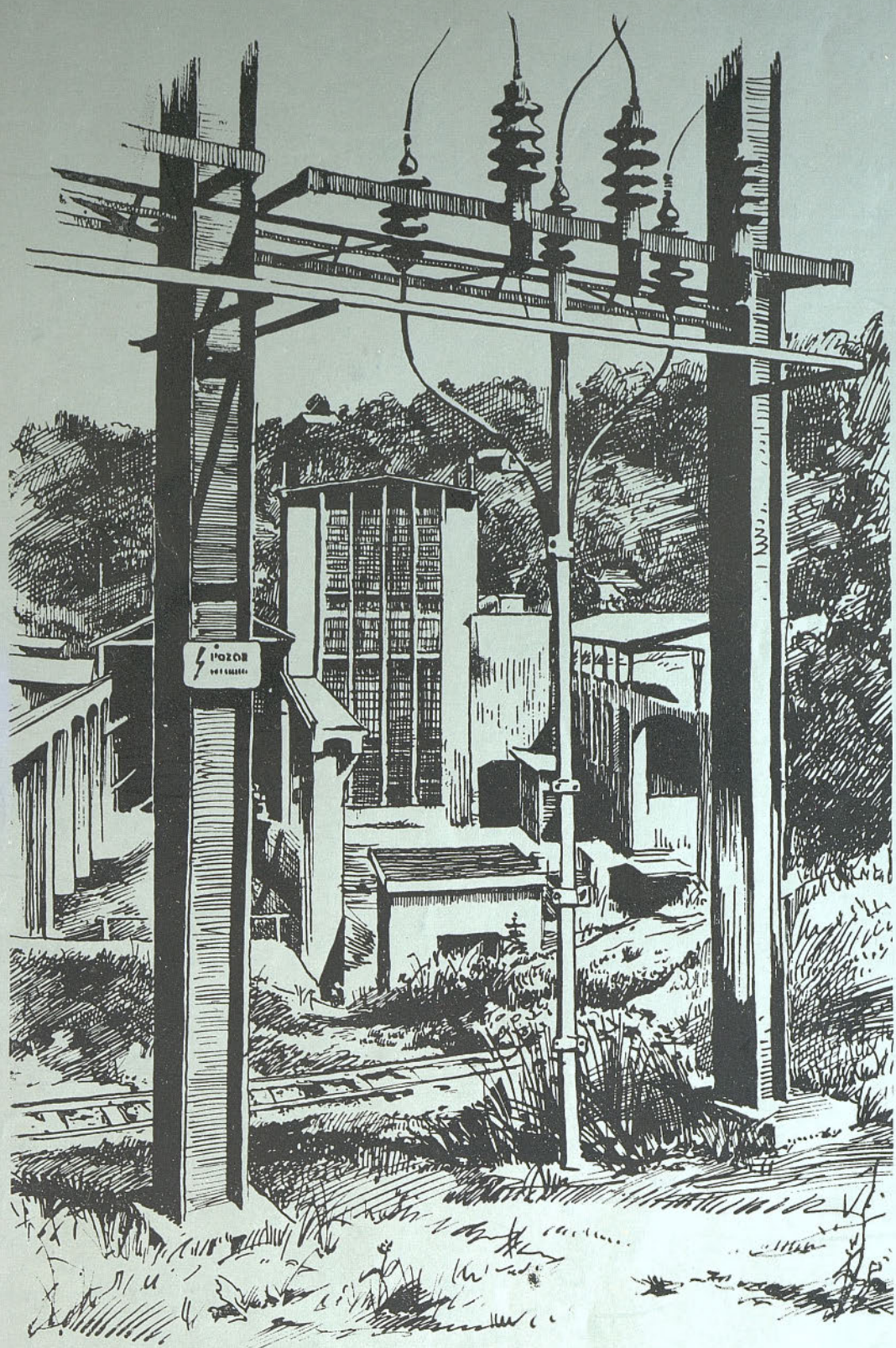


ŠTORSKI
KNJIŽNICA
V CELJU



LETO 1
ŠTEV. 2

ŠTORSKI ŽELEZAR

TEHNIČNA PRILOGA

Uredniški odbor:

Odgovorni urednik Janez Barbarič, dipl. ing. met.
Peter Knez, dipl. ing. met.
Vlado Maganja, met. tehn.
Zoran Tratnik, dipl. ing. met.
Jože Urbančič- dipl. ing. met.

VSEBINA:

Alojz PREŠEREN:

Uporaba kisika v proizvodnji jekla 2

Alojz ŠTURBEJ:

Določevanje cera v sferolitini 7

Alojz PIŠEK:

Sodobni postopki izdelave zobatih koles 9

Martin GORŠEK:

Ultrasvočne preiskave nodularne litine 15

Matija ŽUMER:

O organizaciji proizvodnje valjev II 22

Peter JEVŠNIK:

Dvoslojni valji za žične in fine profilne proge 25

Zoran TRATNIK:

Nodularna litina — lastnosti in obdelava II 27

Novosti strokovne knjižnice 31

Uporaba kisika v proizvodnji jekla

V današnji borbi za čimvišjo produktivnost v proizvodnji jekla doživljajo proizvodni agregati konstruktivne spremembe oziroma proizvodni procesi tehnološke spremembe v taki meri in v tako kratkem času, da je težko ugotoviti, kateri tehnološki proces in kateri proizvodni agregat bo v bodočih letih najbolj pripraven in rentabilen. Silovit razmah, ki ga je povzročilo uvajanje kisika v tehnologijo proizvodnega procesa, ni zajel samo čistih kisikovih postopkov, temveč tudi dosedanje standardne procese v hruškah, SM in delno v E-obločnih pečeh.

Svetovna poraba jekla narašča v takem obsegu, kot ga pred nekaj leti nihče ni pričakoval in vložena investicijska sredstva za razširitev proizvodnje v bodočih letih daje slutiti, da bodo zahteve po jeklu postopoma še naraščale.

V začetku leta 1961 je bilo vloženih več ko 5 milijard dolarjev v svetu, od teh ca 1,16 milijarde v ZDA, ca 1 milijardo v ZSSR, ca 1 milijardo v Angliji in Zahodni Evropi, ca 750 milijonov na Japonskem, 500 milijonov dolarjev v Avstraliji, Kanadi, Indiji.

Povečanje proizvodnje jekla v posameznih deželah ima osnovo v splošni potrebi po osamosvojitvi proizvodnje jekla za svoje potrebe, ki so delno ekonomskega, delno obrambnega, delno nacionalnega značaja.

Za leto 1965 predvidevamo 500 milijonov ton svetovne proizvodnje jekla, od teh 170 milijonov v ZDA in Kanadi, 100 milijonov v ZSSR, 35 milijonov na Japonskem, 155 milijonov v Zahodni Evropi in Angliji, 39 milijonov na Kitajskem itd.

Proizvodnja jekla obsega načelno štiri osnovne procese: SM, Thomas + Bessemer, elektro in čisti kisikovi.

Primerjava količin proizvodnje jekla po posameznih procesih je razvidna iz tabele 1 in posebej za E in LD proces iz slike 1.

Leto	SM %	Th + B %	E %	K %
1950	79,0	13,1	7,8	0,1
1955	77,7	13,2	8,8	0,3
1960	73,1	12,5	10,7	3,7
1965	64,0		16,0	20,0
1970	48,0		21,0	31,8
1975	30,0		29,0	41,0

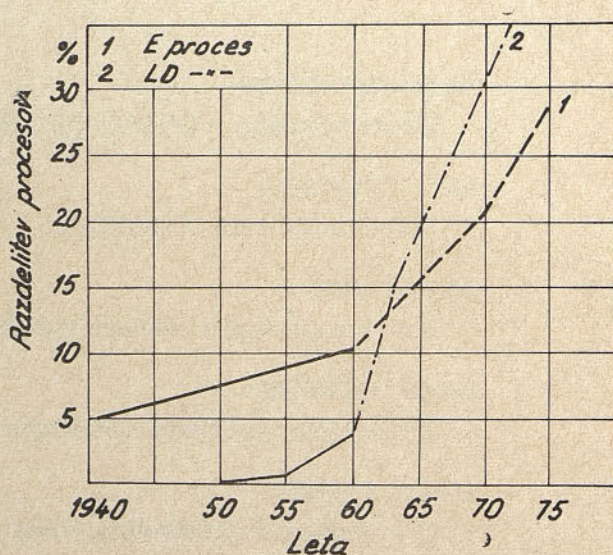
Tabela 1.

Pri povečanju svetovne proizvodnje jekla do leta 1970 bo verjetno še prevladoval SM proces — vsaj kot proizvodni agregat, nato pa lahko pričakujemo premaknitev količinskega obsega v korist elektro in čistim kisikovim procesom. Vprašanje je le, kolikor se tudi SM agregat ne bo v bodoče uveljavil za čisti kisikov proces.

Na medsebojno razmerje posameznih procesov bodo vplivali mnogi faktorji, kot lokalna ocenitev kapitalnih zahtev, surovinska osnova, ekonomika pro-

izvodnje grodlja, kisika, električne energije in razmerje surovin v vložku, kar odločilno vpliva na ekonomiko predvsem SM procesa in v zadnjem času predstavlja vpliven faktor tudi za čisti kisikov proces, saj je možno s pomočjo dodatne toplote povečati delež starega železa v LD konvertorju tudi do 100 %, če je potrebno. Za proizvodnjo legiranih in specialnih jekel je elektro peč z dodatkom kisika sposobna proizvajati zahtevane proizvode z najboljšo ekonomiko.

Prednost SM peči, da more obratovati s 100 % starega železa, če se vložku doda potrebno količino ogljika in s 100 % tekočega grodlja, če za rafinacijo porabimo veliko količino rude in kisika, izgublja svojo veljavo. Razmerje staro železo: grodelj ocenjujemo za zelo važno, ker je to razmerje v posameznih deželah odraz ekonomike proizvodnje jekla, porabe jekla na prebivalca, v neki meri odraz industrializacije. V Angliji na primer je bilo to razmerje 56/53 v letu 1955, v letu 1960 pa 48/62. V deželah Evropske skupnosti je bilo navedeno razmerje 37/71 oziroma 41/69. V Italiji se je gibala poraba grodlja od leta 1950 dalje med 27 do 35 %, v Nemčiji je poraba grodlja 30 do



Slika 1

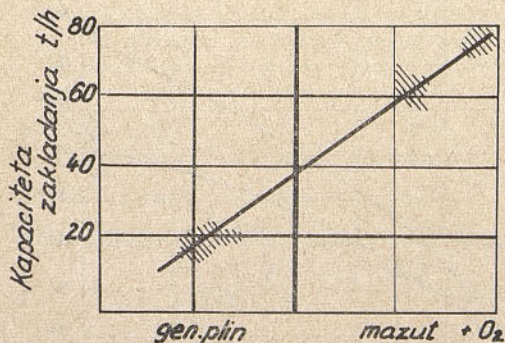
35 %, kjer ni na razpolago visokih peči. Pri izredno dobrih obratovalnih pogojih, ki dovoljujejo visoko toplotno obremenitev in izredno hitro zakladanje vložka ter pri nizki ceni starega železa in grodlja more SM proces pri 30 % grodlja ter uporabi kisika izkazati večjo ekonomiko kot standardni LD proces.

Kapitalni stroški na 1 tona jekla so pri kisikovih procesih v celoti nižji kot pri standardnih SM procesih. Razmerje med posameznimi danes znanimi procesi je sledeče: SM : E : K : LDAC : LD = 100 : 98 : 92 : 78 : 70, kar velja pri določeni letni proizvodnji 1,5 milijona ton. Če vzamemo v kalkulacijo še ostale potrebne objekte poleg jeklarne, so stroški investicij za LD proces ca 86 % SM procesa. To razmerje je

v omejenem obsegu odvisno od različnih lokalnih pogojev. Če končno poudarimo dejstvo, da je jeklo proizvedeno po kateremkoli kisikovem postopku vsaj tako kvalitetno kot SM jeklo, kar je odločujoča ugotovitev, potem so splošne smernice Evropske gospodarske komisije za jeklo pravilne, ko poudarjajo, da temelji bodočnost proizvodnje jekla izključno na čistih kisikovitih ali njim sličnih procesih in na obločni elektropeči. Na količinsko razmerje bodo vplivali specifični surovinski in ekonomski pogoji v posameznih deželah.

Tržišče in ekonomika usmerjata danes uvajanje novih tehnoloških postopkov, pri katerih je bistveni faktor povečanje produktivnosti, ta pa utemeljuje izredno velik obseg uporabe kisika. Danes trdimo, da brez večje porabe kisika v proizvodnem postopku jekla ni osnovnega pogoja ekonomike. Za ekonomsko utemeljitev SM procesa, ki bo v bodočih desetih letih še verjetno prednjačil v proizvodnji jekla, predstavlja kisik najučinkovitejše sredstvo. Verjetno se bo spremenila konstrukcija peči v takem smislu, da bo SM proces lahko ekonomsko tekmoval z drugimi procesi, za kar sta v osnovi potrebna dva pogoja: povečanje produktivnosti, kar bo znižalo čisti učinek predelovalnih in kapitalnih stroškov in zboljšanje toplotnega izkoriščanja, kar bi že v najmanjšem obsegu občutno vplivalo na ekonomiko, saj porabi standardna praksa komaj 20 % razpoložljive toplote.

Intenziviranje plamena s kisikom: Ta praksa zahteva dodatek kisika v količini 20 do 25 % od vsebnosti kisika v zgorevnem zraku. V povprečju znaša dodatek 10 do 25 Nm³/t in povečanje produktivnosti je 25 do 40 %. Konkretno navajajo dvig storilnosti za 35 do 40 % pri specifični porabi kisika 20 do 25 Nm³/t. Pri tem se pri 200-tonski SM peči zmanjša poraba goriva za ca 300.000 kcal/t. Niso osamljeni primeri, da doseže 420-tonska SM peč storitev do 98 ton na uro pri porabi kisika 37 Nm³/t. V takih primerih je vložek sestavljen iz 60 % tekočega grodlja, ostalo — staro železo + ruda. Kisik se dodaja s tremi kopji skozi glavni obok in nad mazutnim gorilcem za intezifikacijo plamena. Prvi pogoj izredno visokih produktivnosti v SM peči je hitro zakladanje vložka. 250-tonsko SM peč na primer založimo v 30 minutah, pri čemer je vložek sestavljen iz 50 % starega železa. Čas od začetka zakladanja do vlijanja tekočega grodlja znaša 1 uro. Na splošno se zahteva pri srednje velikih pečeh za forsirano obratovanje s kisikom kapaciteto zakladanja do 80 ton na uro. Glej sliko 2.



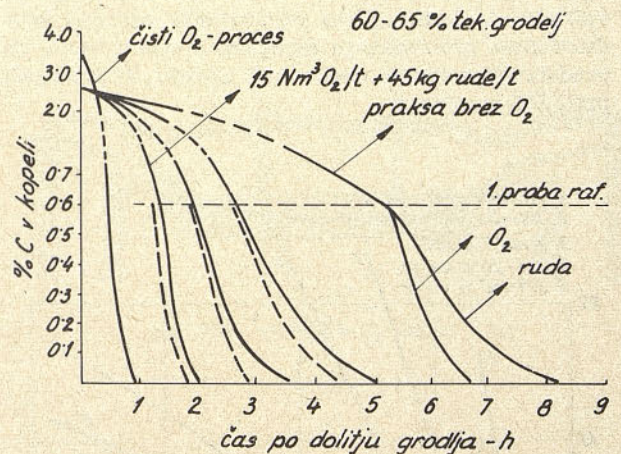
Vpliv tehnološkega goriva na kapaciteto zakladanja

Slika 2

Tako učinkovita praksa zahteva brezpogojno izredno dobro pripravo vložka in uporabo masivnega starega železa v zelo velikih šaržirnih koritih.

Slika 3 prikazuje časovno primerjavo trajanja šarže pri standardni SM praksi in pri uporabi kisika.

Kisik za rafinacijo: Kisik dodajamo skozi cevi direktno v talino, za kar je potrebno za primer pri 200-tonski SM peči ca 35 Nm³/min., pri 65-tonski 56 Nm³ kisika/min. in 200-tonski SM peči proces med rafinacijo ne potrebuje več goriva. Kisik dodajamo skozi šaržirna vrata ali skozi obok, kar nudi žilavilno hitrost do 0,03 % C/min., in dovoljuje v celoti čase pihanja kisika do 30 minut in skupne rafinacijske čase do 60 minut.

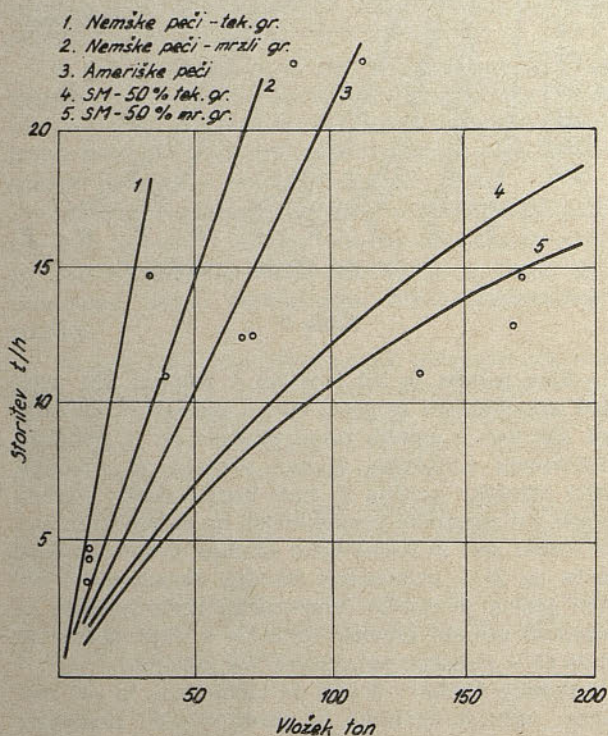


Slika 3

Ajax proces je bil izpeljan v nagibni SM peči. Med zakladanjem in proti koncu rafinacije obratuje kot SM peč, v ostalih fazah procesa pa je podoben kisikovemu postopku. Bistvo procesa je uporaba 100% tekočega grodlja in rude brez dodatka starega železa, pri specifični porabi kisika do 36 Nm³/min. pri 200-tonski peči in fosfornemu grodlju. Poraba toplote znaša ca 20 % standardne porabe. Zaradi nizke porabe goriva je možno konstruirati male komore in kapitalni stroški gradnje jeklarne za Ajax peči so 60 do 65 % stroškov pri gradnji SM jeklaren.

Poraba kisika v E-peči je utemeljena iz več razlogov: važnost kvalitete in visoki stroški predelave upravičujejo vsako finančno obremenitev v pogledu povečanja storitve; oblika peči je zelo primerna za praktično vsako pretočno količino kisika — s kisikom je možno ustvariti v pogledu odstranjevanja C, Si, H in N praktično iste pogoje kot v SM peči. Forsiranje s kisikom z enostavnimi cevmi pri količini do 0,6 Nm³/t/min. nudi povečanje storitve do 8 %. Najnovejša praksa temelji na dodatnih gorilcih za gorivo + kisik, kar vpliva na povečani potencial taljenja do 20 % in zmanjšuje porabo električnega toka do 30 %. Kapaciteta dodatnih gorilcev krije ca 20 % skupne potrebne toplote. Pri modernem E procesu je storitev odvisna od učinka taljenja, ki je funkcija moči transformatorja in pravilne obremenitve peči ter programa kvalitet. Povečanje kapacitete transformatorja predstavlja proporcionalno povečanje produktivnosti. Stopnja porabe toplote je omejena le z deležem, ki ga more kopel absorbirati. Razlika v temperaturi med obločnim plamenom in vložkom je tolikšna, da zavisi teoretična meja porabljene toplote le od toplotne prevodnosti kopeli. V zadnjih letih so bili

izvedeni obširni poizkusi za povečanje storitve s povečanim deležem mrzlega in tekočega grodlja. Medtem ko dodatek mrzlega grodlja znižuje storitev, vpliva velik dodatek tekočega grodlja na povišanje storitve, pri čemer se nekoliko poveča poraba toka. Ekonomika tega procesa je odvisna od lokalnih cen grodlja in starega železa. Slika 4 prikazuje primerjavo produktivnosti SM in elektro peči. Iz primerjave zaključujemo, da ima na primer 60-tonska elektro peč enako storitev kot 90-tonska SM peč s tekočim grodljem oziroma 110-tonska SM peč z mrzlim grodljem. Če k temu dodamo še vplive obratovalnih faktorjev SM procesa — kvaliteta mazuta v pogledu žvepla, vlage, izbira pravih gorilcev, čas zakladanja, kvaliteta opeke, vzdržnost dna — ki se izredno menjajo in vplivajo na kontinuiteto obratovanja oziroma produktivnost proizvodnega agregata, postane jasno, da predstavlja moderna elektro peč agregat, ki prednjači pred SM procesom.



Slika 4

LD-proces je v zadnjih letih doživel ogromen razmah. Glavna prednost tega procesa pred ostalimi čistimi kisikovimi postopki je v visoki storitvi pri predelavi belega grodlja. Konvertor kapacitete 80 do 100 ton doseže storitev 90—100 t/h, pri kapaciteti več ko 200 ton pa več kot 200 ton/h. Na splošno je specifični čas od šarže do šarže 0,61 do 0,65 min./t do kapacitete 200 t in ca 0,35 min./t pri večjih kapacitetah.

Pri LD-procesu znaša časovna razlika v trajanju šarže pri predelavi navadnega in fosfornega grodlja 0,66, razlika v produktivnosti pa znaša 1,48.

Specifična poraba kisika je do 100 Nm³/min. oziroma ca 50 do 55 Nm³/t pri 100-tonskem LD-konvertorju. Pri 200-tonskem konvertorju dosega specifične porabe kisika do 130 Nm³/t, časi trajanja šarž se gibljejo od 20 do 45 min. Pozitivna toplotna bilanca omogoča uporabo rude ali starega železa, ki je je

ca 250 kg/t, če je v grodlju preko 1,5 % Si. Večji delež starega železa oziroma rude zahteva višji Si v grodlju, kar zahteva večji dodatek apna, tvori več žlindre in zmanjšuje vzdržnost ognja odporne obloge. Z dodatkom goriva je možno sicer delež starega železa povečati tudi do 40 % skupnega kovinskega vložka, vendar se šaržni čas podaljša in vzdržnost gornjega dela obloge se poslabša, kar povečuje stroške.

Za predelavo fosfornega grodlja se uporablja LDAC postopek, po katerem lahko izdelamo kvalitetno jeklo iz grodlja do 2,1 % P. Osnova za ta postopek je večji dodatek apna v obliki prahu skupaj s kisikom.

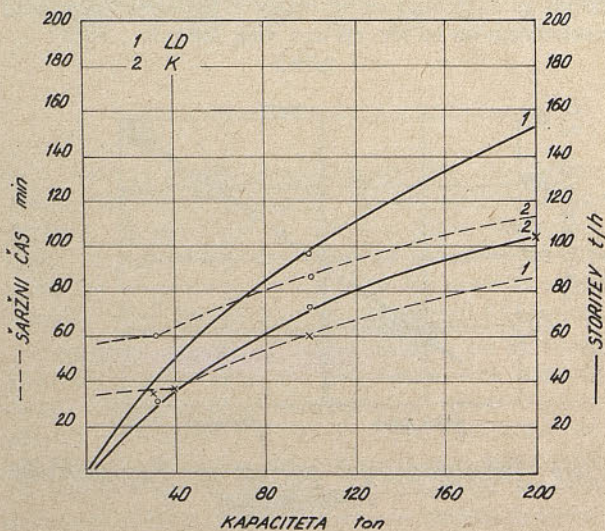
KALDO postopek je uporaben za predelavo belega in fosfornega grodlja. 100-tonski KALDO v Sollacu dosega pri predelavi fosfornega grodlja storitev 55 t/h, pri predelavi jeklarskega navadnega grodlja pa bi kalkulatивно znašala storitev 70 do 72 t/h. Časovna razlika v trajanju šarže pri predelavi navadnega in fosfornega grodlja znaša 0,78, razlika v produktivnosti pa 1,30. Primerjava storitev med LD in KALDO je ca 1,3 za predelavo belega grodlja in 1,10 za predelavo fosfornega grodlja.

V pogledu produktivnosti na splošno se računa pri KALDO procesu na 1 instalirano tono z letno proizvodnjo 6000 do 8000 ton, pri LD procesu pa 8000 do 10.000 ton — v obeh primerih je mišljena predelava navadnega belega grodlja.

Specifična poraba kisika znaša do 43 Nm³/min. pri predelavi fosfornega grodlja in do 55 Nm³/min. pri predelavi navadnega belega grodlja. Medtem ko se pri LD procesu uporablja tehnično čisti kisik — 99 %, se pri KALDO procesu uporablja kisik s čistočo 95—96 %.

Slika 5 prikazuje odvisnost storitve in šaržnih časov od kapacitete konvertorjev in primerjavo teh parametrov med LD in KALDO procesom.

KALDO proces predstavlja nasproti LD procesu agregat z izredno pozitivno toplotno bilanco in ga v nekem smislu moremo primerjati zaradi stalno vrtečega se konvertorja s procesom v SM peči z neskončnim dnom. Pri ca 1 % Si v grodlju je dodatek starega železa do 600 kg/t, pri 0,3 % Si pa je dodatek rude do 140 kg/t. V omenjenem primeru znaša P ca 1,85 %. Pri uporabi normalnega grodlja z maksimalno 0,2 % P in 1 % Si je toplotna bilanca praktično enako pozitivna, kar je razvidno iz tabele 2.



Slika 5

	Grodelj	
3,5 % C	4,0 % C	
0,3 % Si	1,0 % Si	
1,8 % P	0,2 % P	

Ohlajevanje s starim železom kg/t

412 398

Ohlajevanje z rudo (60 % Fe)

150 142

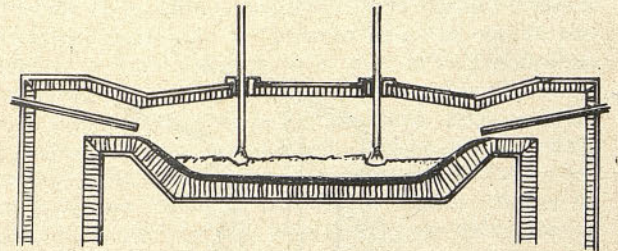
Tabela 2

Negativni faktor KALDO procesa v primerjavi z LD je slaba vzdržnost ognja varne obloge: pri KALDU je poraba opeke ca 12 do 15 kg/t oziroma vzdržnost ca 70 šarž, pri LD pa je poraba opeke ca 7 do 10 kg/t in vzdržnost ca 200 do 400 šarž.

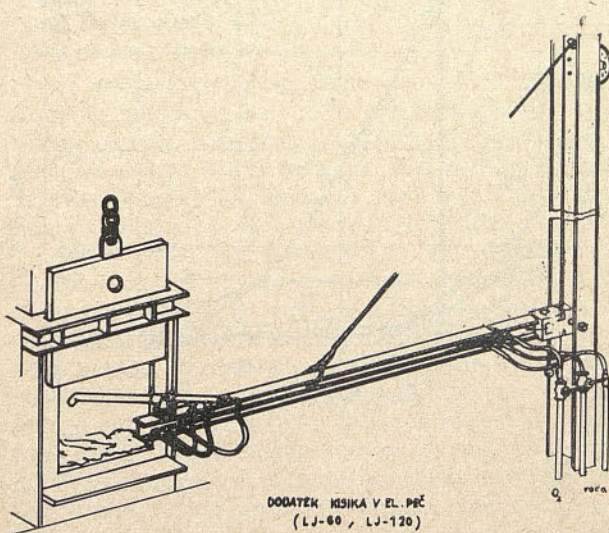
Odvisno od kvalitete grodlja moreta oba postopka proizvajati jekla z nizko koncentracijo P in S in s tem jeklo z dobrimi lastnostmi. Vendar obstajajo določene posebnosti, ki so odločilne predvsem pri izdelavi jekla za globoko vlečenje, ki naj tudi po daljšem času skladiščenja obdrži svoje fizikalne in tehnološke lastnosti, torej, da ne nastopi staranje. Dokazano je, da imata dušik v jeklu in velikost zrn največji vpliv na staranje. LD jeklo ima pred desoksidacijo ca 0,003 % dušika, KALDO jeklo pa 0,002 %. Vpliv dušika in staranja na lastnosti globokega vlečenja prikazujemo v tabeli 3.

nega razžveplanja. Pri Kaldó postopku je stopnja razžveplanja 70 do 75 % in jeklo z $S = 0,015 \%$ je možno doseči pri predelavi grodlja z max. 0,07 do 0,08 % S brez predhodnega razžveplanja. Pri jeklu za globoki vlek je možno povečati izplen za 1 do 1,5 %, če ima jeklo zelo nizek P in S, kar ima še posebno pozitiven vpliv pri litju velikih ingotov.

Stroški za novogradnjo — skupno z visoko pečjo, pripravo rude in pripadajočimi sekundarnimi obrati — so pri LD-postopku 79,5 %, pri Kaldó pa 80 % stroškov za SM jeklarno.



SM PEČ - DODATEK O_2 SKOZI OBOK



DODATEK KISIKA V EL. PEČ (LJ-60, LJ-120)

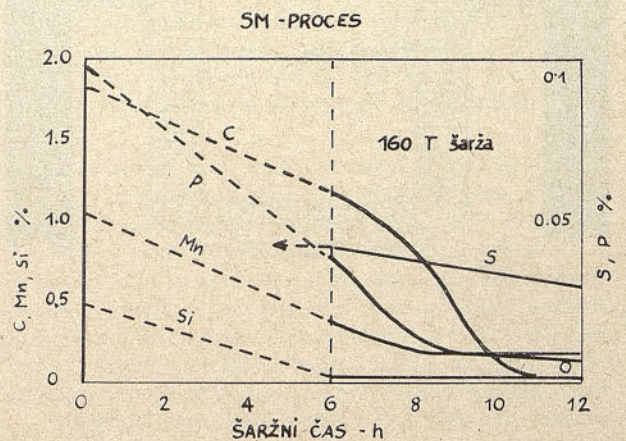
Glaboko vlečenje %

N %	Valjano	po 20 dneh	po 40 dneh	po 60 dneh
0,001	50,2	49,6	49,4	49,2
0,002	49,8	47,8	47,6	47,5
0,003	49,6	46,8	46,6	46,5
0,004	49,0	44,0	43,7	43,7

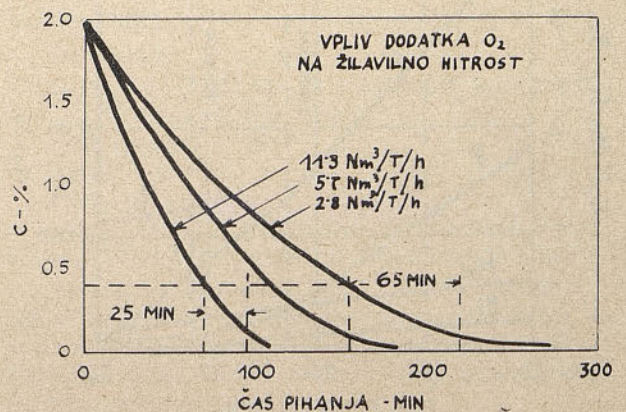
Sestava jekla: C — 0,025 %, Mn — 0,35 %, P — 0,014 %, S — 0,010 %, ASTM — 6—7.

Fosforja je pri LD-jeklu 0,015 do 0,025 %, pri Kaldó jeklu pa 0,010 do 0,020 %. Če hočemo, da bo pri LD-jeklu fosfor pod 0,015 % je treba porabiti več apna.

Pri LD-procesu je možno predelati v jeklo z $S = 0,015 \%$ le grodlj z max. 0,05 % S brez predhod-

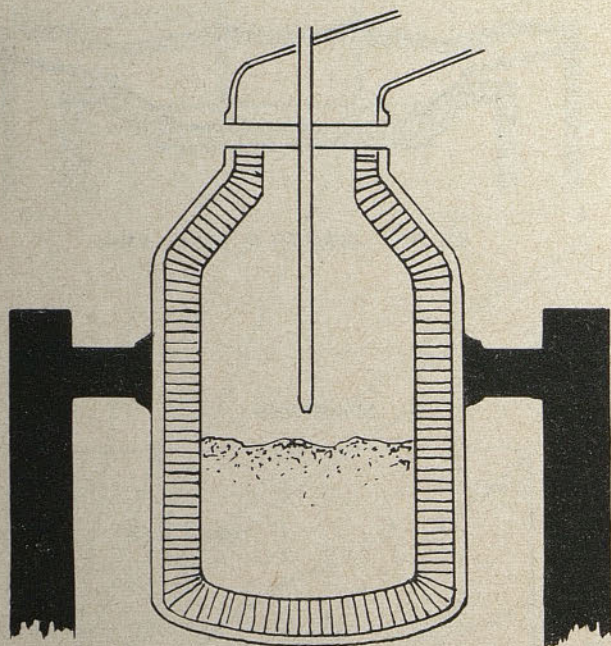
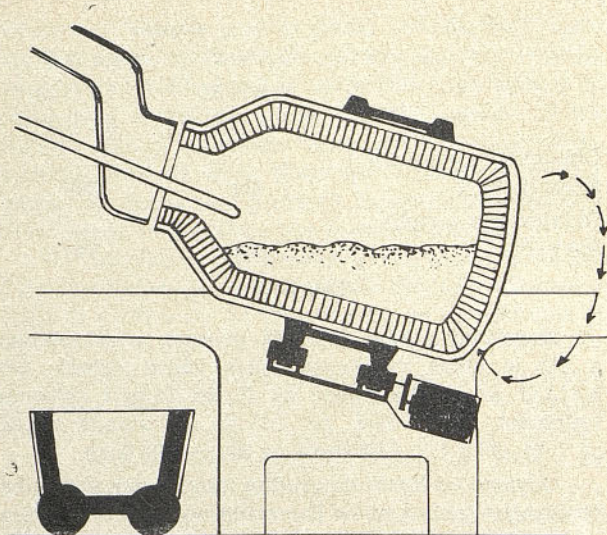


SM-PROCES

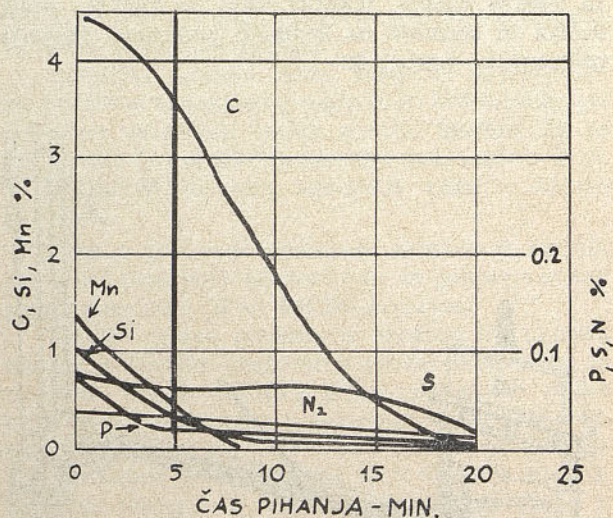


Primerjava vseh faktorjev LD in Kaldo postopka nam pove, da so pri Kaldu nižji proizvodni stroški. Če k temu dodamo še dejstvo, da je Kaldo proces bolj elastičen, dovoljuje lažjo in dostopnejšo kontrolo izdelave šarže, dovoljuje tudi večjo in sigurnejšo možnost izdelave jekel z višjim ogljikom, torej širši asortiment, potem je razumljivo, da so se v nekaterih industrijsko razvitih deželah na podlagi detajlne ekonomske analize postopkov, surovinske baze in cen posameznih surovin odločili za Kaldo postopek.

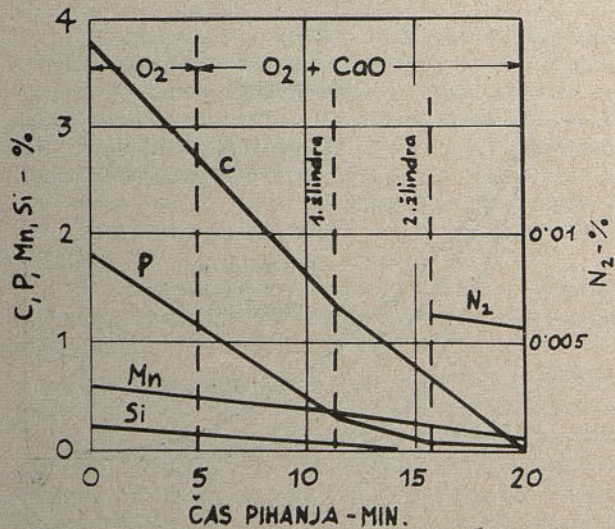
V naslednjem prikazujemo shematično posamezne postopke oziroma agregate za proizvodnjo jekla, kjer uporabljamo kisik delno ali pa 100 %.



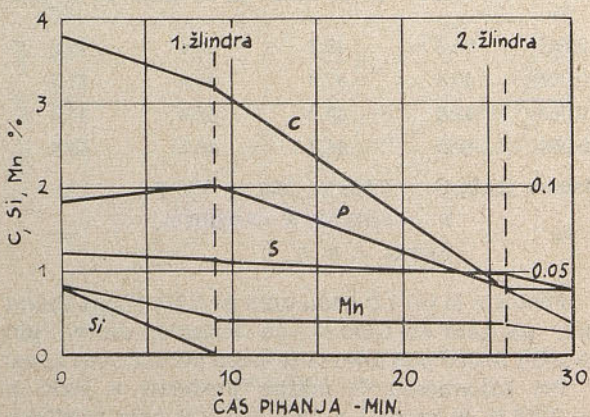
L-D PROCES



LD-AC PROCES



KALDO PROCES



Določevanje cera v sferolitini

Sferolitina je legura, katere lastnosti se približujejo jeklu. Na splošno se lahko reče, da ima mehanske lastnosti slične jeklu. Izrazita prednost nodularne litine pa je, da se ulitemu kosu lahko lastnosti dalekosežno popravijo s termično obdelavo. Grafit, izločen v obliki kroglic, ne poslabša mehanskih lastnosti osnovne strukture, ampak služi kot izvor ogljika, ki pri termični obdelavi lahko preide v osnovno strukturo. Karakter izhodne surovine pa lahko onemogoči pridobitev nodularne litine. Do neuspeha pride, kadar so prisotni elementi, ki paralizirajo delovanje magnezija. Imamo celo vrsto škodljivcev, ki delujejo v zelo malih količinah in to med 0,1 do 0,001 %. Med te škodljive elemente, ki preprečujejo izločanje grafita v obliki kroglic, spadajo predvsem Pb, Sn, Ti, Sb, As, Al, itd.

Že pri odkrivanju škodljivega delovanja posameznih elementov je bilo ugotovljeno, da določen dodatek cera železu odstranjuje to delovanje. Za nevtralizacijo škodljivega delovanja titana je npr. zadostna količina od 0,005 do 0,07 % cera. Poleg cera tudi ostale redke zemlje delujejo kot nevtralizatorji škodljivih elementov. Cer se v litini spoji s škodljivimi elementi v najrazličnejše spojine, kot npr.: Ce_2S_9 , Ce_3S_4 , CeS, CeP, CeAs, Ce_3Pb , CePb, $CePb_3$, CeBi, Ce_4Bi , Ce_2Sn , Ce_2Sn_3 , CeCu, $CeCu_2$, $CeCu_4$, $CeCu_6$, itd.

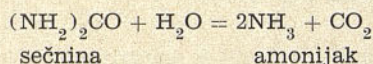
Iz navedenega vzroka je razumljivo, da ima kvantitativno določanje cera velik praktičen pomen. Literatura omenja postopke, po katerih se določa cer v jeklu. V našem laboratoriju pa smo hoteli ugotoviti za naše razmere najugodnejši postopek, ki bi dajal dobre rezultate za cer v sferolitnih valjih.

Torej z vse večjo uporabo cera kot legirnega elementa v metalurgiji pa se je tudi pokazala želja za čimtočnejšo določitev njegove vsebnosti. Razvoj metod določanja cera je šel preko elektrolize z živosrebrno katodo, fotometrije, potenciometrije do končno najhitrejših spektrografskih metod. Kjer niso na razpolago sredstva za nabavo spektrografa, se navadno poslužujejo fotometričnih metod. Te metode imajo dobro občutljivost in rezultati so dokaj uporabni. Pri tem načinu analiziranja so potrebne raznovrstne kemikalije, ki jih je težko dobiti, kot na pr. lantanove soli, soli samarija, o-dianizidin, itd. Do sedaj je v rabi pet fotometričnih metod: nefelometrična, metoda z o-dianizidinom, z o-toluidinom, s kromazurolom in peroksidna metoda. Najboljša je nefelometrična metoda, ki pa zahteva poseben fotometer — nefelometer. Nobena od teh metod ni direktna, ampak je potrebno železo in ostale elemente odstraniti z elektrolizo na živosrebrni katodi.

Potenciometrična metoda določanja cera, ki smo jo tudi v našem laboratoriju detajlno preiskali in dopolnili, je manj poznana. Do sedaj je bilo v literaturi navedeno le dvoje potenciometričnih metod. Ena je osnovana na principu, da lahko z živim srebrom kot katodo pri primerni napetosti in toku odstranimo iz raztopine vse elemente, razen cera, kroma, mangana in vanadija. Po elektrolizi imamo torej v raztopini cer skupaj z elementi, ki vsi motijo potenciometrično titracijo. Iz te raztopine oborimo cer in mangan kot hidroksida, ki jih nato zopet topimo. Torej mangana

ne moremo na noben način odstraniti in ga v končni fazi titriramo skupaj s cerom. Prisotnost mangana kompenziramo na ta način, da napravimo vzporedno t. im. »manganovo probo« in v njej titriramo samo mangan. Iz razlike porab dobimo porabo titranta za cer. Ta metoda zahteva veliko izurjenost, da bi dobili točne rezultate.

V našem laboratoriju smo se odločili za eno varianto potenciometrične določitve cera, ker imamo na razpolago primerni potenciometer. Pri tem načinu dela je treba cer izolirati iz raztopine vzorca v obliki fluorida in ga nato v primerni obliki titrirati z amonijevim sulfatom. Z izolacijo cera od ostalih elementov v obliki fluorida so se prvi in bolj podrobno ukvarjali japonski kemiki. Njihova metoda za določanje malih množin cera je komplicirana. Jeklo so topili v žvepleni kislini, glavno količino železa, kroma, niklja so odstranili elektrolitsko, obarjali cer s fluorovodikovo kislino, žarili in prevedli v okside. Okside so raztopili in cer ponovno oborili kot hidroksid. Obarjanje so opravili v vreli raztopini s sečnino in očetno kislino. Pri vrenju in določenem pH se izvrši reakcija:



Amonijak, ki nastane pri reakciji, obori cer kot hidroksid, ki so ga z žarenjem prevedli v cerov oksid, ponovno topili in obarjali s fluorovodikovo kislino in s ponovnim žarenjem dobili čist oksid cera. Kakor vidimo, je ta postopek zelo zapleten in zahteva veliko časa.

Poskusi izolacije cera iz raztopine vzorca v obliki fluorida in nadaljnja titracija razklopljenega cerovega oksida so dali dobre rezultate. Obarjanje cera izvršimo prav tako s fluorovodikovo kislino, elementi, ki se pa izločijo skupno s cerom, nadaljnje potenciometrične titracije ne motijo. Pri tem ni nujno opraviti elektrolize, ki ne dovoli večjih zateht. Pri izolaciji cera s fluorovodikovo kislino imamo lahko poljubno velike zatehte, kar je zelo ugodno pri majhni količini cera.

Titracija cera lepo poteka pri določeni količini žveplene kisline (3 do 5 ml H_2SO_4 spec. t. 1,84 na 50 do 100 ml raztopine). Titracijo izvršimo z Mohrovo soljo zelo nizke koncentracije. Oksidacijsko redukcijske lastnosti cera dajo lep skok potenciala v ekvivalentni točki.

NAČIN DELA

Kemikalije:

H_2SO_4 (1 + 1), H_3PO_4 (1 + 5), $HClO_4$ konc., HNO_3 (1 + 1) HF konc., $K_2S_2O_7$ p. a.

$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 20 %

AgNO₃ 1 %

$(NH_4)_3S_2O_8$ trden

$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 0,002 n 0,64 g M. s. topimo v vodi, dodamo 20 ml H_2SO_4 (1,84) in dopolnimo do 1 lit.)

Sintetično raztopino cera: 0,12245 g $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$ topimo v vodi, dodamo par kapljic H_2SO_4 in razredčimo na 250 ml. 1 ml te raztopine vsebuje 0,1676 mg Ce/ml. Točna vsebnost Ce je bila določena potenciometrično.

Najprej je bilo treba ugotoviti občutljivost laboratorijskega potenciometra na skok potenciala pri titraciji cera z Mohrovo soljo. Ugotovljeno je bilo, da je skok potenciala v ekvivalentni točki od 80 do 200 mV. Seveda je ta skok potenciala odvisen od koncentracije Mohrove soli. Skok 80 do 200 mV je bil dosežen z najnižjo koncentracijo Mohrove soli, s katero je še možna titracija in ta je s poskusom ugotovljena 0,002 n raztopina.

Raztopini Mohrove soli je bil nato določen »titer«, to je, kakšni količini cera ustreza 1 ml raztopine. V ta namen smo topili $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$ v vodi, dodali žvepleno kislino in titrirali do skoka potenciala. Ugotovljeno je bilo, da 1 ml raztopine Mohrove soli ustreza 0,000284 g cera. Seveda pa ta številka ni stalna in jo je treba kdaj pa kdaj kontrolirati.

$$f = \frac{a \cdot 0,3465}{b}$$

a = zatehta $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$ v g

b = poraba Mohrove soli v ml

$$\% Ce = \frac{f \cdot c}{d}$$

c = poraba Mohrove soli za titracijo v ml

d = zatehta vzorca v g

Sedaj smo pristopili k analiziranju t. i. »sintetičnih prob«. Sintetične probe smo delali na ta način, da smo določeni zatehti vzorca sferolitnega valja dodali točno odmerjeno količino cera. Cer smo dodajali v obliki standardne raztopine, ki je vsebovala 0,1676 mg Ce/ml. Te sintetične probe smo analizirali na tale način:

Vzorec z dodano količino cera topimo v nekaj ml solitrne in perklorne kisline. Po topljenju vparimo do sirupoznega ostanka, ohladimo in ostanek raztopimo v vodi. Sedaj dodamo nekaj ml 20 % Mohrove soli, da reduciramo Cr. Vse skupaj prelijemo v polietilensko čašo in obarjamo cer s ca 20 ml fluorovodikove kisline. Pustimo nekaj časa stati in prefiltriramo skozi gost filter papir (dvojni plavi trak). Ostanek na filtru speremo 8- do 10-krat z vodo, sušimo, sežgemo filter papir in ostanek žarimo v peči. Izžarjeni ostanek — okside — razklopimo s kalijevim piro-sulfatom. Talino izlužimo v H_2SO_4 1 + 1. Raztopini dodamo nekaj ml $AgNO_3$ in ca 1 g trdnega amonpersulfata. Nato kuhamo toliko časa, da se ves cer oksidira, prebiten amonpersulfat pa popolnoma razkroji. Nato ohladimo na sobno temperaturo in titriramo z raztopino Mohrove soli do skoka potenciala. Elektrode: nasičena kalomelova in platinska.

Na osnovi tega delovnega postopka so bili doseženi tile rezultati:

Zatehta g	Dodano Ce		Najdeno Ce %	Razlika %
	mg	%		
2	0,207	0,0103	0,012	+ 0,0017
2	0,414	0,0207	0,021	+ 0,0003
2	0,62	0,031	0,031	0,000
1	1,04	0,104	0,103	— 0,001
2	0,103	0,0051	0,008	+ 0,0029
2	0,31	0,0155	0,017	+ 0,0015
2	0,166	0,0083	0,010	+ 0,0017
1	0,771	0,077	0,078	+ 0,001
2	0,99	0,0495	0,052	+ 0,0025
2	0,51	0,0255	0,029	+ 0,0035

Osnova za vse analize je bil sfero valj brez cera takele sestave: C : 3,20 %, Si : 1,31 %, Mn : 0,35 %, P : 0,152 %, S : 0,014 %, Cr : 0,59 %, Ni : 0,85 %, Mg : 0,032 %.

Na osnovi doseženih rezultatov so bili analizirani valji: 10882, 10883, 10885 in dobljeni taki rezultati:

Valj	% Ce
10882	0,0078
10883	0,007
10885	0,0075

Ruska literatura navaja dopustna odstopanja od rezultatov za cer:

% Ce v vzorcu	Dopustna odstopanja od rezultatov
0,01 — 0,03	± 0,005
0,031 — 0,06	± 0,007
0,061 — 0,10	± 0,009
višje od 0,1	± 0,012

Če pogledamo dobljene rezultate, vidimo, da so v mejah toleranc.

ZAKLJUČEK:

1. Izolacija cera je kvantitativna. Nerazkrojen grafit nekoliko poveča rezultat, ker je iz njega težko izprati moteče elemente. Stružene odnosno vrtane probe imajo več grafita kot vzorci, pripravljene s tolčenjem granul. Smatramo, da bi proba, vzeta v obliki granul, dala točnejši rezultat.

2. Določevanje cera zahteva precej časa — ca 4 ure — od teh odpade 3 ure samo na filtriranje in pranje oborine.

3. Ker je perklorna kislina draga, lahko vzorec topimo v žvepleni kislini in nerazkrojene karbide razklopimo v kalijevem piro-sulfatu.

4. Metoda je ugodna, ker zahteva kemikalije, ki so razmeroma poceni in se nahajajo v vsakem kemičnem laboratoriju.

5. Zatehto vzorca je treba vzeti tolikšno, da količina cera v raztopini vzorca ne prekorači 1 mg.

Sodobni postopki izdelave zobatih koles

Razvoj tehnike vnaša prav na vseh področjih nove metode in postopke dela, izpodriva stare neracionalne in tehnično nepopolne. Temu razvoju sledi tudi tehnologija izdelave zobnikov, ki je v zadnjem desetletju napravila velik skok in skoraj povsem izpodrinila star klasičen način izdelave zobnikov z delilnim postopkom, ki ima vrsto hib in današnjim zahtevam ne more več slediti, niti po kvaliteti niti po ekonomičnosti.

V tem sestavku bom skušal na poenostavljen način razložiti nekatere načine izdelave zobnikov. Namenoma se bom izognil teoretičnim razlagam in matematičnim izvajanjem, da bi tako sestavek služil čim širšemu krogu bralcev, tudi tistim, ki nimajo močnejše osnove s področja tehnike.

Zobnike je nemogoče izdelati s plastično obdelavo, ali pa z odvzemanjem delcev. Način s plastično obdelavo t. j. kovanje, stiskanje, litje prihaja le še redko v poštev in to zaradi netočnosti, neredko pa tudi zaradi neekonomičnosti, saj je znano, da so svojčas bili vsi zobniki za poljedelske stroje izdelani s plastično obdelavo, medtem ko danes spričo sodobnih specialnih visokoproduktivnih strojev z odvzemanjem delcev, star način ne more zadostiti ekonomiki.

Obdelavo zobnikov delimo na samo izdelavo zob in na poznejšo fino obdelavo, bilo zaradi doseganja večje gladkosti ali pa zaradi odstranjevanja napak, kot posledice deformacij pri kaljenju. Prvi način svojčas imenovan tudi grobi način izdelave zob je danes toliko izpopolnjen, da ustreza vsem zahtevam, ne more pa seveda vnaprej eliminirati kalilnih deformacijskih sprememb. Za le-te je še vedno potrebna t. im. fina obdelava z brušenjem, lepanjem in strganjem.

Izdelavo zob lahko izvedemo na dva glavna načina:

- a) Delilni postopek.
- b) Odvalni postopek.

DELILNI POSTOPEK

Pri delilnem postopku mora imeti orodje isto obliko kot jo ima vmesni prostor med dvema zoboma ali pa mora biti vodeno po kopirni šabloni.

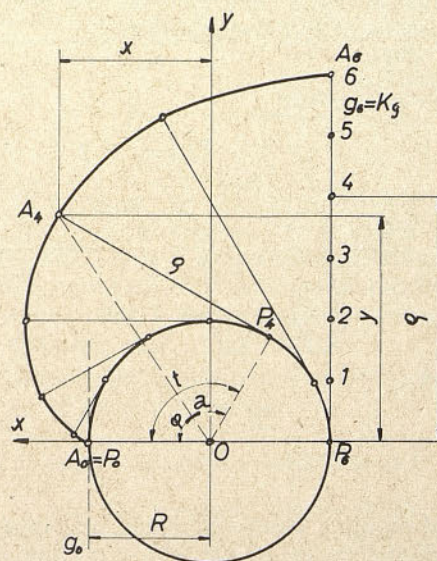
Pri tem postopku moramo imeti za vsako velikost zoba t. j. za vsaki modul in za vsako število zob, za vsako profilno premaknitev in za vsak vprijemni kot svoje posebno orodje ali šablono. Iz tega torej sledi, da je potrebno imeti ogromno orodja, ki je pa povrh tega še komplicirano in ga je težko izdelati. Upoštevajoč gornje je nemogoče imeti na razpolago toliko orodja. To je bilo rešeno tako, da orodje izdelujejo v stavkih, to pomeni, da se ne upoštevajo vse gornje zahteve, temveč se le-te slične združijo v eno in tako se zadosti posameznim faktorjem le delno, iz česar seveda izvira vrsta napak. Orodja ne izdelujejo za vsako število zob posebej, temveč za več števil zob skupaj; normalno za en modul in število zob od nič do neskončno stavek osmih rezkarjev.

Isto orodje uporabljamo za več števil zob, kar že povzroča napake v obliki zoba, dalje povzroča sam postopek netočnosti, ki jih ni mogoče eliminirati.

Zaradi vseh zgoraj navedenih napak se delilni postopek danes uporablja le tam, kjer zobnike uporabljamo v podrejene namene (zobje so netočni), kjer njih ekonomična izdelava ne igra vloge in kjer so v delavnicah na razpolago le univerzalni rezkalni stroji, na katerih je mogoče izdelovati tudi zobnike po delilnem postopku.

ODVALNI POSTOPEK

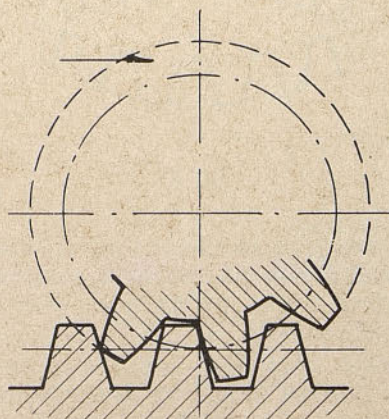
Po tem postopku danes izdelujemo večinoma vsa zobata kolesa, ker je s tem postopkom mogoče doseči maksimalno točnost in tudi ekonomičnost.



Sl. 1

Bistvo tega načina je v tem, da s kotaljenjem kroga po ravnini opiše točka na krogu evolvento t. j. krivuljo, ki jo ima vsak bok zoba, zato imenujemo taka kolesa evolventna zobata kolesa in se danes v največji meri tudi izdelujejo.

Nastanek evolvente glej na sliki 1.

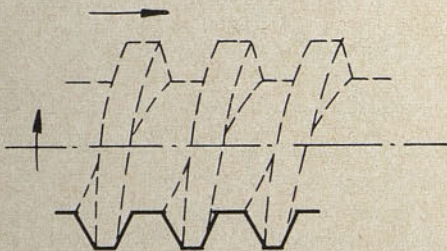


Sl. 2

Izhajajoč iz gornjega bi za obdelavo enega boka zoba lahko služilo orodje v obliki ene točke. To se danes redko uporablja, izjema je novejši način brušenja po »Maagu«.

Skoraj na vseh strojih, ki delajo po odvalnem postopku se zobnik (obdelovanec) vrti v odnosu na orodje. Tu imamo spet kotaljenje kroga po ravnini, seveda mora biti ta krog t. i. odvalni ali kinematski krog, ki pri normalnih zobnikih brez korekcije ustreza delilnemu krogu.

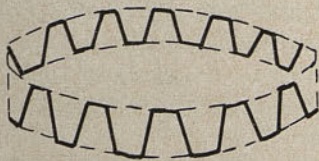
Iz teh dokaj skrčenih in poenostavljenih razlag je mogoče zaključiti, da lahko vzamemo za orodje zobato letvo kot kaže slika (2). Če sedaj obdelovanec kotalimo (po kinematskem krogu) po ravnini paralelno z zobato letvo, tedaj bo letva napravila ali začrtala na zobniku pravilno evolvento. Če hočem stvar še poenostaviti, tedaj si zamislimo disk iz gnetljive snovi, pri sobni temperaturi in ga zakotalimo po zobati letvi tako, da bo napravil poln krog. Dobili bomo čelni zobnik z ravnimi zobmi, ki bo imel pravilno evolventno ozobljenje. Iz te osnove in po tem principu so grajeni vsi stroji za odvalno rezkanje.



Sl. 3

Čelni zobnik s poševnimi zobmi pa nastane tako, da ga zakotalimo po zobati letvi z ravnimi zobmi v poševni smeri.

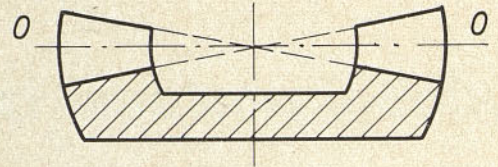
Nastanek polža pa si je zamisliti s pomočjo rotacije zobate letve okoli osi polža z istočasnim podajanjem za en ali več korakov letve pri enem obratu. Glej sliko (3). Polžni zobnik nastane sedaj z odvaljanjem po zobati letvi v obliki polža.



Sl. 4

Bolj težko je pojasniti nastanek stožčastih zobnikov. Pri razlagi je treba izhajati iz predpostavke, da neko odrejeno število zob na zobati letvi zvijemo v venec, glej sliko (4).

Teoretično si moramo zamisliti, da se ta venec nahaja na površini krogle. Če sedaj vse točke tega venca spojimo s centrom krogle, dobimo t. i. ploščati stožčasti zobnik, kot ga kaže slika (5). Običajni stožčasti zobnik nastane sedaj s kotaljenjem stožca po

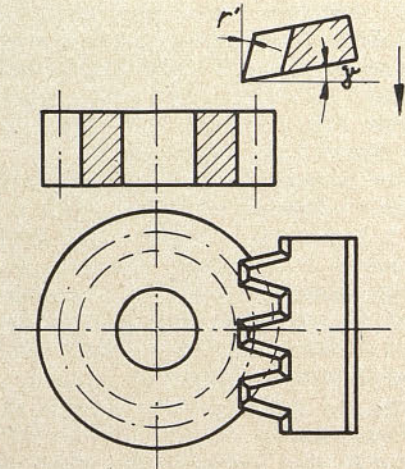


Sl. 5

kinematski površini 0—0 ploščatega zobnika, kjer se mora vrh tega stožca ujemati s centrom krogle.

Načini izdelave čelnih zobnikov po odvalnem postopku.

V osnovi jih delimo po obliki orodja v tri vrste:

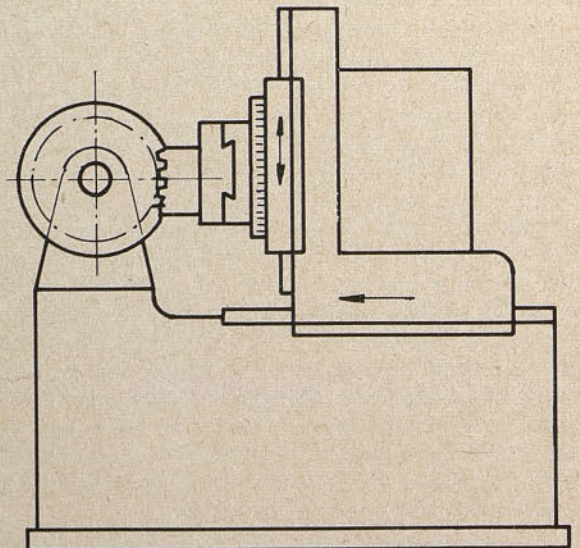


Sl. 6

1. Rezilno orodje v obliki glavnika.
2. Rezilno orodje v obliki zobnika.
3. Rezilno orodje v obliki odvalnega rezkarja.

1. Stroji z orodjem v obliki glavnika.

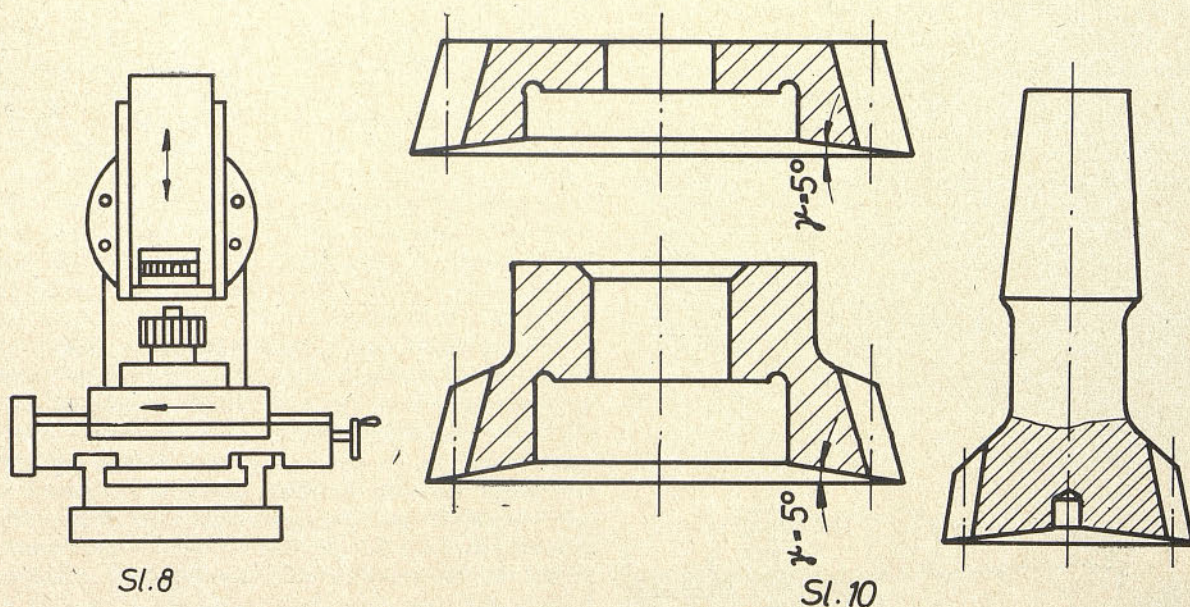
Stroje s takšnim orodjem poznamo v glavnem pod imenom »Maag in Sunderland«. Orodje je pri teh strojih zobata letva, ki je nagnjena poševno, da tako dobimo želeno geometrijo orodja. Glej sliko (6).



Sl. 7

Pri strojih »Sunderland« se orodje giblje v horizontalni smeri, če hočemo izdelati čelno zobato kolo z ravnimi zobmi; če gre pa za poševno ozobljenje, tedaj postavimo glavo z orodjem pod določen kot.

Glavnik brusimo samo na prednji površini v obliki enojnega ali dvojnega kanala, da bi tako ne spremenili profila, vendar dosegli potreben cepilni kot, glej sliko (9).



Sl. 8

Sl. 10

Glej sliko (7). V detajle tovrsten stroj ne bi opisoval, ker pri nas ni tako močno razširjen kot »Maag«.

Stroji »Maag«, glej sliko (8) so zelo slični phalnim strojem, le z razliko, da je mogoče glavo nagniti pod določenim kotom. Orodje v obliki glavnik je tu pritrjeno na drsnik in skupaj z njim opravlja glavno delovno gibanje — rezanje. To gibanje je navpično pri zobnikih z ravnimi zobmi in poševno pri zobnikih s poševnimi zobmi.

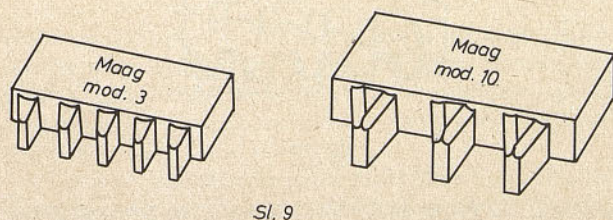
Odvalno gibanje opravlja tu samo zobnik — ob-

Iz gornjega je zaključiti, da lahko na stroju »Maag« izdelujemo čelna zobata kolesa z ravnimi in poševnimi zobmi z evolventnim profilom. Možno pa je izdelovati tudi verižna kolesa, in ostala kolesa s posebnimi profili, a je tu potrebno precej kompliciranega orodja.

Notranjega ozobljenja in polževih koles na tem stroju ni mogoče izdelovati.

2. Stroji z orodjem v obliki zobnika.

S takšnim orodjem delajo stroji »Fellows in Sykes«. Na teh strojih se kot orodje uporablja specialni zobnik, ki ga imenujemo tudi pehalni zobnik. Takšno orodje omogoča izdelavo zunanjsega in notra-



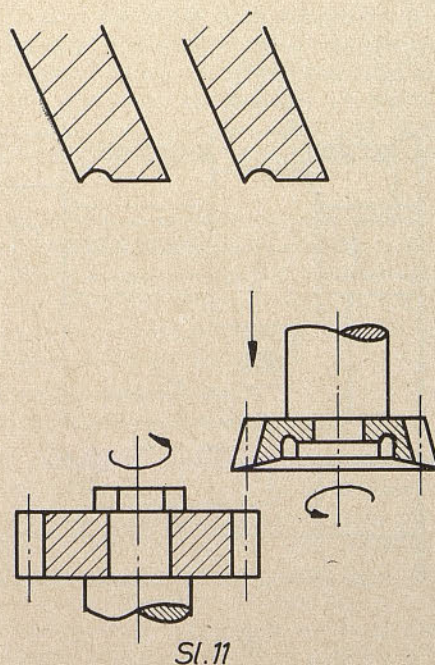
Sl. 9

delovanec, ki se vrti okrog svoje osi in istočasno tudi vzdolžno premika. Za nastavitve globine je mogoče cel suport premikati.

Pri majhnem številu zob je mogoče zobniku izdelati že v enem obratu vse zobe, medtem ko pri zobnikih z večjim številom zob dolžina orodja običajno ni zadostna in je potrebno po nekem odrejenem številu zob delo stroja prekiniti. Drsnik z orodjem se ustavi v zgornji legi, tako da je izven vprijetja, a obdelovanec se povrne v prvotni položaj in se istočasno tudi vrti. Treba je izvršiti še točno nastavitve in delo se ciklično ponavlja.

Vrtenje obdelovanca z istočasnim vzdolžnim gibanjem v pravilno določenem odnosu dosežemo s pomočjo menjalnih zobnikov, ki jih je potrebno za vsak primer posebej nastaviti, predhodno pa seveda izračunati. Odvalno gibanje opravimo samo takrat, ko orodje ne reže, da se tako zmanjša obraba orodja in ostalih delov.

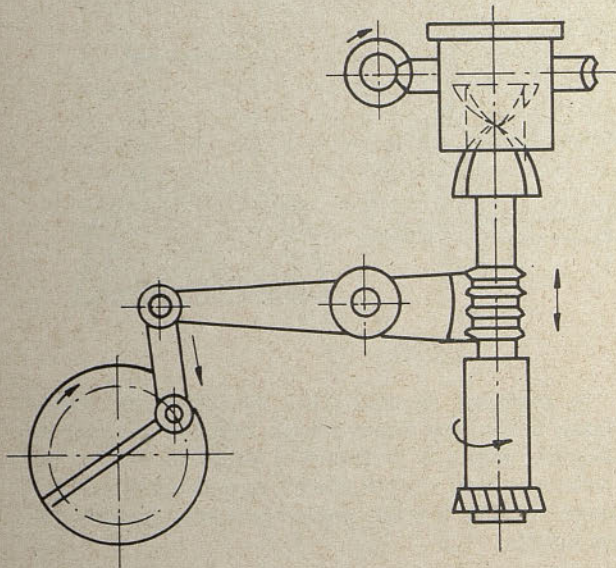
Rezilno orodje v obliki glavnik predstavlja profilno orodje, ki mora imeti svoj cepilni in prosti kot.



Sl. 11

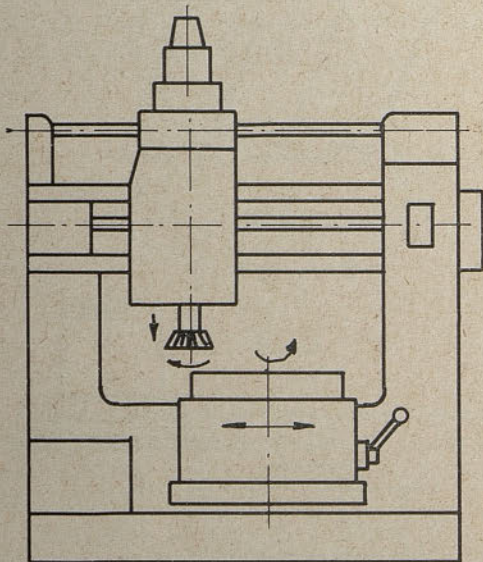
njega ozobljenja, glej sliko (10). Če hočemo na teh strojih izdelovati poševno ozobljenje, je potrebno orodje s poševnimi zobmi. Naklonski kot zob na orodju mora biti popolnoma enak kotu poševnega ozobljenja na obdelovancu. Iz tega torej sledi, da je potrebno veliko orodja, saj moramo imeti za en par poševnih zobnikov kar dvoje orodij.

Pri teh strojih opravlja glavno gibanje — rezanje pehalni zobnik, ki se giblje vertikalno, a poleg tega se enakomerno in počasi vrti, glej sliko (11). Z isto obodno hitrostjo se vrti tudi obdelovanec. To vrtenje obdelovanca in pehalnega zobnika nam predstavlja

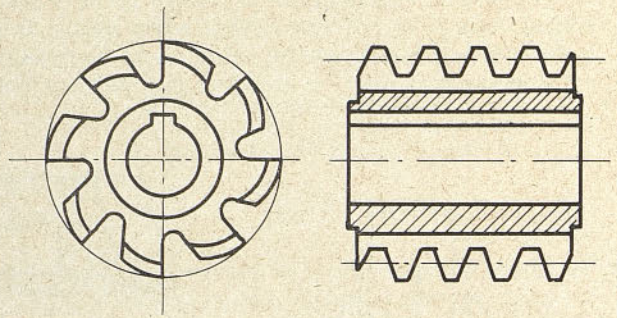


Sl. 12

odvalno gibanje. To si je mogoče tolmačiti tudi na ta način, da si orodje napravi — izseka na obdelovancu prosto pot in se tako lahko prične vrteti. Oblika zob, ki nastajajo na takšen način, je seveda spet evolventna, ker ima orodje obliko evolvente in lahko izdelani zobniki obratujejo z vsakim zobnikom istega modula in istega vprijemnega kota, nevezano na število zob.



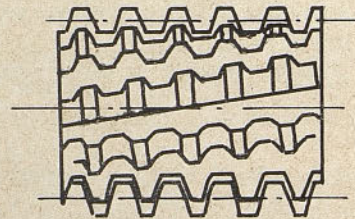
Sl. 13



Sl. 14

Pri izdelavi poševnega ozobljenja se zadeva nekoliko zakomplicira, ker mora pehalni zobnik dobiti še dodatno vrtenje in to v obliki spirale z istim korakom kot ga ima zobnik — obdelovanec s poševnimi zobmi. Za to dodatno vrtenje služijo pri vseh teh strojih specialne šablone, katere vrtijo drsnik na svoji vertikalni poti. Za vsak različni kot je potrebna posebna šablona, kar seveda občutno poveča število orodij in močno omejuje raznovrstnost zobnikov. Princip takšnega delovanja nam kaže slika (12) na stroju Fellows — rapid.

V principu vidimo stroj Fellows na sliki (13). Hitrost vrtenja delovne mize, ki se določa skupaj s številom zob orodja, odreja število zob obdelovanca, ter se za vsak primer posebej nastavlja na menjalnem



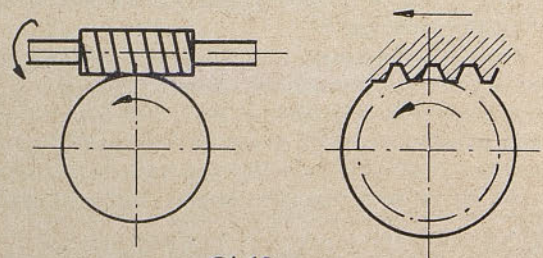
Sl. 15

kolesju. Da ne bi bilo okvar orodja, se delovna miza pri povratnem hodu vedno odmakne.

Za izdelavo velikih serij služi stroj »Fellows Planetary« kakor tudi »Fellows-Rotary«.

Stroj »Sykes« pa se normalno uporablja le za izdelavo puščičastih zobnikov.

Tu spet lahko zaključimo, da je mogoče na stroju »Fellows« izdelovati čelna zobata kolesa z ravnimi in poševnimi zobmi, in še notranje ozobljenje. Ni pa mogoče izdelovati polzastih koles. Zahteve po orodju



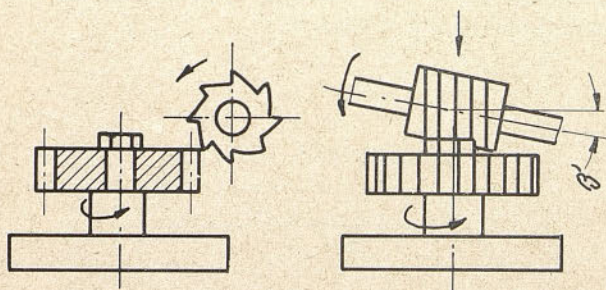
Sl. 16

so sorazmerno velike in smo običajno vezani na večje investicije ali pa omejeni le na določene dimenzije, kar je sprejemljivo le za serijsko proizvodnjo.

3. Stroji z orodjem v obliki odvalnega rezkarja.

Ti stroji uporabljajo kot rezilno orodje odvalni rezkar. Ta princip je bil najprej uveden na »Pfauter« strojih za odvalno rezkanje, ki so bili istočasno tudi prvi stroji, na katerih so se izdelovali odvalno rezkani zobniki. Odvalni rezkar je tu profilni rezkar, izdelan na zastružilni stružnici, da tako obdrži z brušenjem nespremenjen profil. Rezkar je po svoji geometrijski obliki zelo sličen polžu z enostopnim trapečnim navojem, glej sliko (14). Večstopni rezkarji se uporabljajo samo izjemoma, ker nam puščajo nekaj več napak. V praksi uporabljamo rezkarje v obliki zavojnice, glej sliko (15), z zelo velikim korakom in najnovejši razvoj gre celo v smer uporabe čim večjih premerov rezkarjev, kjer je vpliv napak manjši. Zavojnica je običajno desna, le pri levih polževih kolesih mora biti leva. Seveda pa vsak stroj dopušča uporabo tudi levih zavojnic na rezkarju.

Vsak zob odvalnega rezkarja predstavlja zobato letvo, le da so profili drug proti drugemu premaknjeni za t/z_0 (t = delitev ozobljenja, z_0 = število zob rezkarja). Tako dobimo vtis, da se pri vrtenju profil

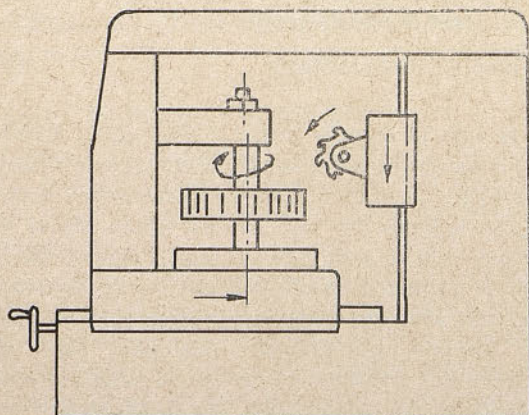


Sl. 17

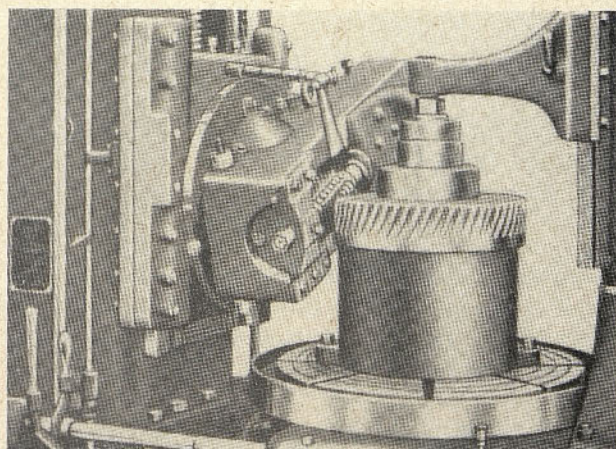
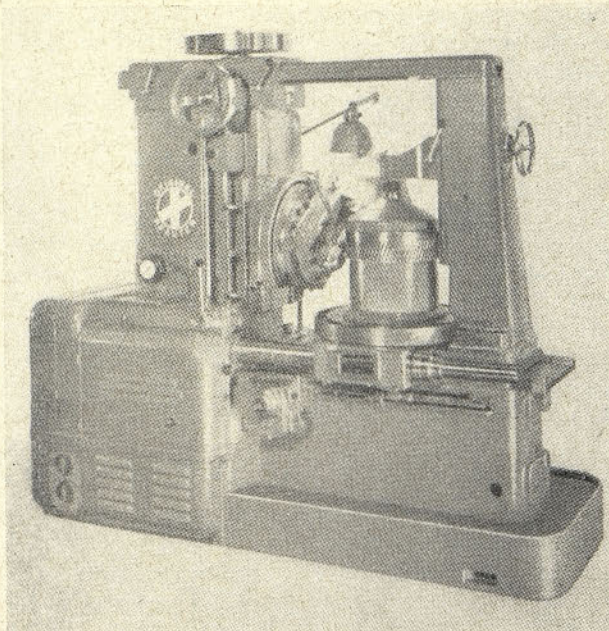
rezkarja vzdolžno pomika ter, da se za vsak obrat pomakne za eno delitev t . To navidezno pomikanje profila nam prevzame premočrtno komponento odvalnega gibanja tako, da se mora obdelovanec samo še vrteti, glej sliko (16).

Vrtenje obdelovanca mora biti točno v določenem razmerju z vrtenjem rezkarja. To razmerje je potrebno za vsak posamezen primer izračunati in na menjalnem kolesju nastaviti.

Pri izdelavi zobatih koles z ravnimi zobmi moramo rezkar postaviti poševno, glej sliko (17). Pri tem



Sl. 18



Sl. 18 a in b

postopku režejo vsi zobje enakomerno in je zaradi tega obraba orodja enakomerna na vseh zobeh, eventualne napake v delitvi, ki bi jih povzročal stroj, se s tem delno izenačijo. Zaradi tega so na ta način rezkani zobniki bolj točni od postopka »Fellows«. Zunanost stroja »Pfauter« je razvidna iz slike (18, 18 a in 18 b).

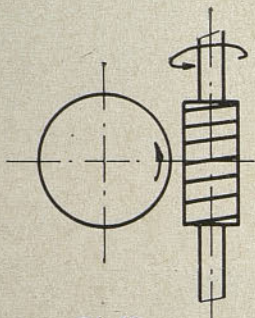
Polževa kolesa je mogoče pravilno izdelati le po odvalnem postopku, najprimernejši pa je stroj, ki služi za odvalno rezkanje zobnikov, kot je to »Pfauter«. Tak stroj pa mora biti seveda opremljen z dodatnim tangencialnim suportom in je tako mogoča izdelava polževih koles na dva načina.

- a) po radialnem postopku,
- b) po tangencialnem postopku.

a) Pri radialnem postopku je potreben odvalni rezkar istih dimenzij kot polž, ki bo kasneje skupaj z njim obratoval. Rezkanje polževih koles po radialnem postopku poteka tako, da ima odvalni rezkar glavno gibanje, medtem ko se polžovo kolo vrtili okoli svoje osi s takim številom obratov kot je prenosno razmerje med polžem in polževim kolesom, glej sliko (19). Če imamo enostopni polž in polžovo kolo s 40

zobmi, tedaj se (obdelovanec) polževo kolo zavrti enkrat, medtem ko se rezkar zavrti štirikrat. Slaba stran radialnega postopka je v tem, da je potrebno izdelati specialni rezkar za vsak primer polža posebej, kar predstavlja velik strošek.

b) Pri tangencialnem postopku dosežemo najboljše rezultate z odvalnim rezkarjem v obliki polža z istimi dimenzijami, povečanimi le za zračnost, kot jih ima polž. Ta rezkar je z ene strani posnet, slično kot navojni sveder, glej sliko (20). Rezkar opravlja glavno rezilno gibanje. Polževo kolo se vrti okrog svoje osi v istem prenosnem razmerju kot pri radialnem postopku. Poleg glavnega vrtilnega gibanja ima rezkar še dodatni aksialni pomik, tangencialno na kinematski krog obdelovanca.



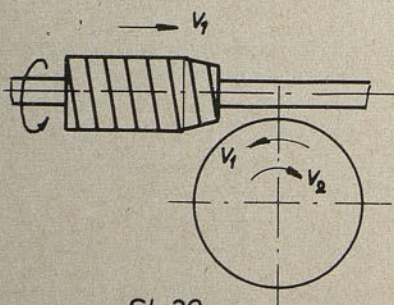
Sl. 19

Oсна razdalja med rezkarjem in obdelovancem mora biti enaka kot jo bo imel bodoči polžev pogon. Delo rezkarja lahko v tem primeru primerjamo z navojnim svedrom. Tangencialni pomik rezkarja nam omogoča dodatni specialni tangencialni suport, ki ga montiramo namesto normalnega vertikalnega suporta.

Zelo velika prednost tangencialnega postopka je zlasti v tem, da lahko namesto dragega in kompliciranega rezkarja uporabimo kar enostaven profilni nož, glej sliko (21).

Poleg čelnih zobatih koles z ravnimi in poševnimi zobmi, ter polževih koles je mogoče na stroju »Pfauter« izdelovati še globoidne polže, zobate letve, utorne gredi in vrsto sličnih strojnih elementov, kar pri strojih »Maag in Fellows« ni možno.

Iz opisanega je mogoče zaključiti, da je odvalni stroj »Pfauter« v svoji družini najbolj vsestransko uporabljen, zlasti pa še visoko produktiven. Nima velikih zahtev po orodju, ter enkratne investicije stan-



Sl. 20

dardnih orodij pokrijejo celotno potrebo dokaj heterogene proizvodnje zobnikov.

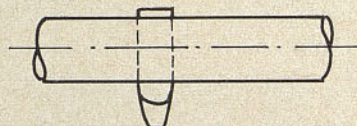
Nesporno je, da od vseh naštetih strojev omogoča največjo točnost »Maag«, njemu sledi »Pfauter« in nato »Fellows«.

Če zadevo gledamo povsem teoretično, je logično, da stroji z orodjem v obliki glavnika dajo najbolj pravilne oblike, vendar so odstopanja pri ostalih dveh postopkih tako majhna, da za širšo strojegradnjo nimajo praktično nobenega negativnega vpliva.

Na stroju »Pfauter«, za razliko od stroja »Fellows«, res ne moremo delati notranjih ozobljenj, čeprav je v zadnjem času s posebnimi dodatnimi napravami tudi to možno. Je pa na njem mogoče izdelovati polževa kolesa in slične elemente, kar predstavlja sorazmerno veliko vrednost. Stroji Maag in Fellows so le bolj za serijsko proizvodnjo, ker zahteva vsaka sprememba vrsto novih orodij in s tem velike stroške.

Delno izjemo tvori pri tem le Maag, ki pa je ozko omejen le na čelna zobata kolesa z ravnimi in poševnimi zobmi.

Iz vseh razlaganj je razvidno, da na nobenem od navedenih strojev ni mogoče izdelovati stožčastih zobatih koles, omenjeno je bilo, da je stvar nekoliko komplicirana in zato gradijo vrsto specialnih strojev kot Bilgram, Gliesson, Klingenberg, Oerlikon-Spiromatic, Fiat Mammano itd. Take kombinacije strojev, ki bi omogočala izdelovati čelna in stožčasta zobata kolesa na enem stroju, za zdaj ni, če pa bi to hoteli doseči, bi bila ta zadeva zelo draga in bi se pojavilo vprašanje, če ni bolje nabaviti dva specialna stroja namesto enega univerzalnega.



Sl. 21

Na koncu velja omeniti še nekaj karakteristik odvalnega rezkalnega stroja sistema »Pfauter«, ki bo v kratkem pričel obratovati v naši mehanični delavnici:

največji modul rezkanja	10 mm
s predrezkanjem	12 mm
največji premer rezkanega kolesa	
brez konzolne podpore	1250 mm
moč glavnega motorja	10 KM

Že več let se naše podjetje oskrbuje z zahtevnejšimi zobatimi kolesi iz drugih podjetij, ker z delilnim postopkom ne moremo zadostiti zahtevam današnje stopnje tehnike. Pri tem imamo velike težave z dobavnimi roki in tudi cene so včasih skoraj nedojemljive. Z izgradnjo novih pogonov se bo potreba po rezervnih zobnikih občutno povečala in nevzdržna bi bila izdelava po delilnem postopku, tako glede kvalitete kot stroškov, odvisnost od tujih podjetij pa že danes ni več sprejemljiva, ker so kapacitete na teh strojih že sedaj ozka grla njihove proizvodnje.

Ultrazvočne preiskave nodularne litine

V zadnjem času so začeli uporabljati ultrazvok za odkrivanje napak v materialih. Razen tega lahko s pomočjo ultrazvoka določimo tudi fizikalne količine kot: hitrost razširjanja ultrazvočnih valov, dušenje, elastični modul i. dr.

Opazovanja so pokazala, da je obnašanje ultrazvočnih valov v kovinskih materialih odvisno predvsem od oblike osnovne strukture. Pri tem je važno ali je struktura fino oziroma grobo zrnata. Poizkusi

vseh vzorcih isto osnovno strukturo (razen oblike grafita) smo potem, ko smo jim že izmerili hitrost in dušenje, vzorce žarili pri 920⁰ C. Za tem smo zopet izmerili hitrost in dušenje. Vsem vzorcem smo izmerili še trdoto in raztržno trdnost ter napravili metalografsko preiskavo. Hitrost smo merili na vzorcih dolgih od 120—140 mm. Dušenje pa na ploščah debeline od 20—30 mm.

MERJENJE HITROSTI

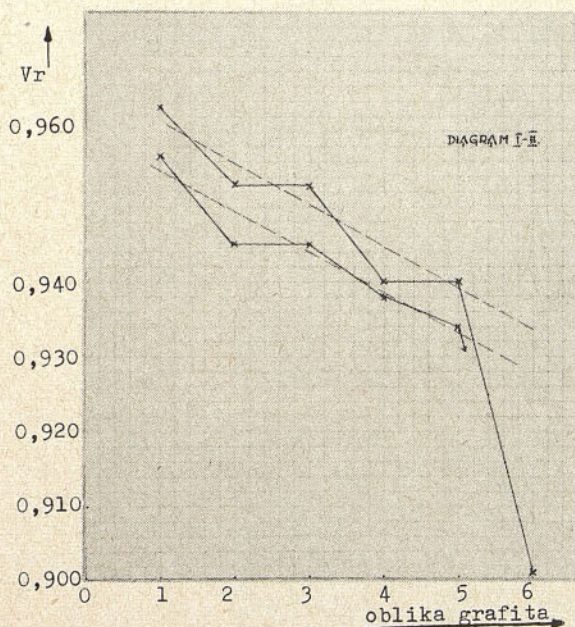
Pri merjenju hitrosti pošljemo istočasno zvočni impulz v vzorec in v vodni stolpec interferometra. S spreminjanjem višine vodnega stolpca lahko do sežemo interferenco med obema impulzoma. Oba impulza peljemo istočasno na osciloskop, kjer lahko točno vidimo, kdaj se impulza maksimalno ojačita. Ker poznamo hitrost v vodi, izračunamo neznano hitrost po formuli:

$$\frac{v_v}{v_w} = \frac{d_v}{d_w}$$

kjer pomeni: v_v = hitrost v vzorcu (m/sek)
 v_w = hitrost v vodi (m/sek)
 d_v = dolžina vzorca (mm)
 d_w = dolžina vodnega stolpca (mm)
 v_r = relativna hitrost

REZULTATI MERJENJA HITROSTI

V prvih šestih vzorcih z obliko grafita 1—6 po



Slika št. 1: Diagram odvisnosti v_r od oblike grafita za 6 izbranih vzorcev

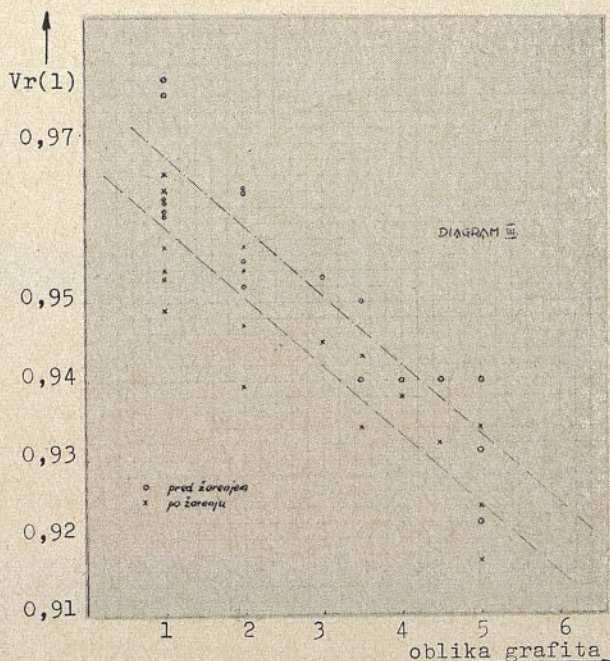
so pokazali, da ima velik vpliv pri tem tudi oblika grafita. Pri svojem delu smo poizkušali dobiti rezultate, ki bi nam omogočali, da bi lahko ločili vzorce z nodularno, lamelarno in mešano obliko grafita.

V praksi je ta postopek važen za ugotavljanje uspešnosti nodularne litine. Poskušali smo najti vpliv oblike grafita na hitrost razširjanja in dušenja ultrazvočnih valov.

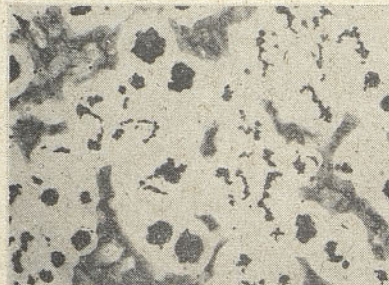
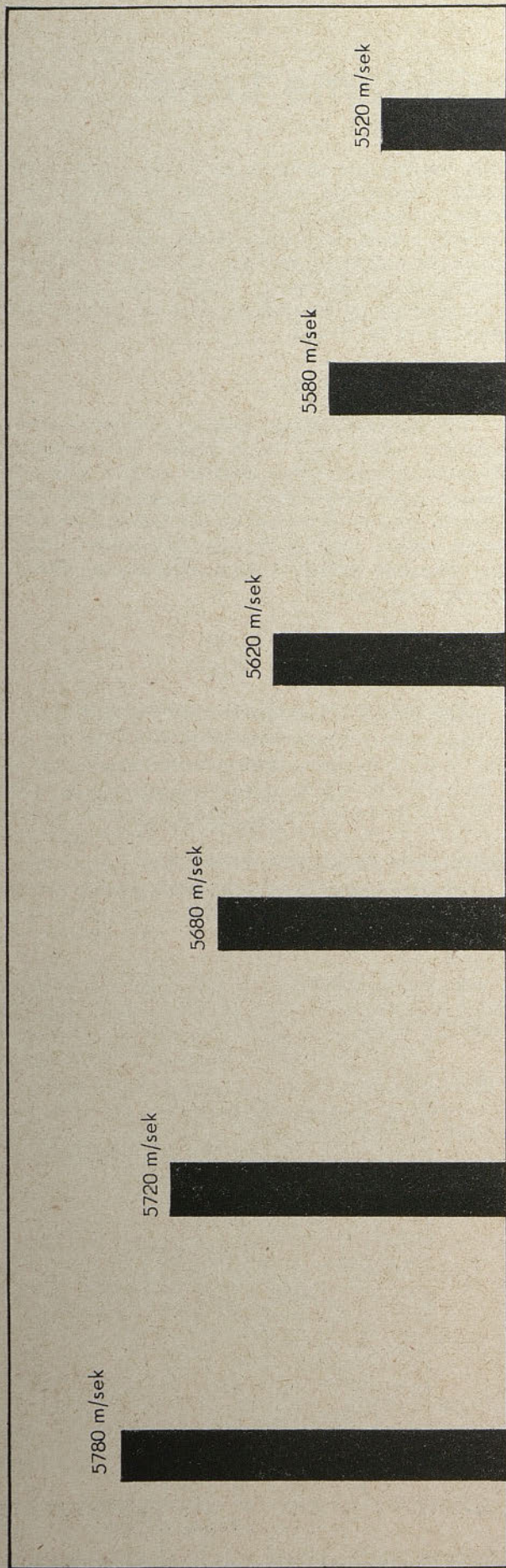
PRIPRAVA IN POTEK POIZKUSOV

Poizkuse smo opravljali z aparaturo za ultrazvočne impulze firme »Kretztechnik«. Za merjenje hitrosti smo kot dodatno napravo uporabljali poseben interferometer.

Najprej smo poiskali 6 vzorcev z značilno obliko grafita. Po lestvici Železarne Štore so imeli ti vzorci obliko grafita od 1 do 6 (rezultati meritev so v tabelah 1, 2 in 3). Razen teh vzorcev smo potem merili hitrost in dušenje še na 20 vzorcih (meritve so prikazane v tabeli 4) z različno obliko grafita. Da bi dobili pri



Slika št. 2: Diagram odvisnosti v_r od oblike grafita za 20 nežarjenih in žarjenih vzorcev



Slika št. 3:
 Grafikon hitrosti razširjanja
 ultrazvoka
 v odvisnosti od
 oblike grafita

prej omenjenih tablicah je bila hitrost dobro merljiva in je dosegla naslednje vrednosti:

1. Pred žarenjem:

Zap. št.	Št. šarže	v (m/sek)	v_r	Oblika grafita
1	805	5720	0,963	1
2	667	5660	0,953	2
3	629	5660	0,953	3
4	619	5590	0,940	4
5	666	5590	0,940	5
6	653	5360	0,901	6

Tabela 1

2. Po žarenju:

Zap. št.	Št. šarže	v (m/sek)	v_r	Oblika grafita
1	805	5690	0,957	1
2	667	5610	0,945	2
3	629	5610	0,945	3
4	619	5570	0,938	4
5	666	5540	0,934	5
6	653	—	—	6

Tabela 2

Pri vzorcu 6 se hitrost ni dala izmeriti. Metalografska preiskava je pokazala, da je ves grafit lamelaren in zato nismo dobili odboja od druge stene. Zgornji rezultati so prikazani na diagramu I—II (slika št. 1). Relativno hitrost, ki smo jo nanašali v diagram, dobimo, če upoštevamo, da je hitrost v jeklu 5930 m/sek. Iz diagrama se tudi vidi, da se je relativna hitrost na vzorcih po žarenju zmanjšala povprečno za 1 %.

Iz teh prvih meritev lahko zaključimo, da na hitrost bistveno vpliva oblika grafita in da je ta razlika tako velika, da se pri različnih vzorcih da dobro meriti. To so potrdila tudi merjenja na nadaljnjih dvajsetih vzorcih. Rezultati le-teh so prikazani z diagramom III. (Slika št. 2.)

Vzrokov za razsipanje rezultatov v diagramu III je lahko več, vendar je treba upoštevati, da lahko obliko grafita določimo samo na enem mestu, dočim je hitrost izmerjena skozi ves vzorec. V praksi bi se lahko posluževali grafikona na sliki št. 3, iz katerega bi z izmerjeno hitrostjo ugotavljali uspešnost nodularne litine.

MERJENJE DUŠENJA

Ultrazvočni valovi se pri prehodu skozi snov bolj ali manj dušijo. Odvisnost med jakostjo zvočnih valov in debelino vzorca pri prehodu skozi snov je naslednja:

$$I_r = I_e \cdot e^{-2\alpha d}$$

I_e = intenziteta vpadlih valov

I_r = intenziteta odbitih valov

d = debelina vzorca

α = koeficient dušenja

Iz enačbe vidimo, da intenzivnost emitiranih valov pada eksponentialno z debelino. Za določitev koeficienta dušenja moramo izmeriti višino zaporedno odbitih valov na zaslonu osciloskopa. Višina odbitih valov je namreč proporcionalna z intenziteto impulzov. Tako lahko zapišemo enačbo, s pomočjo katere lahko izračunamo koeficient dušenja:

$$\alpha = \frac{1}{2d} (\ln h_n - \ln h_{n+1})$$

h_n = višina n-tega odboja na zaslonu

h_{n+1} = višina (n + 1)-tega odboja na zaslonu

Za takšno merjenje je potrebna dodatna priprava, ki pa je nismo imeli na razpolago. Pomagali smo si tako, da smo slikali odboje na zaslonu pri vsakem vzorcu in nato na slikah določili višino zaporednih odbojev.

REZULTATI MERITEV

Prvih 6 vzorcev z obliko grafita od 1—6 je dalo naslednje rezultate:

Zap. št.	Št. šarže	Koeficient dušenja α (mm ⁻¹)	Oblika grafita
1	805	0,0145	1
2	667	0,0167	2
3	629	0,0208	3
4	619	0,0232	4
5	666	0,0289	5
6	653	0,0350	6
7	siva litina	0,0362	—

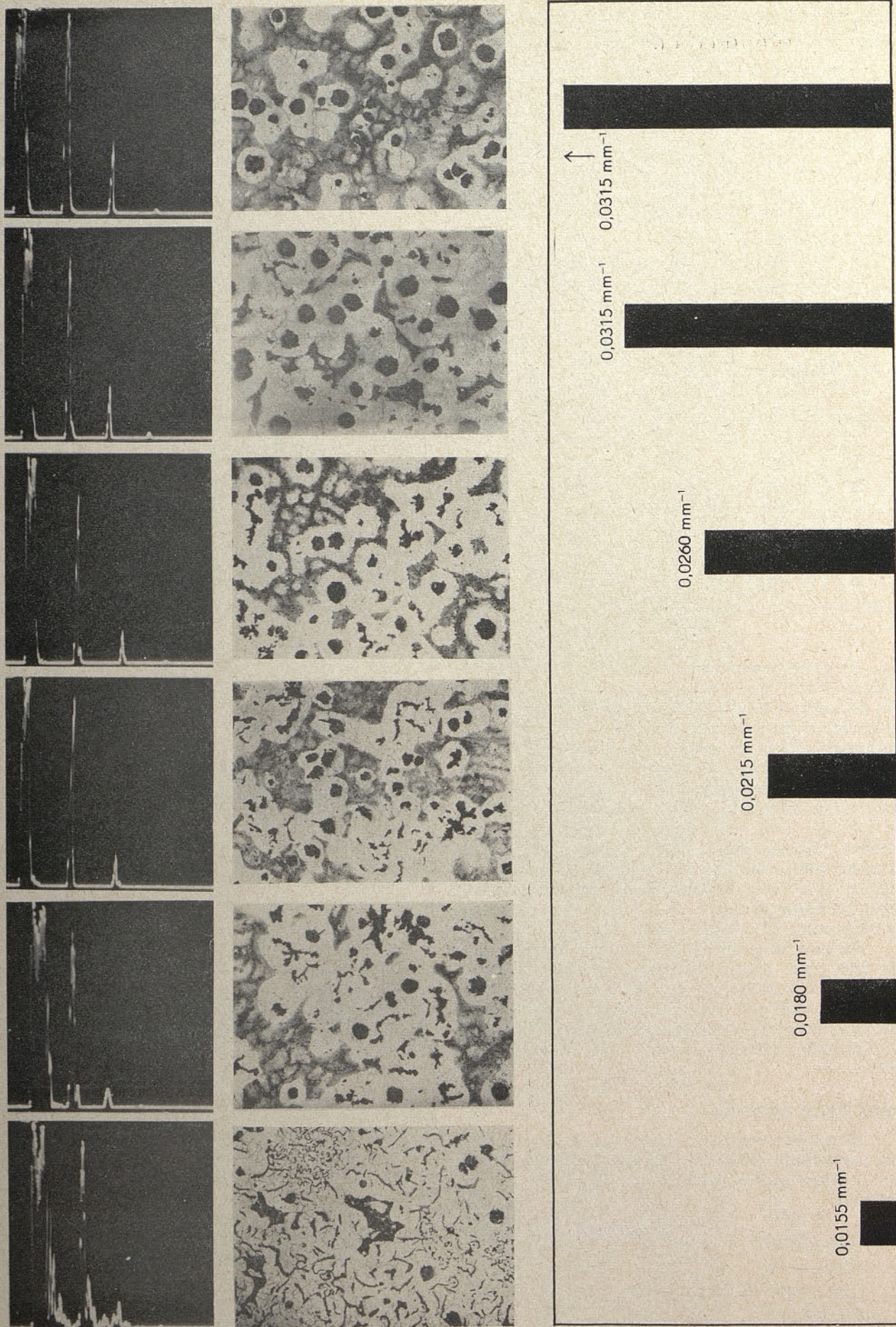
Tabela 3

Po pričakovanju se dušenje od nodularne oblike grafita do lamelarne oblike poveča. To odvisnost lepo kaže diagram V na sliki št. 5 in grafikon na sliki št. 4. Iz diagrama je tudi razvidno, da se z lamelarnim grafitom dušenje močno poveča in doseže pri sivi litini vrednosti nad 0,0350 mm⁻¹.

Nadaljnje meritve dušenja so te rezultate samo potrdile. Odstopanja so samo pri vzorcih z obliko grafita od 1—2. Eden izmed vzrokov odstopanja je vsekakor ta, da je v tem delu krivulja (diagram IV — slika št. 6) bolj položna in je tako merilno območje manjše. Možno je tudi, da je v celem vzorcu oblika grafita drugačna, kot pa je pokazala metalografska preiskava na površini.

Rezultati merjenja dušenja vzorcev žarjenih na 920°C so dali enako odvisnost od oblike grafita kot pred žarenjem, le posamezne vrednosti so se povečale povprečno za 20—30 %. To povečanje gre na račun ferita, v katerem je dušenje večje kot v perlitu. Rezultati so prikazani na diagramu VI — slika št. 7.

Vse vzorce smo dali nato obdelati za preiskavo na raztržno trdnost (δ -kg/mm²). Rezultate, ki smo jih dobili, smo nato nanesli v diagram s koeficientom dušenja in relativno hitrostjo (diagram VII in VIII — sliki št. 8 in 9). Manjše razsipanje rezultatov je pri odvisnosti δ - α kot pri δ - v_r . Tu bi bili rezultati gotovo

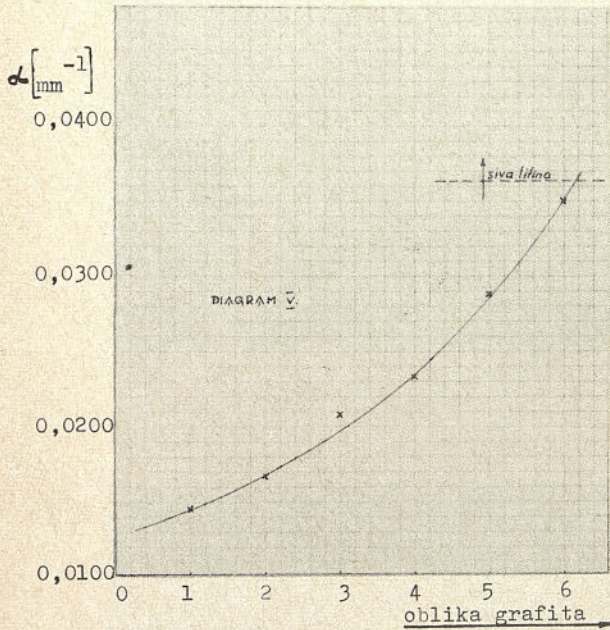


Slika št. 4: Grafikon dušilnosti v odvisnosti od oblike grafita

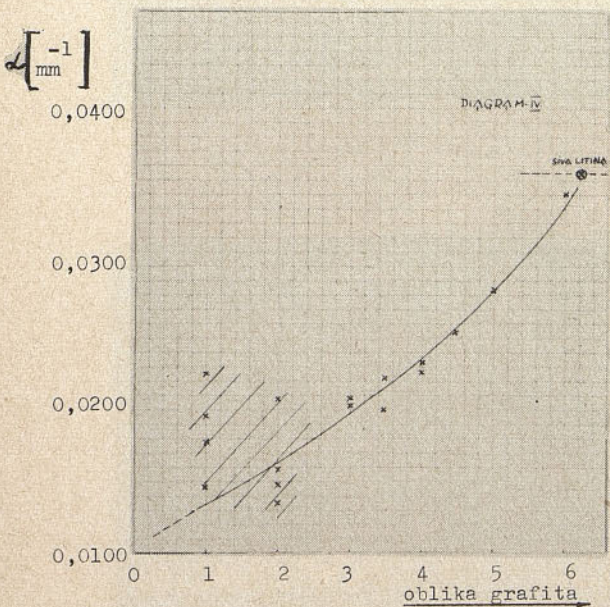
boljši, če bi merili elastični modul namesto raztržne trdnosti. Elastični modul je namreč v neposredni zvezi s hitrostjo razširjanja ultrazvoka, medtem ko raztržna trdnost ni v neposredni zvezi s hitrostjo razširjanja ultrazvoka in dušenja.

HITRA KONTROLA NODULARNIH VALJEV

Najbolj pogostni in škodljivi napaki, ki se pojavljata pri nodularni litini za valje sta črni vključki in



Slika št. 5: Diagram dušilnosti v odvisnosti od oblike grafita za 6 izbranih vzorcev

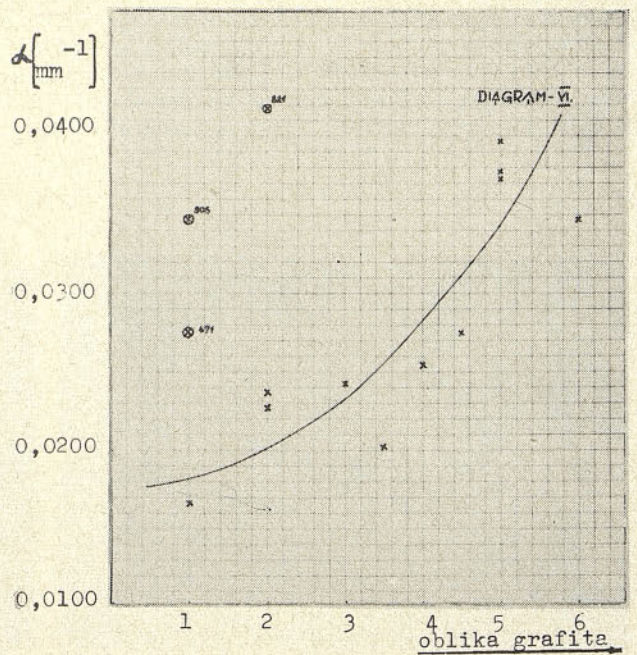


Slika št. 6: Diagram odvisnosti dušenja od oblike grafita za poljubno izbrane vzorcev

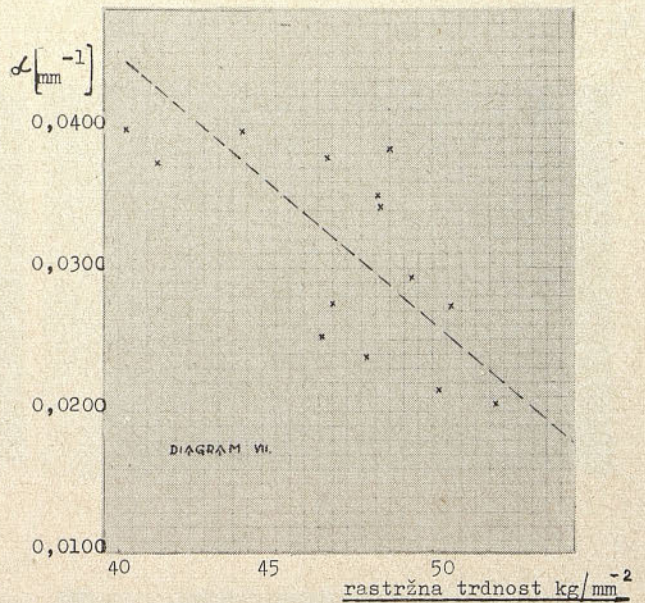
Slika št. 7: Diagram dušenja v odvisnosti od oblike grafita za 14 poljubnih vzorcev

Slika št. 8: Diagram dušilnosti v odvisnosti od raztržne trdnosti za 14 poljubno izbranih vzorcev

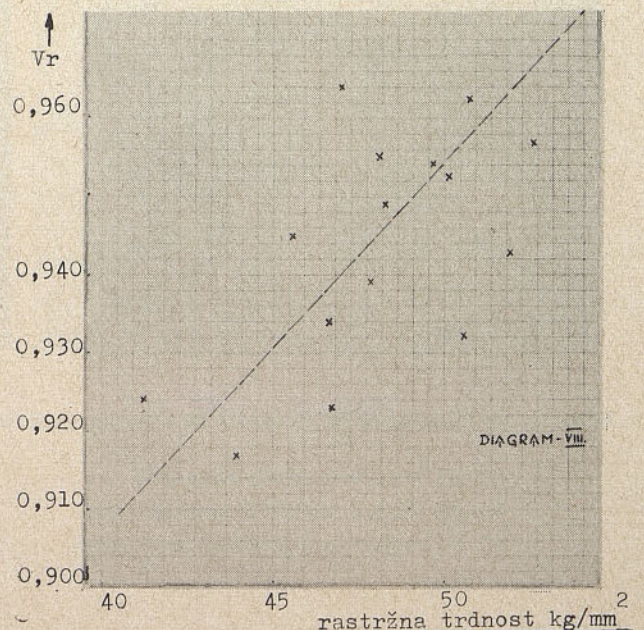
Slika št. 9: Diagram v_r v odvisnosti od raztržne trdnosti



SI. 7



SI. 8

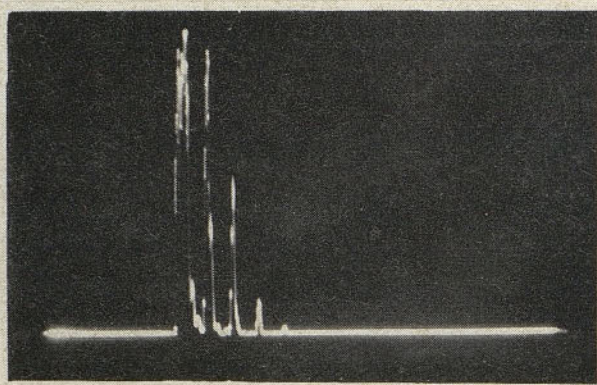
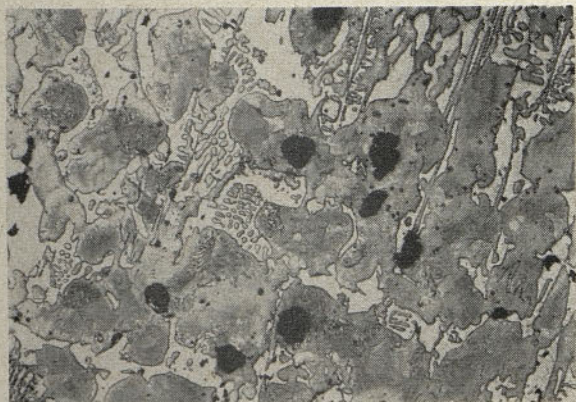


SI. 9

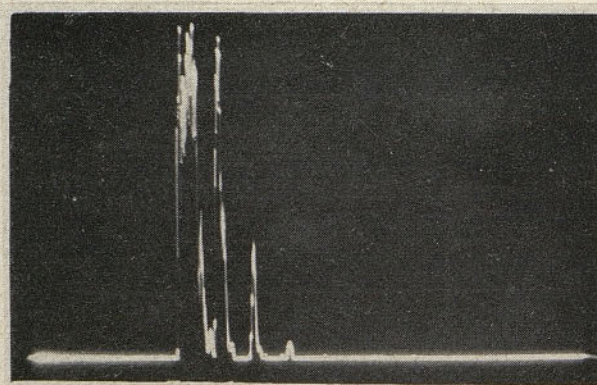
neuspela oblika grafita v delovni površini valjev. V nadaljevanju smo skušali z ultrazvokom ugotoviti, če se dajo izmeriti razlike med dobrimi in slabimi nodularnimi valji oziroma med valji s črnimi vključki in valji brez črnih vključkov. Prva ugotovitev je bila,

da pri slabih valjih sploh ni končnega odboja, medtem ko je pri dobrih valjih odboj zelo dober — slika št. 10. Vsekakor bodo potrebna še nadaljnja preiskovanja, da bi lahko dobre in slabe valje zagotovo določili z ultrazvokom.

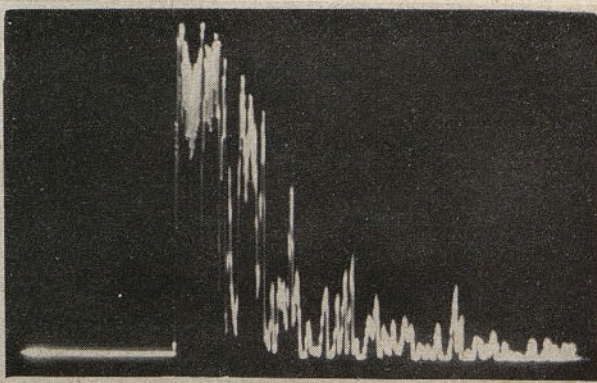
a)



b)



c)



Slika št. 10: Metalografski posnetki in slike na osciloskopu ultrazvočne aparature:

- a) pri valju brez črnih vključkov
- b) pri valju z malimi črnimi vključki
- c) pri valju z močnimi črnimi vključki

Zap. št.	Št. šarže	Dolžina mm	Debelina mm	α mm ⁻¹	v_r	Oblika grafita	$v_r \cdot 10$	α mm ⁻¹	kg/mm ² 1,13	HB
				pred žarenjem			po žarenju			
1	808	126,0	25,4	0,0282	0,948	1 (2)	97,6	0,0382	55,00	164
2	471	129,0	28,3	0,0225	0,959	1	96,4	0,0275	53,20	158
3	653	126,7	28,5	0,0350	0,901	6	—	0,0346	35,40	167
4	645	129,4	29,8	0,0253	0,940	4—5	93,2	0,0271	57,20	158
5	751	130,7	24,7	0,0196	0,961	1	94,9	0,0350	54,60	164
6	529	129,0	28,8	0,0282	0,931	5	92,4	0,0372	46,80	158
7	774	127,3	25,7	0,0208	0,950	2	93,9	0,0238	54,20	158
8	629	140,0	31,4	0,0208	0,953	3	94,5	0,0251	52,60	158
9	664	128,4	29,2	0,0133	0,978	2	96,6	0,0426	55,80	164
10	821	128,7	25,9	0,0300	0,964	2 (1)	95,7	0,0415	59,40	161
11	619	142,0	30,0	0,0289	0,940	5,3—4	93,4	0,0377	52,80	161
12	666	128,3	25,2	0,0232	0,940	4	93,8	0,0254	—	—
13	656	126,5	28,5	0,0158	0,964	2	95,4	0,0227	56,20	158
14	811	128,2	29,4	0,0171	0,963	1	95,4	0,0166	61,80	—
15	629 H	126,7	28,0	0,0228	0,922	2—3, 5	91,7	0,0397	49,80	158
16	807	128,8	25,2	0,0223	0,950	3—4	94,3	0,0207	58,60	167
17	805	127,0	26,0	0,0145	0,963	1	95,7	0,0347	54,60	156
18	670	129,8	28,2	0,026	0,961	1 (3)	95,3	—	56,40	161
19	siva litina	—	23,7	0,0382	—	—	—	0,397	45,20	156
20	667	145,5	—	0,0167	0,953	2	94,5	—	—	—

Tabela 4

LITERATURA:

- W. Patterson, E. Bodner: ULTRASCHALLUNTERSUCHUNGEN AN GUSSEISEN. GIESSEREI-TECHN.-WISSENSCH. BEIHEFTE, HEFT 17, JULI 1957
- G. Bierwith: Zerstörungsfreie Prüfung von Gusstücken durch Ultraschall. GIESSEREI, HEFT 17, 1957
- R. Ziegler, Gestner: Anwendungsmöglichkeiten des Ultraschallverfahrens bei Schalenhartguss. GIESSEREI, HEFT 5 März 1960
- A. G. Fuller: ULTRASONIC TESTING OF CAST IRON, B. C. I. R. A. Jour., MAY 1962

O organizaciji proizvodnje valjev II.

Tudi firma Blaw-Knox je članica Roll Manufacturers Institutea. Ima svojega predstavnika v upravi tega inštituta, poleg tega pa strokovnjake firme imenujejo v pododbore ali komiteje, ki jih inštitut osnuje takrat, ko se loti določenega problema v zvezi s proizvodnjo, kvaliteto ali uporabo valjev. V te pododbore so v primeru, da gre za problem obnašanja valjev na valjarniških progah, imenovani tudi valjarniški strokovnjaki in ti skupaj s predstavniki proizvajalcev valjev prestudirajo problem, analizirajo defekte valjev in izsledke laboratorijskih preiskav. Do določenega termina morajo pododbori izdelati poročilo z zaključki in predlogi za izboljšave.

Omembe vreden se mi zdi primer, kako je pododbor, imenovan od RMI, reševal projekt »Zmanjšanje števila zlomov valjev«. Pri tem so zbrali rezultate prejšnjih študij o zlomih litoželeznih delovnih valjev za vroče valjanje širokih trakov na konti progah, o obremenitvah in napetostih, ki nastopajo pri valjanju, o temperaturah valjev med valjanjem, o preostalih napetostih v dvoslojnih valjih za ta tip valjarniške kontinuirne proge. Poleg tega so anketirali večje število izkušenih in priznanih strokovnjakov za valje po valjarnah in livarnah valjev v ZDA in Kanadi. Anketa je bila sestavljena tako, da so anketiranci morali za vsak tip zloma ali oluščanja valja določiti, kaj je po njihovem mnenju vzrok defekta. Na osnovi analize ankete, laboratorijskih rezultatov in ostalega materiala, je pododbor RMI, imenovan za projekt »Zmanjšanje števila zlomov valjev« izdal obširno poročilo z zaključki. To poročilo in ostali projekti v okviru raziskovalnega dela inštituta so precej pripomogli, da se je v zadnjih desetih letih precej razpršila megla med valjarji in proizvajalci valjev, ki je posebno gosta takrat, kadar gre za »krivdo« za zlom valja. Najvažnejše pa je seveda, da se je po zaslugi obsežnega znanstvenega dela in mnogih praktičnih zaključkov in napotkov za livarje valjev in valjarje, ki jih je RMI podal v svojih projektih, precej podaljšala trajnost valjev. Ne smemo misliti, da je mogoče tako kar generelno rešiti probleme v zvezi s kvaliteto valjev. Kljub vsem dosežkom pri izboljšanju kvalitete valjev in pogojev pri valjanju ostajajo še vedno specifični problemi posameznih livarn valjev in valjarniških prog, ki jih morajo proizvajalci reševati sami, v konkurenčnem boju za večjo tonažo na valjarniških progah, ki jih oskrbujejo z valji.

Šest livarn valjev, ki jih ima danes firma Blaw-Knox Co., je organizacijsko vključeno v grupo »Livar-

ne in valjarniška strojna oprema« (Foundry and Mill Machinery Group).

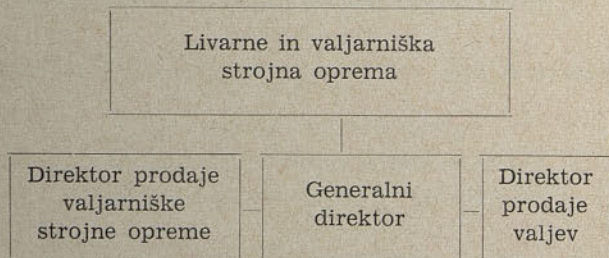
Proizvodnjo valjev vodi direktor prodaje valjev, metalurg, ki se je usmeril v komercialni posel. Njemu so neposredno podrejeni pomočnik z 10 inženirji za prodajo valjev, tehnični asistent, planer proizvodnje v prodajnem oddelku, vodja razvoja in raziskovalnega dela ter direktorji šestih livarn valjev (shema).

Inženirji za prodajo so porazdeljeni po teritoriju Združenih držav tako, da vsak prodaja valje na določenem področju, v nekaj valjarnah. Njihov posel je ta, da stalno potujejo in periodično obiskujejo valjarne, ki so v njihovem delokrogu. Tam se sestajajo z valjarji in obdelajo problematiko prog in ogrodij, v zvezi s kvaliteto valjev. Valjarji jim posredujejo in komentirajo podatke o trajnosti poedinih valjev, kot npr. število ton na brušenje, število brušenj in zmanjšanje premera na posamezno brušenje. Prav tako dobijo tudi podatke o defektih valjev, reklamacije in nova naročila, preliminarna in definitivna, z navedbo želenega dobavnega roka in sugestije ali želje valjarjev po event. spremembi kvalitete ali površinske trdote. Inženirji prodaje zberejo vse te podatke in oddajo poročilo pomočniku direktorja, nova naročila z risbami pa oddajo planerju proizvodnje v prodajnem oddelku.

Planer proizvodnje vodi skupino štirih uradnikov, ki pišejo naročila za livarne. V poseben formular vnašajo za vsak valj vse potrebne podatke, razen termina in specifikacije. Kemično analizo, trdoto valja in termično obdelavo predpiše tehnični asistent prodajnega oddelka. Nato pa planer proizvodnje, ki razporeja naročila po livarnah, vpraša planerja v eni od livarn za izdelavni rok. Vsa naročila, ki imajo izdelavni rok daljši od 3 mesecev, terminsko razporejajo livarne same tako, kot jim bolje ustreza, pri nujnih naročilih pa morajo brezpogojno upoštevati zahtevo planerja v prodajnem oddelku. Evidenco o časovnem poteku proizvodnje vodijo planerji posameznih livarn in dnevno javljajo v prodajni oddelek v Pittsburghu, v kateri fazi izdelave je vsak posamezen valj, tako, da je planer o izvrševanju naročil in odpremi valjev absolutno na tekočem.

Dvakrat mesečno se obratovodje in obratni metalurgi iz vseh livarn zberejo v prodajnem oddelku v Pittsburghu na sestanku o kvaliteti, ki ga vodi direktor prodaje valjev skupaj s pomočnikom in tehničnim asistentom. Tam obravnavajo poročila inženirjev prodaje, ki podajajo obratovodne rezultate valjev in so pravzaprav kriterij za kvaliteto ter vse defekte valjev v valjarnah in reklamacije. Če je kakšna reklamacija dvomljiva, prevzame reklamacijo eden od metalurških laboratorijev, navadno tisti, ki je v sklopu livarne, ki je obravnavani valj izdelala. Na kvalitetnih sestankih obravnavajo tudi probleme v zvezi z osvajanjem nove proizvodnje.

Dvomljive reklamacije in preiskave za osvajanje novih kvalitet so posel metalurških laboratorijev v posameznih livarnah. Z raziskovalci, ki delajo v teh



laboratorijih, sodelujejo tudi obratni metalurgi, same laboratorije in njihovo delo pa vodi vodja razvoja v prodajnem oddelku, svetovno znani raziskovalec s področja livarstva in predvsem valjev, dr. Allison. Metalurški laboratoriji mu dostavljajo poročila o preiskavah valjev, on pa posreduje rezultate preiskav in svoje mnenje ter pripombe direktorju prodaje valjev.

Kompetence v zvezi z izmečkom so točno določene. Kontrolor sme prevzeti valj le, če je kvalitetno v mejah specifikacije. O neznatnem kvalitetnem odstopanju, kot npr. površinske trdote soodločata obratovodja livarne in obratni metalurg; če je odstopanje večje, pa se vendar zdi, da bi bilo mogoče valj plasirati brez večjega rizika, se direktor livarne posvetuje s tehničnim asistentom prodajnega oddelka, ta pa v primeru, da je kvalitetno odstopanje res kritično, pa morda le sprejemljivo, predloži zadevo direktorju prodaje, da ta sam odloči o odpremi ali škartiranju valja. Tak postopek je običajen le za litoželezne valje, pri jeklenih valjih je s ponovno termično obdelavo vedno mogoče spreminjati strukturo in trdoto valjev, ki niso v kvalitetnih mejah.

Kot je razvidno iz organizacijske sheme, so direktorji livarn podrejeni direktorju prodaje valjev. V sklopu vsake livarne je tudi knjigovodski oddelk in nabavna služba. Tako imajo direktorji livarn pregled nad ekonomiko poslovanja, v pogledu nabave materialov pa so livarne povsem neodvisne, seveda v okviru z normami predpisane porabe.

Kontrolna služba oz. kontrolor v obdelovalnici valjev je funkcionalno vezan z odpremo, kar v shemi ni vrisano. Ko kontrolor izvrši kontrolo valja, potrdi na naročilnem kartonu, da je v kvalitetnih mejah in odprenik poskrbi za odpremo ter obvesti planski oddelk livarne.

Direktorjem livarn so podrejeni obratovodje livarne in obdelovalnice. Za kvaliteto so odgovorni obratni metalurgi, ki so obenem tudi sodelavci obratovodij. Obratni metalurgi rešujejo tekoče kvalitetne probleme in sodelujejo tudi z metalurškim laboratorijem. Zadolženi so tudi, da vodijo proces uvajanja novih kvalitet in postopkov, o tem morajo pisati poročila, dokumentirana z vsemi potrebnimi analizami in jih pošiljati vodji razvoja, dr. Allisonu. Rezultate dela pri osvajanju nove proizvodnje in novih kvalitet ter projekte, ki jih študirajo laboratoriji v okviru razvojnega dela, obdelajo na skupnih sestankih raziskovalci, ki delajo v laboratorijih in obratni metalurgi. Zaključke tega strokovnega kolegija posreduje vodja razvoja direktorju prodaje. V primeru, da ta odobri predlagani program, so spet obratni metalurgi dolžni skrbeti za uvajanje nove tehnologije v livarne.

Obratovodje livarn so odgovorni za proizvodnjo v obratu in so jim podrejeni mojstri, ki vodijo posamezne oddelke, ki so vrisani v shemi. Vsako jutro se mojstri zberejo pri obratovodji ter mu poročajo o delu in problematiki posameznih oddelkov. Obratovodja odloča o rešitvi problemov, kolikor je to v okviru njegovih kompetenc, sicer pa takoj obvesti direktorja livarne.

V prvem delu članka sem že omenil, da mojstri kontrolirajo potek dela, evidentirajo podatke in skupaj s planskim oddelkom določajo časovni razpored dela. Vsako spremembo v tehnološkem postopku morajo takoj javiti obratovodji. Odgovorni so za pravilno izvajanje tehnoloških operacij v svojih oddelkih.

V obdelovalnicah valjev je delo normirano, in sicer v oddelku za plan in razpored vnaprej določijo število ur, potrebnih za obdelavo. Ko strugar prevzame valj, risbe in naročilni list, mora takoj zahtevati od mojstra, da mu prizna dodatne ure za obdelavo v primeru, če je npr. na surovem valju peščena krasta. Dimenzijsko morajo strugarji valje kontrolirati sami; šele, ko je valj povsem obdelan in zbrusen, pokliče brusilec kontrolorja, da le preveri dimenzije.

V organizacijsko shemo proizvodnje valjev pri firmi Blaw-Knox Co. niso vneseni »Industrial Engineering Departmenti« (v prevodu: oddelk za industrijski inženiring), ki so jih pred nedavnim uvedli v treh večjih livarnah valjev. Omenil sem že, da specifičnosti proizvodnje valjev omejujejo možnosti avtomatiziranja postopkov in to je tudi vzrok konzervativnosti v tej industrijski panogi in temu, da se je celo v ameriških pogojih začela pri proizvodnji valjev sodobna koncepcija organizacije relativno pozno uveljavljati.

Razvoj industrijskega inženiringa se je začel že v 18. stoletju v Angliji. V začetku tega stoletja pa se je industrijski inženiring začel uveljavljati predvsem v ZDA, kjer dobiva danes oblike eksaktne znanstvene discipline. Sodobne ameriške tovarne si ne moremo zamisliti brez oddelka za »industrijski inženiring«. Naloge te strokovne službe so precej široke, saj industrijski inženiring centralizira v eni grupi razvoj kontrole, postopkov in celotne organizacije ter prevzema odgovornost za:

- analizo in razvoj učinkovitih organizacijskih linij, specifikacijo položajev,
- razvoj in izdelavo standardov, ki urejajo administrativne in prodajne fonde, z upoštevanjem analize tržišča,
- analizo, določitev in kontrolo vseh postopkov in poteka dela, na osnovi funkcionalnosti; poenostavitve, razvoj in kontrolo ter načrtovanje organizacijskih shem za informiranje vodstva,
- določitev in vodenje plačne strukture in analitične ocene delovnih mest,
- študij časa in gibov,
- razpored v obratu
- potrebe po opreми.

Livarne valjev firme Blaw-Knox Co., v katerih so formirani oddelki za industrijski inženiring, ki imajo važno vlogo pri vodenju in so desna roka direktorjev livarn, so tako uvedle in še razvijajo teamsko delo na visoki stopnji. V principu ta sodobni način dela vključuje v vodenje vsakega predelavca, mojstra in obratovodjo. Vsi ti ljudje namreč samostojno vodijo delovne operacije, oddelke in obrate in registrirajo vse podatke, ki so potrebni oddelkom za industrijski inženiring.

Vodstvo livarne pa dobi od oddelka za industrijski inženiring:

- pomoč pri določevanju pravega razporeda v obratu,
- pomoč v razvijanju enostavnih delovnih metod in postopkov,
- posredovanje ekonomskih pokazateljev,
- standarde za vse faze dela in to ne samo na osnovi storilnosti, temveč z upoštevanjem kvalitete in izkoristka materialov.
- pomoč z določevanjem proizvodnih stroškov,
- opis dela in specifikacije za vsa delovna mesta,
- pomoč pri določevanju specifikacij materialov,

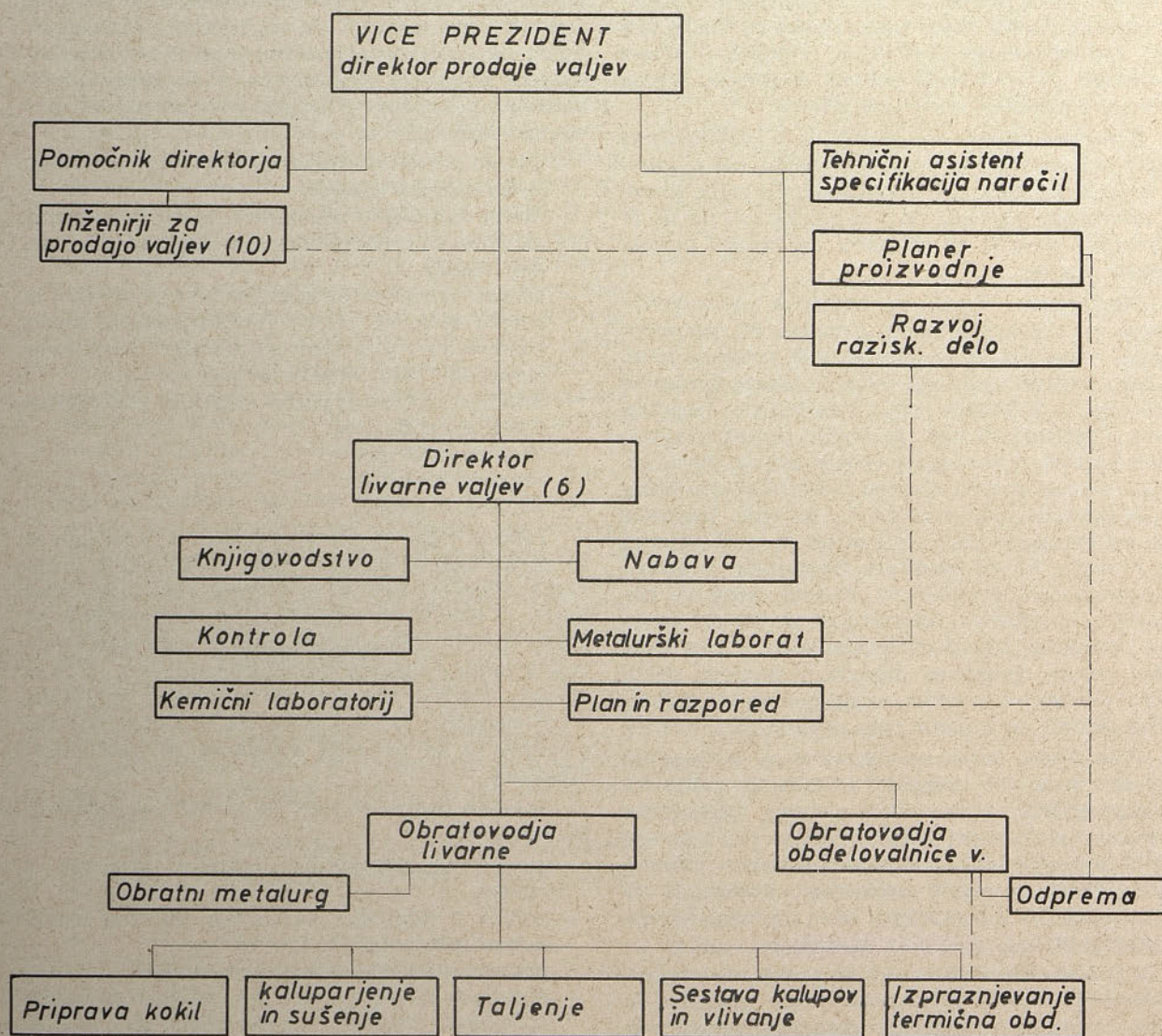
- kvalitete in tehnoloških instrukcij za vsa delovna mesta,
- pomoč pri programu uvajanja v delo in šolanja mojstrov in delavcev za pravilno opravljanje dela,
 - razvijanje takih programov stimuliranja, ki bodo izzvali učinkovito in poceni delo,
 - pomoč pri razvoju nefinančne pobude zato, da bi se gojila zainteresiranost in entuziazem s strani delavcev

Zaključek:

Na kratko sem skušal opisati, kako je organizirana proizvodnja valjev pri ameriški firmi Blaw-Knox

Company. Rekonstrukcija livarne valjev v Storah, povečanje proizvodnje valjev in uvajanje novih kvalitet in postopkov v proizvodni program livarne valjev bo diktiralo bolj industrijski način proizvodnje in organizacijo, ki bo bolj sodobna in, ki bo ustrezala našim pogojem. Pri tem si bomo morali pomagati z izkušnjami drugih livarn valjev in z našo dosedanjo prakso. Prav na področju organizacije proizvodnje je Američanom danes priznано vodilno mesto na svetu in smatram, da bo zato pri načrtovanju organizacije v rekonstruirani livarni in obdelovalnici valjev zelo koristno upoštevati organizacijske principe ameriških livarn valjev.

ORGANIZACIJSKA SHEMA PROIZVODNJE VALJEV FIRME BLAW-KNOX Co.



DVOSLOJNI VALJI za žične in fine profilne proge

Zaradi vedno večje modernizacije novih valjarn in povečanja storilnosti na starih progah, se je iz leta v leto zaostroval kriterij prevzemanja trdih valjev za žične in fine profilne proge. Posledice takega kriterija so se pokazale v letu 1963, kar se je zrcalilo v izredno visokem odstotku izmečka. Če tega analiziramo, ugotovimo, da je glavni vzrok preveč oziroma premalo bele plasti.

Za dosego določene bele plasti na valju zahtevamo že od vložka določene lastnosti. Tako naj imajo grodlji dobro karbidotvornost, kar pomeni, da se pri strjevanju na kokilo tvori sorazmerno velika bela plast, s kratkim meliranim prehodom in sivim jedrom. Zato je zaželen vložek s čistim grodljem, z visoko dezoksidacijsko stopnjo (švedsko lesno), specialnim surovim železom iz našega elektroplavža in kvalitetno valjčno zlomnino.

Naročniki zahtevajo precej plasti tudi pri manjših dimenzijah, kar je s surovinami, s katerimi razpolaga livarna valjev v Železarni Štore, težko doseči; kolikor pa to dosežemo, imajo taki valji dolge prehode iz bele plasti v sivo jedro. Taki valji pa so zelo občutljivi za obremenitve zaradi nizke upogibne trdnosti.

Vlivanje enoslojnih valjev je nepraktično, ker iz kupolke dobimo pri istem vložku zelo nihajočo sestavo litine in je potrebno iz vsake ponovce vzeti več tehnoloških prob, na osnovi katerih določamo količino ferolegur za določeno dimenzijo valjev. Ker pa temperatura litine čestokrat ni tako visoka, da bi lahko počakali na probo, moramo pričeti z vlivanjem, ne da bi se mogli prepričati ali sestava litine ustreza.

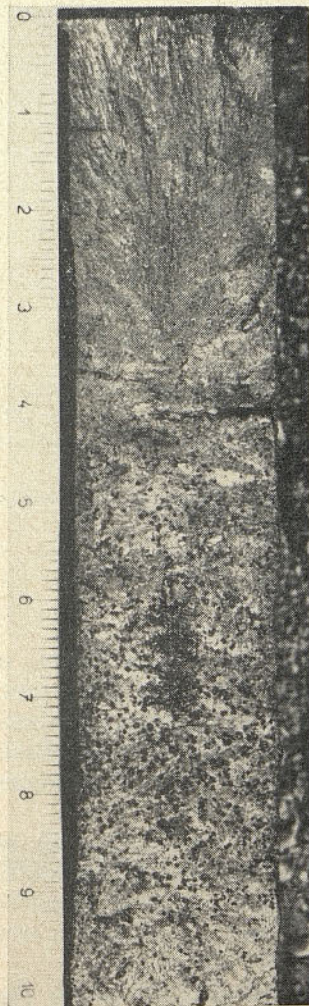
Ta način vlivanja valjev, ki smo ga prakticirali vse od začetka obstoja livarne valjev, je postal neracionalen, zato smo bili prisiljeni preiti iz obstoječe tehnologije na dvoslojno vlivanje. Odločili smo se za način, pri katerem modificiramo jedro valja v odliti formi. S poizkusi smo pričeli konec leta 1963. Ugotoviti smo morali tele podatke:

- sestavo osnovne litine,
- temperaturo litine,
- tehniko vlivanja,
- količino in zrnatost FeSi za modificiranje jedra,
- spremembo livnega sistema,
- vzdržnost dvoslojnih valjev.

Sestava osnovne litine pri dvoslojnih valjih je manj zahtevna, zato odpade uporaba dražjega švedskega surovega železa, poveča se pa delež valjčne zlomnine od 50 do 70 %. Lastnost karbidotvornosti se ne zahteva v takšni meri, kot pri enoslojnih valjih.

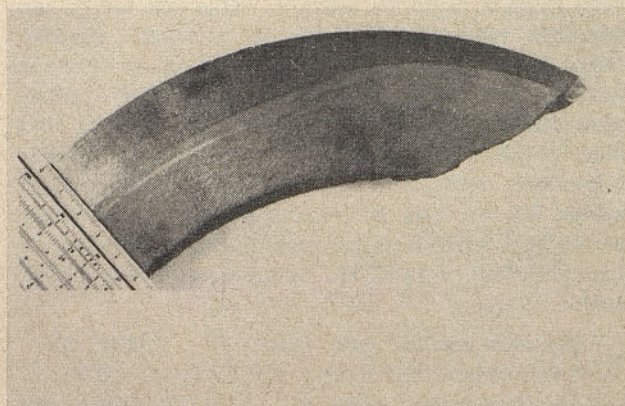
Važno je le, da se litina odlita na kokilo belo strjuje in da ima ta dovolj visoko trdoto. Kemična analiza se razlikuje samo v nižjem odstotku silicija. Zaželeno je, da ima prelom tehnološke probe (slika 1) nekaj vidnih grafitnih gnezd, da se izognemo preostrim prehodom. Debelino trde plasti reguliramo s časom prekinitve vlivanja v formo do začetka tako imenovanega izpiranja s FeSi, katerega dodajamo v livno čašo ca 0,4 % na težo modificirane litine. Kot modifikator se uporablja 75 % FeSi zrnatosti od 1–3 mm.

Temperatura litja mora biti najmanj 1260° C oz. tako visoka, da ostane litina v livnem sistemu ves čas

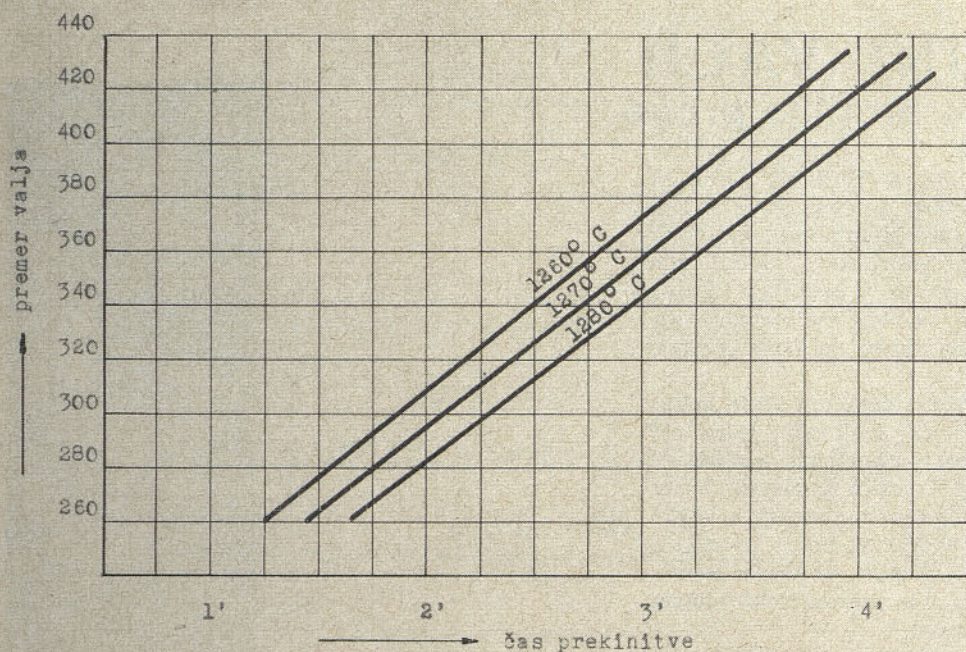


Slika 1. Prelom tehnološke probe

prekinitve vlivanja tekoča. Ker pa je za tvorbo plasti od 34–40 mm potreben čas prekinitve tudi do 4 minute, je nemogoče ohraniti tekočo litino v livnem sistemu, zato je potrebno v krajših časovnih presledkih dolivati nekaj litine iz ponovce. Ti dodatki ne smejo biti premočni, da nam rotirajoča litina ne izpere že strjene trde plasti in dobimo bolj ali manj ekscentrično plast (slika 2).



Slika 2. Ekscentrična plast zaradi nepravilnega vlivanja.



Slika 3. Diagram za določevanje časa prekinitve pri različnih temperaturah litine in različnih premerih valja.

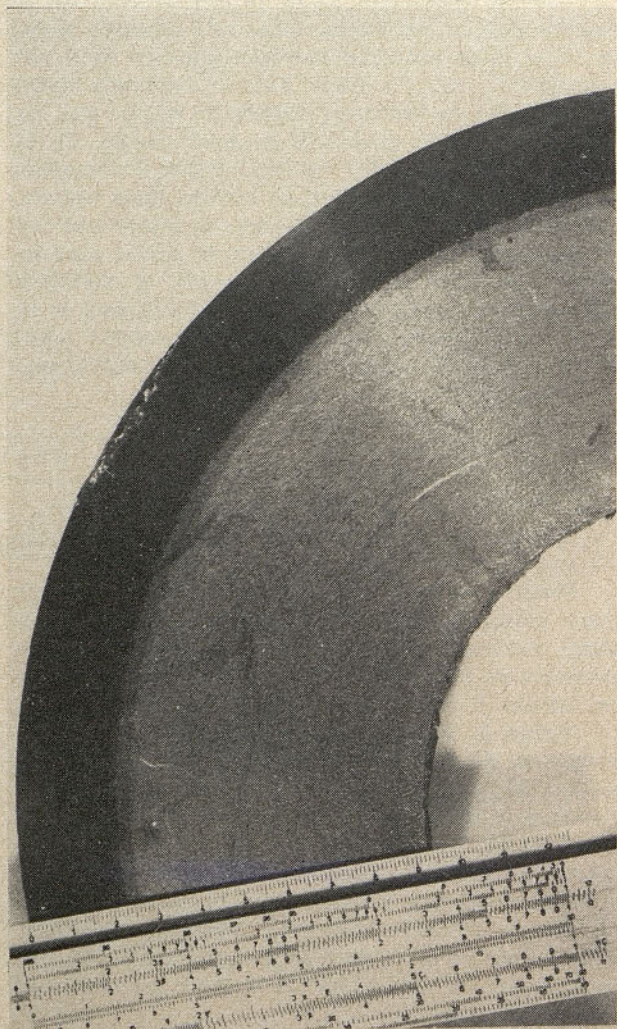
Takšno plast dobimo tudi pri kratkih spodnjih čepih, kjer nam dotekajoča litina enostransko izpira plast ob spodnjem delu kokile. Iz teh razlogov mora litina pritekati tangencialno na dnu spodnjega čepa, daljši čep pa nam litino enakomerno usmeri v jedro valja.

Na osnovi dosežene prakse, dobljene pri poizkusnih vlivanjih dvoslojnih valjev, je sestavljen diagram, ki nam služi za določevanje časa prekinitve pri različnih dimenzijah in temperaturah litine za plast od 25—35 mm.

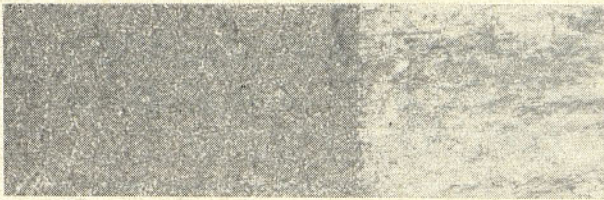
Vlivanje na osnovi podatkov, ki jih dobimo iz tega diagrama, je zelo uspešno. Precejšnjo vlogo pa ima temperatura litine, katero je treba točno oceniti oz. izmeriti. Pri temperaturah pod 1255°C je dvoslojno vlivanje neuspešno zaradi luknjičavosti in prehitrega strjevanja litine. Poizkusi so pokazali, da je temperatura 1270—1280°C najbolj ugodna, tu dobimo enakomerno plast po celi delovni površini valja. (Slika 4, 5.)

Po podatkih, ki smo jih prejeli iz naše valjarne, se dvoslojni valji zelo dobro obnašajo. Po mišljenju naših valjarjev so valji občutno vzdržnejši, zaradi višje trdnosti čepov oz. jedra in velike bele plasti, kar omogoča večkratno brušenje in vgraditev. Ugotovljeno je, da valji z ostrimi prehodi ne povzročajo luščenja trde plasti na delovni površini. Veliko vzdržnost teh valjev nam ponazoruje tale podatek: valj štev. 10415 Ø 426 × 1000 je bil že dvakrat vgrajen v končnem ogrodju za valjanje rebrastih vzmeti in je zvaljal 825 ton. Valj je še uporaben. Običajno so enoslojni valji vzdržali na tej progi od 500 do 600 ton pri treh do štirih vgraditvah. Ostali podatki valja štev. 10415:

- kemična analiza trde plasti: C — 3,42 %, Si — 0,48 %, Mn — 0,17 %, P — 0,41 %, S — 0,119 %.
- kemična analiza jedra: C — 3,50 %, Si 0,90%; Mn 0,18 %, P 0,39 %, S — 0,120 %.
- livna temperatura: 1280°C (izmerjeno z utopnim pirometrom).



Slika 5. Enakomernost bele plasti.



Slika 4. Bela, prehodna in siva plast pri dvoslojno vlitim valju.

- čas prekinitve vlitja: 4 minute in 15 sekund.
- trda plast obdelanega valja: 35—40 mm z ostrim prehodom.
- trdota delovne površine: 490 HB.
- trdota čepov: 225 HB.

Dvoslojno vlitvanje trdih valjev za žične in profilne proge je privedlo do zelenih rezultatov. Občutno izboljšanje kvalitete, sprememba odnosa surovin (grodelj: zlomina), ter ukinitiv dražjega švedskega surovega železa je občutno znižala stroške proizvodnje surovih valjev v odnosu na povprečno kalkulacijo lanskega leta.

ZORAN TRATNIK, dipl. inž. met.:

Nodularna litina – lastnosti in obdelava II.

MEHANSKE LASTNOSTI NODULARNE LITINE

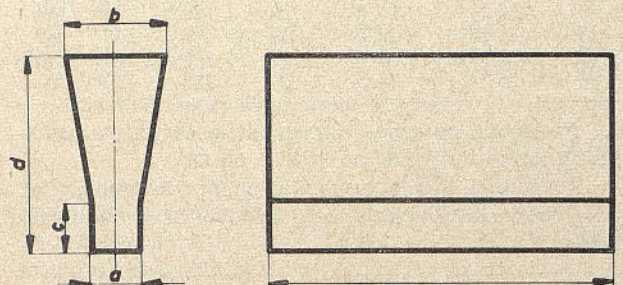
Nodularno litino smo v Zel. Štore razdelili na osnovi natezne trdnosti, meje plastičnosti in raztezka na naslednje vrste:

Tovarniška oznaka	Nat. trd. kg/mm ²	Meja plast. kg/mm ²	raztezek %	struktura
KGR-38	38	25	17	ferit
KGR-42	32	28	12	ferit
KGR-50	50	35	7	ferit + perlit
KGR-60	60	42	2	perlit
KGR-70	70	50	2	perlit
KGR-40	40	35	7	—

Vzorci za mehanske lastnosti izrežemo iz posebnih preizkusnih odlitkov, ki so vliči v pesek. Dimenzije prob so na naslednji tabeli:

Oznaka	Vzorec					Palice po DIN 50 — 125	Debeline peska min.
	a	b	c	d	e		
Y1	10	40	20	135	160	B6 x 30	40
Y2	25	55	40	140	300	B14 x 70	40
Y3	50	100	50	150	300	B14 x 70	80
Y4	75	125	65	175	300	B14 x 70	80

SKICA ZA LITJE PROBE



Slika št. 19

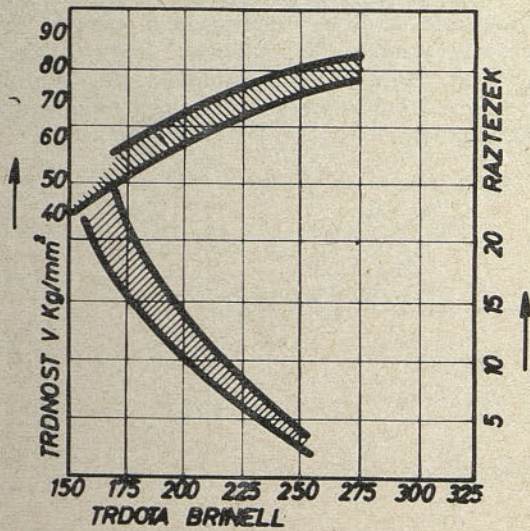
Okrogle trgalne palice so standardizirane po naslednji tabeli: (po DIN 50125, trgalna palica B)



d_0 = premer palice L_0 = merilna dolžina
 d_t = zunanji premer navoja L_t = skupna dolžina
 L_v = preizkusna dolžina h = dolžina navoja

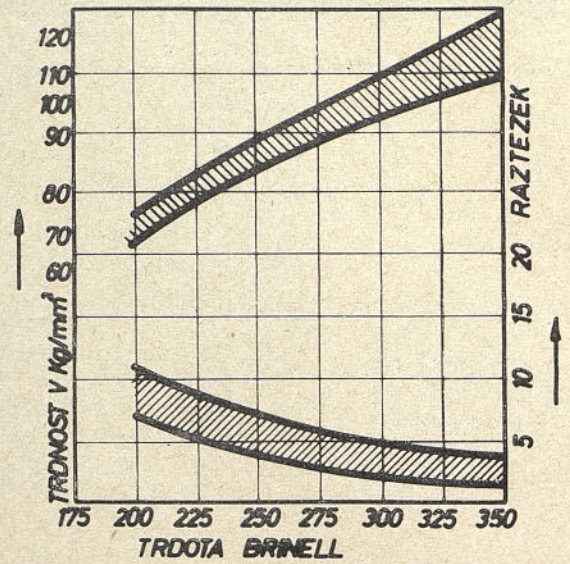
Slika št. 20: Načrt okrogle trgalne palice

DIAGRAM TRDOTE, TRDNOSTI IN RAZTEZKA ZA ŽARJENO ALI LITO LITINO



Slika št. 21

DIAGRAM TRDOTE, TRDNOSTI IN RAZTEZKA ZA KALJENO IN POPUŠČANO LITINO



Slika št. 22

Premer palice v mm	Navoj	Najmanjša globina navoja	Višina navoja	Merilna dolžina	Preizkusna dolžina	Skupna dolžina
d ₀	d ₁			L ₀	L _v	L _t
6	M 10	7,77	8	30	36	60
8	M 12	9,33	10	40	48	75
10	M 16	13,00	12	50	60	90
12	M 18	14,35	15	60	72	110
14	M 20	16,35	17	70	84	125
16	M 24	19,70	20	80	96	145
18	M 27	22,70	22	90	108	160
20	M 30	25,05	24	100	120	175
25	M 33	28,05	30	125	150	220

Preiskava natezne trdnosti in ugotavljanje raztezka se lahko vrši tudi po JUS C. A4. 002.

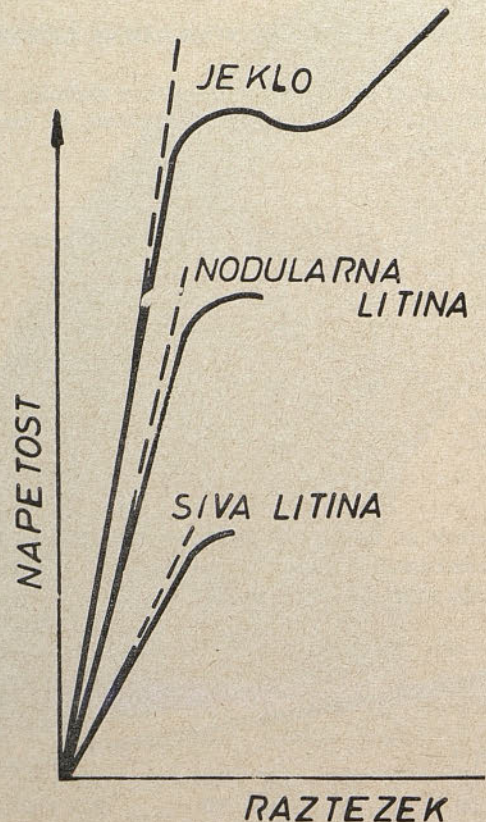
Naslednja tabela prikazuje nekaj izbranih podatkov mehanskih lastnosti za 3 osnovne tipe nodularne litine.

	Litina		
	ferit.	ferit-perl.	perl.
Natezna trdnost kg/mm ²	38—50	50—70	70—90
Meje plastičnosti kg/mm ²	25—38	25—55	50—60
Raztezek %	12—30	2—15	2—8
Upogibna trdnost kg/mm ²	75—90	85—120	100—140
Trdote po Brinellu	140—200	180—280	240—300
Udarne žilavost kgm/cm ²			
z zarezo	1—2,5	0,3—1,5	0,3—1,0
brez zareze	6—16	0,5—8,0	0,5—2,0
Trajna utripna trdnost kg/mm ²			
z zarezo	12—16	14—20	16—20
brez zareze	20—26	24—34	30—36

Natezna trdnost. Diagram deformacije-sile nateznega preizkusa je podoben diagramu jekla. Najvišje vrednosti natezne trdnosti dosežejo tudi 140 kg/mm², vendar je tak material brez raztezka in kr-

hek. Normalne vrednosti natezne trdnosti nodularne litine se gibljejo od 38—90 kg/mm².

Meja plastičnosti znaša 70—80% natezne trdnosti. Pri feritni nodularni litini je meja plastičnosti lepo merljiva in vidna, medtem ko se pri višjih trdnostih težko določa.



Slika št. 23: Diagram napetosti-raztezek za tri različne materiale

Raztezek je odvisen od značaja osnovne strukture. Pri feritni litini doseže 25%, dočim ima perlitna litina 2—7% raztezka.

Modul elastičnosti se v področju elastične deformacije ne spreminja. Feritna nodularna litina ima modul elastičnosti 16.300—17.200 kg/mm², perlitna nodularna litina 17.200—18.600 kg/mm².

Udarno žilavost merimo z istimi vzorci kot pri jeklu. Vzorci brez zareze (po Sharpy-ju) vzdržijo do 16 kgm/cm² pri feritni litini, z zarezo do 2,5 kgm/cm².

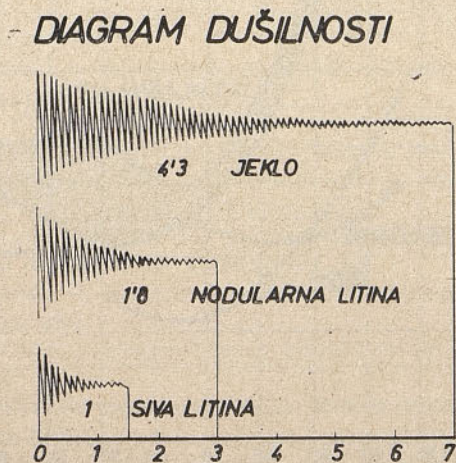
Trdote nodularne litine se gibljejo od 140—200 HB pri feritni, 180—280 HB pri perlitno-feritni in 240—300 HB pri perlitni litini. Pri kaljenju dosežene trdote znašajo 500—600 HB. Pri litini s prostim cementitom (npr. pri valjih) imamo trdote od 300—500 HB z večjo ali manjšo količino cementita oziroma krogličastega grafita.

Med trdnostjo, trdoto in raztezkom lahko dobimo medsebojno odvisnost (slike št. 21 in 22), vendar mora biti litina brez prostega cementita. Ločiti moramo prav tako odvisnost trdnosti, trdote in raztezka med lito in žarjeno strukturo in kaljeno ter popuščano strukturo.

Trajna utripna trdnost («Dauerwechselfestigkeit») je pri nodularni litini za približno 1,5—2 krat boljša kot pri sivi litini. Občutljivost proti zarezi in izvrtinam pri trajni utripni trdnosti je pri nodularni litini manjša kot pri jeklu, posebno je občutljivost proti zarezi majhna pri feritni litini. Pri strojnih delih, kjer nastopajo pri zarezah koncentracije napetosti, je nodularna litina enakovredna jeklu. Vrednosti trajne utripne trdnosti so navedene v naslednji tabeli:

	feritna litina	perlitna litina
Natezna trdnost kg/mm ²	42—44	56—64
Trajna utripna trdnost pri upogibu z zarezo kg/mm ²	15—17	23—25
Trajna utripna trdnost pri torziji z zarezo kg/mm ²	—	18—20

Dušilnost (slika št. 24) nodularne litine je važna lastnost pri vlitkih, kjer želimo absorbirati vibracije. Mnogo je višja od jekla in nekoliko slabša od sive litine. Sposobnost dušenja znaša 3,5 % pri jeklu, 10—13 % pri nodularni litini in okrog 30 % pri sivi litini.



Slika št. 24

Vpliv temperature na mehanske lastnosti nodularne litine je različen pri posameznih lastnostih. Do temperature okrog 500⁰C trdnost materiala in meja plastičnosti bistveno ne padeta, po tej temperaturi se hitro znižata. Trdota začne padati že pri 100⁰C, žilavost materiala pri 100—200⁰C močno naraste, po tem maksimumu hitro pade. Trajna utripna trdnost začne z rastočo temperaturo padati takoj pri vseh vrstah nodularne litine. Manjša občutljivost proti zarezi pri trajni utripni trdnosti se ohrani do 300—400⁰C, nato popolnoma izgine. Dušilnost nodularne litine se ohrani skoraj nespremenjena do 600⁰C, nakar pade.

Nižja temperatura ne vpliva škodljivo na večino mehanskih lastnosti, tako se natezna trdnost pod 0⁰C celo nekoliko zviša. Žilavost pri nižjih temperaturah (pod —20⁰C in —40⁰C) močno pade. Krhkost nodularne litine je odvisna od kemične sestave, strukture, termične obdelave in hitrosti obremenitve pri preizkusu. Padeč žilavosti je analogen pri vzorcih z zarezo in brez nje.

FIZIKALNE, KEMIJSKE IN DRUGE LASTNOSTI NODULARNE LITINE

Pri fizikalnih lastnostih je za konstruktorje posebno važen podatek **skrček** pri vlivanju in po termični obdelavi. Odvisen je od osnovne strukture, kar vidimo iz podatkov:

perlitna nodularna litina (lito stanje)	
ali normalizirano	1—1,25 % skrčeka
feritna nodularna litina (žarjena)	0—0,83 % skrčeka
avstenitna nodularna litina	
(visoko legirana)	1,65—2 % skrčeka

bela (trda) litina ima 1,9 % skrčeka, po žarjenju —grafitizaciji naraste za 2,5 %, tako da je za 0,6 % večja od modela.

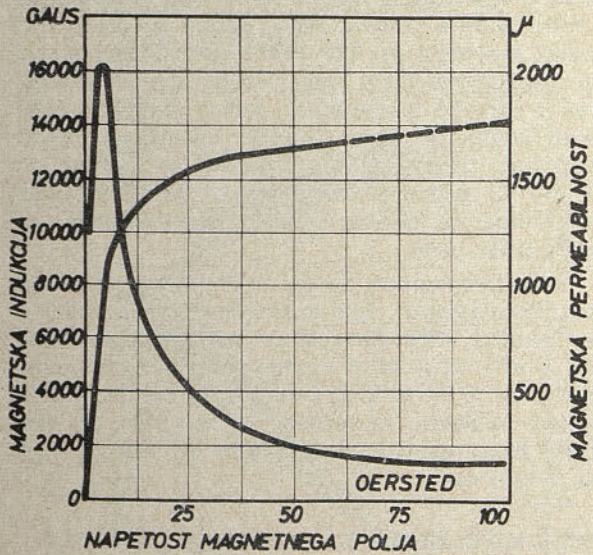
Od ostalih fizikalnih lastnosti lahko navedemo nekaj podatkov, ki se nahajajo v naslednji tabeli:

Fizikalne lastnosti nodularne litine:

	Feritna litina	Perlitna litina
Specifična teža kg/dm ³	7,1—7,3	7,1—7,3
Talilna temperatura ⁰ C	1120—1160	1120—1160
Toplotna prevodnost cal/cm, sek, ⁰ C	0,06—0,08	0,04—0,06
Električna prevodnost 10 ⁴ /om, cm	1,8—2,2	1,5—1,8
Raztezek 10 ⁻⁶ %/ ⁰ C	11—12	11—12
Remanenca — Gauss	4.500	5.500
Koerc. sila (B = 10 ⁴ Gaussov)		
Oersted	1,5—3,0	8—16
Histerezne izgube (B = 10 ⁴ Gaussov)		
erg/cm ³	4000—7000	25000—30000
Max. permeabilnost	1000—2000	200—350

Obrabna trdnost. Nodularna litina se posebno odlikuje po odpornosti proti obrabi. Pri suhem in mazanem trenju so laboratorijski poskusi pokazali večkratno višjo vzdržnost od modificirane litine, v pogostih primerih je ta litina boljše od visokovrednih jeklenih materialov, kaljenih in cementiranih. Pri suhem trenju ima nodularna litina nižjo

DIAGRAM INDUKCIJE, PERMEABILNOSTI IN MAGNETNEGA POLJA



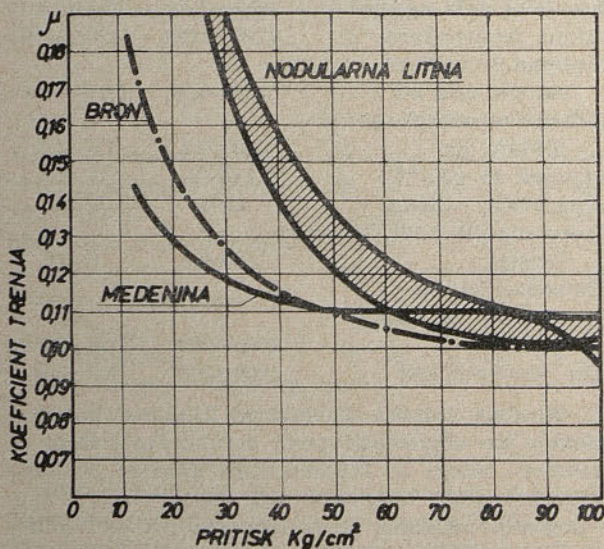
Slika št. 25

obrado od bronu in medenine, pri mazanem trenju je nekoliko slabša od njiju. Najboljše rezultate proti obrabi je pokazala izotermično kaljena nodularna litina (trustitna), nato perlitna in potem perlitno feritna (do 40 % ferita). Če vzamemo vzdržnost proti obrabi za perlitno feritno nodularno litino 100 %, potem ima sorbitna litina 107 %, trustitna celo 200 % in martenzitna 215 %. V primerjavi s sivo in temper litino dobimo podatke:

antifrikcijska siva litina	100 %
temper litina	62,8 %
normalizirana perlitna nodularna litina	15,3 %
izotermično kaljena nodularna litina	3,9 %

Kritični pritisk, pri katerem začne obraba močno naraščati, smatrajo pri nodularni litini 35 kg/cm²,

DIAGRAM KOEF. TRENJA IN PRITISKA PRI BRZINI 1m/sek



dočim je pri modificirani litini 25 kg/cm², pri cementiranem jeklu C-22 je 40 kg/cm².

Pri abrazivni obrabi (npr. s kremenčevim peskom) je kaljena (martenzitna) nodularna litina 2 — in večkrat boljše od kaljenega in cementiranega jekla in jo lahko primerjamo z obrabno odpornostjo bele litine. To izredno odpornost proti obrabi nodularne litine si razlagam s fino osnovno strukturo in okroglo obliko grafita. Produkti obrabe so pri nodularni litini najfinejši in imajo najvišjo količino grafita, ki zmanjšuje trenje in ugodno vpliva na obrabo.

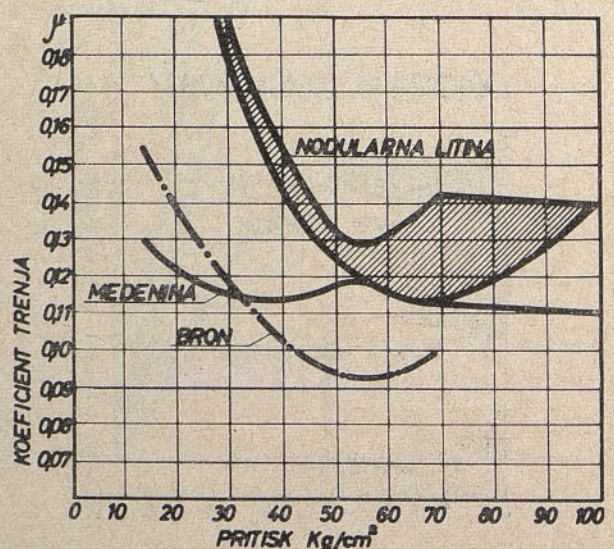
Koeficient trenja je odvisen od pritiska in hitrosti. Pri suhem in mokrem trenju (pritisk približno 12 kg/cm²) je koeficient trenja približno trikrat višji od koeficienta pri bronu in medenini. Na povišanje koeficienta trenja (npr. zavorni segmenti) vpliva v veliki meri fosfor, ki ga tudi v posebnih primerih dodajamo kot legirni element.

Na slikah vidimo odvisnost koeficienta trenja od pritiska. Pri prvem diagramu je hitrost 1 m/sek., drugi diagram velja za hitrost 2,2 m/sek. (Sl. 26.)

Odpornost proti koroziji in oksidaciji. Razlikujemo dve vrsti korozije, pri katerih uspešno uporabljamo nodularno litino: korozijo v slabo kislih sredinah in korozijo v nevtralnih do rahlo bazičnih sredinah.

V slabo kislih sredinah kaže feritna nodularna litina dvakrat boljše rezultate od sive litine, dočim perlitna nodularna litina ni boljše. Pri tej vrsti korozije je hitrost propadanja odvisna od katodne reakcije (katoda — grafit), čim večja je površina katode, hitreje poteka korozija. Zato so boljši rezultati nodularne litine razumljivi, ker je velikost grafita (velikost površine katode) pri nodularni litini najugodnejša. Pri koroziji v nevtralnih in bazičnih sredinah (npr. morska voda, navadna voda, zemlja, atmosfera, itd.) kaže nodularna litina približno enake rezultate kot siva litina. Seveda moramo pri tem upoštevati visoko trdnost nodularne litine, ki jo vključuje isti korozivnosti postavlja pred sivo litino. V nevtralnih in bazičnih sredinah se ustvari na površini odlitka zaščitna plast, ki brani dostop kisika do železa.

DIAGRAM KOEF. TRENJA IN PRITISKA PRI BRZINI 2,2m/sek



Slika št. 26

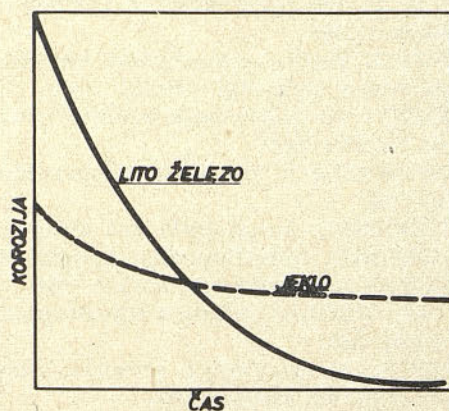
Od značaja in debeline te plasti je odvisna odpornost proti koroziji. Pri sivi in nodularni litini je ta zaščitna plast sorazmerno trdna in enovita in štiti odlitke pred korozijo ter postavlja obe vrsti litine močno pred jeklo navadne kvalitete.

Antikorozijske sposobnosti nodularne litine se močno izboljšujejo z nizkim legiranjem (npr. 1,5 % Ni), še boljše pa so pri avstenitni nodularni litini.

Podatki korozije pri laboratorijskih poskusih so dali naslednje rezultate:

	Nodul. litina feritna mm/leto	Nodul. litina avstenitna mm/leto	Siva litina feritna mm/leto
H ₂ SO ₄ 5% pri 30 ⁰ C	81,3	2,6	203,2
NaCl 3,4% pri 30 ⁰ C	0,79	—	0,66
	(1,5% Ni)		(1,5% Ni)
Korozija zemlje	1,19	—	1,75
Morska voda pri 27 ⁰ C	—	0,46	—
Pitna voda	—	0,058	—

KOROZIJA JEKLA IN LITINE



Slika št. 27

(Nadaljevanje)

Novosti v strokovni tehnični knjižnici

(Od 25. V. do 1. XII. 1964)

- KURT ELLERSIEK, FRITZ HÜBNER u. OTTO FÄRBER: Die BEFÖRDERUNG von stückigen, körnigen und mehligen Baustoffen. Verlag Wiesbaden, 1957.
- PROTASOV A.: Kalibrovka prokatnih valjkov. Metalurgizdat 1963.
- JOING G. V.: Instrumentalnije metodi himičeskogo analiza. Prevod s angleckoga. Moskva 1963.
- DUBIELZIG F.: Neue Arbeitsmethoden in der Stahl- und Graugießerei. VEB-Leipzig 1961.
- Die ERARBEITUNG von Materialverbrauchsnormen fuer die Industrie. VEB-Leipzig 1961.
- KOSMAČEV I. G.: Spravočnaja knjiga instrumentalščika. 1963.
- PRIRUČNIK za armirani beton. Branko Širola. Zagreb 1961.
- SPRAVOČNIK mašinstrojitelja. Tom 5. knj. 2. Moskva 1964.
- Die VERUNREINIGUNG der Luft. Ursachen. Wirkungen. Gegenmassnahmen. Verlag Chemie. Weinheim. 1964.
- PRIRUČNIK O ISPITIVANJU I TEHNOLOŠKIM UVJETIMA PRIPREME pogonske vode. Zagreb 1961.
- ZBORNIK prvog republ. simpozija održavanja i zaštite strojeva, opreme, i tehn. materiala. SR Hrvatska, Zagreb 1962.
- LUEGER — Lexikon der Technik. Werkstoffe und Werkstoffprüfung. Band 3. Stuttgart cop. r. 1961.
- LUEGER Lexikon der Technik. Lexikon der Hütten-technik. B. 5. 1963.
- ENGLJSKO-SRPSKOHRVATSKI tehnični rečnik. Elektronika. Bgd. 1964.
- KRAMER I. L.: Vlijanije sredji na mehaničeskije svojstva metallov. Moskva 1964.
- BOREVSKIJI V. M.: Podgotovka sastavov s izložnicami dlja razlivki stali. Moskva 1964.
- oslabljeniji vrednog vlijanija fosfora na kačestvo
- MOLDAVSKII O. D.: Rolj kremnija i aljominija v stali. 1964.
- PREVRASČENIJA v splavah i vzajmodejstvije gaz. Riga 1963.

- GOLDENBERG L. I.: Prirodnolegrovaniji čugun — rezerv promišljenosti. Metallurgija — Moskva 1964.
- MRISTAL M. A.: Vnutrenoe trenije v metallah i splavah. Moskva 1964.
- PRIMENENNIE Zazov — zamenitelei acetilena pri gazoplamennoj obrabotki metallov. 1964.
- M. V. MALJCEV.: Modificirovanije strukturi metallov i splavov. Moskva 1964.
- NEOVERŠENSTVA v kristallah poluprovodnikov, Moskva 1964.
- P. I. SOKOLOVSKI.: Armaturnije stal, Moskva 1964.
- A. Ja. BOLJINSKIJ: Konstruirovanje čugunih detalej i ih litejnaja tehnologičnost. Moskva 1964.
- I. P. ŽETVIN.: Udaleniye okalini s poveršnosti metallova. Moskva 1964.
- V. V. STEPIN.: Analiz Čornjih metallov, splavov i margancovih rud. Moskva 1964.
- riallov. Moskva 1964.
- SPEKTRALNIJE i hemičeskije metodi analiza materijallov. Moskva 1964.
- GRAFIT kak visokotemperaturnij material. Pervod. L. G. BELUHA: Tablici dlja vičeslenija razmerov form ognjeupornih izdelij. »Metallurgija« 1964.
- N. N. KAČANOV: Prokalivaoemostj stali. Moskva 1964.
- G. DREIER: Učeniye o pročnosti i uprugosti. Pervod. Moskva 1964.
- S. A. FILIPPOV: Spravočnik termista. Moskva 1964.
- R. V. HONIKOMB: Vlijaniye temperaturi i legirujuščih elementov na deformacij monokristallov. Moskva 1964.
- METALLOVEDENIJE i termičeskaja obrabotka. Moskva 1964.
- B. TRIFUNOVIĆ: Standartni alatni čelici. Beograd 1964.
- PRETNAR Stojan: Pronalasci i tehnička unapredjenja. Zagreb 1961.
- SPRAVOČNIK mašinostrojitelja. Tom 6. Moskva 1964.
- BIBLIOGRAFIJA Jugoslavije št. 1, 2, 3, 4, Beograd 1964.
- SEDANJA in PERSPEKTIVNA dejavnost raziskovalnih organizacij s področja matematično-tehničnih ved. Ljubljana 1964.
- ELEKTROSTAHLERZEUGUNG. F. Sommer. »Stahleisen« — Düsseldorf 1964.
- The TECHNOLOGY of scandium, yttrium and the rare earth metals. E. V. Kleber and B. Love. Oxford 1963.
- VENTILATOREN. Entwurf der Radial-, Axial- und Querstromventilatoren. Berlin 1962.
- VERGASER HANDBUCH. H. Illgen. Berlin 1963.
- INDUSTRIJSKO OSVETLJENJE I BUKA. M. Jovanovič-Stefanovič i O. Piškorič. Beograd 1964.
- SPECTRAL-ISOTOPIC METHOD for the determination of Hydrogen in metals. Translated, London 1961.
- F. HENZE: Atlas der Messgeräte. Berlin 1961/1962.
- SCHEER: VASSERINSTALATION. Berlin 1964.
- PAJK M.: Kalkulacija gradbenih del. Ljubljana 1964.
- SERDAR J.: Prenosila i dizala. Zagreb 1963.
- RANT Z.: Termodinamika. Knjiga za uk in prakso. Ljubljana 1963.
- WAGNER B.: Elektronische Verstärker. Berlin 1961.
- SLUŽBA tehnične informacije v podjetju in njene ekonomske novosti. Ljubljana 1963.
- BIBLIOGRAFIJA Jugoslavije 1. 1964 št. 5 do 8.
- SLOVENAČKO-SRPSKOHRVATSKI rečnik. Beograd 1964.
- SAMAL E.: Grundriss der praktischen Regelungstechnik. München 1964.
- N. J. TAIC: Metodičeskie nagrevateljnije peči. Metallurgizdat, Moskva 1964.
- A. A. GORŠKOV: Litije kolenčatije valji. Moskva 1964.
- IVANČENKO F. K. Mehaničeskoe oborudovanie staloplavilnjih cehov. Metallurgija. Moskva 1964.
- A. M. Zaharov: Diagrammi sastojanii dvojnijh i trojnijh sistem. Metallurgija, Moskva 1964.
- V. I. BEROGOVSKI: Kompleksnoje ispolzovanije piritnih ogarkov. Metallurgizdat, Moskva 1963.
- E. M. BLANK: Spravočnik formovščika. Mašgiz, Moskva 1963.
- METODOLOGIJA uporabe enotnih pokazovalcev in primerjanja poslovnih rezultatov gospodarskih organizacij. Ljubljana 1964.
- MINERALÖLPRODUKTE. Band 2: Prüfverfahren. Teil 2. Handbuch. 1963.
- SELBSTERREGTE SCHWINGUNGEN an Werkzeugmaschinen. VEB — Verlag Technik Berlin Co. 1962.
- RAZLIVKA I ZATRDVANJE metalla. Izdanje vtoroe pererabotnoe. »Mašinostrojenje«, Moskva 1964.
- K. M. SKOBNIKOV: Ekonomija metalla v litejnom proizvodstve »Mašinostrojenje«, Moskva 1964.
- KONSTRUKCIJONNIJE i žaropročnije splavi. — Kiev 1963.
- PROIZVODSTVO krupnijh mašin. Vipusk V. 1964.
- BIBLIOGRAFIJA Jugoslavije 1964, št. 9, 10, 11.
- KOGOJ P.: Organizacija in psihologija dela. Založba Življenje in tehnika, Ljubljana 1963.
- WERKSTOFFNORMEN — Stahl und Eisen, Taschenbuch 4, Berlin 1964.
- PROSNJAKOV A. A.: Plastičnost tehničkih splavov. Spravočnije materiali. Alma Ata 1964.
- SAMSONOV G. V.: Proizvodstvo železnogo poroška. Moskva 1957.
- ŠIROLA B. S.: Statika gradževnih konstrukcija. Prva i druga knjiga. »Tehnička knjiga«, Zagreb 1962.
- MOSKJIN V. S.: Osnovji legirovanja stali. Izd. »Metallurgija Moskva«.
- VOLPJANSKI: Šihtla dlja čugunnogo i staljnogo litja. Izd. vtoroe. »Mašinostrojenje«, Moskva 1964.
- MALEROVITZ K.: Unternehmenspolitik, Band I, Band II, Freiburg 1963.
- BOBOR Jo. G.: Aljuminovje čuguni. Harkov 1964.
- GUSSEISEN — Handbuch. Giesserei-Verlag GmbH, Düsseldorf 1963.
- BRUNKLAUS Henri J.: Industrieofenbau. Vulkan-Verlag, Essen 1962.
- AGHTE Klaus: Kostenplanung und Kostenkontrolle im Industrie-Betrieb. Baden-Baden 1963.
- INDUSTRIEOFEN und Ölfeuerung. Feuerfeste Baustoffe. Essen 1961.
- LITTERSCHEIDT W.: Über die Regelung von gasgeheizten Industrieöfen, Heft I. Essen 1953. Heft II.
- MECHANIZACIJA I AUTOMATIZACIJA litejnogo proizvodstva. Kiev 1962.
- TABLES of Physical and Chemical Constants. 1958.
- A. N. HAHALIN: Ekonomika, organizacija i planirovanje martenovskogo proizvodstva stali. Moskva 1964.
- A. N. OĞLOBIN: Priručnik za metaloglodatce, Rađ, Beograd 1964.
- STALEPLAVILJNOE proizvodstvo. Spravočnik Tom I, II, Moskva 1964.