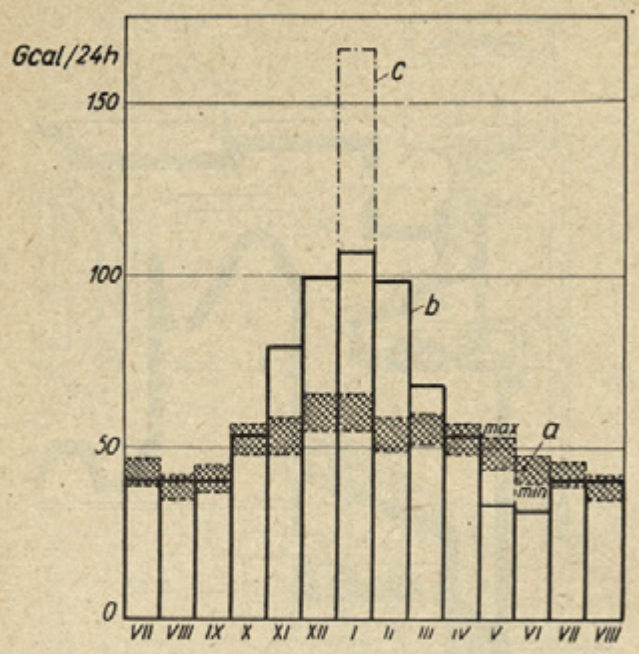


Sl. 6. *Diagram povprečno dnevno pridobljene in porabljene toplote*

a — nihanje koristne toplote iz hišnih odpadkov med najmanjšo in največjo vrednostjo, b — povprečna dnevna poraba toplote, c — konica porabe toplote

Izkoriščanje toplote:		1955	1958
prodano konsumentom toplote	GWh	23,7	—
z viškom pare pridelano električne energije	MWh	48	113

		1955	1958
Poraba električne energije iz mestnega omrežja:			
električni kotel	MWh	627	0
elektromotorji in električni filter	MWh	767	821
luč	MWh	30	25
Poraba vode:			
iz mestnega vodovodnega omrežja	m³	32 400	27 700
iz lastnih vodnjakov	m³	416 000	390 500
skupno	m³	448 400	418 200

Ti podatki kažejo glede izkoriščanja odpadkov, da so pridobili iz 1 t odpadkov pare: v l. 1955 1,24 t, v l. 1958 pa 1,4 t. Bilanca za l. 1955 je bila naslednja:

obratovalni stroški brez stroškov za dovoz odpadkov in brez obresti in amortizacije	650 000 šv. fr.
izkupiček od prodane toplote	630 000 šv. fr.
ostane izguba	20 000 šv. fr.

V letu 1958 je izguba dosegla okrog 60 000 švicarskih frankov, predvsem zaradi nizke prodajne cene toplotne energije.

Literatura:

Kehrichtverbrennungsanlage und Fernheizwerk Bern.

Usine d'incinération des ordures ménageres avec centrale de chauffage a distance de Berne.

Refuse incineration plant of the city of Berne with district heating station.

Avtor: ing. Miroslav Pečornik, Ljubljana-Vižmarje, Inštitut za turbo stroje

DK 621.9.001.6

Nekatere značilnosti iz razvoja sodobnih obdelovalnih strojev

FRANC GOLOGRANC

Medtem ko so bili najnovejši dosežki na področju avtomatizacije obdelovalnih postopkov podrobneje obravnavani v članku dr. ing. J. Peklenika,[1] želimo tu obdelati nekatere konstruktivne značilnosti iz sedanjega razvoja obdelovalnih strojev in priobčiti nekaj nadaljnjih zanimivosti z zadnje razstave teh strojev v Parizu. Spričo naglega razvoja in modernizacije naše industrije je samo prav, da dobijo tudi naši inženirji in tehnologi pregled nad napredkom na tem področju in spoznajo sredstva in možnosti, ki jih nudi sodobna obdelovalna tehnika.

V gradnji obdelovalnih strojev lahko opažamo ta čas dve značilni razvojni smeri: razvoj klasičnega univerzalnega stroja za razne obdelovalne postopke ter razvoj specialnega stroja za čisto določeno operacijo ozir. več vnaprej določenih tehnoloških operacij. Obe smeri se razvijata vzporedno in obema je zagotovljen upravičen obstoj v sodobni industrijski proizvodnji, čeprav specialni stroji čedalje bolj pridobivajo po pomenu. Medtem ko se morajo normalni univerzalni stroji prilagajati čimvečjemu številu najrazličnejših tehnoloških operacij, so specialni stroji tako po sestavi kakor tudi zmogljivosti prirejeni čisto samo za obdelavo in dimenzije določenega tipa obdelovancev. Kljub temu je pri obeh vrstah mogoče opaziti nekatere skupne razvojne težnje, ki imajo pred očmi predvsem nadaljnje povečanje zmogljivosti strojev, izboljšanje natančnosti pri obdelavi, skrajšanje čistih delovnih časov in stranskih časov za obdelavo. Te težnje pa se kažejo med drugim tudi v konstruktivni zasnovi strojev in izvedbi njihovih elementov.

Najmočnejši impulz v razvoju prihaja nedvomno od avtomatizacije tehnoloških postopkov, ki zdaj že globoko posega tudi v konstruktivno oblikovanje univerzalnih strojev. Številne dodatne naprave, ki jih že nahajamo na teh strojih n. pr. za pozicioniranje in kopiranje, krmiljenje po programu, za avtomatični potek merjenja obdelovancev med obdelavo itd., dokazujejo, da avtomatizacija ni več omejena samo na specialne stroje in obdelovalne proge v obratih z množinsko proizvodnjo, ampak obstajajo tudi že v srednje velikih in manjših podjetjih različne možnosti za mehanizacijo in avtomatizacijo obdelovalnih postopkov. Tudi z univerzalnimi stroji, ki se dajo po potrebi opremljati s transportnimi in dodajalnimi napravami, kontrolnimi postajami in dr., je v danih pogojih možno proizvodnjo docela avtomatizirati. Ti univerzalni stroji seveda niso več univerzalni v dosedanjem pomenu besede, temveč so že projektirani in prirejeni za morebitno naknadno sklapljanje v zelo elastične obdelovalne proge, tako da omogočajo vsak čas prehod na avtomatizirano proizvodnjo.

[1] SV 1960—3, str. 81—91.

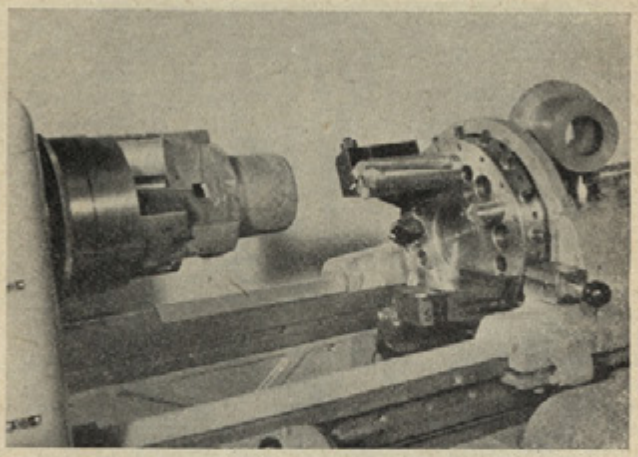
STROJI ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM

Prilagajanje novovrstnim orodjem

Vzporedno s prizadevanji za nadaljnjo avtomatizacijo obdelovalne tehnike je napredoval tudi razvoj konstruktivnega oblikovanja in izpopolnjevanja obdelovalnih strojev. Prva značilnost tega razvoja je prilagajanje strojev novim rezalnim orodjem iz karbidnih trdin in keramike, ki je terjala temeljite konstruktivne spremembe in izboljšave na obdelovalnih strojih in njihovih elementih. Čeprav je razvoj na področju keramike komaj zaživel, kažejo dosedanje izkušnje, da si je keramika že osvojila široka področja in prinesla znatne gospodarske koristi. Medtem ko sta bila na 3. evropski razstavi obdelovalnih strojev v Hannovru v pogonu le dva stroja, prirejena za obdelavo s keramiko, so na zadnji razstavi v Parizu predvajali taka orodja praktično že na vseh strojih za struženje, predvsem na produkcijskih stružnicah, kopirnih in revolverskih stružnicah ter deloma tudi na avtomatih in frezalnih strojih. Kolikšen je prihranek časa za obdelavo ob uporabi takih orodij, je razvidno iz primera pri obdelavi prirobnice iz sive litine na revolverski stružnici »Pirex«. Slika 1 prikazuje revolversko glavo tega stroja, ki je opremljena s keramičnimi orodji za notranje, zunanje in čelno struženje. Ploščice imajo 6 do 8 rezilnih robov, pri čemer je z vsakim robom mogoče obdelati 70 do 100 obdelovancev pri srednjih rezalnih hitrostih okrog 300 m/min. Čas obdelave je za okrog 65 % krajši kakor pri obdelavi z orodji iz karbidne trdine. To občutno skrajšanje časa za obdelavo pa ni dosegljivo samo pri kosmačenju, temveč tudi pri dokončni obdelavi, pri čemer je obdelana površina celo bolj kvalitetna.

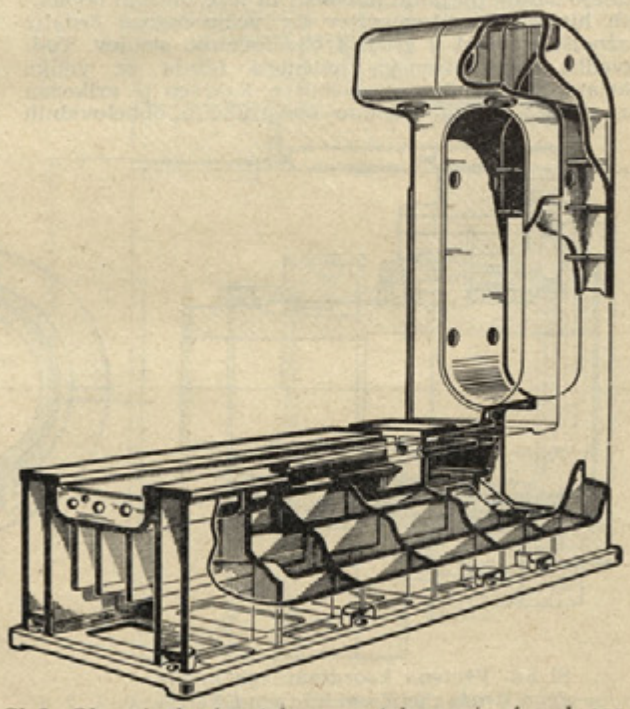
Uvajanje keramičnih rezilnih materialov pa nalaga obdelovalnim strojem mnogo večje zahteve kakor karbidne trdine. To ne velja samo za velike moči in hitrosti, temveč za celotno konstrukcijo stroja, ki mora biti zasnovana tako, da so okrovja in posamezni deli stroja čimbolj togi. Zlasti velikega pomena je statična in dinamična togost sistema stroj-orodje-obdelovanec, ki občutno vpliva tudi na natančnost pri obdelavi. Spremembe v legi orodja nasproti obdelovancu, ki nastajajo pod vplivom rezalne sile ozir. spreminjanja rezalne sile med obdelavo, so namreč vsota elastičnih deformacij posameznih delov stroja, zraka v ležajih vretena in vodilih suportov ter elastičnih deformacij orodja in obdelovanca. Novejša dognanja kažejo, da je celotna deformacija v veliki meri odvisna tudi od elastičnih deformacij stičnih zvez med posameznimi deli stroja (n. pr. zveza med vretenjakom in posteljo, med držalom za nož in revolversko glavo i. dr.). Prevelike tolerance ali oblikovne napake med seboj zvezanih sestavnih delov in elementov ter prevelika hrapavost dotikajočih se površin občutno zmanjšujejo togost konstrukcije. Zaradi tega je potrebna določena natančnost pri izdelavi in montaži teh sestavnih delov. Ker pa se vse deformacije ne dajo popolnoma preprečiti, je treba šibka mesta ojačevati s konstruktivnimi prijemi. Tako lahko smotrno nameščena rebra in pravilno oblikovana okrovja in drugi deli v znatni meri povečujejo togost strojev. Slika 2 prikazuje perspektivni prerez horizontalnega vrtalnega in frezalnega stroja, pri katerem je celotno okrovje, ki je bilo poprej sestavljeno iz treh delov (postelje, stebra in konzole), ulito v enem kosu. S tem da ni več stičnih zvez med temi deli in pa z dvojnimi stenami, ki so med seboj zvezane z močnimi rebri, je uspelo bistveno povečati togost stroja. Prav tako pomembno je, usmeriti tiste deformacije, katerih nikakor ni mogoče preprečiti, tako, da čimmanj vplivajo na natančnost pri obdelavi. Zelo toga okrovja kažejo dandanes zlasti stružnice in stružni avtomati, bodisi v okvirni, portalni ali lupinasti izvedbi, pa tudi nekateri novi frezalni stroji, stroji za ozobčanje idr.

Zaradi čedalje zahtevnejših delovnih pogojev, ki jih povzročajo večje obremenitve in hitrosti pri obdelavi

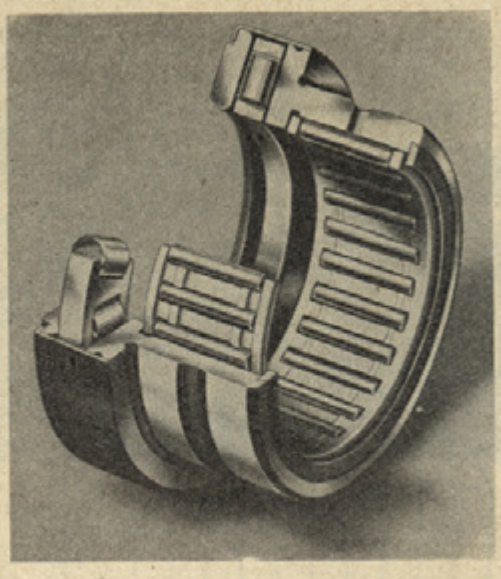


Sl. 1. *Revolverska glava z orodji iz keramike (Pittler A. G., Langen b. Frankfurt)*

s keramiko, morajo posvečati konstrukterji več pozornosti tudi povečanju statične in dinamične togosti posameznih elementov pri obdelovalnih strojih, predvsem glavnih vreten pri strojih z vrtilnim glavnim gibanjem. Tako je bilo treba v zadnjem času prilagoditi ležaje in vretena strojev velikim vrtilnim hitrostim do 7000 vrt./min in moči pogonskih motorjev do 40 kW in več ter čimbolj zmanjšati nihanja, ki zelo kvarno vplivajo na natančnost obdelave in obstojnost keramičnih orodij. Pri konstrukcijski zasnovi glavnih vreten je treba upoštevati tudi elastičnost podpor t. j. ležajev, pri čemer je važna predvsem pravilna izbira razdalje med ležaji, ki daje stroju le pri neki optimalni vrednosti največjo togost [1]. Pravilno dimenzioniranje samo pa ne zadošča, kajti potrebna je tudi zadostna oblikovna natančnost in natančnost pri izdelavi posameznih delov, zlasti glavnih ležajev. Radialni premiki vretena in obraba ležajev morajo biti



Sl. 2. *Okrovje horizontalnega vrtalnega in frezalnega stroja (Scharmann & Co. GmbH, Rheydt)*

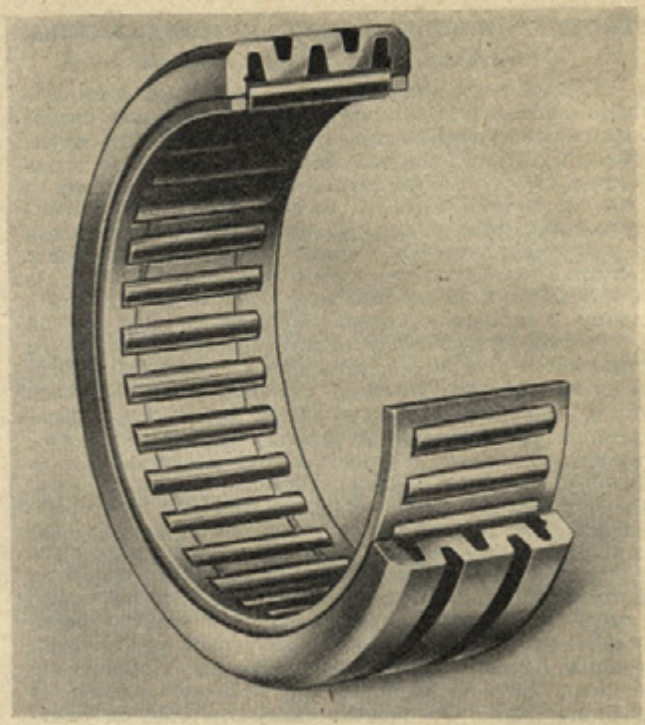


Sl. 3. *INA — kombinirani aksialno-radialni igličnі ležaj (Industriewerk Schaeffler, Herzogenaurach)*

čimmanjši, če naj bo natančnost pri obdelavi trajna. Do nedavna je tem zahtevam najbolje ustrezal drsni ležaj, ki pa se je moral umakniti različnim sodobnim izvedbam kotalnih ležajev.

Za vležajenje glavnih vreten se čedalje pogosteje uporabljajo kotalni ležaji, ki so montirani z določeno vnaprejšnjo napetostjo — bodisi v radialni ali aksialni smeri ozir. v obeh smereh. Le-ti znatno izboljšujejo elastomehanične lastnosti vležajenja vreten ter omogočajo zelo velike obdelovalne natančnosti. Ker tečejo ti ležaji z najmanjšim možnim pozitivnim ali celo negativnim zrakom, je treba paziti na morebitno obrabo in povečano toplotno obremenitev.

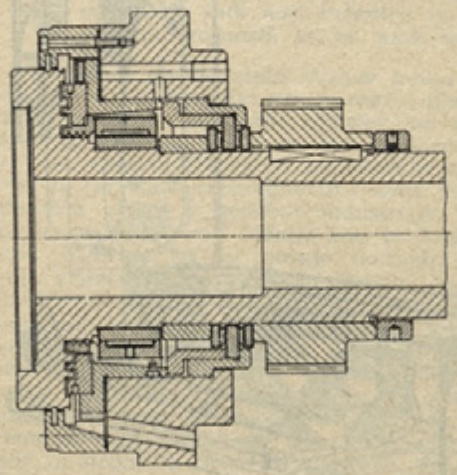
Zelo naglo narašča uporaba igličnih ležajev, ki postajajo zaradi majhnih dimenzij in teže, velikih dopustnih hitrosti in obremenitev ter večje togosti čedalje važnejši element v gradnji obdelovalnih strojev. Tudi izvedba kombiniranega igličnega ležaja za velike aksialne in radialne obremenitve, kakršen je prikazan na sliki 3, je za sodobno konstrukcijo obdelovalnih



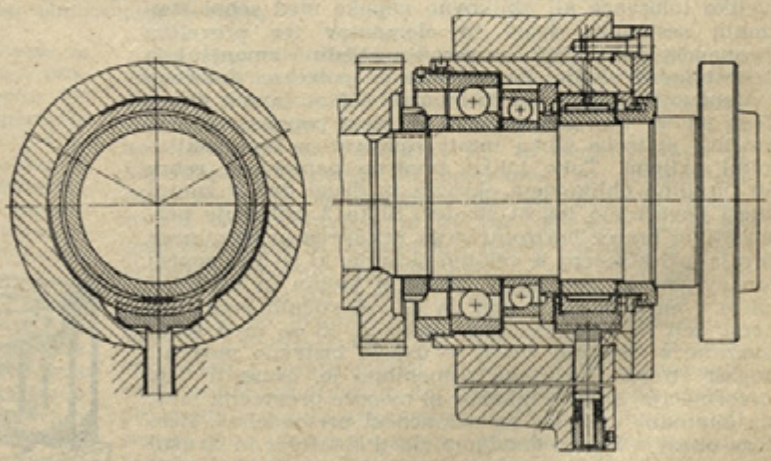
Sl. 4. *INA — igličnі ležaj z možnostjo za nastavljanje zraka (Industriewerk Schaeffler, Herzogenaurach)*

strojev pomembna pridobitev. Nekatere vrste igličnih ležajev dopuščajo tudi poljubno nastavljanje zraka, pri čemer pa je potrebna določena elastična deformacija zunanjega obroča. Pri ležaju na sliki 4 se da doseči ta deformacija z aksialnim pritiskom na ustrezno oblikovan zunanji obroč.

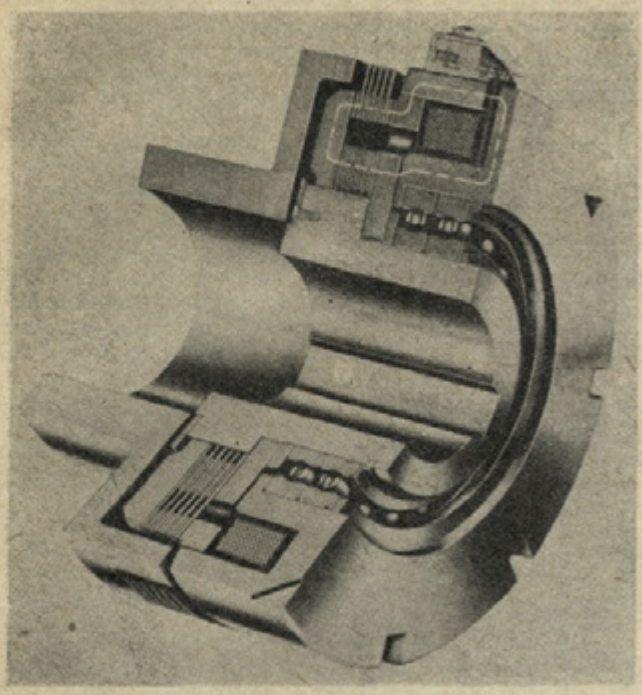
Druga izvedba ležajev omogoča način nastavljanja zraka s pritiskom na zunanji obroč v radialni smeri. Zunanji obroč tega ležaja je oblikovan tako, da se lahko dotika izvrtine v okrovju samo na treh ploskvah, ki so premaknjene za 120°. S pomočjo konične stročnice (slika 5 a) ali pa s čepom, ki ga vzmet pritiska na eno izmed treh ploskev (slika 5 b), je mogoče doseči vnaprej določen radialni pritisk na te tri plo-



Sl. 5 a. *Vreteno koordinatnega vrtalnega stroja z igličnim ležajem DELTA (Nadella S. A., Rueil-Malmaison)*



Sl. 5 b. *Vležajenje vretena stružnice z igličnim ležajem DELTA (Nadella S. A., Rueil-Malmaison)*



Sl. 6. *Elektromagnetna lamelna sklopka brez drsnega obroča (Ortlinghaus, Wermelskirchen)*

skve, ki povzroča elastično deformacijo obroča in s tem zmanjšuje zrak v ležaju na poljubno pozitivno ali celo negativno vrednost (vnaprejšnja napetost). S takimi ležaji je mogoče dandanes dosegati zelo velike natančnosti in vrtilne hitrosti.

Prednosti karbidnih trdin pa se dajo dobro izkoriščati le, če je hitrost vrtenja prilagojena optimalnim rezalnim hitrostim. Idealna rešitev je sicer brezstopenjska regulacija hitrosti vrtenja, ki uravnava n. pr. pri čelnem struženju konstantno rezalno hitrost neodvisno od trenutnega premera, vendar se zdaj zelo uporabljajo tudi večstopenjska gonila z elektromagnetnimi sklopkami, ki dopuščajo prehod iz ene hitrosti v drugo med obdelavo samo. To omogoča znatne prihranke pri produktivnem delovnem času, povečuje pa tudi obstojnost orodij.

Težnje po avtomatičnem upravljanju in krmiljenju obdelovalnih strojev ter menjavanju hitrosti vrtenja in podajanja med obdelavo so zelo pospešile razvoj elektromagnetnih sklopk, ki omogočajo daljinsko upravljanje najrazličnejših gibanj. Opazna je vse pogostnejša uporaba teh sklopk v izvedbi brez drsnega obroča, pri katerih ni več nobenih nevšečnosti, ki so se pojavljale poprej pri dovajanju toka (prekinitve zaradi zamaščenja kontaktov, obrabe in erozije drsnih obročev itd.). Eno izmed obratujočih izvedb, ki so se praktično uveljavile, kaže slika 6 v prerezu.

Elektromagnetne torne sklopke pa se uporabljajo tudi za hitro ustavljanje obdelovalnih strojev med posameznimi operacijami, ki omogoča skrajšanje stranskih obdelovalnih časov in s tem večjo produktivnost pri izdelavi.

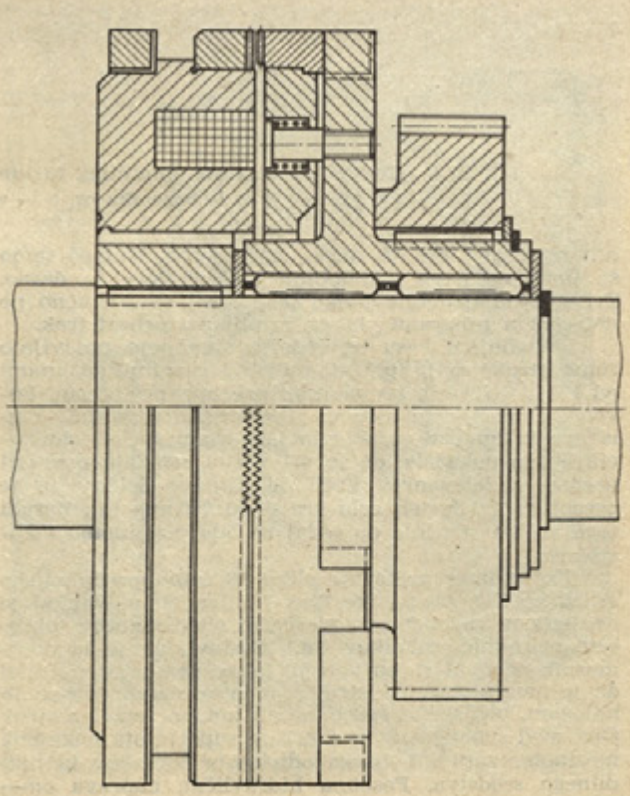
Posebna vrsta elektromagnetne sklopke je elektromagnetna zobniška sklopka (slika 7), pri kateri rabi za sklapljanje obeh polovic posebno oblikovano čelno ozobje. Ta način sklapljanja omogoča prenos znatno večjih vrtilnih momentov, zaradi česar imajo lahko te sklopke manjše dimenzije. Vklapljajo se praviloma le takrat, kadar gonilo miruje, ali pri enakih hitrostih ozir. majhnih razlikah v hitrostih obeh polovic sklopke.

Vretenska gonila za menjavanje hitrosti med obdelavo so izvedena po navadi kot povratna gonila z več elektromagnetnimi tornimi sklopkami. Slika 8 prikazuje prerez osemstopenjskega obračalnega gonila z osmimi elektromagnetnimi sklopkami, kakršna so vgrajena v številnih sodobnih strojih s programskim krmiljenjem podajalnih in rezalnih hitrosti. V sklopu z različnimi brezstopenjskimi menjalniki omogočajo elektromagnetne sklopke premoščanje tudi zelo velikih menjalnih območij, kakršna so potrebna pri nekaterih sodobnih univerzalnih strojih.

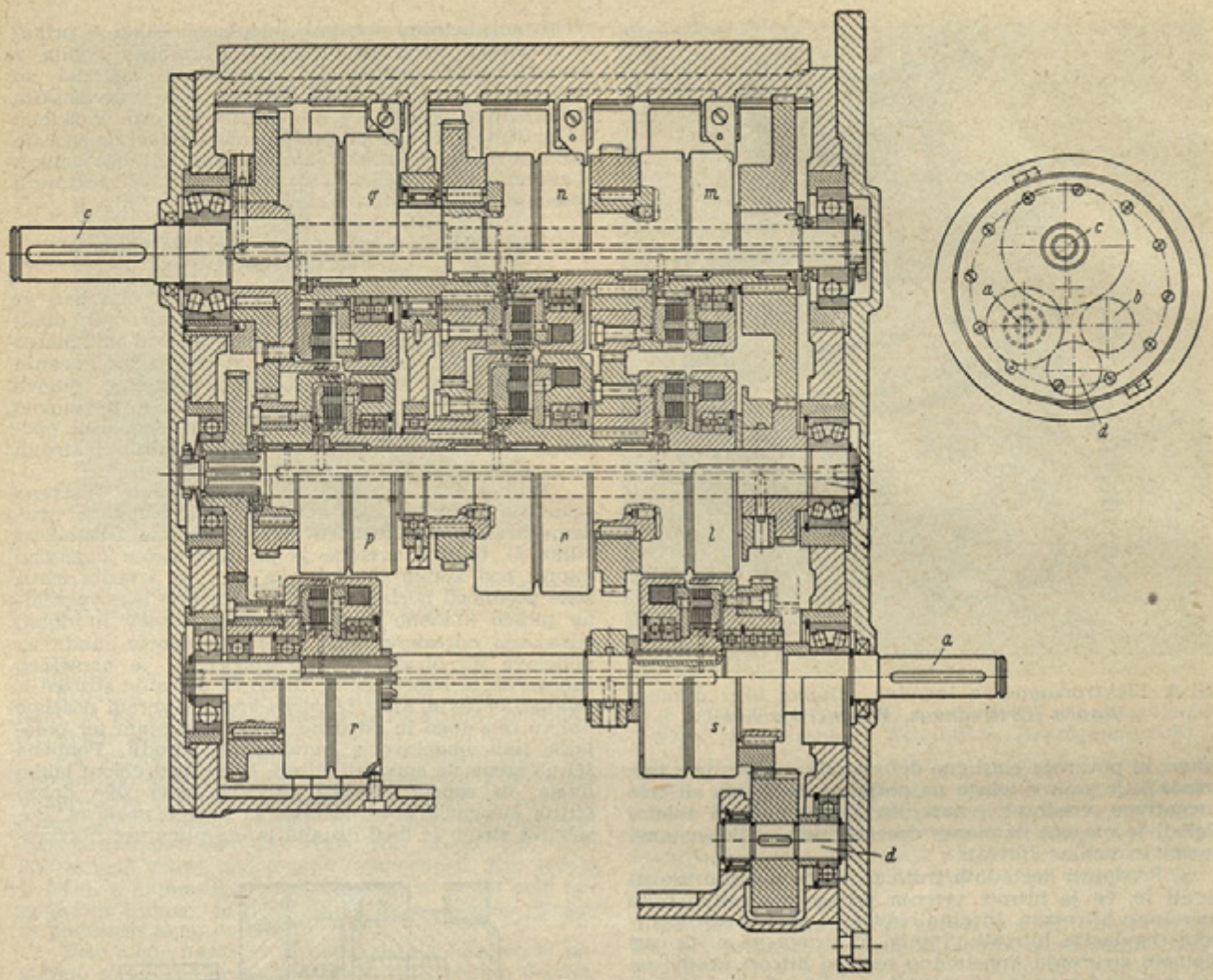
Prilagajanje tehnološki operaciji in oblikam obdelovancev

Čim smotrnejši postajajo stroji t. j. čim bolj se prilagajajo praktičnim zahtevam po statično in dinamično togih okrovjih, neoviranem dostopu in lahkem posluževanju, precizno vodenih in dobro zavarovanih premičnih delih, tem manj običajne postajajo njihove oblike. V največji meri je spremenila njihovo osnovno obliko smiselna prilagoditev določeni tehnološki operaciji, kar se najočitneje kaže pri specialnih strojih za srednjo in velikoserijsko proizvodnjo.

Primer takega stroja, ki se po zasnovi bistveno razlikuje od dosedanjih oblik, je polavtomat za struženje kratkih obdelovancev tvrdke Schiess, Düsseldorf (slika 9). Glavno vreteno je pri tem stroju nagnjeno naprej pod kotom 45°, tako da so v tej izvedbi združene prednosti horizontalne in vertikalne lege vpenjalne plošče (udobno vpenjanje obdelovancev in dobro odvajanje odrezkov). Oba stranska suporta rabita za obdelavo na obodu, srednji suport, ki je nameščen zgoraj, pa je namenjen za plano in notranje struženje. Celotno okrovje, ki je iz enega kosa, je zaradi posebne oblike zelo togo in odporno proti vibracijam ter omogoča tudi obdelavo s keramičnimi orodji. Pomična ščitna stena na sprednji strani, ki se med delom lahko dviga, in zaprta izvedba okrovja sama zelo dobro ščitita strugarja pred odrezki, ki padajo naokrog. Posebnost stroja je med drugim ta, da nima več nikakrš-



Sl. 7. *Elektromagnetna zobniška sklopka ZF (Siemens-Schuckert-Zahnradfabrik Friedrichshafen AG.)*



Sl. 8. *Gonilo z elektromagnetnimi tornimi sklopkami (Ortlinghaus, Wermelskirchen)*
a — pogonska os, b — vmesna os, c — odgonska os

nih ročic in koles za ročno upravljanje, temveč samo še tipke na dveh komandnih ploščah levo in desno. Pri serijski obdelavi lahko dela stroj avtomatično po določenem programu, ki ga krmili perforiran trak.

V zadnjem času se čedalje številneje pojavljajo čelne stružnice in polavtomati s stružnimi dolžinami od 150 do 250 mm ter velikim prečnim premikom. Povod za razvoj tega novega tipa stružnice so dale raziskave in analize najobičajnejših izmer na obdelovancih, ki so pokazale, da je pri večini stružnih operacij premer obdelovancev večji od njihove dolžine in je precejšen del le-teh celo krajši od 250 mm [2]. Zaradi tega večina stružnic do sedaj ni bila popolnoma izkoriščena.

Kot primer prikazuje slika 10 čelno produkcijsko stružnico FD 500 tvrdke Max Müller, Hannover, ki je namenjena za obdelavo ploščatih obdelovancev (obročev, prirobnic, zobnikov itd.). Sestavljena je iz posameznih enot, ki se po potrebi lahko zamenjujejo, tako da je moč prilagajati stroj različnim obdelovancem in nalogam, bodisi kot specialen ali kot univerzalen stroj. Oba med seboj neodvisna križna suporta sta nagnjena navznoter zaradi boljšega odtekanja odrezkov in hladilnega sredstva. Posebna hidravlična naprava omogoča nastavljanje suportov na določeno mesto z natančnostjo 1/100 mm. S pomočjo tako imenovanega krmilja »Elektropilot« se izvaja pozicioniranje orodij, spreminjanje delovnih pogojev, ustavljanje stroja itd. po poljubnih programih. Tudi pri tem stroju pomeni hkratna obdelava z več orodji znaten prihranek časa za obdelavo.

V to skupino čelnih stružnic spadata tudi že prej opisani stružni polavtomat na sliki 9 ter dvovretenski polavtomat »Pidofat« tvrdke Pittler, Langen, ki je prikazan na sliki 11. Izvedba z dvema neodvisnima vretenoma z lastnim pogonom ima predvsem to prednost, da se lahko obdelujeta dva obdelovanca hkrati in je v dveh zaporednih vpetjih mogoče obdelovati predmet z vseh strani. Levemu vretenu pripada revolverski suport s tremi položaji, ki rabi predvsem za obdelavo izvrtin, medtem ko so orodja levih vertikalnih sani namenjena za vzdolžno in čelno struženje. Desno vreteno ima svoj vertikalni suport za vzdolžno in prečno ter predvsem za kopirno struženje. S takim načinom zaporedne obdelave je možno dosegati že pri ročnem menjavanju obdelovancev precej večjo storilnost in ekonomično obdelavo celo pri manjših serijah.

Zanimiv primer, kako se da konstrukcijska zasnova stroja prilagoditi oblikam obdelovanca, je specialna dvojna kopirna stružnica tvrdke Heyligenstaedt, Giessen (slika 12), ki je namenjena za obojestransko obdelavo zelo tankih plošč (n. pr. za rotorje turbin, centrifugalnih črpalk in kompresorjev, za lamele sklopk itd.). Namesto običajnega vretena rabi za pritrditev in vrte-

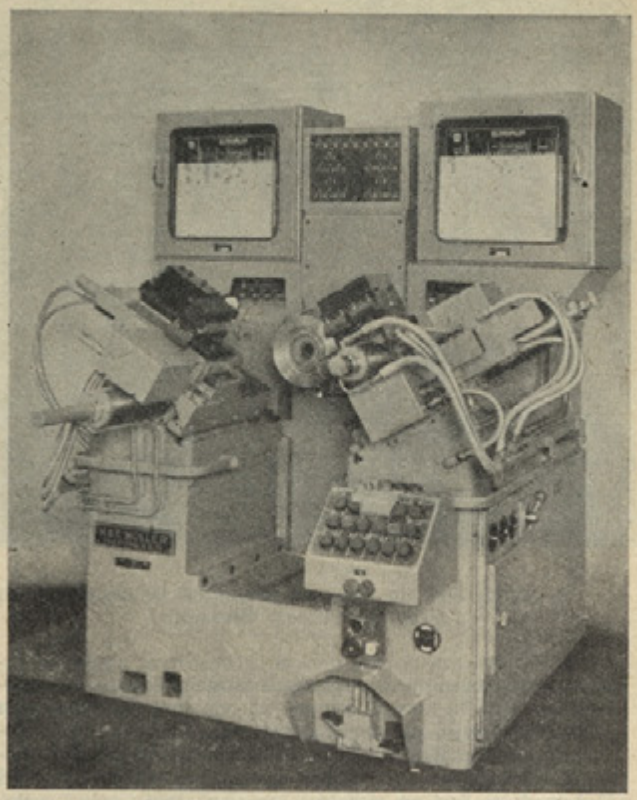
nje obdelovancev poseben vpenjalni obroč, na katerem so ti pritrjeni na obodu. Na vsaki strani vpenjalnega obroča je po en kopirni suport s programskim krmiljem za podajanje in hitri tek. Tudi tanke plošče je možno kopirati hkrati z obeh strani, pri čemer stojita oba noža nasproti, tako da se obdelovanec ne more deformirati. Podobno kakor pri planih stružnicah se hitrost vrtenja vpenjalnega obroča krmili tako, da ostane rezalna hitrost približno konstantna.

Cedalje bolj se v zadnjem času uveljavlja vertikalni tip stružnice. Tako so bile v Parizu prikazane nove izvedbe, ki se odlikujejo po tem, da zavzemajo manj prostora, je delovni prostor laže dostopen in dopuščajo namestitev večjega števila suportov, je pa tudi pri njih laže prigrajevati naprave za transport in sklapljanje kakor pri ostalih stružnicah idr.

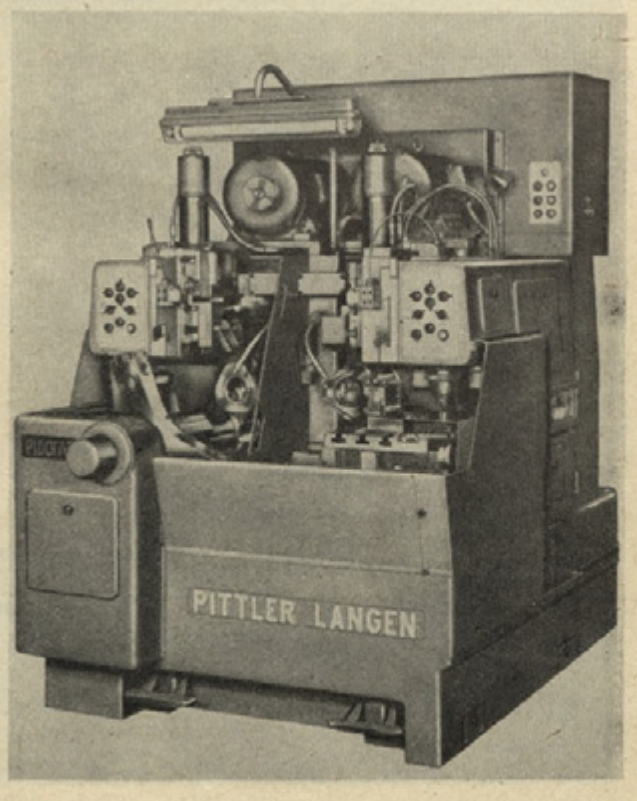
Sl. 9. *Polavtomat za struženje KDA 60 (Schiess A. G., Düsseldorf)*

Slika 13 prikazuje stružnico »Vertimat 20« tvrdke Martin, Offenburg z vertikalnim vretenom za ⌀ 200 in stružne dolžine do 500 mm, ki se po potrebi lahko opremlja z različnimi suporti in hidravličnimi kopirnimi napravami. Možna je tudi namestitev dveh kopirnih naprav, ki se gibljeta v nasprotni smeri. Stružnica ustreza sodobnim zahtevam in omogoča tudi uporabljanje keramičnih orodij, pri čemer je odtok odrezkov navzdol skoraj neoviran tudi pri velikih odrezalnih storilnostih. Seveda je tudi ta stroj možno opremljati s programskim krmiljem, z gonilom za preklapljanje hitrosti med obdelavo itd.

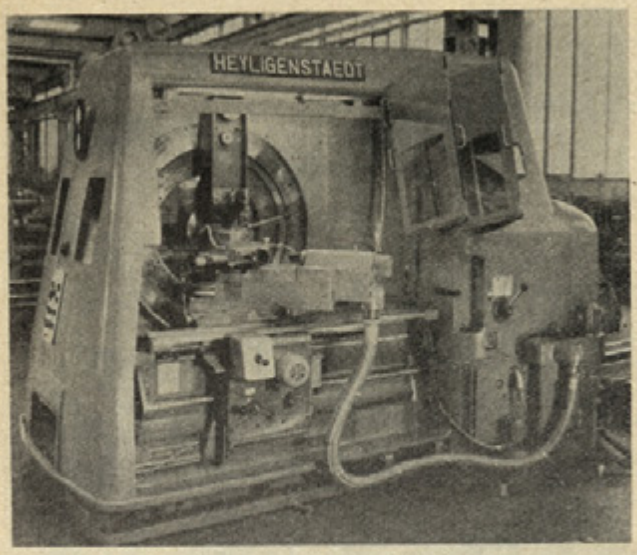
Znatno povečanje storilnosti je možno dosegati z zaporedno obdelavo na strojih z dvema ali več delovnimi mesti, skozi katera hodijo obdelovanci v določenih časovnih presledkih. Medtem ko je pri dvovretenskem polavtomatu na sliki 9 potrebno ročno menjavanje obdelovancev, prikazuje slika 14 novo izvedbo večtaktnega stružnega avtomata s petimi vreteni tvrdke Hasse & Wrede, Berlin, pri katerem so vretena vležajena v pokončni, nekoliko nazaj nagnjeni vrtljivi mizi, tako da hodijo obdelovanci postopoma skozi štiri delovne postaje, medtem ko je peta namenjena za



Sl. 10. *Čelna produkcijska stružnica FD 500 (Max Müller, Hannover)*

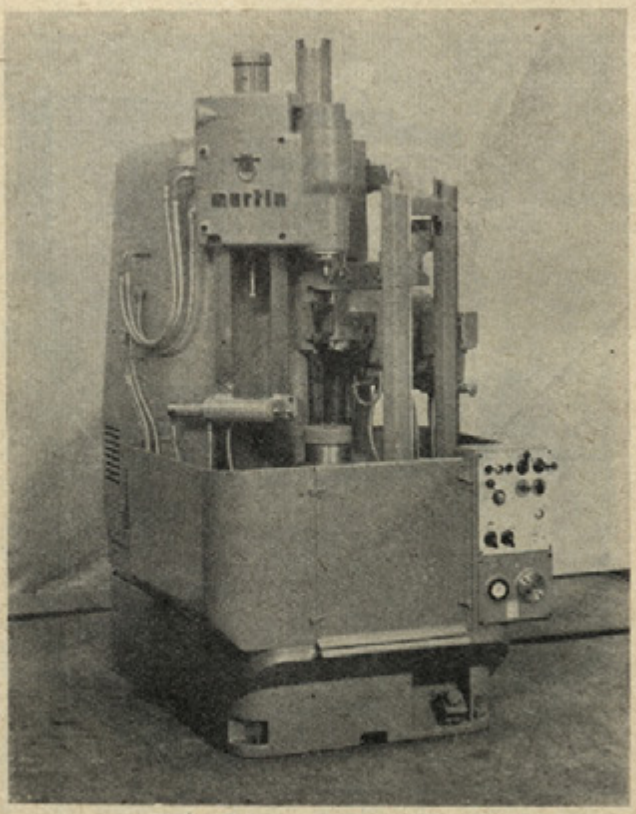


Sl. 11. *Dvovretenski avtomat »PIDOFAT« (Pittler, Langen)*

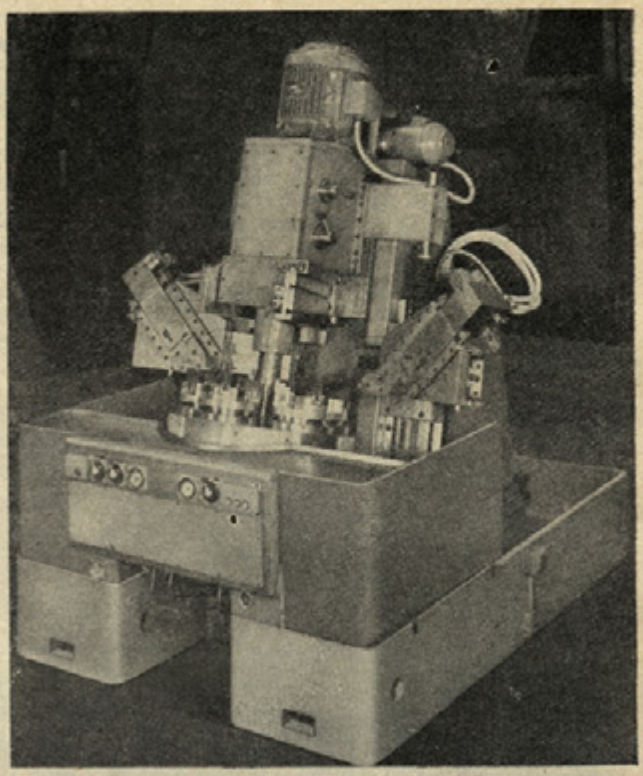


Sl. 12. *Dvojna kopirna stružnica DPK 750 (Heyligenstaedt, Giessen)*

vpenjanje oziroma menjavanje obdelovancev. Na poševnem stojalu drsita suport za vrtanje in suport za plano struženje, na obeh stranskih vodilih pa dva kopirna suporta. Ker se uporablja več orodij hkrati, menjavanje in vpenjanje obdelovancev pa se opravlja med obdelavo, so časi za obdelavo na tem stroju zelo kratki. Avtomatičen delovni potek se krmili elektro-hidravlično.

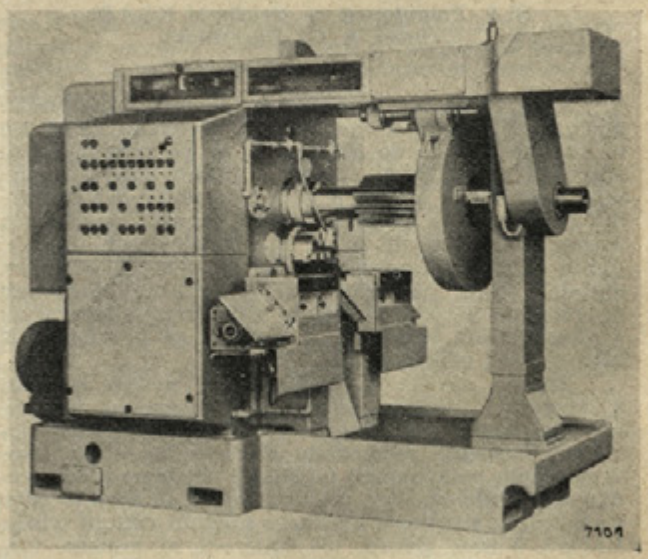


Sl. 13. *Vertikalna stružnica »VERTIMAT 20« (K. Martin, Offenburg)*

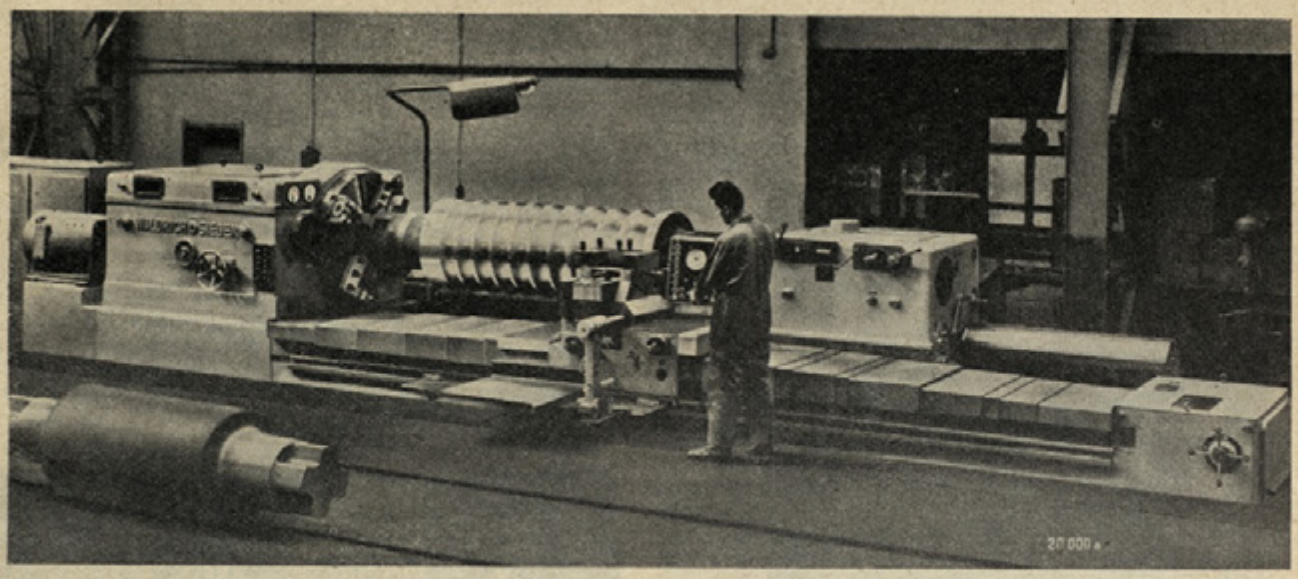


Sl. 14. *Večtaktni stružni avtomat DAS 5 × 250 (Hasse & Wrede, Berlin)*

Medtem ko so do nedavna v množinski in velikoserijski proizvodnji dajali prednost večvretenskim avtomatom, prihaja zdaj čedalje bolj do veljave težnja po uporabi čimbolj univerzalnih strojev z enim ali dvema vretenoma, ki so opremljeni z najrazličnejšimi obdelovalnimi agregati, kakor so n. pr. revolverska glava, vzdolžne sani s kopirno napravo idr. Slika 15 predstavlja novo konstrukcijo enovretenskega avtomata tvrdke Gildemeister, Bielefeld, ki kaže sicer po



Sl. 15. *Enovretenski avtomat AEH 250 (Gildemeister, Bielefeld)*



Sl. 16. *Kopirna stružnica za valje WKDF 65 (H. A. Waldrich, Siegen)*

dispoziciji posameznih delov videz običajnega avtomata, je pa brez krivulj in se krmili elektromehanično s pomočjo prislonov in končnih stikal, ki vklapljajo in izklapljajo elektromagnetne sklopke posameznih pogonskih ustrojev. Tak avtomat je lahko ekonomičen že v maloserijski proizvodnji. Če so pri tehnološki obdelavi potrebne določene spremembe v dispoziciji posameznih obdelovalnih agregatov, se le-ti zamenjujejo. Tako se da stroj zelo dobro prilagajati vsakokratnim obdelovalnim razmeram. Stroj ima posebne revolverske sani za vpenjanje orodij za vzdolžno struženje in dva neodvisna stranska suporta za čelno in kopirno struženje.

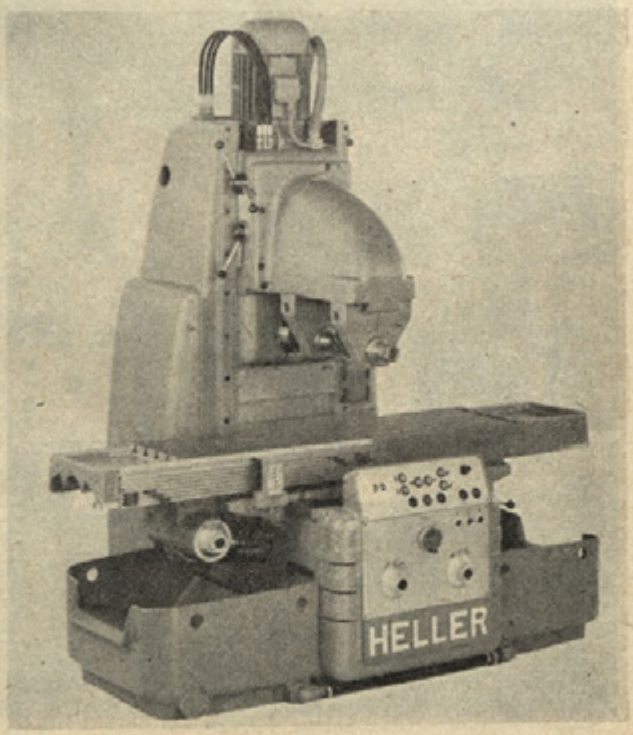
Kopirne naprave dandanes niso samo standardna oprema za univerzalne in produkcijske stružne polavtomate in avtomate, temveč so z njimi opremljeni tudi že težki stroji, n. pr. za struženje in kalibriranje valjev. Slika 16 kaže posnetek novovrstne stružnice z lamelnim suportom tvrdke H. A. Waldrich, Siegen, kakršne uporabljajo v valjarnah za kopiranje in zarezavanje. Z električno kopirno napravo je mogoče kopirati vse odprte profile kalibrov z zelo preprostimi orodji.

Tudi pri frezalnih strojih se uveljavlja nov tip stroja, ki je namenjen predvsem za zelo natančno obdelavo težjih obdelovancev pri velikih odrezalnih storilnostih. Velike dinamične obremenitve zaradi prekinjenega reza terjajo pri teh strojih še posebno veliko togost in odpornost proti nihanjem. Razen tega je frezalni stroj izpostavljen velikim spremembam v smeri in velikosti rezalnih sil, ki nalagajo togosti stroja dodatne zahteve. Pri produkcijskih frezalnih strojih se zaradi tega opušča konzolni način gradnje in prehaja na izvedbo s togo posteljo, ki ima nekaj bistvenih prednosti, med katerimi so: veliko delovno območje, velika dinamična togost, zmeraj enaka višina mize in možnost za zelo prikladno namestitev elementov za upravljanje stroja.

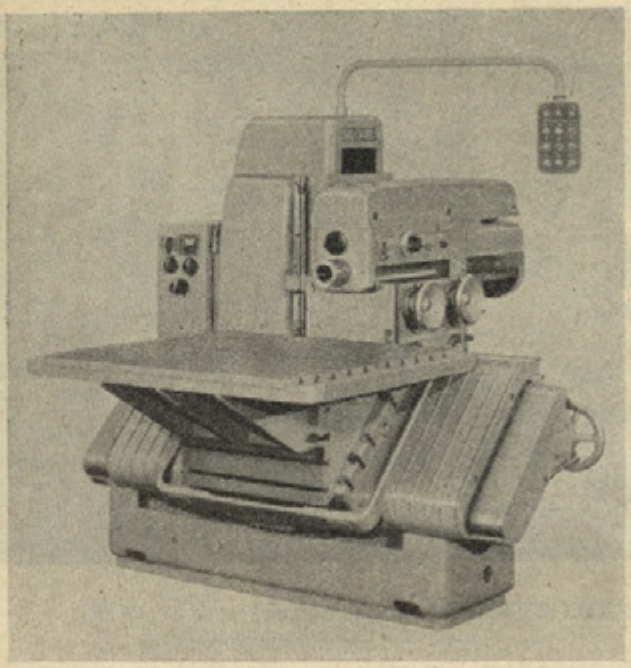
Nadaljnja prednost je dobra prilagodljivost procesu obdelave pri zamenjavi obdelovalnih agregatov. Ker je miza pomična samo v horizontalni ravnini, mora biti v vertikalni smeri gibljiv frezalni vretenjak, ki ima bodisi vodoravno, vertikalno ali univerzalno vreteno.

Slika 17 ponazarja frezalni stroj tvrdke Heller, Nürtingen v izvedbi, ki omogoča istosmerno in protismerno frezanje s pozitivnimi in negativnimi cepilnimi koti. Stroj je lahko opremljen z različnimi sistemi programskega krmiljenja, ki omogočajo popolno izkoriščanje stroja tako v maloserijski kakor tudi velikoserijski proizvodnji.

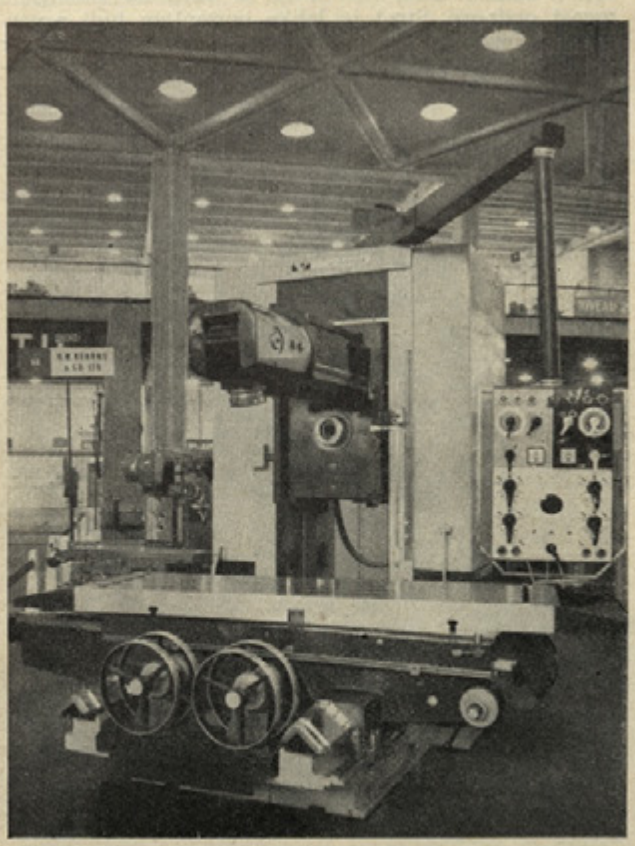
Pri univerzalnem frezalnem stroju tvrdke Deckel, München (slika 18) je miza s posebno kotno obliko pritrjena na poševnih vzdolžnih saneh, nagnjenih naprej pod kotom 45°. S tem je možno prilagajati lego mize višini obdelovanca, ne da bi se pri tem zmanjšala togost podpore. Stroj je lahko opremljen tudi z vertikalno frezalno glavo, univerzalno vrtljivo mizo ter dvigalno napravo, ki olajšuje vpenjanje težjih obdelovancev in orodij.



Sl. 17. *Frezalni stroj FPH s togo posteljo (Heller, Nürtingen)*



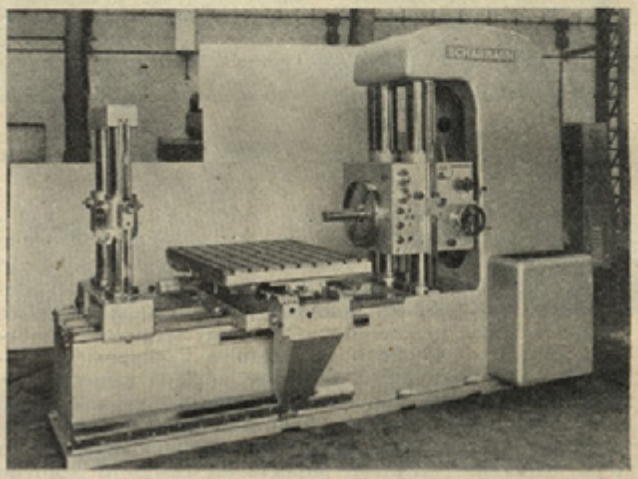
Sl. 18. *Univerzalni frezalni in vrtalni stroj FP 3 (Fr. Deckel, München)*



Sl. 19. *Dvovretenski frezalni stroj »1059« (G. Vernier, Nice)*

Zanimivo konstrukcijsko izvedbo prinaša dvovretenski frezalni stroj tvrdke Vernier, Pariz (sl. 19). Frezalni vretenjak, ki drsi med dvema stebroma, ima vodoravno frezalno vreteno, nad njim pa je še poseben pomol z univerzalno frezalno glavo. Pogona obeh vreten sta neodvisna. Celoten program se lahko krmili na daljavo. Pozornost vzbujajo tudi gladke ravne oblike tega stroja.

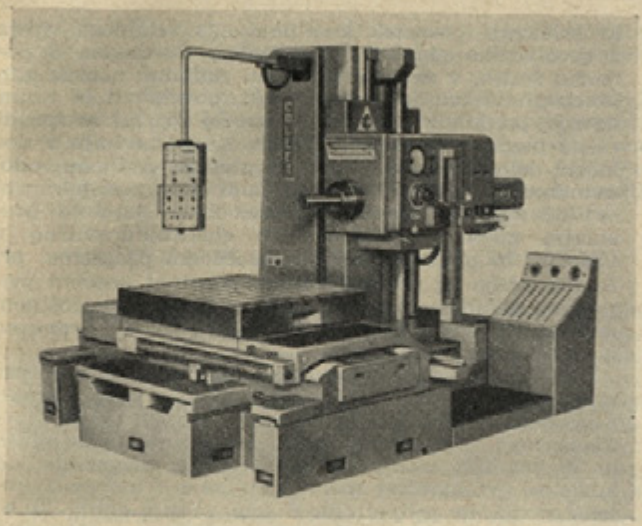
Tudi pri vodoravnih frezalnih in vrtalnih strojih se je že posrečilo realizirati številne konstruktivne spremembe v smeri nakazanih razvojnih teženj. Slika 20 prikazuje posnetek vodoravnega vrtalnega in frezalnega stroja tvrdke Scharmann, Rheydt, ki ga v prerezu kaže slika 2. Toga izvedba okrovja, natančna okrogla vodila za navpično vodenje vretenjaka in brezstopenjsko menjavanje rezalnih in podajalnih hitrosti že upoštevajo zahteve, kakršne uveljavljajo nova keramična orodja.



Sl. 20. *Vodoravni vrtalni in frezalni stroj FB 80 b (Scharmann & Co., Rheydt)*

Horizontalni vrtalni in frezalni stroj BFfb 85 tvrdke Collet & Engelhardt, Offenbach (slika 21) pa je namenjen prvenstveno za obdelavo koncentričnih in vzporednih izvrtin ter čelnih ploskev s kratkimi, enostransko vpetimi orodji, pri čemer so zelo lahko dostopni tudi večji in rogovilasti obdelovanci. Široka postelja s petimi vodili omogoča natančno vodenje mize tudi pri enostranski obtežbi. Spreminjanje hitrosti vrtenja vretena in stročnice je brezstopenjsko in se izvaja lahko med obdelavo. Izbiranje rezalnih in podajalnih hitrosti teče po programu, prav tako tudi pozicioniranje koordinat, pri čemer je s pomočjo fotoelektričnega izklapljanja podajalnih gibanj možno dosegati natančnosti do 0,005 mm. S pozicionirnimi krmilnimi napravami pa so zdaj že opremljeni tudi številni koordinatni vrtalni stroji.

Tudi pri novejših izvedbah strojev za izdelavo ozobij se kažejo vplivi sodobnih razvojnih teženj. Stroji se prilagajajo določenim obdelovalnim nalogam ter novim boljšim in bolj obstojnim orodjem, ki dopuščajo večje rezalne hitrosti in večje storilnosti. Tako je bilo v mnogih primerih mogoče zaznamovati nadaljnje povečanje togosti teh strojev, bodisi v izvedbi z dvojnim okvirom (Lorenz) ali v ojačeni odprti izvedbi brez prečke, ki omogoča boljši dostop (Pfauter). Posebno izvedbo kotalnega frezalnega stroja za izdelavo čelnih, vijačnih in polžastih zobnikov je v Parizu pokazala tvrdka Ateliers G. S. P., Courbevoie, pri kateri sta oba stebra trdno povezana med seboj, vrtilna miza in podporni ležaj za obdelovanca pa drsita v posebnih vo-

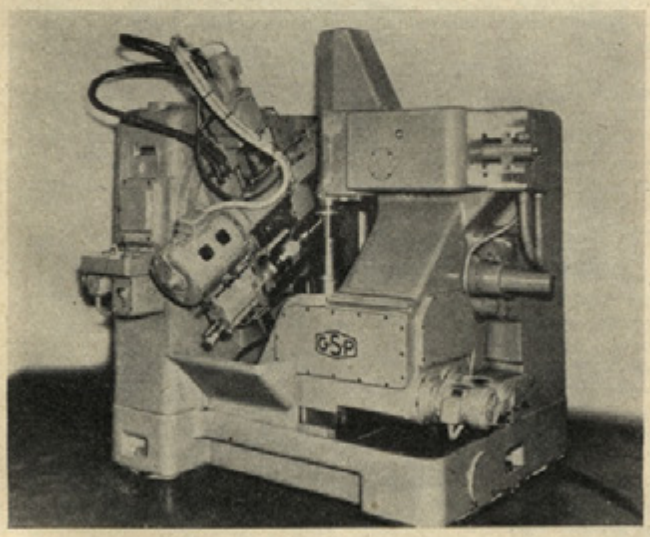


Sl. 21. *Vodoravni vrtalni in frezalni stroj BFfb 85 (Collet & Engelhardt, Offenbach)*

dilih ter ju je moč na poljubnem mestu blokirati. Stroj je lahko opremljen tudi z avtomatičnim krmiljenjem vseh gibanj ter z napravo za avtomatični transport in kontrolo obdelovancev (slika 22).

SESTAVLJANJE STROJEV IZ POSAMEZNIH SKLOPOV

Velik vpliv na nove konstrukcijske oblike obdelovalnih strojev ima težnja, z največjo možno izrabo standardiziranih sestavnih delov in sklopov zmanjšati stroške za projektiranje in izdelavo novih tipov obdelovalnih strojev in s tem vplivati na pocenitev proizvodnje. Ta težnja, ki sicer ni nova, se pa čedalje bolj uveljavlja, se očituje predvsem v prehodu na tako imenovano konstruiranje po načelu sestavljanja sklopov. Take konstrukcije nastajajo s kombiniranjem samostojnih sklopov, ki so večkrat med seboj neodvisni in se uporabljajo za opravljanje določenih enakih funkcij. Sem spadajo kot osnovni sklopi okrovja strojev (n. pr. postelje, podstavki, stebri, stojala), kot glavni sklopi pa nosilci obdelovancev (n. pr. vpenjalne naprave, mize, konjički itd.), nosilci orodij (n. pr. mize, sani, suporti, vretena, pehala idr.) ter razni pogoni (glavna in stranska gonila).

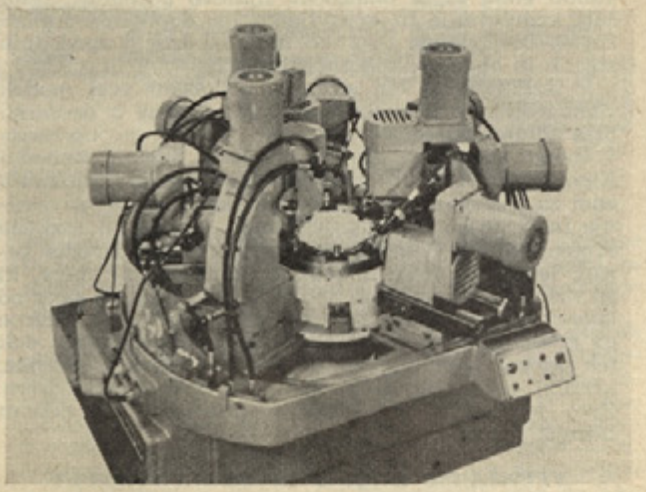


Sl. 22. *Kotalni frezalni stroj za zobnike »84-5« (Ateliers G. S. P., Courbevoie)*

Na določen osnovni sklop se montirajo razni glavni sklopi t. j. nosilci orodij in obdelovancev ter pogonski sklopi, ki so potrebni za premikanje slednjih. Ti dajejo v odvisnosti od kombinacije njihovih podsklopov celo vrsto raznih osnovnih variant za obdelovalne stroje. Z raznimi dodatnimi sklopi, ki rabijo deloma za razširitev delovnega območja (n. pr. za rezanje navojev, revolverske glave, držala za več nožev), delno pa za izboljšanje kontinuitete v proizvodnji (hladilne naprave, naprave za mazanje, kontrolo, odsesavanje, za odstranjevanje odrezkov), lahko to vrsto še povečujemo. S priključitvijo nadaljnjih sklopov za programiranje in transport pa nastaja dodaten izbor postopoma avtomatiziranih obdelovalnih strojev.

Možnost za zamenjavo posameznih suportov, prigrajevanje dodajalne naprave za obdelovance itd. in s tem za prilagajanje raznolikim operacijam je dana pri nekaterih že omenjenih strojih (slike 10, 13, 14, 17) ter številnih drugih, ki jih ni mogoče navajati posebej.

Druga oblika tega načina gradnje je sestavljanje različnih standardnih sklopov in namenskih agregatov

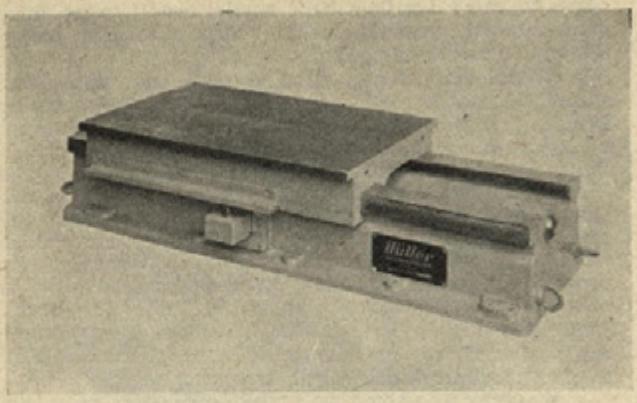


Sl. 23. *Univerzalni agregatni stroj »20« (Schaublin, Bevilard)*

v agregatne stroje. Ti stroji so vsestransko uporabni, ker jih je lahko prilagajati obdelavi podobnih obdelovancev in omogočajo gospodarno avtomatizacijo proizvodnje. Možno je obdelovati več obdelovancev hkrati ter z uporabo različnih orodij opravljati na vsakem obdelovancu več operacij, tako da so obdelovalni časi za posamezne obdelovance znatno krajši. Ker se med obdelavo izvaja tudi menjavanje in vpenjanje obdelovancev, se skrajšajo tudi stranski časi obdelave, izboljšuje pa se tudi natančnost, ker poteka celotna obdelava v enem samem vpetju.

Na takih strojih se ne da samo vrtati, povrtavati in rezati navojev, temveč se da tudi stružiti in frezati. S kombinacijo raznih obdelovalnih enot z napravami za transport in dodajanje obdelovancev, pnevmatičnimi ali hidravličnimi vpenjalnimi napravami je mogoče obdelovalni postopek bistveno avtomatizirati. Slika 23 predstavlja posnetek univerzalnega agregatnega stroja z vrtljivo mizo tvrdke Schaublin, Bevilard, ki ima lahko 4 do 7 vertikalnih ali horizontalnih obdelovalnih enot in je zelo elastičen v prilagajanju različnim oblikam in dimenzijam obdelovancev.

Pri sestavljanju specialnih obdelovalnih enot v obdelovalne proge so uporabljali doslej najrazličnejše



Sl. 24. *Hidravlična pomična enota SEH (Karl Hüller, Ludwigsburg)*

vrste in velikosti teh enot, ki pa niso bile tipizirane. Zaradi tega teži zlasti množinska proizvodnja za tem, da se uvede ustrezna tipizacija teh sklopov in obdelovalnih enot, ki bi omogočila njihovo pocenitev, olajšala vzdrževanje in upravljanje ter dopuščala izmenljivost in ponovno uporabo tudi na drugih specialnih strojih in obdelovalnih progah.

V Parizu so bili sicer že prikazani prvi modeli standardnih obdelovalnih enot in sklopov z enotnimi prigradnimi merami (slika 24), vendar je tipizacija v širšem obsegu za zdaj še omejena. Samo v Zahodni Nemčiji so sestavili smernice za gradnjo tipiziranih enot za posamezne sklope strojev kakor n. pr. za srednje in stranske dele okrovij, sani, suporte in različne vretenjake [3]. Proizvajalci teh enot so pri izvedbi vezani le na nekatere dimenzije in priključne mere, ki so važne za izmenljivost teh sklopov, imajo pa sicer po konstrukcijski strani povsem svobodno izbiro. Težnje pa gredo za tem, da se poenotijo tudi posamezni deli teh sklopov n. pr. motorji, hidravlične naprave, sklopke, krmilni organi in druga potrebna pomožna sredstva. Zato je tudi v tej smeri v prihodnje pričakovati hitrejši razvoj.

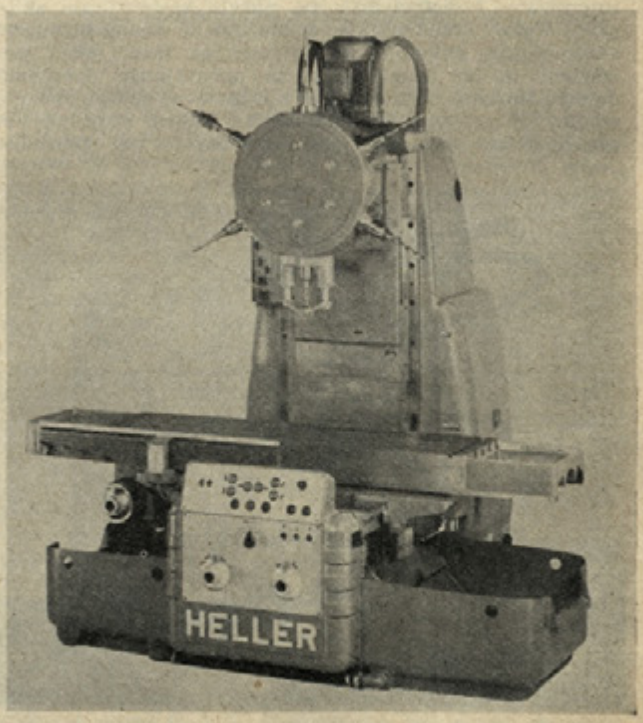
VPENJANJE ORODIJ IN OBDELOVANCEV

Izkoriščanje zmogljivosti strojev in orodij je v precejšnji meri odvisno tudi od dovršenosti in konstrukcijske izvedbe vpenjalnih naprav. Natančnost pri obdelavi ni odvisna samo od lastnosti obdelovalnega stroja, temveč tudi od tega, če so obdelovanci med obdelavo vpeti dovolj togo. Vprav pri uporabi rezalnih orodij iz keramike, ki terjajo znatno večje rezalne hitrosti in s tem hitrosti vrtenja vreten, postaja zanesljivo vpenjanje pri velikih hitrostih zelo pomemben problem. Vpenjalne naprave, ki se med obdelavo vrtijo, so izpostavljene različnim deformacijam zaradi sil pri vpenjanju in obdelavi, zaradi nihanj in centrifugalne sile, ki pri prevelikih hitrostih in obremenitvah lahko občutno zmanjšujejo njihove vpenjalne sposobnosti.

V težnji k skrajšanju obdelovalnih časov so konstrukterji obdelovalnih strojev obračali več skrbi kakor doslej na stranske operacije pri obdelavi, zlasti na hitro vpenjanje in menjavanje orodij in obdelovancev. Pnevmatične in hidravlične vpenjalne naprave so zato čedalje bolj v rabi pri vseh vrstah obdelovalnih strojev. Pri različnih strojih je možno doseči znatno skrajšanje časa za izdelavo s hitrejšim menjavanjem orodij, pri čemer je zlasti pomembno hitro in samodejno menjavanje vnaprej pripravljenih orodij. Ena izmed številnih možnosti, kakršne že dolgo poznamo pri revolverskih stružnicah, je nameščanje orodij v revolverski glavi. Tak način pospešenega samodejnega menjavanja se uveljavlja v zadnjem času tudi pri ostalih strojih. Kot primer tega razvoja naj bo na vpogled slika 25, ki prikazuje posnetek koordinatnega vrtalnega stroja z revolversko glavo tvrdke Heller, Nürtingen. S pomočjo šestih, v revolverski glavi radialno nameščenih preciznih vreten je možno vrtati, povrtavati in rezati navoje, pri lažjih operacijah pa celo stružiti in frezati razne ploskve ter utore. Vretena se postavljajo v določen delovni položaj po poljubnem vrstnem redu, avtomatično pa se krmilijo tudi vse podajalne in vrtilne hitrosti. Posebna pozicionirna naprava prestavlja mizo z obdelovancem elektrohidravlično v vzdolžni in prečni smeri po določenem programu, pri čemer rabijo za pozicioniranje koordinat posebni prisloni ali dekadična stikala, medtem ko so pri pogostnem menjavanju vrtalnih shem informacije kodificirane na perforiranem traku.

Posebno izvedbo dvovretenskega vrtalnega in frezalnega stroja s samodejnim menjavanjem orodij z imenom GSP-Matic je prikazala tvrdka G. S. P. — Courbevoie, pri kateri je lahko spravljenih 18 frezalnih in 36 vrtalnih orodij v dveh vrtljivih magazinih, od koder se avtomatično snemajo, vtikajo v ustrezno vreteno stroja in pritrjujejo. S tem se pri delih, ki so združena z velikim številom zaporednih operacij z različnimi orodji menjavanje le-teh opravlja zelo hitro, pri čemer se čas za izvrševanje teh stranskih operacij in s tem tudi čas za izdelavo skrajšuje, tako da je možna gospodarna obdelava tudi pri majhnih serijah in celo pri posameznih obdelovancih.

V podobni smeri gre sedaj tudi razvoj samodejnega menjavanja obdelovancev, ki teži za tem, da se prihranjuje čas za izvršitev stranskih operacij med obdelavo in se stroji čimbolj izkoriščajo. Pri obdelavi armaturnih delov se uporabljajo n. pr. vpenjalne naprave, pri katerih se obračanje obdelovanca iz ene v drugo lego izvaja med vrtenjem delovnega vretena, s čimer je omogočena vsestranska obdelava pri enem samem vpetju obdelovanca. Transportne in dodajalne naprave prevzemajo v čedalje večji meri transport in dovajanje obdelovancev, ki ne prinaša prihranka samo pri delovni sili, ampak omogoča tudi zanesljivo vpenjanje v pravem trenutku. Številni stroji so v zadnjem



Sl. 25. *Vrtalni stroj z revolversko glavo SBR (Heller, Nürtingen)*

času že v normalni izvedbi opremljeni z avtomatičnimi napravami za dodajanje in vlaganje obdelovancev v stroj.

Pri velikih in težkih obdelovancih in posamični proizvodnji pa je ročno vpenjanje še zmeraj najbolj razširjeno, in to tudi na strojih, ki so prirejeni za avtomatično menjavanje orodij. Vendar je za olajšanje dela pri vpenjanju takih obdelovancev in tudi orodij videti čedalje več dvigalnih in pomožnih naprav.

STROJI ZA PLASTIČNO PREOBLIKOVANJE MATERIALOV

Tudi tehnika preoblikovanja kovin se je v zadnjih letih zelo razvila, čeprav ta razvoj ni dosegel take stopnje kakor pri strojih za obdelovanje z odrezovanjem. Kljub temu je opaziti, da število teh strojev nenehno narašča [4], kar izvira odtod, da nekateri postopki preoblikovanja materialov v čedalje večji meri in uspešneje nadomeščajo postopke obdelovanja z odrezovanjem. To je omogočila predvsem velika natančnost, kakršno lahko dosegajo pri obdelavi na nekaterih preoblikovalnih strojih, zlasti pri postopkih tako imenovanega masivnega preoblikovanja (kovanja v utopih, hladnega gnetenja, okroglega gnetenja, pramenskega stiskanja, valjanja, vlečenja). Pri tem naj kot primer omenimo samó kovanje zobnikov v utopih, hladno valjanje navojev ter ravnih in zavitih turbinskih lopatic idr., ki ne potrebujejo več nikakršne naknadne obdelave. Značilnosti in prednosti teh postopkov so predvsem velika trdnost obdelovancev, dobro izkoriščanje materiala, iz katerega so izdelani, možnost za izdelavo zapletenih oblik in gospodarna proizvodnja zaradi hitrega poteka preoblikovalnega procesa.

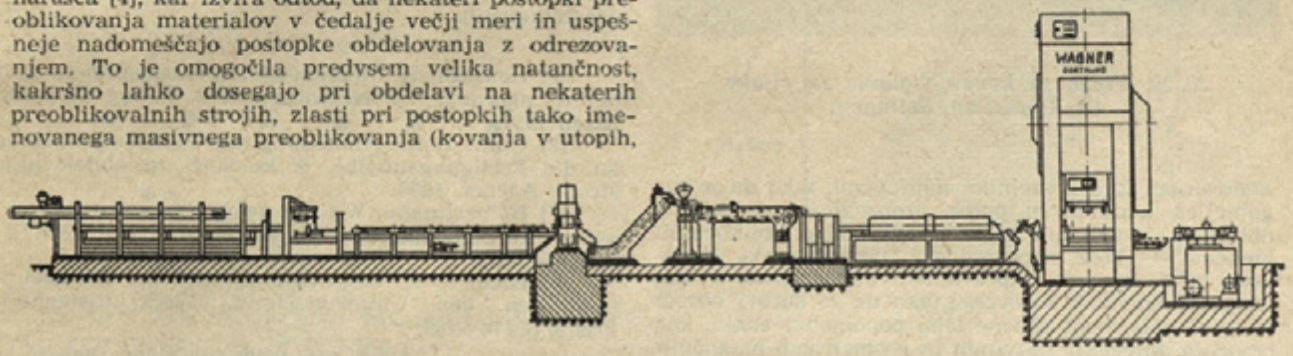
Zaradi večjih oblikovalnih pritiskov, ki nastajajo pri teh postopkih za obdelovanje, so za povečano natančnost pri obdelavi potrebni izredno togi stroji. Stojala stiskalnic in okviri kladiv morajo biti zadosti togi, da lahko preprečujejo deformacije, kakršne povzročajo zlasti prečne sile pri ekscentričnih obremenitvah. Imeti morajo tudi dovolj dolga vodila z dobrim mazanjem, ki omogočajo natančno vodenje orodij. Prizadevanja konstrukterjev gredo potemtakem za tem, da pri čimboljšem izkoriščanju materiala dosegajo optimalne razmere glede trdnosti in togosti konstrukcij.

Povečanje obdelovalne natančnosti terja kot enega pogojev tudi ustrezna orodja, katerih nadaljnji razvoj je važna naloga v tehniki plastičnega oblikovanja kovin. Kot gradiva za orodja se dandanes uporabljajo orodna jekla z večjo trdnostjo in odpornostjo, za posebno obremenjene dele orodij pa tudi karbidne trdine. Obrabo orodij skušajo zmanjševati z navarjanjem in trdim kromanjem. Nadaljnja možnost za podaljšanje življenjske dobe oblikovalnih orodij je mazanje, tako da je vzporedno treba razvijati tudi primerna mazalna sredstva in postopke za mazanje. Pri toplem preoblikovanju je važen tudi razvoj postopkov za segrevanje obdelovancev, pri čemer postaja vse pomembnejše zlasti induktivno in upornostno segrevanje.

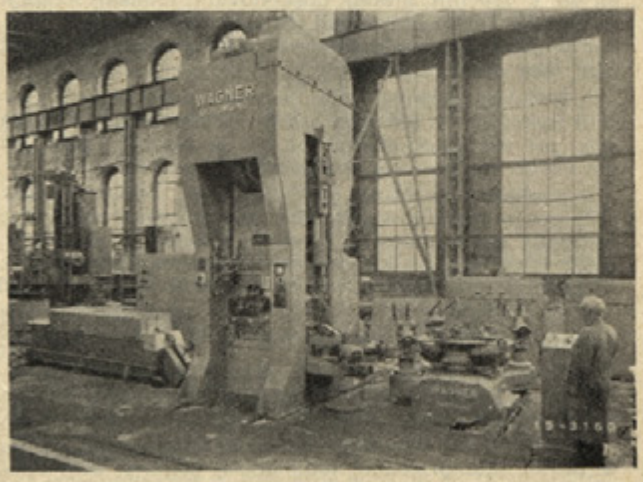
Eden glavnih ciljev preoblikovalne tehnike je povečanje v izbiri oblik in dimenzij obdelovancev, ki jih je mogoče izdelovati s temi postopki. Pri tem osvajajo posamezni postopki nova delovna področja (n. pr. hladno valjanje zobnikov in turbinskih lopatic idr.), ob čemer je velikega pomena tudi možnost za kombinacijo različnih tehnoloških postopkov pri izdelavi zapletenih oblik n. pr. kombinacija kovanja v utopih in varjenja. Tako se obdelovanci, ki se kot celota ne dajo skovati, lahko zvarijo iz dveh ali več v utopih kovanih delov n. pr. ventilska okrovja. Tudi glede raznovrstnosti materialov, iz katerih so izdelani, ter dimenzij obdelovancev, delovna območja stalno naraščajo.

Pri preoblikovalnih strojih, ki so bili razstavljeni v Parizu, je bilo moč opaziti predvsem težnjo po večjih storilnostih, ki so bile dosežene bodisi zaradi večjih oblikovalnih hitrosti, povečanja števila delovnih mest na enem stroju ali boljšega izkoriščanja stranskih časov. Čedalje več strojev je opremljenih s transportnimi in dodajalnimi napravami ali so vsaj zasnovani za njihovo prigrajevanje. Opuščajo se mehanične sklopke in uporabljajo brezstopenjski in hidravlični pogoni za posamezne delovne in pomožne operacije, ki omogočajo boljše prilagajanje optimalnim pogojem.

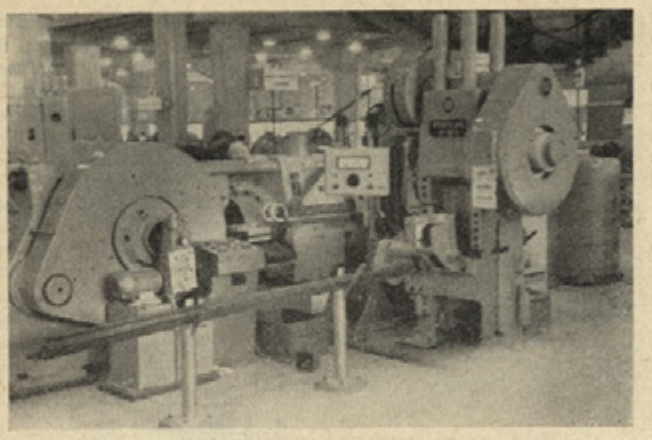
V težnji po avtomatizaciji se tudi pri teh strojih uveljavlja sklapljanje ustreznih agregatov v avtomatične obdelovalne proge. Tako sklopitev je možno izvesti tudi s stroji, ki se po tehnološki funkciji zelo razlikujejo. Tako je bila prikazana v Parizu prva avtomatična obdelovalna proga tvrdke Wagner & Co., Dortmund (sliki 26 in 27) za kontinuirno proizvodnjo jeklenih obročev iz celega z maksimalno težo do 2 kg (n. pr. za kotalne ležaje, zobniške vence itd.), v kateri so povezani stroj za sekanje blokov surovcev in stroja za toplo preoblikovanje z ustreznimi transportnimi,



Sl. 26. *Shema avtomatične obdelovalne proge za izdelavo obročev (Wagner & Co., Dortmund)*



Sl. 27. *Posnetek avtomatične obdelovalne proge za izdelavo obročev (Wagner & Co., Dortmund)*



Sl. 28. *Proga za kovanje glavic za vijake (A. Kieserling, Solingen)*

kontrolnimi in segrevalnimi napravami, tako da je zagotovljen kontinuiren potek proizvodnje od začetne oblike, t. j. valjanih palic do dokončno oblikovanih obročev — brez neposrednega posredovanja človekove roke. Posebna naprava izravnava razlike v teži vnaprej obdelanih surovcev, tako da so surovi obroči že pred valjanjem geometrično popolnoma enaki, kar omogoča doseganje pravilnih in geometrično natančnih dokončnih oblik obdelovancev.

Druga kombinacija je sklopitev strojev za kovanje glavic za vijake iz valjanega paličastega materiala, kakršno je pokazala tvrdka A. Kieserling, Solingen (slika 28). Poseben odrezalni stroj reže palice na odmerjeno enako dolžino, kakršne prihajajo nato po transportnem traku v indukcijsko peč, od koder jih — segrete do pravilne temperature, ki je potrebna za naglo kovanje — prenaša trak v stroj za nakrčevanje glavic. Zmogljivost stroja znaša do 60 kosov v minuti.

Vzlic temu, da že obstajajo nekatere tehnične možnosti, pa avtomatizacija pri postopkih preoblikovanja materialov še zelo zaostaja za drugimi postopki tehnološke obdelave, kjer so pogoji mnogo ugodnejši. K temu lahko največ pripomore tipizacija in standardizacija izdelkov ozir. posameznih elementov, ki bo zagotovila zadostno število enakih obdelovancev in omogočila gospodarno obdelavo tudi pri plastičnem preoblikovanju.

Literatura:

[1] Honrath, H.: Werkzeugmaschinenspindeln und deren Lagerung. 7. Forschungsbericht, Verlag Girardet, Essen 1957.

[2] Opitz, Rohs: Anpassung der Werkzeugmaschine an die Fertigungaufgabe. 9. kolokvij za obdelovalne stroje, Aachen 1958.

[3] Heinzelmann, W.: Ein neues System austauschbarer Aufbaueinheiten. Industrie-Anzeiger, 1959/IX, S. 1104—1108.

[4] Kienzle, O.: Entwicklungslinien bei Werkzeugmaschinen der Umformtechnik. Werkstattstechnik 1959/9, S. 474—489.

Avtor: ing. Franc Gologranc, Oddelek za strojništvo Univerze v Ljubljani

POROČILA

DK 621.892

MOLIBDENOV DISULFID KOT MAZIVO

Raziskave na področju trdnih maziv segajo v leto 1940, ko je neki inženir, zaposlen pri izdelavi rentgenskih cevi, iskal mazivo za mazanje gibajočih se delov v notranjosti cevi. Kombinacija visoke temperature in vakuuma sta mu onemogočila uporabo katerega koli organskega maziva.

Od tedaj se je uporaba molibdenovega disulfida (MoS_2) razširila, kot dokaz za uporabnost pa se navaja, da so v zračnih bitkah poškodovani letalski motorji še nadalje lahko obratovali, čeprav jim je izteklo olje, ker je primešani molibdenov disulfid posredoval mazni film med drsnimi ploskvami.

Podobne poskuse izvajajo dandanes v avtomobilskih motorjih, ki pri zmernih hitrostih obratujejo brez olja, pri večjih obremenitvah pa se pojavlja problem odvajanja toplote, ker trdno mazivo pač ne kroži.

Vsekakor pa MoS_2, primešan olju, lahko uspešno preprečuje trenje in s tem združeno prekomerno obrabo sestavnih delov motorja, ki samo nihajo (batni sornik, vodila ventilov, os klaviature) ali pa so izpostavljeni visokim temperaturam v gornjem delu valja.

Dodajanje MoS_2 se z uspehom uporablja tudi pri masteh za mazanje členkov, osi in krogličnih ležajev.

Treba je pripomniti, da se z MoS_2 ne da izboljšati režim mazanja na tistih mestih, kjer je že z ugodno konstrukcijo ležaja doseženo hidrodinamično trenje.

MoS_2 je bil prvotno izdelan sintetično, pozneje pa je postal tudi priroden, toda dobro očiščen, zelo uporaben.

Uporaba MoS_2 je priporočljiva v naslednjih pogojih mazanja:

1. mazalno mesto je nedostopno,
2. pojavljajo se ekstremne obratne temperature; MoS_2 je uporaben od —75 do 400 °C,
3. sistem mazanja obratuje v prahu,
4. naprava obratuje poredkoma,
5. mazanje v prisotnosti goriv, topil ali tekočega kisika, ki reagira na klasična maziva,
6. mazalna mesta so hermetično zaprta,
7. pri obdelavi kovin, kjer nastajajo veliki pritiski (struženju ali vlečenju).

Na sliki 1 je prikazana poenostavljena ploskev formacije MoS_2. Bistvo tega maziva je laminarna struktura in z njo združeni majhen koeficient trenja.

V ugodnih pogojih mazanja je bil na preizkusnem stroju dosežen koeficient trenja 0,03. Kot primer naj navedem, da se tak koeficient pojavlja pri drsanju na ledu.

Za obstojnost maznega filma je potrebna adhezivna sila med kovino in mazivom, kar v našem primeru posreduje žveplo. To ni kemična, pač pa mehanska reakcija oz. rezultat molekularnih sil med kovino in žveplom. V primeru, da je stična ploskev prevlečena z MoS_2, površin ni potrebno brusiti niti lepati, ker »površna« obdelava povečuje oprijemljivost. Podobne zahteve se pojavljajo pri mazanju kromanih površin z oljem. Uporaba poroznega kromanja posreduje dobro adhezijo.

Koeficient trenja MoS_2 je precej neodvisna lastnost tega maziva, delno pa vplivajo nanjo:

1. debelina filma,
2. pritisk v ležaju,
3. drsna hitrost,
4. hrapavost površine, in
5. trdota površine.