

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

Obvyklých jakostí (S235JR)

Ušlechtilé (C15) mají střední obsah manganu pod 1%

Jejich vlastnosti jsou dány primárně obsahem uhlíku

Obsah uhlíku od méně než 0,01 až po 1,3%

Mírný vliv na pevnost i rovněž obsah Mn, P

Při deformaci na studeno 50% mez pevnosti se zvýší

téměř 2x pokles tažnosti o 70% až 80%

Často výrazná mez kluzu

Může se vyskytovat stárnutí oceli (především N) – čím

méně uhlíku tím výraznější. Vymizí při obsazích uhlíku

nad 0,3%

Obdobný
obsah uhlíku

	P	S	N
	max 0,045	max 0,045	max 0,009

SOUHLASU

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,13-0,20	0,60-0,90	0,15-0,40	max 0,25	max 0,30	max 0,30	max 0,040	max 0,040

AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Nízko uhlíkové

Do cca 0,25%C, levné, tvárné, svařitelné

Plech, svařované konstrukce, automaty, povrchově upravené (cementace...)

TZ – nízká prokalitelnost = mírné zvýšení R_m , R_e

Obsah Mn v rozsahu od 0,3 do 0,9%

Budou přítomny i další prvky v nepatrném množství – ale ovlivní ocel, pak rozdíly mezi jednotlivými nízkouhlíkovými ocelmi (z přetavování)

Někdy přítomnost boru!! V tisícinách výrazně ovlivní tepelné zpracování

Výrazné zvýšení s obsahem uhlíku

Při stejném obsahu uhlíku je tvrdost ocelí s „páskovým“ peritem větší než se zrnitým. Čím jemnější pásy tím vyšší tvrdost

Oceli s max. 0,1 %C

Obvyklé žíhání u plechů tvářených za studena

Rekrystalizační žíhání 650°C až 720°C

Žíhání magnetického jha, rozvaděče 1000 až 1200°C, dlouhé časy prodlevy, výsledkem je seřazení domén

Oceli s 0,1 až 0,25 %C

Již mohou poskytnout vyšší tvrdosti a pevnosti (při cementaci dostatečně tuhé a pevné jádro)

Často se provádí normalizační žíhání (mj. zvýšení obrobiteľnosti)

NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

Chemické složení	Základní žíhání	Normalizační žíhání	Cementační teploty	Kalení po cementaci/médium	Popouštění po cementaci
0.1 - 0.15 %C	880°C - 930°C	880°C - 930°C	880°C - 930°C	"Na vrstvu" 760°C až 780°C/ voda	150°C až 200°C
0.15 - 0.20 %C	880°C - 920°C	880°C - 920°C	880°C - 930°C	"Na vrstvu" 760°C až 780°C/ voda	150°C až 200°C



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Uhlíkové oceli ušlechtilé - nízkouhlíkové

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

Oceli k cementování

SOUHLASU
AUTORA!!!!!!

Označení oceli		Hmotnostní % a) b) c)								
Značka	Oceli značka Čen	C	S max.	Mn	P max.	S	Cr	Mo	Ni	B
C10E	1.1121	0,07 až 0,13	0,40	0,30 až 0,60	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C10R	1.1207	0,07 až 0,13	0,40	0,30 až 0,60	0,035	0,020 až 0,040	–	–	–	–
C15E	1.1141	0,12 až 0,18	0,40	0,30 až 0,60	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C15R	1.1140	0,12 až 0,18	0,40	0,30 až 0,60	0,035	0,020 až 0,040	–	–	–	–
C16E	1.1148	0,12 až 0,18	0,40	0,30 až 0,90	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C16R	1.1208	0,12 až 0,18	0,40	0,30 až 0,90	0,035	0,020 až 0,040	–	–	–	–

Pozor ocel C22E resp. R je v kategorii TDP ocelí k zušlechťování!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

ČSN 12020 (C15)

0,15 – 0,19 %C, 0,6 – 0,9%Mn

Relativně špatná obrobiteľnosť v porovnaní s ocelami manganovými

Vyšší obsah Mn (až 0,9%) zde zlepší pevnost po normalizaci resp. po základním žíhání. Zároveň mírně zvýší proklitelnost – hrubší roztavení při kalení po cementaci

Normalizační žíhání na 925°C, ochlazení na vzduchu

Základní žíhání ohřev na 885°C, pomalé ochlazení (v peci)

Kalení do vody

1. Přímý ohřev z cementační teploty
2. Ochlazení na 345°C, pak voda
3. Opakovaný ohřev na dnes nejčastěji 815°C

Proces výroby součástí:

Tváření

Normalizace

Hrubování

Jemné obrábění

Cementace

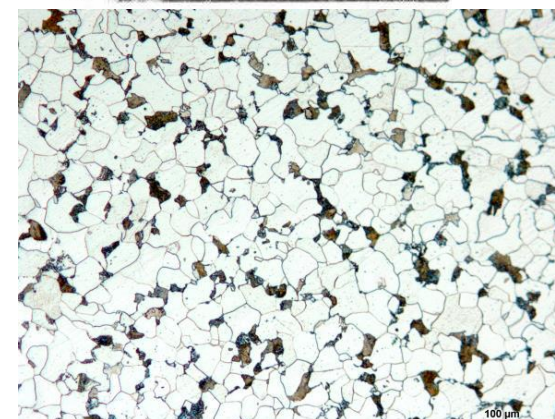
Kalení

Popouštění

Broušení (max. odebraného materiálu 10% tloušťky vrstvy)

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

Masivní
cementit



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Normalizační žhání – ochlazeno v oleji

Surface

Mid-radius

Center

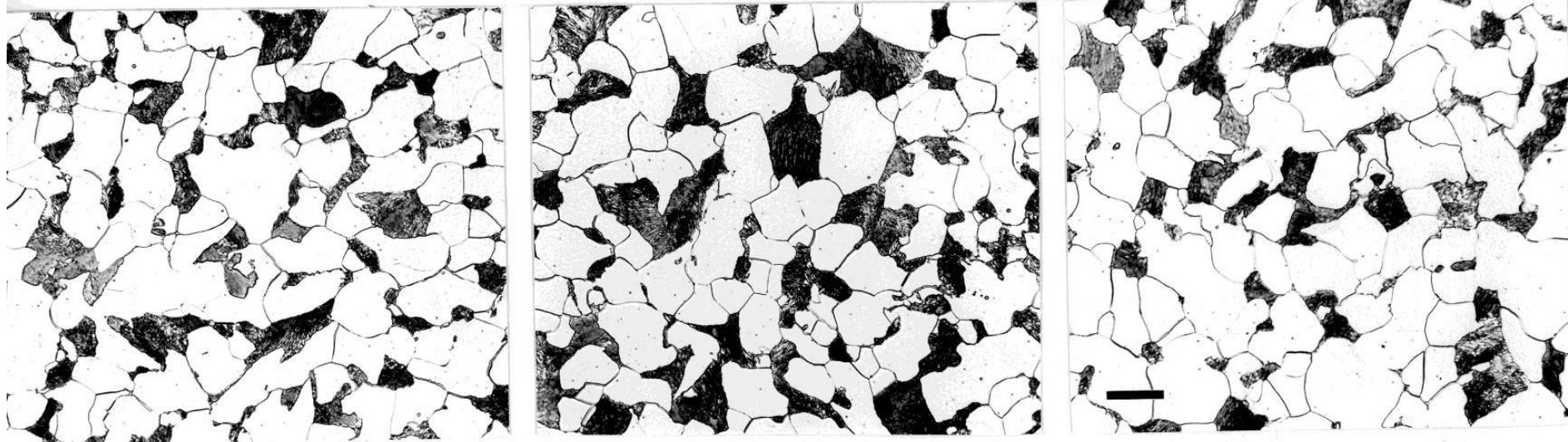


Normalizační žhání – ochlazeno na vzduchu

Surface

Mid-radius

Center



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Středně uhlíkové

Obsah uhlíku 0,3 až 0,65

Výraznější zvýšení meze pevnosti a kluzu

Oceli s obsahem 0,25 až 0,35

Použití – výhybky, přírůbky, ruční nástroje, vačky...

Nejčastěji se používají obsahy 0,35 až 0,65%C

Použití ve stavu zušlechťeném

Vyšší pevnost než předchozí skupina

Povrchové kalení (včetně pevného jádra)

Vyšší vnitřní pnutí

Použití – vřetena, ozubená kola, hřídel, nápravy, pastorky, vačky apod.

Composition	Annealing temperature (°C)	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.25–0.30%C	880–900	880–900	860–880 850–870	Oil Water	500–650
0.30–0.35%C	870–890	870–890	850–870 840–860	Oil Water	500–650
0.35–0.40%C	860–880	860–880	850–870 840–860	Oil Water	500–650
0.40–0.45%C	850–870	850–870	840–860 830–850	Oil Water	500–650
0.45–0.50%C	840–860	840–860	830–850 820–840	Oil Water	500–650
0.50–0.55%C	830–850	830–850	820–840 810–830	Oil Water	500–650
0.55–0.60%C	820–840	820–840	810–830 800–820	Oil Water	500–650
0.60–0.65%C	810–830	810–830	800–820 790–810	Oil Water	500–650



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

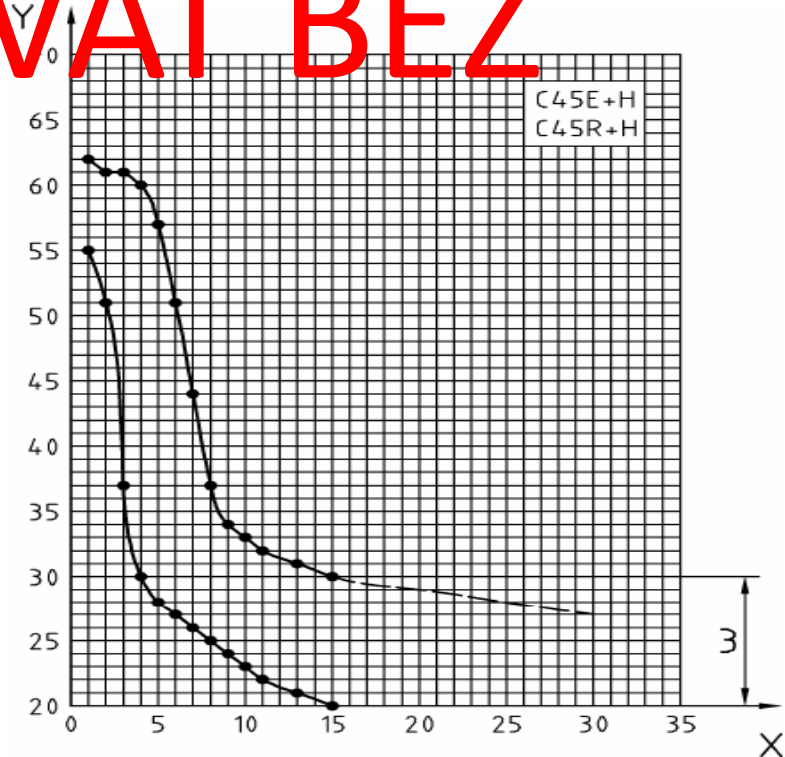
Uhlíkové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Označení oceli		Chemické složení (s hmotnostními podíly, %)							
Značka	Číselné označení	C	Si max	Mn	P max	S max	Cr max	Mo max	Ni max
Jakostní oceli									
C35	1.0501	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40
C40	1.0511	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40
C45	1.0503	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40
C55	1.0535	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40
C60	1.0601	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40
Zušlechtěné oceli									
C22E	1.1151	0,17 až 0,24	0,40	0,40 až 0,70	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C22R	1.1149	0,17 až 0,24	0,40	0,40 až 0,70	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C35E	1.1181	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C35R	1.1180	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C40E	1.1186	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C40R	1.1189	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C45E	1.1191	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C45R	1.1201	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C50E	1.1206	0,47 až 0,55	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C50R	1.1241	0,47 až 0,55	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C55E	1.1203	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C55R	1.1209	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
C60E	1.1221	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40
C60R	1.1223	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40
28Mn6	1.1170	0,25 až 0,32	0,40	1,30 až 1,65	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!



Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu **zušlechtěném nebo normalizačně žíhaném**. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k **povrchovému kalení plamenem nebo indukci**. Obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel C45R se zvýšeným obsahem S.



EVROPSKA UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

ČSN 12 050 (C45)

Normalizační žíhání 900°C ochlazení na vzduchu

Základní žíhání – ohřev na 845°C. Ochlazení v peci na 650°C, rychlost ochlazení by neměla překročit 28°C/hod.

Kalení – austenitizace cca 845°C. Možno kalit plamenem, indukčně, nitrocementace apod.

Popouštění – výchozí tvrdost minimálně 55 HRC, pokud správně austenitizováno a kaleno. Teplota popouštění 565°C (620 až 860 MPa), 480°C (860 - 1035 MPa)

Výroba:

1. Normalizační žíhání (neprovádí se po válcování)
2. Základní žíhání (pouze pokud je nezbytné. Protože tyče jsou obvykle dodávány ve stavu vhodném k obrábění.)
3. Hrubování
4. Kalení
5. Popouštění
6. Broušení



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

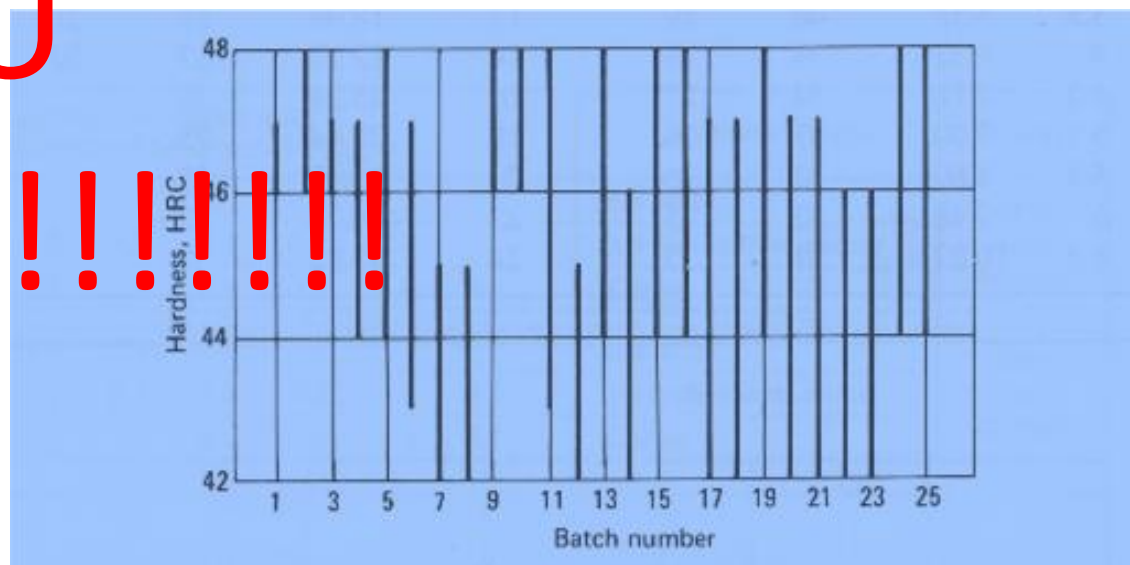
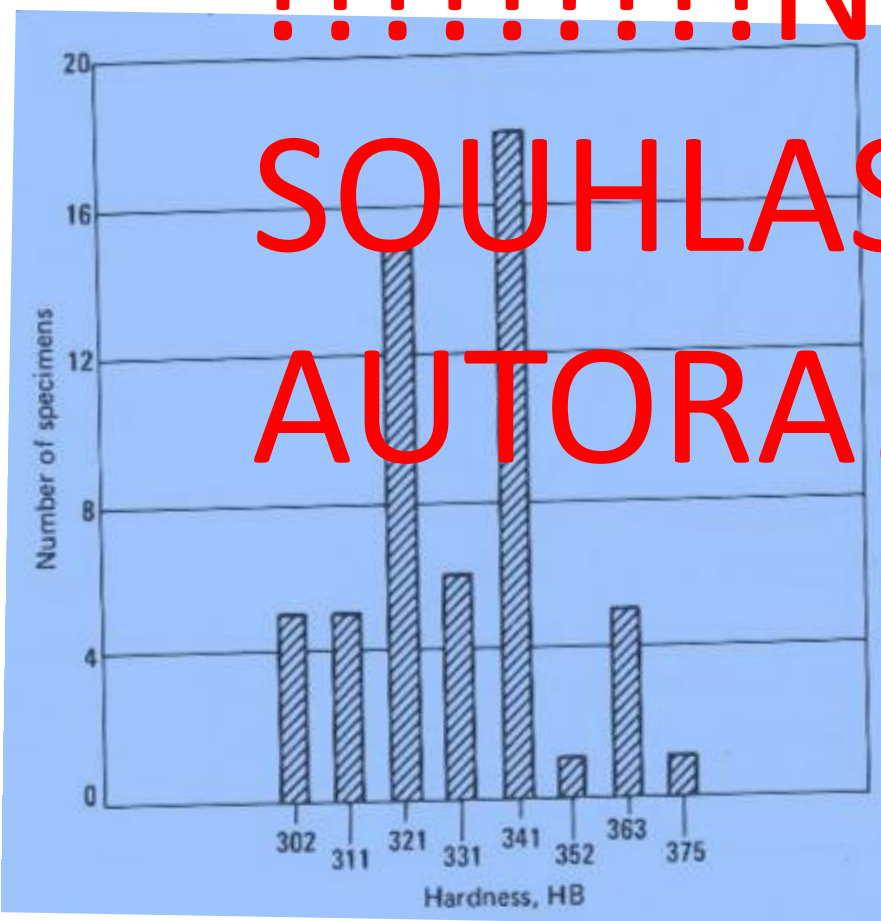
Rozptyl tvrdostí po popouštění v průmyslové výrobě.
C45 kaleno ve vodě na 534 až 653 HBW. Popuštěno na
475°C po dobu 1 hodiny. Sběr dat během dvou
měsíců.

Ocel C45. Rozptyl tvrdostí po popouštění ve výrobě. Tvářená
ocel na nože pro obrábění dřeva. Lokálně hořákem ohřáto na
315°C. Kaleno v oleji a popuštěno na 305 až 325°C na
požadovanou tvrdost 42 až 48 HRC. Dat. sběr na pr. dobu 6
měsíců. 25 vsazek

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

C 45 ARA

Obsah zbytkové austenitu 20 °C: 4 %

Tvrdość po kalení

Structure 99% martensite: = 58.5 HRC

Structure 90% martensite: 90 = 55.0 HRC

Structure 50% martensite: Hm50 = 45.0 HRC

Minimum doporučená 52.0 HRC

Tvrdość po normalizaci (perlitic structure): 185 HV

Tvrdość po základní žíhaci (spheroidized structure): 110

HV

Ms = 322 °C, M50 = 257 °C, M90 = 112 °C, M99 = -98 °C

Bs = 626 °C ; B50 = 566 °C ; B99 = 506 °C

C 45 - IRA

Perlitická transformace

Data pro T = 649 °C, Start.....3 s, 50% 6 s

Bainitická transformace

Data pro T = 466 °C: Start.....: 4 s, 50% transf.
in: 35 s, 99% transf. in: 5 min

Pozor při kalení do oleje tvrdość tyčí o průměru
10mm bude cca 30 HRC, do vody cca
57HRC=velký rozdíl

Pokud průměr tyče 125mm max. tvrdość při
kalení ve vodě 24HRC pokud v oleji tak 18 HRC
(není již výraznějších rozdílů).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Zakaleno na 58.5 HRC
Popouštění: 2 h

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

T	HRC	F _m	A
400	43	1380	5
425	41	1300	5
450	39.5	1230	6
475	37.5	1170	6
500	35.5	1110	7
525	34	1050	8
550	32	1000	8
575	30	950	9
600	28.5	910	9
625	26.5	870	10
650	24.5	840	10
675	23	810	11
700	21	780	11



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

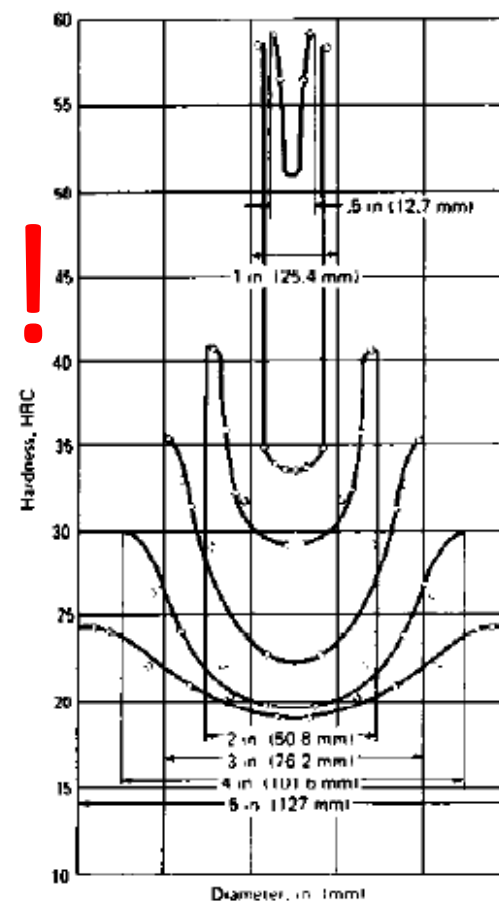
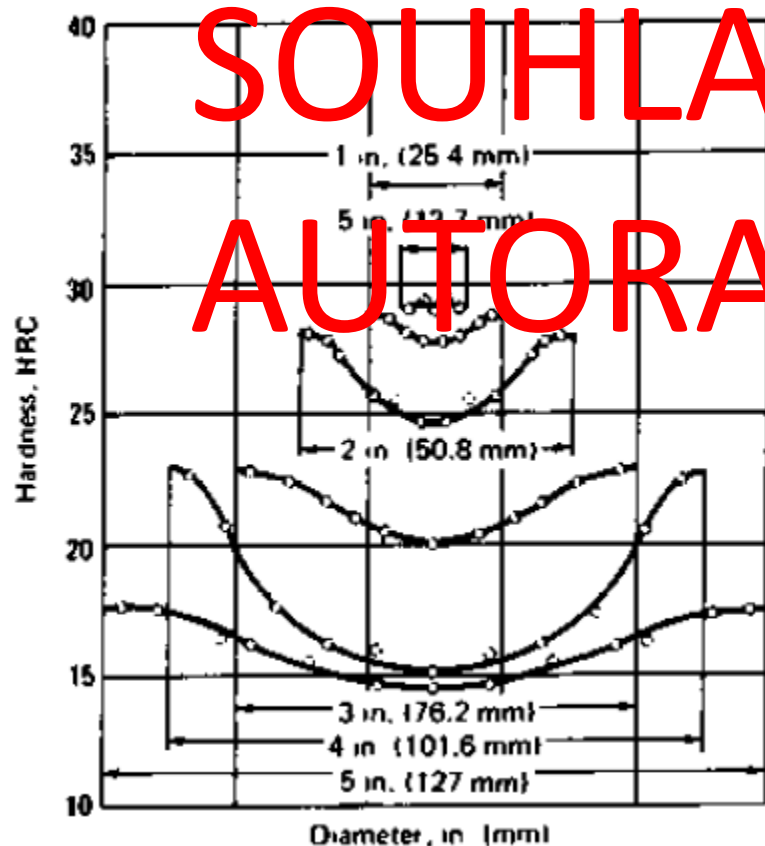
!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

Kalení do oleje – rozložení tvrdosti

Kalení do vody – rozložení tvrdosti

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

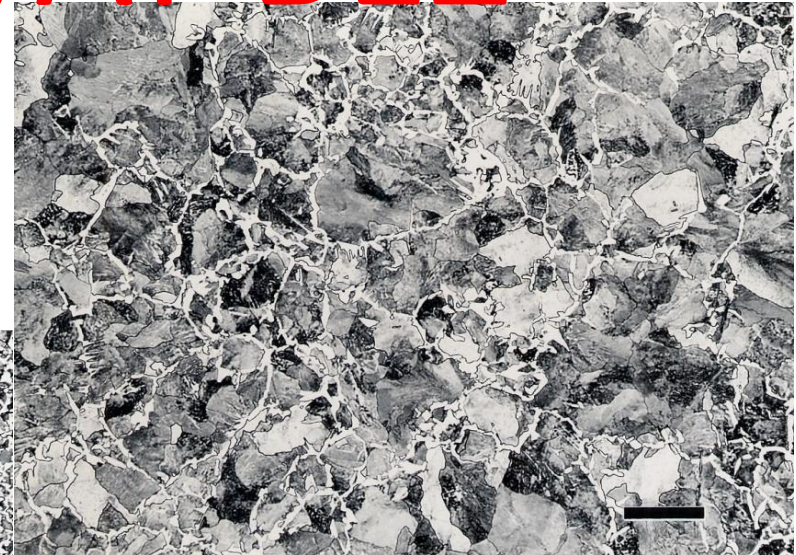
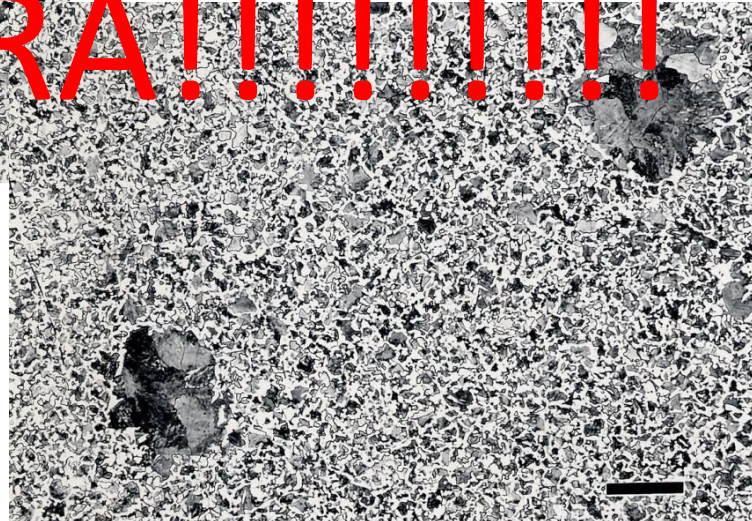


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Vliv teploty normalizačního žíhání - ocel C35

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

K
a
l
e
n
í
C
3
5



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

Rychlost
ochlazování
po
normalizaci
na morfologii
perlitu



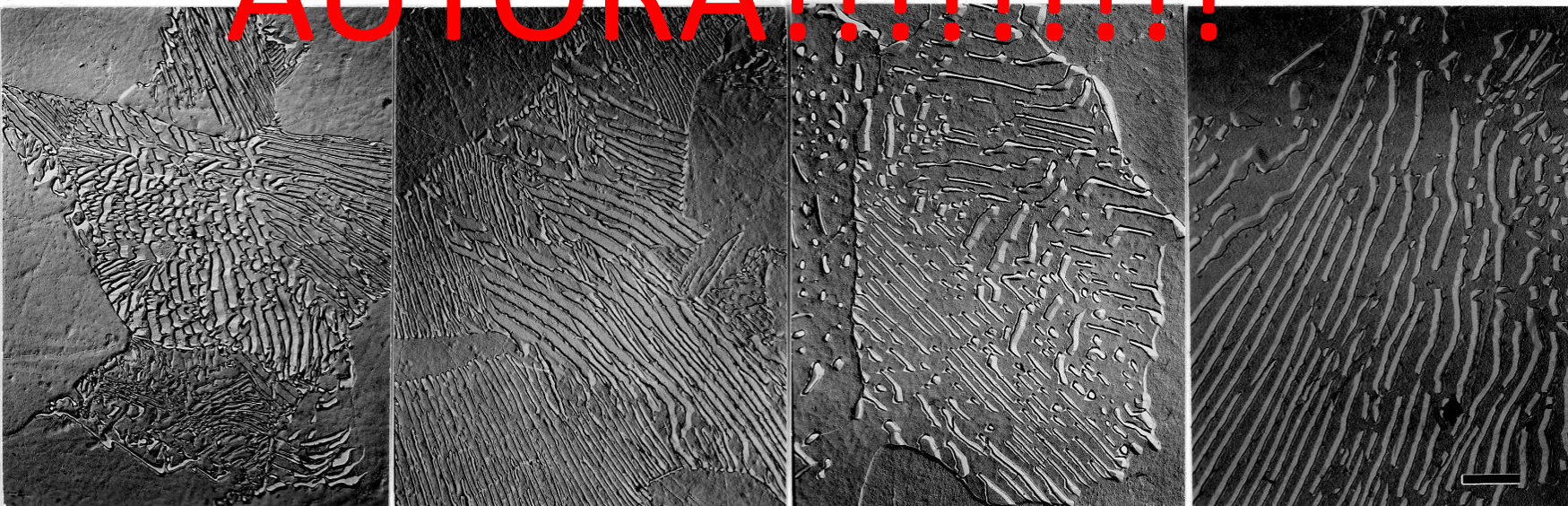
3360 F/Min

1500 F/Min

840 F/Min

540 F/Min

380 F/Min



240 F/Min

195 F/Min

3.3 F/Min

1 F/Min



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

ČSN 12 061 (C60)

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
C60 je zařazena mezi oceli jakostní - je ekvivalentem 12061. C60E je zařazena mezi oceli uslechnuté a oproti 12061 poskytuje vyšší a rozsáhlejší jakostní záruky uvedené v EN 10083, mimo jiné záruku prokalitelnosti. C60R je oproti

C60E vyráběna se zvýšenou polní hranicí dosahu síly pro lepší obrobiteľnosť
0,55 až 0,65% C, 0,6 až 0,9% Mn

Dosahuje tvrdosti až 65HRC

Po kalení je struktura martenzitická bohatá na uhlík.

Normalizační žíhání 815 °C, ochlazení na vzduchu

Základní žíhání 830 °C, ochlazení v peci na 650 °C max. 30 °C/hod

Kalení ohřev na 815 °C. Možné povrchové plamenem, izotermické kalení

Izotermické kalení typicky na bainit 46-52HRC. Kalit do soli na 315 °C po dobu 1 hodiny. Pak bez popouštění

Výrobní sekvence:

1. Normalizace
2. Základní žíhání
3. Hrubování
4. Austenitizace, kalení
5. Popouštění
6. Obrábění na jemno



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

ČSN 12 051 (C60) - IPR

ČSN 12 051 (C60) - IPR

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

- **Zbytkový austenit při 20 °C: 6 %**
- Citlivost k vzniku trhlin: Relativně vysoká
- **99% martensite: = 61.5 HRC**
- **90% martensite: = 60.5 HRC**
- Structure 50% martensite: 52.0 HRC
- **Minimální tvrdost po kalení : 54.5 HRC**
- **Tvrdost po normalizaci (perlit) 210 HV**
- **Po sferoidizaci 165 HV**

Perlitická transformace

- Pro T = 647 °C, Start.....:4 s, 50% transf.: 9 s

Bainitická transformace

- Pro T = 416 °C: Start: 6 s, 50% transf. in: 60 s, 99% transf.: 8 min

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

Bainitická transformace

- Bs = 576 °C ; B50 = 516 °C ; B99 = 456 °C

Martensite formation:

Ms = 275 °C

M10 = 265 °C ; M50 = 210 °C

M90 = 65 °C ; M99 = -145 °C



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Kaleno na 64.5 HRC
Popuštěno: 2 h

T	HRC	R _m	A
400	51	1800	
425	49	1700	
450	47.5	1610	
475	46	1520	
500	44	1430	3
525	42	1350	3
550	40.5	1280	4
575	38.5	1210	4
600	37	1150	5
625	35	1090	5
650	33.5	1040	5
675	31.5	990	6
700	30	950	6



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Tabulka 8 – Maximální tvrdost pro výrobky dodávané ve stavu „pracováno na tříhatelnost (+S)“ nebo „žháno na měkko (-A)“

Označení ocelí ^{a)}		Max. HBW ve stavu ^{b)}	
Značka	Číselné označení	+S	+A
Jakostní oceli			
C35	1.0501	- ^{c)}	-
C40	1.0511	- ^{c)}	-
C45	1.0503	255 ^{c)}	207
C55	1.0553	255 ^{d)}	229
C60	1.0601	255 ^{d)}	241

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!



Tabulka 11 – Tvrdost povrchu jakostních ocelí po kalení plamenem nebo indukčně

Označení oceli		Tvrdost povrchu ^{a)} HRC min.
Značka	Číselné označení	
C35E/C35R	1.1181/1.1180	48
C45E/C45R	1.1191/1.1201	55
C50E/C50R	1.1206/1.1241	56
C55E/C55R	1.1203/1.1209	58



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Povrchové kalení C45

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



Povrch



Přechod



Jádro



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

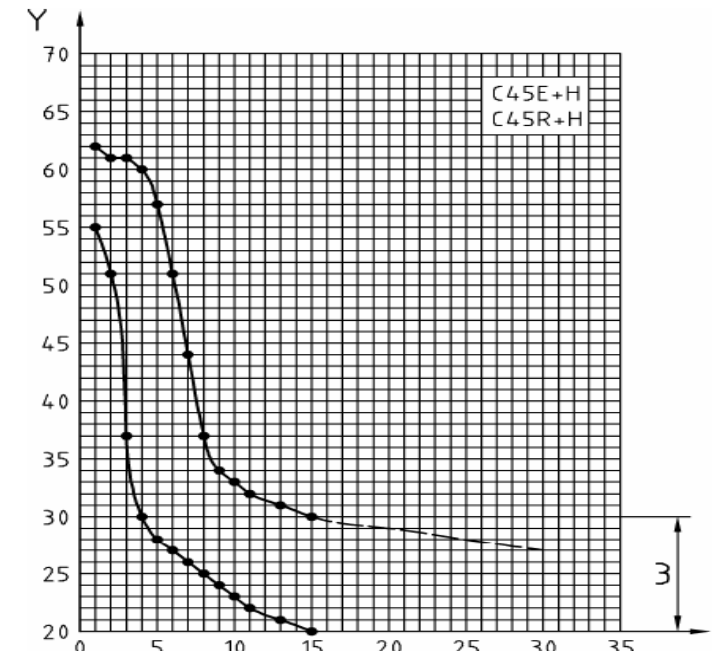
1. Uhlíkové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!

Označení oceli		Chemické složení (s hmotnostními podíly v %)								
Značka	Číselné označení	C	Si max	Mn	P max	S max	Cr max	Mo max	Ni max	Cr + Mo + Ni max
Jakostní oceli										
C35	1.0501	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C40	1.0511	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C45	1.0503	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C55	1.0535	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C60	1.0601	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,045	max. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
Ušlechtilé oceli										
C22E	1.1151	0,17 až 0,24	0,40	0,40 až 0,70	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C22R	1.1149	0,17 až 0,24	0,40	0,40 až 0,70	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C35E	1.1181	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C35R	1.1180	0,32 až 0,39	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C40E	1.1186	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C40R	1.1189	0,37 až 0,44	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C45E	1.1191	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C45R	1.1201	0,42 až 0,50	0,40	0,50 až 0,80	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C50E	1.1206	0,47 až 0,55	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C50R	1.1241	0,47 až 0,55	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C55E	1.1203	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C55R	1.1209	0,52 až 0,60	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
C60E	1.1221	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63
C60R	1.1223	0,57 až 0,65	0,40	0,60 až 0,90	0,030	0,020 až 0,040	0,40	0,10	0,40	0,63
28Mn6	1.1170	0,25 až 0,32	0,40	1,30 až 1,65	0,030	max. 0,035 ^{e)}	0,40	0,10	0,40	0,63



Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu **zušlechtěném nebo normalizačně žíhaném**. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k **povrchovému kalení plamenem nebo indukci**. Obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel C45R se zvýšeným obsahem S.



EVROPSKA UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - uhlíkové oceli

Vysoce uhlíkové oceli

0,65 až 1,5%C

Špatná tvárnost, obrobitelnost,
svařitelnost

Zlepšení = sferoidizační žínění

Oceli s obsahem uhlíku 0,65%C až 1%C

použití pro pružiny

Běžné zpracování na 50 až 60 HRC

Popouštění 200 až 250 °C, horní

teploty popouštění 400 °C

Nízká prokalitelnost = menší
pružiny

Možnost patentování = izotermické
zpracování při 450 až 550 °C,
následně tažení za studena

Pevnosti až 2750 MPa

Možnost použití: Obráběcí nože,
pístní kroužky, ruční nástroje

!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

Composition	Annealing temperature (°C)	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.65–0.75% C	810–830	820–850	810–830	Oil or water (depending on Mn-contents and section thickness)	According to use; in general between 400–500
0.75–0.85% C	810–830	820–850	810–830	Oil or water (depending on Mn-contents and section thickness)	According to use; in general between 400–500
0.85–0.95% C	800–820	820–850	800–820	Oil or water (depending on Mn-contents and section thickness)	According to use; in general between 400–500
0.95–1.05% C	800–820	820–850	800–820	Oil or water (depending on Mn-contents and section thickness)	According to use; in general between 400–500



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Ocel C70

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ dílu z materiálu C101E kalený dvěma způsoby

Specimen number	Heat treatment	Hardness, HRC	Impact energy		Elongation(a), %
			J	ft · lbf	
1	Water quench and temper	53.0	16	12	0
2	Water quench and temper	52.5	19	14	0
3	Martemper and temper	53.0	38	28	0
4	Martemper and temper	52.8	33	24	0

Termální kalení



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

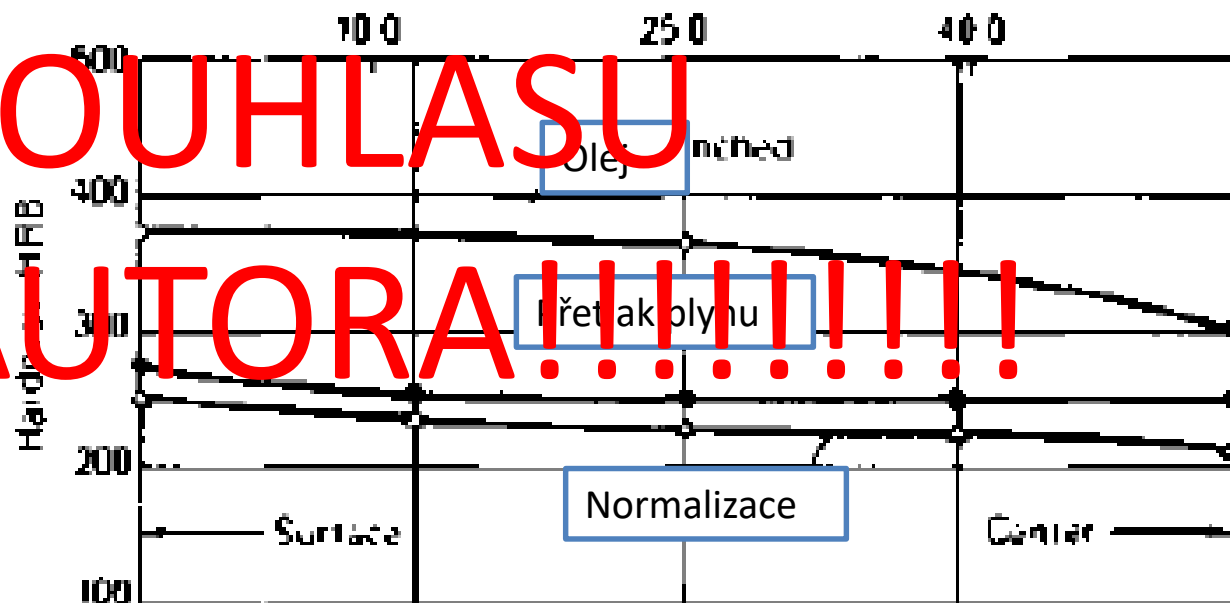
TZ dílu C101E – disk o tloušťce 101,6mm

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Vzdálenost pod povrchem v mm

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

Vyšší pevnosti, tvrdosti, tažnosti

Vyšší odolnost proti únavě

Mají tendenci k hrubnutí austenitického zrna

Odolnost proti popuštění

Zvýšení korozivzdornosti, opotřebení

Lepší elektrické a magnetické vlastnosti

i. Manganové oceli

Mn více než 1,5%

Mírný nárůst ceny při vyšší prokalitelnosti, pevnosti

Zvýšení tvrdosti při TZ

Obvyklé zušlechťování

Normalizační žíhání zvýší houževnatost a je běžné u velkých výrobků

Možné využití v tvářeném stavu bez TZ

Použití – kolejnice, hřídele, ozubená kola, ojnice, šrouby, apod...

Možnost využití na některé nástroje (oceli s obsahem uhlíku 0,9 % a Mn 1,8%)

Kalí se do oleje z 840 °C, následuje popouštění při 230°C

Tyto oceli mají tvrdý povrch, vyšší hloubku prokalení, nemají velké deformace

Hadfieldova ocel – 1,1 až 1,4%C, 11 až 14% Mn

Při kalení do vody je struktura austenitická - poměr k uhlíku 10:1

Ohřev na 1000°C, kaleno do vody (nemagnetická struktura)

Použití pouze při teplotách do 300°C – hrozí precipitace

Modifikace – kalená ve vodě s Cr, Ni (kalící teplota 1050°C)

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.30–0.40% C, 1.70–2.00% Mn	850–880	830–860	Oil	530–670
0.30–0.40% C, 1.70–2.00% Mn, 0.20–0.35% Mo	860–890	830–860	Oil	530–670
0.85–0.95% C, 1.70–2.00% Mn	830–850	790–820	Oil	480–520
0.35–0.45% C, 1.70–2.00% Mn, 0.40–0.60% Cr, 0.08–0.15% V	860–890	840–870	Oil	530–670

*Other constituents in these steels are 0.15–0.35% Si, 0.04% S (max) and 0.04% P (max).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Ve slitinách Fe-C-Mn je část manganu rozpuštěna v základní kovové matici (tj. ve feritu nebo austenitu), část tvoří podvojný karbid $(\text{FeMn})_3\text{C}$

Mangan rozpuštěný v feritu zvyšuje jeho pevnostní vlastnosti aniž snižuje tažnost.

Bod S posouvá doleva, takže nízkolegované oceli mají čistě perlitickou strukturu při nižším obsahu uhlíku než nelegované oceli.

Protože se eutektoidní teplota současně snižuje a zjemňují se lamely perlitu, zvyšuje se pevnost.

Odolnost za teplených ocelí pro potlačení manganu zvyšuje

Mangan zvyšuje v matici oceli s vyšším obsahem uhlíku množství zbytkového austenitu po kalení.

Při vyšším obsahu uhlíku a manganu se transformace austenitu úplně potlačí a oceli mají austenitickou matici.

Při legování oceli manganem je nutno počítat s jeho velkým sklonem k odměšování a jeho malou difúzní rychlostí.

Hadfieldova ocel se vyrábí pro tváření ČSN 17 427 a ČSN 17 618 nebo pro odlitky ČSN 42 2920 a ČSN 42 2921

Dále se používá Hadfieldova ocel se sníženým obsahem manganu a přísadou dusíku, s obsahem 1 % C, 8-10 % Mn, N, která má vyšší mez kluzu než klasická ocel.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

ii. Křemíkové oceli

Obecně křemík ve všech ocelích (pouze někdy nad 0,6% = křemíkové oceli)

Výborné pružné chování, vynikající elektrické a magnetické vlastnosti s odolností proti okuiení

Elektro-ocel = obsah Si 3 až 4% méně než 0,5%C (jádra elektromotorů), transformátorové plechy

Čím méně uhlíku, tím lepší vlastnosti

nutné hrubozrnné s texturou

žhání 1100°C až 1200°C ve vodíkové atmosféře

Dynamo oceli obsah Si 1 až 2%

Oceli se 2% Si, 1%Mn, 0,5 až 0,7%C často používané

Vysoký E, odolnost proti únavě = pružiny

Kalení do oleje (840 až 930°C) a popouštění 400°C až 550°C

!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.45–0.55% C, 1.50–1.80% Si, 0.60–0.80% Mn	840–870	820–850	Water	470–500
0.55–0.65% C, 1.50–1.80% Si, 0.80–1.00% Mn	850–880	830–860	Oil	450–500
0.60–0.65% C, 1.80–2.20% Si, 0.60–0.90% Mn	850–870	830–850	Oil	450–500
0.60–0.70% C, 1.50–1.80% Si, 0.60–0.80% Mn	850–880	830–860	Oil	470–530
0.65–0.75% C, 2.40–2.80% Si, 0.60–0.90% Mn	840–870	820–850	Oil	400–500

NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

Elements	Effect on steel properties	Effect on spring properties
Si	raises tempering resistance at 300 °C and below	Improvement in permanent set resistance
Mn	raises hardenability and raises strength	Improvement in corrosion resistance
Cr	raises hardenability, prevents low temperature brittleness	Improvement in permanent set resistance
Mo	raises tempering resistance	Improvement in permanent set resistance
V	refines crystal grain and raises tempering resistance	Improvement in permanent set resistance
B	raises hardenability and prevent low temperature brittleness	Improvement in permanent set resistance
Nb	refines crystal grain	Improvement in permanent set resistance
Al	refines crystal grain causes remarkable surface hardening when nitriding	Improvement in fatigue strength

TZ křemíko-manganových
pružinových ocelí

(b) ISO 683-14 (1992-08-15) Spring steel

ISO 683-14:1973		C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo		
No.	Steel Grade									Grade
1	59 Si 7	5	0.55–0.63	1.60–2.00	0.60–1.00	0.030	0.030	—	—	
2	56 SiCr 7	—	0.52–0.59	1.60–2.00	0.70–1.00	0.030	0.030	0.20–0.40	—	
3	61 SiCr 7	7	0.57–0.65	1.60–2.00	0.70–1.00	0.030	0.030	0.20–0.40	—	
4	55 SiCr 63	—	0.51–0.59	1.20–1.60	0.50–0.80	0.030	0.030	0.55–0.85	—	
5	55 Cr 3	8	0.52–0.59	0.15–0.40	0.70–1.00	0.030	0.030	0.70–1.00	—	
6	60 CrMo 31	—	0.56–0.64	0.15–0.40	0.70–1.00	0.030	0.030	0.70–1.00	0.08–0.15	
7	60 CrB–3	10	0.56–0.64	0.15–0.40	0.70–1.00	0.030	0.030	0.60–0.90	—	B : 0.0008min
8	60 CrMo 33	12	0.56–0.64	0.15–0.40	0.70–1.00	0.030	0.030	0.70–1.00	0.25–0.35	—
9	51 CrV 4	13	0.47–0.55	0.10–0.40	0.60–1.00	0.030	0.030	0.80–1.10	—	V : 0.10–0.25
10	52 CrMoV 4	14	0.48–0.56	0.15–0.40	0.70–1.00	0.030	0.030	0.90–1.70	0.15–0.25	V : 0.07–0.15



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

IVS
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

2. Slitinové oceli

Ocel na pružiny 54SiCr6 (1.4250)

!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

Označení oceli		Hmotnostní podíl v % ^{a) b)}									
Značka	Číselné označení	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Ni	Mo	V	Cu + Sn
38Si7	1.5023	0,35 až 0,42	1,50 až 1,80	0,50 až 0,80	0,025	0,025					
46Si7	1.5024	0,42 až 0,50	1,50 až 1,80	0,50 až 0,80	0,025	0,025					
56Si7	1.5026	0,52 až 0,60	1,50 až 1,80	0,60 až 0,90	0,025	0,025					
55Cr3	1.7176	0,52 až 0,59	max. 0,0	0,70 až 1,00	0,025	0,025	0,70 až 1,00				
60Cr3	1.7177	0,55 až 0,60	max. 0,0	0,70 až 1,00	0,025	0,025	0,60 až 0,90				
54SiCr6	1.7102	0,51 až 0,59	1,20 až 1,60	0,50 až 0,80	0,025	0,025	0,50 až 0,80				
56SiCr7	1.7106	0,52 až 0,60	1,60 až 2,00	0,70 až 1,00	0,025	0,025	0,20 až 0,45				
61SiCr7	1.7108	0,57 až 0,65	1,60 až 2,00	0,70 až 1,00	0,025	0,025	0,20 až 0,45				
51CrV4	1.8159	0,47 až 0,55	max. 0,40	0,70 až 1,10	0,025	0,025	0,90 až 1,20			0,10 až 0,25	
45SiCrV6-2	1.8151	0,40 až 0,50	1,30 až 1,70	0,60 až 0,90	0,025	0,025	0,40 až 0,80			0,10 až 0,20	Cu+10Sn ≤ 0,60
54SiCrV6	1.8152	0,51 až 0,59	1,20 až 1,60	0,50 až 0,80	0,025	0,025	0,50 až 0,80			0,10 až 0,20	
60SiCrV7	1.8153	0,56 až 0,64	1,50 až 2,00	0,70 až 1,10	0,025	0,025	0,20 až 0,45			0,10 až 0,20	

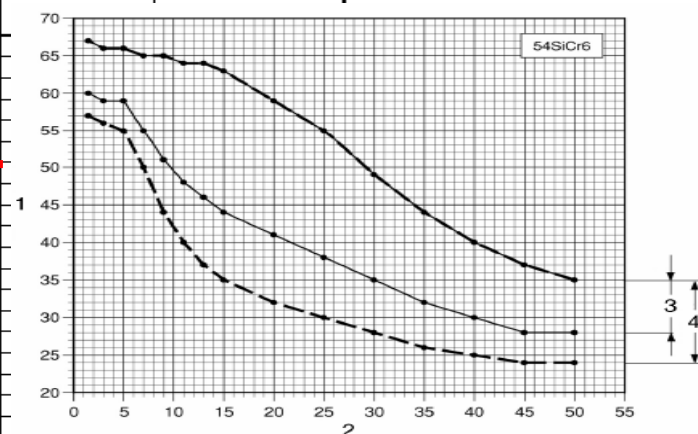
SOUHLASU

AUTORA !!!!!!!!!

Označení oceli		Teplota kalení °C	Prostředí ochlazení	Teplota popouštění °C	R _{pe,2} MPa	R _m MPa	A %	Z %	Svarová práce při 20 °C KU J
Značka	Číselné označení	± 10 °C		± 10 °C	min.		min.	min.	min.
38Si7	1.5023	880	voda	450	1150	1300 až 1600	8	35	18
46Si7	1.5024	880	voda	450	1250	1400 až 1700	7	30	15
56Si7	1.5026	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	25	13
55Cr3	1.7176	840	olej	400	1250	1400 až 1700	3	20	5
60Cr3	1.7177	840	olej	400	1300	1450 až 1750	3	20	5
54SiCr6	1.7102	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	25	8
56SiCr7	1.7106	860	olej	450	1350	1500 až 1800	6	25	8
61SiCr7	1.7108	860	olej	450	1400	1550 až 1850	5,5	20	8
51CrV4	1.8159	850	olej	450	1200	1350 až 1650	6	30	8
45SiCrV6-2	1.8151	880	olej	400	1550	1600 až 1900	7	40	13
54SiCrV6	1.8152	860	olej	400	1600	1650 až 1950	5	35	8
60SiCrV7	1.8153	860	olej	400	1650	1700 až 2000	5	30	5
46SiCrMo6	1.8062	880	olej	450	1400	1550 až 1850	6	35	10
50SiCrMo6	1.8063	890	olej	450	1420	1650 až 1950	6	30	5
52SiCrNi5	1.7117	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	35	10
52CrMoV4	1.7701	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	35	10
60CrMo3-1	1.7239	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	30	8
60CrMo3-2	1.7240	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	30	8
60CrMo3-3	1.7241	860	olej	450	1300	1450 až 1750	6	30	8

Označení oceli		Hmotnostní podíl v %		Tvrdost HRC při	
Značka	Číselné označení	min.	80 % martenzitu H ₈₀	90 % martenzitu H ₉₀	
38Si7	1.5023	0,35	44	48	
46Si7	1.5024	0,42	48	51	
56Si7	1.5026	0,52	52	56	
55Cr3	1.7176	0,52	52	56	
60Cr3	1.7177	0,55	53	57	
54SiCr6	1.7102	0,51	52	55	
56SiCr7	1.7106	0,52	52	56	
61SiCr7	1.7108	0,57	54	57	
51CrV4	1.8159	0,47	50	54	
45SiCrV6-2	1.8151	0,40	47	50	
54SiCrV6	1.8152	0,51	52	55	
60SiCrV7	1.8153	0,56	53	57	
46SiCrMo6	1.8062	0,42	48	51	
50SiCrMo6	1.8063	0,46	49	53	
52SiCrNi5	1.7117	0,49	51	54	
52CrMoV4	1.7701	0,48	50	54	
60CrMo3-1	1.7239	0,56	53	57	
60CrMo3-2	1.7240	0,56	53	57	
60CrMo3-3	1.7241	0,56	53	57	

a) Pro teploty kalení (zkouška podle Jominyho) viz tabulku 7.



Obrázek 1 (pokračování)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slitinové oceli

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

iii. Chromové oceli

Obvyklé legování: Cr, Mn, Si, Al

Chróm zvyšuje prokalitelnost, zvyšuje pevnost a otěruvzdornost.

Cr podporuje rozvoj popouštěcí křehkosti, proto nutné zajistit rychlé ochlazení

S obsahem uhlíku 0,1% až 0,2% a s nízkým obsahem chromu 0,5 až 1%Cr (cementace). Tyto oceli mají velmi tvrdou a otěruvzdornou vrstvu, ale nižší houževnatost ve srovnání s oceli legovanými niklem.

Houževnatost klesá se zvyšujícím se obsahem chromu

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

Označení oceli		Hmotnostní % (b) (%)								
Značka	Číselné označení	C	S max.	Mn	P max.	S	Cr	Mo	Ni	B
16MnCrB5	1.7160	0,14 až 0,19	0,40	1,00 až 1,30	0,025	≤ 0,035	0,80 až 1,10	—	—	0,0008 až 0,0050 ^{d)}
20MnCr5	1.7147	0,17 až 0,22	0,40	1,10 až 1,40	0,025	≤ 0,035	1,00 až 1,30	—	—	—
20MnCrS5	1.7149					0,020 až 0,040				
16MnCr5	1.7131	0,14 až 0,19	0,40	1,00 až 1,30	0,025	≤ 0,035	0,80 až 1,10	—	—	—
16MnCrS5	1.7139					0,020 až 0,040				

Nejčastěji používaná cementační ocel pro středně namáhané díly strojů a motorových vozidel. Prokaluje do hloubky ca 30 mm. Ve stavu kaleném a popuštěném je použitelná pro průměry do ca 35 mm. Je svařitelná a vhodně tepelně zpracovaná též dobře tvařitelná za studena. Přísadou bóru(0,0008 až 0,0050%) se docílí zvýšené houževnatosti cementované vrstvy.

Pro dobrou obrobiteľnosť je výhodný stav FP. Zlepšenou obrobiteľnosť t vykazuje ocel 16MnCrS5 se zvýšeným obsahem S.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slitinové oceli

!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Obsah uhlíku 0,35% a 0,5%Cr

Použití pro čelisti u ručního nářadí, hřídele apod.

Obvyklé kalení do oleje/vody s následujícím popouštěním, pak výborná odolnost proti opotřebení s dostatečnou houževnatostí

Kalící médium záleží na geometrii součásti. Kalení z 870°C

0,5%C a 1,5%Cr – kalení z 850°C/olej, popouštění na 300°C = **44HRC**

0,9%C + 1,0%Cr – použití pro nástroje, nože, kladiva apod. kalení 810/olej, popouštění 250 až 300°C

0,95 %C + 1,3 až 1,6%Cr = ložiska , kaleno 840°C/olej, popouštění 150 až 160°C, tvrdost 62HRC, použití rovněž na nástroje pro práci za studena

Vlastnosti těchto chromových ocelí je možné zvýšit legováním Ni, Mo, V, W

Ocel na pružiny 54SiCr6 (14260) - Středně namáhané pružiny a pružné elementy pro automobily a kolejová vozidla, dále talířové a kroužkové pružiny. Pro mechanické obrábění je vhodný stav žíhaný na měkko



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

Table 14.7 Heat Treatment Temperatures for Medium Carbon-Low Chromium Steels

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.25–0.30% C, 0.80–1.20% Cr	860–880	860–880	Oil	400–550
0.30–0.35% C, 0.80–1.20% Cr	850–870	850–870	Oil	400–550
0.35–0.40% C, 0.80–1.20% Cr	840–860	840–860	Oil	200–650
0.40–0.45% C, 0.80–1.20% Cr	830–850	830–850	Oil	200–650
0.45–0.55% C, 1.00–1.40% Cr	830–850	820–880	Oil	400–550

*Other constituents are 0.5–0.80% Mn, 0.1–0.40% Si, 0.04% S (max) and 0.04% P (max).

Table 14.9 Heat Treatment Temperatures for High Carbon-Low Chromium (hard magnetic) Steels

Composition*	Normalizing treatment	Hardening treatment	Ageing treatment for stabilizing structure and magnetic properties
0.95–1.10% C, 1.30–1.60% Cr	Heating to 1000°C for 5 minutes following by air cooling	Pre-heating to 500–600°C; final heating to 850°C for 10–15 minutes followed by oil quenching	5–8 hours ageing at 100°C
0.95–1.10% C, 2.80–3.60% Cr	Heating to 1050°C for 5 minutes following by air cooling	Preheating to 500–600°C; final heating to 850°C for 10–15 minutes followed by oil quenching	5–8 hours ageing at 100°C

*Other constituents are 0.20–0.40% Mn, 0.15–0.40% Si, 0.02% S (max) and 0.03% P (max).

Table 14.8 Heat Treatment Temperatures for Ball Bearing Steels

Composition*	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Minimum as-quenched hardness (on Rockwell C-scale)	Tempering temperature (°C)	Hardness after tempering treatment (on Rockwell C-scale)
0.95–1.10% C, 0.04–0.70% Cr,	800–825	Oil	62	150–220	62–56
0.95–1.10% C, 0.60–1.20% Cr,	825–840	Oil	62	150–300	62–50
0.95–1.10% C, 1.30–0.60% Cr,	840–860	Oil	62	150–400	62–50

*Other constituents are 0.20–0.35% Si, 0.25–0.45% Mn, 0.025% S (max) and 0.025% P (max).

Table 14.6 Heat Treatment temperatures for Low Carbon-Low Chromium Steels (Carburizing Grades)

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Carburizing temperature (°C)	Refining temperature (°C)	Tempering temperature (°C)
0.12–0.18% C, 0.30–0.50% Cr, 0.30–0.50% Mn	880–930	760–780	Water	880–930	870–900 followed by AC/OQ/WQ**	150–250
0.15–0.20% C, 0.60–0.80% Cr, 0.60–0.80% Mn	870–920	760–780	Water	880–930	870–900 followed by AC/OQ/WQ	150–250
0.15–0.20% C, 0.80–1.10% Cr, 1.00–1.30% Mn	850–880	780–820	Oil or water	900–930	870–900 followed by AC/OQ/WQ**	150–250

*Other constituents are 0.10–0.35% Si, 0.05% S (max) and 0.05% P (max).

**AC = air cooling, OQ = oil quenching, WQ = water quenching.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**VS
MT**
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

ČSN 14109 (100Cr6)
Normalizace 900°C
Žíhání na měkko – např.:
Kalení- austenitizace 845°C, ponoření na odlučování, olej (výjimečně polymer)
Zmrazení -70°C/1hod
Popouštění – co nejdříve – již z 50°C (minimální teplota popouštění 120°C) pro změnu tetragonálního martenzitu na kubický. Obvyklé popouštění je 150°C (výrazně nesníží tvrdost). Popouštění na 175°C sníží tvrdost o cca 2HRC. V letectví se požaduje dvojnásobné popouštění. Při požadavcích na tvrdost HRC 58 až 65HRC se popouští na 170 až 230°C.



Výrobní sekvence:

- Normalizace
- Žíhání na měkko
- Hrubování
- Kalení
- Popouštění
- Obrábění na jemno



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Různé stupně sferoidizace

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



100%

80 – 85%



85-91%

55 – 60%



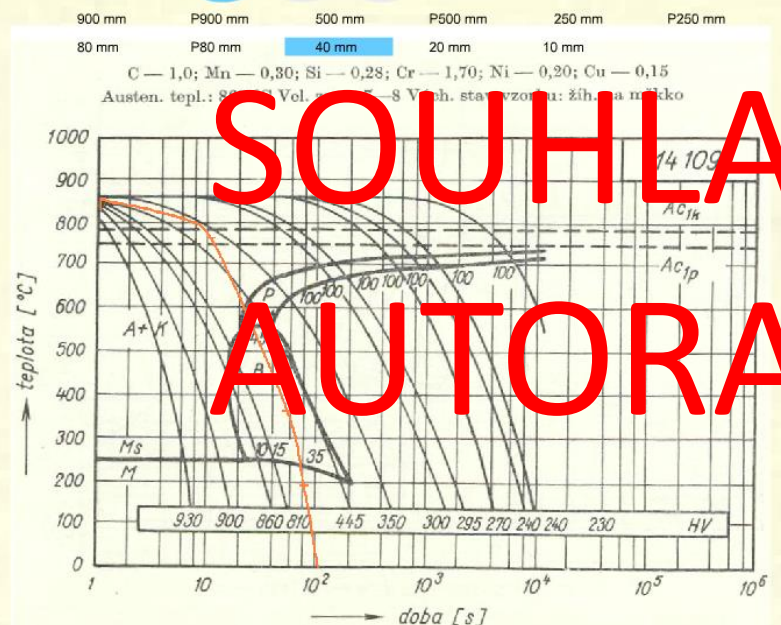
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Vyberte křivky chlazení: ☒ olej ☐ voda ☐ vzduch ☐ pět



SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slitinové oceli

iv. niklové oceli

Oproti uhlíkovým ocelím vyšší pevnosti, tužlosti, odolnost proti únavě, houževnatost, prokalitelnost

Nikl má zpevňující účinek, zvyšuje prokalitelnost, zvyšuje hodnoty lomové houževnatosti při normální, ale především i při záporné teplotě

Obecně nižší kalící teploty, není nutná vysoká intenzita ochlazování

Velmi vhodné oceli s 1,25%Ni a 0,65%Cr – relativně nízká cena, ale vhodné mechanicko-metalurgické vlastnosti

Oceli s 3,5%Ni a 1,5%Cr mají vyšší prokalitelnost a odolnost proti únavě

Kombinace Ni+Cr = zvýšení plasticity a houževnatost při vynikajících pevnostech. Poměr Ni:Cr ideálně 2,5:1

Cementační oceli se zvýšeným obsahem niklu (3,5 až 5%) = vyšší cena, ale vyšší tažnosti, pevnosti. Použití pro pastorky, vačky motorů, převodovky apod.

Composition	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Carburizing temperature (°C)	Refining treatment	Tempering temperature (°C)
0.10–0.15% C, 3.00–3.75% Ni,	760–780	Oil	880–930	Heating to 850–880°C followed by AC or OQ or WQ*	150–200
0.10–0.15% C, 3.75–4.50% Ni	760–780	Oil	880–930	Heating to 850–880°C followed by AC or OQ or WQ	150–200
0.10–0.15% C, 4.50–5.50% Ni	760–780	Oil	880–930	Heating to 850–880°C followed by AC or OQ or WQ	150–200

*AC = air cooling, OQ = oil quenching, WQ = water quenching.



Praxe TZ - slitinové oceli

Středně uhlíkové niklové oceli (2,5 až 3,5Ni) jsou používané obecně pro strojní součásti

Optimální vlastnosti mají v uslechnutém stavu
 Kalení z 830 až 860 °C do vody či oleje, popouštění na 550 až 650 °C

Použití pro díly v leteckém průmyslu, klikové hřídele, pastorky, lodní šrouby, turbíny, vačky,

Obvykle Ni není jediným legujícím prvkem v ocelích

Kombinace = NiCrMo, NiCr-NiMo

V. Molybdenové oceli

Výrazné zlepšení vlastností – prokalitelnost, tažnost, pevnost i při zvýšených teplotách

Molybden rovněž brání růstu zrna

Vysoká cena Mo – proto ne více než 0,7%Mo

Tři nejčastější obsahy Mo 0,15 - 0,3...0,3 - 0,45. ...0,45 – 0,7

Nízkouhlíkové jsou pro cementaci – zde Mo zajistí odolnost proti opotřebení a tuhost jádra

Vyšší obsah uhlíku pro vysoce namáhané součásti

TZ 10 až 20 °C vyšší teploty než uhlíkové se stejným obsahem uhlíku

Typický představitelé jsou Ni-Mo, Cr-Mo, Ni-Cr-Mo

!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
 SOUHLASU
 AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
 Evropské strukturální a investiční fondy
 Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
 MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
 MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

VI. Chrom-Molybdenové oceli

- Molybden umocňuje působení chromu

Obvykle obsahují 0,25 až 0,65% Mo

Molybden zvyšuje tažnost a potlačuje popouštěcí křehkost

Použití těchto ocelí je např. v leteckém a automobilovém průmyslu – mírně pevnostně namáhané části odolávající opotřebení

Možné využít pro nitridaci, dobré creepové vlastnosti

SOUHLASU AUTORA!!!!!!!

Table 4.1 Heat Treatment Temperatures for Low Carbon, Low Chromium-Molybdenum (Case Nitriding Grade)

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)	Nitriding temperature (°C)
0.10–0.20% C, 3.00–3.50% Cr 0.45–0.65% Mo	880–910	880–910	Oil	550–750	520–550
0.20–0.30% C, 3.00–3.50% Cr, 0.45–0.65% Mo	880–910	880–910	Oil	550–750	520–550

*Other constituents are 0.10–0.35% Si, 0.40–0.70% Mn, 0.04% S (max) and 0.04% P (max).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**VS
MT**
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

- Varianta se středním obsahem uhlíku má vysokou pevnost, tvárnost
- Použití pro středně namáhané strojní součásti = nřidele, čepy apod.
- Jsou vhodné pro indukční kalení

SOUHLASU Ten druh oceli s nejvyšším obsahem uhlíku je možné použít ve stavu tvárnosti z studna

AUTORA!!!!!!!

Table 14.13 Heat Treatment Temperatures for Medium Carbon, Low Chromium-Molybdenum Steels

Composition*	Annealing temperature (°C)	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.25–0.35% C, 0.80–1.10% Cr 0.15–0.25% Mo	860–890	860–890	860–890	Oil	450–650
0.30–0.40% C, 0.80–1.10% Cr 0.15–0.25% Mo	860–880	860–880	860–880	Oil	200–250 550–650
0.30–0.40% C, 1.60–1.90% Cr 0.15–0.25% Mo	850–870	850–870	850–870	Oil	550–650
0.35–0.45% C, 0.90–1.20% Cr, 0.20–0.35% Mo	850–880	850–880	850–880	Oil	550–700

*Other constituents are 0.10–0.35% Si and 0.50–0.80% Mn.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Slitinové oceli

NEVYUŽÍVAT BEZ SOUHLASU AUTORA!!!!!!

Označení oceli	Číselné označení	C	Mn	P	S	Chemické složení (hmotnostní %) ^{a) b)}
Značka						
38Cr2	1.7003	0,35 až 0,52	0,40	0,025	0,005	max. 0,005
46Cr2	1.7006	0,42 až 0,50	0,40	0,025	0,005	max. 0,005
34Cr4	1.7033	0,30 až 0,37	0,40	0,025	0,005	max. 0,005
34CrS4	1.7037					0,020 až 0,040
37Cr4	1.7034	0,34 až 0,41	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
37CrS4	1.7038					0,020 až 0,040
41Cr4	1.7035	0,38 až 0,45	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
41CrS4	1.7039					0,020 až 0,040
25CrMo4	1.7218	0,22 až 0,28	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
25CrMoS4	1.7213					0,020 až 0,040
34CrMo4	1.7220	0,30 až 0,37	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
34CrMoS4	1.7226					0,020 až 0,040
42CrMo4	1.7225	0,38 až 0,45	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
42CrMoS4	1.7227					0,020 až 0,040
50CrMo4	1.7228	0,46 až 0,54	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
34CrNiMo6	1.6582	0,30 až 0,38	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
30CrNiMo8	1.6580	0,28 až 0,35	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
35NiCr6	1.5815	0,30 až 0,37	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
36NiCrMo16	1.6773	0,22 až 0,39	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
39NiCrMo3	1.6510	0,15 až 0,43	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
30NiCrMo16-6	1.6747	0,22 až 0,33	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
51CrV4	1.8159	0,47 až 0,55	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
Oceli s borem						
20MnB5	1.5530	0,17 až 0,23	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
30MnB5	1.5531	0,27 až 0,33	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
38MnB5	1.5532	0,36 až 0,42	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
27MnCrB5-2	1.7182	0,24 až 0,30	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
33MnCrB5-2	1.7185	0,30 až 0,36	0,40	0,025	0,005	max. 0,035
39MnCrB6-2	1.7189	0,36 až 0,42	0,40	0,025	0,005	max. 0,035

Značka	Číselné označení	R _e min.	R _m min.	A min.	Z min.	KV min.
		MPa	MPa	%	%	J
38Cr2	1.7003	650	800 až 950	14	35	-
46Cr2	1.7006	650	900 až 1 100	12	35	-
34Cr4	1.7033	700	900 až 1 100	12	35	-
34CrS4	1.7037					
37Cr4	1.7034	750	950 až 1 150	11	35	-
37CrS4	1.7038					
41Cr4	1.7035	800	1 000 až 1 200	11	30	-
41CrS4	1.7039					
25CrMo4	1.7218	700	900 až 1 100	12	50	-
25CrMoS4	1.7213					
34CrMo4	1.7220	800	1 000 až 1 200	11	45	-
34CrMoS4	1.7226					
42CrMo4	1.7225	900	1 100 až 1 300	10	40	-
42CrMoS4	1.7227					
50CrMo4	1.7228	900	1 100 až 1 300	9	40	-
34CrNiMo6	1.6582	1000	1 200 až 1 400	9	40	-
30CrNiMo8	1.6580	1050	1 250 až 1 450	9	40	-
35NiCr6	1.5815	740	880 až 1 080	12	40	-
36NiCrMo16	1.6773	1050	1 250 až 1 450	9	40	-
39NiCrMo3	1.6510	785	980 až 1 180	11	40	-
30NiCrMo16-6	1.6747	880	1 080 až 1 230	10	45	-
51CrV4	1.8159	900	1 100 až 1 300	9	40	-

Ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně **58 HRC**. Do průměru **100 mm lze po zušlechtní docílit pevností nad 1000 MPa** při ještě dostatečné houževnatosti. **Není náchylná k popouštěcí křehkosti**. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechťování. **Obrábí se ve stavu žíhaném na měkko. Při nižších pevnostech lze obrábět i ve stavu zušlechtném.** Zlepšenou obrobiteľnosť vykazuje ocel 42CrMoS4 se zvýšeným obsahem S. Díly, které se zušlechťují na vyšší pevnost se nejprve předhrubují ve stavu žíhaném a dokončí po zušlechtní.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

42CrMo4 (ČSN 15142)

Popouštěcí diagram, kaleno z 845°C - olej

!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Jedna z nejpoužívanějších středně uhlíkových ocelí. Relativně levná ve vztahu k vysoké prokalitelnosti

V závislosti na obsahu uhlíku jsou dosahované tvrdosti 54 až 59HRC

Možné nitridovat, pak je možné u hrdečů dosáhnout zvýšení odolnosti proti únavě až o 30%

Pokud nitridace tak sled operací:

hrubování,

austenitizace 845°C,

kalení v oleji,

popouštění na 620°C

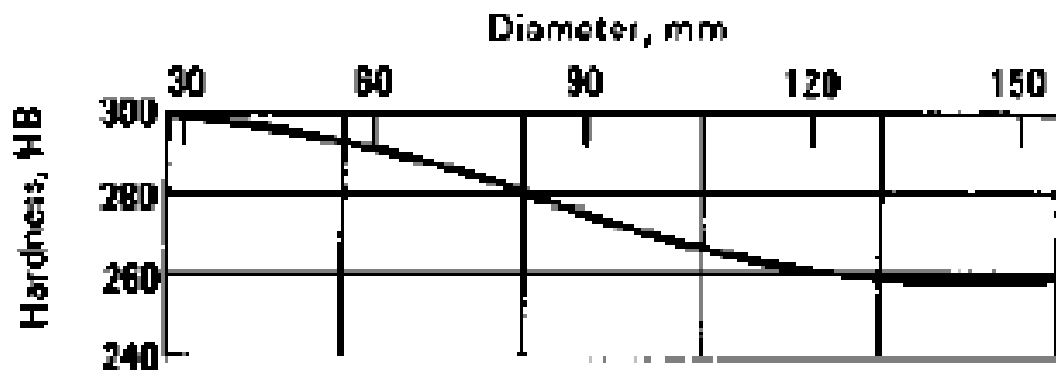
Jemné obrábění,

Nitridace při 525°C, 5hod + 20hod na 565°C (u nás není obvyklé)

Tvrdost v závislosti na průměru součásti. Kaleno z 845°C, popouštěno 645°C

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

42CrMo4 (ČSN 15142)

!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Do průměru 100 mm lze po zušlechtnění docílit pevností nad 1000 MPa při ještě dostatečné houževnatosti

Není náchylná k popouštění křehkosti

Kalí se do méně rafanálního kalického prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad

V kaleném stavu dobře odolává opotřebení

Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechťování

AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

VII. Nikl-nolybdenové oceli

Zvýšení prokalitelnosti, tažností, tvárnosti, potlačení popouštěcí křehkosti...

Použití stejné jako niklové oceli

Vyšší teploty TZ o něco o 10°C oproti niklovým ocelím

VIII. Nikl-Chromové oceli

Mají velké množství výhod, minimum nevýhod

Výborné mechanické vlastnosti, excelentní korozní odolnost, vysokou pevnost za

zvýšených teplot

AUTORA!!!!!!!

Nízkouhlíkové oceli s 1,25%Ni, 0,75%Cr jsou cementovány, zajistí odolnost proti opotřebení s pevným jádrem



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ SOUHLASU AUTORA!!!!!!!

Table 14.14 Heat Treatment Temperatures for Low Carbon, Nickel-Chromium (Carburizing Grade) Steels

Composition	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C); quenching medium	Tempering temperature (°C)	Carburizing temperature (°C)	Refining temperature (°C); quenching medium
0.10–0.15% C, 2.25–3.50% Ni, 0.75–1.40% Cr	850–880	760–780 oil or water	150–250	880–930	850–880; air, oil or water
0.10–0.15% C, 3.00–3.75% Ni, 0.60–1.10% Cr	850–880	760–780 oil	150–250	880–930	850–880; air, oil or water
0.10–0.15% C, 4.50–5.00% Ni, 0.25–0.40% Cr	850–880	760–780 oil	150–250	880–930	850–880; air, oil or water
0.10–0.15% C, 4.00–4.50% Ni, 1.00–1.50% Cr	850–880	760–780 oil	150–250	880–930	850–880; air, oil or water

- Středně uhlíkové oceli s 1,25%Ni, 0,75%Cr, prokaluje do vyšších hloubek než nízkouhlíkové
- Používaný v zušlechtěném stavu
- Nejčastěji kalení do oleje plus popouštění
- Klikové hřídele, lodní šrouby, součásti do důlního průmyslu
- Oceli s 3,5% Ni, 1,5% Cr mají lepší vlastnosti – velmi vysoká tažnost



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ SOUHLASU AUTORA!!!!!!!

Table 14.5 Heat Treatment Temperatures for Medium Carbon Nickel-Chromium Steels

Composition	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.30–0.40% C, 1.40–1.70% Ni, 0.40–0.70% Cr	850–880	830–850	Oil	550–600
0.30–0.40% C, 2.30–2.70% Ni, 0.60–0.90% Cr	840–870	810–840	Oil	550–650
0.25–0.35% C, 3.25–3.75% Ni, 0.60–0.90% Cr	830–860	810–830	Oil	525–675
0.30–0.40% C, 4.25–4.75% Ni, 1.10–1.40% Cr	830–850	810–830	Oil	525–600



Praxe TZ - slitinové oceli

**!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!**

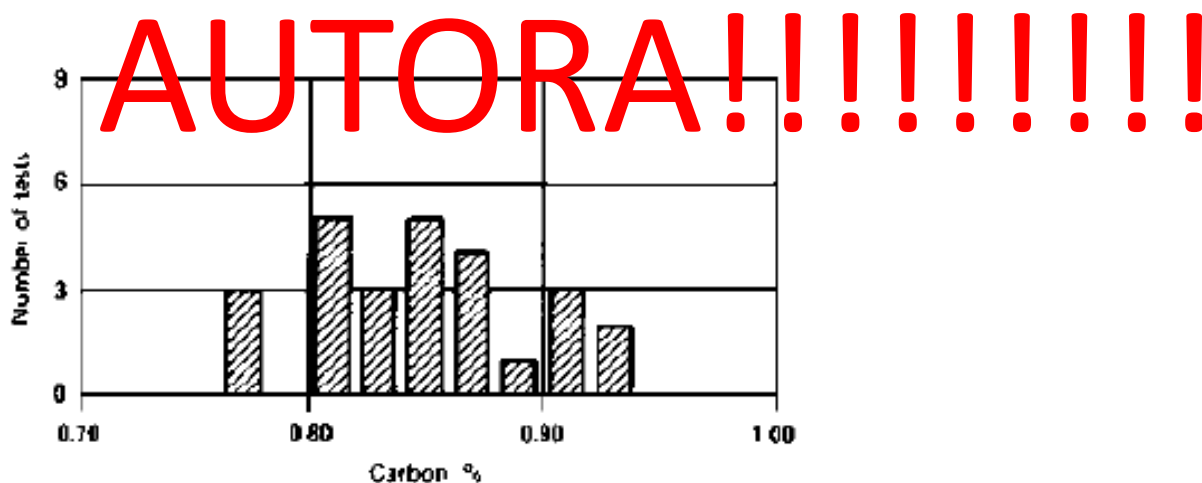
Nikl-chrom-molybdenové oceli
Nízkouhlíkové NCM oceli jsou obvykle určeny k cementaci. Mají vysokou povrchovou tvrdost a tuhost jádra. Používá se pro výrobu ozubených kol, pístní čepy, hřídele, hnací kola, spojky, řada a ventilů.
Středně uhlíkové NCM oceli mají dobrou pevnost a tažnost. Mají široké využití rozšiřuje TZ. Typické použití pro hřídele, svorníky, šrouby....
Středně uhlíkové NCM oceli s 2,5%Ni, 0,7%Cr a 0,5 Mo mají vysokou prokalitelnost, pevnost, tažnost i při nízkých teplotách.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

18CrNiMo7-6

Velmi namáhané strojní součásti s cementovaným povrchem
Cementovaná vrstva po tepelném zpracování obsahuje na povrchu
tvrdosti 62 až 64 HRC, zatímco jádro cementované součásti je i při relativně vysoké pevnosti značně
houževnaté. Přísada Mo zvyšuje prokalitelnost
Ocel prokaluje do hloubky přibližně 60 mm
Je vhodná pro dynamicky namáhané součásti



Obsah uhlíku na povrchu při cementaci na 925°C,
kaleno z 815°C. Požadovaný obsah uhlíku na povrchu
0,85%



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

18CrNiMo7-6

Recommended practice	Hardness, HRC	Case depth, mm	Core hardness, HRC	Tensile strength, MPa	Yield strength, MPa	Elongation, %	Reduction of area, %	Hardness, HB		
For maximum case hardness										
Direct quench from oil(a)	60	0.050	1.2	217	1496	159.5	1100	13.0	50.1	429
Single quench and temper(b)	62	0.075	1.9	218.25	1505	178	1227	13.5	48.2	429
Double quench and temper(c)	60	0.075	1.1	151.75	1046	97	669	19.5	49.4	302
For maximum core toughness										
Direct quench from pot(d)	58.5	0.060	1.52	215.5	1486	158.75	1095	12.5	49.4	415
Single quench and temper(e)	59	0.075	1.9	215.5	1458	173	1193	12.5	50.9	415
Double quench and temper(f)	59	0.075	1.9	215.5	1458	173	1193	21.8	56.3	293

a) Cementace z 925°C. &hod. kalene nřimo do oleje, popouřěné 150°C.

- Cementace z 925°C, 8hod, kaleno přímo do oleje, popouštění 150°C
- Cementace z 925°C, 8hod, opětovný ohřev na 815°C, kaleno přímo do oleje, popouštění 150°C, mnohem lepší vlastnosti povrchu i jádra
- Cementace z 925°C, 8hod, opětovný ohřev na 815°C, kaleno přímo do oleje, opětovný ohřev na 775°C a popouštění 150°C, velmi jemná struktura povrchu i jádra
- Cementace z 925°C, 8hod, kaleno přímo do oleje, popouštění 230°C
- Cementace z 925°C, 8hod, opětovný ohřev na 815°C, kaleno přímo do oleje, popouštění 230°C, mnohem lepší vlastnosti povrchu i jádra
- Cementace z 925°C, 8hod, opětovný ohřev na 815°C, kaleno přímo do oleje, opětovný ohřev na 775°C a popouštění 230°C, velmi jemná struktura povrchu i jádra



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Composition*	Normalizing temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)	Cooling medium from tempering temperature
0.25–0.35% C, 1.80–2.10% Ni, 1.80–2.10% Cr, 0.25–0.35% Mo	850–880	830–850	Oil	500–600	Air or oil
0.35–0.45% C, 1.20–1.50% Ni, 0.60–0.90% Cr, 0.30–0.45% Mo	850–880	830–850	Oil	500–700	Air or oil
0.40–0.45% C, 0.40–0.70% Ni, 0.60–0.90% Cr, 0.15–0.25% Mo	850–880	830–850	Oil	500–700	Air or oil
0.30–0.40% C, 0.90–1.20% Ni, 0.90–1.20% Cr, 0.15–0.25% Mo	850–880	830–850	Oil	500–700	Air or oil
0.30–0.40% C, 1.40–1.70% Ni, 1.40–1.70% Cr, 0.15–0.25% Mo	850–880	830–850	Oil	500–600	Air or oil
0.25–0.35% C, 2.00–3.00% Ni, 0.50–1.00% Cr, 0.40–0.70% Mo	840–870	820–850	Oil	150–650	Air or oil
0.35–0.45% C, 2.00–3.00% Ni, 0.50–1.00% Cr, 0.40–0.70% Mo	840–870	820–850	Oil	150–650	Air or oil
0.25–0.35% C, 2.75–3.50% Ni, 0.50–1.00% Cr, 0.40–0.70% Mo	850–880	820–850	Oil	550–650	Air or oil
0.25–0.35% C, 3.00–3.75% Ni, 0.50–1.00% Cr, 0.40–0.70% Mo	840–870	830–850	Oil	550–650	Air or oil
0.25–0.40% C, 3.00–4.50% Ni, 0.75–1.50% Cr, 0.20–0.70% Mo	840–870	830–850	Oil	550–650	Air or oil

*Other constituents are 0.50–1.00% Mn, 0.10–0.35% Si, 0.04% S (max) and 0.04% P (max).

Table 14.16 Heat Treatment Temperatures for Carburizing Grades of Ni-Cr-Mo Steels					
Composition*	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Carburizing temperature (°C)	Refining temperature (°C): quenching medium	Tempering temperature (°C)
0.10–0.20% C, 0.60–1.00% Mn, 0.60–1.00% Ni, 0.40–0.80% Cr, 0.10% Mo (max)	780–820	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.20% C, 0.50–1.00% Mn, 0.80–1.25% Ni, 0.60–1.00% Cr, 0.10% Mo (max)	780–820	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.20% C, 0.50–1.00% Mn, 1.00–1.50% Ni, 0.75–1.25% Cr, 0.10–0.35% Mo	780–820	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.20% C, 0.60–1.00% Mn, 1.50–2.00% Ni, 0.40–0.80% Cr, 0.20–0.30% Mo	780–820	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.20% C, 0.40–0.70% Mn, 1.80–2.20% Ni, 1.40–1.70% Cr, 0.15–0.25% Mo	780–820	Oil	880–930	850–880; air or oil	150–200
0.10–0.20% C, 0.60–1.00% Mn, 3.00–3.75% Ni, 0.60–1.10% Cr, 0.10–0.25% Mo	760–780	Oil	890–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.25% C, 0.60–1.00% Mn, 3.50–4.50% Ni, 1.00–1.50% Cr, 0.15–0.35% Mo	760–780	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200
0.10–0.15% C, 0.60–1.00% Mn, 4.50–5.50% Ni, 0.25–0.40% Cr, 0.15–0.30% Mo	760–780	Oil	880–930	850–880; air, oil or water	150–200

*Other constituents are 0.10–0.35% Si, 0.05% S (max) and 0.05% P (max).

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

16440 (34 CrNiMo 6) pozor rozdíl v Mo

Vysoká prokalitelnost

Pozor na chemii a prokalitelnost

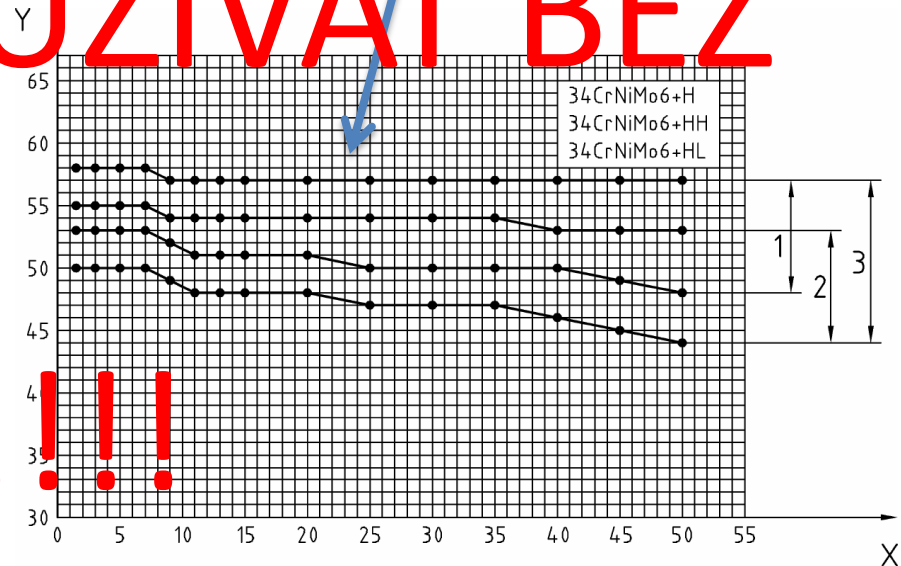
Normalizace 870°C

Žíhání na měkko

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!

Pokud horní část legujících prvků, prakticky neklesá tvrdost na JOM.



- Ocel s vysokou prokalitelností pro vysoce namáhané strojní díly.
- V zušlechťeném stavu má velmi příznivý poměr pevnosti k mezi kluzu a vysokou houževnatost
- Vysoká houževnatost brzdí šíření únavových trhlin. Ocel se proto vyznačuje vysokými hodnotami meze únavy při střídavém a kombinovaném způsobu namáhání.
- Není náchylná k popouštěcí křehkosti.
- Kalí se převážně do oleje nebo do roztoků syntetických polymerů
- V závislosti na obsahu uhlíku tvrdosti 54 až 59HRC
- Na popouštění již z pračky nebo jakmile teplota součásti cca 50°C
- Může se nitridovat pro vyšší tvrdost resp. pro vyšší odolnost proti únavě



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

16440 (34 CrNiMo 6)

Kalící teplota 845 °C do plele

Popouštění – před tím než se ochladí na pokojovou teplotu dát do popouštěčky

Výrobní proces

1. Normalizační žíhání
2. Žíhání na měkko
3. Hrubování
4. Austenitizace, kalení
5. Popouštění
6. Jemné obrábění
7. Event. nitridace

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!



Tvrdost po popouštění versus austenitizační teplota a průřez

Austenitizing temperature °F (°C)	Section size		Hardness, HRC Tempered for 2 h at				
	in.	mm	400 °F (205 °C)	600 °F (315 °C)	800 °F (425 °C)	1000 °F (540 °C)	1200 °F (650 °C)
1500 (815)	1/2	12.7	53.5	50.0	44.5	39.0	29.5
	1 1/4	31.8	53.5	50.0	45.5	40.0	28.5
	2 1/8	54	51.0	49.0	44.0	37.5	28.0
1550 (845)	1/2	12.7	53.5	49.5	44.0	39.0	29.0
	1 1/4	31.8	53.0	50.0	45.0	39.5	27.0
	2 1/8	54	52.0	48.0	43.0	38.0	27.5
1600 (870)	1/2	12.7	53.5	50.0	45.0	40.0	29.5
	1 1/4	31.8	53.5	50.0	45.5	39.5	29.0
	2 1/8	54	52.5	48.5	44.0	39.0	28.0



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Praxe TZ - slitinové oceli

Data ARA Diagram

Zbytkový austenit při 20 °C: 3 %

Náchylnos na vznik trhlin: Vysoká

- 99% martensite: 52.0 HRC

- 90% martensite: 48.5 HRC

- 50% martensite: 40.0 HRC

Minimální tvrdost po kalení 48.0 HRC

Tvrdost po normalizaci: 195 HV

Tvrdost po sferoidizaci: 170 HV

Bs = 498 °C; B50 = 438 °C ; B99 = 378 °C

Martensite formation:

Ms = 326 °C, M50 = 261 °C, M90 = 116 °C; M99 = -94 °C

Data IRA Diagram

A1 = 724 °C

A3 = 771 °C

Praritická transformace: Data pro T = 650 °C:

Start: 3 min

50% : 7 min

Bainitická transformace: Data pro T = 338 °C:

Start : 60 s

50% : 7 min

99% : 45 min

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

T	HRC	Rm	A
400	43.5	1410	6
425	42.5	1370	6
450	41.5	1330	7
475	41	1300	7
500	40	1250	7
525	38.5	1200	8
550	37	1150	9
575	35.5	1100	10
600	34	1060	11
625	32	1000	12
650	30.5	960	13
675	28.5	910	14
700	26.5	870	15



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Příklad - podkaleno

!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!

16440



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nitridace 34 CrNiMo 6 – vliv na únavu

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!



Nitridace
X
kuličkování
X
běžné TZ



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ + NÁSTROJOVÝCH OCELÍ
!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Přehled nástrojových ocelí

SMYSL TZ NÁSTROJOVÝCH OCELÍ **!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ**

Dosáhnout optimální kombinace pevnosti a houževnatosti pro dané užití

Dosáhnout specifických vlastností pro dané použití

Kalení: dosažení martenzitické struktury v celém průřezu tělesa, nebo v jeho části, popřípadě pouze na povrchu nebo funkčních plochách, dosažení požadované pevnosti nástroje a popř. dalších vlastností

Zachování příslušného množství kربدů

Popouštění: snížení pnutí vzniklých kalením, dosažení konečné kombinace užitečných vlastností (tvrdost, pevnost, houževnatost)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Ekvivalenty s ČSN

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

Označení oceli podle EN ISO 4957:1999	Označení oceli podle ČSN
značka	
C45U	19 083
C70U	19 132
	19 133
C80U	19 152
C105U	19 191
C120U	19 221
105V	19 356
60WCrV8	19 735
102Cr6	14 100
1MnCr	14 109
	14 221
90MnCrV8	14 487
95MnWCr5	19 313
X210Cr12	19 314
X40Cr14	19 436
55NiCrMoV7	17 024
32CrMoV12-28	19 663
X37CrMoV5-1	19 541
X40CrMoV5-1	19 552
50CrMoV13-15	19 554
X30WCrV9-3	19 550
HS18-0-1	19 721
HS3-3-2	19 824
HS6-5-2	19 820
HS6-5-2-5	19 830
HS10-4-3-10	19 852
	19 861

19312, 19520, 19573
nemají dle EN ISO
4957 tzv. podobnou
ocel



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

Uhlíkové nástrojové oceli

Mohou obsahovat až 1,4% C. Tím je dána vysoká tvrdost a vysoká pevnost, nicméně nízká houževnatost.

Nejsou obvykle používány tam kde se vyskytují dynamické namáhání.

Jsou hojně využívány z důvodu nízké ceny, dobré obrobitelnosti a vysoké dosahované tvrdosti.

Aby bylo možné je obrábět je nutné zařadit žíhání na měkko.

Kalícím prostředím je obvykle voda, což může vést k výraznějším deformacím.

Problémy se kterými je možné se setkat je oduhličení na povrchu (u nadeutektoidních koncentrací uhlíku), nepřiměřený podíl zbytkového austenitu a zhrubnutí zrna.

Obecně se tyto oceli pouze napouští na 170 až 220 °C.

Výhodných vlastností se dosahuje zařazením termálního kalení.

Použití takto zpracovaných ocelí:

Buchary, zápustky, dláta, nůžky, nože, ruční kladiva, méně namáhané rezné nástroje apod.

Composition	Hardening temperature (°C)	Hardness after hardening (Rockwell C-scale)	Tempering temperature (°C)	Minimum hardness after tempering (Rockwell C-scale)
0.70–0.80% C	800–820	65–67	As per use; in general between 175–275	56
0.80–0.90% C	790–810	65–67	As per use; in general between 175–275	56
0.90–1.05% C	780–800	65–67	As per use; in general between 175–275	56
1.05–1.20% C	760–780	65–67	As per use; in general between 175–275	56
1.20–1.35% C	760–780	65–67	As per use; in general between 175–275	56
0.85–0.95% C, 0.15–0.30% V	790–810	65–67	As per use; in general between 150–400	48
0.95–1.10% C, 0.15–0.30% V	780–800	65–67	As per use; in general between 150–400	48
1.10–1.40% C, 0.30–0.60% Cr, 0.30% V (max)	790–810	65–67	As per use; in general between 150–400	48

Za určitých podmínek (teplota, čas popouštění) je možné docílit ještě mírného zvýšení tvrdosti u vysoceuhlíkových nástrojových ocelí.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

C105U

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

Ocel uhlíková vhodná tam, kde je potřeba vysoké tvrdosti na povrchu a měkkého jádra

Obvykle se kalí ve vodě, špatná rozdělovat

Může nastat prasknutí

Nutno popouštět okamžitě

Obvyklý technologický postup

Dodaný stav – žíhaný na měkko

Hrubování

Žíhání ke snížení prut – velmi výhodné

Finální obrábění

Předehřev

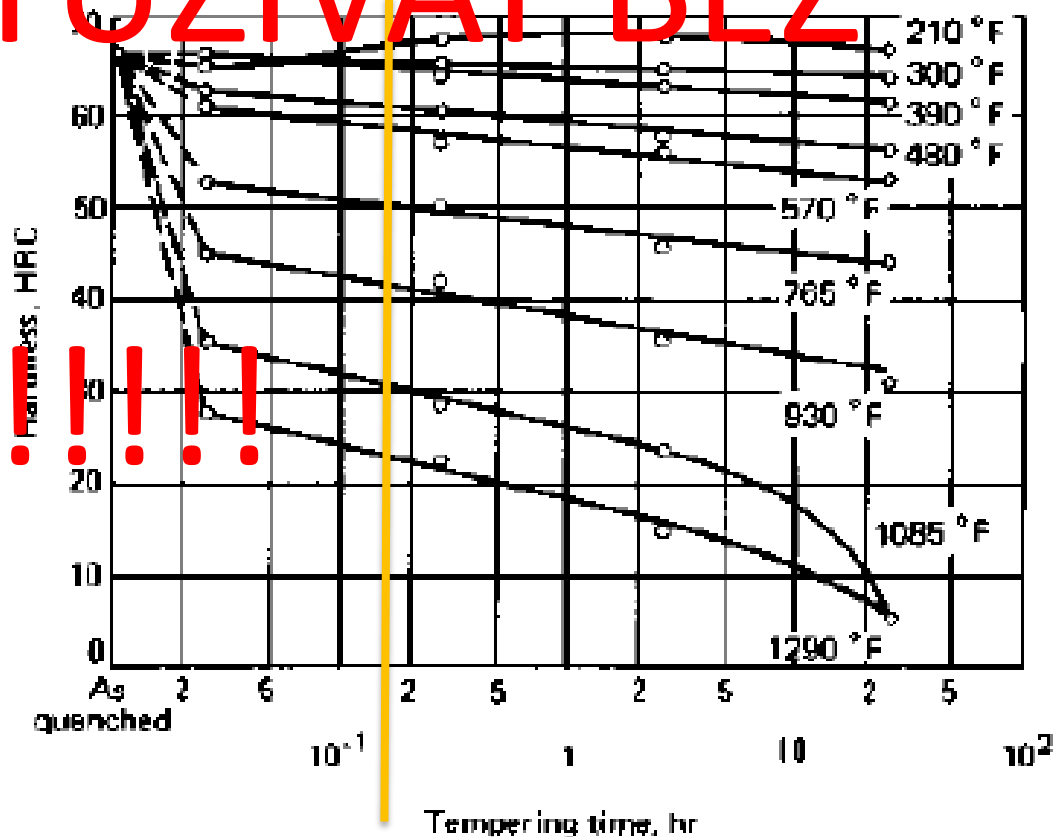
Austenitizace

Kalení

Popouštění (vyjíměčně dvakrát)

Broušení na rozměr

Tvrdost x popouštěcí teplota. Kaleno do vodného roztoku se solí z 870°C, zmrazení na -70°C v suchém ledu



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Změny rozměrů v čase při popouštění, které začalo 1,5 hodiny po kalení @1050°C

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

C105U

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

(g)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

Nástrojové oceli pro práci za studena

Chemické složení těchto ocelí voleno tak aby docházelo k minimálním deformacím

Obvykle se rozdělují do třech podskupin

- I. Kalitelné oceli
- II. Samokalitelné
- III. S vysokým obsahem chromu

I. Jsou obvykle mangan-níkové do kterých je přidáno malé množství chromu a wolframu pro zvýšení prokalitelnosti, tvrdosti a odolnosti proti opotřebení. Obvykle používány ve stavu kaleném a popuštěném. Mají dobrou obrobitelnost v porovnání s ostatními oceli pro práci za studena, což umožňuje vyrábět nástroje s vysokou přesností. Použití pro výstružníky, závitníky, raznice apod.

Composition	Hardening temperature (°C)	As quenched hardness (on Rockwell C-scale)	Tempering temperature (°C)	Minimum hardness on tempering (on Rockwell C-scale)
0.90% C, 1.00% Mn, 1.50% W, 1.50% Cr,	790–815	63–65	150–425	50
0.90% C, 1.60% Mn	770–790	63–65	190–260	57
1.45% C, 0.80% Mn, 1.00% Si, 0.20% Nb	790–815	63–65	150–425	50
1.20% C, 1.75% W, 0.75% Cr	790–830	63–66	100–300	58



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

II. Samokalitelné. Jedná se o oceli chrom-mangan-molybdenové. Tyto legury přispívají ke zvýšení prokalitelnosti. Deformace těchto ocelí jsou logicky nižší než kalených v oleji. Tyto oceli mají vysokou otěruvzdornost.

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!

Composition	Hardening temperature (°C)	As-quenched hardness (on Rockwell C-scale)	Tempering temperature (°C)	Minimum hardness on tempering (on Rockwell C-scale)
1.00% C, 1.00% Mo, 5.00% Cr	940–970	61–63	200–375	57
1.00% C, 2.00% Mn, 1.00% Mo, 1.00% Cr	820–860	62–64	150–425	54
0.70% C, 2.00% Mn, 1.25% Mo, 1.00% Cr	820–860	62–64	150–425	54



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

III. S vysokým obsahem chromu. Obvyklý obsah uhlíku je nad 1% C, obsah chromu nad 12%.

Tyto oceli nevykažují hrubnutí zrna až do 1040°C. Vysoké obsahy chromu umožní zakalení na vzduchu čímž se sníží velikost deformací. Tyto oceli se používají pro velké nástroje resp. ty které mají komplikovaný tvar. Tyto obsahy chromu navíc zajistí vysokou tvrdost resp. odolnost proti abrazi. Zlepšení vlastností je možné dosáhnout přidáním molybdenu, vanadu, wolframu.

!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!

Composition	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	As-quenched hardness (on Rockwell C-scale)	Tempering temperature (°C)	Minimum hardness after tempering (on Rockwell C-scale)
1.50% C, 1.00% Mo, 12.00% Cr, 1.00% V	980–1025	Air	61–63	200–375	58
2.25% C, 12.00% Cr	950–980	Oil	62–64	200–375	58
1.50% C, 1.00% Mo, 12.00% Cr, 3.00% Mo	980–1025	Air	60–62	200–375	57
2.35% C, 1.00% Mo, 12.00% Cr, 4.00% V	1010–1065	Air	63–65	150–250 450–550	63 58



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 90MnCrV8 = 1.2842 (cca 19312), O2

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUTHLASU

19312	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Tvrdość v měkce žháném stavu ^{c)} +A HB max.	Teplota kalení °C (±10 °C)	Ochla- zovací prostředí ^{d)}	Teplota popou- štění °C (±10 °C)	Tvrdość HRC min.
90MnCrV8	0,85 až 0,95	0,10	0,4	1,1	0,05	-	0,05 až 0,20	-	229	790	o	180	60

Bohler K 720

C	Si	Mn	Cr	V
0,90	0,25	0,10	0,35	0,10

AUTORA!!!!!!!!!!!!

Vysoká rozměrová stabilita oceli během TZ. Relativně nižší prokalitelnost. Vysoká odolnost proti oduhličení.

Odolnost proti praskání při TZ

Odlišnosti ČSN 19312x19313x19314 (kromě mírně se zvyšujícího obsahu uhlíku)

MnV

MnCrV

MnCrVW



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 90MnCrV8 = 1.2842 (cca 19312), O2

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Vysoká rozměrová stabilita oceli během TZ. Relativně nižší prokalitelnost. Vysoká odolnost proti oduhličení. Odolnost proti praskání při TZ.

Technologický postup výroby

Normalizace (870°C, výdrž od 15 minut pro malé výrobky do 1 hodiny pro velké výrobky)

Hrubování

Žihání ke snížení pnutí (ideálně). 650°C až 675°C. Výdrž 1h na palec tloušťky. Pak ochlazovat na vzduchu.

Jemné obrábění

Předehřev (pomalý ohřev na 650°C)

Austenitizace (790 až 815°C) 10 až 30 minut.

Kalení (olej) výsledek cca 63 až 65HRC.

Stabilizace (ideálně). Zvýší tvrdost a rozměrovou stabilitu). Při 150°C až 160°C, výdrž 20 až 30 minut, následně hluboko zmrazit na -100 až -195°C). Následně okamžitě popouštět

Popouštění. Okamžitě. Obvykle od 175°C do 260°C. Pak dosahované tvrdosti 62 až 57HRC.

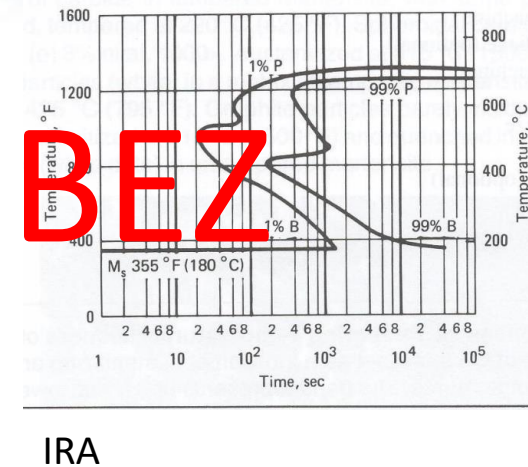
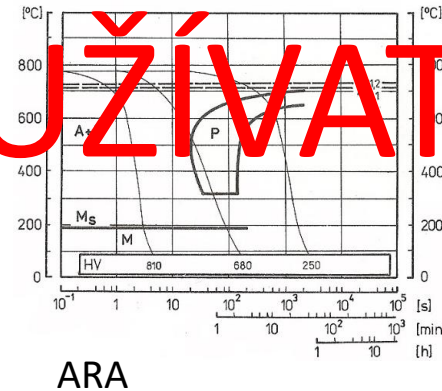
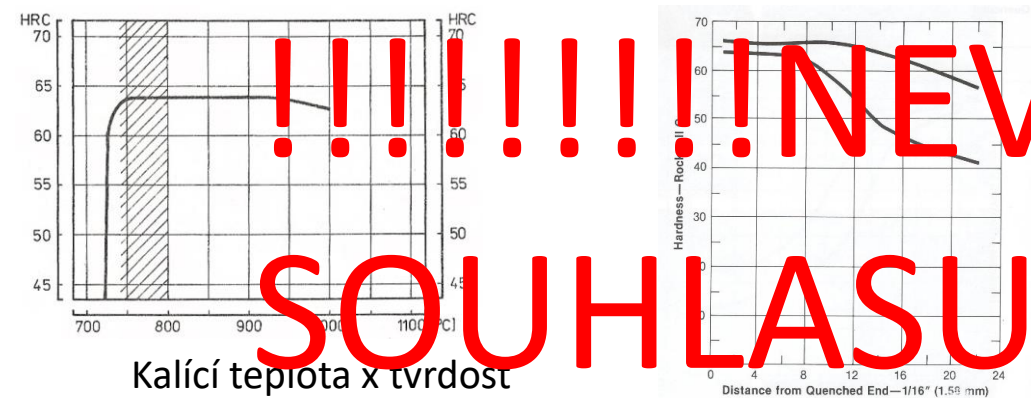
Broušení na rozměr



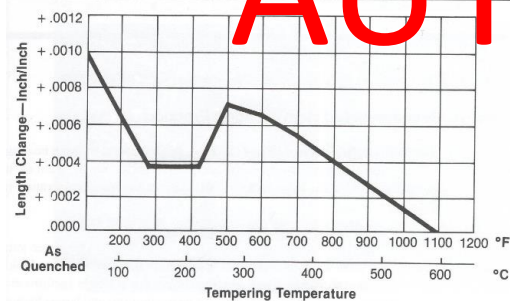
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

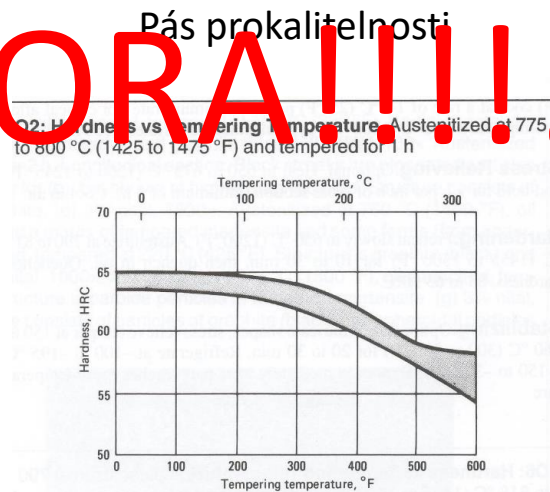
TZ nástrojových ocelí – 90MnCrV8 (19312)



!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

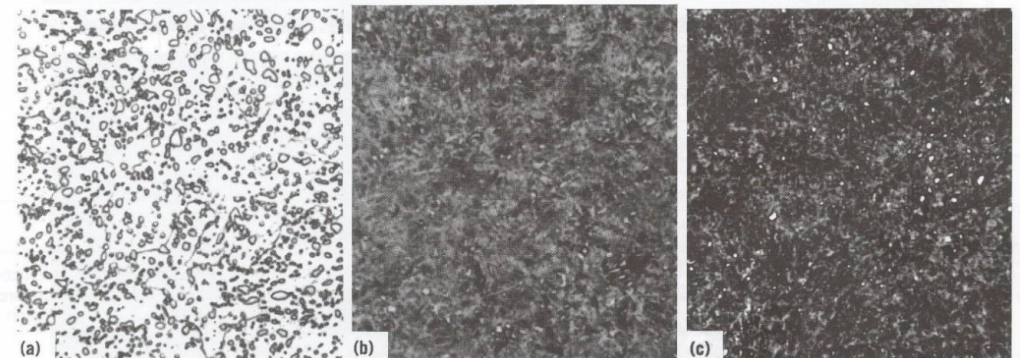


Rozměrové změny s teplotou popouštění. Tyč 25mm průměr, kalená do oleje z 800°C, výdrž na popouštěcí teplotě 1hod



Popouštěcí diagram

O2: Microstructures. (a) Nitral, 1000x. Annealed by heating to 725 °C (1335 °F), holding for 1 h per inch of section thickness and furnace cooling. Spheroidal carbide in a matrix of ferrite. (b) Nitral, 1000x. Austenitized 15 min at 800 °C (1475 °F), quenched in oil. Some spheroidal carbide (white dots) in a matrix of untempered martensite. (c) Nitral, 1000x. Austenitized and quenched same as (b), then tempered 1 h at 175 °C (345 °F). Some spheroidal carbide (white dots) in tempered martensite



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ SOUHLASU AUTORA!!!!!!!

19573	C	Mn	S	Cr	Mo	V	W	Co
	1,40–1,60	0,2–0,45	0,020–0,045	max 0,03	max 0,035	11,0–12,5	0,60–0,90	0,1–1,20
Chemické složení (množství prvků v %)								
Značka oceli	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
X153CrMoV12	1,45 až 1,60	0,1 až 0,60	0,2 až 0,80	12,00–13,00	0,70 až 1,10	-	0,70 až 1,00	-
Chemické složení (množství prvků v %)								
Sverker 21	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
	1,55	0,3	0,4	11,8	0,8	-	0,8	-

Tvrdość v měkce žháném stavu ⁽¹⁾	Teplota kalení °C (±10 °C)	Ochlazovací prostředí ⁽²⁾	Teplota popouštění °C (±10 °C)	Tvrdość HRC min.
255	1020	a	180	61

Skupina nejvýkonnějších nástrojových ocelí pro práci za studena (12%Cr + vysoký obsah uhlíku)
Mají ve struktuře speciální křemíkové karbidy chromu, případně i vanadu, které zajišťují
výbornou odolnost proti opotřebení

Nevýhodou je uspořádání karbidů do typických řádků a z toho plynoucí anizotropie vlastností
(zejména mechanických, ale i deformací po tepelném zpracování)

Řádkovitá struktura přispívá i k nízké houževnatosti, zejména v příčném směru!!

Velmi populární, snadno dostupná

Vysoká pevnost v tlaku, dobrá prokalitelnost, středně odolná proti oduhličení

Dobrá odolnost proti popouštění, obvykle požadovaná tvrdost 55 až 62HRC, možnost nitridace



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

Obvyklá sekvence výroby

Hrubování

Žíhání ke snížení pnutí – ideál

Jemné obrábění

Přehřev

Austenitizace

Kalení

Stabilizace – ideálně

Dvojité popouštění

Broušení na rozměr

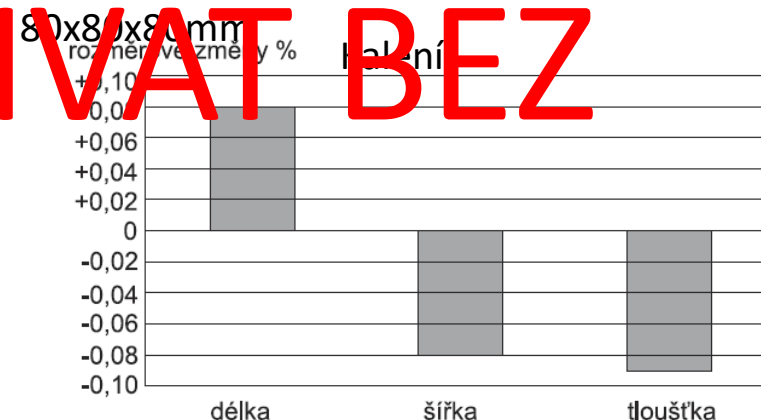
Doporučený přídavek na kalení a popouštění je 0,15%

(Rozměrové změny pro kalení a popouštění se obvykle sčítají)

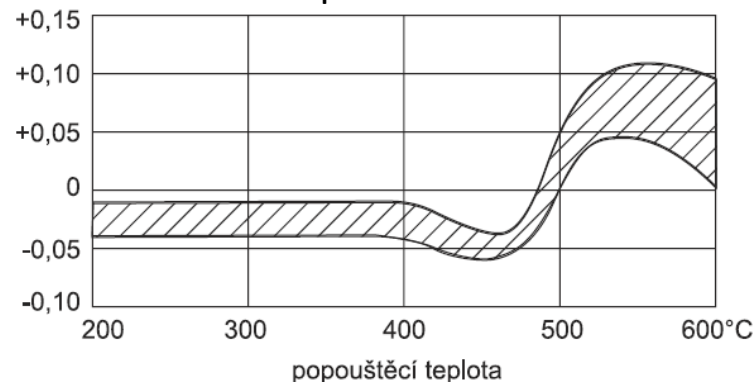
Obvykle nitridace v plynu při 525°C, po 20 hodinách 0,25mm

Pokud se využívá elektroerozivní obrábění na nástroj v kaleném a popouštěném stavu, je nutné tento nástroj dodatečně vyžít při teplotách o cca 30°C nižších než je popouštěcí teplota

Rozměrové změny po kalení



rozměrové změny % Popouštění



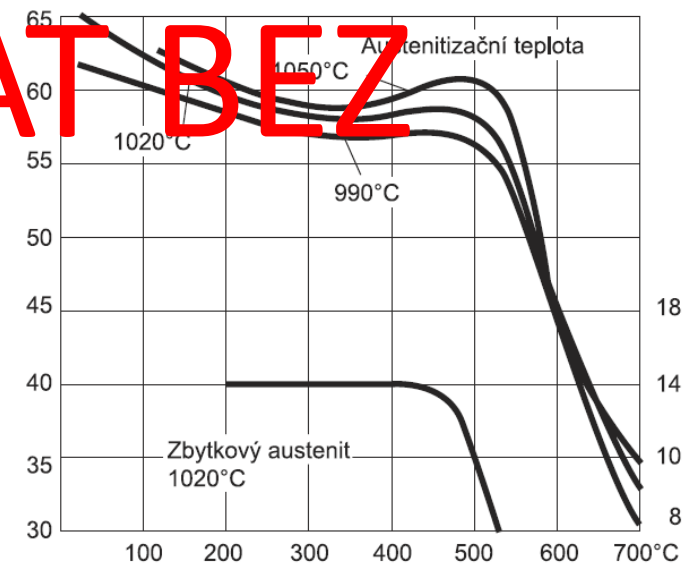
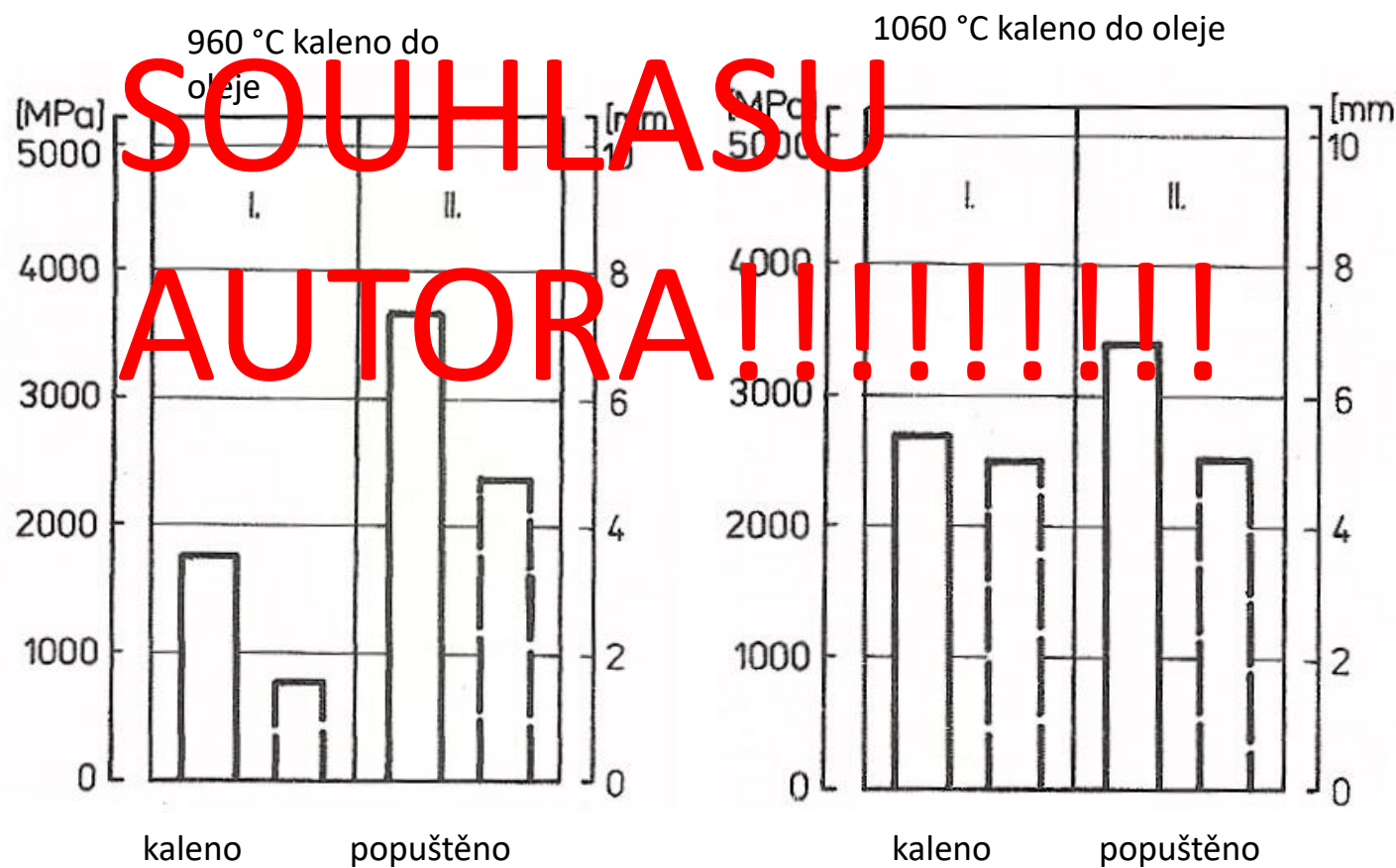
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

Hodnoty meze pevnosti v ohybu dle způsobu kalení



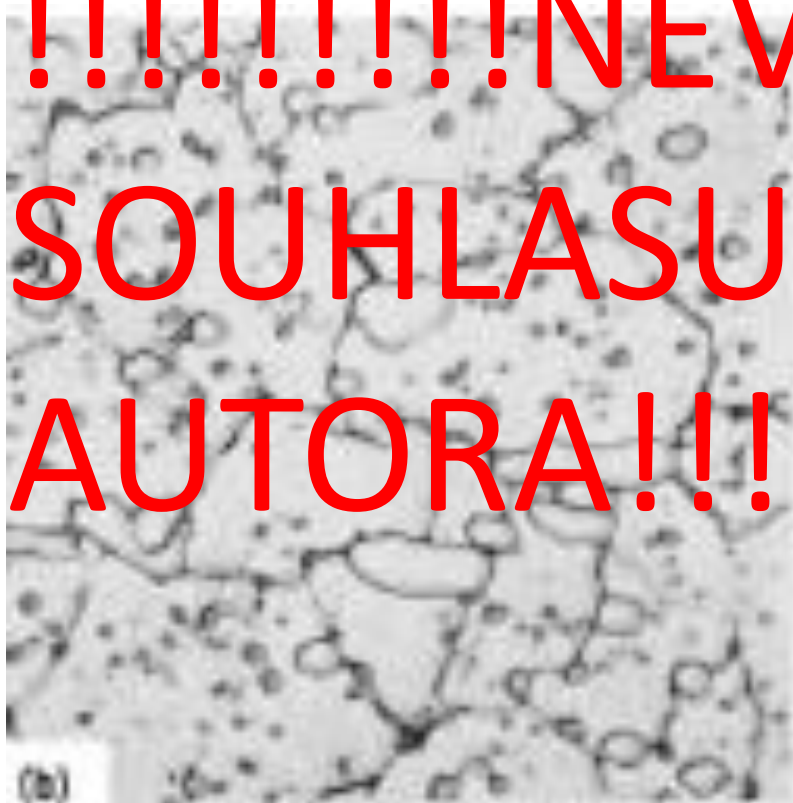
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!



Kaleno 1010°C - vzduch



Kaleno 1010°C – vzduch + popuštěno 480°C



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – AISI D2, (19573)

X155CrVMo12-1, SVFERKER 21

1,5%C, 12%Cr, 1%Mo

Vysoká prokalitelnost, malé distorze, bezpečná, neměkne, střední odolnost proti odhličením, možnost nitridace

Žihání na měkko – pozor na odhličením. Ohřev na 850°C, pomalé ochlazení (10°C/hod) na 650°C následně vzduch. HBW cca 210

Žihání ke snížení pnutí 575°C – 705°C, výdrž 1 hodina na palec tloušťky, vzduch. Někdo využívá 650°C / 2 hod / vzduch

Austenitizace, kalení – velmi pozvolný ohřev, předehřev 650 – 750°C °C, austenitizace 980°C – 1050°C – výdrž 15 min pro malé nástroje, pro velké 45 min. Kalit vzduch, solná lázeň (540°C – termální kalení) , olej.

Stabilizace – ideálně 150 a 160°C před zmrazením na -85°C

Popouštění po dosažení teploty 50 až 60 °C. Popouštění na 205 až 540°C

Výrobní sekvence:

1. Hrubování
2. Žihání ke snížení pnutí (optimum)
3. Jemné obrábění
4. Předehřev, austenitizace, kalení
5. Stabilizace (optimálně)
6. Popouštění, dvojnásobné
7. Broušení na rozměr

NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

Nástroje na	Tvrdost HRC
Ohýbání, tvarové lisování, hluboké tažení,	
Lemování, protlačování a rotační protlačování	56-62
Razidla na ražení mincí	56-60
Průtlačnice	58-60
Děrovací trny	56-60
Profilové a hladké válce	58-62
Průvlaky pro tažení za studena nebo kalibrování	58-62
Trny pro tažení za studena	54-56
Závitové čelisti a kruhové nože	58-62
Lisovací nástroje pro výrobu práškové metalurgie	58-62
Vtlačovací razníky	58-62
Lisovací nástroje na keramické materiály, cihly, dlaždice, brusné kotouče, tablety, abrazivní plasty	58-62
Kalibry, měřidla, vodící kolejnice, pouzdra, Hrdla, lemovací nástroje, trysky na tryskání písku	58-62
Kladivové drtiče, kovací zápustky	56-60



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 1.2080, D3, (19436)

Technologický postup výroby

Hrubování

Žíhání ke snížení pnutí (ideálně). 675°C až 705°C. Výdrž 1h na palec tloušťky. Pak ochlazovat na vzduchu.

Jemné obrábění

Předehřev (velmi pomalý ohřev na 815°C)

Austenitizace (925 až 980°C) 15 minut pro malé nástroje, 45 minut pro velké nástroje)

Kalení (teplý olej) výsledek cca 64 až 66HRC.

Stabilizace (ideálně) Zvyší tvrdost a rozměrovou stabilitu (pokles RA – především pokud se používají vyšší teploty austenitizace). Doporučeno především pro složité tvary (při 150°C až 160°C co nejrychleji, následně zmrazit při -85°C). Následně okamžitě popouštět

Popouštění (dvojité). Okamžitě. Obvykle od 205°C do 540°C. Mezi popouštěními ochladit na pokojovou teplotu. Dosahované tvrdosti 61 až 54 HRC.

Broušení na rozměr

Ocel kalená do oleje. Relativně přijatelné rozměrové změny. Odolnost proti měknutí za zvýšených teplot. Střední odolnost proti oduhličení.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 1.2080, D3, (19436)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



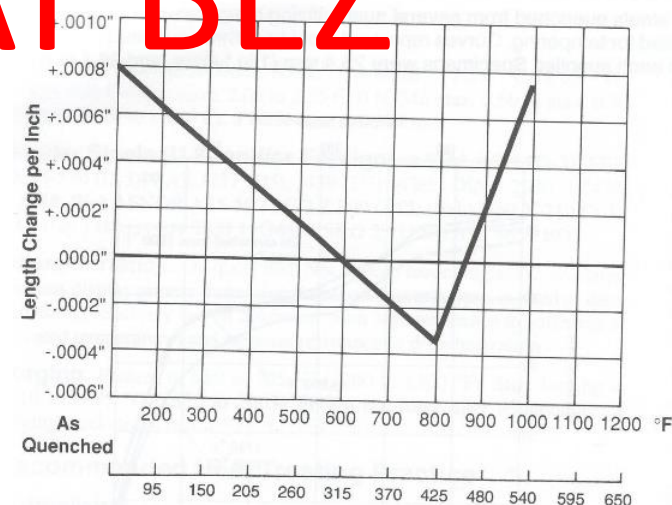
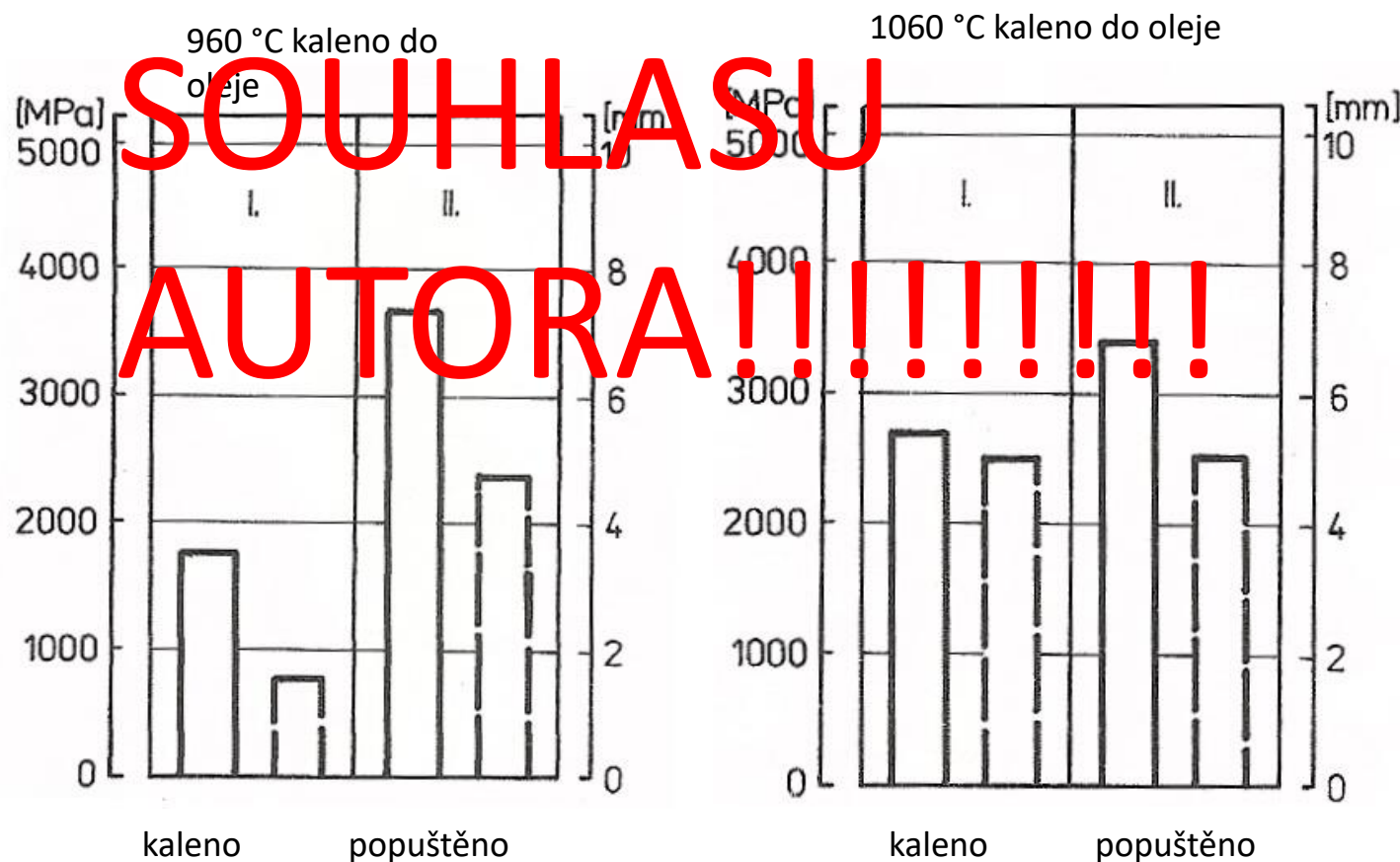
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 1.2080, D3, (19436)

Hodnoty mezí pevnosti v ohybu dle způsobu kalení

Vzorek 25,4mm, kaleno v oleji z 970°C, popuštěno 1 hodinou

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

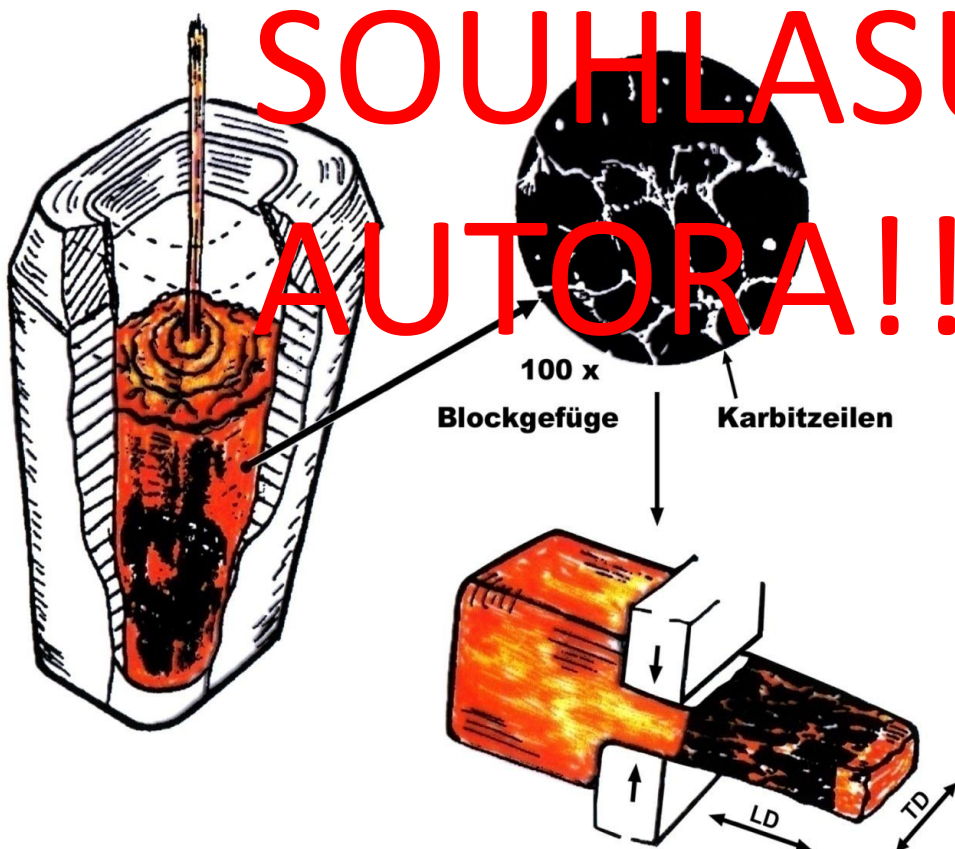
TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

!!!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

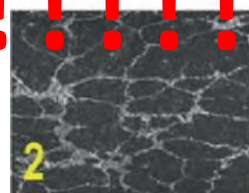
Karbidické struktury

SOUHLASU

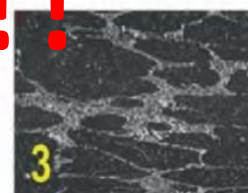
AUTORA!!!!!!!!!!!!



Verteilung der eutektischen Karbide im konventionellen Gussblock



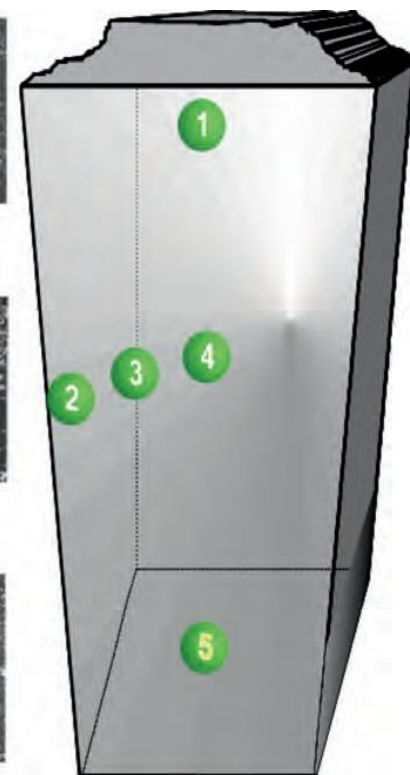
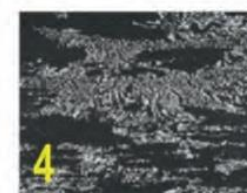
Rand



1/2 Radius



Zentrum



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – X153CrMoV9, 19573, AISI D2, 1.2379

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Karbidické síťoví, řadkovitost



SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



**Licí struktura
okraj bloku**

**Licí struktura
střed bloku**

**Tvářená struktura
tyčové oceli**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

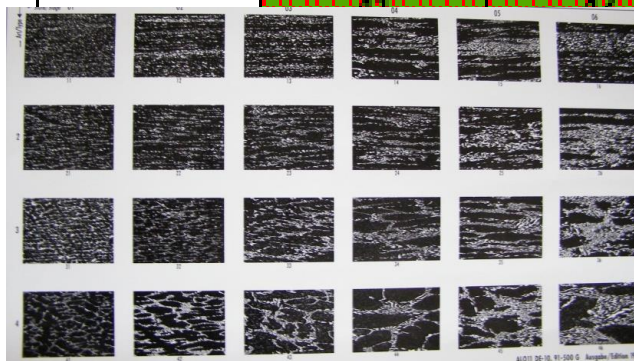
MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

S jakou strukturou vyrábí výrobce?

(1.2379 hodnotící období dva roky)

!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!

	1	2	3	4	5	6
10	0% 11	11% 12	11% 13	5% 14	1% 15	0% 16
20	1% 21	7% 22	19% 23	13% 24	2% 25	1% 26
30	0% 31	1% 32	10% 33	10% 34	6% 35	0% 36
40	0% 41	1% 42	1% 43	1% 44	1% 45	0% 46



	POVOLENÉ STUPNĚ ŘÁDKOVITOSTI, ZÁRUKA DLE POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA
	POVOLENÉ STUPNĚ ŘÁDKOVITOSTI
	ZAKÁZANÉ STUPNĚ ŘÁDKOVITOSTI



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

S jakou strukturou je možno se také setkat ...

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

1.2379 odpovídající normě



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!

Nástrojové oceli pro práci za tepla

V závislosti na hlavním legujícím prvku tyto oceli dále rozdělujeme na chromové, wolframové, molybdenové

Pochopitelně tyto oceli se používají při zvýšených teplotách, jako např. tváření za tepla, protlačování za tepla apod...

Tyto oceli si zachovávají vysokou tvrdost, odolnost proti opotřebení, odolnost proti praskání za tepla i za zvýšených teplot.

Tvrdost za tepla výrazně zvyšuje wolfram. Chrom zvyšuje jak tvrdost tak i odolnost proti oxidaci. Molybden a vanad zvyšují obecně odolnost proti popuštění. Kobalt se přidává do těchto ocelí z důvodu zvýšení odolnosti proti erozi.

Pochopitelně kalící teploty těchto ocelí jsou obecně vyšší. Přičemž hlavním důvodem je tvorba karbidů.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli

Composition	Pre-heat temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)	Working hardness range (Rockwell C-scale)
Chromium Base					
0.35% C, 5.00% Cr, 0.40% V, 1.50% Mo	810–820	1000–1025	Air	550–650	38–54
0.35% C, 5.00% Cr, 1.50% Mo, 1.00% Mo	810–820	1000–1050	Air	550–650	38–54
0.40% C, 5.00% Cr, 5.00% W	810–820	1000–1075	Air	600–650	40–47
0.40% C, 5.00% Cr, 5.00% W	810–820	1150–1275	Air or oil	600–650	36–49
0.55% C, 7.00% Cr, 7.00% W	810–820	1125–1175	Air or oil	550–675	45–60
Tungsten Base					
0.35% C, 3.50% Cr, 9.00% V,	810–820	1095–1260	Air or oil	600–675	36–54
0.30% C, 12.00% Cr, 12.00% W	840–850	1200–1275	Air or oil	650–825	30–47
0.25% C, 4.00% Cr, 15.00% W	810–820	1150–1275	Air or oil	550–675	35–44
0.50% C, 4.00% Cr, 1.00% V, 18.00% W	860–880	1175–1275	Air or oil or salt bath	550–675	43–38

Composition	Pre-heat temperature (°C)	Hardening temperature (°C)	Quenching medium	Tempering temperature (°C)	Working hardness range (Rockwell C-scale)
Molybdenum Base					
0.65% C, 4.00% Cr, 1.00% V, 1.50% W, 8.00% Mo	780–800	1090–1190	Air or oil or salt bath	550–650	50–60
0.60% C, 4.00% Cr, 2.00% V, 5.00% W, 5.00% Mo	780–800	1120–1220	Air or oil or salt bath	550–650	50–60
0.55% C, 4.00% Cr, 2.00% V, 8.00% Mo	780–800	1090–1190	Air or oil or salt bath	550–650	45–58



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Nástrojové oceli na formy

Požadavky

Vysoká pevnost

Odolnost proti popouštění

Odolnost proti tvorbě trhlinek při tepelné únavě

Objemové změny způsobené dilatací = vznik tlakových a tahových napětí. Vyčerpání plasticity materiálu dojde k iniciaci trhlinek a jejich šíření.

Základ je chemické složení oceli, TZ, pracovní teploty... Důležitá je homogenita struktury a správné TZ.

Důležité dobré prokování. Pozor na přehřáté struktury při kalení či nedostatečné popouštění.

Odolnost proti chemickému působení kovů, plastů atd.

Dobrá tepelná vodivost a nízká tepelná roztažnost

Dostatečný prokovačelost

Tzv. prošetření v celém průřezu příznivě ovlivní stálost rozměrů

Dobrá obrobiteľnosť a leštiteľnosť

Co je třeba dodržovat

Pnutí vzniklá změnami teplot je vhodné odstranit odpovídajícím žíháním

Žíhání provádět při teplotě o 30 až 50°C nižší než popouštěcí teplota

Při výrobě vložek tlakových forem je nutno zachovat hladký leštěný povrch

Vysoká jakost povrchu může = vyšší životnost

Nepoužívat tlakové formy kovově lesklé, nýbrž s vrstvou oxidu vzniklou při popouštění, tím se sníží sklon k adhezi.

Nitridace zlepší odolnost vůči opotřebení a také sníží náchylnost k adhezi. Zkušenosti ukázaly, že se nejlépe osvědčila tloušťka nitridované vrstvy zhruba 0,05 mm



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

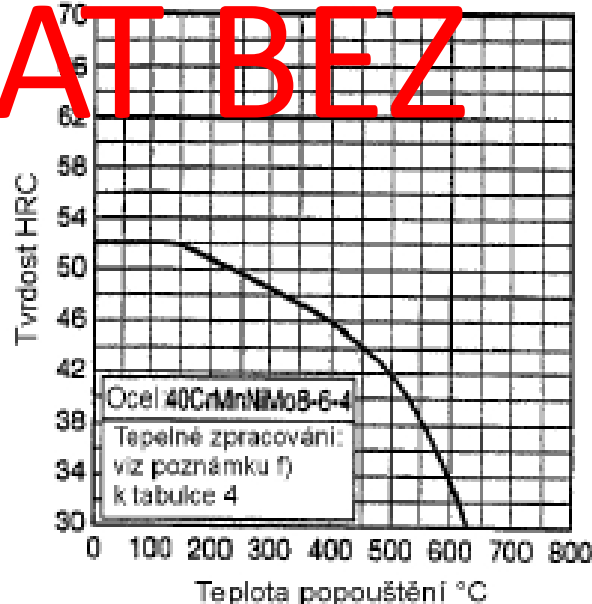


TZ nástrojových ocelí – W.NR. 1.2312 EN 1.2738 (40CrMnNiMo8-6-4), ASTM P 20, (přibližně 19520)

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!

Chemické složení (hmotnostní podíl v %) ^{a),b)}						
Značka oceli	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
40CrMnNiMo8-6-4 ^{a)}	0,35 až 0,45	0,20 až 0,40	1,30 až 1,60	1,80 až 2,10	0,15 až 0,25	0,90 až 1,20 ^{b)}

19520	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
	0,35-0,45	1,20-1,80	0,50-0,90	max 0,02	max 0,030	1,70-2,20	0,20-0,40
UDDEOLIN	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S
IMPAX SUPREME	0,37	0,3	1,4	2,0	1,0	0,2	<0,010
BOHLER	C	Si	Mn	S	Cr	Mo	
M200	0,40	0,40	1,50	0,080	1,9	0,2	



Středně tvrdá ocel s vysokou houževnatostí jadra,

Nízká odolnost proti popouštění

Vysoká odolnost proti oduhličení

Obvykle se dodává v šlechtěném stavu s cca 300HBW (cca 1000MPa) a s touto tvrdostí se obvykle používá

Pro vyšší odolnost proti otěru je možné ji nitridovat či cementovat, povrchově kalit na 50HRC

Běžná tvrdost po žihání na měkko max 230HBW

Používá se mimo formy také pro vytlačovací nástroje na termoplasty, ale i hřídele, nástroje do ohraňovacích lisů



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – W.NR. 1.2312 EN 1.2738 (40CrMnNiMo8-6-4), ASTM P 20, (přibližně 19520)

!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!

Pokud nitridace či karbonitridace

Hrubování

Žíhání ke snížení pnutí při 550°C

Obrábění na čisto

Nitridace

Nitridace v plynu při 525°C tvrdost povrchu 650HV hloubka po 20 hodinách cca 0,3mm

Iontová nitridace při 480°C po 24 hodinách tvrdost povrchu 700HV 0,3mm

Pokud jiskro-erozivní obrábění tak po obrábění popouštět na 550°C. Pokud se má pak ještě provést TZ tak

Pokud žíhání ke snížení pnutí v zušlechťeném stavu tak cca 30 až 50°C pod teplotou popouštění. Prohřátí
+ výdrž cca 1 až 2 hodiny



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 1.2343, H11, X37CrMoV5-1(19552)

NEVYUŽÍVAT BEZ

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!

Značka oceli	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Ostatní	tvrdost měkce žhaném stavu ¹⁾	teplota kalení °C (±10 °C)	ochlazení pro středí ²⁾	teplota popouštění °C	tvrdost HRC min.
1.2343	0,33 až 0,41	0,80 až 1,20	0,25 až 0,50	4,80 až 5,50	1,10 až 1,30	0,30 až 0,35			229	1020	o	550	48

Dnes velmi populární a používaná ocel (dobrý pomer cena / výkon) pro práci za tepla. Velmi dobrá prokalitelnost. Odolnost proti trhlínám při cyklování teplot. Možnost nitrizovat. Vysoká odolnost proti měknutí za tepla. Tvrdost se nemění do 590 °C. Nemá výraznou sekundární tvrdost. Tvrdost výrazně klesá při popouštění nad 565 °C. Vysoká tažnost, malé deformace při TZ a střední otěruvzdornost. Středně dobrá až výborná obrobiteľnosť. Střední odolnost proti odhližnění. Technologický postup výroby

Hrubování

Žíhání ke snížení pnutí (ideálně). 650 °C až 675 °C. Výdrž 1h na palec tloušťky. Pak ochlazovat na vzduchu.

Jemné obrábění

Předehřev (velmi pomalý ohřev na 815 °C)

Austenitizace. Ochrana proti odhližnění (sůl, zábal, kontrolovaná atmosféra, vakuum). Na předehřev je možné umístit výrobky do pece při 260 °C, v zábalu do pece o 370 °C až 540 °C. Ohřev pomalu na 815 °C. Rychlost ohřevu max. 110 °C/hod. Výdrž 1h na palec průřezu. Pokud dva předehřevy tak první na 540 °C až 650 °C. Druhý na 845 °C až 870 °C. **Austenitizace při 995 °C do 1025 °C po dobu 15 až 40 minut.** Kaleno na vzduchu někdy do oleje.

Kaleno na vzduchu někdy do oleje, někdy lomené kalení olej / vzduch. Solná lázeň 595 °C až 650 °C (termální kalení). Tvrdosti od 53 do 55HRC.

Stabilizace (ideálně). Zvýší tvrdost a rozměrovou stabilitu (pokles RA – především pokud se používají vyšší teploty austenitizace). Doporučeno především pro složité tvary (při 150 °C až 160 °C co nejrychleji, následně zmrazit při -100 až -195 °C). Následně okamžitě popouštět.

Popouštění (dvojitě). Okamžitě jakmile je teplota nástroje 50 °C. Obvykle od 540 °C do 650 °C. Mezi popouštěními ochladit na pokojovou teplotu. Druhé popouštění je nezbytné, třetí je ideální. Dosahované tvrdosti 38 až 54HRC.

Broušení na rozměr

TZ nástrojových ocelí – 1.2343, H11, (19552)



!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!



H11: Microstructures. (a) 3% nital, 1000x. As received (mill annealed). Fine dispersion of small spheroidal carbide particles in a matrix of ferrite (white). Grain boundaries (black lines) revealed by the etch in several areas. (b) Picral with HCl, for 10 sec, 500x. Annealed by austenitizing at 870 °C (1600 °F), holding for 20 h, cooling to 650 °C (1200 °F) at 8 °C (15 °F) per h, then air cooling. Spheroidal, lamellar and grain-boundary alloy carbide (primarily, chromium carbide) in ferrite. (c) 3% nital, 1000x. Austenitized at 1010 °C (1850 °F), cooled in still air. Mainly untempered martensite with some very small spheroidal particles of carbide and some retained austenite (the latter two constituents are not well resolved at 1000x). (d) 3% nital, 1000x. Austenitized at 1010 °C (1850 °F), air cooled, double tempered (2 h plus 2 h) at 565 °C (1050 °F), a common heat treatment for this steel. Hardness, 54 HRC. Very fine spheroidal particles of carbide (small black or white dots) in a matrix of tempered martensite (grayish). (e) 3% nital, 1000x. Austenitized at 1010 °C (1850 °F), air cooled, double tempered (2 h plus 2 h) at 620 °C (1150 °F). Hardness, 42 HRC. Fine spheroidal alloy carbide in a matrix of tempered martensite. Change in matrix from (d) due to higher tempering temperature. (f) 2% nital, for 90 sec, 500x. Austenitized at 1120 °C (2050 °F), oil quenched, double tempered (2 h plus 2 h) at 595 °C (1105 °F). Hardness, 46 to 48 HRC. Coarse tempered martensite with a few spheroidal particles of alloy carbide. Most carbide dissolved because of the high austenitizing temperature. (g) 3% nital, 1000x. Austenitized at 925 °C (1695 °F), air cooled, double tempered (2 h plus 2 h) at 565 °C (1050 °F). Hardness, 37 HRC. Ferrite (white), spheroidal carbide, and tempered martensite, showing underheating. (h) Nital, 1000x. Austenitized at 1150 °C (2100 °F), air cooled, double tempered (2 h plus 2 h) at 565 °C (1050 °F). Hardness, 55 HRC. Fine spheroidal carbide in coarse tempered martensite and retained austenite, showing overheating. (i) Austenitized 1 h at 1230 °C (2245 °F), air cooled, tempered 2 h at 565 °C (1050 °F). Very coarse tempered martensite, due to high austenitizing temperature. (ASTM grain size of prior austenite is larger than 1). Retained austenite also present



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – 1.2343, H11, (19552)

Technologický postup výroby
Hrubolání

Žíhání ke snížení pnutí (ideálně). 650°C až 675°C. Výdrž 1h na palec troušky. Pak ochlazovat na vzduchu.

Jemné obrábění

Přehřev (velmi pomalý ohřev na 815°C)

Austenitizace. Ochrana proti odhličením (sůl, zábal, kontrolovaná atmosféra, vakuum). Na přehřev je možné umístit výrobky do pece při 250°C, v zábalu do pece o 370°C až 540°C. Ohřev pomalu na 815°C. Rychlost ohřevu max. 110°C/nod. Výdrž 1h na palec průřezu. Pokud dva přehřevy tak první na 540°C až 650°C. Druhý na 845°C až 870°C. **Austenitizace při 995°C do 1025°C po dobu 15 až 40 minut.** Kaleno na vzduchu někdy do oleje.

Kaleno na vzduchu někdy do oleje, někdy lomené kalení olej / vzduch. Solná lázeň 595°C až 650°C (termální kalení). Tvrdosti od 53 do 55 HRC.

Stabilizace (ideálně). Zvyší tvrdost a rozměrovou stabilitu (pokles RA – především pokud se používají vyšší teploty austenitizace). Doporučeno především pro složité tvary (při 150°C až 160°C co nejrychleji, následně zmrazit při -100 až -195°C). Následně okamžitě popouštět

Popouštění (dvojitě). Okamžitě jakmile je teplota nástroje 50°C. Obvykle od 540°C do 650°C. Mezi popouštěními ochladit na pokojovou teplotu. Druhé popouštění je nezbytné, třetí je ideální. Dosahované tvrdosti 38 až 54 HRC.

Broušení na rozměr

Dnes velmi populární a používaná ocel (dobrý poměr cena x výkon) pro práci za tepla. Velmi dobrá prokalitelnost. Odolnost proti trhlinám při cyklování teplot. Možno cementovat či nitridovat. Vysoká odolnost proti měknutí za tepla. Tvrdost se nemění do 590°C. Nemá výraznou sekundární tvrdost. Tvrdost výrazně klesá při popouštění nad 565°C. Vysoká tažnost, malé distorze při TZ a střední otěruvzdornost. Středně dobrá až výborná obrobitelnost. Střední odolnost proti odhličením.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí

Rozdělení NO

Uhlíkové - Prokalitelnost těchto ocelí je menší, než je vyšší obsah manganu, křemíku nebo vyšší přísada chrómu než je u těchto ocelí běžné.

Legované pro práci za studena

Legujícími přísadami jsou nejvíce karbidotvorné prvky Cr, W, Mo, V, a dále také Ni, Mn a Si.

Tvrдость je závislá zejména na obsahu uhlíku. Při obsahu uhlíku nad 1 % tvrdost zakalených ocelí neroste – případně dokonce klesá v důsledku růstu cíle obsahu zbytkového austenitu.

Legující přísady zvyšují tvrdost jen tehdy, pokud tvoří s uhlíkem karbidy

Chrom příznivě působí na odolnost proti opotřebení, zvyšuje prokalitelnost a odolnost proti popouštění.

Wolfram a molybden zlepšují odolnost proti opotřebení, odolnost proti popouštění a prokalitelnost.

Molybdenové oceli jsou houževnatější než wolframové.

Vanad nejvýrazněji zvyšuje oťeruvzdornost a zabráňuje hrubnutí zrna při přehřátí. Nikl zlepšuje prokalitelnost a houževnatost, a tudíž i odolnost při namáhání rázy.

Křemík zvyšuje mez pružnosti, odolnost proti únavě a odolnost proti popouštění.

Oceli chromové - nejpočetnější skupina, která se člení na oceli podeutektoidní s odstupňovaným obsahem uhlíku, *chromové ledeburitické oceli a chromové subledeburitické oceli*. Nejvýkonnějšími z nich jsou ledeburitické oceli. Mají ve struktuře speciální karbidy chrómu, příp. vanadu, které zajišťují výbornou odolnost proti opotřebení. Chromové ledeburitické oceli mají velkou prokalitelnost a prokalují se v prakticky používaných rozměrech v celém průřezu. Od tohoto typu jsou odvozeny modifikované oceli se zvýšenou houževnatostí (snížením obsahu uhlíku) event. zvýšenou oťeruvzdorností (přísadou wolframu, molybdenu a vanadu). Oceli manganové mají větší prokalitelnost v porovnání s uhlíkovými oceli. Jsou charakteristické velmi malými rozměrovými změnami po kalení.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí

V této skupině jsou převážně středně a vysoce legované oceli. Jejich vlastnosti jsou dány především karbidotvornými prvky Cr, Mo, W a V. Tyto oceli mají všeobecně nižší obsah uhlíku (obvykle až 0,6 % C). Veškeré legované oceli pro práci za tepla se vyznačují značně velkou prokalitelností. Popouštějí se na vysoké teploty do oblasti *sekundárního vytvrzování*, kdy se dosahuje vysokých hodnot pevnosti (tvrdosti). Pro nutné snížení *zbytkového austenitu*, kterého je ve struktuře zvýšené množství, zejména při kalení na vzduchu nebo v teplé lázni, provádíme opakované popouštění. *Najímání počet popouštění jsou dvě.*

Wolframové oceli – (obsah 4-9 %W) – jedná se o vysoce výkonné oceli s velkou pevností a vyhovující houževnatostí. Mají dobrou prokalitelnost. Obtížnější rozpustnost karbidů wolframu v austenitu vyžaduje vyšší *kalící teploty*. Charakteristickým rysem je *vyrazně maximum sekundární tvrdosti* a tím velká odolnost proti popouštění.

Molybdenové event. wolframomolybdenové oceli - liší se úrovní stupně legování. Patří k nejvýkonnějším ocelím pro práci za tepla. Specifickým *problémem* je rovnoměrné rozložení karbidické fáze.

Chromomolybdenové oceli – poměrně vysoký obsah chromu zajišťuje ocelím velkou prokalitelnost, rovněž *nevyznačují velkou odolností proti popouštění*. Jsou houževnatější než předchozí oceli.

Niklové oceli – většinou se jedná o nízko a středně legované zápustkové oceli. Oceli mají velkou prokalitelnost, vyznačují se velkou houževnatostí a *odolností proti prudkým změnám teplot*. Klesá a u některých ocelí se zcela *ztrácí možnost sekundárního vytvrzování*.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí

Klíčové parametry

Způsob ohřevu – podle druhu oceli (nízká tepelná vodivost) = pomalu

Umístění v peci

Ochrana proti oxidaci

Sál

Ochranná atmosféra

Ochranné nátěry

Vakuové pece

Rychlost ohřevu

Pamatovat na to, že při ohřevu se pevnost snižuje
= deformace vlastní tíhou. Používat podpory.

Tenkostěnné nástroje - svisle

Doby ohřevu je nutné zohlednit vlastní zařízení a zkušenosti

NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!!!

Druh oceli	Ohřívací prostředí	Doba ohřevu na 1 mm tloušťky průřezu [min]				
		Předehřívání první	Předehřívání druhá	Dohřev	Ohřev bez předehřevu	Ohřev s jedním předehřevem
Uhlíková ocel	Komorová pec	1,7	—	0,6 až 0,8	2	—
	Olověná lázeň	—	—	—	0,1	—
	Solná lázeň	0,33	—	0,17	0,5	—
Nízkolegovaná slitinová ocel	Komorová pec	1,7	—	1,2 až 1,3	2,5 až 2,7	—
	Solná lázeň	0,4 až 0,5	—	0,2 až 0,3	0,6 až 0,7	—
Vysokolegovaná slitinová ocel	Komorová pec	1,7	0,8	0,4 až 0,5	—	2,5 až 2,7
	Solná lázeň	0,47 až 0,5	0,3	0,17	—	0,6
Rychlořezná ocel	Komorová pec	1,7	0,8	0,2 až 0,25	—	2,5 až 2,7
	Solná lázeň	0,47 až 0,5	0,3	0,12	—	0,6

Tab. 2.2. Doby ohřevu při popouštění předmětů z uhlíkových ocelí na 550 °C

Tloušťka stěny [mm]	50	100	150	200	250	300	400	450
Doba ohřevu [h]	1	2,5	3,5	4,5	5	6,5	9	11



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí – austenitizace

!!!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ

Teplota austenitizace má vliv na:

Strukturu austenitu (homogenita apod.)

Hrubnutí austenitického zrna

Rozpouštění kربيدů a nečistot jako zárodků transformace

Chemické složení

Ti, V, Nb

Velké množství zárodků

Posunutí perlit. nosu vlevo

Horší prokalitelnost

Lepší podmínky pro žhání

Velikost austenitického zrna

Lepší prokalitelnost

Jednodušší vznik bainitu při žhání

Problém vzniku Wudmanstättenovy struktury

SOUHLASU

AUTORA!!!!!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

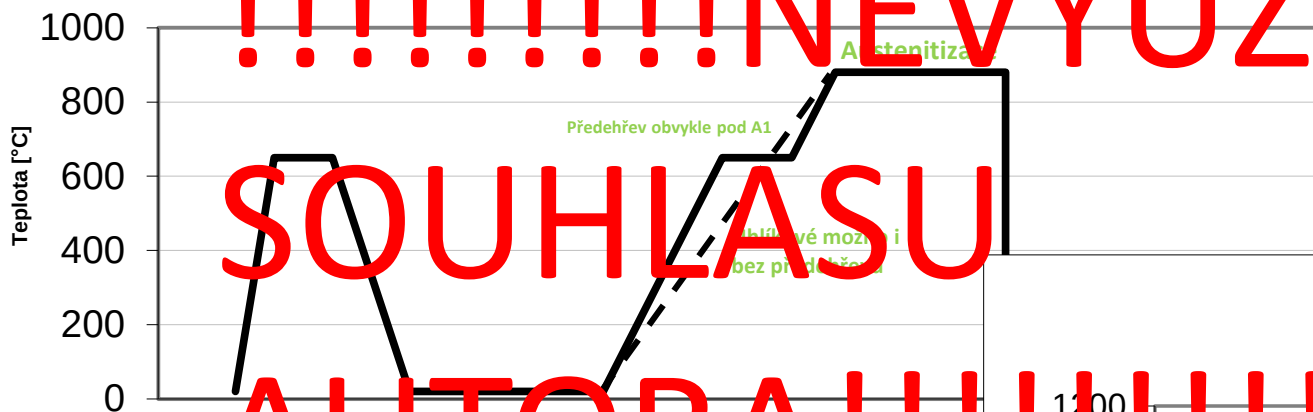


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

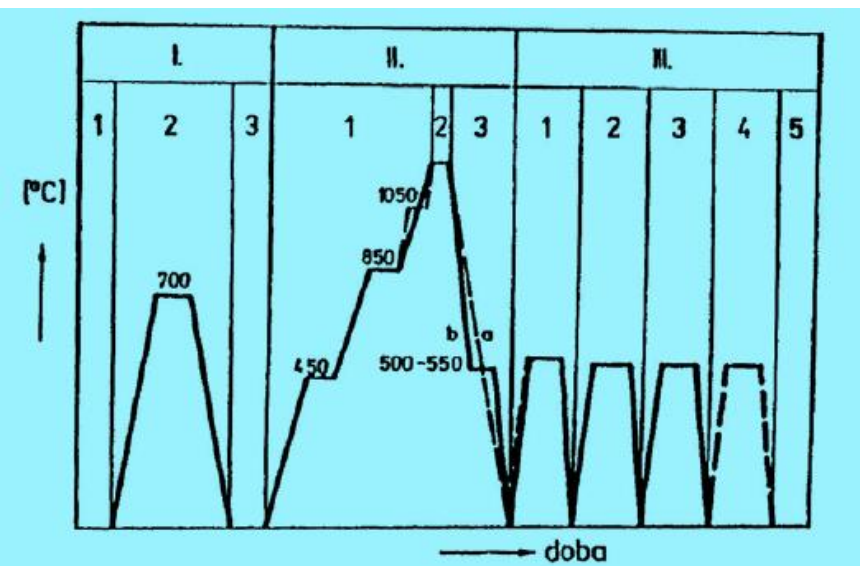
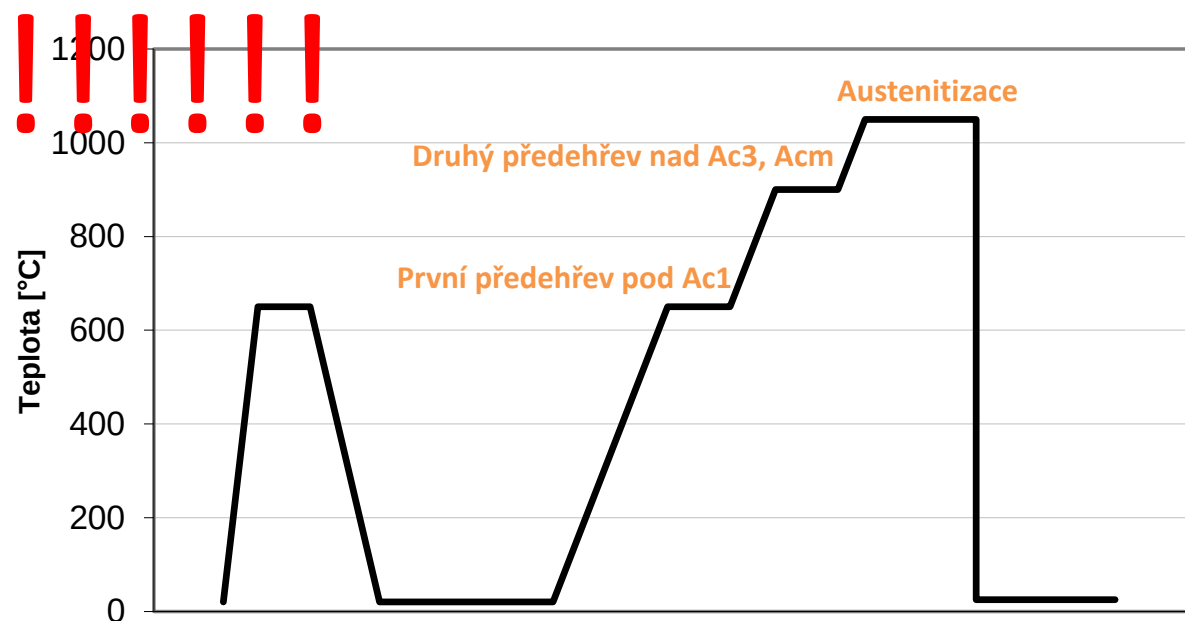
TZ nástrojových ocelí

!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!

Ohřev na kalící teplotu uhlíkových a nízkolegovaných ocelí



Ohřev na kalící teplotu legovaných NO



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

TZ nástrojových ocelí

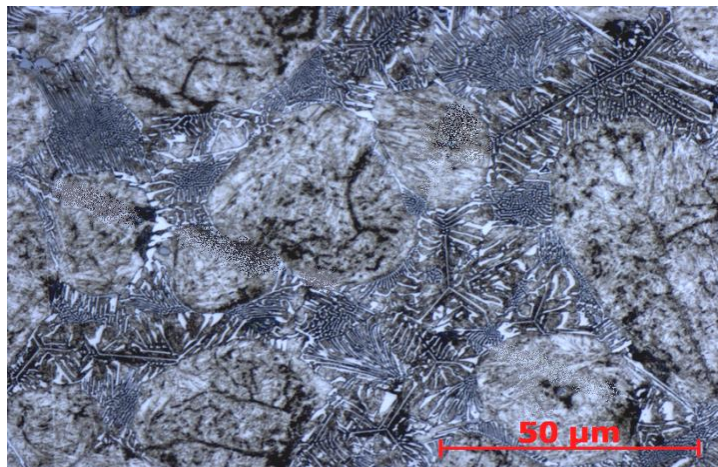
!!!!!!!!!!!! NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!!!



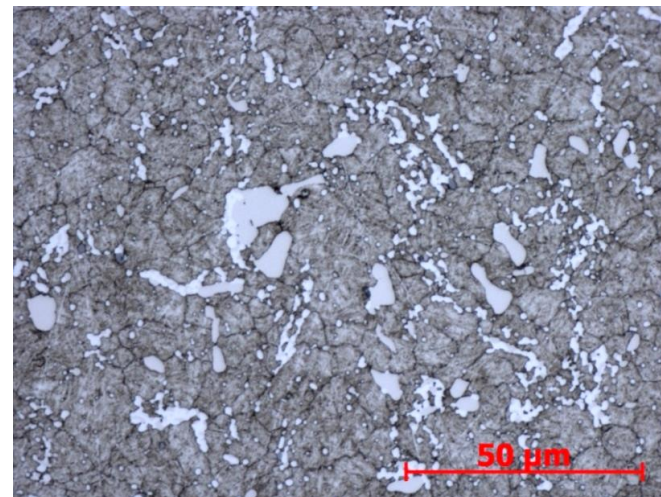
1280°C/3min., 929 HV 60, G6, Nital 3%/18s



1180°C/3min., 795 HV 60, G8, Nital 3%/18s



1280°C/9min., 811 HV 60, G7, Nital 3%/18s



1180°C/3min., 795 HV 60, G11, Nital 3%/18s



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

!!!!!!!!!!NEVYUŽÍVAT BEZ
SOUHLASU
AUTORA!!!!!!!!!!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY