

# Tehnične novice

## Primerjava meroobstojnosti orodnih jekel

Franc Černe

Pokazalo se je, da se mora v procesu toplotne obdelave upoštevati spremembe mer in volumna orodnih kakor tudi drugih jekel. Ta problem se mora obvladati že v fazi konstruiranja orodja, kakor tudi v fazi toplotne obdelave in na koncu pri uporabi orodja.

Med ogrevanjem jekla se povečujejo njegove mere za vrednost koeficienta linearnega raztezka za jeklo. Ta je odvisen od strukture.

Specifični volumen struktur, ki sestavljajo jeklo, je različen in raste v naslednjem redu: avstenit, feritno-karbidne strukture (perlit, sorbit, troostit), martenzit. Pri temperaturi okolice ima martenzit približno 4% večji specifični volumen kot avstenit.

Ker pri kaljenju jekla iz perlitne strukture dobimo martenzitno strukturo z določenim deležem zadržanega avstenita in s popuščanjem pretvorbo teh struktur v troostitno in sorbitno strukturo, moramo pričakovati tudi tem strukturam odgovarjajoči specifični volumen in mere. Tako se mehko žarjenemu jeklu s kaljenjem mere povečajo v kolikor dobimo pretežno martenzit. Velik delež zadržanega avstenita pa lahko povzroči, da je orodje po kaljenju manjše kot v žarjenem stanju. To pomeni, da je sprememba dimenzij pri kaljenju odvisna od temperature kaljenja oz. od vsebnosti zadržanega avstenita.

Spremembe, ki nastanejo pri kaljenju se pri popuščanju ponovno spreminjajo. Te ponovne spremembe nastanejo s sprostitvijo notranjih napetosti, ki obsegajo toplotne in premenske napetosti, ter s spremembo volumna pri razpadu martenzita in pri premeni zadržanega avstenita.

Pri vseh orodnih jeklih se s popuščanjem pri nižjih temperaturah pojavi zmanjšanje volumna in mer. Tedaj se menja struktura martenzita — tetragonalni martenzit se pretvarja v kubični martenzit. Vse mere se zmanjšajo glede na kaljeno stanje. Pri nekoliko višji temperaturi popuščanja nastane povečanje volumna zaradi premene zadržanega avstenita v martenzit. Pri tem se povečajo vse mere glede na kaljeno stanje. Nadaljnje povišanje temperature popuščanja pri teh jeklih povzroči prav tako zmanjšanje volumna in dimenzij, ker se martenzit pretvarja v troostitno — sorbitno strukturo.

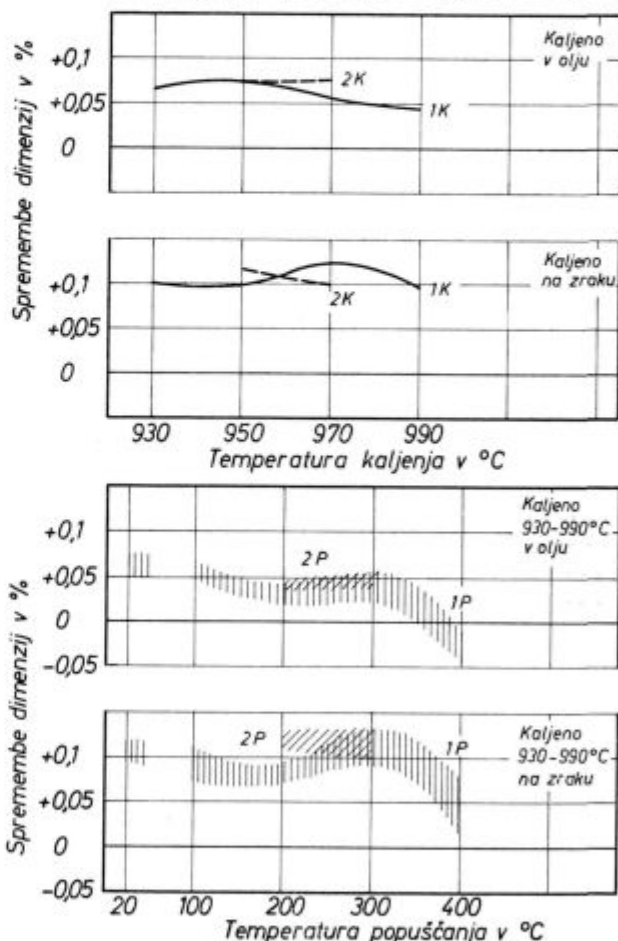
Ti pojavi so pri ledeburitnih jeklih pri višji temperaturi popuščanja kot pri srednjelegiranih jeklih. Spremembe mer pri popuščanju so torej odvisne od temperature popuščanja.

Celokupne spremembe mer glede na žarjeno stanje so torej odvisne od temperature kaljenja in popuščanja. Popolno meroobstojnost pri toplotni obdelavi se torej doseže tako, da se pri kaljenju nastali raztezki kompenzirajo s skrčki pri primernem popuščanju.

V Zelezarskem Zborniku št. 1 leta 1970 je na straneh 51 do 60 podrobneje opisan pojav sprememb mer jekla pri toplotni obdelavi. Objavljeni so tudi rezultati raziskav meroobstojnosti za nekatera orodna jekla. Pozneje so se raziskave nadaljevale. Tu objavljamo rezultate najvažnejših meritev v enotni obliki za 5 vrst jekel skupine

OCR 12 (OCR 12 — slika 1, CRV — slika 2, OCR 12 sp. — slika 3, OCR 12 ex. — slika 4 in OCR 12 VM — slika 5) in 2 vrsti jekla skupine merilo (merilo ex. — slika 6 in merilo — slika 7). Zajete so meritve na probi dimenzij 50 x 20 x 100 mm. Iz valjane oz. kovane palice so bile probe izrezane tako, da je lega probe vzdolžna oz. prečna z ozirom na smer valjanja oz. na smer vlaken.

Č.4150 (OCR 12) proba 50x20x100mm										
Kem. sest. v %	C	Si	Mn	S	Cr	Ni	V	W	Cu	Mo
	2,02	0,18	0,38	0,017	11,8		0,11			



Slika 1

Celotne spremembe dolžine (100 mm) pri kaljenju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje

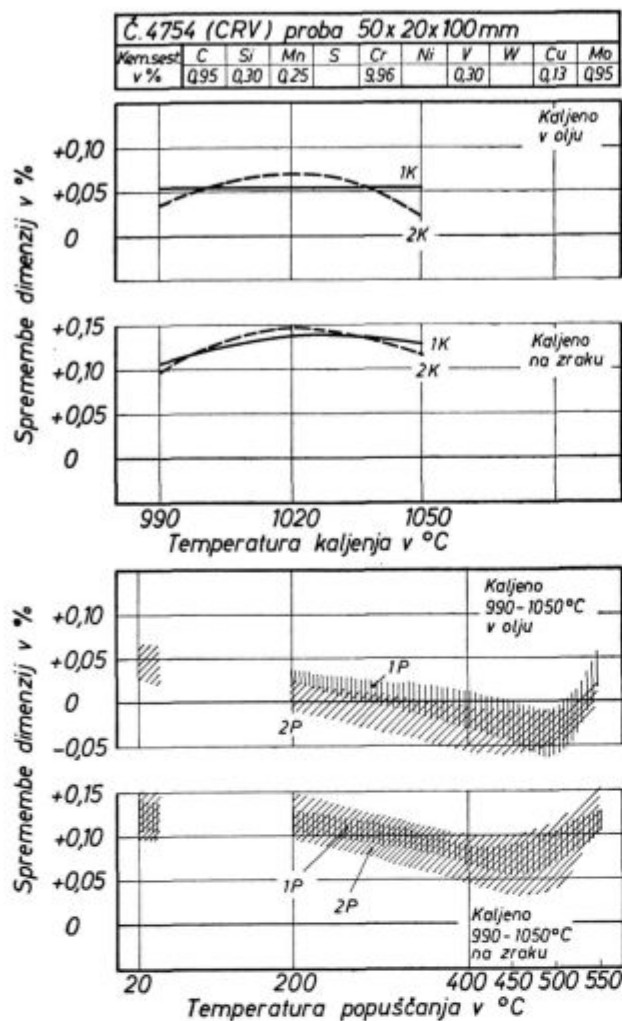
1 ... vzdolžno na smer valjanja

2 ... prečno na smer valjanja

K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje

P ... popuščeno stanje v odnosu na žarjeno stanje

Franc Černe je diplomirani inženir metalurgije in vodja INDOK centra v službi za razvoj tehnologije, izdelkov in metalurške raziskave železarne Ravne.



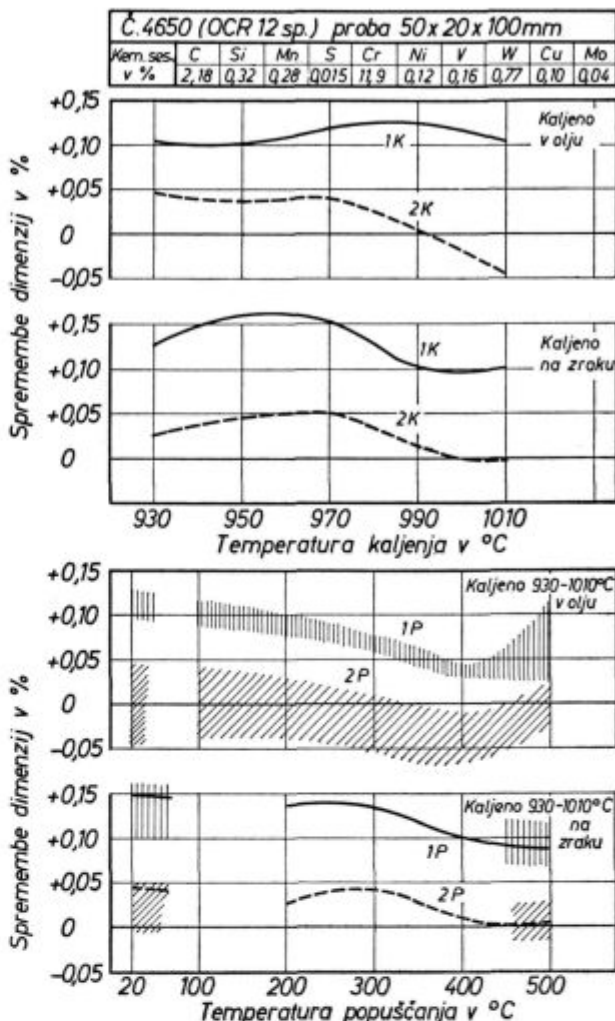
Slika 2

Celotne spremembe dolžine (100 mm) pri kaljenju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje

- 1 ... vzdolžno na smer valjanja
- 2 ... prečno na smer valjanja
- K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje
- P ... popuščeno stanje v odnosu na žarjeno stanje

V diagramih je zajet naslednji potek dela:  
 — merjenje dimenzij mehko žarjenih prob,  
 — kaljenje iz nekoliko kalilnih temperatur,  
 — merjenje dimenzij v kaljenem stanju,  
 — popuščanje pri nekoliko temperaturah,  
 — merjenje dimenzij v popuščanem stanju.

Pri izdelavi diagramov so vse spremembe mer preračunane v odnosu na mere v žarjenem stanju v odstotkih.



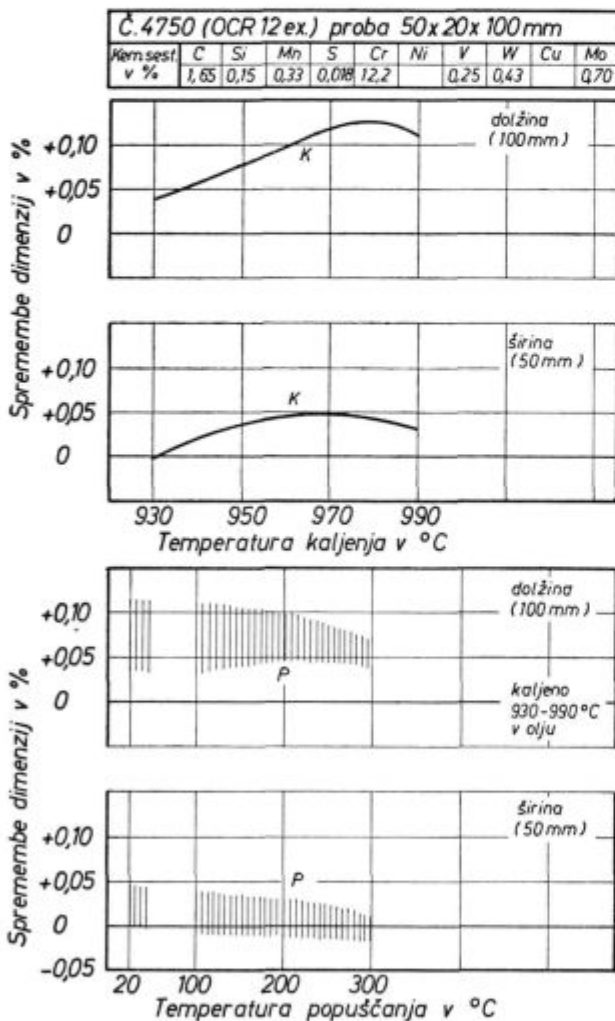
Slika 3

Celotne spremembe dolžine (100 mm) pri kaljenju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje

- 1 ... vzdolžno na smer valjanja
- 2 ... prečno na smer valjanja
- K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje
- P ... popuščeno stanje v odnosu na žarjeno stanje

Pri vseh preizkušanih jeklih je kaljeno iz nekoliko temperatur in je zato več krivulj sprememb pri popuščanju, t. j. za vsako kalilno temperaturo ena krivulja. Celoten pas teh krivulj je v diagramih prikazan šrafirano. Rezultati so doseženi s tremi paralelnimi probami. Spremembe mer v % pri toplotni obdelavi so podobne pri naslednjih skupinah jekel: (primerjajmo samo dolžine — 100 mm vzdolžno ležečih prob, kaljenih v olju; navedeno je območje)

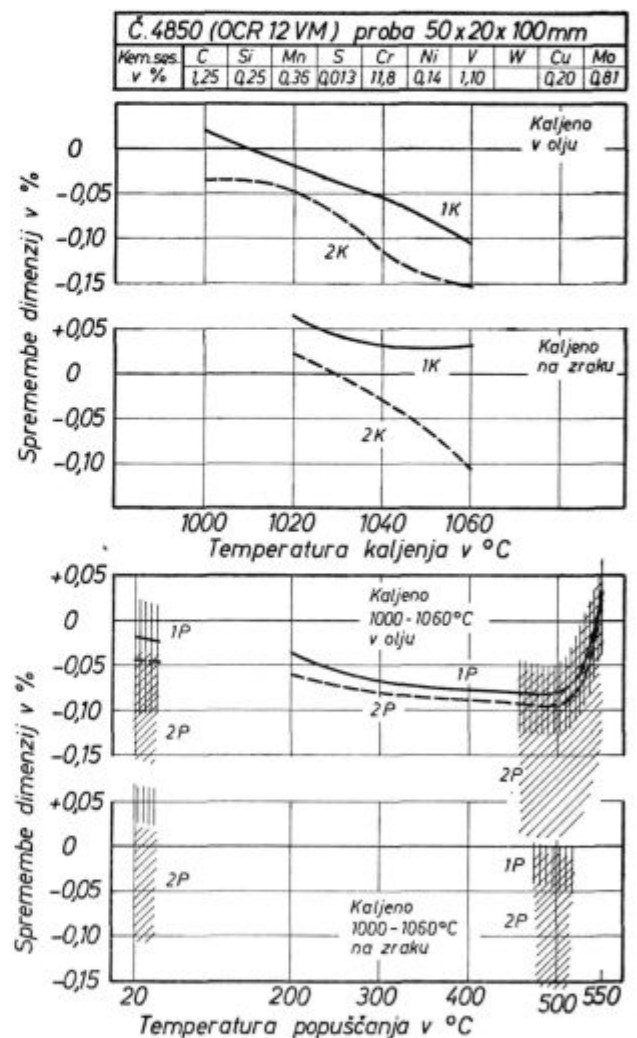
Jeklo	Kaljeno	Popuščano pri			
		200°	300°	400°	500° C
Č. 4150 (OCR 12) — sl. 1	} od + 0,04	+ 0,02	- 0,03	- 0,07	+ 0,01
		} do + 0,07	+ 0,04	+ 0,06	- 0,01
Č. 4650 (OCR 12 sp.) — sl. 3	} od + 0,04		+ 0,04	+ 0,03	+ 0,03
		} do + 0,12	+ 0,10	+ 0,07	+ 0,12
Č. 4750 (OCR 12 ex.) — sl. 4	} od - 0,11		- 0,04	- 0,07	- 0,13
		} do + 0,02			- 0,05
Č. 6440 (merilo ex.) — sl. 6	} od + 0,01		- 0,01	+ 0,03	
		} do + 0,06	+ 0,01	+ 0,06	
Č. 3840 (merilo) — sl. 7	} od + 0,02		0,00	+ 0,06	
		} do + 0,06	+ 0,03	+ 0,13	



Slika 4

Celotne spremembe mer pri kaljenju v olju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje  
Vzdolžno na smer valjanja

K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje  
P ... popuščano stanje v odnosu na žarjeno stanje



Slika 5

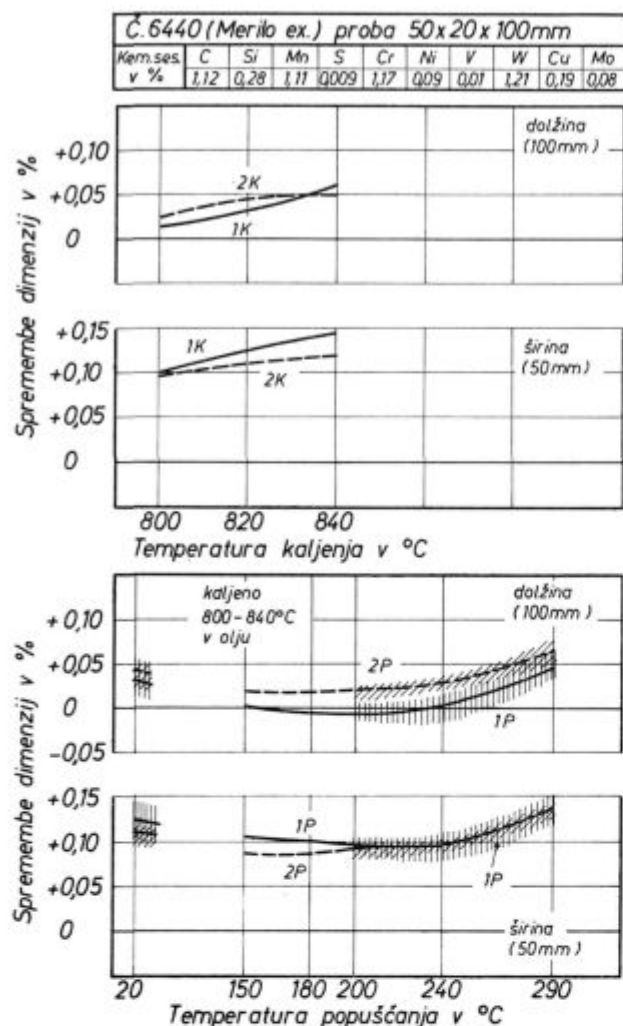
Celotne spremembe dolžine (100 mm) pri kaljenju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje

1 ... vzdolžno na smer valjanja

2 ... prečno na smer valjanja

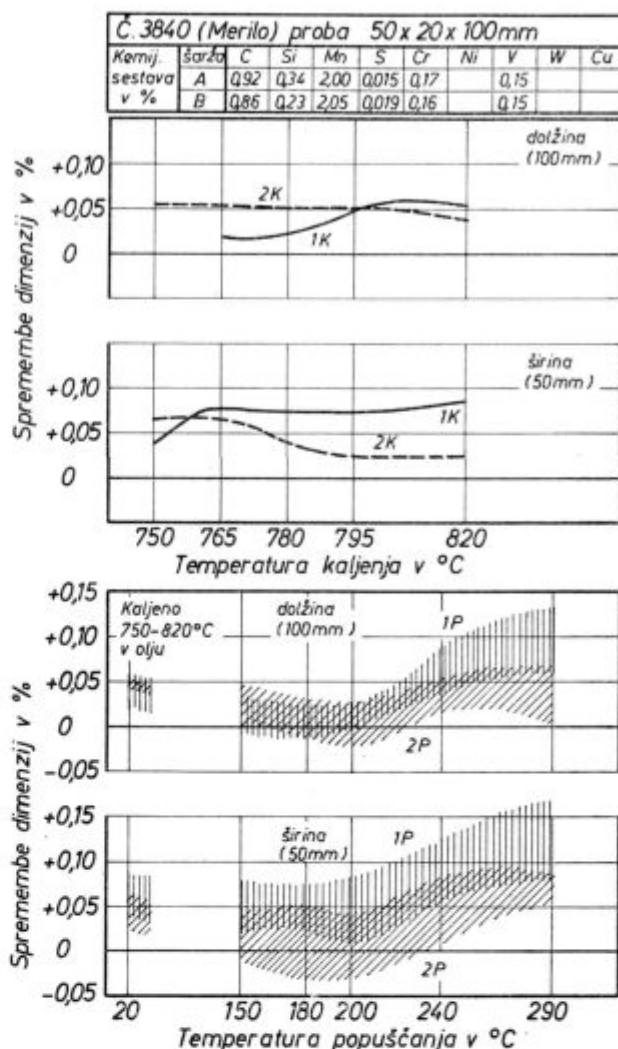
K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje

P ... popuščano stanje v odnosu na žarjeno stanje



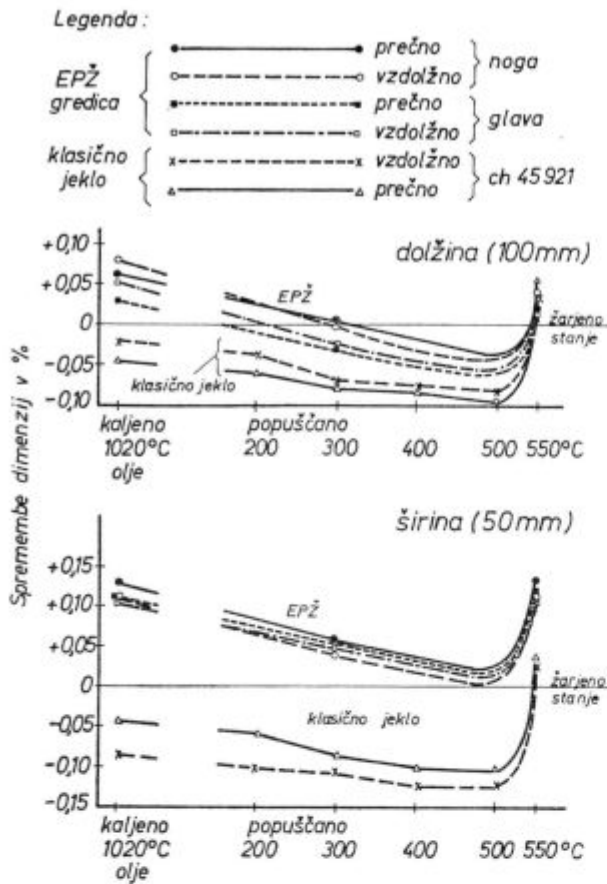
Celotne spremembe mer pri kaljenju v olju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje

- 1 ... vzdolžno na smer valjanja
- 2 ... prečno na smer valjanja
- K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje
- P ... popuščeno stanje v odnosu na žarjeno stanje



Celotne spremembe mer pri kaljenju v olju in popuščanju v odnosu na žarjeno stanje.

- 1 ... vzdolžno na smer valjanja
- 2 ... prečno na smer valjanja
- K ... kaljeno stanje v odnosu na žarjeno stanje
- P ... popuščeno stanje v odnosu na žarjeno stanje



Slika 8

Č 4850 (OCR 12 VM) proba 50 x 20 x 100 mm

Primerjava meroobstojnosti

- klasično izdelanega jekla (kovano 110 x 30 mm) in
- predelanega EPŽ jekla (kovano kv. 220 mm).

Med temi skupinami jekel so pomembne razlike. Spremembe dimenzij so v poprečju naslednje:

- skupina OCR 12 sp. in OCR 12 ex. ima v kaljenem stanju (vzdolžno, olje) okoli +0,10 %,
- skupina OCR 12 in CRV pa pri istem stanju samo okoli 0,05 % spremembe mer, t. j. polovico manj,
- jeklo OCR 12 VM ima v kaljenem stanju (vzdolžno, olje) najmanjše spremembe mer ali celo zmanjšanje mer,
- skupina merilo in merilo ex. ima v kaljenem stanju (vzdolžno, olje) spremembe okoli 0,04 %.

S popuščanjem se ledeburitnim jeklom (tip OCR 12) mere zmanjšujejo do okoli 500°C, nad to temperaturo popuščanja pa se zopet večajo. Pri srednje legiranih jeklih (tip merilo) pa se mere zmanjšajo do okoli 200°C, nad to temperaturo popuščanja pa se zopet večajo. V odnosu na kaljeno stanje se s popuščanjem mere zmanjšajo maksimalno za okoli 0,07 %.

Raziskana pa je tudi meroobstojnost jekla OCR 12 VM EPŽ (pretaljenega po postopku električnega pretaljevanja pod žilindro). Iz valjane gredice so probe (50 x 10 x 100 mm) izrezane prav tako v vzdolžni in prečni smeri. Na sliki 8 je narisana diagram dimenzijskih sprememb tega jekla v odvisnosti od toplotne obdelave. Na tem diagramu so za primerjavo vnešene še spremembe dimenzij, ki so ugotovljene pri klasično izdelanem jeklu OCR 12 VM (preneseno iz diagrama na sliki 5). Spremembe so ugotovljene pri enakih pogojih toplotne obdelave. Ugotovljamo torej, da se mere žarjenega jekla EPŽ pri kaljenju povečajo: dolžina za okoli 0,05 %, medtem ko se pri klasično izdelanem jeklu zmanjšajo: dolžina za okoli 0,05 %. Tako je dolžina jekla EPŽ za okoli 0,1 % večja od dolžine klasičnega jekla. Ta razlika se pri popuščanju na temperaturi 550°C precej zmanjša. Iz diagrama na sliki 8 pa se vidi precej večjo razliko pri merjenju sprememb širine (50 mm) za obe vrsti jekla. Ta razlika je po kaljenju okoli 0,2 % in se pri popuščanju zmanjša na okoli 0,1 %.

Kot je že rečeno je tu obravnavana primerjava sprememb dolžine (100 mm) vzdolžno ležečih prob, kaljenih v olju. Po enakem načinu pa je možno primerjati tudi druge rezultate raziskav, ki so vidni na slikah od 1 do 7.

Iz pričujočih podatkov je mogoče oceniti odvisnost dimenzij od toplotne obdelave enostavnejših oblik orodij izdelanih iz teh jekel. Težje je predvideti spremembe pri toplotni obdelavi orodja neenakomernih oblik, kakršne srečamo v proizvodnji.