

## FRÉZOVÁNÍ CERMETOVÝMI NÁSTROJI

Ing. Pavel Kožmín, Ph.D. - HOFMEISTER s.r.o., Mezi Ploty 12, 32600 Plzeň, CZ,  
tel.:+420 377 247 425, e-mail:[kozmin@hofmeister.cz](mailto:kozmin@hofmeister.cz)

doc. Dr. Ing. Antonín Kříž – ZČU v Plzni, Univerzitní 22, 30614 Plzeň, CZ,  
tel.:+420 377 638 329, e-mail:[kriz@kmm.zcu.cz](mailto:kriz@kmm.zcu.cz)

Ing. Jaroslava Fulemová - ZČU v Plzni, Univerzitní 22, 30614 Plzeň, CZ,  
tel.:+420 377 638 515, e-mail: [fulemova@kto.zcu.cz](mailto:fulemova@kto.zcu.cz)

### Anotace

Podíl cermetu jako řezného materiálu zaznamenává stoupající trend. Je to dáno tím, že podobně jako u všech dalších řezných materiálů dochází důsledkem vývoje k vylepšení řezných vlastností a tím i zvýšenému potenciálu k aplikaci na širší spektrum řezných nástrojů. Tento článek zveřejňuje některé poznatky, aspekty a hodnocení při využívání cermetů u fréz, ke kterým se dospělo při řešení projektu ev. č. FI-IM3/156, podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu.

### Klíčová slova

cermet, nástroj, frézování, efektivita

### Cermet jako řezný materiál

Cermety jsou relativně mladým řezným materiálem. Na rozdíl od slinutých karbidů, které jsou strukturně složeny ze zrn karbidu spojených pojivem, je jejich struktura komplexnější. Zrna v cermetovém kompozitu se zpravidla skládají z jádra (anglicky core) na bázi Ti(C,N) a z vnější slupky, jakéhosi věnce (anglicky rim nebo shell), ve které převládají ostatní složky (Ti, Ta, Mo, W)C. Zrna jsou pak spojena pojivem na bázi kobaltu, niklu, nebo jejich kombinace.[1]

Pro potřeby aplikace cermetu jako řezného materiálu se mohou rozdělit na:

- 1) *konvenční cermet* – cermety na bázi TiC s přídavkem Ta, Mo, W – hodí se na běžné řezné procesy
- 2) *nekonvenční cermet* – splňují vyšší nároky na řezné síly a rychlosti než konvenční cermety
  - nekonvenční cermety na bázi TiC (Ta, Mo, W) a jiných prvků (Zr, Hf) nebo nanočástic
  - gradientní cermet – cermet, u kterých se chemické složení a struktura mění s rostoucí vzdáleností od povrchu

### Vztah struktury cermetů a jejich vlastností

Co se týká aplikace v řezném procesu, cermety mají větší odolnost proti opotřebení, vyšší tvrdost, větší chemickou a tepelnou stabilitu ve srovnání se slinutými karbidy. Tyto vlastnosti jsou odrazem mikrostruktury cermetů. Ta je tvořena zrnky s „dvoufázovým“ složením, které jsou spojeny pojivem na bázi niklu a kobaltu s přídavkem dalších kovů (např. Mo). Jádro většiny zrn je tvořeno karbidem titanu. Okolo jádra zrna se při procesu rozpouštění a reprecipitace v tavenině (během slinování tekuté fáze) vytvoří věnec, jehož složení odpovídá tuhému roztoku šedých kubických karbidů (Ti, Mo, W)(C, N). Obecně velikost a složení věnců závisí hlavně na parametrech slinování a chemickém složení cermetu.

Vliv jednotlivých prvků v cermetovém kompozitu je následující. Ti(C,N) přispívá

k odolnosti cermetu proti difuznímu a adheznímu opotřebením, VC zvyšuje únavovou pevnost, Co a Ni zvyšuje odolnost vůči plastické deformaci, TaC a NbC zlepšují odolnost proti teplotním šokům, WC je pojivovým elementem mezi TaC-NbC a  $Mo_xC$  a zvyšuje houževnatost. [1]

Fyzikální vlastnosti řezných materiálů ve srovnání s cermety jsou uvedeny v tab.1.

Tab.1- Fyzikální vlastnosti řezných materiálů [2]

Vlastnosti	Diamant	cBN	Slinutý karbid	Cermet	$Si_3N_4$	$Al_2O_3$
Hustota [ $\times 10^6 kg/m^3$ ]	3.5	3.5	14.5	6.8	3.2	4.2
Tvrdość Hv [GPa]	98	49	14,7	15,7	15,7	24,5
Pevnost [MPa]	---	1078	2450	1960	1176	392
Young Modul [ $\times 10^4 MPa$ ]	103	72	588	392	30,4	35,3
Teplotní vodivost [W/mK]	2000 (mono- krystal)	50	76	13	40	20

### Zpracování cermetového materiálu

Z výše uvedených vlastností cermetových materiálů je patrné, že zpracování tohoto materiálu technologií třískového obrábění je náročný proces, který je výrazně ovlivňován především citlivostí cermetů na rychlou změnu teplot s možnou následnou inicializací povrchových trhlin. Cermety jako obrobky je možné v podstatě konvenčními způsoby jenom brousit, přičemž důležitým kritériem z hlediska jejich broušení je „měkkí“ záběr broušícího kotouče s nízkým opotřebením, jeho dobré samoostřicí vlastnosti spojené s nízkým zalepováním a pozitivním vlivem na povrchová a podpovrchová napětí v obrobku. Další podmínkou broušení je bezpochyby dodržení nízké teploty řezání zaručenou intenzivním chlazením. [3]

### Cermetový frézovací nástroj

Pro realizaci technologie výroby cermetových nástrojů bylo zapotřebí navrhnout konkrétního představitele, v našem případě frézovací nástroj, na kterém se celá technologie verifikuje a který bude stoprocentně plnit svojí relevantní roli v řezném procesu. Pro tento účel byla navržena pětibřítá čelní válcová dokončovací fréza s geometrií břítu vhodnou pro obrábění zušlechtěných materiálů – viz obr.1. Frézovací nástroj byl vyroben ze dvou druhů cermetů a ze slinutého karbidu K20F a následně podroben technologickým zkouškám.



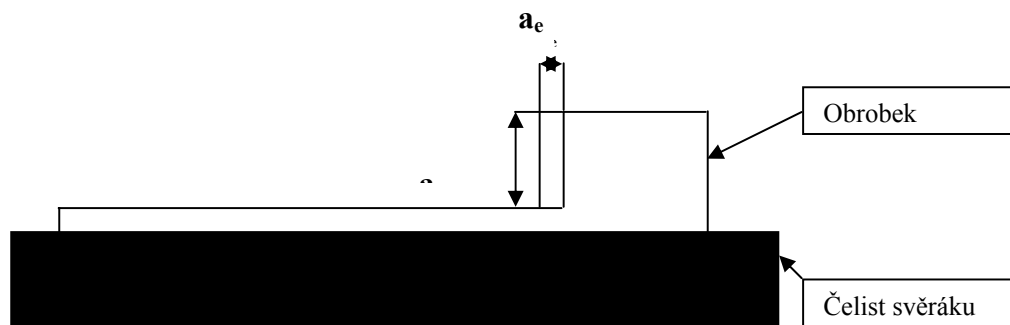
Obr.1 - Výroba frézovacího nástroje (vlevo) a fotografie vyrobené frézy (vpravo)

### Provozní zkoušky frézovacích nástrojů

Tyto zkoušky byly zařazeny do projektu z důvodu odzkoušení vyrobených frézovacích nástrojů v řezném procesu. Zároveň byl tento úmysl sloučen s úmyslem technologických zkoušek trvanlivosti břitu, jejímž hlavním cílem bylo určení řezných vlastností nástrojů.

### Plán a podmínky experimentu

- Nástroj: 5 břitá čelní válcová fréza průměru 12mm ze slinutého karbidu K20F, cermetu C a cermetu H
- Obráběný materiál: 15142.6 ( $R_m=900\text{MPa}$ )
- Strategie: boční dokončovací sousledné frézování za sucha
- Upínání nástroje: hydraulický upínač
- Upínání obrobku: svěrák
- Vyložení nástroje z upínače: 45mm
- Frézovaný tvar: viz obr.2



Obr.2 – Znázornění frézovaného tvaru a upínání polotovaru pro frézování

- Specifikace řezných podmínek:  
 $v_c$  3 až 4 hodnoty řezných rychlostí  
 $a_p=18\text{ mm}$   
 $a_e=0,6\text{ mm}$   
 $f_z=0,09\text{ mm}$
- Hodnocení:  $T=f(v_c)$  pro zvolené kritériální opotřebenění  $V_B$

Provozní zkoušky byly provedeny formou experimentu ve spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni - Katedrou technologie obrábění. Použitým strojem bylo

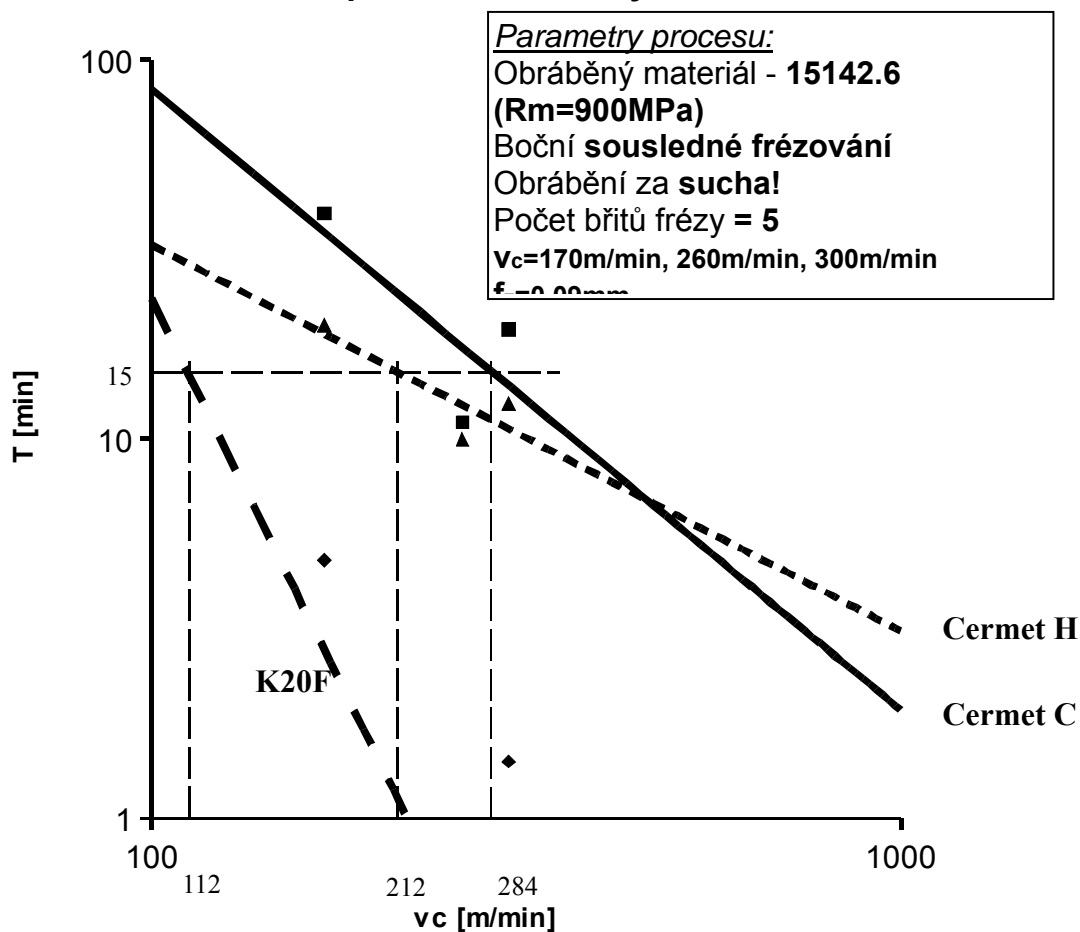
frézovací centrum MCV 750A. Obrábění probíhalo podélným způsobem posuvovou rychlostí  $v_{fx}$  tedy ve směru osy  $x$ . Celý experiment byl proveden v rozsahu podle tab.2.

Tab.2 - Rozsah experimentu

<b>Parametry</b>	<b>Varianta 1</b>	<b>Varianta 2</b>	<b>Varianta 3</b>
řezná rychlost $v_c$ [m/min]	170	260	300
otáčky $n$ [ot/min]	4512	6897	7958
posuvová rychlost $v_{fx}$ [mm/min]	2030	3104	3581

Na základě provedených technologických zkoušek trvanlivosti břitu geometricky stejných frézovacích nástrojů z různých řezných materiálů byl vytvořen sumarizační diagram (viz obr.3) vyhodnocených závislostí  $T-v_c$  pro dané řezné podmínky a kritériální opotřebení  $V_B=0,06\text{mm}$ . Zároveň z těchto grafů byly určeny odpovídající řezné rychlosti pro  $T=15\text{min}$ , což je srovnávací parametr, vyskytující se standardně v katalogových listech výrobců řezných nástrojů.

### T-vc závislost pro řezné materiály K20F, C a H



Obr. 3 – Sumarizační diagram zjištěných T- $v_c$  závislostí

#### Hodnocení provozních zkoušek

Z výše uvedeného diagramu jsou patrné následující závěry:

- Nejcitlivější na změnu řezné rychlosti byl slinitý karbid K20F, zároveň limitní řezná rychlost pro obrábění zušlechtěného materiálu 15142.6 byla pro definované řezné podmínky mírně nad 200 m/min. Tento údaj společně  $v_{c15} = 112$  m/min odpovídal na základě obecně platných zákonitostí technologickým možnostem tohoto řezného materiálu.
- Nejlepších technologických vlastností dosáhla fréza z cermetu C, kde na základě provedených zkoušek byla vyhodnocena hodnota  $v_{c15} = 284$  m/min. To znamenalo, že produktivita při nasazení tohoto nástroje vůči nástroji z K20F vzrostla cca o 150%. To nasvědčovalo nejen dobrým fyzikálně-chemickým vlastnostem cermetu C pro oblast řezných nástrojů – rovněž i dokončovacích fréz, nýbrž to poukazovalo na vynikající zvládnutí technologie výroby (broušení) frézovacího nástroje s řeznou geometrií upravenou s ohledem na obráběný materiál a vlastnosti zmiňovaného cermetu.  
(Pozn: geometrie břitů frézovacího nástroje byla na všech vyrobených nástrojích shodná)

- c) Fréza z cermetu H nedosáhla takového výsledku  $v_{c15}$  jako fréza z cermetu C. Vyhodnocená hodnota byla  $v_{c15} = 212\text{m/min}$ . Na druhou stranu však stejně tento výsledek znamenal vyšší hodnotu cca o 90% vůči nástroji z K20F. Ovšem na rozdíl k cermetu C vykazoval cermet H menší citlivost na změnu řezné rychlosti.

### Závěr

Použité cermetové materiály vykazovaly pro řezný proces velmi dobré vlastnosti: vysokou otěruzvzdornost, tepelnou bariéru a také nízkou měrnou hmotnost. Tyto materiály prozatím nenašly v Evropě větší uplatnění, neboť jejich zpracování je spojeno, jak se ukázalo při řešení projektu, se zvláštním nastavením výrobní technologie.

Fréza z cermetového materiálu vykazovala vysokou trvanlivost - významně vyšší než běžně používané slinuté karbidy při stejných řezných podmínkách. Z naměřených výsledků technologických zkoušek byla vypočtena trvanlivost ze základního Taylorova vztahu a výsledných  $T-v_c$  závislostí.

Trvanlivost byla vypočtena při konstantním  $f_z=0,09\text{mm}$ ,  $a_p=18\text{mm}$ ,  $a_e=0,6\text{mm}$  a pro  $v_c=150\text{m/min}$ . Tato řezná rychlost byla zvolena s ohledem na zvýšení produktivity a zároveň na zachování řezných vlastností použitých materiálů nástrojů při obrábění materiálu 15142.6 ( $R_m=900\text{MPa}$ ).

Výsledky ukázaly, že trvanlivost břitů nástroje z cermetu C pro dané podmínky byla 9x, u nástroje z cermetu H cca 4x vyšší než u nástroje ze slinutého karbidu K20F.

### Literatura

[1] NINNG, L. Microstructure and mechanical properties of nanoTiN modified TiC-based cermets for the milling tools, In Materials Science and Engineering A 382, Elsevier V.B., 2004, s. 122–131

[2] Tool materials [online], 10.7.2006 [cit. 2006-07-17] Dostupné na <http://www.sei.co.jp/RandD/itami/e-tool/toolmaterials.html>

[3] KOŽMÍN, P; KŘÍŽ, A; SYROVÁTKA, J. Vývoj produktivní technologie výroby cermetových řezných nástrojů. Závěrečná zpráva projektu v programu IMPULS, ev.č. FI-IM3/156, Plzeň, 2007

