

VÝKONNÉ NÁSTROJE Z ULTRATVRDÝCH MATERIÁLŮ

Ing. Pavel Zeman, Ph.D., Ing. Pavel Vítek, Ing. Michal Koudela

RCMT, Rotana, Sanborn

Použití nových konstrukčních materiálů, neustále se zvyšující tlak na růst objemu produkce, zkracování výrobních časů, snižování výrobních nákladů na dílec a zvyšování kvality výrobku jsou požadavky, které vedou k novým výzvám i pro technologie třískového obrábění. Jedním z možných směrů, jak dosáhnout uvedených požadavků, je i použití nástrojů z nejtvrdějších rezných materiálů.

Obrábění | www.mmspektrum.com/190661

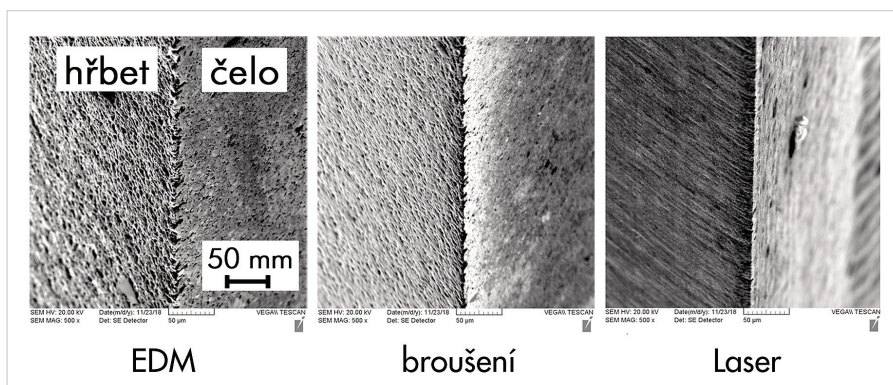
lotovar nejprve rozřezán na vhodné segmenty (laserem nebo elektroerozivně), které jsou po napájení na tělo nástroje broušeny do konečného tvaru diamantovými kotouči. V případě tzv. vysokoobsahových materiálů (obsah KNB přibližně od 90 %) již není fáze broušení do konečné podoby geometrie příliš efektivní a kvalitní. Nabízí se proto volit alternativní technologie dokončení břitu nástroje – například laser. Laserem lze vytvořit tvarově vhodnou a únosnou geometrii břitu. V porovnání s broušením se při správném nastavení jedná o hospodárnější, kvalitnější a velmi pružný proces výroby břitu. Vznikají tak nástroje s vysokou mechanickou i tepelnou únosností břitu, jejichž aplikace může být i v silně přerušovaném řezu, jako je například čelní válcové frézování kalené oceli.

Řezné nástroje s břity z PKD (polykrystalického syntetického diamantu) jsou dnes efektivně nasazovány především při obrábění slévarenských slitin hliníku, plastů, kompozitních materiálů

Nástroje z nejtvrdějších materiálů jsou relativně drahé a jejich nevhodné použití tedy může vést k vyšším nákladům na výrobu. U těchto nástrojů však lze zvýšit jejich funkčnost, výkonnost a spolehlivost prostřednictvím nových koncepcí podoby nástroje a optimalizovanou výrobní technologií s využitím laseru. Právě výzkum a vývoj takových řešení nástrojů a jejich výrobních technologií si kladl za cíl projekt, který společně realizovaly Rotana, ČVUT v Praze a Sanborn.

Vlastnosti a použití nástrojů z ultratvrдых materiálů

Ultratvrde – nebo též supertvrde – rezné materiály jsou ty, jejichž hlavní složkou je buď tvrdá fáze kubického nitridu boru (KNB), nebo diamantu. Nejčastěji jsou tyto materiály využívány v polykrystalickém kompozitním provedení – tedy jsou složeny ze zrn tvrdé fáze v měkčím kovovém nebo keramickém pojivu. Obecně se tyto materiály vyznačují především vysokou tvrdostí (odolností proti ořezu), chemickou stálostí a velmi dobrou tepelnou vodivostí. Na druhou stranu mají v porovnání s jinými reznými materiály především nízkou lomovou houževnatost. Vývoj těchto rezných materiálů proto směřuje především ke zvýšení jejich houževnatosti



Porovnání jakosti opracování rezné hrany u PKD nástroje – EDM (vlevo), broušení (uprostřed), laser (vpravo)

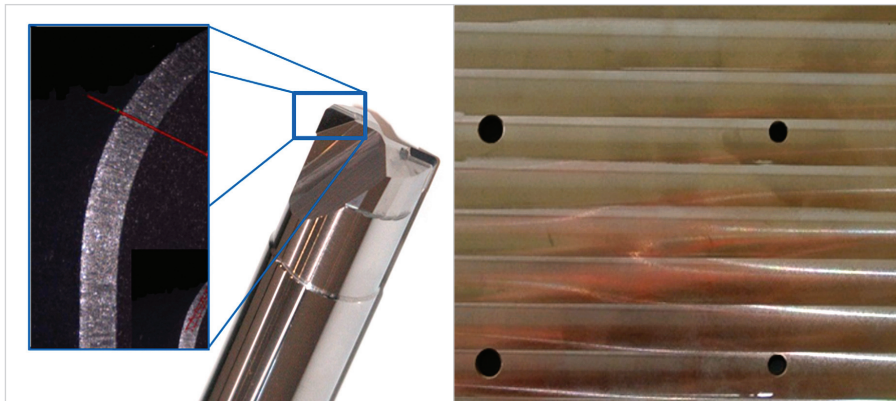
a únosnosti mechanického zatížení, avšak bez poklesu jejich tvrdosti a odolnosti proti působení tepla.

Aplikace nástrojů z PKNB (polykrystalický KNB) spočívají především v soustružení kalených ocelí plynulým i přerušovaným řezem, obrábění superslitin na bázi niklu nebo kobaltu a litiny. Nejběžnějšími variantami PKNB nástrojů jsou ty s obsahem tvrdé fáze okolo 50 % s velikostí zrn do několika mikrometrů. Při výrobě pájených břitů z tohoto materiálu je po-

s polymerní matricí a vláknovou výztuží a velmi tvrdých neželezných materiálů, jako je například slinutý karbid. Postup výroby PKD nástrojů s pájenými segmenty je podobný tomu pro nástroje z kubického nitridu boru. Při obrábění relativně měkkých materiálů s tvrdými a abrazivními částicemi je důležité použít ořezuvzdorný břit s pozitivní geometrií a kvalitně zpracovanou reznou hranou. Těmto požadavkům vyhovuje použití ořezuvzdornějších, ale obtížně brousitelných typů diamantových materiálů,



Test frézování kalené oceli (58 HRC) s dosažením vysoké jakosti povrchu



Vyvinutá PKNB fréza s geometrií břítu vytvořenou laserem (vlevo), obrobena plocha kaleného střížníku po renovaci frézováním (vpravo)

kterými jsou například PKD s vysokým podílem diamantových zrn různé zrnitosti nebo chemicky nanesená silná vrstva (CVD) diamantu. Pouze laserem je v takových břitech možné připravit prakticky libovolnou podobu geometrie, kterou tvoří tvarově komplexní utvářeč třísek. V porovnání s jinými technologiemi výroby vede laser i na jakostnější provedení řezné hrany. Pozitivní geometrie břítu spolu s vhodným utvářečem třísky a vysoká kvalita ostří přispívá k výrazně nižšímu tepelnému namáhání nástroje i obrobku a k vyšší kvalitě obrobenej plochy. U takových řešení je možné dále zvyšovat řezné podmínky a zkracovat čas obrábění.

Fréza z polykrystalického KNB

Vývoj rotačního nástroje s břity z kubickeho nitridu boru byl motivován možností nahradit operaci broušení dílců z kalené oceli frézováním. Pro takové řešení byl vybrán řezný materiál s obsahem tvrdé fáze 93 % v pojivu AlN. Tvorba geometrie břítu spočívala v konečné fázi v použití laseru. Postupnými kroky byl optimalizován celý výrobní proces s ohledem na kvalitu a celkovou efektivitu výroby takových nástrojů. Průběžně bylo sledováno chování dílcích variant nástrojů testováním řezivosti. Výsledky testů potvrdily dlouhou trvanlivost břítu nástroje (35 minut) při produktivních dokončovacích podmínkách ($v_c = 700 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, $f_z = 0,03 \text{ mm}$, $a_e = 12 \text{ mm}$, $a_p = 0,2 \text{ mm}$). Tímto způsobem bylo možné během jedné trvanlivosti břítu nástroje dokončit plochu 1750 cm^2 s podélnou drsností povrchu do $Ra = 0,2 \text{ mm}$.

Pro demonstraci praktických schopností dvou-břitého frézovacího PKNB nástroje průměru 16 mm, který byl vyroben prostřednictvím optimalizované laserové technologie, byl vybrán případ renovace povrchu střížníku z kalené oceli (ČSN 19573.4, 60 HRC) o rozměrech 185 x 115 mm. Při podmínkách, kdy byla celá plocha obrobena za 1,6 minuty, bylo dosaženo drsnosti povrchu $Ra = 0,1 \text{ mm}$ a rovinosti plochy 0,08 mm.

Frézy z polykrystalického diamantu

Vývoj fréz s břity z materiálu na bázi diamantu byl orientován do oblasti aplikací obrábění

dílců z hliníkových slitin a z polymerních materiálů s vláknovou výztuží skelnými vlákny. Vývoj vhodné výrobní technologie rotačních nástrojů, sestávající z kombinace vakuového pájení a laserové technologie opravy břítu, vedl k přípravě různých konkrétních provedení nástrojů, které oproti těm na trhu dostupným vykazovaly možnost realizace většího počtu břitů a vytvoření kvalitnější řezné hrany s pozitivnější geometrií břítu a utvářečem třísek. Právě to jsou předpoklady pro výrazně produktivnější, ale současně i kvalitnější obrábění PKD nástrojem. Při frézování hliníkové slitiny EN AW 2011 ($v_c = 550 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, $f_z = 0,1 \text{ mm}$, $a_e = 3 \text{ mm}$, $a_p = 4 \text{ mm}$) bylo nástrojem z vysokoobsahového PKD materiálu dosaženo času obrábění více než 100 minut, a to při naprosto minimálním opotřebení břítu. Oproti nástroji standardní podoby a způsobu výroby (dokončení

břítu broušením) bylo možné snížit velikost sil při obrábění přibližně o 20 % a parametr drsnosti povrchu Ra poklesl až o 55 %.

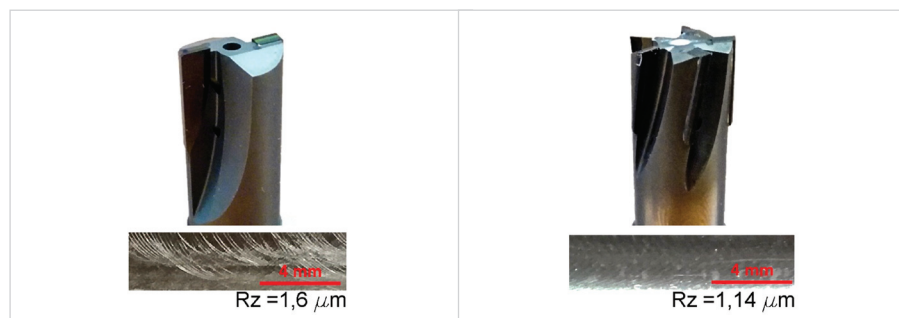
Možnost praktického nasazení nástroje z PKD byla demonstrována na technologii ořezu konkrétního dílce z kompozitního materiálu s termoplastickou matricí a vláknovou výztuží – materiál s označením G/PA12. Pětibřitý nástroj s utvářečem třísek a pozitivní geometrií břítu byl přímo porovnán s několika na trhu dostupnými řešeními. Dílec (150 x 150 mm, tloušťka 3 mm) byl obráběn při posuvové rychlosti $8,7 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Na dílci bylo dosaženo redukce delaminace materiálu oproti původnímu nastavení technologie o 65 %. Současně s tím byl snížen čas obrábění o 25 %.

Shrnutí

Rostoucí spotřeba konstrukčních materiálů, které mají sice unikátní mechanické vlastnosti, ale často zhoršenou obrobiteľnosť, dává prostor nárůstu spotřeby obráběcích nástrojů ze supertvrdých materiálů. Přes jejich vyšší pořizovací cenu je při správném způsobu jejich výroby a použití docíleno markantního zvýšení produktivity a jakosti obrábění. V celkové bilanci je tak obráběcí proces hospodárnější a efektivnější. Nemalý vliv na tento výsledek má aplikace laserové technologie při výrobě nástrojů. Její využití vede na zcela nové možnosti nasazení nástrojů z kubickeho nitridu boru a diamantu v praxi.



Článek vznikl v rámci řešení projektu, který byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu. ■



Porovnání kvality povrchu dna drážky realizované broušeným nástrojem (vlevo) a nástrojem s břity upravenými laserem, pozitivní geometrií a utvářečem třísek (vpravo)



Kvalita obrobenej hrany dílce z materiálu G/PA12 – technologie s využitím původního nástroje (vlevo), technologie s využitím nové vyvinuté nástroje (vpravo)