

# SPOLUPRÁCE FIREM A UNIVERZIT PŘINÁŠÍ VÝSLEDKY

Ing. Petr Kolář, PhD., za řešitelský tým projektu CK-SVT

FS ČVUT v Praze, TOS Kuřim, Toshulin, Tajmac-ZPS, ŠMT

Inovace v technickém vývoji výrobních strojů a technologií jsou nezpochybnitelnou povinností pro každou firmu, která chce dlouhodobě působit na současném vysoce konkurenčním trhu. Dlouhodobý vývoj ve firmách stojí především na šikovnosti a zkušenosti vlastních konstruktérů a technologů. Zapojení externích výzkumných pracovníků je pro firmu možností inspirovat se jiným pohledem, nalézt a rozvinout žádoucí řešení novým směrem a získat tak potřebný náskok před konkurencí. V oboru výrobní techniky a technologie je spolupráce firem a výzkumných institucí dlouhodobě intenzivní. Firmy mají své dobré partnery pro výzkum jak na technických univerzitách v Praze, Brně, Plzni, Liberci a Ostravě, tak i na mimouniverzitních pracovištích, např. v libereckém VÚTS nebo v kuřimském centru Intemac.

Obrábění | [www.mmspektrum.com/160643](http://www.mmspektrum.com/160643)

## Dosažené výsledky v oblasti vývoje strojů

Jedním z hlavních technických požadavků na výrobní stroje je vysoká tuhost, malá hmotnost a dobré tlumení. Tyto tři parametry jsou základem pro naplnění požadavků na užité vlastnosti stroje. V projektu CK-SVT je naplnění těchto požadavků sledováno ve třech pracovních balíčcích s uplatněním odlišných technologických metod. Prvním přístupem jsou pokročilé strukturální a teplotně-strukturální optimalizace dílců nosných struktur. Uplatněné matematické metody umožňují rychle hledat efektivní rozmístění materiálu v konstrukčním prostoru stroje tak, aby došlo k maximalizaci statické tuhosti v definovaném místě, minimalizaci hmotnosti a maximalizaci vlastních frekvencí. Metody umožňují i optimalizaci stroje na určitý průběh dynamické poddajnosti (hodnoty tlumení jsou však při výpočtu pouze odhadnuty). V tomto případě je struktura stroje optimalizována již přímo na konkrétní definovanou technologii obrábění.

Konkrétním výsledkem uplatnění těchto metod je strukturální optimalizace dílců nosné struk-

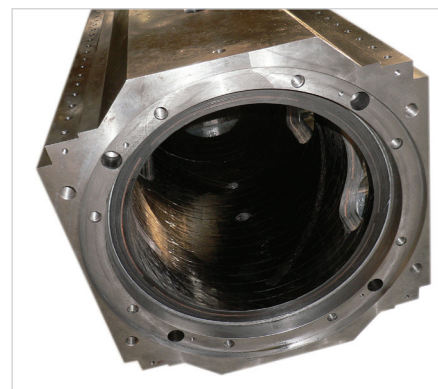
Aby bylo možné klíčová témata v aplikovaném výzkumu dlouhodobě rozvíjet, je nutné vhodně kombinovat financování orientovaného (základního oborového) výzkumu, aplikovaného výzkumu a realizaci ve firmách. Klíčová témata oboru strojírenské výrobní techniky a technologie byla poprvé popsána ve Strategické výzkumné agendě oboru na období 2010–2020. Agendu v roce 2009 připravila platforma Strojírenská výrobní technika. Na jejím vytvoření metodou Delfi se podílelo 63 firemních i univerzitních expertů z oboru obráběcích a tvářecích strojů. Agenda byla následně aktualizována v roce 2012. Nad definovanými klíčovými oborovými výzkumnými tématy byl v roce 2011 připraven návrh projektu Centrum kompetence Strojírenská výrobní technika. U zrodu projektu stály tři největší české technické univerzity (ČVUT v Praze, VUT v Brně a ZČU v Plzni) společně se sedmi předními výrobci obráběcích a tvářecích strojů v ČR (Tajmac-ZPS, Kovošvit MAS, TOS Varnsdorf, TOS Kuřim-OS, Škoda Machine Tool, Toshulin, Šmeral Brno). Projekt přijatý k realizaci v letech 2012 až 2019 je spolufinancován z veřejných rozpočtů prostřednictvím Technologické agentury ČR.

Projekt se zaměřuje na orientovaný výzkum v oboru strojírenské výrobní techniky a na aplikaci výsledků tohoto výzkumu do konkrétních firemních řešení. Hlavním cílem projektu je zvyšování konkurenceschopnosti konsorciálních firem prostřednictvím zlepšování šesti hlavních technických užitečných vlastností strojů a technologií: přesnosti, jakosti, produktivity, spolehlivosti, hospodárnosti a minimalizace dopadu na životní prostředí. Rámec projektu je nastaven tak, že nad tématy orientovaného výzkumu spolupracují univerzity se všemi konsorciálními firmami (přičemž některé z nich jsou vzájemnými konkurenty). V určitém bodě je dosaženo dílčích výsledků orientovaného výzkumu (typicky vzniká základní simulační nebo experimentální



Realizovaný stojan stroje FRF firmy TOS Kuřim-OS s optimalizovanou vnitřní strukturou

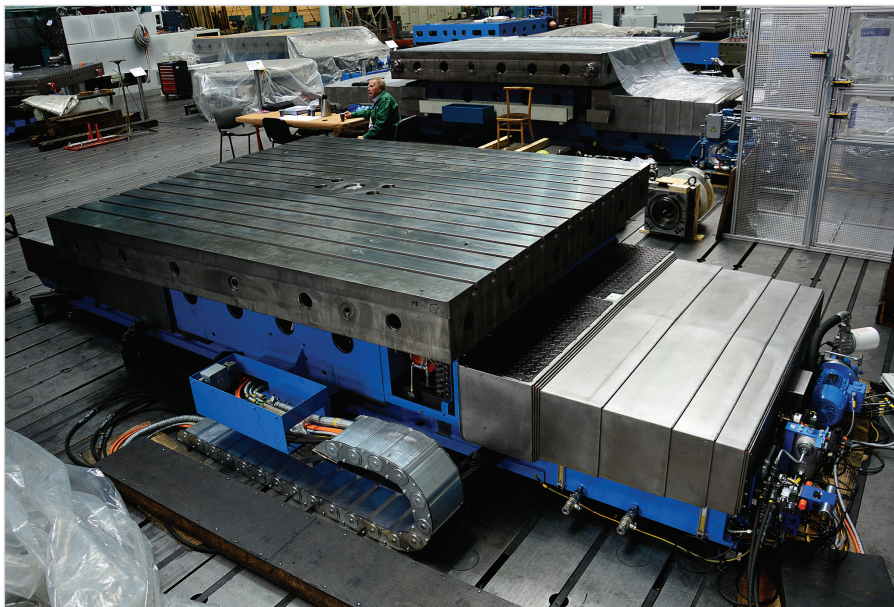
know-how). Na tuto fázi v rámci projektu navazuje aplikovaný výzkum v bilaterální spolupráci univerzity a jednotlivých firem, který je již zaměřen na zdokonalení konkrétních strojů nebo technologií. Popsaný postup je velmi efektivní z pohledu využití veřejných prostředků, protože výsledky orientovaného výzkumu jsou v navazující fázi implementace firmami přímo využívány. V roce 2015 dospěl projekt do poloviny své doby řešení. Na konci roku bylo dosaženo celkem 40 závazných výsledků, přičemž 20 % z nich bylo v té době již využíváno v praxi. Další výsledky se do fáze praktického nasazení dostávají v roce 2016. V projektu je jedenáct odborných pracovních balíčků a výsledky jsou tedy rozesety do všech oblastí vývoje, realizace a provozu vyvíjených obráběcích a tvářecích strojů.



Hybridní smykadlo stroje 7032 firmy Tajmac-ZPS s litinovým pláštěm a kompozitovou výztuhou

tury strojů řady FRF z produkce TOS Kuřim-OS. Zcela nově navržený stojan stroje vykazuje při srovnatelné hmotnosti zvýšenou statickou tuhost o 20 % proti strojům této velikostní kategorie. Dalším výsledkem je nový návrh lože, kde se při nezmenšení statické tuhosti v různých částech stolu podařilo ušetřit čtvrtinu hmotnosti dílce. Strukturální optimalizace v kombinaci s modelováním hydrostatického vedení byly uplatněny při vývoji těžkého otočného stolu na přesuvných saních TDV 50 z produkce plzeňské Škoda Machine Tool. Na nosné struktuře se podařilo ve srovnání s přechodí generací stolu ušetřit 15 % materiálu při zachování nosnosti a tuhosti stolu.

Druhým přístupem je zvyšování tlumení nosných struktur. Z pohledu vývoje nového stroje je významné použití hybridních struktur neboli kombinace několika typů materiálů v konstrukci. Typicky jde o základní litinové odlitky nebo ocelové svařence vyplněné strukturami z částicových nebo vláknových kompozitů. Hledání vhodných typů materiálů, jejich modelování, hledání možností realizace spojování odlišných materiálů a také celková strategie jejich efektivního nasa-



Otočný stůl TVD50 firmy Škoda Machine Tool s optimalizovanou strukturou a hydrostatickým vedením



Soustružnický adaptér s integrovaným hltičem na karuselu Toshulin

zení z technického a finančního pohledu patří k hlavním úkolům orientovaného výzkumu v projektu. Nasazení získaných znalostí vedlo ke konkrétním realizovaným výsledkům. Ve spolupráci s firmou Škoda Machine Tool byl realizován na zákaznickém stroji pohon kuličkovým šroubem vertikální osy Y se zdvihem 6 500 mm, jehož jádro bylo odvráceno a naplněno částicemi nekovového materiálu. Výsledkem těchto opatření byl posun kritických otáček kuličkového šroubu, který umožnil navýšit maximální posuvovou rychlost osy na zákazníkem požadovaných 20 m.min<sup>-1</sup>. Bez těchto opatření by byly kritické otáčky omezeny tak, že by posuvová rychlost byla nejvýše 8 m.min<sup>-1</sup>. Jiným příkladem realizovaných hybridních struktur je smykadla stroje 7032 firmy Tajmac-ZPS. Výpočtově optimalizovaná kompozitová

výztuž vlepána do litinového vnějšího pláště, který zajišťuje ochranu kompozitu a současně je rozhraním pro připojení dalších konstrukčních prvků, snížila na samotném dílci smykadla dynamickou poddajnost až 4krát ve srovnání se stejným litinovým dílcem. Přínos na celém smontovaném stroji je o něco menší z důvodu vlivu dalších dílců a rozhraní v konstrukci stroje; při testech stroje však bylo dosaženo zvýšení produktivity obrábění.

Jiným přístupem ke zvýšení tlumení mechanických struktur strojů jsou dodatečné aplikace aktivních hltičů. Společně s firmou Toshulin byl vyvinut a otestován prototyp soustružnického adaptéru s jednoosým hltičem. Výhodou navrženého řešení je schopnost řídicích algoritmů hltiče tlumit dvě vybrané vlastní frekvence a sou-

časně reagovat na jejich změnu v závislosti na vysunutí smykadla. Testy na stroji ukázaly, že hlacení kmitů ve směru Y (tangenciální směr z pohledu obrábění) snižuje dynamickou poddajnost cca o 30 % na obou sledovaných frekvencích. Hltič je nyní připravován pro nasazení na dalších řadách karuselů Toshulin.

Do oblasti vývoje strojů spadá kromě vývoje metod pro zlepšování vlastností tradičních řešení také zkoumání možností netradičních koncepcí strojů. Na základě zadání firmy Tajmac-ZPS byla řešena nová kinematická struktura vícevřetenového soustružnického automatu. Navržené řešení uvažuje jak s rotací dílců, tak s rotací nástrojů. Navržené řešení uvažuje jak s rotací dílců na jednom bubnu, tak s rotací nástrojů na druhém bubnu. Při trvalém otáčení obou bubnů je poloha nástroje vůči obrobku nastavována změnou vzájemných rychlostí rotace, což vede ke zkrácení vedlejších časů potřebných pro přestavení bubnů s vřeteny. Řešení, které je patentově chráněno, má potenciál zvýšení produktivity stroje až o 75 %.

#### Dílicí shrnutí

Projekt CK-SVT představuje v podmínkách ČR ojedinělý způsob propojení výzkumně-vývojových aktivit firem a univerzit. V projektu byly již dosaženy konkrétní výsledky, které jsou postupně uplatňovány na trhu. V tomto článku byly představeny některé výsledky dosažené v oblasti vývoje strojů. V dalším pokračování budou představeny výsledky dosažené v oblasti provozu strojů. ■

#### Program Centra kompetence

T A  
Č R