

SPOLUPRÁCE FIREM A UNIVERZIT PŘINÁŠÍ KONKRÉTNÍ VÝSLEDKY

Ing. Jan Smolík, Ph.D. Ing. Petr Kolář, Ph.D., za řešitelský tým projektu CK-SVT

FS ČVUT v Praze (RCMT), TOS Varnsdorf, Tajmac-ZPS, Škoda Machine Tools, Kovosvit MAS

Inovace v technickém vývoji výrobních strojů a technologií jsou nezpochybnitelnou povinností pro každou firmu, která chce dlouhodobě působit na současném vysoce konkurenčním trhu.

Na výrobní stroje a technologie se klade stále šest základních požadavků: přesnost a jakost povrchu vyráběných dílců, produktivita a hospodárnost výroby, spolehlivost strojů a minimální dopad na životní prostředí. Prostředky pro naplnění těchto požadavků jsou různé.

V MM Průmyslovém spektru 6/2016 (www.mmspektrum.com/160643) byl představen projekt Centrum kompetence Strojírenská výrobní technika, v rámci kterého spolupracují ve výzkumu a vývoji firmy a univerzity. Článek byl zaměřen především na ukázky zlepšování uvedených hlavních užitečných vlastností výrobních strojů a technologií konstrukčními modifikacemi strojů. V tomto článku představíme některé dosažené výsledky v oblasti technologií a provozu strojů.

Efektivita výroby | www.mmspektrum.com/161139

Uživatel obráběcího stroje nemůže zasahovat do konstrukce stroje a obvykle ani do jeho softwarového vybavení. V souladu s potřebami své konkrétní výroby má však paletu možností v oblasti návrhu technologie a přípravy NC kódu.

Volba nástrojů a upnutí obrodku vzhledem k produktivitě obrábění

Upnutí obrodku a vložení nástroje ovlivňuje celkovou tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek a tím i přesnost a produktivitu obrábění. Cílem případové studie realizované společně s firmou TOS Varnsdorf bylo analyzovat vliv upnutí dílce na jeho dynamické chování při obrábění a zjistit potenciál zvýšení výkonnosti obrábění v důsledku modifikace upnutí a změny řezných podmínek. K řešení tématu bylo přistoupeno s využitím kombinace změřených a vypočte-

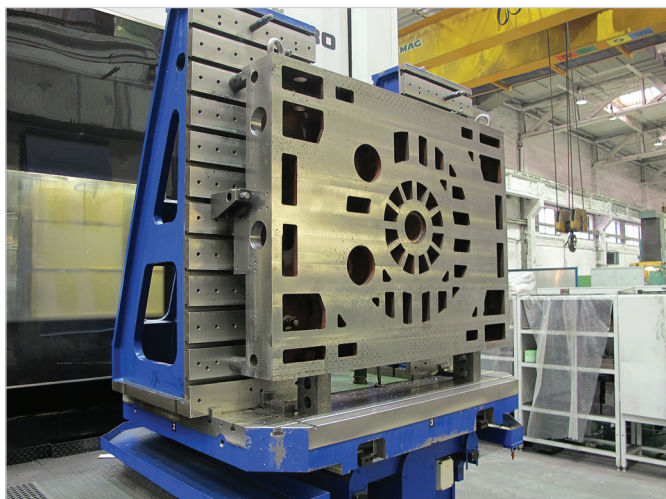
ných dat o dynamické odezvě nástroje a dílce. Studie ukázala, že vybraný obrobek a způsob upnutí jsou poměrně tuhé, a že změny poloh podpíracích kostek nemají zásadní vliv na vypočtenou produktivitu. Limitem procesu se tak ukázala tuhost soustavy stroj-nástroj. Z navazující analýzy vlivu zvýšení posuvu bylo vidět, že zvýšením rychlosti posuvu o 20 % se nutný výkon vřetena zvýší o 14 %, což je stále pod maximálním výkonem vřetena a stále v oblasti stabilního obrábění. Na příkladu čtyř různých nástrojů bylo ukázáno, jaké mohou být rozdíly v požadovaném výkonu vřetena, řezných silách a deformacích nástrojů. Volbou vhodného nástroje lze dosáhnout až 80% snížení geometrické chyby obráběného povrchu vlivem odklonu nástroje a až cca 45% snížení zatížení v nejméně namáhaném směru. Aplikace uvedených závěrů

vedla ke zvýšení produktivity a přesnosti obrábění testovaného dílce.

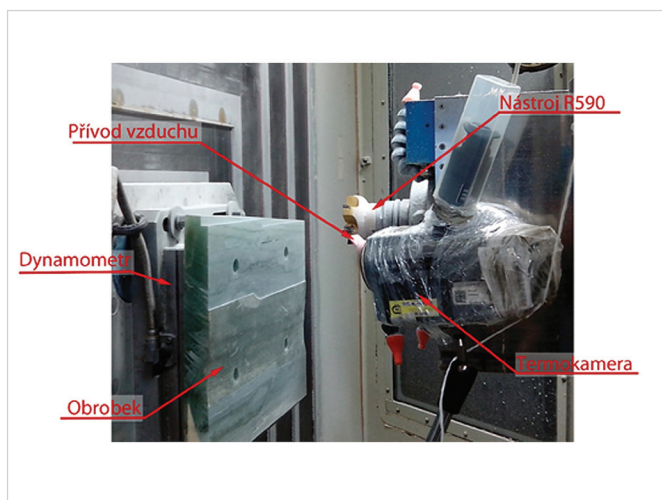
Volba řezných podmínek a strategie obrábění

Podíl aplikací kompozitů v konstrukci všech typů strojů roste. Obrábění často zůstává poslední operací, která dává dílci konečný tvar a přesné rozměry. Kompozitní materiály mají obecně různé typy a kombinace materiálů matrice a výtuzných vláken, což zvyšuje náročnost pro volbu vhodných řezných podmínek a strategie obrábění.

Ve spolupráci s firmou Škoda Machine Tool byla provedena analýza technologie frézování kompozitu označeného GFK – termosetového kompozitu vyztuženého aramidovými vlákny. Klíčovým požadavkem koncového zákazníka bylo suché obrábění. Hledanými výstupy byla vhodná kombinace řezných podmínek pro zajištění minimálních otřepů, dobré jakosti povrchu, malého teplotního ovlivnění dílce a snížení řezných sil zatěžujících stroj i obrobek. Z mnoha provedených experimentů frézování vysokorychlostní frézou s PCD břity bylo vidět, že pro minimalizaci velikosti otřepu je nutno použít menší posuv na zub (0,05 mm). Produktivitu lze zvýšit použitím vysokých řezných rychlostí (úspěšně byly otestovány rychlosti až 600 m.min⁻¹). S řeznou rychlostí roste nejen produktivita, ale také teplota na povrchu dílce. Pro snížení tohoto nepříznivého jevu se ukázal velmi efektivní ofuk místa řezu standardním tlakovým, případně podchlazeným vzduchem a použití nesousledného frézování. Řezná síla je významně ovlivněna orientací vláken. Nárůst může být až o 100 % při obrábění podél vláken. Také zde se ukazuje efektivní strategie malých posuvů na zub a velkých řezných rychlostí. Orientace vláken naopak nemá vliv na teplotu obrábění. S využitím těchto zkušeností byla konečná zákaznická aplikace optimalizována pro dosažení vyšší produktivity obrábění a kvality povrchu dílce.



Obr. 1. Těleso saní upnuté na úhelníku, na kterém byla analyzována možnost zvýšení produktivity obrábění.



Obr. 2. Ukázka experimentálního posuzování vlivu řezných parametrů a strategie obrábění při obrábění kompozitu GFK. Za povšimnutí stojí extrémní prašnost při obrábění tohoto materiálu na sucho.

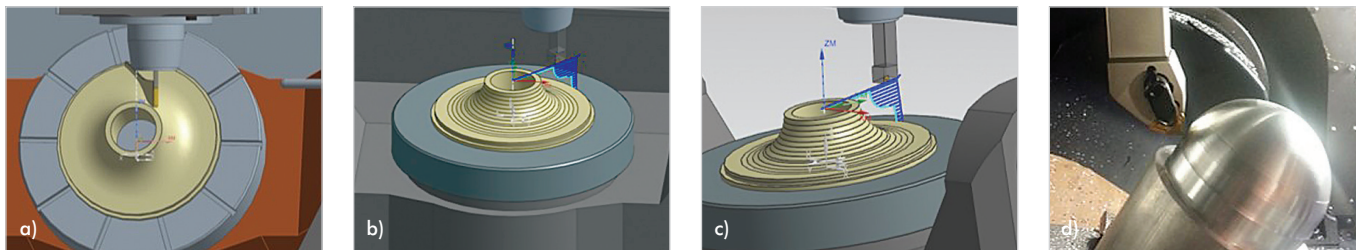
Vysokotlaké chlazení řeznou emulzí při obrábění odličků bylo testováno společně s TOS Varnsdorf na stroji WHTEC 130 vybaveném agregátem ChipBlaster GV-20. Vysokotlaké chlazení řezného procesu je alternativou pro zvyšování produktivity a hospodárnosti obrábění. Podmínkou však je správné zvolení a nastavení důležitých parametrů, jako je způsob dodávání, tlak a průtok kapaliny v místě výstupu z řezného nástroje. Nedostatečný tlak a objem procesní kapaliny na břítu nástroje nevedou k výraznějšímu zlepšení procesu. Naopak příliš vysoké hodnoty parametrů již obráběcí proces dále neefektivují, ale naopak vyžadují velkou energetickou náročnost a v konečném důsledku představují i nemalý dodatečný náklad na stavbu a provoz stroje. Optimum parametrů se však mění pro konkrétní stroj a jeho rozvody procesní kapaliny, materiál obrobku, řezné podmínky a použitý řezný nástroj. Výstupem testů prováděných na dvou vybraných typických dílcích byla proto doporučení pro nastavení parametrů vysokotlakého chlazení (tlak a průtok) pro různé typy nástrojů. Tato doporučení byla parametricky závislá na geometrické charakteristice obráběného prvku (např. vliv průměru a hloubky vrtaného otvoru). Pro zjednodušení přípravy technologie byla navržena implementace volby chlazení do postprocesoru generujícího NC program z CAM, aby nemohlo docházet k chybám předpisu chlazení. Aplikací souboru doporučení tak došlo ke zvýšení efektivity obrábění.

hurhin firmy Tajmac-ZPS. V případě těchto strojů je nutno pro dosažení vysoké produktivity (cyklový čas na jednom dílci se typicky pohybuje v jednotkách sekund!) vhodně zvolit nástrojové osazení suportů a nájezdy nástrojů do záběru tak, aby nedošlo ke kolizím a současně byly minimalizovány neaktivní časy řezu. Vzhledem k omezenému prostoru je právě vysoké riziko kolize klíčovým parametrem limitujícím zkracování vedlejších časů. Pro tento typ strojů byl vyvinut speciální software pro antikolizní kontrolu a optimalizaci NC programování. Software umožňuje realizovat efektivní ruční tvorbu programů. Zadané NC věty jsou bezprostředně spuštěny na virtuálním stroji, což umožňuje prověřit riziko kolizí, sledovat aktivní využití nástrojů v řezu i posuzovat volbu řezných podmínek. Základem softwaru je virtuální model stroje a simulace úběru materiálu s průběžnou kontrolou kolizí a detekcí aktivních a neaktivních časů řezu. Pracovní prostor stroje je reprezentován kinematickým modelem, v němž jsou definovány pohybové suporty, výměnitelné držáky nástrojů a nástroje.

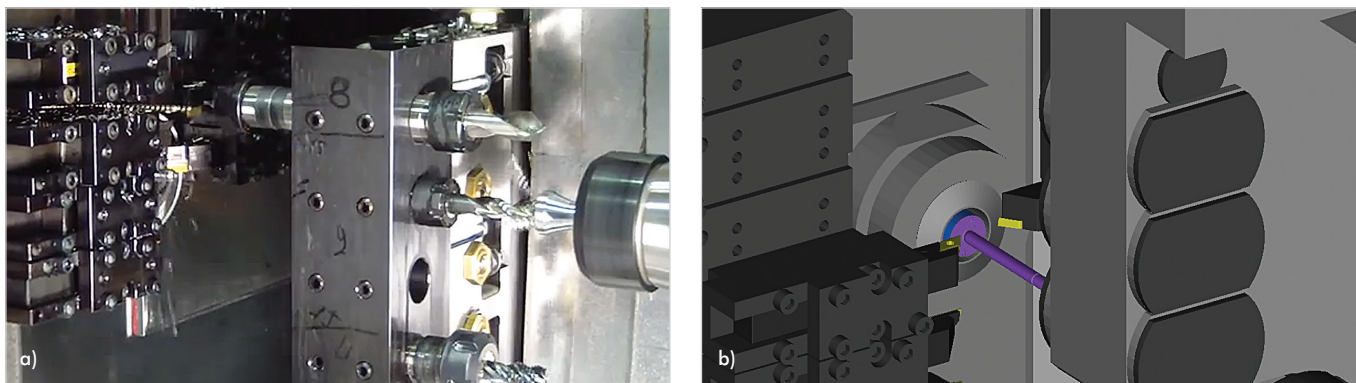
Příprava, optimalizace a verifikace NC kódu

Multifunkční stroje, které integrují v pracovním prostoru několik druhů třískových technologií, vyžadují pokročilejší nástroje pro přípravu NC kódu a jeho verifikaci. Vzhledem k reali-

ným nožem nepřístupná. Postprocesor je dále doplněn o funkci automatického rozpoznání dráhy nástroje s nutností použití cyklu 800 pro polohování rotačních os stroje a víceosé dráhy nástroje, kdy je zapotřebí použít funkci TRAORI. Dále byl implementován technologický modul



Obr. 3a, 3b, 3c, 3d. Základní technologické možnosti stroje Kovosvit MAS MCU 700 VT-5X, které vyvinutý postprocesor umožňuje plně využít – frézování, soustružení karuselováním, soustružení s nakloněnou osou A, soustružení s plynulým naklápěním osy A.



Obr. 4a, 4b. Pracovní prostor dlouhocyklového automatu Manurhin z Tajmac-ZPS a ukázka virtuálního simulačního modelu stroje

zaci odlišných druhů technologií je nutno vyvíjet nestandardní softwarová řešení pro tyto typy strojů.

Do této oblasti patří vyvinutý postprocesor s rozšířenou technologickou funkcí pro stroj MCU700VT-5X firmy Kovosvit MAS. Jedná se o multifunkční pětiosé centrum s otočným sklopným stolem. Postprocesor má mj. vytvořenou speciální funkci pro generování víceosých soustružnických operací se souvislým řízením naklápěcí osy. To umožňuje technologovi realizovat soustružení v různých polohách naklonění obrobku, včetně přístupu do míst, která by byla při standardním (dvuosém) soustružení s da-

pro korekci posuvové rychlosti, který umožňuje dodržet požadovanou hodnotu posuvové rychlosti nástroje vůči obrobku. Nasazení postprocesoru umožňuje připravit dráhy nástroje tak, aby nedocházelo k nerovnoměrnému zatěžování bříty řezného nástroje, a došlo ke zvýšení kvality obrobku (ve smyslu tvarové přesnosti i drsnosti povrchu) především v místech, kde se relativní rychlost mezi nástrojem a obrobkem blíží nule. Vyvinutý postprocesor tak představuje komplexní řešení pro úplné využití možností uvedeného multifunkčního centra.

Jiným příkladem komplexního multifunkčního stroje jsou dlouhocyklové automaty řady Ma-

Pohyb jednotlivých pohybových skupin je řízen na základě odbavení NC kódu zapisovaného přímo v prostředí vyvinutého softwaru.

Shrnutí a závěr

Článek ukazuje vybrané výsledky projektu centra kompetence CK-SVT. V uvedených případech dochází ke zvýšení produktivity, přesnosti a jakosti obrobku pomocí úpravy technologie. Vyvinutá řešení jsou dobře uplatnitelná koncovými uživateli strojů. ■

Řešení projektu CK SVT finančně podpořila Technologická agentura ČR