobljenje grebenjakov s palčastim rezkarjem, t. j. puščičasto ozobljenje brez prekinitev v sredini, kar bom po potrebi priobčil pozneje.

LITERATURA:

Prospekti firm: Reinecker, Schiess, Pfauter.
Walter Krumme: Praktische Verzahnungstechnik.
Dr. Ing. A. Linné: Berechnung, Herstellung und Prüfung der Zahnräder.

Avtor: ing. Ciril Pisanič,
Litostroj, Ljubljana

Predlogi za nove JUS

V »Standardizaciji«, 1956 — štev. 4. so objavljeni naslednji predlogi, na katere bralce posebej opozarjam:

1. predlog štev. 1780: Jeklena pločevina — debela, tehnični predpisi za izdelavo in dobavo;

2. predlog štev. 1781: Jeklena pločevina — debela, dimenzijske in tolerančne.

3. predlog štev. 1782: Jeklena pločevina — srednja, tehnični predpisi za izdelavo in dobavo;

4. predlog štev. 1783: Jeklena pločevina — srednja, dimenzijske in tolerančne.

Skrajni rok za pripombe k tem predlogom je do 1. avgusta 1956.

V »Standardizaciji«, 1956 — štev. 5, pa je objavljenih še 9 predlogov za jeklene cevi iz celega. Rok za pripombe k tem predlogom je do 1. septembra 1956.