

SWAŘOVÁNÍ A SPOJOVÁNÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE NA STAVBÁCH RESORTU MD (PŘIPRAVOVANÉ TECHNICKÉ PODMÍNKY TP SWAŘOVÁNÍ BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE A JINÉ TYPY SPOJŮ)

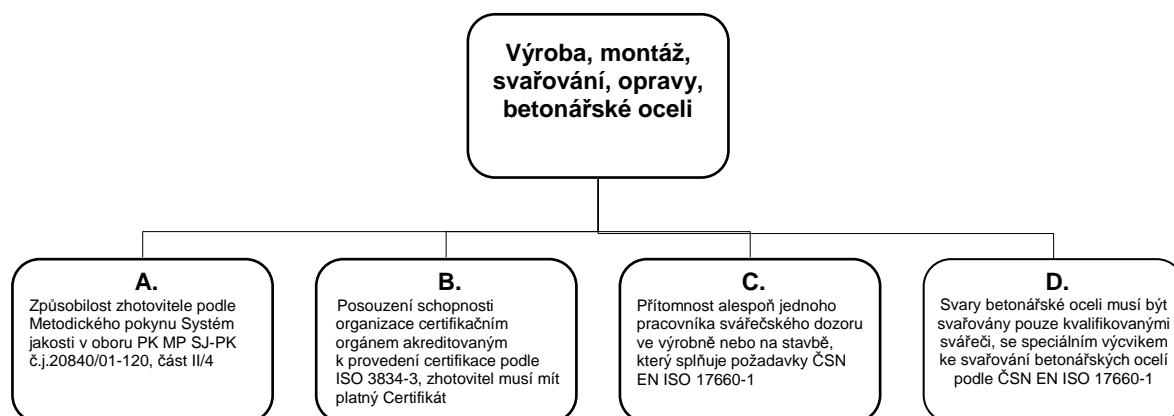
Miloslava Pošvářová

1 Úvod

Příspěvek se zabývá novým fenoménem ve stavebnictví, a to pravidly pro svařování betonářské výztuže. Často opomíjená, podceňovaná problematika, která byla diskutována a zpracovávána v CENu více jak 10 let. Pravidla, vycházející z platných evropských norem ČSN EN 10080, ČSN EN ISO 17660-1, ČSN EN 17660-2 zásadně mění technický náhled na svařování betonářské výztuže u železobetonových konstrukcí. Technické podmínky, platné pro stavby pozemních komunikací v resortu ministerstva dopravy, vycházejí z více jak 60-ti evropských norem a obsahují souhrnné požadavky na kvalifikaci svářečů, svářečský dozor, ale i způsobilost organizací, technické specifikace žebírkové betonářské oceli (již od roku 1911), podmínky pro průkazní a kontrolní zkoušky svarů. Text obsahuje ukázky nosných a nenosných svarů a fotodokumentaci častých vad svarů betonářské oceli. Protože v České republice neexistuje norma pro korozivzdorné betonářské oceli, obsahuje také údaje o jakosti těchto ocelí (chemické složení, přídatný materiál pro svařování, odkazy na platné evropské normy), včetně údajů vhodnosti umístění do korozního prostředí.

2 Způsobilost zhotovitele ke svařování žebírkové betonářské oceli

Způsobilost zhotovitele stavby ke svařování betonářské oceli je předepsána podle Obrázku 1, podle písmen A, B, C, D.



Obr. 1 – Požadavky na oprávnění zhotovitele podle bodu A, B, C a D

Požadavek na oprávnění zhotovitele podle bodu A, (Obr. 1) specifikuje způsobilost zhotovitele pro zajištění jakosti při výrobě, montáži, svařování a opravách svařovaných výrobků, ocelí nebo částí výrobků z betonářské oceli podle metodického pokynu Systém

jakosti v oboru pozemních komunikací MP SJ-PK č.j.20840/01-120, část II/4 ve znění pozdějších předpisů. Je uveden v úplném znění ve Věstníku dopravy č.14-15/2005.

Požadavek na oprávnění zhotovitele podle bodu B (Obr.1) specifikuje způsobilost organizace zhotovitele pro zajištění jakosti podle ČSN EN ISO 17660-1, Příloha D. Zhotovitel získává certifikát o posouzení výroby/dílny/montáže od certifikačního orgánu, který je akreditovaný k provedení certifikace podle ISO 3834-3 (a se zkušenostmi v posuzování svařování betonářské oceli). Posuzování se provádí auditem, a to nejen pracovníků svářečského dozoru zhotovitele/podzhotovitele, ale i posouzení technického vybavení výroby/dílny/montáže ke svařování. Posuzování svářečského dozoru a prováděných průkazních a kontrolních zkoušek zhotovitele může zajistit pouze pracovník certifikačního orgánu, který má minimální odbornou kvalifikaci na úrovni IWE/EWE, doplněnou o rozšířenou způsobilost na úrovni specialisty (specializační kurz pro svařování betonářských ocelí na úrovni specialisty podle TP C 027). Platnost certifikátu výrobce/montážní organizace má být maximálně 3 roky, může být prodloužena na další 3 roky na základě úspěšného auditu. Další prodloužení není možné. Certifikát pozbývá platnosti, pokud jsou prověřované parametry, na základě kterých bylo oprávnění vydáno, změněny (například není ve firmě zaměstnán prověřovaný pracovník svářečského dozoru, došlo ke změně vybavení technického zařízení ke svařování, změnilo se personální obsazení svářečů s platným oprávněním ke svařování apod.).

Požadavek na oprávnění zhotovitele podle bodu C (Obr.1). Jedná se o požadavek na přítomnost alespoň jednoho pracovníka svářečského dozoru zhotovitele při provádění prací pro zajištění jakosti podle ČSN EN ISO 17660-1, článek 9.1. Svářečský dozor zhotovitele je trvale přítomen při provádění svářečských prací v dílně/výrobně/montáži/na stavbě. Je zodpovědný za kvalitu svarových spojů, musí zajistit, aby se veškeré svary prováděly podle platných WPS (Specifikace postupu svařování) a WPQR (Kvalifikace postupu svařování), zajišťuje dostupnost těchto dokladů pro kontrolní činnost objednatele stavby, zajišťuje a garantuje objednateli provádění svarových spojů pouze kvalifikovanými svářeči.

Požadavek na oprávnění zhotovitele podle bodu D, (Obr.1). Jedná se o požadavek na provádění svařovaných spojů z betonářské oceli kvalifikovanými svářeči, se speciálním výcvikem ke svařování, podle ČSN 17660-1. Zhotovitel musí mít vždy k dispozici dostatečný počet kvalifikovaných svářečů se speciálním výcvikem ke svařování betonářských ocelí. Pokud nemá svářeč odpovídající kvalifikaci, nemůže provádět přípravu svarových ploch ke svařování, predehřev, dohřev, ani žádné nosné, nenosné nebo stehové svary betonářské oceli ve výrobně/dílně/stavbě/na montáži.

V současné době probíhají u České svářečské společnosti CWS ANB specializované kurzy pro získání kvalifikace svářečů a doplňkové kurzy pro svářečské dozory, není žádným problémem požadovanou kvalifikaci získat.

3 Popis a kvalita materiálů žebírkové betonářské oceli

Technické podmínky obsahují přehledné tabulky betonářských ocelí, které jsou rozděleny na část před rokem 2008 a po roce 2008. Toto rozdělení je nutné z toho důvodu, protože koncem roku 2007 byla vydána nová ČSN 42 0139, která zrušila veškeré české normy pro výrobu žebírkových betonářských ocelí. Současně zavedla nové značení žebírkových betonářských ocelí podle ČSN EN 10080.

3.1 Betonářská ocel do roku 2008

Část textu technických podmínek nazvaná Betonářská ocel před rokem 2008 rozděluje oceli na období od roku 1911 do roku 1947 (*Tabulka 11*), od roku 1948 do roku 1959 (*Tabulka 12*), od roku 1960 do roku 1970 (*Tabulka 13*), od roku 1970 do roku 2007 (*Tabulka 14*), zahraniční oceli válcované v roce 2007 (Portugalsko, Německo, Rakousko, Řecko, Velká Británie) jsou uvedeny v *Tabulce 15* a betonářské oceli vyráběné po roce 2008 jsou uvedeny v *Tabulce 16* technických podmínek.

Přibližně od 90-tých let minulého století, včetně roku 2008, byla betonářská ocel v Evropě vyráběna jako mikrolegovaná ocel, válcovaná za tepla, nebo jako ocel za tepla válcovaná, řízeně ochlazovaná, nebo za studena tvářená ocel. Jednotlivé značky ocelí vyjadřovaly způsob výroby žebírkové betonářské oceli.

Mechanické vlastnosti za tepla válcovaných žebírkových ocelí řízeně ochlazovaných (například označení oceli 10 505.9), byly získány rychlým časovým ochlazením za tepla válcované oceli, přičemž v povrchových vrstvách oceli došlo k vytvoření zákalné struktury. Poté následovalo popuštění okrajové oblasti tyče vlivem zbylé teploty v jejím jádru. Jestliže byla tato ocel opětovně zahřívána (při ohybech tyčí a svařování), při překročení teplot 700 °C došlo k prudkému poklesu meze kluzu a pevnosti. V případě, že se prováděl ohřev pro ohyb tyče, bylo to možné pouze za podmínky, že místo bylo ohřáto pouze jednou, plamen kyslíko-acetylénového hořáku byl neutrální a teplota maximálně 650°C (červený žár). Tyč se musela ohýbat okamžitě a teplota nesměla trvat déle jak 30 sekund.

Rizika svařování byla významná zejména u svařování tyčí průměru pod 18 mm, v případě tupých svarů. Rozdíly mezi ocelmi jsou v technických podmínkách popsány a vysvětleny s ohledem na jejich chování při svařování, v kapitole 4.

3.2 Betonářská ocel od roku 2008

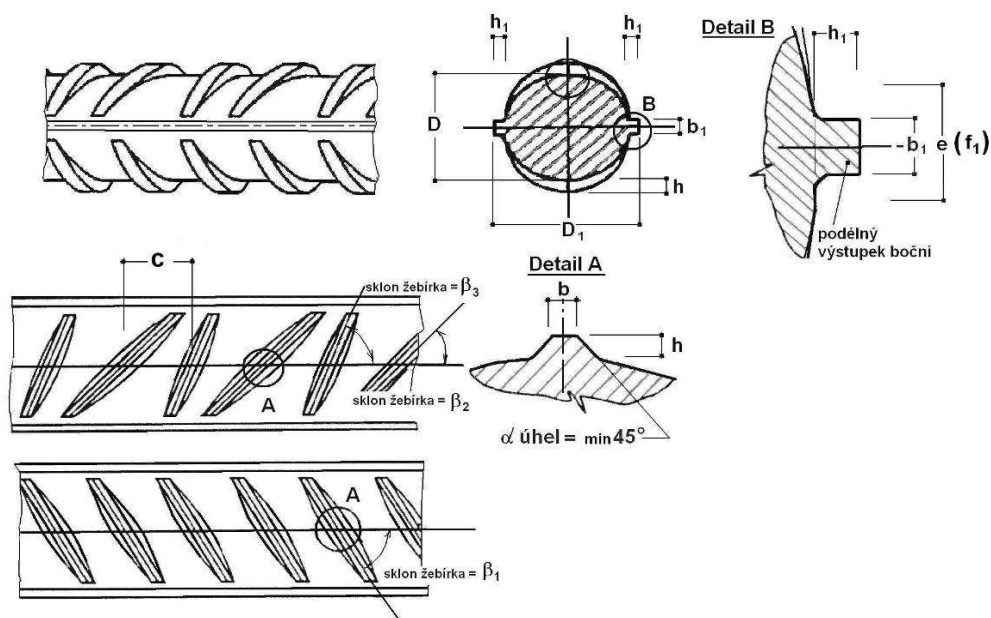
V České republice je vyráběna žebírková betonářská ocel s označením 10 505.9 od 90-tých let minulého století, včetně roku 2008 výhradně jako ocel za tepla válcovaná, řízeně ochlazovaná. Vztahují se na ni veškerá rizika svařování, uvedená v bodě 3.1.

Přestože jsou veškeré dodací podmínky českých norem žebírkových betonářských ocelí zrušeny, je stále možné si objednat tyto oceli u výrobce/prodejce/distributora. Je to možné z toho důvodu, že se tyto oceli stále válcují. Dokud nebude norma ČSN EN 10080 harmonizovaná (v části označení CE), nebudou tyto oceli v Evropě jednotně označovány a válcovány. Dalším nepříjemným zjištěním pro zhotovitele staveb a stavební dozory bude fakt, že všechny jakosti betonářské oceli budou mít jednotný tvar příčných žebírek. To znamená, že jakost oceli nebude možno zjistit bez mechanických zkoušek, protože i chemické složení oceli bude shodné.

V současné době je tedy možné si zakoupit v České republice betonářské oceli podle Tabulky 1. Ale ani v roce 2008 není situace pro identifikaci betonářské oceli na stavbě jednoduchá. Některé tvary příčných žebírek jsou shodné pro různé jakosti betonářských ocelí. Příklad příčných žebírek stejného tvaru pro různou jakost oceli je uveden na Obr. 2.

Poř. číslo	Země výrobce oceli	Značení oceli			Mechanické vlastnosti					
		Národní značka oceli	Výrobková norma	Evropská značka oceli (EN10027-1)	Mez kluzu (min) R_e (MPa)	Pevnost v tahu (min) R_m (MPa)	Tažnost (min)		A_{gt} min (%)	R_m/R_e min
							A_{10} (%)	A_5 (%)		
1.	Portugalsko	A 400 NR	LNEC E 449	B420B	400	460	-	-	5,0	1,08
2.	Portugalsko	A 400 NR SD	LNEC E 455	B420C	400	-	-	-	8,0	1,15-1,35
3.	Německo	BSt 420 S	DIN 488-2	B420B	420	500	10	-	5,0	1,05
4.	UK	B500A	BS 4449	B500A	500	-	-	-	2,5	1,05
5.	Německo	BSt 500 M	DIN 488-4		500	550	8	-	2,5	1,05
6.	Německo	BSt 500 KR	DIN 488-1		510	550	10,5	-	3,0	1,06
7.	Rakousko	M 500	ÖNORM B 4 200		500	560	-	8	2,5	1,05
8.	UK	B500B	BS 4449	B500B	500	-	-	-	5,0	1,08
9.	ČR	10 505.9	ČSN 41 0505	-	500	550	10	-	-	-
10.	Portugalsko	A 500 NR	LNEC E 450	B500B	500	550	-	-	5,0	1,08
11.	Portugalsko	A 500 NR SD	LNEC E 460	B500C	500	-	-	-	8,0	1,15-1,35
12.	Německo	BSt 500 S	DIN 488-2	B500B	500	550	10	-	5,0	1,08
13.	Německo	BSt 500 WR	DIN 488-1		500	550	10	-	5,0	1,08
14.	UK	B500C	BS 4449	B 500 C	500	-	-	-	7,5	1,15-1,35
15.	Rakousko	M 550	ÖNORM B 4 200	B 550A	550	620	-	8	2,5	1,05
16.	ČR	Třinec BSt 550	ÖNORM B 4 200	B 550B	550	620	-	17	5	1,10

Tab. 1 – Přehled českých a zahraničních betonářských ocelí vyráběných v roce 2007 a 2008. Vyznačené oceli se vyrábí také v ČR



Obr. 2 – Schéma tvaru žebírek betonářské oceli B500B, ale také 10 505.9, BSt 500S (IV S), A 500 NR. Příčná žebírka mají dvě řady s protisměrným nesouměrným uspořádáním. Značka B500B (popřípadě BSt 550) má stejný tvar žebírek, pouze má vždy čtyři podélné výstupky.

3.3 Betonářská ocel podle ČSN EN 10080 a ČSN 42 0139 (značení)

Betonářské oceli se označují písmenem B, číselnou hodnotou meze kluzu v MPa a písmenem daným hodnotami R_m/R_e , A_{gt}



Označení A, B, C za číslem značí:

A — hodnoty minimálně: $R_m/R_e = 1,05$, $A_{gt} = 2,5$ %

B — hodnoty minimálně: $R_m/R_e = 1,08$, $A_{gt} = 5,0$ %

C — hodnoty minimálně: $R_m/R_e = 1,15$ až $1,35$, $A_{gt} = 7,5$ a vyšší %

Oceli označené A bývají vyráběny tvářením za studena, oceli označené B válcováním za tepla, řízeně ochlazované z dovalcovací teploty. Oceli označené C jsou zpravidla oceli mikrolegované, vyráběné válcováním za tepla (v České republice se nevyrábí).

3.4 Korozivzdorná betonářská ocel v Evropě

Korozivzdorné žebírkové betonářské oceli nemají evropský výrobní standard, řídí se národními předpisy, norma EN 10080 je neuvádí, norma ČSN 42 0139 je nespecifikuje. V případě, kdy bude vhodné je navrhnout v projektové dokumentaci pozemních staveb, bude se objednávka a dodací podmínky těchto ocelí řídit technickými podmínkami MD, a to podle BS 6744: 2001, a to do doby, než bude vydána ČSN. Technické podmínky uvádějí pro informaci uživatele přehled válcovaných žebírkových betonářských korozivzdorných ocelí v zemích EU, v *Tabulce 25. Tabulka 26* uvádí vhodnost použití těchto ocelí do korozního prostředí. Tuto tabulku je možno s úspěchem použít i pro návrh jiných výrobků z korozivzdorné oceli, jako například pro výrobu odvodňovačů, konstrukce hlásičů, konstrukce pro stožáry, konstrukce bazénů, nádrží apod.

Korozivzdorné betonářské žebírkové oceli je vhodné používat do železobetonových konstrukcí, kde je požadována vysoká životnost (minimálně 50 let a více), nebo je vhodné je používat v lokálních místech, kde je zvýšené riziko koroze (vrubové klouby, balkony apod.) a opravy konstrukcí by byly velmi nákladné.

Tvar žebírkové korozivzdorné oceli odpovídá budoucímu tvaru všech betonářských ocelí, je tedy symetrický, s protisměrným uspořádáním.

Podmínky pro objednávání korozivzdorných ocelí jsou shodné, jako pro uhlíkové oceli.

Korozivzdorné oceli jsou náchylné na specifické formy koroze (zejména: korozní praskání, důlková koroze, šterbinová koroze, bimetalická koroze, mezikystalová koroze atd.), které se mohou projevit i za mírných korozních podmínek. Častou příčinou povrchové koroze oceli je porušení ochranné pasivní vrstvy poškrábáním, nebo nauhličením povrchové vrstvy, proto je třeba současně dbát na správnou manipulaci a zpracování těchto ocelí.

4 Nosné a nenosné svarové spoje

Technické podmínky rozlišují a konkrétně jmenují, jaké jsou nosné a nenosné spoje betonářské oceli. Nosný spoj plně nahrazuje základní materiál oceli. Mezi nosné spoje však také patří spoje, které jsou prováděny na betonářské oceli osazené mimo bednění v případě, že je třeba tyče svařit do prostorové prutové konstrukce a potom se následně s touto konstrukcí manipuluje zdvihacími prostředky, nad hlavami dělníků nebo občanů v rámci výstavby v zastavěném území, viz Obr.3. V každém případě však musí být nosné a nenosné svary viditelně vyznačeny ve výkresové dokumentaci realizační dokumentace stavby (RDS). Nepostačuje pouze obecná věta, že se provádějí tupé nosné svary nebo křížové svary v prostupech ocelových desek. Všechny svary musí být označeny jako nosné svary - NS nebo jako nenosné svary – NNS. Svářečský dozor je povinen provádět kontrolu svařování betonářské oceli podle jmenovitých konkrétních údajů ve výkresech. Není oprávněn určovat, jaký svar je nosný nebo nenosný. Je plně zodpovědný za kontrolu shody mezi výkresem a realizací. Pokud jsou svary označeny rozporuplně, obecně nebo nejsou označeny vůbec, zhotovitel stavby je povinen požádat o jejich doplnění autora RDS a to do výkresové dokumentace, nikoliv pouze slovně do stavebního deníku. Stavební dozor objednatele je potom povinen provádět kontrolu výkonu svářečského dozoru zhotovitele.



Obr.3 – Ukázka manipulace se svařenou výztuží pilot nad hlavami dělníků

Nenosnými spoji jsou pouze spoje, které se provádějí jako spoje fixační v bednění (většinou pouze stehové spoje).

Technické podmínky uvádějí, jakým způsobem se dokladují průkazní zkoušky svarů, předvýrobní a výrobní zkoušky svarů apod.

Důležitou kapitolou technických podmínek jsou technologické údaje, jak se spoje betonářské oceli svařují, jaká je příprava svarových ploch, čistota a příprava úkosů. Zásadně nesmí dojít během stavebních prací k poškození betonářské oceli, opakovanému rovnání apod. Ukázka, jak se s betonářskou ocelí zachází na reálných stavbách je na Obr 4.

Technické podmínky obsahují údaje o přídavném materiálu ke svařování, způsob svařování, kladení jednotlivých svarových housenek, parametry svařování, tvary úkosů tupých, přeplátovaných, křížových spojů atd. Konkrétně specifikují, jaký je obsah formuláře WPQR (kvalifikace postupu svařování), kde se dokladuje jednak pracovní diagram svaru, ale i základního materiálu. Průkazní zkouškou se musí vyloučit poškození materiálu (degradace) vlivem zkrěhnutí oceli, v teplem ovlivněné oblasti svarového spoje.



Obr.4 – Zdeformovaná výztuž pilot spodní stavby opěr mostu

5 Vady svarů betonářské oceli

Technické podmínky předepisují konkrétní způsob určování vad svarů a to vizuálním hodnocením jakosti svarů. Pro vizuální vyhodnocení vad nosných svarů je předepsána mezní

hodnota ve stupni jakosti minimálně C, pro nenosné svary ve stupni jakosti D podle ČSN EN ISO 5817. Tento požadavek platí v případě, že není objednatelem uvedeno přísnější kritérium ve zvláštních technických a kvalitativních podmínkách (ZTKP).

Přehled nejčastějších vad a mezní hodnoty pro nosné a nenosné svary je uveden v Tab.2.

Současně s tabulkovým přehledem nejčastějších vad svarů jsou uvedeny konkrétní příklady vad svarů, ukázka je na Obr.5 a na Obr.6



Obr.5 – Studený spoj nenosného svaru



Obr. 6 - Zápal u nenosného svaru do hloubky 5 mm, přípustné 1 mm

Číslo podle ČSN EN ISO 5817	Číslo podle ISO 6520-1	Název vady	Mezní hodnoty vad pro stupeň jakosti	
			D	C
1.1	100	Trhlina	nepřípustné	nepřípustné
1.2	104	Kráterová trhlina	nepřípustné	nepřípustné
1.3	2017	Povrchový pór	max.3 mm	max.2 mm
1.5	401	Studený spoj	nepřípustné	nepřípustné
1.6	4021	Neprovařený kořen pro tupé jednostranné svary (V-svar)	max.2 mm	nepřípustné
1.7	5011 5012	Souvislý zápal Nesouvislé zápaly	max.1 mm	max.0,5 mm
1.8	5013	Vruby v kořeni	max.2 mm	max.1 mm
1.9	502	Nadměrné převýšení tupého svaru	max. 10 mm	max. 7 mm
1.10	503	Nadměrné převýšení koutového svaru	max. 5 mm	max. 4 mm
1.11	504	Nadměrné převýšení kořene svaru	max. 5 mm	max. 4 mm
1.14	509 511	Proláklina Neúplné vyplnění svaru	max. 2 mm	max. 1 mm
1.15	510	Díra	nepřípustné	nepřípustné
1.16	512	Nadměrná asymetrie koutového svaru	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,2a$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15a$
1.17	515	Hubený kořen	max. 2 mm	max. 1 mm
1.19	517	Vadné napojení	max. 1 mm	nepřípustné
1.22	601	Dotyk elektrodou	přípustné, pokud nejsou ovlivněny vlastnosti oceli	nepřípustné
1.23	602	Rozstřík	přípustné	nepřípustné
3.1	507	Lineární přesazení	max. 5 mm	max. 4 mm

Poznámka: Podrobný přehled všech vad je uveden v ČSN EN ISO 5817

Tab.2 – Přehled nejčastějších vad svarů betonářské oceli

6 Jiné typy spojů betonářské oceli

V závěru technických podmínek jsou uvedeny způsoby jiných typů spojů betonářské oceli. Protože neexistuje jednotná legislativa pro navrhování a posuzování mechanických spojek betonářské oceli, spojky jsou zde uvedeny, včetně současných typů spojek na trhu v ČR.

7 Přílohy technických podmínek

Přílohy technických podmínek obsahují kromě jiného také materiálové listy betonářských ocelí, včetně údajů o mechanických vlastnostech ocelí, chemickém složení a způsobu výroby oceli, což je cenné zejména z důvodu určení technologie svařování betonářské oceli. Dále obsahují seznam norem a odkazy na články platných norem, které je třeba změnit z důvodu zavedení nových EN norem pro materiály a svařování žebírkové betonářské oceli. Ukázka materiálového listu oceli B 500B je na Obr.7. Tvar příčných žebírek oceli B 500B bude válcován až po přijetí plně harmonizované normy EN 10080.

Betonářská ocel značka oceli B 500B		číselné označení oceli	1.0439			
Schéma:		technické dodací podmínky ČSN 42 0139/12/2007 ČSN EN 10080	platí			
		rozměrová norma ČSN 42 0139	platí od 12/2007			
		Poznámka: tvar betonářské oceli bude válcován během roku 2008, až po přijetí harmonizované normy EN 10080				
účel použití	výztuž betonových konstrukcí					
chemické složení (rozbor tavby), hmotnostní %	max C	max S	max P	max N	max Cu	CEV
	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
chemické složení (rozbor výrobku), hmotnostní %	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52
výrobek	žebírkové tyče					
provedení	válcováno za tepla, ve stavu řízeně ochlazovaném z doválcovací teploty					
povrch	okujený					
průměr	tyče 10 - 40 mm					
nejnižší mez kluzu Re (MPa) normová hodnota	500					
nejnižší mez pevnosti v tahu Rm (MPa) normová hodnota	-					
Rm/Re (podíl mez pevnosti v tahu/mez kluzu) – min	1,08					
celkové prodloužení při největším zatížení Agt (%) - min	5					
specifické maximální napětí při zkoušce na mezi únavy σ_{max} (MPa) podle normy EN 10080	$\sigma_{max} = 300$ MPa $2\sigma_a = 170$ MPa ($d \leq 28$ mm) $2\sigma_a = 150$ MPa ($d > 28$ mm)					
svařitelnost	podle specifikace					

8 Závěr

Technické podmínky ministerstva dopravy TP Svařování betonářské výztuže a jiné typy spojů obsahují komplexní informace o materiálech a svařování žebírkové betonářské oceli. Budou platit pro veškeré stavby pozemních komunikací v resortu ministerstva dopravy ČR. V současné době jsou v závěrečném stádiu připomínkového řízení širší odborné veřejnosti, měly by být vydány během června 2008. Technické podmínky lze objednat a zakoupit na níže uvedené e-mailové i poštovní adrese, u firmy Mott MacDonald.

Technická literatura

- [1] POŠVÁŘOVÁ, M., *TP Svařování betonářské výztuže a jiné typy spojů*. Monografie, 6/2008, 90 stran.

Ing. Miloslava Pošvářová

✉ Mott MacDonald Praha spol.s.r.o.
Národní 15
110 00 Praha 1
☎ 221 412 800
📠 221 412 810
😊 miloslava.posvarova@mottmac.cz
URL www.mottmac.cz