

Svařování ocelí s vyšší pevností

Vývoj i aplikace v oblasti konstrukčních materiálů vede v posledních letech k většímu použití ocelí s vyšší pevností. Také výrobní praxe směřuje k větší aplikaci ocelí vyšších a vysokých pevností a oteruvzdorných materiálů. Pro běžné konstrukce lze rozšířit materiálový sortiment zejména o oceli pevnostních tříd S420 až S690. Spotřeba těchto ocelí v posledních pěti letech ve světě i v České republice vzrůstá a tyto materiály se stávají běžnými. Normativní podpora v této oblasti již byla vytvořena. Ukazuje se, že i vývoj cen těchto ocelí je velmi příznivý a že v mnoha případech jejich použití je hospodárnější než použití ocelí běžných jakostí. Vhodné jsou zejména pro velké konstrukce, jako jsou mosty, haly velkých rozpětí, výškové budovy apod., ale lze je hospodárně využít i pro menší konstrukce. Oceli vysokých pevností (nad S500) lze využívat pro namáhané díly speciálních konstrukcí pro zařízení na těžbu a dopravu rud a uhlí a jejich části, např. skipové nádoby pro vertikální dopravu rud a uhlí, klece, skipoklece, části ostatních důlních zařízení.

Podstatou výroby jemnozrnných ocelí je jejich termomechanické zpracování při válcování. V zásadě je lze začlenit do 4 skupin, viz. tabulka 1.

	Skupina kalených ocelí	Některé obchodní značky	Základní mechanické vlastnosti	Další mechanické vlastnosti	Podstatné technologické vlastnosti
I.	Vysokopevnostní konstrukční oceli	WELDOX DOMEX ALFORM	Re=700÷1100 MPa	Houževnatost	Svařitelnost Ohýbatelnost
II.	Oteruvzdorné oceli	HARDX XAR	Tvrdost 400÷600 HB	Houževnatost	Svařitelnost Obrobitelnost Ohýbatelnost
III.	Pancéřové oceli	ARMOX	Tvrdost 340÷600 HB	Houževnatost	Svařitelnost
IV.	Nástrojové oceli	TOROX	Tvrdost 33 HRC 44 HRC		Obrobitelnost Teplotní stálost

Tab. 1 - Rozdělení termomechanicky zpracovaných ocelí

V tabulce 2 jsou uvedeny hlavní parametry mechanických vlastností vysoko-pevnostních (skupina I.) materiálů značek DOMEX a WELDOX.

Vysoké pevnostní charakteristiky těchto ocelí mohou v aplikacích přinést, jednak řadu úspor materiálů, ale také zcela nová řešení namáhaných uzlů.

Používají se:

- normalizačně žíhané jemnozrnné oceli (A),
- zušlechtnuté jemnozrnné oceli (Q),
- termomechanicky zpracované jemnozrnné oceli (M).

Trendy vývoje vysoko-pevných ocelí

U „klasických“ nelegovaných konstrukčních ocelí jsou mechanické vlastnosti určovány především obsahem uhlíku

Označení	Tloušťka [mm]	Mez kluzu a pevnosti		Uhlíkový ekvivalent CEV
		Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	
WELDOX 355 DOMEX 355 MC	8 ÷ 16 (16) ÷ 25	355 345	450 ÷ 610 450 ÷ 610	0,39÷0,43
WELDOX 420 DOMEX 420 MC	6 ÷ 16 (16) ÷ 40 (40) ÷ 63 (63) ÷ 80	420 400 390 380	500 ÷ 660 500 ÷ 660 500 ÷ 660 480 ÷ 650	
WELDOX 460 DOMEX 460 MC	6 ÷ 16 (16) ÷ 40 (40) ÷ 63 (63) ÷ 80	460 440 430 420	530 ÷ 720 530 ÷ 720 530 ÷ 720 510 ÷ 720	0,37÷0,42
WELDOX 500 DOMEX 500 MC	6 ÷ 16 (16) ÷ 40 (40) ÷ 80	500 480 460	570 ÷ 720 570 ÷ 720 570 ÷ 720	
WELDOX 700 DOMEX 700 MC	4 ÷ 50 (50) ÷ 100	700 650	780 ÷ 930 780 ÷ 930	0,39÷0,64
WELDOX 900	4 ÷ 50 (50) ÷ 80	900 830	940 ÷ 1100 880 ÷ 1100	
WELDOX 960	4 ÷ 50	960	980 ÷ 1150	0,56÷0,64
WELDOX 1100	5 ÷ 50	1100	1200 ÷ 1500	0,68÷0,72

Tab. 2 - Mechanické vlastnosti ocelí WELDOX, DOMEX

a manganu, obecně můžeme říci, že jsou zpevněny především substitučním a intersticiálním mechanismem.

Zvýšení meze kluzu a meze pevnosti nelegovaných konstrukčních ocelí, při zachování

meze kluzu, byly vyvinuty nízkolegované, jemnozrnné materiály s vyšší pevností. Vznikla skupina svařitelných vysokopevných ocelí, v anglosaské literatuře označovaných HSS (High Strength Steel). Tyto oceli jsou ve výrobních programech všech světových producentů.

Budoucnost vysoko-pevné „levné“ oceli

Zdrojem vzrůst pevnosti je zvýšení podílu tvrdých fází vedle měkkých fází. Dvojfázové oceli se skládají z feritu a až 20 % martenzitu. Mezi další směry vývoje patří TRIP oceli. Přechod k ocelím s vysokou pevností v tahu (přes 800 MPa) spočívá v použití multifázových ocelí. Struktura těchto ocelí je složena z většího podílu tvrdých fází s jemnými precipitáty vedle měkkých fází. Celá mikrostruktura je pak velmi jemná.

Další vývoj je reprezentován konceptem částečně martenzitických ocelí. Je-li podíl martenzitu vyšší než 20 %, tyto oceli vykazují relativně nízkou mez kluzu, ale vysokou mez pevnosti. Nejvyšší mez pevnosti 1 400 MPa může být dosažena u čisté martenzitických ocelí.

Nejrealističtější směr vývoje je snižování velikosti zrna a vícefázová struktura. Nebezpečím při extrémním snižování velikosti zrna je ale jev, při kterém se mez kluzu blíží mezi pevností. Překonat tento problém lze použitím právě vícefázové struktury.

Široké uplatnění při výrobě zařízení na dopravu rud a uhlí mají oteruvzdorné termomechanicky kalené materiály.

Základní vlastností této skupiny termomechanicky kalených ocelí je tvrdost

(otěruvzdornost těchto plechů je většinou dána jejich tvrdostí), která je v rozmezí 400 až 600 HB. Podstatou výroby těchto jemnozrnných, termomechanicky zpracovaných plechů je zvládnutí intenzivního zakalení celého průřezu plechu. Právě kalení plechů spolu s vysokou výchozí čistotou oceli nejvýrazněji rozhoduje o výsledných vlastnostech plechů. Podstata válcovacího kalícího lisu spočívá v tom, že žhavý ocelový plech je tažen válci přes zóny vodních trysek rozdílných tlaků. Plech je kalen za pohybu a celá jeho plocha je na rozdíl od statického kalícího lisu zakalena rovnoměrně. Tlak vody v kalících tryškách je tak velký, že proud vody „odfukuje“ parní polštář, který vzniká v první etapě kalení a tím výrazně snižuje dobu potřebnou k ochlazení plechů. Tento postup pak umožňuje docílit vysokých otěruvzdorných vlastností plechů bez přidávání většího množství legujících přísad, což výrazně zlepšuje zejména svařitelnost těchto ocelí. Do tloušťky 25 mm mají např. oceli HARDOX 400, 450 a 500 stej-

Typ materiálu	Označení	Norma	Příklady použití
S235	S235JR; St 37-2 S235J2; St 37-3 S235JRC; QSt 37-2 S235J2; QSt 37-3	EN 10025-2	Málo namáhané díly (krycí plechy, pomocná zařízení)
S355	S355J2; St 52-3 S355J2C; QSt 52-3	EN 10025-2	Namáhané díly – všeobecné použití
S355MC až S700MC	S355MC, S420MC S460MC, S500MC S550MC, S600MC S650MC, S700MC	EN 10149-2 EN 10149-3	Namáhané díly tvářené za studena (pruty), podlahy klecí, Tloušťky plechů 1,5 až 20 mm, ohyby – poloměr 0,5 až 2 tloušťky
S355N	S355N/ NL	EN 10025-3	Namáhané díly
S420	S420M; QSt 420 TM DOMEX 420 MCD WELDOX 420	EN 10025-4	Namáhané díly, Pruty, profily, bočnice
S460	S460M; QSt 460 TM DOMEX 460 MCD WELDOX 460	EN 10025-4	Namáhané díly, Pruty, profily, bočnice, Části hlav klecí a skipů
S500 S550	S500Q/QL; S550Q/QL DOMEX 500/ 550 MCD WELDOX 500/550 ALFORM 500M/550M	EN 10025-6	Vysoce namáhané díly, Pruty, Nosné bočnice, podlahy, Díly hlav klecí a skipů
S690	S690QL WELDOX 700E DOMEX 700 MC E ALFORM 700 M	EN 10025-6	Vysoce namáhané díly, Pruty Nosné bočnice, podlahy Díly hlav klecí a skipů
Otěru-vzdorné	HARDOX 400 HARDOX 450 HARDOX 500	Normy výrobců	Vysoce namáhané plochy otěrem, Bočnice vyložené otěruvzdorným plechem. násypné části

Tab. 4 - Volba materiálů na stavbu zařízení pro dopravu a těžbu rud a uhlí

Typ	Tvrdost			Tažnost	Houževnatost	Uhlíkový ekvivalent		Poloměr ohybu
	HB Brinell	R _{0,2} [MPa]	R _m [MPa]			CEV	CET	
HARDOX 400	370 – 430	1 000	1 250	12	45	0,37	0,26	3 × t
HARDOX 450	425 – 475	1 200	1 400	10	35	0,47	0,34	4 × t
HARDOX 500	470 – 530	1 300	1 550	8	30	0,60	0,42	5 × t
HARDOX 600	560 – 640	1 650	1 860	7	20	0,82	0,58	ne

Tab. 3 - Mechanické vlastnosti ocelí HARDOX

nou nebo lepší svařitelnost než ocel S355J2. V tabulce 3 jsou uvedeny mechanické vlastnosti a chemické složení plechů HARDOX, dle údajů výrobce (SAAB).

Volba základních materiálů pro zařízení na dopravu a těžbu rud a uhlí

Při aplikaci vysokopevných jemnozrnných materiálů v oblasti zařízení pro těžbu a dopravu rud a uhlí je patrná jistá zdrženlivost ze strany konstruktérů a výrobců, přesto je v posledních 4 až 5 letech patrný pokrok.

Typická konstrukce např. skipové nádoby má krabicový tvar. Svislé i příčné „pruty“ tvoří páteř nosné konstrukce. Vnitřní prostor nádoby = zásobník pro přepravovanou rudu, uhlí je „obložen“ otěruvzdornými materiály typu HARDOX, případně vysokopevnostním materiálem S690QL. Z technologických důvodů (vhodnost pro ohýbání za studena) se na pruty používají zejména materiály S420MC až S550MC (podle ČSN EN 149 - 2).

V tabulce 4. jsou uvedeny příklady pro volbu materiálů na stavbu zařízení pro dopravu a těžbu rud a uhlí. Jde o materiály řady EN 10025 - 2 až - 6 a EN 10149, které jsou vyráběny pod různými označeními.

Optimalizace volby přídavných svařovacích materiálů

Parametry svarového spoje jemnozrnných vysokopevných ocelí zásadně ovlivňuje:

- volba přídavného materiálu (PM) a ochranného plynu (OP); PM se volí s ohledem na požadované parametry svarového kovu a podmínky svařování – vnesené teplo, přechodovou oblast, tepelné zpracování apod.,
- metoda svařování,
- bezchybné provedení svarového spoje.

Pro svařování vysokopevných jemnozrnných materiálů se používají zejména tyto metody svařování:

- 111 (MMA) ruční svařování obalenou elektrodou,
- 135 (MAG) svařování elektrickým obloukem v ochranné atmosféře,
- 121 (SAV) svařování pod tavídem.

Z praktických důvodů (produktivita svařování) priorita je kladena na metodu 135, případně 111 (pro opravy, speciální spoje).

Podstatným problémem u svařování jemnozrnných vysokopevných materiálů je zamezení vzniku vad typu studené trhliny a trhliny za horka.

Pro zamezení vzniku trhlin za horka je podstatné:

- zaručit vysokou čistotu svarového kovu, zejména s ohledem na obsah síry, minimální obsah kyslíku ve svarovém

kovu, obsah uhlíku pod peritektickým bodem tuhnutí primárního feritu,

- optimální geometrii svarových ploch,
- optimální parametry svařování.

Trhliny za studena jsou způsobeny účinkem difuzního vodíku jako trhliny indukované. Tvoří se ve strukturách citlivých na vodíkové zkřehnutí (v martenzitu a bainitu). Vodík se dostává do svarového kovu zejména prostřednictvím vlhkosti přídavného a základního materiálu. Proto je důraz kladen jednak na přípravu svarových ploch (jejich čistotu, ale i podmínky svařování), skladování přídavných materiálů a na hodnoty difuzního vodíku v přídavných materiálech. Cestou ke snížení rizika trhlin za horka je optimální přehřev a čistota svarových ploch.

Přídavné materiály pro jemnozrnné vysokopevné materiály se volí podle požadovaných vlastností svarového kovu a metody svařování. I když v současné době je k dispozici celá škála přídavných materiálů od řady renomovaných výrobců, pro potřeby svařování vysokopevných materiálů pro těžbu rud a uhlí je vhodné výběr optimalizovat. Výběr je nutný i z hlediska nutnosti ověřování svařovacích postupů (WPQR) a rozsahu jejich platnosti.

V následujících tabulkách jsou uvedeny přídavné materiály od tří renomovaných světových firem vhodné pro svařování vysokopevných materiálů metodou 135 (MAG) – firem Böhler Welding, Thyssen Weldin a ESAB.

Uvedené přídavné materiály nabízí dosažení meze kluzu R_{p0,2} v rozsahu 480 až 930 MPa.

Přídavné materiály jsou v zásadě nabízeny v těchto systémech legur:

- Mn, MnNi, MnMo, MnNiMo, MnCrNiMo

Značení Böhrer	Norma EN	Značení EN	Značení AWS
NiCu 1-IG	EN 440	G 42 4 M G0 G 42 4 C G0	A5.28-05: ER80S-G A5.28-05: ER90S-G
2.5 Ni-IG	EN 440	G 46 8 M G2 Ni ₂ G 46 6 C G2 Ni ₂	A5.28-05: ER80S-Ni ₂
NiMo 1-IG	EN 12534	G 55 6 M Mn ₃ Ni ₁ Mo G 55 4 C Mn ₃ Ni ₁ Mo	A5.28-05: ER90S-G
NiCrMo 2.5-IG	EN 12534	G 69 6 M Mn ₃ Ni _{2.5} CrMo G 69 4 C Mn ₃ Ni _{2.5} CrMo	A5.28-05: ER110S-G
X 70-IG	EN 12534	G 69 5 M Mn ₃ Ni ₁ CrMo	A5.28-05: ER110S-G
X 90-IG	EN 12534	G 89 6 M Mn ₄ Ni ₂ CrMo	A5.28-05: ER120S-G

Tab. 5 - PM metoda 135(MAG) od Böhrer Welding – pro jemnozrné vysokopevné materiály

Značení Thyssen	Norma EN	Značení EN	Značení AWS
UNION K 5 Ni	EN 440	G 46 3 C G3Ni ₁ G 50 5 M G3Ni ₁	A5.28-05: ER80S-G
UNION Ni 2,5	EN 440	G 50 6 M G2Ni ₂	A5.28-05: ER80S-Ni ₂
UNION MoNi	EN 12534	G Mn ₃ Ni ₁ Mo	A5.28-05: ER90S-G
UNION NiMoCr	EN 12534	G Mn ₄ Ni _{1.5} CrMo	A5.28-05: ER100S-G ER100S-1 (mod.)
UNION X 85	EN 12534	G Mn ₄ Ni _{1.5} CrMo	A5.28-05: ER110S-G
UNION X 90	EN 12534	G Mn ₄ Ni ₂ CrMo	A5.28-05: ER120S-G
UNION X 96	EN 12534	G Mn ₄ Ni _{2.5} CrMo	A5.28-05: ER120S-G

Tab. 6 - PM metoda 135 (MAG) od Thyssen Welding – pro jemnozrné vysokopevné materiály

Značení ESAB	Norma EN	Značení EN	Značení AWS
OK Autrod 13.23	---	---	A5.28-05: ER80S-Ni ₁
OK Autrod 13.28	EN 440	G 46 5 M G ₂ Ni ₂	A5.28-05: ER80S-Ni ₂
OK Autrod 12.25	---	---	A5.28-05: ER100S-G
OK AristoRod 13.13	EN 12534	G 56 3 M Mn ₃ NiCrMo	A5.28-05: ER100S-G
OK AristoRod 13.29	EN 12534	G 69 4 M Mn ₃ Ni ₁ CrMo	A5.28-05: ER100S-G
OK AristoRod 13.31	EN 12534	G 79 3 M Mn ₄ Ni ₂ CrMo	A5.28-05: ER110S-G

Tab. 7 - PM metoda 135(MAG) od ESAB – pro jemnozrné vysokopevné materiály

Typ legování	Složení	Minimální R _{p0.2} MPa (stav po svaření)	Rázová práce (stav po svaření)
Mn	1,0÷1,6 Mn	420 ÷ 460	> 60 J při – 400 °C
MnNi	0,8÷1,4 Mn + 1,2÷2,5 Ni	440 ÷ 470	> 47 J při – 800 °C
MnMo	0,8÷1,4 Mn + 0,4÷0,6 Mo	470 ÷ 490	> 40 J při – 400 °C
MnNiMo	1,4÷1,5 Mn + 1,1÷1,2 Ni + 0,4÷0,6 Mo	510 ÷ 560	> 47 J při – 600 °C
MnCrNiMo	1,4÷1,9 Mn + 0,4÷0,8 Cr + 2,2÷2,4 Ni + 0,4÷0,5 Mo	680 ÷ 890	> 47 J při – 600 °C

Tab. 8 - Rámcové složení vysokopevných PM pro metodu 135

Rámcové složení přídatných „plných drátů“ pro metodu 135 je uvedeno v tabulce 8.

Složení u jednotlivých výrobců má pochopitelně odchylky.

Hlavní zásady technologických postupů svařování vysokopevnostních a oteřuvzdorných ocelí

Jemnozrné, vysokopevnostní materiály mají nízký uhlíkový ekvivalent a proto je lze pomocí standardních metod snadno svařovat navzájem i ke všem obvyklým konstrukčním materiálům.

Při svařování jemnozrných, termomechanicky zpracovaných ocelí je cílem:

- Minimalizovat vnesené teplo (svařovat stanovenými parametry); doporučený maximální tepelné příkony se pohybují v rozmezí 5 až 15 (25) kJ/cm; dodržet

maximální doporučené vnesené teplo = přizpůsobit parametry svařování (proud, napětí, rychlost svařování, případný předehřev a interpass).

- Udržet tvrdost tepelně ovlivněné oblasti (TOO).
- Dosáhnout vyhovující houževnatosti této oblasti.
- Postup svařování by měl probíhat takovým způsobem, abychom postupem svařování nevnašeli do konstrukce nežádoucí pnutí, pokud je to možné, svařovat směrem k volným koncům a umožnit tak vznikajícímu pnutí „uniknout“ ze svarového spoje.
- Předehřev použít jen u větších tloušťkách dle doporučení výrobce plechů.
- Dokonale připravit, vyčistit a vysušit svarové plechy; dbát na to, aby se v průběhu svařování nedostal do

svarového spoje vodík z vlhkosti, odstranit (vysušením) kondenzovanou vlhkost, zbytky barev, mastnoty a další nečistoty ze svarových ploch.

- Použít přídatný materiál s nízkým obsahem vodíku.

Při návrhu svarových spojů z jemnozrných, termomechanicky zpracovaných se dále doporučuje:

- Při návrhu namáhaných spojů upřednostňovat tupé (BW) svary před koutovými (FW).
- Minimalizovat pnutí při smršťování, zejména přesným umístěním svaru a vhodně naplánovat postup svařování.
- Při konstruování svarových spojů vycházet z průběhů namáhání konstrukce, zamezit nevhodné koncentraci svarů do namáhaných oblastí.
- Při konstrukci svarových uzlů vhodně volit potřebné svarové úkopy u tupých svarů.
- Umístit svarové spoje do oblastí, které jsou méně abrazivně namáhané (u HARDOX).
- Umístit svar ve správném úhlu vzhledem ke směru toku abrazivního materiálu (u HARDOX).
- U HARDOX nepoužívat žhání na snížení vnitřních pnutí po svařování, tyto oceli při žhání nad 250 až 300 °C začínají ztrácet tvrdost, popouštějí se; pouze je možný dodatečný ohřev po svařování k usnadnění úniku vodíku z oceli; teplota po svaření se volí stejná jako teplota předehřevu.

Ověřování postupů svařování

V současné době jsou pro schvalování postupů svařování používány normy řady EN ISO 156xx. K ověření postupů svařování výrobce se zejména používá norma ČSN EN ISO 15614-1, Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Zkouška postupu svařování Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu. U oteřuvzdorných materiálů typu HARDOX není možné, s ohledem na vlastnosti tohoto materiálu, zcela dodržet požadavky normy (např. provedení příčné zk. lámavosti), proto se při ověřování postupu svařování používá norma ČSN EN ISO 15613, Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky.

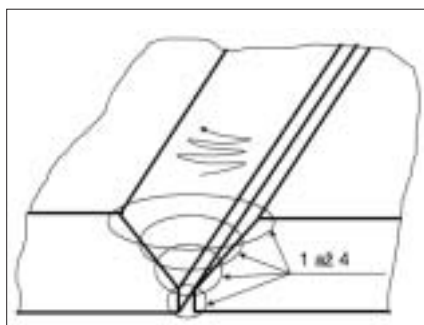
Postupy a pokyny pro svařování hlavních uzlů a dílů zařízení pro dopravu rud a uhlí

Přesto, že je problematika svařování těchto materiálů poměrně dostatečně zpracována a popsána, podstatným problémem je praktická aplikace poznatků při výrobě v konkrétních podmínkách. Nároky

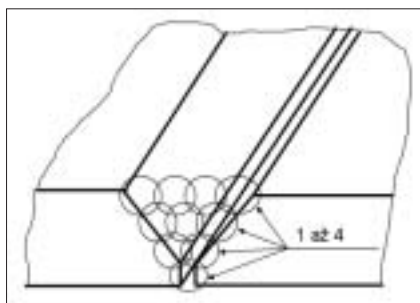
na svařování a dodržení technologické kázně během svařování jsou u těchto ocelí přísnější než při použití běžných konstrukčních materiálů a je nutné důsledně dodržovat všechny zásady, aby konkrétní svarový spoj byl vyhovující.

Příklad technologických pokynů k provedení svarových spojů při výrobě klecí a skipů:

- Minimalizovat vnesené teplo, tomu přizpůsobit techniku kladení housenky (dodržet ověřené parametry svařování dle VP – Výrobních postupů)
- Zajistit pečlivou přípravu svarových ploch (geometrii, čistotu, stehování).
- Svařovat od středu směrem k volným koncům
- Housenky klást „šňůrkováním“, obr. 1 b – malá úzká lázeň ne širokým „kýváním“ = velká lázeň (obr. 1a)
- Stehy je nutné provádět jako nízké s plynulým přechodem ze základního



Obr. 1a – Svařování: „Kývání“



Obr. 1b – Kladení vrstev: „Šňůrkování“

materiálu, dlouhé cca 50 mm, 200 až 300 mm od sebe. V místech křížení nesmí být stehy prováděny. Min vzdálenost od rohu nebo křížení je 100 mm.

- Vysoké, nerovnoměrné stehy, případně s krátery a trhlinkami musí být přebroušeny nebo úplně vybroušeny a znovu zavařeny, nejlépe na jiném místě.
- U vícevrstvých svarů vždy před kladením další vrstvy svar vyčistit a případně přebrousit začátek a konec svaru, napojení jednotlivých housenek neumísťovat do stejného místa, ale vhodně posunout tak, aby bylo napojení přetaveno a překryto další vrstvou.
- Počátky svarů neumísťovat do rohů a křížení dílů, min vzdálenost od těchto míst cca 20 až 30 mm.
- Důsledně zajistit provaření kořene, případně je nutné upravit svarovou plochu, špatný kořen vybrousit a znovu zavařit.
- U podélných a dlouhých svarů použít

střídatě vratného pohybu a současně zahajovat tyto svary vždy směrem k okrajům svaru.

- Napojování svarů musí být plynulé, bez vrubů a nadměrného převýšení, jinak je nutné svar přebrousit. Tato skutečnost musí být zvláště důsledně dodržena u namáhaných míst klece (hlava, podlahy, umístění kontejneru apod.).
- Ke svařování nosných prutů z jemnozrnných materiálů, podlah, hlavy klece je nutné přednostně použít pulzní svařovací zdroj s vhodnými parametry a tak omezit vnesené teplo.
- Všechny zjištěné vady musí být opraveny, opravu musí provést zkušený svářeč, podle pokynů svářečského dozoru. Oprava nosných prutů se smí být proveden jen jednou.
- Praskliny, krátery a vruby je zakázáno opravovat jen převařením chybného místa. Vadná místa musí být řádně vybroušena, prokazatelně zbavena trhlin a teprve poté znovu zavařena (ke kontrole je vhodné případně provést PT zkoušku).

Podstatným problémem při výrobě je také zajistit realizaci těchto zásad v reálných podmínkách praxe (personálních a podmínkách vybavení výrobního podniku).

**Ing. Stanislav Novák, CSc.,
Ing. Jiří Mráček, PhD.,**

První železářská společnost Kladno, s.r.o.,
stano@pzsk.cz

Welding steels with higher strength

Development and application in the area of construction materials has lead to higher use of steels with higher and high strengths over the last years. The production practice as well is directed towards higher application of steels with higher and high strengths and abrasion resistant materials. For typical structures, the material assortment may be extended mainly by steels in strength categories S420 to S690. Such steel usage has increased in the world as well as in the Czech Republic over the last five years and these materials are becoming more common. Normative support in this area has already been established. It is obvious that the

price development of such steels is really favourable and it is more economical than typical quality steels in many cases of their use. They are suitable mainly for huge constructions such as bridges, halls with big spans, high-rise buildings, etc., but they may be economically used also for smaller constructions. High strength steels (above S 500) may be used for stressed parts of special equipment structures for mining and transportation of ore and coal and their parts, e.g. skip containers for vertical transportation of ores and coal, cage, skip-cages, other parts of mining equipment.

Сварка стали особой прочности

Развитие и применение новых технологий в области каркасно-строительных материалов привело в последнее время к частому использованию стали высокой прочности. Производственная практика ориентируется на применение стали высокой и наивысшей прочности, а также других особо прочных материалов. Для обычных конструкций появилась возможность расширить ассортимент материалов (например, сталь со степенью прочности от S 420 до S 6900). Применение этих типов стали за последние 5 лет в мире и в Чешской Республике сильно возросло и сейчас эти материалы начинают использоваться повсеместно. Нормативная поддержка в этой области уже создана. Оказалось, что и цены этих типов стали

вполне приемлемы. Во многих случаях их использование экономически оправдано и даже более выгодно, чем использование стали обычного качества. Сталь высокой прочности может применяться при возведении больших конструкций (например, мостов, больших залов, павильонов, высоких зданий и т.д.) Однако сталь высокой прочности можно по-хозяйски использовать и при возведении небольших конструкций. Сталь наивысшей прочности (свыше S 500) можно использовать для опорных и других составных частей специальных конструкций – оборудования для добычи и подъема из шахты на поверхность руд и угля (например, ковши для вертикального подъема руды и угля, клетки, и другое оборудование для шахт).