

# ZVYŠOVÁNÍ UŽITNÉ HODNOTY OBRÁBĚCÍCH A TVÁŘECÍCH STROJŮ

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

RCMT, FS ČVUT v Praze

Konkurence v oboru prodeje obráběcích strojů je velká a všechny firmy hledají způsob, jak nabídnout koncovému uživateli vyšší užitnou hodnotu. Tato užitná hodnota se posuzuje podle parametrů koncové výrobní technologie (přesnost, jakost, produktivita, celkové náklady) a pro výrobce obráběcích strojů je to jeden z bodů, kde mohou technickými znalostmi a inovacemi ovlivnit svou konkurenceschopnost na trhu.

Obrábění | [www.mmspektrum.com/181235](http://www.mmspektrum.com/181235)

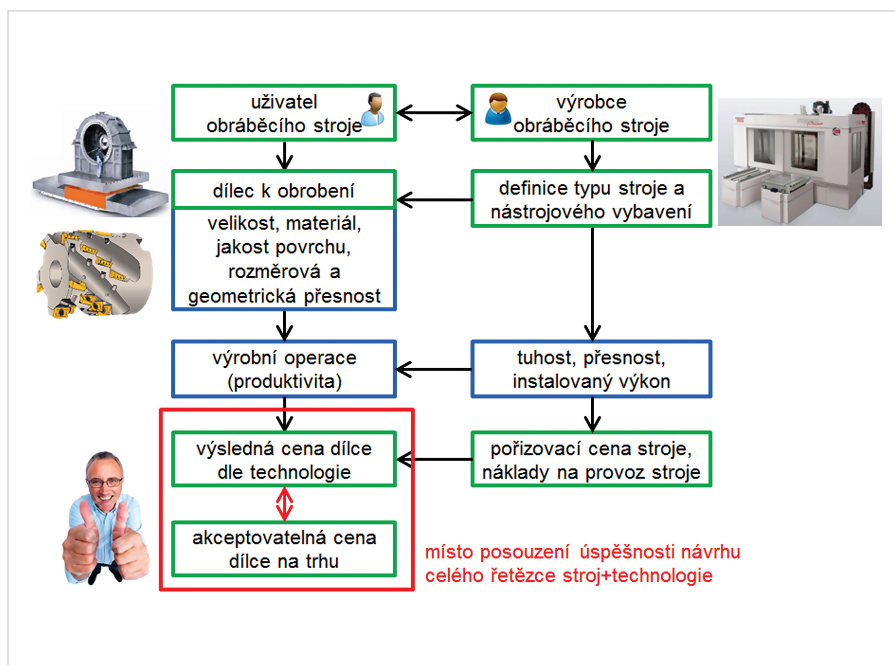
v Plzni společně s odborníky z firmy Šmeral Brno optimální konstrukční řešení spodního a horního příčnicku stojanu kovacího lisu LMZ 4000 (neděleného) a LKMK 8000 (děleného). Vedle analýzy strukturálních vlastností (zejména zajištění tuhosti při minimalizaci hmotnosti) se společný tým zabývá též analýzou rozložení teplot ve stroji při tváření za tepla, nebo teplotní deformace stroje jsou jedním z faktorů, který ovlivňuje přesnost a jakost tváření.

V oblasti návrhu obráběcích strojů je snaha spojit návrh stroje s predikcí provozního chování stroje. K tomu jsou využívány optimalizační metody, které používají jako kritéria technické parametry, od nichž se přímo odvíjí produktivita a přesnost stroje. Kritéria definované statické tuhosti, maximalizace vlastních frekvencí a minimalizace teplotních deformací byly vstupními parametry pro topologickou a parametrickou optimalizaci teplotního a strukturálního chování stroje KL285 firmy Kovosvit MAS. Společně s týmem RCMT (Ústav výrobních strojů a zařízení FS ČVUT v Praze) byla navržena nosná struktura soustružnického stroje, který měl premiéru na MSV Brno 2018. První kus nyní prochází řadou ověřovacích provozních

Právě zvýšení konkurenceschopnosti firem sdružených v konsorciu je hlavním cílem projektu aplikovaného výzkumu Centrum kompetence Strojírenská výrobní technika (CK SVT), který je řešen s finanční podporou Technologické agentury ČR. V tomto článku bychom rádi stručně představili některé vybrané výsledky aktivit konsorcia v roce 2018.

## Od návrhu stroje k hodnotě pro zákazníka

Jeden z obvyklých vztahů mezi výrobcem stroje a uživatelem stroje je ukázán na obr. 1. Uživatel stroje chce koupit výrobní stroj, aby na něm realizoval výrobu svých konkrétních dílců. Tyto dílce jsou charakterizované velikostí, tvarem, materiálem, jakostí povrchu a rozměrovou a geometrickou přesností. To určuje spektrum výrobních operací. Pro takový dílec výrobce stroje nabídne určitý typ obráběcího nebo tvářecího stroje a doporučí jeho nástrojové vybavení. Pro zajištění definovaných parametrů jakosti a přesnosti dílce stroj nabízí vlastní tuhost a přesnost. Instalovaný výkon pohonů společně se spektrem výrobních operací pro vyrobení dílce určuje výrobní produktivitu. Výrobní produktivita společně s náklady (ze strany obráběcího stroje zde vystupují především náklady na pořízení a provoz stroje; dalšími významnými náklady jsou např. náklady na nástroje, upnutí obrobku a další spotřební materiál a energie) určují výslednou cenu dílce vyrobeného na konkrétním stroji konkrétním výrobním postupem. Pokud je tato cena dílce nižší než cena akceptovatelná na trhu, je dosaženo úspěšného výsledku umožňujícího prodej vyrobeného dílce se ziskem. Tento příklad ukazuje, jak je dlouhý a komplexní řetězec, na jehož konci dochází k posouzení technické kvality obrábě-



Obr. 1. Vliv vývoje stroje na jeho užitnou hodnotu při vyrábění dílcí

cího stroje. Nicméně celý tento řetězec, který může být v čase velmi proměnlivý, je nutno zít v úvahu již při vývoji stroje a určitým způsobem promítnout konečné technické a ekonomické požadavky uživatele do návrhu stroje.

## Návrh obráběcího stroje s ohledem na technologické využití

Součástí společného výzkumu univerzit a firem v konsorciu je vývoj nástrojů a metod pro návrh nosných struktur výrobních strojů (obráběcích a tvářecích). V oblasti inovací struktur tvářecích strojů řeší tým doc. Čechury ze ZČU

zkoušek. V případě složitějších strojů, jako je např. horizontka WHT110 firmy TOS Varnsdorf, byla při návrhu a optimalizaci nosné struktury využita kritéria definované statické tuhosti, maximalizace vlastních frekvencí a minimalizace orientované dynamické poddajnosti. Ve vazbě na to byl následně řešen návrh pohonů stroje v tom smyslu, aby se docílilo maximalizace propustného pásma pohonů lineárních os. Tento parametr charakterizuje možnosti nalažení pohonů, a tím vytváří prostor pro zvýšení produktivity, přesnosti a jakosti při operacích i při interpolovaném pohybu více os. V rámci projektu je

pro návrhy pohonů vyvíjen v RCMT vlastní návrhový nástroj, který umožňuje v krátké době posoudit velké množství variant provedení pohonů stroje. Popsané simulační nástroje jsou využívány pro návrhy dalších typů strojů a jejich uzlů. Aktivní spolupráce probíhá zejména v oblasti velkých obráběcích strojů s firmami TOS Kuřim-OS a Škoda Machine Tool, nebo dosažené úspory hmotnosti strukturálního materiálu znamenají na velkých dílcích v absolutní hodnotě též nemalé úspory v oblasti nákladů na výrobu součástí.

### Virtuální obrábění pro testy a optimalizaci technologie

Zmíněné strukturální modely strojů je možno doplnit o popis mechanické části a řízení pohonů. Po spojení s řídicím systémem vzniká tzv. digitální dvojče stroje, pomocí kterého je možno simulovat tzv. digitální dvojče obrobku. Vývoj nástrojů pro simulaci chování stroje až na úroveň jakosti obrobenej plochy byly původně motivovány snahou umět virtuálně otestovat nově vyvíjený stroj na příkladu konkrétní technologie. Své uplatnění však tyto komplexní modely nacházejí zejména při přípravě a kontrole technologie obrábění na konkrétním stroji.

Příkladem je provedená analýza chyb a modifikace výrobního postupu při obrábění lopatky parní turbíny z duplexní nerezové oceli. Pomocí virtuálního modelu byly identifikovány zdroje chyb (podřezy v důsledku chyby v CAD modelu i ve špatném zpracování NC kódu in-



Obr. 2. Nový soustruh KL285 firmy Kovosvit MAS byl navržen s podporou teplotně-strukturálních simulací. (zdroj: Kovosvit MAS)

ware pro virtuální simulaci obrábění na dlouhotočném automatu Manurhin firmy Tajmac – ZPS. Software umožňuje konfigurovat nástroje, zadávat ISO kód, kontrolovat možné kolize v pracovním prostoru a též dobře predikovat čas obrábění, který je na strojích tohoto typu pro masovou výrobu klíčový. Právě integrace interpolátoru do uvedeného SW nástroje je jedním z důležitých prvků pro správné určení doby výroby.

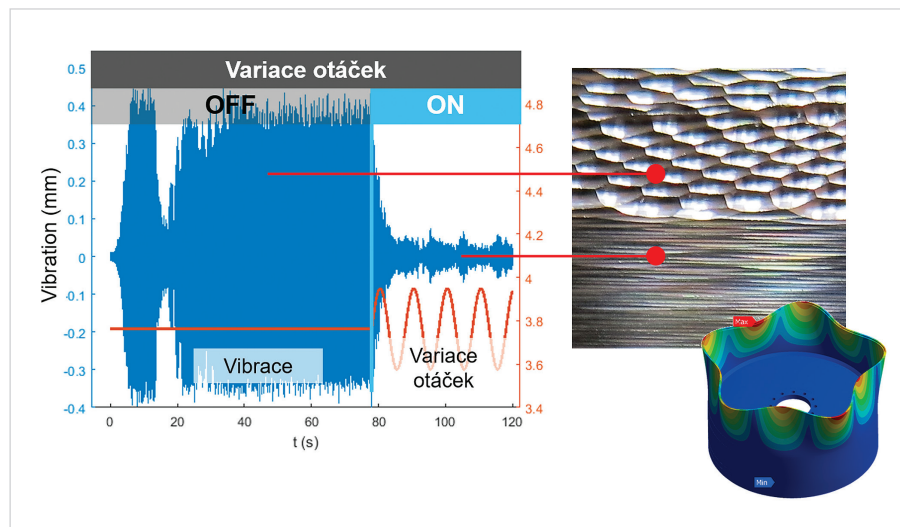
### Výzkum v oblasti technologie obrábění

Pozornost je v projektu též věnována výzkumu řezného procesu a jeho interakce se strojem a obrobkem. Dlouhodobý výzkum v oblasti obrábění různých typů materiálů je shrnut

živána aparatura, která umožňuje tento nežádoucí jev identifikovat. Následně může dojít např. ke změně řezných podmínek. Informace je navíc odeslána do cloudu, kde se sbírají informace o celém procesu pro další vyhodnocení. Jedná se o jeden z dílčích kroků v koncepci inteligentního sledování a řízení procesu. Změnou technologických podmínek je myšleno např. automatické zapnutí a nastavení oscilace otáček vřetena s obrobkem při soustružení. Tato technika je vyvíjena s firmou Toshulin na aplikaci soustružení tenkostěnného obrobku z těžkoobrobitelné slitiny. Jinou možností, jak potlačit kmitání, je aktivní hlacení procesu. Přídavné hltiče vlastní konstrukce s vlastním řídicím algoritmem jsou otestovány v laboratorních podmínkách v RCMT a nyní je řešena jejich integrace do blízkoosti nástroje pomocí speciálních adaptérů pro karusely Toshulin a frézovací hlavy Tajmac – ZPS.

### Shrnutí

Článek stručně shrnuje některé z aktivit a výsledků realizovaných univerzitními týmy v úzké spolupráci s firmami vyrábějícími obráběcí a tvářecí stroje. Výzkum spolufinancovaný TAČR v rámci projektu TE01020075 Centrum kompetence – Strojírenská výrobní technika umožňuje realizovat aplikovaný výzkum v tématech, které následně umožňují využití ve firemní praxi. Návrhy strojů s využitím pokročilých nástrojů i dosažené know-how v aplikacích tak pomáhají zvýšit užitnou hodnotu výrobních strojů, kterou výrobci poskytují koncovým uživatelům. ■



Obr. 3. Ukázka snížení amplitudy kmitání tenkostěnného obrobku při různém nastavení kolísání otáček při soustružení

terpolátorem, vady povrchu v důsledku kmitání poddajné lopatky aj.). Řešení bylo provedeno ve spolupráci s firmou Kovosvit MAS, na jejich stroji Multicut byla technologie realizována. Úprava výrobního postupu přinesla kratší čas obrábění, menší spotřebu nástrojů pro hrubování, lepší jakost povrchu, a ve výsledku i menší spotřebu energie stroje.

Jiným příkladem využití virtuálních modelů stroje, vč. interpolátoru, je specializovaný soft-

v tzv. technologické kalkulačce řezných sil, která zohledňuje řadu technologických parametrů (geometrie břitu, opotřebením břitu, zapnuté chlazení apod.). Specifickou podoblastí této aktivity je výzkum obrobitelnosti materiálů vyrobených aditivní technologií.

Interakce procesu se strojem a obrobkem se v projektu řeší na několika úrovních. Prvním krokem je automatická detekce vzniku nadměrných vibrací. Pro tento účel je vyvinuta a pou-

### Program Centra kompetence

T A  
Č R