



Výroba a všeobecné použití slinutých karbidů

GENERAL PRODUCTION AND USE CEMENTED CARBIDES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jakub Světelský

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Jakub Světelský
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Milan Kalivoda
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba a všeobecné použití slinutých karbidů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Současný stav výroby slinutých karbidů.
3. Detailní rozbor povlakovacích metod.
4. Ukázky využití jednotlivých druhů slinutých karbidů pro obrábění.
5. Cenové relace a dostupnost na celosvětovém trhu.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Podrobná rešerše zachycující současný stav v oblasti vývoje, výroby a použití slinutých karbidů.

Seznam literatury:

Humár, A. (2008): Materiály pro řezné nástroje. MM publishing, s. r. o., Praha.

Ptáček, L. et al. (2003): Nauka o materiálu I. CERM, s. r. o., Brno.

Ptáček, L. et al. (2003): Nauka o materiálu II. CERM, s. r. o., Brno.

Kocman, K. a Prokop, J. (2005): Technologie obrábění. CERM, s. r. o., Brno.

Forejt, M. a Piška, M. (2006): Teorie obrábění, tváření a nástroje. CERM, s. r. o., Brno.

Kolektiv autorů. (1997): Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., Praha.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je popsat výrobu slinutých karbidů a jejich následné povlakování. Dále má tato práce ukázat použití různých druhů slinutých karbidů na určité obráběné materiály a porovnat je.

Klíčová slova

Slinutý karbid, výroba, povlak, obrábění, cena

ABSTRACT

The goal of the submitted thesis is to describe manufacture of cermeted carbides and their coating. After that the submitted thesis shows application different type of cermeted carbides on specific materials and it compare them.

Key words

Cermeted carbides, productions, coats, cutting, price

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVĚTELSKÝ, Jakub. *Výroba a všeobecné použití slinutých karbidů*. Brno 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 60 s. 5 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba a všeobecné použití slinutých karbidů** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jakub Světelský

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT Brno.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za mentální i peněžní podporu ve studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 SOUČASNÝ STAV VÝROBY SLINUTÝCH KARBIDŮ	9
1.1 Historie.....	9
1.2 Výroba.....	10
1.2.1 Výchozí materiály.....	10
1.2.2 Příprava směsí.....	12
1.2.3 Lisování	13
1.2.3 Slinování	14
1.3 Druhy nepovlakovaných slinutých karbidů a jejich značení	16
2 ROZBOR POVLAKOVACÍCH METOD.....	17
2.1 Příprava na vlastní povlakování	17
2.2 Metody povlakování.....	19
2.2.1 Metoda PVD	19
2.2.2 Metoda CVD.....	22
2.2.3 Metoda TETRABOND	25
2.2.4 Metoda ALD.....	26
2.2.5 Metoda HIPIMS.....	26
3 UKÁZKY VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ SLINUTÝCH KARBIDŮ PRO OBRÁBĚNÍ.....	27
3.1 Seznam a informace o použitých destičkách	27
3.2 Ukázky třísek z výroby	30
3.3 Faktory ovlivňující tvar třísky.....	34
4 CENOVÁ RELACE A DOSTUPNOST NA CELOSVĚTOVÉM TRHU	37
5 DISKUZE	38
5.1 Hodnocení autorských výsledků	38
5.2 Nedořešené problematiky – paketování třísek.....	38
5.3 Prášková metalurgie – jiné výrobky.....	39
5.4 Ekologie	39
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42

SEZNAM PŘÍLOH.....	46
--------------------	----

ÚVOD

Technologie obrábění je oblast, která se zabývá výrobou nových vhodných obráběcích materiálů a strojů pro obrábění. K nejrozšířenějším a zároveň nejproduktivnějším formám obrábění patří soustružení, frézování a vrtání.

Materiály, které se používají, jsou rozdílné v jejich aplikaci, kvůli rozdílným chemickým, fyzikálním, mechanickým a tepelným vlastnostem. V dnešní době je na trhu mnoho materiálů např. slinutý karbid, cermety nebo kubický nitrid boru.

Slinutý karbid je jeden z mnoha produktů práškové metalurgie. Tato metoda je založena na slinování jemných prášků substrátu. Ten se většinou skládá z kobaltové matrice a wolframového prášku. V dnešní době, díky kladení vysokých požadavků, se matrice kombinuje i s dalšími prvky, které upravují její vlastnosti dle nároků. Novinkou je také gradientní slinování s proměnlivými vlastnostmi v průřezu nástroje.

Postupem let, s vývojem speciálních těžko obrobitelných ocelí a jiných slitin, bylo potřeba reagovat na poptávku materiálu s lepšími vlastnostmi. Proto se vývoj vydal do oblasti povlakování. V dnešní době je mnoho druhů povlaků, speciálně vyvinuté pro různé obráběné materiály. Objevují se i vrstvy složené, kde je možno dosáhnout jedinečných rezných vlastností.

Při obrábění je avšak velice důležitá také geometrie nástroje, proto se všichni výrobci snaží vytvořit co nejlepší geometrii pro různé druhy obrábění. Je nežádoucí, aby se ostří nástroje rychle otupilo, nebo dokonce odlomilo. Kvůli tomu musí být ostří masivní.

Jak je vidět, vývoj a výzkum nástrojů pro obrábění je obor, ve kterém je stále co vymýšlet, a který toho má ještě mnoho, co nabídnout. Vždy bude požadavek na vyšší rezné rychlosti, vyšší posuvové rychlosti a delší trvanlivost.

1 SOUČASNÝ STAV VÝROBY SLINUTÝCH KARBIDŮ

1.1 Historie

Slinutý karbid, tak jak ho známe, byl vyvinut ve 30. letech dvacátého století. Slinutý karbid znamenal velikou revoluci a také skok kupředu v oblasti obrábění a práškové metalurgii, jelikož obsahoval více než 90% tvrdých částic karbidů a kovové pojivo. Výchozí směs práškových komponentů byla slisována a spékána, přičemž došlo k roztavení kovového pojiva a ke spojení s tvrdými částicemi. Tím vznikl nový řezný materiál, slinutý karbid. [1]

Ale již v dřívějších dobách byly známy přírodní materiály s vyšší tvrdostí než kalené nástrojové oceli např. diamant a korund (Al_2O_3), které se používaly ve formě volného abraziva nebo jako brousící kotouče na přelomu 19. a 20. století. Bohužel v důsledku jejich malé houževnatosti je nebylo možné použít na výrobu klasických řezných nástrojů.

Veliký pokrok měl za příčinu použití elektrické obloukové pece zkonstruované v roce 1897 Charlesem Moissonem v Paříži, a díky ní bylo možné dosáhnout teplot potřebných na tento proces. To mělo za příčinu, že na Farmaceutické škole Pařížské univerzity byly dva karbidy wolframu. Byl to karbid W_2C (1896, H. Moisson) a WC (1898, P. Williams). Tyto karbidy spolu mohou tvořit eutektickou slitinu, ale mají hrubozrnou strukturu a mnoho defektů. Proto nejsou vhodné na výrobu jak nástrojů na obrábění, tak i na tváření. [2, 5]

Poprvé měl tento materiál veliký úspěch až v roce 1927 na veletrhu v Lipsku, který byl vyvinut Friedrichem Kruppem v Essenu. Obráběným materiálem byla litina, která obsahovala 12% manganu. Řezné rychlosti byly řádově 2-3x vyšší, než tehdy u běžně dostupné HSS. [1, 3]

Od roku 1935 se slinuté karbidy vyráběli téměř po celém světě. Avšak pouze firmy Krupp Widia dodávali na trh jemnozrný karbid, který vykazoval lepší vlastnosti. Během druhé světové války byl velký tlak na výzkum, aby vyvinul karbidy bez obsahu wolframu, jelikož byl jeho veliký nedostatek. Avšak konec druhé světové války v roce 1945, vedl k velkému poklesu poptávky po slinutém karbidu. Bylo to z příčiny okamžitého zastavení zbrojení. Trvalo několik let než se výrobci slinutých karbidů chopily příležitosti dodávat nástroje na nové obráběcí stroje, které se používali pro komerční výrobky. [2, 5]

Slinutý karbid byl připevněn pomocí pájení na tělo nástroje z levnější nástrojové oceli. Tato metoda ale zažila větší expanzi až koncem 40. a v průběhu 50. let. V porovnání s tehdy běžně používanými nástroji z HSS, byly nástroje ze slinutých karbidů poměrně drahé. Proto výrobci tohoto řezného materiálu museli vyvinout velké úsilí, aby se začal masově distribuovat. Naštěstí i tehdy se začalo požadovat zvýšení produktivity, což mělo za následek potřebu zvýšení řezných rychlostí. První mechanicky připevněné destičky na trhu se objevily s patentem na tento způsob roku 1948 McKenna (zakladatel firmy Kennametal). Tato „revoluce“ v upevňování měla obrovský vliv, jelikož se už nemusely používat jen materiály, které šly lehce pájet. Dále bylo snazší vytvořit geometrii břitu či lamač třísek. Bylo tedy možno použít materiály jako je např. keramika nebo cermety. [1, 2, 5]

Během roku 1969 vyrobila firma Sandvik Coromant první povlakovaný slinutý karbid. Jednalo se o karbid typu GC125 a byl povlakovaný TiC (karbid titanu) o tloušťce 4-5 μ m. Tato malá vrstva měla za následek výrazné zvětšení tvrdosti a odolnosti proti oteru. Následovaly další druhy povlaků, např. TiN (nitrid titanu), TiCN (karbo-nitrid titanu) a

povlaky Al_2O_3 . Povlakování je takzvaná druhá „revoluce“ v novodobých dějinách řezných materiálů. [6]

Tab. 1.1 Historie slinutých karbidů [2]

Rok	Nový materiál, technologie
1923-25	WC-Co
1929-31	WC-TiC-Co
1930-31	WC-TaC(VC,NbC)-Co
1933	WC-TiC-TaC(NbC)-Co
1938	WC-Cr ₃ C ₂ -Co
1947-70	Submikrometrové WC-Cr ₃ C ₂ -Co
1956	WC-TiC-Ta(Nb)C-Cr ₃ C ₂
1959	WC-TiC-HfC-Co
1965-75	Vysokoteplotní izostatické lisování (HIP)
1965-78	TiC, TiN, Ti(C,N), HfC, HfN, Al_2O_3 , CVD povlaky na slinutých karbidech WC-Co
1968-69	WC-TiC-TaC(NbC)-HfC-Co, WC-TiC-NbC(TaC)-HfC-Co
1969	CVD povlak TiC na vyměnitelné břitové destičce
1969-71	Tetmochemické povrchové kalení
1969-79	Komplexní karbidy s přísadou Ru
1971	CVD povlak Al_2O_3
1972	Submikrometrový slinutý karbid WC+Co
1973	Vícevrstvý CVD povlak TiC+Ti(C,N)+TiN
1973-78	Vícevrstvé povlaky (karbidy, karbonitridy/nitridy, vícenásobné karbidy/karbonitridy/nitridy/oxidy)
1974-74	Vrstvy polykrystalického diamantu na slinutých karbidech na bázi WC-Co
1978	PVD povlaky TiC a TiN (iontová implantace)
1981	Vícenásobné tenké povlaky typu Al(O,N)
1987-89	PVD povlaky TiAlN
1992-96	CVD diamantové povlaky
1995	Funkčně gradientní slinuté karbidy (gradientní struktura)
1995-96	CVD povlaky kubického nitridu boru

1.2 Výroba

1.2.1 Výchozí materiály

Velice tvrdé kovy připomínající látky, jsou základní stavební materiál slinutých karbidů. Tyto prvky tvoří sloučeniny s uhlíkem, dusíkem, borem a křemíkem. Zejména tomu tak je s prvky periodické tabulky, které jsou v IV, V a VI skupině. Je to např. titan, zirkon, vanad, chrom a wolfram. Téměř všechny tyto sloučeniny se používají pro výrobu slinutých karbidů. Karbidy jsou binární sloučeniny uhlíku a elektro pozitivního prvku. Podle struktury je lze rozdělit čtyř skupin:

- **Iontové karbidy** obsahují acetylidové anionty a lze je proto považovat za soli acetyleny. V procesu výroby slinutých karbidů se nepoužívají.
- **Karbidy prvků skupiny železa** představují přechod mezi iontovými a intersticiálními karbidy. Poloměry kovových atomů jsou příliš malé pro vznik intersticiálních karbidů, struktura je silně deformována a prostoupena řetězci

uhlíkových atomů. Vodou a zředěnými kyselinami se rozkládají za tvorby směsi uhlovodíků a vodíků.

- **Intersticiální karbidy** vznikají zahříváním práškového kovu s uhlíkem na vysokou teplotu. Ionty nebo atomy uhlíku obsahují některé z oktaedrických intersticiálních míst v mřížce hostitelského prvku (kovu). Vyjádřeno v geometrických termínech, aby mohla vzniknout intersticiální struktura, musí být hodnota poměru poloměru r_c intersticiálního atomu k poloměru atomu hostitele r_M menší než 0,59. Intersticiální karbidy si zachovávají kovové vlastnosti, a protože jsou velmi tvrdé, jsou základními materiály pro výrobu slinutých karbidů.
- **Kovalentní karbidy** se připravují reakcemi příslušných prvků nebo jejich oxidů s uhlíkem. [2, 5]

Pro srovnání vlatností jednotlivých druhů karbidů zde máme tabulku č.1.2. Jak je vidět, karbidy nevykazují téměř žádné strukturální změny při zvýšené teplotě (až do teploty tavení). To je velice výhodné při těžkých podmínkách při obrábění (narozdíl od ocelí, které ztrácejí tvrdost při popouštění).

Tab. 1.2 Vlastnosti karbidů a nitridů [2, 5]

Vlastnosti	WC	TiC	TiN	TaC	NbC	HfC
Typ mřížky ¹⁾	H	KPLS				
Parametr mřížky [nm]						
a	0,2900 až 0,2907	0,43200 až 0,43316	0,423 až 0,424	0,4450 až 0,4455	0,424000 až 0,447095	0,4460 až 0,4636
c	0,2830 až 0,2864					
Měrná hmotnost [g cm ⁻³] ²⁾						
t	15,67	4,939	5,432	14,495	7,798	12,76
s	15,70 až 15,80	4,91÷4,93	5,213 až 5,430	14,40 až 14,50	7,78÷7,85	12,3 až 12,67
Tvrdost [GPa]	20,8÷22,0	28÷35	18,0÷29,5	16,7÷25,0	19,65÷24,00	26,1÷27,0
Modul pružnosti v tahu [GPa]	620÷727	269÷510	251÷600	285÷560	338÷580	317÷510
Modul pružnosti ve smyku [GPa]	262	186		214		193
Modul objemové pružnosti [GPa]		240÷390		414		241
Pevnost v tahu [MPa]	350					
Pevnost v ohybu [MPa]	550÷560	240÷400		350÷400	300÷400	
Poissonovo číslo [-]	0,18	0,191		0,24		0,18
Koeficient tření proti oceli [-]		0,23÷0,25	0,20÷0,30			
Teplota tavení [°C]	2627÷2870	3160±100	2950±50	3540÷3983	3490÷3600	3890±150
Bod varu [°C]		4300		5500		5400
Součinitel délkové roztažnosti [10 ⁻⁶ K ⁻¹]						
a	4,42÷5,20	6,52÷8,60	9,30÷9,35	6,29÷6,60	6,52÷6,90	6,27÷6,80
c	7,3					
Měrná tepelná vodivost [W m ⁻¹ K ⁻¹]	63,0÷121,8	21	19,2÷29,4	22,0÷22,2	14,2÷30,0	20,0÷22,0
Měrný odpor [μΩ cm]	17÷53	50÷68	25	25	35	37÷45
Pozn.: 1) H - hexagonální, KPLS - kubická, plošně středěná; 2) t - teoretická, s - skutečná						

Tab. 1.2 - pokračování

Vlastnosti	HfN	VC	ZrC	Cr ₃ C ₂	Mo ₂ C	
Typ mřížky ¹⁾	KPLS			OR	H ³⁾	
Parametr mřížky [nm]	a	0,451 až 0,452	0,4159 až 0,4170	0,4670 až 0,4698	1,146 až 1,147	0,3000 až 0,3007
	b				0,5520 až 0,5545	
	c				0,282 až 0,283	0,4734 až 0,4729
Měrná hmotnost [g cm ⁻³] ²⁾	t	13,94	5,71	6,56	6,66	9,18
	s	13,80 až 13,84	5,36÷5,77	6,59÷6,66	6,68÷6,74	9,06
Tvrdość [GPa]	16÷20	27,2÷29	25,5÷29,5	13÷18	15,0÷24,5	
Modul pružnosti v tahu [GPa]		422÷430	348÷440	373÷400	228÷535	
Modul pružnosti ve smyku [GPa]		157	172			
Modul objemové pružnosti [GPa]		390	207			
Poissonovo číslo [-]		0,22	0,191			
Koeficient tření proti oceli [-]		0,23÷0,25	0,20÷0,30			
Teplota tavení [°C]	3330÷3928	2648÷3327	3260÷3540	1800÷1895	2485÷2690	
Bod varu [°C]			5100			
Součinitel délkové roztažnosti [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	a	6,9	7,20÷7,30	6,10÷7,30	8,00÷10,40	4,9
	c					7,90÷8,20
Měrná tepelná vodivost [W m ⁻¹ K ⁻¹]	21,7	38,9	20,0÷20,5	19	21,5	
Měrný odpor [μΩ cm]	33	60	45÷55	75	71	
Pozn.: 1) H - hexagonální, KPLS - kubická, plošně středěná, OR - ortiorombická (kosočtvercová); 2) t - teoretická, s - skutečná; 3) fáze stabilní za pokojové teploty, existuje ještě fáze Mo ₂ C s ortorombickou mřížkou, která je stabilní pouze nad teplotou 1475 °C						

Karbidy mají některé vlastnosti jako kovy, jako je např. plošně středěná mřížka, dobrá tepelná vodivost či jejich vzhled. V neposlední řadě i mechanismus plastické deformace je stejný – pohyb dislokací. Oproti kovům si však karbidy zachovávají vyšší tvrdost při zvyšující se teplotě. Proto mají vyšší efektivitu než nástrojové oceli.

Jako pojivo pro slinuté karbidy se používá kobalt, který spojuje tvrdé fáze a dává slitině její pevnost a houževnatost. Dále se přidává malé množství rozpuštěného wolframu, který nám zajišťuje, že i pod teplotou 418 °C má kobalt kubickou mřížku místo těsně zaplněné hexagonální mřížky. [2, 5]

1.2.2 Příprava směsí

Pro výrobu slinutých karbidů se nejvíce využívá wolfram a to v podobě oxidu wolframového (WO₃), který se získává chemickými a mechanickými pochody z koncentráту wolframové rudy (scheelit a také wolframit). Jemnozrný wolframový prášek

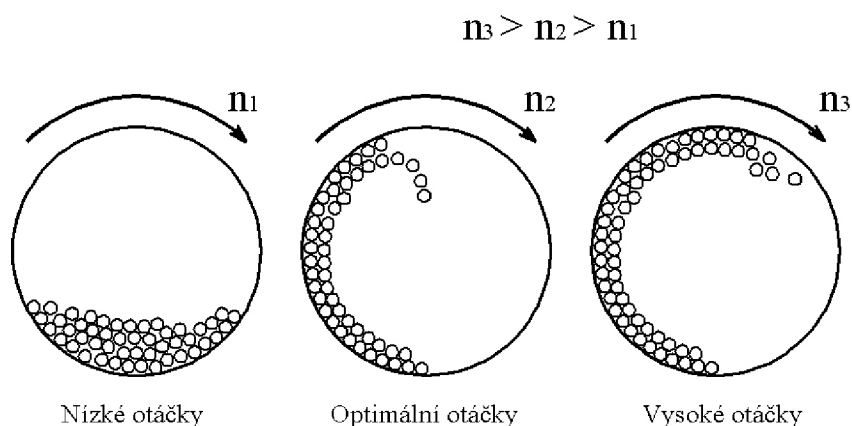
získáme např. redukci s vysokým přebytkem vodíku za nízké teploty, současně s malým přívodem oxidu wolframového. Při opačných podmínkách vzniká hrubozrnná struktura.

Takto připravený oxid se smíchá s uhlíkem (např. sazemí). Po promíchání této směsi následuje karburace ve vysokofrekvenčních pecích, kdy při teplotě asi 1 700 °C vzniká karbid wolframu (WC).

Další karbidy potřebné pro výrobu slinutých karbidů se vyrábějí podobným postupem. Vyjimkou je však karbid titanu, který se rozpouští v karbidu wolframu a tvoří tak směsný karbid.

Kobaltový prášek se vyrábí redukcí oxidu kobaltu s vodíkem při teplotě 800 °C.

Komponenty se smísí v požadovaném poměru výsledného karbidu a tato směs pokračuje na další úpravu – mletí. To probíhá v mlecích bubnech či kulových mlýnech. Pro udržení chemické čistoty se jako mlecí tělíska používají slinuté karbidy. Tato tělíska působí rázovým efektem a třením na směs. Mletí probíhá za mokra pro dosažení požadované jemnosti, stejnorodosti směsi a přilnutí kobaltu na reaktivní zrnka karbidu. Mletí je časově náročná operace a může trvat i několik dní. Velice důležitá je v tomto procesu rychlost otáčení bubnu. Při vysokých rychlostech, díky odstředivým silám, tělíska nepadají a nebo padají za tělíska na dně bubnu. Zatímco při optimální rychlosti padají na mlenou směs a dále ji rozmělnují. Směs se následně suší rozprašováním. Mletí můžete vidět na obrázku 1.1. [1, 6]



Obr. 1.1 Pohyb mlecích kuliček k kulovém mlýnu [5]

1.2.3 Lisování

Lisování komponentů probíhá ve formovacích lisech, izostatickým lisováním za studena, izostatickým lisováním za tepla, hydrostatickým lisováním, vytlačováním přes trysku a litím či vstřikováním. Kvůli vysoké disperzi a malé plasticitě se do směsi přidává plastifikátor (0,5-2 hm.%). Ten zajišťuje zmenšení tření mezi částicemi, a proto usnadňuje vzájemný skluz částic. Jeho největší přínos spočívá v udržení tvaru po vyhození lisovacího polotovaru z formy. Podmínky, které musí plastifikátor splňovat, jsou lehké odstranění při sušení nebo předslinování a neznečištění polotovaru. Nejčastěji se používají syntetický kaučuk rozpuštěný v benzínu, který zaručuje velikou pevnost vylisku a využití rychlých lisů, avšak nedokážeme ho úplně odstranit v předslinování. Jako druhý je to parafin rozpuštěný v tetrachlórmetanu nebo benzenu, který umožňuje využití vyšších tlaků a jde

snadno odstranit, takže nám neovlivňuje finální výrobek. Nevýhodou je menší tmelící schopnost a menší pružnost než kaučuk. To znemožňuje použití rychlých lisů.

U lisování musíme myslet na všesměrové smrštění, které probíhá při slinování. Proto se lisovací polotovary vyrábějí i o 20% větší. [1, 2, 5]

Izostatické lisování za studena

U této metody je směs vložena do pružné latexové formy nebo do formy ze silikonového kaučuku. Tato forma je následně uzavřena z důvodu zamezení smísení s pracovním médiem. U tohoto druhu lisování jsou dvě metody lisování. Suchá metoda, která vyvíjí tlak mechanickým pístem a mokrá metoda, kde je médium hydraulická kapalina.

- Suchá metoda se využívá pro malé vylisky a dobře se automatizuje.
- Mokrá metoda je pro velké výrobky a není možné ji zautomatizovat.

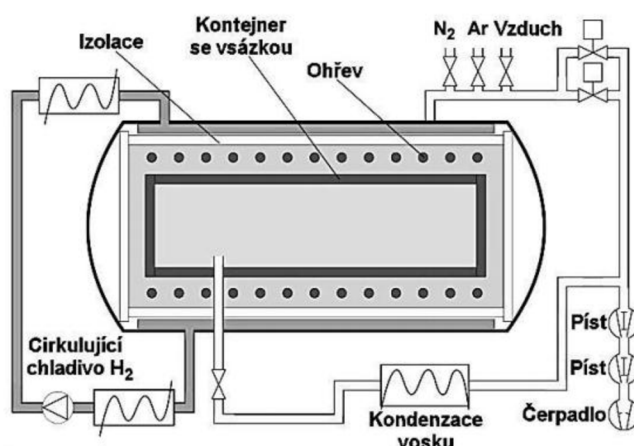
Na kvalitu vylisku má největší vliv snižování tlaků po lisování. Rychlé snížení tlaků by mělo za následek např. vznik trhlin. Tyto trhliny by mohly vzniknout při rychlém snížení tlaku v okamžiku, kdy se z polotovaru začíná uvolňovat vzduch. [2, 5]

Vytlačování

Vytlačování je moderní zařízení, kterým se vyrábí monolitní vrtáky, frézy a i jiné různé nástroje. Vyrábějí se i polotovary s vícenásobnými kanálky pro přívod procesní kapaliny. Prášek s plastifikátorem je dopravován šnekovým podavačem do vertikálních komor. Vytlačování probíhá plynule, bez přerušování při doplňování prášku. Vytlačené tyče či vrtáky jsou skládány na grafitové tyče, které jsou opatřeny drážkami pro uložení. [2, 5]

1.2.4 Slinování

Tato operace probíhá ve slinovací peci v ochranné atmosféře H_2 nebo ve vakuu. Schéma této pece je na obr. 1.2. Po slinování má výrobek požadované mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Pro odstranění plastifikátoru se uskutečňuje předslinování, které ale může být spojeno s vlastním slinováním. Celý proces (rychlost ohřevu, výše teplot, rychlost ochlazování) je řízen automaticky. Slinovací teploty typických slinutých karbidů jsou v tabulce č.1.3. [2, 5]



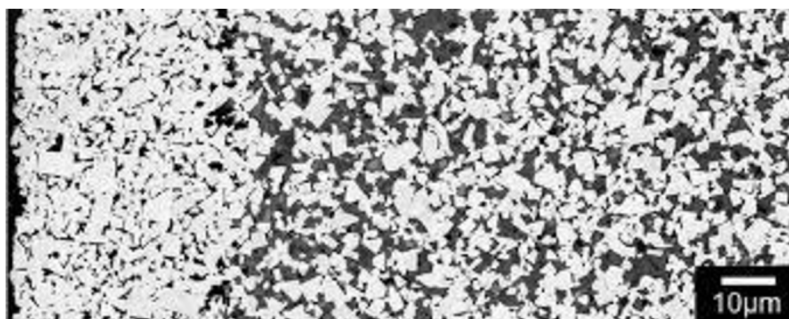
Obr. 1.2 Schéma slinovací pece [5]

Tab. 1.3 Typické teploty pro slinování v peci s vodíkovou atmosférou [2, 5]

Složení materiálu [hm. %]					Slinovací teplota [°C]
WC	TiC	Ta(Nb)C	Cr ₃ C ₂	Co	
94				6	1540
91				9	1480
89				11	1460
87				13	1450
80				20	1400
75				25	1380
70				30	1350
96,5			0,5	3	1640
95			0,5	4,5	1620
93,5			0,5	6	1560
90,5			0,5	9	1500
85,5	7	3,5		4	1640
81,5	7	3,5		8	1560
80	14			6	1620
84	10			6	1600
87	7			6	1590
87	5			8	1550
66	25			9	1620

Gradientní slinování

Je to moderní myšlenka, při které se přizpůsobí mikrostrukturu materiálu podle našeho přání. Tato metoda nemá uplatnění pouze v technologii obrábění, ale má i velký potenciál pro biomateriály a elektronické materiály. U slinutých karbidů, které chceme následně povlakovat, nám tato metoda umožňuje vytvořit tělo nástroje s tvrdým jádrem a s houževnatou vrstvou na povrchu o tloušťce řádově několik desítek μm . Tato mikrostruktura může být pozorována na obr. 1.3. Vyšší houževnatost zajišťuje zvýšené množství kobaltu. [2, 5]



Snížený obsah kubické fáze | Zvýšený obsah kubické fáze | Struktura jádra
Zvýšený obsah pojiva | Snížený obsah pojiva

Obr. 1.3 Základní oblasti gradientní struktury [5]

1.3 Druhy nepovlakovaných slinutých karbidů a jejich značení

Slinuté karbidy jsou v dnešní době jedny z nepoužívanějších obráběcích materiálů. Proto byl vyvinut velký počet různých druhů se specifickými vlastnostmi pro různé obráběné materiály. Kvůli dobré orientaci byl proto vyvinut klasifikační systém ISO. [6]

Tab. 1.4 Základní značení slinutých karbidů [1, 2, 5, 6]

Skupina	Využití a popis
	Příklady materiálů
P	Pro obrábění materiálů tvořící dlouhou třísku. Obvykle veliké řezné síly. Velký obsah TiC a TaC oproti malému množství WC. TiC má lepší odolnost vůči difúzi z čela nástroje pro odvádění třísky za zvýšené teploty. Označovány za dvojkarbidové.
	Ocel, litina, feritická korozivzdorná ocel a temperovaná litina.
M	Spojuje skupinu P a M dohromady. Univerzální použití. Materiály tvořící dlouhou a středně dlouhou třísku. Také pro těžké a přerušované řezy. Označovány za vícekarbidové.
	Austenitické korozivzdorné oceli, žáruvzdorné materiály, manganové oceli a legované druhy litin.
K	Obrábění materiálů, které tvoří krátkou, drobnou třísku. Řezné rychlosti relativně nízké – převládá opotřebení abrazivní (broušením) a adhezní (třením). Označovány za jednorbidové.
	Šedé litiny, kalené oceli a neželezné materiály (hliník, bronzy, plasty).

Tab. 1.5 Speciální (nové) druhy slinutých karbidů [1, 2, 5, 6]

Skupina	Využití a popis
	Příklady materiálů
N	Obrábění nekovových materiálů a neželezných slitin.
	Kompozitní materiály, slitiny se základem hořčíku, mědi či hliníku a dřevo.
S	Obrábění speciálních slitin.
	Slitiny titanu a žárupevné slitiny.
H	Obrábění tvrdých materiálů.
	Zušlechtnuté a kalené oceli, tvrdé (kolilové) litiny.

Tyto skupiny se dále dělí na podskupiny od 01-50. Nástroje od 01 se nazývají dokončovací a jsou pro ně typické vysoké řezné rychlosti a malé posuvy. Ve středu této řady jsou nástroje pro všeobecné použití, což znamená že se mohou použít jak pro dokončování, tak pro hrubování. Avšak nedosáhnou takových výsledků jako skupiny k dané operaci určené. Poslední skupina je určena pouze pro hrubování při malých řezných rychlostech, ale při velké tloušťce třísky a velkých posuvech.

2 ROZBOR POVLAKOVACÍCH METOD

K velkému skoku v obrábění pomocí slinutých karbidů bylo dosaženo jejich povlakováním různými druhy povlaků. První velký historický mezník je tenké povlakování vrstvami TiC (1969). Dnes je běžné nanášení i více vrstev, přičemž tyto vrstvy nemusí být jednotného typu. Jedná se např. o nanášení povlaků Al_2O_3 , které vyžadují mezivrstvy TiC.

Povlaky se na slinutý karbid nanášejí metodami CVD (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování) a PDV (Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování).

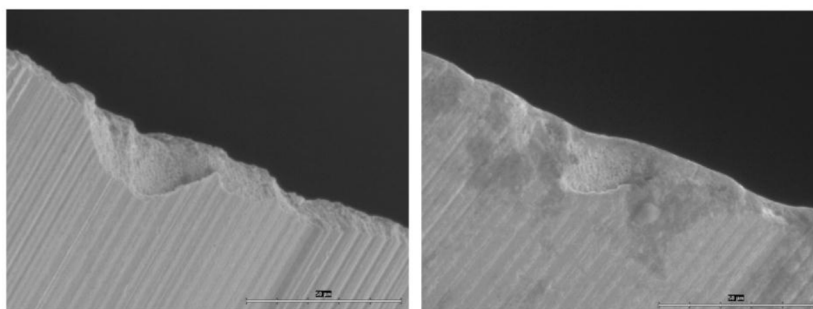
Materiály, které se používají na povlaky, mají vysokou tvrdost a vynikající odolnost proti opotřebení. Tyto vlastnosti se získají díky tomu, že tyto materiály neobsahují žádné pojivo a mají mnohem jemnější strukturu než základní materiál nástroje. Neméně důležité je vytvoření bariéry proti difuznímu mechanismu.

2.1 Příprava na vlastní povlakování

Materiály, jako je slinutý karbid, jsou velice křehké. Proto je dán veliký důraz na opatrnost při jejich přepravě a následné manipulaci. Díky těmto vlastnostem se mohou ostré hrany odštípnout. Proto se u těchto nástrojů provádí úprava hran. Po úpravě těchto hran následuje chemické čištění. To má za úkol zbavit nástroj jakékoli mastnoty a připravit nástroj na povlakování. Poté, co se nástroje upnou do držáků, míří do depoziční komory, kde následuje poslední fáze. Je to iontové čištění, na které bezprostředně navazuje povlakování. Všechny tyto postupy mají veliký vliv na kvalitu zhotoveného povlaku. V případě obnovení starého nástroje, který byl už dříve povlakován, předchází těmto procesům odstranění staré vrstvy – tzv. stripping. [7]

Úprava ostří nástroje

Z důvodu špatné manipulace či broušení, mají funkční hrany nástroje otřepty a defekty. Tyto ostré hrany se při obrábění mohou stát koncentrátorem napětí, či ještě před začátkem obrábění v důsledku zbytkového vnitřního napětí v tenké vrstvě.

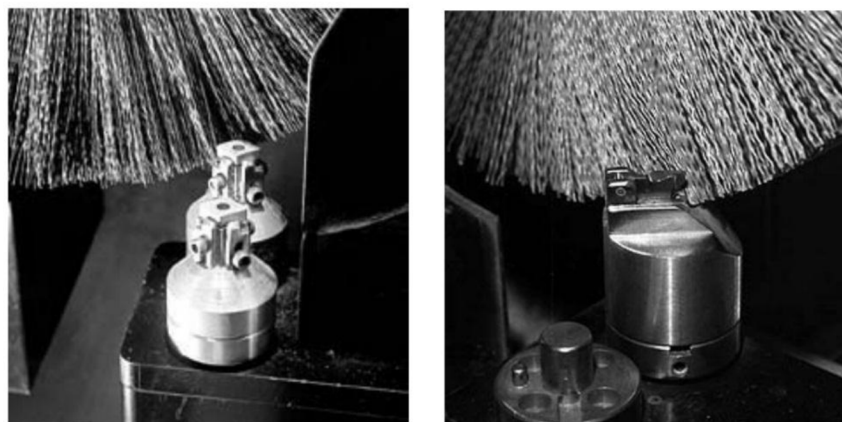


Obr. 2.1 Ostří nástroje – vlevo před a vpravo po úpravě (zvětšeno 1600x) [7]

Operace, které se používají na tyto úpravy, jsou omílání, kartáčování nebo otryskávání. Při těchto úpravách dochází ke změně mikrogeometrie, ale jen v řádech mikrometrů. Díky těmto operacím se však životnost nástroje zvýší až o 200%.

U otryskávání se používá vzduch o rychlosti okolo 700 km.h^{-1} , který obsahuje jemné abrazivo. Účinnost této metody závisí na použitém abrazivu, ale také na rychlosti a úhlu dopadu částic, jejich hmotnosti a v neposlední řadě i na tvaru této částice. Nejčastěji se jako abrazivo používají přírodní oxidy, syntetická abraziva či diamantový prášek. [7]

Další velice rozšířený způsob úpravy hran je kartáčování. Jako materiál štětin se používá ocel nebo polymerní vlákna impregnovaná abrazivem.



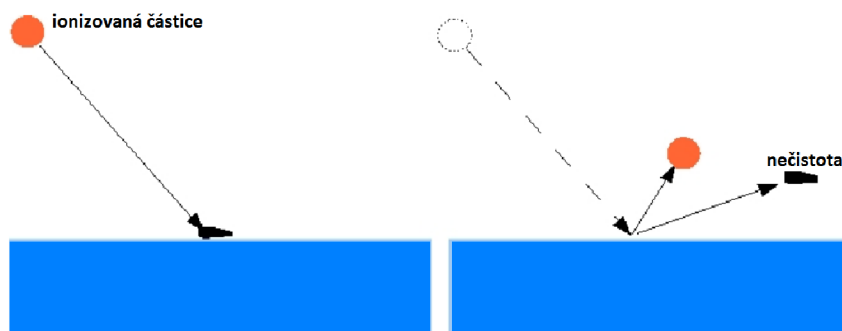
Obr. 2.2 Úprava hran kartáčem [7]

Chemické čištění

Při tomto čištění je cílem zbavit povrch nástroje organických nečistot (mastnoty), ale také brusiva a prachu z předchozích úprav. Nástroj prochází několika lázněmi, mezi kterými je oplachován. Veliký důraz je dán na čistotu a kvalitu vody. Voda, která se používá na oplachy, ale může být i součástí lázně, musí být chemicky dostatečně čistá, aby nezneškodnovala umytý povrch. Při manipulaci v lázni by se nástroje neměly dotýkat mezi sebou, a jejich pohyb by měl být omezen, aby se zabránilo kontaktu se dnem mycí lázně. Po dokončení mytí následuje rychlé sušení. To se provádí odstředěním zbytkové vody nebo např. jejím odpařením ve vakuu.[1, 7, 8]

Iontové čištění

Toto čištění je založeno na přivedení záporného předpětí na substrát a dopad iontů urychlených díky tomuto předpětí. Tento proces se skládá ze dvou fází, a to čištěním doutnavým výbojem a posléze čištěním nízkonapěťovým elektrickým obloukem. V první fázi dochází k ionizaci atomů plynu, který je vpuštěn do komory. Používá se např. argon. Dopadem těchto iontů jsou vyráženy nečistoty na povrchu. V druhé fázi se komora vypustí a je do ní přiložen nízkonapěťový zdroj elektrického oblouku na depoziční katodě. Na katodě se vytvoří katodová skvrna, která je pak zdrojem iontů, které jsou opět záporným předpětím urychlovány. [7]



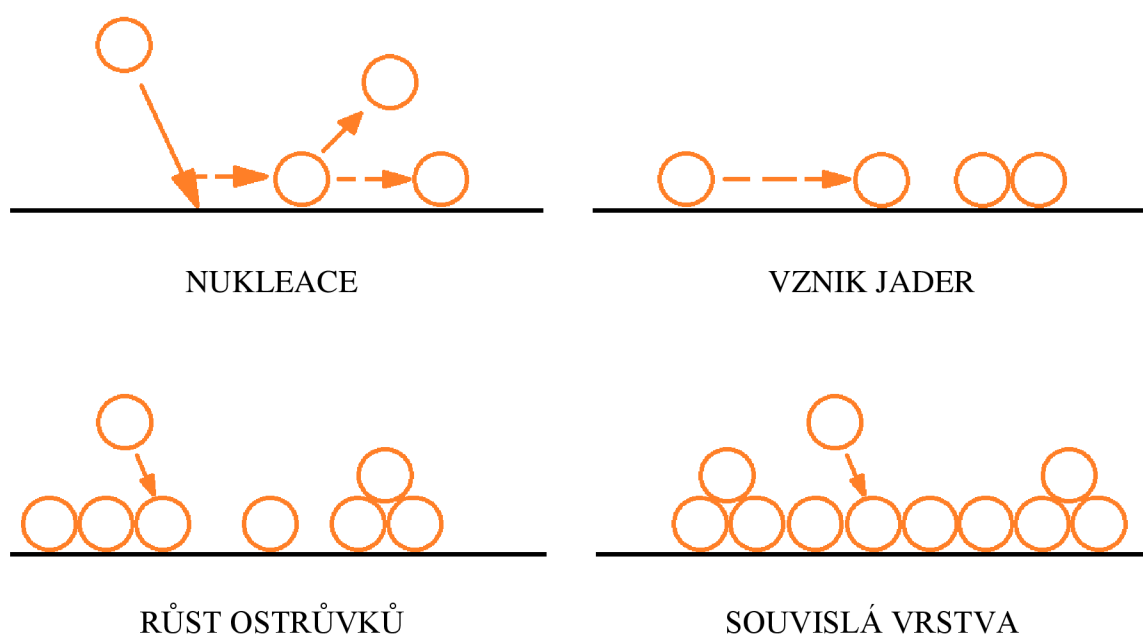
Obr. 2.3 Princip iontového čištění [7]

2.2 Metody povlakování

Jak již bylo řečeno, povlaky se na slinutý karbid nanášejí metodami PVD a CVD. Avšak i tyto metody se od svého vzniku vyvíjely, a proto vznikly různé poddruhy těchto metod.

2.2.1 Metoda PVD

Tato metoda je charakteristická nízkou pracovní teplotou (pod 600 °C, ale i 350 °C) a vytvořením sníženého tlaku (0,1÷1 Pa). Ze zdrojů částic (targety, terče) se uvolňují částice, které kondenzují na základním materiálu. Tyto částice jsou uvolňovány fyzikálními metodami a to rozprašováním nebo odpařováním. Tímto způsobem se vytvářejí tenké vrstvy (asi 5µm). Proces růstu můžeme vidět na obr.2.4. [2, 4, 8]



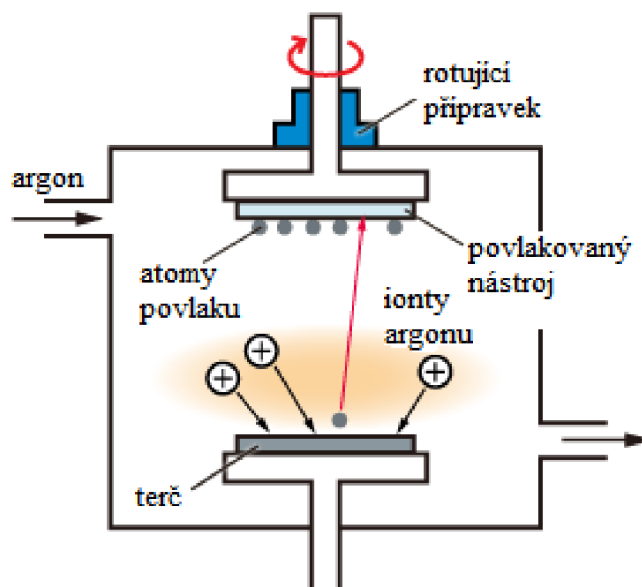
Obr. 2.4 Schéma vzniku PVD povlaku [2]

K nevýhodám všech metod PVD je složitý vakuový systém a nutnost otáčet v průběhu vytváření povlaku s povlakovanými nástroji, kvůli rovnoměrnému ukládání povlaku po celém povrchu nástrojů. Otáčení je nutno tím, že na odvrácené straně nástroje se netvoří vrstva. Veliká výhoda však spočívá v možnosti povlakování „ostrých“ hran nástroje (zaoblení pod 20 µm). [2, 4, 8]

Naprašování

Je založeno na fyzikálním odprašování katody (terče – vyroben z požadovaného materiálu na povlak) ve vakuu (<0,7 Pa). Odprášené částice se dostanou na povrch nástroje bez kolize s plynem, mezi pohybem od katody. Může se ale uskutečnit i při vyšším tlaku. To má za následek srážky částic, které se tímto způsobem zahřívají. Zařízení je složeno z katody, přípravku nástrojů, vakuové komory, odprašovacího plynu, čerpacího systému a zdroje energie. Tato metoda umožňuje vytvářet tenké povlaky z těžko tavitelných materiálů bez potřeby ohřevu daného materiálu na teplotu odpařování. [2]

Princip této metody je založen na vytvoření doutnavého výboje ve velmi zředěném inertním plynu. Jestliže se jako inertní plyn použije argon (zpravidla ano), vytvoří se nad katodou argonová plazma. Její ionty jsou následně urychlené, dopadají na katodu, což má za následek vyrážení jednotlivých atomů. Tyto atomy jsou následně zachyceny na anodě (nástroji). [2]



Obr. 2.5 Schéma jednoduchého naprašování [9]

- **Naprašování doutnavým výbojem rovinné diody**

Jedná se o nejjednodušší formu tohoto systému. Anoda a katoda jsou od sebe vzdáleny 50÷100 mm. Terč (katoda), je v tomto případě chlazen, a to pomocí ochlazovacích kanálek s vodou. Terč nejen slouží jako zdroj materiálu pro povlakování, ale je i zdrojem sekundárních elektronů. Tato metoda se používá pro snadnost výroby terčů, ale má malou rychlost depozice. [2]

- **Magnetronové naprašování**

Oproti předchozí metodě se přivede magnetické pole o velikosti několika set gaussů, což má za následek zachycení elektronů tímto polem. Díky tomu se zvýší počet srážek a pravděpodobnost zachycení na stěně nádoby či anodě se výrazně zmenší. Tato metoda má také oproti předešlé metodě ve výsledku lepší drsnost povrchu. [2]

- **Radiofrekvenční naprašování**

Touto metodou je možné nanášet povrchy z nevodivých nebo polovodičových materiálů. Klasická metoda není možná v důsledku akumulace náboje na povrchu. [2]

- **Naprašování iontovým paprskem**

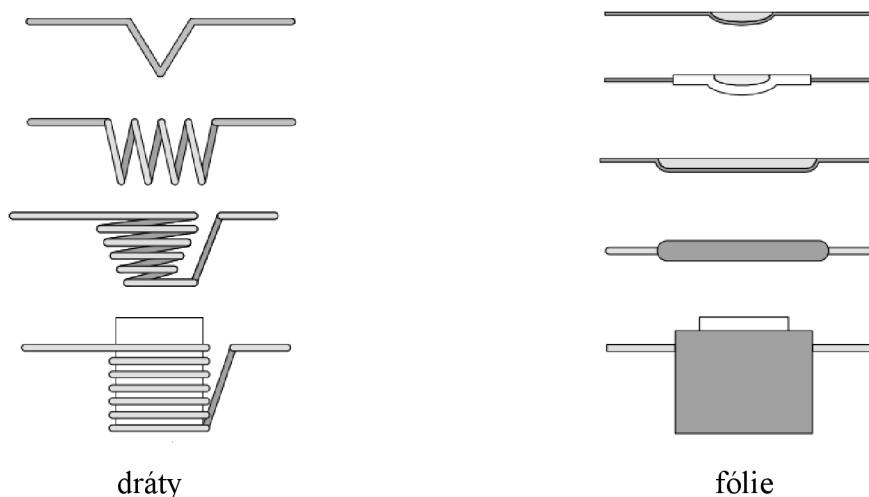
Výsledkem této metody je výrobek s vynikající adhezí a kvalitou povlaku. Nástroj není moc ohříván, jelikož není v kontaktu s plazmou. Iontový paprsek, který má vysokou energii, je namířen na terč. [2]

Napařování

Je uskutečněno odpařením materiálu terče různými způsoby, při velmi malém tlaku (10^{-3} až 10^{-8} Pa). Jelikož se terč odpařuje, musí být povlakovaný nástroj umístěn v horní části. Ohřívání je uskutečněno odporově, indukčně, obloukově nebo pomocí svazku elektronů či laserem. Kvůli velké vzdálenosti od terče k povlakovanému nástroji se tvoří nerovnoměrná tloušťka povlaku. V důsledku toho se do komory přivádí pod tlakem plyn, který má za následek více srážek odpařeného materiálu, a tudíž tvorbu rovnoměrného povlaku. [2]

- **Odporový ohřev**

K ohřevu se využívají odporové dráty a kovové fólie různých tvarů. Tyto dráty a fólie musí být vyrobeny z materiálu, který má vysoký bod tání (wolfram, tantal, molibden). Tyto materiály nesmí také znečišťovat vytvářený povlak. Množství odpařeného materiálu touto metodou je malé (v gramech). [2]



Obr. 2.6 Odporové ohřivací části [10]

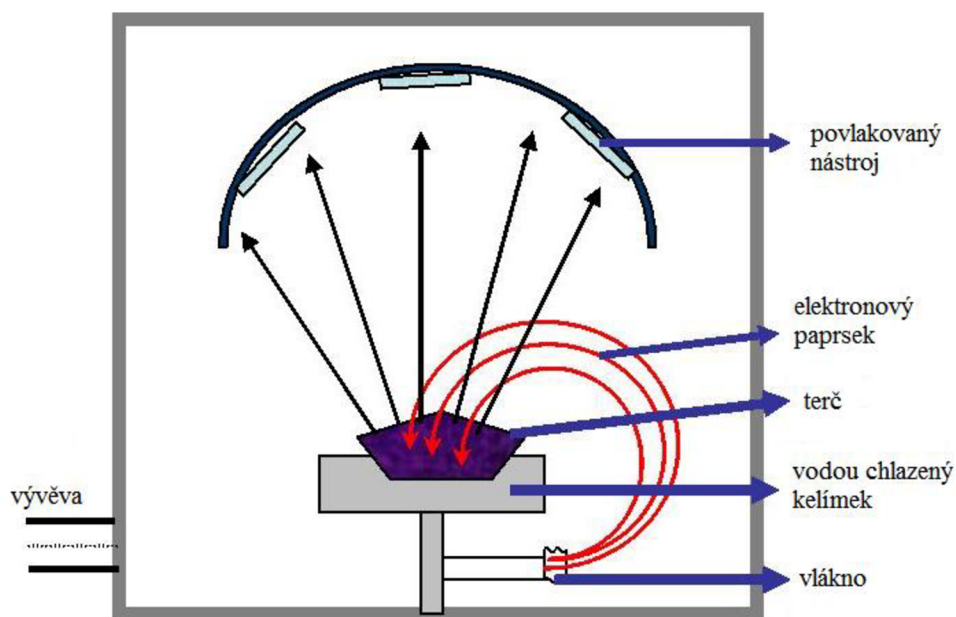
- **Ohřev elektronovým paprskem**

Používají se elektronová děla s vysokým výkonem, která umožňují dělat vrstvy i z materiálu s malými tlaky par. Také s ním lze vytvářet multivrstvé povlaky.

Jinou možností je použití 270° elektronového děla. Elektrony jsou vypouštěny do komory pootočený vůči terči o 270° a pomocí magnetického pole jsou usměrněny na terč. Díky této vlastnosti se může lehce změnit velikost záběru paprsku. Celý proces probíhá v atmosféře dusíku. [2]

- **Laserový indukovaný ohřev**

Probíhá pomocí laserového paprsku zaměřeného na terč. Bohužel i přes své výhody má laserový ohřev několik velkých nevýhod. Je to např. použití složitějšího zaostřovacího zařízení, jestliže je laser mimo vakuum a velmi malou energetickou účinnost. [2]



Obr. 2.7 Napařování s magneticky vychýleným elektronovým paprskem [11]

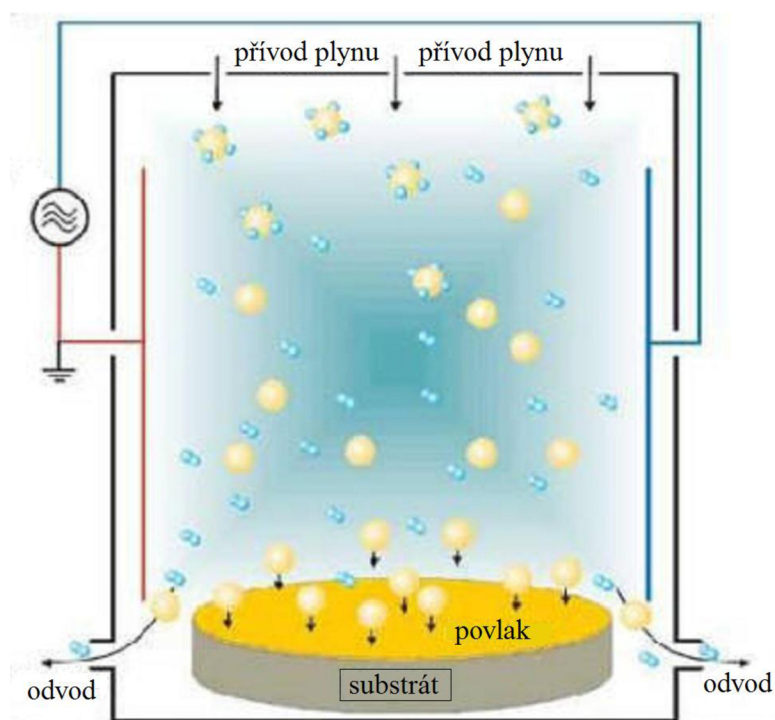
Iontová implantace

Jedná se o hybridní metodu, u které je povrch povlakovaného nástroje zasahován svazkem částic s vysokou energií. Mezi terčem a povlakovaným nástrojem je silné elektrické pole, v kterém dochází k elektrickému výboji v plynné atmosféře. Ten ionizuje odpařené částice terče i částice plynu. Tyto povlaky mají skvělé mechanické vlastnosti. Povlakování může probíhat na tepelně zušlechtěné nástroje i na nástroje z plastu. [2]

2.2.2 Metoda CVD

Oproti předešlému způsobu se povlak nanáší chemickými pochody. Reakce, která má za následek vzniklý povlak, vzniká v blízkosti povrchu povlakovaného materiálu a to na plazmě za přítomnosti plynných chemických sloučenin. Požadavky na tuto sloučeninu jsou chemická stabilita, ale pro vytvoření vrstvy je požadována také prchavost. Díky ní se po přivedení energie rozpadne a její zárodky slouží jako katalyzátor pro vlastní povlakování. Aby toto povlakování proběhlo, musí být do komory přivázen i nekovový reaktivní plyn (N_2, NH_4).

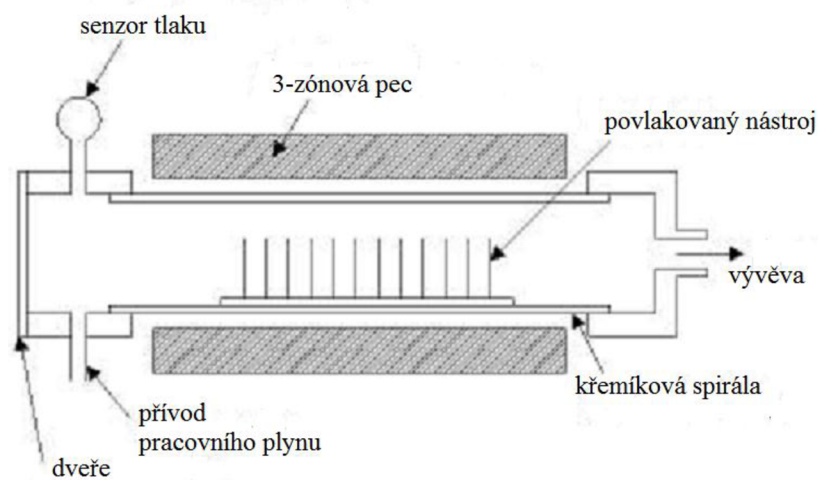
K velikým výhodám povlaků vytvořených metodou CVD je jejich skvělá teplotní stabilita, hustota povlaku, možnost vytvářet povlaky i na tvarově složitých součástech (oproti metodě PVD) a nižší pořizovací náklady. Bohužel v průběhu povlakování je nástroj vystaven vysokým teplotám, což může nepříznivě ovlivnit strukturu povlakovaného nástroje, ale i samotného povlaku. Další nevýhodou je i vysoká ekologická náročnost v důsledku jedovatých plynů (např. chloridy). [2, 4, 5]



Obr. 2.8 Princip CVD povlakování [12]

LPCVD

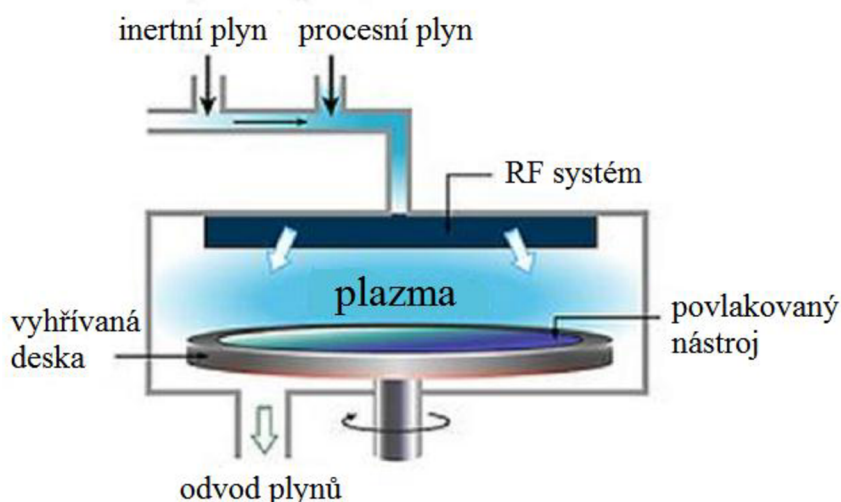
Tento druh povlaku, který se vyznačuje malými tlaky při výrobě (10-1000 Pa) se nejčastěji používá na tvorbu povlaků u polovodičových součástí. Součástí komory je spirála z křemíku, která vytápí pec při malém tlaku. Po dosažení dané teploty se do komory vpustí pracovní plyn. U této metody máme záruku veliké čistoty povlaku a jeho rovnoměrnou tloušťku. Nevýhodou je dlouhá doba nanášení a relativně veliký přebytek zbytkového materiálu na povlakování. S tímto plynem musí být zacházeno velice opatrně. [13]



Obr. 2.9 Pec pro LPCVD [14]

PECVD

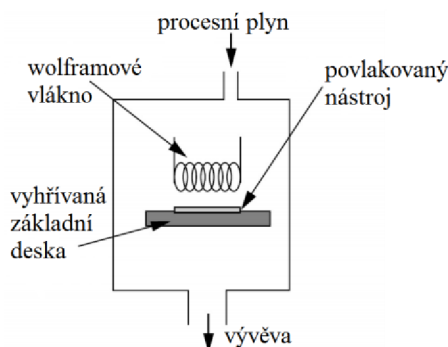
Plazmaticky rozšířená metoda CVD se používá pro nanášení povlaků SiO_2 , Si_3N_4 a amorfni Si povlaky. Pro tento postup se používá studená plazma, která se vyznačuje nízkou teplotou částic plynu. Oproti tomu elektrony mají mnohem vyšší teplotu než neutrální částice a ionty. Díky tomu se tento proces může uskutečnit již při teplotách 100°C . Povlakování při nízké teplotě je jedna z velikých výhod této metody. Bohužel tímto způsobem se dá povlakovat pouze jedna strana povlakovaného nástroje a velikost dávky je malá. [13]



Obr. 2.10 PECVD systém [15]

HFCVD

Tento druh povlakování se specializuje na povlaky ze syntetického diamantu, který vzniká při malých tlacích. Tato metoda je známá již od roku 1980. Princip spočívá v zahřívání wolframového vlákna, které vytvoří dostatečnou teplotu (asi 2400°C). Toto vlákno může být připojeno jak na střídavé, tak i na stejnosměrné napájení. Přiváděný uhlovodík (často CH_4) se následně rozloží. Pro dosažení větších výkonů musí být wolframové vlákno v blízkosti povlakovaného nástroje (do 80 mm). Nevýhodou této metody je limitující použití plynů díky oxidaci vlákna. Tyto oxidy by následně znehodnotily povlak a to je nežádoucí. [16]



Obr. 2.11 Princip HFCVD [16]

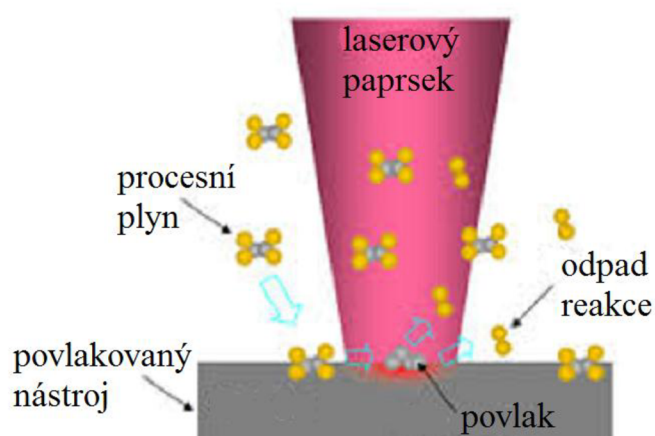
MPCVD

Využívá se zde mikrovln, které nahrazují wolframové žhavicí vlákno v metodě HFCVD. Touto metodou se vytváří diamantový povlak, který má lepší konečné vlastnosti než u předchozí metody. Tato metoda může pracovat ve velkém rozmezí tlaků a to od jednotek pascalů až do velikosti atmosférického tlaku. Mikrovlny vytvořené v generátoru jsou do komory přivedeny pomocí křemenné trubice. Hlavní výhodou oproti HFCVD je možnost použití oxidačních plynů. [16, 17]

LCVD

Pro růst povlaku se používá laserový paprsek, který prochází přes procesní plyn a dopadá na povlakovaný nástroj. Na povrchu povlakovaného nástroje dochází k rozkladu procesního plynu. Produkty tohoto rozpadu jsou následně absorbovány na povrch povlakovaného nástroje.

Používají se dvě různé metody, a to pyrolytická a fotolytická metoda. U pyrolytické metody velmi záleží na kombinaci laser - procesní plyn – povlakovaný nástroj. Po rozpadu procesního plynu by měly být tyto produkty transparentní a povlakovaný nástroj silně absorbující. Fotolytický způsob povlakování je založen na fotochemickém rozkladu procesního plynu a následném ukládání na povrchu nástroje. U pyrolytického povlakování můžeme pozvat lepší vlastnosti povlaku (vysoká hustota povlaku, povlak bez příměsí), avšak u fotolytické metody je teplota povlakovaného nástroje mnohem nižší. [18]



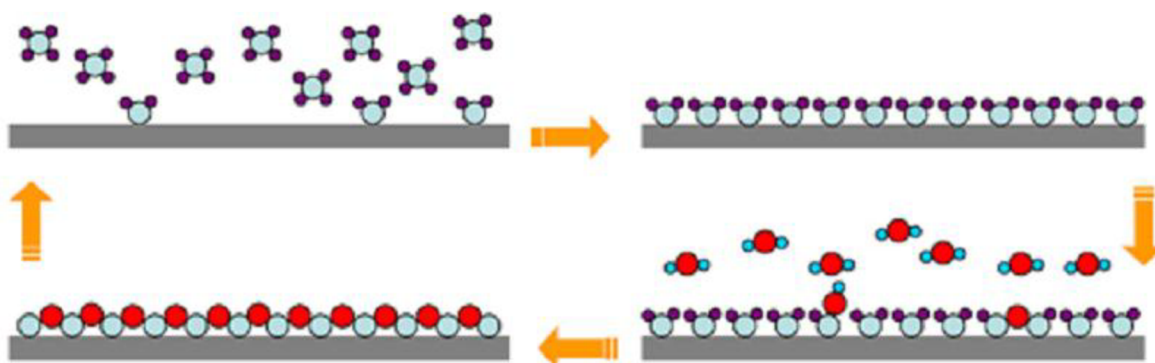
Obr. 2.12 Princip LCVD povlakování [19]

2.2.3 Metoda TETRABOND

Jedná se o technologii obloukového napařování, která se může zařadit k PVD metodám. Tento způsob výroby povlaků nám dovoluje vytvořit povlaky s velkou tvrdostí (měření prokázala tvrdost až 90 GPa), které neobsahují podíl v DLC vrstvách. Povlak se vytváří již pod teplotou 150 °C s tloušťkou od 0,4 do 1,5 μm. Nástroje s těmito vrstvami jsou určeny pro obrábění nekovových materiálů. Povlak je syntetický diamant a proto se nemůže použít k obrábění oceli a slitin díky přítomnosti uhlíku. [20]

2.2.4 Metoda ALD

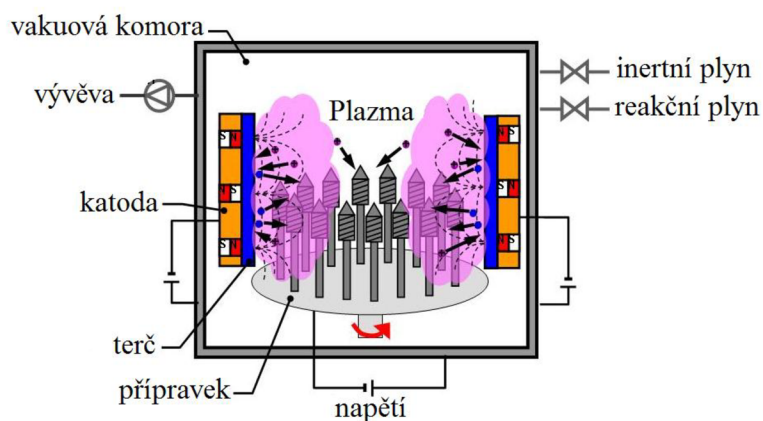
Jedna z novějších metod povlakování je založena na postupném skládání vrstev z jednotlivých složek plynů, které se postupně vpouští do komory. Do komory se vždy pustí jen jeden plyn, který vytvoří monovrstvu. Následně se po odsátí vpustí druhý plyn, který se spojí s monovrstvou a vytvoří jednotkovou vrstvu požadovaného povlaku. Pro dosažení požadované tloušťky se proces několikrát opakuje. [21, 22]



Obr. 2.13 Princim metody ALD [23]

2.2.5 Metoda HIPIMS

Tato metoda je založena na silném magnetronovém napařování (PVD) a vysoké ionizaci (obloukovém napařování). Impulz o velikosti několika megawatt se v okamžiku aplikuje na plazmu o vysoké hustotě. Tato plazma je zdrojem částic, které se přichytí na povrchu povlakovaného nástroje a vytvoří odolný povrch, který je odolný i vůči vzniku trhlin. Je také vysoce přilnavý na substrát základního materiálu. [24]



Obr. 2.14 HiPIMS komora [25]

3 UKÁZKY VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ SLINUTÝCH KARBIDŮ PRO OBRÁBĚNÍ

V této kapitole bude ukázáno obrábění třemi různými destičky ze slinutých karbidů. Každý nůž má jinou geometrii ostří a také jinou geometrii utvařeče třísky. Ukázka byla prováděna na hrotovém soustruhu v dílnách VUT. Díky tomu nebyly dosaženy dané řezné rychlosti od výrobce. Všechny řezné rychlosti, které byly použity, se pohybovaly od 55 do 65 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nebyla také použita řezná kapalina, která by také výrazně pomohla k tvorbě požadovaných třísek. Materiály, které byly obráběny, jsou dural (slitina hliníku a mědi s až 96% hliníku), 11600 (neušlechtilá konstrukční ocel s vyšším obsahem uhlíku), 16420 (ocel Ni-Cr k cementování), 11109 (automatová ocel) a 17240 (Ocel Cr-Ni austenitická, nestabilizovaná, korozi vzdorná).

3.1 Seznam a informace o použitých destičkách

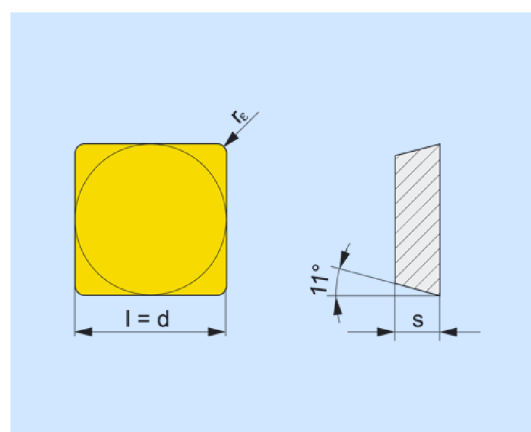
Vyměnitelná břitová destička, PRAMET, SPMR 120304E-48 ;T9325 (destička 1)

Rozměry a jiné specifikace destičky [26]:

l	=	12.7	mm
s	=	3.18	mm
r_e	=	0.8	mm
v_c	=	190-140	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
	=	110-80	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
	=	180-130	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
f_n	=	0.20-0.34	$\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$
	=	0.20-0.26	$\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$
	=	0.20-0.34	$\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$
a_p	=	1-8	mm
	=	1-6	mm
	=	1-8	mm



Obr. 3.1 Vyměnitelná břitová destička v držáku



Obr. 3.2 Geometrie [27]

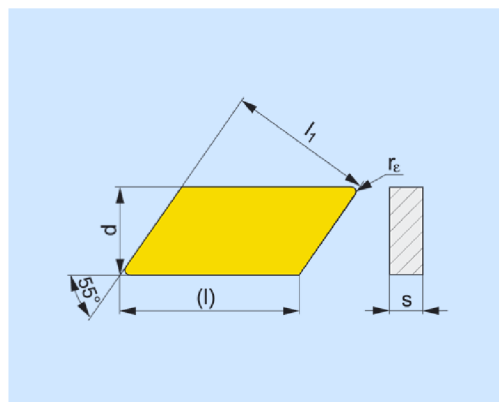
Vyměnitelná břitová destička, PRAMET, KNUX 160405ER-72; T9325 (destička 2)

Rozměry a jiné specifikace destičky [26]:

l	=	16	mm
l_1	=	16.15	mm
d	=	9.525	mm
s	=	4.76	mm
r_e	=	0.5	mm
v_c	=	285-210	$m.s^{-1}$
	=	170-125	$m.s^{-1}$
	=	270-195	$m.s^{-1}$
f_n	=	0.15-0.23	$mm.ot^{-1}$
	=	0.15-0.17	$mm.ot^{-1}$
	=	0.15-0.23	$mm.ot^{-1}$
a_p	=	0.5-4	mm
	=	0.5-3	mm
	=	0.5-4	mm



Obr. 3.3 Vyměnitelná břitová destička v držáku



Obr. 3.4 Geometrie [28]

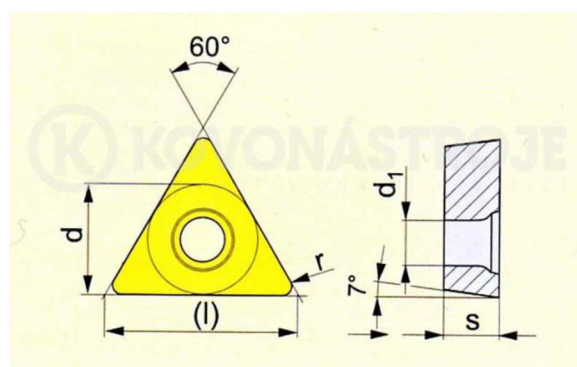
Vyměnitelná břitová destička TCMT 16T304 P20 (destička 3)

Rozměry a jiné specifikace destičky [29]:

l	=	16.5	mm
d	=	9.525	mm
s	=	3.97	mm
r	=	0.4	mm
v_c	=	200-130	$m.s^{-1}$
	=	150-70	$m.s^{-1}$
	=	170-100	$m.s^{-1}$
f_n	=	0.11-0.2	$mm.ot^{-1}$
	=	0.09-0.15	$mm.ot^{-1}$
	=	0.10-0.18	$mm.ot^{-1}$
a_p	=	0.4-3	mm
	=	0.4-2	mm
	=	0.4-3	mm



Obr. 3.5 Vyměnitelná břitová destička v držáku



Obr. 3.6 Geometrie [29]

Těmito noži bylo obráběno daných 5 materiálů při téměř stejných řezných rychlostech, posuvu i hloubce třísky.

Při sériové výrobě je žádoucí, aby se při obrábění tvořila krátká tříška. Je to z důvodu skladování třísek, ale hlavně pro odvod třísek při samotném obrábění. Dlouhá tříška se může zamotat do nástroje a následně ho poškodit.

3.2 Ukázky třísek z výroby

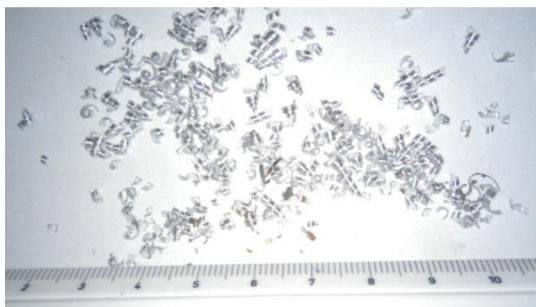
Dural – ČSN 42 4201 (EN 2017A)

Jedná se o slitinu hliníku (90-96%) a mědi. Dále se v této slitině objevují v menším množství také hořčík či mangan, ale i jiné. Oproti čistému hliníku vykazuje až 5x vyšší pevnost v tahu a je i tvrdší. Dále se i tepelně zpracovává, podobně jako u ocelí. [30]



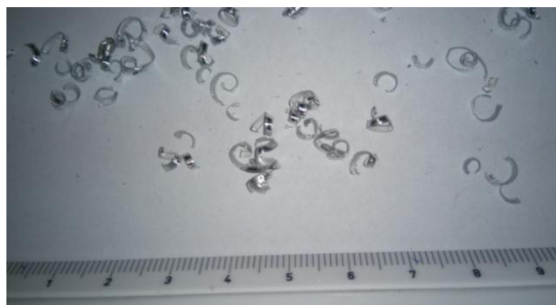
Obr. 3.7 Tříška při obrábění břitovou destičkou 1

V tomto případě byli špatně nastavené řezné podmínky při obrábění, nebo byla využita destička s nevyhovující geometrií ostří či se špatným tvarem utvařeče třísek.



Obr. 3.8 Tříška při obrábění břitovou destičkou 2

Na obr.3.8. je už tříška lepší. Proto by bylo možné tento nůž použít pro hromadné obrábění tohoto materiálu.



Obr. 3.9 Tříška při obrábění břitovou destičkou 3

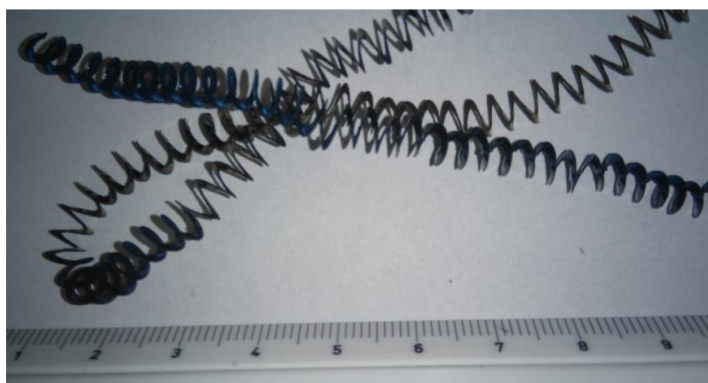
Zde je tříška nejlepší. Tvoří krátké segmenty, které by byli lehce odstaněny od nástroje řeznou kapalinou či tlakovým vzduchem.

Ocel ČSN 11600 (EN 1.0060)

Neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti s vyšším obsahem uhlíku. Vhodná na strojní součásti namáhané staticky i dynamicky, u nichž se nevyžaduje svařitelnost. Součásti vystavené velkému měrnému tlaku např. hřídele, osy, ozubená kola, řetězová kola. [31]



Obr. 3.10 Tříška při obrábění břitovou destičkou 1



Obr. 3.11 Tříška při obrábění břitovou destičkou 2

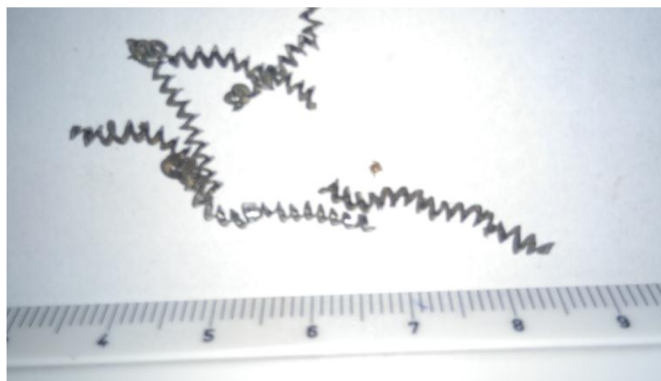


Obr. 3.12 Tříška při obrábění břitovou destičkou 3

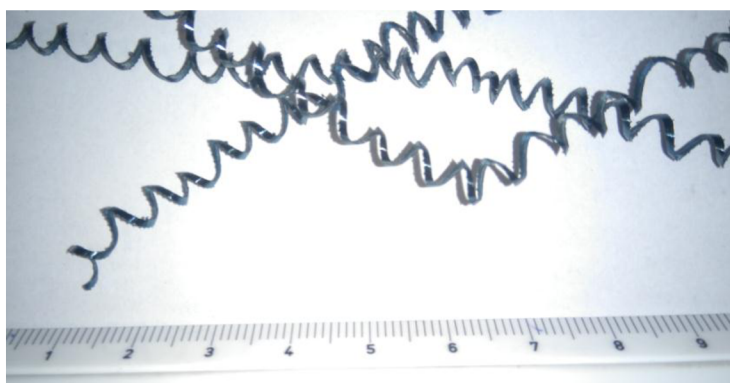
Pro obrábění tohoto materiálu byly nastaveny naprosto špatné řezné podmínky. Jak můžete vidět na obr.3.10. – 3.12. jsou tu dlouhé, nelámající se třísky, které jsou nežádoucí. Na obr.3.12. jsou k vidění i zamotané třísky, které se motaly při obrábění na soustružnický nůž.

Ocel ČSN 16420 (EN 1.5752)

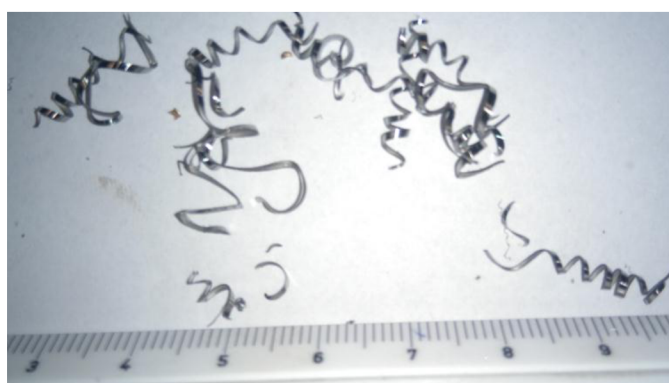
Chrom-niklová ocel určená k cementování. Tato ocel má dobrou tvárnost za tepla a v žíhaném stavu je dobře obrobitelná. Používá se na velmi namáhané strojní součásti jako jsou drážkované hřídele a ozubená kola. [31]



Obr. 3.13 Tříška při obrábění břitovou destičkou 1



Obr. 3.14 Tříška při obrábění břitovou destičkou 2

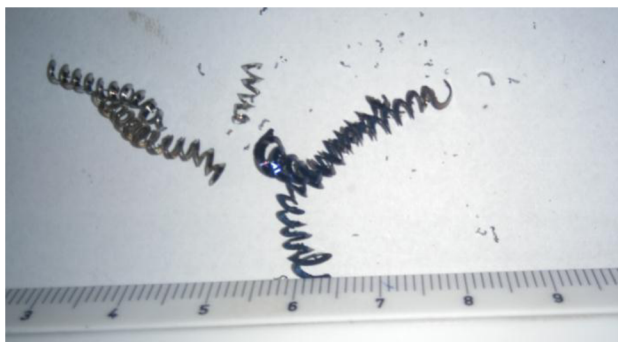


Obr. 3.15 Tříška při obrábění břitovou destičkou 3

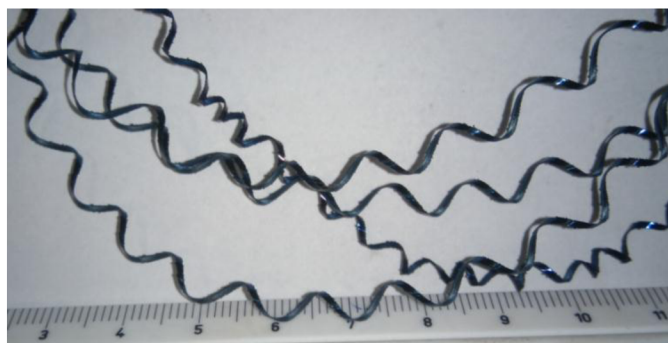
V tomto případě můžeme jako u příkladu duralu vidět, že jiná geometrie ostří a utvařeče třísek má obrovský vliv na výslednou třísku. Největší rozdíl je patrný při obrábění destičkou 2 a 3. Destičku 3 by bylo možné po malé změně řezných podmínek použít pro automatizované obrábění.

Ocel ČSN 11109 (EN 1.0715)

Jedná se o tvz. automatovou ocel, která se vyznačuje velmi dobrou obrobitelností a dobrou tvorbou třísky. Tato vlastnost je dosažena zvýšeným obsahem síry. Tento obsah síry je vázán na zvýšený obsah manganu (asi 1%). [31, 32]



Obr. 3.16 Třísky při obrábění břitovou destičkou 1



Obr. 3.17 Třísky při obrábění břitovou destičkou 2

Ačkoli je tato ocel určena k automatizovanému obrábění a je známá skvělou tvorbou třísky, zde můžeme vidět velmi špatnou třísku. To je zapříčiněno špatnými reznými podmínkami jako je rezná rychlost a posuv.

Ocel ČSN 17240 (EN 1.4301)

Ocel se zvýšeným obsahem chromu (17.5-19.5%) a niklu (8-10.5%). Díky tomu patří tato ocel do skupiny tvz. nerezových ocelí. [33]



Obr. 3.18 Třísky při obrábění břitovou destičkou 1



Obr. 3.19 Tříska při obrábění břitovou destičkou 2

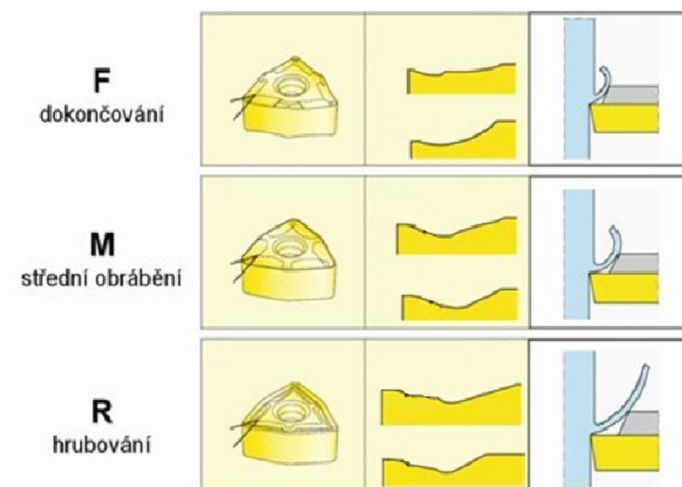


Obr. 3.20 Tříska při obrábění břitovou destičkou 3

Ačkoli je tato ocel také dobře obrobitelná, její třísky jsou příliš dlouhé a nelámou se. U destičky číslo 1 došlo i k zamotání třísky na soustružnický nůž.

3.3 Faktory ovlivňující tvar třísky

Utvařeč třísky



Obr. 3.21 Vliv utvařeče třísek na tvar třísky [34]

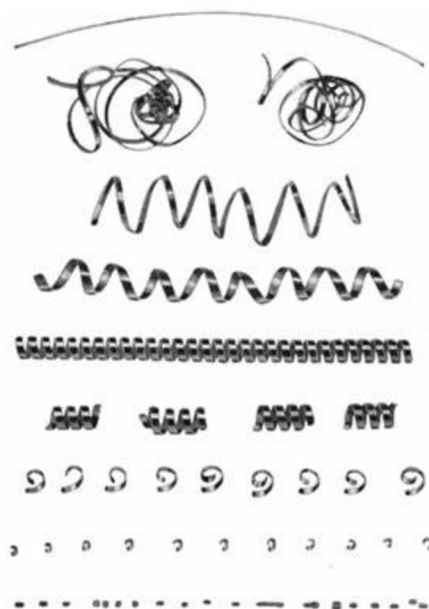
Proces formování třísky udává geometrie utvařeče třísek. K dispozici jsou tři typy geometrií utvařeče: silně lámající geometrie (F-geometrie), měkce lámající geometrie (R-geometrie) a „středně“ lámající geometrie (M-geometrie).

Silně lámající geometrie deformují třísky a lámou je v momentě, kdy jsou utvářeny. Výsledkem jsou pak krátké třísky. Nevýhodou této geometrie je, že řezné síly jsou soustředěny na břit, což následně činí břit křehčím (kompenzací tohoto jevu jsou malé hloubky řezu a posuvu). Měkce lámající geometrie mají opačný vliv – třísky jsou delší, to však vede k „silnějšímu“ břitu. Středně lámající geometrie se svým účinkem pohybují uprostřed obou výše uvedených. Všechny faktory ovlivňující tvorbu třísek jsou v tab.3.1.

Tab. 3.1. Faktory ovlivňující tvorbu třísek [35]

Nástroj	Řezné podmínky	Materiál	Způsob chlazení
Úhel čela	Posuv	Tvrдость	Obrábění za sucha
Úhel ostří	Hloubka řezu	Pevnost v tahu	Chlazení řeznou kapalinou
Rádus ostří	Tloušťka třísky (úběr)	Houževnatost	Chlazení tlakovým vzduchem
Geometrie ostří a utvařeč třísek	Řezná rychlost	Materiálové složení	

Jde jen o nalezení správné rovnováhy mezi schopností utváření třísek a pevností břitu. Každá aplikace vyžaduje specifickou geometrii. Na obr.3.22. můžete vidět různé typy třísek. Od rovných třísek, které nejsou žádány při automatickém obrábění až po velice drobnou třísku. [34]

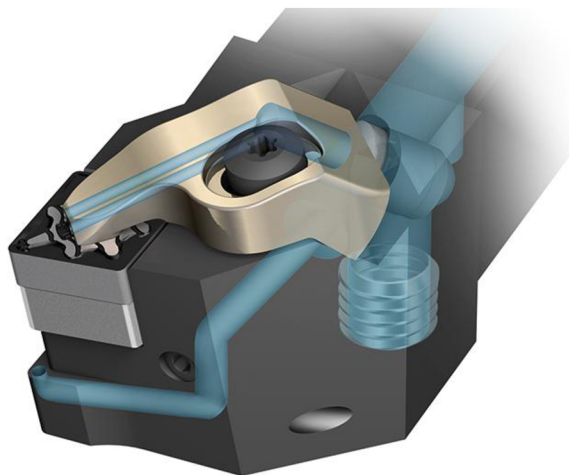


Obr. 3.22 Druhy třísek [35]

4 CENNOVÁ RELACE A DOSTUPNOST NA SVĚTOVÉM TRHU

V současné době se cena vyměnitelných břitových destiček pohybuje od několika stokorun až po tisíce korun. Tato cena platí pro jednu břitovou destičku. Je samozřejmostí, že při velké objednávce je cena upravena.

V sortimentu firem se dají najít nástroje, které jsou určeny pro základní, nenáročnou obrábění i pro ukázkovou výrobu např. na středních školách. Na druhou stranu se vyvíjí velice sofistikované nástroje i s vnitřním chlazením a s vysoce důkladně řešenou geometrií.



Obr. 4.1 Chlazení břitové destičky [36]

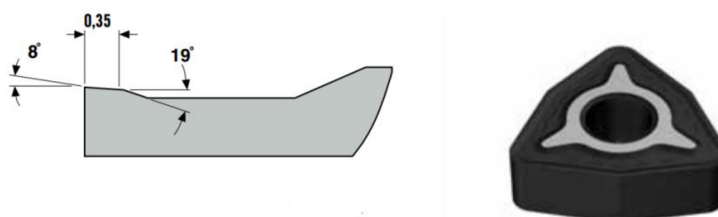
Čeští výrobci slinutých karbidů: Dormer Pramet
Iskar
Walter
TeaguTec

Světový výrobci slinutých karbidů: Mitsubishi materials
Ceratzit
Kennametal
Global Tungsten & Powders
Extramet AG

5 DISKUZE

5.1 Hodnocení autorských výsledků

Se 3 vybranými druhy destiček slinutých karbidů se obrábělo 5 různých materiálů. Cílem bylo ukázat různé výsledky (tvary třísek), při použití stejné řezné rychlosti, rychlosti posuvu a hloubce třísky. Experiment měl poukázat na souvislost tvaru třísky s geometrií břitu. Nejednalo se o naprosté novinky na trhu, ale pro názornost byly dostačující. Proto jsou zde ukázány novinky z české, ale i světové produkce. Např. utvařeče třísek firmy SECO M6 (obr.5.1). Jedná se o nový druh utvařeče, který daleko převyšuje dřívější M5 a MR7. [37]



Obr. 5.1 Řez utvařečem třísek WNMG080412-M6 [38]

Jako světová produkce slinutých karbidů je zde uvedena firma Mitsubishi materials. Tato firma patří ke světové špičce, a proto je jejich výzkum jedním z nejlepších. Jako důkaz je zde uvedeno řešení odvodu třísek při obrábění nízkouhlíkových ocelí. Při jejich obrábění vznikají často problémy díky nestabilnímu utváření třísek, které mohou poškodit povrch obráběné součásti, nebo i samotný slinutý karbid. Další geometrie jsou v příloze 2. [39]



Utvařeč FY - dokončování

Utvařeč SY – střední obrábění

Obr. 5.2 Utvařeče Mitsubishi materials pro nízkouhlíkové oceli [40]

V průběhu obrábění dochází k různým poškozením ostří nástroje. Tyto různé příklady poškození a jejich následné řešení jsou uvedeny v příloze 4.

5.2 Nedořešené problematiky-paketování třísek

Paketování třísek, neboli lisování třísek je důležitou součástí technologie výroby. Přináší výhody nejen v uskladnění třísek (není potřeba mnoho prostoru), ale i ve zmenšení potřeby vyvážet sběrné kontejnery. Další výhodou je zpětné získání řezné kapaliny, které může být až 25% z použité při obrábění. [41]



Obr. 5.3 Ukázka briketování hliníku [41]

Firmy zabývající se výrobou těchto lisů jsou např. ŽĎAS, STROJSERVIS a Ruf Maschinenbau GmbH & Co. KG. Jako ukázkou paketovacího lisu je zde uveden lis RUF 90 od společnosti Ruf Maschinenbau GmbH & Co. KG. Tento lis dokáže např. zpracovat až $2000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ a jeho lisovací tlak je až $3900 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$. Obrázek a více informací o tomto lisu je v příloze 2. [42]

5.3 Prášková metalurgie - jiné výrobky

Prášková metalurgie nepřináší jen možnosti výroby slinutých karbidů, ale dovoluje nám vyrábět i jiné specifické materiály. Jsou to kluzné materiály, které jsou pórovité a nasycené olejem, ale i s vyššími nároky, které mají matrice např. Cu-Sn s pevným mazivem grafitem, MoS_2 , Pb či jiným. Dále se touto technologií vyrábějí filtry z pevných částic, které mohou mít tvar kulovitý, nepravidelný, ale i vláknitý. V neposlední řadě se takto vyrábějí i magnetické materiály typu AlNiCo. [43]



Obr. 5.4 Příklad kluzných ložisek [44]

5.4 Ekologie

Tato problematika je v dnešní době velice probíraným tématem. Ať už se jedná o ekologii při výrobě, nebo následnou likvidaci produktů, každý z výrobců se snaží o co možná nejmenší dopad na životní prostředí. V dnešní době je už problematika s recyklací slinutých karbidů dobře vyřešena. Jedná se o tzv. stripping, což je technologie, při které se odstraní starý povlak ze slinutého karbidu, nebo o celkovou recyklaci, při které se destičky roztaví na základní komponenty. Jako ukázkou řešení ekologie ve strojírenském podniku je zde ukázána ekologická studie o zmenšení dopadu na životní prostředí u firmy ŽĎAS a.s. podle EN ISO 14001. Tato studie se zabývá zmenšením dopadu na ovzduší, vodohospodářství a na nakládání s odpady. Materiály k tomuto tématu jsou v příloze 5.

ZÁVĚR

Vlastnosti slinutých karbidů se postupem let stále zlepšují. Má to za následek potřeba získávání materiálů, které jsou určeny pro vyšší řezné rychlosti a posuvy. Také konkurence schopnost vyžaduje od výrobců stálou inovaci. V dnešní době není na obzoru žádný nový řezný materiál, proto se výrobci snaží o co možná nejdokonalejší povlakování slinutého karbidu. Vyvíjí se nové povlaky, ale i způsoby nanášení těchto povlaků. Snaha je vytvářet tenké povlaky složené z více vrstev různých vlastností.

Tato bakalářská práce měla vysvětlit princip výroby slinutého karbidu a stručný popis nového funkčně gradientního slinování, které má za následek plynulý přechod z houževnatého povrchu ke tvrdému jádru. Také tu jsou uvedeny druhy jeho následného povlakování. Jedná se systémy, které používají fyzikální, nebo chemické pochody. V praktické části bylo snahou ukázat spojitost mezi geometrií nástroje a tvarem výsledné třísky, a vyjmenovat další faktory ovlivňující třísku.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/ Symbol	Jednotka	Popis
SK	[-]	slinutý karbid
HSS	[-]	Hight speed steel
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
LPCVD	[-]	Low-pressure Chemical Vapour Deposition
PECVD	[-]	Plasma-enhanced Chemical Vapour Deposition
HFCVD	[-]	Hot Filament Chemical Vapour Deposition
MPCVD	[-]	Microwave Plasma Chemical Vapour Deposition
LCVD	[-]	Laser Chemical Vapour Deposition
DLC	[-]	Diamond Like Carbon
ALD	[-]	Atomic Layer Deposition
HIPIMS	[-]	Hight-power impulse magnetron sputtering
l	[mm]	Délka břitové destičky
s	[mm]	Tloušťka břitové destičky
r_ε	[mm]	Poloměr zaobloní ostří
d	[mm]	Průměr vepsané kružnice břitové destičky
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
f_n	[mm.ot ⁻¹]	Délka břitové destičky
a_p	[mm]	Tloušťka třísky

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o.. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. 1. vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, 1997, 1 s. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. SPRIGGS, Geoffrey E. *A history of fine grained hardmetal. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 13,(1995), pp. 241-255. ISSN 0263-4368
4. HUMÁR, A., DANG, V.H. *Trendy v povlakování slinutých karbidů*. MM Průmyslové spektrum. [online] 2001. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-povlakovani-slinutych-karbidu.html>.
5. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Studijní opory. VUT–FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2006. [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v_2.pdf
6. KOČMAN, Karel a PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Vysoké učení technické v Brně – Fakulta strojního inženýrství. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
7. PODANÝ, Pavel a KŘÍŽ, Antonín. *Předepoziční procesy při výrobě tenkých vrstev*. [online] Hradec nad Moravicí: METAL, 2006. Dostupné z: http://www.ateam.zcu.cz/podany_metal06.pdf
8. AB SANDVIK COROMANT. *Povlakovaný slinutý karbid*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx#3
9. RIGAKU MECHATRONICS. *Sputtering systems*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://en.rigaku-mechatronics.com/case/sputtering-systems.html>
10. DARLING, R.B. EE-527: *MicroFabrication - Physical Vapor Deposition*. University of Washington. Department of Electrical Engineering. Seattle, Washington, USA. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.ee.washington.edu/research/microtech/cam/PROCESSES/PDF%20FILES/PhysicalVaporDeposition.pdf>
11. CIVIL ENGINEERS FORUM. *Facts about electron beam evaporation*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://civilengineersforum.com/8-electron-beam-evaporation-facts/>
12. THE PRECISION MANUFACTURING RESEARCH FACILITY AT THE UNIVERSITY OF ALABAMA. *Educational information*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.me.ua.edu/PMRF/dceducational.htm>
13. CURLEY, Ronald a MCCORMACK, Thomas. *Low-pressure CVD and Plasma-Enhanced CVD*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.ece.umd.edu/class/enee416/GroupActivities/LPCVD-PECVD.pdf>

14. MEMS & NANOTECHNOLOGY EXCHANGE. *Deposition Processes*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <https://www.mems-exchange.org/MEMS/processes/deposition.html>
15. ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL ENGINEERING EQUIPMENT. *Plasma-enhanced CVD*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://encyclopedia.che.engin.umich.edu/Pages/Reactors/CVDReactors/CVDReactors.html>
16. FRGALA, Zdeněk. *Depozice mikro- a nano-krystalických diamantových vrstev v mikrovlnném plazmovém reaktoru*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/12190/prif_d/3718688/04_Theory_02.pdf
17. KUMAR, S., JADHAV, M. a BAJPAI, R. *Growth of Diamond by MPCVD Process*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://sympnp.org/proceedings/58/G38.pdf>
18. JEAN, Daniel L., DUTY, CH. E. a FUHRMAN, B. T. *Precision LCVD System Design with Real Time Process Control*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://sffsymposium.engr.utexas.edu/Manuscripts/1999/1999-007-Jean.pdf>
19. LASER MICRO/NANO FABRICATION LABORATORY. *Laser CVD*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://laser.gist.ac.kr/board/bbs/board.php?bo_table=rese_02
20. IONBOND. *Tetrabond technologie*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.ionbond.cz/cz/technologie/tetrabond/>
21. DOW CORNING CORPORATION. *Chemical Vapor Deposition*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://www.dowcorning.com/content/etronics/etronicschem/etronics_newcvd_tutorial3.asp?DCWS=Electronics&DCWSS=Chemical%20Vapor%20Deposition
22. BENEQ. *Atomic Layer Deposition*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://beneq.com/atomic-layer-deposition.html>
23. GLOBAL CLIMATE AND ENERGY PROJECT. *Inorganic Nanocomposite Solar Cells by Atomic Layer Deposition*. Stanford University. USA. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://web.stanford.edu/group/gcep/cgi-bin/gcep-research/all/inorganic-nanocomposite-solar-cells-by-atomic-layer-deposition-ald/>
24. PLASMA APPLICATIONS GROUP. *High Power Impulse Magnetron Sputtering*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://pag.lbl.gov/Research-Topics/high-power-impulse-magnetron-sputtering>
25. SHEFFIELD HALLAM UNIVERSITY. *SPACE PROVIDES NEW FRONTIER FOR ADVANCED SPUTTER COATING*. In: *New Materials*. [online]. Web Publishing Group. [vid. 2013-02-20]. Dostupné z: http://www.newmaterials.com/News_Detail_Space_provides_new_frontier_for_advanced_sputter_coating_12917.asp#axzz43ubFABIJ
26. PRAMET TOOLS s.r.o. *Soustružení 2016*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/cs-cz/products/turning/turning>

27. PRAMET TOOLS s.r.o. *Soustružení 2016*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/VBD_Main/Dim/SPMR.PNG
28. PRAMET TOOLS s.r.o. *Soustružení 2016*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/VBD_Main/Dim/KNUX.PNG
29. KOVONÁSTROJE. *Soustružnické nože a VBD*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Soustruzeni/Soustruznicke-noze-a-VBD/Britove-desticky/Tvar-T/TCMT/Vymentejna-britova-desticka-TCMT-16T304-P20.html>
30. Dural. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. 28. 9. 2006, last modified on 6. 9. 2015 [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Dural>
31. FERONA. *Materiilové normy*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
32. SVARWEB. *Vybrané oceli-vlastnosti a použití*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli_pouziti
33. INOX s.r.o. *Nerezová ocel 1.4301*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
34. VOS,De Patrick. *Příručka pro technology: Proces obrábění kovů – vliv geometrie*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2012 [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <http://m.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-proces-obrabeni-kovu-vliv-geometrie>
35. VOS,De Patrick. *Příručka pro technology: Jak rozpoznat správné utváření třísek?* MM Průmyslové spektrum [online]. 2012 [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-rozpoznat-spravne-utvareni-trisek.html>
36. Walter CZ s.r.o. *Inovace nástrojů pro soustružení*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com/cs-cz/tools/innovations/Turning/Pages/innovations-turning-1/new-products-turning-1.aspx>
37. Seco Tools CZ s.r.o. *M6 Utvařič třísek*. [online]. [cit. 2016- 04-23]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/Global/Products/Milling1/General-Turning/M6/>
38. Seco Tools CZ s.r.o. *UTVAŘEČ TŘÍSEK M6*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/CZ/Seco%20News%202013-1/CZ_M6_Chipbreaker_LR.pdf
39. NOVÁK, Zdeněk. *K vyšší produktivitě a kvalitě soustružení*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2008 [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/k-vyssi-produktivite-a-kvalite-soustruzeni.html>
40. MITSUBISHI MATERIALS. *HLAVNÍ KATALOG – SOUSTRUŽNICKÉ NÁSTROJE // ROTAČNÍ NÁSTROJE*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://mhg-mediastore.net/epaper/C006/CZ/files/assets/basic-html/#1>

41. RUF, Roland. *Briketování třísek přináší úspory*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2010 [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/briketovani-trisek-prinasi-uspory.html>
42. RUF GMBH & CO. KG. *TYPY LISŮ*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.ruf.cz/briketovaci-lisy/kovy/typy-lisu/>
43. SKOTNICOVÁ.K a KURSA.M. *Prášková metalurgie*. Studijní opory. VŠB – TU Ostrava ÚST, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. 2013. [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/03_Materialové_inzenyrstvi/06_Praskova_metalurgie/Skotnicova_Praskova_metalurgie.pdf
44. JINPO s.r.o. *Samomazná pouzdra s grafitovými hnízdy*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.jinpo.cz/pouzdragrafit.html>
45. LABORATORNÍ PRŮVODCE. *Periodická tabulka*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.labo.cz/mft/pt.htm>
46. Dormer Pramet. *Soustružení 2014*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/downloads/turning-2014-cz-sk.pdf>
47. ŽĎAS a.s. *Ekologie*. [online]. [cit. 2016- 04-26]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=49>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Periodická tabulka prvků

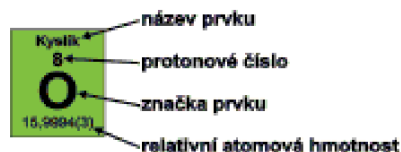
Příloha 2 Paketovací lis RUF 90 a jeho technické informace

Příloha 3 Geometrie utvařečů třísek od firmy Mitsubishi materials

Příloha 4 Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky

Příloha 5 Ekologická studie firemy ŽĐAS a.s.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	VIII	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
Vodík 1 H 1,00794(7)																	Helium 2 He 4,002602(2)
Lithium 3 Li 6,941(2)	Beryllium 4 Be 9,012182(3)											Bor 5 B 10,811(7)	Uhlík 6 C 12,0107(8)	Dusík 7 N 14,00644(4)	Kyslík 8 O 15,9994(3)	Fluor 9 F 18,9984032(5)	Neon 10 Ne 20,1797(6)
Sodík 11 Na 22,989770(2)	Hořčík 12 Mg 24,3046(8)											Hliník 13 Al 26,981538(6)	Křemík 14 Si 28,0855(3)	Fosfor 15 P 30,973761(2)	Síra 16 S 32,066(6)	Chlor 17 Cl 35,4527(8)	Argon 18 Ar 39,948(1)
Dračík 19 K 39,0983(1)	Vápník 20 Ca 40,078(4)	Skandium 21 Sc 44,955910(8)	Titan 22 Ti 47,867(1)	Vanad 23 V 50,9415(1)	Chrom 24 Cr 51,9961(6)	Mangan 25 Mn 54,838044(9)	Železo 26 Fe 55,845(2)	Kobalt 27 Co 58,933200(9)	Nikl 28 Ni 58,6934(2)	Měď 29 Cu 63,546(3)	Zinek 30 Zn 65,38(2)	Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,61(2)	Arzen 33 As 74,92160(2)	Selen 34 Se 78,96(3)	Brom 35 Br 79,904(1)	Krypton 36 Kr 83,80(1)
Rubidium 37 Rb 85,4678(3)	Stroncium 38 Sr 87,62(1)	Yttrium 39 Y 88,90585(2)	Zirkonium 40 Zr 91,224(2)	Niob 41 Nb 92,90638(2)	Molybden 42 Mo 95,94(1)	Technecium 43 Tc (98,9063)	Ruthenium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Stříbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)	Indium 49 In 114,818(3)	Cin 50 Sn 118,710(7)	Antimon 51 Sb 121,760(1)	Tellur 52 Te 127,60(3)	Jod 53 I 126,90447(3)	Xenon 54 Xe 131,29(2)
Cesium 55 Cs 132,90545(2)	Baryum 56 Ba 137,327(7)	57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantal 73 Ta 180,9479(1)	Wolfram 74 W 183,84(1)	Rhenium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Platina 78 Pt 195,078(2)	Zlato 79 Au 196,96656(2)	Rtuť 80 Hg 200,59(2)	Thallium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (209,9824)	Astat 85 At (209,9871)	Radon 86 Rn (222,0176)
Francium 87 Fr (223,0187)	Radium 88 Ra (226,0254)	89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 Rf (261,110)	Dubnium 105 Db (262,1144)	Seaborgium 106 Sg (263,1166)	Bohrium 107 Bh (264,12)	Hassium 108 Hs (265,1306)	Mitlerium 109 Mt (268)	Ununnilium 110 Uun (269)	Unununium 111 Uuu (272)	Ununbium 112 Uub (277)						

























- nekovy
- alkalické kovy
- alkalické zemní kovy
- vzácné plyny
- halogeny
- metalloidy
- přechodné kovy
- jiné kovy
- vzácné zemní prvky


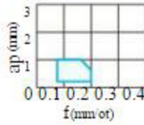
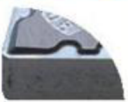
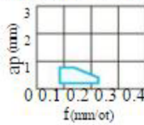

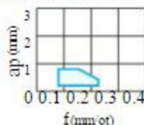

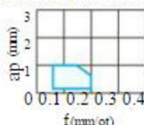

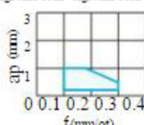

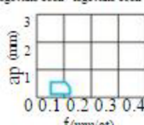

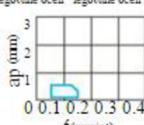

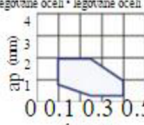

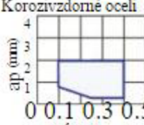
Lanthanoidy:	Lanthan 57 La 138,90547(2)	Cer 58 Ce 140,116(1)	Praseodym 59 Pr 140,90768(2)	Neodym 60 Nd 144,24(3)	Promethium 61 Pm (144,9127)	Samarium 62 Sm 150,36(3)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Gadolinium 64 Gd 157,25(3)	Terbium 65 Tb 158,92534(2)	Dysprozium 66 Dy 162,50(3)	Helmium 67 Ho 164,93032(2)	Erbium 68 Er 167,26(3)	Thulium 69 Tm 168,93421(2)	Ytterbium 70 Yb 173,04(3)	Lutecium 71 Lu 174,967(1)
Aktinoidy:	Aktinium 89 Ac (227,0277)	Thorium 90 Th 232,0381(1)	Protaktinium 91 Pa 231,03688(2)	Uran 92 U 238,02891(1)	Nepturnium 93 Np (237,0482)	Plutonium 94 Pu (244,0642)	Americium 95 Am (243,0614)	Curium 96 Cm (247,0703)	Berkelium 97 Bk (247,0703)	Kalifornium 98 Cf (251,0798)	Einsteinium 99 Es (252,0830)	Fermium 100 Fm (257,0961)	Mendelevium 101 Md (258,0984)	Nobelium 102 No (259,1011)	Lawrencium 103 Lr (262,110)

Příloha 2 – Paketovací lis RUF 90 a jeho technické informace


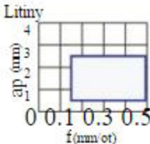
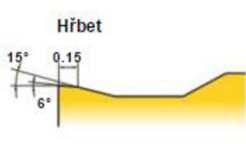

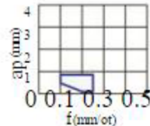
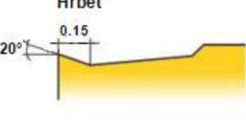

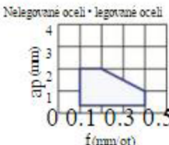

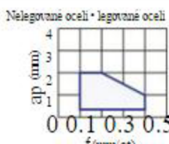

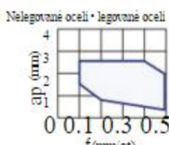

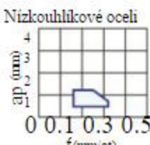

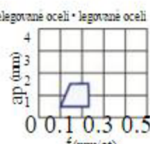

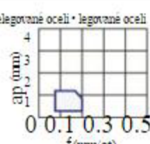

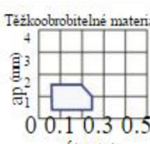


KOVY	RAP	RUF 4 až RUF 11	RUF 7,5 až RUF 22	RUF 18,5 až RUF 55	RUF 90
Výkon max. (kg/h)					
• hliník	30-50	60-300	130-700	300-1300	1000-2000
• ocel & litina	30-80	100-200	130-1200	350-2800	2000-3000
• mosaz, bronz, měď	50-100	100-220	360-1150	450-2700	3000-4800
Výkon motoru (kW)	4	4-11	7,5-22	18,5-55	90
Specifický lisovací tlak max. (kg/cm ²)	1600-3800	1600-3700	1400-5000	1700-5000	2500-3900
Formáty briket (mm)	 60 x 40  60 x 60  80 x 40  Ø80	 60 x 40  60 x 60  Ø60  Ø80	 150 x 60  150 x 75  150 x 120  Ø60  Ø70  Ø80  Ø100	 150 x 75  150 x 120  Ø80  Ø100  Ø120	 Ø120  Ø150
Délka briket (mm)	30-60	30-100	65-100	65-100	65-150
Rozměry (m) Délka x šířka x výška	1,3 x 1,0 x 1,6	1,3 x 1,5 x 1,9 až 1,6 x 1,6 x 1,95	2,7 x 2,0 x 2,2 až 3,3 x 2,4 x 2,2	2,9 x 2,4 x 2,2 až 3,3 x 2,4 x 2,2	3,8 x 3,8 x 2,5
Hmotnost (t)	1	1,4-1,8	3,3-4,9	4,6-6	12


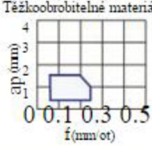
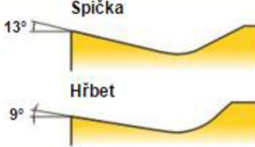

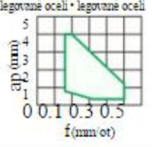
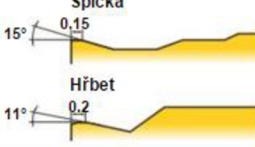

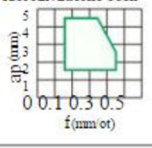
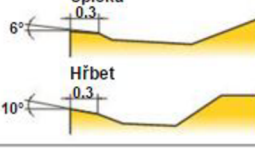

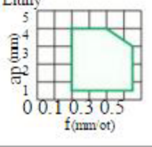
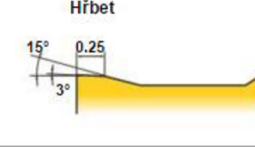
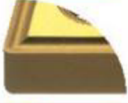
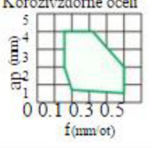
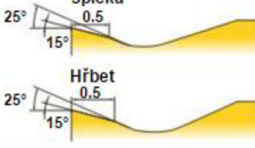

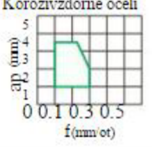
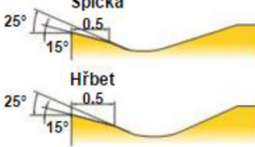

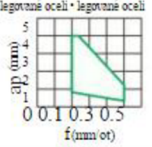
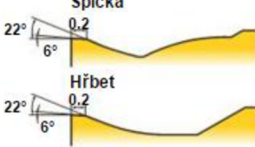

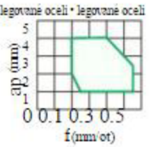
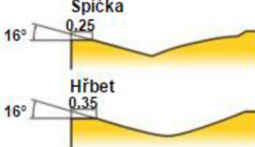

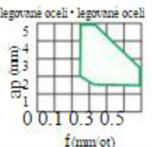
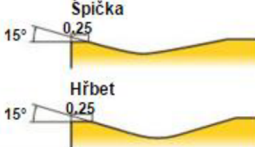
Příloha 3 (1/3) - Geometrie utvařečů třísek od firmy Mitsubishi materials

NEGATIVNÍ DESTIČKY S DÍROU					
Použití	Tolerance	Označení a obrázek utvařeče	Charakteristiky	Profil a geometrie	
Dokončovací obrábění	M	FH  První volba pro dokončování nelegovaných ocelí, legovaných ocelí a korozivzdorných ocelí Oboustranný utvařeč. Stabilní utváření třísky i při malých hloubkách řezu.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 12° Hřbet 12°	
		FS  Alternativní utvařeč pro dokončování měkkých ocelí Oboustranný utvařeč. Stabilní utváření třísky i při malých hloubkách řezu. Ostří břit zaručuje nejlepší výkon.	Nizkouglikové oceli 	Špička 16° Hřbet 8°	
		FY  První volba pro dokončování měkkých ocelí Oboustranný utvařeč. Efektivně utváří třísky při obrábění adhezivních materiálů. Vhodný pro dokončování měkkých ocelí.	Nizkouglikové oceli 	Špička 15° Hřbet 15° 0.2	
	G		FJ  První volba pro dokončování těžkoobrobitelných materiálů Oboustranný utvařeč. Ideální pro žáruvzdorné a titanové slitiny. Ostří břit zaručuje dobrou drsnost povrchu obrobene plochy. Zvlněné ostří umožňuje hladký odvod třísky.	Těžkoobrobitelné materiály 	Špička 14° Hřbet 9°
			PK  Alternativní utvařeč pro dokončování nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Pro obrobky s úzkými rozměrovými tolerancemi je doporučena tolerance destičky třídy G. Stabilní utváření třísky i při malých hloubkách řezu.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 15° Hřbet 15°
			R/L-FS  Přesné dokončování Oboustranný utvařeč. Úzký základní utvařeč pro dobré utváření třísky. Ostří břit zaručuje dobrou drsnost povrchu obrobene plochy.	Nelegované oceli • legované oceli 	Hřbet 14°
			R/L-F  Dokončování Oboustranný utvařeč. Základní utvařeč pro řízený odvod třísky. Ostří břit zaručuje dobrou drsnost povrchu obrobene plochy.	Nelegované oceli • legované oceli 	Hřbet 14°
	Lehký řez	M	LP  První volba pro lehké obrábění nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Stabilní utváření třísky při rozsahu lehkého řezu. Zvlněné ostří umožňuje hladký odvod třísky.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 15° 0.1 Hřbet 11° 0.2
			LM  První volba pro lehký řez korozivzdorné oceli Oboustranný utvařeč třídy M. Stabilní odvod třísky v rozsahu lehkého řezu. Utvařeč s velkým úhlem čela poskytuje vynikající omezení otřepu.	Korozivzdorné oceli 	Špička 15° 0.50 Hřbet 20°



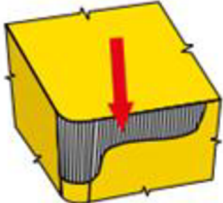
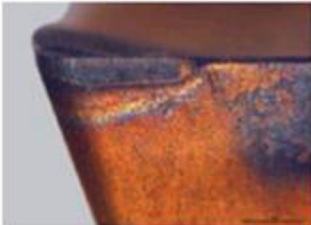
Příloha 3 (2/3) - Geometrie utvařečů třísek od firmy Mitsubishi materials

NEGATIVNÍ DESTIČKY S DÍROU							
Použití	Tolerance	Označení a obrázek utvařeče	Charakteristiky	Profil a geometrie			
Lehký řez	M	NEW LK 	První volba pro soustružení litiny Pozitivní fasetka umožňuje ostrý řez a nízký řezný odpor.	Litiny 	Hřbet 		
		NEW LS 	První volba pro těžko obrobitelné materiály Zlepšený odvod třísky pro hloubky řezu menší než poloměr špičky R.		Hřbet 		
		SH 	Pro lehké obrábění nelegovaných ocelí, legovaných ocelí a korozivzdorných ocelí Oboustranný utvařeč. Použitelný pro malé hloubky řezu a vysoké rychlosti posuvu. Zvlněné ostří umožňuje hladký odvod třísky. Doporučen pro obrobky v rozsahu tvrdosti 160 – 250 HB.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 15° Hřbet 15° 0.2		
		SA 	Alternativní utvařeč pro lehké obrábění nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Vynikající utváření třísky při malých hloubkách řezu. Zvlněné ostří umožňuje kopírovací soustružení a podsoustružování. Doporučen pro obrobky v rozsahu tvrdosti 200 – 300 HB.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 25° 0.3 Hřbet 25° 8° 0.34		
		SW 	Hladicí destička Wiper pro lehké obrábění nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Hladicí ploška umožňuje až dvojnásobnou rychlost posuvu. Konstrukce Wiper pro zvýšenou produktivitu a zlepšenou jakost povrchu.	Nelegované oceli • legované oceli 	Špička 18° 0.15 7° Hřbet 18° 7° 0.15		
		SY 	První volba pro lehké obrábění měkkých ocelí Oboustranný utvařeč. Efektivně utváří třísky při obrábění adhezivních materiálů. Vhodný pro lehké obrábění měkkých ocelí.	Nizkohlíkové oceli 	Špička 10° Hřbet 10° 0.2		
		R/L-1G 	Alternativní utvařeč pro lehké obrábění nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Rovnoběžný utvařeč řídí odvod třísky. Vhodný pro dokončovací až lehký řez. Přesný utvařeč.	Nelegované oceli • legované oceli 	Hřbet 15° 0.2		
		G	M	R/L-K 	Lehký řez Oboustranný utvařeč. Rovnoběžný utvařeč. Vynikající utváření třísky při nízkých až středních rychlostech posuvu.	Nelegované oceli • legované oceli 	Hřbet 14° 0.25
				MJ 	První volba pro lehké obrábění těžkoobrobitelných materiálů Oboustranný utvařeč. Ideální pro žáruvzdorné a titanové slitiny. Ostrý břit zaručuje dobrou drsnost povrchu obrobene plochy. Zvlněné ostří umožňuje hladký odvod třísky.	Těžkoobrobitelné materiály 	Špička 13° Hřbet 9°

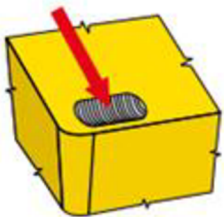
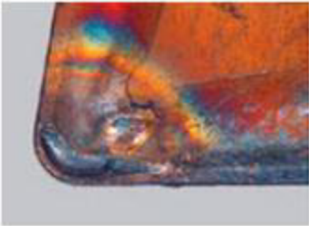
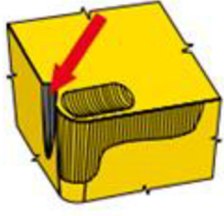

Příloha 3 (3/3) - Geometrie utvařečů třísek od firmy Mitsubishi materials

NEGATIVNÍ DESTIČKY S DÍROU					
Použití	Tolerance	Označení a obrázek utvařeče	Charakteristiky	Profil a geometrie	
Lehký řez	G	MJ 	První volba pro lehké obrábění těžkoobrobitelných materiálů Oboustranný utvařeč, jednostranný utvařeč (typ D, typ V). Ostří břit zaručuje dobrou drsnost povrchu obrobene plochy. Ideální pro žáruvzdorné a titanové slitiny. Zvlněné ostří umožňuje hladký odvod třísky.	Těžkoobrobitelné materiály 	
		MP 	První volba pro střední obrábění nelegovaných a legovaných ocelí Oboustranný utvařeč. Vhodný pro střední až lehký řez. Geometrie utvařeče je vhodná pro kopírování a podsoustružování. Geometrie břitu pro optimální vyváženost mezi ostrostí a odolností proti lomu.	Nelegované oceli • legované oceli 	
Střední řez	M	MM 	První volba pro střední řez korozivzdorné oceli Oboustranný utvařeč třídy M. Optimální geometrie fazetky, dosažená pomocí technologie simulované analýzy, omezuje plastickou deformaci zaoblení špičky, což zaručuje dlouhou životnost nástroje.	Korozivzdorné oceli 	
		MK 	První volba pro soustružení litiny Optimální rovnováha mezi ostrostí a vysokou pevností břitu pro obecné použití.	Litiny 	
		MS 	První volba pro střední obrábění korozivzdorných a měkkých ocelí První volba pro hrubování těžkoobrobitelných materiálů Oboustranný utvařeč. Ostří břit zaručuje nejlepší výkon.	Korozivzdorné oceli 	
		GM 	Alternativní utvařeč pro lehký až střední řez korozivzdorné oceli Oboustranný utvařeč třídy M. Alternativní utvařeč hlavního utvařeče LM a MM. Vynikající odolnost proti opotřebení ryhami pro lehký až střední řez.	Korozivzdorné oceli 	
		MA 	Alternativní utvařeč pro střední obrábění nelegovaných a legovaných ocelí První volba pro lehké obrábění litin Oboustranný utvařeč. Pozitivní fazetka umožňuje ostrý řez.	Nelegované oceli • legované oceli 	
		MH 	Alternativní utvařeč pro střední obrábění nelegovaných a legovaných ocelí První volba pro hrubování měkkých ocelí Oboustranný utvařeč. Plochá fazetka zaručuje vysokou pevnost břitu.	Nelegované oceli • legované oceli 	
		Standard 	Alternativní utvařeč pro střední obrábění nelegovaných a legovaných ocelí První volba pro střední obrábění litin Oboustranný utvařeč. Plochá fazetka zaručuje vysokou pevnost břitu.	Nelegované oceli • legované oceli 	

Příloha 4 (1/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	TVORBA NÁRŮSTKU
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Jedná se o nalepování obráběného materiálu na břit nástroje. Nárůstek má charakter návaru na břitu. Při jeho odtrhávání může dojít ke křehkému porušení břitu nástroje. Tento jev je dále charakterizován snížením jakosti obráběného povrchu.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - změnit (zvýšit) řeznou rychlost - změnit (zvýšit) posuv - aplikovat povlakované typy slinutých karbidů - použít jinou řeznou geometrii - použít chladicí emulzi s vyšším protinárůstkovým účinkem (pokud není k dispozici, upustit od chlazení)
Obrázek	OPOTŘEBENÍ HŘBETU
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Otěr hřbetu je jedním z hlavních kritérií charakterizujících trvanlivost VBD. Vzniká v důsledku styku nástroje a obráběného materiálu v průběhu řezného procesu. Jeho velikost (intenzitu) lze pouze snížit.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - snížit řeznou rychlost - zvýšit posuv (v případě, že posuv je menší než 0,1 mm.ot-1) - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení

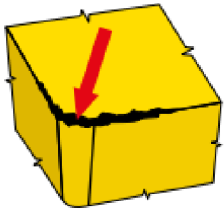
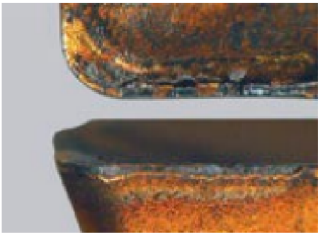
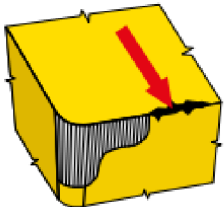

Příloha 4 (2/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	VÝMOL NA ČELE
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Výmol na čele je typ opotřebení, které se nejvýrazněji projevuje u VBD s rovným čelem, jeho výskyt není však omezen pouze na tento typ destiček. Při obrábění měkkých materiálů vzniká výmol širší a mělčí, u tvrdých materiálů naopak výmol úzký a hluboký.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - použít povlakovaný typ, zejména (MT) CVD - snížit řeznou rychlost - použít jiný (pozitivnější) typ řezné geometrie - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení
Obrázek	OXIDAČNÍ RÝHA NA VEDLEJŠÍM BŘITU
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Oxidační rýha na vedlejším břitu - je jedním z nejvýznamějších kritérií limitujících životnost VBD. Setkáváme se s ní zejména u soustružení. Propojení oxidační rýhy s výmolem na čele se jednoznačně projeví na zvýšení drsnosti povrchu obrobku, dojde k jevu, který je slengově nazýván jako "chlupacení".</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít povlakovaný resp. otěruvzdornější typ slinutého karbidu, dovolují-li to podmínky, použít VBD s povlakem obsahující Al_2O_3 - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení - snížit řeznou rychlost

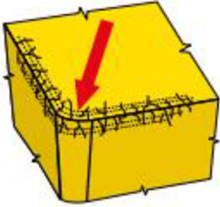
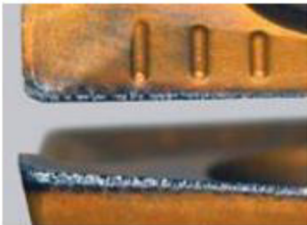
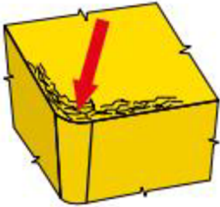

Příloha 4 (3/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	PLASTICKÁ DEFORMACE ŠPIČKY
	<p>Popis a příčiny: Plastická deformace špičky - důvodem tohoto typu opotřebení je přetížení břitu v důsledku vysokých řezných teplot (tedy vysokých rychlostí a posuvů).</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít otěruvzdornější typ slinutého karbidu - snížit řeznou rychlost - snížit posuv - použít chladicí emulzi resp. zvýšit intenzitu chlazení - použít VBD s větším poloměrem zaoblení špičky - použít VBD s větším úhlem špičky
Obrázek	VRUBOVÉ OPOTŘEBENÍ NA HLAVNÍM BŘITU
	<p>Popis a příčiny: Vrubové opotřebení na hlavním břitu - vzniká v oblasti styku břitu nástroje s povrchem obrobku. Je zapříčiněno převážně zpevněním povrchových vrstev obrobku a ořepy. Tento typ opotřebení se vyskytuje zejména u korozivzdorných austenitických ocelí.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít povlakovaný resp. otěruvzdornější typ slinutého karbidu, dovolují-li to podmínky, použít VBD s povlakem obsahující Al₂O₃ - zvolit nástroj s menším úhlem nastavení - nerovnoměrně rozdělit třísku

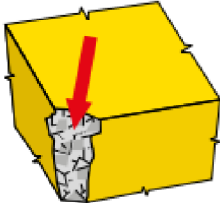
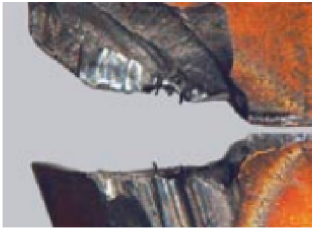
Příloha 4 (4/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	KŘEHKÉ PORUŠOVÁNÍ ŘEZNÉ HRANY
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Křehké porušování řezné hrany (mikrovyštipování) - ve většině případů se vyskytuje v kombinaci s jiným typem opotřebení, je samostatně obtížně identifikovatelné. Jeho příčinou bývá zejména nízká tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek nebo „tvrdé utváření“.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít houževnatější typ slinutého karbidu - zvolit méně intenzivní řezné podmínky - použít jinou řeznou geometrii - při najíždění do záběru zmenšit posuv
Obrázek	PORUŠOVÁNÍ ŘEZNÉ HRANY (MIMO ZÁBĚR)
 	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Porušování řezné hrany (mimo záběr) - jeho příčinou je nevhodné utváření třísky, která při svém odchodu naráží na břit a ten mechanicky poškozuje.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - změnit posuv - zvolit nástroj s jiným úhlem nastavení - použít jinou řeznou geometrii (jiný utvařeč) - použít houževnatější typ slinutého karbidu

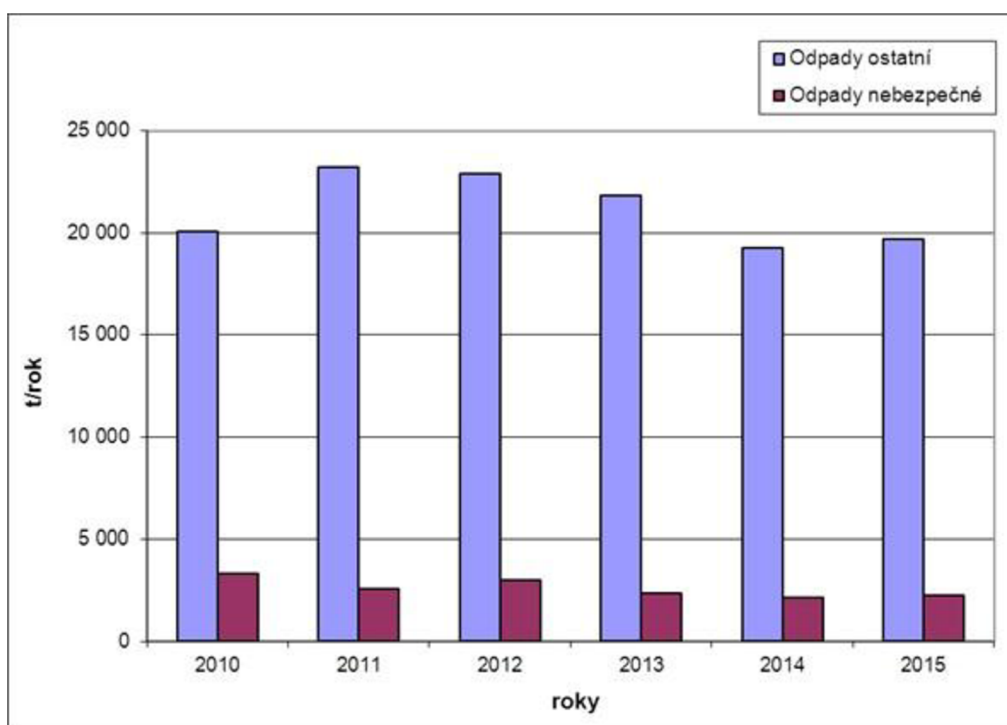
Příloha 4 (5/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	HŘEBENOVITÉ TRHLINY
 	<p>Popis a příčiny: Hřebenovité trhliny - tento jev je důsledkem dynamického tepelného zatížení při přerušovaném řezu.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - upustit od chlazení kapalinou (možno použít vzduch z důvodů odstanění třísek z místa řezu) - zvolit houževnatější materiál VBD - snížit řeznou rychlost
Obrázek	ÚNAVOVÉ TRHLINY PODÉL HŘBETU
 	<p>Popis a příčiny: Vznikají v důsledku dynamického zatížení oblasti těsně za břitem.</p> <p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none"> - použít houževnatější typ slinutého karbidu - změnit způsob najíždění a vyjíždění nástroje - změnit záběrové podmínky - použít jiný typ řezné geometrie resp. VBD s jinou úpravou řezné hrany (...T, ...S, ...K, ...P) - změnit posuv

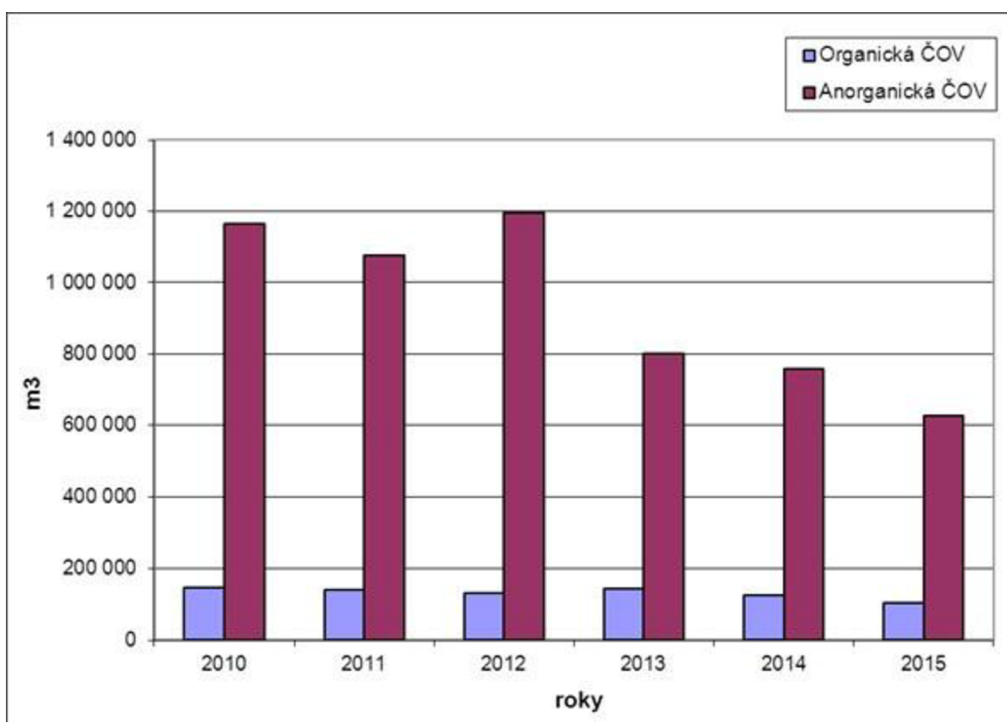
Příloha 4 (6/6) - Druhy opotřebení vyměnitelných břitových destiček a řešení této problematiky [46]

Obrázek	DESTRUKCE BŘITU RESP. ŠPIČKY NÁSTROJE
	<p>Popis a příčiny:</p> <p>Destrukce břitu resp. špičky nástroje - příčiny tohoto jevu mohou být různé a jsou závislé na materiálu nástroje i materiálu obrobku, stavu a zejm. tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek, vliv má i velikost a typ opotřebení a zátěžové podmínky.</p>
	<p>Opatření:</p> <ul style="list-style-type: none">- použít houževnatější typ slinutého karbidu- zvolit méně intenzivní řezné podmínky (snížit posuv i hloubku)- použít VBD s větším poloměrem zaoblení špičky- použít VBD s větším úhlem špičky- použít jinou řeznou geometrii (jiný utvařeč)- stabilizovat řeznou hranu (břit)- při najíždění do záběru zmenšit posuv

Příloha 5 (1/2) - Ekologická studie firemy ŽĎAS a.s. [47]

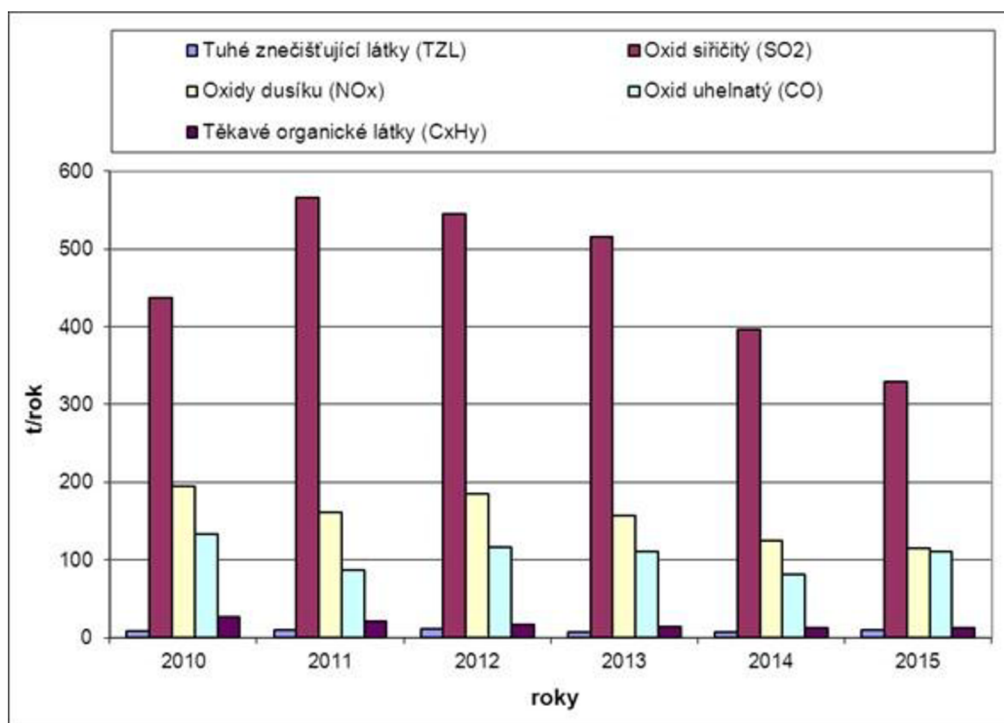


Celková produkce odpadů ve ŽĎAS a.s., v letech 2010–2015 s rozdělením na odpady nebezpečné a ostatní.



Roční množství čistěných odpadních vod, vypouštěných do řeky Sázavy

Příloha 5 (2/2) - Ekologická studie firemy ŽĎAS a.s. [47]



Roční množství znečišťujících látek, vypouštěných do ovzduší všemi výrobními provozy ŽĎAS a.s.