

DK 621.9 — 232

Mahalna in vrtilna sprežna gonila s pospešenim povratnim gibanjem

FELIKS LOBE

V splošni gradnji strojev, posebno pa pri gradnji obdelovalnih strojev je dostikrat potrebno, da se nekateri deli, ki se gibljejo sem in tja, premikajo z različnimi hitrostmi. Na take primere zadevamo med drugim pri pehalih za stroje za odrezavanje ali pri pehalih za težke preše, pri katerih delovno gibanje poteka počasi z veliko silo, povratno gibanje pa se izvaja mnogo hitreje.

Povrh elektromehaničnih in hidravličnih gibalnih mehanizmov obstajajo čisto mehanične konstrukcije raznih strojev, s katerimi je mogoče izvajati gibanja z različnimi hitrostmi. Največkrat je mogoče gonila, ki so čisto mehanična, prikazati kot štirizgibna gonila, pri katerih se da skonstruirati neskončno mnogo raznih oblik mehanizmov, če menjamo število in dolžine posameznih mirujočih in gibajočih se členov.

Takoj v uvodu lahko naglasimo, da je mogoče pri štirizgibnih mehanizmih gibanje delov, ki se gibljejo sem in tja, zelo natančno omejevati. Ta prednost je zelo velikega pomena v nekaterih primerih — pri gibanju batov pri batnih strojih, pri gibanju pehal pri strojih za zobčanje zobnikov itd.

V skupini zgibnih mehanizmov so znani ročni pogoni za premočrtna gibanja, križne ovoze, nihalne ovoze, vrtilna ovozna gonila in vrtilna gonila na križno ovozo, ki jih v različnih kombinacijah uporabljamo pri raznih pogonskih oz. delovnih strojih. Vse našteje oblike gonil pa so v bistvu posebni primeri splošnega štirizgibnega gonila, ki ga bomo v naslednjih izvajanjih obravnavali podrobneje.

Splošno štirizgibno gonilo s členi a , b , c in d je prikazano na sliki 1. Člen a naj se suče s polno vrtilno hitrostjo, člen c , ki je daljši kakor člen a , pa se suče ali giblje kot mahalke, kar je odvisno od člena d , ki naj miruje.

Na sliki 1 sta vrisani obe krajni legi ročice a , v kateri sta točki B' in B'' na ročičnem krogu, točki C' in C'' pa na loku mahalke c . Legi točk C' in C'' določa sprega $b = BC$. Časa t_h in t_r za gibanje tja in nazaj mahalke c sta določena z razmerjem

$$t_h : t_r = \varphi : (360^\circ - \varphi)$$

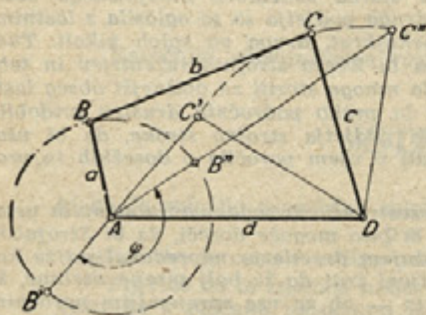
Tako naj za to začetno sliko kakor tudi za vse prihodnje velja predpostavka, da se ročica a vrti enakomerno. Pri gonilu po sliki 1 se giblje točka C proti končni legi C'' skoraj z enako hitrostjo kakor pri povratku v lego C' . Mejno lego dobimo pri $\varphi = 180^\circ$ (sl. 2), kadar ležijo vse točke B' , B'' , C' in C'' na isti daljici. Če upoštevamo pravokotnico DN na to daljico, dobimo enostavno odvisnost:

$$b^2 + (c^2 - a^2) = d^2 \quad \text{ali} \quad a^2 + d^2 = b^2 + c^2 = f^2$$

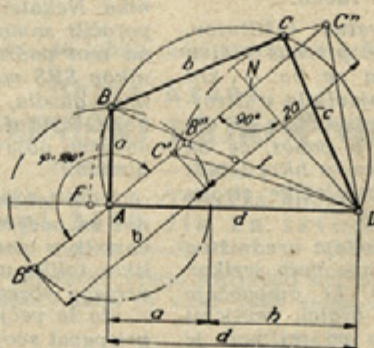
Po tej odvisnosti ležijo vse točke C , to je vsi zgibi členov b in c , na polkrogu, ki ga narišemo nad hipotenuzo f pravokotnega trikotnika, pri katerem sta kateti člena a in d . Če napravimo s točko B lok okoli točke D , pri čemer je radius enak hipotenuzi f , seče ta lok podaljšano daljico člena d v točki F . Ta točka bo pomembna pri poznejših razlagah štirizgibnih sistemov.

Pri štirizgibnih gonilih, ki jih imenujemo »centrične ročične mahalke« so sicer časi pri vrtenju ročice za gibanje sem in tja zgiba C popolnoma enaki, niso pa enake hitrosti mahalnega člena c .

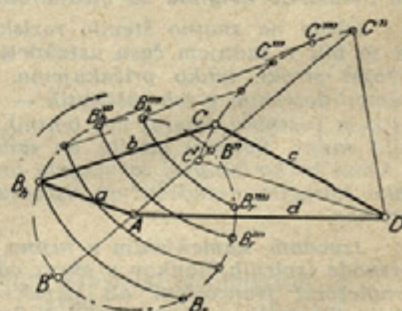
Če predpostavljamo, da je hitrost ločnega gibanja konstantna in razdelimo lok $C'C''$ na enake dele ter odrežemo iz teh točk z radijem, enakim členu b , na ročičnem krogu točke B_h, B_h'', B_h''' in B_r, B_r'', B_r''' , vidimo, da so ločne razdalje na ročičnem krogu različne. S slike 3 je razvidno, da je



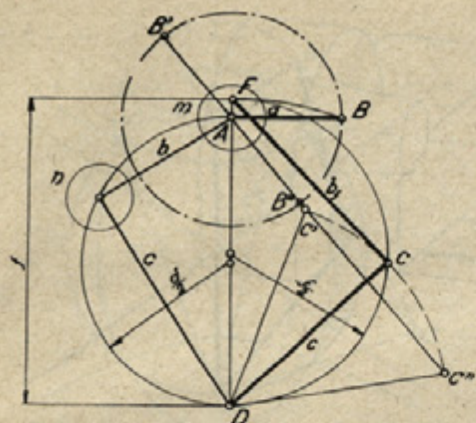
Slika 1



Slika 2



Slika 3

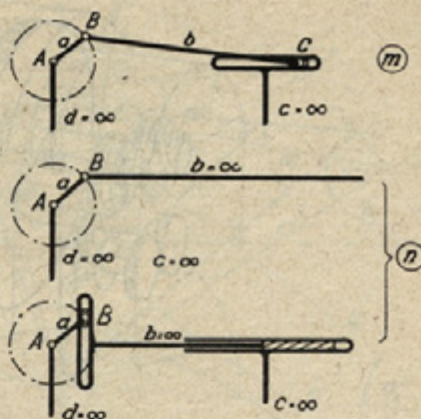


Slika 4

npr. za pot $\widehat{CC''}$ zgiba C na loku $\widehat{C'C''}$ za gibanje v eni smeri potreben lok $\widehat{B'B''}$ na ročičnem krogu, za gibanje v nasprotni smeri pa krajši lok $\widehat{B'B''}$. Če se ročica suče enakomerno, je povratno gibanje mahalka časovno nekoliko hitrejša kakor tjakajšnje gibanje, kljub temu, da sta ustrezajoča časa T_h in T_r enaka.

Cim bolj zmanjšujemo ročico a, tem manjše postajajo razlike mahalnega člena c. V mejnem primeru $a = 0$ postane razdalja med točkama F in A neskončno majhna, polkrog nad hipotenuzo f pa preide v polkrog nad kateto, ki je enaka členu d. Na sliki 4 je štirizgibno gonilo, narisano v navpični legi daljice $\overline{FD}$ oziroma $\overline{AD}$ s pripadajočima polkrogoma.

Iz nešteti možnih kombinacij členov b in c lahko izberemo na polkrogu nad daljico $\overline{AD} = d$ dva primera, ki sta za prakso posebno važna. Ti dve mesti zgibov c sta na polkrogu označeni s krožcema m in n. Če bi imeli mikroskop, ki bi lahko neskončno povečal sliko, in bi ta mikroskop postavili nad točko A, bi na sliki zagledali znano ročično gonilo, nad točko v polju n pa bi našli sliko križne ovoze. Ta gonila, ki bi jih opazili pod mikroskopom, so narisana na sliki 5. Namesto neskončno dolgih členov c, katerim ustrezajo premočrtne poti zgibov C, nadomestimo premočrtna gibanja s potmi zgibov C v ovozah. Znano je, da dobimo le pri križnih ovozah, pri katerih sta oba člena b in c neskončno dolga, za gibanje sem in tja popolnoma enake hitrostne razmere. Ker pa se hitrosti pri gibanju zgiba C pri sem- in tjakajšnjem gibanju med enim in drugim mrtviščem zelo menjavajo — po diagramu elipse —, se lahko hitrostne difference, ki nastajajo, če se točka C giblje po loku namesto po premici, lahko zanemarjajo. Zategadelj uporabljamo pri konstrukcijah največkrat ročična gonila namesto križnih ovoz (npr. pri strojih za zobčanje sistema Maag, Fellows, Gleason, Heidenreich & Harbeck itd.), pri katerih se z ročičnim gonilom v obeh smereh premika rezalno orodje, ki je pritrjeno na pehalu.

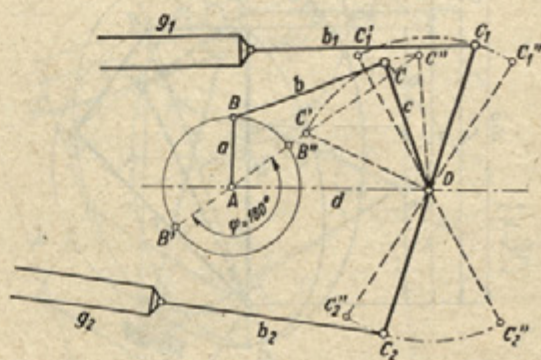


Slika 5

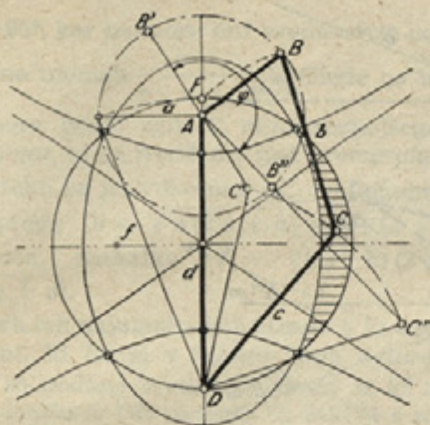
Pri strojih za zobčanje stožčastih zobnikov uporabljamo navadno dvojne pehalnih vodil $g_1 g_2$, ki nosita obdelovalni orodji, s katerima se obdelavajo desni in levi boki zob. Na sliki 6 je narisana shema za pogon takih strojev, kjer leži »centrično ročično gonilo« a, b, c in d v eni ravnini in je mahalka c preko gredi spojena z dvokrakim vzvodom oz. dvokrako mahalko. Pehali za rezalna orodja $g_1 g_2$ sta spojeni s spregama $b_1 b_2$ z omenjeno dvokrako mahalko, ki jo nahajamo v drugi ravnini kot ročično gonilo.

V tem primeru imamo, kakor je to pri mnogih konstrukcijah potrebno, kombinacijo večz gibnih sistemov. Kako je dvokraka mahalka $c_1 c_2$ prestavljena v drugo ravnino in z gredjo trdno povezana s primarnim gonilom, kaže aksonometrična slika 7. Konstrukcija stroja za zobčanje, ki dela po kotalnem načinu, terja, da se drugi nož odmika, kadar dela prvi nož, in nasprotno. Zato je potrebno, da so hitrosti gibanja obeh vodil $g_1 g_2$ med seboj kolikor možno enake.

V vseh primerih, kadar v konstrukcijah nimamo prostora za ojnico (sprego) b, uporabljamo križno ovozo (npr. Sykes, Lorenzovi stroji za puščičasto zobčanje, Maagovi brusilni stroji za zobnike, pogoni za hidravlične črpalke in motorje).



Slika 6

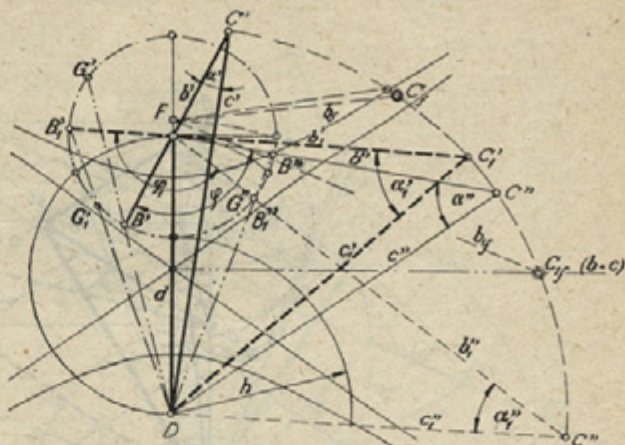


Slika 10

pri tem je tudi zgib C_1 na navpičnici v legi C_1' — za drugo mrtvišče pa opazimo, da je zgib C_1'' v presečišču dveh lokov, in sicer loka z radijem c_1 okoli točke D in loka z radijem $a + b_1$ okoli točke A. S tem smo določili tudi kot φ_b . Na isti sliki sta določeni tudi obe mrtviščni legi za člene a , b , c in d , določena pa sta lok $C'C''$ in kot φ .

Tudi na sliki 11 sta vrisani gonili a , b , c , d in $a_1 b_1 c_1$ in d v svojih ekstremnih legah. Lege zgibov C' , C'' in C_1' , C_1'' nahajamo na istem loku, ker sta člena c in c_1 enako dolga. Vrisana sta tudi oba kota φ in φ_1 . Nadaljnja značilnost te slike je v tem, da sta pri gonilu $a b_1 c_1$ in d člena b_1 in c_1 med seboj enaka, tako da leži zgib C_{11} na simetrali hiperbole. Na sliki 10, ki vsebuje tako elipso kakor tudi hiperbolo, je vrisan tudi krog nad daljico DF , ki smo ga opisali na sliki 2, ko je bil narisana nad hipotenuzo DB . Polje med elipso in krogom je šrafirano in meji tudi proti neskončno raztezajočemu se polju hiperbole. Kadar je zgib C v šrafiranem polju (kadar je člen CB po dolžini enak daljici CF), imamo pred seboj gonilo, pri katerem mahalka c nima pri povratnem gibu pomembne pospešitve. Podobno gonilo, pri katerem je bil kot φ le nekoliko manjši od 180° , smo imeli na sliki 1.

Povrh kota φ sta po sliki 11 odločilna tudi kota α' in α'' gonila a , b , c in d in kota α_1' in α_1'' gonila $a b_1 c_1 d$, ki se med seboj lahko zelo razlikujeta. Na sliki 9 koti α niso označeni. Če pa bi bili vneseni, bi znašal kot α_1' za gonilo a , b_1 , c_1 in d nič stopinj, kar bi pomenilo, da bi bili v mrtvišču posamezni členi nedopustno močno obremenjeni. Iz tega izhaja, da zgib C_1 ne sme biti na hiperboli, marveč mora biti v polju med obema vejama hiperbole. Zgib C_1 dobimo po prejšnji definiciji s presečiščem dveh lokov, tj. loka z radijem b okoli točke F in loka z radijem c okoli točke D. Če spojimo — po sliki 11 — točki B' in B_1' s točko D in spojni črti ustrezno podaljšamo, dobimo tetivi $B'G'$ in $B_1'G_1'$, katerih dolžini se spremenita, če se spremenijo dolžine členov b in c . Optimalne raz-

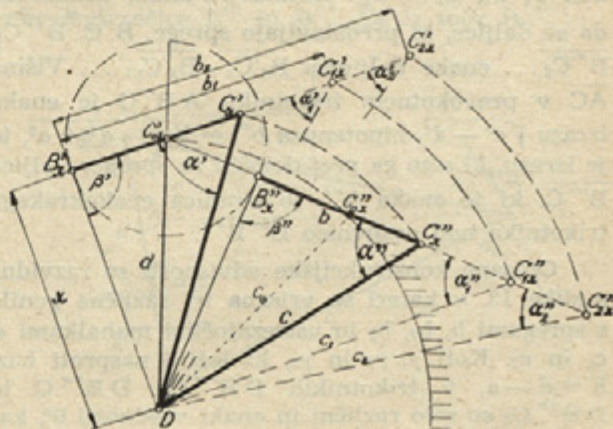


Slika 11

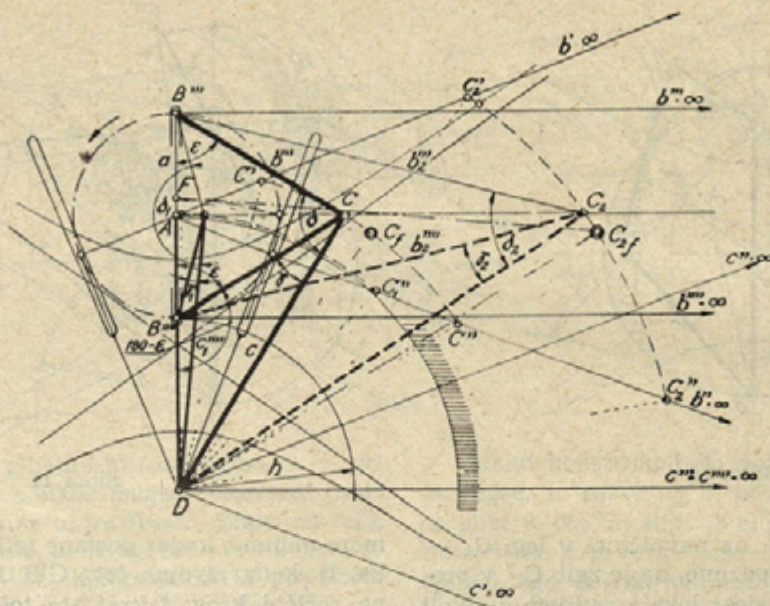
mere dobimo, kadar postane tetiva neskončno kratka, tj. kadar spojna črta $G'B'D$ preide v tangento na ročni krog; takrat sta točki $B'G'$ neskončno blizu druga poleg druge. Nasprotno pa je dolžina tetive največja, kadar je zgib C_1 na hiperboli, kajti takrat je tetiva enaka premeru ročnega kroga. Za to mejno stanje velja, da je $d - a = c - b$ oz. $b - c$.

Na sliki 12 je viden primer, v katerem sta mrtvišči B_x' in B_x'' v dotikališčih premic, ki jih narišemo iz točke D na ročni krog. Daljica DB_x' je enaka daljici $DB_x'' = \sqrt{d^2 - a^2}$, sprega $b = \overline{B_x'C_x'} = \sqrt{c^2 - d^2 + a^2}$. Te odvisnosti kažejo, da je v pravkah označenih pogojih sprega b odvisna samo od določitve mahalka c , če sta ostala člena a in d konstantna.

Pri določanju dolžine sprege je še vedno nešteto možnosti. Dolžina sprege je najkrajša, kadar je dolžina mahalka c enaka fiksnemu členu d . Po prejšnjem izrazu $b = \sqrt{c^2 - d^2 + a^2}$. Taka dolžina sprege ustreza enemu ekstremu, v katerem take sprege ni mogoče uporabiti. Da bi ne prišli do take neustrezne sprege, lahko izrečemo pravilo, da mo-



Slika 12



Slika 13

rajo ležati vsi krožni loki zgibov C, tj. loki mahalke c, ki jih narišemo okoli točke D, zunaj središča A ročičnega kroga.

Na sliki 12 je prikazano, kako je polje med obema vejama hiperbole omejeno s šrafiranim lokom, kateremu ustreza radius d, kadar hočemo ugoditi prej navedeni zahtevi. Če se držimo pravila, da je kot $\alpha' = \alpha''$, tedaj so mogoče najrazličnejše dolžine sprege in mahalke, ki jih hočemo risati. Če podaljšamo sprego, moramo ustrezno podaljšati tudi mahalko. Pri tem pa lahko opazimo, da se s postopnim podaljševanjem obeh členov ustrezajoče zmanjšuje tudi kot $\alpha' = \alpha''$. Kadar postaneta člena b in c neskončno dolga, tedaj se zmanjša kot $\alpha' = \alpha''$ na 0° . V tem primeru gre za drugi kinematični izjemni primer gonila, ki ga poznamo z imenom nihalna ovoza.

Če narišemo v točki A pravokotnico na daljico AD, prereže ta črta posamezne mahalne loke v točkah C, C₁, C₂... C_∞. Enostavno lahko dokažemo, da so daljice, ki predstavljajo sprege, B''C, B'''C₁, B'''C₂... enake daljicam B_x'C_x', B_x'C_{x1}'... Višina AC v pravokotnem trikotniku AB''C je enaka izrazu $\sqrt{c^2 - d^2}$, hipotenuza b''' = $\sqrt{c_2^2 - d^2 + a^2}$, to je izrazu, ki smo ga prej določili za sprego. Daljica B'''C, ki je enaka b''', je stranica enakokrakega trikotnika nad osnovnico B''B'''.

Opisane konstrukcijske odvisnosti so razvidne s slike 13, v kateri so vrisana tri različna gonila s spregami b, b₁, b₂ in ustrežajočimi mahalkami c, c₁ in c₂. Koti γ , γ_1 in γ_2 , ki ležijo nasproti bazi $h = d - a$, v trikotnikih DB'''C₁, DB'''C in DB'''C₂ so zelo različni in enaki vrednosti 0° , kadar imamo najkrajšo in najdaljšo sprego b. Ker je od velikosti kota γ odvisna obremenitev členov

gonil, je treba določiti optimalno vrednost sprege b oz. mahalke c, ki mora ležati med mejama $b = a$ in $b = \infty$ oz. $c = d$ in $c = \infty$. Povrh kotov γ je treba upoštevati še kote δ . Po sliki 13 znaša kot δ v ekstremnih primerih, kadar je $b = a$ in $\gamma = 0^\circ$, $\delta = 180^\circ$ in kadar je $b = \infty$ in $\gamma = 0^\circ$ ter $c = \infty$. V drugem primeru imamo, kakor smo omenili že prej, nihhalno ovozo. Na sliki 13 je ovoza tudi vrisana v štirih legah. Med obema mejnima oblikama gonila mora ležati gonilo z optimalnim kotom γ in to gonilo je mogoče enostavno določiti po nižje naštetih odvisnostih.

Po sinusovem stavku je razmerje stranic enako razmerju sinusov nasproti ležečih kotov, kar je izraženo za trikotnik DCB'''

$$h : c = \sin \gamma : (180^\circ - \epsilon) = \sin \gamma : \sin \epsilon$$

in analogno za trikotnik DCB''

$$(2a + h) : c = \sin \delta : \sin \epsilon$$

iz obeh enačb izhaja, da je

$$(2a + h) : \sin \gamma = h : \sin \delta$$

Če postavimo, da je diferencialni kvocient

$$\frac{d\gamma}{d\delta} = 0, \text{ dobimo}$$

$$\frac{d\gamma}{d\delta} = \frac{h \cos \delta}{(2a + h) \cos \gamma} = 0$$

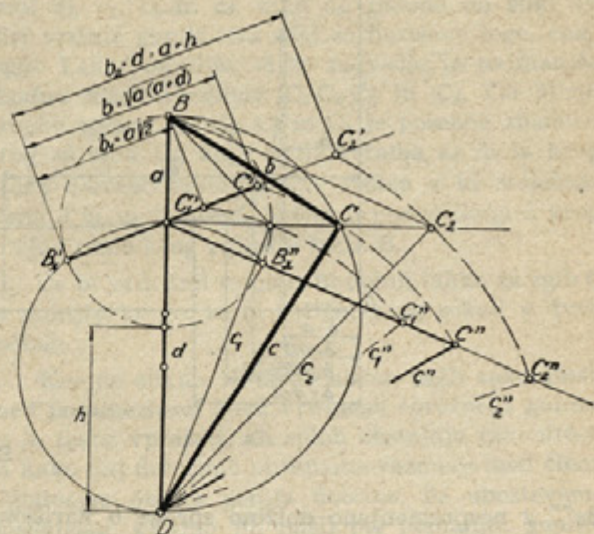
iz česar izhaja, da mora biti vrednost $\cos \delta = 0$ in

kot $\delta = 90^\circ$, ker ne more biti vrednost za $\cos \gamma = \infty$ in tudi ne ulomek $\frac{h}{2a+h} = 0$. Glede na to ugotovitev mora ležati zgib C najustrežnejšega gonila na polkrogu, ki ga narišemo nad premerom $2a+h$ in prav tako na pravokotnici AC. Najugodnejša dolžina sprege $b = \sqrt{a(2a+h)} = \sqrt{a(a+d)}$ ter ustrezajoča mahalka $c = \sqrt{(a+h)(2a+h)} = \sqrt{d(a+d)}$.

Povrh teh najugodnejših členov b in c so mogoči tudi členi, ki ležijo v bližini obeh določenih. Na sliki 14 so podane vrednosti členov b , ki so zaščiteni v nemškem DB patentu št. 942774 z naslovom »Lenkergetriebe mit beschleunigtem Rücklauf für horizontale und vertikale Hobel- bzw. Stossmaschinen«, ki ga je avtor prejel leta 1956 od omenjenega urada. S tem so omejene tiste oblike členov gonila, pri katerih členi niso prekomerno obremenjeni, in hkrati tiste, pri katerih dimenzije členov niso prevelike, kar bi sicer povzročilo, da bi bila teža in prostor za gonilo prevelika.

Če izberemo majhno dolžino sprege b , nastajajo obtežbe v spregi in mahalki zelo naglo, tako da bi postale v primeru, če bi bila sprega enako dolga kakor ročica a , neskončno velike. Daljši spregi b vedno ustreza daljša mahalka c , s čimer bi se teža gonila lahko nesorazmerno povečala, povečale pa bi se dimenzije in tudi cena stroja. Konstrukcija gonila mora biti taka, da ustreza najugodnejšim kinematičnim pogojem, ne sme pa zavzemati prevelikih dimenzij. Pri obdelovalnih strojih — zlasti pri pehalnih strojih — je neogibno potrebno, da so nihalne mase in obtežbe posameznih delov majhne, ker se samo tako dosega zadostna trmost gonila in s tem tudi celotnega stroja.

Na sliki 15 so prikazane tri različne konstrukcijske kombinacije spreznih mahalnih gonil, in sicer z ugodno, prekratko in predolgo sprego v kombinaciji z ustrezajočo mahalko. Iz diagramov po

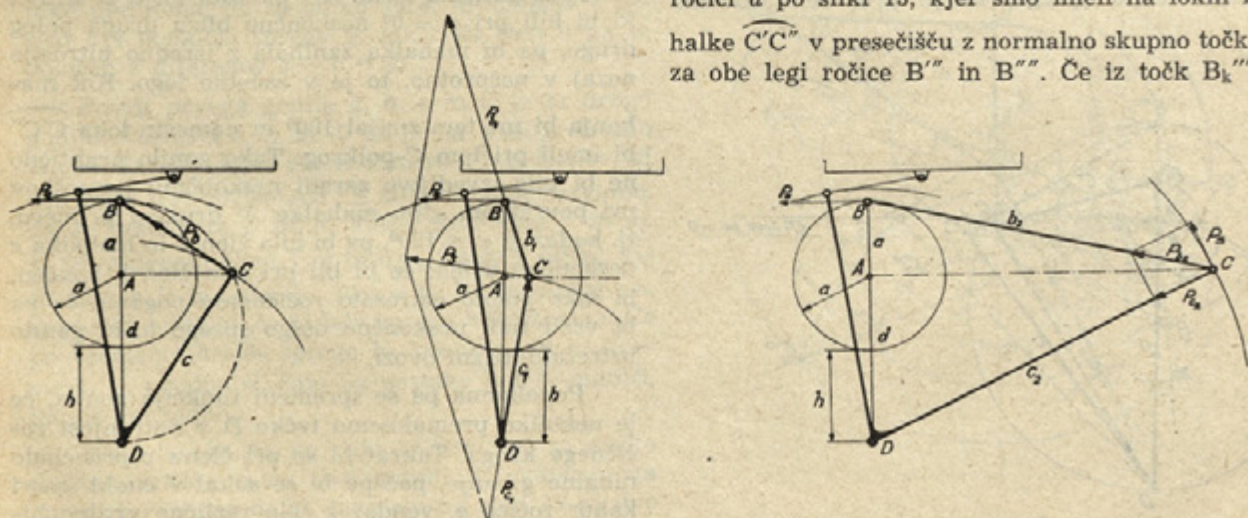


Slika 14

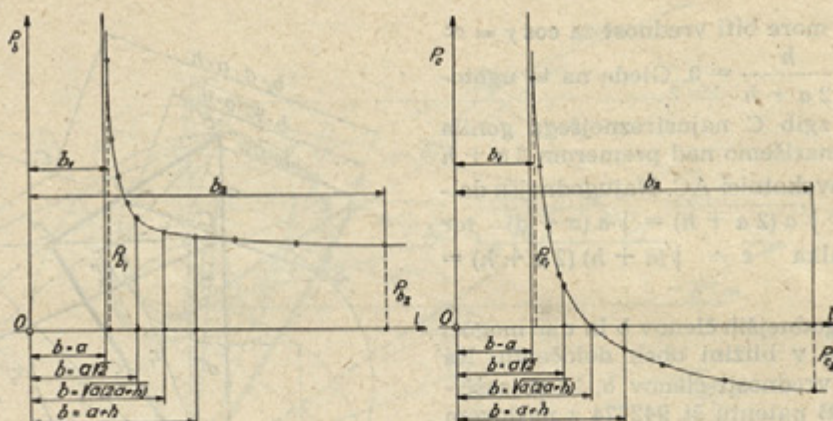
sliki 16 je razvidno, kako potekajo komponente sil za sprego in za mahalko, če spreminjamo dolžino sprege, pri čemer je vrtilni moment ročice a konstanten. Sprega je pri delovnem gibu obtežena na nateg, pri povratnem gibu pa na tlak. Diagrama za sili P_b in P_c sta risana za pozicijo ročice a po sliki 15, kar približno ustreza največji hitrosti med delovnim gibom pehala. Vlečna sila se od neugodne neskončno velike vrednosti pri $b = a$ zelo hitro zmanjša na dopustne vrednosti in se potem asimptotično približuje vrednosti, ki je enaka obodni sili ročice $P_{b\infty} = P_{c\infty} = P_{a\infty}$.

Razmere, ki se pojavljajo pri gonilu, če spreminjamo gib pehala

Če spremenimo po sliki 17 velikost ročice a , tedaj zgibi C ne ležijo več na pravokotnici nad točko A, kakor je to veljalo za sprego pri najdaljši ročici a po sliki 13, kjer smo imeli na lokih mahalka $C'C''$ v presečišču z normalno skupno točko C za obe legi ročice B''' in B'''' . Če iz točk B_k''' in



Slika 15



Slika 16

B_k'''' z nespremenjeno dolžino sprege b narišemo loka 1 in 2, dobimo zgibni točki C_{k1} in C_{k2} , ki pa na sliki 17 zaradi pregleda nista vpisani.

Dolžino ročice zmanjšamo lahko tudi popolnoma, tako da je $a = 0$, v katerem primeru lahko določimo za vsako dolžino sprege b oziroma mahalka c točke $C_{a=0}$. Te točke razpolavljajo mahalne loke $C'C''$, $C_1'C_1''$, $C_2'C_2''$... $C_\infty'C_\infty''$, tako da je geometrično mesto vseh teh točk vzporednica s pravokotnico AC . Razdalja med obema vzporednicama je tem večja, čim manjša je ekscentričnost h , to je razdalja točke D od oboda ročičnega kroga $h = DB''$. Če postane $h = \infty$, tedaj se strneta obe črti v eno samo. Čim bolj se ročica a zmanjšuje, tem bolj se povečuje kot φ , pri $a = 0$ postane $\varphi = 180^\circ$. Tako kakor se premakne zgibna točka C na novo mesto C_k , se nekoliko zaokrene gonilo iz črtkane lege v polno izvlečeno lego, in sicer za kot ψ . Analogno se zaokrene tudi kot φ_k za kot ψ , ki je skoraj enak kotu ψ .

Pri konstrukciji spreznega gonila je najboljšje, da določimo za največji zahtevani gib pehala optimalno dolžino sprege, ki je predvsem odvisna

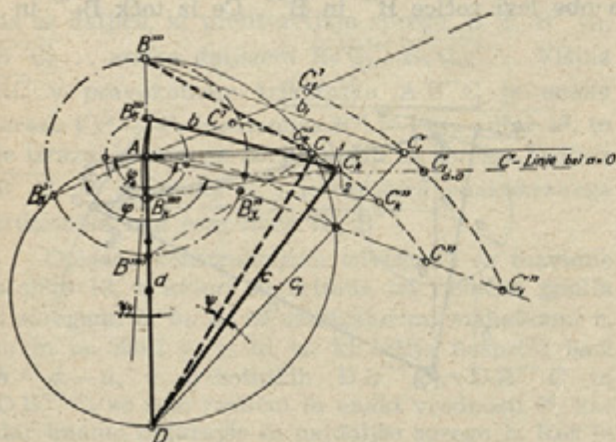
tudi od zahtevanega pospeševalnega razmerja $\varphi: (360^\circ - \varphi)$ oz. od ekscentričnosti $h = DB''$. Z izbiro sprege je po prejšnjih pojasnilih določena tudi mahalka c . S tem, da se ročica pri obratovanju zdaj pa zdaj spreminja, se razmerje med členi sicer nekoliko spremeni, tj. da je sprega b , ki se ne spreminja, nekoliko predolga, vendar predolga sprega ni neugodna — po primerjavi z diagrami na sliki 16. Bolj neustrezna konstrukcija bi nastala, če bi konstruirali gonilo za srednji pehalni gib in bi sprega po prehodu na največji pehalni gib postala relativno prekratka.

Vrtilno sprežno gonilo z delno pospešenim vrtenjem

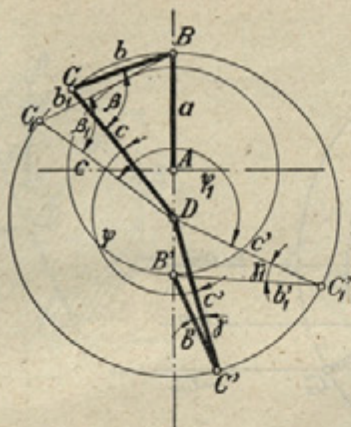
Če menjamo ekscentričnost $h = d - a$, se pri tem spremeni tudi kot φ ; pri $h = 0$ je tudi kot $\varphi = 0^\circ$ ter se veča do $\varphi = 180^\circ$, ko postane razdalja točke D od oboda ročičnega kroga $h = \infty$. V prvem primeru bi se mahalka c , medtem ko bi se ročica a enakomerno polno zasukala, gibala v loku z različnimi hitrostmi iz ene mrtve lege v drugo. Ko pa bi ročica pasirala točko B'''' oz. tudi točki B' in B'' , ki bi bili pri $\varphi = 0^\circ$ neskončno blizu druga poleg druge, pa bi mahalka zanihala z izredno hitrostjo nazaj v nasprotno, to je v začetno lego. Kot ma-

hanja bi pri tem znašal 180° in namesto loka $C'C''$ bi imeli pri tem C-polokrog. Tako gonilo praktično ne bi bilo izvedljivo zaradi neskončnih pospeškov pri povratnem gibu mahalka. V drugem primeru, tj. kadar je $\varphi = 180^\circ$, pa bi bila člen d in mahalka c neskončno dolga; če bi bil pri tem člen b končen, bi tako gonilo ustrezalo ročičnemu pogonu, če pa bi vzeli tudi neskončno dolgo sprego b , bi gonilo ustrezalo križni ovozi.

Popolnoma pa se spremeni funkcija gonila, če le nekoliko premaknemo točko D v notranjost ročičnega kroga. Takrat bi se pri členu c prenehalo nihhalno gibanje, pač pa bi se sukal v enaki smeri kakor ročica a , vendar z zelo različno vrtilno hitrostjo. Tako kakor je bila za mahalno gonilo v bli-



Slika 17



Slika 18

žini točke B'' povratna hitrost mahalke zelo velika, tako bi bila v novem primeru — pri majhni razdalji točke D od ročičnega kroga — pri pasaži točke B'' vrtilna hitrost izredno velika. Tudi tako gonilo praktično ni uporabno in se zato mora razdalja točke D od oboda ročičnega kroga povečati. Če premaknemo zgib D bliže zgibu A , tedaj bomo imeli pri členu c še vedno različne vrtilne hitrosti — ker se člen c pri tem gonilu stalno suče, ga lahko imenujemo »vrtilno ramo« — vendar je razmerje med največjo in najmanjšo vrtilno hitrostjo v mejah okrog 2:1 do 3:1. Seveda se pri vrtilni rami v nasprotnem razmerju menjajo obodne sile. Štirizgibno vrtilno gonilo in vrtilna ovoza — vrtilna ovoza je, kakor bomo videli v naslednjem poglavju samo poseben primer vrtilnega gonila — se zaradi nekaterih ugodnih konstrukcijskih oziroma kinematičnih lastnosti pogosto uporablja v splošni gradnji strojev in zlasti še pri gradnji obdelovalnih strojev.

Na sliki 18 je shematično prikazano vrtilno sprežno gonilo, pri katerem se ročica a in z njo zgib B sučeta z enakomerno hitrostjo v smeri puščice okoli osi zgiba A . V zgibu D je vrtilna rama c tako uležajena, da se lahko suče, in spojena z ročico a s pomočjo sprege b . Mirujoči člen d pa je določen z diferenco $a - b = d$.

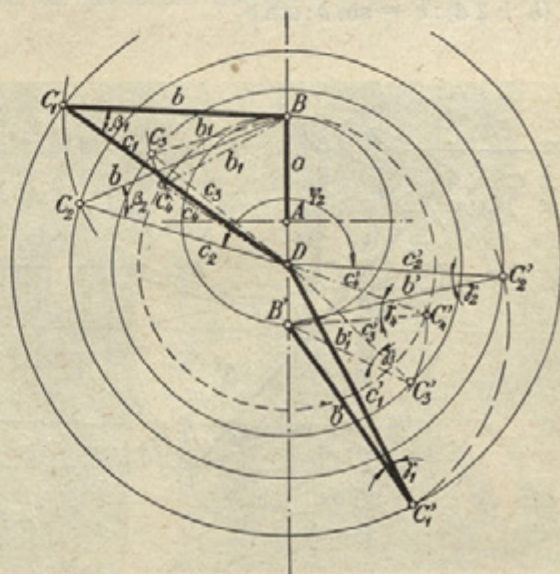
Povrh prvega gonila a, b, c in d je še drugo gonilo s členi a, b_1, c_1 in d , ki je na sliki izvlečeno tanjšje. Za obe gonili sta vrisani tudi legi členov, ki ustrezata legi ročice AB' . S slike je tudi razvidno, da se tako kota β in β_1 kakor tudi kota γ in γ_1 , ki jih oklepajo členi b, c in b_1, c_1 v legah ročice AB in AB' , zelo menjavajo. Kot γ bi lahko postal nedopustno majhen, če bi bila sprega b prekratka. Če pa vzamemo daljšo sprego b_1 , postane kot γ_1 sicer večji, tj. ugodnejši, zato pa postane kot β_1 manjši, kar je neugodno.

Tako kakor sta na sliki 18 narisani za enako dolžino vrtilne rame dve gonili, pri katerih sta spregi b različno dolgi, tako sta na sliki 19 za dve različni spregi b in b_1 izbrani po dve različni vrtilni

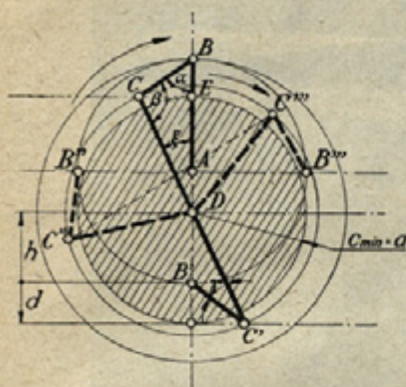
rami c_1, c_2, c_3 in c_4 , tako da imamo na sliki 19 štiri vrtilna gonila. Na njej so narisane lege, analogno kakor na sliki 18 za največje in najmanjše obodne hitrosti zgibov C_1, C_2, C_3 in C_4 . Od štirih krogov zgibov C_1, C_2, C_3 in C_4 je posebno značilen krog za zgib C_4 , kajti vrtilna rama c_4 za ta krog znaša namreč vsoto vrtilne ročice a in stoječega člena d tj. $c_4 = a + d$. V tem primeru tangira krog vrtilne rame krog ročice v točki B .

Če bi skrajšali ramo c , bi dobili lahko za zgib C še manjše kroge, ki bi ročični krog sekali v dveh točkah.

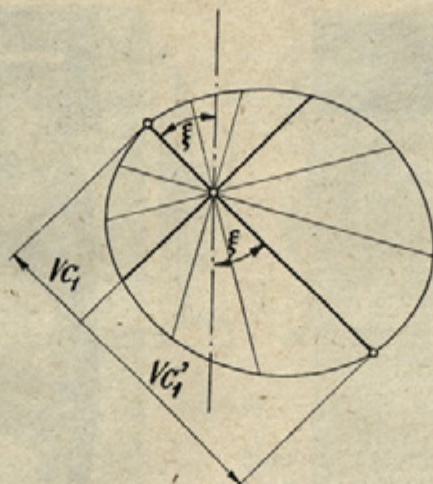
Ker na slikah 18 in 19 nismo našli zakonitosti med posameznimi členi vrtilnega spreznega gonila, se je treba vprašati, ali sploh obstajajo zakonitosti in kako naj določimo optimalne razmere med členi. Ugodnejšo obliko gonila dobimo, če upoštevamo posebnosti, ki smo jih našli pri mahalnih gonilih po sliki 13. Pri mahalnem gonilu so vsi zgibi $C, C_1, C_2 \dots C_\infty$ in sprege $b'', b''', b_1'', b_1''' \dots b_\infty'', b_\infty'''$ na pravokotnici daljice DB'' v središču A ročičnega kroga. Če prenesemo to geometrično lastnost tudi na vrtilno gonilo, tedaj dobimo »simetrično« gonilo, pri katerem so vrtilne rame $c, c_1, c_2 \dots c_\infty$ nasproti ramam $c', c'_1, c'_2 \dots c'_\infty$ sicer nasproti ležeče, vendar enako usmerjene. Podaljšane smeri spreg pri počasnem vrtenju $b, b_1, b_2 \dots b_\infty$ in spreg pri pospešenem vrtenju $b', b'_1, b'_2 \dots b'_\infty$ se po sliki 20 sekajo podobno kakor pri gonilu po sliki 13 na pravokotnici AC_∞ . Vrisani koti ε in γ so v dveh primerih enaki 0° , in sicer prvič, kadar ležita vrtilna rama in sprega v eni črti DB oz. DB' , ter drugič, kadar sta člena b in c neskončno dolga in sta takrat med seboj vzporedna. Takrat je tudi kot $\beta = 0^\circ$. Na sliki 20 so vrisani tudi zgibi $C, C_1,$



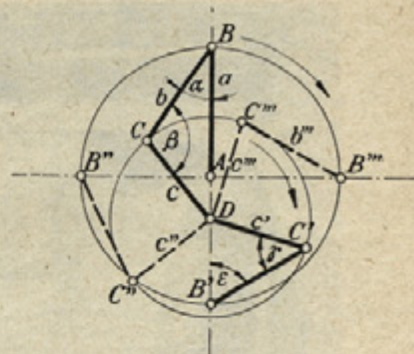
Slika 19



Slika 23



Slika 24



Slika 25

Pri simetričnem vrtilnem gonilu je polje možnih konstrukcijskih kombinacij gonila navzven sicer do neskončnosti odprto, proti vrtišču rame pa omejeno s krogom z radijem $c = a$. Podobno odvisnost omejitve smo našli tudi pri mahalnem gonilu, samo da je bila tam mahalka c enaka fiksnemu členu d , pri vrtilnem gonilu pa je sprege b enaka fiksnemu členu d .

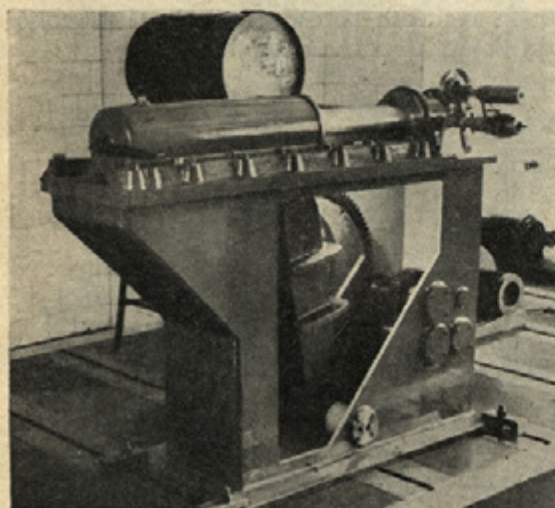
Na slikah 21, 22 in 23 so vrisane ročice v navpičnih legah a in a' , obenem pa tudi v vodoravnih legah a'' in a''' z zgibi B, B', B'' in B''' . Neskončno dolgim spregam so na sliki 21 vrisane ustrezajoče ovoze s, s', s'' in s''' . Če se suče ročica a enakomerno, se prenaša vrtenje preko ovoz na ramo neenakomerno in so razlike obodnih hitrosti zгиба C odvisne od razdalje $h = \overline{DB'}$. Časa $t_1 : t_s$ za počasno in pospešeno vrtenje zгиба C sta odvisna od razmerja:

$$t_1 : t_s = \varphi : (360^\circ - \varphi)$$

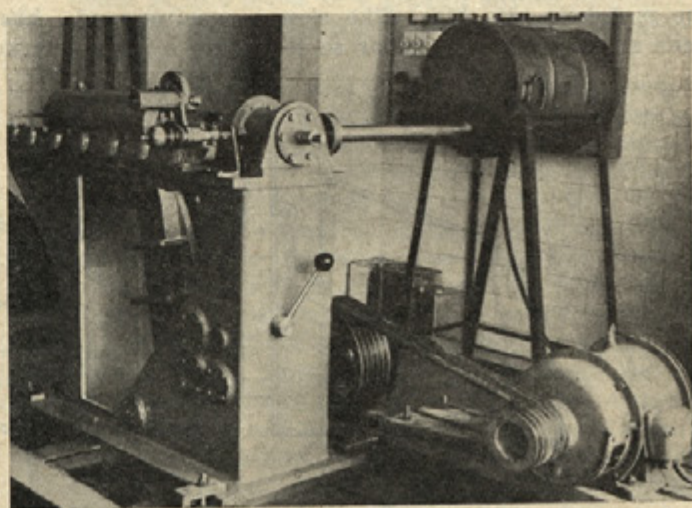
Končne sprege pa premaknejo kot φ za določeno mero, ki je odvisna od dolžine sprege, in sicer za kot ξ .

Polarni diagram obodnih hitrosti člena C je v primeri z diagramom vrtilne ovoze po sliki 24 za kot ξ naklonjen in nesimetričen.

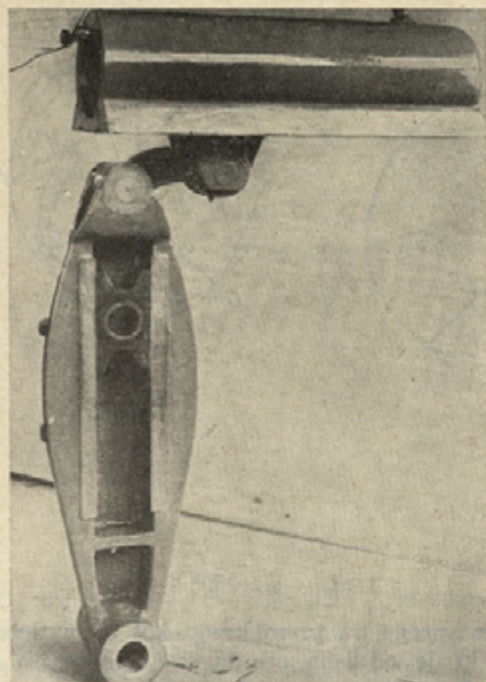
Če odstopimo od pravilnosti, kakršno smo našli pri »simetričnem« gonilu, lahko uporabimo tudi krajše rame c , tj. da prestopimo v notranjost šrafranega kroga (rama $c =$ ročica a). Na sliki 25 je npr. narisano tako gonilo, pri katerem je $c \leq a$. Na tej sliki vidimo, da se zaporedje točk C razlikuje od pravila pri prejšnjih konstrukcijah, vendar ne moremo trditi, da gonilo po sliki 25 ne bi bilo uporabno. Da se zmanjšajo obtežbe vrtilne rame c pri izvedeni konstrukciji, je boljše, da rame ne zmanjšamo, temveč raje nekoliko zvečamo oziroma da izvedemo dolžino $c = a + d$.



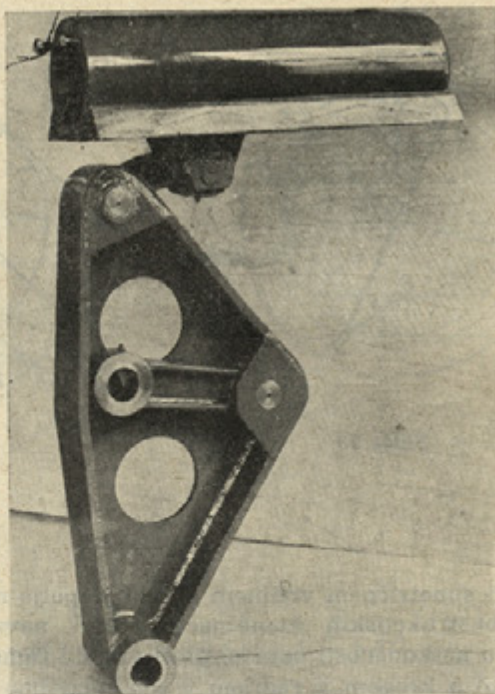
Slika 26



Slika 27



Slika 28



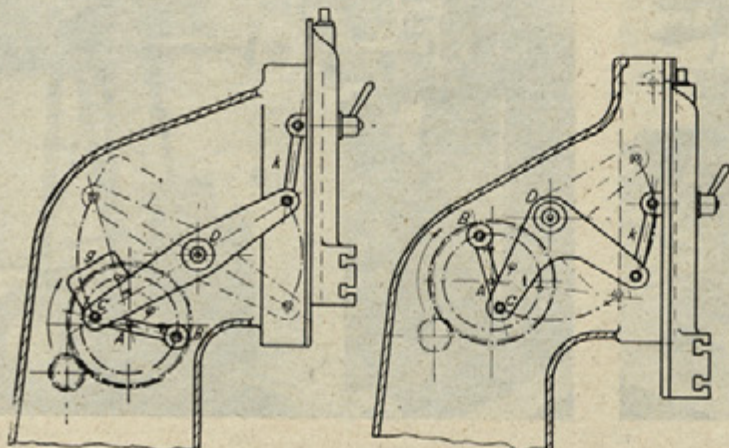
Slika 29

Izvedba primerjalnih preskusov

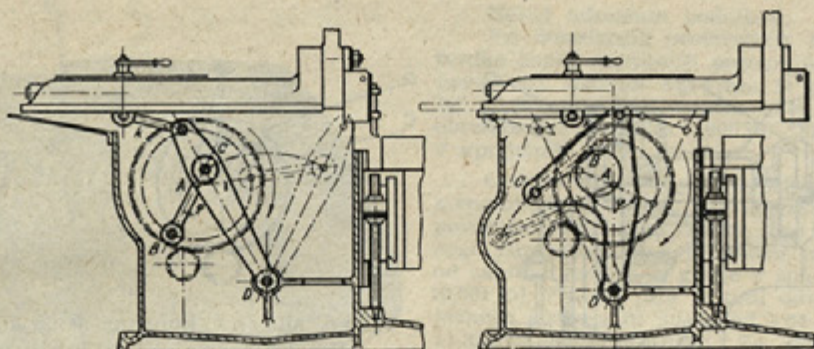
Vzporedno s teoretičnim proučevanjem je bilo sprežno mahalno gonilo preskušeno v laboratoriju za mehansko tehnologijo in gradnjo obdelovalnih strojev tukajšnje fakultete za strojništvo, in sicer s primerjavo mahalke z ovozo in mahalko na sprego.

Sliki 26 in 27 kažeta preskuševalno napravo, pri kateri sta bili uporabljeni mahalki po slikah 28 in 29; ti mahalki sta bili povezani preko kratke sprege s hidravličnim valjem, ki se je kakor pehalo gibal sem in tja proti fiksno stoječemu batu. Ta bat je bil priključen na trdno stoječo glavo, v kateri je bil vgrajen poseben ventil, skozi katerega se je pretakalo olje hidravlike skoraj neovirano od ene strani na drugo, kadar se je pehalo s pospe-

šeno hitrostjo vračalo v začetno lego. Moč, ki je bila med preskusi dovajana napravi, je bila merjena po eni strani z Maikah-indikatorjem in ocenjevanjem diagramov, hkrati pa še z električnimi merilnimi napravami, med drugim tudi s precizijskim laboratorijskim števcem Landis & Gyr. Za oba mahalna sistema je bilo izvedeno enako število preskusov, ki so potekali v enakih časih. Gibe pehala je bilo mogoče menjavati s spremembo pogonske ročice, vrtilna hitrost pa se je dala menjavati s prestavami zobniškega predležja. Primerjalni preskusi z obema mahalkama, ki so bili izvedeni za enake pospeševalne razmere gonila, so pokazali, da so bili doseženi s sprežno mahalko pri vseh štirih hitrostih in različnih obtežbah pehala dosti boljši izkoristki kakor z ovožno mahalko.



Slika 30



Slika 31

Konstrukcija mahalnega in vrtilnega spreznega gonila

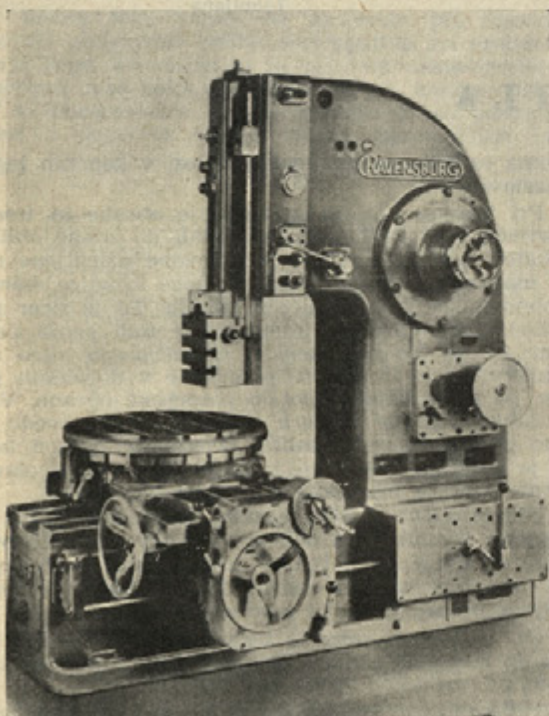
Pri gradnji obdelovalnih strojev uporabljamo pogostoma mahalna gonila za vodoravne in navpične pehalne stroje. Na slikah 30 in 31 sta prikazani shematični konstrukciji gonil, pri katerih je mahalka narisana kot enostavni ali dvojni vzvod. Slika 32 kaže foto posnetek navpično pehalnega stroja, v katerem je vgrajena mahalka v obliki dvo-krakega in z utežjo zbalansiranega vzvoda. Kadar naj navpično pehalni stroj pehalo prestavlja na eno ali drugo stran za večji naklonski kot, takrat je ustreznejša kombinacija pogonskega ustroja z vrtilno-spreznim gonilom npr. po sliki 33. Z vrtilnimi spreznimi gonili so dostikrat opremljene težke mehanske preše za globoki vlek, kakršne uporab-

ljamo za preoblikovanje pločevine. Te preše imajo po dvojce vrtilnih spreznih gonil, ročice teh gonil so gnane preko težkih zobniških prenosov, s spregami gnane vrtilne rame, ki so ekscentrično uležajene, pa sučejo težke bočkaste gredi in gibljejo preko prestavljivih ojnic pehalo navzgor in navzdol. Vrtilna rama se ne suče enakomerno in je za navzdolnje gibanje pehala, torej takrat, ko je potrebna velika sila, gibanje počasno, za navzgornje gibanje pa je pospešeno.

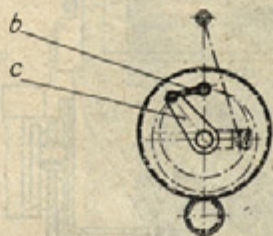
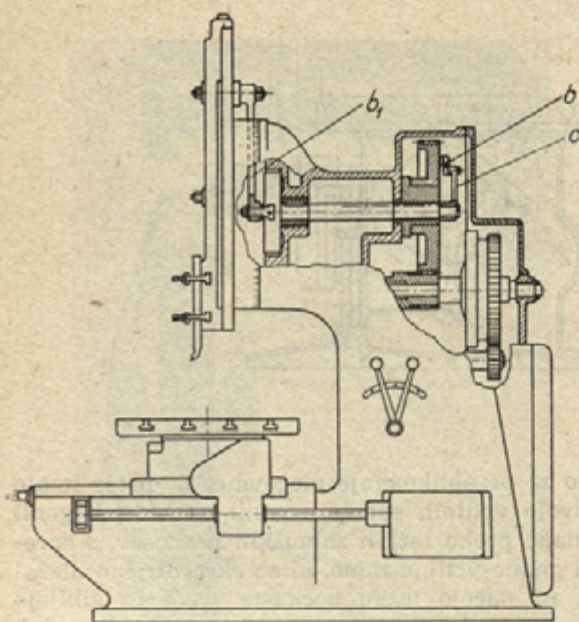
Zaključne pripombe

Ce primerjamo med seboj za prakso pomembne štiri- in večgibne mehanizme, s kakršnimi je mogoče dosegati različne hitrosti pri sem- in tjakajšnjih gibih, lahko ta gonila razdelimo v dve skupini, in sicer v gonila z mahalnim členom c in gonila z vrtilnim členom c. Za pospešeno gibanje mahalke pri povratnem gibu in pospešeno sukanje vrtilne rame nekako v polovici časa enega vrtiljaja, je odločujoča razdalja h zgiba D od oboda ročičnega kroga. Za mahalke se razteza to polje v neskončnost med dvema vejama hiperbole. Pri $h = 0$ je pospešanje mahalke neskončno veliko, pri $h = \infty$ pa enako nič, tj. gibanje zgiba C za tja in nazaj je popolnoma enako in se ujema z gibanjem pri križni ovozi. Križna ovoza se v gradnji strojev uporablja prav takrat, kadar je potrebno enako gibalno stanje za obe smeri.

Polje, kakršno nam je na voljo za najrazličnejše variacije vrtilnih spreznih gonil, pa je neprijemno manjše in omejeno s krogom ročice a. Spremembe razdalje h so možne od oboda ročičnega kroga do središča A tega kroga. Pri $h = 0$, tj. če je zgib D sicer v notranjosti kroga, vendar zelo blizu oboda, je hitrost vrtenja rame c pri pasiranju točke B' izredno pospešena. Če zgib D vrtilne rame c premikamo vedno bliže zgibu A ročice a, postajajo vrtilne hitrosti rame čedalje bolj izenačene in postanejo med vrtilajem popolnoma enake, če je razdalja h enaka ročici a, tj. če ležita zgiba A in D v eni točki. Temu mejnemu primeru, pri katerem imamo pri vrtilni rami popolnoma konstantno vrtilno hitrost, imamo pri mahalki soroden ekstrem, pri katerem so kinematične razmere za gib sem in tja tudi enake.



Slika 32



Slika 33

Povrh mnogoštevilnih konstrukcijskih možnosti vrtilnih mehanizmov je posebej pomemben ekstremen primer, kadar namreč zgiba A in D ležita v isti točki. Med drugim uporabljamo namreč sprežne prenosne mehanizme, s katerimi je mogoče prenašati vrtilna gibanja od ene gredi na drugo, povsem enakomerno — pri tem pa je celo mogoče, da se ena od gredi vzporedno premika v višino za okrog 20 do 30 mm, ne da bi to vplivalo na enakomernost vrtenja. Take prenose imamo npr. pri električnih lokomotivah, pri katerih se od prostih gredi prenašajo z večz gibnimi vrtilnimi mehanizmi

velike sile na kolesne sestave, ki v primerjavi z ovzmetenim ogrodjem lokomotive relativno niso premakljivi. Pri teh zanimivih prenosih za konstantna vrtilna gibanja uporabljamo povrh ravninskih večz gibnih vrtilnih mehanizmov tudi ustrezna prostorninska sprežna gonila.

S tehnološke plati je treba poudariti, da gonila na sprego veliko lažje obdelavamo kakor ovoze s planimi ploskvami, ki so lahko natančno vzporedne. Vzporodne izvrtine je mogoče veliko precizneje obdelovati v primerjavi z ovozami. Ker pri mehanizmi med pogonom menjavamo velikost ročice, se na čepe ročic nataknejo polzniki ne gibljejo vedno vzdolž celotne ovoze in se zato ploskve ovoz neenakomerno obrabljajo. Tudi pri remontih strojev je mogoče zvezne dele spreg veliko lažje in natančneje popravljati kakor ovoze. Cilindrična uležajenja, kakršne imamo pri sprežnih mehanizmi, lahko ustrezneje opremljamo z mazalnimi napravami — pri tem pa uporabljamo lahko tudi tlačno mazanje.

Avtorjev naslov: akademik prof. ing. Feliks Lobe,
Fakulteta za strojništvo,
Ljubljana

POROČILA

DK 621.226

HIDROSTATIČNI VIJAČNI SISTEM CIRIL PISANSKI

V zadnjih letih je bilo že večkrat slišati o novem hidrostatičnem vijaknem sistemu, ki deluje pod velikim pritiskom olja in omogoča pretvarjanje krožnega gibanja v vzdolžno, ne da bi prišlo med navoji matice in vretena do kovinskega dotika.

V nadaljnjem navajamo nekaj najnovejših, nedavno objavljenih podatkov nekega angleškega podjetja, ki je izdelavo vreten in matic v skladu s hidrostatičnim vijaknim sistemom uvrstilo v svoj proizvodni program.

Hidrostatični vijakni sistem uporablja visokotlačni oljni film med navoji matice in vretena. Trenje je zanemarljivo in je potrebna le tolikšna sila, kolikor je potrebujemo za premagovanje strižnih sil v oljnem filmu.

Vijakni sistem za pretvarjanje krožnega v vzdolžno gibanje je zlasti v rabi pri številnih obdelovalnih strojih. V splošnem deluje navadni sistem, vijak — matica, zelo dobro. Probleme povzročajo samo obraba in izgube zaradi trenja pri obremenitvi. V zvezi z naraščajočo obrabo in povečanim zrakom med navoji prihaja

časoma tudi do večjih nenatančnosti v končnih legah in nastavitvah.

Pri iskanju poti za zmanjšanje obrabe in trenja pri vijaknih sistemih so se dokopali do znane oblike, pri kateri so med ustrezno oblikovane ožlebljene navoje matice in vretena vložili kaljene kroglice, kar je podobno kakor pri krogličnih ležajih. To je sicer pomenilo velik napredek, imelo pa je tudi svoje slabe strani: stroški so z zahtevano natančnostjo hitro naraščali, vibracije, ki so se pojavljale v določenih pogojih, pa so privajale celo do pospešene obrabe. Vseeno lahko trdimo, da gre uporabi takih izvedb še vedno prednost pred ostalimi izvedbami povsod tam, kjer je potrebno delovanje v popolnoma suhem okolju oziroma kjer je nemogoče uporabiti hidravliko.

Hidrostatični vijakni sistem je mnogo boljši od omenjene izvedbe s kroglicami v navojnih žlebovih matice in vijaka. Odporen je proti osnemu podajanju, mehanski izkoristek je lahko 99 %, obraba je zanemarljiva in praktično ni mrtvega hoda.

Ob uspešnem razvoju tega sistema računajo, da bodo do leta 1970 samo v Veliki Britaniji uporabili ta sistem pri približno 20 000 orodnih strojih.

Hidrostatični vijakni sistem je uporabljen in priporočljiv tudi pri mnogih ročno upravljanih strojih, pri katerih so natančnosti izredno velikega pomena,