

DK 621.771

0 nekaterih sodobnih metodah preoblikovanja z valjanjem

FRANC GOLOGRANC

Obdelava s plastično deformacijo ali preoblikovanje je v bistvu pretvarjanje neke že obstoječe oblike, kakršno ima določena snov, ali bolje surovec, v drugo obliko, tako da ne odvezujemo od dane količine materiala ničesar ali kvečjemu zelo majhen del. Praktično lahko dosegamo spremembo oblike tako, da obremenjujemo material z dovolj velikimi zunanji silami, pod vplivom katerih se deformira. Tako so se razvili različni postopki za preoblikovanje kakor npr. kovanje, valjanje, vlečenje, upogibanje, iztiskavanje in mnogi drugi. Ti postopki se med seboj v mnogočem razlikujejo, imajo pa tudi določene skupne značilnosti. Ena izmed njih je način delovanja zunanjih sil, ki povzročajo plastično deformacijo. Predvsem so v rabi naslednje vrste zunanjih obremenitev: tlačna sila, natezna sila, upogibni moment in torzijski moment. Marsikdaj so te obremenitve sestavljene, vendar ena izmed njih navadno prevladuje.

Pri večini tehničnih postopkov za preoblikovanje nastaja plastična deformacija zaradi neposredne ali posredne tlačne obremenitve materiala z oblikovalnimi ploskvami orodja. Pri nakrčevanju in tanjšanju, kovanju v utopih ter valjanju je vpliv tlačne sile pri stiskanju materiala neposreden. Tlačna zunanja sila pa lahko povzroča tudi posredno tlačno obremenitev na oblikovalnih ploskvah orodja. Tako se dogaja npr. pri iztiskavanju. Nasprotno je plastična deformacija pri globokem vlečenju ali pri vlečenju žice skozi oblikovalno matrico posledica posredne tlačne obremenitve, katere pa ne povzroča tlačna, temveč vlečna zunanja sila, pri čemer je stopnja deformacije omejena s trdnostjo na nateg pri obremenjenem delu obdelovanja.

Kakor vemo, lahko poteka proces plastične deformacije kovin nad ali pod temperaturo rekristalizacije. V prvem primeru govorimo o toplem preoblikovanju, pri katerem se kovina zaradi hkrati pojavljajoče se rekristalizacije ne utrjuje. Zato lahko dosegamo pri toplem preoblikovanju velike plastične deformacije ob razmeroma majhnih silah. Slabe strani toplega preoblikovanja so manjša natančnost zaradi krčenja materiala pri ohlajanju, nastajanje škaje in pa stroški, ki so potrebni za segrevanje.

V nasprotju s toplim preoblikovanjem je za hladno preoblikovanje značilna utrditev, ki se kaže v povečani trdnosti in trdoti deformiranega materiala, ta pa zelo zmanjšuje njegove preoblikovalne sposobnosti. Sile lahko pri velikih deforma-

cijah tako narastejo, da se orodja porušijo, pa tudi napetosti v preoblikovanem materialu lahko preokorajajo mejo trdnosti in ga poškodujejo. Z večkratnim vmesnim žarjenjem predmeta se te utrditve lahko zopet znebimo in s tem omogočimo nadaljnje plastično preoblikovanje. Kot prednosti hladnega preoblikovanja velja predvsem omeniti večjo geometrično natančnost izdelkov in boljšo kvaliteto površine, veliko prednost pa lahko pomeni tudi utrditev materiala, če je potrebno, da ima obdelovanec po preoblikovanju boljše trdnostne lastnosti.

Prav zaradi teh in mnogih drugih prednosti so se pojavili v zadnjih letih povrh že znanih načinov preoblikovanja še nekateri novi postopki, ki so za sodobno industrijsko proizvodnjo zelo pomembni, npr. valjanje obročev za kotalne ležaje, valjanje vijčnih in navojnih svedrov, hladno valjanje turbinskih lopatic, valjanje raznih profilov in ozobij, prečno valjanje periodičnih profilov, gladilno valjanje, kovanje in prešanje zobnikov, hladno iztiskavanje jekla in mnogoteri drugi.

Eden izmed najvažnejših načinov plastičnega preoblikovanja kovin je valjanje, s katerim predelujejo zdaj po svetu več kakor 80 % vseh kovin. To dokazuje, kolikšen je gospodarni in tehnični pomen tega postopka, ne samo za metalurgijo, ampak tudi za strojništvo, ki uporablja valjane polizdelke kot izhodni material za nadaljnjo predelavo.

Valjenje pa je v zadnjem času čedalje bolj v rabi tudi za izdelavo takih delov, ki so jih prej oblikovali na drugih preoblikovalnih ali celo na obdelovalnih strojih. Tako poznamo zdaj razen klasičnega načina valjanja profilov, pločevine in žice, ki ga označujemo tudi kot valjanje polizdelkov, celo vrsto postopkov, pri katerih se med valji ne oblikujejo metrski profili, ampak posamični izdelki. Ker omogočajo zelo gospodarno izdelavo določenih vmesnih oblik ali celo tudi dokončno obdelavo nekaterih izdelkov z zelo majhnimi tolerancami, imajo ti postopki za sodobno industrijsko proizvodnjo raznovrstnih strojnih delov še poseben pomen. Zato ne bo nápak, če se vsaj z nekaterimi seznanimo pogloblje.

Načini valjanja

Valjanje je postopek kontinuirnega stiskanja kovine med dvema valjastima tlačnima ploskvama, ki se vrtita, pri čemer se premika valjanec skozi delovni prostor zaradi trenja na tlačnih ploskvah.

V načelu razlikujemo dve vrsti valjanja: vzdolžno in prečno. Pri prvem, slika 1 a, se valja — v najpreprostejšem primeru sta to dva gladka valja — vrtita v nasprotnih smereh. Valjanec se pomika v glavnem pravokotno na os valjev tj. v svoji vzdolžni osi; ker teče pri tem načinu valjanja tudi material pretežno po dolžini valjanca, označujemo ta postopek kot vzdolžno valjanje.

Manj znan in doslej še premalo razširjen način valjanja je prečno valjanje. V najbolj preprostem primeru, slika 1 b, leži valjanec med dvema gladkima valjema, ki se vrtita v isti smeri, medtem ko se valjanec zaradi trenja vrti v nasprotno smer. Ker poteka deformacija izrazito v prečni smeri, to je pravokotno na os valjanca, imenujemo ta način prečno valjanje.

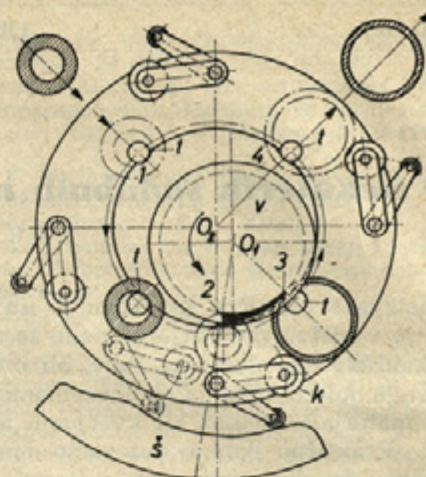
Načelno pa je možen še en način, tj. poševno valjanje, ki je v bistvu kombinacija vzdolžnega in prečnega. Po tem načinu že dlje časa valjajo cevi iz celega po postopku MANNESMANN, znan pa je tudi aksialni postopek valjanja navojev, pri katerem stojita osi navojnih valjčkov poševno na os valjanca.

Glede na to, da poteka proces plastične deformacije pri valjanju kontinuirno, ima v primerjavi z drugimi — zlasti aperiodičnimi — procesi preoblikovanja velike prednosti. Predvsem velja omeniti razmeroma majhne sile, ki nastajajo pri preoblikovanju, ker material stiskamo samo lokalno in ne po vsej dolžini obdelovanca hkrati.

Valjanje obročev iz celega

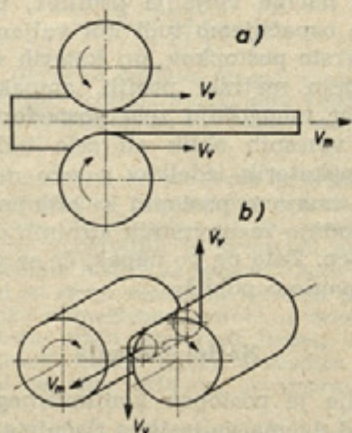
Valjanje obročev je poseben postopek vzdolžnega valjanja, ki je v rabi za množinsko proizvodnjo jeklenih obročev za kotalne ležaje, zobniške vence, obročne vzmeti ipd. Prvotno so valjali tako samo tekalne obroče (bandaže) za kolesa tirničnih vozil, medtem ko dandanes ta postopek zelo uspešno zamenjuje prosto kovanje tudi pri drugih vrstah in dimenzijah obročev, zlasti pri bolj zapletenih oblikah profilov.

Iz okroglega materiala odrezane surovce najprej na preši nakrčimo in preluknjamo, nato pa jih



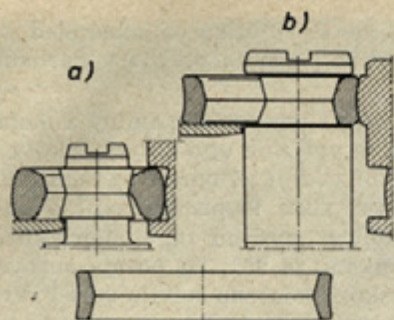
Sl. 2. Shema stroja za valjanje profiliranih obročev (Wagner)

med dvema ali več pari profilnih valjev izvaljamo na ustrezno obliko in dimenzije. Pri tem je mogoče predkovane surovce razširjati, znotraj in zunaj profilirati in naposled kalibrirati na mero. Kot izraziti izdelki množinske proizvodnje morajo biti ti obroči izdelani s čimmanjšo količino odpadkov ter z majhnim in po obodu enakomernim dodatkom za naknadno obdelavo. Prerez obročev je lahko kvadraten, pravokoten ali pa tudi močno profiliran. Proces valjanja omogoča, da se material intenzivno pregnete, pri čemer se vlakna izrazito orientirajo v tangencialno smer. Osi valjev so lahko navpične ali poševne, pa tudi horizontalne. Načelo delovanja sodobnega stroja za valjanje profiliranih obročev prikazuje slika 2. V navpični osi O_1 je uležan valjalni kolut v , katerega vrtilna hitrost je stalna. Ekscentrično na os tega koluta stoji os valjalne mize O_2 , na kateri je več prosto vrtljivih trnov za valjanje. Ta miza, ki se vrti v isti smeri kakor valjalni kolut v , ima poseben regulirni pogon, tako da je mogoče njeno vrtilno hitrost spreminjati. Zaradi ekscentričnosti so valjalni trni v legi 1 najbolj, v legi 3 pa najmanj oddaljeni od valjalnega koluta. Če natakemo preluknjan surovec v legi 1 na trn, dosežemo z vrtenjem mize določeno lego 2, v kateri je razdalja med trnom in kolutom enaka njegovi debelini. Na tem mestu se prične proces valjanja. Pri nadaljnjem vrtenju mize se kaliber, ki ga sestavlja trn in valjalni kolut, zvezno zmanjšuje, dokler v točki 3 ne doseže najmanjše debeline, pri kateri se proces valjanja konča. Nato se trn zopet oddalji od koluta in doseže pri točki 4 lego, v kateri se lahko izvaljani obroč sname. V nasprotju z navadnim načinom valjanja profilov med dvema valjema z enakim premerom, pri katerem se razdalja med njima pri enem vtiku ne spreminja, se torej pri valjanju obročev kaliber stalno zmanjšuje. Poseben centrični kolut K vodi obroč med valjanjem, da dobi pravilno okroglo obliko in ne opleta. Ker se premer obroča zaradi tanjšanja venca povečuje, je treba



Sl. 1. Načini valjanja (shema)

a — vzdolžno valjanje, b — prečno valjanje



Sl. 3. Valjanje obročev v dveh stopnjah

a — predhodno oblikovanje, b — dokončno oblikovanje

gibanje centrirnega koluta krmiliti po posebni šablони š. Zapletene profile obročev valjamo v dveh stopnjah. Pri tem ima kolut za valjanje dva kalibra, medtem ko si izmenoma sledita trn za predhodno in dokončno valjanje, slika 3. Vstavljanje, prekladanje in snemanje obdelovancev je lahko ročno ali povsem avtomatizirano. Detajl polavtomatičnega stroja za valjanje obročev kaže slika 4. Skupno z večstopenjsko mehanično prešo, napravo za indukcijsko segrevanje surovcev ter strojem za sekanje surovcev lahko sestavlja stroj za valjanje povsem avtomatično obdelovalno progo.

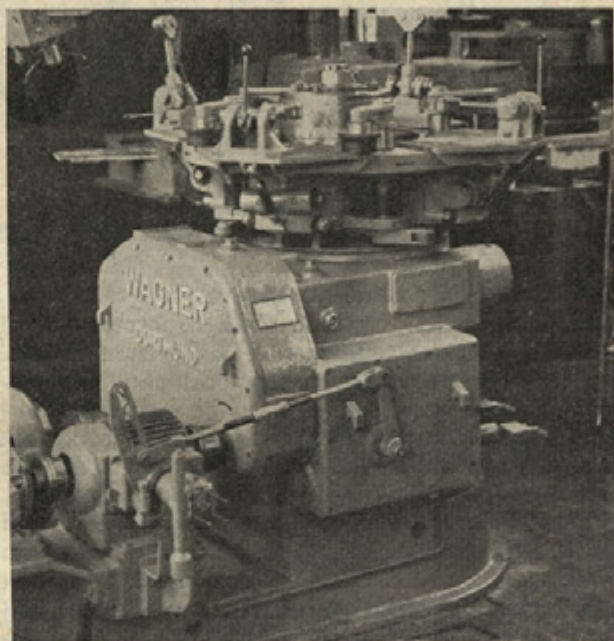
Kovaško valjanje

Tudi kovaško valjanje v bistvu ni nov postopek, vendar je spričo izredno širokega razvoja na področju kovanja v utopih v zadnjih letih pridobil zelo velik pomen. Vse bolj množstvena in specializirana proizvodnja utopnih izkovkov teži za nenehnim izboljševanjem in izpopolnjevanjem ustreznih tehnoloških procesov. Pri kovanju v utopih gredo zdaj stremljenja za tem, da se pri oblikovanju geometrično zapletenih oblik proces preoblikovanja po možnosti deli na več orodij in s tem na več delovnih operacij. Smotrna porazdelitev deformacij omogoča zaradi zmanjšane obrabe orodij velike prihranke pri materialu in izdelovalnih stroških. Vrhu tega je mogoče po tej poti dosežati izboljšanje oblikovne in merske natančnosti izkovkov, s tem pa se zmanjšuje tudi potrebna naknadna obdelava.

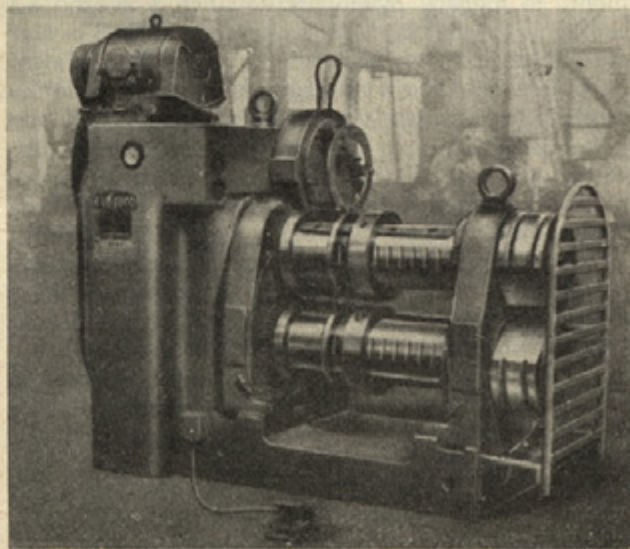
Delitev preoblikovalnega procesa na več gravur, v katerih dobivamo tako imenovane vmesne oblike — in ne dokončne oblike, kakršna se izkuje v zadnji gravuri — je potrebna iz več razlogov. Prvič ima vmesno oblikovanje nalogo, da porazdeljuje maso materiala na določena mesta vzdolž surovca. Hkrati je treba na ustreznih mestih oblikovati že določene prereze kovanca, tako da se vmesna oblika čim bolj približa dokončni obliki izkovka. S tem se povečuje obstojnost dokončne gravure utopnega orodja tj. ohranja se natančnost njenih oblik in mer. Nadalje je kot vmesna operacija dostikrat potrebno tudi upogibanje, s ka-

terim ravno začetno obliko surovca prilagajamo krivinam izkovka.

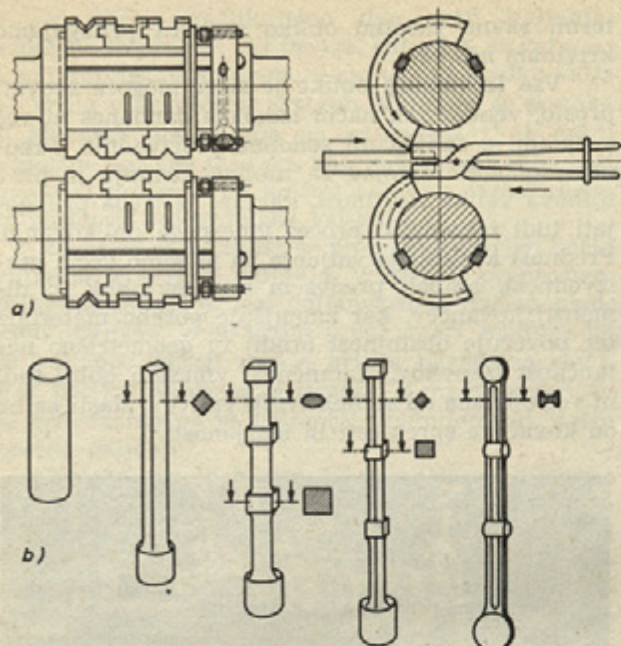
Vse te vmesne oblike je sicer mogoče skovati prosto, vendar tak način izdelave dandanes ni več v skladu z zahtevami sodobne proizvodnje. Prednost sodobnih strojev za utopno kovanje je prav njihova velika storilnost, kakršni je treba prilagajati tudi tehnološki proces vmesnega oblikovanja. Prednost kovaškega valjanja pa ni samo večja proizvodnost, ampak predvsem enakost oblik in dimenzij kovancev, kar zmanjšuje porabo materiala ter povečuje obstojnost orodij in geometrično natančnost izkovkov. Natančnost vmesnih oblik tudi ni več odvisna od subjektivnih vplivov, zlasti pa ne od kovačeve spretnosti in izurjenosti.



Sl. 4. Polavtomatični stroj za valjanje obročev (Wagner & Co., Dortmund)



Sl. 5. Kovaški valjalni stroj (Eumuco A. G. Leverkusen)



Sl. 6. Načelo kovaškega valjanja

a — shema valjanja, b — surovec, vmesne in dokončna oblika valjanca

Mimo tega poteka kovaško valjanje tako hitro, da lahko izdelavi vmesnih oblik neposredno sledi tudi že dokončno oblikovanje, še po istem gretju.

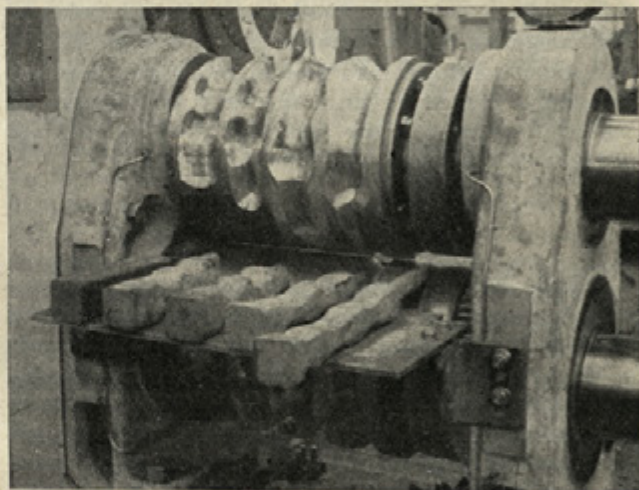
Za preoblikovanje po tem postopku je potreben poseben stroj, slika 5, ki je podoben dvovaljalniku. Načelo valjanja shematično prikazuje slika 6 a. Na obodu dveh valjev, ki imata skupen pogon, so pritrjeni segmenti z ustrezno gravuro. Predmet, ki ga želi predkovati, vtakne kovač med valja v trenutku, ko sta segmenta diametralno nasproti. Kakor hitro se valja zavrtita, zagrabita segmenta surovec in ga potisneta iz stroja nazaj proti kovaču. V enem ali več vtikih se preoblikujejo podolgasti surovci (palice) v izkovke, katerih profil se po dolžini spreminja. Z različnimi segmenti je mogoče izdelovati kovance z zvezno ali skokoma spreminjajočimi se prerezi, slika 6 b. Ker sta oblika in natančnost izdelkov ponajveč odvisni od oblike in obstojnosti segmentne gravure, lahko strežejo tem strojem tudi priučen kovači. Podobno kakor pri vzdolžnem valjanju profilov, žice in pločevine poteka tudi pri kovaškem valjanju proces plastične deformacije kontinuirno po dolžini valjanca, vendar njegov prerez ni stalen. Pri valjanju v več vtikih mora biti gravura naslednjega vtika prilagojena obrisom že izvaljane vmesne oblike. Zato so gravure segmentov za vzdolžno valjanje periodičnih profilov zelo komplicirane (slika 7).

S tem, da vmesnemu oblikovanju izkovka na kovaškem valjalnem stroju lahko takoj sledi tudi dokončno oblikovanje, so dani vsi pogoji za avtomatizacijo proizvodnje pri utopnem kovanju. Ker pa je hitrost pri ročni stregi stroja omejena s kovačevo fizično zmogljivostjo, lahko človeka nadomesti samo ustrezen strojni manipulator. Tak manipulator, ki je ponazorjen na sliki 8, opravlja vse

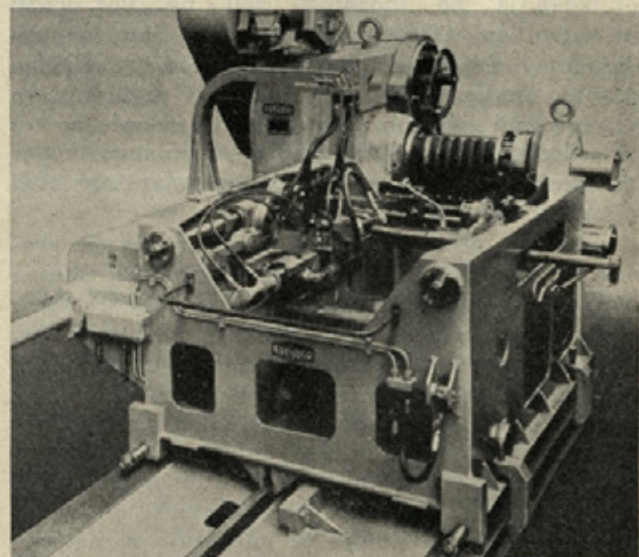
potrebne operacije, tj. vtika valjance med valje, jih obrača za 90° in premika prečno v naslednjo gravuro.

V nasprotju s tem univerzalnim, a mehaniziranim strojem za valjanje uporabljajo zdaj v popolni množinski proizvodnji avtomate za kontinuirno kovaško valjanje, slika 9, pri katerih so posamezni pari segmentov nameščeni zaporedoma in od para do para zasukani za 90° . Tu potuje surovec samo v eni smeri skozi določeno število valjev, ki ustreza številu potrebnih vtikov. Skupno s škarjami za rezanje surovcev, napravo za indukcijsko ogrevanje in transport surovcev do valjev sestavlja tak avtomat za valjanje obdelovalno progo, ki je ponavadi še povezana z ustrezno kovaško prešo, da izvaljane vmesne oblike izkuje do dokončne oblike.

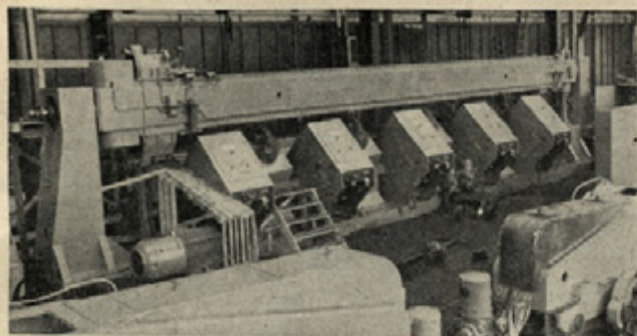
Področje nove vrste v tej skupini preoblikovanja je hladno valjanje ravnih in zakrivljenih lopatic za turbine in kompresorje. Težave pri izdelavi teh lopatic niso pogojene samo z njihovo kompli-



Sl. 7. Kovaški valji s segmenti



Sl. 8. Manipulator za kovaški valjalni stroj (Eumuco A. G., Leverkusen)



Sl. 9 Avtomat za kontinuirno kovaško valjanje
(Eumuco A. G., Leverkusen)

cirano obliko, ampak tudi s tem, da je močno legirana jekla, iz kakršnih morajo biti izdelane, zelo težko obdelovati. Ker ima vsaka turbina po več sto takih lopatic, ki sestavljajo tretjino vrednosti celotne turbine, je njihova gospodarna izdelava že dlje časa predmet intenzivnih tehnoloških študij in preskusov.

Pri postopku IWK so skombinirane različne preoblikovalne operacije, slika 10. Izhodna oblika surovca je odrezek okrogle palice, pri katerem se steblo stanjša s toplim iztiskavanjem ali pa se nakrči glava, nato pa se kuje v utopu na ustrezno predhodno obliko, ki pa še ni posebno natančna. Za obrezovanje brade sledi hladno valjanje, pri katerem dobi lopatica po več vtiki potrebno dokončno obliko. Oblikovalni orodji sta zopet dva valja s segmenti, v katere je vbrusen želeni profil. Segmenta se najprej radialno vtisneta v koren lopatice (hidravlično ali mehanično), nato pa se odotalita po njem, slika 11. Material se pri tem močno utrdi, pa tudi površina je zelo kvalitetna (kakor polirana).

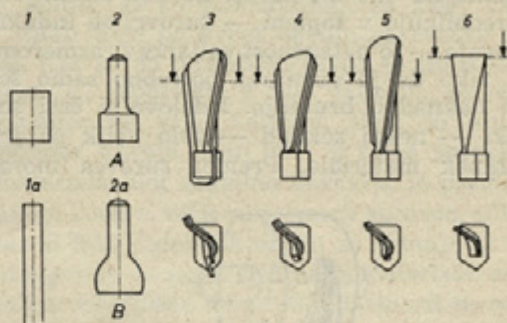
Po tem postopku je mogoče izdelovati lopatice, ki so zasukane do 45° , v dolžini do 400 mm, brez vsakršnih odpadkov. Postopek je povsem avtomatiziran, tako da je izdelava zelo gospodarna (1 do 2 minuti za lopatico).

Prečno valjanje

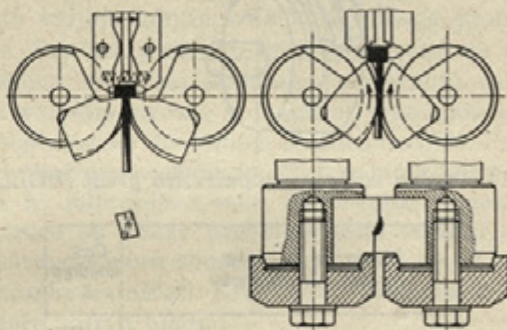
Princip prečnega valjanja je v rabi že pri valjanju navojev z valjastimi profilnimi orodji, slika 12. Pri tem radialnem postopku valjanja leži valjanec c med dvema profilnima valjema a in b, ki imata po obodu vrezan navojni profil. Oba valja se vrtita v isti smeri z enako obodno hitrostjo. En valj je navadno fiksni, drug pa se lahko radialno primika k prvemu in ustvarja potreben pritisk za plastično izoblikovanje navoja. Dandanes že bolj ali manj poznamo kar celo vrsto postopkov za hladno in toplo valjanje navojev.

Nov je postopek prečnega valjanja obdelovanec s segmentnimi orodji, slika 13. Tudi pri tem leži surovec — okroglo jeklo — na vodilu med dvema valjema, tako da je njegova os vzporedna z osjo valjev. Valja imata na obodu gravurne segmente v obliki klina. Ker se prerez segmentov pri vrtenju

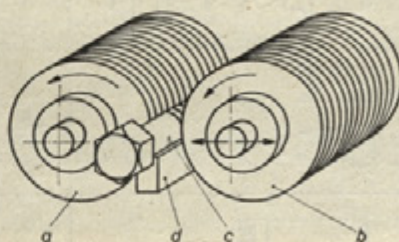
valjev stalno širi, teče izrinjena snov aksialno na obe strani. Proces valjanja je končan, ko se valja enkrat zavrtita okrog svoje osi, medtem ko se je obdelovanec pri tem zavrtel večkrat. Razumljivo je, da je lahko po tem načinu izdelovati samo rotacijske oblike. Valja morata biti postavljena tako,



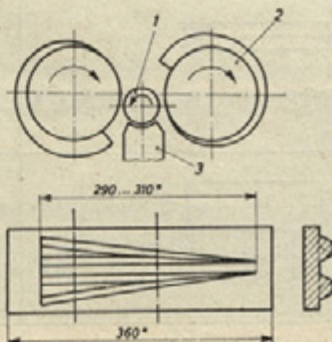
Sl. 10. Vrsten red preoblikovalnih operacij pri izdelavi lopatic za plinske turbine (IWK)



Sl. 11. Hladno valjanje turbinskih lopatic z več vtiki (IWK)



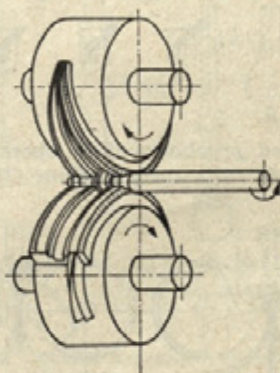
Sl. 12. Radialni postopek za valjanje navojev
a, b — profilno orodje, c — valjanec, d — podloga



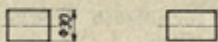
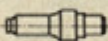
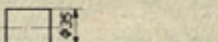
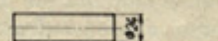
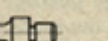
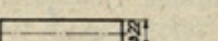
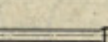
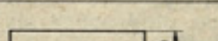
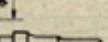
Sl. 13. Načelo prečnega valjanja s segmentnimi orodji

da se gravure segmentov natanko ujemajo aksialno in radialno.

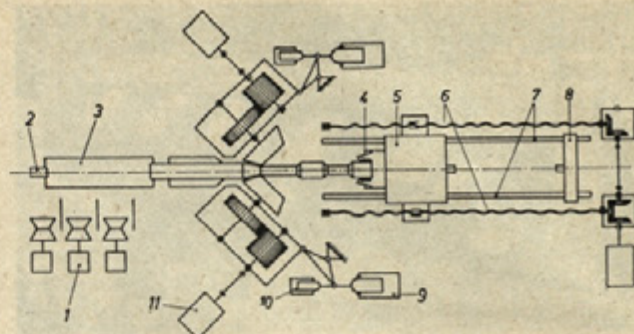
Postopek je uporaben predvsem za izdelavo polnih valjastih izdelkov z različnimi stopničastimi ali stožčastimi prehodi, slika 14. Od prereza segmentne gravure je odvisno, ali teče material aksialno samo na eno ali hkrati na obe strani. Čeprav se preoblikuje v toplem — surovci se indukcijsko segrevajo — je natančnost valjancev razmeroma velika, tako da je dostikrat potrebno samo še njihovo naknadno brušenje. Izdelovalni časi so zelo kratki — nekaj sekund — zelo velik pa je tudi prihranek materiala. Premer surovca mora biti



Sl. 14. Prečno valjanje stopničastih gredi (HOLUB)

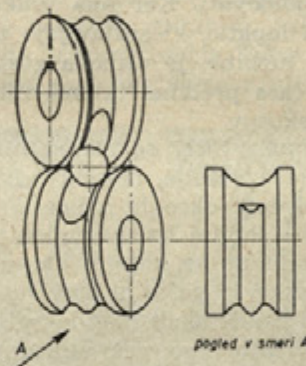
Dimenzije in oblike surovcev in valjancev	Čas valjanja s
 	3,5
 	3,5
 	7
 	7
 	7

Sl. 15. Različne možne oblike prečno izvaljanih obdelovancev



Sl. 16. Valjanje stopničastih gredi s tremi stožčastimi koluti (SZ)

1 — transportna valjenica, 2 — potisna naprava, 3 — korito, 4 — avtomatične vpenjalne čeljusti, 5 — sani, 6 — vretena, 7 — vodila, 8 — končno stikalo, 9 — delovni valj, 10 — povratni valj, 11 — elektromotor



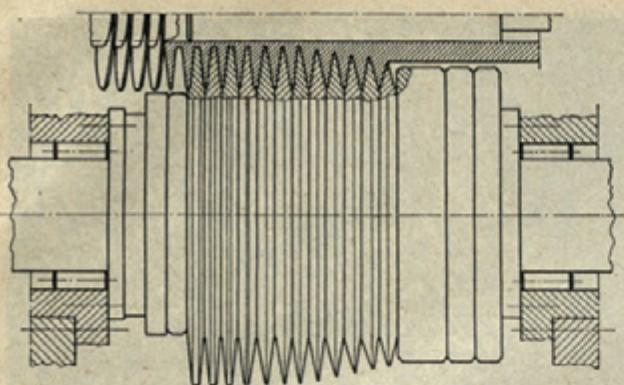
Sl. 17. Poševno valjanje (shematično)

večji ali vsaj enak največjemu premeru izvaljanega izdelka, ker se pri tem postopku valjanec nikjer ne krči, temveč samo tanjša. Oblikovalni segmenti so zelo komplicirani, zato je gospodarna obdelava možna le pri zadostni količini izdelkov. V tabeli na sliki 15 je prikazanih nekaj značilnih oblik valjancev, izdelanih po tem postopku.

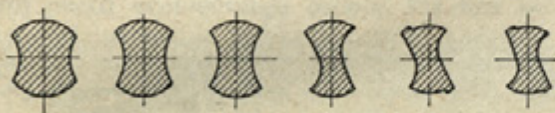
V Sovjetski zvezi so nedavno razvili postopek za kopirno valjanje stopničastih gredi, pri katerem se valja s tremi stožčastimi kolutnimi orodji, ki so premaknjena za 120° in sestavljajo z osjo obdelovanca kot 45° , slika 16. Segret surovec je vpet v posebnih kleščah, ki ga vlečejo skozi kaliber, tega pa sestavljajo oblikovalni koluti. Radialni premik kolutov se krmili mehanično hidravlično po posebni kopirni šabloni. Kakor pri prejšnjem, je tudi pri tem postopku mogoče prihraniti pretežen del odrezavanja, s kakršnim so sicer v izdelavi tovrstni izdelki na kopirnih stružnih avtomatih.

Poševno valjanje profilov

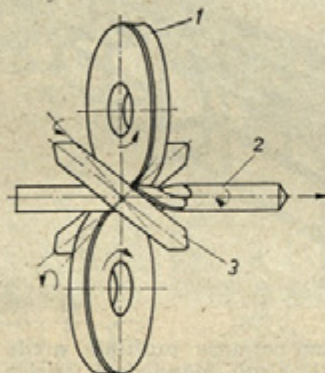
Pri poševnem valjanju, slika 17, so profilni valji ali koluti za določen kot nagnjeni proti osi obdelovanca, podobno kakor pri valjanju navojev po aksialnem postopku ali valjanju cevi po Mannesmannu. Posledica tega je, da se surovec — okrogla palica — vrti okrog vzdolžne osi, hkrati pa se aksialno pomika naprej. Razen navojev valjajo



Sl. 18. Poševno valjanje reber s tremi profilnimi valji



Sl. 19. Kalibracija profila pri valjanih svedrih



Sl. 20. Shema valjanja svedrov s segmentnimi koluti (May)

dandanes tako tudi rebra na votlih surovcih (valji za motorje), slika 18, in vijačne svedre do $\varnothing 38$ mm.

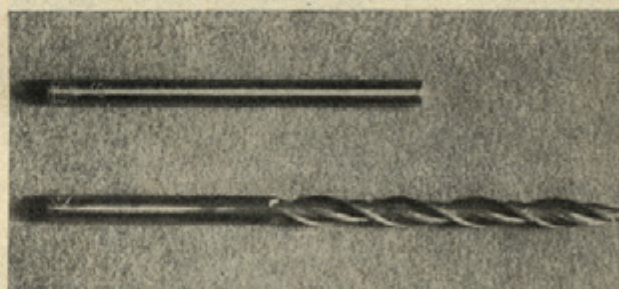
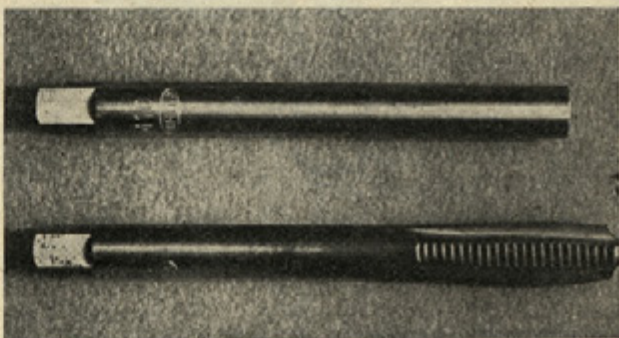
Pri poševnem valjanju vijačnih svedrov se vroč surovec med več zaporednimi pari profilnih valjev (3...6) preoblikuje v zaželeno obliko. Vrstni red za kalibracijo profila svedra je prikazan na sliki 19. Za profilnim valjanjem sledi ravnanje valjancev. Čeprav je pri tem postopku potrebna še naknadna obdelava vijačnih utorov s frezanjem, je že samo prihranek materiala precejšen.

Nov postopek za izdelavo vijačnih svedrov v manjših dimenzijah do $\varnothing 13$ mm je poševno valjanje s segmentnimi koluti, slika 20. Na mero brušene surovce iz hitroreznega jekla je treba najprej na enem koncu indukcijsko segrevati, nakar zagrabijo segreti del štirje segmentni koluti in ga izvaljajo v ustrezen profil. Vsi štirje segmenti sestavljajo zaprt kaliber, ki ustreza profilu svedra. Pri tem oblikujeta dva koluta navojni žleb, druga dva pa hrbet profila. Za valjanjem in kaljenjem pride kot naknadna obdelava z odrezavanjem samo še okroglo brušenje svedra na ustrezno mero ter brušenje čela tj. glavnega rezilnega roba. Stroji za poševno

valjanje svedrov so opremljeni tudi z avtomatičnim transportom surovcev, tako da poteka valjanje kontinuirno. Posnetek na sliki 21 prikazuje surovec in iz njega izvaljani vijačni sveder $\varnothing 3,8$ mm.

Podobno, toda s šestimi segmentnimi koluti, valjajo dandanes tudi že navojne svedre do M 12. Trije koluti, ki so premaknjeni za 120° , valjajo žleb, ostali trije pa hrbet navojnega svedra z navojem. Ker pa so tu žlebovi ravni, je treba valjati vzdolžno tj. vzporedno z osjo valjanca, pri čemer se valjanec ne vrti. Kaljenju sledi še brušenje izvaljanega navoja. Ker teče iz žleba spodrinjeni del materiala tudi radialno navzven, je premer izvaljanega svedra večji od premera surovca, slika 22. Prednosti tako izdelanih orodij za vrtanje in rezanje navojev so ne samo prihranek materiala, ampak predvsem izboljšane tehnološke lastnosti in rezilne sposobnosti.

V tovarni krogličnih ležajev v Moskvi izdelujejo s poševnim valjanjem celo kroglice za ležaje, ki jih valjajo kontinuirno iz okroglega profilnega jekla. Pri tem postopku imata oba valja na obodu vijačnico, ki se pri aksialnem pomikanju valjanca med valjema ugreza v material tako globoko, da ga naposled na določenem mestu prestriže. Profilni utor vijačnice na obeh valjih ima hiperbolične bočnice, ki oblikujejo kroglo. Da bi lahko zunanji rob vijačnice ob koncu preoblikovanja odrezal kroglo od surovca, mora zunanji premer valjev od koraka do koraka naraščati. Kroglice do premera 25 mm je mogoče valjati hladno.

Sl. 21. Surovec in iz njega izvaljani vijačni sveder $\varnothing 3,8$ mm

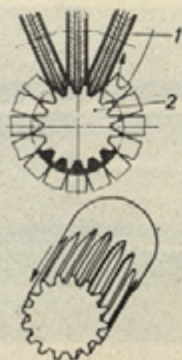
Sl. 22. Toplo izvaljani navojni sveder M 12 s surovcem (May)

Kotalno valjanje profilov in ozobj

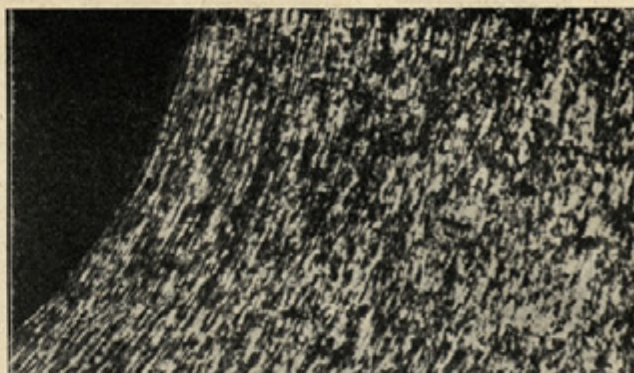
Velike prednosti hladno valjanih navojev, predvsem nepretrgan potek vlaken, ki sledijo obliki profila in niso prerezana kakor pri struženih ali frezanih, zlasti pa močna lokalna utrditev materiala, ki povečuje njihovo trdnost in zdržljivost, so vplivale tudi na nadaljnji razvoj in razširitev postopkov za hladno valjanje na druge profile, predvsem na utorne gredi in različna ozobja.

Tako obstajata dandanes ob valjanju z radialnim vtiskavanjem profilnih kotalnih orodij v surovce, dva povsem nova postopka za valjanje profilov, ki so vzporedni z osjo predmeta. Pri prvem, slika 23, se valja v vzdolžni smeri s posebnim orodjem, ki ima določeno število radialno nameščenih vrtljivih valjčkov ali kolotov z ustreznim profilom. Število teh kolotov je enako številu potrebnih utorov, tako da so preoblikovalna orodja nanizana po celotnem obodu obdelovanca. Kaliber je s tem zaprt, to pa omogoča posebno ugoden potek preoblikovanja. Plastična deformacija sega zelo globoko v jedro obdelovanca, ker pritiskajo orodja nanj z vseh strani hkrati in enakomerno. Preoblikovanje poteka v glavnem v aksialni smeri, lahko pa tudi radialno, tako da je začetni premer obdelovanca v določenih primerih celo večji od zunanjega premera izvaljanega profila. Okrogla palica (surovec) se potiska skozi orodje hidravlično. Če se pri tem še vrti, je mogoče uvaljati tudi vijačne profile. Izdelki so zelo natančni, imajo zelo kvalitetne površine, zelo ugoden potek vlaken in znatno večjo trdnost. Vlakna potekajo povsem vzporedno z zunanjimi oblikami, tako da struktura na površini ni nikjer razpokana, slika 24. S tem se povečuje tudi odpornost valjancev proti koroziji. Postopek je v rabi za izdelavo zobnikov z manjšim številom zob (16...20), za večutorne in nazobčane gredi, pastorka, poligone ipd. Primerek stroja za valjanje profilnih gredi kaže slika 25.

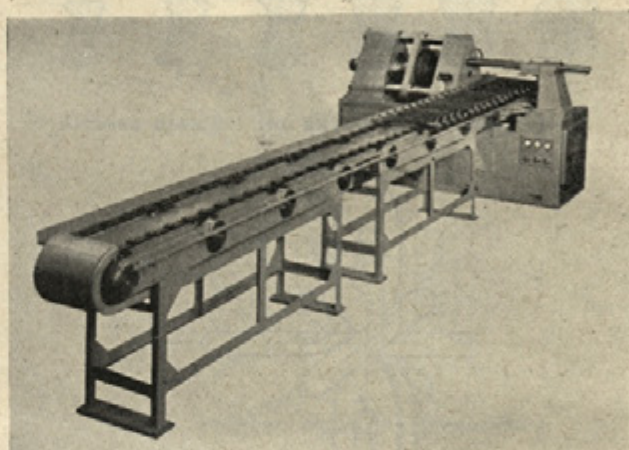
V nasprotju s prvim rabita pri drugem postopku za valjanje samo dva profilna valjčka. Uležajena sta na obodu dveh simetrično postavljenih kotalnih glav, ki se vrtita sinhrono v nasprotnih smereh (slika 26). Pri vsakem vrtljaju kotalne glave



Sl. 23. Shema valjanja profilov z več koluti (Grob)



Sl. 24. Mikrostruktura valjane površine



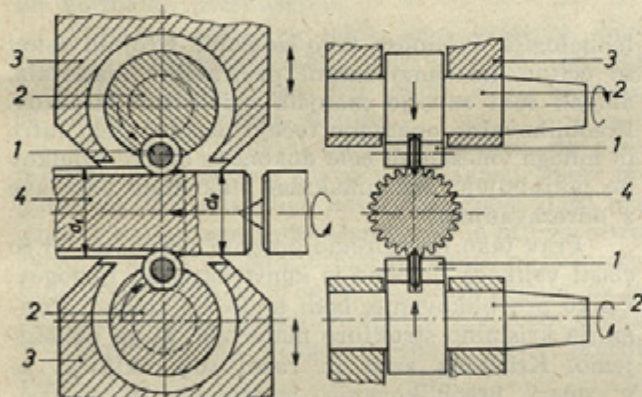
Sl. 25. Stroj za valjanje profilnih gredi z več koluti (E. Grob, Männedorf, Zürich)

se profilna koluta, ki potujeta kakor neka planeta po krožni poti, enkrat dotakneta obdelovanca. Preoblikovalni proces je torej lokaliziran na ozko področje, vendar se ponavlja v hitrem zaporedju (16...60/s). Medtem se vrti okrog svoje osi tudi obdelovanec, bodi korakoma ali kontinuirno, hkrati pa se pomika naprej, podobno kakor pri kotalnem frezanju. Surovec, ki ima tudi pri tem postopku valjasto obliko, je v premeru manjši od končnega izdelka. Kakor pri valjanju navojev narašča tudi tu premer valjanca približno za višino profila (slika 27).

Načelno je mogoče tako izvaljati vsako poljubno obliko profila, z enako razdelbo ter sodim ali lihvim številom zob, na obdelovancih s premerom do 100 mm. Dolžina izvaljanega profila je pri stroju, ki ga prikazuje slika 28, lahko največ 1000 mm, največji modul pri zobnikih do 3 mm. Nekaj primerov izvaljanih profilov kaže slika 29.

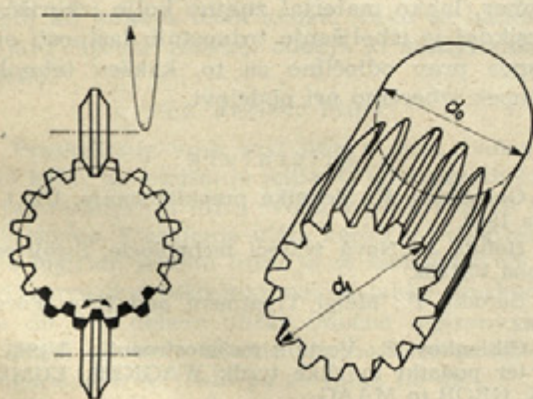
Z enakim orodjem se dajo valjati tudi poševna ozobja, pri čemer sta kotalni glavi še za določen kot zasukani proti osi obdelovanca. Pogled v obdelovalni prostor stroja za valjanje poševnih ozobj s kotalnimi koluti je razviden s slike 30, medtem ko ponazarja slika 31 posnetek tega stroja.

Razen kolutnih je za valjanje ozobja mogoče uporabljati tudi polžasta profilna orodja. Pri tem načinu oblikujeta evolventno ozobje dva polža, ki stojita diametralno nasproti. Boki profila zavojnice na orodju so ravni. Če bi se tako kotalno orodje pri valjanju stalno dotikalo obdelovanca, bi se pojavilo čisto trenje. Zato je potrebno, da os polžev — podobno kakor pri prej opisanem postopku — oscilira, pri čemer se polža najprej primakneta radialno k obdelovancu, se po njem odkotalita, nato pa se zopet odmakneta v začetno lego. Z istočasnim vrtenjem polžev, katerih vijačnica ima določen korak, dobimo torej kombinacijo kotalnega gibanja z valjanjem. Ker polža pri kotaljenju močno pritiskata na obdelovanec, se vtisne vanj profil evolventnega ozobja. Pri tem se vrti tudi obdelovanec in se hkrati pomika aksialno. Vsa gibanja, razen aksialnega pomika obdelovanca, so med seboj sinhronizirana. Če stojita polža tudi še poševno, se lahko valjajo tudi zobniki s poševnim ozobjem. Premer kotalnega kroga izvaljanega zobnika je približno enak premeru surovca, ker odteka spodrinjeni material tudi radialno navzven. Zobnike je mogoče valjati posamično ali po več skupaj, lahko pa se nazobča tudi daljši surovec, nakar se zobniki našagajo od palice na ustrezno širino.

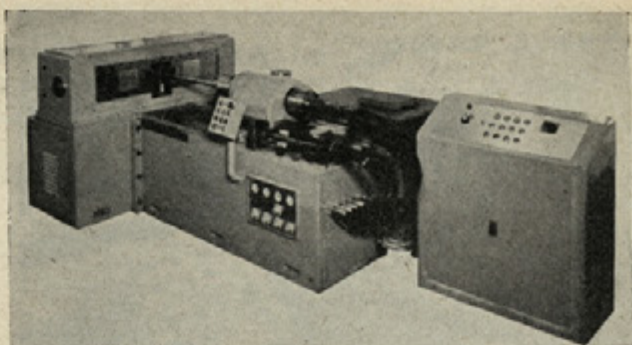


Sl. 26. Kinematika valjanja profilov z dvema kolutom (Grob)

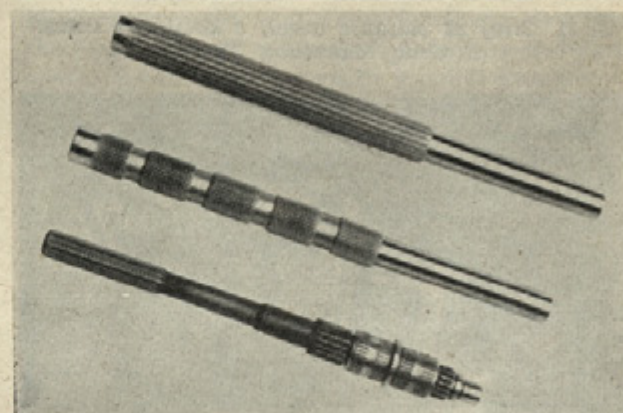
1 — profilni kolot, 2 — kotalna glava, 3 — okrov, 4 — obdelovanec



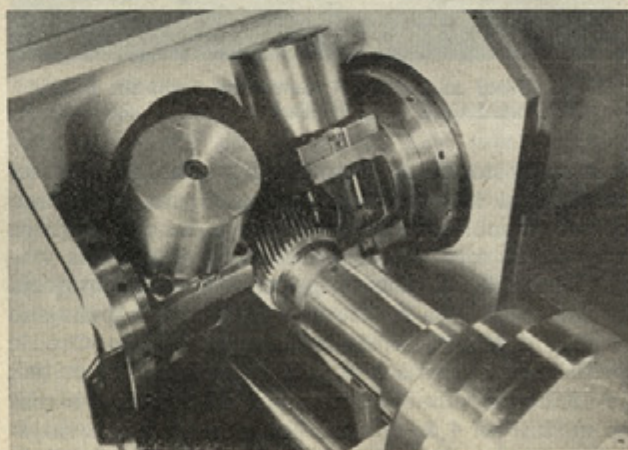
Sl. 27. Deformacije pri valjanju profilov z dvema kolutom



Sl. 28. Stroj za kotalno valjanje vzdolžnih profilov E. Grob, Männedorf Zürich



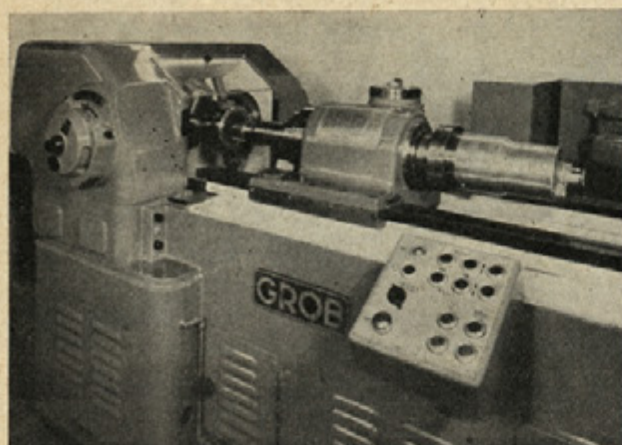
Sl. 29. Primeri hladno izvaljanih profilov



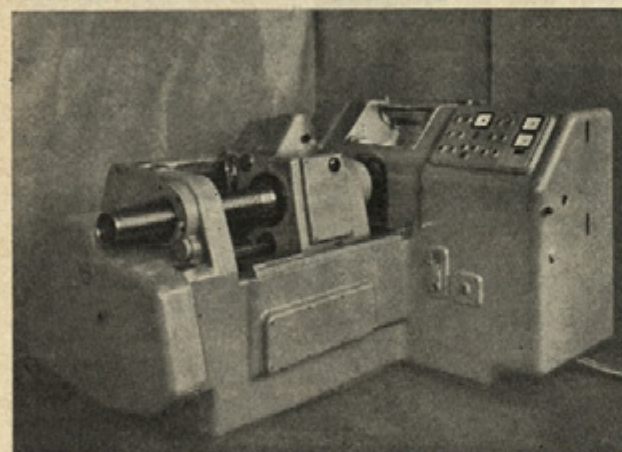
Sl. 30. Obdelovalni prostor stroja za valjanje vijačnih zobnikov (E. Grob, Männedorf Zürich)

O kotalnem valjanju zobnikov z ravnim in poševnim ozobjem po sistemu MAAG je SV poročal že v št. 1/65. Prvi MAAGov stroj ROLLAMATIC, ki deluje po tem načelu, lahko valja zobnike s premerom do 120 mm, z modulom od 0,5...4 mm in s poševnostjo zob do 45°. Posnetek takega stroja je viden na sliki 32.

V zadnjih letih tudi ni manjkalo poskusov za valjanje stožčastih ozobja. Načelo delovanja takega stroja za toplo valjanje stožčastih zobnikov po ko-



Sl. 31. Stroj za valjanje ozobj s kotalnimi koluti
(E. Grob, Männedorf Zürich)

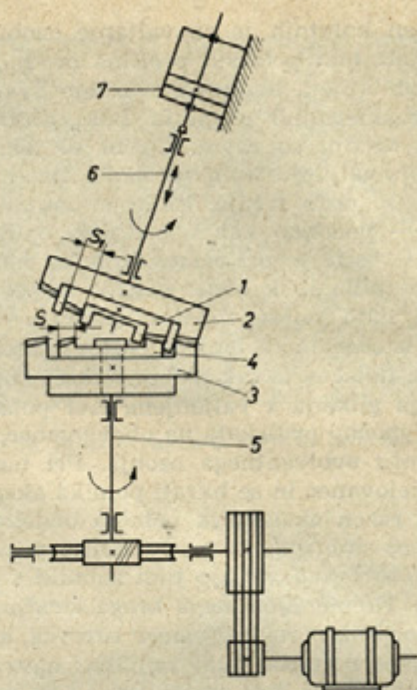


Sl. 32. Stroj za valjanje ravnih in poševnih ozobj
ROLLAMATIC (MAAG-Zahnräder AG, Zürich)

talnem postopku se da posneti s slike 33. Surovec so skovani in prestruženi na ustrezno predhodno obliko, preoblikovalna cona pa se induktivno ogreva na temperaturo valjanja. Surovec 4 je vpet na vrtljivi mizi 3, ki dobiva pogon od elektromotorja preko reduktorja in vretena 5. Orodje je pritrjeno v kotalni glavi 2, ki se vrti skupno z mizo. Orodje pritiska na surovec hidravlično, maksimalni pritisk je 75 Mp za zobnike s premeri od 175 do 300 mm in moduli od 4 do 10 mm. Natančnost tako izvaljanih zobnikov zadostuje za gonila traktorjev itd., medtem ko je za avtomobilске reduktorje potrebna za zdaj še naknadna obdelava z odrezavanjem. Valjanje traja do 1,5 minute, tako da je mogoče izvaljati do 30 zobnikov na uro. Povrh prihranka materiala (do 40 %) sta pomembna zlasti večja trdnost takih zobnikov in zelo ugoden potek vlaken.

Sklep

Opisani postopki valjanja so samo del novejših načinov za tehnološko obdelavo kovin s plastično deformacijo, ki pa vendarle dovolj nazorno prikazujejo, v kateri smeri se razvija sodobna mehanska



Sl. 33. Toplo valjanje stožčastih zobnikov (shema)

1 — orodje, 2 — kotalna glava, 3 — vrtljiva miza, 4 — surovec, 5 — vreteno mize, 6 — vreteno kotalne glave, 7 — valj

tehnologija. Prednosti tako izdelanih strojnih delov so očitne, ne samo zaradi prihrankov materiala, ampak tudi zavrlo manjših izdelavnih stroškov. Preoblikovalne operacije tečejo nasploh zelo hitro in mnoge vmesne ali celo dokončne oblike izdelkov ne potrebujejo več nikakršne naknadne obdelave z odrezavanjem.

Prav tako ne moremo prezreti prednosti, ki so zlasti velikega pomena iz konstruktivnih razlogov. Vsako preoblikovanje, bodi toplo ali hladno, spreminja kristalno strukturo materiala, ki ga obdelujemo. Kristalna zrna in razni tuji vključki se v smeri preoblikovanja raztegnejo in največkrat je mogoče potek vlaken prilagoditi zunanjim oblikam obdelovanca, pogostoma pa celo smeri poznejše glavne obremenitve. Ker so trdnostne lastnosti v smeri vlaken boljše kakor pravokotno na to smer, lahko material znatno bolje izkoriščamo. Marsikdaj je izboljšanje trdnostnih lastnosti obdelovanca prav odločilno za to, kakšen tehnološki postopek izberemo pri obdelavi.

Literatura:

- Gologranc, F.: Tehnika preoblikovanja, UZ Ljubljana 1964.
Holub, J.: Nová tvárecí technologie, Strojírenská výroba 10/1962.
Borodii, P.: Metal Treatment and Drop Forging, 1/1962.
Ciklenkov, E.: Vestnik mašinostroenija, 7/1961.
ter podatki in slike tvrdk WAGNER, EUMUCO, IWK, GROB in MAAG.

Avtorjev naslov: doc. ing. Franc Gologranc,
Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani