

## Tehnične novice

### Nova orodna jekla za delo v hladnem Č4754 (CRV) in Č4755 (CRV-2) v proizvodnem programu Železarne Ravne

Pšeničnik Jože, Rodič Jože

V smislu koncepta o čimvečji finalizaciji proizvodnje in izboljšanja kakovosti proizvodov smo se v železarni Ravne lotili razvoja proizvodnega programa na osnovi sistematičnih raziskav orodnih jekel za delo v hladnem. Rezultati tega dela so razni predlogi izboljšav o načinih toplotne obdelave, načinih preizkušanja legiranih orodnih jekel kakor tudi dopolnitve proizvodnega programa z novimi legiranimi jekli, saj nekatere klasične vrste jekel ne zagotavljajo več izpolnjevanja kakovostnih zahtev in delovne kapacitete orodij.

Razširjeno skupino ledeburitnih orodnih jekel znanegega tipa OCR-12 smo dopolnili z jeklom, ki ima nižjo vsebnost ogljika in kroma ter povečano vsebnost molibdena. To jeklo je dobilo oznako Č 4754 (CRV), nadaljnja varianta v nakazani smeri pa je jeklo Č 4755 (CRV-2). To jeklo ima še nižjo vsebnost ogljika in kroma, še večji dodatek molibdena, poleg tega pa še nekaj več kot 1% volframa. Druge dopolnitve proizvodnega programa orodnih jekel smo v tehničnih novicah že predstavili. Najbližje obravnavani skupini je jeklo Č 4756 — OA 2.

Ta nova orodna jekla uporabljamo povsod tam, kjer z drugimi klasičnimi tipi jekel za delo v hladnem ali z ledeburitnimi orodnimi jekli skupine OCR-12 nismo več zadovoljni v pogledu kombinacije obrabne obstojnosti, žilavosti in odpornosti proti udarcem.

Z izgradnjo tovarne orodij v železarni Ravne v letu 1973 so se na tem področju odprle nove možnosti uporabe teh jekel v lastni proizvodnji strojnih nožev, ki so ob istovrstni uporabi vzpodbudile razširjene raziskave o lastnostih teh jekel.

Z otvoritvijo novega obrata za proizvodnjo orodij sovpada v tem razvoju tudi uvedba proizvodnje specialnih jekel po najmodernejšem jeklarskem postopku električnega pretaljevanja pod žlindro s posebnimi strukturnimi in tehnološkimi lastnostmi. Ta postopek omogoča doseganje bistveno boljše čistoče in posebne izboljšave makro- in mikrostrukture, kar ima izredno pomemben vpliv na lastnosti orodij.

Ta jekla smo v prvi fazi proijvajali za potrebe lastne finalizacije, sedaj pa so že vključena v redno proizvodnjo. Za ta jekla prodajna služba že normalno sprejema naročila in nudimo vse normalne kakovostne garancije.

#### STANDARDNE KARAKTERISTIKE IN OSNOVNI PODATKI ZA UPORABO JEKEL Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2

Smerna kemijska sestava v %

Oznaka jekla Z. R. JUS	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V
Č 4754 CRV	1,0	0,50	0,30	10,0	—	1,1	0,25
Č 4755 CRV-2	0,53	0,90	0,40	8,50	1,15	1,35	0,10

Tip jekla:

Jeklo Č 4754 (CRV) je plinito visoko legirano Cr — Mo — V orodno jeklo za kaljenje na zraku na bazi 10% Cr z

visoko vsebnostjo ogljika, namenjeno predvsem za delo v hladnem stanju, kjer se zahteva visoka obrabna obstojnost, žilavost in obnem odpornost proti udarcem.

Č 4755 (CRV-2) je plemenito visoko legirano Cr — Mo — W — V jeklo za kaljenje v olju in na zraku na bazi 8% Cr z znižamo vsebnostjo ogljika in dodatkom W in Mo.

To jeklo je namenjeno za delo v hladnem povsod tam, kjer zaradi visokih zahtev žilavosti in odpornosti proti udarcem ledeburitna visoko legirana jekla tipa OCR-12 ne ustrezajo kvalitetnim zahtevam kombinacije obrabna obstojnost — žilavost — odpornost proti udarcem.

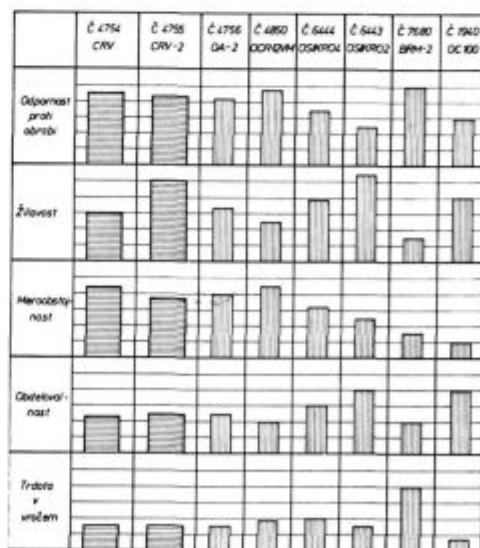
Značilnosti in osnove lastnosti:

Za jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 so značilne naslednje lastnosti:

- odlična odpornost proti obrabi,
- odlična žilavost,
- odlična odpornost proti udarcem,
- odlična rezna sposobnost,
- velika popuščna obstojnost,
- dobra meroobstojnost,
- nekoliko slabša obdelovalnost v žarjenem stanju,
- slabša sposobnost za brušenje.

Primerjava lastnosti:

Če primerjamo glavne lastnosti obeh obravnavanih vrst jekel z lastnostmi drugih vrst poznanih orodnih jekel (na sliki 1), bomo prav lahko ugotovili, kdaj se bomo odločili za izbiro enega od teh jekel.



Slika 1

Primerjava lastnosti jekel Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 z drugimi znanimi vrstami orodnih jekel

Jeklo Č 4755 — CRV-2 ima npr. prednost pred ledeburitnimi orodnimi jekli tipa OCR-12 takrat, kadar z žilavostjo teh jekel nismo povsem zadovoljni, posebno še, če so orodja obremenjena na udarce.

#### Področje uporabe:

Izbira jekel Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 je zaradi kombinacije obrabna obstojnost — žilavost — odpornost proti udarcem priporočljiva predvsem v primerih, ko se zahteva odlična obrabna obstojnost, a klasična obrabna obstojna jekla ne ustrezajo zaradi udarnih obremenitev. Če temu prištetemo še kaljivost, zanesljivost pri kaljenju in meroobstojnost, je pomen teh jekel za izdelavo zahtevnih in kompliciranih orodij jasen. Posebnega pomena je še možnost kaljenja na zraku. Kaljenja na zraku se poslužujemo pri jeklu Č 4754 — CRV, pri jeklu Č 4755 — CRV-2 pa samo izjemno, kar je za tega bolj priporočljivo kaljenje v olju, posebno pri večjih presekih.

Popuščna obstojnost obeh je zelo ugodna glede na področje uporabnosti in značilnosti toplotne obdelave.

Iz teh jekel izdelujemo vse vrste strojnih nožev visoke kakovosti za celulozno in lesno industrijo, razne skobelne in frezalne glave in zelo obremenjena frezala v lesni industriji, ravnalne in oblikovalne valje in podobno. Na tem področju poznamo izkušnje, prepičani pa smo, da lahko pričakujemo dobre rezultate na številnih drugih področjih uporabe, saj smo jekla s takimi lastnostmi dolgo pogrešali. Poznamo tudi uspešno uporabo teh jekel za izdelavo ploščatih in okroglih nožev za hladno rezanje pločevine, debeline 5—15 mm.

Zaradi odlične meroobstojnosti se obe vrsti jekla uporabljata tudi za izdelavo raznovrstnih merilnih orodij.

#### TIPIZACIJA

Obe obravnavani vrsti jekla sta novi in se na domačem tržišču šele uveljavljata, zato sta seveda »netipizirani«. Glede na dosedanje izkušnje pa jima lahko pripisujemo dobre perspektive pri uveljavljanju na širokem področju uporabe za izdelavo orodij, ki se uporabljajo za delo v hladnem.

#### VROČA PREDELAVA

Normalno območje vroče predelave je 1050—900 °C. Pri ogrevanju in zadrževanju na temperaturi pred vročo predelavo je treba upoštevati nagnjenost teh jekel k razogljčenju in potrebno ukrepati za zaščito.

Zaradi kaljivosti na zraku je občutljivost teh jekel pri ohlajanju po končani vroči predelavi razumljiva. Zelo nevarno je izpostavljanje prepihu in vlagi. Zagotoviti je treba dovolj počasno ohlajanje v peči ali pa v primernih izolacijskih sredstvih.

Preoblikovalna sposobnost teh jekel pri plastični predelavi v vročem že zaradi osnovnih značilnosti sestave ni najboljša in je zato potrebno precej izkušenj za uspešno predelavo.

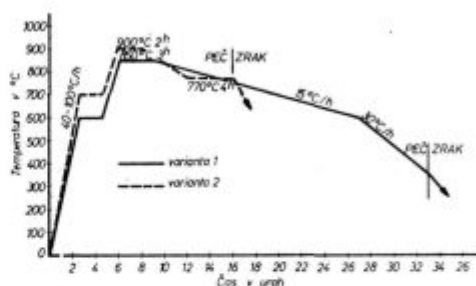
Ingoti, izdelani po EPŽ postopku, imajo precej boljše sposobnosti za plastično preoblikovanje v vročem, zato EPŽ izvedbi poleg vseh drugih prednosti pripisujemo tudi s tega stališča velik pomen.

Za doseganje dobrih osnovnih lastnosti ima končna temperatura vroče predelave velik pomen in naj bo čim bližja spodnji temperaturi predpisanega območja, vendar ne nižja od 900 °C. Po končani vroči predelavi je treba ta jekla čimprej žariti.

#### MEHKO ŽARJENJE

Ogrevanje za žarjenje mora biti počasno, po možnosti stopenjsko. Hitrost ogrevanja do temperature žarjenja se giblje od 40—100 °C/h, kar je odvisno od količine in oblike vložka. Za mehko žarjenje jekla Č 4754 — CRV se uporabljata dve varianti, prikazani na sliki 2.

Prva varianta predstavlja klasičen postopek žarjenja. Temperatura mehkega žarjenja je 840—870 °C. Čas držanja na temperaturi naj bo ca. 3 ure. Hitrost ohlajanja po kon-



Slika 2

#### Diagram žarjenja jekla Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2

čanem zadrževanju na temperaturi mehkega žarjenja, predvsem v območju 800—650 °C, ne sme presežati 15 °C/h. Nadaljnje ohlajanje je lahko hitrejše.

Druga varianta je priporočljiva predvsem takrat, kadar je po vroči predelavi zaželen prekristalizacija. Jeklo ogrejemo v avstenitno območje ca. 900 °C, ga na tej temperaturi zadržimo ca. 2 uri in nato ohladimo na 770 °C. Na tej temperaturi ga držimo ca. 4 ure in nato ohladimo na zraku.

Žarjenje jekla Č 4755 — CRV-2 je podobno. Hitrost ohlajanja po končanem zadrževanju na temperaturi mehkega žarjenja je zaradi nižje vrednosti ogljika lahko nekoliko večja, vendar ne sme presežati 20 °C/h do temperature 600 °C. Nadaljnje ohlajanje je lahko hitrejše.

Pri obeh vrstah jekla je potrebno pri žarjenju zagotoviti ustrezno varovanje proti prekomernemu razogljčenju površine.

#### Trdota:

Trdota jekel Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 v žarjenem stanju je maks. 250 HB.

#### Obdelovalnost:

V žarjenem stanju se obe vrsti jekla zaradi visoke legirne sestave nekoliko težje obdelujeta.

#### ŽARJENJE ZA ODPRAVO NOTRANJIH NAPETOSTI

Žarjenje za odpravo notranjih napetosti se izvaja v temperaturnem območju 600—700 °C z zadrževanjem na temperaturi najmanj 1 uro. Pri večjih debelinah nad 25 mm se na vsakih 25 mm povečanja debeline čas držanja na temperaturi podaljša za 1 uro. Ohlajanje se izvaja počasi v peči do 500 °C, dalje pa na mirnem zraku.

Žarjenje za odpravo napetosti se izvaja po grobi mehanski obdelavi. Nujno potrebno je pri vseh orodjih, kjer so preseki na raznih delih orodja zelo različni. Velik pomen ima to žarjenje pri orodjih, ki se pred končno toplotno obdelavo močno ravnajo.

Pri žarjenju za odpravo napetosti ni potrebna posebna zaščita proti razogljčenju.

#### Kaljenje:

Normalno območje temperatur kaljenja je 1000 do 1020 °C v olju ali 1020—1040 °C na zraku. S časom zadrževanja na kalilni temperaturi moramo tako kot pri ledeburitnih orodnih jeklih zagotoviti zadostno raztapljanje karbidov v avstenitu.

Za večino orodij je najboljša temperatura kaljenja 1020 °C. Za orodja do debeline ca. 80 mm se ohlajanje izvaja na mirnem zraku ali pa v rahlem pišu suhega zraka. Za debeljša orodja pa je potrebno kaljenje v olju.

Uporablja se tudi kaljenje v termalni kopeli na ca. 550 °C za izenačitev temperature, nakar sledi ohladitev na zraku.

Pri ogrevanju na temperaturo avstenitizacije zelo priporočamo dobro predogrevanje v območju 800—850 °C, ker se s tem doseže boljša enakomernost temperature po pre-

seku na temperaturi kaljenja, kar v precej zmanjša stopnjo deformiranja orodij pri kaljenju. Na temperaturi predgrevanja zadržujemo orodje približno 1 uro na vsakih 25 mm debeline preseka. Že na temperaturi predgrevanja je treba poskrbeti za ustrezno zaščito proti zarogljčenju, še bolj pomembno pa je to pri nadaljnjem ogrevanju in zadrževanju na temperaturi kaljenja. Priporočljiva je varovalna atmosfera v peči z najmanj 10 % CO ali pa varovalno pakiranje orodij.

Pri kaljenju večjih kosov priporočamo izbiro temperature kaljenja bližje spodnji meji predpisanega območja, ker se s tem zmanjša količina zadržanega avstenita v jeklu po kaljenju. Ta je namreč zelo odvisna od temperature avstenitizacije in od časa držanja na kalilni temperaturi.

Za manjša ali tanjša orodja priporočamo ogrevanje na kalilno temperaturo v solni kopeli na bazi 70–90 % BaCl<sub>2</sub> in 30–10 % NaCl.

#### Trdota po kaljenju:

Orodja debeline do 50 mm dosežejo po kaljenju na zraku povprečno trdoto 59–62 HRC in prekalijo skoraj po celem preseku. Pri kaljenju v olju je običajno trdota nekoliko višja 59–63 HRC.

Orodja večjih debelin dosežajo pri kaljenju na zraku že nekoliko nižje trdote in imajo med trdoto na površini in v sredini precejšnje razlike. Zato priporočamo kaljenje v olju, vendar je izbira ohlajevalnega sredstva odvisna tudi od oblike orodja.

#### Popuščanje:

Uporabno območje temperature popuščanja je 150–550 °C. Največkrat popuščamo jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 na temperaturi 150–250 °C. Raziskave so pokazale, da je ravno v tem področju najboljše žilavost. Če pa zahtevamo od orodja boljše popuščno obstojnost, pa popuščamo pri temperaturah 400–550 °C.

Popuščanje se mora izvršiti takoj po kaljenju, še preden doseže jeklo sobno temperaturo. Najprimernejše je prenesti orodje na popuščanje, ko doseže po kaljenju temperaturo 50–60 °C. Pri višjih temperaturah popuščanja je priporočljivo dvakratno popuščanje, kar pa zadošča, če je pravilno izvedeno. Čas popuščanja na temperaturi naj bo ca. 1 uro za vsakih 25 mm debeline, vendar tudi pri najtanjših kosih nikoli manj kot 1 uro.

Jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 imata izražen efekt sekundarne trdote pri popuščanju, ki je tem močnejši, čim višja je temperatura kaljenja. Pri kaljenju v olju je efekt sekundarne trdote močnejši kot pri kaljenju na zraku. Zaradi efekta sekundarne trdote lahko izberemo razmeroma visoke temperature popuščanja posebno takrat, kadar orodja dodatno nitriramo.

Diagrami popuščanja prikazujejo odvisnost trdote od temperature kaljenja in temperature popuščanja za kaljenje na zraku in v olju (sl. 3, 4, 5 in 6).

#### Delovne trdote orodij:

Večina orodij iz teh vrst jekel ima delovno trdoto v mejah 50–62 HRC.

Zahtevana trdota je odvisna predvsem od namena orodja. Tako pri nožih, ki so izpostavljeni maksimalni obrabi, medtem ko žilavost ni pomembna, težimo k maksimalnim trdotam. Pri drugih orodjih, kjer je potrebna večja žilavost, le-to prilagodimo s popuščanjem.

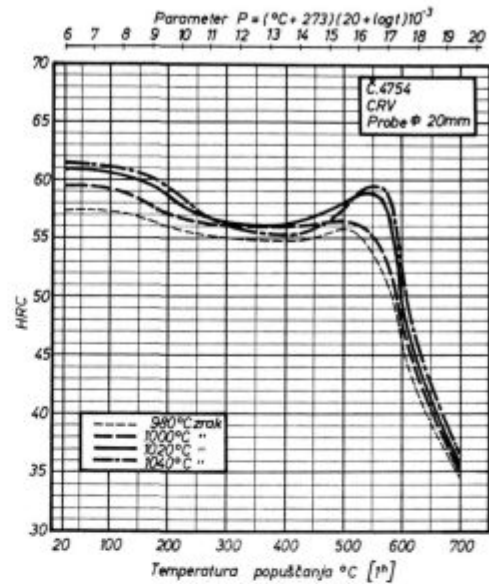
Oblikovalni valji imajo trdoto v mejah 58–62 HRC.

Pri nekaterih večjih orodjih za ravnanje in upogibanje zadošča delovna trdota 56–58 HRC.

Orodja za industrijo umetnih mas imajo običajno trdoto 58–60 HRC.

Orodja, namenjena za delo v vročem, imajo največkrat trdoto od 50–55 HRC.

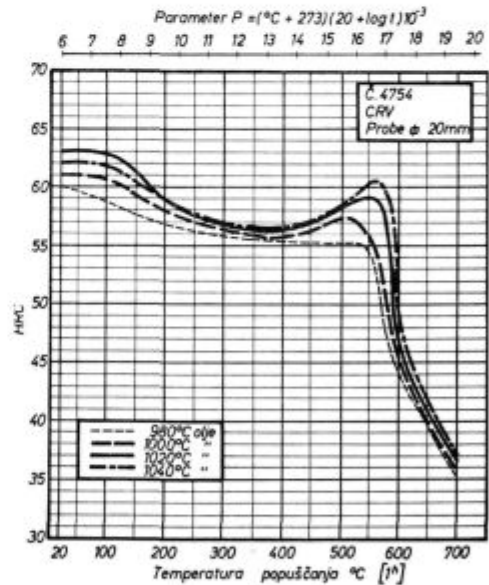
Smerna kemijska sestava	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	V %
	1,0	0,5	0,3	10,1	1	0,25



Slika 3

Vpliv kalilne temperature na popuščno obstojnost jekla Č 4754 — CRV, kaljenega na zraku

Smerna kemijska sestava	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %
	1,0	0,5	0,3	10,1	1	0,25



Slika 4

Vpliv kalilne temperature na popuščno obstojnost jekla Č 4754 — CRV, kaljenega v olju

Za orientacijo, oziroma pravilno izbiro odnosa trdota — udarna žilavost podajamo primerjalni diagram odvisnosti udarne žilavosti od temperature popuščanja pri normalni temperaturi kaljenja v olju za nekatera jekla (slika 7).

#### NITRIRANJE

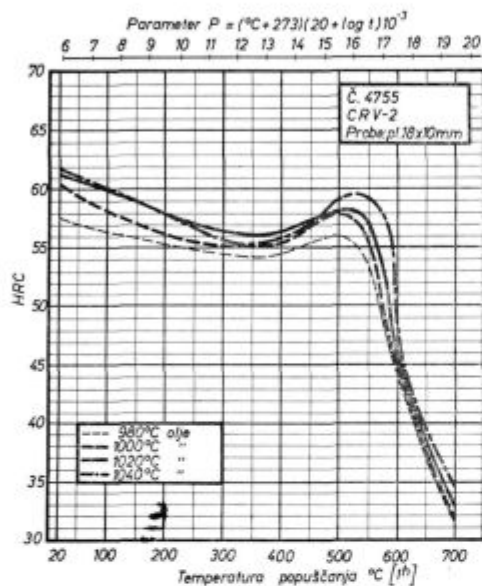
Jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 sta v splošnem zelo primerni za nitriranje. Če nameravamo orodje nitrirati po tenifer postopku, priporočamo kaljenje z višje temperature. Jeklo moramo namreč popuščati na temperaturo,

ki je višja od temperature nitriranja ali vsaj njej enaka, pri tem pa ne želimo trdote preveč znižati.

Največkrat v takih primerih kalimo jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2 s temperature 1080 °C, kar si v večini primerov lahko privoščimo. Če uporabimo nitriranje, želimo vsekakor doseči predvsem maksimalno odpornost proti obrabi in lahko na račun zmanjšanja žilavosti zvišamo temperaturo kaljenja.

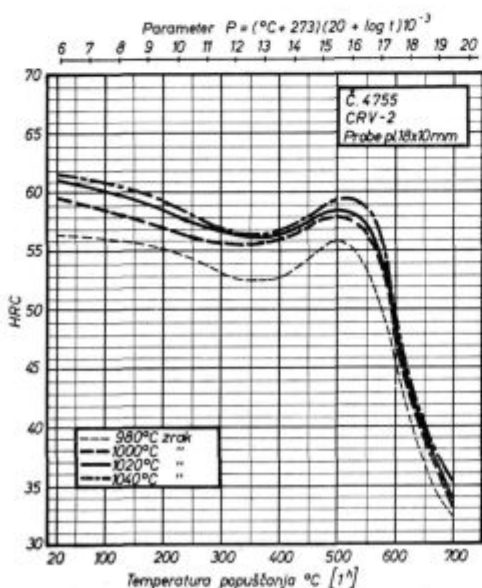
Če nameravamo jeklo plinsko nitrirati, ga popuščamo na ca. 540 °C, če pa ga nameravamo nitrirati po tenifer postopku, ga popuščamo na ca. 570 °C.

Smerna kemijska sestava	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %
	0,53	0,90	0,40	8,50	1,35	1,15

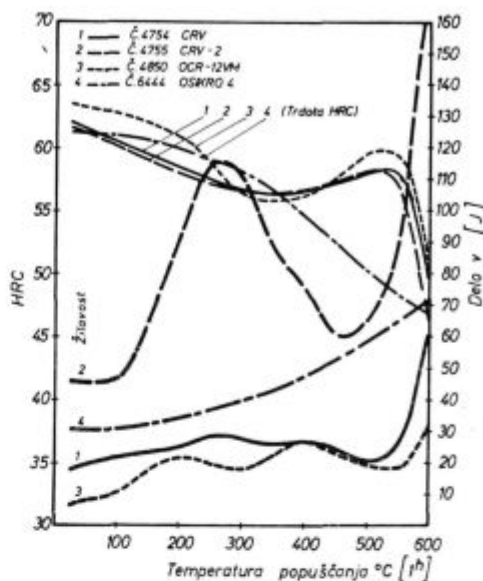


Slika 5 Vpliv kalilne temperature na popuščeno obstojnost jekla Č 4755 — CRV-2, kaljenega na zraku

Smerna kemijska sestava	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %
	0,53	0,90	0,40	8,50	1,35	1,15



Slika 6 Vpliv kalilne temperature na popuščeno obstojnost jekla Č 4755 — CRV-2, kaljenega v olju



Slika 7 Vpliv temperature popuščenja na trdoto in vzdolžno žilavost

Pri plinskem nitriranju na 520 °C 15 ur pričakujemo nitrirno trdo plast debeline ca. 0,12 mm. Jedro orodja ima pri tem trdoto 54—57 HRC, površina pa 900—1100 HV. Nitriranje v cianidni kopeli daje tanjšo nitrirano plast, površinski sloj pa je bolj krhek kot pri nitriranju v plinu.

**Podhlajevanje:**

Normalna ohladitev s kalilne temperature podhlajevanje do —50 °C ali nižje zagotavlja popolnejši razpad avstenita. Pri takem poizkusu se doseže trdota za dva do tri HRC višje kot pri običajnem kaljenju in povečanje dimenzij povprečno za 0,003 mm/mm. Nadaljnje popuščenje na 150—200 °C zniža trdote na vrednosti normalnega kaljenja v olju. Vnekaterih primerih uporabe je tak postopek, ki daje maksimalno trdoto in minimalno vsebnost zadržanega avstenita, je zelo pomemben. Podhlajevanje po predhodnem popuščenju ima pri teh jeklih mnogo manjši učinek.

Podhladitev na —70 °C omogoča minimalno vsebnost zaostalega avstenita, nižje podhladitve pa so glede praktičnega učinka neutemeljene.

**Mehanske lastnosti:**

Zaradi uporabe teh jekel smo od mehanskih lastnosti preizkušali le žilavost. Za preizkušanje žilavosti so bile uporabljeni preizkušanci 10 mm × 10 mm × 55 mm, ki imajo v sredini oslabeitev za 1 mm s polmerom 10 mm.

Na sliki 8 je podana primerjava vzdolžne in prečne žilavosti za jekli Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2.

**Metalografija jekel Č 4754 — CRV in Č 4755 — CRV-2:**

Po lastnostih sta si obe jekli zelo podobni, po strukturi pa sta to dva različna tipa jekel.

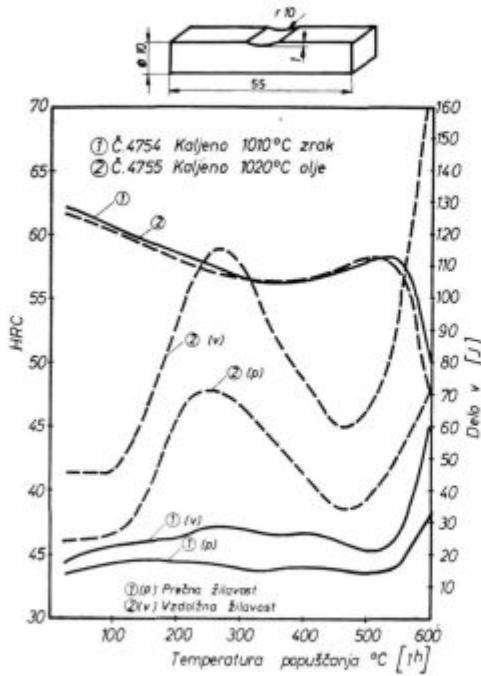
Jeklo Č 4754 — CRV spada v skupino ledeburitnih orodnih jekel. Struktura po žarjenju je enakomerno sferoidizirana, sestavljena iz perlita in evtektičnih karbidov.

Po kaljenju so v strukturi tega jekla martenzit, zaostali avstenit in karbidi.

Jeklo Č 4755 — CRV-2 spada v skupino nadevtektoidnih orodnih jekel. Struktura po žarjenju je enakomerno sferoidizirani kroglični perlit iz zločenimi posebnimi karbidi.

Po kaljenju so v strukturi tega jekla martenzit, zaostali avstenit in karbidi.





Slika 8

Vpliv temperature popuščenja na trdoto, vzdolžno in prečno žilavost za jekli C 4754 — CRV in C 4755 — CRV-2

Premenske točke:

Ohlajanje 2,5 °C/min. Ogrevanje 2,5 °C/min.

C.4754 — CRV	Ac začetek 807 °C	Ar začetek 732 °C
	Ac konec 847 °C	Ar konec 696 °C
C.4755 — CRV-2	Ac začetek 825 °C	Ar začetek 770 °C
	Ac konec 880 °C	Ar konec 730 °C

### ZAKLJUČKI

Namen te publikacije je bil, da podamo informacijo o dosedanjih raziskavah novih jekel C 4754 — CRV in C 4755 — CRV-2, ki sicer še niso zaključene, dovoljujejo pa že presojo kakovosti lastnosti teh jekel v zvezi s področji uporabnosti.

Podani so rezultati preiskav osnovnih lastnosti, katere pa bo treba dopolniti in povezati z informacijami o obnašanju teh jekel pri praktični uporabi.

### Literatura

1. Roberts — Hamaker — Johnson: Tool Steels — 1962, Metals Park.
2. Vizjak F., J. Rodič, J. Gnamuš: Osvajanje jekla CRV, interna raziskovalna naloga O-6704 — Železarna Ravne.
3. Vizjak F., R. Pori, R. Hovnik, J. Gnamuš: Osvajanje jekla CRV-2, interna raziskovalna naloga O-7303 — Železarna Ravne.
4. Pšeničnik J.: Osvajanje jekla OCR-12 VM, interna raziskovalna naloga O-7003 — Železarna Ravne.
5. Rodič J.: Osvajanje jekla AO-2, interna raziskovalna naloga O-7302 — Železarna Ravne.