

Řezné materiály pro vystružovací nástroje

Jan Řehoř¹, Jaroslava Fulemová¹, Karel Kouřil², Martin Šmejkal¹

¹Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Strojní, Katedra technologie obrábění, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň. Česká republika. E-mail: rehor4@kto.zcu.cz, fulemova@kto.zcu.cz, smejkal@kto.zcu.cz.

²HAM-FINAL s.r.o., Vlárská 22, 627 00 Brno. Česká republika. E-mail: kouril@ham-final.cz.

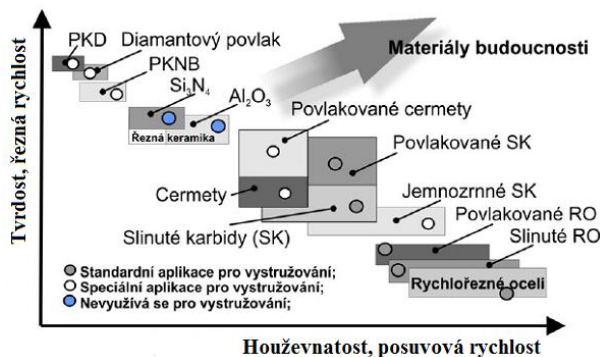
V současné době jsou stále častěji využívány progresivnější řezné materiály pro výrobu vystružovacích nástrojů. Právě volba vhodného řezného materiálu je jeden z mnoha ovlivňujících faktorů, který má vliv na produktivitu a výsledné kvalitativní parametry stružené díry. Dle povahy, vlastností a vhodnosti použití je možné nástrojové materiály rozdělit do šesti základních skupin, přičemž pro výrobu výstružníků není prozatím vhodná pouze řezná keramika. Výstružníky jsou pak vyráběny ve formě monolitních nástrojů anebo nástrojů s pájenými břitovými destičkami. Článek se věnuje charakteristice, volbě a příkladům použití řezných materiálů, které se používají pro již zmiňované vystružníky.

Klíčová slova: Výstružník, Cermet, Slinutý karbid, PKD, CBN

1 Úvod

Technologie obrábění vystružování se řadí do kategorie dokončovacích způsobů obrábění. Jedná se o výrobní operaci, kterou se zlepšuje kvalita obrobeného povrchu, pouze v některých případech se po vystružování zařazují i další operace pro zlepšení parametrů dané díry jako je válečkování, broušení, honování atd. V dnešní době se standardně dosahuje přesnosti od IT6 do IT8, s drsností povrchu $Ra = 0,3 - 0,8 \mu\text{m}$ [1].

Každý řezný materiál má své specifické vlastnosti, které se významně liší. Zatím však není řezný materiál, který by splňoval kritéria pro univerzální použití. Mezi základní požadavky kladené na řezný materiál patří: dostatečná tvrdost a pevnost, dostatečná houževnatost a pevnost v ohybu, řezivost, odolnost proti teplotním rázům, odolnost proti otěru, chemická stálost, chemická neutralita vůči obráběnému materiálu, apod. [2] Volbu vhodného řezného materiálu ovlivňují následující činitelé: konstrukce nástroje, trvanlivost a požadovaný výkon nástroje, namáhání břitu i nástroje jako celku, dostupnost zvoleného materiálu, cena řezného materiálu, apod.



Obr. 1. Materiály pro řezné nástroje [3]

Fig. 1 Cutting materials [3]

V oblasti progresivních řezných materiálů současnosti je slinutý karbid nejpoužívanějším řezným materiálem pro výstružníky. Řezné břity jsou skoro vždy opatřeny PVD tenkou vrstvou. Druhým nejpoužívanějším řezným materiálem je cermet. V porovnání se slinutými karbidy je to zatím zanedbatelné množství. Pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů se využívá vlastností kubického nitridu boru a polykrystalického diamantu, které jsou ve formě břitových destiček, povlaků nebo vrstev. Výstružníky vyrobené z rychlořezné oceli již zdaleka nemají takové dominantní postavení jako v minulých desetiletích, přesto stále existují oblasti, kde má tento řezný materiál své zastoupení [4 a 2].

2 Rozdělení řezných materiálů pro vystružovací nástroje

Požadavky na správnou funkci nástroje se stále zvyšují, a proto je správná volba řezného materiálu velmi důležitá. S ohledem na široké spektrum jak řezných tak obráběných materiálů je vhodné používat i pro stejný typ nástroje více druhů řezných materiálů, a to vždy se zaměřením na určitý typ obrábění. Při vystružování je základním kritériem kvalita vystružené díry s ohledem na zajištění optimální úrovně technicko-ekonomických kritérií řezného procesu, mezi něž patří životnost nástroje, produktivita, náklady na vystružení jedné díry, apod. Proto výběr vhodného řezného materiálu musí odpovídat stanoveným požadavkům a konstrukce takového nástroje musí zohlednit mnoho parametrů [5].

V současné době je standardně používaným řezným materiálem slinutý karbid (SK), který je ve většině případů opatřen PVD vrstvou. Nástroje z HSS (rychlořezné) oceli s postupným vývojem již zmiňovaných technicko-ekonomických požadavků ztrácí na významu a jsou postupně nahrazovány výkonnějšími řeznými materiály, především SK. Trendem posledních několika let je nárůst objemu výroby vystružovacích nástrojů s břity z cermetu. Pro vystružování těžkoobrobitelných materiálů se využívá kubického nitridu bóru (CBN) a pro neželezné materiály polykrystalického diamantu (PKD). Posledním, dosud nezmiňovaným řezným materiálem, je řezná keramika. Tento materiál se pro pracovní části výstružníku prozatím nevyužívá. Mezi jeho nevýhody patří:

- křehkost keramiky – při najíždění a vyjíždění z díry dochází k rázu na nástroji
- možnost upínání pouze upínkami – z hlediska konstrukce upínání nepříznivě ovlivňuje rozměry nástroje
- pájení břitů není zatím technologicky zvládnuto, avšak otevírá možnost pro budoucí směr výzkumu a vývoje v této oblasti [5]

2.1 Rychlořezné oceli

Mezi hlavní přednosti tohoto řezného materiálu patří nejvyšší schopnost deformace v porovnání s ostatními řeznými materiály, což vede k vysoké odolnosti proti vylamování řezného břitu. Dále je možné zhotovit nástroje s vysokou ostrotí břitu a vysoce pozitivní geometrií. Rychlořezná ocel není citlivá na přerušovaný řez či tepelné rázy. Velmi často je používána v prototypové výrobě, protože ji lze snadno přebrousit. Dodává se ve skupině standardních jakostí, se zvýšením obsahem kobaltu a zhotovená práškovou metalurgií. Rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií mají rovnoměrnější strukturu, vysokou houževnatost, vyšší odolnost proti opotřebení a odolnost proti vysokým teplotám [6 a 7].

Tab. 1 Přehled hlavních skupin rychlořezných ocelí (tvrdost je uvedena po tepelném zpracování) [6 a 7]:

Tab. 1 Main groups of HSS (hardness is written after heat treatment) [6 and 7]:

	C [%]	Cr [%]	W [%]	Mo [%]	V [%]	Co [%]	Tvrdost [HRC]
Standardní HSS	0,7 ÷ 1,0	4,0	1,5 ÷ 18	0 ÷ 8,87	1 ÷ 2	-	62 ÷ 65
HSS – Co5	0,9 ÷ 1,5	4,1	6,4 ÷ 12	0 ÷ 5,0	2 ÷ 5	5	63 ÷ 67
HSS – Co8	1,0 ÷ 1,1	4,0	1,5	9,5	1,2	8	63 ÷ 68
HSS – PM	1,5 ÷ 2,3	4,2	6,4 ÷ 6,5	5 ÷ 7,0	3 ÷ 6,5	8 ÷ 10	64 ÷ 67

2.2 Slinutý karbid

Nazývaný též tvrdokov je řezný materiál obsahující částice tvrdých karbidů či nitridů vzájemně vázaných v kovovém pojivu, které tvoří ve většině případů kobalt. Velikost tvrdých částic se pohybuje zhruba od 0,1 μm do 10 μm a jejich množství představuje 80 až 95% celkového objemu. Tvrdost, mechanické a tepelně-chemické vlastnosti slinutého karbidu jsou dány druhem, velikostí, rozmístěním a procentuelním podílem tvrdých částic. Vyšší podíl pojiva zvyšuje houževnatost a náchylnost k plastické deformaci. Naopak vyšší podíl tvrdých částic způsobuje vyšší tvrdost a vyšší odolnost proti opotřebení. V porovnání s rychlořeznou ocelí je slinutý karbid podstatně tvrdší, má vyšší pevnost v tlaku, ale je citlivý na namáhání tahem, což je řešeno snahou vnést do základního materiálu již při výrobě tlaková napětí. Tlaková napětí zvyšují odolnost proti vzniku trhlin [8].

2.3 Cermet

Označovaný také jako tvrdokov, je tvořen tvrdými částicemi na bázi titanu. Základním stavebním prvkem těchto materiálů jsou částice karbonitridů titanu Ti (C, N), jež poskytují vyšší odolnost proti otěru; částice sekundárních tvrdých fází (Ti, Nb, W) (C, N), které zvyšují odolnost proti plastické deformaci a pojivo bohaté na Co, jež má rozhodující vliv na houževnatost. V porovnání se slinutým karbidem má cermet vyšší odolnost vůči otěru a menší tendence k vytváření nárůstku na řezném břitu. Na druhé straně má cermet nižší úroveň vnitřních tlakových pnutí a z toho důvodu má i nižší odolnost proti vzniku tepelných trhlin. Cermety je možné rovněž povlakovat metodou PVD. Hlavní složky cermetu TiC a TiN mají nízkou afinitu k obráběnému materiálu a proto obrábění tímto řezným materiálem přináší vysokou kvalitu dokončeného povrchu. Zároveň mají tyto složky vyšší odolnost proti opotřebení a oxidaci za vyšších řezných teplot než WC, který je hlavní složkou slinutých karbidů. Díky těmto vlastnostem je s nimi možné obrábět za vyšších teplot [9 a 10].

2.4 CBN

Kubický nitrid bóru je materiál s extrémně vysokou tvrdostí za tepla, který lze používat při velmi vysokých řezných rychlostech. Vyznačuje se taktéž dobrou houževnatostí a odolností proti tepelným rázům. CBN se dělí do dvou základních tříd. Do první třídy patří keramické kompozity s obsahem 40 až 65% CBN. Keramické pojivo zvyšuje odolnost proti opotřebení. Druhou skupinu tvoří třídy s vysokým obsahem CBN, tzn. 85 až téměř 100% CBN. Tyto třídy mohou obsahovat kovové pojivo zvyšující jejich houževnatost.

V oblasti vystružování představují CBN nástroje řešení pro obrábění feritických materiálů, pro které není možné použít diamantový nástroj a jsou vhodné pro obrábění těžkoobrobitelných a vysoce abrazivních materiálů (s tvrdostí obvykle nad 45HRC). Mezi tyto materiály patří kalená ocel, litina, superslitiny a produkty práškové metalurgie [9 a 11].

2.5 PKD

Jedná se o nejtvrďší řezný materiál, který se skládá z diamantových částic slinutých dohromady pomocí kovového pojiva. Tento řezný materiál je nejodolnější proti otěru ze všech výše jmenovaných, ale postrádá chemickou stabilitu za zvýšených teplot a má vysokou afinitu k železu. Dále má tento řezný materiál největší tepelnou vodivost ze všech výše jmenovaných, což umožňuje rychlý odvod tepla z místa řezu. Jeho použití je omezeno na neželezné materiály [9 a 1].

3 Výrobci řezných materiálů a jejich použití pro výstružníky

Aktuálně je na trhu velké množství společností, které se zabývají výrobou průmyslových a řezných materiálů. Část z nich však má řezné materiály jen jako okrajový sortiment a tak jejich kvalita není zcela tou nejlepší. Mezi tyto výrobce patří Ceratizit, Ceratonia, Diamond Innovation, Element Six, Extramet, Iljin, Konrád Friedrichs, Kyocera, NTK a Sumitomo [5].

3.1 Volba HSS

Standardní HSS je určena především pro ruční nástroje a obrábění měkkých ocelí, slitin a neželezných materiálů; HSS – E (5%Co) je základní volbou pro univerzální použití; HSS – E (8%Co): se používá pro vysoce produktivní výstružníky určené k obrábění kalené oceli, žáruvzdorných ocelí a titanových slitin; HSS – PM: výstružníky dosahující dlouhé trvanlivosti a vysoké výkonnosti [12].

3.2 Volba SK

Při volbě SK především pro vystružování ocelí a litin je vhodné volit submikronový SK, jehož zrnitost se pohybuje v řádu $0,5 \div 0,8\mu\text{m}$, tvrdost přibližně v rozsahu $1650 \div 1900\text{HV}$ a obsah pojiva $6 \div 10\%$. SK s vyšším obsahem pojiva je vhodný pro obrábění ušlechtilých, korozivzdorných a žárovevých ocelí. Naopak s nižším obsahem pojiva je určen pro obrábění ocelí menší pevnosti a litiny malé nebo střední pevnosti [5].

3.3 Volba Cermetu

Pro vystružování uhlíkových, slitinových a austenitických korozivzdorných ocelí nebo pro šedou a tvárnou litinu je vhodné volit takový typ cermetu, který má optimální poměr mezi tvrdostí, odolností proti opotřebení a houževnatostí. Vhodnou volbou je jemnozrný cermet, jehož tvrdost se pohybuje v rozmezí $1580 \div 1700\text{HV}$. Nejvhodnějším typem cermetu je ten, u něhož výrobce uvádí, že je vhodný především pro dokončovací nástroje, na které jsou kladeny vysoké požadavky na dobrou kvalitu povrchu a rozměrovou přesnost. Houževnatější typy cermetu umožňují použití pro přerušovaný řez a předdokončovací obrábění [5].

3.4 Volba CBN

Pro vystružovací nástroje je možné volit ze dvou tříd tohoto materiálu, a to s nižším anebo vyšším obsahem CBN. Opět je doporučováno soustředit výběr na materiál jemnozrný nebo s menší zrnitostí (velikost zrn v řádu $1 \div 4\mu\text{m}$), neboť jemnozrnější struktura poskytuje vyšší odolnost proti vyštípnutí. Dále lze doporučit materiál, u něhož je garantován jeden z následujících parametrů: delší životnost nástroje, použití za vysokých řezných rychlostí, vysoká odolnost proti otěru, vynikající rázová houževnatost, výborná kvalita a zachování řezné hrany. Doporučení jsou platná pro materiál obrobku, jako je kalená ocel, vysoce legované slitiny železa, šedá a tvrzená litina [5].

3.5 Volba PKD

Výběr vhodného typu PKD pro vystružovací nástroje je úzce spojen s materiálem obrobku. Ten, jenž je určen pro obrábění hliníkových slitin s nízkým obsahem křemíku by měl být jemnozrný, tzn. průměr zrna přibližně $2\mu\text{m}$. Jemnozrné nástroje jsou vhodné pro výrobu přesných nástrojů pro aplikace, u kterých je požadována nejvyšší povrchová úprava. Taktéž pro komplexní nástroje, kde je nutné rozsáhlé zpracování, např. závitníky, vrtáky, apod. Pro obrábění hliníku s vysokým obsahem Si je vhodné volit diamant s vysokou odolností proti otěru a dobrou tepelnou stabilitou. Takovýto nástroj bude mít vynikající odolnost proti opotřebení, vysokou pevnost a udržitelnou kvalitu řezné hrany. Těchto kombinací bude dosaženo směsí diamantu o velikosti zrn mezi $2 \div 30\mu\text{m}$ [5].

4 Příklady použití řezných materiálů

4.1 Slinutý karbid - Výstružník HR 500 GT

Tento typ výstružníku je určen pro vysoce výkonné vystružování hlubokých a rozměrných otvorů. Rozsah průměrů je od 40 do 76 mm. První provedení obsahuje břity ze slinutého karbidu, které jsou opatřeny povlakem:

- Nano-A pro obrábění materiálu: GGG 60, nerezová ocel, neželezné kovy, speciální litiny
- Nano-A GG pro šedou litinu
- povlak na bázi uhlíku pro obrábění hliníku

V druhém provedení jsou břity z cermetu, které jsou vhodné pro obrábění tvárné litiny GGG 40/50 a ocelí. Výhodou u toho typu výstružníku je čelní usměrňovací šroub, díky němu dochází k optimálnímu odvodu třísek z místa řezu a chla-

zení. Nástroj lze upínat do štíhlých hydraulických sklíčidel s efektivní délkou do 250 mm [13].



Obr. 2. Výstružník HR 500 GT [13]

Fig. 2 Reamer HR 500 [13]

4.2 Cermet - Výstružník D2X

Firma HAH-FINAL vyvinula nový typ výstružníku pro obrábění hydraulických komponent. Jedná se o monolitní vystružovací hlavici, která je z cermetu s lapovanými břity na dvou pracovních průměrech, které jsou opatřeny ořezuvzdorným povlakem. Slouží pro obrábění tvárné a šedé litiny. Vystružovací hlavice je pevně spojena ocelovým držákem, procesní kapalina je přiváděna středem do zubových mezer řezné části a nástroj je schopen vystružit díru v toleranci IT 5 – 6 a drsností obrobeneho povrchu $Ra = 0,6\mu\text{m}$. V tab. 1 je uvedeno porovnání výstružníku D2X s konkurenčním nástrojem (rozpínacím výstružníkem), jež byly nasazeny pro výrobu díry $\varnothing 12\text{H}6 \times 210\text{ mm}$. V obou případech se jedná o cermetové nástroje. Rozpínací výstružník lze nastavit na požadovaný průměr vystružované díry. Jelikož se jedná o stavitelný rozměr s daným typem geometrie, tak s ohledem na vysoké tvarové přesnosti díry a kvalitu povrchu (viz výše), je možné vystružovat pouze za nízkých řezných podmínek, oproti nástroji D2X. Nízká řezná rychlost a geometrie nástroje nepříznivě ovlivňují životnost [14].



Obr. 3 Výstružník D2X [14]

Fig. 3 Reamer D2X [14]

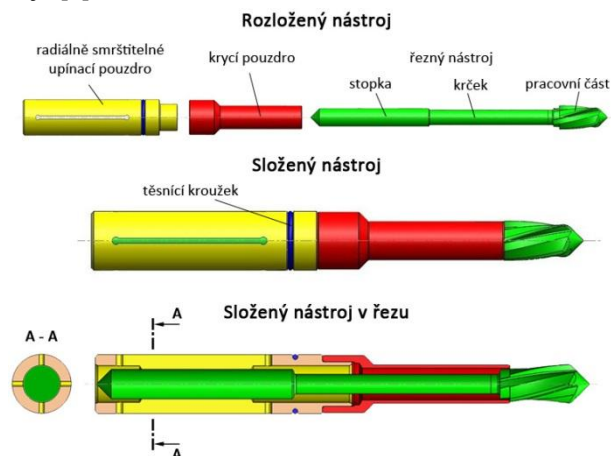
Tab. 1 Porovnání rozpínacího výstružníku a výstružníku D2X pro $\varnothing 12\text{H}6 \times 210\text{ mm}$ [14]

Tab. 1 Comparison of an expanding reamer and a reamer D2X for $\varnothing 12\text{H}6 \times 210\text{ mm}$ [14]

	Rozpínací výstružník	Výstružník D2X
Materiál břitů výstružníku	Cermet	Cermet + PVD povlak
Těleso výstružníku	Ocel (1000 MPa)	Ocel (1000MPa)
Chlazení	Vnitřní do zubových mezer	Vnitřní do zubových mezer
Řezná rychlost v_c [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	20 – 30	160 – 200
Posuv f_{ot} [mm]	0,2 – 0,3	1,2 – 1,6
Životnost [m]	20	180
Dosahovaný rozměr díry [mm]	$\varnothing 12,003 - 12,010$	$\varnothing 12,003 - 12,010$
Průměrná drsnost povrchu Ra [μm]	0,6	0,45
Průměrná kruhovitost [μm]	8	5

4.3 Výstružník typu VRV

Jedná se o prototypový nástroj vyvinutý pro výrobu průchozích děr firmou HAM-FINAL. Nástroj se skládá ze tří částí, které jsou znázorněny na obr. 4. Řezný nástroj je vyráběn ze slinutého karbidu jako monolitní nebo na něm mohou být napájeny břitové destičky z cermetu, PKD nebo CBN. Řezná kapalina proudí skrz radiálně smrštitelné pouzdro přes krycí pouzdro do zubových mezer nástroje [3].



Obr. 4. Výstružník typu VRV [3]

Fig. 5 VRV reamer [3]

V obr. 5 jsou uvedeny hodnoty řezných rychlostí pro vystružování různých materiálů obrobků. Použitými řeznými materiály byly slinutý karbid a cermet, a to s povlakem nebo bez [3].

Posuv na otáčku: pro $\varnothing d < 8$ mm => $f = 0,2 - 0,4$ mm pro $\varnothing d > 8$ mm => $f = 0,3 - 0,6$ mm	Řezný materiál			
	Slinutý karbid	Slinutý karbid povlakovaný	Cermet	Cermet povlakovaný
Obráběný materiál	v_c [m·min ⁻¹]	v_c [m·min ⁻¹]	v_c [m·min ⁻¹]	v_c [m·min ⁻¹]
Ocel k zušlechťení např. 42CrMo4	12 až 20	18 - 24	90 - 170	110 - 190
Cementační ocel např. 16MnCr5	15 - 25	18 - 26	100 - 150	150 - 190
Automatová ocel např. 9SMn28k	22 - 30	28 - 40	110 - 150	150 - 240
Konstrukční ocel např. St37	22 - 30	30 - 45	120 - 200	140 - 240
Šedá litina GG např. GG25	28 - 48	110 - 170	160 - 250*	160 - 250
Feritické tv. litiny GGG např. GGG40	20 - 38	38 - 80	110 - 190	140 - 240
CrNi-ocel např. X5CrNi 18 10	nevhodné	25 - 35	nevhodné	nevhodné
Hliník (Si < 9 %) např. AlSi7	40 - 110	nevhodné	nevhodné	nevhodné

* Druh cermetu určený výhradně pro šedou litinu

Obr. 5 Řezné podmínky pro výstružníky VRV firmy HAM-FINAL [15 a 16]

Fig. 5 Cutting conditions for VRV reamers from HAM-FINAL Company [15 and 16]

4.4 Výstružník z CBN a PKD

Výstružníky z PKD nebo CBN mají tělo z oceli nebo slinutého karbidu. Do sedel vyměnitelných břitových destiček nebo lůžek se pájí vlastní řezné destičky. Polotovarem, ze kterého jsou elektro-erozivním procesem vyřezány požadované tvary řezných plátek, jsou kruhové desky (puky). Vyřezané řezné plátky jsou napájeny na vlastní nástroj, který je následně očištěn například pískováním. Dalším krokem je erodování celého nástroje ke konečným rozměrům v toleranci 0,01mm. Pokud je požadována vyšší přesnost, což u vystružovacích nástrojů je samozřejmostí, tak jsou nástroje ještě broušeny na ultra-přesných bruskách až na tisíce milimetrů [17].

Nástroje vyrobené z těchto materiálů se uplatňují především v automobilovém průmyslu, kde dochází k vyššímu používání speciálních materiálů, jako jsou hliníkové a magnéziové slitiny (hlavy válců, bloky motorů, tělesa turbodmychadel atd.). Aby mohlo dojít k plnému využití těchto řezných materiálů, jsou kladeny vysoké nároky na výrobce strojů. Jedná se především o vysokou tuhost při vysokých hodnotách posuvu a otáček, stabilní upnutí obrobků, eliminaci chvění a házivosti vřetena, vysoké tlaky při chlazení, apod. Další oblast použití je letectví a kosmonautika, kde jsou používány speciální slitiny [18].

Příkladem použití těchto řezných materiálů může být výstružník VR 01 od firmy Beck osazený řeznými destičkami z CBN nebo PKD. Jedná se o vícebřitý výstružník, který má sníženou velikost mezi-zubové mezery a tím vytváří prostor

pro více řezných břitů. Přívod procesní kapaliny je veden přímo na řezné bříty, což zajišťuje chlazení a lubrikaci nástroje při vysokorychlostním obrábění. Zvýšení počtu řezných břitů má pozitivní vliv na proces obrábění, tzn., snižuje čas obrábění, zvyšuje trvanlivost, kruhovitost a kvalitu obrobeného povrchu. Samotná konstrukce řezného nástroje a taktéž systém chlazení zajišťuje, že je tříska tlačena před nástroj, čímž je zamezen kontakt třísky s obrobeným povrchem [19]. Doporučené řezné podmínky pro výstružník VR 01 jsou uvedeny v Tab. 3



Obr. 6: Výstružník VR01 [19]

Fig. 6: VR01 reamer [19]

Tab. 3: Doporučené řezné podmínky pro výstružníky s CBN nebo PKD řeznými destičkami [19]

Řezný materiál	Obráběný materiál	Počet zubů	6	8	10	12	14	16	18
		Průměr [mm]	10-11,75	11,76-13,75	13,76-17,75	17,76-21,75	21,76-24,75	24,76-30,25	30,26-40
CBN	Šedá litina (GG)	v_c [m/min]	200 – 400						
		f_z [mm]	0,2 -0,5						
		f_{ot} [mm]	1,2-1,5	1,6-4	2-5	2,4-6	2,8-7	3,2-8	3,6-9
		Přídavek na stružení [mm]	0,1-0,2		0,1-0,3				
CBN	Kalená ocel 58-65HRC	v_c [m/min]	60-120						
		f_z [mm]	0,02-0,05						
		f_{ot} [mm]	0,12-3	0,16-4	0,2-0,5	0,24-0,6	0,28-0,7	0,32-0,8	0,36-0,9
		Přídavek na stružení [mm]	0,05-2						
PKD	Hliník	v_c [m/min]	300-400						
		f_z [mm]	0,075-0,3						
		f_{ot} [mm]	0,5-1,8	0,6-2,4	0,8-3	0,9-3,6	1-4,2	1,2-4,8	1,35-5,4
		Přídavek na stružení [mm]	0,1-0,2		0,1-0,3				

5 Závěr

Řezné materiály používané v současnosti jsou výsledkem intenzivního vývoje a výzkumu, který intenzivně započal v 30letech 20. století. Tento vývoj významně přispěl k výkonnosti dnešního světového průmyslu. Progresivní řezné materiály tak umožňují neustále optimalizovat každou operaci obrábění. Samotná volba vhodného řezného materiálu je závislá na druhu operace obrábění, materiálu a tvaru obrobku, obráběcím stroji, řezných podmínkách, požadované jakosti obrobeného povrchu, nákladech obrábění apod [20]. V tomto článku byly představeny řezné materiály, které jsou používány na nástroje pro vystružování děr. Mezi tyto materiály patří rychlořezná ocel, slinutý karbid, cermet, CBN a PKD. Řezná keramika se pro výrobu výstružníků prozatím nepoužívá, jelikož se jedná o vysoce křehký řezný materiál, u kterého hrozí poškození ostří při najetí nebo vyjetí z místa řezu. V těchto místech vznikají nebezpečné rázy na nástroj. Dalším problémem jsou možnosti upínání destiček. Zatím není technologicky zvládnuté pájení. Tento problém by se dal vyřešit upínáním pomocí upínek, nebo lepením. V současné době tato aplikace zatím není známa v praktickém uplatnění.

Poděkování, Acknowledgements

Tento příspěvek vznikl v rámci podpory projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0093 – Regionální technologický institut. Projekt je financován z Evropského fondu pro regionální rozvoj a ze státního rozpočtu České republiky.

The Contribution was created due to the project CZ.1.05/2.1.00/03.0093 – Regional Technological Institute. The project is supported by the European Regional Development Fund and the state budget of the Czech Republic.

Literatura

- [1] *Hole finishing - Kennametal.* 2012. Dostupné z: http://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Metalworking/Master%20Catalog%20-%20Metric%20Sections/A-11-02679_MasterCat_rotating_holefinishing_metric.pdf
- [2] MARTINCOVÁ, Zdeňka. Supertvrde řezné materiály a jejich efektivní využití. Brno, 2008. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Doc. Ing. Anton Humár, CSc. Dostupné z [www:< https://www.vutbr.cz/>](http://www.vutbr.cz/)
- [3] FIALA, Stanislav, KOUŘIL, Karel, ŘEHOŘ, Jan., a kol. Výzkum a vývoj vysoce přesných produktivních řezných nástrojů nové generace s využitím inovativních technologií a progresivních materiálů. Průběžná zpráva k projektu TA02010236 za rok 2012, HAM-FINAL s.r.o., Brno, 2012.
- [4] KOČMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [5] NEPRÁŠEK, Martin. Technologie výroby vysoce přesných otvorů vystružováním. Plzeň, 2013. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [6] Rychlořezná ocel (1). BORO VAN, Petr. T-support [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/?rubrika=1450>
- [7] High Speed Stell. Bohler [online]. 2013 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.bohlersteels.co.uk/english/800.php>
- [8] Carbide Tipped Reamers. Gammons Hoaglund Company [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.gammons.com/carbidetippedreamers.html>
- [9] Polykrystalický kubický nitrid bóru. Sandvik Coromant [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx
- [10] Polykrystalický kubický nitrid bóru. NTK Cutting tools [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: http://www.ntkcuttingtools.com/product/ov_cermet.html
- [11] MONTEIRO, Sergio Neves, Ana Lúcia Diegues SKURY, Márcia Giardinieri de AZEVEDO a Guerold Sergeevitch BOBROVNITCHII. Cubic boron nitride competing with diamond as a superhard engineering material - an overview. Journal of Material Research and Technology [online]. 2013, č. 2 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.jmrt.com.br/en/cubic-boron-nitride-competing-with/articulo/90199612/>
- [12] Think safety, think HSS. Hss forum [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.hssforum.com/ReamingEN.pdf>
- [13] NOVÁK, Zdeněk. EMO Hannover 2013, část 4 - řezné nástroje a komponenty II. MM spektrum [online]. 2013, č. 12 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/emo-hannover-2013-cast-4-rezne-nastroje-a-komponenty-ii.html>
- [14] FIALA, Stanislav a Karel KOUŘIL. Vystružování přesných děr v hydraulických komponentech. MM spektrum [online]. 2010, č. 5 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vystruzovani-presnych-der-v-hydraulicky-komponentech.html>
- [15] HAVLÍK, Luboš. Intergrita povrchu při vystružování s využitím vystružovací hlavice MT3. Brno, 2012. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ing. Karel Kouřil, Ph.D. Dostupné z: www.vutbr.cz
- [16] FIALA, Stanislav a Petr HLADÍK. Cermetové výstružníky. MM spektrum [online]. 2004, č. 4 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/cermetove-vystruzniky.html>
- [17] PLÁNIČKA, František. PKD a CBN nástroje. MM spektrum [online]. 2014, č. 5 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/pkd-a-cbn-nastroje-11164.html>

- [18] PLÁNIČKA, František. PKD a CBN nástroje. MM spektrum [online]. 2012, č. 9 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/pkd-a-cbn-nastroje.html>
- [19] Multi-bladed reamers and counterboring tools. August Beck [online]. 2012 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: http://www.tool-traders-partner.com/uploads/media/BECK_catalogue_en.pdf
- [20] DUGIN, Andrey a Alexey POPOV. Effect of the cutting tool wear on the ploughing force values. *Strojírenská Technochnologie*. 2012, XVII, 1,2. s. 9-23. ISSN 1211-4162

Abstract

Article: **Cutting Materials for Reamers**

Authors: Řehoř Jan¹
 Fulemová Jaroslava¹
 Kouřil Karel²
 Šmejkal Martin¹

Workplace: ¹Faculty of Mechanical Engineering, UWB in Pilsen, PILSEN, Czech Republic
²HAM-FINAL s.r.o., BRNO, Czech Republic

Keywords: Reamer, sintered carbide, cermet, CBN and PKD

Reaming is finishing technology. Quality of machined surface is improved by this manufacturing operation. At this time the hole accuracy, after reaming, is from IT6 to IT8 and roughness of machined surface $Ra = 0.3 \div 0.8 \mu\text{m}$. Demands for correct operation of a reamer are increasing, that is why there is necessity to choose right cutting material. There is wide range of cutting and machined materials, so it is suitable to use for one type of the reamer different kinds of cutting materials. During reaming the fundamental criteria is quality of reamed hole regarding to ensuring technoeconomic criteria of cutting process. This involves tool life, productivity, costs of a hole, etc. Selection of suitable cutting material has to be agreeing with given demands and the design of such tool must make provision for many parameters.

Nowadays the most common used material is sintered carbide (SC), which is usually deposited thin layer by PVD technology. With gradual evolution of technoeconomic criteria, which are mentioned above, tools from HSS (high speed steel) are step by step replaced by more efficient cutting tool, first of all SC. Modern trend is using cermet for reaming tools. For reaming difficult to cut materials there is used CBN and for nonferrous material there is used diamond (PKD). Last cutting material, which was not mentioned, is ceramic cutting material. This kind of material is not used for cutting edges of reamers, because there is few disadvantages: brittleness (during entering and leaving a hole, there is impression on the tool), fixing is possible only with clamps (this influences design and dimensions of a reamer) and there are still problems with soldering of cutting edges (here is place for future research and development). Article deals with description of five different types of material, there are written advantages and disadvantages of their usage. Also there can be find information about cutting material producers, how to choose the best one for specific combination of cutting technology and material of workpiece and some examples of successful reaming.

