

# OPTIMALIZOVANÉ OBRÁBĚNÍ TVRDOKOVŮ

Vladimír Fridrich

Stroje JMK

Tvrdočky se skládají z jemných zrn velmi tvrdých materiálů – zpravidla karbidu wolframu – a kovového pojiva, jako je např. kobalt. Jsou vytvářeny metodou práškové metalurgie a po sintování dosahují vysokých hodnot pevnosti a tvrdosti. Tvrdočky se přednostně používají pro výrobu obráběcích nástrojů, přesto také u rezných a tvářecích nástrojů vede jejich vynikající životnost k rostoucí poptávce. Pro tento účel vyžadované třískové obrábění přináší vysoké náklady. V rámci semináře u výrobce obráběcích strojů Röders, která v České republice zastupuje firma Stroje JMK, prezentovali odborníci z oblasti technologií, obráběcích strojů, nástrojů a softwaru CAD-CAM své zkušenosti i řešení využitelná v praxi.

Obrábění | [www.mmspektrum.com/190520](http://www.mmspektrum.com/190520)

např. příliš velká opásání nástroje) nebo optimalizace opotřebení kulových fréz pomocí rovnoměrného rozdělení bodů působení síly na celkové délce břitu.

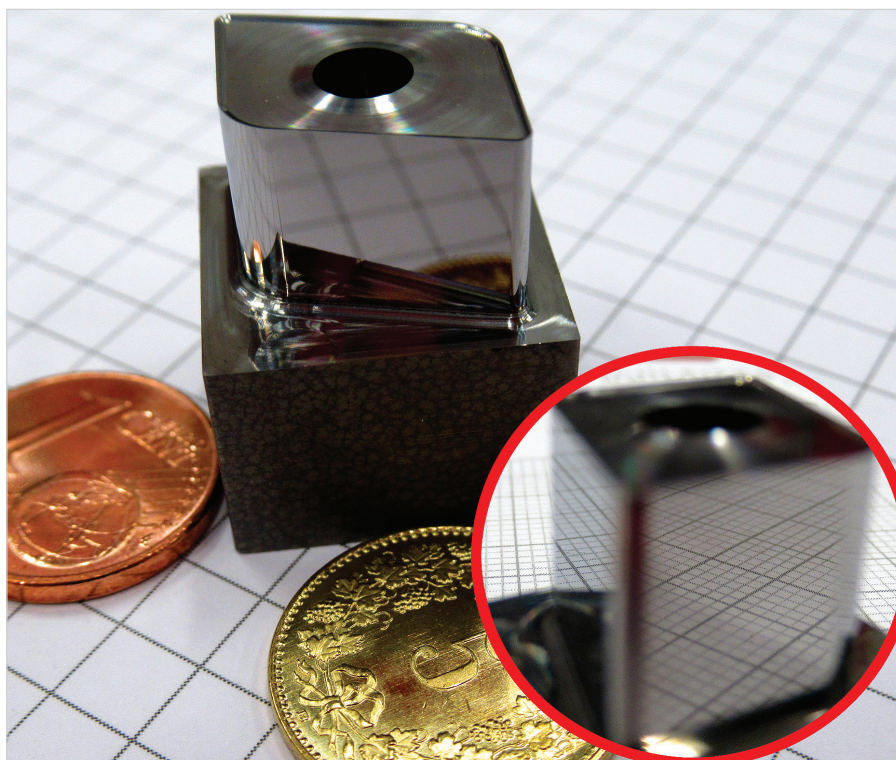
## Základy obrábění tvrdokovů

Tvrdočky mají tvrdosti v rozsahu 1 500 až 2 000 HV a pevnost v ohybu až 4 500 MPa. Břit, který se zařezává do materiálu, musí vykazovat vyšší tvrdost. To platí pro materiály jako polykrystalický kubický nitrid boru (PCBN), polykrystalický diamant (PKD) či diamanty vyrobené metodou chemické depozice z plynné fáze (CVD). Středem pozornosti vývojářů jsou dále nástroje z tvrdokovu s CVD diamantovým povlakem. Při vhodných podmínkách lze téměř kontinuálně odebírat tvárné třísky. Úroveň rezní síly je vysoká a silně roste vlivem opotřebení břitů, přičemž se CVD diamant chová lépe než PCBN. U třískového obrábění vznikají na povrchu obrábku tlaková zbytková napětí, která se pozitivně projevují na jeho chování při používání a mohou vést ke znatelně zvýšené životnosti. Jako mechanismus opotřebení působí u PKD nástrojů převážně opotřebení břitu nástroje nebo hřbetu

U masové produkce tvářených a stříhaných dílců nebo výlisků má opotřebení použitých nástrojů podstatný vliv na kvalitu a náklady, takže se pro tuto výrobu stále častěji používají tvrdokovy, které vykazují vynikající životnost. Obrábění těchto velmi tvrdých materiálů je však složité a dosud působilo velké těžkosti právě kvůli jejich velké tvrdosti. Proto se při náročném řetězci procesů spolehnulo především na elektroerozivní obrábění a broušení, příp. leštění. Značný pokrok ve vývoji v oblasti obráběcích strojů, nástrojů a softwaru vedl mezitím k tomu, že místo elektroerozivního obrábění lze použít běžné obráběcí procesy, jako frézování, vrtání, soustružení nebo souřadnicové broušení. Tato skutečnost umožňuje podstatně zkrácení řetězce procesů a znatelné výhody v oblasti času a nákladů. Z toho mimo jiné plynou další pozitivní aspekty v otázce kvality, jakosti povrchu, přesnosti a životnosti nástrojů.

## Rozhoduje harmonický řetězec procesů

Obrábění tvrdokovů zůstává navzdory veškerému pokroku technickou výzvou. Kvůli jejich vysoké tvrdosti jsou stroje a obráběcí nástroje vystaveny extrémně vysokému zatížení, přičemž se již malé nedostatky mohou velmi negativně projevit na životnosti nástrojů a kvalitě obrábění, příp. zabránit jeho úspěšnému provedení. Obzvlášť kritické jsou i malé odchylky dráhy nástrojů, např. kvůli nedostatečné tuhosti nebo stabilitě nulového bodu stroje, což může rychle vyvolat problémy u zatížení břitů. V této souvislosti také podstatně záleží na klidném chodu, tuhosti a tlumení vibrací obráběcího stroje. U samotných nástrojů je nutné pečlivě vybírat, aby byly vhodné pro plánované obrábění a příslušný materiál. Zběžný pohled do katalogu nebo volba údajného univerzálního řešení mohou vést při nevhodné kombi-



Obrobek z tvrdokovu, vyrobený na stroji RXP501 metodou frézování, vrtání a broušení. Celková doba obrábění: 5 h 54 min 51 s, drsnost povrchu Ra 0,015–0,024  $\mu\text{m}$ , kruhovitost otvoru ( $\varnothing$  4,5 mm) 0,6  $\mu\text{m}$ . Obrábění bylo naprogramováno pomocí softwaru VISI, frézování probíhalo s nástroji od firmy Six Sigma Tools (nejmenší průměr nástroje: 0,7 mm). Vnější strany byly vyrobeny pomocí souřadnicového broušení. (Foto: Klaus Vollrath)

naci materiálu a nástroje k výrazně snížené životnosti, příp. vadám výrobku.

Dalšími faktory jsou strategie frézování a NC programování, které je nutné optimalizovat podle příslušného zadání. V této souvislosti záleží na takových aspektech, jako je zamezení suboptimálních průběhů dráhy (což způsobuje

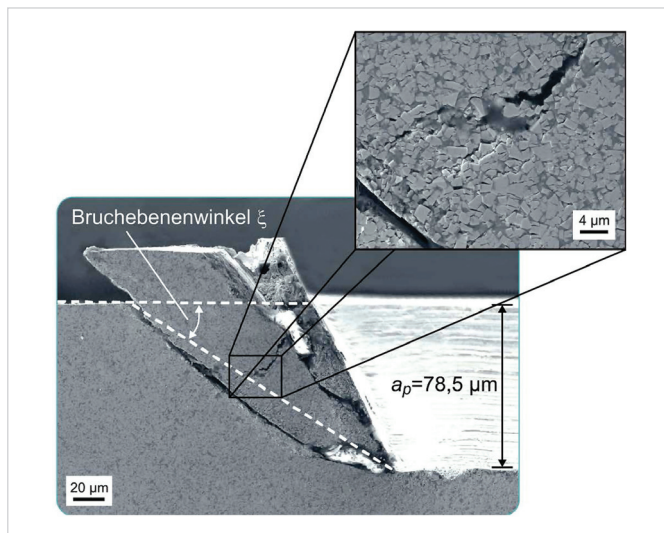
v důsledku abraze, zatímco u tvrdokovových nástrojů s diamantovým povlakem je doba používání omezena funkcí povlaku.

Oproti obrábění pomocí speciálních frézovacích nástrojů se jako alternativa pro obrábění tvrdokovu nabízí souřadnicové broušení pomocí diamantového zrna (s galvanickým





Pouzdro hodinek, vyfrézované z masivního bloku tvrdokovu  
(Foto: Klaus Vollrath)



Oblast tvorby třísky při téměř statickém obrábění tvrdokovu  
(Grafika: TUHH, IPMT)

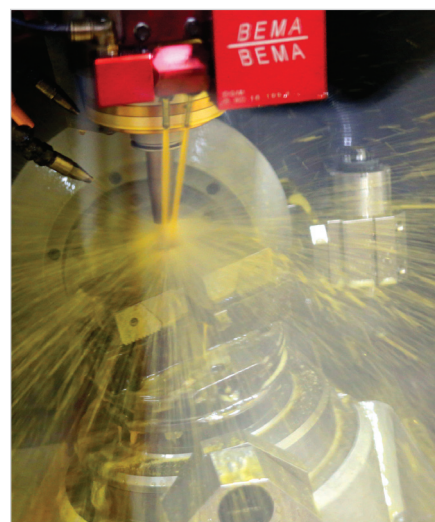
nebo keramickým pojivem). Tyto nástroje lze pořídit relativně levně, mají dobrou životnost a umožňují dosažení vysoké kvality povrchu. Jejich použití je však podmíněno procesem broušení a omezeno na rovné plochy.

#### Požadavky na obráběcí stroje

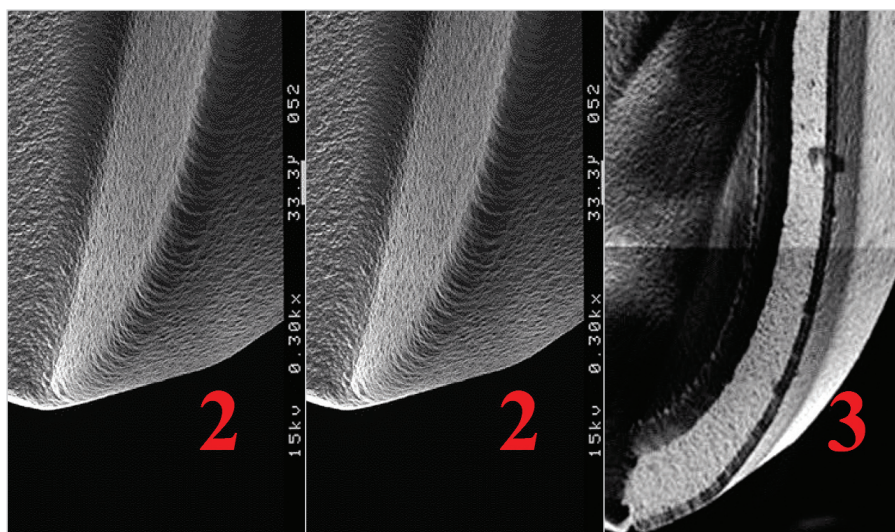
Frézky a brusky pro obrábění tvrdokovu musejí vykazovat zcela specifické vlastnosti. Na prvním místě uvedme obzvlášť vysokou přesnost, tuhost a tlumení. Předpokladem pro tyto vlastnosti je velmi tuhá konstrukce. Velmi důležitým aspektem je také frekvence řídicích modulů pohonů. Čím vyšší je tato frekvence, tím rychleji jsou rozpoznány a korigovány odchylky dráhy – např. kvůli obráběcím silám. Na základě tohoto poznatku vyvinul Rödgers 32kHz regulátor, přičemž byla nadále zlepšována dosažitelná kvalita povrchu. K přesnosti přispívají také lineární přímé pohony, které na rozdíl od kuličkových šroubů nemají mezi pohonem a pozicí osy žádný pružný meziklánek. Velkou důležitostí má také stabilita nulového bodu, tzn. že nulový bod nesmí vykazovat odchylku ani při delších obráběcích časech. Posledně jmenovaný aspekt je předpokladem pro rovnoměrně malé tloušťky třísky a vysokou přesnost rozměrů a kvalitu obrábění. Malé tloušťky třísky jsou v kombinaci s minimálními vibracemi rozhodujícím faktorem pro životnost nástrojů. Vysoká stabilita nulového bodu předpokládá obzvlášť promyšlený „teplotní management“ obráběcího stroje. V této souvislosti musíme uvést také kompenzace délkové roztažnosti vřetena při měnícím se zatížení nebo otáčkách. K teplotnímu managementu patří také chladicí a mazací prostředek. Chladicí a mazací emulze na bázi vody ovlivňují teplotu pracovního prostoru stroje i obrobku (ochlazování kvůli odpařující se kapalině), proto je chlazení olejem vhodnější. Protože stroje od firmy Rödgers splňují všechny předpoklady pro výkonné frézování tvrdokovů (a jsou vhodné také pro souřadnicové broušení), může si uživatel vybrat pro jakékoliv zadání nejvhodnější strategii obrábění.



Během semináře bylo obrábění tvrdokovu demonstrováno na stroji RXP501DSC.  
(Foto: Klaus Vollrath)



Obrábění probíhá pod intenzivním proudem oleje  
(Foto: Klaus Vollrath)



Frézy UDC pro tvrdokov: nepovlakované (1), se zaoblenou hranou po povlakování diamantem (2) a s naostřeným břitem po speciální preparaci (3). (Foto: Six Sigma Tools)



### UDCLBF 2030-0600 nach über 4 Stunden im Schruppen



Frézy UDC po čtyřhodinovém používání při hrubování – bez opotřebení (Foto: Six Sigma Tools)

### Nástroje pro obrábění tvrdokovu

Union Tool vyvinul tvrdokovové nástroje se speciálním diamantovým povlakem, které jsou obzvlášť vhodné pro obrábění tvrdokovu. Matrice a razníky z tvrdokovu, které byly vyráběny frézováním, mají často mnohem delší životnost než dílce, které byly obráběny elektroerozivně. Důvodem je absence koroze a minimální prohřátí materiálu, protože při obrábění dochází k přenosu tepla společně s třískami. Dalšími výhodami jsou vyšší přesnost, lepší stálost tvaru a lepší kvalita povrchu. Posledního aspektu je dosaženo hned při obrábění, aniž by bylo vyžadováno dodatečné leštění. Tvrdokovové nástroje řady UDC mají speciální, 20 μm silnou, vysoce výkonnou diamantovou vrstvu, která se nanáší metodou CVD. Následně se řezné hrany, zaoblené povlakováním, ostří speciální preparací. Tím se značně snižují řezné síly a významně se zvyšuje životnost. Vedle fréz byly vyvíjeny také vrtáky a závitníky. Výsledky hovoří samy za sebe: 20 mm hluboký otvor s průměrem 6,8 mm bylo možné vyrobít do tvrdokového bloku za pouhé dvě minuty a výroba 16 otvorů se závitem M5, příp. M6 trvala celkem pouze tři hodiny, přičemž závity měly stálý tvar. Při prověření pevnosti v tahu se ukázalo, že byly vyšší o faktor pět než u závitů, jejichž otvor jádra byl vyroben erodováním.

### Vhodný CAD/CAM software pro obrábění tvrdokovu

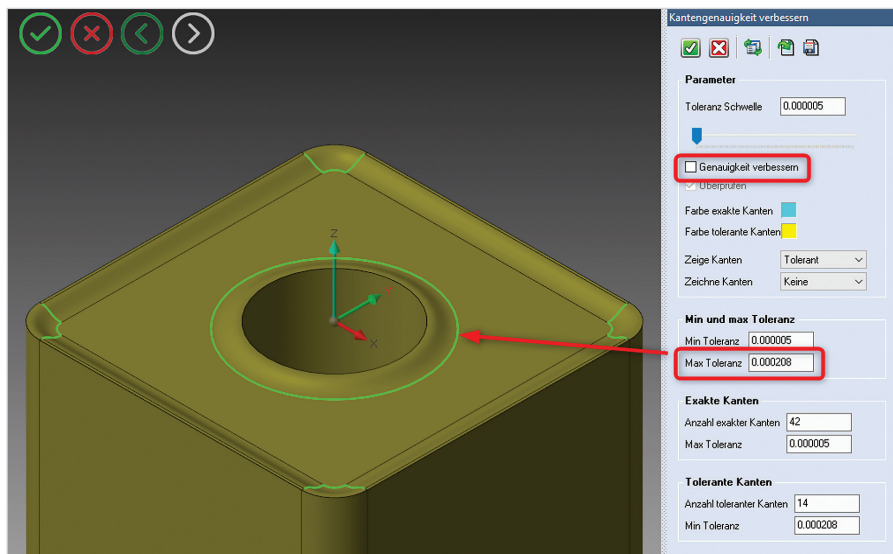
VISI je speciálně koncipován pro použití ve výrobě nástrojů a forem a jeho základem je jádro Parasolid, které umožňuje obrábění drátových, plošných a objemových modelů. Funkce pro obrábění nabízejí rozsáhlé strategie frézování pro 2,5, 3+2 a pětiosé obrábění se speciálními HSC opcemi. Díky četným standardním rozhraním je systém zcela otevřený. Předpokladem pro dobré výsledky je ovšem dobrá kvalita dat z CADu: pouze v případě, že jsou použita vhodná data, je možné úspěšně realizovat obrábění tvrdokovu. Pro obrábění tvrdokovu nabízí VISI celou paletu CAD funkcí pro dosažení co nejvyšší přesnosti, například zlepšení přes-

nosti hrany. Další funkce CAM umožňují snížené posuvy při najetí, resp. vyjetí z kontury – tato redukce se rozdělí do různých oblastí posuvu, aby se zabránilo vylovení nástroje. Také při vrtání je možné všechny důležité fáze obrábění regulovat z hlediska posuvu. Při pětiosém simultánním obrábění bylo pomocí plynulého naklonění o 8° až 20° pamatováno na to, aby byl břit v záběru co nejvíce rovnoměrně po celé své délce. U broušení vnějších kontur je možné použít opci pro rychlé zdvihové broušení.

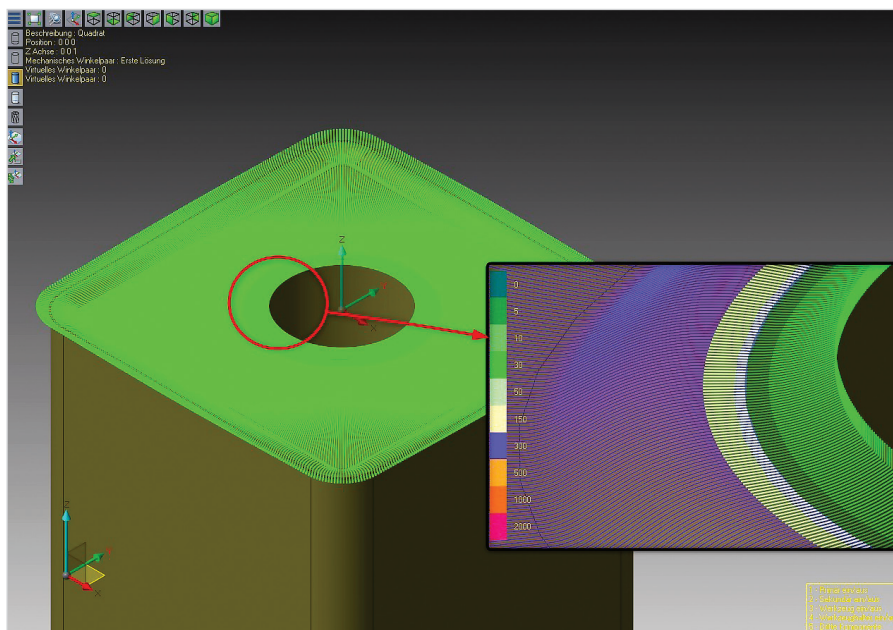
### Předvedení v praxi

Teoretický výklad k požadavkům na obrábění tvrdokovu byl doplněn prezentací dvou využití v praxi na strojích RXP500 a RXP501DSC

prostorách pro předvádění praktických zkoušek (Technikum) firmy Röders. Účastníci semináře nahlédli do problematiky programů od firmy VISI a byly jim detailně vysvětleny strategie obrábění na výše uvedených strojích. Pro optimální hospodárnost při obrábění razníků bylo kombinováno frézování (s nástroji od Six Sigma: průměr 5 mm pro hrubování a až 0,7 mm pro šlichtování) se souřadnicovým broušením. Dosažená kvalita povrchu činila až Ra 0,015 μm. V rámci závěrečné diskuze shrnul J. Röders výsledky dne následovně: „Třískové obrábění tvrdokovů je ekonomicky možné, pokud jsou ve všech subsystémech realizována vhodná řešení. Pokud se však na některém místě v procesu provede něco špatně, obrábění neproběhne úspěšně.“ ■



Toleranci hran u dat z CADu lze analyzovat a zlepšit stisknutím příslušného tlačítka. (Grafika: Mecadat)



Systémem optimalizované oblasti posuvu jsou znázorněny různými barvami, úprava posuvu ve vztahu k materiálu je při obrábění tvrdokovu velmi důležitá. (Grafika: Mecadat)