

## Přehled vybraných legovaných nástrojových ocelí pro práci za tepla 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	
55NiCrMoV7	1.2714	19 663	0,55	0,25	0,75	1,00	0,45	-	0,15	Malé, střední a velké zápustky pro kování a lisování oceli i neželezných kovů, formy na lisování plastických hmot, nože k nůžkám pro stříhání silného materiálu a šrotu.
32CrMoV12-28	1.2365	19 541	0,32	0,25	0,30	2,95	2,75	-	0,12	Nástroje pro lisování, protlačování, funkční části zařízení pro tlakové lití (formy a komory).
X37CrMoV5-1	1.2343	19 552	0,37	1,00	0,37	5,15	1,30	-	0,12	Funkční části zařízení pro tlakové lití slitin hliníku, nástroje pro tváření kovů, zejména chlazené vodou (tvarově složité formy a malé zápustky k lisování a vstřikování za tepla).
X40CrMoV5-1	1.2344	19 554	0,40	1,00	0,37	5,15	1,30	-	0,25	Podobně jako ocel X37CrMoV5-1 s vyššími nároky na tvrdost a životnost nástrojů.
X30WCrV9-3	1.2581	19 721	0,30	0,25	0,30	2,85	-	9,00	0,40	Vysoce tepelně namáhané nástroje pro tváření a protlačování, děrovací nástroje, menší zápustky, menší lisovací a tažné trny, nože k nůžkám s vysokou životností za vyšších teplot.

Uvedeny jsou pouze nejčastěji používané značky ocelí, též dostupné ze skladových zásob. Po konzultaci s našimi techniky lze nabídnout i další značky pro specifické případy použití.

### Způsob výroby a vliv legujících prvků na vlastnosti.

**Výroba :** vyrábějí se běžnými ocelářskými pochody s následným zpracováním na tyče a kované bloky. Při výrobě oceli se dbá především na nízké obsahy fosforu a síry. Omezují se i obsahy doprovodných prvků (Cu, Sn) výběrem surovin především 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 metalurgii (pánvové pece, vakuování, tavení ve vakuu a následně 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 po tváření pomalu vychlazovat a pokud možno co nejdříve vyžehat. Při tváření za tepla včetně tepelného zpracování, je třeba se vyhnout nadměrnému oduhlíčení povrchové vrstvy. Výše legované oceli se za tepla hůře tvářejí, proto se válcováním vyrábějí pouze menší rozměry z předkovaných polotovarů.

Oceli pro zápustkové kování a lisování se odlévají do ingotů o hmotnosti i několika desítek tun a následně kovají na lisech do bloků pravouhlých průřezů.

Neustále se zvyšující nároky na výkonnost nástrojových ocelí vedlo k zavedení nových technologií výroby, jako je kupř. prášková metalurgie. Pomocí této technologie lze vyrábět oceli s vlastnostmi, kterých klasickými výrobními postupy nelze dosáhnout.

**Vliv chemického složení:** v porovnání s oceli pro práci za studena mají oceli pro práci za tepla všeobecně nižší obsahy uhlíku, přibližně v rozmezí 0,3 – 0,60 %.

Hlavními legujícími prvky jsou chrom, wolfram, vanad a molybden. U některých se jako přísada vyskytuje i kobalt.

Jednotlivé prvky, kterými jsou tyto oceli legovány, přispívají různou měrou k vlastnostem, které jsou pro práci za tepla rozhodující.

Patří k nim zvýšená odolnost proti popouštění, vysoká pevnost a oteruvzdornost za tepla. Vedle toho se požaduje dostatečná prokalitelnost a přiměřená houževnatost.

Chrom přispívá ke zvýšení prokalitelnosti, odolnosti proti popouštění a oteruvzdornosti. Také molybden zvyšuje prokalitelnost, odolnost proti popouštění a oteruvzdornost.

Molybdenové typy ocelí jsou oproti wolframovým houževnatější. Wolfram vytváří velmi tvrdé a i při vyšších teplotách těžko rozpustné karbidy. Proto přispívá velmi výrazně k zvýšení odolnosti proti popouštění a oteruvzdornosti. Wolframové oceli pro práci za tepla se proto používají k výrobě nejvíce namáhaných nástrojů pro práci za vysokých teplot. Také vanad vytváří velmi tvrdé a těžko rozpustné karbidy. Je proto přítomen v převážně většině ocelí pro práci za tepla. Kobalt, ač nepatří k prvkům karbidotvorným, přispívá zejména ke zvýšení odolnosti proti popouštění. Nikl ovlivňuje především houževnatost, ale přispívá též ke zvýšení prokalitelnosti i když v menší míře než chrom a molybden. Nikl proto obsahují oceli používané na nástroje namáhané rázem. Jsou to např. bloky pro zápustkové kování a zápustky pro lisování za tepla.

Oceli wolframové s obsahem wolframu od 4 do 9% a přibližně s 0,3% uhlíku. Kromě wolframu obsahují běžně i přísadu chrómu a vanadu: Některé jsou legovány i kobaltem. Jsou to vysoce výkonné oceli s velkou pevností za tepla při dostatečné houževnatosti. Mají dobrou prokalitelnost a proto je lze kalit do oleje nebo v termální lázni. Obtížnější rozpustnost karbidů wolframu v austenitu vyžaduje vyšší kalící teploty. Charakteristickou vlastností je výrazné maximum sekundární tvrdosti (výrazný nárůst tvrdosti v určitém intervalu popouštěcích teplot) a s tím související odolnosti proti popouštění. Uvedený reprezentant, ocel X30WCrV9-3, patří k velmi výkonným typům. Je však méně houževnatá oproti ocelím s nižším obsahem wolframu. Je proto vhodná na menší a tvarově jednodušší nástroje.

Oceli molybdenové, které zde reprezentuje ocel 32CrMoV12-28 s 3% Mo, jsou navíc legovány chrómem a vanadem. Jejich použití je obdobné jako u ocelí wolframových. Jsou však houževnatější a mnohem lépe odolávají teplotním změnám. Nevyžadují tak vysoké kalící teploty. Jejich předností je, že nástroje lze za provozu chladit vodou. Vedle nástrojů pro kování a lisování za tepla se používají k výrobě matric na protlačování barevných kovů.

Oceli chrom-molybdenové jsou reprezentovány oceli s 5% chrómu, 1,4 % molybdenu a s přísadou vanadu popř. křemíku. Vysoký obsah chrómu zajišťuje těmto ocelím velkou prokalitelnost. Jsou proto kalitelné nejen v oleji, ale též na vzduchu. Přítomné karbidotvorné prvky přispívají k vyšší odolnosti proti popouštění. Řadí se k výkonným ocelím pro práci za tepla. Jsou oproti ocelím wolframovým houževnatější a podobně jako nástroje z ocelí molybdenových, lze k chlazení použít vodu.

Nejužívanějšími oceli této skupiny jsou oceli

X37CrMoV5-1 a X40CrMoV5-1. Jejich využití je poměrně široké. Uplatňují se mimo jiné na malé až středně velké nástroje pro zápustkové kování na lisech zejména jedná-li se o velké série výkovek. Používají se též na nástroje k protlačování a tlakové lití odliktů z „lehkých slitin“.

Středně a nízko legované oceli na zápustky zde zastupuje nikl-chrom-molybden-vanadová ocel 55NiCrMoV7. Již z jejího složení vyplývá, že se jedná o ocel s velkou prokalitelností, dobře kalitelnou nejen v oleji, ale i na vzduchu. Vyznačuje se též velkou houževnatostí a pevností. Při popouštění však chybí oblast sekundárního vytvrzování. Tvrdost proto klesá s rostoucí teplotou popouštění.

Do této skupiny ocelí lze zařadit i středně legovanou ocel se 4,5 % niklu (ČSN 19 642) s velkou houževnatostí, vhodnou na zápustky s členitými tvary dutin, jak pro kovací lisy, tak především pro buchary.

Z uvedeného vyplývá, že oceli pro práci za tepla se vyznačují velkou prokalitelností za vzniku martenzitické nebo bainitické struktury. S výjimkou oceli 55NiCrMoV7, se popouštějí do oblasti sekundární tvrdosti, nebo při požadavku větší houževnatosti při teplotách za maximem sekundární tvrdosti, obvykle v rozmezí 550 až 650°C. Pro snížení zbytkového austenitu, kterého může být ve struktuře po kalení větší množství, se doporučuje provádět opakované, nejméně dvojitě popouštění. Při porovnávání vlastností je nutno brát v úvahu výchozí pevnost na kterou byly oceli zušlechťeny.

**Porovnání vlastností uvedených značek:** v materiálových listech bylo použito pro výběr vhodného typu oceli slovní hodnocení. Toto hodnocení je dále doplněno poměrným hodnocením vybraných vlastností a to 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	Pevnost za tepla	Houževnatost za tepla	Otěruvzdornost za tepla	Obrobitelnost
55NiCrMoV7	55 %	100 %	40 %	80 %
32CrMoV12-28	80 %	60 %	65 %	90 %
X37CrMoV5-1	65 %	90 %	60 %	100 %
X40CrMoV5-1	65 %	90 %	65 %	90 %
X30WCrV9-3	100 %	50 %	100 %	60 %