

VLASTNOSTI KONSTRUKČNÍCH OCELÍ V SYSTÉMU JAKOSTI PODLE EN A ČSN

Břetislav Skrbek

JAMOT (dříve LIAZ) a. s. Jablone n. N., Belgická 400, 466 05

TU v Liberci, Hálkova 6, Liberec 460 17, bretislav.skrbek@vslib.cz

Abstract

Systém jakostí a značení podle zaváděných evropských norem v konfrontaci s tradičním podle ČSN. Zaručované vlastnosti, chemická složení, výrobní dokumentace. Zaměřeno na moderní skupiny ocelí (vytvrzované, vysokopevnostní pro svařované konstrukce atd.), které v tradičním souboru značek ČSN nejsou). Poznatky nezbytné pro technology a konstruktéry v souvislosti se vstupem České republiky do EU v roce 2004.

Abstract

Properties of structural steels in system of quality after EN and ČSN.

System of quality and marking after implemented European standards in confrontation with traditional one after ČSN. Guaranteed properties, chemical composition, manufacturing documentation. Directed towards modern groups of steels (age-hardened, high-strength for welded structures etc.) which are not involved in traditional list of marks. Knowledge necessary for technologists and designers in connection with entering of Czech Republic to EU in 2004.

1. Rozdělení a označování tvářených ocelí dle EN a ČSN

Podle původní struktury číselného třídění ČSN známe **oceli obvyklých jakostí** (uhlíkové) a ušlechtilé. **Ušlechtilé** tvoří skupiny **uhlíkových, nízkolegovaných a vysokolegovaných** ocelí, nebo i **oceli nástrojových**. Zvláštní skupinou jsou **přídavné materiály pro svařování** a prášky pro **spékanou ocel**. Dělení ocelí podle EN má poněkud odlišnou logiku.

EN 10020 CSN 42 0002 definuje ocel jako slitinu s dominantním podílem Fe a obsahem uhlíku do 2%. Obecné rozdělení ocelí EN (respektuje její struktura číselného značení):

Nelegované ocele základní, jakostní (záruka Rm, Re) a **ušlechtilé** (záruka hodnoty Kc, hloubky a tvrdosti po zakalení).

Korozivzdorné s obsahem Cr nad 10.5% a C pod 1,2%.

Legované jakostní oceli: k zušlechťování a kalení (záruka Kc, A), na kolejnice, mikrolegované, Cu oceli, Si elektrooceli, svařované na tlakové nádoby (Rp min380 MPa, Kcv min. 27 J/cm při -50st.C)....

Legované ušlechtilé (i nástrojové). Zaručují Kc min. hloubku a tvrdost po zakalení, max. P,S. Mezní obsahy prvků pro definici legur v hmotnostních % dle EN:

Al	B	Bi	Co	Cr	Cu	Ce	Mn	Mo	Ni	Pb	Sn	Si
0,3	0,0008	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1	1,8	0,08	0,3	0,4	0,1	0,6
Ti	V	W	Zr									
0,05	0,5	0,3	0,05									

Dříve platné meze podle ČSN:

Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Cu
0,9	0,5	0,3	0,2				0,1

1.1. Označování ocelí podle ČSN

ČSN 41 +++++.++ je celý číselný znak normy oceli. Značku oceli tvoří jen 2. až 6. číslo s dvěma doplňkovými čísly za tečkou. První doplňkové číslo značí druh tepelného zpracování:

- .0.....tepelně nezpracováno – přírodní stav
- .1.....normalizačně, 2...obecně, 3...naměkko žíhaný
- .4.....kalený a nízkopopuštěný
- .5.....normalizovaný a popuštěný
- .6.....kalený a popuštěný na nízkou , 7...střední, 8...vysokou pevnost (zušlechtěný)
- .9.....tepelné zpracování dle dohody (povrchové procesy aj.)

Druhé doplňkové číslo informuje o zpevnění tvářením.

Význam třetího čísla ČSN 41 +:

0;1 – oceli obvyklých jakostí

2 ušlechtilé konstrukční uhlíkové

3 až 6- ušlechtilé konstrukční legované

7. ušlechtilé vysokolegované

8. prášková metalurgie, svařovací materiály na bázi Fe

9. nástrojové oceli.

Význam 3. a 4. číslice ve značce oceli obsahuje příloha 7. Oceli 13 až 16. třídy jsou nízkolegované a to Mn, Si v skupině 13 (nejlevnější ušlechtilé legované oceli); Cr+Mn, Si ve skupině 14; Cr+V, Mo v 15; Ni oceli a kombinace Ni s dalšími prvky ve skupině 16 (nejdražší konstrukční ušlechtilé nízkolegované oceli). Např. značka 14 266 informuje: *Nízkolegovaná Cr a Mn ušlechtilá ocel s obsahem Cr+Mn asi 2% a C 0,6%. Zvláště vhodná k třískovému obrábění.* Oceli na odlitky se označují jiným systémem - značením odvozeným od litin 42 26-9++. Oceli na odlitky se uvádí celým číselným označením normy 42 2+++ . Třetí číslice dvojka označuje slévárenské slitiny Fe-C. Ocelím na odlitky byly přiřazeny čtvrté číslice 6-9. Podrobnější informace dává příslušná kapitola 3.8.

Klíč barevného označování značek ocelí jedním až třemi pruhy na ocelových polotvarech využívané především ve skladech obsahuje ČSN 42 0010.

Druhů ocelí podle EN je podstatně více jak původních ČSN. Proto většině ocelí EN nelze přiřadit vhodné typy značek ocelí dle ČSN 41 +++++.

1.2. Označování ocelí dle EN

Systémem označování ocelí se zabývá norma **CR 10260, EN 10027** (ČSN 42 0011) každé oceli přiřazuje jednak **číselné pětimístné označení** a současně **kombinovaný** (z čísel a písmen) znak. Vychází z tradičního značení podle norem DIN. Číselný znak 1. +++++ třetím a čtvrtým číslem charakterizuje druh oceli a zbývající čísla pořadí ve skupině. Doplňkové znaky tvoří jedno nebo dvě písmena – tepelné zpracování a použití. Příklady uvádí příloha 8.

Pro tvorbu **značky ocelí** není vyčerpávající pravidlo. V zásadě ocel může mít značku vyjadřující její **použití** a mechanické vlastnosti a nebo značku popisující její **chemické složení!**

První znak ve **značce použití** oceli, pokud je na začátku **G** charakterizuje ocel na odlitky. Pokud G chybí jde vesměs o tvářenou ocel. Značka pak začíná následujícími písmeny s významy a příklady :

Písmeno	Použití	Příklad
S	pro konstrukce	S355J2G1W
P	tlakové nádoby	P355NH
L	potrubí, trubky	L360MB
E	strojní součásti	E295GC
B	výztuž do betonu staticky namáhaná	B500A
Y	výztuž do betonu předpínací	Y1770C
R	kolejnice	R0900Mn
H	ploché výr. tvářené zastudena-výšepevné oceli	H400M,
D	ploché výrobky pro tváření za studena	DC04EK
M	pro elektrotechniku	M140-30S
T	plechy pro obaly (plechovky, konzervy..)	T660

Další část znaku udává např. min. mez Rp nebo Rm. Pak následující písmena blíže specifikují použití. Doplnkové znaky (příloha 8) určují stav oceli. Například *S355+N...jakostní nelegovaná ocel pro konstrukce se zaručenou mezí Re min 355Mpa normalizačně žíhaná.*

Značky pro **chemické složení**. Pro odlitky opět bude v úvodu značky **G**. U tvářených výrobků ne. Pak značka může mít čtyři systémy popisu složení:

- Uhlíkové nelegované oceli** s obsahem **Mn pod 1%** (EN 10083-1) začínají písmenem **C**. Následuje číslo, které má hodnotu obsahu C v setinách %. Pak písmena určující bližší použití S pro pružiny, U na nástroje aj. (**C70U**).
- Uhlíkové nelegované oceli** s obsahem **Mn min. 1%**. Značka začíná číslem obsahu C v setinách %. Pak následuje písmeno bližší specifikace (použití, zaručený obsah S ap.).
- Legované oceli s obsahem legůry do 5% a automatové oceli**. Za čísla popisující obsah C v 0,01% následují chemické znaky legūr a dále jsou čísla s jejich obsahy v % ve stejném pořadí. Význam čísel je dán klíčem násobků pro skupiny prvků:

Prvek	násobek
CrCoMnNiSiW	4
AlBeCuMoNbPbTaTiVZr	10
CeN P S	100
B	1000

Např. G13CrMo4-5 značí ocel na odlitky s obsahem 0,13%C, 1%Cr a 0,5%Mo.

- Legované oceli s některou legūrrou o obsahu min.5%**. Ocel na odlitky by opět začínala na G. Jinak tyto oceli začínají vždy písmenem **X**. Následuje opět obsah C v 0,01% vyjádřený číslem, řada chemických značek legujících prvků a jejich obsah v % ve stejném pořadí. *X5CrNi18-10 je značka vysokolegované austenitické oceli s 0,05%C, 18%Cr a 10%Ni*
- Rychlořezné oceli** uvádí znak HS. Pak následuje řada číslic vyjadřující obsahy legūr v % dle dohodnutého pořadí W Mo V Co. *HS2-9-1-8 značí rychlořeznou ocel s obsahem 2%W, 9%Mo, 1%V a 8%Co.*

2. Příklady skupin ocelí EN

Hledá-li konstruktér ocel pro konkrétní součást nebo konstrukci, vhodným vodítkem mu jsou tematické skupiny ocelí, které lze nalézt ve třech rovinách struktury značení ocelí EN:

a) Posloupnost číselných označení ocelí EN má logiku obecného rozdělení podle jakosti a použití bez společných normovaných technických podmínek.

b) EN normalizuje vlastnosti a technické dodací podmínky důležitých skupin ocelí také podle cíleného použití.

c) Třetí detailnější specifikací použití ocelí tvoří samotné značky ocelí - úvodní i koncová písmena značky pokud tato nepopisuje chemické složení.

Přitom v jedné tematické skupině se mohou setkat oceli jak jakostní, tak ušlechtilé legované. Číslo ČSN (jako orientační znak u dále uvedených důležitých skupin) bylo vytvořeno s přijetím skupiny ocelí EN v ČR. Značky zde uvedených jednotlivých ocelí dle pravidel ČSN jako ekvivalent k EN pak již nebyly vytvořeny. Sortiment ocelí EN se stává pro praxi stále aktuálnější. Původní sortiment ocelí ČSN je podmnožinou ocelí EN. Většina ocelí EN vyvinutých pro moderní efektiovní způsoby zpracování nemá ekvivalenty v ČSN značkách. Proto je třeba si systém ocelí jako základních konstrukčních materiálů EN osvojit.

Základní oceli 1.0021 – 1.0083. Obsah P a S zaručen do 0,055%. Pro staticky namáhané konstrukce. Ekvivalentní k ocelím ČSN třídy 10. Informativní hodnota Re je obsažena ve značce – např. S240GP.

Nelegované jakostní 1.0103 – 1,0986 jsou obdobou ČSN třídy 11:

pro láhve na plyn – např. P245NB

Na hluboký tah a nanášení povlaků ocel DC06 mikrolegovaná Nb+Ti.

Automatové s vysokým obsahem S, Pb – 60SPb20, 9SMn28.

Dále uvedeným mezním číselným označením skupiny ocelí odpovídají i uvedené značky podle chemického složení:

Nelegované ušlechtilé 1.1100 – 1,1305. Např. C15C cementační ocel, 46MnVS3+P obrobitelná o vyšší pevnosti vytvrditelná z teploty tváření. Obdoba třídy 12 v ČSN.

Oceli pro valivá ložiska 1.3501 – 1.3576; 100Cr2 pro kuličky do 10mm až 20NiCrMo7 pro cementované části velkých ložisek. **1.3553** je ocel X82WMoCrV6-5-4 na žárupevná ložiska (tvrdość 66HRC při 550st.C).

Nerezavějící (EN10088) 1.4000 – 1.4594; X6Cr13 vhodná na „nerez“ nádoby (17 020) až X5CrNiCuNb14 -5 vytvrditelná při 600st.C po rozpouštěcím žihání při 1050st.C

Žárupevné i korozivzdorné oceli a slitiny 1.4605 – 1.4699, -2.4634; X2CrAlTi18-2 pro potravinářský průmysl až NiCo20Cr15MoAlTi pro lopatky plynových turbín s Rm>90MPa při 900st.C .

Žáruvzdorné oceli 1.4700 – 1.788; X10CrAlSi7 (17 113) až X10NiCrSiNb35-22 pro přehříváky, pece a kotle.

Žárupevné oceli 1.4903 – 1.4986;X8CrNiMo10-6 (Re 471Mpa při 600st.C) X8CrNiMoBNb16-16 odolná k tečení při 650st,C, lopatky parních turbín.

Ušlechtilé legované (vysokojakostní) 1.5021 – 1.8509; 38Si6 pružinová ocel s Rp1030Mpa. 1.5662 ocel 38MnB prokalitelná do 40mm; 1.7001 – 38Cr1 ocel k protlačování zastudena s vysokou kvalitou povrchu po zpevňování; 1.7131 16MnCr5 odpovídá nejrozšířenější cementační oceli 14 220; 1.8509 – 41CrAlMo5 je určena k nitridování součástí zušlechtitelných do průměru 100mm;

Vysokopevnostní oceli pro svařované konstrukce 1.8818 – S275M jemnozrnná vhodná pro termomechanické zpracování (leg.Nb,Ti,Al) až **1.8978 – L555MB** na svařované trubky pro hořlavá media s Rp 675MPa.

Vybrané skupiny podle použití ocelí se specifikovanými TPD podle EN:

EN 10268 – ČSN 42 0946. Svařitelné uhlíkové oceli po tváření za studena s **vyšší mezí kluzu Re.** Mikrolegovány Al, Nb, Ti. V značce oceli číselná část informuje o minimální hodnotě Re..

EN 10267 – ČSN 42 0945.. Feritickoperlitické uhlíkové oceli vytvrditelné z teploty tváření. Mikrolegované V. Značky ocelí od **19MnVS6** do **46MnVS3.**

EN 10113 - ČSN 42 0934 **Svařitelné jemnozrnné uhlíkové oceli** – výrobky válcované za tepla. Mikrolegování Nb, V, Al brání růstu zrna v silných průřezích s tepelně ovlivněných zónách svarů a obsah Mn až 1,5% zaručí vysokou pevnost. Pro zaručenou svařitelnost by uhlíkový ekvivalent CEV neměl překročit pro plech 60mm hodnotu 0,4 a pro 100mm 0,52. Ve značce oceli je opět hodnota min. meze kluzu – **S275N, S460L..**

EN 10083-3 – ČSN 42 0933. **Bórové oceli s vysokou prokalitelností.** Obsah B 0,0008 až 0,005%, značky **20MnB5, 39MnCrB6.** Varianty ocelí s +H mají zaručen pás prokalitelností.

EN 10083-1,2 – ČSN 42 0932. **Oceli pro zušlechťování uhlíkové C22 až C60** (Re 340-580Mpa) a legované **38Cr2 až 36NiCrMo16.** Tabulka v příloze 8 uvádí sortiment a změny mechanických vlastnosti (zušlechťení patrně na střední pevnost) ocelí pro odstupňované tloušťky a průměry. K většině těchto ocelí existují české ekvivalenty ČSN.

EN 10084 – ČSN 42 0925. **Oceli k cementování C10 až 14NiCrMo13-4.** Obsahuje sortiment od uhlíkové oceli ekvivalentní 12 010 s malou kalitelností a reprodukovatelností kvality až po ocel prokalitelnou do velkých průměrů s vysokou pevností jádra.

EN 10269 - ČSN 42 0947. **Oceli a Ni slitiny na upevňovací prvky pro vysoké a nízké teploty.** Soubor ocelí se zaměřením na creepovou a lomovou odlonost za extrémních podmínek. Např. *X10CrNiMoMnNbVB15-10-1 Rm^{10 000h} 240MPa při 650st.C.*

EN uvádí v materiálových listech ocelí dvojí chemické složení a to chemické složení z hutního atestu a z vlastního výrobku. Liší se obvykle v povolených tolerancích obsahů prvků..

3. Oceli podle ČSN a moderní konstrukční ocelí

Oceli obvyklých jakostí zahrnují oceli tříd 10 a 11 +++. Tyto oceli nemají zaručeny obsahy doprovodných prvků, jen max. obsah C. Nelze je doporučit pro tepelné způsoby zušlechťení objemové ani povrchové v sériové výrobě. Odchytky složení různých dodávek hutních výrobků jedné jakosti oceli obvyklých jakostí mohou způsobit velký nepřípustný rozptyl mechanických vlastností výrobku. Rovnovážné způsoby tepelného zpracování se provádí běžně. Jednotlivé podskupiny ocelí obvyklých jakostí uvádí příloha 7. Oceli třídy 10 stejně jako automatové oceli 11 1++ se doporučuje aplikovat jen na staticky zatěžované konstrukce. Lámovost třísky působí vysoký obsah S (ve formě vměstků). Pro konstrukce aut mají velký význam hlubokotažné oceli pro karosářství – 11 302; 11320 ap.

Hutě dodávají plechy vhodné k tváření za studena z velkou škálou povlaků – např.:

Povlak	Al+Si	org.povl	ZnAl	Cr+Sn	Sn	Cr	Zn ^{elyt}	Zn ^{žár}
ČSN 42 0+++	921	923	919	916	915	914	911	910.

Zaručená svařitelnost přísluší koncové číslici 3 ve znaku oceli, zlepšená obrobiteľnosť 6. Nejpevnější ocel zaručeně svařitelná ČSN je 11523. Běžné konstrukční oceli 11 500-800 jsou jen pomínečně svařitelné.

Moderní typy ocelí zaváděné do výroby obvykle plochých výrobků a standartizované ve světě v 80-tých letech byly v ČSFR známé pod označením dodavatelských hutí [4]:

Zvlášť hlubokotažné oceli řady KOHAL 180 (Re180MPa) dosahovaly tažnosti přes 40% s homogenní deformací plechu extrémě nízkým obsahem C, S, P a mikrolegováním Nb, Zr a Ti (působí odstranění C a N z tuhého roztoku feritu - potlačí prokluz na Re a směrová deformace plechu).

Do sféry hlubokotažných KOHALů patří i oceli „refosforované“. Tedy oceli legované fosforem ve formě tuhého roztoku P (0,08%) v čistém Fe (nízké obsahy C, S, N jako u KOHAL180). Oceli se dodávají rekrystalizačně žíhané v tloušťkách 0,8-2mm o Re210-240Mpa (KOSMALT 210-240). Po vylisování se zpevňují při tváření v ohyb a tahovým namáháním. Aplikací vypalovacích laků a práškových povrchových systémů laků se zpevňuje ferit BH efektem - deformačním stárnutím oceli při asi 170st.C. Podstatně se zvýší u výlisku hodnota Re i poměr Re/Rm. Střecha karoserie pek podstatně lépe odolává např. krupobití.

V karosářství se nyní uplaňují kromě škály povlakovaných a pokovovených ocelových plechů sendvičové plechy s polymerní fólií uvnitř. Jejich vysoký akustický útlum a průřezový modul umožňuje snížit velmi výrazně hmotnost a hlučnost vozidel. Sendvičové ocelové plechy s hliníkovým vypěnitelným prepregem po válcování nad teplotou tání Al obsahují mezivrstvu 90% pěnového Al. Měrná hmotnost sendviče činí 0,7 až 2g/cm³. Maximální provozní teplota je více jak dvojnásobná oproti polymerním sendvičům [7].

Dvoufázové feritickomartenzitické oceli se obvykle řízeně ochlazují z doválcovací teploty. Při vysoké pevnosti (600Mpa) a tažnosti (25-30%) mají nízký poměr Re/Rm 0,5-0,6. Tváření zastudena je silně zpevňuje (navrženy ocele 11 591,2). Vyšší pevnosti dosahují legováním Nb a Ti a bainitickými zrnky ve struktuře – značky ocelí CP800 a CP900 - s tažností A5 15-18% a martenzitické MS1000 a MS1200 (Rm1200MPa, A5 10%). Zvláštní polohu mají reaustenitické dvoufázové oceli RA700. Zvýšeným obsahem Al, Si a P se potlačí perlitický a zvýrazní feritický nos diagramu ARA. Při doválcování (do 5mm tloušťky) se plech ochlazuje na teplotu dolního bainitu těsně nad teplotu Ms a vine do svítek. Struktura obsahuje velký podíl austenitu, který při následující deformaci za studena transformuje na martenzit, což vede k podstatnému zpevnění ohybů, deformační zónu ap. Vhodné pro nárazníky automobilů a dílů karoserií, které při havárii pohlcují deformační práci.

Zaručeně svařitelné oceli legované Mo, Cr, Mn, Ni a mikrolegované B, Nb, Ti, jemnozrnné speciálními postupy tepelněmechanického zpracování jsou typické velmi vysokými hodnotami Re až 760MPa (řada KODUR340 až KODUR760) VSŽ – obecně označované HSS. Vysoký poměr Re/Rm působí omezenou tvárností těchto ocelí. Ideální oceli pro výložníky jeřábů, podvozky a korby nákladních vozů, plynovody, lodě a ponorky. Vyrábí je všichni významní světoví producenti plochých ocelí.

Hodnota Re se tvoří superpozicí intersticiálního napětí N a C, zpevněním – substitučním – deformačním – precipitačním – hranic zrna subzrn – od perlitu bainitu či martenzitu.

Mezi špičku těchto ocelí lze považovat značky SVENSK STAL division Grobblech řady HARDOX [5]:

OXAR450 Re 1300 Rm 1550MPa A5 8% KCV_{-10st.C} = 20J/cm².

Thyssen Krupp Stahl AG vyvinul řady ocelí CP a TMS u nichž se ještě Rp zvyšuje BH efektem při vypalování laku po dobu 20min až o 95MPa u značky TMS1200.

Pro výběr ocelí je nezbytné posouzení nejen z hlediska parametrů mechanických vlastností a lomové houževnatosti, ale i z pohledu technologického a cenového.

Ušlechtilé oceli tříd 12 až 16 zaručují v materiálových listech obsahy prvků a mechanické vlastnosti v jednotlivých stavech struktury. Doporučují se podle jednotlivých značek pro zušlechťování, cementování a nitridování, protože se těmito procesy získávají reprodukovatelné cílové vlastnosti. Pomůckou konstruktérů pro aplikaci ocelí jsou jejich křivky prokalitelnosti a popouštěcí.

Oceli uhlíkové třídy 12 se prokalí jen v malých průřezích. Jsou choulostivější na dodržení parametrů technologického postupu tepelného zpracování. Najsilnější průřezy se prokalí u součástí z Ni Cr ocelí tř. 16.

Nejlevnější Mn a Si legované oceli - třídy 13 – jsou citlivé na tzv. popouštěcí křehkost. CrMn oceli třídy 14 se aplikují v hromadné výrobě nejčastěji. Použití ocelí třídy 15 se vztahuje na nejvíce namáhané a bezpečnostní díly s větším průřezem. Oceli třídy 16 se pro díly vozidel využívají stále méně pro svoji vysokou cenu.

Po desetiletí se využívá na součásti spalovacích motorů tradičně některých stále stejných značek ocelí. Např. ocel 12 020 určená k cementování např. rozvodových tyček. 12 040 (12 141) na zastudena tvářené šrouby menších průměrů. Hřídele, vahadla a čepy zušlechťené a povrchově kalené se vyrábí z jakostí 12 050, 12051 a 12060; vačky hřídelů i větších průměrů (polotvar silnostěnná trubka či výkovek); součásti pro karbonitridaci. Výkovek středních průřezů z MnSi ocelí řady 13; např. 13 240 na ojnice. Ozubená kola, pístní čepy se vyrábí

z neznámější cementační oceli 14 220. 14 230 je vhodná pro díly s vysokou pevností jádra, 14 140 - hřídele, pastorky a talířová kola. Ložiskové oceli 14 100, 109 na díly vstřikovacího systému a valivých ložisek. Klikové hřídele větších vznětových motorů pro povrchové kalení z 15 230 a nitřadací čepů 15 330; vysoce namáhané šrouby a hřídele se tváří zatepla z oceli 15 260. Ve výkresové dokumentaci nebo TPD nemá chybět předpis defektoskopické kontroly tvrdých povrchů dynamicky namáhaných dílů na výskyt trhlinek, které spolehlivě iniciují únavové porušení již od velikosti a hloubky několika desetin mm. Jen tak se zaručí dostatečná spolehlivost a životnost celku. Měkké, jen zušlechtnuté povrchy potřebují větší kritickou velikost vady. Vnitřní objemové vady, pokud nevystoupí na povrch obráběním, nebo pokud nejsou v pásech podpovrchového tahového namáhání (např. pod povrchově kalenou vrstvou) nemusí snížit životnost součásti i při velikosti desítek % průřezu.

Současné konstrukční aplikace ušlechtilých legovaných ocelí se zaměřují na oceli umožňující energeticky úsporné a produktivní zpracování v hromadné výrobě autodílů nebo superpevné oceli pro specifická prostředí a aplikace: **Termomechanicky zpracované** (intenzivní tváření během fázových přeměn zatepla – velmi jemné zrna, vysoká houževnatost a odolnost vůči křehkému lomu. Proti klasickému zušlechtnutí na 1300MPa 0,6%C oceli se tím získá Rm 2100MPa při stejné tažnosti!); **kalení z dokovací teploty** (mikrolegované oceli Nb,Zr,Ti,B - úspory energie za zušlechtnutí - nedosahuje se vyšších mechanických vlastností než zušlechtnutím); **vytvrzované feritické a perlitické oceli** (vytvrditelné z teploty tváření např. 46MnVS3 nebo legované Cu 1% - vytvrzením při 600°C stoupne Rm z 400 na 600MPa, korozivzdornost oceli); **vysoce čisté oceli** (potlačen obsah P, S, O, H, N, Sn, Sb, Bi, Pb; každá setina sumy obsahu těchto prvků zvětšuje tranzitní teplotu o 30 st.C - snaha o zvyšování odolnosti proti křehkému lomu.); **MARAGING oceli** (vysokolegované vytvrzované intermetalickými částicemi při cca 500 st.C po rozpouštěcím ohřevu na cca 820st.C. a zchlazení - Rp 2800MPa A5 7% KIC 48 u typu 02Ni18Co12Mo4Ti), **TRIP oceli** (deformačně iniciované strukturní zpevnění martenzitem zastudena – vysokolegované oceli s nestabilním austenitem, 32Ni8Co4CrMo Rm1400MPa A5 24% KIC 115MPa m^{1/2}).

3.1. Oceli na odlitky

Tradiční značení ocelí na odlitky v ČSN náleží do samostatné skupiny litých slitin železa a uhlíku ČSN42 2+++ . Podle čtvrté číslice se tyto slitiny dělí:

1,2.....suroviny

3,4,5..litiny

6...uhlíkové oceli 42 2650 – C ocel s Rm > 500MPa.

7,8...legované oceli 42 2709 – Mn ocel součásti náprav, držáky ap.

9...vysokolegované oceli. 42 2940-austenitická korozivzd.CrNiMo

Oceli na odlitky podle EN začínají písmenem **G**. Skladba další části značky oceli se řídí stejnými pravidly jako pro oceli tvářené. Struktura ocelí **EN** podle použití:

EN 10213-1 TDP (42 1262) pro odlitky na tlakové nádoby. Obsahuje značky vhodných ocelí pro specifické podmínky a parametry tlakových nádob.TDP.

ISO 9477 (420959) Vysokopevnostní oceli na odlitky.

ISO3755 (42 0952) Nelegované oceli na odlitky pro všeobecná použití.

EN 10283 (42 0957) Odlitky z korozivzdorných ocelí.

Oceli tvářené i na odlitky mohou mít stejné chemické složení a způsob ovlivnění mechanických vlastností, avšak odlitek zpravidla dosáhne nižší hladiny mechanických vlastností. Není zpevněn tvářením, obsahuje nehomogenity. Vlivem velkého smršťování při tuhnutí ve formě (na rozdíl od litin) i při kvalitní slévárenské technologii se nezabrání vzniku vnitřních dutin v tepelných uzlech (místech, kde naposledy kov ztuhl) odlitku. Konstruktor s technologem musí vyřešit tvar výrobku tak, aby se dutiny neodhalovaly obráběním. Nutno stanovit mezní přípustnou velikost dutin v kritickém průřezu a předepsat jeden z pěti stupňů

povolené nehomogenity na výkres. Pro posuzování nehomogenity slouží národní směrnice (ASTM, DIN, ČSN 42 9714, směrnice CDS 22/85) s katalogy vzorových rentgenových snímků odlitků s vadami (bubliny, staženiny...) příslušející konkrétnímu stupni nehomogenity. Prvnímu stupni (pro letectví a „speciálku“) velmi zhruba náleží zeslabení průřezu vadami asi o 10%. Bezpečnostní autodíly se doporučují ve 2. stupni (či jakost B). Komerční málo dynamicky mamáhané odlitky ve 4. První až čtvrtý stupeň nesmí obsahovat plošné vady – trhliny! Pátý stupeň je bez tohoto omezení.

3.2. Vysokolegované oceli

Některé speciální typy vysokolegovaných ocelí (podle EN jde o oceli „X“, kdy jedna legúra překračuje 5% a dle ČSN součet obsahu legūr 10%) byly zmíněny v předchozích kapitolách.

Tyto oceli jednotlivě zaručují korozivzdornost, žáruvzdornost a žárupevnost, vysokou odolnost vůči opotřebení, zvláštní fyzikální vlastnosti.

Korozivzdornost působí především vysoké legování Cr (feritické oceli) při minimální obsahu C (C působí mezikrystalovou korozi, oceli se proto stabilizují přísady Ti, Nb k eliminaci C). K odolnosti vůči atmosférické korozi stačí 4-6%Cr. Pro potravinářské účely obsahují oceli Cr>12%. Oblast ocelí 17 0++ - 17 1++. Pro pevnostní šrouby a pružiny v korozním prostředí se aplikují martenzitické Cr oceli (17 022) – dosahují Rp1100MPa.

Austenitické oceli obsahují především kolem 10% Ni + Cr (17 2++ - 17 3++) a další prvky. Vynikají velmi vysokou žárupevností a korozivzdorností. Jsou nemagnetické, mají vysokou roztažnost a malou tepelnou vodivost (vnitřní pnutí). Rozpouštěcím žíháním při 1050st.C a kalením lze eliminovat jejich provozní zkřehnutí a sklon k mezikrystalové korozi.

Duplexní (feritickoaustenitické) oceli obsahují méně Ni, jsou pevnější, ale méně odolné korozi a žáru. Lépe se svařují (20Cr6Ni1,6MnSi).

Disperzně zpevněné „PH“ oceli 16%Cr 5%Ni se po žíhání 1050st.C a zmrazení nechají stárnout při 750st.C. Dochází k vytvrzování intermetaliky ze zpevňujících přísad CuNbNTi na Rm1550 a Rp1350MPa.

Mn oceli 130Mn13 se po zakalení na austenit mimořádně zpevňují deformací na martenzit. Pro svoji mimořádnou odolnost vůči abrazi se používají na zuby lžíc rypadel, kladiva, mříže. Fyzikální oceli známé jako INVAR Fe 36%Ni – 17 536 mají nejmenší koef. roztažnosti ze známých slitin (etalony měř). KOVAR Fe 44%Ni je vhodný pro zátavy do skel.

Pro odlitky z korozivzdorných ocelí specifikuje **EN 10283 (42 0957) přehled požadavků na kvalitní odlitky** -TPD a tabulky s vlastnostmi 28 ocelí (GX12Cr12 až GX2CrNiMoN25-7-4).

3.2.1. Ventilové oceli

Oceli a slitiny na ventily spalovacích motorů musí spojit vysokou korozivzdornost, pevnost a otěrzdornost za žáru a rozměrovou stabilitu a lomovou odolnost. Této významné skupině ocelí je věnována celá skupina EN i interval číselného značení

EN 10090 (42 0944) Oceli a slitiny na ventily pro spalovací motory:

1. 4718 X45CrSi9 – martenzitická ocel do 550st.C

1. 4882 X50CrMnNiNbN21-9 do 800st.C (Rp220MPa)

Přehled o složení a žárupevných vlastnostech ocelí a slitin Ni na ventily předkládá příloha 11. Ventily jsou namáhány setrvačnými silami a extrémními tlaky (běžně 1500bar) spalovacího procesu při korozním působení spalin a teplot okolo 750st.C u seriových vznětových motorů. musí dokonale těsnit spalovací prostor. Na stabilitě funkce ventilu závisí nastavená emisivost a výkon motoru. Příklad funkční zástavby ventilu přináší příloha 10. Odvod tepla do sedla a dříkem působí max. teploty materiálu pístu v místě přechodu hlavy do dříku. Při nedokonalém sezení dokáže šterbinový efekt hřavých spalin časem propálit ventil z jakéhokoliv materiálu. Sedla výfukových ventilů se proto navařují kobaltovými návarů. Ověřený typ návaru P37

obsahuje v % : 1,75C 12,3W 22,5Ni 25,5Cr 38Co. Tvrdost >40HRC i za provozu. Po navařování drátem obloukem (PRAGA Hrádek n.N.) nebo plasmou práškem (TRW Dačice) nesmí vzniknout vnitřní nespojitost (dutina, studený spoj) nad kritickou velikost. Pro ventily vznětových motorů ŠKODA – LIAZ Jablonec n. N. byl např. stanoven kritický rozměr vady 1mm [6]. Návary se proto kontrolují ultrazvukem. Nadkritická vada rozvine časem (po provozním vrubovém zcitlivění materiálu ventilové hlavy) únavový lom ventilu.

Výfukové ventily se běžně vyrábí jako trimetalické = Co návar + hlava z Ni slitiny nebo austenitické oceli + třením či odporově navařený dřík z martenzitické Cr oceli (pochromovaný) s kalenou stopkou pro kontakt s vahadlem. Ventily tradičně vyráběné v Česku využívaly austenitickou ocel 17 465 (EN 1.4871) a martenzitickou 17 115 (EN 1.4718). Pro dosažení maximální pevnosti jsou austenitické ventilové oceli zpevňovány přísadou austenitotvorného dusíku (obsahy Ni jsou proto nízké, nahrazuje ho také Mn) a C, který vazbou na mikrolegury Nb, Ta, Ti potlačuje degradaci zrna. Teplotně nejnamáhanější ventily se vyrábí ze slitin Ni zpevněných intermetaliky Nb, Ta, Ti, Al.

Sací ventily s menší tepelnou expozicí se vyrábí jako monometalické z martenzitických ocelí s povrchově kalenou sedlovou plochou a stopkou.

3.3. Nástrojové oceli

Na výrobu nástrojů se využívají oceli s vyššími požadavky na tvrdost a houževnatost, odolnost proti opotřebení a to i za vysokých teplot. Jednoznačný znak tradičních nástrojových ocelí ČSN je předčíslení 19+++.

19 000-19299 - uhlíkové oceli (0,5-1,5%C) pro menší řezné nástroje do 150st.C. Na dřevo, ruční nářadí. Kalí se jednoduše do vody.

19 312 – 19740 - legované nástrojové oceli. Obsahují Cr, do 4%W. Řezivost do 250st.C. Pro tvářecí nástroje i 2%Ni. 19 436 – 2%C , 12%Cr (ocel s nejvyšším obsahem C). Kalí se do oleje.

19 800 – 19865 - rychlořezné oceli. 0,7-1,5%C. Typický obsah % 18W 4Cr 1V 5Co. Řezivost do 650st.C. je dána tzv. sekundární tvrdostí, která se docílí po zakalení z cca 1250st.C na vzduchu a násobným popuštěním při 550-650st.C. Odvalovací frézy a protahovací trny, nože. Povlakováním (TiN) se životnost břitu z RO ocelí násobí.

Příklady EN nástrojových ocelí uvedených v řadě konstrukčních ocelí - **uhlíkové**

1.1520 C70W1 čelisti svěráků, kolíky

1.1830 C85W sekáče, okružní pily, lišty

legované

1.2002 125Cr1 závitníky, trny

1.2709 0X3NiCoMoTi18-9-5 martenzitická vytvrditelná ocel na zápusky a lisovací matrice s minimální deformací

1.2889 X45CoCrMoV5-5-3 nástroje nejvyšší pevnosti za tepla s mimořádnou otěruvzdorností při 700st.C 40HRC tvrdost.

EN má zvláštní způsob značení jen pro **RO oceli**.

1.3202 HS12-1-4-5 ocel 4x popuštěná při 580st.C drží do 620⁰C tvrdost 62HRC.Posloupnost prvků - % W Mo V Co.