



MECHANICKÉ A TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI OTĚRUVZDORNÝCH OCELÍ

Výrobci respektive prodejci otěruvzdorných ocelových plechů deklarují celou řadu jejich mechanických a technologických vlastností, přičemž některé jsou uváděny jako garantované, některé jako typické (průměrné) hodnoty. Jaký je význam jednotlivých údajů pak závisí zejména na druhu aplikace. Současně je vhodné si uvědomit co se skrývá za jednotlivými údaji (číslly) a jak lze jejich srovnáním hodnotit navzájem různé otěruvzdorné oceli.

	TVRDOST	PEVNOST		TAŽNOST	HOUŽEVNATOST	UHLÍKOVÝ EKVIVALENT		POLOMĚR OHYBU
	<i>HB Brinell</i>	<i>Rp0,2 MPa</i>	<i>Rm MPa</i>	<i>A5 %</i>	<i>KV, -40 °C J</i>	<i>CEV</i>	<i>CET</i>	<i>r min. mm</i>
HARDOX 400	370 - 430	1000	1250	12	45	0,37	0,26	3 x t
HARDOX 450	425 - 475	1200	1400	10	35	0,47	0,34	4 x t
HARDOX 500	470 - 530	1300	1550	8	30	0,6	0,42	5 x t
HARDOX 600	560 - 640	1650	1860	?	20	0,82	0,58	ne
11 523 (St 52)	180	380	540	25	min. 40	0,37	0,25	1,5 x t
14 320 (Abrazit)	268 - 400	850	1100	8	?	0,75	0,48	ne
15 260 (kalený)	cca 480	1280	1500	8	?	0,88	0,64	ne

Tabulka uvádí nejčastěji uváděné vlastnosti otěruvzdorných ocelí HARDOX ve srovnání s „klasickou“ konstrukční ocelí 11 523 (St 52-3) a dříve rozšířenými oceli domácí proveniencí 14 320 (Abrazit) a 15 260.

U ocelí HARDOX a ocelí 14 320 je garantovanou hodnotou tvrdost oceli. Všechny ostatní hodnoty (kromě chemické analýzy) jsou deklarovány jako typické hodnoty. (V tabulce jsou uvedeny typické hodnoty pro tloušťku 20 mm). Toto je základní rozdíl mezi otěruvzdornými a konstrukčními oceli. Konstrukční oceli obvykle garantují hodnoty pevnosti a houževnatosti (Rp0,2, Rm, A5, KV), nikoliv však hodnotu tvrdosti. Základní příčinou tohoto stavu je, že u otěruvzdorných ocelí je díky jejich tvrdosti, výroba zkušebních vzorků pro zkoušku tahem a zkoušku vrubové houževnatosti náročnou a drahou záležitostí. Neznamená to však, že by se moderní otěruvzdorné oceli nedaly použít jako konstrukční. Naopak, zejména ve výrobě stavebních strojů je zřetelný trend používat otěruvzdorné oceli současně jako konstrukční a antiabrazivní materiál. (Podrobněji STROJNÍK, leden 2001).

Význam a hodnocení deklarovaných údajů.

Tvrdost (HB). V drtivé většině případů je tvrdost rozhodujícím parametrem, který definuje otěruvzdornost oceli (STROJNÍK, březen 2001) a tudíž z velké většiny i její užitnou hodnotu. Zde je důležité srovnání mezi skutečnou zaručovanou hodnotou tvrdosti (materiálový list) a číslem uváděným ve značce oceli (např. xyz...400). Přihlášení se značkou oceli do určité tvrdostní skupiny (např. 400 HB) nemusí ve všech případech znamenat, že průměrná tvrdost

dané oceli je skutečně 400 HB. Dále je nutno si uvědomit, že při vzrůstající tloušťce plechu, klesá v případě některých značek výrazně hodnota zaručované tvrdosti. Poslední důležitým parametrem týkající se tvrdosti, který je nutno vzít v úvahu je zaručované rozmezí tvrdosti. Rozmezí zaručovaných tvrdostí se pohybuje od +/- 25 HB až do +/-50 HB, některé značky zaručují dokonce pouze minimální hodnotu tvrdosti. Menší rozptyl zaručovaných hodnot je měřítkem kvality výrobce a znamená stejnorodější životnost v prostředí abraze. Současně má menší rozptyl tvrdosti pozitivní vliv na životnost nástrojů při vrtání a obrábění.

Pevnost (Rp0,2 – mez kluzu, Rm – pevnost v tahu). Hodnoty meze kluzu a pevnosti, které se u ořezavých ocelí deklarují většinou jako typické hodnoty, nemají podstatný význam při hodnocení těchto ocelí. Jejich úroveň se dá kvalifikovaně odhadnout z hodnoty tvrdosti. Určitý význam mohou mít hodnoty meze kluzu a pevnosti při výpočtu síly nutné k ohýbání plechu.

Tažnost (A5). Ani hodnoty tažnosti nemají u kalených ořezavých ocelí zásadní význam. Na rozdíl od klasických konstrukčních ocelí, kde tažnost výrazně souvisela s ohýbáním za studena, u kalených ocelí je ohýbatelnost za studena daná především čistotou oceli. Zejména obsahy síry v oceli hrají rozhodující roli. V moderních ořezavých ocelích by měl být snížen obsah síry na cca 0,001 %.



Houževnatost (KV). Je velmi důležitým parametrem. Zejména pokud se ořezavá ocel použije v aplikacích kde se vyskytuje rázové namáhání, nebo kde se předpokládá funkčnost při záporných teplotách. Velký význam má dostatečná houževnatost také v aplikacích, kde ulomení součásti z ořezavé oceli a její vniknutí do drtiče může způsobit vážné komplikace. Úroveň houževnatosti KV (nárazová práce) se udává v Joulech a většinou při teplotě –

40 C. Při srovnávání houževnatosti různých ocelí je důležité srovnávat hodnoty houževnatosti stejných tlouštěk plechů. Hodnoty nárazové práce KV jsou u malých tlouštěk do cca 10 mm výrazně vyšší než hodnoty které stejná ocel vykazuje v tloušťkách 15 – 30 mm.

Je to dáno rozdílným stupněm protváření oceli a tím, že tloušťky plechu pod 10 mm se zkouší na jiném rozměru zkušebního vzorku, což skresluje výsledek zkoušky. Typické hodnoty nárazové práce (houževnatosti) se proto většinou udávají pro tloušťku 20 mm. Hodnoty KV při –40 C by pro ořezavé oceli měly být větší než cca 20 J, v případech kdy se předpokládá velké rázové namáhání pak větší než cca 35 J.

Uhlíkový ekvivalent (CEV, CET). Je to pravděpodobně nejdůležitější technologický parametr ořezavých ocelí. Většina aplikací těchto ocelí se vyrábí s větším nebo menším počtem svarů. Svarový spoj je téměř vždy potenciální zdroj trhlin (únavových nebo vodíkových). Čím méně je ocel legována a čím menší má obsah uhlíku, tím je lépe svařitelná a pravděpodobnost vzniku trhlin je nižší. Množství legur a obsah uhlíku je zohledněn právě v uhlíkovém ekvivalentu. V současné době se používají dva vzorce pro výpočet uhlíkového ekvivalentu: $CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$, $CET = C (Mn + Mo)/10 + (Cr + Cu)/20 + Ni/40$. Je zřejmé, že ekvivalent CEV klade větší váhu legujícím prvkům, CET pak obsahu uhlíku. Protože při stejném chemickém složení dávají CEV a CET rozdílné výsledky, je důležité srovnávat mezi sebou vždy stejný druh uhlíkového ekvivalentu. Současně je důležité si uvědomit, že ořezavé oceli stejné značky mají většinou rozdílné

chemické složení a tudíž i rozdílné hodnoty uhlíkových ekvivalentů pro různé tloušťky plechu (např. ocel HARDOX 400, tl. 10 mm CEV = 0,33, tl. 50 mm CEV = 0,58).. Je obtížné specifikovat doporučené hodnoty uhlíkových ekvivalentů u oteruvzdorných ocelí. Moderní, kalené oteruvzdorné oceli mají v tloušťkách do 25 mm a pro tvrdost 400 HB hodnoty CEV do 0,40 (CET do 0,28). Tyto hodnoty znamenají bezproblémovou svařitelnost, v podstatě obdobnou jako u klasické konstrukční oceli St 52. V ocelích tvrdosti 500 HB, v tloušťkách do 25 mm, se pak hodnoty CEV u nejkvalitnějších ocelí pohybují do cca 0,60 (CET do 0,42). Tyto úrovně uhlíkových ekvivalentů lze stále ještě bezpečně svařovat i když tloušťky plechů nad cca 12 mm již mohou vyžadovat přehřev. Hodnoty CEV nad cca 0,70 (CET nad cca 0,45) vyžadují velmi pečlivé svařování a potenciální riziko výskytu trhlin je větší.

Poloměr ohybu (r_{min}). Moderní oteruvzdorné oceli jsou až po úroveň tvrdosti 500 HB ohýbatelné za studena. Minimální poloměry ohybu (uváděné v násobku tloušťky plechu) se u nejlepších ocelí tvrdosti cca 400 HB pohybují okolo $3 \times t/mm$. Minimální přípustný poloměr ohybu může být také závislý na tloušťce plechu (např. HARDOX 400, tl. 6 mm, $r = 2,5 \times t$, tloušťka 40 mm, $r = 4,5 \times t$). Opět je tedy nutno při srovnávání jednotlivých ocelí používat stejných tlouštěk plechů. Minimální poloměry ohybu jsou taktéž odlišné pro směr rovnoběžný a kolmý ke směru válcování. Nicméně pro kalené oceli je anizotropie mechanických vlastností relativně malá a poloměry ohybu pro kolmý a rovnoběžný směr se příliš neliší (HARDOX 400, tl. 20 mm, $r(kolmo) = 3 \times t$, $r(ve\ směřu) = 4 \times t$). Nová válcovací trať v Oxelosundu navíc u ocelí HARDOX umožní v nejbližší době odstranit úplně anizotropii kalených plechů a stanovit minimální poloměry ohybu nezávisle na směru válcování.



Kromě výše jmenovaných vlastností oteruvzdorných plechů mají samozřejmě význam i další, méně často diskutované parametry. Například rovinnost a kvalita povrchu plechů je významná zejména u tenkých plechů aplikovaných na korby nákladních automobilů. Rovnoměrnost zakalení (je různá podle toho jestli se kalí ve stacionárním nebo průběžném kalícím lisu), je významným parametrem v případech kde je hodně vrtání a obrábění.

Dalšími parametry, které mohou mít v konkrétních aplikacích svůj význam jsou např. odolnost proti popouštění (tvrdost nekalených, vysokolegovaných ocelí klesá s teplotou pomaleji), tolerance tlouštěk nebo třeba i rychlá dostupnost dané oceli pro případ nutnosti rychlého servisního zásahu.

SSAB Swedish Steel s.r.o.
Spartakovců 3, Ostrava
tel.: 069/6939487, fax: 069/6939486
e-mail: ivan.mika@ssab.cz
<http://www.hardox.cz/>