

Razvoj tehnologije in novih vrst jekel na področju hladnega vtiskovanja

Rodič Jože, Pšeničnik Jože

(Povzetek predavanja na XXI. posvetovanju strokovnjakov iz podjetij črne in barvne metalurgije ter livarstva Slovenije 7.—8. 10. 1976 v Portorožu)

Resumé:

Postopek izdelave orodij s hladnim vtiskovanjem se v zadnjem času vse bolj uveljavlja tudi v naši predelovalni industriji pri izdelavi najrazličnejših matric, zahtevnih orodij za litje pod pritiskom, za stiskanje in brizganje, za manjše utope in kalupe.

Postopek hladnega vtiskovanja se je uveljavil predvsem zato, ker je orodja mogoče natančneje in ceneje izdelati kot pozitiv z zunanjo obdelavo, kakor pa z notranjo obdelavo pri izdelovanju gravur.

S pomočjo poenostavljenih skic je razložen postopek, nekaj slik pa ponazarja tok materiala in dogajanje med izvajanjem plastičnega preoblikovanja pri tem postopku.

Kriteriji za izbiro jekel, konstituiranje orodij in za izvajanje postopka so samo nakazani.

Kratko so opisane dosedanje domače izkušnje na tem področju, kjer je sicer manj obsežno sodelovanje vzorno potekalo.

Na koncu je podan zelo obširen pregled literature, ki bo predstavljal dragocen pripomoček vsem tistim, ki se začenejo ukvarjati s to problematiko, pa tudi tistim, ki imajo na tem področju že veliko izkušenj.

RAZVOJ TEHNOLOGIJE IN NOVIH VRST JEKEL NA PODROČJU HLADNEGA VTISKOVANJA

Postopek izdelave orodij s hladnim vtiskovanjem je že dolgo poznan, vendar je do uvedbe v proizvodnjo in širšo uporabo preteklo precej časa. Pri nas predstavlja ta tehnologija novost in šele v zadnjih letih si na tem področju sistematično nabiramo prve dragocene izkušnje. Po začetnih uspehih je zanimanje za postopek hladnega vtiskovanja vedno večje.

Hladno vtiskovanje ima pri izdelavi orodij zahtevnih vdolbenih oblik veliko prednosti pred klasično izdelavo, zahteva pa veliko izkušenj in ustrezno opremo. Prav to je glavna ovira v razvoju in razlog za razmeroma počasno uveljavljanje tega izredno pomembnega postopka.

Postopek hladnega vtiskovanja pri izdelavi najrazličnejših matric, zahtevnih orodij za litje kovin pod pritiskom, za stiskanje in brizganje umetnih snovi, pa tudi za stiskanje in kovanje, za utope in kalupe ali oblikovane kokile se je razvil zato, ker je orodja (pestiče, žige) mogoče natančneje in ceneje izdelati kot pozitiv z zunanjo obdelavo, oziroma s površinskim oblikovanjem, kakor pa z notranjo obdelavo pri izdelovanju gravur.

Uporabnost vtiskovanja je omejena v glavnem z velikostjo prečne površine pestiča zaradi dosegljivosti pritiska na stiskalnicah.

Sicer pa je področje uporabnosti tega tehnološkega postopka izredno široko v industriji umetnih snovi, v kovaški industriji majhnih izdelkov iz lahkih in barvnih kovin ali zlitin kakor tudi iz jekla, v industriji jedilnega pribora, v vijačni industriji, v industriji vozil in strojev, armatur, v urarski industriji, v gumarski industriji in steklarstvu, v prehranski industriji in še na mnogih drugih manjših področjih.

Za uspešno vtiskovanje s sprejemljivimi pritiski mora imeti uporabljeno jeklo za matrice posebne lastnosti.

Trdota mora biti čim nižja in mikrostruktura posebno prilagojena najboljši preoblikovalni sposobnosti. Samo po sebi je razumljivo, da je odločilnega pomena že izbira vrste jekla, vsekakor pa je poleg tega potreben specialni postopek mehkega žarjenja. Jeklo za hladno vtiskovanje ne sme biti preveč nagnjeno k utrjevanju pri deformiranju v hladnem, ker bi morali vtiskovanec prevečkrat vmesno rekristalizacijsko žariti.

Izbira jekla in njegovega stanja je odvisna od namena uporabe in od potrebne vtiskovalne globine.

Z dobro izvedenim vtiskovanjem dobimo orodja — matrice z odlično kakovostjo površine in serijo orodij enakih oblik ter točnosti.

Pri hladnem vtiskovanju so seveda odločilnega pomena vtiskovalna orodja — pestiči.

Pestič kot orodje — pozitivno vtiskujemo v matrico — negativ izdelka.

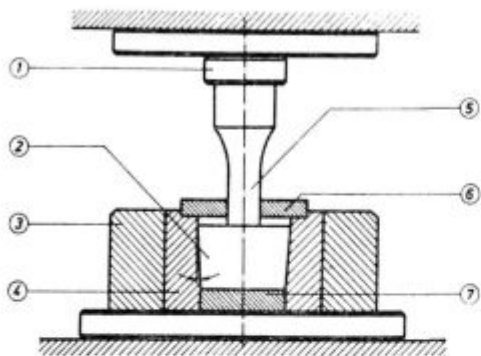
Pestič mora biti izdelan iz primerne orodnega jekla in toplotno obdelan — kaljen in popuščan — na trdoto, ki zagotavlja najboljše kombinacijo tlačne trdnosti, odpornosti proti obrabi in žilavosti. Od primera do primera in od karakterističnih konstrukcijskih oblik pestiča ter delovnega tehnološkega postopka je odvisno, katera lastnost v tej kombinaciji prevladuje. Tanki in dolgi pestiči s tankimi robovi na gravuri in predvsem pestiči nesimetričnih oblik zahtevajo največjo žilavost, orodja za vtiskovanje enostavnih oblik s plitkimi gravurami naj imajo višjo trdoto in večjo tlačno trdnost, pestiči enostavnih oblik za globoke vtiske pa morajo imeti zadostno odpornost proti obrabi. Prav to lahko z mnogimi postopki kemijsko — termične površinske toplotne obdelave, z različnimi površinskimi prevlekami orodij in s posebnimi premazi bistveno izboljšamo.

Pestič odtisne v matrici zrcalno obliko in tako dobimo orodje, v katerega vlivamo, brizgamo, stiskamo ali kujemo izdelke.

Jeklo za matrice mora biti pri taki tehnologiji pač čim mehkejše in sploh kolikor mogoče najboljše sposobno za vtiskovanje. Te lastnosti pa moramo razumeti zelo relativno, saj uporabljamo za matrice najrazličnejše vrste jekel, od najmehkejših nelegiranih do brzoreznih. Matrice, ki smo jih izdelali s hladnim vtiskovanjem, uporabljamo v proizvodnji izdelkov iz plastičnih mas, raznih barvnih kovin in zlitin ter najrazličnejših vrst jekel. Razumljivo je, da za oblikovanje najmanj zahtevnih plastičnih mas za došča najmehkejše jeklo, da za litje in stiskanje jeklenih izdelkov zahtevamo visokolegirano specialno jeklo z največjo popuščno obstojnostjo, da za udarno oblikovanje jeklenih izdelkov potrebujemo matrice iz obrabno obstojnih in žilavih specialnih orodnih jekel itd. Pri oblikovanju kemijsko agresivnih snovi morajo biti matrice iz posebnih nerjavnih, oziroma kemijsko obstojnih jekel. Pri tako različnih jeklih za matrice je razumljivo, da so zahteve, ki jih morajo zadovoljevati pestiči, in tudi pogoji vtiskovanja izredno različni. Prav zato ni splošno veljavnih pravil, ampak so za uspešno vtiskovanje in ekonomsko tehnični napredek na tem področju odločilne predvsem sistematično dokumentirane, strokovno analizirane in predvsem smiselno izkoriščene izkušnje v danih primerih ob posameznih kombinacijah pestičev in matric.

Hladno vtiskovanje se izvaja z majhno hitrostjo na močnih hidravličnih stiskalnicah, ki so za kontrolirani potek vtiskovanja za ta namen prav posebno prirejene.

Hladno vtiskovanje s krčnim obročem prikazuje skica na sliki 1.

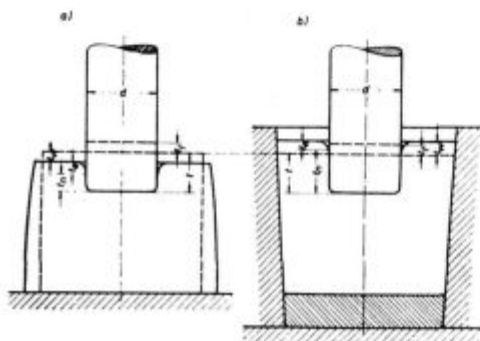


Slika 1

Hladno vtiskovanje s krčnim obročem²

- 1 — Tlačna plošča, 2 — Matrica, 3 — Zunanji krčni obroč,
4 — Notranji krčni obroč, 5 — Vtiskovalni pestič, 6 —
Vodilni obroč, 7 — Podložna plošča

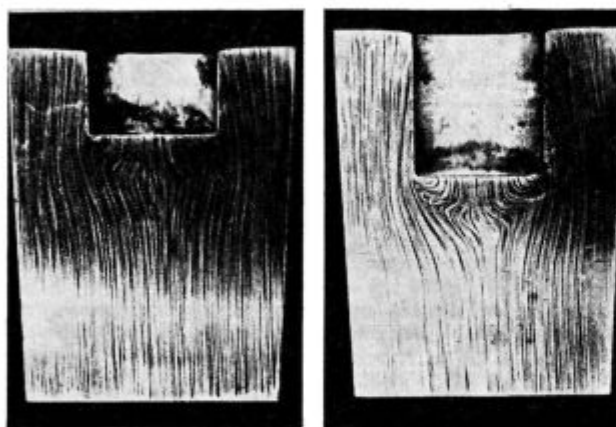
Pri hladnem vtiskovanju poznamo v principu dva različna načina: prosto vtiskovanje in vtiskovanje s krčnim obročem. Primerjavo obeh načinov prikazuje slika 2.



Slika 2

Globine vtiskovanja pri prostem vtiskovanju (a) in pri vtiskovanju s krčnim obročem (b)²

Način vtiskovanja je odločilnega pomena pri konstruiranju orodij, pri proračunu in izvedbi postopka. Razumljivo je, da je tok materiala pri obeh načinih bistveno različen, to pa je odločilno za potek napetosti, globino

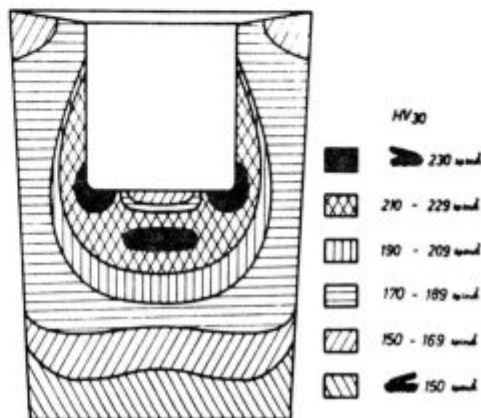


Slika 3

Potek vlaken v matrici izdelani s hladnim vtiskovanjem v krčnem obroču (jedkalo Oberhoffer)²
a) razmerje globine vtiskovanja in premera pestiča
 $t/d = 0,65$ b) $t/d = 1,10$

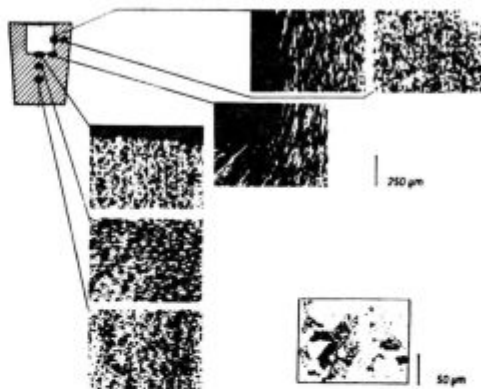
vtiskovanja, točnost gravur in s tem za uporabnost enega ali drugega postopka v določene namene. V glavnem je prosto vtiskovanje omejeno le na izdelavo plitkih gravur. Splošno prednost ima vtiskovanje s krčnim obročem, ki pa je za vtiskovanje globokih gravur edini uporaben postopek. Pri zelo globokih gravurah se poslužujejo večstopenjskega vtiskovanja ali pa tudi kombinacij mehanskega ali erozijskega oblikovanja vdolbin osnovne oblike, kateremu pa sledi »likanje« s kladnim vtiskovanjem, kar ob sprejemljivih stopnjah hladne deformacije zagotavlja visoko kakovost notranje površine matric.

Številne teoretične študije in preiskave praktičnih primerov so privedle razvoj do zelo nazorne predstave in obvladovanja toka materiala ter vplivov tega na spremembe trdot in mikrostrukture v posameznih primerih pod vplivom konstrukcijskih variant in variacij tehnoloških pogojev pri vtiskovanju. Za ilustracijo je bilo na posvetovanju prikazanih več primerov iz dokumentacije v Zvezarne Ravne 36, 38, 39.



Slika 4

Razporeditev trdot po osnem preseku hladno vtisnjene matrice² (sl. 3 b) iz jekla z 0,20 % C; 1,00 % Mn; 1,20 % Cr, 0,25 % Mo. Pred vtiskovanjem je bila trdota $HV_{30} = 145$ kp na kvadratni milimeter. Premer pestiča $d = 15$ mm in razmerje globine vtiskovanja in premera pestiča $t/d = 1,10$

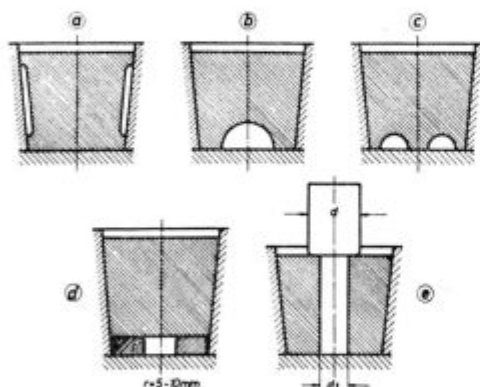


Slika 5

Vpliv hladnega vtiskovanja na spremembe mikrostrukture po osnem preseku matrice (sl. 3 b in 4). Desno spodaj je mikrostruktura pred hladnim vtiskovanjem. (Zvezarna Ravne)²⁴

Danes je tehnologija hladnega vtiskovanja razvita do takšne stopnje, da imamo za konstruiranje v dokaj obsežni literaturi mnogo praktičnih napotkov. Za vse potrebne izračune odpornosti sil in pritskov ter potrebnih karakteristik pri projektiranju tehnološke izvedbe postopka hladnega vtiskovanja imamo številne pripomočke v obliki

tabel in nomogramov, ki nam pristop k dogajanju med vtiskovanjem zelo približajo ter olajšajo pot do ugotovitve optimalnih pogojev za izvedbo uspešnega vtiskovanja. Za olajšanje toka materiala med vtiskovanjem in s tem za kompenziranje notranjih napetosti, trdot, mikrostrukturnih sprememb so poznani številni praktični ukrepi, (slika 6) Obravnavanje teh podrobnosti bi preseгло okvir namenjene informacije, zato naj zadošča pregled najpomembnejše literature za to področje.



Slika 6
Ukrepi za olajšanje toka materiala³

Jekla

Posebno pomemben pogoj pri izbiri jekel in dopustnih trdot za potrebe vtiskovalne globine in dopustne pritske je specifična vtiskovalna globina, ki predstavlja razmerje vtiskovalne globine in premera pestiča. Pri tem pa zopet odločajo karakteristike izbranih jekel za pestiče in matrice.

Z ozirom na izredno široko področje uporabnosti tega postopka se pri tem uporabljajo tudi najrazličnejše vrste jekel. Zato ne moremo na tem mestu obravnavati izbire jekel za posamezna področja, za kar lahko najdemo številne napotke v navedeni literaturi, ampak se bomo omejili le na dosedanje domače izkušnje v sodelovanju s potrošniki naših jekel. Na tem področju je bilo sodelovanje posebno plodno s podjetji

LAMA — Dekani,
Kovaška industrija — Zreče,
Iskra — elektromehanika Kranj.

S podjetjem LAMA — Dekani smo začeli v letu 1974 sistematično preizkušati uporabnost različnih vrst jekel za posamezne izdelke, in to v industrijskih pogojih z večjimi količinami. Največ je bilo hladno vtiskovanih matric za brizganje medenine in plastike.

Pri tem smo za matrice uporabljali orodna jekla za delo v vročem Č 9750 — utop Co 2; Č 6451 — utop 2 in Č 4751 — utop Mo 1 ali Č 4753 — utop MO 2, v nekaj posebnih primerih pa tudi jeklo za poboljšanje Č 4734 — VCMo 230.

Za pestične ali vtiskovalne trne smo uporabljali orodni jekli za delo v hladnem Č 4750 — OCR 12 extra in Č 4850 — OCR 12 VM ter brzorezno jeklo Č 7680 — BRM-2. Pri pogojih v tem podjetju je prioriteten vrstni red pri izbiri orodnih jekel za pestiče Č 7680 — BRM-2, Č 4750 — OCR 12 extra in Č 4850 — OCR 12 VM.

S podjetjem KI — Zreče smo že v letu 1973 začeli sodelovati pri prizkušanju jekel za hladno iztiskovanje. Za iztiskovalne trne so uporabili brzorezni jekle Č 7680 — BRM-2 in Č 9683 — BRU s trdoto 62,5 — 65,5 HRC. Pri tem se je za kasnejšo uporabo uveljavilo predvsem brzorezno jeklo Č 9683 — BRU. S tem so od prvotnih 3000 do 5000 iztiskanih kosov s postopnim izboljševanjem tehnologije iztiskovanja in z dodatnim nitriranjem dosegli zavidljivo vzdržljivost 30.000 kosov, kar je za te proizvode enako podatkom zahodnoevropskih proizvajalcev.

Uporabo različnih vrst jekel za pestiče in matrice je v ISKRI ob sodelovanju železarne Ravne obdelal Znidaršič z diplomskim delom. Tudi tu so bile prejšnje ugotovitve potrjene. Jeklo Č 4750 — OCR 12 extra je dalo povsem zadovoljive in nekoliko boljše rezultate kot jeklo Č 4850 — OCR 12 VM. Za zahtevnejše trne in predvsem za tiste z ostrejšimi robovi se je najboljšje izkazalo brzorezno jeklo Č 7680 — BRM-2, superbrzorezno jeklo Č 9683 — BRU pa je bilo pri tem nekoliko slabše.

BRM-2 ima prednost pred jekli tipa OCR 12 predvsem tam, kjer pri zahtevnejših pestičih pridejo do izraza finejši karbidi. Predvsem pa je potrebno brzorezno jeklo pri vtiskovanju v toplem zaradi značilne popuščne obstojnosti.

Za matrice je doslej največ izkušenj izbranih za jekla Č 4850 — OCR 12 VM, Č 4756 — OA 2, Č 4751 — utop Mo 1 in Č 4753 — utop Mo 2.

Za področje industrije plastičnih mas smo precej uporabljali dve vrsti jekla za cementacijo: Č 1220 — C 15, Č 4720 — ECMo 80 in nerjavno orodno jeklo Č 4770 — prokron 5.

Posebno področje pa predstavlja izdelovanje medalj, značk in podobnega, kjer so sicer ledeburitna orodna jekla Č 4750 — OCR 12 extra in Č 4850 — OCR 12 VM pokazala odlično vzdržljivost, vendar povzročajo z močnimi karbidnimi segregacijami precej težav pri graviranju žigov — pestičev. Praktične izkušnje so pokazale, da se na tem področju uporabnosti odlično obnaša jeklo Č 4756 — OA 2 za pestiče in matrice. Mogoče ga je zelo mehko žariti, pri čemer ima odlične sposobnosti za graviranje in vtiskovanje, kaljeno in popuščeno orodje pa dosega visoko žilavost in povsem zadovoljivo obrabno obstojnost.

V zadnjem času za potrebe hladnega vtiskovanja osvajamo novo orodno jeklo z 0,85 % C, 0,9 % Ni in 0,1 % V.

Po dosedanjih izkušnjah lahko nekako v splošnem ugotavljamo:

— trdota pestičev za vtiskovanje naj bo nad 61 HRC, ker prihaja pri nižjih trdotah do nakrčevanja;

— tako za pestiče kot za trne priporočamo jeklo, predalej po elektrožlindrinem postopku (EPZ), ker je čistejše in bolj homogeno;

— jeklo za izdelavo pestičev mora biti dobro prekontrolirano, da ne bi izdelovali pestičev iz kosov z manjšimi napakami, ki predstavljajo nevarne inercialne razpoki ali lomovi;

— odločilnega pomena je kakovostna izvedba toplotne obdelave;

— pri jeklih, ki imajo izražen efekt sekundarne trdote, ima tudi ob enaki trdoti prednost popuščanja v območju nižjih temperatur zaradi tlačne trdnosti, ki je ob enaki trdoti po višjem popuščanju nekoliko nižja. Popuščanje v območju sekundarnih trdot priporočamo le takrat, kadar se trni še površinsko kemično termično obdelajo, npr. z nitriranjem po TENIFER postopku;

— jeklo za matrice mora biti specialno mehko žarjeno, ker je trdota in mikrostruktura odločilnega pomena. S posebnim mehkim žarjenjem se doseže znatno nižja trdota kot običajno.

Pregled uporabljenih jekel za matrice

	C %	Si %	Mo %	Cr %	Ni %	W %	Co %	V %	Co %
Č 4751 — utop Mo 1	0,4	1		5			1,3	0,4	
Č 4753 — utop Mo 2	0,4	1		5			1,3	1	
Č 6451 — utop 2	0,3			2,5		5		0,4	
Č 9750 — utop Co 2	0,3			2,7			2,8	0,5	2,8
Č 4756 — OA 2	1		0,4	5			1	0,25	
Č 4734 — VCMo 230	0,29		0,95	2,5			0,20		0,15
Č 4720 — ECMo 80	0,15		1	1,2			0,25		
Č 1220 — C 15	0,15		0,3						
Č 4770 — prokron 5	0,5	0,5	0,5	14			0,4		

Pregled uporabljenih jekel za pestilce

	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %	Ni %	V %	Co %
C.7680 - BM-2	0,82			4		0,5	5	1,9	
C.9885 - BM	1,25			4		10	5,7	3,2	10,5
C.4710 - OCR 12 extra	1,65			12		0,5	0,6	0,1	
C.4850 - OCR 12 VH	1,55			12			0,9	1	
C.4756 - OA 2	1		0,6	5				0,25	
- 85 NOV 4	0,85					0,9		0,1	

Literatura:

- Sidan H.: Kalteisenken von Stählen für Kunststoff — Formwerkzeuge, Technische Rundschau Nr 37, 29. 8. 1969.
- Sidan H.: Formenbau 2 — Auswahl, Wärmebehandlung und Bearbeitung der Stähle für Formwerkzeuge in der Kunststofftechnik, Blaue TR — Reihe Heft 109, založba Technische Rundschau v Hallwag Verlag, Bern, Stuttgart.
- Haufe W.: Industrie-Anzeiger 77, 1955, S. 587 und 597.
- Thelning K. E.: Werkstatttechnik und Maschinenbau, 48, 1958, S. 209.
- VDI — Richtlinie 3170: Kalteisenken von Werkzeugen, 1961.
- Hoischen H.: Industrie — Anzeiger 89, 1967, Ausgabe »Werkzeugmaschine und Fertigungstechnik«, Teil II, Umformungstechnik, S. 1255.
- Bungrdt K. und Mülders O.: Archiv für Eisenhüttenwesen, 28, 1957, S. 383.
- Volke E.: Kunststoffe 44, 1957, S. 388.
- Jägersberger J.: Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik, 25, 1959, S. 439.
- Sors L.: Werkzeuge für die Plastikverarbeitung. VEB Verlag Technik, Berlin, 1967.
- Haufe W.: Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung. Wintersche Verlagsbuchhandlung, Füssen.
- Bain E. C.: Alloying Elements in Steel, Cleveland, Ohio, 1939, S. 66.
- VDI-Richtlinie 3200: Fließkurven metallischer Werkstoffe, 1965.
- Füssl A.: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 60, 1965, S. 631.
- Schimz K.: Werkstatt und Betrieb, 87, 1954, S. 295.
- Füssl A.: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 61, 1966, S. 7.
- Haufe W.: Werkstatttechnik und Maschinenbau, 46, 1956, S. 163.
- Füssl A.: Vortrag bei der Konferenz über die Wärmebehandlung von Werkzeugstählen, Gottwaldov (CSSR), November 1968.
- TGL 160-307: Werkzeuge zur Plastikverarbeitung, Senkrahmen rund, 1964.
- Rudolph S.: Plaste und Kautschuk, 12, 1965, S. 418.
- TGL 160-308: Werkzeuge zur Plastikverarbeitung, Ziehrahmen rund, 1964.
- Natschke G.: Plaste und Kautschuk, 11, 1964, S. 682.
- Thelning K. E.: Kalt- und Warmeisenken von Warmarbeitsstahl. Schweizer Archiv 1961, S. 503.
- Haufe W.: Das Kalteisenken als Herstellungsverfahren von Druckgiessformen. Giesserei 46, 1959, S. 323.
- Schädlich S. und Rudolph H.: Kalteisenkenbarkeit legierter und hochlegierter Werkzeugstähle. Fertigungstechnik und Betrieb 10, 1960, S. 530.
- Hübner K.: Fertigungsmethoden für die Herstellung von Formeinsätzen für die Kunststoffverarbeitung. Vortrag Süddeutsches Kunststoffzentrum Würzburg 1972.
- Hoischen H.: Das Kalteisenken von Gravuren für Schmiedegesenke »Industrie-Anzeiger« Nr. 56 vom 14. Juli 1967.
- Sack & Kiesselbach Maschinenfabrik G. M. B. H. Werkstattblatt 438 Teil I. s. in Teil II. s Werkstattblatt 439.
- Haufe W.: Schnellarbeitsstähle für Werkzeuge der spanlosen Formgebung »Werkstatt und Betrieb« 97 (1964) Nr. 10 S 719 — 725.
- Hinze G.: Gravurherstellung durch Kalteisenken »Fertigungstechnik und Betrieb« 19 (1969) Nr. 1 S.30 — 33.
- Schuster M.: Edelstähle für die Massivkaltumformung, Werkstatt und Betrieb 107 (1974) 10. str. 642 — 644.
- Hoischen H.: Kalteisenken, Sack u. Kiesselbach, Düsseldorf — Rath (publikacija Pub 7601).
- Sack u. Kiesselbach: Kalteisenken von Werkzeugen — publikacija julij 1976.
- Hoischen H.: Werkzeugformgebung durch Kalteisenken, Werkstatt und Betrieb 104 (1971) 4 str. 275 — 282.
- Haufe W.: Kalteisenken als Herstellungsverfahren von Warmpresswerkzeugen in der Schraubenindustrie, Draht — Welt 46 (1960) Nr. 9., str. 696 — 105.
- Brzozeczno jeklo 2-9-1 za hladno vtiskovanje, Interno poročilo o preiskavi DK-209/1975, Železarna Ravne.
- Breinlinger M. G.: Frappe à froid des acieres inoxydables, Creusot — Loire.
- Preiskava hladno vtisnjenege vzorca, Interno poročilo o preiskavi DK-242/1976, Železarna Ravne.
- Znidaršič J.: Diplomsko delo 2382, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani 1976.