

Přehled vybraných legovaných nástrojových ocelí pro práci za studena a jejich charakteristika

Označení			Střední chemické složení							Obvyklý způsob použití
Podle EN ISO 4957	Podle EN 10027-2	Podle ČSN	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	
60WCrV8	1.2550	19735	0,60	0,85	0,30	1,05	-	1,95	0,15	Řezy pro tlustší materiál, razníky pro děrování, průmyslové nože, nástroje pro opracování dřeva.
90MnCrV8	1.2842	19313	0,90	0,25	2,0	0,35	-	-	0,12	Řezy, střížní nástroje, razníky, průmyslové nože, měřidla.
95MnWCr5	1.2825	19314	0,95	0,25	1,20	0,50	-	0,55	0,12	Jako 90MnCrV8 při požadavku na vyšší otěruvzdornost a tvrdost po kalení.
X100CrMoV5	1.2363	~19571	1,0	0,25	0,60	5,15	1,05	-	0,25	Prostřihovací nástroje (matrice, razníky), nástroje pro lisování za studena, nože k nůžkám, průmyslové nože
X153CrMoV12	1.2379	19573	1,53	0,35	0,40	12,0	0,85	-	0,85	Řezy s vyšší houževnatostí, průmyslové nože, nože pro stříhání plechu do tloušťky 6mm, lisovací nástroje za studena.
X210Cr12	1.2080	19436	2,10	0,30	0,40	12,0	-	-	-	Podobně jako X210CrW12 při menších nárocích na prokalitelnost a otěruvzdornost.
X210CrW12	1.2436	~19437	2,10	0,30	0,45	12,0	-	0,70	-	Podobně jako X153CrMoV12, s vyššími nároky na tvrdost při nižší houževnatosti. Nástroje pro lisování, ohýbání, lemování, válcování závitů, formy na lisování keramických hmot. Výkonné nástroje pro obrábění dřeva.
45NiCrMo16	1.2767	~19655	0,45	0,25	0,35	1,35	0,25	Ni 4,05	-	Vysoce namáhané nástroje pro ražení, nástroje pro tváření za studena, nože pro stříhání tlustého materiálu (nůžky na šrot), lisovací nástroje.
Podle DIN 17 350	W.Nr.	ČSN	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	
115CrV3	1.2210	19421	1,18	0,22	0,30	0,65	-	-	0,10	Spirálové vrtáky, závitníky, vyhazovače, děrovací nástroje, výstružníky, záhlubníky. Dodává se též jako tzv. „stříbřenka“.
62SiMnCr4.	1.2101	19452	0,63	1,10	1,10	0,60	-	-	-	Upínací nástroje, nože nůžek, děrovací nástroje, závitofezné nástroje pro barevné kovy.

Uvedeny jsou pouze nejčastěji používané značky ocelí, obvykle dostupné ze skladových zásob. Po konzultaci s našimi techniky lze nabídnout i další varianty pro specifické případy použití. U označení podle ČSN znamená ~ pouze přibližnou shodu chemického složení s ocelí podle EN ISO, avšak vlastnostmi je ocel zaměnitelná za příslušný ekvivalent podle EN ISO4957 popř. DIN 17 350.

Způsob výroby a vliv legujících prvků na vlastnosti

Výroba: vyrábějí se běžnými ocelářskými pochody s následným zpracováním na tyče, drát a ploché výrobky. Výrobky válcoven se podle předpokládaného účelu upotřebení dále zpracovávají tvářením za studena (tyče a drát-tažením, ploché výrobky-válcováním) nebo opracováním povrchu (tyče broušené nebo loupané). Ledeburitické chromové oceli a bloky pro rozměrnější nástroje z ostatních značek se tvářejí kováním. Při výrobě oceli se dbá především na nízké obsahy fosforu a síry. Omezují se i obsahy doprovodných prvků (Cu, Sn) výběrem vstupních surovin zejména v případě výroby z pevné vsázky (elektroocel). Přísada legujících prvků se provádí cíleně s ohledem na druh oceli a její předpokládaný účel použití. Velmi důležitým faktorem je čistota a strukturní stejnorodost. Ocelárny jsou proto vybaveny tzv. pánvou metalurgií (pánvové pece, vakuování, tavení ve vakuu a následné přetavování primárních výrobků oceláren pod struskou nebo ve vakuu). Při výrobě hutních polotovarů popř. výkovek je důležité dodržovat doporučené rozmezí tvářecích teplot. Oceli s vyššími obsahy uhlíku a vyšším obsahem legur je vhodné pro tváření pomalu vychlazovat a pokud možno po tváření co nejdříve vyžít. Při zpracování za tepla včetně tepelného zpracování, je třeba se vyhnout nadměrnému oduhličení povrchové vrstvy. Výše legované oceli se za tepla hůře tvářejí, proto se válcováním vyrábějí pouze menší rozměry z předkovaných polotovarů. To platí především pro ledoburitické oceli s 12% Cr.

Neustále se zvyšující nároky na výkonnost nástrojových ocelí vedly k zavedení nových technologií výroby, jako je kupř. prášková metalurgie. Pomocí této technologie lze docílit chemického složení a strukturních stavů, kterých při klasické ocelářské technologii nelze dosáhnout

Vliv chemického složení: legujícími prvky jsou v této skupině ocelí především karbidotvorné prvky chrom, wolfram, molybden, vanad. Z ostatních pak nikl, mangan a křemík. Nejběžnější přísadou je chrom, ovlivňující odolnost proti opotřebení, poněvadž vytváří tvrdé speciální karbidy. Zvyšuje též

prokalitelnost a odolnost proti popuštění. Kladný vliv na zlepšení odolnosti proti opotřebení a zvýšení prokalitelnosti mají též wolfram a molybden. Oceli legované molybdenem jsou přitom houževnatější než oceli s wolframem. Vanad tvoří speciální, velmi tvrdé karbidy a nejvýrazněji proto zvyšuje otěruvzdornost. Vysoký obsah vanadu však zhoršuje obrobitelnost ve stavu žíhaném na měkko a ztěžuje broušení po konečném tepelném zpracování (kalení).

Nikl zvyšuje prokalitelnost a především houževnatost nástrojů namáhaných rázy (tvářecí nástroje). Oceli legované niklem však tvoří samostatnou skupinu houževnatých ocelí pro práci za studena. Oceli legované manganem, se vyznačují malými rozměrovými změnami po kalení. Křemík se jako přísada vyskytuje méně často, především u ocelí pro výrobu nástrojů dynamicky namáhaných (např. nástroje na drcení hornin).

Charakteristika vlastností:

Nadeutektoidní oceli s obsahem uhlíku 0,75 až 1,25 % s přísadou chromu mají oproti uhlíkovým ocelím větší prokalitelnost. Kalí se vesměs do oleje. Vyznačují se vysokou tvrdostí po kalení a dobrou odolností proti opotřebení. Jejich reprezentantem je ocel 115CrV3.

Ledeburitické chromové oceli představují skupinu nejvýkonnějších ocelí pro práci za studena. Mají ve struktuře speciální ledeburitické karbidy chromu, případně vanadu. Jejich přítomnost ovlivňuje odolnost proti opotřebení. Klasickým reprezentantem je ocel X210Cr12 s více jak 2% C a středním obsahem Cr 12 %. Od tohoto základního typu jsou odvozeny oceli se zvýšenou houževnatostí, popřípadě se zlepšenou odolností proti opotřebení. Vyšší houževnatosti se docílí snížením obsahem uhlíku. Zástupcem je ocel X153CrMoV12 s obsahem 1,5% C, 12% Cr. Příklad Mo a V přispívá ke zvýšení prokalitelnosti a odolnosti proti opotřebení. Zlepšenou odolnost proti opotřebení oproti X210Cr12 má ocel X210CrW12, díky přítomnosti karbidů wolframu ve struktuře.

Nevýhodou ledeburitických 12%ních chromových ocelí je však uspořádání karbidů do typických řádků u jednosměrně tvářených tyčových polotovárů a z toho plynoucí anisotropie vlastností (deformace po tepelném zpracování a mechanické vlastnosti) s ohledem na směr tváření. Řádkovitost je výraznější směrem od povrchu ke středu polotovaru a je též výraznější u větších průměrů, kde závisí na stupni protváření. Někteří výrobci nástrojů vyžadují vyhodnocování strukturální řádkovitosti a velikosti ledeburitických karbidů pomocí porovnávacích etalonů. Snížený obsah C u oceli X153CrMoV12 má příznivý vliv na strukturu a houževnatost.

Chromové ledeburitické oceli mají velkou prokalitelnost a prokalují u používaných rozměrů v celém průřezu. U menších rozměrů je účelné provádět kalení s ochlazením na vzduchu. Pro snížení deformací a zlepšení houževnatosti je vhodné termální kalení do solné lázně o teplotě 300 až 450 °C.

Subledeburitické chromové oceli s obsahem uhlíku kolem 1% a s 5% chromu, neobsahují speciální ledeburitické karbidy a svým fázovým složením patří spíše do skupiny ocelí nadeutektoidních. Tyto oceli se vyznačují výhodnou kombinací houževnatosti a odolnosti proti opotřebení při dostatečně velké prokalitelnosti. Uplatňují se v případech, kdy ledeburitické chromové oceli pro nízkou houževnatost nevyhovují a komplexně legované oceli nezajišťují potřebnou odolnost proti opotřebení. Jejich reprezentantem je ocel X100CrMoV5.

Komplexně legované oceli se zvýšenou houževnatostí obsahují 0,4 až 0,6 % uhlíku a jsou legovány v různých kombinacích chromem, molybdenem wolframem a vanadem. Jejich představitelem v uvedeném přehledu je ocel 60WCrV8. Tyto oceli se vyznačují dostatečnou prokalitelností při kalení do oleje a s ohledem na přítomnost karbidotvorných prvků též dobrou odolností proti opotřebení. Zvýšená houževnatost souvisí, v porovnání s nadeutektoidními oceli, s nižším obsahem uhlíku. Přesto dosahují po kalení tvrdosti kolem 60 HRC. Do této skupiny lze vlastnostmi zařadit i křemík legovanou ocel 62SiMnCr4.

Rozměrově stálé manganové oceli kalitelné do oleje se vyznačují malými rozměrovými změnami po tepelném zpracování, což souvisí s charakterem struktury po kalení (vyvážený podíl obsahu martenzitu a zbytkového austenitu). Jsou dále legovány karbidotvornými prvky, chromem, wolframem a vanadem, které zvyšují prokalitelnost a odolnost proti opotřebení. V tabulce je zastupují oceli 90MnCrV8 a 95MnWCr5.

Niklové oceli s 3 až 4 % Ni jsou typickým zástupcem velmi houževnatých nástrojových ocelí, které mají navíc velkou prokalitelnost. Přítomné karbidotvorné prvky zajišťují i dostatečnou odolnost proti opotřebení. Dobře proto snášejí zejména rázová namáhání (nástroje pro ražení a tváření). Jsou odolné proti vylamování ostří např. střížných nástrojů pro dělení materiálů větších tloušťek. Jejich zástupcem je v tabulce ocel 45NiCrMo16.

Porovnání vlastností uvedených značek: v materiálových listech bylo použito slovní hodnocení, které může sloužit uživateli k výběru vhodné oceli. Toto hodnocení je zde doplněno poměrným hodnocením vybraných vlastností, formou lineárního grafu, přičemž základ (100%) představuje nejvyšší kladné hodnocení dané vlastnosti. Obě hodnocení jsou pouze orientační, poněvadž skutečné výsledky závisí do značné míry na druhu nástroje, pracovních podmínkách a dalších okolnostech.

Značka oceli	Otěruvzdornost (stav kal. + pop.)	Houževnatost (stav kal. + pop.)	Obrobitelnost (stav žíhaný)	Rozměrová stálost po kalení
60WCrV8	45 %	45 %	75 %	70 %
90MnCrV8	65 %	60 %	90 %	90 %
95MnWCr5	75 %	65 %	85 %	90 %
X100CrMoV5	80 %	55 %	68 %	100 %
X153CrMoV12	100 %	50 %	45 %	75 %
X210Cr12	85 %	35 %	40 %	70 %
X210CrW12	100 %	30 %	35 %	70 %
45NiCrMo16	30 %	100 %	50 %	65 %
115CrV3	70 %	65 %	80 %	55 %
62SiMnCr4	65 %	75 %	100 %	65 %