

DK 378.1(497.12):621.165.1—225.5

Izdelava lopatnega venca na Inštitutu za mehansko tehnologijo v Ljubljani

FELIKS LOBE

Ob realizaciji načrtov za novo zgradbo oddelka za strojništvo Tehniške fakultete so bili v letu 1938 postavljeni tudi temelji za laboratorije tega oddelka. V visokem pritličju in kletnih prostorih stavbe so v traktu ob Murnikovi ulici kalorični laboratoriji, v traktu ob Aškerčevi ulici pa laboratoriji Inštituta za mehansko tehnologijo. Oprema za laboratorije je bila nabavljena že v letih 1939 in 1940, izdatno izpopolnjena pa je bila v prvih letih po osvoboditvi.

Inštitut za mehansko tehnologijo ima precej bogato opremljen laboratorij za tehnološke meritve, ki je nameščen v kleti, obdelovalni stroji pa so postavljeni pretežno v visokopritličnem laboratoriju. Oprema laboratorijev inštituta ne služi samo za vaje iz predmeta tehnologije kovin (II. dela), temveč tudi kot študijska pomoč za predmetgradnja obdelovalnih strojev in za specializacijo študija v zvezi z gradnjo obdelovalnih strojev in gradnjo posebnih obdelovalnih naprav. Take naprave so dostikrat potrebne kot dopolnitev normalnih obdelovalnih sredstev, da se dajo uspešneje izvajati določene tehnološke operacije na strojih.

V glavnem je delo na inštitutu usmerjeno v konstruktivno plat, kar se izraža na več načinov. Diplomске naloge, ki jih kandidati pogosto dvigajo s področja gradnje obdelovalnih strojev, so pretežno konstruktivnega značaja. Nanašajo se na nove konstrukcije obdelovalnih strojev, mehaničnih in hidravličnih gonil za obdelovalne stroje, v nekaj primerih pa posegajo diplomske naloge tudi na področje konstrukcij raziskovalnih naprav za zobniške prenose in raziskovanje procesov pri tehnoloških obdelavah.

Zal mnoge domače konstrukcijske zamisli na našem inštitutu niso izvedljive, ker kljub lepi opremi še vedno manjka mnogo dragih merilnih naprav, ki jih inštitutu doslej še ni uspelo nabaviti. Kot primer navajam, da je bil za tako diplomsko nalogo izdelan zelo ustrezen projekt oziroma konstrukcija raziskovalne naprave za ugotavljanje odporov v treh komponentah pri brušenju s skledastimi in drugovrstnimi brusi. Kandidatu je bila izročena tema in njena izvrstna konstruktivna obdelava je pripomogla, da je na tehniški visoki šoli v Aachenu, kjer je imel priložnost realizirati po diplomi s to napravo preizkuse trokomponentnega določanja sil pri brušenju, dosegel pomemben uspeh in vzbudil pozornost v krogih strokovnjakov za gradnjo obdelovalnih strojev. Z njegovo napravo je bilo prvič mogoče ugotoviti hkrati vse tri sile, ki se pojavljajo pri brušenju¹. Res je škoda, da teh poskusov zaradi nezadostne opreme ni uspelo realizirati v našem inštitutu.

V kletnem prostoru je bil v zadnjem času en laboratorij preurejen v preizkuševališče — tako da se bo dalo izvajati tudi raziskovalno delo, za kar pa bo treba pridobiti še vrsto merilnih naprav in instrumentarij.

Konstruktivna plat dela na inštitutu se kaže tudi v tem, da so bili v zadnjih letih izdelani projekti in detajlni načrti za razne tehnološke naprave in stroje, ki so potrebni operativni. Taka konstruktivna dela so bila izvedena za podjetja Železarno Štore, Metalno v Mariboru, Tovarno emajlirane posode v Celju, Železarno Jesenice in obilno tudi za potrebe narodne obrambe.

Inštitut pomaga slednjič operativni tudi z raznimi uslugami, tako da s svojimi opremami izvaja tehnološke operacije, ki bi jih bilo v strojnih tovarnah po Sloveniji težko opravljati.

V naslednjem so na kratko opisana in prikazana konstruktivna in tehnološka dela v zvezi z izdelavo dveh novih lopatnih vencev za natok pare v visokotlačnem delu parne turbine za pogon vetrila za plavž in parne turbine za proizvodnjo električnega toka v kalorični centrali železarne na Jesenicah.

Natočni napravi za obe turbini, ki sta bili močno korodirani in okvarjeni, je bilo potrebno

prekonstruirati na ustreznejšo obliko, tako da so se dale gladko obdelati vse stene parotokov.

Pri obeh turbinah so bili natočni kanali vlti v pregradni steni in so prehajali iz okroglih prezov pri vtoku pare na pravokotne ob izstopu pare iz teh natočnih sistemov. Po okvarah sten se je

¹ Glej članek ing. Peklenika: »Brušenje orodij iz karbidnih trdin« v tej številki SV, stran 8!

dalo sklepati, da ni ustrezal niti material, zaradi česar je železarna pripravila mnogo odpornejši material za izdelavo novih segmentov.

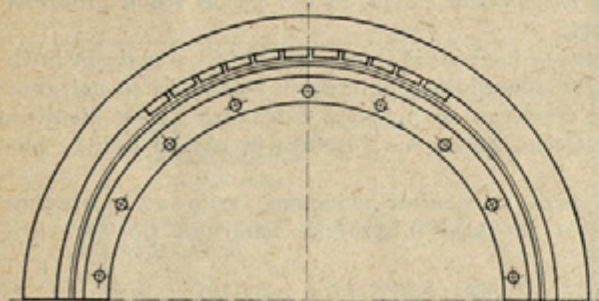
Da bi se ugotovilo, kako ustreza nova konstrukcija natočne aparature in kakšna bo obstojnost gladko obdelanih sten natočnih dulcev, je bil leta 1950 izdelan nov natočni venec za parno turbino za pogon vetrila pri plavžu. Ob reviziji po poldrugem letu obratovanja je bilo ugotovljeno, da uporabljeno jeklo zelo dobro ustreza namenu, ker so bile stene natočnih dulcev še prav tako gladko polirane kakor takrat, ko je bil venec vgrajen.

Zato so leta 1952 uporabili podobno specialno jeklo za novi venec za turbino v kalorični centrali in prav tako tudi podobno konstrukcijo v dvodelni izvedbi.

Obe turbini je železarni dobavila strojna tovarna parnih turbin v Brnu, toda takrat iz znanih razlogov ni bilo mogoče oddati omenjeni tovarni obnovitvenega dela za turbini. Tudi naša tovarna parnih turbin v Karlovcu takrat še ni bila toliko opremljena, da bi bila lahko izvedla popravilo turbin.

Namesto polnega venca, z vlitimi natočnimi dulci, ki se ne dajo tehnološko obdelovati, je bil po slikah 1 in 2 izdelan deljen venec. Spodnji debelejši del ima lopatje, ki je izdelano s frezanjem, preko tega venca pa je položen krilni venec, ki je zaradi dobre tesnitve na ustreznih mestih z vijaki pritegnjen na spodnji venec. Sliki 3 in 4 kažeta fotografska posnetka sestavljenega venca in spodnjega dela z lopatjem.

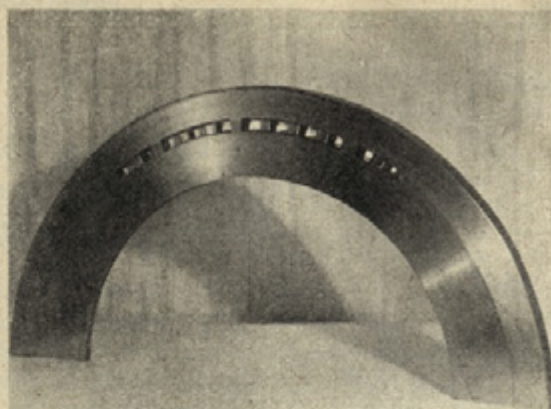
Po sliki 5 imajo dulci pri vstopu pare najprej konvergentno obliko, potem pa prehajajo v divergentno in so stene divergentnega dela naklonjene proti čelni ploskvi venca pod tremi koti α , β in γ . Na sliki poteka stena, ki je nagnjena pod kotom α , od točke 1 do točke 2, stena, ki je nagnjena pod



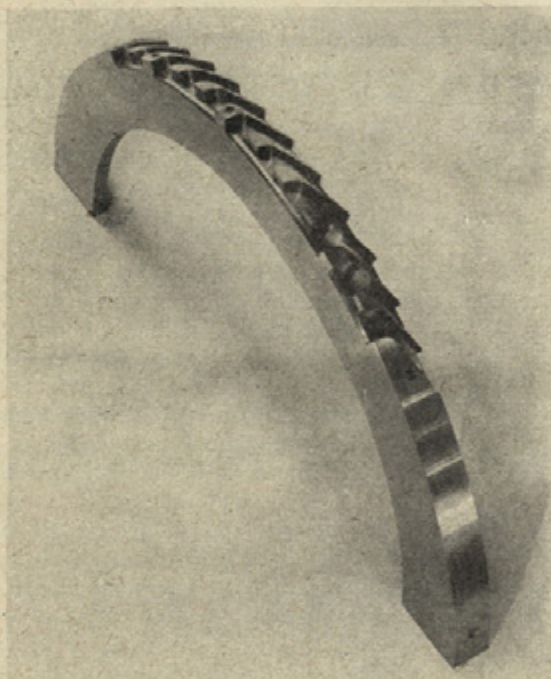
Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.



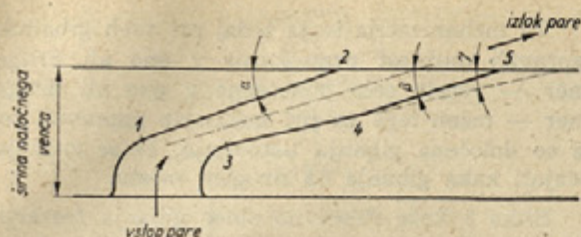
Sl. 4.

kotom β , poteka od točke 4 do točke 5, katera smer je vzporedna s smerjo srednjice dulca, stena med točkama 3 in 4 pa je nagnjena pod kotom γ .

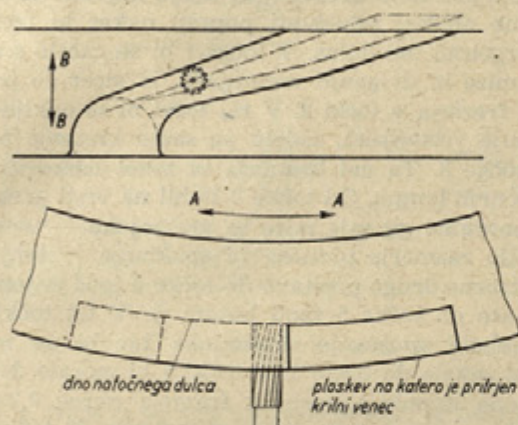
Stene, ki so nagnjene pod temi koti, niso ravnine, marveč vijačne ploskve in jih zaradi tega ni mogoče izdelati na običajnih frezalnih strojih z normalno opremo.

Tako kakor je valjasta ploskev krilnega venca, ki je obenem zgornja stena natočnega dulca, mora biti valjasta tudi spodnja stena — prejšnji nasproti ležeča. Te konstruktivne zahteve določajo tehnološko obdelavo natočnega kanala oziroma celotnega natočnega venca.

Ker mora biti dno kanala v obliki valjaste ploskve, je potrebno, da se venec med obdelavo



Sl. 5.



Sl. 6.

suče sem in tja v smeri puščic A, kakor kaže sl. 6. Istočasno se mora frezalno orodje premikati v smeri puščic B. Da se med frezanjem lahko izvaja vrtilno oziroma kretalno gibanje, mora biti venec vpet na vrtilni mizi, ki jo žene posebno, za te namene prirejeno gonilo. Smer B je vzporedna z osjo vrtilne mize in v tej smeri se mora gibati z orodjem vred vreteno ter celotni vretenjak s svojimi pogoni. Možna bi bila tudi zamenjava vlog pri navzgorjem in navzdolnjem gibanju v smeri B, da bi se namesto frezalnega vretena dvigala in spuščala miza, kar bi bilo morebiti racionalno, če bi se za to gibanje uporabila hidravlična dvizna naprava.

Preden bodo podane glavne karakteristike frezalnega stroja za obdelovanje natočnih vencev, se je treba odločiti, po katerem načinu naj se freza. Ker so kanali ozki, so tehnološke operacije podobne kakor pri frezanju utorov za moznike in gredeh ali za izfrezovanje vglabin za utope itd.

Znano je, da se dajo utori frezati z ustreznimi orodji na dva načina, in sicer s čelnimi rezilnimi robovi ali rezilnimi robovi vzdolž plašča. Pri frezanju s čelno platjo frezarja se dajo odrezovati le tanke plasti in bi se morala miza ustrezajoče dostikrat zaobračati za določen kot sem in tja, obenem pa gibati tudi v smeri B. Pri frezanju s plaščem frezarja pa bi bila možna večja globina obdelave; mogli bi celo frezati naenkrat v polno globino. V prvem primeru bi bilo podajanje, t. j. kretalno gibanje mize, veliko, v drugem, ko bi

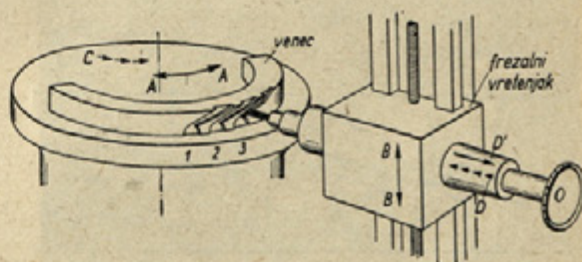
frezali v polno globino, pa bi smelo biti podajanje mnogo manjše. Za frezanje utorov po prvem načinu obstajajo frezalni stroji, pri katerih se običajno frezalno vreteno giblje sem in tja za dolžino utoru ter se ob vsaki spremembi gibanja, t. j. na obeh koncih utoru, vreteno nekoliko vglablja proti utoru. Frezanje utoru se opravlja tedaj z mnogimi gibi sem in tjakaj počasi na polno globino.

Frezanje po drugem načinu bi bilo možno le, če bi bil obdelovanec trdno vpet oziroma enostavno voden; v našem primeru, ko se mora miza z vencem gibati v dveh smereh, pa je togost vodenja manjša in bi povzročalo frezanje v polno stresanje (vibracije) obdelovanca oziroma celotnega stroja. Posebno za žilav in zelo odporen material, iz kakršnega se izdelujejo turbinski venci, je ugodnejše, če se obdeluje s čelno platjo palčnih frezarjev.

Da bi se dali izdelovati natočni turbinski venci uspešno, bi bil potreben poseben frezalni stroj v obliki avtomata. Stroj bi moral izfrezati povsem avtomatično vsak kanal zase, moral pa bi izvajati tudi delitve, t. j. po dovršenem izoblikovanju enega kanala bi se morala miza zavrteti za zahtevano ločno ali kotno vrednost, ki bi ustrezala razporeditvi dulcev po vencu. Dulci so lahko enakomerno razdeljeni, lahko pa so tudi v več skupinah, kar je odvisno od konstrukcije regulacijskih naprav turbine. Morali bi tedaj upoštevati to pri avtomatiki, ki premika mizo ob delitvi.

Slika 7 kaže smeri gibanj posameznih ustrojev avtomata. Smeri A—A in B—B so odločujoče pri frezanju enega kanala, pri čemer naj bi avtomat frezal s čelno stranjo frezarja.

Da bi se kanal uglobil do dna, bi bilo morda potrebnih kakih 50 gibov v smeri A—A združenih z B—B, pri čemer bi po vsakem gibu frezalno vreteno nekoliko potonilo v lopatni venec. Računati je treba, da bi sorazmerno šibek frezar smel jemati plasti le kakih 0,2 mm, tako da bi potrebovali za vsak milimeter globine okrog 5 gibov. Celotno število gibov bi bilo naravno odvisno od globine kanalov. Potem ko bi dosegli polno globino oziroma dno kanala, bi se moralo frezalno vreteno avtomatično umakniti nazaj v smeri D', nakar bi se s posebno avtomatiko miza zaokrenila v smeri C za mero zahtevane delitve. Takoj nato bi začeli obdelovati nadaljnji kanal.

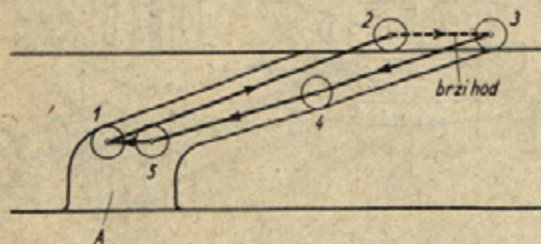


Sl. 7.

V novejšem času se mnogo govori o avtomatizaciji v proizvodnji. Tako imamo lahko avtomate, ki kot posamične enote izvajajo množinsko obdelavo, nadalje tako imenovane transferske proge, slednjič pa bi lahko imeli cele skupine takih prog, na katerih bi se povsem avtomatično obdelovali določeni strojni deli. Avtomati za struženje — eno- in večvretenski — obstajajo že dalj časa. Prav tako so v rabi stroji, ki povsem avtomatično zobčajo razne zobnike — v zadnjem času tudi take, ki po ozobčanju enega ali več zobnikov avtomatično odpno in odmaknejo obdelane zobnike, na njihovo mesto pa postavljajo in vpenjajo nove obdelovance. Podobno avtomatično obdelavo imamo pri najrazličnejših proizvodnjah. Pri avtomatih morajo biti tedaj naprave, ki služijo za vodenje obdelovanca — v našem primeru vrtilna miza, naprave, ki služijo neposredno za obdelavo, v našem primeru bi bili to frezar, frezalno vreteno, frezalni vretenjak, obenem z vodenjem vretenjaka navzgor in navzdol ter vodenje vretena aksialno proti vencu in nasprotno ter naposled naprave, ki dajejo impulze ob začetku in koncu določenih gibanj oziroma ki vplivajo tudi med gibanjem, t. j. med izvajanjem tehnoloških operacij na določene transportne naprave obdelovalnih ustrojev. Zadnje naprave so lahko v najrazličnejših kombinacijah, in sicer bodisi mehanske, električno-mehanske, mehnično-hidravlične, električne čisto hidravlične, optične, da, celo prirejene na magnetofonske trakove.

Naprave so lahko urejene tako, da se dajo razne operacije izvajati po določenih obdelovalnih programih — včasih se ti programi tudi med obdelovanjem lahko menjajo, če je s spremembami mogoče doseči boljše uspehe.

Po vsem, kar je bilo že povedanega, imamo pri obdelavi našega natočnega venca nalogo, da z večkratnim kretalnim gibanjem mize in dviganjem ter spuščanjem frezalnega vretenjaka ter postopnim primikanjem vretena izfrezamo natočni kanal, da pri določenem aksialnem položaju vretena uvedemo aksialni odmik vretena, da pri nekem novem položaju vretena sprožimo delilno gibanje in takoj nato primik frezalnega vretena ter v trenutku, ko pride čelna plat frezarja v neposredno bližino venca, uvedemo ponovno kretanje mize in gibanje vretenjaka.



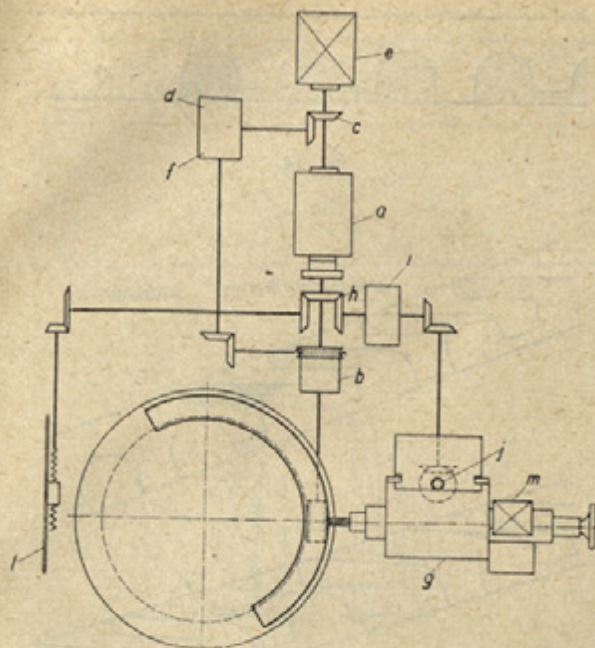
Sl. 8.

Ta mehanizacija terja tedaj pri vseh gibalnih napravah možnost premikanja v eno ali drugo smer — včasih celo pospešeno v eno ali drugo smer — razen tega pa pri nekaterih napravah še, da se določena gibanja ustavljajo, če se začnejo izvajati kaka gibanja na drugem mestu.

Slika 8 kaže relativno smer gibanja frezarja v kanalu in točke, v katerih se pojavljajo kake spremembe.

Da bi frezalni avtomat ne bil prekomplikiran, bi bilo potrebno izreze A, ki imajo največkrat enostavne oblike, izdelovati poprej, nakar bi frezali divergentni del dulca. V točki 1 bi se začelo sukanje mize in dviganje vretenjaka, in sicer do položaja frezarja v točki 2. V tej točki bi se odključilo gibanje vretenjaka, začelo pa samo kretanje mize do točke 3. Ta del kretanja bi tekel lahko v pospešenem tempu. Od točke 3 bi bil na vrsti preklon na povratno gibanje mize in vretenjaka — vendar bi bilo razmerje prenosa za spuščanje vretenjaka z ustrezno drugo prestavo do točke 4 (pod kotom β) in nato do točke 5 (pod kotom γ). V tej točki bi prenehalo spuščanje vretenjaka ter bi se miza samo sukala do točke 1. V točki 5 bi moralo dobiti vreteno impulz za primik frezarja okrog 0,2 mm in bi se miza v tem stanju pomaknila do točke 1, od koder bi se cikel obdelovanja ponavljal. Pri tem je bilo mišljeno, da bi se vretenjak gibal navzgor in navzdol z vijačnim vretenom ter bi se s tremi zobniškimi prenosi dosegli nakloni mejnih ploskev dulca po kotih α , β in γ . Znano je, da se dajo zelo točno določati števila zob štirih zobnikov, ki ustrezajo prenosom po trigonometričnih funkcijah kotov α , β in γ . Če bi namesto vijačnega prenosa raje kopirali gibanja, bi morali izdelati za vsak natočni sistem šablone, ki bi jih potem otipavali in bi zaradi večje točnosti morebiti uporabljali električno hidravlično kopirno napravo. Tipalo naj bi vplivalo na induktivni element, ki bi reagiral že pri spremembah položaja tipala za 1μ , z elektronskim ojačevalcem bi se minimalni tok ojačil in dovedel do vpliva električne krmilne tuljave, ki predstavlja hidravlično krmilno napravo za dvigalni servomotor.

V posebnem gonilnem ustroju, ki bi vplival tako na vrtenje mize ter dviganje in spuščanje frezalnega vretenjaka, bi se s pomočjo elektromagnetnih sklopov v točkah 1 do 5 izvajali preklopi za posamezna gibanja. Na vretenjaku bi bilo montirano majhno gonilo, ki bi v točki 5 vsakokrat preko električnega prenosa z magnetno sklopko in polžastega prenosa na matično letvo — premiki bi se morali izvajati s samozapornimi elementi — premaknilo vreteno nekoliko proti vencu v smislu puščic D na sliki 7. Ko bi frezar prišel do dna, bi se vklopilo stikalo in zvezal tok za magnetno sklopko, ki bi uvajala pospešen povratni gib vretena v smislu puščice D' do popolnega izstopa frezarja iz utora, nakar bi se tok in gibanje pre-



Sl. 9.

kinila. Nato bi se tudi vklopilo stikalo za magnetno sklopko posebnega delilnega gonila, ki bi preko diferenciala zasukalo mizo za določeno delitev. To gonilo bi bilo zgrajeno tako, da bi se primarno zasukalo za, recimo točno, trikrat, z menjalnimi zobniki pa bi se dala vrtilna hitrost na diferencial spreminjati, kolikor bi bilo potrebno zaradi razdelbe. Po izvedenem gibanju diferenciala bi se uvedlo gibanje frezalnega vretena proti vencu; ko bi bilo vreteno že prav blizu venca, bi izvedli vklop za ponovno obdelovanje novega dulca.

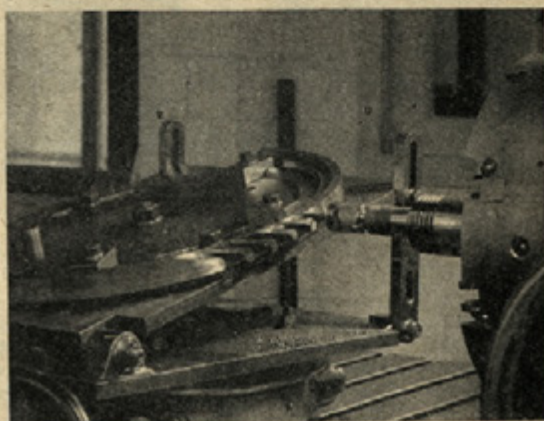
Da bi bila naprava za razporeditev posameznih impulznih točk kolikor mogoče enostavna, bi bilo ustrežnejše, če bi ne bila montirana na vrtilni mizi, marveč ločena in bi imela zaradi večjih gibov pospešen prenos. Tako bi bile točke nabrane oziroma razmeščene v večjih razdaljah, kar bi bilo glede na majhne dimenzije boljše.

Na sliki 9 je podana shema celotnega stroja, ki bi lahko povsem avtomatično obdeloval vence. Vrtenje mize, na kateri bi bil vpet venec, bi se opravljalo s polžastim prenosom, ki bi dobival pogon od gonila *a*, kadar bi se frezali utori, in od diferencialnega gonila *b*, kadar bi se delilo. Ker bi bili med deljenjem odklopljeni vsi zobniški prenosi v gonilu *a* in morebiti zavrti z ustrežno magnetno zavoro, bi moral diferencial *b* dobivati pogon preko stožčastih zobnikov in gonila *d* direktno od elektromotorja *e*. V gonilu *d* bi se po danem impulzu zasukali zobniki, ki prenašajo pogon do diferenciala le za določeno polno vrtilno hitrost, s posebnim predležjem na menjalne zobnike *f* pa bi se dala za vsako delitev dulcev na natočnem vencu prilagajati vrtilna hitrost polža. Za dviganje in spu-

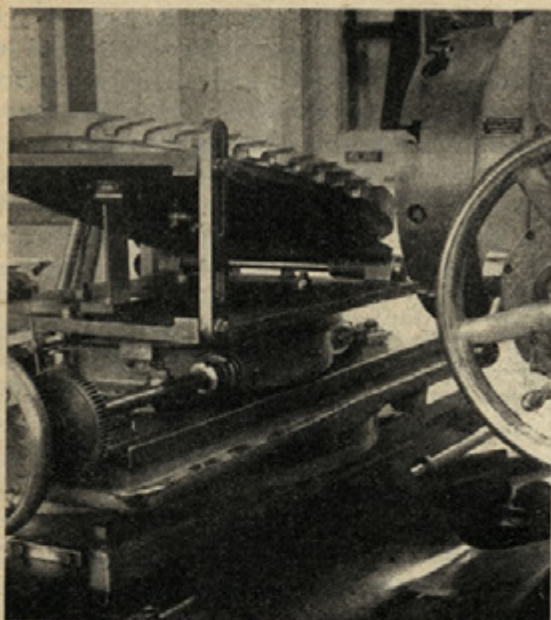
ščanje frezalnega vretenjaka *g* bi se prenašal pogon od stožčastih zobnikov *h* na gonilo *i* in od tod na dvizžno vijačno vreteno *j*. Gonilo *i* bi bilo urejeno tako, da bi se zaradi treh različnih vzponov (α , β in γ) izvajal prenos preko treh menjalnih predležij, od katerih pa bi bilo vsakokrat le po eno v funkciji za prenos do dviznega vretena. Potrebne bi bile tedaj tri magnetne sklopke na gonilu *i*; da bi se med sicer hitrim preklapljanjem magnetnih sklopk polžasto vreteno in s tem miza ne sukala, bi bila pred stožčastimi zobniki *h* montirana magnetna sklopka *k*, ki bi bila za kratek čas odklopljena in po vklopu ene od treh sklopk v gonilu *i* ponovno vklopljena. Sinhrono s polžastim pogonom za mizo se mora sukati vijačno vreteno *l*, ki premika nabiralo, na katerem so nabrani vsi sprožilni prisloni za stikala električnih vodov do posameznih magnetnih sklopk. Frezalni vretenjak bi imel zaradi enostavnosti lasten pogonski elektromotor. V vretenjaku bi bilo vgrajeno tudi podajalno gonilo za aksialno pomikanje vretena, ob vretenu pa bi bilo nabiralo s potrebnimi sprožilnimi nastavki za krmiljenje gibanja vretena.

Obdelovalne naprave za izdelavo natočnega venca v Inštitutu za mehansko tehnologijo

Čeprav se zdi natočni venec na prvi pogled zelo enostaven, je potreben zanj za uspešno obdelavo precej kompliciran avtomat. Fotografška posnetka — sl. 10 in 11 — kažeta, da je bila obdelava vencev izvedena v Inštitutu za mehansko tehnologijo na normalnih strojih — predvsem na vodoravno frezalnem in vrtilnem stroju, pri katerih pa so bile uporabljene dodatne obdelovalne naprave, zgrajene posebej za izvedbo tehnoloških postopkov pri natočnem vencu. Za enostavnejšo obdelavo pa je bila potrebna določena konstruktivna sprememba pri vencu, in sicer s tem, da so bile obdelane stene kanalov ne kot vijačne ploskve, marveč kot ravnine



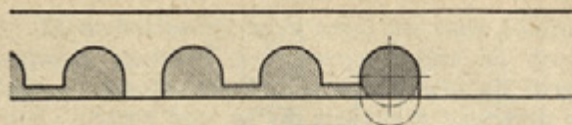
Sl. 10.



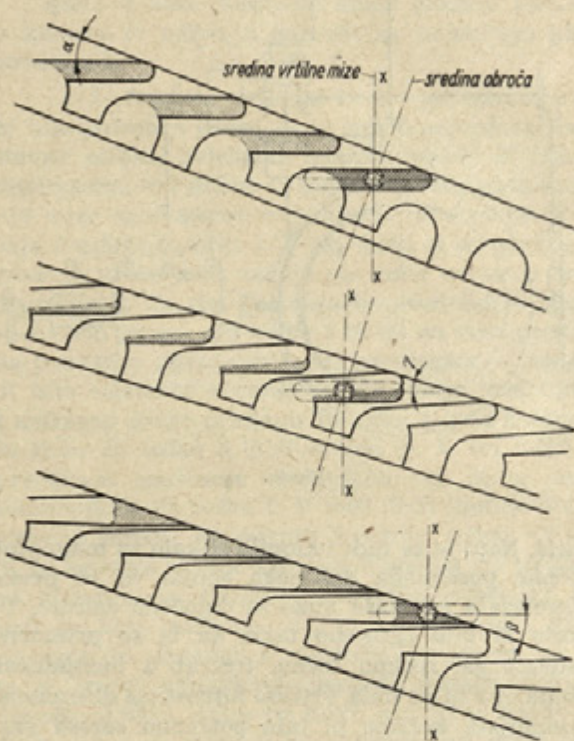
Sl. 11.

α , β in γ (sl. 12 in 13), ki so nagnjene pod koti α , β in γ . Robovi kanalov, ki nastajajo kot prereznice omenjenih ravnin z valjasto ploskvijo venca, so v tem primeru elipse namesto vijajnic po prej opisanih domnevnih postavkah.

Preizkusi turbine so pokazali, da je na novo izdelani natočni venec odlično ustrezal namenu, iz česar se da sklepati, da so kot mejne ploskve divergentnega dela dulca možne tudi ravnine. Ko je bila dopuščena ta konstruktivna sprememba, se je



Sl. 14.

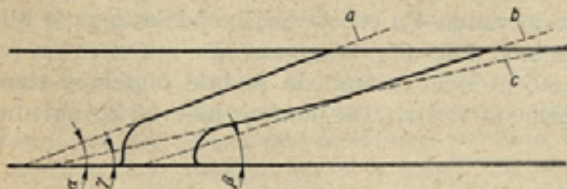


Sl. 15.

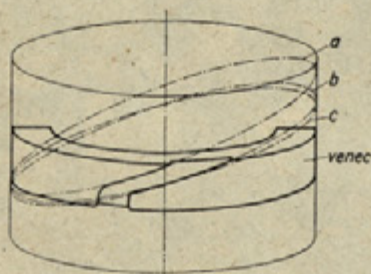
delo pri frezanju olajšalo toliko, da se je zasukaval le venec — ni pa bilo potrebno, da bi se bilo v višini premikalo obenem tudi frezalno vreteno.

Slika 14 kaže prvo operacijo, to je obdelavo konvergentnega dela dulca, od koder je bila nato izvedena obdelava divergentnega dela.

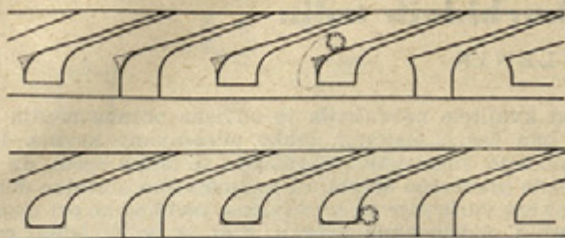
Slika 15 kaže, da so bili frezani utori pod različnimi nakloni, pri čemer je bilo potrebno venec vsakokrat nagibati za kot, pod katerim poteka ploskev dulca. Fotografski posnetek (sl. 11) kaže frezalno napravo, ki je bila v bistvu sestavljena iz vrtilne mize na ročni polžasti pogon, na kateri je bila montirana posebej v ta namen izdelana gibalna naprava. Po sinusni metodi je bilo z merilnimi kladicami pri upoštevanju hipotenuze z dolžino 500 mm mogoče točno določiti vsakokratni nagib zgornje plošče. Venec je bil pritrjen na vrtilni plošči, položaj vrtilne osi pa je bil izbran tako, da se je kril z navpično osjo vrtilne mize. V ta namen je bila obdelovalna naprava pomično nameščena na vrtilni mizi in v vsakem od treh položajev, po kotih α , β in γ , stegnjena s štirimi



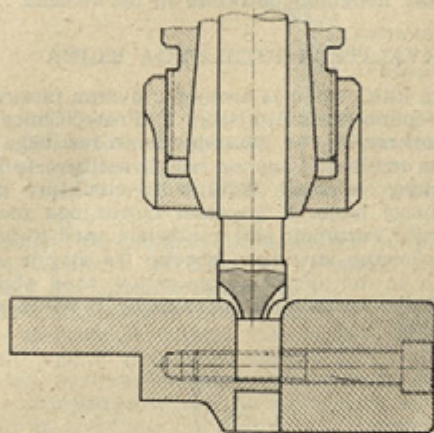
Sl. 12.



Sl. 13.



Sl. 16.



Sl. 17.

vijaki. Vrtalna plošča je bila pred montažo točno razdeljena z razdelbo po delitvi dulcev na vencu.

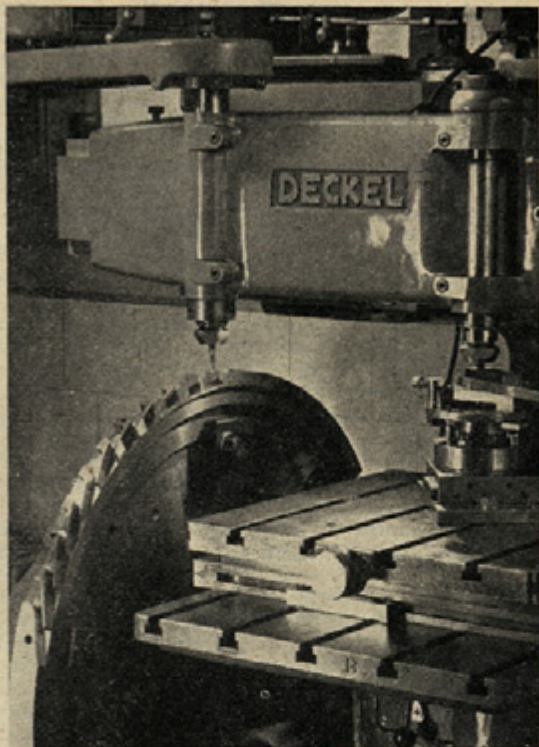
Frezalo se je s čelno plastjo frezarja in pri tem vrtela miža ročno. Vrtlno gibanje je bilo omejeno s posebnimi prestavljivimi prisloni.

Tudi izrezi po sliki 14 so bili izfrezani na isti napravi. Pri tej obdelavi pa je bila vrtlina naprava postavljena vodoravno. Ti izrezi so bili izfrezani pred frezanjem divergentnih delov dulcev.

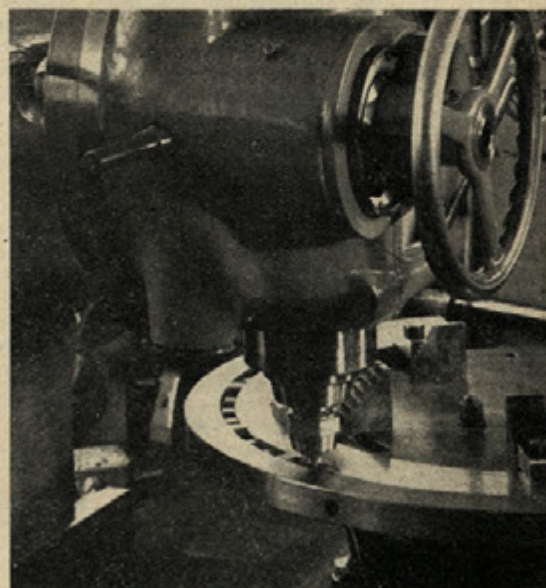
Nagibalna naprava je bila postavljena na zahtevevan kot ter so se zaporedno izfrezali vsi utori pod nastavljenim kotom. Pri tej nastavitvi se je delilo zaporedno za vsak dulec. Enako je bilo storjeno tudi pri ostalih nastavitvah, zaradi česar je bilo potrebno trikratno deljenje, za razliko od opisanega dela na avtomatu.

Sliki 16 in 17 kažeta, kako so bili ofrezani vtočni robovi posameznih kanalov, in sicer deloma na kopirnem stroju, deloma pa na pokončnem frezalnem stroju. Tudi za to delo so bile potrebne vpenjalne oziroma vodilne naprave.

Sliki 18 in 19 sta fotografska posnetka, ki kažeta, kako se je izvajalo to končno freziranje. Na sliki 18 je dobro vidna tudi naprava za ločno vodenje prečnih sanj oziroma frezalnega vretena. Pri vodilni napravi se je dalo s prestavljivimi prisloni točno omejiti ločno gibanje, da ne bi frezalno orodje zarezovalo v že prej obdelane ploskve.



Sl. 18.



Sl. 19.

Da so bila tako konstrukcijska dela, t. j. izdelava načrtov za posamezne obdelovalne in vpenjalne naprave kakor tudi tehnološka dela izvršena pravilno, je velika zasluga asistenta Inštituta za mehansko tehnologijo ing. Gologranca.

Avtor:

akademik prof. ing. Feliks Lobe,
oddelek za strojništvo na Tehniški
fakulteti v Ljubljani.