

Technické požadavky normy EN 1090 na výrobu konstrukcí z ocelí s vyšší mezi kluzu

Ing. Martin Sondel, Ph.D.

prof. Ing. Jaroslav Koukal, CSc.

doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.



ČESKÝ SVÁŘEČSKÝ ÚSTAV s.r.o.

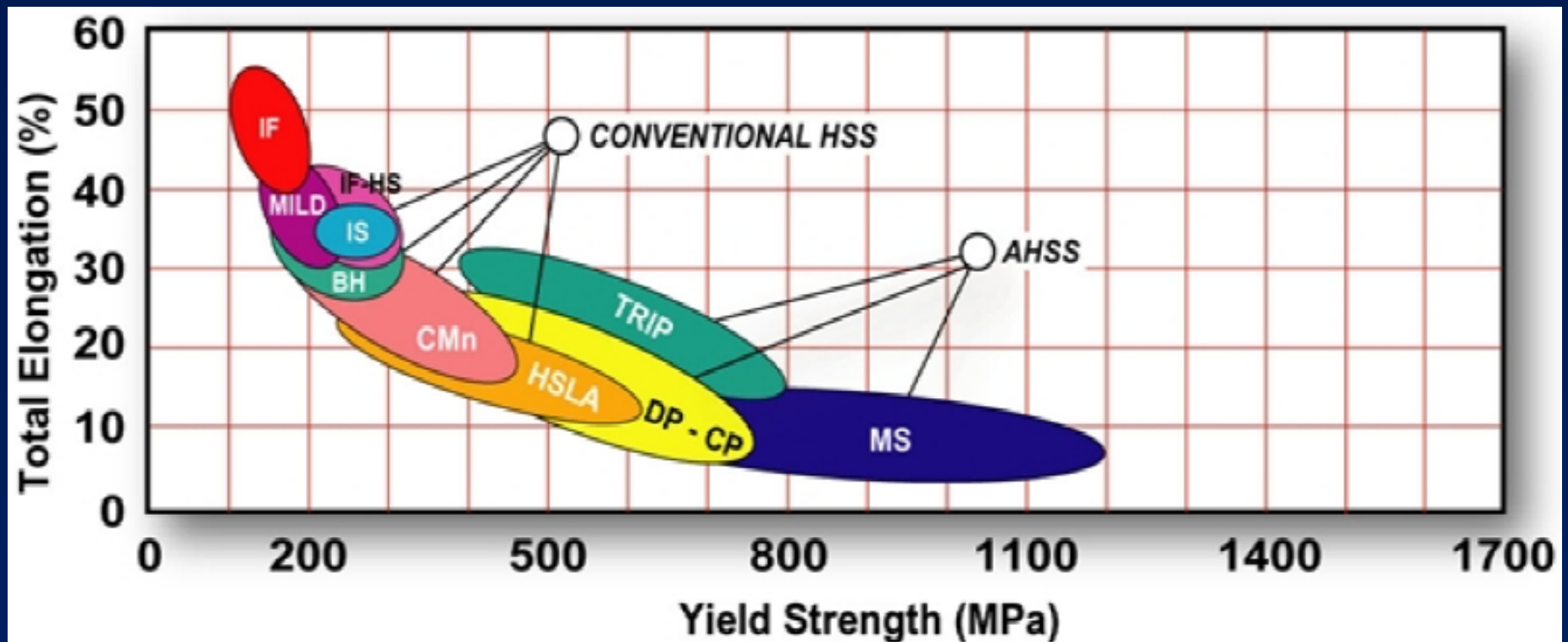
Obsah přednášky

1. Vysokopevné oceli – úvod
2. Základní materiály pro konstrukce dle EN 1090
3. Přídavné materiály pro konstrukce dle EN 1090
4. Požadavky na svářeče a svářečský dozor
5. Některá specifika WPQR ocelí s vyšší R_e pro EN 1090
6. Požadavky na výrobu OK
7. Problematika oprav a tepelné rovnání / tváření

Základní materiál

Vysokopevné oceli (HSS):

Není přesná definice v normách, literatura uvádí první HSS ocel S355
V současnosti se jedná hlavně o oceli s $R_e > 550$ MPa



(Zdroj: World Auto Steel 2009)

Základní materiál

IF-HS: High Strength Interstitial Free

BH: Bake Hardenable

IS: Isotropic Steels

CM: Carbon Manganese

HSLA: High Strength Low Alloy

AHSS: Advanced HSS

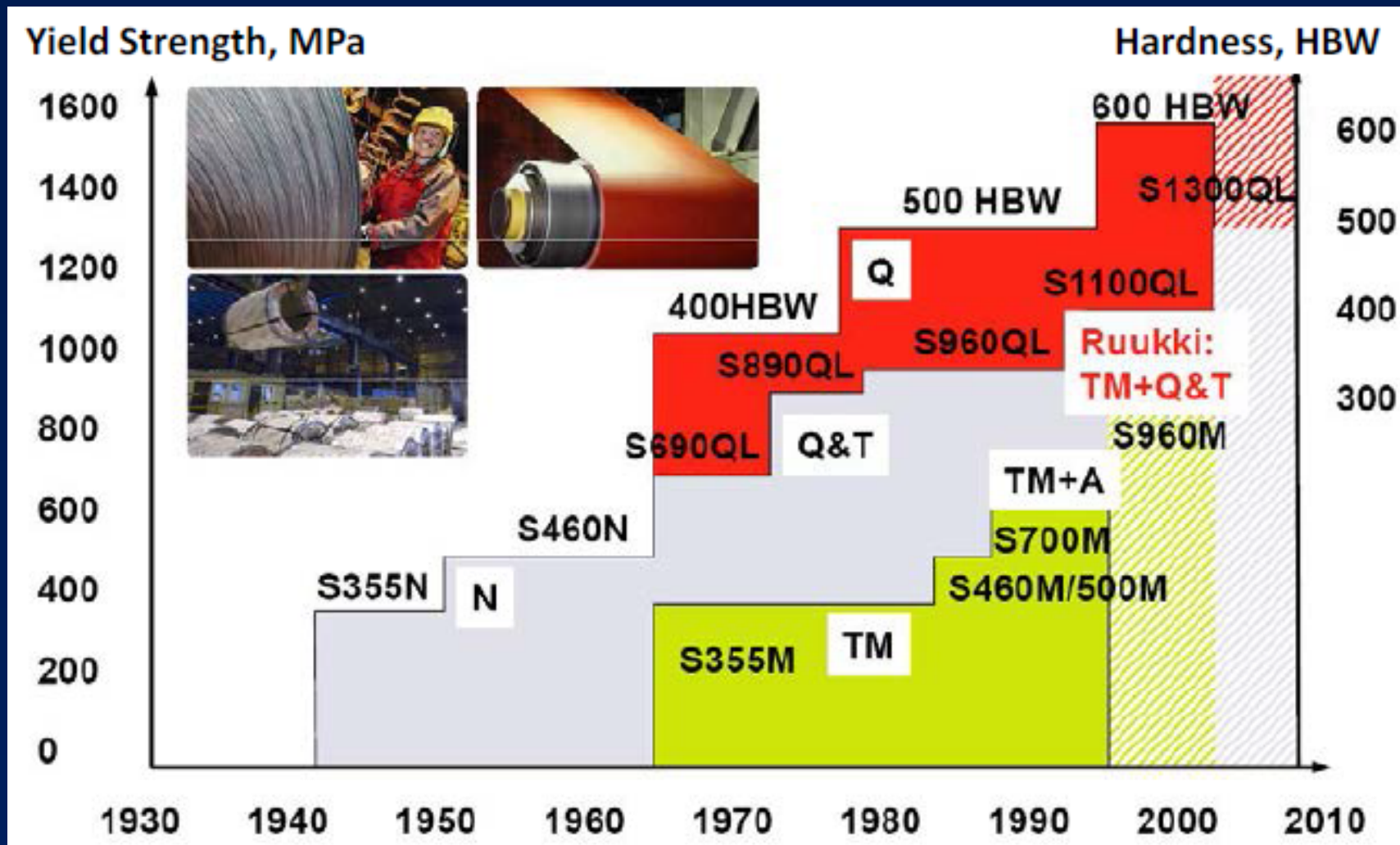
TRIP: Transformation-Induced Plasticity steels

DP-CP: Dual Phase / Complex Phase

MS: Martensitic Steels

Základní materiál

Historický přehled ocelí s vyšší mezi kluzu



(Zdroj: Rautaruukki Ltd.)

Výrobní normy pro ZM

Tabulka 2 – Normy výrobků z konstrukčních ocelí

Výrobky	Technické dodací podmínky	Normy rozměrů a tvaru	Tolerance podle
I a H profily	EN 10025-1 a EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6 a jiné odpovídající	normy nejsou k dispozici	EN 10034
Za tepla válcované I profily se šikmými přírubami		normy nejsou k dispozici	EN 10024
U profily		normy nejsou k dispozici	EN 10279
Rovnoramenné a nerovnoramenné uhelníky		EN 10056-1	EN 10056-2
T profily		EN 10055	EN 10055
Plech, pásy a široké pásy		nepoužívá se	EN 10029 EN 10051
Tyče, kruhové tyče a profily		EN 10017 EN 10058 EN 10059 EN 10060 EN 10061	EN 10017 EN 10058 EN 10059 EN 10060 EN 10061
Za tepla tvářené duté profily	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Za studena tvářené duté profily	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2
POZNÁMKA EN 10020 uvádí definice a klasifikace pro třídy ocelí. Označení oceli názvem a číslem je uvedeno v EN 10027-1, resp. EN 10027-2.			

EN 10025-6+A1:

Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 6: Technické dodací podmínky pro ploché výrobky z ocelí s vyšší mezí kluzu v zušlechtěném stavu

Výrobnkové normy pro ZM

EN 10025-6+A1:

Ploché výrobky válcované za tepla

Tloušťky od 3 mm – 150 mm

Jakosti: S460, S500, S550, S620, S690, S890 (max 100mm), S960 (max 50 mm)

Mez kluzu v zušlechtěném stavu od 460MPa do 960 MPa

Podle EN 1090-2 se z těchto ocelí vyrábí především částí stavebních konstrukcí, dílce, konstrukce jeřábů, ramen, výložníků

Pro výrobu dle EXC2-EXC4 se musí zajistit plná identifikace ZM

Vyrážení čísel, ražení nebo vrtání značek je dovoleno pouze pro oceli do S355

Musí se stanovit, zda lze použít měkké vyrážení značek

Přídavné materiály

EN 1090–2, tab. 5 uvádí tyto možnosti (výběr):

EN ISO 14341: Drátové elektrody pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí v ochranném plynu (R_e do 420 MPa)

EN ISO 16834: Drátové elektrody, dráty a tyče pro obloukové svařování vysokopevnostních ocelí tavící se elektrodou v ochranném plynu

EN ISO 18275: Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování vysokopevnostních ocelí

EN ISO 16834: Drátové elektrody, dráty a tyče pro obloukové svařování vysokopevnostních ocelí tavící se elektrodou v ochranném plynu

EN ISO 26304: Drátové elektrody, plněné elektrody a kombinace elektroda-tavidlo pro obloukové svařování vysokopevnostních ocelí pod tavidlem

EN ISO 18276: Plněné elektrody pro obloukové svařování vysokopevnostních ocelí v ochranném plynu a bez ochranného plynu

Přídavné materiály

- Pro oceli s $R_e > S355$ MPa se doporučuje použít svařovacích materiálů a tavidel se středně vysokým indexem zásaditosti pro 111, 114, 121, 122, 136, 137
- Dokumenty kontroly min. 2.2 (EN 10168 a EN 10204 !)
- Přesušení podle doporučení výrobce nebo dle tab. 16
- Pro elektrody se může přesušení provést min. 2x

Tabulka 16 – Teplota a čas pro přesušení a skladování svařovacích materiálů

	Úroveň teploty (T)	Čas (t)
Přesušení ^a	$300\text{ °C} < T \leq 400\text{ °C}$	$2\text{ h} < t \leq 4\text{ h}$
Skladování ^a	$\geq 150\text{ °C}$	před svařováním
Skladování ^b	$\geq 100\text{ °C}$	během svařování
^a Pevná pec.		
^b Přenosné pouzdro.		

Požadavky na svářečský dozor

EXC	Oceli (skupina dle TNI CEN ISO/TR 15608)	Tloušťka (mm)		
		$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	S235 - S355 (1.1, 1.2, 1.4)	B	S	C ^c
	S420 - S700 (1.3, 2, 3)	S	C	C
EXC3	S235 - S355 (1.1, 1.2, 1.4)	S	C	C
	S420 - S700 (1.3, 2, 3)	C	C	C
EXC4	všechny	C	C	C

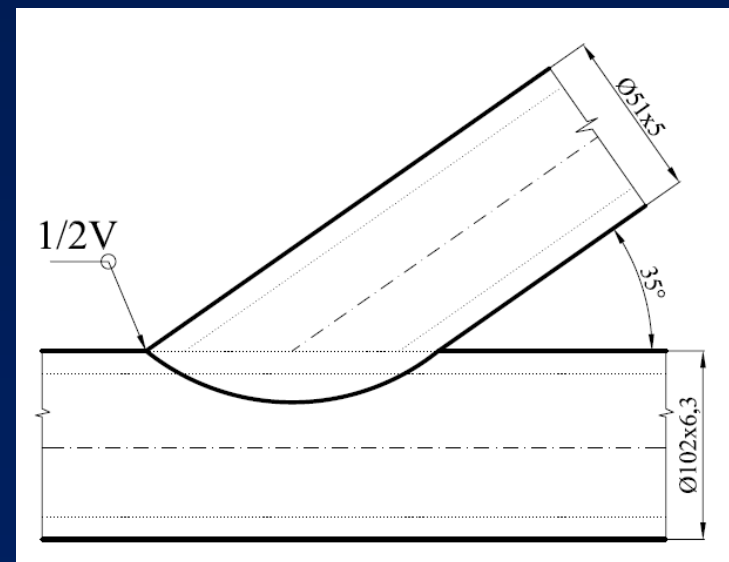
B: Basic ~ EWS/IWS – *European/ International Welding Specialist*

S: Standard ~ EWT/IWT – *European/ International Welding Technologist*

C: Comprehensive ~ EWE/IWE – *European/ International Welding Engineer*

Požadavky na svářeče / operátory

- EN ISO 9606-1 (Vysokopevné oceli: FM2)
- EN ISO 14732
- Svářeči dutých průřezů šikmých přípojů diagonál s úhlem menším než 60° (EN 1993-1-8) se musí ověřit zvláštní zkouškou. Záznamy kvalifikačních zkoušek všech svářečů a svářečských operátorů musí být dostupné.
- Norma EN 1090-2, příloha D uvažuje s úhlem přípoje **min. 30°**



Kvalifikace postupů svařování

Metody 111, 114, 12x, 13x a 141

Metody kvalifikace		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Zkouška postupu svařování	ČSN EN ISO 15614-1	X	X	X
Předvýrobní zkouška svařování	ČSN EN ISO 15613	X	X	X
Normalizovaný postup svařování	ČSN EN ISO 15612	X ^{a)}	-	-
Využití předchozí svářečské zkušenosti	ČSN EN ISO 15611	X ^{b)}	-	-
Kvalifikace na základě odzkoušených svařovacích materiálů	ČSN EN ISO 15610			

X...dovoleno

-...není dovoleno

a) pouze pro materiály \leq S355 a pro ruční nebo částečně mechanizované svařování

b) pouze pro materiály \leq S275 a pouze pro ruční nebo částečně mechanizované svařování

Kvalifikace postupů svařování

Pokud se pro kvalifikaci postupu svařování použijí normy ČSN EN ISO 15613 nebo ČSN EN ISO 15614-1 musí se dle ČSN EN 1090-2 uplatnit následující požadavky:

1. Zkoušky vrubové houževnatosti se musí provést při nejnižší teplotě požadované pro zkoušku vrubové houževnatosti základního materiálu.
2. Pro jemnozrnné oceli s vyšší mezi kluzu podle EN 10025-6 se musí provést zkouška mikrostruktury a musí se dokumentovat oblast svarového kovu, hranice ztavení a tepelně ovlivněná oblast. Mikrotrhliny nejsou přípustné.
3. Pokud se svařování provádí přes dílenský nátěr, musí být kvalifikace svařování provedena na maximální požadované tloušťce nátěru (jmenovitá tloušťka + tolerance).

Kvalifikace postupů svařování

Křížové svary

V případě svařování příčných nosných koutových svarů ocelí **vyšších jakosti než S275**, musí být kvalifikace doplněna o zkoušku křížového spoje podle **ČSN EN ISO 9018**. Velikost koutového svaru "a" pro zkoušku křížového spoje musí být $\leq 0,5 \cdot t$.

Norma ČSN EN 1090-2 dále požaduje provedení zkoušky tahem křížového spoje na třech vzorcích. Pokud k porušení dojde v základním materiálu, musí se dosáhnout minimální hodnoty meze pevnosti základního materiálu. Pokud k porušení dojde ve svarovém kovu, musí být hodnota meze pevnosti svarového spoje $\geq 0,8 \cdot R_m$ základního materiálu.

Kvalifikace postupů svařování

Platnost

Norma ČSN EN 1090-2 požaduje provedení dalších zkoušek pro kvalifikace postupů svařování podle ČSN EN ISO 15614-1 v případě, že se postup svařování nepoužíval:

1. **v období mezi jedním až třemi roky**, se musí provést předvýrobní zkouška svařování **pro oceli vyšší jakosti než S355**. Zkouška musí zahrnovat vizuální kontrolu, radiografickou nebo ultrazvukovou kontrolu, zkoušku na povrchové trhliny, makroskopickou zkoušku a zkoušku tvrdosti.
2. Pokud se kvalifikovaný postup svařování nepoužíval po dobu **víc než tři roky**, musí se provést makroskopická kontrola vzorku z předvýrobní zkoušky pro jakosti oceli do S355 včetně a musí být provedena **nová kvalifikace pro ocelí vyšší jakosti než S355**

Kvalifikace postupů svařování

Stehové svary

Kvalifikovaný postup svařování pro stehové svary se požaduje podle ČSN EN 1090-2 pro třídy provedení EXC 2, EXC 3 a EXC 4. Minimální délka stehového svaru musí být menší z hodnot buď čtyřnásobek tloušťky tlustší spojované části, nebo 50 mm.

EN 1011-2, kap. 13: min délka 50 mm, pro tloušťky ≤ 12 mm musí být minimální délka rovna čtyřnásobku tloušťky tlustšího dílu.

- Pro tl. > 50 mm nebo s R_e nad 500 MPa musí být věnována pozornost nárůstu délky a velikosti stehových svarů (na dvě vrstvy)

Norma ČSN EN 1090-2 stanovuje rovněž podmínky pro provádění a umístování stehových svarů a pro spoje dutých průřezů příhradových konstrukcí, kde musí být ve WPS specifikován začátek a ukončení oblastí svařování a použitá metoda.

Výroba – Tepelné dělení

Tvrdość povrchů volných hran

Tvrdość povrchů volných hran konstrukčních ocelí musí být v souladu s **tabulkou 10 (ČSN EN 1090-2+A1)**. Například pro plech z oceli skupiny 1.2 dle TNI CEN ISO/TR 15608 je maximální dovolená tvrdość 380 HV10. V tomto případě se kontroluje způsobilost procesů, vedoucích ke změně lokální tvrdości (tepelné dělení, stříhání, děrování).

Tabulka 10 – Dovolené maximální hodnoty tvrdości (HV 10)

Normy výrobků	Pevnostní třída oceli	Hodnoty tvrdości
EN 10025-2 až -5	S235 až S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 a EN 10149-3	S260 až S700	450
EN 10025-6	S460 až S690	

POZNÁMKA Tyto hodnoty se použijí podle EN ISO 15614-1 pro pevnostní třídu ocelí, které jsou uvedeny v ISO/TR 20172.

Výroba – Kontrola a zkoušení

- Plán kvality
- PKZ (plán kontrol a zkoušek)
- Svařování dle příslušné části EN ISO 3834
- Jakosti svarů dle EXC (EXC 2: st C, EXC 3: st. B, EXC 4: st B+)
- Časové prodlevy

Tabulka 23 – Minimální časové prodlevy

Rozměr svaru (mm) ^a	Vnesené teplo Q (kJ/mm) ^b	Časová prodleva (v hodinách) ^c	
		S235 až A_1 S460 A_1	A_1 nad S460 A_1
a nebo $s \leq 6$	všechno	do vychladnutí	24
$6 < a$ nebo $s \leq 12$	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a nebo $s > 12$	≤ 3	16	40
	$\text{A}_1 > 3$	24	48 A_1

^a Rozměr se vztahuje k jmenovité tloušťce a koutového svaru nebo k jmenovité tloušťce materiálu s plně provařeného tupého svaru. Pro jednotlivé částečně provařené tupé svary je kritériem jmenovitá hloubka svaru a , ale pro dvojice částečně provařených současně svařovaných tupých svarů je to součet tloušťek svarů a .

^b Vnesené teplo Q se vypočítá v souladu s kapitolou 19 v EN 1011-1:1998.

^c Čas mezi ukončením svaru a provedením NDT se musí uvést v protokolu NDT. V případě „do vychladnutí“ to bude potom, kdy svar je tak vychladlý, aby se mohla provést NDT.

Výroba – Výrobní zkoušky svařování

Pro oceli s $R_e > 460 \text{ MPa}$ se vyžaduje kontrola WPQR výrobní zkouškou

Výrobní zkouška zahrnuje:

- VT, PT nebo MT, UT nebo RT
- HV10 a makroskopická kontrola
- Výsledky musí být v souladu s odpovídající normou WPQR

Tepelné zpracování pro snížení napětí

Norma EN 1090-2, kap. 6.5.4 uvádí:

- Ocel s $R_e > 355$ MPa: 530°C až 580°C, časová prodleva 2 min/1 mm tloušťky, ale minimum je 30 min
- Teploty větší než 580°C nebo časová prodleva delší než 1h mohou vést k porušení mechanických vlastností
- Pro oceli S420 – S700 je nutné podmínky předem odsouhlasit s výrobcem
ZM
- Existuje dále TNI CEN ISO/TR 14745: PWHT parametry pro oceli

Tepelné zpracování pro snížení napětí

TNI CEN ISO/TR 14745 – výběr z tabulky 1

Material group (ISO/TR 15608)	Material	Holding temperature	Material thickness ^a <i>t</i>	Holding time	P_{crit} (see Clause 6)
		°C	mm	min	
1.1	Steels with $R_{eH} \leq 275$ MPa	550 to 600	$t \leq 35^a$	30	17,5
	— 16Mo3	550 to 620	$35 < t \leq 90$	$t - 5$	
			$t > 90$	$40 + 0,5t$	
1.2	Steels with $275 \text{ MPa} < R_{eH} \leq 360$ MPa				
	— delivery condition M	530 to 580	$t \leq 35^a$	30	17,3
	— delivery condition QT	550 to 600 ^b	$35 < t \leq 90$	$t - 5$	17,5
	— delivery condition N (except 16Mo3)	550 to 600	$t > 90$	$40 + 0,5t$	17,5
	— 16Mo3, 18MnMo4-5 and 18 Mo5	550 to 620			17,5
1.3	Normalized fine-grain steels with $R_{eH} > 360$ MPa	530 to 580			17,3
2.1	Thermomechanically treated fine-grain steels with $360 \text{ MPa} < R_{eH} \leq 460$ MPa	530 to 580			17,3

Tváření za tepla

Musí být v souladu s požadavky příslušných norem a doporučení výrobce oceli

- **Není dovoleno pro oceli dle EN 10025-4 (jemnozrnné) s dodáním +M**
- **Není dovoleno pro zušlechťované oceli není, pokud nejsou splněny doporučení dle EN 10025-6**
- **Do S355 musí probíhat ve stavu červeného žáru (600 - 650°C), ohýbání a tváření v oblasti modrého žáru (250 – 380°C)**
- **S450+N a S420 a S460 musí proces tváření probíhat v rozsahu 750 - 960°C s ochlazováním na vzduchu, někdy se musí provést normalizační žíhání**
- **Není dovoleno pro S450 (EN 10025-2), pokud to TDP neumožňují**

Tváření za tepla

Například norma EN ISO 10025-6 odkazuje na normu

TNI CEN/TR 10347 – **Pokyny pro tváření konstrukčních ocelí**

- Norma uvádí přípustné výrobky a TDP pro tváření / rovnání za tepla
- Teploty během tváření za tepla, podmínky ohřevu a ochlazování
- Tepelné zpracování po tváření za tepla
- Tváření za studena a TZ po tváření za studena
- Rovnání plamenem

Rovnění plamenem

Deformaci vzniklou při provádění OK lze srovnat rovnáním plamenem.

Pro **EXC3** a **EXC4** musí být vypracován vhodný postup, jenž by měl obsahovat:

- Maximální teplotu oceli a dovolený postup ochlazování
- Způsob ohřevu
- Způsob použitý pro měření teploty
- Výsledky mechanických zkoušek provedených pro schválení
- Identifikace pracovníků oprávněných provádět tento postup

Rovnění plamenem – TR 10347

- Předpis povoluje rovnání plamenem pro oceli dle EN 10025-2 až 6, max teplota dle tabulky 2
- Je vhodné snížit teplotu na max 650°C pro oceli s $R_e > 460$ MPa a doporučuje se konzultace s výrobcem polotovaru
- Ohřev plného průřezu na 700°C způsobí zhoršení R_m a houževnatosti
- Musí se zabránit teplotám nad 950°C

Tabulka 2 – Doporučené nejvyšší hodnoty teplot při rovnání plamenem

Dodací podmínky	Doporučené nejvyšší hodnoty teplot při rovnání plamenem		
	Krátkodobý ohřev °C	Krátkodobý ohřev plného příčného průřezu °C	Ohřev plného průřezu s delší výdrží °C
Normalizačně žháno	≤ 900	≤ 700	≤ 650
Termomechanicky válcováno až do S460	≤ 900	≤ 700	≤ 650
Termomechanicky válcováno S500 až S700	≤ 900	≤ 600	≤ 550
Zušlechtěno	≤ teplota popouštění použita k původnímu výrobku –20 K (obecně pod 550 °C)		

Děkuji za pozornost



ČESKÝ SVÁŘEČSKÝ ÚSTAV s. r. o.

**Areál VŠB-TU Ostrava
17. listopadu 2172/15
708 33 OSTRAVA - PORUBA**

www.csuostrava.eu