

Přehled vybraných nástrojových ocelí pro zpracování plastů a jejich charakteristika

Označení			Chemické složení						Obvyklý způsob použití
Podle chemického složení	Číselné označení	Uvedeno v	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	
Oceli k zušlechťování									
40CrMnMo7	1.2311	SEL ¹⁾	0,40	0,30	1,50	2,0	0,2	-	Větší a střední formy a rámy též pro formy na tlakové lití, díly používané ve všeobecném strojírenství.
40CrMnMoS8-6 ²⁾	1.2312	DIN 17 350	0,40	0,40	1,50	1,9	0,2	-	Obdobně jako 40CrMnMo7, avšak s lepší obrobitelností.
40CrMnNiMo8-6-4 ³⁾	1.2738	EN ISO 4957	0,40	0,30	1,45	1,95	0,20	1,0	Velké formy, s vyšší pevností a houževnatostí, díly používané ve všeobecném strojírenství.
Oceli k cementování									
21MnCr5	1.2162	EN ISO 4957	0,20	0,25	1,25	1,15	-	-	Formy střední velikosti se zvýšenou oteruvzdorností po cementaci.
X19NiCrMo 4	1.2764	DIN 17 350	0,19	0,25	0,30	1,25	0,20	4,05	Formy větší a střední velikosti se zvýšenou oteruvzdorností po cementaci a vyšší houževnatostí jádra.
Oceli korozivzdorné									
X40Cr14	1.2083	EN ISO 4957	0,40	≤1,0	≤1,0	13,5	-	-	Formy pro zpracování chemicky agresivních plastů případně s podíly abrazivních látek.
X38CrMo16	1.2316	EN ISO 4957	0,38	≤1,0	≤1,5	16,5	1,05	≤1,0	Formy pro zpracování chemicky agresivních plastů případně s podíly abrazivních látek. Oproti X40Cr14 vyšší korozní odolnost a prokalitelnost.
¹⁾ SEL = Stahl-Eisen-Liste; ²⁾ střední obsah síry = 0,075 %; ³⁾ po dohodě je lze dodávat s obsahem S 0,050 až 0,10% a též bez Ni.									
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.									

Způsob výroby a vliv legujících prvků na vlastnosti

Výroba: vyrábějí se běžnými ocelářskými pochody. Tekutá ocel se převážně odlévá do ingotů k dalšímu kování na bloky pravouhlých průřezů. Bloky se dále třískově opracují na výchozí formáty pro zhotovování forem. Pro výrobu menších forem se používají přřezy vzniklé dělením bloků na pilách. Příslušenství k formám (např. sloupky, vyhazovače) se vyrábějí z tyčové oceli válcované. Při výrobě oceli se dbá především na nízké obsahy fosforu a síry s výjimkou značek legovaných sírou pro zlepšení obrobitelnosti. 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. pánvovou metalurgií (pánvové pece, vakuování, tavení ve vakuu a následné přetavování primárních výrobků oceláren pod struskou nebo ve vakuu). Zvláště přetavování oceli, které zlepšuje čistotu a homogenitu oceli, výrazně ovlivňuje vlastnosti forem.

Při výrobě hutních polotovarů popř. výkovků 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 vyžít. Při zpracování za tepla včetně tepelného zpracování, je třeba se vyhnout nadměrnému oduhlíčení povrchové vrstvy.

Neustále se zvyšující nároky na výkonnost 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. Oceli takto vyrobené mají mimořádné vlastnosti, které se výrazně projevují na životnosti nástrojů.

Vyjma ocelí určených k cementování, se příslušné polotovary na k výrobě forem dodávají ve stavu zušlechťeném. Nové tepelné zpracování se u výrobce forem obvykle provádí pouze v případech, jsou-li jiné požadavky na tvrdost.

Vliv chemického složení: legujícími prvky jsou v této skupině ocelí především prvky ovlivňující prokalitelnost, oteruvzdornost a korozní odolnost. Patří k nim mangan, chrom, molybden a nikl, který navíc zlepšuje houževnatost. Z ostatních se vyskytuje síra, která jako legura zlepšuje obrobitelnost. Chrom u korozivzdorných ocelí pro zpracování plastů je přítomen v množství nad 13%. V kombinaci s přísadou molybdenu se dále zlepšuje korozní odolnost a též oteruvzdornost.

Obsah uhlíku se liší u značek ocelí určených k zušlechťování od ocelí určených k cementování. Oceli k cementování, s nízkým obsahem uhlíku, se používají pro formy, kde se vyžaduje s ohledem na získání vysoké odolnosti proti opotřebení, vysoká tvrdost povrchové (cementované) vrstvy a houževnaté jádro.

Charakteristika vlastností:

Oceli k zušlechťování: se vyznačují vysokou tvrdostí po kalení, relativně vysokou pevností po kalení a popouštění a vysokou prokalitelností. Tyto vlastnosti uvedené skupiny ocelí propůjčují formám popř. dalším dílům zařízení pro zpracování plastických hmot, vysokou odolnost proti opotřebení a odolnost proti porušení vlivem mechanického namáhání. Vysoká prokalitelnost zaručuje, že mechanické vlastnosti jsou napříč průřezem rovnoměrné.

Možnost objednání varianty se zvýšeným obsahem síry, umožňuje zlepšit podmínky při třískovém obrábění.

Oceli k cementování: jsou zde reprezentovány dvěma značkami. Oceli 21MnCr5 je obdobou odpovídající konstrukční oceli k cementování. V podobě nástrojové oceli je však při výrobě kladen větší důraz na čistotu a strukturní homogenitu vyráběného hutního polotovaru.

Ocel 19NiCrMo 4 je jednoznačně přizpůsobena danému účelu použití. Vyšší obsah uhlíku přispívá k vyšší pevnosti v jádře. Chrom a molybden zvyšují prokalitelnost vysoký obsah niklu navíc vysokou houževnatost. Formy a odpovídající konstrukční díly forem z této oceli jsou značně odolné proti mechanickému namáhání, přičemž kalená cementovaná vrstva je vedle zvýšené houževnatosti značně odolná proti opotřebení.

Oceli korozivzdorné: řada zpracovávaných plastických hmot vykazuje výraznou chemickou agresivitu. Ve složení směsí se mohou vyskytovat i substance s abrazivními vlastnostmi. Proto se vyžadují pro zpracování těchto hmot nástroje s dostatečnou korozní odolností, odolné též proti otěru. Tyto vlastnosti splňují martenzitické, tj. kalitelné korozivzdorné oceli s vyšším obsahem uhlíku a minimálně 13% chromu. Nejjednodušší variantou je ocel X40Cr14, která po kalení dosahuje tvrdosti kolem 52 HRC. Druhá zde uvedená ocel X38CrMo16, má díky zvýšenému obsahu Cr na 16% a přísady molybdenu ještě lepší korozní odolnost. Přítomnost karbidů chromu a molybdenu ve struktuře této oceli, přispívá i k vyšší odolnosti proti opotřebení, i když je tvrdost po kalení při nižším obsahu uhlíku poněkud nižší.

Všechny typy uvedených ocelí jsou dobře lešitelné (podmínka pro získání kvalitního povrchu plastového dílu) a v dodaném stavu dobře obrobitelné třískovým obráběním. Gravuru formy lze v některých případech při použití cementačních ocelí zhotovit vtačováním za studena, pokud je výchozí materiál odpovídajícím způsobem tepelně zpracován (nízká tvrdost).

Technologie výroby plastových dílů a volba vhodného typu oceli:

Při výrobě plastových dílů z příslušné suroviny se uplatňují různé technologie. Plastické hmoty se tvarují působením tepla a tlaku pomocí nástrojů pro:

- tvarové lisování,
- vstříkávání,
- vyfukování,
- protlačování.

Volba oceli pro jednotlivé díly zařízení včetně vlastní formy, závisí vedle zpracovávaného plastu i na způsobu tvarování a konstrukci vlastního zařízení. Těstovitá nebo tekutá surovina v nástroji (formě) po zchlazení tuhne, nebo se následným ohřevem vytvarovaný díl vytvrzuje. Provozní teplota nástrojů obvykle nepřesahuje 250°C, takže oceli používané na jejich výrobu nemusí vykazovat odolnost proti popuštění. Také požadavky na pevnost nejsou ve většině případů velké. Obvykle se vystačí s pevnostmi kolem 1000 MPa. Pouze v případech, kdy surovina obsahuje abrazivní plnidla (práškový kysličník křemičitý) nebo armovací látky (skleněná vlákna), jsou nástroje namáhány na otěr. Otěruvzdornost je pak rozhodující pro životnost nástroje. Pro tyto případy je nutné použít pro výrobu nástrojů oceli s vysokým podílem karbidotvorných prvků (např. ledeburitickou 12%ní chromovou ocel X153CrMoV12) nebo oceli vhodné pro povrchovou úpravu např. cementováním nebo nitridováním.

Při volbě oceli je též rozhodující její obrobitelnost. Požadavek na dobrou obrobitelnost mnohdy převládá nad ostatními požadovanými vlastnostmi. To platí zejména u velkých forem, kde třískové obrábění je při jejich zhotovování velmi náročné a rozsáhlé. Zde se uplatňují oceli legované sírou do obsahu kolem 0,10%.

Rozměrovým změnám, ke kterým dochází při tepelném zpracování, se lze vyhnout použitím již zušlechťených ocelí (viz. oceli k zušlechťování), které se používají pro výrobu forem v dodaném stavu s pevností v rozmezí 900 až 1200 MPa.

Vzniká-li nebezpečí, že se při zpracování některých surovin uvolňují látky, které formu chemicky napadají (např. polyvinylchloridy), osvědčují se korozivzdorné oceli.

Vysoká homogenita a čistota oceli se vyžaduje při výrobě sklu podobných, průhledných dílů. V těchto případech je nezbytné použít oceli přetavené. Přetavená ocel je též lépe lešitelná. Oceli se sírou, které obsahují sulfidické vměstky, nejsou pro tento účel použity vhodné.

Přesahuje-li při zpracování plastických hmot pracovní teplota 200°C, osvědčily se pro výrobu forem oceli pro práci za tepla, např. X38CrMoV 51.

Porovnání vlastností uvedených značek: je provedeno formou lineárního grafu, přičemž základ (100%) představuje nejvyšší kladné hodnocení dané vlastnosti. Hodnocení vlastností je pouze orientační, poněvadž skutečné výsledky závisí do značné míry na druhu nástroje, pracovních podmínkách a dalších okolnostech.

Značka oceli	Lešitelnost	Odolnost proti opotřebení	Obrobitelnost	Stálost rozměrů po kalení	Odolnost proti korozi
	95 % ³⁾	60 % ³⁾	70 % ³⁾	100 % ³⁾	
40CrMnMoS8-6	45 % ³⁾	50 % ³⁾	90 % ³⁾	100 % ³⁾	30 % ³⁾
40CrMnNiMo8-6-4	95 % ³⁾	60 % ³⁾	70 % ³⁾	100 % ³⁾	35 % ³⁾
21MnCr5	95 % ¹⁾	100 % ¹⁾	100 % ⁴⁾	55 % ¹⁾	20 % ¹⁾
X19NiCrMo4	95 % ¹⁾	100 % ¹⁾	90 % ⁴⁾	55 % ¹⁾	
X40Cr14	100 % ²⁾	90 % ²⁾	80 % ⁴⁾	65 % ²⁾	80 % ²⁾
	85 % ³⁾	75 % ³⁾	65 % ³⁾	60 % ²⁾	100 % ³⁾

¹⁾ stav kalený po cementaci; ²⁾ stav kalený a popuštěný; ³⁾ stav zušlechťený; ⁴⁾ stav měkce žíhaný.