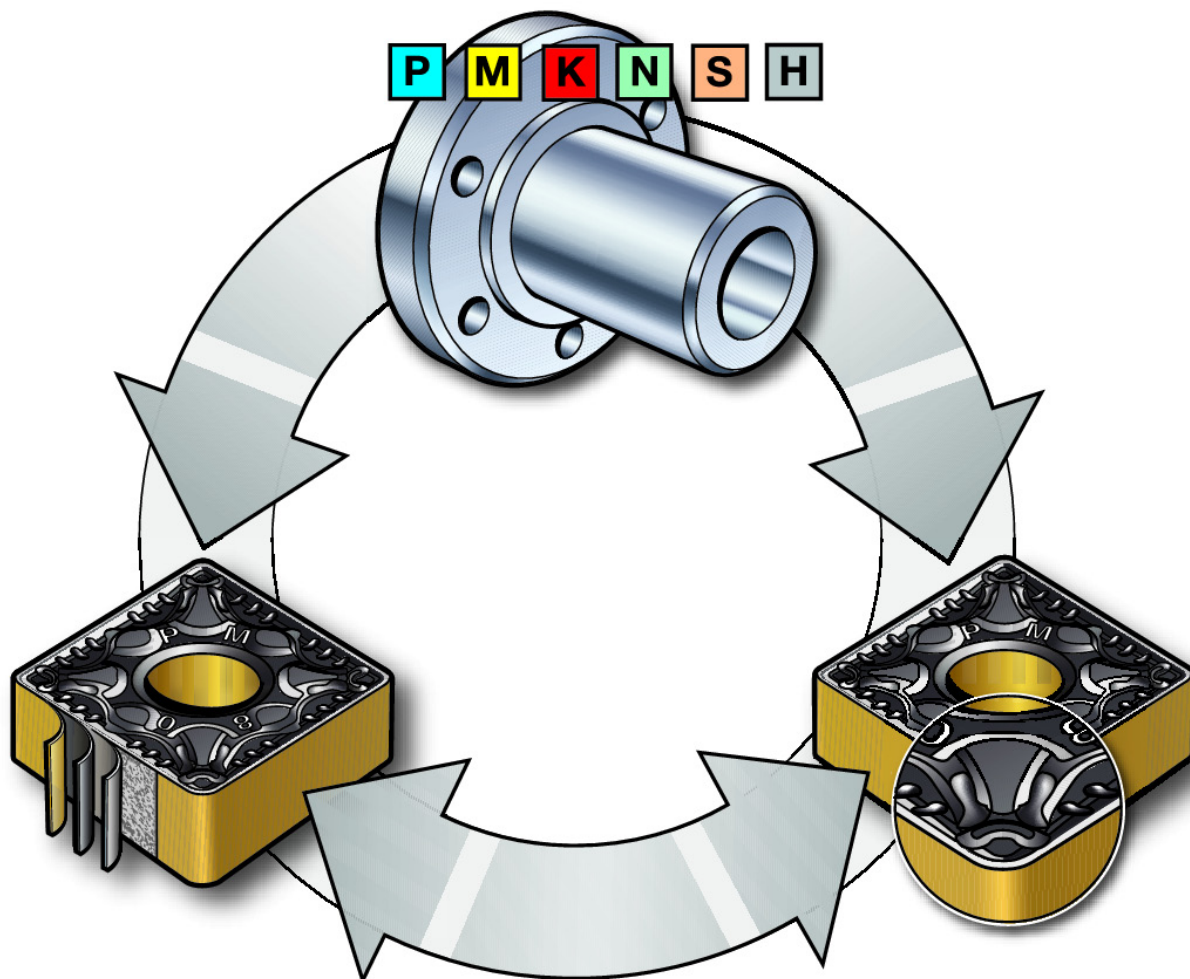


MATERIÁLY

Úvod	H 2
Nástrojové materiály	
Úvod a vymezení pojmů	H 3
Povlakované slinuté karbidy (HC)	H 4
Cermety (HT, HC)	H 7
Řezná keramika (CA, CN, CC)	H 8
Polykrystalický kubický nitrid bóru, CBN (BN)	H 9
Polykrystalický diamant, PCD (DP)	H 9
Opotřebení bříty	H 10
Třídy nástrojových materiálů Sandvik Coromant	H 11
Materiály obrobku	
Klasifikace materiálů	H 16
Oblast ISO P, ocel	H 18
Oblast ISO M, korozivzdorná ocel	H 22
Oblast ISO K, litina	H 26
Oblast ISO N, neželezné kovy	H 31
Oblast ISO S, žárovzdorné slitiny	H 32
Oblast ISO H, tvrzené oceli	H 35
Vymezení pojmu obrobitelnost	H 36
Srovnávací tabulka materiálů	H 37



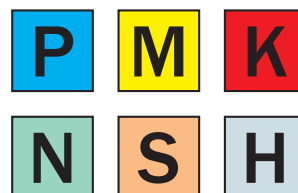
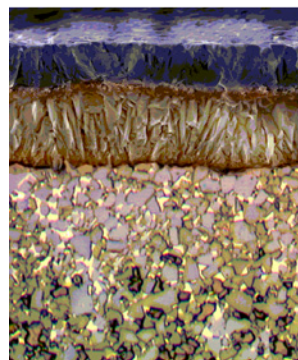
Úvod

Nalezení a přiřazení nejvhodnějšího nástrojového materiálu (třídy) a geometrie břitové destičky pro daný materiál obrobku je velmi důležité pro bezporuchovost a produktivitu obráběcího procesu. Také ostatní parametry, jako například řezné podmínky, dráha nástroje atd., jsou velmi důležité pro úspěšný výsledek.

Tato kapitola nabízí základní informace o:

- Nástrojových materiálech, jako jsou například slinuté karbidy, řezná keramika, CBN, PCD, atd.
- Materiálech obrobku a jejich klasifikaci z pohledu jejich obrobitelnosti.

Podrobnější informace o obrábění různých materiálů obrobků pomocí různých nástrojů, viz Všeobecné soustružení, kapitola A, Upichování a zapichování, kapitola B, Frézování, kapitola D a Vrtání, kapitola E - části kapitol nazvané Jak postupovat.

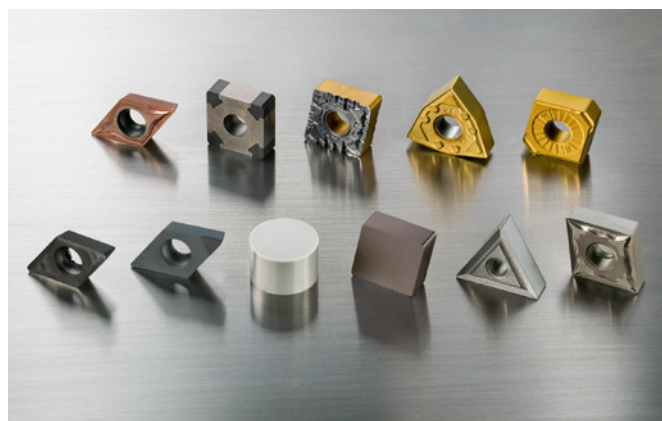


Nástrojové materiály

Výběr materiálu a třídy obráběcího nástroje je důležitým faktorem, který je třeba uvážit, již při samotném návrhu úspěšné obráběcí operace.

Proto je důležitá elementární znalost každého nástrojového materiálu a jeho funkčních vlastností, aby bylo možné provést správnou volbu pro všechny aplikace. Mezi další věci, které je třeba uvážit při návrhu každé operace, patří materiál obrobku, typ a tvar obráběné součásti, podmínky obrábění a požadovaný stupeň kvality obrobené plochy.

Tato kapitola se zaměřuje na poskytnutí dalších informací o každém nástrojovém materiálu, jeho výhodách a doporučení pro jeho nejvhodnější použití. Rovněž nechybí ani celkový přehled kompletního sortimentu tříd Sandvik Coromant pro všechny oblasti použití.



Symbols označující druhy tvrdých řezných materiálů:

Slinuté karbidy (tvrdokovy):

HW Nepovlakovaný slinutý karbid, obsahuje převážně karbidy wolframu (WC).

HT Nepovlakovaný slinutý karbid, zvaný také cermet, obsahuje převážně karbidy titanu (TiC) nebo nitridy titanu (TiN) nebo obojí.

HC Slinuté karbidy, stejné jako výše uvedené, ale s povlakem.

Řezná keramika:

CA Oxidová keramika obsahující převážně oxid hlinitý (Al_2O_3).

CM Smíšená keramika, především z oxidu hlinitého (Al_2O_3) obsahuje ovšem i jiné složky, než oxidy.

CN Nitridová keramika, obsahuje převážně nitrid křemíku (Si_3N_4).

CC Keramika, stejná jako výše uvedená, ale s povlakem.

Diamant:

DP Polykrystalický diamant ¹⁾

Nitrid bóru:

BN Polykrystalický kubický nitrid bóru ¹⁾

¹⁾ Polykrystalický diamant a polykrystalický kubický nitrid bóru se také nazývají supertvrde řezné materiály.

Nástrojové materiály se vyznačují různou kombinací tvrdosti, houževnatosti a odolnosti proti opotřebení, a lze je rozdělit do celé řady tříd se specifickými vlastnostmi. Obecně lze říci, že nejvhodnější nástrojový materiál pro danou aplikaci musí být:

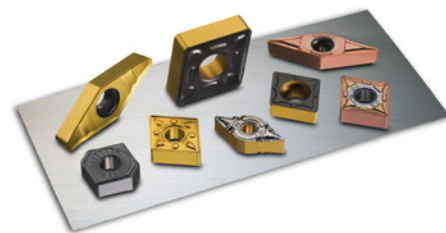
- Tvrdý, aby odolával opotřebení břitů a plastické deformaci
- Houževnatý, aby odolal celkovému (totálnímu) lomu
- Nesmí reagovat s materiálem obrobku
- Chemicky stabilní, aby odolával oxidaci a difuzi
- Odolný proti náhlým změnám teplot.

Podrobnější informace o různých typech opotřebení, viz Informace/Rejstřík, kapitola I.

Povlakovaný slinutý karbid (HC)

V současnosti reprezentují slinuté karbidy 80-90% veškerých břitových destiček používaných pro obráběcí nástroje. Jejich úspěch, jakožto nástrojového materiálu, je dán jejich unikátní kombinací odolnosti proti opotřebení a houževnatosti, ale také jejich schopností nechat se formovat do složitých tvarů.

Povlakované slinuté karbidy představují kombinaci slinutého karbidu s povlakem. Společně tvoří třídu, která je přizpůsobena pro daný způsob aplikace.



Třídy povlakovaných slinutých karbidů představují první volbu pro široké spektrum nástrojů a aplikací.

CVD povlaky

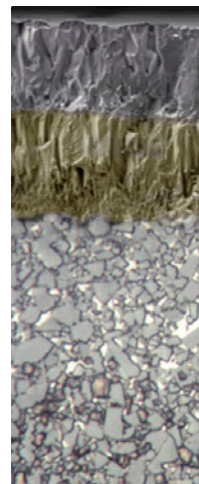
Popis a vlastnosti

CVD je zkratka anglického výrazu Chemical Vapor Deposition - chemické metody nanášení povlaku. CVD povlak vzniká chemickými reakcemi při teplotách v intervalu 700-1050°C.

CVD povlaky mají vysokou odolnost proti otěru a skvělou adhezi ke slinutým karbidům.

Prvním povlakem, naneseným na slinutý karbid metodou CVD, byl jednovrstvý povlak z karbidu titanu (TiC). Povlaky Alumina (Al_2O_3) a povlaky z nitridu titanu (TiN) byly zavedeny později. Z důvodu dalšího zlepšení vlastností jednotlivých tříd byly v nedávné době vyvinuty moderní povlaky z karbonitridu titanu (MT-Ti(C,N) nebo MT-TiCN, také nazývané MT-CVD). Zlepšení vlastností je dosaženo díky jejich schopnosti chránit povrch slinutého karbidu a udtžet jej neporušený.

Moderní CVD povlaky jsou kombinací MT-Ti(C,N), Al_2O_3 a TiN. Vlastnosti povlaků z hlediska adheze, houževnatosti a způsobu jejich opotřebení byly průběžně zdokonalovány prostřednictvím optimalizace jejich mikrostruktury a postupů následného zpracování.



MT-Ti(C,N) - Jeho tvrdost zajišťuje odolnost proti opotřebení otěrem, což má za následek menší opotřebení hřbetu.

CVD- Al_2O_3 - Chemicky inertní s nízkou tepelnou vodivostí, což jej činí odolným proti opotřebení ve tvaru žlábků. Rovněž plní úlohu tepelné clony a pomáhá zlepšit odolnost proti plastické deformaci.

CVD-TiN - Zlepšuje odolnost proti opotřebení a je také využíván pro zjištění stupně opotřebení.

Postupy následného zpracování - Zlepšují houževnatost při přerušovaném řezu a snižují tendence k ulpívání materiálu obrobku na břitu.

Aplikace

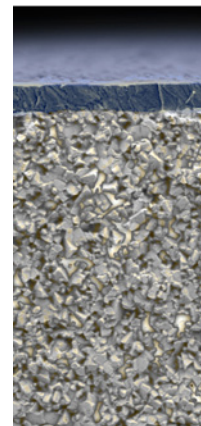
Třídy s CVD povlakem představují první volbu v širokém spektru aplikací, kde má klíčový význam odolnost proti otěru. S takovými aplikacemi je možné se setkat při všeobecném soustružení a vyvrtávání v oceli, tam, kde je odolnost proti opotřebení ve tvaru žlábků poskytována CVD povlakem velké tloušťky, při všeobecném soustružení korozivzdorné oceli a u tříd pro frézování v materiálech ISO P, ISO M, ISO K. Pro vrtání se třídy s CVD povlakem obvykle používají pro obvodové břitové destičky.

PVD povlaky

Popis a vlastnosti

PVD povlaky (Physical Vapor Deposition) jsou nanášeny za relativně nízkých teplot (400-600°C). Samotný proces se skládá z postupného odpaření kovu, který reaguje, například s dusíkem, přičemž na povrchu obráběcího nástroje vzniká tvrdý nitridický povlak.

PVD povlaky díky své tvrdosti ještě zvyšují odolnost dané třídy proti otěru. Jejich vnitřní tlaková pnutí jsou také důvodem nárůstu houževnatosti bříty a odolnosti proti tepelným hřebenovým trhlinám.



Hlavní složky PVD povlaků jsou popsány níže. Moderní povlaky jsou kombinací těchto složek v po sobě následujících vrstvách a/nebo mnohvrstevných povlacích. Mnohvrstvý povlak se skládá z velkého množství tenkých vrstev, v řádu nanometrů, což ještě více zvyšuje tvrdost povlaku.

PVD-TiN - Nitrid titanu byl prvním povlakem nanášeným metodou PVD. Má univerzální vlastnosti a zlatou barvu.

PVD-Ti(C,N) - Karbonitrid titanu je tvrdší než TiN a zvyšuje odolnost proti opotřebení hřbetu.

PVD-(Ti,Al)N - Titan aluminium nitrid má vysokou tvrdost, spolu s vysokou odolností proti oxidaci, což celkově přispívá ke zvýšení odolnosti proti opotřebení.

PVD-oxidický - Je využíván vzhledem k jeho chemické netečnosti a zvýšené odolnosti proti opotřebení ve tvaru žlábků.

Aplikace

Třídy s PVD povlakem se doporučují pro houževnaté, ale přesto ostré bříty, stejně jako pro obrábění materiálů ulpívajících na bříty. Takové aplikace jsou velmi rozšířené a zahrnují rovněž všechny monolitní karbidové frézy a vrtáky a většinu tříd pro zapichování, řezání závitů a frézování. Třídy povlakované metodou PVD jsou také široce používané pro dokončovací aplikace nebo jako třída pro středové břitové destičky pro vrtání.

Všeobecné soustružení

B

Upichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrvtávání

G

Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

Informace/Rejstřík

Slinutý karbid

Popis a vlastnosti

Slinuté karbidy jsou materiály vyráběné práškovou metalurgií; jsou směsí částic karbidu wolframu (WC) a kovového pojiva bohatého na kobalt (Co). Slinuté karbidy používané pro obrábění operace obsahují více než 80% částic tvrdé fáze WC. Další důležitou součástí jsou příměsi kubického karbonitridu titanu, zvláště u gradientně slinovaných tříd.

Tvar těla nástroje ze slinutého karbidu je vytvářen buď lisováním prášku, nebo metodou vstřikovávání do formy a takto vytvořený polotovár je dále slinován až na plnou hustotu.

WC velikost zrna je jedním z nejdůležitějších parametrů majícím vliv na tvrdost/houževnatost dané třídy; při daném obsahu pojiva znamená menší velikost zrna vyšší tvrdost.

Množství a složení **pojiva obohaceného Co** určuje houževnatost a odolnost dané třídy proti plastické deformaci. Při stejné velikosti zrn WC se rostoucí množství pojiva projeví zvýšením houževnatosti dané třídy, která je zároveň náchylnější k plastické deformaci. Příliš nízký obsah pojiva se může projevit křehkostí daného materiálu.

Kubické karbonitridy, často nazývané jako γ -fáze, jsou obvykle přidávány za účelem zvýšení tvrdosti za vysokých teplot a vytvoření gradientu.

Gradienty se využívají pro získání kombinace zvýšené odolnosti proti plastické deformaci a houževnatosti bříty. Kubické karbonitridy koncentrované v blízkosti bříty zvyšují tvrdost za vysokých teplot v místě, kde je toho třeba. Ve větší vzdálenosti od bříty brání zvýšené množství pojiva ve struktuře tvořené karbidy wolframu vzniku trhlin a lomů v důsledku zasekávání třísek.

Aplikace

Střední až velká velikost zrn WC.

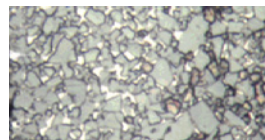
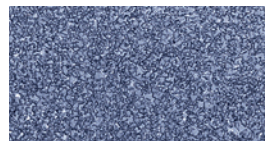
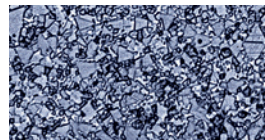
Zrna WC střední až velké velikosti poskytují slinutým karbidům skvělou kombinaci vysoké tvrdosti za zvýšených teplot a houževnatosti. Toho se využívá v kombinaci s CVD a PVD povlaky u tříd pro všechny oblasti použití.

Malá nebo submikroskopická velikost zrn WC

Malá až submikroskopická velikost zrna WC se využívá u ostrých břitů s PVD povlakem pro další zvýšení pevnosti ostré rezné hrany. Výhodou je také jejich vynikající odolnost proti tepelným trhlinám a mechanickému cyklickému zatěžování. Typické aplikace představují monolitní karbidové vrtáky, monolitní karbidové stopkové frézy, břitové destičky pro upichování a zapichování, karbidové třídy pro frézování a pro dokončování.

Gradientní slinuté karbidy

Obou vlastností získaných díky gradientu je možné, v kombinaci s CVD povlakem, s výhodou využít u mnoha tříd první volby pro soustružení a upichování a zapichování v oceli a korozi-vodné oceli.



Nepovlakované slinuté karbidy (HW)

Popis a vlastnosti

Třídy z nepovlakovaných slinutých karbidů tvoří pouze velmi malou část celkového sortimentu. Tyto třídy se buď skládají přímo z WC/Co nebo obsahují velké množství kubických karbonitridů.



Aplikace

Typickými aplikacemi jsou obrábění HRSA (žárovzdorných slitin) nebo titanových slitin a soustružení tvrdých materiálů při nízkých rezných rychlostech.

Rychlost opotřebení je u tříd z nepovlakovaných slinutých karbidů značná, ale kontrolovaná, přičemž se u nich projevuje samoostřicí schopnost.

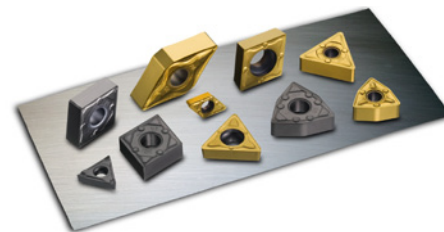
Cermet (CT)

Popis a vlastnosti

Cermet je slinutý karbid tvořený tvrdými částicemi na bázi titanu. Název cermet je kombinací slov keramika (ceramic) a kov (metal). Původně se cermety skládaly z TiC a niklu. Moderní cermety nikl neobsahují a jejich důmyslné složení je tvořeno, jakožto základním stavebním prvkem, částicemi karbonitridů titanu Ti(C,N), částicemi sekundárních tvrdých fází (Ti,Nb,W)(C,N) a pojivem bohatým na kobalt.

Ti(C,N) poskytuje příslušné třídě vyšší odolnost proti otěru, sekundární tvrdé fáze zvyšují odolnost proti plastické deformaci, podíl kobaltu má rozhodující vliv na houževnatost.

Ve srovnání s běžnými slinutými karbidy má cermet vyšší odolnost vůči otěru a menší tendence k ulpívání materiálu obrobku na břit. Na druhou stranu, cermet má také nižší úroveň vnitřních tlakových pnutí a z toho důvodu i nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin. Za účelem zvýšení jejich odolnosti proti otěru, je cermety rovněž možné povlakovat metodou PVD.



Všeobecné soustružení

B

Upichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrývání

G

Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

Informace/Rejstřík

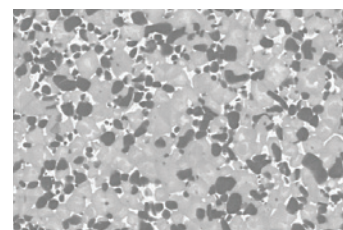
Aplikace

Použití cermetových tříd je vhodné u aplikací, kde dochází k ulpívání materiálu obrobku na břit a kde činí problémy tvorba nárůstku. Jejich typický způsob opotřebení se samoostřicí schopností umožňuje udržení nízké úrovně řezných sil, dokonce i pro velmi dlouhé časy v řezu. Jejich použití pro dokončovací operace přispívá k dosažení dlouhé životnosti nástroje a úzkých tolerancí a projevuje se vysokým leskem obrobené plochy.

Typické příklady použití jsou dokončování korozivzdorných ocelí, nodulární litiny, nízkouhlíkových ocelí a feritických ocelí. Cermety je rovněž možné použít pro řešení potíží při obrábění všech materiálů na bázi železa.

Užitečné rady:

- Použijte malou rychlost posuvu a hloubku řezu.
- Otočte břitovou destičku a vyměňte břit, když opotřebení hřbetu dosáhne hodnoty 0.3 mm.
- Předcházejte vzniku tepelných trhlin a lomů využitím obrábění bez přívodu řezné kapaliny.

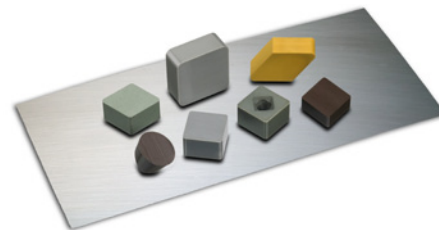


- | | |
|---------------|--|
| GC1525 | Houževnatá povlakovaná cermetová třída pro přerušované řezy při soustružení. |
| CT5015 | Cermetová třída odolná proti opotřebení, pro spojité řezy při soustružení. |
| CT530 | Třída pro frézování s vysokým leskem obrobené plochy. |
| CT525 | Třída pro dokončovací operace při upichování a zapichování. |

Řezná keramika (CA, CM, CN, CC)

Popis a vlastnosti

Veškeré obráběcí nástroje využívající řeznou keramiku se vyznačují mimořádnou odolností proti otěru při použití vysokých řezných rychlostí. Existuje celá řada tříd řezné keramiky vhodných pro širokou oblast aplikací.



Oxidová keramika, se skládá z oxidu hlinitého (Al_2O_3), s přísadou oxidu zirkoničitého (ZrO_2), která brání vzniku a šíření trhlin. Takto vytvořený materiál je chemicky velice stabilní, ale postrádá odolnost proti tepelným šokům.

(1) **Smíšená keramika** je vyztužená částicemi, konkrétně přísadou kubických karbidů nebo karbonitridů (TiC , $Ti(C,N)$). Tím je dosaženo zvýšení houževnatosti a zlepšení tepelné vodivosti.

(2) **Keramika vyztužená whiskery**, jmenovitě whiskery karbidu křemíku (SiC_w), se vyznačuje razantním nárůstem houževnatosti a umožňuje použití řezné kapaliny. Řezná keramika vyztužená whiskery je ideální pro obrábění slitin niklu.

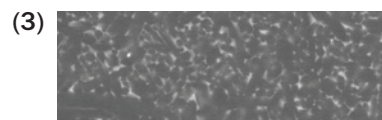
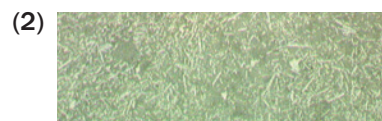
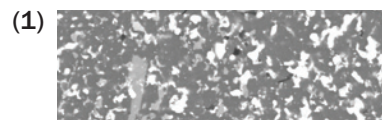
(3) **Keramika z nitridu křemíku** (Si_3N_4) představuje další skupinu keramických materiálů. Krystaly podlouhlého tvaru tvoří materiál se schopností "samovyztužení" a s vysokou houževnatostí. Třídy na bázi nitridu křemíku jsou velmi vhodné pro obrábění šedé litiny, ale nedostatečná chemická stabilita limituje jejich použití pro ostatní typy obráběných materiálů.

Sialon ($SiAlON$) jsou třídy, které kombinují pevnost "samovyztužitelné" sítě z nitridu křemíku a vysokou chemickou stabilitu. Sialonové třídy jsou ideální pro obrábění žárovzdorných slitin (HRSA).

Aplikace

Keramické třídy je možné použít pro široký okruh aplikací a materiálů; nejčastěji jsou využívány pro vysokorychlostní soustružnické operace, ale také pro zapichování a frézování. Při jejich správném použití umožňují specifické vlastnosti jednotlivých keramických tříd dosažení vysoké produktivity. Pro dosažení úspěšných výsledků jsou velice důležité znalosti o tom, kdy a jak keramické třídy používat.

Hlavními nedostatky řezné keramiky jsou její nízká odolnost proti tepelným trhlinám a malá lomová houževnatost.



CC620 Oxidická keramika pro vysokorychlostní dokončování šedé litiny za stabilních podmínek a za sucha.

CC6050 Smíšená keramika pro lehké, spojitě dokončování v tvrzených materiálech.

CC650 Smíšená keramika pro vysokorychlostní dokončování šedé litiny a tvrzených materiálů a pro polodokončovací operace v žárovečných slitinách s nízkými nároky na houževnatost.

CC670 Keramika s mimořádnou houževnatostí vyztužená whiskery, určená pro soustružení, zapichování a frézování slitin na bázi Ni. Její použití je také možné pro soustružení tvrzených součástí za nepříznivých podmínek.

CC6190 Třída na bázi nitridu křemíku pro hrubovací až dokončovací soustružení a vysokorychlostní frézování šedé litiny, perlitické nodulární litiny a tvrzené litiny, vždy za sucha.

GC1690 Povlakovaná třída na bázi nitridu křemíku pro lehké hrubovací až dokončovací soustružení litiny.

CC6060 Sialonová třída (na bázi SiAlON) umožňující optimalizovat výkonnost při soustružení předobrobených žárovzdorných slitin (HRSA) za stabilních podmínek. Předvídatelné opotřebení díky velmi dobré odolnosti proti opotřebení ve tvaru vrubu.

CC6065 Částicemi vyztužená sialonová keramika pro soustružnické operace v žárovzdorných slitinách (HRSA) náročné na houževnatost břitové destičky.

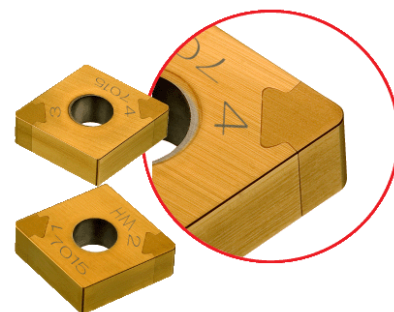
Polykrystalický kubický nitrid bóru, CBN (BN)

Popis a vlastnosti

Polykrystalický kubický nitrid bóru, CBN, je materiál s mimořádně vysokou tvrdostí za tepla, který lze používat při velmi vysokých řezných rychlostech. Vyznačuje se také velmi dobrou houževnatostí a odolností proti tepelným rázům.

Moderní CBN řídy jsou keramické kompozity s obsahem CBN 40-65%. Keramické pojivo zvyšuje odolnost CBN, který je jinak náchylný k opotřebení chemickým otěrem, proti opotřebení. Další skupinou jsou třídy s vysokým obsahem CBN, s 85% až s téměř 100% CBN. Tyto třídy mohou obsahovat kovové pojivo zvyšující jejich houževnatost.

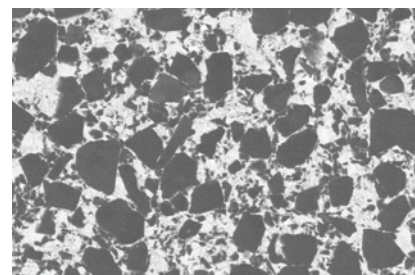
Břítovou destičku tvoří hrot z CBN připájený na nosič ze slinutého karbidu. Technologie Safe-Lok™ pak u negativních břítových destiček ještě dále posiluje spojení funkční části z CBN s nosičem.



Aplikace

CBN třídy se používají zejména pro dokončovací soustružení tvrzených ocelí o tvrdosti nad 45 HRC. Nad hodnotou 55 HRC je CBN jediným nástrojovým materiálem, který může nahradit tradičně používané metody broušení. Měkčí oceli, pod 45 HRC, obsahují vyšší množství feritu, který má negativní vliv na odolnost CBN proti otěru.

CBN umožňuje použití také pro vysokorychlostní hrubování šedé litiny při soustružnických i frézovacích operacích.

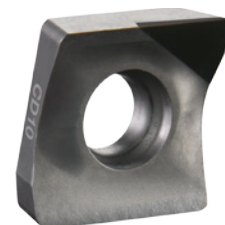


CB7015	Třída CBN s keramickým pojivem a s PVD povlakem pro spojitý řez při soustružení a lehké přerušované řezy v tvrzených ocelích.
CB7025	Třída CBN s keramickým pojivem pro přerušované řezy a pro soustružení tvrzených ocelí s vysokými nároky na houževnatost.
CB7050	Třída s vysokým obsahem CBN a s kovovým pojivem vhodná pro provádění těžkých přerušovaných řezů v tvrzených ocelích a pro dokončování šedé litiny. Třída s PVD povlakem.

Polykrystalický diamant, PCD (DP)

Popis a vlastnosti

PCD se skládá z diamantových částic slinutých dohromady pomocí kovového pojiva. Diamant je nejtvrdší, a tudíž proti otěru nejodolnější, ze všech materiálů. Jako nástrojový materiál má velmi dobrou odolnost proti otěru, ale postrádá chemickou stabilitu za zvýšených teplot a má vysokou afinitu k železu.



Aplikace

Použití nástrojů z PCD je omezeno na neželezné materiály, jako například slitiny hliníku s vysokým obsahem křemíku, kompozity s kovovou maticí (MMC) a plasty vyztužené uhlíkovými vlákny (CFRP). S dostatečně bohatým přívodem řezné kapaliny lze použít PCD také pro velmi jemné dokončovací operace (superfinišování) v titanu.

CD10	PCD třída pro dokončovací a polodokončovací soustružení a frézování neželezných a nekovových materiálů.
-------------	---

Opotřebení břitů

Pro lepší pochopení výhod a nedostatků jednotlivých materiálů je velmi důležité mít určité znalosti o různých mechanismech opotřebení, kterým jsou obráběcí nástroje vystaveny.

Abrazivní



Opotřebení hřbetu

Nejčastější a preferovaný způsob opotřebení, jelikož umožňuje dosažení předvídatelné a stabilní životnosti nástroje. Opotřebení hřbetu vzniká v důsledku abraze a způsobují ho tvrdé částice v materiálu obrobku.

Chemické



Opotřebení ve tvaru žlábků

Opotřebení ve tvaru žlábků vzniká na čelní ploše břitové destičky. Dochází k němu v důsledku chemické reakce mezi materiálem obrobku a obráběcím nástrojem a jeho účinek se zesiluje s rostoucí řeznou rychlostí. Nadměrné opotřebení ve tvaru žlábků zeslabuje břit a může vést až k jeho lomu.

Adhezní



Tvorba nárůstku (BUE)

Tento typ opotřebení je způsobován tlakovým navařováním částí třísky na břitovou destičku. Nejčastěji k němu dochází při obrábění materiálů snadno ulpívajících na břitu, jako jsou nízkouhlíkové oceli, korozivzdorné oceli nebo hliník. Použití nízkých řezných rychlostí prohlubuje sklon ke vzniku nárůstku na břitu.

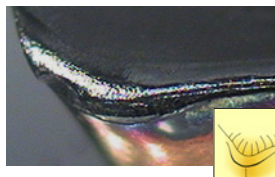
Adhezní



Opotřebení ve tvaru vrubu

Opotřebení břitové destičky charakteristické silně lokalizovaným poškozením jak na čele, tak i na hřbetu břitové destičky na úrovni hloubky řezu. Dochází k němu v důsledku adheze (tlakové navařování třísek) a deformačního zpevnění povrchu obrobku. Velice častý typ opotřebení při obrábění korozivzdorných ocelí nebo HRSA.

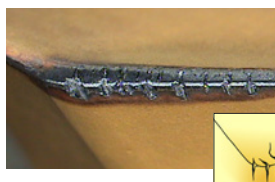
Tepelné



Plastická deformace

Plastická deformace se projevuje v okamžiku, kdy dochází ke změknutí materiálu nástroje. Takový případ nastane, když je řezná teplota příliš vysoká pro danou třídu. Obecně platí, že tvrdší třídy a tenčí povlaky přinášejí zvýšení odolnosti proti plastické deformaci.

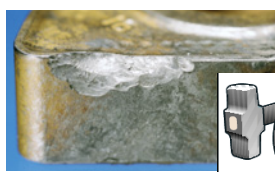
Tepelné



Tepelné trhliny

Pokud se teplota břitu velice rychle mění z vysoké na nízkou, mohou se kolmo na břit objevit vícenásobné trhliny. Tepelné trhliny souvisejí s přerušovanými řezy, běžnými při frézovacích operacích, a případné použití řezné kapaliny situaci ještě dále zhoršuje.

Mechanické



Vylamování břitu/celkový lom

Vylamování břitu nebo celkový lom jsou důsledkem přetížení břitu mechanickým tahovým namáháním. Tato namáhání mohou vznikat z řady důvodů, jako např. zasekávání třísek, příliš vysoká hodnota posuvu nebo hloubky řezu, vměstky písku obsažené v materiálu obrobku, tvorba nárůstku, vibrace, nadměrné opotřebení břitové destičky, atd.

Třídy Sandvik Coromant

Tabulky na následujících stránkách poskytují celkový přehled tříd nabízených firmou Sandvik Coromant. Podávají informace o aplikačních oblastech spolu s údaji o nástrojovém materiálu, které mají pomoci usnadnit proces volby třídy. První volba pro danou aplikační oblast je označena tučným písmem, třídy, které je v příslušné oblasti podle ISO možné použít jako alternativní volbu, jsou vtištěny normálním písmem.



Symboły označující druhy tvrdých řezných materiálů:

Slinuté karbidy:

- HW** Nepovlakovaný slinutý karbid, obsahuje převážně karbidy wolframu (WC).
- HT** Nepovlakovaný slinutý karbid, zvaný také cermet, obsahuje převážně karbidy titanu (TiC) nebo nitridy titanu (TiN) nebo obojí.
- HC** Slinuté karbidy, stejné jako výše uvedené, ale s povlakem.

Řezná keramika

- CA** Oxidová keramika obsahující převážně oxid hlinitý (Al_2O_3).
- CM** Smíšená keramika, především z oxidu hlinitého (Al_2O_3) obsahuje ovšem i jiné složky, než oxidy.
- CN** Nitridová keramika, obsahuje převážně nitrid křemíku (Si_3N_4).
- CC** Keramika, stejná jako výše uvedená, ale s povlakem.

Diamant:

- DP** Polykrystalický diamant ¹⁾

Nitrid bóru:

- BN** Polykrystalický kubický nitrid bóru ¹⁾

¹⁾ Polykrystalický diamant a polykrystalický kubický nitrid bóru se také nazývají supertvrde řezné materiály.

Symboły:

Aplikační oblast podle ISO

- P** ISO P = Ocel
- M** ISO M = Korozi vzdorná ocel
- K** ISO K = Litina
- N** ISO N = Neželezné materiály
- S** ISO S = Žárovzdorné superslitiny
- H** ISO H = Tvrzené materiály








































Třídy ze slinutých karbidů

- Velmi malá (submikroskopická) velikost zrn WC
- Malá velikost zrn WC
- Střední/velká velikost zrna
- Gradientní třída

Tloušťka povlaku

- Tenký
- Střední
- Silný

Třídy pro soustružení

Třída	Aplikační oblasti dle ISO						Nástrojový materiál	Typ slinutého karbidu	Metoda povlakování a složení povlaku		Tloušťka povlaku	Barva
	P	M	K	N	S	H						
GC1005		M15		N10	S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC1025	P25	M15			S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC1105		M15			S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	—	
GC1115		M15		N15	S20		HC	●	PVD	Oxid	—	
GC1125	P25	M25		N25	S25		HC	●	PVD	Oxid	—	
GC1515	P25	M20	K25				HC	●	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2015	P25	M15					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2025	P35	M25					HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC2035		M35					HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	—	
GC235	P45	M40					HC	▲	CVD	Ti(C,N)+TiN	—	
GC3005	P10		K10				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3205			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3210			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC3215			K05				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4205	P05		K10			H15	HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4215	P15		K15			H15	HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4225	P25	M15					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
GC4235	P35	M25					HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
S05F					S05		HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	—	
H10				N15			HW	▲				
H10A					S10		HW	▲				
H10F					S15		HW	▲				
H13A			K20	N15	S15	H20	HW	▲				
GC1525	P15	M10					CT		PVD	Ti(C,N)	—	
CT5015	P10		K05				HT					
CC620			K01				CA					
CC650			K01		S05	H05	CM					
CC6050			K01			H05	CM		PVD	TiN	—	
CC670					S15	H10	CM					
CC6090			K10				CN					
CC6190			K10				CN					
CC6060					S10		CN					
CC6065					S15		CN					
GC1690			K10				CC		CVD	Al ₂ O ₃ +TiN	—	
CB7015						H15	BN		PVD	TiN	—	
CB7025						H20	BN					
CB7050/CB50			K05			H05	BN		PVD	TiN	—	
CB20						H01	BN					
CD10				N05			DP					
GC1810				N10			HC	▲	CVD	Diamant	—	

Třídy pro upichování, zapichování a řezání závitů

Třída	Aplikační oblasti dle ISO						Nástrojový materiál	Typ slinutého karbidu	Metoda povlakování a složení povlaku		Tloušťka povlaku	Barva
	P	M	K	N	S	H						
Upichování a zapichování (CoroCut:)												
GC1005		M10		N10	S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	——	
GC1025	P25	M25	K30	N25	S25		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N+TiN	——	
GC1105		M15			S15		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC1125	P30	M25	K30	N25	S25		HC	⬢	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC1145	P45	M40			S40		HC	▲	PVD	Oxid	——	
GC2135	P35	M30			S30		HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al2O3+TiN	——	
GC2145	P45	M40			S40		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC235	P45	M35			S30		HC	▲	CVD	Ti(C,N)+TiN	——	
GC3020	P15		K15				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)-Al2O3	——	
GC3115	P15		K15				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)-Al2O3	——	
GC4125	P30	M25	K30		S25		HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC4225	P20		K25				HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al2O3+TiN	——	
S05F					S10		HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al2O3+TiN	——	
CT525	P10	M10					HT					
H13A		M15	K20	N20	S15		HW	▲				
H10				N10	S30		HW	▲				
CB7015						H15	BN		PVD	TiN	——	
CB20						H01	BN					
CC670					S10	H10	CM					
CD10				N01			DP					
CD1810				N10			HC	▲	CVD	Diamant	——	
Řezání závitů:												
GC1020	P20	M20	K15	N25	S20	H20	HC	▲	PVD	TiN	——	
GC1125	P20	M20	K15		S20	H20	HC	⬢	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC4125	P20	M20	K15		S20	H20	HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
H13A		M25	K20	N25	S25		HW	▲				
CB20						H10	BN					

Všeobecné soustružení

B

Upichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrývání

G

Upínání nástrojů/ Stroje



































































H

Materiály




















I

Informace/Rejstřík

Třídy pro frézování

Třída	Aplikační oblasti dle ISO						Nástrojový materiál	Typ slinutého karbidu	Metoda povlakování a složení povlaku		Tloušťka povlaku	Barva
	P	M	K	N	S	H						
Vyměnitelné břitové destičky												
GC1010	P10		K10			H10	HC		PVD	(Ti,Al)N		
GC1020			K20				HC		PVD	(Ti,Al)N		
GC1025	P10	M15		N15	S15	H15	HC		PVD	Ti(C,N)+TiN		
GC1030	P30	M15		N15	S15	H10	HC		PVD	(Ti,Al)N+TiN		
GC2030	P25	M25			S25		HC		PVD	(Ti,Al)N+TiN		
GC2040	P40	M30			S30		HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
GC3040	P20		K30			H25	HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃		
GC3220			K20				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
GC4220	P15		K25			H25	HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
GC4230	P25	M15	K30				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
GC4240	P40	M40	K35				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
K15W			K15				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
K20D			K20				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃		
K20W			K25				HC		CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN		
H13A			K25	N15	S20		HW					
H10				N10			HW					
H10F				N20	S30		HW					
CT530	P20	M20		N15		H15	HT					
CB50			K05			H05	BN					
CC6190			K10				CN					
CD10				N05			DP					
Monolitní karbidové stopkové frézy												
GC1610						H	HC		PVD	(Ti,Al)N		
GC1620	P	M	K		S	H	HC		PVD	(Ti,Al)N		
GC1630	P	M	K		S		HC		PVD	(Ti,Al)N		
GC1640	P	M	K		S		HC		PVD	(Ti,Al)N		
H10F				N			HW					

Třídy pro vrtání

Třída	Aplikační oblasti dle ISO						Nástrojový materiál	Typ slinutého karbidu	Metoda povlakování a složení povlaku		Tloušťka povlaku	Barva
	P	M	K	N	S	H						
Monolitní karbidové vrtáky/vrtáky s karbidovou špičkou												
GC1020	P20		K20	N20	S20	H20	HC	▲	PVD	Ti(C,N)+TiN	——	
GC1210	P10		K10				HC	▲	PVD	AlCrN	——	
GC1220	P20	M20	K20	N20	S30	H20	HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
K20		M30	K20	N15		K15	HC	▲	PVD	TiN	——	
N20D				N20			HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
P20	P20						HC	▲	PVD	TiN	——	
H10F	P25		K25	N20	S25		HW	▲				
Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami												
GC1020	P40	M35	K20	N20	S35	H20	HC	▲	PVD	TiN	——	
GC1044	P40	M35	K25	N20	S35	H20	HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
GC1120	P40	M35	K20	N20	S35	H20	HC	▲	PVD	Ti(C,N)	——	
GC235	P40	M35					HC	▲	CVD	Ti(C,N)+TiN	——	
GC1144		M35			S35		HC	▲	PVD	Oxid	——	
GC2044		M35			S35		HC	▲	PVD	Oxid	——	
GC3040	P20	M20	K20			H15	HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃	——	
GC4014	P15		K15				HC	■	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃	——	
GC4024	P25	M20	K20			H15	HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃	——	
GC4034	P30	M30	K20				HC	▲	CVD	MT-Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	——	
GC4044	P40	M35	K20	N20	S35	H20	HC	▲	PVD	(Ti,Al)N	——	
H13A		M20	K20	N20	S20		HW	▲				

Všeobecné soustružení

B

Upínání a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrývání

G







Upínání nástrojů/
Stroje

H

Materiály

Informace/Rejstřík

Obráběné materiály

P  Ocel	M  Korozivzdorná ocel	K  Litina	N  Hliník	S  Žárovzdorné slitiny	H  Tvrzená ocel
---	---	---	---	--	---

Skupiny obráběných materiálů

Kovoobráběcí průmysl produkuje mimořádně široké spektrum součástí obráběných z celé řady různých materiálů. Každý materiál má své specifické vlastnosti, které jsou ovlivňovány množstvím přísadových prvků, tepelným zpracováním, tvrdostí, atd. To vše má značný vliv na volbu geometrie a třídy obráběcího nástroje a řezných podmínek.

Obráběné materiály proto byly rozděleny do šesti hlavních skupin v souladu se standardy ISO, přičemž každá z těchto skupin má specifické vlastnosti z hlediska obrobiteľnosti:

- **ISO P** – Oceli představují největší skupinu materiálů pro oblast obrábění kovů a dále se dělí do skupin od nelegovaných až po vysokolegované materiály, včetně ocelí na odlitky a feritických a martenzitických korozivzdorných ocelí. Obrobiteľnost je obvykle dobrá, ale značně se liší v závislosti na tvrdosti materiálu, obsahu uhlíku, atd.
- **ISO M** – Korozivzdorné oceli jsou materiály s přísadou minimálně 12% chromu; mezi ostatní přísady patří nikl a molybden. Různé druhy, jako například feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické (duplexní), dohromady tvoří velkou skupinu. Společnou vlastností všech těchto typů je, že bříty jsou vystaveny účinkům velkého množství tepla, opotřebení ve tvaru vrubu a tvoření nárustku.
- **ISO K** – Litina, na rozdíl od oceli, je typem materiálu, který tvoří krátké třísky. Obrábění šedé litiny (GCI) a temperované litiny (MCI) je skutečně jednoduché, zatímco obrábění nodulární litiny (NCI), kompaktní litiny s červíkovým grafitem (CGI) a izotermicky kalené litiny (ADI) je mnohem obtížnější. Všechny litiny obsahují SiC, který působí velice abrazivně na břit.
- **ISO N** – Neželezné kovy jsou měkčí kovy, jako například hliník, měď nebo mosaz atd. Hliník s obsahem Si 13% je velice abrazivní. Obecně je u břitových destiček s ostrými bříty možné předpokládat použití vysokých řezných rychlostí a dlouhou životnost nástroje.
- **ISO S** – Žárovzdorné superslitiny zahrnují celou řadu vysoko-
legovaných ocelí a materiály na bázi niklu, kobaltu, a titanu. Tyto materiály snadno ulpívají na břitu a tvoří nárustek, během obrábění dochází k jejich zpevňování (mechanické zpevňování) a během jejich obrábění vzniká velké množství tepla. Jejich vlastnosti jsou velmi podobné jako u oblasti ISO M, ale jejich obrábění je ještě mnohem obtížnější a životnost břitu je kratší.
- **ISO H** – Tato skupina zahrnuje oceli o tvrdosti mezi 45-65 HRC a také tvrzené litiny v rozmezí 400-600 HB. Jejich tvrdost činí všechny tyto materiály obtížně obrobiteľnými. Při jejich obrábění vzniká velké množství tepla a na břit působí velice abrazivně.

Nová klasifikace materiálů – MC kódy

Rozdělení materiálů do 6 tříd nenabízí dostatek informací pro volbu vhodné geometrie a třídy obráběcího nástroje a pro stanovení řezných podmínek. Jednotlivé třídy je třeba dále rozdělit na další podskupiny atd. Po mnoho let využívala firma Sandvik Coromant pro identifikaci a popis materiálů od různých dodavatelů, odpovídajících různým normám a určeným pro různé trhy, systém takzvaných CMC-kódů (Coromant Material Classification). Systém CMC využívá klasifikace materiálů podle jejich obrobiteľnosti a firma Sandvik Coromant mimo jiné nabízí doporučení pro volbu vhodných nástrojů a řezných podmínek.

Nyní, aby bylo možné být ještě více konkrétní v našich doporučeních, která pomáhají našim zákazníkům zvyšovat produktivitu, jsme vytvořili novou metodu klasifikace materiálů. Využívá podrobnější systém značení, obsahuje více podskupin a podává zvláštní informace o typu materiálu, obsahu uhlíku, výrobním procesu, tepelném zpracování, tvrdosti atd.

Význam MC kódu

Celý systém je postaven tak, aby MC kód umožňoval popis velkého množství vlastností a dalších údajů o obráběných materiálech, s využitím kombinace písmen a čísel.

Příklad 1:

Kódové označení **P1.2.Z.AN**

- **P** je kódové označení dle ISO pro ocel
- **1** znamená materiálovou skupinu nelegovaných ocelí
- **2** je materiálová podskupina pro obsah uhlíku $>0.25\% \leq 0.55\%$ C
- **Z** označuje výrobní postup: tvářený/válcovaný/tažený za studena
- **AN** udává tepelné zpracování: žíhaný, dodávaný s údajem o tvrdosti

Příklad 2

N1.3.C.AG

- **N** je kódové označení dle ISO pro neželezné kovy
- **1** je materiálová skupina pro hliník
- **3** je podskupina hliníku s obsahem Si 1-13%
- **C** označuje výrobní postup: odlitek
- **AG** udává tepelné zpracování: stárnutí

Kvalifikace nejenom materiálového složení, ale také způsobu výroby a postupu tepelného zpracování, již nenechává pochybnosti o mechanických vlastnostech, a je možné nabídnout přesnější popis, který lze použít pro vytvoření dokonalejších doporučení pro volbu řezných podmínek.

Měrná řezná síla

Pro výpočet výkonu, kroutícího momentu a řezné síly se využívá charakteristika nazývaná měrná řezná síla a označovaná k_{c1} . Lze ji vyjádřit jako sílu, F_c , působící ve směru obrábění (viz obrázek), potřebnou pro oddělení třísky o průřezu 1 mm², která má tloušťku 1 mm. Hodnota k_{c1} se liší pro všech šest materiálových skupin, a mění se také v rámci každé skupiny.

Hodnota k_{c1} je platná pro neutrální břitovou destičku s úhlem čela, $\gamma_0 = 0^\circ$; v ostatních případech je třeba tuto hodnotu příslušným způsobem korigovat. Například, pokud je úhel čela pozitivní, tedy větší než 0 stupňů, skutečná hodnota k_c bude menší a vypočítá se podle následujícího vztahu:

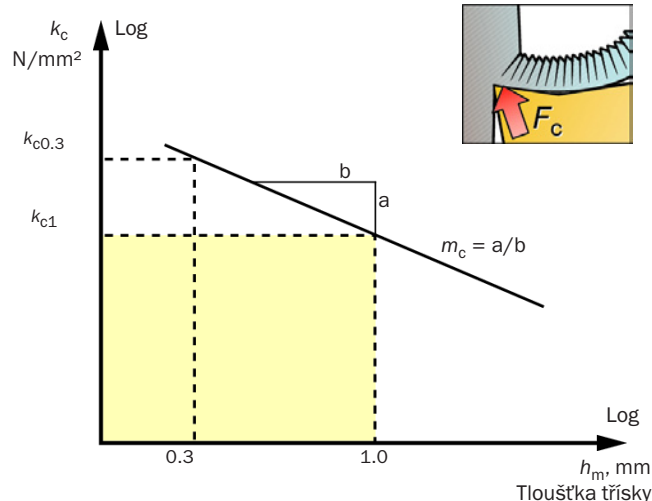
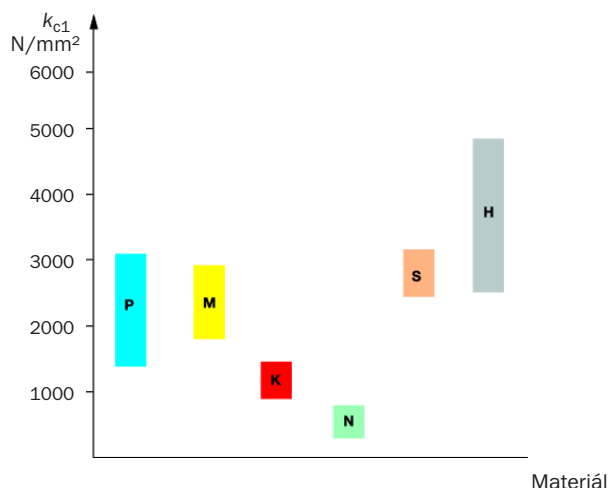
Měrná řezná síla (k_c)
(N/mm²)

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

Jestliže je skutečná tloušťka třísky, h_m , například 0.3 mm, hodnota k_c bude vyšší, viz graf. Pokud je skutečná hodnota k_c stanovena, potřebný výkon je možné vypočítat pomocí vztahu:

Potřebný užitečný výkon (P_c)
(kW)

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$



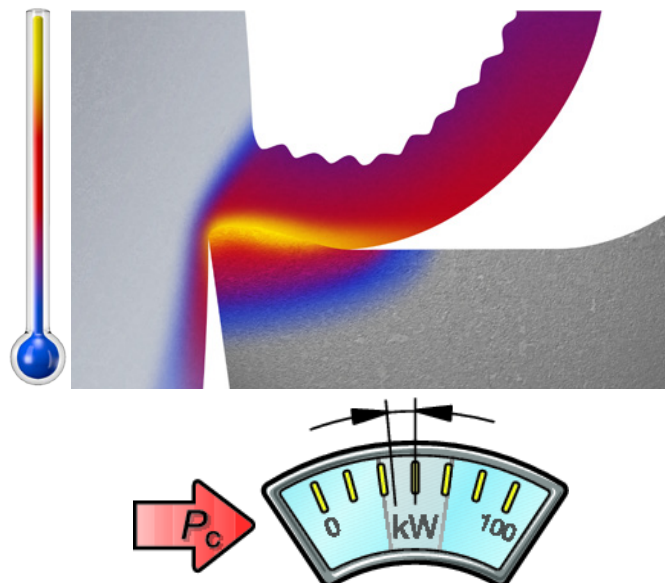
P Oceli

Definice pojmů

- Oceli představují největší skupinu obráběných materiálů v oblasti obrábění kovů.
- Oceli mohou být nezušlechťené nebo kalené a popuštěné, s obvyklou tvrdostí až 400 HB. Oceli s tvrdostí nad cca. 48 HRC a až 62-65 HRC náleží do skupiny ISO H.
- Ocel je slitina, která jako hlavní složku obsahuje železo (na bázi Fe).
- Nelegované oceli mají obsah uhlíku menší než 0.8%, a jsou tvořeny výhradně železem (F_e), bez dalších přísad slitinových prvků.
- Legované oceli mají obsah uhlíku menší než 1.7 % a obsahují také legující prvky, jako například Ni, Cr, Mo, V a W.
- Nízkolegované oceli mají obsah legujících přísad menší než 5%.
- Vysokolegované oceli obsahují více než 5% legujících prvků.

Obrobitelnost - celkové shrnutí

- Obrobitelnost ocelí se liší v závislosti na obsahu slitinových prvků, tepelném zpracování a způsobu výroby (kovaná, válcovaná, odlévaná, atd.).
- Kontrola utváření třísky je všeobecně relativně snadná a jednoduchá.
- Nízkouhlíkové oceli tvoří delší třísky, které mají tendenci k ulpívání a vyžadují proto použití ostrých břitů.
- Měrná řezná síla kc_1 : 1400-3100 N/mm².
- Řezné síly, a tudíž i výkon potřebný pro jejich obrábění, se udržují v určitém pevném rozmezí.



Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO P, viz Všeobecné soustružení - strana A 22, Frézování - strana D 32 a Vrtání - strana E 16.

Legující prvky

C má vliv na tvrdost (s rostoucím obsahem se zvyšuje opotřebení otěrem). Malý obsah uhlíku, <0.2%, zvyšuje sklon k adhezivnímu opotřebení, které má za následek tvorbu nárůstku a problémy s dělením třísky.

Cr, Mo, W, V, Ti, Nb (karbidotvorné prvky) – zvyšují opotřebení otěrem.

O má značný vliv na obrobitelnost: tvoří nekovové, oxidické a abrasivní vměstky.

Al, Ti, V, Nb se využívají jako očukující přísady pro zjemnění zrna oceli; činí oceli houževnatější a obtížněji obrobitelné.

P, C, N - jejich výskyt ve feritu vede ke snížení houževnatosti, což má za následek zvýšené opotřebení otěrem.

Prospěšné přísady

Pb v automatových ocelích (díky své nízké teplotě tavení) omezuje tření mezi třískou a břitovou destičkou, snižuje opotřebení a zlepšuje dělení třísek.

Ca, Mn (+S) tvoří měkké sulfidy s lubrikační schopností. Vysoký obsah síry zlepšuje obrobitelnost a dělení třísek.

Síra (S) má velmi příznivý vliv na obrobitelnost. Již velmi malé odchylky v koncentraci, například již mezi 0.01% a 0.03%, mohou mít zásadní vliv na obrobitelnost. Tohoto efektu se využívá u automatových ocelí. Typický je obsah síry okolo 0.25%. Síra tvoří měkké inkluze sulfidu manganu (MnS), které vytvářejí tenkou lubrikační vrstvu mezi třískou a ostřím břitové destičky. MnS rovněž zlepšuje dělení třísek. Olovo (Pb) má podobný vliv a v množství přibližně 0.25% se u automatových ocelí často používá v kombinaci se sírou.

MC kódy pro oceli

Z hlediska obrobiteľnosti je možné oceli rozdělit na nelegované, nízkolegované, vysokolegované a slinuté.

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby		Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
P1.1.Z.AN	1	nelegované Mn<1.65	1	≤0.25% C	Z	kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN	žíhané	125 HB	1500	0.25
P1.1.Z.HT	1		1		Z		HT	kalené+popuštěné	190 HB	1770	0.25
P1.2.Z.AN	1		2	>0.25... ≤0.55% C	Z	kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN	žíhané	190 HB	1700	0.25
P1.2.Z.HT	1		2		Z		HT	kalené+popuštěné	210 HB	1820	0.25
P1.3.Z.AN	1		3	vysoký obsah uhlíku, >0.55% C	Z	kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN	žíhané	190 HB	1750	0.25
P1.3.Z.HT	1		3		Z		HT	kalené+popuštěné	300 HB	2000	0.25
P1.4.Z.AN	1		4	automatová ocel	Z	kované/válcované/ tažené za studena	AN	žíhané	220 HB	1180	0.21
P1.5.C.HT	1		5	uhlíkové (na odlitky)	C	odlévané	HT	v původním stavu	150 HB	1400	0.25
P1.5.C.AN	1		5		C		AN	kalené+popuštěné	300 HB	2880	0.25
P2.1.Z.AN	2	nízkolegované (legury ≤5%)	1	≤0.25% C	Z	kované/válcované/ tažené za studena	AN	žíhané	175 HB	1700	0.25
P2.2.Z.AN	2		2	>0.25... ≤0.55% C	Z		AN		240 HB	1950	0.25
P2.3.Z.AN	2		3	vysoký obsah uhlíku, >0.55% C	Z		AN		260 HB	2020	0.25
P2.4.Z.AN	2		4	automatová ocel	Z		AN		225 HB		
P2.5.Z.HT	2		5	uhlíkové (kalené a popuštěné)	Z	kované/válcované/ tažené za studena	HT	kalené+popuštěné	330 HB	2000	0.25
P2.6.C.UT	2		6	uhlíkové (na odlitky)	C	odlévané	UT	v původním stavu	200 HB	1600	0.25
P2.6.C.HT	2		6		C		HT	kalené+popuštěné	380 HB	3200	0.25
P3.0.Z.AN	3	vysokolegované (legury >5%)	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/ tažené za studena	AN	žíhané	200 HB	1950	0.25
P3.0.Z.HT	3		0		Z	tažené za studena	HT	kalené+popuštěné	380 HB	3100	0.25
P3.0.C.UT	3		0		C	odlévané	UT	v původním stavu	200 HB	1950	0.25
P3.0.C.HT	3		0		C		HT	kalené+popuštěné	340 HB	3040	0.25
P3.1.Z.AN	3		1	Rychlořezné oceli (HSS)	Z	kované/válcované/ tažené za studena	AN	žíhané	250 HB	2360	0.25
P3.2.C.AQ	3		2	Manganové oceli	C	odlévané	AQ	žíhané/rychle zchlazené nebo žíhané	300 HB	3000	0.25
P4.0.S.NS	4	slinované oceli	0	hlavní skupina	S	slinuté	NS	nespecifikováno	150 HB		

➤ Pozitivní i negativní vliv

Si, Al, Ca tvoří oxidické vměstky, které zvyšují rychlost opotřebení otěrem.

Inkluze ve strukturách ocelí mají významný vliv na jejich obrobiteľnost, ačkoli představují pouze velmi malou část celkového objemu slitiny. Jejich vliv může být jak negativní, tak i pozitivní. Například hliník (Al) se využívá pro redukci roztaveného železa. Ale hliník také tvoří tvrdý abrazivní oxid hlinitý (Al₂O₃), který má velice špatný vliv na obrobiteľnost (v porovnání s příznivým účinkem povlakování břitové destičky oxidem hlinitým). Tento negativní účinek je ale možné eliminovat přísadou vápníku (Ca), který kolem abrazivních částic tvoří měkký vnější obal.

• **Ocel na odlitky** má na povrchu hrubozrnnou strukturu, která může obsahovat písek a strusku, a její obrábění klade vysoké nároky na houževnatost břitu.

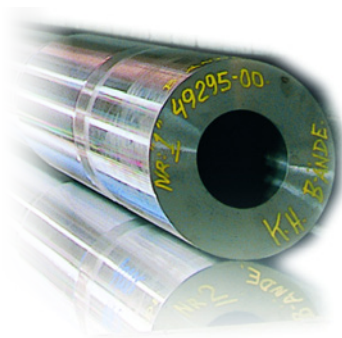
• **Válcovaná ocel** má strukturu s poměrně značnou velikostí zrna, která je nestejnoroďá, což způsobuje kolísání řezných sil.

• **Kovaná ocel** se vyznačuje menší velikostí zrna a, z hlediska struktury, větší stejnorodostí, což ale při obrábění znamená menší množství problémů.

Nelegovaná ocel – P 1.1-1.5

Definice pojmů

Nelegované oceli obsahují většinou pouze uhlík v množství do 0.8%, zatímco legované oceli obsahují další slitinové prvky. Tvrdost se mění v rozsahu od 90 do 350HB. Vyšší obsah uhlíku ($>0.2\%$) je nezbytný pro zakalení materiálu.



Nejběžnější součásti

Mezi nejčastější aplikace patří: konstrukční oceli, stavební oceli, lisované výrobky nebo součásti vyráběné hlubokým tažením, oceli pro výrobu tlakových nádob a celá řada ocelí na odlitky. K nejběžnějším součástem patří: nápravy, hřídele, trubky, výkovky a svařované konstrukce ($C < 0.25\%$).

Obrobitelnost

Při obrábění nízkouhlíkových ocelí ($< 0.25\%$) je třeba věnovat zvláštní pozornost problémům s dělením třísek a sklonům k ulpívání materiálu na břitu (tvorba nárůstku). Vysoké řezné rychlosti a ostré břity a/nebo geometrie s pozitivním úhlem čela a třídy s tenkým povlakem pomáhají snižovat tendence k ulpívání materiálu na břitu. Pro zlepšení dělení třísky při soustružení je doporučeno, aby hloubka řezu byla blízká nebo byla větší, než je poloměr špičky nástroje. Obecně lze říci, že u zušlechťených ocelí je obrobitelnost velmi dobrá, ale projevuje se u nich sklon k relativně značnému opotřebení hřbetu břitu.



Nízkolegovaná ocel – P 2.1-2.6

Definice pojmů

Nízkolegované oceli jsou nejobvyklejší v současnosti používané materiály v kovoobráběcím průmyslu. Tato skupina obsahuje jak měkké, tak i tvrzené materiály (až do 50 HRC).



Nejběžnější součásti

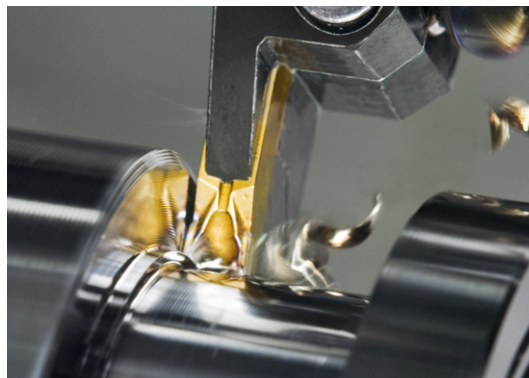
Oceli pro výrobu tlakových nádob legované Mo a Cr se používají pro aplikace za vyšších teplot. Mezi běžné aplikace patří: nápravy, hřídele, konstrukční oceli, trubky a výkovky. Příklady součástí pro automobilový průmysl jsou: ojnice, vačkové hřídele, kardanové klouby, náboje kol, pastorky řízení.

► Nízkouhlíkové oceli – P 2.1-2.6 – pokračování

Obrobitelnost

Obrobitelnost nízkouhlíkových ocelí závisí na obsahu legujících prvků a tepelném zpracování (tvrdosti). Nejčastějším mechanismem opotřebení při obrábění všech materiálů z této skupiny je opotřebení ve tvaru žlábků a opotřebení hřbetu.

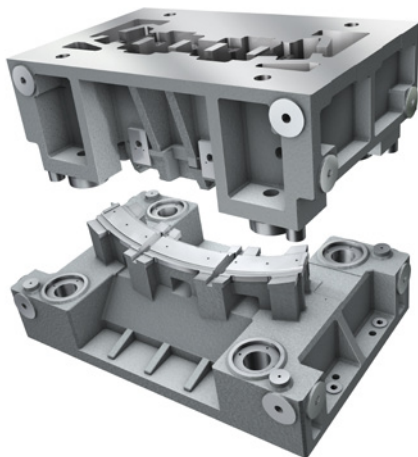
Při obrábění zušlechtěných materiálů vzniká v místě řezu větší množství tepla, což může mít za následek plastickou deformaci bříty.



Vysokolegované oceli – P 3.0-3.2

Definice pojmů

Vysokolegované oceli zahrnují uhlíkové oceli s celkovým obsahem legujících prvků nad 5%. Do této skupiny patří jak měkké, tak i zušlechtěné materiály (s tvrdostí až 50 HRC).

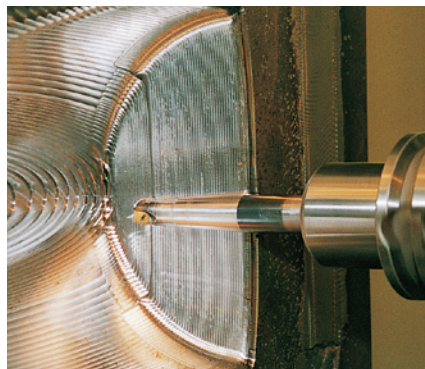


Nejběžnější součásti

Mezi nejčastější způsoby použití těchto ocelí patří: součásti obráběcích strojů, lisovací nástroje, součásti hydraulických zařízení, válce a obráběcí nástroje (HSS).

Obrobitelnost

Obecně lze říci, že obrobitelnost klesá se zvyšujícím se podílem legujících prvků a rostoucí tvrdostí. Například při 12-15% legujících prvků a tvrdosti až 450 HB je nutná velmi dobrá tepelná odolnost bříty, aby dokázal odolat plastické deformaci.



M Korozi-vzdorné oceli

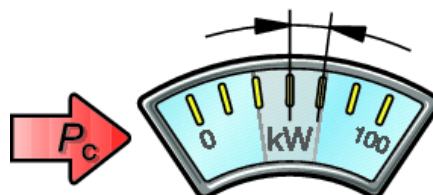
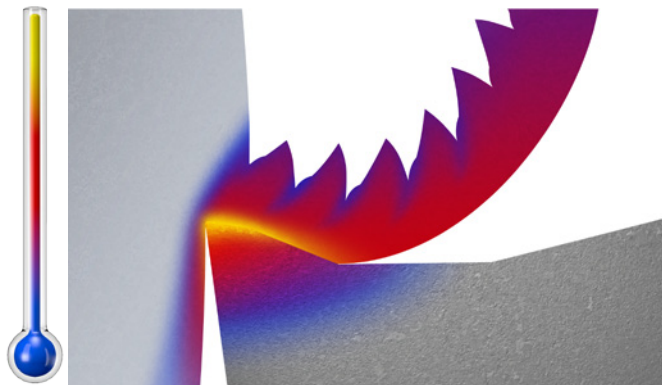
Definice pojmů

- Slitiny, u kterých železo (Fe), jako chemický prvek, představuje základní složku.
- Obsah chromu v těchto slitinách je větší než 12%
- Obvykle mají malý obsah uhlíku ($C \leq 0.05 \%$).
- Různě velké přísady niklu (Ni), chromu (Cr), molybdenu (Mo), niobu (Nb) a titanu (Ti) ovlivňují jejich rozmanité vlastnosti, jako například odolnost proti korozi nebo pevnost za vysokých teplot.
- Chrom reaguje s kyslíkem (O) a na povrchu oceli vytváří pasivovanou vrstvu Cr_2O_3 , která materiálu poskytuje odolnost proti korozi.

Obrobitelnost - celkové shrnutí

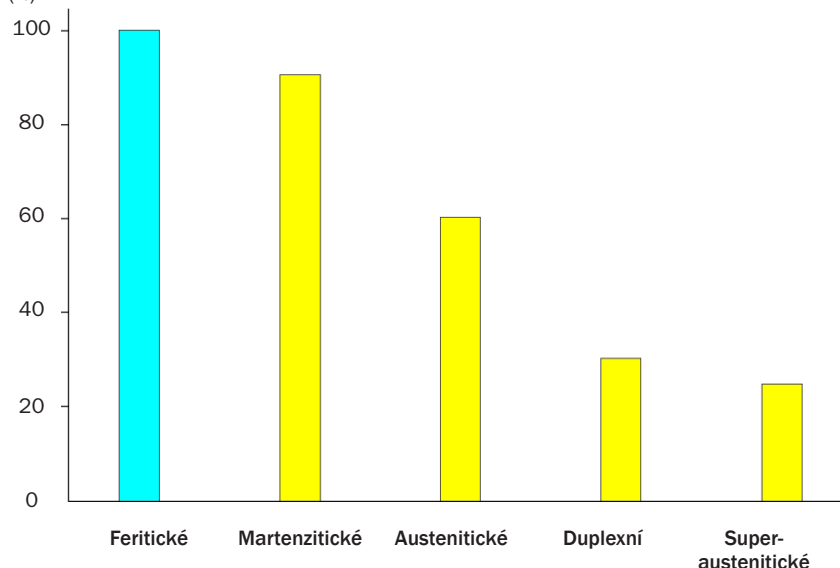
Obrobitelnost korozi-vzdorných ocelí se liší v závislosti na množství legujících prvků, tepelném zpracování a způsobu výroby (kovaná, odlévaná, atd.) Obecně lze říci, že obrobitelnost se snižuje spolu s rostoucím obsahem legur, ale snadno obrobitelné materiály nebo materiály se zlepšenou obrobitelností jsou zastoupeny ve všech skupinách korozi-vzdorných ocelí.

- Materiál tvořící dlouhé třísky.
- Kontrola utváření třísky ve feritických/martenzitických materiálech je velmi dobrá, ale mnohem složitější se stává u austenitických a duplexních typů materiálů.
- Měrná řezná síla: 1800-2850 N/mm².
- Řezné síly se postupně zvyšují od nižších až po průměrné, jak tomu odpovídá následující posloupnost: Feritické/ Martenzitické - Austenitické - Duplexní (Austeniticko-feritické).
- Při obrábění vznikají značné řezné síly, nárůstek na břítu, velké množství tepla a dochází k mechanickému zpevňování povrchu.
- Zvýšený obsah dusíku (N) v austenitické struktuře přispívá ke zvýšení pevnosti a poskytuje určitý stupeň odolnosti proti korozi, na druhou stranu ale snižuje obrobitelnost, jelikož roste velikost deformačního zpevňování.
- Pro zlepšení obrobitelnosti se využívá přísady síry (S).



- Velký obsah C (>0.2%) způsobuje relativně velké opotřebení hřbetu.
- Mo a N způsobují snížení obrobitelnosti, naproti tomu ale přispívají ke zvýšení odolnosti proti působení kyselin a ke zvýšení pevnosti za tepla.
- SANMAC (název výrobku společnosti Sandvik) je materiál, jehož obrobitelnost je zlepšena optimalizací objemového podílu sulfidů a oxidů bez ztráty korozní odolnosti.

Poměrná obrobitelnost (%)

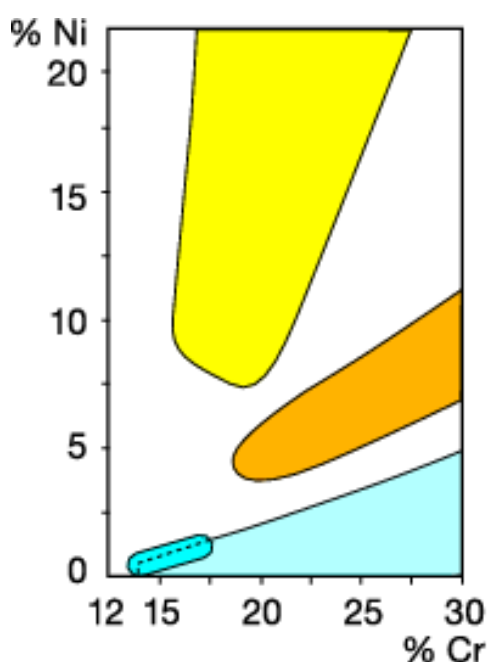


Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO M, viz Všeobecné soustružení - strana A 25, Frézování - strana D 34 a Vrtání - strana E 16.

MC kódy pro korozivzdorné oceli

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby		Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
P5.0.Z.AN	5	korozivzdorné oceli feritické/martenzitické	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/tvářené za studena/tažené	AN	žíhané	200 HB	1800	0.21
P5.0.Z.HT	5		0		Z		HT	kalené+popuštěné	330 HB	2300	0.21
P5.0.Z.PH	5		0		Z		PH	precipitačně vytvrzené	330 HB	2800	0.21
P5.0.C.UT	5		0		C	odlévané	UT	v původním stavu	250 HB	1900	0.25
P5.0.C.HT	5		0		C		HT	kalené+popuštěné	330 HB	2100	0.25
P5.1.Z.AN	5		1	snadno obrobitelné oceli	Z	kované/válcované/tvářené za studena	AN	žíhané	200 HB	1650	0.21
M1.0.Z.AQ	1	austenitické	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/tažené za studena	AQ	žíhané/rychle zchlazené nebo žíhané	200 HB	2000	0.21
M1.0.Z.PH	1		0		Z		PH	precipitačně vytvrzené	300 HB	2400	0.21
M1.0.C.UT	1		0		C	odlévané	UT	v původním stavu	200 HB	1800	0.25
M1.1.Z.AQ	1		1	se zlepšenou obrobiteľností (např. SANMAC)	Z	kované/válcované/tažené za studena	AQ	žíhané/rychle zchlazené nebo žíhané	200 HB	2000	0.21
M1.1.Z.AQ	1		2	snadno obrobitelné oceli	Z		AQ		200 HB	1800	0.21
M1.3.Z.AQ	1		3	stabilizované Ti	Z	odlévané	AQ		200 HB	1800	0.21
M1.3.C.AQ	1		3		C		AQ		200 HB	1800	0.25
M2.0.Z.AQ	2	superaustenitické, Ni≥20%	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/tažené za studena	AQ		200 HB	2300	0.21
M2.0.C.AQ	2		0		C	odlévané	AQ		200 HB	2150	0.25
M3.1.Z.AQ	3	duplexní (austenitické/feritické)	1	>60% feritu (přibližně N<0.10%)	Z	kované/válcované/tažené za studena	AQ	žíhané/rychle zchlazené nebo žíhané	230 HB	2000	0.21
M3.1.C.AQ	3		1		C	odlévané	AQ		230 HB	1800	0.25
M3.2.Z.AQ	3		2	<60% feritu (přibližně N≥0.10%)	Z	kované/válcované/tažené za studena	AQ		260 HB	2400	0.21
M3.2.C.AQ	3		2		C	odlévané	AQ		260 HB	2200	0.25

Určení materiálové skupiny



Mikrostruktura, kterou korozivzdorná ocel bude mít, závisí především na jejím chemickém složení, přičemž největší vliv mají hlavní slitinové prvky chrom (Cr) a nikl (Ni), viz diagram. Ve skutečnosti mohou být rozdíly poměrně velké, vzhledem k vlivu dalších legujících prvků, které přispívají ke stabilizaci buď austenitu, nebo feritu. Strukturu je také možné modifikovat tepelným zpracováním a v některých případech také tvářením za studena. Precipitačně vytvrzené feritické nebo austenitické korozivzdorné oceli mají vyšší mez pevnosti v tahu.

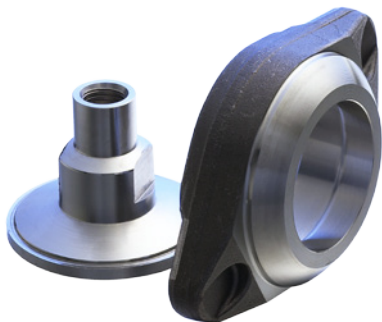
- Austenitické oceli
- Austeniticko-feritické (duplexní) oceli
- Feritické chromové oceli
- Martenzitické chromové oceli

Feritické a martenzitické korozivzdorné oceli – P5.0-5.1

Definice pojmů

Z pohledu obrábitelnosti jsou feritické a martenzitické korozivzdorné oceli klasifikovány jako materiály ISO P. Obvyklý obsah Cr je 12-18%. Přítomny jsou pouze malé přísady ostatních legujících prvků.

Martenzitické korozivzdorné oceli mají relativně vysoký obsah uhlíku, který umožňuje jejich kalení. Feritické oceli mají magnetické vlastnosti. Svařitelnost je špatná u feritických i u martenzitických ocelí a jejich odolnost proti korozi je nízká až střední a vzrůstá se zvyšujícím se objemovým podílem Cr.



Nejběžnější součásti

Často se využívají pro aplikace, které kladou pouze nízké požadavky na odolnost proti korozi. Feritické materiály jsou relativně levné, vzhledem k nízkému obsahu Ni. Příklady aplikací jsou: hřídele čerpadel, parní a vodní turbíny, matice, šrouby, teplovodní kotle, zařízení pro potravinářský průmysl a na zpracování celulózy vzhledem k jejich nižším nárokům na korozní odolnost.

Martenzitické oceli je možné kalit a použít pro výrobu čepelí pro nožní účely, holících břitů, chirurgických nástrojů, atd.

Obrábitelnost

Obecně lze říci, že obrábitelnost je dobrá a velmi podobná, jako u nízkolegovaných ocelí, proto jsou tyto oceli zařazeny do skupiny materiálů ISO P. Vysoký obsah uhlíku (>0.2%) umožňuje kalení těchto materiálů. Při jejich obrábění dochází k opotřebení hřbetu a opotřebení ve tvaru žlábků, s určitými sklony k tvorbě nárůstku. Třídy a geometrie pro obrábění materiálů ISO P fungují spolehlivě.



Austenitické a superaustenitické korozivzdorné oceli – M1.0-2.0

Definice pojmů

Austenitické oceli představují hlavní skupinu korozivzdorných ocelí; nejběžnější chemické složení je 18% Cr a 8% Ni (např. oceli 18/8, typ 304). Oceli s vyšší odolností proti korozi je možné vytvořit přísadou 2-3% molybdenu a tyto oceli jsou často nazývány "kyselinovzdorné oceli": (typ 316). Tato MC skupina také zahrnuje superaustenitické korozivzdorné oceli s obsahem Ni větším než 20%. Austenitické precipitačně vytvrzené oceli (PH) jsou oceli, které mají austenitickou strukturu ve stavu po rozpouštěcím žhání a mají obsah Cr >16%, obsah Ni >7%, a také přibližně 1% hliníku (Al). Příkladem typické precipitačně vytvrzované oceli je PH ocel 17/7.

Nejběžnější součásti

Používají se pro součásti, u kterých je požadována dobrá odolnost proti korozi. Velmi dobrá svařitelnost a příznivé vlastnosti za zvýšených teplot. Mezi aplikace patří: zařízení pro chemický a potravinářský průmysl a pro zpracování celulózy, výfuková potrubí letadel. Dobré mechanické vlastnosti lze zlepšit tvářením za studena.



► Austenitické a superaustenitické korozi-vzdorné oceli – M1.0-2.0 – pokračování

Obrobitelnost

Mechanické zpevnění má za následek tvrdý povrch a vznik tvrdých třísek, které způsobují postupné opotřebení ve tvaru vrubu. Dochází také k adheznímu opotřebení a vzniku nárůstku na břitě (BUE). Jejich relativní obrobitelnost je přibližně 60%. Tvrdý stav může být důvodem odlupování povlaku a vytrhávání substrátu z ostří, což se projeví jako vylamování břitu a špatnou kvalitou povrchu. Austenitické materiály tvoří houževnaté, dlouhé a spojitě třísky, které se jen obtížně dělí. Přísada S zlepšuje obrobitelnost, ale má za následek snížení odolnosti proti korozi.

Je třeba použít ostré břity s pozitivní geometrií. Řez musí probíhat pod mechanicky zpevněnou vrstvou. Je třeba udržet konstantní hloubku řezu. Při obrábění vzniká velké množství tepla.

Duplexní korozi-vzdorné oceli – M 3.41-3.42

Definice pojmů

Přísadou Ni do složení feritické korozi-vzdorné oceli na bázi Cr dojde k vytvoření smíšené struktury/matrice, která obsahuje ferit i austenit. Takové oceli se nazývají duplexní korozi-vzdorné oceli. Duplexní materiály mají vysokou pevnost v tahu a dosahují velmi vysoké odolnosti proti korozi. Označení jako superduplexní nebo hyperduplexní nepřímo signalizují zvýšený obsah legujících prvků a ještě vyšší korozi-vzdornost. Duplexní oceli obvykle obsahují mezi 18 a 28% Cr a mezi 4 a 7% Ni a podíl vznikajícího feritu dosahuje 25-80%. Za normální teploty okolí se feritická a austenitická fáze běžně vyskytují ve vzájemném poměru 50-50%. Typická obchodní označení výrobků firmy SANDVIK jsou SAF 2205, SAF 2507.



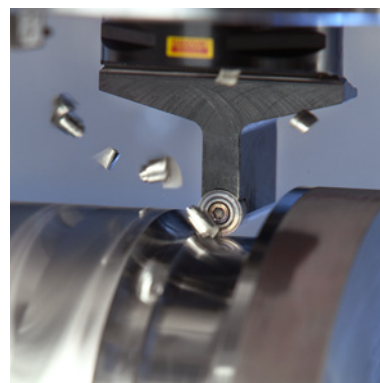
Nejběžnější součásti

Používají se pro výrobu zařízení pro chemický a potravinářský průmysl, konstrukce, medicínskou techniku, papírenský průmysl a zařízení na zpracování celulózy a také pro zařízení vystavená účinkům kyselin a chlóru. Často se také využívají pro zařízení určená pro pobřežní těžbu ropy a plynu.

Obrobitelnost

Poměrná obrobitelnost je obecně velmi špatná, 30%, v důsledku vysokých hodnot meze kluzu a meze pevnosti v tahu. Vyšší podíl feritu, nad 60%, přispívá ke zvýšení obrobitelnosti. Při obrábění vznikají pevné třísky a může docházet k jejich zasekávání a k nárůstu hodnot řezných sil. Při obrábění vzniká velké množství tepla, což může mít za následek plastickou deformaci a velmi rychlé opotřebení ve tvaru žlábků.

Vhodné je použití malého úhlu nastavení, což pomáhá předejít vzniku opotřebení ve tvaru vrubu a tvorbě otřepů. Zásadní význam má stabilita upnutí nástroje a obrobku.



K Litiny

Definice pojmů

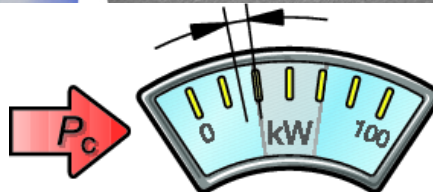
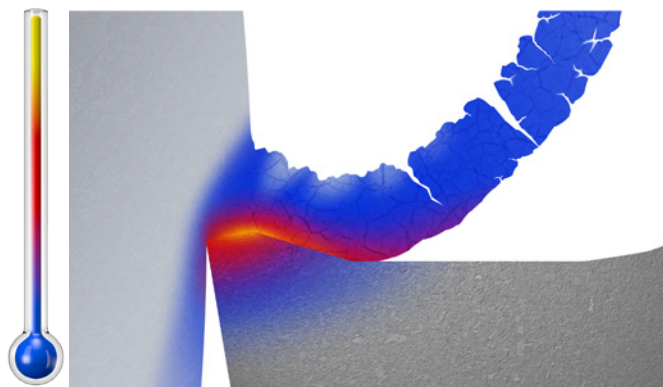
Existuje 5 hlavních typů litin:

- Šedá litina (GCI),
- Temperovaná litina (MCI),
- Nodulární litina (NCI),
- Litina s červíkovitým grafitem (CGI)
- Izotermicky kalená tvárná litina (ADI).

Litina je slitina Fe-C s relativně vysokým procentním podílem Si (1-3%). Obsah uhlíku je vyšší než 2%, což je maximální rozpustnost C v austenitu. Cr (chrom), Mo (molybden) a V (vanad) tvoří karbidy, které zvyšují pevnost a tvrdost, ale snižují obrobitelnost.

Obrobitelnost - celkové shrnutí

- Materiál tvořící krátkou třísku, v naprosté většině případů s dobrou kontrolou utváření třísky. Měrná řezná síla: 790 – 1350 N/mm².
- Obrábění vysokými řeznými rychlostmi, zejména litin obsahujících vměstky písku, způsobuje abrazivní opotřebení.
- NCI, CGI a ADI vyžadují zvláštní pozornost vzhledem k jejich odlišným mechanickým vlastnostem a způsobu vyloučení grafitu v matici ve srovnání s běžnou GCI.
- Litina se často obrábí s využitím negativních břitových destiček, jelikož nabízejí pevné a odolné břity a spolehlivost dané operace.
- Aby bylo dosaženo potřebné odolnosti proti abrazivnímu opotřebení, karbidový substrát by měl být tvrdý a povlak by měl být typ se silnou vrstvou oxidu hlinitého.
- Konvenční způsob obrábění litiny představuje obrábění za sucha, ale lze jej rovněž provádět také za mokra, zejména za účelem snížení znečištění prachovými částicemi uhlíku a železa na minimum. K dispozici jsou také třídy, které umožňují obrábění s přívodem řezné kapaliny.



Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO K viz Všeobecné soustružení - strana A 28, Frézování - strana D 36 a Vrtání - strana E 16.

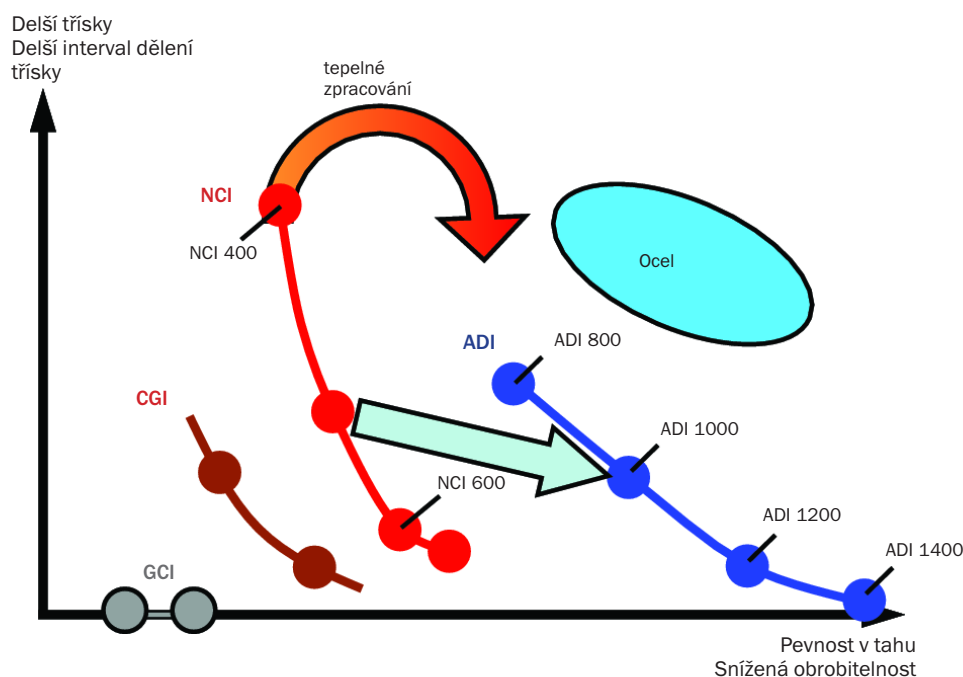
Vliv tvrdosti

- Vliv tvrdosti na obrobitelnost litin se řídí určitými pravidly, stejně jako u všech ostatních materiálů.
- Např. ADI (austempered ductile iron) a CGI (compacted graphite iron), stejně jako NCI (nodular cast iron) mohou dosahovat tvrdosti 300-400 HB. MCI a GCI v průměru 200-250 HB.
- Bílá litina může dosahovat tvrdosti nad 500 HB. To je dáno velkými rychlostmi ochlazování, při kterých se uhlík slučuje s železem a vzniká karbid Fe₃C (cementit), namísto toho, aby se vyloučil jako volný uhlík. Bílá litina je velice abrazivní a obtížně obrobitelná.

MC kódy pro litiny

Z hlediska obrábitelnosti se litiny dělí na temperované, šedé, nodulární, s červíkovitým grafitem (CGI) a izotermicky kalenou tvárnou litinu (ADI). S vyššími tvrdostmi je možné se setkat u nodulárních litin a u ADI.

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby		Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
K1.1.C.NS	1	temperovaná	1	malá pevnost v tahu	C	odlévané	NS	nespecifikováno	200 HB	780	0.28
K1.2.C.NS	1		2	vysoká pevnost v tahu	C		NS		260 HB	1020	0.28
K2.1.C.UT	2	šedá	1	malá pevnost v tahu	C	odlévané	UT	v původním stavu	180 HB	900	0.28
K2.2.C.UT	2		2	vysoká pevnost v tahu	C		UT		245 HB	1100	0.28
K2.3.C.UT	2		3	austenitické	C		UT		175 HB	1300	0.28
K3.1.C.UT	3	nodulární	1	feritické	C	odlévané	UT	v původním stavu	155 HB	870	0.28
K3.2.C.UT	3		2	feritické/perlitické	C		UT		215 HB	1200	0.28
K3.3.C.UT	3		3	perlitické	C		UT		265 HB	1440	0.28
K3.4.C.UT	3		4	martenzitické	C		UT		330 HB	1650	0.28
K3.5.C.UT	3		5	austenitické	C		UT		190 HB		
K4.1.C.UT	4	CGI	1	malá pevnost v tahu (perlit <90%)	C	odlévané	UT	v původním stavu	160 HB	680	0.43
K4.2.C.UT	4		2	vysoká pevnost v tahu (perlit ≥90%)	C		UT		230 HB	750	0.41
K5.1.C.NS	5	ADI	1	malá pevnost v tahu	C	odlévané	NS	nespecifikováno	300 HB		
K5.2.C.NS	5		2	vysoká pevnost v tahu	C		NS		400 HB		
K5.3.C.NS	5		3	extra vysoká pevnost v tahu	C		NS		460 HB		



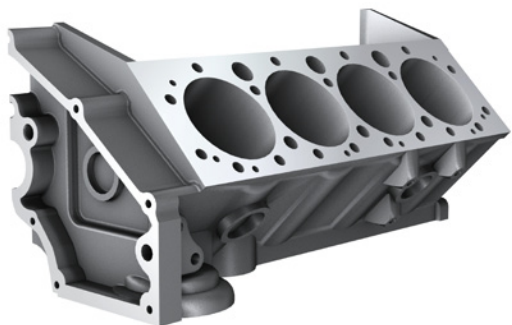
Izotermické kalení je postup tepelného zpracování, kterým se změní tvárná litina (NCI) na izotermicky kalenou tvárnou litinu (ADI).

Temperovaná litina (MCI) K 1.1-1.2 a Šedá litina (GCI) K 2.1-2.3

Definice pojmů

Temperovaná litina se vyrábí z materiálu, který má matici blízkou bílým litinám, a který je dále tepelně zpracováván ve dvou stupních, přičemž vzniká struktura tvořená feritem+perlitem+temperovaným uhlíkem. To má za následek nestejně rozložené vyloučení grafitových zrn, ve srovnání s lamelární strukturou šedé litiny, která je mnohem náchylnější k lomu. To znamená, že temperované materiály jsou méně náchylné k praskání a hodnoty jejich skutečné pevnosti a tažnosti jsou vyšší.

Šedá litina obsahuje grafit v podobě typických vloček a jejími hlavními charakteristikami jsou: malá rázová houževnatost (křehké chování); dobrá tepelná vodivost, což znamená např. menší nárůst teplot při práci motoru a menší množství tepla vzniká také při jejím obrábění; dobré tlumící schopnosti, absorbce vibrací v motoru.



Nejběžnější součásti

Mezi součásti vyráběné z materiálů MCI patří: ložiska náprav, pojezdová kola, spojovací armatury trubek a vysoce pevná ozubená soukolí.

Mezi součásti vyráběné z materiálů GCI patří: pánve, bloky motorů, válce kompresorů, ozubená soukolí a skříně převodovek.

Obrobitelnost

Temperovaná litina ve srovnání s GCI má vyšší mez pevnosti v tahu a z pohledu obrobitelnosti má podobné vlastnosti jako NCI. Obvykle mají oba tyto materiály vynikající opracovatelnost. Obecně lze říci, že perlitická struktura litiny zvyšuje abrazivní opotřebení, zatímco feritická struktura zvyšuje adhezní opotřebení.

Šedá litina má malou rázovou houževnatost, při jejím obrábění vznikají malé řezné síly a její obrobitelnost je velmi dobrá. Příčinou opotřebení v průběhu obrábění je pouze abraze; k chemickému otěru nedochází. Za účelem zlepšení mechanických vlastností je šedá litina často legovaná Cr. Vyšší pevnost se pak projevuje snížením obrobitelnosti.

Nodulární litina (NCI) K 3.1-3.5

Definice pojmů

Nodulární litina obsahuje globulární grafit a mezi její hlavní charakteristiky patří velmi dobrá tuhost (Youngův modul pružnosti); dobrá rázová houževnatost = odolný materiál, který není křehký; značná pevnost v tahu; špatné tlumící schopnosti, neabsorbuje vibrace vznikající v motoru; špatná tepelná vodivost, při obrábění vzniká větší množství tepla. Ve srovnání s GCI má grafit v NCI podobu kuliček, tzv. nodulí, což přispívá ke zvýšení hodnoty meze pevnosti v tahu a houževnatosti.



► Nodulární litina (NCI) K 3.1-3.5 – pokračování



Nejběžnější součásti

Poloosy, potrubí, válce, výfuková potrubí, klikové hřídele, skříň diferenciálu, víka ložisek, základové desky, tělesa turbodmychadel, lamely spojky nebo setrvačníky.

Tělesa turbodmychadel a výfuková potrubí se velmi často vyrábějí z legované litiny typu SiMo, která má zvýšenou odolnost proti účinkům tepla.

Obrobitelnost

Nodulární litina má značnou tendenci k vytváření nárůstku na břítu. Tato tendence je ještě větší u měkkých NCI materiálů s větším podílem feritu. Při obrábění součástí s velkým podílem feritu a při přerušovaných řezech je adhezní opotřebení často dominantním mechanismem opotřebení. To může být také důvodem problémů s odlupováním povlaku.

Problémy s adhezí jsou méně výrazné u tvrdších NCI materiálů, které obsahují větší podíl perlitu. V takovém případě se s mnohem větší pravděpodobností vyskytují problémy s abrazivním opotřebením a/nebo s plastickou deformací.



Litina s červíkovitým grafitem (CGI) K 4.1-4.2

Definice pojmů

CGI je materiál, který může splňovat jak rostoucí požadavky na zvyšování pevnosti a redukci hmotnosti, tak i na udržení přijatelné úrovně obrobitelnosti. Tepelné vlastnosti a schopnost tlumení CGI jsou zhruba mezi NCI a GCI. Odolnost proti únavovému poškození kovů je dvakrát vyšší, než u šedé litiny. Grafitické částice v CGI jsou podlouhlé a náhodně orientované, podobně jako v šedé litině, ale jsou kratší, tlustší a mají zaoblené hrany. Korálovitá morfologie grafitických částic v CGI, spolu s jejich zaoblenými hranami a nepravidelným hrbolatým povrchem, zajišťují vysokou adhezi mezi grafitem a železnou maticí. To je také důvod, proč jsou mechanické vlastnosti CGI o tolik vyšší, než u šedé litiny. Nejobvyklejší je CGI s obsahem perlitu pod 90%.

► Litina s červíkovitým grafitem (CGI) K 4.1-4.2 – pokračování



Nejběžnější součásti

CGI je velice vhodná pro výrobu motorů, kde jsou požadovány lehčí a pevnější materiály, které jsou schopny absorbovat více energie. Samotnou hmotnost bloku motoru je možné snížit přibližně o 20 procent ve srovnání se stejným blokem motoru vyrobeným z GCI. Dalším příkladem jsou hlavy válců a brzdové kotouče.

Obrobitelnost

Z pohledu obrobitelnosti se litina s červíkovitým grafitem nachází mezi šedou a nodulární litinou. Mez pevnosti v tahu je dva až třikrát vyšší, než u šedé litiny, přičemž menší tepelná vodivost CGI je při obrábění důvodem vzniku vyšších řezných sil a většího množství tepla v místě řezu. Zvýšený obsah titanu v materiálech CGI ovlivňuje životnost nástroje negativně.

Nejčastější obráběcí operace jsou čelní frézování a vrtání válců. Náhrada vrtání válců frézováním kruhovou interpolací může znamenat zlepšení jak životnosti nástroje, tak i produktivity.

Izotermicky kalená tvárná litina (ADI) K 5.1- 5.3

Definice pojmů

Izotermicky kalená tvárná litina tvoří skupinu tepelně zpracovaných litin. Tepelným zpracováním, spočívajícím v izotermickém kalení tvárné litiny, dojde k přeměně na izotermicky kalenou tvárnou litinu (ADI), která má vynikající pevnost, houževnatost a únavové vlastnosti. ADI má vyšší měrnou pevnost vztaženou na jednotku hmotnosti, než hliník a stejnou odolnost proti otěru jako ocel. Hodnoty meze pevnosti a meze kluzu jsou dvojnásobné ve srovnání se standardní tvárnou litinou. Mez únavy je přibližně o 50% vyšší a je možné ji dále zvýšit kuličkováním nebo válečkováním.



Nejběžnější součásti

Díky svým vynikajícím technickým vlastnostem odlitky z ADI stále více vytlačují ocelové výkovky a odlitky, svařované konstrukce, cementované oceli a hliník. Hlavní upotřebení nacházejí převážně v automobilovém průmyslu, kde se využívají pro výrobu prvků zavěšení a součástí převodových ústrojí, atd. Využívá se také v energetice a pro výrobu důlních strojů a zařízení.

Obrobitelnost

Lze předpokládat snížení životnosti nástroje o 40-50% ve srovnání s NCI. Pevnost v tahu a tažnost ADI se blíží oceli, ale process utváření třísky řadí ADI mezi tvárné litiny (tvoří článkovitou třísku).

Mikrotvrdost ADI je v porovnání s ocelí srovnatelné tvrdosti vyšší. U vyšších tříd ADI obsahuje mikrostruktura tvrdé částice. Velké tepelné a mechanické zatížení v důsledku vysoké pevnosti a tažnosti, vzhledem k průběhu procesu utváření článkovité třísky se opotřebení soustřeďuje do blízkosti řezné hrany a dochází k opotřebení na čele břitů. Vysoký stupeň zpevnění během utváření třísky má za následek velké dynamické změny řezných sil. Teplota v místě řezu je hlavním určujícím faktorem pro velikost opotřebení.

N Neželezné materiály

Definice pojmů:

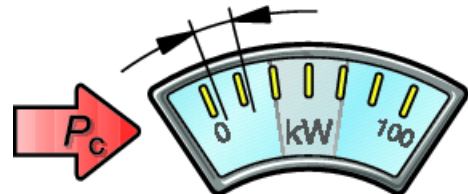
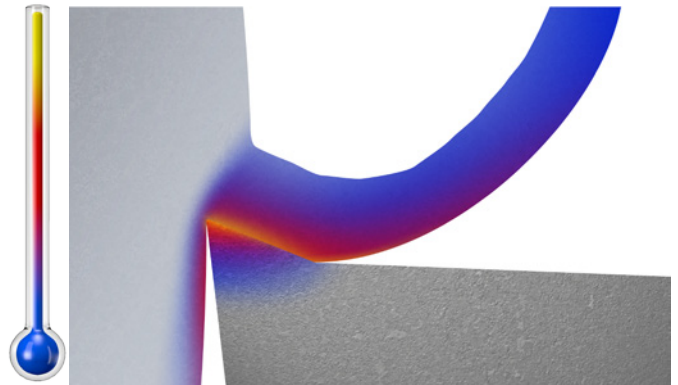
- Tato skupina obsahuje neželezné měkké kovy s tvrdostí do 130 HB, s výjimkou vysokopevných bronzů (>225HB)
- Největší skupinu představují slitiny hliníku (Al) obsahující méně než 12-13% křemíku(Si)
- MMC: Kompozit s kovovou maticí: Al + SiC (20-30%)
- Slitiny hořčíku
- Měď, elektrolytická měď s 99.95% Cu
- Bronz: Měď s cínem (Sn) (10-14%) a/nebo hliníkem (3-10%)
- Mosaz: Měď (60-85%) se zinkem (Zn) (40-15%)

Obrobitelnost hliníku

- Materiál tvořící dlouhou třísku
- Relativně snadná kontrola třísky, pokud je legovaný
- Čistý Al snadno ulpívá na břitu a proto je nutné použití ostrých břitů a vysoké hodnoty v_c .
- Měrná řezná síla: 350-700 N/mm
- Řezné síly, a tudíž i výkon požadovaný pro jeho obrábění, jsou nízké.
- Tento materiál lze obrábět pomocí jemnozrnných nepovlakovaných karbidových tříd za předpokladu, že obsah Si je nižší než 7-8%, v případě hliníku s vyšším obsahem Si pomocí tříd s břitý osazenými PCD.
- Nadeutektické slitiny Al s obsahem Si > 12% jsou velice abrazivní.

Nejběžnější součásti

Bloky motorů, hlavy válců, skříně převodovek, kryty, prvky draků letadel.



Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO N, viz Všeobecné soustružení - strana A 39, Upichování a zapichování - strana B 10, Frézování - strana D 38 a Vrtání - strana E 17.

MC kódy pro materiály typu N

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby	Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
N1.1.Z.UT	1	slitiny hliníku	1	komerčně čistý	Z	odlévané	UT	v původním stavu	30 HB	0.25
N1.2.Z.UT	1		2	slitiny AlSi, Si ≤1%	Z		UT		60 HB	0.25
N1.2.Z.AG	1		2		Z		AG	stárnuté	100 HB	0.25
N1.2.S.UT	1		2	slévárenské slitiny AlSi, Si ≤1% a <13%	S	slinuté	UT	v původním stavu	75 HB	0.25
N1.2.C.NS	1		2		C	odlévané	NS	nespecifikováno	80 HB	0.25
N1.3.C.UT	1		3		C		UT	v původním stavu	75 HB	0.25
N1.3.C.AG	1		3		C		AG	stárnuté	90 HB	0.25
N1.4.C.NS	1		4	slévárenské slitiny AlSi, Si ≥13%	C		NS	nespecifikováno	130 HB	0.25
N2.0.C.UT	2	slitiny hořčíku	0	hlavní skupina	C	odlévané	UT	v původním stavu	70 HB	
N3.1.U.UT	3	slitiny mědi	1	bezolovnaté slitiny mědi (včetně elektrolytické mědi)	U	nespecifikováno	UT	v původním stavu	100 HB	0.25
N3.2C.UT	3		2	olovnaté mosazi & bronzы (Pb ≤1%)	C	odlévané	UT		90 HB	0.25
N3.3.S.UT	3		2		S	slinuté	UT		35 HB	
N3.3.U.UT	3		3	snadno obrobitelné slitiny mědi (Pb >1%)	U	nespecifikováno	UT		110 HB	0.25
N3.4.C.UT	3	slitiny zinku	4	vysokopevné bronzы (>225HB)	C	odlévané	UT		300 HB	
N4.0.C.UT	4		0	hlavní skupina	C	odlévané	UT	v původním stavu	70 HB	

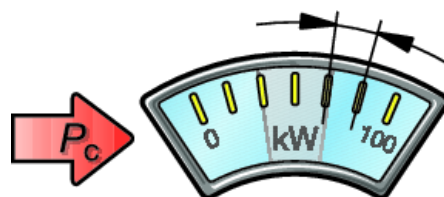
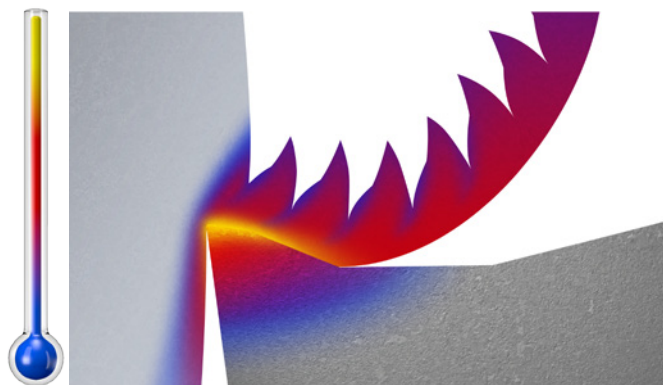
S Žárovzdorné slitiny (Heat Resistant Super Alloys - HRSA) a titan

Definice pojmů

- Skupinu ISO S je možné rozdělit na žárovzdorné slitiny (HRSA) a titan.
- Materiály HRSA lze potom dále rozdělit do tří skupin: Slitiny na bázi niklu, na bázi železa a na bázi kobaltu.
- Stav materiálu: Žíhaný, normalizačně žíhaný, stárnutý, válcovaný, kovaný, odlévaný
- Vlastnosti: Zvýšený obsah slitinových prvků, se projeví (více u Co než u Ni) zvýšením žárovzdornosti, pevnosti v tahu a vyšší korozní odolností.

Obrobitelnost - celkové shrnutí

- Fyzikální vlastnosti a průběh obrábění se u jednotlivých slitin značně liší, vzhledem k jejich chemické povaze a v závislosti na dokonalosti metalurgických procesů, kterými prochází během výroby.
- Procesy žíhání a stárnutí mimořádně ovlivňují výsledné vlastnosti z hlediska obrobitelnosti.
- Obtížná kontrola třísky (člankovitá tříška)
- Měrná řezná síla: 2400-3100 N/mm² u HRSA a 1300-1400 N/mm² u titanu
- Řezné síly a požadovaný výkon jsou velmi vysoké

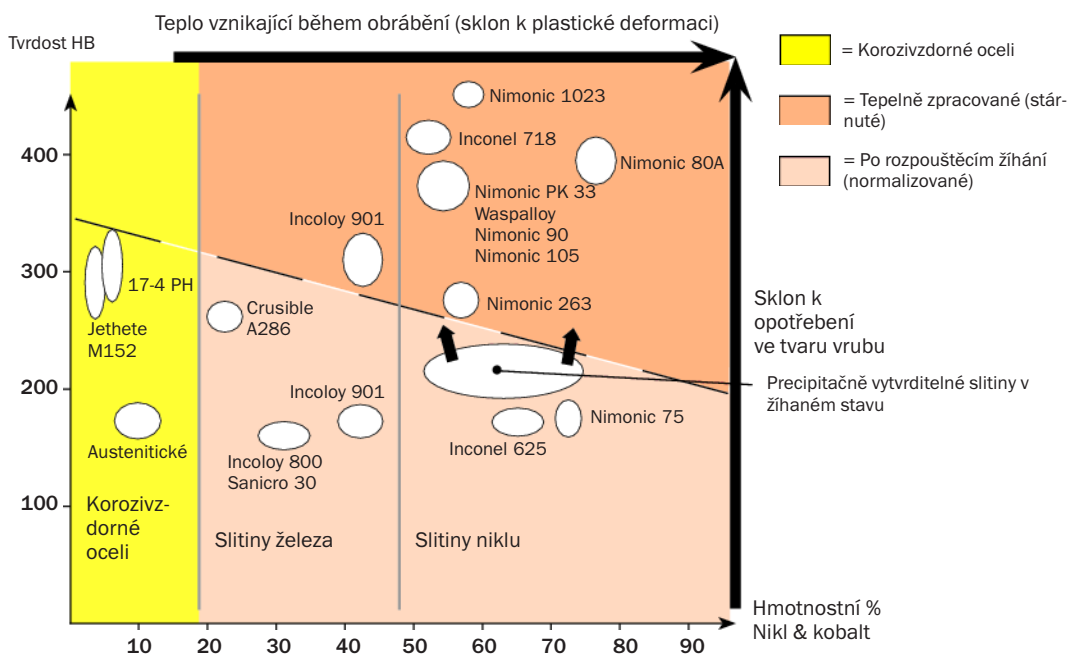


Stárnutí

Za účelem dosažení vyšší pevnosti se u žárovzdorných slitin provádí "precipitační vytvrzování".

Působení zvýšených teplot na materiál, např. při umělém stárnutí, má za následek, že ve struktuře slitiny dochází k precipitaci drobných intermetalických částic. Tyto částice účinně brání kluzu v krystalové soustavě a v důsledku toho je deformace materiálu obtížnější.

Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO S, viz Všeobecné soustružení - strana A 30, Upichování a zapichování - strana B 9, Frézování - strana D 39 a Vrtání - strana E 17.



MC kódy pro materiály typu S

Z hlediska obrábělnosti je žárovzdušné slitiny možné rozdělit na materiály na bázi železa, niklu a nebo kobaltu. Titan se dělí na komerčně čistý, slitiny alfa a slitiny blízké alfa, slitiny alfa+beta a slitiny beta.

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby		Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k _{c1} (N/mm ²)	m _c
S1.0.U.AN	1	komplexní slitiny	1	hlavní skupina	U	nespecifikováno	AN	žíhané	200 HB	2400	0.25
S1.0.U.AG	1		2		U		AG	stárnuté	280 HB	2500	0.25
S2.0.Z.AN	2	slitiny niklu	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/ tvářené za studena tažené	AN	žíhané	250 HB	2650	0.25
S2.0.Z.AG	2		0		Z		AG	stárnuté	350 HB	2900	0.25
S2.0.Z.UT	2		0		Z		UT	v původním stavu	275 HB	2750	0.25
S2.0.C.NS	2		0		C		odlévané	NS	nespecifikováno	320 HB	3000
S3.0.Z.AN	3	slitiny kobaltu	0	hlavní skupina	Z	kované/válcované/ tvářené za studena tažené	AN	žíhané	200 HB	2700	0.25
S3.0.Z.AG	3		0		Z		AG	stárnuté	300 HB	3000	0.25
S3.0.C.NS	3		0		C		odlévané	NS	nespecifikováno	320 HB	3100
S4.1.Z.UT	4	slitiny titanu	1	komerčně čistý (>99.5% Ti)	Z	kované/válcované/ tvářené za studena tažené	UT	v původním stavu	200 HB	1300	0.23
S4.2.Z.AN	4		2	slitiny alfa - a blízké alfa	Z		AN	žíhané	320 HB	1400	
S4.3.Z.AN	4		3	alfa+beta slitiny	Z		AN		330 HB	1400	
S4.3.Z.AG	4		3		Z		AG	stárnuté	375 HB	1400	
S4.4.Z.AN	4		4	beta slitiny	Z		AN	žíhané	330 HB	1400	
S4.4.Z.AG	4		4		Z		AG	stárnuté	410 HB	1400	
S5.0.U.NS	3	slitiny wolframu	0	hlavní skupina	U	nespecifikováno	NS	nespecifikováno	120 HB		
S6.0.U.NS	3	slitiny molyb- denu	0	hlavní skupina	U	nespecifikováno	NS	nespecifikováno	200 HB		

HRSA materiály – S 1.0-3.0

Definice pojmů

Materiály s vysokou korozní odolností, které si uchovávají svou tvrdost a pevnost za vysokých teplot. Tyto materiály se používají až do teploty 1000°C a k jejich vytvrzení se využívá proces stárnutí.

- **Nejširší uplatnění** nachází skupina materiálů na bázi niklu - např. více než 50% hmotnosti leteckého motoru. Mezi precipitačně vytvrzované materiály patří: Inconel 718, 706 Waspalloy, Udimet 720. Mezi materiály zpevňující po homogenizaci struktury (nekalitelné) patří: Inconel 625.
- **Materiály na bázi železa** se vyvinuly z austenitických korozivzdorných ocelí a jejich pevnost za tepla je nejnižší: Inconel 909 Greek Ascolloy a A286.

- **Materiály na bázi kobaltu** mají nejlepší technické vlastnosti za tepla a nejvyšší korozní odolnost, jsou využívány hlavně pro výrobu medicínské techniky: Haynes 25 (Co49Cr20W15Ni10), Stellite 21, 31.
- **Hlavní legující prvky** v HRSA materiálech.
Ni: zvyšuje pevnost v tahu.
Co, Mo, W: zvyšují pevnost za zvýšených teplot.
Cr, Si, Mn: zvyšují odolnost proti korozi.
C: zvyšuje velikost zrna.



Nejběžnější součásti

Letecké motory a plynové turbíny - spalovací prostor a turbínový prostor. Ropný a plynárenský průmysl - mořské aplikace. Náhrady kloubů v lékařství. Aplikace vyžadující vysokou korozní odolnost.

► Žárovzdorné materiály (HRSA) – S 1.0-3.0 – pokračování

Obrobitelnost

Obrobitelnost HRSA materiálů se zhoršuje v následujícím pořadí: materiály na bázi železa, materiály na bázi niklu a materiály na bázi kobaltu. Všechny tyto materiály se vyznačují značnou pevností za vysokých teplot a při obrábění tvoří článkovitou třísku, což má za následek vznik velkých, vysoce dynamických řezných sil.

Vzhledem k velmi špatné tepelné vodivosti a vysoké tvrdosti vznikají při obrábění vysoké teploty. Vysoká pevnost, mechanické zpevnování a adheze jsou příčinou vzniku opotřebení ve tvaru vrubu na úrovni maximální hloubky řezu, přičemž společně tvoří extrémně abrazivní prostředí pro břit.

Karbidové třídy by se měly vyznačovat dobrou houževnatostí bříty a dobrou adhezí povlaku k substrátu tak, aby byla zabezpečena dobrá odolnost proti plastické deformaci. Obecně

je možné doporučit použití břitových destiček s velkým úhlem nastavení (kruhové destičky) a volbu pozitivní geometrie břitové destičky. Pro soustružení a frézování je, v závislosti na aplikaci, možné použití keramických tříd.

Titan – S 4.1-4.4

Definice pojmů

Slitiny titanu je možné rozdělit do čtyř skupin, v závislosti na jejich struktuře a přítomnosti jednotlivých slitinových prvků.

- Neupravený, komerčně čistý titan.
- Slitiny alfa – s přísadou Al, O a/nebo N.
- Slitiny beta – s přísadou Mo, Fe, V, Cr a/nebo Mn.
- Smíšené slitiny $\alpha+\beta$, které obsahují směs obou uvedených druhů.

Smíšené slitiny $\alpha+\beta$, typu Ti-6Al-4V, představují hlavní část v současnosti používaných slitin titanu, zejména v letectví, ale i pro všeobecné aplikace. Titan má vysoký poměr pevnosti vůči hmotnosti, vynikající korozní odolnost a pouze 60% hustotu ve srovnání s ocelí. To umožňuje konstrukci součástí s menší tloušťkou stěn.



Nejběžnější součásti

Titan je možné použít i pro velmi agresivní prostředí, která mohou způsobovat velmi závažné korozní napadení většiny ostatních konstrukčních materiálů. Důvodem je vznik oxidu titanu, TiO_2 , který je velmi odolný. Vrstva pokrývající povrch má tloušťku přibližně 0.01 mm. Pokud je vrstva narušena a je umožněn přístup kyslíku, oxidická vrstva na povrchu titanu se okamžitě obnoví. Je vhodný pro výměníky, odsolovací zařízení, součásti tryskových motorů, součásti leteckých podvozků, konstrukční části draků letadel.

Obrobitelnost

Obrobitelnost slitin titanu je velmi špatná jak ve srovnání s běžnými oceli, tak i s korozivzdornými oceli, což klade mimořádné požadavky na obráběcí nástroje. Titan má velmi špatnou tepelnou vodivost; zachovává si pevnost i za vysokých teplot, což s sebou přináší vznik vysokých řezných sil a velkého množství tepla v oblasti bříty. Vysoce smykově deformované tenké třísky s abrazivními sklony udržují styk s čelem nástroje v úzké oblasti a vznikající řezné síly jsou soustředěny do těsné blízkosti řezné hrany. Pokud je řezná rychlost příliš vysoká, dochází k chemické reakci mezi třískou a materiálem obráběcího nástroje, která může mít za následek náhlé vylomení/celkový lom břitové destičky. Materiál obráběcího nástroje by měl mít náležitou tvrdost za tepla, nízký obsah kobaltu, a neměl by reagovat s titanem. Obvykle se používá jemnozrný nepovlakovaný slinutý karbid. Je třeba volit pozitivní/otevřenou geometrii s dobrou houževnatostí bříty.

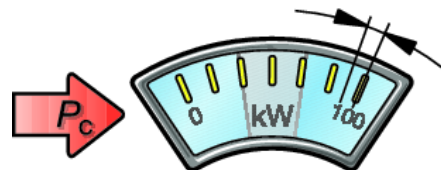
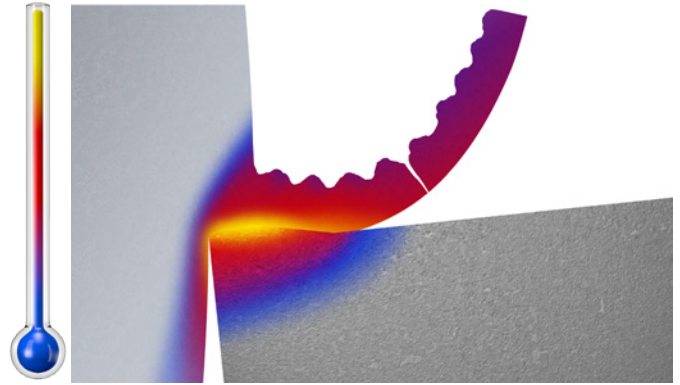
H Tvřzená ocel

Definice pojmů

- Do této skupiny materiálů patří kalené a popuštěné oceli s tvrdostí >45 – 68 HRC.
- Mezi nejběžnější oceli patří cementované oceli (~60 HRC), oceli pro kuličková ložiska (~60 HRC) a nástrojové oceli (~68 HRC). Mezi tvrdé typy litin patří bílá litina (~50 HRC) a ADI/Kymenite (~40 HRC). Konstruktivní oceli (40 – 45 HRC), manganové oceli a různé typy tvrdokovových návarů, např. st-ellit, PM oceli a slinuté karbidy rovněž náleží do této skupiny.
- Soustružené tvřzené součásti mají nejčastěji tvrdost v rozmezí 55 – 68 HRC.

Obrobitelnost

- Z pohledu obrábění představují tvřzené oceli nejmenší skupinu a nejčastěji prováděnou obráběcí operací je u nich dokončování. Měrná řezná síla: 2550 – 4870 N/mm². Proces se obvykle vyznačuje velmi dobrou kontrolou utváření třísky. Řezné síly a požadavky na výkon jsou poměrně vysoké.
- Materiál obráběcího nástroje musí mít dobrou odolnost proti plastické deformaci (tvrdost za tepla), chemickou stabilitu (za vysokých teplot), mechanickou pevnost a odolnost proti abrazivnímu opotřebení. Všechny tyto vlastnosti má CBN, který umožňuje použití soustružení namísto broušení.
- V případě, že u obrobku je požadována střední jakost obrobené plochy a tvrdost je příliš vysoká pro použití slinutých karbidů, pro soustružení se používá také smíšená nebo whiskery vyztužená řezná keramika.
- Použití slinutých karbidů převládá u frézování a vrtání a je možné pro materiály o tvrdosti až cca. 60 HRC.



Nejběžnější součásti

Mezi typické součásti patří: vložené hřídele, skříně převodovek, pastorky řízení, lisovadla.

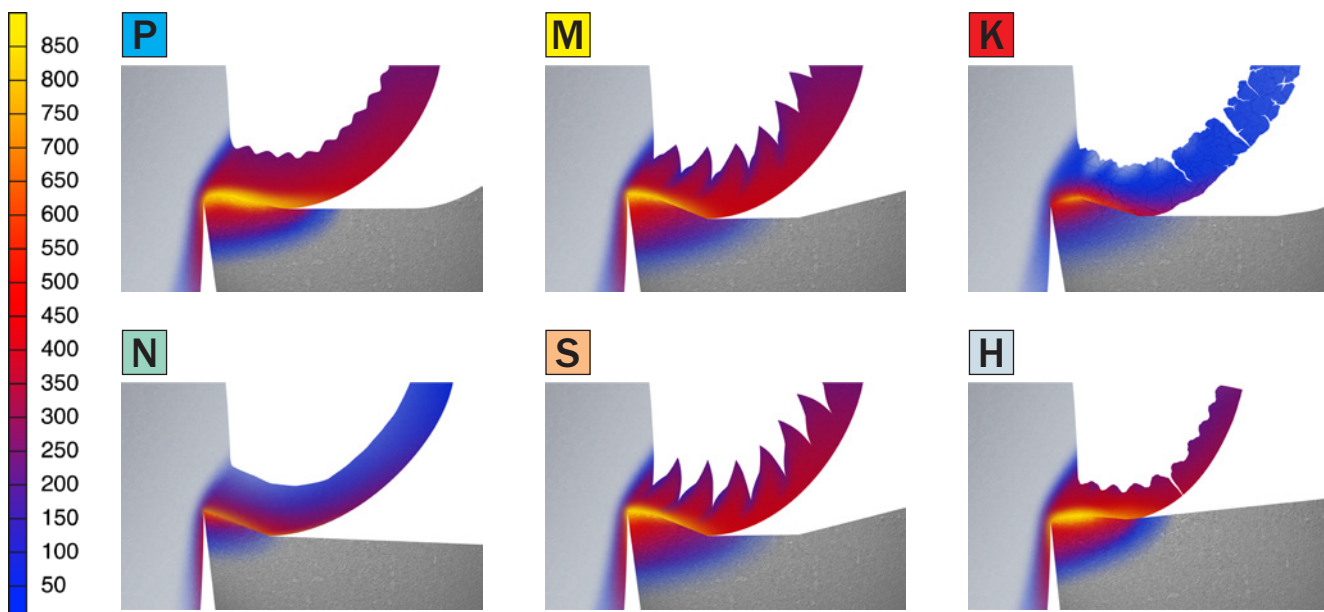


Podrobnější informace o obrábění materiálů ISO H, viz Všeobecné soustružení - strana A 40, Upichování a zapichování - strana B 9, Frézování - strana D 41 a Vrtání - strana E 17.

MC kódy pro tvřzené oceli

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby		Tepelné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
H1.1.Z.HA	1	oceli (extra tvrdé)	1	Stupeň tvrdosti 50	Z	kované/válcované/tvářené za studena	HA	kalené (+popuštěné)	50 HRC	3090	0.25
H1.2.Z.HA	1		2	Stupeň tvrdosti 55	Z		HA		55 HRC	3690	0.25
H1.3.Z.HA	1		3	Stupeň tvrdosti 60	Z		HA		60 HRC	4330	0.25
H1.4.Z.HA	1		4	Stupeň tvrdosti 63	Z		HA		63 HRC	4750	0.25
H2.0.C.UT	2	tvřzená litina	0	hlavní skupina	C	odlévané	UT	v původním stavu	55 HRC	3450	0.28
H3.0.C.UT	3	tvřzená litina	0	hlavní skupina	C	odlévané	UT	nespecifikováno	40 HRC		
H4.0.S.AN	4	tvřzená litina	0	hlavní skupina	S	slinuté	AN	žíhané	67 HRC		

Obrobiteľnosť – definice



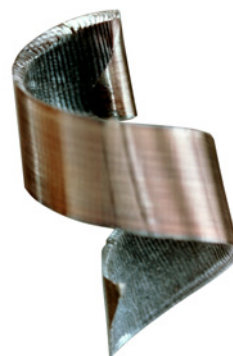
Řez břitovou destičkou ze slinutého karbidu při obrábění různých materiálů. Teploty jsou uvedeny ve stupních Celsia.

Aby bylo možné zhodnotit obrobiteľnosť materiálu, tedy jeho schopnost být obráběn, je obvykle nutné rozebrat tři hlavní faktory.

1. Posouzení materiálu obrobku z metalurgického hlediska a z pohledu mechanických vlastností.
2. Posouzení zvolené geometrie břitu na úrovni makroskopické i mikroskopické.
3. Posouzení nástrojového materiálu (třídy) a oprávněnosti jeho volby, např. povlakovaný slinutý karbid, řezná keramika, CBN, nebo PCD, atd.

Výše uvedené rozhodovací postupy mají, jako takové, největší vliv na opracovatelnost materiálu. Mezi ostatní významné činitele patří: řezné podmínky, řezné síly, tepelné zpracování materiálu, kůra na povrchu obrobku, přítomnost metalurgických vměstků, upnutí nástroje a všeobecné podmínky obrábění, atd.

Pro obrobiteľnosť není zavedeno přímé označení, např. číselné nebo písmeny. V nejširším smyslu se jedná o schopnost materiálu obrobku být obráběn, s tím související opotřebení vznikající na břitu a výslednou kontrolu utváření třísky, které je možné dosáhnout. V tomto ohledu, je obrábění nízkolegované uhlíkové oceli jednodušší, než je tomu v případě na obrábění náročnější austenitické korozivzdorné oceli. Proto je nízkolegovaná uhlíková ocel považována za lépe obrobiteľnou ve srovnání s korozivzdornou ocelí. Pojem “dobrá obrobiteľnosť” proto obvykle znamená klidný průběh obráběcího procesu a přiměřenou životnost nástroje. Určení obrobiteľnosti určitého materiálu se ve většině případů provádí praktickými zkouškami, přičemž výsledky jsou udávány ve vztahu k jiné zkoušce pro jiný typ materiálu za přibližně stejných podmínek. Při těchto zkouškách je třeba uvážit také další činitele, jako například mikrostrukturu, sklon k ulpívání na břitu, typ obráběcího stroje, stabilitu, hlučnost, životnost nástroje, atd.



Srovnávací rejstřík materiálů

ISO	MC	CMC	Stát										
			Evropa	Německo	Velká Británie	Švédsko	USA	Francie	Itálie	Španělsko	Japonsko		
			Norma										
			DIN EN	W.-nr	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS	
P	Nelegované oceli												
	P1.1.Z.AN	01.1	S235JR G2	1.0038		4360 40 C		1311	A570.36	E 24-2 Ne			STKM 12A;C
	P1.1.Z.AN	01.1	S235J2 G3	1.0116		4360 40 B		1312	A573-81 65	E 24-U	Fe37-3		
	P1.1.Z.AN	01.1	C15	1.0401		080M15		1350	1015	CC12	C15C16	F.111	-
	P1.1.Z.AN	01.1	C22	1.0402		050A20	2C/2D	1450	1020	CC20	C20C21	F.112	-
	P1.1.Z.AN	01.1	C15E	1.1141		080M15	32C	1370	1015	XC12	C16	C15K	S15C
	P1.1.Z.AN	01.1	C25E	1.1158		-	-	-	1025	-	-	-	S25C
	P1.1.Z.AN	01.1	S380N	1.8900		4360 55 E		2145	A572-60	-	FeE390KG		
	P1.1.Z.AN	01.1	17MnV7	1.0870		4360 55 E		2142	A572-60	NFA 35-501 E 36	-	-	
	P1.1.Z.AN	02.1	55Si7	1.0904		250A53	45	2085	9255	55S7	55Si8	56Si7	-
	P1.1.Z.AN	02.2	-	-		-	-	2090	9255	55S7	-	-	-
	P1.2.Z.AN	01.2	C35	1.0501		060A35	-	1550	1035	CC35	C35	F.113	-
	P1.2.Z.AN	01.2	C45	1.0503		080M46	-	1650	1045	CC45	C45	F.114	-
	P1.2.Z.AN	01.2	40Mn4	1.1157		150M36	15	-	1039	35M5	-	-	-
	P1.2.Z.AN	01.2	36Mn5	1.1167		-	-	2120	1335	40M5	-	36Mn5	SMn438(H)
	P1.2.Z.AN	01.2	28Mn6	1.1170		150M28	14A	-	1330	20M5	C28Mn	-	SCMn1
	P1.2.Z.AN	01.2	C35G	1.1183		060A35	-	1572	1035	XC38TS	C36	-	S35C
	P1.2.Z.AN	01.2	C45E	1.1191		080M46	-	1672	1045	XC42	C45	C45K	S45C
	P1.2.Z.AN	01.2	C53G	1.1213		060A52	-	1674	1050	XC48TS	C53	-	S50C
	P1.2.Z.AN	01.3	C55	1.0535		070M55	-	1655	1055	-	C55	-	-
	P1.2.Z.AN	01.3	C55E	1.1203		070M55	-	-	1055	XC55	C50	C55K	S55C
	P1.2.Z.AN	02.1	S275J2G3	1.0144		4360 43C		1412	A573-81	E 28-3	-	-	SM 400A;B;C
	P1.2.Z.AN	02.1	S355J2G3+C2	1.0570		4360 50B		2132	-	E36-3	Fe52BFN/Fe52CFN	-	SM490A;B;C;YA;YB
	P1.2.Z.AN	02.1	S355J2G3	1.0841		150 M 19		2172	5120	20 MC 5	Fe52	F431	-
	P1.3.Z.AN	01.3	C60E	1.0601		080A62	43D	-	1060	CC55	C60	-	-
	P1.3.Z.AN	01.3	C60E	1.1221		080A62	43D	1678	1060	XC60	C60	-	S58C
	P1.3.Z.AN	01.4	C101E	1.1274		060 A 96		1870	1095	XC 100	-	F5117	-
	P1.3.Z.AN	01.4	C101u	1.1545		BW 1A		1880	W 1	Y105	C36KU	F5118	SK 3
	P1.3.Z.AN	01.4	C105W1			BW2	-	2900	W210	Y120	C120KU	F515	SUP4
	P1.3.Z.AN	02.1	S340 MGC	1.0961		-	-	-	9262	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	-
	P1.4.Z.AN	01.1	11SMn30	1.0715		230M07	-	1912	1213	S250	CF9SMn28	11SMn28	SUM22
	P1.4.Z.AN	01.1	11SMnPb30	1.0718		-	-	1914	12L13	S250Pb	CF9SMnPb28	11SMnPb28	SUM22L
	P1.4.Z.AN	01.1	10SPb20	1.0722		-	-	-	-	10PbF2	CF10SPb20	10SPb20	-
	P1.4.Z.AN	01.1	11SMn37	1.0736		240M07	1B	-	1215	S 300	CF9SMn36	12SMn35	-
	P1.4.Z.AN	01.1	11SMnPb37	1.0737		-	-	1926	12L14	S300Pb	CF9SMnPb36	12SMnP35	-
	P1.4.Z.AN	01.2	35S20	1.0726		212M36	8M	1957	1140	35MF4	-	F210G	-
	P1.5.C.UT	01.1	GC16E	1.1142		030A04	1A	1325	1115	-	-	-	-
Ocel	Nízkolegované oceli												
	P2.1.Z.AN	02.1	16Mo3	1.5415		1501-240	-	2912	A204GrA	15D3	16Mo3KW	16Mo3	-
	P2.1.Z.AN	02.1	14Ni6	1.5622		-	-	-	A350LF5	16N6	14Ni6	15Ni6	-
	P2.1.Z.AN	02.1	21NiCrMo2	1.6523		805M20	362	2506	8620	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	SNCM220(H)
	P2.1.Z.AN	02.1	17CrNiMo6	1.6587		820A16	-	-	-	18NCD6	-	14NiCrMo13	-
	P2.1.Z.AN	02.1	15Cr3	1.7015		523M15	-	-	5015	12C3	-	-	SCR415(H)
	P2.1.Z.AN	02.1	55Cr3	1.7176		527A60	48	-	5155	55C3	-	-	SUP9(A)
	P2.1.Z.AN	02.1	15CrMo5	1.7262		-	-	2216	-	12CD4	-	12CrMo4	SCM415(H)
	P2.1.Z.AN	02.1	13CrMo4-5	1.7335		1501-620Gr27	-	-	A182 F11;F12	15CD3.5	14CrMo4 5	14CrMo45	-
										15CD4.5			
	P2.1.Z.AN	02.1	10CrMo9 10	1.7380		1501-622 Gr31;45	-	2218	A182 F.22	12CD9, 10	12CrMo9, 10	TU.H	-
	P2.1.Z.AN	02.1	14MoV6 3	1.7715		1503-660-440	-	-	-	-	-	13MoCrV6	-
	P2.1.Z.AN	02.1	50CoMo4	1.7228		823M30	33	2512	-	-	653M31	-	-
	P2.1.Z.AN	02.2	14NiCr10	1.5732		-	-	-	3415	14NC11	16NiCr11	15NiCr11	SNC415(H)
	P2.1.Z.AN	02.2	14NiCr14	1.5752		655M13; A12	36A	-	3415;3310	12NC15	-	-	SNC815(H)
	P2.1.Z.AN	02.1/02.2	16MnCr5	1.7131		(527M20)	-	2511	5115	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	-
	P2.1.Z.AN	02.1/02.2	34CrMo4	1.7220		708A37	19B	2234	4137;4135	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	SCM432;SCCRM3
	P2.1.Z.AN	02.1/02.2	41CrMo4	1.7223		708M40	19A	2244	4140;4142	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	SCM 440
	P2.1.Z.AN	02.1/02.2	42CrMo4	1.7225		708M40	19A	2244	4140	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	SCM440(H)
	P2.1.Z.AN	03.11	14NiCrMo134	1.6657		832M13	36C	-	-	-	15NiCrMo13	14NiCrMo131	-
	P2.2.Z.AN	02.1	31CrMo12	1.8515		722 M 24		2240	-	30 CD 12	30CrMo12	F1712	-
	P2.2.Z.AN	02.1	39CrMoV13 9	1.8523		897M39	40C	-	-	-	36CrMoV12	-	-
	P2.2.Z.AN	02.1	41CrS4	1.7039		524A14	-	2092	L1	-	105WCR 5	-	-
	P2.2.Z.AN	02.1	50NiCr13	1.2721		-	-	2550	L6	55NCV6	-	F528	-
	P2.2.Z.AN	03.11	45WCrV7	1.2542		BS1	-	2710	S1	-	45WCrV8KU	45WCrSi8	-
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	36CrNiMo4	1.6511		816M40	110	-	9840	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	-
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	34CrNiMo6	1.6582		817M40	24	2541	4340	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	-	-
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	34Cr4	1.7033		530A32	18B	-	5132	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	SCR430(H)
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	41Cr4	1.7035		530A40	18	-	5140	42C4	41Cr4	42Cr4	SCR440(H)
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	32CrMo12	1.7361		722M24	40B	2240	-	30CD12	32CrMo12	F124.A	-
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	51CrV4	1.8159		735A50	47	2230	6150	50CV4	50CrV4	51CrV4	SUP10
	P2.2.Z.AN/P2.5.Z.HT	02.1/02.2	41CrAlMo7	1.8509		905M39	41B	2940	-	40CAD6, 12	41CrAlMo7	41CrAlMo7	-
	P2.3.Z.AN	02.1	100Cr6	1.3505		534A99	31	2258	52100	100C6	100Cr6	F131	SUJ2
	P2.3.Z.AN/H1.2.Z.HA	02.1/02.2	105WCr6	1.2419		-	-	2140	-	105WC13	10WCr6	105WCr5	SKS31
	P2.3.Z.AN/H1.2.Z.HA										107WCr5KU		SKS2, SKS3
	P2.3.Z.AN/H1.2.Z.HA	02.1/02.2	-	1.2714		-	-	-	L6	55NCDV7	-	F520.S	SKT4
	P2.3.Z.AN/H1.3.Z.HA	02.1/02.2	100Cr6	1.2067		BL3	-	-	L3	Y100C6	-	100Cr6	-

ISO	MC	CMC	Stát									
			Evropa	Německo	Velká Británie	Švédsko	USA	Francie	Itálie	Španělsko	Japonsko	
			Norma									
			DIN EN	W-nr	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS
Ocel	P2.4.Z.AN	02.1	16MnCr5	1.7139	-	-	2127	-	-	-	-	-
	P2.5.Z.HT	02.1	16Mo5	1.5423	1503-245-420	-	-	4520	-	16Mo5	16Mo5	-
	P2.5.Z.HT	02.1	40NiCrMo8-4	1.6562	311-Type 7	-	-	8740	-	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	SNCM240
	P2.5.Z.HT	02.1	42Cr4	1.7045	-	-	2245	5140	-	-	42Cr4	SCr440
	P2.5.Z.HT	02.1	31NiCrMo14	1.5755	830 M 31	-	2534	-	-	-	F1270	-
	P2.5.Z.HT	02.2	36NiCr6	1.5710	640A35	111A	-	3135	35NC6	-	-	SNC236
	P2.6.C.UT	02.1	22Mo4	1.5419	605A32	-	2108	8620	-	-	F520.S	-
	P2.6.C.UT	02.1/02.2	25CrMo4	1.7218	1717CDS110	-	2225	4130	25CD4	25CrMo4(KB)	AM26CrMo4	SCM420;SCM430
	P2.6.C.UT	06.2	-	-	-	-	2223	-	-	-	-	-
	Vysokolegované oceli											
	P3.0.Z.AN	03.11	X210Cr12	1.2080	BD3	-	-	D3	Z200C12	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	SKD1
	P3.0.Z.AN	03.11	X43Cr13	1.2083	-	-	2314	-	-	-	-	-
	P3.0.Z.AN	03.11	X40CrMoV5 1	1.2344	BH13	-	2242	H13	Z40CDV5	X35CrMoV05KU X40CrMoV511KU	X40CrMoV5	SKD61
	P3.0.Z.AN	03.11	X100CrMoV5 1	1.2363	BA2	-	2260	A2	Z100CDV5	X100CrMoV51KU	X100CrMoV5	SKD12
	P3.0.Z.AN	03.11	X210CrW12	1.2436	-	-	2312	-	-	X215CrW12 1KU	X210CrW12	SKD2
	P3.0.Z.AN	03.11	X30WCrV9 3	1.2581	BH21	-	-	H21	Z30WCV9	X28W09KU X30WCrV9 3KU	X30WCrV9	SKD5
	P3.0.Z.AN	03.11	X165CrMoV 12	1.2601	-	-	2310	-	-	X165CrMoV12KU	X160CrMoV12	-
	P3.0.Z.AN	03.21	X155CrMoV12-1	1.2379	-	-	2736	HNv3	-	-	-	-
	P3.0.Z.HT	03.11	X8Ni9	1.5662	1501-509;510	-	-	ASTM A353	-	X10Ni9	XBNi09	-
	P3.0.Z.HT	03.11	12Ni19	1.5680	-	-	-	2515	Z18N5	-	-	-
	P3.1.Z.AN	03.11	S6-5-2	1.3343	4959BA2	-	2715	D3	Z40CSD10	15NiCrMo13	-	SUH3
	P3.1.Z.AN	03.13	-	-	BM 2	-	2722	M 2	Z85WDCV	HS 6-5-2-2	F-5603.	SKH 51
	P3.1.Z.AN	03.13	HS 6-5-2-5	1.3243	BM 35	-	2723	M 35	6-5-2-5	HS 6-5-2-5	F-5613	SKH 55
	P3.1.Z.AN	03.13	HS 2-9-2	1.3348	-	-	2782	M 7	-	HS 2-9-2	F-5607	-
	P3.2.C.AQ	06.33	G-X120Mn12	1.3401	Z120M12	-	2183	L3	Z120M12	XG120Mn12	X120Mn12	SCMnH/1
	Feritické/Martenzitické korozivzdorné oceli											
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl13	1.4724	403S17	-	-	405	Z10C13	X10CrAl12	F311	SUS405
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl18	1.4742	430S15	60	-	430	Z10CAS18	X8Cr17	F3113	SUS430
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl2-4	1.4762	-	-	2322	446	Z10CAS24	X16Cr26	-	SUH446
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X1CrMoTi18-2	1.4521	-	-	2326	S44400	-	-	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6Cr13	1.4000	403S17	-	2301	403	Z6C13	X6Cr13	F3110	SUS403
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT		X7Cr14	1.4001	-	-	-	-	-	-	F8401	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X10Cr13	1.4006	410S21	56A	2302	410	Z10C14	X12Cr13	F3401	SUS410
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6Cr17	1.4016	430S15	960	2320	430	Z8C17	X8Cr17	F3113	SUS430
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6CrAl13	1.4002	405S17	-	-	405	Z8CA12	X6CrAl13	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X20Cr13	1.4021	420S37	-	2303	420	Z20C13	X20Cr13	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6CrMo17-1	1.4113	434S17	-	2325	434	Z8CD17.01	X8CrMo17	-	SUS434
	P5.0.Z.HT	03.11	X45CrS9-3-1	1.4718	401S45	52	-	HW3	Z45CS9	X45GrS18	F322	SUH1
	P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X85CrMoV18-2	1.4748	443S65	59	-	HNv6	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F320B	SUH4
	P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X20CrMoV12-1	1.4922	-	-	2317	-	-	X20CrMoNi 12 01	-	-
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X12CrS13	1.4005	416 S 21	-	2380	416	Z11CF13	X12 CrS 13	F3411	SUS 416
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X46Cr13	1.4034	420S45	56D	2304	-	Z40CM	X40Cr14	F3405	SUS420J2
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X19CrNi17-2	1.4057	431S29	57	2321	431	Z15CNi6.02	X16CrNi16	F3427	SUS431
	P5.0.Z.PH	05.12/15.12	X5CrNiCuNb16-4	1.4542 1.4548	-	-	-	630	Z7CNU17-04	-	-	-
	P5.0.Z.PH	15.21	X4 CrNiMo16-5	1.4418	-	-	2387	-	Z6CND16-04-01	-	-	-
	P5.1.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X14CrMoS17	1.4104	-	-	2383	430F	Z10CF17	X10CrS17	F3117	SUS430F
	P2.1.Z.AN	02.1			Obchodní označení OVAKO 520M (Ovako Steel) FORMAX (Uddeholm Tooling) IMACRO NIT (Imatra Steel) INEXA 482 (XM) (Inexa Profil) S355J2G3(XM) C45(XM) 16MnCrS5(XM) INEXA280(XM) 070M20(XM) HARDOX 500 (SSAB – Swedish Steel Corp.) WELDOX 700 (SSAB – Swedish Steel Corp.)							
	P2.2.Z.AN	02.1		1.0045								
	P2.2.Z.AN	02.1										
	P2.5.Z.HT	02.2										
	P1.2.Z.AN											
	P1.2.Z.AN											
	P1.2.Z.AN											
	P2.5.Z.HT											
	P2.5.Z.HT	02.2										
	P2.5.Z.HT	02.2										

ISO	MC	CMC	Stát									
			Evropa	Německo	Velká Británie	Sweden	USA	Francie	Itálie	Španělsko	Japonsko	
			Norma									
			DIN EN	W.-nr	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS
M	Austenitické korozivzdorné oceli											
	M1.0.Z.AQ	05.11/15.11	X3CrNiMo13-4	1.4313	425C11	-	2385	CA6-NM	Z4CND13.4M Z38C13M	(G)X6CrNi304	-	SCS5
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.11/15.11	X53CrMnNiN21-9	1.4871	349S54	-	-	EV8	Z52CMN21.09	X53CrMnNiN21 9	-	SUH35, SUH36
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNi18-10	1.4311	304S62	-	2371	304LN	Z2CN18.10	-	-	SUS304LN
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNiMo17-13-3	1.4429	-	-	2375	316LN	Z2CND17.13	-	-	SUS316LN
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316S13	-	2348	316L	Z2CND17-12	X2CrNiMo1712	-	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316S13	-	2353	316L	Z2CND17.12	X2CrNiMo17 12	-	SCS16, SUS316L
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X3CrNiMo17-3-3	1.4436	316S33	-	2343, 2347	316	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	-	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNiMo18-15-4	1.4438	317S12	-	2367	317L	Z2CND19.15	X2CrNiMo18 16	-	SUS317L
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X6CrNiNb18-10	1.4550	347S17	58F	2338	347	Z6CNDNb18.10	X6CrNiNb18 11	F.3552 F.3524	SUS347
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	320S17	58J	2350	316Ti	Z6NDT17.12	X6CrNiMoTi17 12	F.3535	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X10CrNiMoNb 18-12	1.4583	-	-	-	318	Z6CNDNb17 13B	X6CrNiMoNb17 13	-	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X15CrNiSi20-12	1.4828	309S24	-	-	309	Z15CNS20.12	-	-	SUH309
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	301S21	58C	2370	308	Z1NCDU25.20	-	F.8414	SCS17
	M1.0.Z.AQ	05.21/15.21	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	-	-	2378	S31254	Z1CNDU20-18-06AZ	-	-	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X9CrNi18-8	1.4310	-	-	2331	301	Z12CN17.07	X12CrNi17 07	F.3517	SUS301
	M1.0.Z.PH	05.22/15.22	X7CrNiAl17-7	1.4568 1.4504	316S111	-	-	17-7PH	Z8CNA17-07	X2CrNiMo1712	-	-
	M1.0.Z.AQ/M1.0.C.UT	05.21/15.21	X2CrNi19-11	1.4306	304S11	-	2352	304L	Z2CN18-10	X2CrNi18 11	-	-
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21			304S12							
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	X5CrNi18-10	1.4301	304S31	58E	2332, 2333	304	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3504 F.3541	SUS304
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	X5CrNiMo17-2-2	1.4401	304S15	58E	2332	304	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3551	SUS304
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	X5CrNiMo17-2-2	1.4401	316S16	58J	2347	316	Z6CND17.11	X5CrNiMo17 12	F.3543	SUS316
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	X6CrNiTi18-10	1.4541	321S12	58B	2337	321	Z6CNT18.10	X6CrNiTi18 11	F.3553 F.3523	SUS321
	M1.2.Z.AQ	05.21/15.21	X8CrNiS18-9	1.4305	303S21	58M	2346	303	Z10CNF 18.09	X10CrNiS 18.09	F.3508	SUS303
	Superaustenitické korozivzdorné oceli (Ni > 20%)											
	M2.0.C.AQ	20.11	G-X40NiCrSi36-18	1.4865	330C11	-	-	-	-	XG50NiCr39 19	-	SCH15
	M2.0.Z.AQ	05.21/15.21	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	-	-	2562	UNS V 0890A	Z2 NCDU25-20	-	-	-
	M2.0.Z.AQ	05.21/15.21	X8CrNi25-21	1.4845	310S24	-	2361	310S	Z12CN25 20	X6CrNi25 20	F.331	SUH310
	M2.0.Z.AQ	20.11	X12NiCrSi36 16	1.4864	-	-	-	330	Z12NCS35.16	F-3313	-	SUH330
	M2.0.Z.AQ	05.23/15.23	X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563	-	-	2584	NO8028	Z1NCNDU31-27-03	-	-	-
	Duplexní (austeniticko/feritické) korozivzdorné oceli											
	M3.1.Z.AQ/M3.1.C.AQ	05.51/15.51	X2CrNiN23-4	1.4362	-	-	2376	S31500	-	-	-	-
	M3.1.Z.AQ/M3.1.C.AQ	05.51/15.51	X8CrNiMo27-5	-	-	-	2324	S32900	-	-	-	-
	M3.2.Z.AQ/M3.2.C.AQ	05.52/15.52	X2CrNiN23-4	-	-	-	2327	S32304	Z2CN23-04AZ	-	-	-
	M3.2.Z.AQ/M3.2.C.AQ	05.52/15.52	-	-	-	-	2328	-	-	-	-	-
	M3.2.Z.AQ/M3.2.C.AQ	05.52/15.52	X2CrNiMoN22-53	-	-	-	2377	S31803	Z2CND22-05-03	-	-	-
	Obchodní označení											
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	SANMAC 304 (Sandvik Steel)									
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	SANMAC 304L (Sandvik Steel)									
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	SANMAC 316 (Sandvik Steel)									
	M1.1.Z.AQ	05.21/15.21	SANMAC 316L (Sandvik Steel)									
	M1.0.Z.AQ	05.23/15.23	254 SMO									
	M2.0.Z.AQ	05.23/15.23	654 SMO									
	M3.2.Z.AQ	05.52/15.52	SANMAC SAF 2205 (Sandvik Steel)									
	M3.2.Z.AQ	05.52/15.52	SANMAC SAF 2507 (Sandvik Steel)									

ISO	MC	CMC	Stát										
			Evropa	Německo	Velká Británie	Švédsko	USA	Francie	Itálie	Španělsko	Japonsko		
			Norma										
			DIN EN	W.-nr	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS	
K	Temperovaná litina												
	K1.1.C.NS	07.1	-				8 290/6	0814		MN 32-8			FCMB310
	K1.1.C.NS	07.1	EN-GJMB350-10	0.8135			B 340/12	0815	32510	MN 35-10			FCMW330
	K1.1.C.NS	07.2	EN-GJMB450-6	0.8145			P 440/7	0852	40010	Mn 450	GMN 45		FCMW370
	K1.1.C.NS	07.2	EN-GJMB550-4	0.8155			P 510/4	0854	50005	MP 50-5	GMN 55		FCMP490
							P 570/3	0858	70003	MP 60-3			FCMP540
	K1.1.C.NS	07.2	EN-GJMB650-2	0.8165			P570/3	0856	A220-70003	Mn 650-3	GMN 65	-	FCMP590
	K1.1.C.NS	07.3	EN-GJMB700-2	0.8170			P690/2	0862	A220-80002	Mn700-2	GMN 70		FCMP690
	Šedá litina												
	K2.1.C.UT	08.1						0100					
Litiny	K2.1.C.UT	08.1	EN-GJL-100	0.6010				0110	No 20 B	Ft 10 D			FC100
	K2.1.C.UT	08.1	EN-GJL-150	0.6015	Grade 150			0115	No 25 B	Ft 15 D	G 15	FG 15	FC150
	K2.1.C.UT	08.1	EN-GJL-200	0.6020	Grade 220			0120	No 30 B	Ft 20 D	G 20		FC200
	K2.1.C.UT	08.2	EN-GJL-250	0.6025	Grade 260			0125	No 35 B	Ft 25 D	G 25	FG 25	FC250
	K2.1.C.UT	08.2	EN-JLZ	0.6040	Grade 400			0140	No 55 B	Ft 40 D			
	K2.2.C.UT	08.2	EN-GJL-300	0.6030	Grade 300			0130	No 45 B	Ft 30 D	G 30	FG 30	FC300
	K2.2.C.UT	08.2	EN-GJL-350	0.6035	Grade 350			0135	No 50 B	Ft 35 D	G 35	FG 35	FC350
	K2.3.C.UT	08.3	GGL-NiCr20-2	0.6660	L-NiCuCr202			0523	A436 Type 2	L-NC 202	-	-	
	Nodulární litina												
	K3.1.C.UT	09.1	EN-GJS-400-15	0.7040	SNG 420/12		0717-02	60-40-18	FCS 400-12	GS 370-17	FGE 38-17		FCD400
	K3.1.C.UT	09.1	EN-GJS-400-18-LT	0.7043	SNG 370/17		0717-12	-	FGS 370-17				
	K3.1.C.UT	09.1	EN-GJS-350-22-LT	0.7033	-		0717-15	-	-				
	K3.1.C.UT	09.1	EN-GJS-800-7	0.7050	SNG 500/7		0727	80-55-06	FGS 500-7	GS 500	FGE 50-7		FCD500
	K3.2.C.UT	09.2	EN-GJS-600-3	0.7060	SNG 600/3		0732-03	-	FGS 600-3				FCD600
	K3.3.C.UT	09.2	EN-GJS-700-2	0.7070	SNG 700/2		0737-01	100-70-03	FGS 700-2	GS 700-2	FGS 70-2		FCD700
	K3.5.C.UT	-	EN-GJSA-XNiCr20-2	0.7660	Grade S6		0776	A43D2	S-NC 202	-	-		
	Litina s červíkovitým grafitem												
	K4.1.C.UT	-	EN-GJV-300										
	K4.1.C.UT	-	EN-GJV-350										
	K4.2.C.UT	-	EN-GJV-400										
K4.2.C.UT	-	EN-GJV-450											
K4.2.C.UT	-	EN-GJV-500											
Izotermicky kalená tvárná litina													
	K5.1.C.NS	-	EN-GJS-800-8					ASTM A897 No. 1					
	K5.1.C.NS	-	EN-GJS-1000-5					ASTM A897 No. 2					
	K5.2.C.NS	-	EN-GJS-1200-2					ASTM A897 No. 3					
	K5.2.C.NS	-	EN-GJS-1400-1					ASTM A897 No. 4					
	K5.3.C.NS							ASTM A897 No. 5					

ISO	MC	CMC	Stát										
			Evropa	Německo	Velká Británie	Švédsko	USA	Francie	Itálie	Španělsko	Japonsko		
			Norma										
			DIN EN	W-nr	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS	
N	Slitiny na bázi hliníku												
Neželezné kovy	N1.3.C.AG	30.21	G-AISI9MGWA	3.2373			4251	SC64D	A-S7G			C4BS	
	N1.3.C.UT	30.21	G-ALMG5		LM5		4252	GD-AISI12	A-SU12			AC4A	
	N1.3.C.UT/N1.3.C.AG	30.21/30.22			LM25		4244	356.1				A5052	
	N1.3.C.UT		GD-AISI12				4247	A413.0				A6061	
	N1.3.C.AG		GD-AISI8Cu3		LM24		4250	A380.1				A7075	
	N1.3.C.UT		G-AISI12(Cu)		LM20		4260	A413.1				ADC12	
	N1.3.C.UT		G-AISI12		LM6		4261	A413.2					
	N1.3.C.AG		G-AISI10Mg(Cu)		LM9		4253	A360.2					
S	Slitiny na bázi niklu												
S2.0.Z.AG	20.22	S-NiCr13A16MoNb	LW2 4670	mar-46	-	-	5391	NC12AD	-	-			
S2.0.C.UT	20.24	NiCo15Cr10MoAlTi	LW2 4674	-	-	-	AMS 5397	-	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiFe35Cr14MoTi	LW2.4662	-	-	-	5660	ZSNCDT42	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiCr19Fe19NbMo	LW2.4668	HR8	-	-	5383	NC19eNB	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiCr20TiAk	2.4631	Hr401.601	-	-	-	NC20TA	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiCr19Co11MoTi	2.4973	-	-	-	AMS 5399	NC19KDT	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiCr19Fe19NbMo	LW2.4668	-	-	-	AMS 5544	NC20K14	-	-			
S2.0.Z.AN	20.21	-	2.4603	-	-	-	5390A	NC22FeD	-	-			
S2.0.Z.AN	20.21	NiCr22Mo9Nb	2.4856	-	-	-	5666	NC22FeDNB	-	-			
S2.0.Z.AN	20.21	NiCr20Ti	2.4630	HR5.203-4	-	-	-	NC20T	-	-			
S2.0.Z.AG	20.22	NiCu30AL3Ti	2.4375	3072-76	-	-	4676	-	-	-			
Žárovzdušné slitiny	Slitiny na bázi kobaltu												
	S3.0.Z.AG	20.32	CoCr20W15Ni CoCr22W14Ni	LW2.4964	-	-	-	5537C, AMS 5772	KC20WN KC22WN	-	-		
	Titanové slitiny												
	S4.2.Z.AN	23.22	TiAl5Sn2.5	3.7115.1	TA14/17	-	-	UNS R54520	T-A5E UNS R56400 UNS R56401	-	-		
	S4.2.Z.AN	23.22	TiAl6V4	3.7165.1	TA10-13/TA28	-	-	-	-	T-A6V	-	-	
	S4.3.Z.AN	23.22	TiAl5V5Mo5Cr3										
	S4.2.Z.AN	23.22	TiAl4Mo4Sn4Si0.5	3.7185	-	-	-	-	-	-	-		
	Obchodní označení												
	S2.0.Z.UT/S2.0.Z.AN	20.11	Na bázi železa Incoloy 800										
	S2.0.Z.AN	20.2	Na bázi niklu Haynes 600										
	S2.0.Z.AN	20.2	Nimocast PD16										
	S2.0.Z.AG	20.2	Nimonic PE 13										
S2.0.Z.AG	20.2	Rene 95											
S2.0.Z.AN	20.21	Hastelloy C											
S2.0.Z.AN	20.21	Incoloy 825											
S2.0.Z.AN	20.21	Inconel 600											
S2.0.Z.AN	20.21	Monet 400											
S2.0.Z.AG	20.22	Inconel 700											
S2.0.Z.AG	20.22	Inconel 718											
S2.0.Z.AG	20.22	Mar – M 432											
S2.0.Z.AG	20.22	Nimonic 901											
S2.0.Z.AG	20.22	Waspaloy											
S2.0.C.NS	20.24	Jessop G 64											
S3.0.Z.AG	20.3	Na bázi kobaltu Air Resist 213											
S3.0.Z.AG	20.3	Jetalloy 209											
H	Tvrzené materiály												
Tvrzené materiály	H1.2.Z.HA	04.1	X100CrMo13	1.4108	-	-	2258 08	440A	-	-	-	C4BS	
	H1.3.Z.HA	04.1	X110CrMoV15	1.4111	-	-	2534 05	610	-	-	-	AC4A	
	H1.2.Z.HA	04.1	X65CrMo14	-	-	-	2541 06	0-2	-	-	-	AC4A	

A Všeobecné soustružení

B Upichování a zapichování

C Řezání závitů

D Frézování

E Vrtání

F Vyrývání

G Upínání nástrojů/ Stroje

H Materiály

I Informace/Rejstřík