

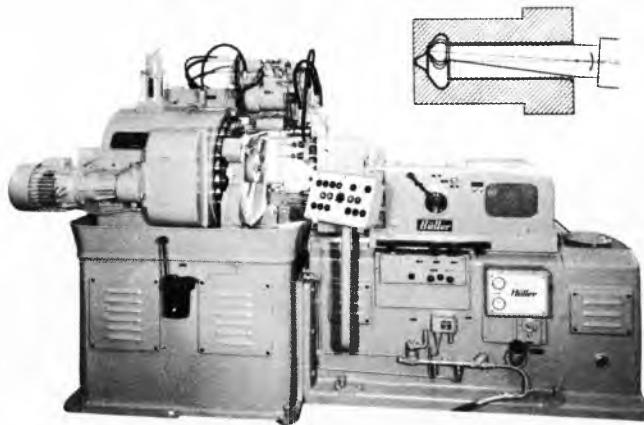
rasporedom radnih jedinki; b) okretne stolno-prstenaste, stepenovane po promjerima stolova; upotrebljavaju se na specijalnim strojevima sa središnjim rasporedom radnih jedinki; c) okretne bubnjlaste, vertikalno položene s horizontalnim osovinama; upotrebljavaju se na specijalnim strojevima kojima se izraci obraduju istovremeno na suprotnim stranama; d) uzdužno pomicne; radne se jedinke u tom slučaju raspoređuju na jednoj ili na objema uzdužnim stranama postolja na kojoj klizi uzdužno pomicna taktna jedinka. Pogon taktnih jedinki je elektromehanički ili hidraulični, pri čemu se radom automatski upravlja iz upravljačke jedinice.

**Izvedba specijalnih alatnih strojeva.** Specijalni alatni strojevi dijele se u temeljnim crtama na dvovodne specijalne alatne strojeve, na kojima izradak relativno miruje, i specijalne strojeve s taktnim pomakom izratka od jedne do druge radne jedinke. Prema upotrebljenim radnim jedinkama, mirujućim prihvatnim stolovima, odnosno taktnim jedinkama, moguće je nepregledan niz različitih izvedbi unutar ove temeljne podjele.

Pri obradi izratka na *dvovodnim specijalnim alatnim strojevima* izradak miruje pričvršćen u zahvatnoj stezi montiranu na pričvršnom stolu, a izradak se obraduje jednim dvostrukim hodom (brzi prilaz, posmak i brzi povrat) jedne ili više radnih jedinki, koje su u zavisnosti od izratka porazmještene oko izratka, snabdjevene odgovarajućim reznim alatima (svrdlima, navojnim svrdlima, bušnim motkama, glodalima itd.). Ako se izradak obraduje samo jednom radnom jedinkom, dvojni specijalni stroj je jedno-putan, ako se obraduje dvjema radnim jedinkama (sl. 261) ili više njih (sl. 262), istovremeno ili u fazno pomaknutom vremenu, on je višeputan. U svakoj radnoj jedinki može biti jedan rezni alat ili njih više. Dvovodni specijalni alatni strojevi izvode se i s ručnom ili automatskom promjenom sloga alata, tako da u prvom dvohodu obraduju izradak prvim sloganom alata, a u drugom dvohodu drugim sloganom.

Pri obradi izradaka na *specijalnim alatnim strojevima s taktnim pomakom* izradak prolazi u taktu koji odgovara najduljoj obradi kroz sve stанице radnih jedinki i na njima se jednim prolazom potpuno obradi različitim reznim alatima. Prema vrsti kretanja izratka, odnosno prema vrsti upotrebljenih taktnih jedinki, dijele se taktni strojevi u okretne i uzdužne. *Okretni taktni strojevi* dijele se prema rasporedu radnih jedinki na stolne, prstenaste i bubnjlaste. Na stolnim okretnim taktnim strojevima (v. prilog) radne jedinke raspoređuju se oko okretne taktnе stolne jedinke, na prstenastim (sl. 263) se radne jedinke smještaju unutar središta

i angažirana je uvijek samo jedna radna stanica. Redni uzdužni taktni strojevi se upotrebljavaju samo kad se izradak može obraditi u malom broju stanicu (2 do 5) i kad obrada u jednoj stanci traje znatno duže nego obrada u svim ostalim radnim stanicama. Pri takvoj pojedinačnoj obradi izratka razlika u vremenu obrade nije važna jer se pojedini taktni strojevi određuju prema vremenu obrade u pojedinim stanicama. Transferni uzdužni taktni specijalni strojevi (v. prilog) obraduju istovremeno na svim radnim stanicama istovjetne izratke, upete u posebnim napravama i smještene na transfernoj traci koja prolazi između radnih jedinki. U svakoj radnoj stanci obavlja se jedna operacija s pomoću jednog ili više reznih alata. U slijed operacija uklopljene su i operacije prihvata izratka, njegovo stezanje u prihvatnu napravu, međukontrola pri obradi, otpuštanje i vodenje gotovog obrađenog izratka i vraćanje slobodne prihvatne naprave u početni položaj. Proces obrade je potpuno automatiziran. Nakon svakog takta — koji je jednak vremenu obrade na onoj radnoj stanci gdje je ono najdulje — završava se obrada jednog izratka. Transferni uzdužni taktni specijalni strojevi po svojoj konceptiji i konstrukciji u potpunosti zavise od izratka koji obrađuju.



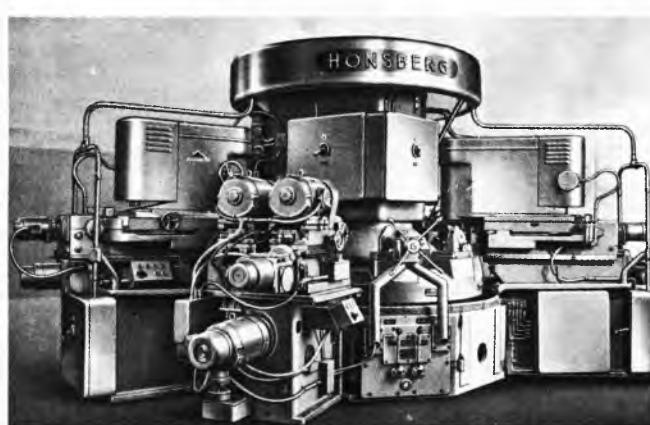
Sl. 264. Jednoputni dvovodni specijalni alatni stroj s vertikalnim taktnim bubenjem za obradu sapnica

Gradeni od standardiziranih radnih, stolnih, posmičnih i taktnih jedinki, transfervni uzdužni taktni strojevi mogu se — unutar izvjesnih granica — pregradivati i upotrijebiti za obradu istovjetnih izradaka drugih izmjera. Težište je upotrebe transfervnih uzdužnih alatnih strojeva u motornoj i automatskoj industriji i u masovnoj produciji strojnih dijelova.

LIT.: W. P. Turner i F. O. Halsey, Machine tool work; fundamental principles, New York 1945. — M. E. Егоров и В. И. Дементьев, Технология механической обработки металлов, Москва 1946. — H. C. Town, Modern machine tools, London 1947. — D. Mandl, Bušenje, Zagreb 1949. — E. Matić, Alat i mašine alatke, Beograd 1949. — P. Stanković, Mašine alatke, Beograd 1950. — H. Schallbroch, Bohrarbeit und Bohrmaschine, München 1951. — O. Dürr i O. Wachter, Hydraulische Antriebe, München 1952. — C. O. Herb, Machine tools at work, New York 1953. — H. D. Burghardt i A. Axelrod, Machine tool operation, Pt. 1–2, New York 1953–54. — F. Schwert, Spanende Werkzeugmaschinen, Berlin 1956. — Hall and Linsley, Machine tools, New York 1957. — N. S. Atschkeran, Werkzeugmaschinen, Berlin 1958. — F. R. Riegel, Rechnen an spanenden Werkzeugmaschinen, Berlin 1958. — A. R. Métral, dir., La machine outil, Paris 1953–59. — Ю. А. Шувалов и В. А. Веденский, Металлорежущие станки, Москва 1959. — H. Schöpke, Getriebe, München 1960. — G. Graupner, Fräsmaschinen, Berlin 1961. — O. Ly.

**ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA**, alatni strojevi čije osobine uslovjavaju drvo kao materijal obrade. Mali otpori rezanja i male količine toplice koje se razvijaju na oštricama alata omogućuju velike brzine rezanja (do 90 m/s), velike brzine posmaka (do 80 m/min) i velike brojve obrtaja (do 28 000 o/min) koji su karakteristični za te strojeve.

Konstrukcije stalaka i drugih osnovnih nosivih elemenata moraju biti statički i dinamički krute zbog velikih brzina rotacije i alternacije pokretnih dijelova. Oblici su kutijasti i okvirni sa velikim brojem rebara. Materijal izrade je pretežno sivi liv. Čelične varene konstrukcije se redje upotrebljavaju mada u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji mogu biti jeftinije. Brzohodni ležajevi su po pravilu sa kuglicama, specijalne izvedbe i specijalne tačnosti. Ponekad su ugrađeni sa elastičnim aksijalnim predna-



Sl. 263. Okretni prstenasti taktni specijalni alatni stroj sa 10 radnih jedinica

okretne taktne stolno-prstenaste jedinke, a na bubenjastim (sl. 264) radne su jedinke horizontalno položene oko vertikalnog bubenja i na njima se mogu obradivati izraci na jednoj ili na objema protupoštenim stranama. Na svim okretnim taktnim specijalnim strojevima omogućena je tekuća (stalna) obrada dijelova bez prekidanja samih operacija obrade. *Uzdužni taktni specijalni alatni strojevi* dijele se na redne i transferne. Na rednim taktnim specijalnim strojevima izradak se u taktu kreće od jedne radne stанице do druge i nakon obrade враћa se u početni položaj gdje se izvršava izmjena izradaka. U obradi se nalazi samo jedan izradak

ponom između spoljnog i unutrašnjeg prstena (v. sl. 29), radi uklanjanja zazora u ležaju. Podmazuju se pretežno mašću koja dobro brtvi protiv prodiranja prašine u ležaj, što je važno zbog velike količine sitne strugotine dispergirane u atmosferi radionica za obradu drveta.

Sve veći zahtevi u pogledu *tačnosti rada* strojeva za obradu drveta ograničeni su deformacijama drveta usled promena vlažnosti. Minimalna tolerancija koju je moguće postići u obradi drveta uz brižljivo prethodno sušenje i pri radu u klimatiziranim radionicama iznosi  $\pm 0,1\text{mm}$ . Prema tim mogućnostima uskladena je tačnost izrade onih strojnih delova koji određuju tačnost obrade. Površine koje vode drvo pri obradi izrađuju se sa tolerancijama od  $\sim 0,2 \text{ mm}/1000 \text{ mm}$  u pogledu neravnosti i paralelnosti, upravnosti i tačnosti uglova. Dozvoljene ekscentričnosti vodećih valjaka iznose  $\sim 0,05 \text{ mm}$ . Tačnost hoda priključaka brzohodnih alata ograničena je i zbog vibracija; radikalne tolerancije iznose  $\sim 0,02 \text{ mm}$  a aksijalne  $\sim 0,05 \text{ mm}$ . Tačnost drugih elemenata određuje se opštим normama za izradu delova u alatnoj strojogradnji. Izvesni propisi u pogledu tačnosti rada strojeva za obradu drveta dati su u »Uslovima za preuzimanje« koji su objavljeni u okviru nemackih DIN-normi i sovjetskih standarda GOST. Međutim, do danas nema da te strojeve opšte priznatih standarda tačnosti koje bi bile analogne normama za alatne strojeve za metal po Schlesingeru. Stoga se određivanje stepena tačnosti u radu strojeva za drvo vrši ili prema zahtevu korisnika ili prema navedenu proizvođaču.

Obradljivost drveta zavisi, osim o konkretnom tehnološkom postupku, i o nizu okolnosti koje se najčešće ne mogu jednoznačno obuhvatiti. Stoga se geometrijske karakteristike alata, propisane brzine rezanja i propisani posmaci daju u vrlo širokim granicama. Time je *određivanje režima obrade* na strojevima za obradu drveta svedeno u većoj meri na rešavanje od slučaja do slučaja na osnovu iskustva, pa i na podešavanje u toku samog rada. Da bi se sprečila nepredviđena preopterećenja strojeva, ugrađuju se ampermetri za kontrolu opterećenja i bestepeni menjači za regulisanje brzine posmaka u toku rezanja.

Usled malih otpora rezanja drveta proizvode se tokom obrade u jedinici vremena zнатне količine strugotine. Stoga predstavlja *odvođenje strugotine* značajan faktor kome se mora prilagoditi konstrukcija stroja i alata (npr. odsinski levci i ekshauktorski uredaji treba da imaju pogodne priključke na stroju ili treba da su ugradeni u sam stroj, brzine posmaka su često ograničene volumenom međuzublja alata i sl.).

*Zaštitni uredaji* na strojevima za obradu drveta su od izuzetne važnosti zbog velikih brzina rezanja, velikih brojeva okretaja i čestih pomoćnih kretanja rukom. U primeni je velik broj zaštitnih sredstava koja većinom samo delimično zadovoljavaju. Efikasnija rešenja ostvaruju se konstrukcijama koje smanjuju ručno posluživanje stroja pri radu i u kojima je zaštitni uredaj sastavni deo samog stroja.

*Rezni alati* se izrađuju od nelegiranih, legiranih i visokolegiranih (brzoreznih) čelika, a danas u sve većoj meri i sa oštricama od tvrdih metala. Sečivo se oblikuje prema vrsti i stanju drveta. Oštrenje i priprema alata vrši se na specijalnim strojevima i uređajima. Ispitivanje radikalne i aksijalne tačnosti oštrenja vrši se mernim instrumentima. Kod brzohodnih alata potrebno je statičko i, ukoliko je širina prema prečniku veća od  $\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}$ , dinamičko uravnoteženje.

*Pogon*, najčešće pojedinačni, vrši se elektromotorima sa kratko spojenim rotorima preko klinastih remena. U nekim slučajevima imaju prednost specijalni, prema stroju konstruirani elektromotori čija vratila istovremeno služe i kao nosači alata (v. sl. 13). Veliki brojevi obrtaja postižu se pri direktnom pogonu elektroagregatima za povišenje frekvencije, a pri indirektnom pogonu specijalnim remenima od tekstila ili na bazi plastičnih masa.

Kao rezultat težnje za *automatizacijom* procesa proizvodnje pojavljuje se u drvenoindustrijskim pogonima sve veći broj strojeva za obradu drveta sa automatskim posmakom, sa automatskim upinjanjem materijala, sa automatskim transportom, pa čak i strojeva koji rade u punoj meri automatski. Za automatsko pokretanje i upravljanje primenjuju se mehanički, hidraulički, pneumatski, električki, elektronski i kombinovani uredaji, na analogan način kao kod alatnih strojeva za metal. Znata nehomogenost i

nestabilnost oblika materijala obrade uzrokuje izvesno zaostajanje automatizacije strojeva za drvo za automatizacijom strojeva za metal. Npr. pri snabdevanju strojeva polufabrikatima iz sopstvenih magacina gotovo neizbežno dolazi do povremenih zastoja jer se pojedini komad deformisao na nepredviđen način. Druge smetnje proizlaze iz osobina drveta, kao što su nejednolikost težine, promenljiva vlažnost, neravnometerna čvrstoća, zasukanost godova, ispadanje čvorova. Zato se predviđa da mnogi strojevi uopšte neće preći fazu delimične automatizacije. Međutim, na nekim područjima gde su ove teškoće manje izražene očekuje se prelaz na punu automatizaciju već u skorijem vremenu (npr. u proizvodnji ploča iverica).

*Standardizacija* u oblasti strojeva za obradu drveta delimično je provedena standardima Savezne republike Nemačke i SSSR. Počelo se sa propisivanjem tipskih veličina nekih konstruktivno sazrelih i ustaljenih strojeva kod kojih se ne očekuju značajnije promene u dimenzijama i obliku (npr. stolnih tračnih pila, blanjalica, glodalica). Standardizacijom su obuhvaćene priključne mere za alate i ekshauktorske uredaje, zatim oblici i visine stolova radi prilagodivanja stroja radniku. Pri tome se težilo za tim da propisi fiksiraju mali broj veličina, kako bi se što manje ograničio dalji konstruktivni razvoj, a da se ipak obuhvate one osnovne veličine koje su merodavne za stvaranje ekonomski i tehnički opravdanog užeg izbora strojeva, alata, uredaja i delova.

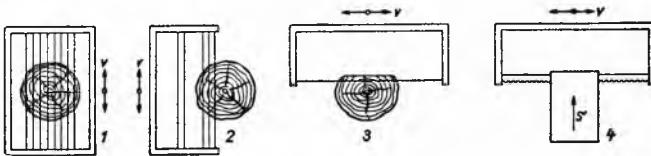
*Razvrstavanje strojeva za obradu drveta* vrši se prema području primene, prema vrsti obrade, prema ugradenom alatu i prema drugim kriterijima. U ovom članku usvojeno je, u osnovi, razvrstavanje prema primjenjenom alatu.

#### RAZVRSTAVANJE STROJEVA ZA OBRADU DRVETA

Vrsta obrade	Grupe strojeva	Primenjeni alati
Obrada skidanjem strugotine	Jarmače Tračne pile Kružne pile Lančane pile  Blanjalice Glodalice  Lančane glodalice Bušilice Brusilice Tokarilice	Listovi pila jarmača Beskonačne tračne pile Kružne pile Lančane pile  Vratila s noževima Glodalica, glave s noževima Lančana glodalica Burgije Brusne folije Tokarski noževi
Obrada bez skidanja strugotine	Strojevi za razdvajanje Strojevi za obradu deformacijom	Sečiva za odrezivanje, prorezivanje i cepljanje Modeli, matrice, patrice, žigovi
Kombinirana obrada	Prostorno kombinirani strojevi Tehnološki kombinirani strojevi	Grupa nezavisnih alata Tehnološki kombinirani alati

#### JARMAČE

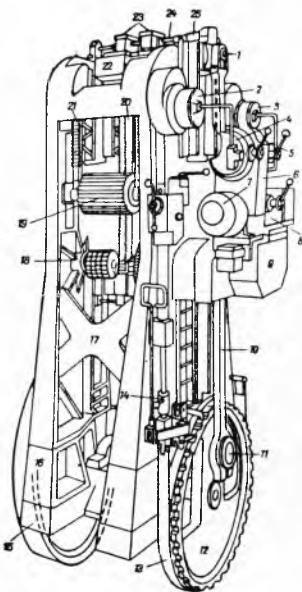
Jarmače su namenjene uzdužnom propiljivanju trupaca. Alat — listovi pile upeti u jaram — svojim naizmeničnim kretanjem izvode rezanje, a posmak s' se ostvaruje prinudnim kretanjem drveta u ravni pila približno upravno na pravac rezanja. Naizmenično kretanje pila ostvaruje se mehanizmom krivaje; on za stalni broj okretaja  $n$  daje brzine rezanja koje se menjaju po sinusnom zakonu:  $v = r \omega (\sin \phi + 0,5 \lambda \sin 2\phi)$ , gdje je  $\omega = 2\pi n$  a  $\lambda = \frac{r}{l}$ . Za male vrednosti  $\lambda$  je  $v \approx r\omega \sin \phi$  a srednja brzina rezanja  $\bar{v} = 4rl$ . Prema pravcu glavnog kretanja jarmače se dele na vertikalne i horizontalne (sl. 1).



Sl. 1. Shematski prikaz raznih vrsta jarmova, 1 vertikalni puni jaram, 2 vertikalni bočni jaram, 3 horizontalni jaram, 4 horizontalni jaram za furnire

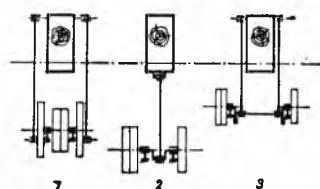
## ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA

**Vertikalne, pune jarmače** (primer: sl. 2) su najrasprostranjeniji primarni pilanski strojevi i služe u prvom redu za masovnu proizvodnju rezane grade četinara. Imaju čvrst zatvoren okvir



Sl. 2. Vertikalna jarmača sa hidrauličnim pogonom posmaka, hidrauličnim dizanjem valjaka i podešavanjem odstojanja skupine pila tokom rada. 1 gornja glava ojnice, 2 hidraulični motor prednjeg podizača valjaka, 4 hidraulična pumpa prednjeg podizača valjaka, 5 hidraulična pumpa zadnjeg podizača valjaka, 6 posmično kućište za pogon pumpi podizača valjaka, 7 motor za pogon hidrauličnih pumpi, 8 hidraulični prigon za pogon posmaka, 9 mehanički prigon za ukopavanje posmaka ili podešavanja pila, 10 ojnice, 11 donja glava ojnice, 12 zamašnjak sa ozubljenjem za ručno okretnje, 13 kočnica, 14 zasun kočnice, 15 osnovna ploča, 16 umetak koji se vadi pri demontaži glavne osovine, 17 donja prečka, 18 donji ulazni posmični valjak, 19 gornji ulazni posmični valjak, 20 leva skupina pila, 21 zubna letva za podizanje i spuštanje gornjeg ulaznog posmičnog valjaka, 22 gornja prečka, 23 gornji par saonica za podešavanje odstojanja pila, 24 vreteno za pomicanje saonica (23), 25 pužni prenos za podešavanje odstojanja pila

jarma (v. sl. 1) u koji se upinje i do 24 listova pila. Prema osnovnoj izvedbi razlikuju se tri vrste punih jarmača (sl. 3). Najaširenija je izvedba sa dve ojnice jer je najpogodnija za velike širine jarmova. Konstrukcija sa jednom ojnicom ima prednost da se jaram ne



Sl. 3. SHEMA konstruktivnih sistema punih jarmača. 1 jarmača sa dve ojnice, 2 jarmača sa jednom ojnicom, 3 jarmača sa skraćenim ojnicama

utiskuje nego uvlači u drvo tokom radnog hoda, ali je donja prečka jarma izložena dodatnom savijanju. Zato se ovaj tip primenjuje za manje širine jarma i veće brojve okretaja. Izvedba prema sl. 3,3 odlikuje se kratkim ojnicama i malom dubinom ispod donjih posmičnih valjaka, te je i pored manjeg učinka pogodna za pokrete i privremeno smeštene jarmače.

Osnovni problem konstrukcije jarmača sastoji se u rešavanju toka inercijalnih sila koje uzrokuje neravnometerno kretanje delova i rešavanju toka sila usled napinjanja pila. Protivtegovi zamašnjaka obično se proračunavaju tako da u mrtvima tačkama uravnotežuju polovinu inercijalnih sila. To znači da u momentu prolaza kroz mrtve tačke preostaju dve (jedna vertikalna i jedna horizontalna) po iznosu jednake komponente koje se odvode u temelj 10...12 puta teži od same jarmače. Da bi se neravnometernost brzine krivaje smanjila na ~ 5%, potrebno je da zamašni momenat  $GD^2$  rotirajućih delova iznosi:

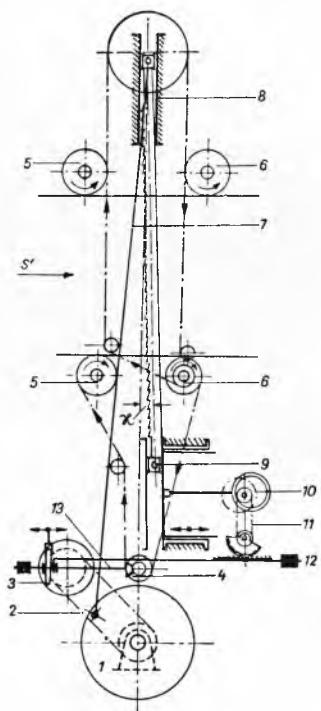
$$GD^2 = 4 r^2 \left( G_1 + G_2 \frac{x}{l} \right),$$

gde je  $G_1$  težina jarma sa pilama,  $G_2$  težina ojnice,  $x$  odstojanje težišta ojnice od ose rukavca krivaje. Radi postizanja potrebe krutosti, pile moraju biti prednapete silom  $S \approx 800 a^2$ , gde je:  $a$  debljina lista pile u mm,  $S$  sila u kp. Pod dejstvom ovih sila ugib prečki jarma veći je kod srednjih pila (koje se uz to tokom rada više zagrevaju i više istežu) nego kod bočnih pila. Noviji napinjači, na hidrauličkom principu, automatski apsorbuju ove deformacije i održavaju jednaki napon svih pila tokom rada.

Svršishodno rešenje kinematike posmaka i nagiba pila (sl. 4) od presudnog je značaja za učinak jarmače. Pri tome je zadatak da se, radi optimalnog odvijanja procesa rezanja, usklade promenljive brzine pila sa brzinama posmaka, da se postigne dobro izbacivanje piljevine i da se izbegne struganje zadnje strane zuba o drvo u povratnom hodu. Kinematicki uredaj za posmak može biti izведен za periodički ili za kontinuirani posmak. Periodički posmak ima prednost što su kretanje pile i kretanje drveta uskladeni po sinusnom zakonu, tako da se dobija približno jednoliki zahvat svakog zuba, ali je ograničen na brzine do ~ 300 o/min;

iznad te brzine nije pogodan zbog velikih inercijalnih sila koje nastaju diskontinuiranim kretanjem trupca. Postoje jednostruki za periodički posmak. Noviji hidraulički uredaji, zbog svoje jednostavnosti, sigurnog rada, lakog rukovanja i bestepenog menjanja brzine, predstavljaju najsavršenije rešenje periodičkog posmaka. Kontinuirani posmak, kod koga otpadaju iner-

Sl. 4. Automatsko podešavanje nagiba pila vertikalne jarmače. 1 pogonska remenica, 2 lanac za pogon menjajuća (3), 3 bestepeni menjajući brzine posmaka, 4 konični zupčanici za pogon posmičnih valjaka, 5 ulazni posmični valjci, 6 izlazni posmični valjci, 7 ojnice, 8 gornja vodilica jarma, 9 donja vodilica vodilica jarma, 10 ekscentar za podešavanje donje vodilice jarma, 11 lanac za podešavanje ekscentra (10), 12 zubna letva uzubljena sa segmentom i povezana sa menjajućem (3), 13 klinasta osovina;  $s'$  brzina posmaka,  $\times$  nagib pila



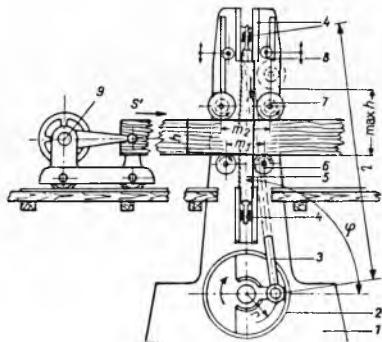
cijalne sile posmaka, primenjuje se za male, brzohodne jarmače sa brzinama do 400 o/min. Uredaj za kontinuirani posmak (sl. 4) ostvaruje ravnomernu i neprekidnu brzinu kretanja trupca tokom radnog i povratnog hoda pila. Povezivanjem bestepenog menjajući brzine 3 i ekscentra za podešavanje donje vodilice jarma 10 preko zubne letve 12, nazubljenog segmenta i lanca 11, postiže se veći ugao nagiba za veće brzine posmaka, što je neophodno za ostvarenje osnovne kinematike ovog sistema.

Teški gornji posmični valjci, poređ propulzije, ostvaruju i potreban pritisak na drvo prateći sve njegove neravnine tokom prolaza. Veće međusobno odstojanje osa  $m_2$  (sl. 5) u odnosu na  $m_1$  osigurava stalni jednosmerni pritisak drveta na kolica. Dizanje i spuštanje gornjih valjaka pri uvođenju novog trupca vrši se rучno, mehanički, hidraulički ili pneumatski.

Listovi pila za jarmače izrađuju se od ugljeničnog čelika sa 0,8...0,9% C i od kvalitetnijeg legiranog kromvanadijevog čelika sa ~ 5% Cr i ~ 0,3% V. Tvrdoča HR C pila iznosi 43...52, jačina na kidanje 160...185 kp/mm<sup>2</sup>, prednapon u jarmu 12...26 kp/mm<sup>2</sup>. Karakteristike su zuba (prema sl. 7):  $t = 18\ldots30$  mm,  $f = 9\ldots19 \pm 1$  mm,  $r = 4$  mm. Za meko je drvo  $\gamma = 12\ldots18^\circ$ ,  $\beta = 32\ldots40^\circ$ ; a za tvrdo drvo  $\gamma = 6\ldots12^\circ$ ,  $\beta \leq 44^\circ$ .

Dozvoljena brzina pomoćnog kretanja  $s'$  izračunava se iz površine meduzublja  $A$  uzimajući u obzir faktor rastresitosti (porast volumena pri pretvarjanju drveta u strugotinu), koji za rezanje mekog drveta jarmačom iznosi  $\rho = 2\ldots3$ , pomoću približnog obrasca:

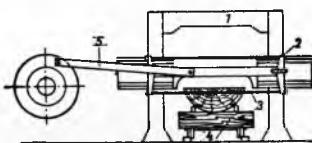
$$s' = \frac{AnH'}{ht\rho},$$



Sl. 5. SHEMA vertikalne jarmače. 1 stalak, 2 zamašnjak sa rukavcem krivaje, 3 ojnice, 4 vodilice jarma, 5 list pile, 6 donji posmični valjci, 7 gornji, visinski podešljivi posmični valjci, 8 Zubne letve za podešavanje valjaka (7), 9 kolica za trupac na ulaznoj strani, 10 trupac,  $h$  visina reza, max  $h$  najveći prolaz trupca,  $l$  dužina ojnice,  $m_1$  odstojanje osa donjih valjaka (6),  $m_2$  odstojanje osa gornjih valjaka (7),  $s'$  brzina posmaka drveta,  $\gamma$  ugao krivaje prema ravni kretanja pila,  $\beta$  polu-prečnik krivaje.

gde je  $H'$  dužina radnog dela hoda,  $h$  visina reza,  $t$  korak zuba. Praktično se kod višelisnih jarmača može postići  $s' \sim 3\ldots5$  m/min. Glavne performanse normalnih vertikalnih punih jarmača sa dve ojnice i sa širinom jarma  $560\ldots850$  mm iznose: hod  $460\ldots600$  mm,  $n = 300\ldots250$  o/min, srednja brzina rezanja  $4,8$  m/s, snaga  $35\ldots55$  kW. Učinak jarmača određen je, osim parametrima samog stroja, još i uredajima za transport i rukovanje. Usavršena kolica ubrzavaju manipulaciju trupcima. Posebnim uredajima moguće je podešiti rastojanje skupina pila u toku praznog hoda. Pomoću uredaja za daljinsko upravljanje može se sa kolica uključiti podizanje i spuštanje gornjih posmičnih valjaka, podešavati brzina posmaka i vršiti druge operacije. Korišćenjem takvih uredaja novije jarmače mogu uz poslužu dvojice radnika iseći godišnje  $\sim 20\,000$  m<sup>3</sup> drveta u jednoj smeni.

**Horizontalne jarmače** (sl. 6) odlikuju se kvalitetnim rezom, tankim listovima pile i mogućnošću određivanja debljine piljenice prema osobinama drveta pre svakog reza. One, međutim,



Sl. 6. Shema horizontalne jarmače. 1 stalak, 2 jaram, 3 list pile, 4 kolica sa upetim trupcem, 5 ojnicu

imaju mali učinak i zahtevaju veliki prostor za poprečno postavljenu ojnicu. Rezanje jednim listom pile (ređe sa 2 ili 3 lista) vrši se u oba smera. Periodičko ili kontinuirano pomoćno kretanje kolica sa trupcem po šinama ostvaruje se pogonskim uredajem preko zubne letve. Srednja brzina pile iznosi  $6\ldots7$  m/s. Brzine posmaka

ka bestepeno se podešavaju od 0 do 4 m/min. Povratna brzina kolica iznosi 25 m/min. Učinak iznosi  $15\ldots40$  m<sup>2</sup>/h. Horizontalne jarmače velikog učinka imaju brzine posmaka do 8 m/min i kapacitet do 60 m<sup>2</sup>/h.

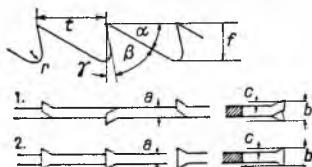
**Bočne jarmače** služe uglavnom za prizmiranje trupaca kao pomoći strojevi pred punim jarmačama. Ređe se upotrebljavaju kao samostalni strojevi. Kapacitet im je do 1 m<sup>3</sup>/h. Shematski je jaram prikazan na sl. 1, 2).

**Horizontalne jarmače za furnire** (sl. 1, 4). List pile postavljen u vertikalnoj ravni izvodi horizontalno glavno kretanje brzinom od  $\sim 7$  m/s. Pomoćno kretanje se izvodi pomoću kolica odozdo naviše brzinom do 1,5 m/min. Snage se kreću oko 5 kW.

#### TRAČNE PILE

Tračne pile se upotrebljavaju za uzdužno i poprečno odreživanje. Alat — nazubljena beskonačna traka — vrši ravnomerni obvojni hod  $v$  preko oboda točkova reže svojim slobodno razapetim delom. Posmak se  $s'$  ostvaruje kretanjem materijala okomito na ravan točkova.

Karakteristike su konstrukcije (v. sl. 8): točkovi, jedan pogonski drugi zatezni, postavljeni su na masivnom stalu; potreban prednapon pile ( $\sim 10$  kp/mm<sup>2</sup>) daju opruge ili tegovi; menjanje rastojanja točkova omogućava primenu pila razne dužine; položaj putanja zubi u odnosu na ivice točkova podešljiv je malom promenom ugla između osa točkova. Konstrukcija tračnih pila je u osnovi složenija od konstrukcije kružnih pila i ograničava prolaz materijala između pile i stala na dužinu  $l \approx D$  (v. sl. 8), ali pruža niz prednosti: mogućnost primene tankih pilnih traka a time i mali propiljak, znatne visine rezanja, male sile posmaka, sigurnost od povratnog udara, mogućnost izrade zakriviljenih površina. Radi preciznog reza točkovi su statički, ređe i dinamički, uravnoveženi sa tačnim hodom oboda u odnosu na osu. Stalak



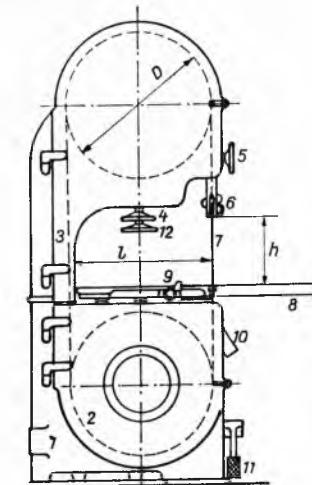
Sl. 7. Karakteristike zubi pile. 1 pila sa razmetnutim zubima, 2 pila sa stlačenim zubima, a debljina pile, b širina rezanja, c širina razmetanja odnosno stlačenja zuba, f visina zuba, r poluprečnik zaokruženja pazuha zuba, t korak zuba,  $\alpha$  zadnji ugao,  $\beta$  ugao klina,  $\gamma$  prednji ugao

mora biti krute i čvrste izvedbe zbog oscilacija nepotpuno uravnoteženih masa i zbog sili od napinjanja pile. (Primenjeni prednaponi pile izazivaju opterećenja na stalu od više stotina pa i više hiljada kiloponda, već prema preseku trake.)

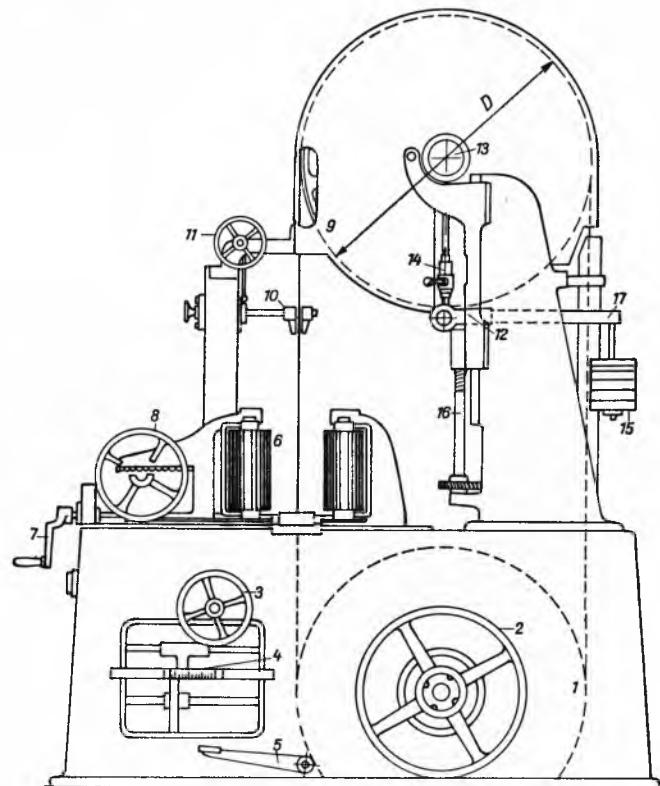
Pilne trake se izraduju od nelegiranih čelika, od legiranih krom-nikl-čelika (0,3..0,5% Cr i do 0,5% Ni), ili od legiranog

nikl-čelika (2% Ni), koji je, zbog veće plastičnosti, pogodan za stlačivanje zubi. Tvrdoće HRC iznose 39..45. Karakteristike su zubi pila (sl. 7):  $\alpha = 15\ldots35^\circ$ ,  $\beta = 40\ldots60^\circ$ ,  $\gamma = 15\ldots35^\circ$ ,  $f \approx 10$  a. Debljina je trake do tisućine prečnika točka pile. Radi slobodnog prolaza trake kroz prorez mora biti širina reza veća od debljine lista, što se postiže razmetanjem vrhova zubi (sl. 7, 1) za  $0,3\ldots0,9 \pm 0,05$  mm, ili stlačivanjem vrhova zubi (sl. 7, 2) za  $0,3\ldots0,6 \pm 0,05$  mm. Zbog primenjivanja uskih traka krutost lista je mala a naprezanja u materijalu se približuju području plastičnih deformacija. Stoga sve operacije pripreme i održavanja pilnih traka (lemljenje, stlačivanje, razmetanje, oštrenje, valjanje) treba da se izvršavaju brižljivo i stručno. Ovo važi naročito za široke trake trupčara i rastružnih pila, gde je dobro obrađen list neophodan preduslov ispravnog rada stroja.

Sl. 8. Stolna tračna pila. 1 stalak, 2 zaštitni poklopac donjeg točka, 3 zaštitni poklopac gornjeg točka, 4 ručno kolo za visinsko podešavanje gornjeg točka, 5 ručno kolo za visinsko podešavanje gornje vodilice pile, 6 gornja vodilica pile, 7 pilna traka, 8 radni sto, 9 nastavak za širinu reza podešljiv prema skali, 10 priključak za odsisanje strugotine, 11 nožna kočnica za zaustavljanje inercijalnog okretanja točka, 12 ručno kolo za podešavanje nagiba osovine gornjeg točka, h najveća (korisna) visina reza, l najveća udaljenost reza od levog ruba daske, D prečnik gornjeg točka



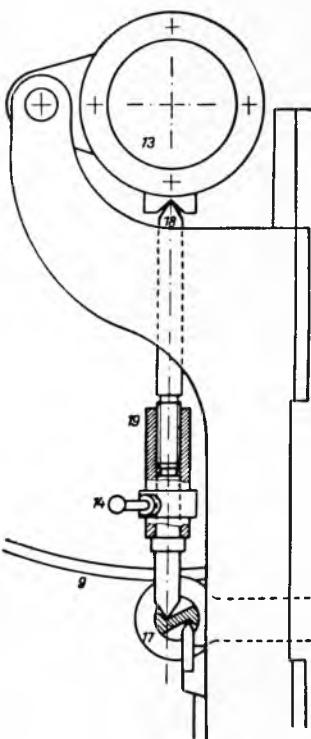
**Stolne tračne pile** (sl. 8) spadaju najosnovnije stolarske strojeve. Služe za uzdužno i poprečno rezanje, za izradu ravnih i zakriviljenih površina i za ostale vrste piljenja u završnoj preradi drveta. Isključivo su vertikalne konstrukcije. Pomoćno kretanje



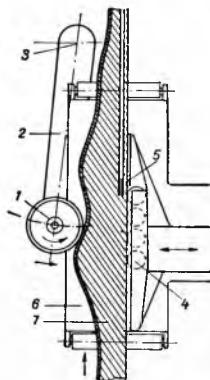
Sl. 9. Rastružna tračna pila. 1 stalak sa stupom, 2 pogonska remenica, 3 ručno kolo za bestepeno podešavanje brzina posmaka, 4 skala za brzine posmaka, 5 nožna poluga za razmicanje posmičnih valjaka (6), 6 dva para posmičnih valjaka, 8 ručno kolo za podešavanje levog para posmičnih valjaka, 9 gornji točak sa zaštitom, 10 gornja vodilica pile, 11 ručno kolo za visinsko podešavanje gornje vodilice pile (10), 12 saonica za visinsko podešavanje gornjeg točka (9), 13 ležaj gornjeg točka, 14 ručica za podešavanje nagiba osovine gornjeg točka, 15 utezi za napinjanje pilne trake, 16 vreteno za podizanje saonica (12), 17 poluga za napinjanje pilne trake, D prečnik gornjeg točka

je ručno. Za izvesne poslove primenjuje se i dodatni aparat za posmak, montiran na stolu. Vodilice iznad i ispod stola deluju protiv zakretanja trake u toku rada a zadnji točki gornje vodilice služi kao naslon. Na obod točkova obično se vulkanizira guma obloga radi boljeg prianjanja pile i radi amortizacije udaraca. Prečnici su točkova  $D = 300\cdots1200$  mm, širine točkova  $30\cdots60$  mm, visine reza  $h = 120\cdots750$  mm, brzine reza  $20\cdots40$  m/s, snage  $1,5\cdots10$  kW, širine pilnih traka  $3\cdots60$  mm, debljine pila  $0,6\cdots1$  mm.

**Rastružne tračne pile** (primer sl. 9 i 10) najčešće se primenjuju u pilanama i sandučarama za uzdužno rezanje dasaka i greda raznih veličina. One prave uzdužni rez između dve prethodno ravno obrađene površine. U principu rade kao i stolne tračne pile. Pomoćno kretanje ostvaruju motornom silom (mehanički ili hidraulički) preko dva para pomicnih valjaka. Moguće je bestepeno biranje brzina posmaka tokom rezanja. Valjci, koji se mehanički ili hidraulički prilagođuju raznim širinama ulaznog materijala, mogu se podešiti ili za odrezivanje određenih debljina ili za rezanje po sredini. Biranje debljine reza je ručno ili električno. Ispuštanje od  $0,1$  mm na želesnom obodu točkova deluju protiv svlačenja pile silom posmaka. Prečnici su točkova  $1000\cdots1800$  mm, visina reza  $\sim 600$  mm, brzina posmaka do  $50$  m/min, brzina reza  $30\cdots40$  m/s, snage  $12\cdots35$  kW, najmanja debljina reza  $4$  mm.



Sl. 10. Deo uređaja za podešavanje gornjeg točka (detalj iz sl. 9). 9 gornji točak, 13 ležaj gornjeg točka, 14 rukavica za podešavanje nagiba osovine gornjeg točka (9) okretanjem rukavca (19), 17 poluga za tegeve, 18 prednji podupirač ležaja (13) sa navojem za promenu dužine (zadnji podupirač je nepromenljive dužine); 19 rukavac s navojem za promenu dužine prednjeg podupirača (18)

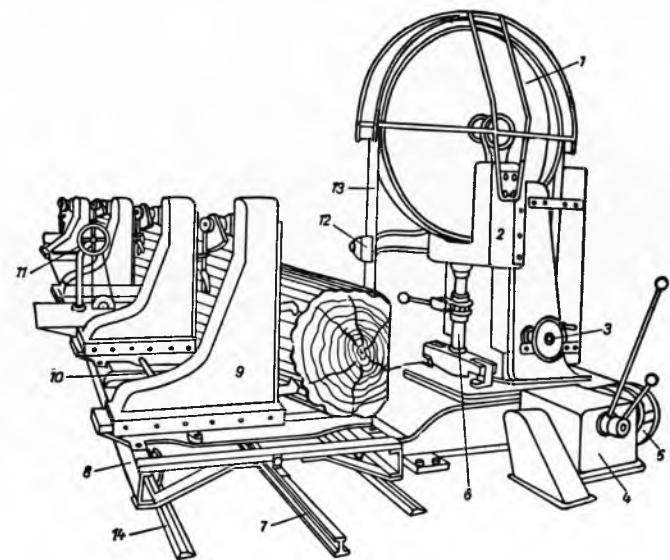


Sl. 11. Shema posmičnog uređaja univerzalne rastružne tračne pile. 1 posmični valjak, 2 poluga — nosač valjaka, 3 osa okretanja poluge (2), 4 nosl na slobodno okretnim valjcima, 5 pilna traka, 6 radni sto, 7 okorak

**Univerzalne rastružne tračne pile** po konstrukciji i karakteristikama odgovaraju rastružnim tračnim pilama, ali umesto spoljnog para valjaka imaju jedan na pokretnoj poluzi pomican nazubljen valjak koji lako prelazi i veće neravnine na drvetu (sl. 11). Usled toga ovi strojevi mogu da režu i gradu koja ima samo jednu prethodno obrađenu površinu (okorke, raspiljene oblice). Dodaju li im se kolica, mogu da obrade i prvi rez na oblicama, cepanicama i manjim trupcima.

**Tračne pile trupčare** primenjuju se za uzdužno rezanje trupaca i krupnije grade. Imaju sličnu ulogu kao jarmače. Rade na principu rastružnih tračnih pilama od kojih se u osnovi razlikuju kolicima za trupce. Široko su rasprostranjene u USA i zapadnoevropskim zemljama. U poređenju s jarmačama tračne pile trupčare se odlikuju manjim propiljkom, tačnjim i kvalitetnijim rezom, mogućnošću rada sa nesortiranom oblovinom, rezanjem većih prečnika trupaca i mogućnošću biranja debljine piljenice prema

osobinama drveta pre svakog reza, ali zaostaju u učinku, zahtevaju kvalificiraniju radnu snagu i osetljivije su na strana teča i smolu u drvetu. Zato su pogodnije za tvrdo i skupocenje drvo.



Sl. 12. Tračna pila trupčara. 1 gornji točak (donji pogonski točak smešten je ispod poda), 2 saonica za visinsko podešavanje gornjeg točka (11), 3 ručno kolo za visinsko podešavanje gornje vodilice pile (12), 4 hidraulični prigon pokretanja gornjeg točka (11), 7 nazubljena letva posmaka kolica za trupce (8), 8 kolica za trupce, 9 saonica za upinjanje trupaca, 10 vreteno za istovremeni poprečni pomak svih saonica za upinjanje trupaca (9), 11 ručno kolo za biranje debljine reza, 12 gornja vodilica pile, 13 pilna traka, 14 tračnice

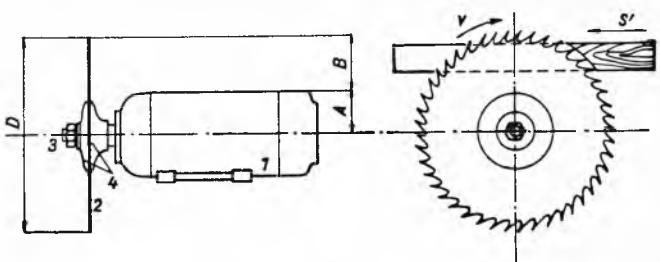
Najčešće se primenjuju vertikalne izvedbe (sl. 12), kod kojih se lakše odvaja odreznati komad i bolje odvodi strugotina. Posmak se vrši kretanjem kolica po šinama mehaničkim ili hidrauličkim pogonom. Pri povratnom hodu vrši se relativno odmicanje drveta od trake da bi se izbeglo trenje zubi pile o materijal. Kod usavršenijih izvedbi upravljanje posmakom, biranje debljine reza, upinjanje trupaca i druge operacije posluživanja vrše se sa jednog komandnog mesta električnim ili elektrohidrauličkim putem. Prečnici su točkova  $1000\cdots2500$  mm, visine reza  $600\cdots1800$  mm, dužine reza  $4\cdots12$  m, brzine posmaka do  $60$  m/min, povratne brzine do  $80$  m/min. Konstrukcije sa vodoravnim hodom trake ne zahtevaju donje prostorije i imaju jednostavniji sistem upinjanja trupaca.

**Ručne tračne pile** služe za rezanje teško prenosivih predmeta na gradilištima i pilanama. Prečnik točkova iznosi  $\sim 250$  mm, visina reza  $\sim 250$  mm, snaga  $\sim 0,75$  kW, težina  $\sim 25$  kp.

#### KRUŽNE PILE

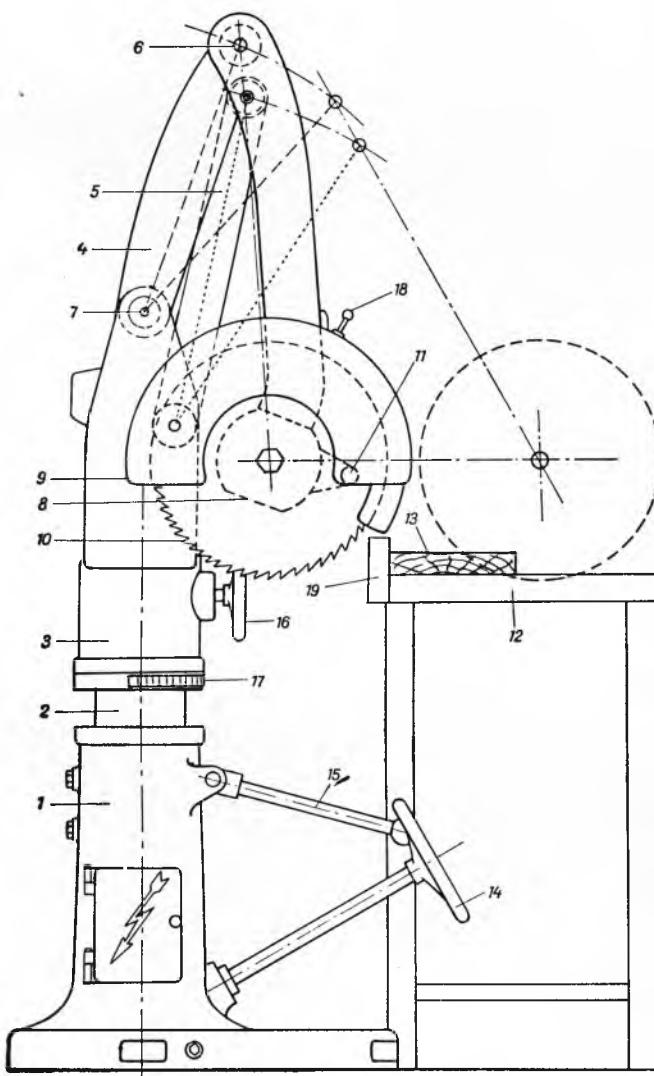
Kružne pile se upotrebljavaju za poprečno i uzdužno odreživanje drveta. Alat — po obodu nazubljena tanka kružna ploča (list pile) — okrećući se oko svoje ose izvodi glavno kretanje rezanja,  $v$ , a posmak  $s'$  vrši se u ravni ploče, po pravilu nasuprot smeru gibanja zubi (sl. 13).

Konstruktivno jezgro kružne pile predstavlja agregat sastavljen od lista pile upetog steznim pločama na prepustenom pogonskom



Sl. 13. Osnovni agregat kružne pile 1 specijalni elektromotor za kružne pile 2 list kružne pile, 3 vratilo, 4 stezne ploče, D prečnik lista kružne pile, A visina motora, B najveća dubina reza (iskorišćenje pile), v brzina reza, s' brzina posmaka

vratilu koje se okreće u kućištu sa dva kuglična ležaja. Pogon se vrši remenicom ili specijalnim elektromotorom na istom vratilu. Specijalni elektromotori za kružne pile izrađuju se sa malom visinom  $A$  radi postizanja što većeg iskorišćenja pile  $B$ . Zbog manjeg prečnika oni su duži od normalnih motora iste snage. Neposredno upinjanje pile na vratilo motora moguće je zato što dvopolni asinhroni elektromotori kod frekvencije od 50 Hz imaju  $\sim 2800$  o/min, što pri najčešće upotrebljenim prečnicima pile (400...500 mm) daje povoljne obodne brzine (60...75 m/s). Za razliku od tračnih pila, koje zahtevaju dva velika točka sa spojnim staklom, osnovni agregat kružne pile je konstruktivno jednostavan i prostorno sažet. Zato je pogodan za razne primene te se ugraduje na nekoliko desetina tipova strojeva. Osim toga kružne su pile, naročito u podstolnim izvedbama, pogodne za rezanje velikih ploča i dugačkih dasaka, a kruti list omogućava velike brzine posmaka. Međutim, vrlo široki propiljak, opasnost od povratnog udara i mala visina reza ograničavaju njihovu još širu primenu.



Sl. 15. Shema rada klatne pile se pravocrtnim hodom. 1 postolje, 2 stub za dizanje, 3 okretna vilica, 4 zadnje klatno, 5 srednje klatno, 6 prednje klatno, 7 osa povratne opruge, 8 specijalni elektromotor, 9 štitnik pile, 10 list pile, 11 ručica za pokretanje radnog i povratnog hoda, 12 radni sto, 13 radni predmet, 14 ručno kolo za dizanje stuba (2), 15 ručica za fiksiranje stuba (2), 16 ručica za fiksiranje ugla zakretanja vilice (3), 17 sklopka elektromotora, 18 sklopka elektromotora, 19 naslon stola

Listovi kružnih pila se izrađuju od nelegiranih ili legiranih krom-vanadijum-čelika tvrdoće HR C 42...52. Uglovi oštice zuba (prema sl. 7) iznose:  $\alpha = 15\ldots35^\circ$ ,  $\beta = 40\ldots60^\circ$ ,  $\gamma = 30\ldots15^\circ$  za poprečni rez,  $20\ldots40^\circ$  za uzdužni rez. Radijalna je centričnost zubi u odnosu na srednji provrt  $\pm 0,02$  mm. Aksijalni je udar oboda steznih ploča

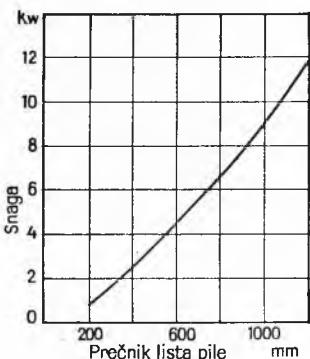
$\pm 0,01$  mm. Brzine su rezanja 50...80 m/s, posmaci 6...80 m/min. Snaga potrebna za rezanje kružnim pilama zavisi od uslova u konkretnom slučaju: od visine reza, od brzine reza, od brzine posmaka, od osobina drveta. Kako stroj mora da odgovara raznim režimima obrade, u praksi se elektromotori kružnih pila dimenzionisu prvenstveno prema prečniku lista (sl. 14).

Kružne pile se razvrstavaju prema sledećim namenama: za poprečno rezanje, za uzdužno rezanje, za poprečno i uzdužno rezanje.

#### Kružne pile za poprečno rezanje.

Za poprečno rezanje se najviše upotrebljavaju *kladne kružne pile sa pravocrtnim hodom*. Horizontalno kretanje ose pile vrši se sistemom od nekoliko klatna (sl. 15). Najčešće je pila (10) upeta neposredno na vratilo specijalnog elektromotora (8). Posmak je ručni preko poluge 11, ili hidraulični. Povratni hod i uravnотeženje masa klatna ostvaruje se oprugama (7) ili protivtegovima. Zakretanjem vilice 3 oko vertikalne ose postižu se kosi rezovi prema naslonu stola 19. Prečnici su pila 450...750 mm, brzine posmaka  $\sim 15$  m/min, snaga 2...6 kW.

*Klatne kružne pile sa lučnim hodom* imaju klatno koje je s jedne strane oslonjeno na zakretnoj osovinu, a drugi kraj mu nosi list pile i lučnim kretanjem oko oslonca vrši posmak. Nadstolne izvedbe, obešene na tavanici, ručno se povlače iz početnog položaja i u nj se vraćaju dejstvom protivtega. Danas se retko primeњuju zbog velikih dužina klatna. Podstolne izvedbe oslonjene su ispod stola. Kod hidrauličnih posmaka sila se prilagođava otporu rezanja. Komandovanje je nožnom polugom. Zbog lučnog hoda i debljine stola iskorišćenje je pila slabo pa se one rede primenjuju.



Sl. 14. Snage za pogon stolnih kružnih pila u zavisnosti od prečnika lista

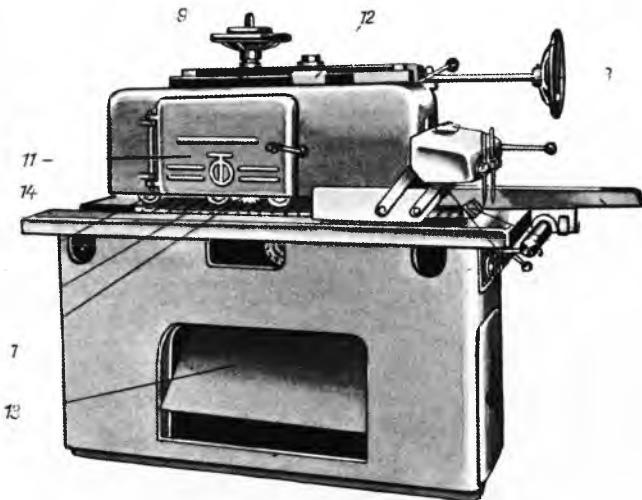


Sl. 16. Konzolna kružna pila

**Konzolne kružne pile** (za vrlo tačna poprečna rezanja) imaju šine vodilice za točkiće koje omogućuju horizontalni translatori hod osnovnog agregata. Posmak je ručni povlačenjem motora s pilom, ili hidraulički. Primer novije izvedbe prikazuje sl. 16. Vratilo alata može se postaviti pod svaki nagib prema radnom stolu, dok se konzola sa vodilicama zakreće prema potrebi oko ose stupa. Zahvaljujući takvim mogućnostima podešavanja postižu se na ovom stroju rezovi pod svakim prostornim uglom. Osim toga na osovinu alata moguće je upeti razne vrste glodalica i bruseva, takođe stezne glave za svrdla i čeona glodalica. Dubine piljenja iznose  $\sim 100$  mm, hodovi  $\sim 500$  mm, snage  $\sim 2,5$  kW, prečnici listova pila  $\sim 400$  mm.

**Kružne pile za dvostrano skraćivanje** služe za paralelno obrezivanje dasaka, letava i ploča i za obrezivanje pod uglom od  $90^\circ$ . Osovina dvaju ili više listova pila, čije se rastojanje može podešavati, postavljene su ispod ili iznad radnog stola. Posmak je ručni, mehanički ili hidraulični. Prečnici su pila  $\sim 350$  mm, snage 4,5...15 kW.

**Kružne pile za uzdužno rezanje.** Višelisne kružne pile (sl. 17) služe za izradu letvica uzdužnim rezanjem dasaka. Pritisni valjci 3 priljuvaju dasku uz pločasti transportni lanac 2, koji vrši vođenje i pomoćno kretanje materijala. Pile 1 sa podešljivim medusobnim odstojanjem postavljene su najčešće iznad radnog stola 14. Prečnici su pila  $\sim 300$  mm (zbog manje širine propiljka), posmak većinom bestepeno promenljiv tokom rada do 80 m/min, broj pila 5...20, snage 11...50 kW.



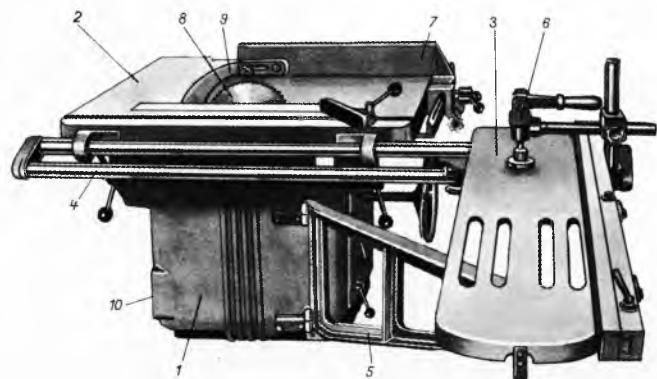
Sl. 17. Višelisna kružna pila. 1 pile, 2 transportni lanac, 3 pritisni valjci, 4 podešljivi naslon, 5 gornji zaštitni klinci, 6 donji zaštitni klinci, 7 kazaljke za ulaganje daske, 8 ručno kolo za podešavanje visine valjaka, 9 ručno kolo za podešavanje visine pila, 10 komanda bestepenog menjaca, 11 vrata, 12 otvor za odsisavanje strugotine, 13 otvor za vadenje strugotine, 14 radni sto

**Kružne pile za krajeњe** služe za obrezivanje neravnih ivica sa dasaka dobivenih propiljivanjem trupaca. Po konstrukciji su slične višelisnim pilama. Rade sa jednim ili dva listom.

**Rastružne kružne pile** služe za slične poslove kao i rastružne tračne pile ali imaju širi propiljak i manju visinu reza i stoga se redice primenjuju. Prečnici su pila do 900 mm, posmaci mehanički ili hidraulički sa bestepenim menjanjem brzine do 50 m/min, snage do 25 kW.

**Kružne pile za poprečno i uzdužno rezanje.** Stolne kružne pile (sl. 18) su najrašireniji strojevi za uzdužno i poprečno rezanje kraćih komada. Vratilo visinski podešljivog lista pile redovno je smešteno ispod radnog stola 2. Posmak materijala je ručni uz naslon 7, pomoću posmičnog stola 3 ili pomoću klizača i žleba u stolu. Za pojedine poslove pogodan je aparat za posmak koji se montira na radni sto 2. Za izradu kosih rezova nagiba se osa pile ili radni sto do  $45^\circ$ . Prečnici listova pila iznose 200...700 mm, snage 0,75...5,5 kW.

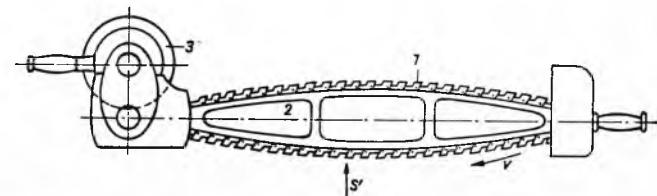
**Ručne kružne pile** primenjuju se prvenstveno za tesarske rade. Dubine reza iznose  $45\text{--}155$  mm, brzine rezanja 20...45 m/s, težine  $\sim 0,5$  kW, težine 12..30 kp.



Sl. 18. Stolna kružna pila. 1 stalak, 2 radni sto, 3 posmični sto, 4 šina za vođenje stola (3), 5 okretna konzola za vođenje stola (3), 6 stezač za upinjanje radnog predmeta, 7 naslon, 8 pila, 9 zaštitna naprava, 10 otvor za odvođenje strugotine

#### LANČANE PILE

Lančane pile su namenjene poprečnom odrezivanju teških komada. Alat u obliku beskonačnog lanca čiji su članci sa spoljne strane izvedeni kao zubi pile vrši rezanje obvojnim kretanjem voko dva ili više lančanika, a posmak se s' vrši u ravni kretanja lanca upravno na pravac rezanja (sl. 19).



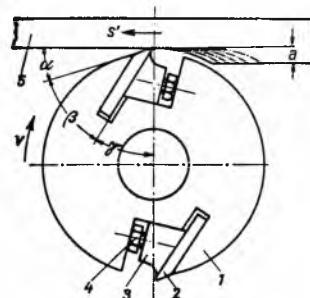
Sl. 19. Lančana pila. 1 lanac pile, 2 šina-vodilica lanca, 3 pogonski motor, v brzina rezanja, s' brzina posmaka

Pogonski i zatezni lančanik postavljeni su na krajevima šine koja vodi članke lana u radnom delu raspona. Zubi su izvedeni tako da naizmenično jedan seče a sledeći pročišćava. Uglovi su oštice (prema sl. 7)  $\alpha = 5\text{--}10^\circ$ ,  $\gamma = 5\text{--}10^\circ$ . Brzine su rezanja  $\sim 6$  m/s, učinak  $\sim 0,3$  m<sup>2</sup>/min.

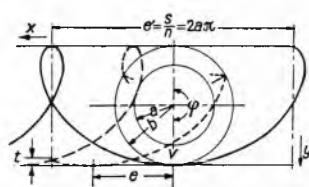
Lančane pile omogućavaju prerezivanje neograničeno dugačkih komada debljine 300...2000 mm. Zato se izrađuju kao pokretni strojevi za seću šume i prerezivanje trupaca.

#### BLANJALICE

Blanjalice su namenjene finoj obradi ravnih površina koje su prethodno obradene poglavito pilama. Alat — vratilo s uzdužno postavljenim noževima — okrećući se oko svoje osi izvodi glavno kretanje rezanja  $v$ , a posmak se s' vrši nasuprot smeru kruženja sečiva (sl. 20). Staza oštice noževa prema drvetu pri blanjanju (i glodanju) s konstantnom brzinom posmaka produžena je cikloida. Zato se dobiva talasasti profil obradene površine (sl. 21). Između dubine talasa  $t$  i posmaka  $s'$  postoji zavisnost:  $s' \approx 2ni\sqrt{tD}$ , iz koje se izra-



Sl. 20. Schematski prikaz rada alata za blanjanje i glodanje. 1 vratilo za noževe, 2 noževi, 3 klinaste pritisne letve, 4 vjoci za pritezanje, 5 predmet obrade, a dubina reza, v brzina rezanja, s' brzina posmaka,  $\alpha$  zadnji ugao,  $\beta$  ugao kline,  $\gamma$  prednji ugao



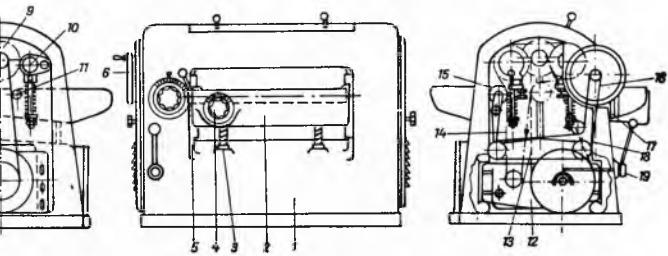
Sl. 21. Kinematika procesa blanjanja i glodanja, a krug valjanja, b krug oštice noževa, e duljina talasa, t dubina talasa, n broj obrtaja alata u minutu

čunava najveća dozvoljena brzina posmaka za dozvoljenu neravnost površine  $t$ . Zbog teškoće postavljanja svih oštrica na isti prečnik  $D$  često se računa sa brojem noževa  $i = 1$ .

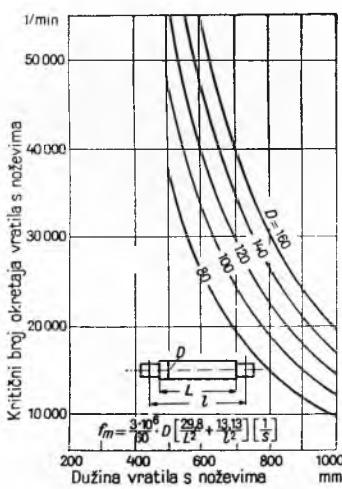
Noževi od legiranog čelika učvršćeni su u vratilu najčešće klinastim letvama koje deluju priteznim vijcima i centrifugalnom silom. Kod dužih vratila primenjuje se i stezanje klinova hidrauličnim pritiskom. Podešavanje noževa (kojih ima najčešće 4) na krug kretanja oštrica sa tačnošću do  $\pm 0,02$  mm vrši se posebnom napravom. Noževi su obično ugrađeni paralelno osi vratila. Spiralno postavljeni noževi rade mirnije ali se teško tačno podešavaju. Vratila, po pravilu kružnog preseka, obavezno se statički i dinamički uravnotežeju, a simetrično učvršćeni noževi moraju biti jednaki i istovetno postavljeni. Osim toga sopstvena frekvencija vratila za noževe (sl. 22) mora ležati iznad područja primenjenih brojeva obrtaja i iznad broja impulsa (broj obrtaja  $\times$  broj noževa), a ne sme ni biti u rezonansi sa sopstvenom frekvencijom kugličnih ležaja. Brzine rezanja iznose 30...60 m/s. Uglovi su noža  $\alpha = 5\ldots20^\circ$ ,  $\beta = 40^\circ$ ,  $\gamma = 30\ldots45^\circ$  (prema sl. 20).

Blanjalice se izvode kao *ravnalice*, kao *debljače* i kao *kombinirane ravnalice-debljače*.

**Ravnalice** su namenjene ravnjanju uskih površina dasaka pri izradi sastavaka. Pomoćno kretanje je ručno, ređe dodatnim aparatom za posmak, koji se postavlja iznad vratila s noževima. Uobičajene radne širine iznose 400...1000 mm. Brzine su rezanja 25...30 m/s, snage 2...4,5 kW. Ravnalice rade ovako (sl. 23): okruglo vratilo 1 s noževima 2 okreće se između dva visinska



Sl. 25. Debljača. 1 stalač, 2 sto sa dva podešljiva valjka (11), 3 četiri navojna vretena za visinsko podešavanje stola (2), 4 ručno kolo za visinsko podešavanje valjaka (11) u stolu, 5 jetve-vodilice stola, 6 ručno kolo za visinsko podešavanje stola (2), 7 pogonski motor, 8 remenski prenos za vratilo s noževima, 9 vratilo s noževima, 10 dva posmična valjka, 11 valjci u stolu, 12 mehanički bestepni menjac brzina posmaka, 13 remenski prenos za menjac (12), 14 lančan prenos za pogon posmičnih valjaka (10), 15 zatezač lanca (14), 16 lančani prenos za visinsko podešavanje stola, 17 ručno kolo za podešavanje brzine posmaka, 18 lančani prenos između ručnog kola (17) i menjaca (12), 19 ručica spojke za uključivanje i isključivanje pamuka



Sl. 22. Kritični brojevi obrtaja kružnih vratila za blanjalice.  $L$  dužina vratila,  $l$  razstojanje sredina ležaja,  $D$  prečnik vratila,  $f_m$  sopstvena frekvencija

podešljiva radna stola. Desni stol 3, preko koga nailazi neobradena površina daske 4, postavljen je za debljinu reza ispod tečena kruga oštrica noževa. Levi stol 5, po kome klizi obradena površina daske 4, postavljen je u visini oštrica noževa. Za kvalitetan i siguran rad potrebno je da raspored između usnica 6 bude malen, što se postiže pogodnom kinematikom visinskog podešavanja stolova. Sl. 24 prikazuje jedan izvedeni primerak.

**Debljače** su namenjene finoj i tačnoj obradi paralelnih površina na određenu debljinu. Za tačan rad neophodna je velika krutost stalka, što se najbolje postiže okvirnom konstrukcijom (sl. 25). Uobičajene su radne širine od 400 do 1300 mm. Brzine su rezanja 30...40 m/s kod

visinskog podešljivim valjcima 1, preko kojih se svojom vodećom površinom kreće daska (9). Razne brzine mehaničkog posmaka postižu se posmičnim nazubljenim valjkom 2 ispred i glatkim posmičnim valjkom 4 iznad vratila 3.

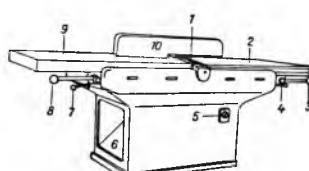
Oko ose vratila 3 pokretni prednji pritisikač 6 i zadnji pritisikač 5 deluju na dasku neposredno kod vratila i priljubljuju je uza sto tokom rezanja. Visinskim podešavanjem stola određuje se dubina rezanja i debljina obrade. Zaštitni klinci 7 sprečavaju povratni udar daske koji može nastupiti usled suprotnog smera glavnog i pomoćnog kretanja. Sl. 25 prikazuje jedan izvedeni primerak.

**Kombinirane ravnalice-debljače** sastoje se u osnovi od jedne debljače iznad čijeg su radnog stola postavljena druga dva stola koji u sklopu sa istim vratilom za noževe sačinjavaju ravnalicu. Pri upotrebljavanju ovog stroja u svojstvu debljače treba rasklopiti stolove ravnalice i otkloniti ih u stranu. Širina bljanja iznosi  $\sim 600$  mm.

#### GLODALICE

Glodalice su namenjene izradi raznovrsnih profilisanih ravnih i zakrivljenih površina. Profilisane ili ravne oštice alata za glodanje, okrećući se oko ose vretena, izvode glavno kretanje rezanja  $v$ , a posmak  $s'$  se vrši najčešće nasuprot smeru kretanja zubi (v. sl. 20). Kinematika procesa glodanja slična je kinematici bljanja (v. sl. 21), ali se alati razlikuju: noževi za bljanje su duži, s ravnim oštricama, postavljeni po pravilu u obostrano oslonjenim vratilima stroja; alati za glodanje (sl. 27) imaju kraće, obično profilisane oštice, a upinju se, kao posebni elemenat, na prepušteni deo vratila stroja.

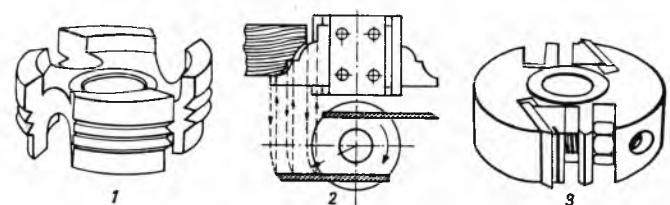
Glodala se izrađuju od nelegiranih i legiranih alatnih čelika ili sa ošticama od tvrdih metala. Uglovi su zubi (oznake prema sl. 20):  $\alpha \leq 15^\circ$ ,  $\beta > 35^\circ$ ,  $\gamma < 45^\circ$ . Brzine rezanja 20...50 m/s.



Sl. 24. Ravnalica. 1 vratilo s noževima, 2 prednji radni sto, 3 ručica za visinsko podešavanje prednjeg stola (2), 4 ručica za fiksiranje visine prednjeg stola (2), 5 sklopka elektromotora, 6 odvod strugotine, 7 ručica za fiksiranje zadnjeg stola (9), 8 ručica za visinsko podešavanje zadnjeg stola (9), 9 zadnji radni sto, 10 pomični naslon

3000...6000 o/min, brzine posmaka 6...35 m/min, snage 4...20 kW, težine 1000...3000 kp.

Debljače rade ovako (sl. 26): vratilo s noževima 3 postavljeno je iznad radnog stola 8 sa ugrađenim, slobodno okretnim,



Sl. 27. Primeri alata za glodanje. 1 profilno glodalno, 2 profilni noževi, 3 univerzalna glodalna glava za noževe

**Stolne glodalice** služe za raznovrsna oblikovanja i široko se primenjuju u industrijskoj i zanatskoj proizvodnji. Jedna pri-

## ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA

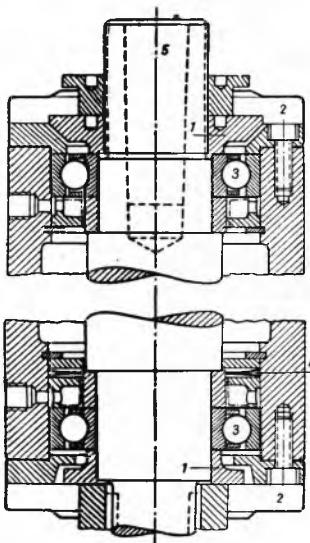
merna konstrukcija prikazana je na sl. 28. U vertikalno vreteno sa otvorom u obliku morze-konusa postavljen je trn 7 tako da mu deo za upinjanje glodalica nadviše radni sto 2 za iznos koji se reguliše visinskim podešavanjem vretena ili stola. Predmet koji se obraduje dolazi u zahvat s alatom, a voden posmčnim stolom 13, ili nekim ravnim (8) ili zakriviljenim naslonom.

Zbog visokih brojeva obrtaja, koji se i kod niskoturažnih gladalica kreću do 6000 o/min, konstrukcija mora biti kruta a zakretne mase uravnotežene. Najčešće su izvedbe sa jednim, ređe sa dva vretena promenljivog odstojanja. Pomoćno kretanje je ručno ili pomoću dodatnog aparata za posmak. Praktično su dovoljne 4 različite brzine glavnog menjača. Snage iznose 2...5 kW.

**Visokoturažne gldalice** namenjene su izradi čistih površina koje ne treba naknadno obradivati. Potrebne velike brzine rezanja omogućene su primenom sečiva od legiranih čelika i tvrdih metala.

Zahtevi za malim prečnicima glodalica, iz razloga sigurnosti i ekonomije, uslovjavaju brojeve obrtaja do 12 000 pa i do 18 000 u minuti. Zbog toga ovi strojevi moraju odgovoriti strožim uslovima: ekscentričnost sedišta alata sme biti najviše 0,02 mm a aksijalni udar vretena najviše 0,04 mm; kuglični ležajevi treba da su specijalne izvedbe a podmazivanje ležišta treba rešiti na poseban način; delovi koji se brzo obrću moraju biti dinamički uravnoteženi.

Na sl. 29 prikazano je rešenje ležišta jedne visokoturažne gldalice. 1 prstenovi za izbacivanje prekomerne masti, 2 kutije za prihvatanje prekomerne masti, 3 kuglični ležaji reda 62 klase C 113 sa kavezom od plastične mase, 4 tanjuraste opruge, 5 vreteno za trn-nosač alata



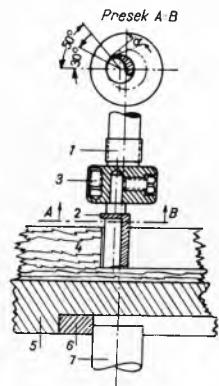
Sl. 29. Primer ležišta visokoturažne gldalice. 1 prstenovi za izbacivanje prekomerne masti, 2 kutije za prihvatanje prekomerne masti, 3 kuglični ležaji reda 62 klase C 113 sa kavezom od plastične mase, 4 tanjuraste opruge, 5 vreteno za trn-nosač alata

zor za kuglice zbog jačeg zagrevanja. Tanjuraste opruge 4 delujući na spoljni prsten donjeg ležaja uklanjuju aksijalni, a time i radikalni zazor u ležaju. Tolerancije su sedišta: k5 za unutrašnje, K6 za gornje spoljne i J6 za donje spoljne prstene ležaja.

**Nadstolne gldalice** su namenjene prvenstveno kopirnim glodanjima. Predmet obrade 4 (sl. 30) kreće se prema osi vretena 1, a vodi ga šablon 6 koji klizi po trnu 7. Tako se vrši kopiranje. Glodala su većinom jednostavna ekscentrično postavljena, što omogućuje jednostavno biranje zadnjeg ugla  $\alpha$  i prečnika glodanja. Jednu izvedbu prikazuje sl. 31. Motor na vertikalnim saonicama sa vretenom za alat spušta se pri početku rezanja pritiskom na nožnu polugu do željene visine, koju određuju podešljivi građenici. Predmet obrade, učvršćen na ploči šablonu, ručno se

vodi na visinski podešljivom stolu uz kopirni trn koji je postavljen koaksijalno sa vretenom. Nadstolne gldalice se odlikuju mogućnošću kopiranja malih unutrašnjih radijusa (10 mm), jeftinim alatima (0,2 kp), malom potrošnjom snage (1...2,5 kW) i univerzalnom primenom. Visoki brojevi obrtaja 18 000 o/min i 24 000 o/min postižu se remenskim prenosima ili trofaznim motorima sa povišenim frekvencijama.

Sl. 30. Shema rada nadstolne gldalice sa alatom ekscentričnim prema osi vretena. 1 stezna glava za ekscentrično upinjanje glodalica, sa skalom za postavljanje oštice pod ugлом, 2 jednosečno preštato glodalilo, 3 zamenljivi vijak za uravnoteženje, 4 prednet obrade, 5 ploča šablonu, 6 šablon. 7 kopirni trn, a zadnji ugao oštice alata u odnosu na smjer ekscentriciteta



**Kopirne gldalice** služe za samostalnu izradu predmeta sa nesimetričnim presecima (kalupa za obuću, noge za stolice, kundaka, propeler i sl.). Tokom obrade glodalilo izvodi prinudno kretanje koje je dirigirano kretanjem pipka po modelu. Prema

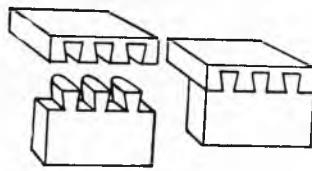


Sl. 31. Nadstolna gldalica

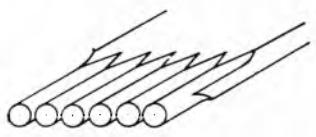
području primene i stepenu automatizacije postoji veliki broj različitih izvedbi. U kopirne gldalice ubrajaju se i stolne gldalice sa uredajem za kopiranje. One imaju stabilno vreteno, a predmet obrade se vodi uz pomoć šablonu. Takav sistem, za razliku od drugih, praktično ne ograničava veličinu predmeta obrade.

**Glodalice za zupce** služe za izradu sastavnih zubaca (sl. 32) različitih oblika. Ima izvedaba sa jednim i sa više vretena. Najčešće se obe daske sastavka obrađuju u istoj operaciji. Broj obrtaja iznosi 6000...12 000 u minuti. Posmak je ručni ili hidraulički. Primjenjuju se i poluautomatske izvedbe sa krivuljama za upravljanje. Snage su 0,75...3 kW.

**Glodalice za prizmatične štapove.** Fazonska glodalica ili glave sa noževima obraduju daske istovremeno s obeju strana (sl. 33). Simetrični profili mogu se okretanjem daske raditi jednim



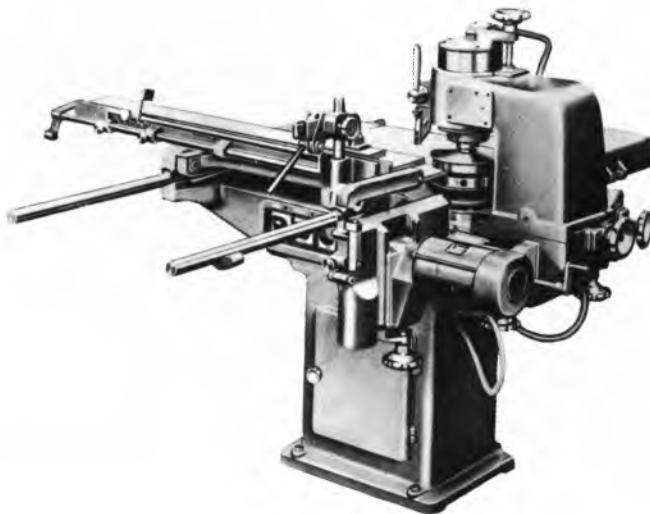
Sl. 32. Primer sastavnih zubaca



Sl. 33. Shema izrade prizmatičnih štapova

alatom u dve operacije. Pogodne su za izradu štapova okruglih, šestostranih, ovalnih i sličnih preseka debljine 6...40 mm. Snage su  $\sim 3$  kW.

**Strojevi za čepovanje** služe za obradu spojnih čepova pri izradi nameštaja i građevinske stolarije. Obuhvataju operacije odsecanja na dužinu kružnom pilom, glodanje čepa na određenu



Sl. 34. Stroj za čepovanje

debljinu i rezanje utora u jednom radnom hodu uz jedno upinjanje materijala. Postoje konstrukcije za izradu čepova na jednom kraju i na oba kraja materijala istovremeno. Posmak je ručni ili automatski. Primer izvedbe prikazuje sl. 34.

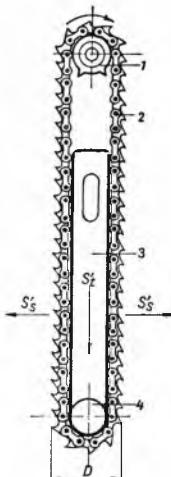
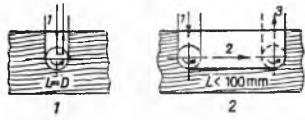
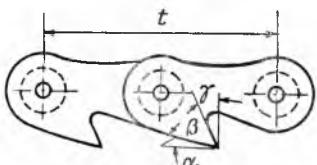
#### LANČANE GLODALICE

Lančane glodalice su namenjene izradi rupa pravougaonog preseka. Alat se sastoje od beskonačnog lanca čiji su zglavci sa spoljne strane oblikovani kao zubi glodala (sl. 35). Rezanje se vrši obvojnim kretanjem zglavaka oko dva lančanika koji su postavljeni jedan iznad drugog. Posmak se vrši vertikalnim poniranjem lana u materijal (sl. 36). Pri izradi izduženih rupa vrši se i horizontalni posmak alata u ravni lančanika (sl. 36, 2). Potreban napon lana postiže se pomicanjem vodilice koja nosi donji valjkasti lančanik (sl. 35). Članici lana izrađuju se obično od niskolegiranih čelika. Uglovi oštice zavise od vrste i stanja drveta. Za srednje meke vrste primenjuje se  $\alpha = 10\text{--}20^\circ$ ,  $\beta = 45\text{--}55^\circ$ ,  $\gamma \leq 25^\circ$  (sl. 37). Dalje uobičajene vrednosti: prečnici glodanja  $D = 25\text{--}50$  mm, širine lana  $b = 5\text{--}30$  mm, radni posmak  $s' = 5\text{--}40$  mm/s, povratni posmak  $s = 40\text{--}130$  mm/s, brzine rezanja  $v = 4\text{--}8$  m/s. Minimalne širine i dužine rupe određene su širinom i prečnikom lana. Zbog opasnosti gušenja strugotinom ograničen je najveći posmak na vrednost

$$s'_{\max} = K R v / \rho b t D,$$

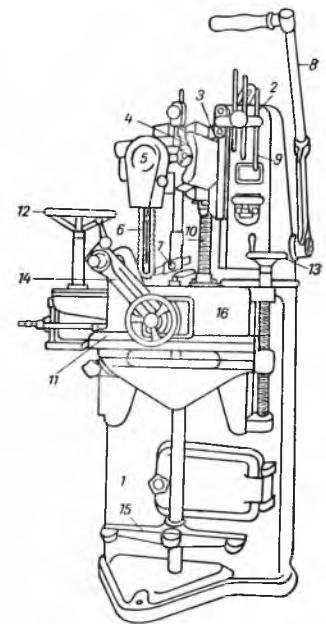
gde je:  $R$  slobodna zapremina na rastojanju  $t$  između zubaca,  $\rho = 4\text{--}5,5$  faktor povećanja zapremine pri pretvaranju drveta u strugotinu,  $K \approx 0,5$  iskustveni koeficijent, a  $s'$ ,  $v$ ,  $b$ ,  $t$  i  $D$  su ranije definisane veličine, sve u koherentnim jedinicama. Potrebna

snaga iznosi  $N = k D b s'$ , gde je  $k$  specifična sila rezanja, koja u zavisnosti od vrste drveta iznosi od 6 do 10 kp/mm<sup>2</sup>.

Sl. 35. Alat za lančano glodanje. 1 nazubljeni lančanik, 2 lanac, 3 vodilica, 4 valjkasti posmak lanca,  $s'_v$  vertikalni posmak lanca,  $s'_h$  horizontalni posmak lana,  $v$  prečnik glodanja,  $\alpha$  ugao rezanjaSl. 36. Shema rada lančanim glodalicom. 1 izrada rupa dužine  $L = D$ , 2 izrada rupa dužine  $D < L < 100$  mm,  $L$  dužina glodanja,  $D$  prečnik glodanjaSl. 37. Uglovni zuba lančanog glodala.  $\alpha$  zadnji ugao,  $\beta$  ugao klinja,  $\gamma$  prednji ugao,  $t$  duljina dva zglavaka

Lančane glodalice se primenjuju pri izradi rupa za brave i rupa za spojeve čepovima u proizvodnji građevinske stolarije i nameštaja. Lančano glodanje je znatno ekonomičnije nego izrada rupa bušilicama za izdužene rupe, a osim toga daje rupe pravougaonog preseka. Strojevi za lančano glodanje izrađuju se u *stabilnoj izvedbi* (na stalcima ili pričvršćeni na zid) i kao *ručne glodalice*.

**Lančane glodalice stabilne izvedbe** (sl. 38) imaju alat 6 vertikalno učvršćen u nosač 5, koji izvodi dubinski posmak spuštanjem po vertikalnim vodilicama stuba 2 ručnim, nožnim, hidrauličkim, pneumatskim ili kombinovanim pogonom. Posmak za izdužene rupe vrši se bočnim relativnim pomeranjem materijala prema alatu. Na radni sto 11, koji je visinski podešljiv i pokretan oko horizontalne osovine, postavlja se predmet obrade i priteže ručnim kolom na poluzi 14. Predmet obrade pričvršćuje se na radni sto 11 pomoću ekscentra ili pneumatski. Skidanjem stola 11 omogućuje se obrada velikih predmeta (sobnih vrata i sl.). Radi podešavanja rastojanja rupe od ivice komada, glava s alatom se horizontalno regulira na saonicama koje su okomite na ravnu alatu. Pokretanje lana se automatski uključuje polaskom nosača 5 iz početnog položaja i isključuje pri završetku povratnog hoda. Dubine su glodanja do 250 mm, snage 1,5...4 kW.



Sl. 38. Lančana glodalica (primer izvedbe). 1 stalak, 2 stub sa vertikalnim vodicama, 3 saonice sa unakrsnim vodicama, 4 poprečne saonice, 5 nosač alata, 6 lančano glodalo, 7 prisina papuča, 8 ručica za dubinski posmak, 9 graničnici dubine rezanja, 10 hidropneumatski pogonjena klipnjača za povratni hod saonica (3), 11 radni sto sa mogućnošću nagiba oko horizontalne ose, 12 ručno kolo za horizontalno pomicanje radnog stola, 13 ručno kolo za vertikalno podešavanje radnog stola, 14 pokretna poluga sa ručnim kolom za upinjanje radnog predmeta, 15 visinski podešljiv naslon za obradu velikih predmeta, 16 naslon

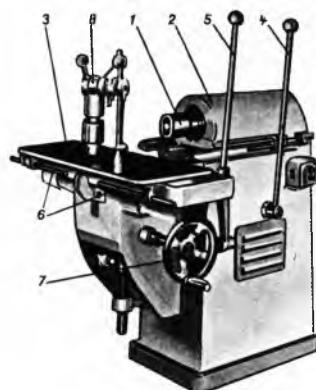
**Ručne lančane glodalice** služe pogravitno za obradu glomaznih teško pokretnih komada. Rade na sličnom principu kao i stabilne sa razlikom da su pokretnе i da se postavljaju na predmet obrade. Snaga iznosi 0,9...1,6 kW, težina  $\sim 25$  kp.

## ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA

## BUŠILICE

Bušilice služe za izradu rupa kružnog preseka. Alat izvodi glavno kretanje rezanja okretanjem oko svoje ose. Posmak se vrši aksijalnim prodiranjem alata u materijal. Za izradu rupa izduženog preseka potrebno je još jedno pomoćno kretanje upravno na osu okretanja.

Bušilice se izrađuju sa vertikalnim, horizontalnim ili nagibnim nosačima svrdla; sa jednim ili više vretena; sa ručnim, poluautomatskim ili automatskim posmakaom. Uz najčešće primjene brojne obrtaje od 1000 do 4000 o/min postižu se za drvo male brzine rezanja od 0,5 do 3 m/s. Razlog je slabo hlađenje i teško odvodjenje strogotine usled velikog faktora porasta volumena rezanog materijala pri bušenju ( $\rho = 10$ ). Posmak pri bušenju kreće se od 0,4 mm do 2,5 mm po obrtaju, već prema vrsti drveta i vrsti burgije.



Sl. 39. Bušilica za izdužene rupe. 1 stezna glava za burgije, 2 saonica za aksijalni posmak burgije, 3 radni sto, 4 ručna poluga za aksijalno pokretanje burgije, 5 ručna poluga za uzdužno pokretanje stola, 6 graničnici uzdužnog pokretanja stola, 7 ručno kolo za visinsko podešavanje stola, 8 stezač predmeta obrađe

mm, dužine bušenja 200...700 mm, širine rupa 20...80 mm, snage 1...2 kW (sl. 39).

Automatske bušilice za izdužene rupe rade na sličnom principu kao i izvedbe za ručni posmak, ali se pomoćno kretanje i stezanje materijala obavlja automatski (hidraulički ili pneumatski), tako da radnik samo polaže materijal na radni sto i skida ga s njega.

**Bušilica za čvorove** iseca čvorove iz daske i izrađuje čepove za popunjavanje nastalih rupa. Radi brze primene raznih prečnika

burgija ugrađeno je nekoliko (obično 3) vretena. Dok jedno vreteno radi, ostala miruju. Prečnici rupa iznose 15...50 mm, snaga  $\sim 1,1$  kW. Posmak se vrši ručnom ili nožnom pogugom.

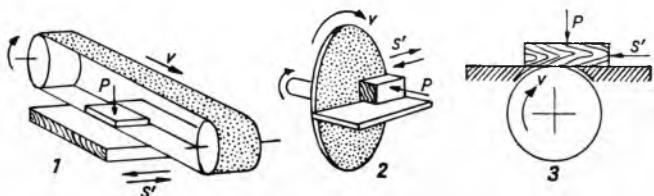
**Automati za bušenje čvorova** automatski (pneumatski ili hidraulički) obavljaju niz operacija: upinjanje drveta, bušenje čvora do određene dubine, ubrizgavanje lepila, izrezivanje čepa iz posebne daske, utiskivanje čepa i zastavljanje. Prečnik burgije iznosi  $\sim 40$  mm, dubina bušenja je  $\sim 20$  mm, snaga  $\sim 2,2$  kW. Trajanje postupka za jedan čvor iznosi  $\sim 5$  sekundi.

**Bušilice za spojne čepove** su strojevi sa više vretena; mogu imati promenljiv razmak između burgija i promenljiv nagib osa bušenja prema ravni stola. Prema vrsti primene proizvodi se niz specijalizovanih vrsta od ručno upravljenih do potpuno automatizovanih bušilica.

## BRUSILICE

Brusilice služe za vrlo finu obradu površina.

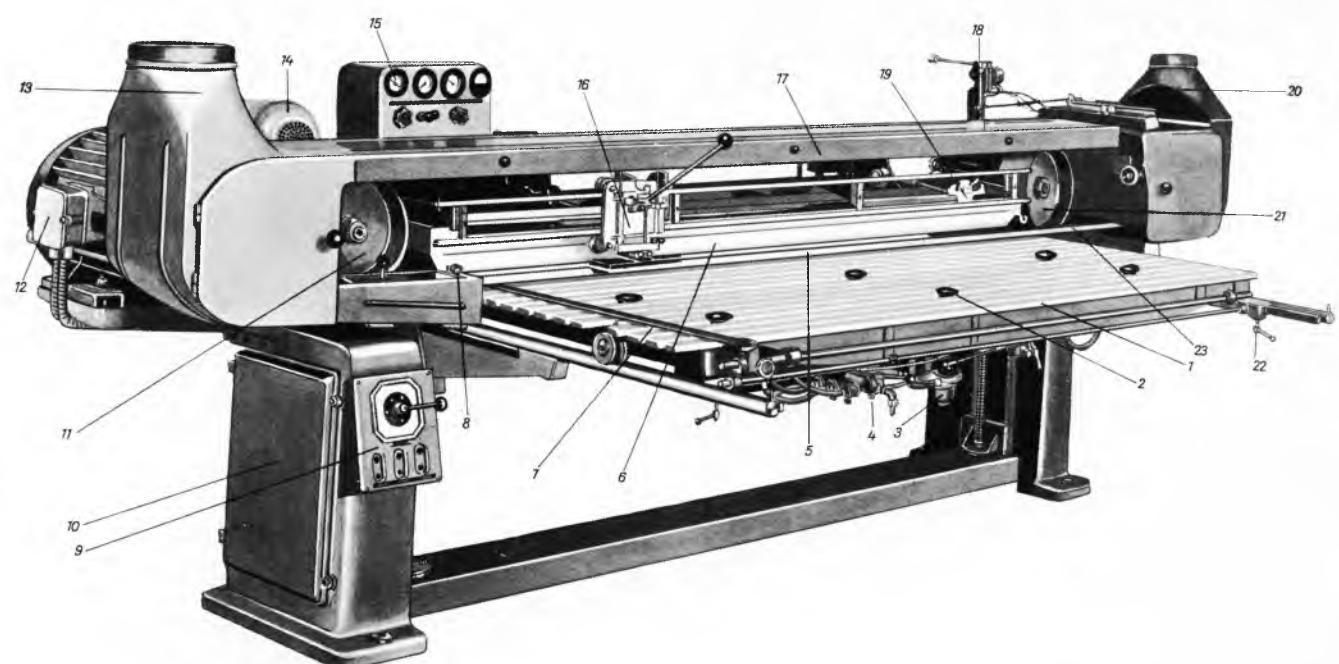
Alat — brusna folija — gibajući se velikom brzinom pod određenim pritiskom preko površine predmeta obrade vrši glavno kretanje  $v$ . Posmak s' se vrši u istoj ravni, najčešće upravno na glavno kretanje (sl. 40).



Sl. 40. Shema rada brusilica. 1 primer tračne brusilice, 2 primer pločaste brusilice, 3 primer valjkaste brusilice,  $s'$  brzina posmaka,  $v$  brzina brusnog tela.  $P$  sila pritiska izrata na brusno telo

Brusni alat se sastoji od nosača sredstva za brušenje (papir, platno) na koji su nanesena brusna zrnca (staklo, kremen, elektrokorund, silicijum-karbid i sl.). Izbor, veličina i gustoća zrna zavisi od namene.

Prema obliku brusnog alata razlikujemo *tračne brusilice*, *valjkane brusilice* i *pločaste brusilice*.



Sl. 41. Poluautomatska tračna brusilica. 1 radni sto, 2 usnice uređaja za upinjanje potpritiskom, 3 ručni ventil za aktiviranje pritisne grede, 4 ručni ventil za aktiviranje uređaja za upinjanje (2), 5 prednja brusna traka, 6 pritisna greda, 7 podešljivo ravnalo — naslon, 8 levo fino podešavanje pritisne grede, 9 komandna ploča, 10 vrata prostora za sklopke, 11 leva remenica lamelne pritisne trake, 12 glavni pogonski motor, 13 leva kapa za odsisavanje, 14 pogonski motor za lamelnu pritisnu traku, 15 kontrolna tabla za pritisak brušenja i električnu struju, 16 uzdužno pokretna pritisna papuča prednje brusne trake, 17 gornji kapotaz za trake, 18 uređaj za pokretanje sapnica, 19 dužinsko podešavanje pritisne grede, 20 desna kapa za odsisavanje, 21 zadnja remenica za lamelnu pritisnu traku, 22 klizač za ograničenje širine brušenja, 23 zadnja brusna traka

**Tračne brusilice** rade sa alatom u obliku beskonačne brusne trake koja vrši obvojno glavno kretanje oko pogonske i zatezne remenice.

**Tračne brusilice sa horizontalnom trakom** služe za obradu velikih površina. Donji deo trake potiskuje se s unutrašnje strane pokretnom pritisnom papučom na površinu predmeta obrade. Visinski podešljiv radni sto vrši horizontalni posmak okomito na kretanje trake. Najčešće se primenjuju izvedbe sa jednom ručno potiskivanom trakom i ručnim posmakom. Normalne dimenzije radnog stola iznose do  $1000 \text{ mm} \times 2500 \text{ mm}$ , brzine brušenja  $\sim 25 \text{ m/s}$ , snage  $\sim 4 \text{ kW}$ . Jedna usavršena izvedba prikazana je na sl. 41. Brušenje se vrši sa dve brusne trake 5 i 23, od kojih je zadnja (23) po celoj radnoj dužini priljubljena uz površinu predmeta elastičnom pritisnom gredom 6. Radi ravnomernog prenošenja pritiska kreće se između grede 6 sa vazdušnim pritiskom i zadnje trake 23 lamelna pritisna traka vodenata remenicama 11 i 21. Predmet je učvršćen na sto uređajem za upinjanje 2. Pritisna papuča 16 i prednja traka 5 služe za lokalnu ručnu doradu. Stroj se može primeniti za suvo i mokro brušenje i šablovanje lakova. Radi šablovanja se ugrađuje dvobrzinski motor koji omogućuje smanjenje brzine od 25 na  $12,5 \text{ m/s}$ . Pokretni uredaj za kvašenje pri mokrom brušenju služi i za čišćenje trake vazdušnom strujom pri suvom brušenju lakova. Kod poluautomatske izvedbe su upinjanje predmeta, zahvat trake i posmak automatski, tako da radnik vrši samo opskrbu stroja. Kod automatske izvedbe i posmak se vrši automatski, transportnim trakama.

**Vertikalne tračne brusilice** služe za brušenje uskih površina i naročito su pogodne za čišćenje sastavnih i zakriviljenih ploha. Traka se kreće po valjcima sa vertikalnim osovinama koji, radi boljeg kvaliteta obrade, vrše aksijalno naizmenično kretanje sa amplitudom od  $\sim 12 \text{ mm}$  i frekvencijom od  $\sim 100$  oscilacija u minuti. Horizontalni radni sto može se većinom i nagibati. Pritisak radnog predmeta uz traku vrši se ručno.

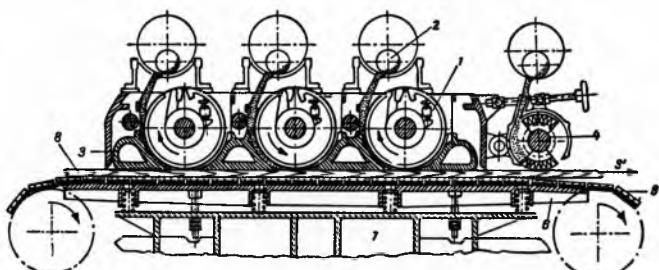
**Valjčane brusilice** se izrađuju sa jednim, dva, tri ili četiri valjka, već prema potrebnom kvalitetu brušenja i prema stepenu prethodne obrade. Postoje konstruktivna rešenja sa brusnim valjcima iznad ili ispod radnog stola. Najznačajnije su *trovaljčane brusilice* (sl. 42), koje su pogodne za preciznu obradu furniranih



Sl. 42. Trovaljčana brusilica

površina. Princip rada jedne izvedbe prikazan je na sl. 43. Iznad radnog stola 7, preko koga transportni lanci 5 vrše pomoćno kretanje materijala 8, okreću se brusni valjci 1, vršeći brušenje u pravcu vlakanaca drveta, po pravilu nasuprot smeru posmaka. Visinski podešljivi radni sto nosi klizne šine 6, koje elastičnim delovanjem preko transportnog lanca 5 na materijal obrade 8 ostvaruju potreben pritisak brušenja. Dinamički uravnoteženi valjci 1 postavljeni u otvore pritisnutog okvira izvode aksijalno oscilatorno kretanje. Time se postiže bolji kvalitet površine. Dubina brušenja se bira visinskim podešavanjem valjaka. Finoča zrna i obodna brzina rastu od cilindra do cilindra u smeru posmaka. Velike količine stvorene fine strugotine uklanjaju se valjkastom

četkom 4 i odsisnim kapama 2. Srednje brzine brušenja iznose 20...35 m/s, srednje brzine posmaka 5...15 m/min, snaga  $\sim 6 \text{ kW}$  po metru zbirne dužine valjaka, učinak  $\sim 400 \text{ m}^2/\text{h}$ .



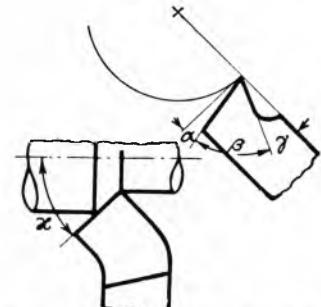
Sl. 43. Shema rada jedne trovaljčane brusilice. 1 tri brusna valjka, 2 tri kape za odsisavanje, 3 pritisni okvir, 4 valjkasta četka, 5 tri paralelna transportna lanca, 6 elastično oslonjene klizne šine, 7 visinski podešljivi radni sto, 8 predmet obrade, s' brzina posmaka

**Pločaste brusilice** rade sa horizontalnim i vertikalnim kružnim pločama na kojima je razapet brusni papir. Brzina brušenja zavisna je od radijalnog položaja predmeta brušenja. Kod vertikalnih izvedbi ispred ploča ugraden je radni sto podešljivog nagiba. Pritisak pri brušenju vrši se ručno. Najveća brzina brušenja iznosi  $55 \text{ m/s}$ , snaga  $2\ldots6 \text{ kW}$ , učinak  $20\ldots30 \text{ m}^2/\text{h}$ .

#### TOKARILICE

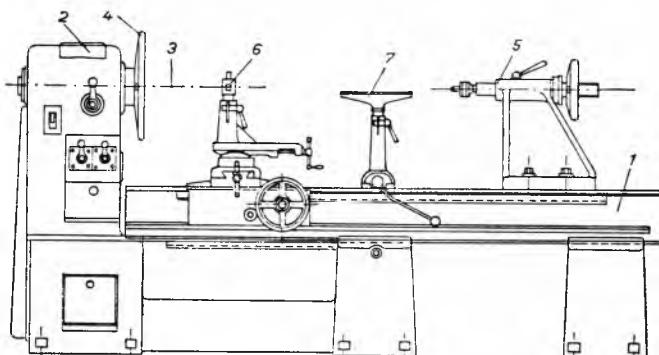
Tokarilice su namenjene obradi kružnih oblika sa pravocrtnom osom simetrije. Predmet obrade okrećući se oko svoje ose izvodi glavno kretanje rezanja, a pomoćno kretanje izvodi alat.

Alati za tokarenje se normalno izrađuju od nelegiranih čelika, a za masovnu proizvodnju i od visokolegiranih čelika. Brzine su rezanja za meko drvo  $8\ldots15 \text{ m/s}$ , za tvrdvo  $5\ldots7 \text{ m/s}$ . Posmak iznosi  $0,8\ldots1 \text{ mm}$  po obrtaju, dubina reza  $0,2\ldots3 \text{ mm}$ . Uglovi noža iznose (sl. 44):  $\alpha = 10\ldots20^\circ$ ;  $\beta = 20\ldots30^\circ$  za meko drvo,  $40\ldots50^\circ$  za tvrdvo drvo;  $\gamma = 90 - (\alpha + \beta)$ ;  $x = 50\ldots60^\circ$ .



Sl. 44. Uglovi tokarskog noža.  $\alpha$  zadnji ugao,  $\beta$  ugao klina,  $\gamma$  prednji ugao,  $x$  ugao postavljanja noža

**Tokarilice za uzdužnu i ravnu obradu** (sl. 45) slične su po osnovnoj konstruktivnoj izvedbi tokarilicama za metal, ali su lakše, jednostavnije i, po pravilu, raspolažu znatno većim brzinama glavnog vretena. Na stolarskim tokarilicama za zanatsku proizvodnju predviđen je podešljiv naslon 7 za ručno vođenje alata. Na većim tokarilicama za industrijsku proizvodnju držać alata 6 pokreće se ručno ili snagom motora. Za tokarenje velikih prečnika izvode se upusti u postelji 1 ispod stezne ploče 4, ili se izrađuju posebni uredaji za tokarenje na levoj strani stroja.



Sl. 45. Tokarilica za drvo. 1 postelja, 2 vretenište, 3 osa glavnog vretena, 4 stezna ploča, 5 nosač šiljka, 6 držać alata, 7 naslon za ručno vođenje alata

# ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA

Brzine glavnog vretena od 150 do 2800 o/min biraju se na novijim tipovima bestepenim menjacima. Snage iznose 1...5 kW, razmak šiljaka 1000...4000 mm, visine šiljaka iznad postelje 240...1200 mm.

**Automatske tokarilice** služe za masovnu proizvodnju predmeta raznovrsnih kružnih oblika sa pravocrtnom osom simetrije, npr.: kalemova, drški, figura i sl. Vodenje i upravljanje pokreta alata i pokreta predmeta obrade vrši se mehanički ili hidraulički. Kod potpuno automatskih izvedbi radni predmet se automatski prihvata, upinje, obraduje i na kraju izbacuje. Brzine glavnog vretena iznose do 9000 o/min, snage 1...6 kW, učinak do 2000 komada na sat.

## STROJEVI ZA RAZDVAJANJE

Strojevi za razdvajanje vrše odrezivanje i prorezivanje materijala bez skidanja strugotine. Odrezivanje materijala se najčešće primjenjuje pri izradi furnira i tankih ploča, gde bi propiljak pri rezanju pilama predstavljao relativno veliki gubitak materijala. Prorezivanje (štancanje) drveta se redi primjenjuje.

Alat — nož sa pravocrtnim ili zakrivljenim sečivom — prođe pod dejstvom određene sile u predmet obrade vršeći razdvajanje. Pri tome se ili materijal na mestu rezanja podržava da ne bi došlo do cepanja (kod ljuštilica za furnir i dr.), ili se predmet obrade oslanja na protivsečivo (kod makaza, štanca i dr.) ili se odvajanje zbiva dalje ispred sečiva noža, usled delovanja klina oštice noža (pri cepanju).

**Ljuštilice za furnir** (sl. 46) služe za izradu dugačkih traka furnira kontinuiranim odvajanjem sloja drveta sa oboda obradanog trupca. Pri tome materijal svojim obrtanjem izvodi glavno kretanje rezanja a posmaku se obavlja radikalnim pomicanjem noža osi obrtanja.

Sl. 46. Ljuštilica furnira, shema rada.  
1 navojno vreteno za posmaku noža, 2 navojno vreteno za podešavanje grede (8), 3 ekscentar za podešavanje ugla rezanja, 4 ravnilo za samostalan prilagodavanje ugla rezanja prečniku ljuštenja, 5 nož, 6 nosač noža, 7 pritisna traka, 8 nosač pritisne trake, 9 brzina posmaka, 10 brzina reza (obodna brzina ljuštenog trupca)

Debljina furnira određena je veličinom posmaka noža za jedan obrtaj. Radi postizanja ravnometričnih brzina rezanja broj obrtaja se bestepeno povećava sa smanjenjem prečnika obradanog valjka. Podešavanje zadnjeg ugla noža prema prečniku obrade vrši se automatski specijalnim uredajem. Brzine rezanja iznose 0,6...2 m/s, debljine furnira 0,05...10 mm, širine rezanja 400...4500 mm, prečnici trupaca 500...2000 mm, snage ~ 2 kW po 1 m širine reza i po 1 mm debljine furnira.

## STROJEVI ZA OBRADU DEFORMACIJOM

Strojevi za obradu deformacijom služe za oblikovanje drveta savijanjem, izvlačenjem i utiskivanjem.

Alat, izrađen prema dimenzijama gotovog komada, prenosi svoj oblik na predmet obrade delovanjem sile koja izaziva trajne deformacije na komadu, radi čega drvo treba dovesti u odgovarajuće plastično stanje, najčešće prethodnim parenjem. U nekim slučajevima je potrebno vršiti zagrevanje radnog predmeta i tokom obrade grejačima ugrađenim u alat ili stroj.

Sl. 47. Stroj za savijanje. 1 stalak, 2 model, 3 prečaga za savijanje, 4 čelična traka na krajevima pričvršćena na prečagu (3), 5 predmet obrade, 6 čeljusti za prijem sile sabijanja podešljive prema dužini drveta, 7 nazubljeni lukovi za zakretanje prečaga (3), pritisna ploča, 9 ručno kolo za podešavanje ploče (8), 10 nožna poluga za uključivanje motora (11), 11 pogonski elektromotor, 12 pogonsko vratilo, 13 pužni prenos, 14 pogonski zupčanik za nazubljene lukove (7), 15 kočnica

odgovarajuće plastično stanje, najčešće prethodnim parenjem. U nekim slučajevima je potrebno vršiti zagrevanje radnog predmeta i tokom obrade grejačima ugrađenim u alat ili stroj.

Strojevi za savijanje služe i za izradu zakrivljenih oblika u proizvodnji savijenog pokućstva, aviona, čamaca, sportskih rekvižita i dr. Kako je lomno istezanje drveta mnogo manje od lomnog sabijanja (za parenu bukovinu 2% prema 30%), mora se pri savijanju sprijeći istezanje spoljnog sloja da ne bi došlo do napuklina. To se ostvaruje sabijanjem materijala na konkavnoj strani. Primer je prikazan na sl. 47. Predmet obrade umetnut je među dve čeljusti 6 koje su spojene čeličnom trakom 4. Zakretanjem prečaga 3 savija se drvo oko modela 2, pri čemu čelična traka 4 sprečava veće istezanje slojeva na konveksnoj strani drveta. Posle obrade održava se savijeni oblik naročitim limom dok se materijal potpuno ne osuši. Uobičajene karakteristike strojeva za savijanje jesu: debljina drveta 20...80 mm, širina drveta 20...220 mm, dužina drveta do 2000 mm, snaga 2...3 kW.

## KOMBINIRANI I SPECIJALNI STROJEVI

Konstruktivnim sjednjavanjem osnovnih elemenata nekoliko vrsta alatnih strojeva u jednu celinu dobija se kombinirana jedinica koja može da obavlja niz raznorodnih operacija (npr. blanjanje, glodanje, bušenje). *Prostorno kombinirani strojevi* omogućavaju obavljanje nekoliko nezavisnih, raznorodnih operacija koje nisu sastavni deo istog radnog hoda. Primeri takvih kombinacija jesu: kružna pila + glodalica; kružna pila + glodalica + bušilica za izdužene rupe; ravnalica + debblača + kružna pila + glodalica + bušilica za izdužene rupe. Ovakve konstrukcije ostvaruju uštedu u troškovima nabave i radioničkom prostoru u odnosu na odgovarajući broj pojedinačnih strojeva, ali po cenu smanjenja učinka i smanjenja mogućnosti istovremennog korišćenja svih operacija. Zato se primenjuju poglavito u

pogonima sa zanatskom proizvodnjom. Primer kombiniranog stroja sa 5 operacija koji je shematski prikazan na sl. 48 obuhvata osnovne elemente blanjalice, ravnalice, kružne pile, glodalice i bušilice za izdužene rupe a omogućava istovremeno izvođenje do 3 radne operacije. *Tehnološki kombinirani strojevi* podešeni su za obavljanje određenog sela raznorodnih operacija koje se odvijaju tokom istog radnog hoda na istom predmetu obrade. Područje primene takvog stroja je suženo, ali on pruža niz prednosti u odnosu na odgovarajući broj pojedinačnih strojeva: niža cena, koštanja, ušteda radioničkog

prostora, ušteda transporta materijala od stroja do stroja, veća produktivnost i tačnija obrada bez dorade. Pogodni su za sejske poslove. Primeri su automati za bušenje čvorova i strojevi za čepovanje, opisani ranije.

Mnogostruka primena drveta i sve jača orientacija preradivača na uži assortiman i masovnu proizvodnju dovele su do velikog broja različitih specijalnih konstrukcija strojeva za obradu drveta namenjenih izradi određenog finalnog proizvoda, kao npr. parketa, žaluzija, stolica, železničkih pragova, kolarskih točkova, četaka, kistova, šibica, kundaka, drvene obuće, potpetica, kalupa za obuću, skija, biljarskih štapova, olovaka, vešalice za odeću, štipaljka za vešanje rublja, metla, dugmadi, česljeva itd. Po osnovnim principima obrade ovi se strojevi najčešće svode na ranije opisane univerzalne vrste od kojih su i proizšli. Međutim, zahvaljujući unapred preciziranoj nameni, oni su pojednostavljenvima, odnosno obuhvatljem raznih operacija, u tolikoj meri svršishodno prilagođeni određenom proizvodu da im je produktivnost znatno povišena.

LIT.: I. Gillrath, Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes, Berlin 1929. — A.I. Knežević, Mekanika prerada drveta; Knjiga I; Pogonske i radne mašine sa pomoćnim uredajima, Beograd 1952. — H. Hjorth, Machine woodworking, Milwaukee 1952. — F. Kollmann, Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, München 1955. — C. Blankenstein, Holztechnisches Taschenbuch, München 1956. — Holzbearbeitungsmaschinen, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 6—7, Stuttgart 1957. — P. Kopke, Maschinen für die Holzbearbeitung, Leipzig 1958. — W. Elsner, Handbuch für die gesamte Holzindustrie, Maschinentechnischer Teil, Wiesbaden 1960. — П. Г. Абакасов, Конструкции деревообрабатывающих станков, Москва 1960. — M. St.

