

EKODESIGN – CESTA K EFEKTIVNÍ VÝROBĚ A TECHNOLOGIÍM

www.mmspektrum.com/141114

RCMT, FS, ČVUT v Praze

Energetická efektivita výrobních strojů představuje stále se rozvíjející téma, které nabývá zejména v Evropě na významu. Tlak ze strany uživatelů strojů a legislativy Evropské unie nutí výrobce neustále inovovat své výrobky v oblasti hospodaření s energií s cílem snížit jejich spotřebu nebo zvýšit efektivitu.

Poznatky uživatelů strojů z posledních let prokazují výhody energeticky efektivních strojů a výroby. Znalosti získané z aplikací a výzkumných projektů Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii při Fakultě strojní ČVUT v Praze (dále jen RCMT) ve spolupráci s českým průmyslem ukazují, že je možné zachovat vysokou produktivitu výroby při dosažení nižší spotřeby energie, což přináší uživateli nesporné ekonomické výhody. V této souvislosti jisté není bez zajímavosti zaznamenaný vznikající zájem uživatelů strojů na vybraných trzích v Asii (Rusko, Čína, Indie) o spotřebu strojů a potenciální úspory.

díky špatnému řízení. V druhém kroku následuje realizace nápravných opatření optimalizací komponent, způsobů řízení apod. Závěrem jsou opatření verifikována a je provedena kvantifikace dosaženého výsledku. Při požadavku na zvýšení intenzity výroby je třeba uведенé postupy uvažovat v kontextu změny celé technologie a vzájemných synergičtých efektů realizovaných opatření.

Legislativní proces v Evropské unii

V oblasti obráběcích strojů probíhají intenzivní práce na tvorbě metodiky SRM – Self-regulating measure –, na které pracuje skupina EEWG při Cecimo (RCMT je zastoupeno),

kterou podpořil evropský průmysl na posledním Konzultačním fóru v květnu 2014. Aktuálním cílem je vyjasnění pozitivních i negativních dopadů pro budoucí uživatele, včetně tvorby pilotních technických dokumentací konkrétních strojů a technologií.

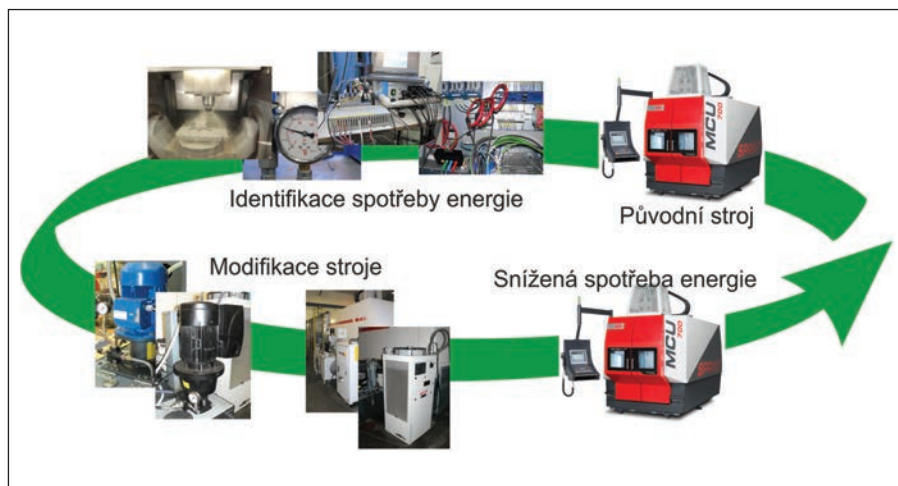
Druhou paralelní větví dokumentační činnosti je tvorba norem ISO pro hodnocení obráběcích strojů pracovní komisí ISO TC39/WG12, kde je RCMT přímým členem. Výsledkem v současné době je oficiální vydání úvodní normy ISO 14955-1:2014 pro identifikaci skupin komponent a podílů příkonu. V rozpracované formě se nachází část 2 (postup měření spotřeby) a část 4 (tvářecí stroje) s očekávaným vydáním během roku 2016. Ve stadiu úvodního návrhu je část 6 pro hodnocení spotřeby při výrobě známého konkrétního dílce v sériové výrobě.

Kam zaměřit svoji pozornost

Jak již bylo uvedeno, při snaze snížit spotřebu energie je nutné nejprve získat přehled o stavu stroje nebo technologie. Po mnoha měřeních a analýzách, které RCMT provedlo během posledních čtyř let, byl potvrzen fakt, že tzv. periferie – fluidní okruhy, chlazení, spotřeba stlačeného vzduchu apod. – jsou majoritním spotřebičem energie. Zde lze proto spatřit významný potenciál pro dosažení úspor energií při synergičtém efektu zvýšení teplotní stability stroje a tedy zpřesnění výroby a rovněž pro minimalizaci plýtvání s energií.

Poslední oblastí, nikoliv v pořadí významnosti, je návrh optimálních technologií pro výrobu dílců. Intenzivnější řezný proces znamená kratší dobu výroby dílce a tedy i menší množství energie potřebné na jeho výrobu. Pro vyšší produktivitu obrábění lze optimalizovat nastavení pohonů a řídicího systému, modifikovat NC kód, změnit řezné nástroje, řezné podmínky a způsob chlazení procesu.

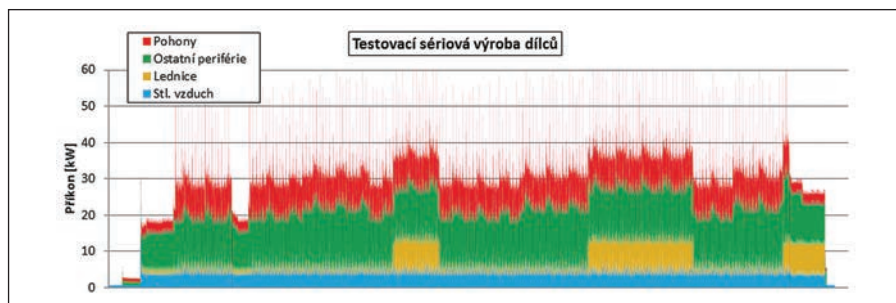
Často se stává, že technologie je posuzována podle aktuálního příkonu udávaného v kW. Množství spotřebované energie je dáno příkonem a dobou jeho působení a měří se tedy v kWh. Z této jednoduché úvahy plyne, že úspory energie je možné dosáhnout i zvýšením aktuálního příkonu stroje či linky, který pokud umožní dostatečně zkrátit čas výroby, snižuje i celkovou spotřebu energie.



Příklad návrhu optimalizace stroje s cílem snížit jeho spotřebu

Ekodesign jako ekonomická výhoda pro uživatele

V případě rozhodnutí modifikovat stroje nebo výrobní linky či technologie podle zásad ekodesignu je vhodné zvážit význam jen těch modifikací, které nesnižují užité vlastnosti daných zařízení. Prvním krokem je analýza aktuálního stavu a vytipování míst, kde dochází k energetickým ztrátám. Příkladem lze uvést fluidní okruhy, mařič často významnou část dodávky v odpadní větvi, nebo chladič zařízení, podchlazující strojní části

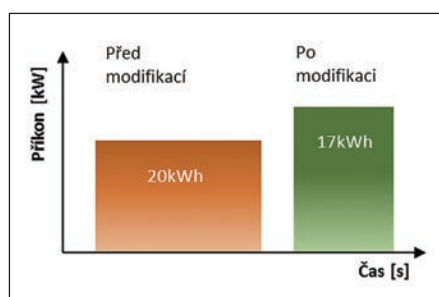


Ukázka rozložení spotřeby energie ve stroji během testovací sériové výroby



Možnosti stacionární (vlevo) nebo mobilní (vpravo) instalace analyzátorů příkonů pro dlouhodobá měření v řádu měsíců

RCMT se intenzivně zabývá optimalizací procesů obrábění. V následujícím textu jsou ukázány některé možnosti modifikace řezného procesu, které vedly ke snížení spotřeby energie.



Snížení spotřeby energie využitím intenzivnějšího řezného procesu s vyšším příkonem

Optimalizace nastavení pohonů

Na produktivitu obrábění má velký vliv podoba NC kódu a jeho interpretace strojem. Naladění parametrů pohonů a řídicího systému vzhledem k požadované přesnosti dílce, jakosti povrchu a minimalizaci času výroby se tak stává významnou úlohou při zvyšování produktivity obrábění.

Příkladem z praxe byl požadavek zákazníka na zkrácení kusového času u duralového dílu pro letecký průmysl. Jednalo se o 3+2 obrábění (indexované rotační osy) na stroji s řídicím systémem Heidenhain iTNC530. Na stroji bylo nejprve zkontrolováno naladění pohonů, přičemž se podařilo mírně zvýšit regulační parametry pohonů. Následovala zkouška obrábění na testovacím kusu s tvrdou plochou, při níž byly testovány parametry interpolátoru stroje. Cílem bylo nalezení optimálního poměru mezi přijatelnou kvalitou povrchu, přesností obrobku a časem obrábění. Po obrobení dílce se ukázalo, že nové nastavení parametrů pohonů a interpolátoru umožnilo snížit cyklový čas o cca 15 % při nezměněném příkonu stroje.

Dimenzování fluidních okruhů

Za typickou aplikaci pro snížení nákladů na chod stroje lze považovat správné nastavení hydraulických okruhů. Typickým příkladem

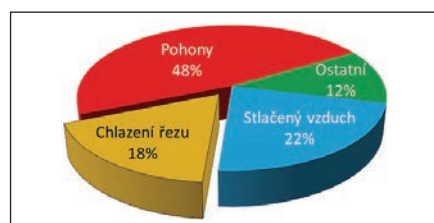
z praxe může být předimenzování dodávky řezné kapaliny vysokého tlaku vzhledem k propustnosti použitého nástroje s vnitřním chlazením. Zejména u malých nástrojů tak často dochází k využití pouze 20–50 % kapaliny. Problém lze řešit instalací frekvenčně řízených agregátů a nalaďení dodávky v souladu s požadovaným chladicím efektem, lámáním a odvodem třísek a životností nástroje. Úspora energie představuje podle konkrétní technologie 20–40 % původního odběru.

Vliv geometrie břítu na spotřebu energie řezného procesu

Spotřebu energie ovlivňuje také volba geometrie břítu, která má vliv na řeznou sílu a tedy i příkon potřebný pro obrábění. Především u hrubovacích operací, kde je podíl energie potřebné pro obrobení dílce na celkové spotřebované energii strojem relativně vysoký (cca 10 až 40 %), je volba správného nástroje a jeho geometrie rozhodující. Příkladem může být frézování oceli 12050 čelní frézou o průměru 63 mm. Změnou typu břitových destiček s jinou geometrií poklesl příkon vřetena frézky téměř o 50 %, a to při stejných řezných podmínkách, strategii obrábění, produktivitě a dokonce velmi podobné životnosti břítu obou nástrojů.

Životnost nástrojů pro různé typy mazání

Volba způsobu chlazení a mazání ovlivňuje jak velikost síly, tak i spotřebu energie na je-



Případový podíl řezného prostředí na celkové spotřebě menší horizontky

ho přípravu a dodání. Řezné prostředí jako takové má významný vliv na jakost obrobku, životnost břítu nástroje a s tím spojenou vol-

bu řezných podmínek z pohledu hospodárnosti, produktivity a jakosti obrábění. Tyto volby rovněž ovlivňují spotřebu energie. Vliv má dvojitý charakter. Efekt na samotnou velikost řezné síly, a to podle chladicích, mazacích a řezacích účinků, a podíl na celkové spotřebě stroje daný energií potřebnou pro samotnou přípravu prostředí (filtrace, přečerpávání, chlazení apod.). Tento podíl může být velmi výrazný. S rostoucími možnostmi volby řezného prostředí rostou také nároky na technické pracovníky, návratnost je však zajištěna díky úspoře nákladů, ať již ve formě úspory energie nebo spotřeby nástrojů, kapalin či vyšší kvalitou výroby.

Virtuální modelování pro optimalizaci strojů a technologií

Virtuální model stroje a řezného procesu zahrnuje popis vazeb mezi CNC řízením stroje, řízením pohonů, mechanickou stavbou pohonů a stroje a řezným procesem pro kontrolu optimálního nastavení řízení a součinnosti celého řetězce vazeb řízení a mechanické stavby stroje lze výhodně použít pro ověření vyvíjené technologie. Model vytvořený ve RCMT využívá jader skutečných řídicích systémů Siemens nebo Heidenhain, které zaručují plnou věrohodnost časových simulací obrábění. Specifickou vlastností řešení RCMT je zahrnutí dynamiky nosné struktury stroje a propojení s modelem nástroje a obrobku.

Modelovou interakci nástroje s obrobkem zaručují výpočty řezných sil, které jsou měřítkem zatížení nástroje, pohonů a vřetena. Přímo z výstupů simulací virtuálního obrábění lze odečíst jak proudovou spotřebu pohonů pohybových os, tak momentové nároky na pohon vřetena.

Shrnutí

Energetické hledisko je nezbytnou součástí hodnocení procesu obrábění, doplňující kritéria kvality, přesnosti a času obrábění. Snížení spotřeby energie má přímý vliv na snižování celkových výrobních nákladů. Praktické zkušenosti RCMT a jeho průmyslových partnerů ukazují, že významný vliv na celkovou spotřebu má jak volba typů a nastavení chodu periférií stroje, tak celkové nastavení obráběcího procesu – počínaje přípravou NC kódu, nastavením parametrů pohonů a interpolátoru stroje až po volbu řezných nástrojů, řezných podmínek a řezných médií. Tuto komplexní problematiku je také možné simulovat virtuálním modelem stroje a procesu.

ING. JIŘÍ VYROUBAL, PH.D.

ČLÁNEK BYL VYTVOŘEN

S FINANČNÍ PODPOROU TA ČR (TE01020075).



FIREMNÍ ZKUŠENOSTI SE SNIŽOVÁNÍM SPOTŘEBY ENERGIE

www.mmspektrum.com/141121

V oblasti snižování energetické náročnosti provozu obráběcích strojů jsou aktivní a úspěšné i české firmy. Mezi lídry patří firmy Tajmac-ZPS, Kovosvit MAS, TOS Varnsdorf a TOS Kuřim-OS, které se touto problematikou zabývají již pět let. Jejich vývojové aktivity na tomto poli byly v minulých letech podpořeny Ministerstvem průmyslu a obchodu v rámci projektu FR-TI3/655 – Ecodesign ve stavbě obráběcích strojů. V současné době je téma snižování spotřeby energie řešeno v rámci projektu Centrum kompetence Strojírenská výrobní technika, finančně podpořeného Technologickou agenturou České republiky.

Požádali jsme zástupce firem o jejich pohled na tuto problematiku a závěrem pak o některé příklady z jejich praxe.

Zástupci firem odpověděli na dvě otázky:

- 1. Jak významné je téma snižování spotřeby energie pro zvýšení konkurenceschopnosti vašich strojů? Můžete posoudit současnou situaci a výhled do blízké budoucnosti?**
- 2. Pomohla spolupráce s výzkumným centrem RCMT k dosažení cílů v oblasti snižování spotřeby energie v provozu vašich strojů?**



Ing. Jiří Mindl
technický specialista Kovosvit MAS, a. s.

Odpověď 1:

Snižování spotřeby energie u obráběcích strojů nelze oddělit od celkového efektu, který od nového stroje očekává uživatel – zákazník. Komponenty instalované na testovací stroj ve vlastní výrobě jsou dražší než standardně používané. Musíme proto uživateli prokázat, že se vyplatí investovat větší částku do pořízení stroje. Tato investice se mu bude postupně vracet v efektivnějším využití stroje. Již dnes se zejména v Německu objevují požadavky na zpracování energie-

tického auditu stroje ve fázi přípravy investice. Z praxe víme, že to, co se objeví v Německu, se v brzké době stane standardem minimálně v Evropě. Proto je téma snižování energetické náročnosti strojů aktuální a jeho význam se bude zvyšovat. Zároveň se jako výrobci obráběcích strojů musíme vyrovnávat s protichůdným požadavkem na zvyšování produktivity obráběcího stroje – obrobit rychleji, přesněji, s minimální manipulací s obrobkem. Téma snižování spotřeby energie obráběcího stroje bude vždy spojeno s hodnocením celkové výkonnosti a efektivity obráběcího procesu. Jednoduše řečeno – obrobit požadovaný obrobek za minimální náklady. Významnou váhu zde tedy má energetická náročnost obráběcího stroje, ale i použitá technologie – nástroje, optimální strategie obrábění (program), příprava nástrojů, manipulace s polotovarem a nástroji.

Odpověď 2

Formulace otázky vede k pokušení odpovědět velmi stručně „ano“. Považuji však za nutné to více rozvést. Spolupracujeme s RCMT již od jeho vzniku, za tuto dobu jsme společně řešili řadu projektů. Naše společnost je zároveň jedním z průmyslových podniků, které spoluřeší nový projekt Centrum kompetence – Strojírenská výrobní technika. Spolupráce s pracovníky RCMT vnáší do řešení jednotlivých problémů jiný pohled, nezatížený „podnikovou praxí“. Takže závěrem – pomohla, stejně jako nám pomáhá i při řešení jiných problémů. Pracovníci RCMT si spoluprací s naší společností zvyšují své kompetence, mají bezprostřední zpětnou vazbu při praktické realizaci navržených řešení.

Příklad z firemní praxe:

Zaměřili jsme se na snížení spotřeby energie pětiosého frézovacího centra MCU630V-5X. Na testovaném stroji ve vlastní výrobě

byla nainstalována nová dvouokružová lednice pro chlazení motorů stolu a elektrického rozvaděče. Další změnu představuje nasazení další chladicí jednotky pro vřetenou řízené podle rozdílu teplot okolí a vřetenou, nová filtrační stanice emulze s vysokotlakým čerpadlem středového chlazení, které je řízeno frekvenčním měničem v závislosti na požadovaných parametrech chladicí emulze. Stroj je osazen LED osvětlením a automatickým odloženým odpojením silových obvodů stroje po skončení obrábění (stand-by režim). Celkově bylo na stroji pracujícím ve třisměnném provozu dosaženo snížení spotřeby energie o cca 25 %.



Ing. Radomír Zbožínek
technický ředitel Tajmac-ZPS, a. s.

Odpověď 1:

Odběratel v prvním okamžiku preferuje technologické možnosti stroje a poměr cena/výkon. Nicméně samotné provozní náklady spojené jak se spotřebou energií, tak případným servisem jsou vždy dalším významným aspektem pro jeho rozhodnutí. Takže ekologičnost provozu stroje v pozitivním slova smyslu tvoří a bude stále více tvořit výraznou premisu při jeho výběru. Účelné využití používaných energií je i naší morální povinností.

Odpověď 2:

Energetickou bilanci se na našich strojích zabýváme dlouhodobě. Spolupráce s RCMT byla dalším impulzem a výzvou ke zvýšení úsilí věnovaného této problematice, obzvláště nyní, kdy otázky energetické samostatnosti jsou citlivým a aktuálním tématem. V neposlední řadě pak byla iniciátorem dalších pohledů na problematiku snižování energetické náročnosti strojů a metod k jejímu provedení. Energeticky úsporná opatření postupně zavádíme do všech strojů naší produkce.

Příklad z firemní praxe:

Naše firma úspěšně ověřila možnosti úspor energií na multifunkčním portálovém centru Turnmill 1250. Na stroji byly provedeny úpravy pro snížení spotřeby energie ve výrobním i nevýrobním režimu. Změny se dotkly návrhu hibernačních režimů, nespojitě pracujícího dopravníku třísek, instalace energeticky úsporného osvětlení pracovního

prostoru, kontroly spotřeby tlakového vzduchu a frekvenčně řízeného vysokotlakého čerpadla chladicí emulze. Výsledkem jsou významné úspory energie cca 15 % v produktivním a cca 30 % v neproduktivním režimu při zachování užitečných vlastností stroje. Při vytřížení stroje na tři směny přinášejí tyto úspory zajímavou ekonomickou výhodu uživateli.



Ing. Tomáš Kozlok
odpovědný za dotační vývojové projekty ve společnosti TOS Varnsdorf, a. s.

Odpověď 1:

Téma snižování spotřeby energie je všudypřítomné. My jako výrobci obráběcích strojů jsme z velké části odkázáni na výrobce komponent, které jsou ve stroji použity. Tuto část můžeme jen těžko ovlivnit, je však třeba říci, že tito výrobci se snaží své výrobky neustále zlepšovat a snižovat jejich energetickou spotřebu. Co můžeme ovlivnit, je způsob řízení celého stroje – zde se snažíme využívat jen ta zařízení stroje, která jsou nezbytně nutná v danou chvíli pro jeho správnou funkci. Veškeré inovace vedoucí ke snížení spotřeby energie jsou ihned zařazeny do standardního provedení daného typu stroje. Z pohledu zákazníků však zatím enormní tlak na snižování energetické náročnosti našich strojů neznamenáváme. Prioritou pro zákazníky je kvalita stroje, dosažitelná přesnost obrábění, cena stroje, servisní podmínky a obecně poprodejní péče o zákazníka. Troufám si říci, že v nejbližší době se toto příliš nezmění, zejména přihlídnou-li k faktu, že se zvyšují požadavky na multifunkčnost a bezobslužnost strojů, což s sebou nese další instalovaná zařízení, která spotřebu energie spíše zvyšují.

vaná zařízení, která spotřebu energie spíše zvyšují.

Odpověď 2

Spolupráce s RCMT byla v této oblasti zcela zásadní. Veškeré návrhy a úpravy byly realizovány v rámci společného dotačního projektu FR-TI3/655 realizovaného za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím MPO. Vzájemnými konzultacemi byly navrženy možné oblasti úspor, které byly posléze realizovány. Pracoviště RCMT disponuje potřebnou měřicí aparaturou, díky které bylo možné docílené úspory změřit a vyhodnotit.



Ing. Petr Kupka
technický specialista
v TOS Kuřim – OS, a. s.

Odpověď 1:

Téma snižování spotřeby energie je od našich zákazníků stále více žádané. Při řízení velkých obráběcích center z naší produkce si zákazníci volí takové parametry, aby byli schopni řešit co nejvíce svých potřeb, nicméně ne vždy jsou vyžadovány maximální výkonové parametry strojů. Z těchto důvodů je velmi důležitá schopnost stroje optimalizovat jeho výkon podle aktuálních potřeb při obrábění. Další oblastí pro úspory energetických nákladů jsou tzv. „seřizovací módy“ – jde o ustavování strojních dílců na plochu obráběcího stroje. U velkých obráběcích center a tvarově složitých obráběcích dílců má spotřeba energie při seřizovacím režimu také velmi významnou roli, proto je zapotřebí s těmito vedlejšími časy na stroji počítat a optimalizovat jejich energetickou náročnost. Naše společnost

dodává stroje zákazníkům do celého světa, a i když v současné době někteří zákazníci nemají o problematiku ekodesignu velký zájem, považujeme tuto záležitost za velmi důležitou a musíme být připraveni reagovat na požadavky zákazníků v blízké budoucnosti. Od této připravenosti očekáváme velkou konkurenční výhodu.

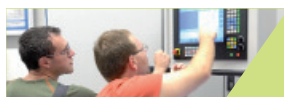
Odpověď 2

Přes velký rozsah portfolia našich strojů není pro tyto činnosti vytvořen v rámci TU specializovaný výzkum a vývoj. Bez aktivní účasti RCMT bychom nebyli schopni realizovat úpravy a vylepšení obráběcích strojů v takové výši jako nyní.

RCMT -provádí návrhy oblastí obráběcích strojů pro efektivní energetickou úsporu, provádí měření a monitoring energetické náročnosti jak původního, tak upraveného provedení a výsledky zpracovává do výzkumných zpráv, které slouží jako podklad pro aplikaci úprav dalších strojů stejného typu do sériové výroby. Spolupráce s RCMT probíhá zpravidla nejprve na nově vyráběných strojích ve vlastní výrobě, kde se jednotlivé aplikace úprav z oblasti ekodesignu provedou, změří a vyhodnotí – jak po stránce zvýšených finančních nároků na pořízení komponent umožňujících aplikaci ekodesignu, tak po stránce samotné úspory energetických nákladů při reálném provozu. Následně se mohou navržená opatření zavést do sériové výroby.

Příklad z firemní praxe:

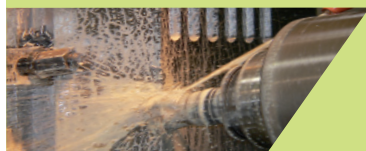
Naše firma úspěšně vyzkoušela snížení spotřeby energie na dvou svých produktech. Na horizontální frézce FUEQ 125 WR/5 byly po sérii měření realizovány modifikace hydraulických a mazacích agregátů, optimalizace chlazení elektrorozvaděčů, emulzního hospodářství pro chlazení rezných nástrojů a úpravy ofuků vřetena při výměně nástrojů a účinnějších spínaných zdrojů napětí 24 V. Celkově bylo dosaženo úspor spotřeby energie na úrovni přibližně 20 %. Ve druhém případě došlo k úpravě nastavení hydrostatického agregátu uložení otočného stolu KES 300, které snížilo spotřebu energie o 40 % při zachování požadovaných parametrů hydrostatického okruhu.



VÝZKUMNÉ CENTRUM PRO STROJÍRENSKOU VÝROBNÍ TECHNIKU A TECHNOLOGII

Ústav výrobních strojů a zařízení

www.rcmt.cvut.cz



Váš partner pro energetický audit strojů a procesů

- Nabízíme**
- měření příkonů strojních zařízení,
 - energetický audit strojů a výrobních procesů,
 - návrhy opatření pro snížení nákladů.



135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii