

Heribert Sidan, dipl. inž.

ASM/SLA: T 29 s; TS; J; S 22

Steirische Gusstahlwerke AG — Judenburg

DK: 678.05 : 669.14.018.2, 621.785 : 658.516

Jože Rodič, dipl. inž.

Železarna Ravne

## Izbira in toplotna obdelava jekel za izdelavo orodij v industriji umetnih mas

V uvodnem delu je v kratkem prikazano področje industrije umetnih mas s pregledom načinov proizvodnje in s klasifikacijo izdelkov po tehnoloških značilnostih. Z ozirom na značilnosti pogojev uporabe je podana osnovna sistematika pri izbiri jekel z razdelitvijo posameznih jekel v pet skupin. Po teh skupinah so v nadaljevanju obravnavane lastnosti jekel, njihova uporabnost, posebnosti pri toplotni obdelavi, možnosti oplemenitenja površine ipd. V obliki kratkega povzetka je podan pregled lastnosti, ki jih pri tovrstnih orodjih zahtevamo.

Področje je izredno široko, v članku pa ni mogoče obravnavati podrobnosti in ozkih specialnosti, ki pa so večkrat odločilnega pomena. Zato je podan obsežen pregled literature.

### 1. UVOD<sup>1-7</sup>

Uporaba umetnih snovi za predmete splošne in tehnične uporabe od najmanjših delcev v masovni izdelavi do največjih kosov, kot npr. čolnov iz umetnih snovi ojačenih s steklenimi vlakni, neprestano narašča. Vloga industrije umetnih mas v našem gospodarskem življenju je iz leta v leto pomembnejša. Slika 1 prikazuje količinsko naraščanje svetovne proizvodnje umetnih mas.

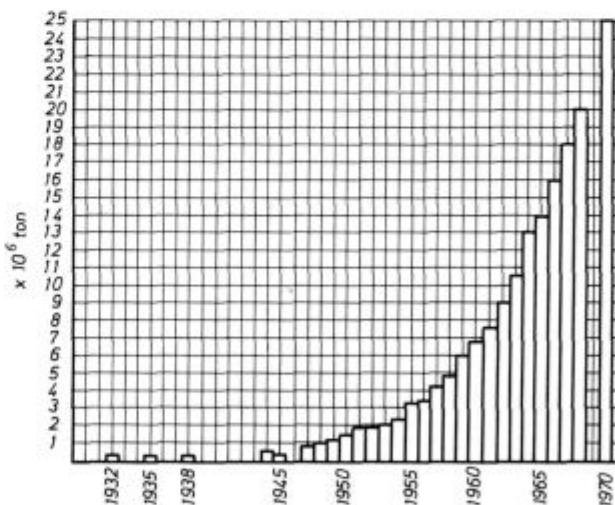
Po ocenah predstavljajo v skupni količini proizvodnje približno 60-odstotni delež izdelki postopkov stiskanja, brizgalnega stiskanja, brizgalnega litja in podobnih postopkov. Preosta-

**Opomba:** Članek je prirejen po obširnem še neobjavljenem elaboratu

H. Sidan: Auswahl, Wärmebehandlung und Bearbeitung der Stähle für Formwerkzeuge in der Kunststofftechnik s sodelovanjem avtorja in z dovoljenjem direktorja Steirische Gusstahlwerke AG — Judenburg, Avstrija, kateri se oba avtorja zahvalujeta za dovoljenje.

lo količino predstavljajo folije, penasti materiali, prahovi in posamezne surovine ter polprodukci.

Že samo naraščanje količin potrošnje napravi močan vtis, še bolj zanimiva pa je ogromna raznolikost lastnosti teh snovi in razširjanje uporabe na področja, ki so bila doslej strogo rezervirana za druge materiale — predvsem kovine. Največkrat pa pridemo do napačne predstave o prodoru umetnih snovi, saj največkrat te ne nastopajo kot konkurenti, ampak kot zelo pomembni dopolnilni materiali.



Slika 1  
Razvoj svetovne proizvodnje umetnih mas

### 2. UMETNE MASE<sup>1, 8-16</sup>

V ogromni množici najrazličnejših umetnih mas je nujno potrebno nekako klasificiranje, pri čemer se poslužujemo različnih stališč, kot npr. po izvoru, po kemični zgradbi, po obnašanju v toploti itd.

V proizvodnji gotovih izdelkov z oblikovanjem brez odvzemanja materiala je odločilno obnašanje pri segrevanju. Pri tem razlikujemo tri skupine:

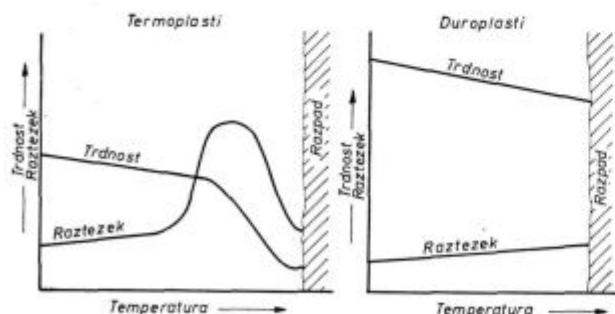
- termoplasti,
- duroplasti in
- elasti.

Lastnosti termoplastov so močno odvisne od temperature. Pri poviševanju temperature se omehčajo, tako da jih je mogoče plastično oblikovati, pri ohlajevanju pa se zopet utrjujejo. To je ponovljiv fizikalni postopek, ki ima svojo osnovo v vrsti molekularne zgradbe. Če tako umetno maso preveč segrejemo, nastopi kemični razpad.

Najvažnejši predstavniki termoplastov so: polivinilklorid, polietilen, polistirol, polikarbonat, poliamid, poliacetal.

Fazonski izdelki iz termoplastov se izdelujejo skoraj izključno s tlačnim litjem, profili, folije in trakovi pa pretežno s stiskanjem skozi matrice. V poštev pride še nekaj drugih postopkov izdelave in predelave. Z raznimi dodatki, mehčalci, stabilizatorji, ojačevalci so dane možnosti za spremembe lastnosti.

Duroplaste ali duromere karakterizirajo prav nasprotno lastnosti. To so umetne snovi, ki se zaradi značilne molekularne zgradbe dajo utrjevati. Njihove lastnosti so od temperature manj odvisne, niso taljive in razpadejo pri višjih temperaturah, preden dosežejo plastično preoblikovalnost. (Slika 2) Plastično preoblikovanje npr. s stiskanjem lahko poteka le, dokler imamo opravka s termoplastičnim predizdelkom. Z določenim postopkom toplotne obdelave prevedemo duroplastično snov v netaljivo in netopno stanje. Utrjenih delov ne moremo več preoblikovati brez odvzemanja materiala, ker surovino lahko samo enkrat uporabimo. Najvažnejši duroplasti so: fenolne in kresolne smole, aminoplasti, določene vrste poliesternih smol, epoksismole.



Slika 2

Lastnosti termoplastičnih in duroplastičnih umetnih mas pod vplivom temperature

Predelava predizdelkov je vezana največkrat na oblikovno stiskanje in stiskanje z vbrizgavanjem. Iz teh predizdelkov dobimo nato gotove izdelke duroplastov. V zadnjem času se razvija še nekaj drugačnih postopkov.

Za doseganje najrazličnejših posebnih lastnosti in za povečanje trdnosti ter žilavosti se uvajajo najrazličnejše kombinirane sestave.

Vmesni položaj med termoplasti in duroplasti zavzemajo elasti s širokim področjem uporabnosti ob različnih sestavah.

Podrobnejše obravnavanje umetnih mas bi presegalo ta okvir.

### 3. Oblikovanje umetnih mas<sup>8,11-34</sup>

Oblikovanje umetnih mas je tako široko in tako specializirano področje, da ga ne moremo podrobneje obravnavati. Zato se lahko zadovoljimo z ugotovitvijo, da se umetne mase oblikujejo

- v tekočem stanju,
- v plastičnem stanju,
- v penastem stanju.

Končne izdelke pa oblikujemo tudi iz polizdelkov:

- s preoblikovanjem termoplastov,
- z obdelavo z odvzemanjem materiala in
- z varenjem.

Orodja, oziroma tisti deli naprav, ki so v neposrednem stiku z umetnimi masami med oblikovanjem, morajo imeti določeno korozijsko obstojnost, zaradi česar imajo nerjavna jekla na tem področju zelo velik pomen.

Pri stiskanju so specifični pritiski največkrat v mejah 200 do 600 kp/cm<sup>2</sup>, včasih pa je treba računati tudi s pritiskom do 1000 kp/cm<sup>2</sup>. Pri brizgalnem stiskanju so specifični pritiski mnogo višji in lahko v brizgalnem cilindru ali predkorni dosežejo do 2500 kp/cm<sup>2</sup>. Seveda so v sami formi pritiski znatno nižji.

Nekatere polnilne snovi pri različnih postopkih stiskanja orodja precej obrabljajo. Obraba je odvisna tudi od konstrukcijske izvedbe. Večkrat se deli na mestu največje obrabe zamenjujejo, če je to predvideno v konstrukcijski izvedbi orodja. Literatura, ki obravnava tudi vrste in lastnosti jekel za izdelavo orodij v industriji umetnih mas, je zelo obsežna, kljub temu pa je problem izbire jekel za te potrebe vedno še odprt. Pojavljajo se nove snovi, avtomatizirani postopki, visoko produktivni stroji in komplicirane oblike orodij zahtevajo od jekel vedno nove in vse težje zahteve glede kvalitete površin, ozkih toleranc in mnogih drugih lastnosti, ki jih bomo v nadaljnjem nekoliko podrobneje obravnavali. Razvijajo se tudi novi postopki obdelave in oplemenitenja površin, katerim morajo biti jekla po svojih lastnostih primerno prirejena.

Prav za področje, ki ga obravnavamo, lahko trdimo, da zahteva najbolj intenzivno skupno delo med proizvajalci jekel, tehnologi v industriji umetnih snovi, orodjarji in tehnologi toplotne obdelave.

#### 4. Jekla za orodja pri oblikovanju umetnih mas<sup>21, 24, 25, 35—47</sup>

Izbira najugodnejšega orodnega jekla za izdelavo form je poleg konstrukcijske izvedbe odločilnega pomena za gospodarno in kvalitetno predelavo umetnih mas. Pri izbiri jekla moramo upoštevati zelo različne karakteristike umetnih mas in njihov vpliv na orodje (npr. korozija, obraba). Značilnosti tehnološkega postopka v veliki meri odločajo o zahtevah, ki jih moramo upoštevati pri izbiri jekla (npr. tlačna trdnost). Zelo različne so tudi zahteve glede predvidene izdržljivosti orodij in zahtevane kvalitete površine, upoštevati pa je treba največkrat tudi možnosti orodjarne za mehansko obdelavo in toplotno obdelavo. Z ozirom na omenjene zahteve in možnosti lahko razdelimo jekla za izdelavo orodij v industriji umetnih mas v sledeče skupine:

- jekla za cementacijo,
- močno prekaljiva jekla,
- jekla za uporabo v dobavljenem stanju,
- jekla za nitriranje,
- korozijsko obstojna jekla.

Večina jekel, ki se uporabljajo na tem področju, je poznana iz mnogih drugih področij uporabnosti, tako da pravzaprav ni jekel, ki so specialno namenjena za to področje uporabe. Često kemijska sestava jekla niti ni odločilne važnosti in je mnogo važnejša ustreznost prilagoditev zahtevanih lastnosti in posebna pazljivost pri izdelavi jekla s posebnimi zahtevami glede kontrole kakovosti.

##### 4.1 — Jekla za cementacijo

Za izdelavo orodij v industriji umetnih mas se v Evropi po količini največ uporabljajo jekla za cementacijo, v ZDA pa močno prekaljiva jekla.

Na tem področju so odločujoče lastnosti jekel za cementacijo visoka trdota na površini in dobra odpornost proti obrabi pri istočasno žilavem jedru. Tudi sposobnost za poliranje je dokaj dobra. Trdnost jedra reguliramo z izbiro jekla ustrezne kemijske sestave. Nadaljnja prednost jekel za cementacijo je dobra sposobnost za ob-

delavo brez odzemanja materiala s hladnim vtiskovanjem, kakor tudi z odzemanjem materiala. Tudi za elektro kemično ali elektro erozivno obdelavo so ta jekla primerna. Slabo stran te skupine jekel v primerjavi z ostalimi predstavlja nekoliko bolj zahtevna in zamudna toplotna obdelava, posebno pa nevarnost večjih dimenzijskih sprememb pri neugodnih pogojih cementacije in kaljenja.

V tabeli 1 so glavni podatki te skupine jekel. Pri jeklih številka III in IV se v slučaju kompliciranih oblik in deformacijsko občutljivih orodij za termoplastične umetne mase vedno več namesto cementacije uporablja nitriranje po tenifer postopku.

Pogoji toplotne obdelave za ta jekla so splošno poznani in jih zato ne navajamo, pač pa se v slučaju kompliciranih orodij, posebnih postopkov in posebnih zahtev priporoča čim tesnejši stik med proizvajalcem in uporabnikom jekla.

Jeklo številka I je posebej namenjeno za globoko hladno vtiskovanje in po cementaciji za kaljenje v vodi. Uporaba je omejena na manjše dele — vložke in v glavnem za uporabo v predelavi termoplastov. Za večje dimenzije in za predelavo duroplastov je to jeklo zaradi premajhne trdnosti jedra mnogo manj uporabno. Pri večjih kosih tudi meroobstojnost pri kaljenju v vodi ni zadovoljiva. Nekaj pomanjkljivosti tega jekla omili uporaba jekla številka II.

Jeklo številka III je univerzalno uporabno z zelo ugodnimi lastnostmi. Za hladno vtiskovanje mora biti specialno žarjeno in pri vtiskovanju posebno globokih oblik je potrebno vmesno žarjenje. Cementirana površina tega jekla ima odlično odpornost proti obrabi, visoka trdnost jedra pa omogoča uporabo tega jekla tudi za večje dimenzije orodij, v kolikor niso zahteve po žilavosti prevelike. Tenifer postopek namesto cementacije rešuje problem dimenzijske obstojnosti. To jeklo se je zelo dobro izkazalo tudi za trdo kromanje in nikljanje po »Kanigen« — ali »Nibodur« — postopku. Ta tip jekla praktično skoraj nima omejitev v uporabi za orodja industrije umetnih mas, ker pa je to jeklo z ozirom na svojo kemij-

Tabela 1: Jekla za cementacijo

Oznaka jekla				Orientacijska sestava					Uporaba izdelava		Žarjeno Trdnost	Cementirano		Opombe
Št.	W Nr <sup>1)</sup>	JUS	ŽR <sup>2)</sup>	C	Mn	Cr	Ni	Mo	Hladno vtiskovanje	Mehanska obdelava	kp/mm <sup>2</sup>	Trdota površine HRC	Trdnost jedra kp/mm <sup>2</sup>	
I.	-1.1803	Č. 1060	SPŽ 1	max. 0,08	0,20	—	—	—	+++	x	max. 38	62 - 64	45 - 60	Kaljenje v vodi, samo za majhna orodja
II.	1.2341	—	— <sup>3)</sup>	max. 0,06	0,10	4,00	—	0,50	+++	x	max. 40	63 - 65 58 - 62	80 - 95 70 - 80	Kaljenje v olju ali termalno Kaljenje na zraku
III.	1.2310	Č. 4720	ECMo 80	max. 0,20	1,00	1,20	—	0,25	+	+	max. 55 <sup>4)</sup> max. 70	62 - 65 48 - 50	110 - 140 80 - 110	Kaljenje v olju ali termalno Kaljenje na zraku
IV.	1.2735	Č. 5426	ECN 35	0,17	0,50	0,70	3,50	—	x	+++	max. 75	62 - 64	90 - 120	Kaljenje v olju ali termalno
V.	1.2745	Č. 5427	ECN 45	0,13	0,50	1,00	4,50	—	x	+++	max. 80	62 - 64 56 - 60	120 - 140 110 - 120	Kaljenje v olju ali termalno Kaljenje na zraku

+++ pomeni „se posebno priporoča“  
+ pomeni „se mnogo uporablja“  
x pomeni „je mogoče uporabiti“

1) Po Stahl-Eisen-Liste, 2. izd. 1967 in 3. izd. 1969

2) Interna oznaka železarne Ravne

3) Se proizvaja po dogovoru v slučaju količinsko zadostnih naročil

4) Mehko žarjena za hladno vtiskovanje

sko sestavo tudi razmeroma ceneno, se največ uporablja in po količini daleč prekaša vse ostale vrste jekel, ki se uporabljajo na tem področju.

Jeklo številka IV ima v primerjavi z jeklom številka III določene prednosti predvsem v pogledu žilavosti. V posebnih primerih ima prednosti tudi glede kaljivosti in meroobstoynosti. Po večini drugih pomembnih lastnosti pa ima jeklo številka III precejšnje prednosti.

Jeklo številka V je še bolj namenjeno specialnim zahtevam.

Druge vrste jekel za cementacijo so toliko vezane na posebne primere uporabe, da so v takem splošnem pregledu skoraj brez pomena.

Poleg trdnosti jedra je za visoko obremenjena orodja večkrat žilavost tudi odločilna pri izbiri jekla. Na slikah 3 in 4 je podana primerjava žilavosti prob iz sredine kvadratnega preseka 80 mm in 12 mm. Na teh slikah žilavosti jekla številka II zaradi izredno nizke trdnosti jedra skoraj ne moremo primerjati z ostalimi. Očitno pa je, da

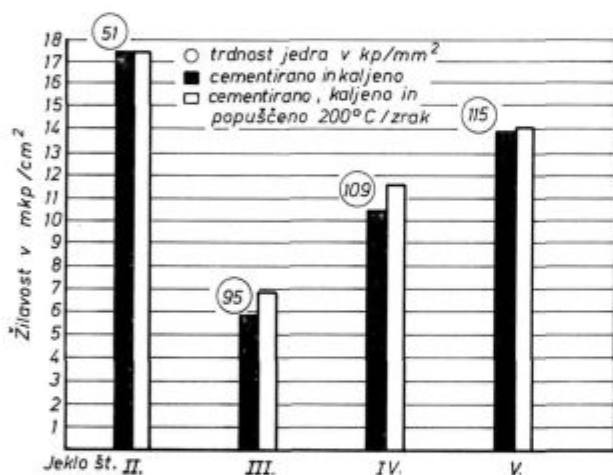
je žilavost v sredini večjih presekov pri nikljevih jeklih (številka IV in V) znatno višja od jekla številka III, kljub višji trdnosti jedra. Pri manjših dimenzijah so razlike v žilavosti praktično nepomembne.

Pri izbiri jekla za orodja večjih dimenzij dobimo informacije odločilnega pomena v rezultatih Jominyjevega preizkusa kaljivosti.

#### 4.1.1 — Toplotna obdelava jekel za cementacijo<sup>24, 40-42, 46, 48-64</sup>

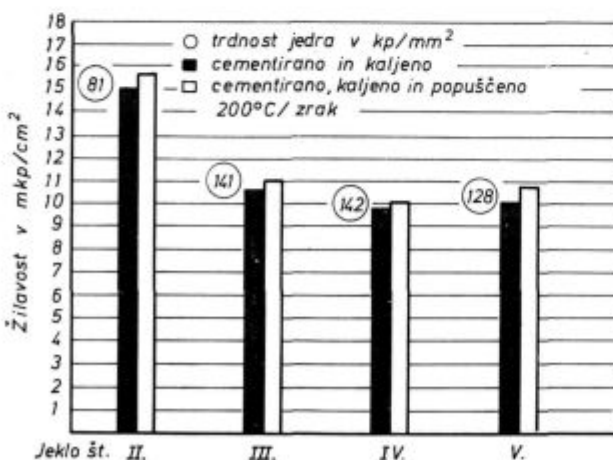
V zvezi s toplotno obdelavo orodij za predelavo umetnih mas lahko popolnoma splošno trdimo, da izpolnjevanje zahtev in splošna kakovost orodij ni odvisna samo od pravilnosti izbora in kakovosti izbranega jekla ter od preciznosti izdelave orodja po ustrezni konstrukcijski izvedbi, ampak v zelo veliki meri tudi od ustreznosti in pazljive toplotne obdelave. To velja na tem področju mnogo bolj kot na drugih področjih in še posebno pri skupini jekel za cementacijo. Moramo poudariti, da se prav toplotni obdelavi teh orodij v praksi posveča mnogo premajhna pozornost. V industriji umetnih mas, ki imajo svoje orodjarne, je največkrat toplotna obdelava dokaj zapostavljena, v specialnih orodjarnah z urejeno toplotno obdelavo, ki opravljajo usluge za industrijo umetnih mas, pa se premalo upoštevajo posebne zahteve tega področja. Neustrezna strokovnost na področju toplotne obdelave, neustrezna oprema in pomanjkanje časa za sistematično osvajanje in preizkušanje so največkrat vzroki napak — med njimi so najpogostejše nedopustne deformacije — in slabe izdržljivosti orodij. Splošno lahko trdimo, da so kakršnikoli prihranki na področju toplotne obdelave teh orodij zelo dragi. Velik del raziskav lastnosti, ki so pri toplotni obdelavi teh orodij odločilne, bi opravili proizvajalci jekel, če bi bila povezava in izmenjava informacij s potrošniki boljše.

Deformacije, ki nastopajo pri toplotni obdelavi, lahko z ustreznimi ukrepi držimo v sprejemljivih mejah. Pri mehanski obdelavi pride v odvisnosti od postopka in stanja obdelovalnih orodij do večje ali manjše hladne deformacije, ki povzroča hladno utrditev in notranje napetosti. Posebno jekla za cementacijo z nizko trdnostjo so v tem pogledu zelo občutljiva. Žarjenju za odpravo napetosti je na tem področju posvečati posebno pozornost. Obično se izvede med grobo in končno fino obdelavo. Pri hladnem vtiskovanju nastajajo posebno velike napetosti, zato je potrebno po teh operacijah posebno žarjenje za odpravo napetosti pri nekoliko višjih temperaturah, zato pa je potrebno vtisnjene površine posebej zaščititi pred škajanjem. Pri velikih orodjih iz jekel za cementacijo s posebnimi zahtevami glede meroobstoynosti je postopek predpoboljšanja ugodnejši od žarjenja za odpravo napetosti. Grobo obdelana orodja se kali v olju in nato popušča na 550 do 650° C. V kolikor se kasneje orodja v predpoboljšanem



Slika 3

Žilavost jekel za cementacijo št. II. do V. iz tabele 1. Probe DVMR iz sredine kv. 80 mm



Slika 4

Žilavost jekel za cementacijo št. II. do V. iz tabele 1. Probe DVMR iz paličastega jekla kv. 12 mm

stanju nitrirajo pa tenifer postopku, mora biti temperatura popuščanja najmanj 30°C višja od temperature nitriranja. Predpoboljšana orodja iz jekel za cementacijo so brez napetosti zaradi obdelave, se dajo dobro fino obdelovati in imajo tudi izboljšano sposobnost za poliranje.

Postopek cementacije je pri teh orodjih največkrat odvisen od razpoložljivih naprav in od velikosti orodij. Za velika orodja je razumljivo, da prevladuje cementiranje v trdnih sredstvih, srednja in manjša orodja pa se cementirajo v kopelih ali plinsko. Posebnost, ki jo velja omeniti pri cementaciji teh orodij, je v tem, da zaradi doseganja minimalnih deformacij ni mogoče vedno izbrati optimalnih pogojev cementacije. Večkrat ima namreč meroobstojnost prednost pred rezultati, ki jih običajno zahtevamo pri cementaciji.

Globina cementacije je največkrat v mejah 0,5 do 0,9 mm. Samo v slučaju največjih obremenitev na obrabo se ta poveča do 1,2 mm. Pri manj obremenjenih formah za brizgalno litje popolnoma zadošča že globalna cementacija 0,3 do 0,5 mm. Na površini je vsebnost ogljika večinoma 0,7 do 0,9 %. Višje vsebnosti ogljika povzročajo krhkost, izločanje karbidov, cementitno mrežo in zaostali avstenit. Vse to povzroča slabšo obstojnost orodij, slabšo sposobnost za poliranje in občutljivost pri kaljenju.

Pri kaljenju cementiranih orodij so najpogostejše naslednje zahteve:

- visoka trdota na površini ob dobri žilavosti cementirane plasti in dobri sposobnosti za poliranje,
- visoka trdnost jedra z dobro žilavostjo,
- čim manjše deformacije,
- cenena toplotna obdelava z razpoložljivimi napravami.

Tabela 2: Močno prekaljiva jekla

Oznaka jekla				Orientacijska sestava						Žarjeno trdnost	Poboljšano oz. kaljeno in popuš.
Št.	W. Nr <sup>1)</sup>	JUS	ŽR <sup>2)</sup>	C	Mn	Cr	Ni	Mo	V	kp/mm <sup>2</sup>	HRC
VI.	1,2767	—	— <sup>3)</sup>	0,45	0,50	1,25	4,00	0,20	—	ca. 90	48 - 54
VII.	—	Č. 5439	VCN 45 <sup>3)</sup>	0,32	0,50	1,00	5,00	—	—	ca. 85	48 - 52
VIII.	1,2842	Č. 3840	Merilo	0,90	2,00	0,20	—	—	0,12	60 - 70	60 - 62
IX.	1,2080	Č. 4150	OCR 12	2,10	0,50	12,50	—	—	—	75 - 85	60 - 62

1) Po Stahl - Eisen - Liste, 2 izd. 1967 in 3 izd. 1969

2) Interna oznaka železarne Ravne

3) Se proizvaja po dogovoru v slučaju količinsko zadostnih naročil

Ze iz tega sledi, da je pri izbiri pogojev kaljenja polno kompromisnih rešitev, pri čemer je potrebno poznati težišče zahtev.

Pri kaljenju je potrebno posebej paziti na zaščito proti razogljichenju površine.

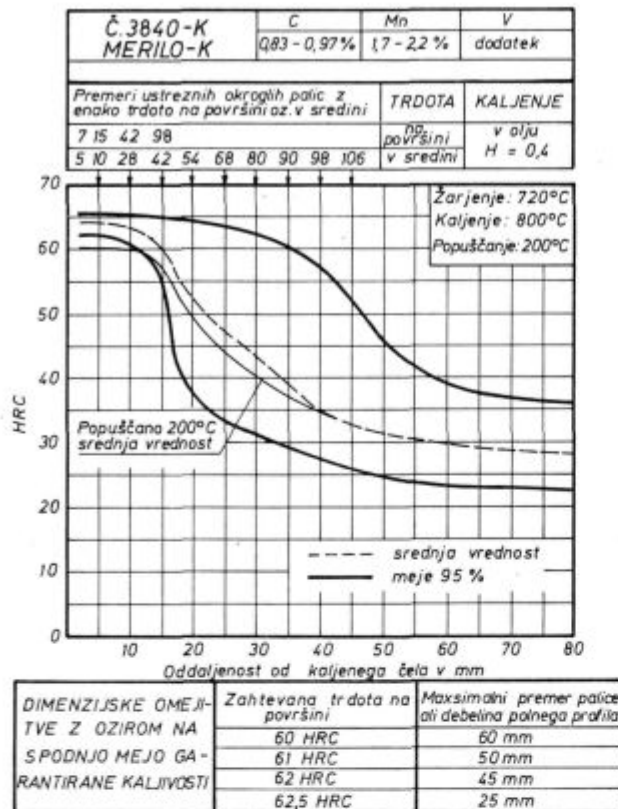
#### 4.2 — Močno prekaljiva jekla

Močno prekaljiva jekla v izdelavi orodij za industrijo umetnih mas niso po količinah tako pomembna kot jekla za cementacijo. V glavnem razlikujemo dve skupini:

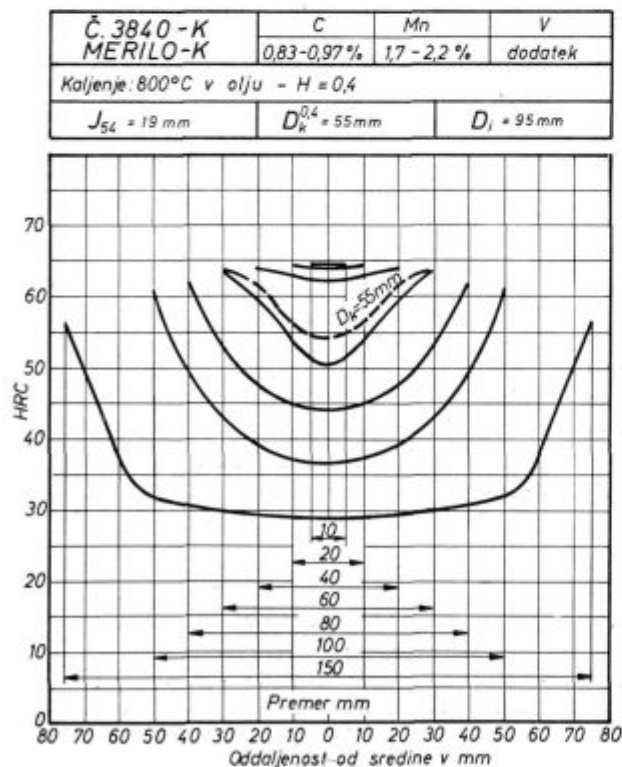
— jekla z visoko žilavostjo (jekli št. VI in VII v tabeli 2) in

— jekla z visoko trdoto (jekli št. VIII in IX v tabeli 2).

Jekla, ki pripadajo prvi od omenjenih skupin izbiramo, kadar nastopajo visoko tlačne in upogibne obremenitve. Ta jekla niso posebno nagnjena k deformacijam, zato so uporabna tudi za razmeroma komplicirane oblike in globoke gravure. V primerjavi s trdoto površine cementiranih orodij moramo pri teh jeklih računati s ca. 6 do 10 HRC nižjo trdoto. S tem v zvezi je manjša obrabna obstojnost. To pomanjkljivost kompenzirajo z nitriranjem, trdim kromanjem in debelim nikljanjem, dokaj dobre uspehe pa je že pokazalo tudi blago naogljicevanje. Glavni razlog za uporabo teh jekel je visoka tlačna trdnost osnovnega materiala. Jekli št. VI in VII imata zelo dobro kaljivost, kar omogoča prekaljivost celega preseka tudi pri večjih formah. Orodja iz teh jekel se kalijo na zraku, lahko pa tudi v olju ali termalni kopeli, pri čemer je trdota nekoliko višja, meroobstojnost pa slabša. Glavna odlika je žilavost. Sposobnost za poliranje v poboljšanem stanju je zelo dobra. Trdnost teh jekel v žarjenem stanju je nekoliko višja, kar pa pri modernih možnostih mehanske obdelave ne predstavlja posebnih težav.



Slika 5 a  
Pas garantirane kaljivosti jekla Č.3840-K (MERILO-K)



Slika 5 b

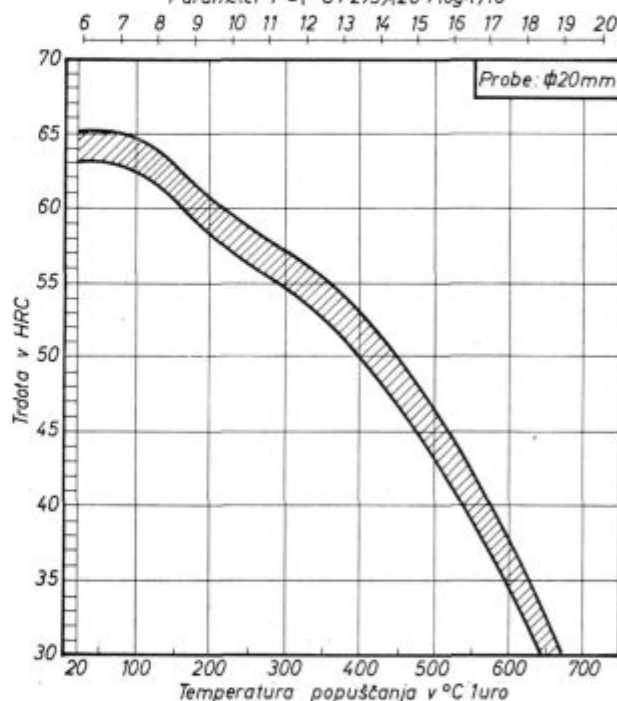
Orientacijske U-krivulje trdot po preseku okroglih palic jekla Č.3840-K (MERILO-K) pri kaljenju v olju. (Preračunano iz srednje Jominyjeve krivulje z uporabo nomograma H = 0,4. — Zvezarski zbornik 1970, št. 1, str. 28, sl. 19)

Jeklo št. VIII je nisko legirano orodno jeklo za kaljenje v olju. Odlikuje ga odlična meroobstojnost in odpornost proti obrabi. Z obzirom na kaljivost je uporaba tega jekla omejena na manjše preseke. Trdote, navedene v tabeli 2, se nanašajo na kaljenje v olju in nisko popuščanje, veljajo pa za debeline do ca. 50 mm. V žarjenem stanju je to jeklo mehko in zelo primerno za mehansko obdelavo. Sposobnost za poliranje v kaljenem in popuščanem stanju je odlična. Pri tem jeklu moramo računati z manjšo popuščno obstojnostjo, kar je treba upoštevati pri predelavi duroplastov in tudi pri nekoliko toplejši predelavi termoplastov (npr. polikarbonatov). Kaljivost tega jekla prikazujeta sliki 5a in 5b, popuščno obstojnost pa slika 6.

Č.3840 - MERILO (s srednjo kemijsko sestavo)

Kaljeno 760-840 °C v olju

$$\text{Parameter } P = (\text{°C} + 273) / (20 + \log t) \cdot 10^{-3}$$



Slika 6

Popuščni diagram jekla Č.3840 (MERILO)

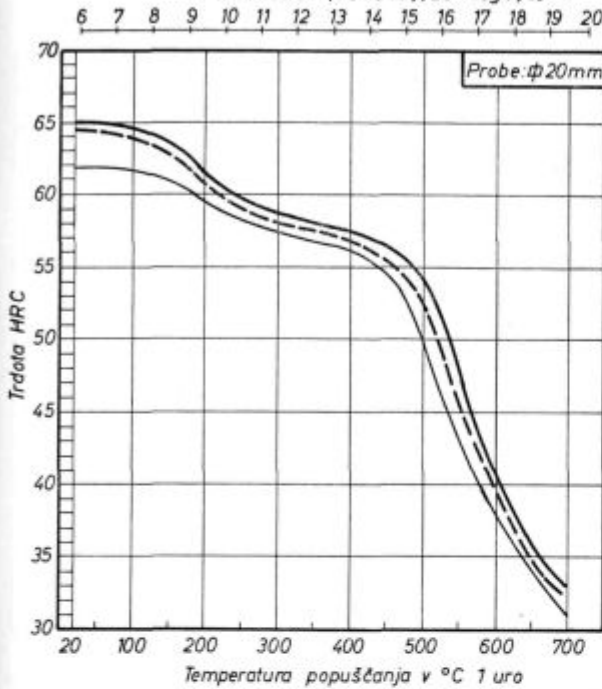
Jeklo št. IX je zelo poznano in glavni predstavnik orodnih jekel z 12 % Cr in 2 % C za kaljenje na zraku, v termalni kopeli ali v olju. Odlikuje ga visoka trdota in izredna obrabna obstojnost zaradi ledeburitne sestave z deležem karbidov. Žilavost je pač precej nizka. Tudi to jeklo je zelo meroobstojno, posebno če orodja kalimo na zraku. Glede dimenzij z ozirom na veliko prekaljivost to jeklo praktično nima omejitev. Obdelovalna sposobnost v žarjenem stanju je dobra, sposobnost za poliranje pa zaradi velikega deleža karbidov v strukturi nekoliko zmanjšana.

Č. 4150-OCR 12	C %	Cr %	V %
	2,0	12,0	0,1

Legenda:	900°	920°	950°	980°	1010°
----------	------	------	------	------	-------

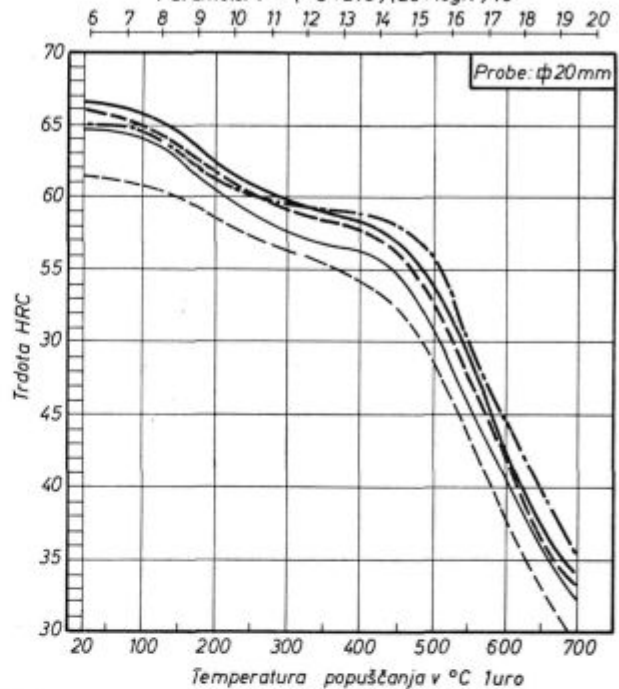
Kaljenje na zraku

$$\text{Parameter } P = (\text{°C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



Kaljenje v olju

$$\text{Parameter } P = (\text{°C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



Slika 7 a

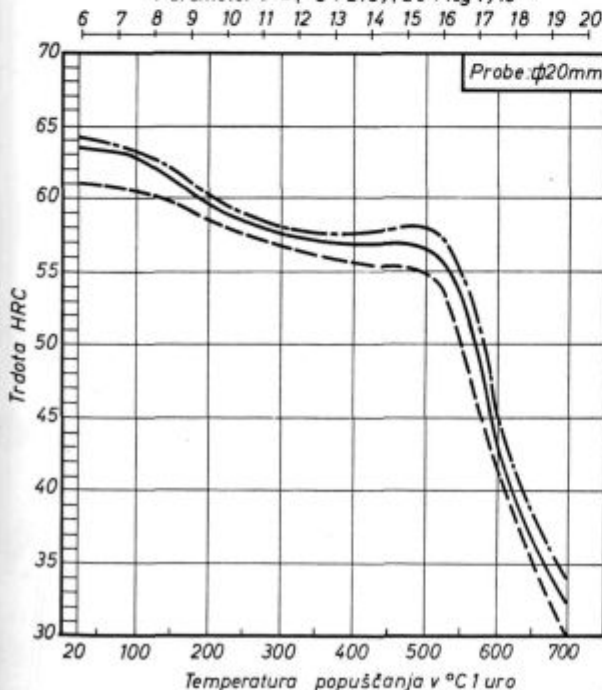
Popuščni diagram jekla Č.4150 (OCR 12) za kaljenje na zraku in v olju

Č. 4750-OCR 12 ex.	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %	V %
	1,71	0,22	0,26	12,50	0,58	0,45	0,28

Legenda:	920°	950°	980°	1010°	1040°
----------	------	------	------	-------	-------

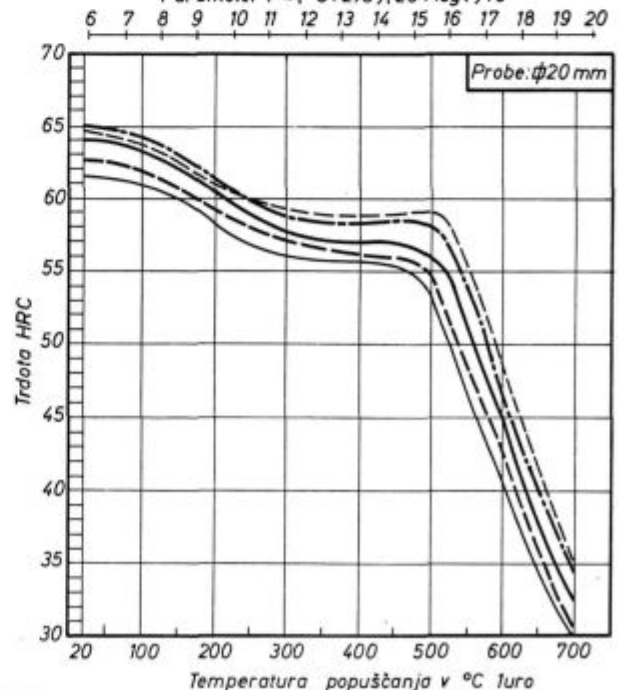
Kaljenje na zraku

$$\text{Parameter } P = (\text{°C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



Kaljenje v olju

$$\text{Parameter } P = (\text{°C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



Slika 7 b

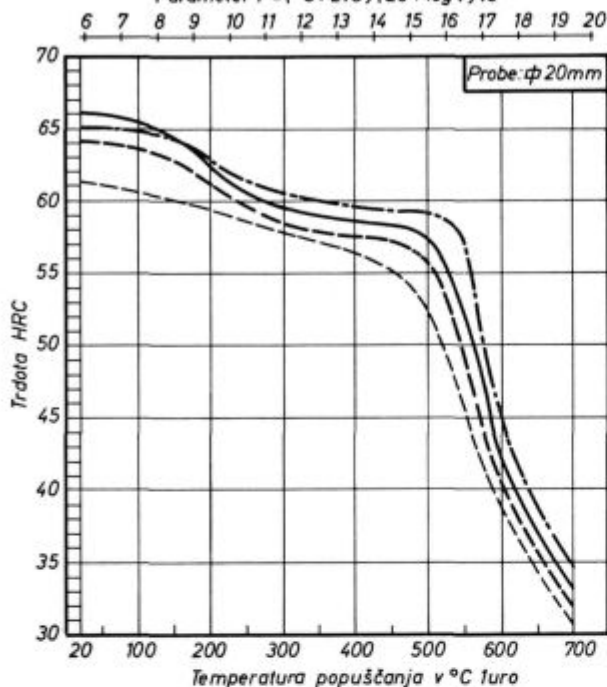
Popuščni diagram jekla Č.4750 (OCR 12 extra) za kaljenje na zraku in v olju

<b>Č.4650-OCR 12 sp</b>	C%	Si%	Mn%	Cr%	W%	V%
	1,96	0,32	0,29	12,20	0,68	0,21

Legenda: 900° 920° 950° 980° 1010°

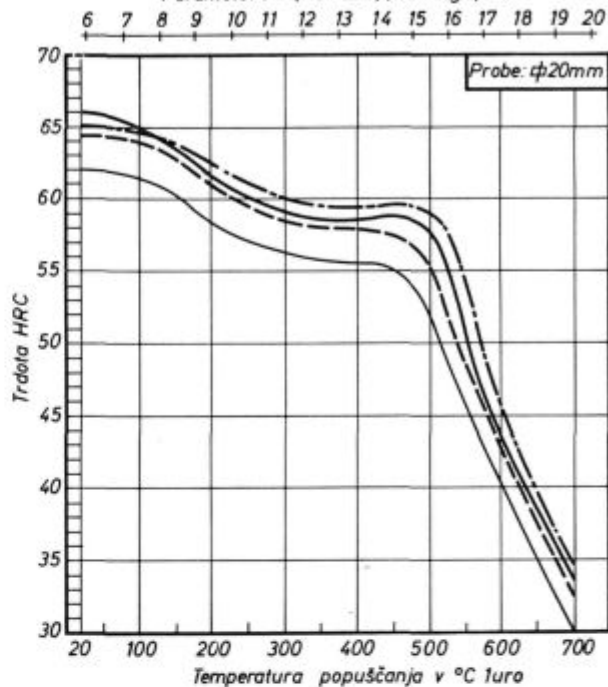
### Kaljenje na zraku

$$\text{Parameter } P = (^\circ\text{C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



### Kaljenje v olju

$$\text{Parameter } P = (^\circ\text{C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



Slika 7 c

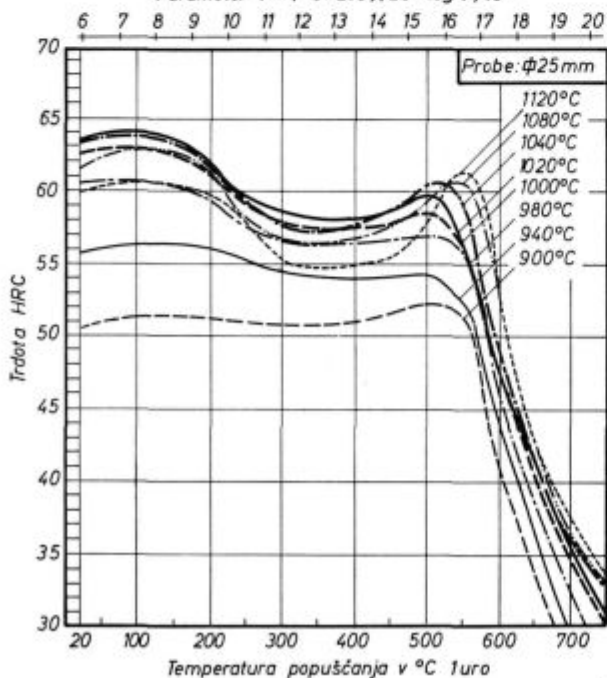
Popuščni diagram jekla Č.4650 (OCR 12 special) za kaljenje na zraku in v olju

**Č.4850-OCR 12 VM**

C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	V%
1,52	0,25	0,36	11,8	0,81	1,10

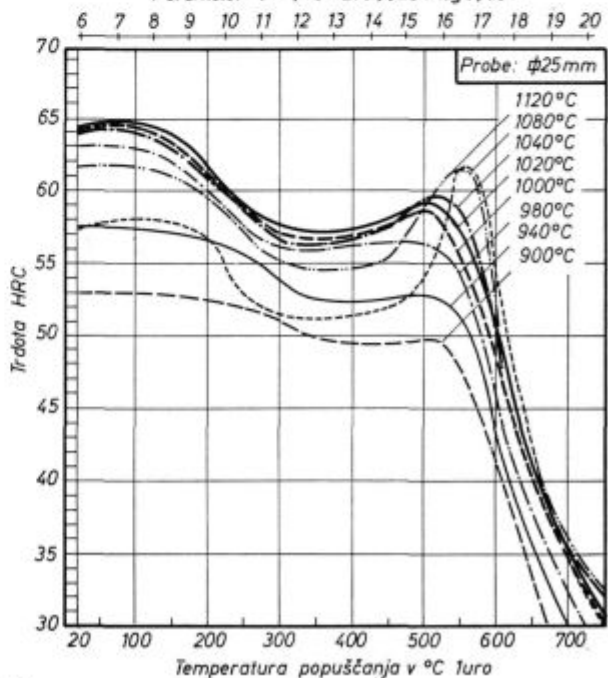
### Kaljenje na zraku

$$\text{Parameter } P = (^\circ\text{C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



### Kaljenje v olju

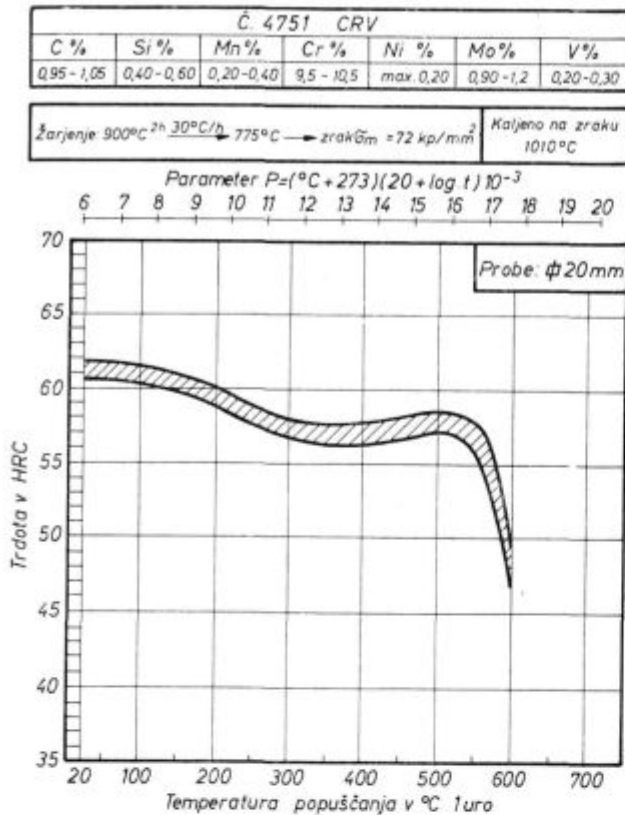
$$\text{Parameter } P = (^\circ\text{C} + 273)(20 + \log t) 10^{-3}$$



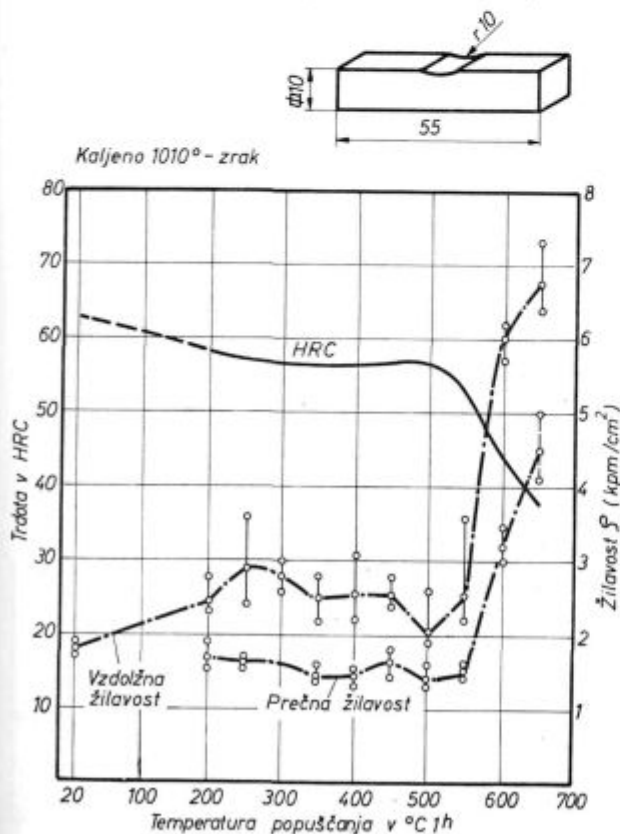
Slika 7 d

Popuščni diagram jekla Č.4850 (OCR 12 VM) za kaljenje na zraku in v olju





Slika 7 e  
Popuščni diagram jekla Č.4754 — (CRV)



Slika 7 f  
Vpliv popuščenja na trdoto in žilavost jekla Č.4754 (CRV)

Pri jeklih št. VIII in IX je trdo kromanje in nikljanje za povišanje trdote površine mogoče. Tudi nitiranje po tenifer postopku precej pripomore k doseganju zahtevanih lastnosti površine. Pri jeklu št. VIII je treba seveda računati, da se zaradi majhne popuščne obstojnosti trdota osnovnega materiala pri nitiranju močno zniža, med tem ko jeklo št. IX delno že kaže efekt sekundarne trdote in je zato padec trdote pri nitiranju precej manjši. (Glej popuščne diagrame na slikah 7a — 7f)

Uporablja se še več variant tega jekla z dodatki volframa, molibdena in vanadija, od katerih so nekatere zaradi povečane popuščne obstojnosti za tenifer nitiranje primernejše.

Področje uporabnosti trdih jekel št. VIII in IX močno povečuje možnost elektro-erozivne in elektro-kemične obdelave v kaljenem in popuščenem stanju.

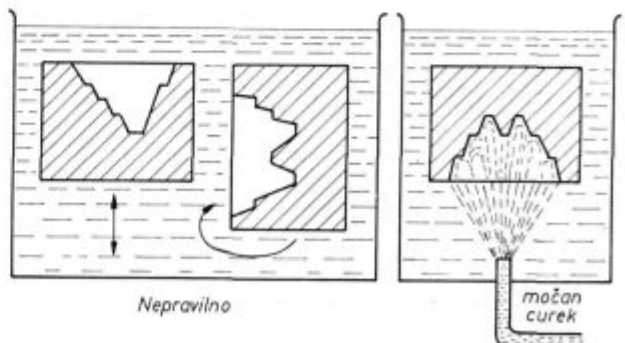
Jekla št. VI, VII in VIII so do neke mere tudi sposobna za hladno vtiskovanje, vendar zaradi razmeroma visoke trdote v žarjenem stanju predvsem nikljeva jekla samo za plitke forme (npr. vtiskovanje po mehanski obdelavi).

#### 4.2.1 — Toplotna obdelava močno prekaljivih jekel<sup>24, 41, 42, 48, 55, 60, 62, 64-67</sup>

Toplotna obdelava teh jekel je v splošnem poznana, v posebnem primeru pa je zelo priporočljivo upoštevati posebne napotke proizvajalca jekel.

Te vrste jekel se normalno dobavljajo v mehko žarjenem stanju. Tako pride pri izdelovalcu orodij žarjenje v poštev le kot vmesno žarjenje pri hladnem vtiskovanju, kot žarjenje pred ponovno mehansko obdelavo že toplotno obdelanih orodij, predvsem pa kot žarjenje za odpravo notranjih napetosti.

Kaljenje se izvaja normalno, posebno pazljivost pa zahteva zaščita delovnih površin pred površinskim razogljčenjem. Pri orodjih, od katerih se zahteva posebna meroobstojnost, je zelo pomemben pravilen postopek predgrevanja. Pri kaljenju orodij z globokimi gravurami v olju ali v vodi je treba posebej paziti, da se v gravuri ne zbirajo parni mehurčki. V takih primerih se priporoča usmeritev močnega curka v gravuro, kakor kaže slika 8.



Slika 8  
Kaljenje orodij z globokimi gravurami

Ob upoštevanju vseh splošnih napotkov za kaljenje in popuščanje moramo posebej poudariti, da je neodvisno od načina kaljenja potrebno popuščati orodja **takoj**, ko se ohladijo do ca 60 do 80° C.

Jeklo št. VIII se kali samo v olju, jeklo št. IX pa na zraku, v termalni kopeli ali v olju. Kaljenje na zraku se priporoča, če debeline pri polnih presekih ne presegajo ca. 40 mm. Pri kaljenju na zraku iz solne kopeli moramo računati z nevarnostjo korozije. To korozijo preprečimo, če pri ohlajevanju orodje ujamemo pri ca. 100° C in ga takoj prenesemo v vrelo vodo, pri čemer se sol s kuhanjem odstrani. Najbolj se pač priporoča termalno kaljenje s temperaturo termalne kopeli 400 do 450° C v skladu s TTT diagramom, ki je splošno poznan in kaže veliko območje obstojnosti avstenita. S tem je na razpolago dovolj časa za izenačevanje temperature tudi pri večjih presekih. Za izenačevanje največkrat zadošča 10 do 20 minut, nato pa orodje naprej ohlajamo na zraku. Ko doseže temperatura ca. 100° C, ga zaradi odstranjevanja soli najprej kuhamo v vodi in nato takoj popuščamo.

#### 4.3 — Jekla za uporabo v dobavljenem stanju

V industriji umetnih mas se uporablja vedno več srednjih in večjih orodij. Čeprav je pri teh formah uporaben način sestavljanja orodij iz delov z uporabo jekel za cementacijo ali močno prekaljivih jekel, so težnje večkrat usmerjene k izdelavi velikih form iz enega kosa. Do te tendence pride posebno, kadar se zahteva velika točnost mer. Toplotna obdelava velikih in kompliciranih form z velikimi spremembami presekov, posebno pa cementacija je zelo problematična in tvegana. Največkrat so še po toplotni obdelavi potrebni popravki. Vse to je drago in zamudno. Zato se vedno več uporablja jekla, ki dopuščajo mehansko izdelavo form v dobavljenem stanju, nato pa se te forme uporabijo brez posebne toplotne obdelave. Samo pri zelo kompliciranih oblikah se po grobi obdelavi priporoča žarjenje za odpravo napetosti, posebno če se gotova orodja nato nitri- ra. Prav to pa se v praksi zelo uveljavlja.

Glavne prednosti jekel, ki se uporabljajo v dobavljenem stanju so:

- pocenitev in pridobitev časa, ker odpade toplotna obdelava,
- nobenih deformacij in dimenzijskih sprememb zaradi toplotne obdelave,
- manjša poraba časa za poliranje.

Te prednosti gredo seveda na račun razmeroma nižje trdnosti, tako da je brez oplemenitenja površine področje uporabnosti teh jekel omejeno na forme za predelavo termoplastov. Z nitriranjem, trdim kromanjem ali nikljanjem se lahko trdota površine in s tem obrabna obstojnost znatno izboljša in s tem področje uporabnosti razširi.

Predstavniki te skupine jekel so navedeni v tabeli 3.

Jeklo št. X je nelegirano jeklo, ki se v normaliziranem stanju dobro obdeluje. Zaradi nizke trdnosti je odpornost proti tlačnim obremenitvam in proti obrabi manjša. To jeklo se zato uporablja za manj obremenjena orodja in preprostejše oblike pri manjših in srednje velikih dimenzijah orodij za predelavo termoplastov ali pa za podložne in pritrjevalne plošče, ker je to najcenejše jeklo za izdelavo orodij na tem področju.

Jeklo št. XI odlikuje izredna prekaljivost in odlična žilavost. Zato se uporablja za največje forme in globoke gravure, ki sežejo v območje jedra. Tlačna trdnost tega jekla je dobra, odpornost proti obrabi pa seveda nekoliko nižja od jekel za cementacijo in močno prekaljivih jekel. Trdoto površine in odpornost proti obrabi izboljšamo s tenifer postopkom, s ponikljanjem ali trdim kromanjem. Tudi plinsko nitiranje je mogoče in z njim dosežemo trdoto površine ca. 650 do 700 HV<sub>30</sub>. Mehanska obdelava je pri trdnosti v dobavljenem stanju 100 do 120 kp/mm<sup>2</sup> z dobri mi stabilnimi stroji gospodarno izvedljiva. Za manjše in srednje forme se uporablja nižje legirane variante tega jekla s trdnostjo v dobavljenem stanju 90 do 120 kp/mm<sup>2</sup>.

Območje dosegljivih trdot in trdnosti po kaljenju in po popuščanju prikazuje popuščni diagram na sliki 9 za probe kvadratnega preseka 30 mm. Pri večjih dimenzijah moramo računati z nekoliko nižjimi trdotami v kaljenem stanju.

Pri večjih zahtevah odpornosti proti obrabi in pri večjih tlačnih obremenitvah se priporoča izbi-

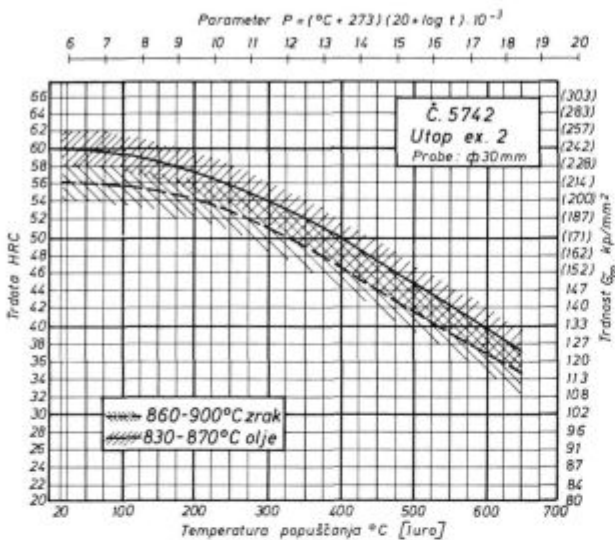
Tabela 3: Jekla za uporabo v dobavljenem stanju

Oznaka jekla				Orientacijska sestava							Uporabna trdnost	Dobavno stanje
Št.	W.Nr <sup>1)</sup>	JUS	ŽR <sup>2)</sup>	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	kp/mm <sup>2</sup>	
X.	1.1191	Č. 1531	Ck 45	0,45	—	0,60	—	—	—	—	60 - 70	Normalizirano
XI.	1.2714	Č. 5742	Utop ex. 2	0,55	—	0,70	1,10	1,80	0,60	0,10	100 - 120	Poboljšano ali žarjeno na <sup>2</sup> določeno trdnost 70-85kp/mm
XII.	1.2343	Č. 4751	UtopMo1	0,38	1,00	—	5,30	—	1,40	0,40	100 - 130	Poboljšano ali žarjeno na <sup>2</sup> določeno trdnost 70-85kp/mm

1) Po Stahl - Eisen - Liste, 2 izd. 1967 in 3 izd. 1967

2) Interna oznaka železarne Ravne

ra jekla št. XII. Sicer to jeklo odlikujejo v glavnem podobne lastnosti kot jeklo št. XI in tudi način uporabe je podoben. S primernimi stroji je mogoče obdelovati orodja pri trdnosti do 150 kp/mm<sup>2</sup>, z elektro-erozivno obdelavo pa se lahko obdelujejo orodja s trdoto 50 do 55 HRC, kar predstavlja posebno prednost. Posebni karbidi



Slika 9  
Popuščni diagram jekla Č.5742 — (Utop extra 2)

v strukturi tega jekla zelo ugodno vplivajo na obstojnost proti obrabi. To jeklo se uspešno uporablja tudi za predelavo duroplastov. Visoka popuščna obstojnost tega jekla dopušča nitriranje po tenifer postopku brez znižanja trdnosti. Popuščni diagram tega jekla za primerjavo s popuščnim diagramom jekla št. XI je prikazan na sliki 10.

#### 4.4 — Jekla za nitriranje

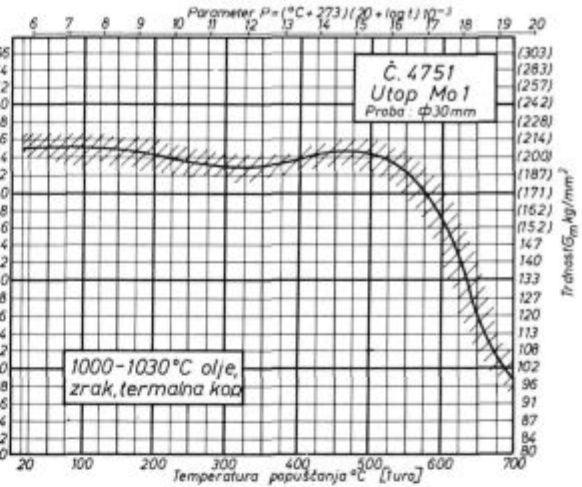
Jekla za nitriranje nudijo sledeče prednosti:

— majhne dimenzijske spremembe pri toplotni obdelavi,

- najvišje trdote površine,
- boljša odpornost proti obrabi,
- zelo dobra sposobnost za poliranje,
- povečana odpornost proti koroziji,

Tabela 4: Jekla za mitiranje

Št.	W.Nr. <sup>1)</sup>	JUS	ŽR. <sup>2)</sup>	Orientacijska sestava						Trdnost v žarjenem v poboljšanem	Trdnost površine po plinskem nitriranju HV	Opomba		
				C	Mn	Cr	Ni	Mo	V				Al	
XIII.	-1.2852	Č. 4739	NCAL	0,35	0,70	1,30	—	0,20	—	1,00	max. 75	80 - 95	nad 1000	za debeline do ca 120 mm
XIV.	—	—	— <sup>3)</sup>	0,33	0,50	1,90	1,35	0,40	—	1,10	max. 85	80 - 110	nad 1000	posebno za debeline nad 200 mm
XV.	1.2307	Č. 4734	VCMo 230	0,30	0,60	2,50	—	0,20	0,15	—	max. 80	90 - 110	nad 750	za debeline do ca 250 mm



Slika 10  
Popuščni diagram jekla Č.4751 — (Utop Mo 1)

- dobra žilavost,
- dobra obstojnost proti tlačnim obremenitvam.

Forme, od katerih se zahteva velika točnost mer in velika odpornost proti obrabi, se pretežno izdelujejo iz jekel za nitriranje. Orodja iz teh jekel se običajno izdelujejo v poboljšanem stanju, večja orodja pa se grobo mehansko obdelujejo v žarjenem stanju, nato pa poboljšajo in fino obdelajo. Mehanska obdelava je izvedljiva brez težav tako v poboljšanem kakor v žarjenem stanju.

Kemijska sestava teh jekel je taka, da omogoča pri plinskem nitriranju doseganje optimalnih lastnosti nitrirane plasti. Nitriranje se lahko izvrši tudi po tenifer postopku v solni kopeli. Pri orodjih za umetne mase je pri plinskem nitriranju čas ca. 40 ur v večini slučajev zadosten. V tem času se doseže debelina nitrirane plasti ca. 0,30 mm. Forme za predelavo duroplastov se zaradi doseganja debelejših nitriranih plasti nitrirajo ca. 80 ur. Pri nitriranju nastopajo neznatne volumske spremembe, ki se izražajo s povečanjem zunanjih in z zmanjšanjem notranjih mer. Spremembe dimenzij znašajo ca. 10 do 20 mikrometrov na ploskev pri 40 oz. 80 urah nitriranja.

V tabeli 4 so podane kemijske sestave tipičnih jekel za nitriranje. Jekli št. XIII in XIV imata

1) Po Stahl-Eisen-Liste, 3 izd. 1969

2) Interna oznaka železarne Ravne

3) Se proizvaja po dogovoru v slučaju količinsko zadostnih naročil

zelo značilno sestavo, v kateri je zagotovljena tvorba nitridov z aluminijem, kromom in molibdenom. To omogoča doseganje maksimalne trdote pri plinskem nitriranju do 1100 HV<sub>30</sub>. Vsebnost aluminija pri nekaterih termoplastih (npr. polikarbonatih) vpliva na barvo, zato se pri takih umetnih masah uporablja jeklo za nitriranje brez aluminija (npr. št. XV).

Jeklo št. XIII se da poboljšati preko celega preseka do ca. 120 mm. Za večje dimenzije je potreben dodatek niklja, kakor pri jeklu št. XIV, ki ima znatno boljšo prekaljivost in se uporablja predvsem za preseke nad 200 × 200 mm. Jeklo št. XIV ima tudi zelo dobro žilavost.

Pri jeklu št. XV je tvorba nitridov zagotovljena z legirnimi dodatki: Cr, Mo in V. S tem jeklom smo se izognili omenjeni neugodni lastnosti Al, pač pa je trdota dosežena na površini nekoliko nižja. Prekaljivost jekla št. XV je nekoliko manjša od jekla št. XIV.

#### 4.4.1 — Toplotna obdelava jekel za nitriranje<sup>24</sup>, 41, 42, 48, 55, 60, 62, 64, 67

Pred nitriranjem so orodja v glavnem poboljšana, pri čemer je lahko že jeklo dobavljeno v poboljšanem stanju, ali pa se orodje poboljša po grobi mehanski obdelavi. Ker odpade termična obdelava pri izdelavi orodja, se v zadnjem času vedno bolj uveljavlja prva varianta. Pogoj za uspešno nitriranje je poboljšana struktura jekla s čimmanj prostega ferita. Izboljšanje lastnosti nitrirane plasti in ugodnejši prehod trdote pri Al-legiranih jeklih za nitriranje št. XIII in XIV dosežemo z dvakratno normalizacijo z različne temperature. Pri tem pa moramo računati z nekoliko manjšo trdoto jedra v primerjavi z običajnim poboljšanjem. Tvorba ferita v zrnati obliki povzroča neugodno luščenje nitrirane plasti pri brušenju in poliranju, ali pa v toku uporabe.

Pri popuščanju v postopku poboljšanja teh jekel moramo paziti, da je temperatura popuščanja višja od temperature nitriranja. Pri dovolj visoki temperaturi popuščanja (npr. 600°C) lahko tudi pri zelo dolgotrajnem plinskem nitriranju (80 do 100 ur) pri 500 do 520°C pričakujemo neznatno znižanje trdnosti (0 do 3 kp/mm<sup>2</sup>), medtem ko pa žilavost ostane skoraj neizpremenjena. Pri nitriranju v solni kopeli mora biti temperatura popuščanja vsaj 30°C višja od temperature nitriranja. Zaradi visokih temperatur popuščanja ima prednost popuščanje v solnih kopelih, ki preprečuje oksidacijo površine.

#### 4.5 — Jekla odporna proti koroziji

Jekla odporna proti koroziji (tabela 5) je treba uporabiti takrat, kadar so snovi, ki jih obdelujemo, ali pa razni dodatki kemično agresivni in kadar površine niso pokromane ali ponikljane. Tako npr. polivinilklorid (PVC) ob daljšem zadrževanju pri temperaturah med 165 in 200°C ali ob prekoračitvi zgornje temperaturne meje izloča

Tabela 5: Jekla odporna proti koroziji

Št.	Oznaka jekla			Orientacijska sestava				Trdnost v žarjenem kp/mm <sup>2</sup>	Kaljeno in popuščano oz poboljšano
	W Nr <sup>1)</sup>	JUS	ŽR <sup>2)</sup>	C	Cr	Ni	Mo		
XV	—	—	— <sup>3)</sup>	0,30	13,50	0,25	0,35	60 - 72	47 - 51 HRC
XVI	-1.2083	Č 4770	Prakran 5	0,45	14,00	0,30	0,40	65 - 75	52 - 56 HRC
XVII	1.2316	Č 4771	Prakran 5M	0,38	17,00	—	1,20	65 - 85	100 - 140 kp/mm <sup>2</sup>

1) Po Stahl - Eisen - Liste, 3. izd. 1969

2) Interna oznaka železarne Ravne

3) Se pravi po dogovoru v skladu s količinsko zadostnih narečil

klorovodik, ki z zračno vlago tvori solno kislino, ta pa napada in kvari površino form. Tudi dodatek stabilizatorjev popolnoma ne preprečuje tega, posebno v slučaju obratovalnih motenj, ko se umetna masa dalj časa zadržuje v plastificiranem stanju in nastopa pregretje. Moramo poudariti, da nobeno jeklo ne zdrži trajnejšega učinkovanja solne kisline pri visokih temperaturah, pač pa korozijsko obstojna jekla zdržijo znatno daljši čas. Nekatere umetne snovi izločajo očetno kislino, ki tudi dokaj agresivno deluje.

Jeklo št. XVI je korozijsko obstojno jeklo, ki se da zelo dobro polirati in se uporablja za razne forme, matrice, šobe, žige in podobne dele za predelavo kemijsko agresivnih umetnih mas. Odnos Cr in C z dodatki Mo in Ni je tak, da to jeklo prekali tudi pri velikih presekih. Posebno ga odlikujejo majhne dimenzijske spremembe pri toplotni obdelavi. Korozijska obstojnost predstavlja tudi veliko prednost pri vskladiščenju orodij, ki se dalj časa ne uporabljajo. Zato se to jeklo uporablja tudi za predelavo kemijsko neagresivnih umetnih mas. Delovna trdota je pri formah 47 do 50 HRC, pri brizgalnih šobah pa ca. 45 HRC. Zaradi poslabšanja korozijske obstojnosti se pri teh jeklih nitriranje skoraj ne uporablja, čeprav bi omogočilo znatno povišanje trdote na površini. Tudi trdo kromanje in nikljanje ni običajno, ker se za te načine oplemenitenja površin uporabljajo cenejša jekla za izdelavo form.

Zaradi višjega ogljika doseže jeklo št. XVII višjo trdoto na površini in s tem imajo orodja boljšo obstojnost proti obrabi. Orodja iz tega jekla se uporabljajo z delovno trdoto 52 do 56 HRC. Tudi to jeklo s svojo sestavo omogoča prekaljivost tudi pri večjih formah. Uporablja se predvsem za tlačne forme in forme za brizgalno litje pri predelavi agresivnih umetnih mas s polnilnimi snovmi, ki močno obrabljajo orodja. Sicer po lastnostih to jeklo primerjamo z jeklom št. XVI.

Zaradi visoke vsebnosti Cr in Mo ima jeklo št. XVIII najboljšo obstojnost proti koroziji. Uporabna trdota je nekoliko nižja kot pri obeh 13,5 % kromovih jeklih. To jeklo ima prednost pri predelavi PVC materialov, uporablja pa se ali v žarjenem stanju s trdnostjo 65 do 85 kp/mm<sup>2</sup> za mehansko izdelavo orodij, ki se nato kalijo in popuščajo, ali pa se forme uspešno izdelujejo iz tega jekla, ki se dobavlja v poboljšanem stanju

s trdnostjo 90 do 110 kp/mm<sup>2</sup>. Pri poboljšanju po mehanski obdelavi se lahko z izbiro popuščne temperature dosežejo tudi višje trdnosti okrog 160 kp/mm<sup>2</sup>. Prekaljivost jekla št. XVIII je nekoliko slabša od jekel št. XVI in XVII.

Jekla odporna proti koroziji so v žarjenem stanju dobro obdelovalna, po kaljenju in popuščanju pa se dajo zelo dobro polirati. Da bi dosegli čimboljšo korozijsko obstojnost, je nujno potrebna primerna obdelava površine, kar pomeni, da moramo tudi tiste površine, ki ne pridejo v neposreden stik z umetno maso, najmanj fino brusiti. Sprememba dimenzij pri toplotni obdelavi je po kaljenju v olju majhna, še manjša pa po kaljenju na zraku.

#### 4.5.1 — Toplotna obdelava jekel odpornih proti koroziji<sup>24, 41, 42, 48, 55, 60, 62, 64, 67</sup>

Ta jekla se običajno dobavljajo v mehko žarjenem stanju. Značilnost toplotne obdelave teh jekel je, da moramo za zadovoljivo korozijsko obstojnost in doseganje želenih trdot uporabljati razmeroma visoke temperature kaljenja, pri katerih se kromovi karbidi raztopijo v osnovi. Pogoji toplotne obdelave so v glavnem poznani iz podatkov proizvajalcev, vsekakor pa je priporočljivo dodatno konsultiranje s proizvajalcem jekla.

Na sliki 11 so podane glavne lastnosti najbolj uporabljane skupine č. 4770 — Prokron 5.

#### 4.6 — Jekla za ostale dele orodij

Poleg jekel, ki se uporabljajo za izdelavo form in pridejo neposredno v stik z umetno maso, potrebujemo za ostale dele form še celo vrsto jekel. S smiselno tipizacijo uporabljenih jekel se lahko doseže znatno izboljšanje kvalitete in tudi pocenitev. Nekatera od najbolj tipičnih jekel za te potrebe so:

— jeklo št. III iz tabele 1 se uporablja tudi za najrazličnejše plošče, čeljusti in druge osnovne dele orodij,

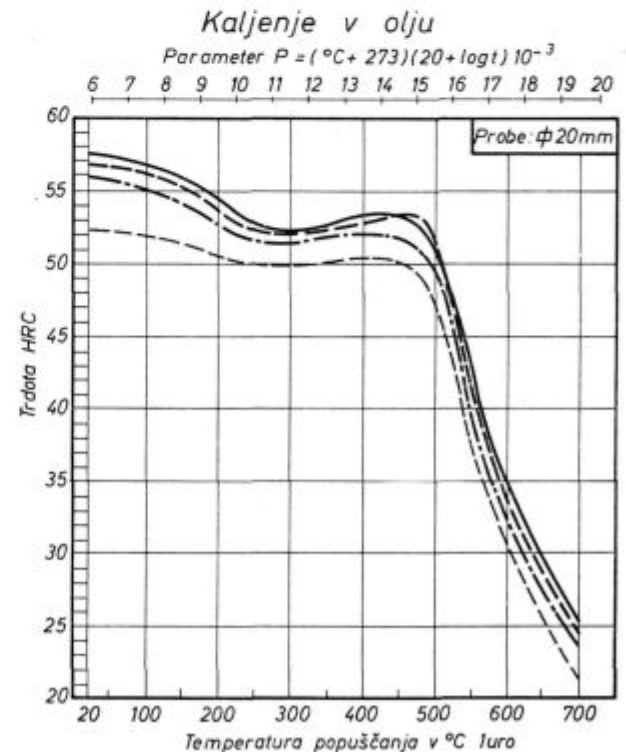
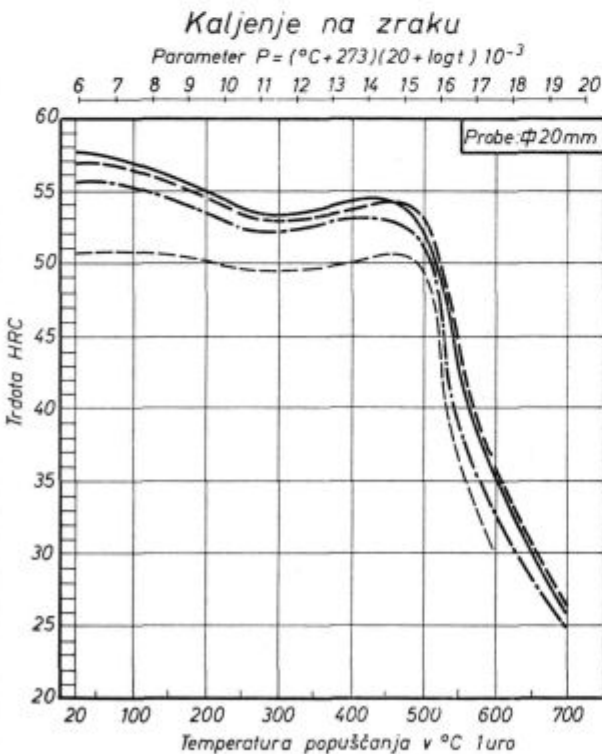
— jeklo št. VIII iz tabele 2 se uporablja za razne šobe,

— jeklo št. X iz tabele 3 se uporablja za osnovne plošče, za pritrjevalne plošče, vmesne plošče, okvirje, distančne letve, centrirne dele itd.,

— jeklo č. 4830 — VCV 150 se uporablja za iste namene kakor zgoraj omenjeno jeklo št. X iz tabele 3 le za večje obremenitve kot npr. vodilne letve, iztiskovalne plošče itd.,

Č. 4770-PROKRON 5					
C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	Mo %
0,50	0,32	0,53	14,55	0,38	0,12

Legenda:      930°         960°         990°         1020°



Slika 11  
Popuščni diagram jekla C.4770 (Prokron 5) za kaljenje na zraku in v olju

— jeklo Č.4145 — OCR 4 ex. se uporablja za najrazličnejše vodilne dele in iztiskovalne čepe,

— jeklo Č. 1941 — OC 100 ex. se uporablja za razne čepe, žige, valjčke, letve in nekatere tankostenske dele, ki morajo biti plitko kaljeni, da v jedru ohranijo potrebno žilavost.

V splošnem so težnje za tem, da se izbere po možnosti jeklo s čim preprostejšo termično obdelavo.

#### 4.7 — Kaj zahtevamo od jekel, ki jih uporabljamo za izdelavo orodij v industriji umetnih mas

Naslednje navedbe predstavljajo le kratek pregled zahtev, ki so najpogostejše pri jeklih za izdelavo orodij v industriji plastičnih mas.

##### Velika odpornost proti obrabi:

Ta lastnost je poleg dobre sposobnosti za poliranje in dolge življenjske dobe orodja odločilnega pomena v predelavi duroplastov s polnilnimi materiali, ki povzročajo močno obrabo. To zahtevano zadovoljujemo s primernim izborom jekla, posebej pa še z različnimi postopki za povišanje trdote in obrabne obstojnosti površin (cementacija, nitriranje, trdo kromanje, nikljanje).

##### Zadovoljiva tlačna trdnost:

Pri nekaterih postopkih so posamezni deli močno obremenjeni na tlak. Na take obremenitve moramo posebej paziti pri trdih površinskih plasteh (cementirane, nitrirane, trdo kromane plasti), ki se ob prekomernih pritiskih, ki jih osnovni material ne zdrži, lahko udirajo. Okvare povzroča često v takih primerih kopičenje strnjenih ostankov umetnih mas med drsnimi ploskvami. S primerno izbiro jekla in z ustrezno toplotno obdelavo je take zahteve mogoče dobro obvladati.

##### Odpornost proti koroziji:

Ta lastnost je posebno pomembna pri predelavi umetnih mas z agresivnimi sestavinami. V takih primerih je pač potrebno izbrati korozijsko odporno jeklo ali pa površino zaščititi z nikljanjem ali trdim kromanjem.

##### Zadovoljiva žilavost:

Ta lastnost je posebno odločilna pri velikih formah z globokimi gravurami, z grebeni, utori in tako dalje. Pomembna je pravilna izbira vrste jekla, pri čemer največkrat pridejo v poštev jekla legirana z nikljem. Pri reševanju teh problemov se mnogo doseže s konstrukcijo orodij in z ustrezno toplotno obdelavo.

##### Dobra dimenzijska obstojnost:

Obstojnost dimenzij in oblike moramo preceiniti oz. preizkusiti v pogojih obratovanja, predvsem če temperatura močno niha. Če je toplotna

obdelava dobro izvršena in je temperatura popuščanja višja od delovne temperature orodja, je največkrat že v precejšnji meri zagotovljena dimenzijska obstojnost. Zelo majhne spremembe mer, ki so odvisne od toplotnega razteznostnega koeficienta jekla, so pogojene z uporabljenimi vrsto jekla in jih ni mogoče preprečiti.

##### Dobra toplotna prevodnost:

Tudi to lastnost je treba večkrat upoštevati z vsoto resnostjo. Zavedati se moramo, da je toplotna prevodnost specifična lastnost jekla in da se s povečevanjem vsebnosti legirnih dodatkov zmanjšuje.

##### Dobra sposobnost za mehansko obdelavo:

Večji del obdelave pri izdelavi orodij za umetne mase se izdelava z odvzemanjem materiala. Pri uporabi stabilnih strojev in najzmogljivejših orodij se da gospodarno izvajati mehanska obdelava jekla tudi pri višjih trdnostih. Posebno skupino predstavljajo jekla s povečano vsebnostjo žvepla za izboljšanje mehanske obdelovalnosti. Pri izdelavi orodij s hladnim vtiskovanjem je treba izbrati primerno jeklo in ga primerno toplotno obdelati. Pri obdelavi visoko trdnih jekel se uporabljajo postopki elektro erozivne obdelave.

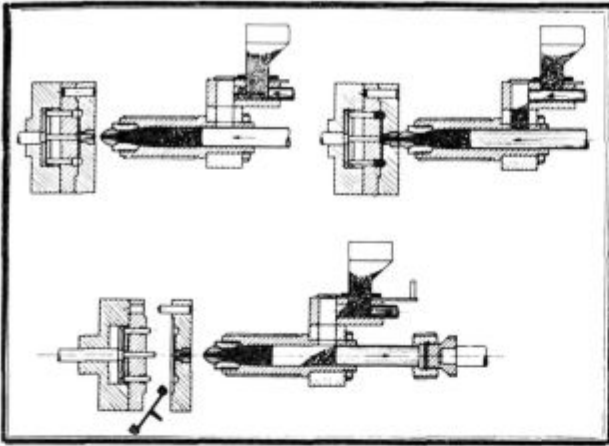
##### Zdravo in čisto jeklo:

Zaradi zahtevane visoke kvalitete poliranja gravur so zahteve glede kvalitete jekel, ki se uporabljajo za ta orodja, mnogo ostrejše od jekel, ki se normalno uporabljajo. Čistost jekla mora biti zagotovljena in poroznost ali izceje raznih oblik lahko pokvari kvaliteto orodja in s tem kvaliteto izdelkov. Jeklarne morajo imeti za zadovoljevanje teh zahtev možnosti posebnih ukrepov in posebnih postopkov, katerih dosežke je treba pazljivo kontrolirati z najmodernejšimi kontrolnimi postopki. Z ozirom na velike stroške pri izdelavi kompliciranih orodij lahko majhne notranje napake, ki jih nismo pravočasno odkrili, povzročajo veliko škodo.

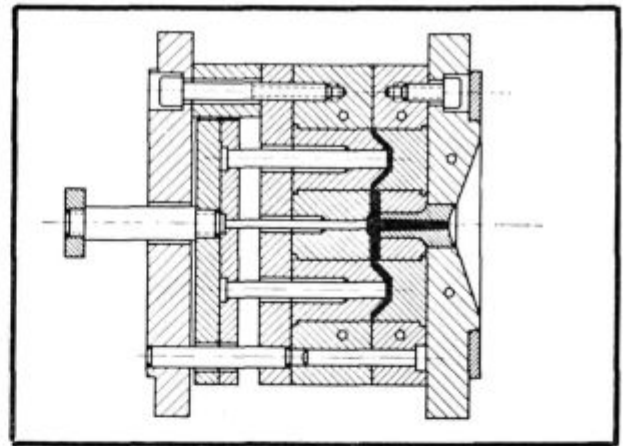
Za makroskopsko kontrolo čistosti se uporabljajo stopničaste probe, jedkalne plošče, vtiskovalne probe, polirne probe ipd. poleg mikroskopske kontrole čistosti jekla na vzdolžnem obrusu. Tudi vsebnost plinov v jeklu (predvsem kisika in vodika) je potrebno kontrolirati in jo držati v dopustnih mejah. Za ugotavljanje čistosti jekla in za odkrivanje notranjih napak so zelo pomembne preiskave brez porušitve, od katerih se največ uporabljajo preiskave z ultrazvokom. Za ugotavljanje nekaterih posebnih lastnosti pa se uporablja še cela vrsta tehnoloških in mehanskih preizkusov.

##### Sposobnost za poliranje:

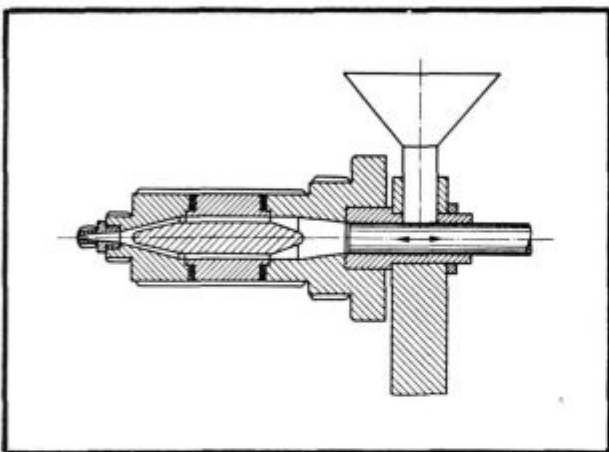
Toplotno obdelana orodja morajo imeti tako površino, da omogočajo optimalno kvaliteto izdelkov iz umetnih mas. Na sposobnost poliranja



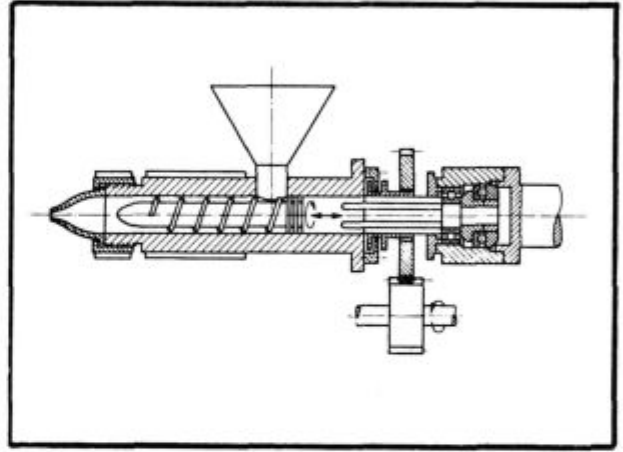
Delovne faze pri tlačnem litju <sup>22)</sup>



Orodje za tlačno litje <sup>22)</sup>



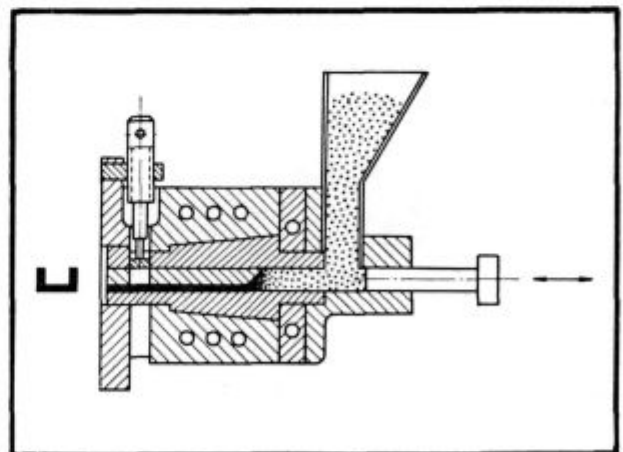
Enota za plastificiranje z batom in torpedom za tlačno livni stroj <sup>22)</sup>



Enota za plastificiranje s polžem za tlačno livni stroj <sup>22)</sup>

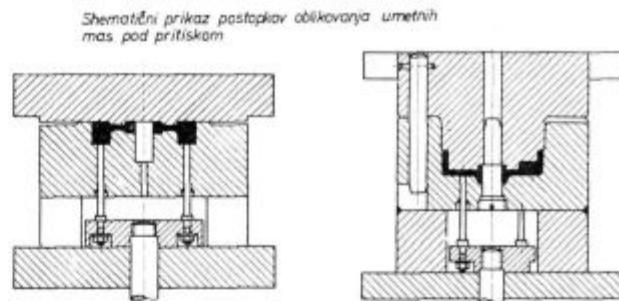
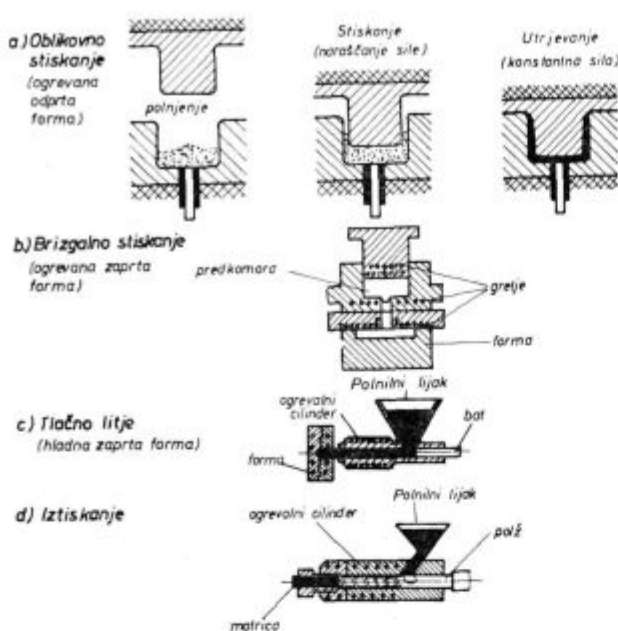
površine v veliki meri vpliva stopnja čistosti jekla. Pri posebno visoko legiranih jeklih se pojavljajo dendritne kristalne izceje, ki v različnih strukturnih sestavinah povzročajo različne trdote, kar ima posledice tudi na kakovost površine orodij in izdelkov. Podobno vplivajo tudi karbidne izceje v jeklih z visoko vsebnostjo ogljika. Orodja iz takih jekel večkrat ne dosežejo zahtevane kvalitete pri poliranju. Vrsta toplotne obdelave, površinsko naogljčenje ali razogljčenje ter druga različna stanja jekla večkrat močno vplivajo na sposobnost poliranja.

Tudi pri najpazljivejšem taljenju jekla v elektro obločnih pečeh so vedno v neki meri prisotni nemetalni vključki, ki pa sposobnosti poliranja ne škodujejo, v kolikor ne presežejo določene velikosti in če se ne zberejo v večje skupine. Vpliv vključkov je odvisen od sestave in tako so aluminijevi oksidi, kromovi oksidi in železo-aluminijevi špinelni vključki pri poliranju neugodnejši od manganovih silikatov, sulfidov in kalcij-silicijevih kompleksnih vključkov.

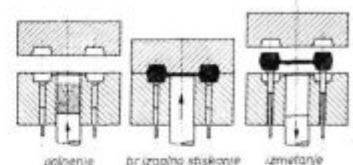


Diskontinuirno iztiskanje profilov iz duroplastov <sup>22)</sup>

Pri najostrejših zahtevah, kakor npr. pri orodjih za izdelavo prozornih umetnih mas za optično industrijo, pa z običajnimi metodami izdelave jekel ne moremo doseči zahtevane kakovosti. V ta-



Shema dveh načinov stiskanja duroplastov <sup>22)</sup>



Delovne faze pri brizgalnem stiskanju od spodaj <sup>22)</sup>

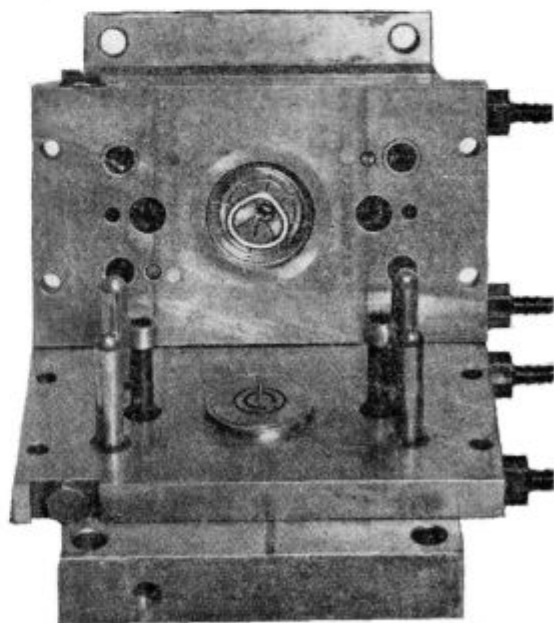
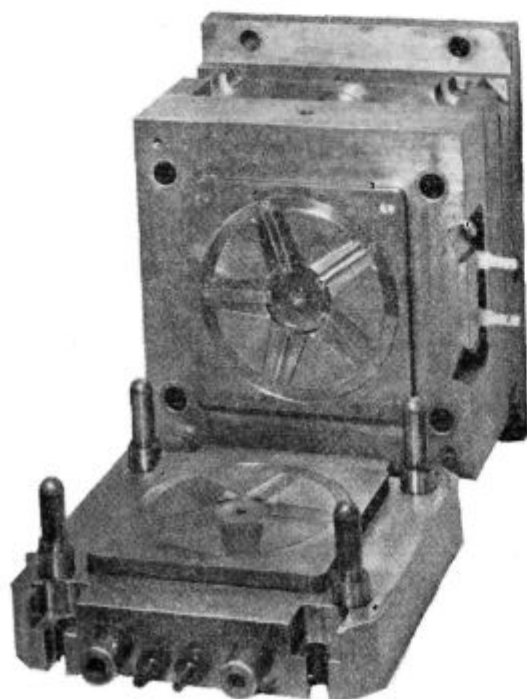
kih primerih so potrebna tako imenovana ultra čista jekla, ki se proizvajajo z vakuumskimi pretaljevalnimi postopki ali pa s postopki pretaljevanja pod elektrožlindro (EPŽ — postopek). Taka jekla so seveda zaradi specialnega postopka izdelave dražja, kar velja posebno za vakuumsko pretaljena jekla. Zato je uporaba ultra čistih jekel precej omejena na tista področja, kjer se taka kakovost res zahteva.

Jeklo, izdelano po običajnem jeklarskem postopku, nato pa vakuumsko degazirano, ne predstavlja posebnih izboljšav v pogledu čistosti in

spособnosti za poliranje. Vakuumsko degazirane ga jekla ne smemo zamenjevati z vakuumsko pretaljenim jeklom ali z jeklom, pretaljenim po elektrožlindrinem postopku (EPŽ - jeklom).

**Zanesljivost pri toplotni obdelavi:**

Tudi pri najpazljivejši toplotni obdelavi orodij moramo računati z določenim tveganjem oz. z nastankom izmečka. To tveganje je seveda toliko hujše, kolikor je več vloženi obdelovalnih stroškov v orodje, ki ga toplotno obdelujemo. Prav



Primer dveh ogrodij za tlačno litje izdelanih iz nerjavnega orodnega jekla



zato se razvoj nagiba k preprostejšim in zanesljivejšim postopkom toplotne obdelave oz. k uporabi že poboljšanih jekel pri izdelavi orodij.

### Obstojnost dimenzij in oblik pri toplotni obdelavi:

Deformacije in spremembe dimenzij pri toplotni obdelavi morajo biti tako majhne, da ne vplivajo škodljivo na funkcijo orodja. Te spremembe nastopajo zaradi toplotnih napetosti in zaradi volumskih sprememb pri strukturnih premenah. Zato jih ni mogoče popolnoma preprečiti. Velikost takih deformacij je odvisna od vrste jekla in od vrste toplotne obdelave. Če te deformacije in vplive poznamo, jih z določenimi ukrepi in kompenziranjem lahko v dokajšnji meri obvladamo. Poznani so posebni načini toplotne obdelave, ki so namenjeni prav zmanjševanju dimenzijskih in oblikovnih sprememb.

### 5. ZAKLJUČKI

V kratkem so bile podane dokaj skope informacije o izbiri jekel pri izdelavi orodij za industrijo umetnih mas obenem z opozorili na nekatere karakteristične lastnosti. Za osnovne vrste jekel, ki se uporabljajo za te namene, so bili podani le nekateri napotki za toplotno obdelavo. Že to področje je zelo obsežno, še mnogo več problemov pa je pri izdelavi orodij iz različnih jekel, ob različni toplotni obdelavi, z različnimi postopki izdelave orodij za zelo različne namene v širokem področju industrije umetnih mas. Tako široke problematike specifičnih področij ni mogoče obdelati v članku, zato pa je v pomoč pri poglobljenem študiju podan obširen pregled literature.

### Literatura

- Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage (1960), Band 11, Verlag Urban und Schwarzenberg, München-Berlin.
- Reichherzer, R.: Kunststoffe-Plastics, 5 (1958), H. 1, S. 13.
- Rethemeier, R.: Der Lichtbogen, 16 (1967), H. 3, S. 4.
- Feinauer, R. und A. Wieland: Der Lichtbogen, 16 (1967), H. 4, S. 4.
- Kunststoff-Rundschau, (1968), H. 3, S. 119.
- Philipp, H.: Plaste und Kautschuk, 15 (1968), H. 3, S. 234.
- Tanner, K.: Technische Rundschau 61 (1969), Nr. 11, S. 9.
- Saechtling, H. und W. Zebrowski: Kunststoff-Taschenbuch, 17. Ausgabe (1967), Carl Hanser Verlag, München.
- Schmitz, E. und H. Hubeny: Kunststoffe und ihre technische Verwendung. Österr. Ingenieur Zeitschrift 12 (1969), S. 418.
- DIN 7708: Kunststoffe, Formmasse-Typen.
- Beck H.: Spritzgiessen. 2. Auflage (1963), Carl Hanser München.
- Draeger, H. und W. Woecken: Pressen und Spritzpressen, 2. Auflage (1960). Carl Hanser Verlag, München.
- Domininghaus, H.: Kunststoff-Fibel, Zehner und Hüthig Verlag, Speyer.
- Saechtling, H.: Kunststoffkunde, Teil I und II, Werkstattblätter 400 und 401. Carl Hanser Verlag, München (1966).
- Domininghaus, H.: Kunststoffe I und II, VDI Taschenbücher T 7 und T 8, VDI Verlag, Düsseldorf (1969).
- DIN 16.700: Kunststoffe, Formtechnik und Formmassen.
- Thilenius, G.: Spritzgusswerkzeuge für thermoplastische Massen. Kunststoffe 43 (1953), S. 285.
- König, H.: Das Verarbeiten von weichmacherfreiem PVC auf Schneckenpressen und Spritzgussmaschinen, VDI-Zeitschrift 98 (1956), S. 1045.
- VDI-Richtlinie 2006: Gestaltung von Spritzgussteilen aus plastischen Kunststoffen (1957).
- Laeis, M. E.: Der Spritzguss thermoplastischer Massen, 2. Auflage (1959), Carl Hanser Verlag, München.
- Bucksch, W. und H. Briefs: Presswerkzeuge in der Kunststoff-technik, 2. Auflage (1962), Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Henning, A. H. und J. Zöhren: Lehrbildsammlung Kunststoff-technik, Teil 1, Carl Hanser Verlag, München (1963).
- Cornely, J.: Einführung in die Spritzgusstechnologie, VEB Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig (1965).
- Stoekchert, K.: Formenbau für die Kunststoff-Verarbeitung, 2. Auflage (1969). Carl Hanser Verlag, München.
- Mink, W.: Grundzüge der Spritzgusstechnik, 3. Auflage (1966). Zehner und Hüthig Verlag, Speyer/Wien/Zürich.
- Gastrow, H.: Beispielsammlung für den Spritzguss-Werkzeugbau. Carl Hanser Verlag, München (1966).
- Sors, L.: Werkzeuge für die Plastikverarbeitung. VEB Verlag Technik, Berlin (1967).
- Rodenacker, W.: Toleranzen von Extruderzeugnissen und ihr Einfluss auf die Extruderkonstruktion. Werkstatttechnik 52 (1962), S. 571.
- Schenkel, G.: Kunststoff-Extrudertechnik. Carl Hanser Verlag, München (1963).
- Mink, W.: Grundzüge der Extrudertechnik. Zehner und Hüthig Verlag, Speyer/Wien/Zürich.
- Schiedrum, H. O.: Profilmwerkzeuge für das Extrudieren von PVC. Industrie-Anzeiger 90 (1968), Nr. 102, S. 17.
- Schaaf, W. und A. Hahnemann: Verarbeiten von Plasten. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1968).
- Hauenstein, K.: Duroplastverarbeitungsmaschinen. Technische Rundschau 61 (1969), Nr. 27, S. 57.
- Schenkel, G.: Automatisierung in der Kunststoffindustrie. Werkstatttechnik — Z. ind. Fertigung 60 (1970), S. 1.
- Mirt, O.: Edelmehle in der Kunststoffindustrie. Betrieb und Fertigung 5 (1951), S. 109 u. 145.
- Haufe, W.: Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung. Winter'sche Verlagsbuchhandlung, Füssen.
- Hanson, C. C.: Tool Steels für the Moulding of Plastics. Metallurgie 56 (1957), September, S. 109.
- Haufe, W.: Stähle für Kunststoffpress- und Spritzformen. Der Plastverarbeiter, 9 (1958), S. 329 und 371.
- Jägersberger, J.: Zur Frage der Stahlauswahl für Kunststoff-Formwerkzeuge unter besonderer Berücksichtigung des Kalteisenkenns. Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik, 25 (1959), S. 439.
- Budde, G.: Speziell für Spritzgusswerkzeuge Wst. Nr. 2341. Der Plastverarbeiter, 12 (1961), S. 349.
- Für Kunststoffspritz- und Pressformen geeignete Stähle. Schweizer Maschinenmarkt (1962), Nr. 15, S. 59.
- Rapatz, F.: Die Edelmehle. Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg (1962).
- Krebs, W.: Werkzeugstähle für die neuzeitliche Kunststoffverarbeitung. Kunststoff und Gummi, 2 (1963), S. 65.

44. Matz, W.: Stähle für Spritzgiesswerkzeuge aus: Lehrgangshandbuch »Spritzgiessen« des VDI-Bildungswerkes. VDI-Verlag, Düsseldorf.
45. Stahl und Eisen 85 (1965), S. 1610 (Umschau).
46. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 4. Auflage 1965. Abschnitt P 85 »Stähle für Kunststoff-Verarbeitung«. Verlag Stahl-Eisen, Düsseldorf.
47. Classification and Selection of Tool Steels Metal Progress 90 (1966), August, S. 79.
48. Haufe, W.: Warmbehandlung von Kunststoffpress- und Spritzformen. Der Plastverarbeiter, 10 (1959), S. 98, 177, 209, 345.
49. Handbuch der Duferrit Härtetechnik, 9. Auflage 1955 mit Nachträgen 1958, 1963.
50. Albrecht, C.: Die Randoxydation von Einsatzstählen. Duferrit Hausmitteilungen, Heft 26 (1953), S. 3.
51. Hoppe, A.: Erfahrungen mit festen Kohlungsmitteln, insbesondere mit Duferrit-Kohlungs-Granulat. Duferrit Hausmitteilungen, Heft 26 (1953), S. 38.
52. Jonk, R.: Probleme der Oberflächengüte einsatzgehärteter Werkzeuge. Härtereitechn. Mitt. 18 (1963), S. 168.
53. Fischer, O. und W. Schnorr: Einsatzhärtung mit Aufkohlung in Pulver. Werkstattblatt 324, Carl Hanser Verlag, München (1964).
54. DIN 50190: Einsatzhärtungstiefe von Stahl (Entwurf 1967).
55. Stüdemann, H.: Wärmebehandlung von Stahl, Guss-eisen und Nichteisenmetallen, 2. Auflage (1967). Carl Hanser Verlag, München.
56. Wüning, J.: Weiterentwicklung der Gasaufkohlungstechnik. Härtereitechn. Mitt. 23 (1968), S. 101.
57. Wüning, J.: Carbomat C zum Messen und Regeln des C-Potentials von Ofenatmosphären. Druckschrift W7/21 der Fa. Aichelin, Korntal b. Stuttgart (1968).
58. Brandis, H.: Direkthärtung von Einsatzstählen. Klepzig Fachberichte (1968), S. 101, 179.
59. Schweizerische Fachgruppe für Wärmebehandlung: Die Wärmebehandlung von Bau- und Werkzeugstählen, Kapitel 8—12 und 21 a. Sonderdruck aus: Microtecnic XIX (1965), H. 3—6, XX (1966), H. 1; XXII (1968), H. 1.
60. Bleckmann, C. E.: Die Härtereitechnik. 7. Auflage 1969, Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York.
61. Wüning, J.: Gasaufkohlungsverfahren. Zwf 64 (1969), S. 456.
62. Finner, B. und R. Jönson: Wärmebehandlung von Werkzeugen und Bauteilen. Carl Hanser Verlag, München (1969).
63. Neumann, F. und B. Person: Grundlegende metallurgische Zusammenhänge bei der Gasaufkohlung. Zwf 65 (1970), S. 60.
64. Winterer, K.: Korrosion bzw. korrosionsähnliche Oberflächenschädigungen bei oder im Zusammenhang mit einer Salzbadbehandlung. Duferrit Hausmitteilungen, Heft 38 (1966), S. 39.
65. Fischer, O. und W. Schnorr: Härten. Werkstattblatt 355, Carl Hanser Verlag, München (1965).
66. Schweizerische Fachgruppe für Wärmebehandlung: Die Wärmebehandlung von Bau- und Werkzeugstählen, Kapitel 4—8 und 17—19. Sonderdruck aus: Microtecnic XVIII (1964), H. 5 u. 6; XIX (1965), H. 1—3; XXI (1967), H. 2—5.
67. Berns, H.: Das Härten von massänderungsarmen Werkzeugstählen. Werkstattstechnik — Z. ind. Fertigung 59 (1969), S. 340.
68. Siwert, H.: Werkstoffe für Extruder und Extruder-Werkzeuge. Industrie-Anzeiger 84 (1962), S. 38.
69. Lucius, W.: Die Verarbeitung verstärkter Thermoplaste. Industrie-Anzeiger 91 (1969), S. 119.
70. Mc Candless, W.W. und G. Wahrburg: Verschleissfeste und korrosionsbeständige Zylinder und Schnecken für Kunststoff-Maschinen Industrie-Anzeiger 91 (1969), S. 577.
71. Gibbons, R. G.: Machinability of Heat-Treated Steel. Materials and Methods, 39 (1954), H. 1, S. 86/88.
72. Natschke, G.: Stähle im Werkzeugbau, ihre Bearbeitbarkeit und ihr Einfluss auf die Güte der Plastteile. Plaste und Kautschuk, 11 (1964), S. 682.
73. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 4. Auflage 1965, Abschnitt T 33 »Spanende Formgebung«. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
74. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 4. Auflage 1965, Abschnitt T 41 »Rauheit metallischer Oberflächen bei verschiedene Bearbeitung«. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
75. Maier, H.: Fräsen, Verfahren, Werkzeugeinsatz, Werkzeugpflege und Instandhaltung. Schriftenreihe »Rationalisieren« der Bundeskammer der Gewerblichen Wirtschaft, Wirtschaftsförderungsinstitut, Wien (1966)
76. Blaue TR-Reihe: Spangebende Werkzeugmaschinen (Heft 38). Hallwag-Verlag, Bern.
77. Blaue TR-Reihe: Schleifen und Werkzeugschleifen (Heft 60) Hallwag-Verlag, Bern.
78. Blaue TR-Reihe: Fräsen und Verzahnen I (Heft 66). Hallwag-Verlag, Bern.
79. Vieregge, H.: Zerspanung der Eisenwerkstoffe. 2. Auflage 1970. Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf.
80. Logozzo, A. W.: Polieren von Presswerkzeugen. Plaste und Kautschuk, 6 (1959), S. 482.
81. Sidan, H.: Kalteinsinken von Stählen für Kunststoff-Formwerkzeuge. Technische Rundschau 61 (1969), Nr. 37, S. 11, Nr. 40, S. 33.
82. VDI Fachgruppe Betriebstechnik, Ausschuss Elektroerosive Bearbeitung: Gliederung und Begriffsbestimmungen der elektroerosiven Bearbeitung. Werkstattstechnik 49 (1959), S. 452.
83. Rüdiger, O. und Winkelmann, A.: Gefügebeeinflussung und Oberflächengüte bei der elektroerosiven Bearbeitung. Jb. Oberflächentechnik 16 (1960), S. 53.
84. Wiese, H.: Anwendungsmöglichkeiten der Funkenerosion im Werkzeugbau. Zwf 59 (1964), S. 270.
85. Rüdiger, O. und Winkelmann, A.: Elektroerosive Bearbeitung — Grundlagen und Verfahrenskennwerte. Industrie-Anzeiger 86 (1964), S. 1654.
86. Kreher, P.—J.: Abtragende Bearbeitungsverfahren. Blech (1964), S. 666.
87. Schekulin, K.: Der funkenerosive Metallabtrag mit impulsgesteuertem Generator. Werkstattstechnik 55 (1965), S. 53.
88. Rhyner, H.: Impulsgeneratoren für die elektroerosive Metallbearbeitung. Technische Rundschau 57 (1965), Nr. 37 und Nr. 39.
89. Ganser, K.: Elektroerosive Bearbeitung — Richtlinie VDI 3400. Werkstattstechnik 57 (1966), S. 363.
90. VDI Richtlinie 3400: Elektroerosive Bearbeitung (1965).
91. Ullmann, W.: Zusammenhang zwischen den elektrischen Parametern von gesteuerten transistorisierten Impulsgeneratoren und den technologischen industriellen Anwendungen der Funkenerosionsbearbeitung. Die elektrische Ausrüstung (1967), S. 3.
92. Ullmann, W.: Zusammenhang zwischen den physikalischen und elektrischen Parametern bei der Funkenerosion. Technische Rundschau 59 (1967), Nr. 25.
93. The Techniques and Practice of Spark Erosion Machining. Sparcatron LTD, Tuffley Crescent, Gloucester, England (1967).
94. Nassovia-Informationen: 100 Arbeitsbeispiele aus 1000 + 1 Funkenerosionsproblemen.
95. Kämmerer, K.: Möglichkeiten der Leistungssteigerung von Werkzeugen der spanenden und spanlosen Formgebung durch geeignete Werkstoffauswahl und Schwachstellenbeseitigung. Zwf 63 (1968), S. 223.
96. Shah, R. und Sandford, J. E.: Electrical Machining Finds Productions Jobs. Iron Age Metalworking International (1969), April, S. 27.
97. Winkelmann, A.: Elektroerosive und elektrochemische Bearbeitungsverfahren. Techn. Mitt. Krupp-Werksberichte 27 (1969), S. 53.
98. Köhn, R.: Funkenerodieren von Werkstücken und Werkzeugen. Werkstattstechnik 59 (1969), S. 111.

99. Haberstick, M.: Funkenerosionsmaschinen im Einsatz. Technische Rundschau 61 (1969), Nr. 24, S. 7.
100. Schadack, P.: Funkenerosive Metallbearbeitung — Anwendungsmöglichkeiten für Kaltumformwerkzeuge. Draht-Welt 55 (1969), Beilage Schrauben, Muttern, Formteile, S. 453.
101. Krabacher, E.: How We Will Machine. Metall Progress, Vol. 96 (1969), Oktober, S. 177.
102. Orth, H., Kurz, G., Faller, A. u. Grimm, J.: Die Korrosion funkenerodierter Stähle. Metalloberfläche 23 (1969), S. 353.
103. Rauhgigkeit von funkenerosiv bearbeiteten Oberflächen. Technische Rundschau 62 (1970), Nr. 37, S. 31.
104. Gaisser, H.: Versuche und Beobachtungen an Funkenerodiermaschinen. Werkstattstechnik, Zeitschrift f. industrielle Fertigung 60 (1970), S. 581.
105. Praxis der funkenerosiven und elektrochemischen Bearbeitung (Tagungsberichte). Draht 21 (1970), S. 783.
106. Schmidt-Ott, N.: Elektroerosive und elektrochemische Bearbeitung. Technische Rundschau 62 (1970), Nr. 50, S. 33.
107. Faust, C. L. und Snively, C. A. Electroshaping: New Process Speeds Metall Removal. The Iron Age, Vol. 186 (1960), November 3., S. 77.
108. Elektrisch abtragende Bearbeitung (Tagungsberichte). Werkstattstechnik, Zeitschrift für industrielle Fertigung 61 (1971), S. 186.
109. Eshelman, R. H.: ECM Attains Production Status. The Iron Age, Vol. 190 (1962), July 12, S. 109.
110. Kubeth, H. und H. Heitmann: Elektrochemisches Senken, ein neues abtragendes Verfahren zur Metallbearbeitung. Industrie-Anzeiger 85 (1963), S. 975.
111. Kubeth, H.: Elektrochemische Bearbeitung — Grundlagen und Verfahrenskennwerte. Industrie-Anzeiger 86 (1964), S. 1661.
112. Kubeth, H. und H. Heitmann: Einflussgrößen und Arbeitsergebnisse beim elektrochemischen Senken. Industrie-Anzeiger 87 (1965), S. 665.
113. Electrochemical Machining Advances. Metallurgia, Vol. 73 (1966), January, S. 15.
114. Beyer, K.: Elektrochemische Metallbearbeitung. Metalloberfläche 20 (1966), S. 88.
115. Cross, J. G.: Electrical Machining as it applies to ECM. Technical Paper ASME, SP 62—32.
116. Wilkinson, B. und Warburton, P.: ECM Works on Turbine Blades. Iron Age Metallworking International (1967), März, S. 26.
117. Bonga, B.: Elektrochemische Metallbearbeitung. Technische Rundschau 63 (1971), Nr. 19, S. 13.
118. Eilender, W., Mintrop, R. und Au, R.: Elektrolytisches Polieren von Stahl und Stahlegierungen und seine technische Anwendung. Metalloberfläche 2 (1950), S. B 81.
119. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 4. Auflage 1965: Abschnitt T 61 »Elektrolytisches Polieren von Stahl«. Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
120. Eysell, F. W.: Das Korrosionsverhalten weichnitrierter Stähle. Durferrit Hausmitteilungen, Heft 33 (1960), S. 26.
121. Kettmann, A., W. Stuhlmann: Einfluss des Badnitrierens auf einige physikalische Eigenschaften von Stählen. Härte. Techn. Mitt. 16 (1961), S. 50.
122. Winterer, K.: Tenifer-Behandlung von Spritzformen für thermoplastische Massen. Durferrit-Hausmitteilungen, Heft 34 (1962), S. 82.
123. Heinen, H.: Die Tenifer-Behandlung als verzugsarme Wärme- und Oberflächenbehandlung zum Erreichen optimaler Werkzeugleistung. Zwf 59 (1964), S. 110.
124. Winterer, K.: Tenifer-Behandlung von Zieh- und Biegewerkzeugen. Durferrit Hausmitteilungen, Heft 36 (1964), S. 24.
125. Finnern, B.: Badnitrieren von Werkstücken. Werkstattblatt 302. Carl Hanser Verlag, München (1964).
126. Finnern, B.: Badnitrieren von Werkzeugen. Werkstattblatt 316. Carl Hanser Verlag, München (1964).
127. Wiedmann, H.: Gasnitrieren. Werkstattblatt 330. Carl Hanser Verlag, München (1964).
128. Eysell, F. W.: Über das Badnitrieren von Werkzeugen. Werkstatt und Betrieb, 98 (1965), S. 273.
129. Finnern, B.: Bad- und Gasnitrieren. Carl Hanser Verlag, München (1965).
130. Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, 4. Auflage 1965. Abschnitt T512 »Nitrieren«. Verlag Stahl-Eisen, Düsseldorf.
131. Felgel-Farnholz, O., H. Sidan: Einfluss von Legierung, Härtetemperatur, Nitriertemperatur und Nitrierdauer auf die Oberflächen- und Kernhärte bei Kaltarbeitsstählen vom Typ X 210 Cr 12 nach Salzbadnitrierung. Stickstoff in Metallen, S. 196. Akademie-Verlag, Berlin (1965).
132. Kölbel, J.: Die Nitrischichtbildung bei der Glimmnitrierung. Forschungsbericht des Landes NRW Nr. 1555. Westdeutscher Verlag, Opladen (1965).
133. Sidan, H.: Nitrieren von rost- und säurebeständigen Stählen. Technische Rundschau, 58 (1966), Nr. 24, S. 9; Nr. 28, S. 3; Nr. 42, S. 33.
134. Schweizerische Fachgruppe für Wärmebehandlung: Die Wärmebehandlung von Bau- und Werkzeugstählen. Kapitel 14a, 14b, 21a. Sonderdruck aus: Microtecnic XX (1966), H. 3—5. XXII (1968), H. 1.
135. Razim, C.: Über die Möglichkeiten und Grenzen der Badnitrierbehandlung von Baustählen. Zwf 62 (1967), S. 439.
136. Kunze, E., H. Brandis: Nitrieren von Stählen mit hohem Kohlenstoffgehalt. Draht-Welt 53 (1967), S. 178.
137. Sidan, H.: Nitrierte Stähle für Kaltarbeitswerkzeuge. Technische Rundschau, 59 (1967), Nr. 41, S. 35.
138. Degussa: »Tenifer« - Behandlung von Spritzformen für thermoplastische Massen und PVC. »Tenifer« - Mitteilungen 8/67.
139. Hauch, W.: Ionitrieren — ein Verfahren der Oberflächenbehandlung von Eisenwerkstoffen. TZ f. prakt. Metallbearb. 63 (1969), S. 489.
140. Eysell, F. W.: Leistungssteigerung bei Werkzeugen durch Tenifer-Behandlung. Zwf 64 (1969), S. 577.
141. Kläuser, J.: Ionitrierverfahren in der Maschinenindustrie. Maschinenmarkt 75 (1969), S. 794.
142. Klöckner Ionon GmbH: Ionitrieren — Grundlagen, Verfahrens-technologie, Anlagen. Klöckner Ionon-Mitteilung Nr. 1 (April 1969).
143. Kläuser, J.: Ionitrieren. Werkstattblatt 513. Carl Hanser Verlag, München (1970).
144. Keller, K.: Erweiterte konstruktive Möglichkeiten durch partielles Ionitrieren. Industrieanzeiger 92 (1970), Ausgabe »Behandlung und Schutz von Oberflächen, Nr. 68 v. 18. 8. 1970.
145. Klöckner Ionon GmbH: Ionitrieren von Teilen für Kunststoff-Verarbeitungsmaschinen. Klöckner Ionon-Mitteilung Nr. 2 (März 1970).
146. Rademacher, L.: Einfluss des Nitrierens auf die Eigenschaften verschiedener Stähle. Vortrag beim XXVI. Härtereikolloquium 1970, Wiesbaden.
147. Keller, K.: Schichtaufbau glimmitrierter Eisenwerkstoffe. Vortrag beim XXVI. Härtereikolloquium 1970, Wiesbaden.
148. Eysell, F. W.: Der Unterschied zwischen Gasnitrieren und »Teifner« - Behandlung. Österr. Ingenieur-Zeitschrift 13 (1970), S. 204.
149. Degussa: Nachbehandlung »Tenifer« - behandelte Bauteile. »Tenifer« - Mitteilungen, 18/70.
150. Birk, P.: Neue Erkenntnisse über den Aufbau von Nitrierschichten. Härterei-Techn. Mitt. 25 (1970), S. 185.
151. Keller, K.: Aus der Ionitrierpraxis. Technische Rundschau, 63 (1971), Nr. 4, S. 29.
152. Keller, K.: Ionitrieren von Schnecken aus Nitrierstählen und ähnlichen Werkstoffen für Extruder- und Spritzgießmaschinen. Plastverarbeiter, Heft 8 (1971).

## ZUSAMMENFASSUNG

Anfangs ist im kurzen das Gebiet der Kunststoff-industrie mit einem Überblick über die Produktionsweise, und einer Klasifikation der Erzeugnisse nach den technologischen Eigenheiten beschrieben. Die einzelnen Stahlsorten sind in Hinsicht auf die Gebrauchseigenheiten systematisch in fünf Gruppen eingeteilt. In der Fortsetzung werden nach diesen Gruppen die Stahleigenschaften, deren Anwendbarkeit die Besonderheiten bei der Wärmebehandlung,

Möglichkeiten für die Oberflächenveredelung und anderes behandelt. In der kurzen Zusammenfassung ist eine Übersicht der Eigenschaften gegeben, welche von derartigen Werkzeugen verlangt werden.

Dieses Gebiet ist äusserst breit. Es ist nicht möglich im Artikel die Einzelheiten und die ganz engen Besonderheiten, wenn auch diese mehrmals von entscheidender Bedeutung sind, eingehend zu behandeln.

## SUMMARY

Review of production methods and classification of products according to technological characteristics in industry of plastics is shortly shown in the introduction. Due to characteristic conditions of use basic systematics in selection of steels by distribution of single steel types into five groups is presented. Steel properties, usability of steels, specialities in heat treatment, possibilities for surface

improvements, etc. are discussed for single groups. In short summary review of properties of steels needed for such tools are given.

This field is extremely wide therefore the paper cannot treat the details and narrow specialities which are often decisive. But an extensive literature review is given.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приводится короткий просмотр области производства синтетических масс, технологии этой отрасли производства и классификация изделий на основании их технологических свойств. Что касается особенности условий употребления масс приведена основная систематика при выборе стали при чём все сорта стали применимы в этой отрасли промышленности распределены в 5 групп. Поэтому свойства третируемых сталей, их употребление,

характеристики термообработки, возможность улучшения поверхности и пр., рассмотрены по группам. Также приведен обзор свойств которым должны отвечать изготовленные приборы. Вследствии обширности этой области изделия не было возможности привести подробности и узкой специальности применения, поэтому подан обширный обзор технической литературы.