

VYRÁBĚT STEJNĚ ZA MĚNĚ – ENERGETICKÁ EFEKTIVITA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

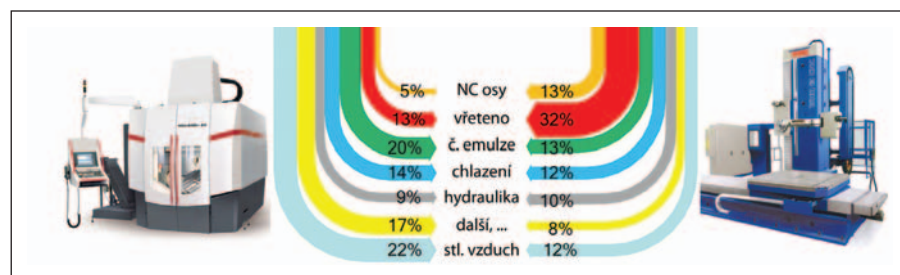
www.mmspektrum.com/131125

VCSVT, FS ČVUT v Praze

Energetická efektivita výrobních strojů – s vazbou na ekologii – má čím dál větší význam. Na světových výstavách v čele s EMO Hannover 2013 byla patrná snaha výrobců nabídnout zákazníkovi nejen stroj s potřebnými uživatelskými vlastnostmi, ale i stroj pracující energeticky úsporně. Je také zřejmá vyšší informovanost zákazníků a do obecného povědomí se dostává čím dál více informací o řešeních, která zajišťují stejné uživatelské vlastnosti při snížené spotřebě energie.

Se spotřebou elektrické energie během provozu stroje je velmi přímo spjat i jeho vliv na životní prostředí. Proto, bavíme-li se o ekodesignu strojů, jde zejména o jejich energetickou efektivitu při jejich provozu. Následující článek (navazující na sérii článků zveřejněných v MM Průmyslovém spektru 11/2012) popisuje aktuální poznatky o možnostech snižování spotřeby energie, získané během řešení několika projektů s českými výrobci obráběcích strojů.

se. Teprve ze středních výkonů plyne význam jednotlivých spotřebičů a jejich prioritizace energetické optimalizaci. Snadno se totiž může stát, že významnějším než pohony všech lineárních os se u malého frézovacího centra stane např. odsávání mlhy z pracovního prostoru, přestože má zlomkový instalovaný výkon. Pro korektní stanovení středních příkonů komponent strojů je nejlepší provést měření s vícekanálovým wattmetrem během typických pracovních režimů.



Podíl jednotlivých částí stroje na jeho celkové spotřebě energie, měřeno při referenčním pracovním režimu. Menší frézovací 5osé centrum (vlevo) a horizontální frézovací/vyvrtačací stroj (vpravo).

Instalovaný/maximální/střední výkon

Standardním parametrem stroje je jeho katalogový instalovaný příkon uváděný v kVA (zdánlivý výkon), podle kterého se také dimenzují jističe a přívodní kabely a který má vliv na výši plateb za elektrickou energii. V praxi nikdy neběží všechny komponenty stroje na maximální výkon současně, a pokud bychom jen sečetli všechny výkony dohromady, dostaneme nereálně vysoké číslo. To platí zejména u servopohonů interpolujících os, které dosahují špiček příkonu pouze krátkodobě a v jiných okamžicích než např. vřeten. Proto se hodnota empiricky krátí tak, aby představovala limit, který v praxi nebude překročen.

Instalovaný výkon je však stále velmi vzdálen střednímu příkonu, tedy aritmetickému průměru za delší pracovní čas. Ten zohledňuje nejen nominální pracovní výkon/příkon komponent stroje, ale i jeho rozložení v ča-

Standardní skupiny spotřebičů

Obráběcí stroje obsahují mnoho komponent a dílčích spotřebičů energie. Je však možné od sebe rozlišit tři základní skupiny:

- 1) numericky řízené hlavní a vedlejší pohony;
- 2) další elektrické spotřebiče (čerpadla pro chlazení rezného procesu; hydraulika pro upínání nástroje a další pomocné funkce; chlazení pohonů stroje klimatizace rozvaděče a další spotřebiče);
- 3) u strojů připojených na společné rozvody stlačeného vzduchu (prakticky všechny obráběcí stroje) elektrický ekvivalent spotřeby vzduchu.

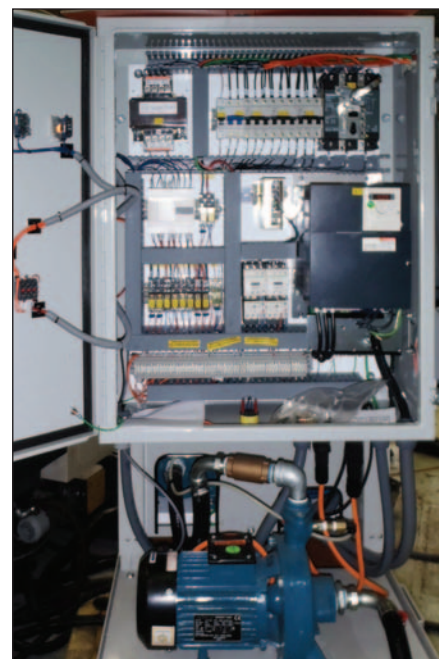
U první skupiny spotřebičů, servopohonů pohybových os, nelze hledat velký potenciál pro úspory. Jejich spotřeba je přímo dána požadavkem na dynamiku a rezný proces a úspora by měla negativní vliv na užít-

né vlastnosti stroje. Ani snížení pohyblivých hmot, experimentálně testované na stojanu horizontálního frézovacího stroje odlehčeného o 40 %, nevedlo k celkové úspoře energie u pohonů. Důvodem je vysoká účinnost servomotorů a schopnost měničů rekuperovat brzdovou energii zpět do systému. Určitý efekt však může mít snížení pasivních odporů uložení, náhonu a případně převodovky vřeten, například snížením viskozity maziva.

U třetí skupiny, komponentů pro rozvod a využití stlačeného vzduchu, je vhodné minimalizovat zejména tlaky a množství vzduchu využívaného ke stálým funkcím, jako přetlakování vřeten či ofuky pravítek odměřování. Pro přepočítání průtoku vzduchu na elektrický ekvivalent je možné využít zjednodušeného poměru: 1 l.min⁻¹ je cca 30 W, platí pro systémy s provozním tlakem 6 bar. Pokud měření u standardního frézovacího stroje odhalí fixní průtok větší než cca 100 l.min⁻¹, je to obvykle signál pro hledání možností úspor.

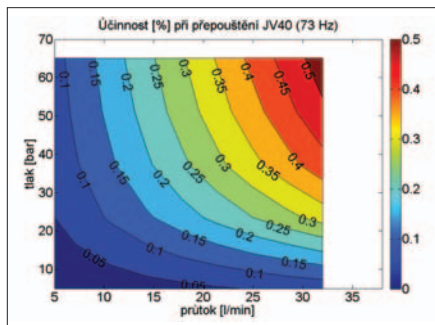
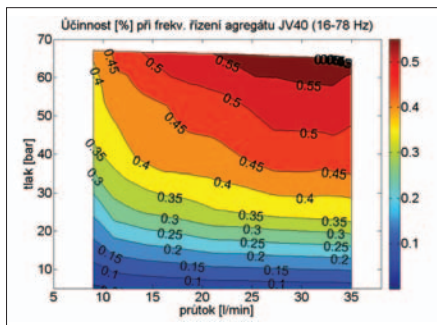
Periferie v centru zájmu

Nejzajímavější z pohledu úspor je většinou druhá skupina spotřebičů, kterou tvoří různé periferie strojů. Mezi ně patří i složitější celky, jako je výměna nástrojů či palet, typickým představitelem však jsou systémy hospodaření s kapalinami a zejména mnoho čer-



Rozvaděč vysokotlakého čerpadla ChipBlaster JV40 s frekvenčním řízením 15–80 Hz na požadovaný tlak, instalovaný příkon 5,6 kW

padel. Pokud se podíváme na střední příkony periférií, tedy kombinaci instalovaných příkonů a reálného využití komponent (jak je uvedeno na prvním obrázku), u většiny obráběcích strojů zjistíme, že nejjednodušší a neefektivnější jsou úspory právě v této oblasti.



Mapy účinnosti (poměr mezi hydraulickým výkonem a elektrickým příkonem) získané měřením na vysokotlakém emulzním agregátu ChipBlaster JV40 při použití frekvenčního řízení (vlevo) a pouze s přepouštěčím ventilem (vpravo)

Hydraulika bez přepouštění

Stále rozšířeným je u obráběcích strojů přístup, kdy je požadovaný tlak v okruhu hydrauliky nastaven pomocí přepouštěcího ventilu a čerpadlo běží prakticky nonstop. Výhodnější je využít aktivní regulace On/Off a sedlového ventilu za vhodně dimenzovaným akumulátorem, neboť hydraulika plní jen velmi krátkodobé mechanické funkce. U dvou obráběcích strojů v partnerských podnicích byla provedena výše popsaná záměna a bylo dosaženo nadpoloviční úspory energie.

Frekvenční řízení

vysokotlakých čerpadel řezné kapaliny

Následující příklad ilustruje rozdíl mezi frekvenčním řízením a standardním přepouštěním u vysokotlakých čerpadel využívaných pro chlazení řezného procesu středem nástroje. Vysokotlaká čerpadla pracují na geometrickém principu, průtok je přibližně úměrný otáčkám motoru, tedy frekvenci napájení. Frekvenčně řízená čerpadla obsahují řídicí jednotku, která sleduje výstupní tlak a otáčky motoru upravuje podle potře-

by, obvykle v rozsahu 15–80 Hz. Regulace přepouštěčím ventilem znamená to, že při daném tlaku je část kapaliny akceptována systémem nástroje, zbylý průtok je však přepouštěn za plného tlaku zpět do nádrže. Záleží pak na počtu a průměru otvorů v nástroji, jak velký podíl energie se bez užítku maří. Obrázky představují změněné mapy účinnosti při obou typech řízení.

Z měření jasně vyplývá, že pokud se požadavky na tlak a průtok v praxi mění a všechny technologie nevyžadují, aby čerpadlo pracovalo na svůj maximální průtok (resp. daný nástroj není schopný při nastaveném tlaku pojmout dodávaný objem), je frekvenční řízení výraznou výhodou. Variabilní požadavky jsou realitou většiny aplikací vysokotlakého chlazení obráběcího procesu a frekvenční řízení šetří desítky procent energie.

Případová studie – trojitá úspora

Následující studie vychází z měření na reálném obráběcím stroji, na kterém chlazení řezného procesu zajišťuje řezný olej, který je potřeba dochlazovat na teplotu okolí pomocí okruhu napojeného na hlavní vanu čerpadla.

Základní požadavky referenční technologie jsou: řezný výkon 5 kW s potřebou vysoc-

Placená inzerce

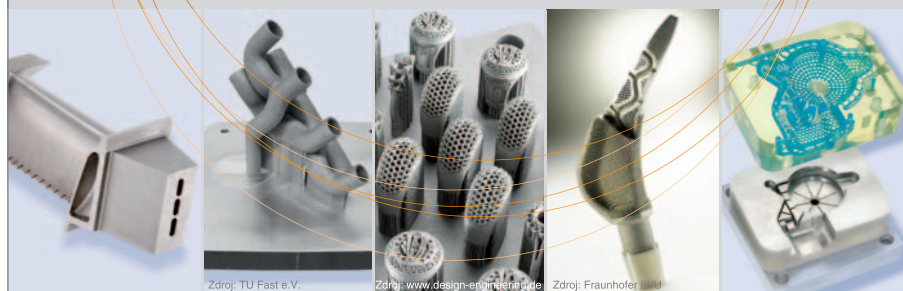
CONCEPTLASER

hofmann innovation group

Systémy
pro laserové
spékání kovů



GEOMETRIE BEZ HRANIC S LaserCUSING®



Zdroj: TU Fast e.V.

Zdroj: www.design-engineering.de

Zdroj: Fraunhofer IPT



Školicí a předváděcí středisko Misan s.r.o.

Ke Vrutici 1795

Lysá nad Labem 289 22

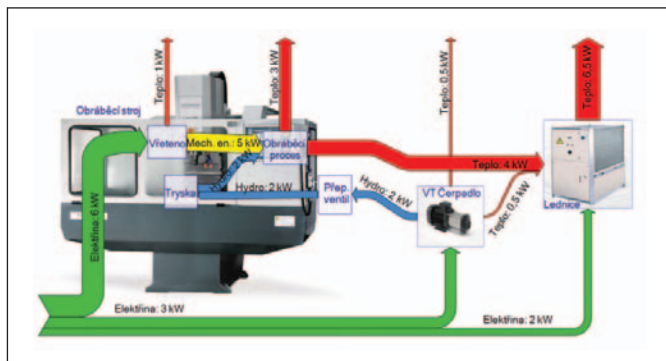
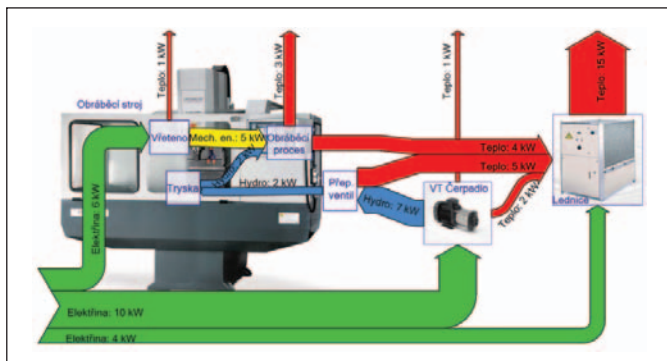
tel.: +420 325 551 440, fax: +420 325 551 062

service hotline: +420 602 311 796,

servis@misan.cz

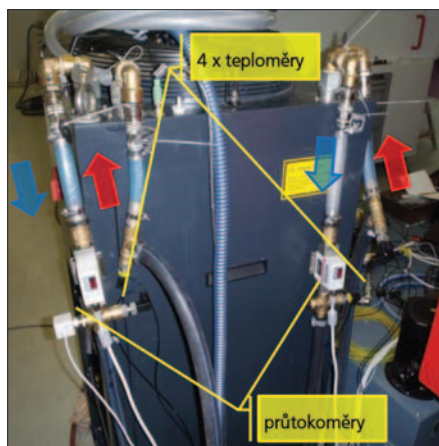
lysa@misan.cz www.misan.cz

s.r.o. Misan
Obráběcí stroje a nástroje



Vizualizace energetických toků: celkový příkon včetně, čerpadla a chlazení činí v původní konfiguraci cca 20 kW (první obr.), kdežto při využití frekvenčního řízení je o cca 9 kW nižší.

kotláckého chlazení o tlaku 60 bar, při kterém daný nástroj akceptuje 20 l.min⁻¹ kapaliny. To odpovídá hydraulickému výkonu 2 kW. Kvůli připravenosti stroje na technologie a nástroje vyžadující ještě intenzivnější chlazení a vyplavování třísek však bylo požadováno čerpadlo s instalovaným hydraulickým výkonem až 7 kW (70 l.min⁻¹ při 60 bar). Chladicí výkon lednice je pak dán součtem tepelného výkonu odebraného kapalinou z řezného procesu a tepla z agregátu tvořeného hydraulickými ztrátami na čerpadle a ztrátami na pojistném ventilu nastavujícím maximální tlak v systému.



Měření chladicích výkonů na dvouokruhové chladicí jednotce HYDAC

U varianty s přepouštěcím ventilem je čerpadlo neohledně na technologii zatíženo svým maximálním tlakem, dodává nominální průtok a spotřebovává instalovaný příkon, tj. cca 10 kW. U varianty s frekvenčním řízením pro danou technologii kompletně odpadá přepouštění, agregát měří tlak dodávaný do systému a jemu přizpůsobuje otáčky motoru čerpadla. Při nástrojích s malým počtem otvorů tak stačí nižší otáčky pro dosažení stejného efektu z pohledu technologie. V našem referenčním případě tak potřebujeme pouze příkon cca 3 kW.

Po investici do frekvenčního řízení vysokotlakého čerpadla už jenom spojíme, a to rovnou třikrát: na příkonu vysokotlakého čer-

padla, na příkonu chladnice a při nákupu chladnice, neboť stačí dimenzování na nižší chladicí výkon.

Energeticky efektivní chlazení

Přestože je snahou minimalizovat ztrátové teplo v komponentech (typicky hlavní pohony, převodovky, skříň rozvaděče), určité teplo je potřeba odvádět od stroje pomocí chladicích okruhů. Kapalina v těchto okruzích je pak dochlazována buď ve výměnících kapalina/vzduch nebo v kompresorových chladicích jednotkách. Tyto kompresorové jednotky však obvykle ztrácejí svou nominální energetickou efektivitu (poměr mezi chladicím výkonem a elektrickým příkonem) při nižším než nominálním vytížení. Velmi důležité je tak znát skutečné potřebné chladicí výkony, které lze zjistit pouze měřením, a chladicí jednotky správně dimenzovat.

Shrnutí

Po provedených měřeních spotřeby energie na mnoha obráběcích strojích, od malých frézovacích center a vícevětenových automatů po velké karusely a horizontky, lze udělat několik následujících závěrů.

Spotřebu energie nelze příliš ovlivnit u numericky řízených pohonů hlavních a vedlejších os. Tam jsou požadavky jasně definované technologií a při aktuální účinnosti servomotorů není příliš prostoru pro zlepšení. Větší potenciál je však na úrovni pomocných funkcí – periférií, jako je systém hydrauliky, čerpadla pro chlazení řezného procesu nebo rozvodu stlačeného vzduchu.

Aktuálně se ukazuje, že stroje konstruované, montované a provozované standardním způsobem často obsahují jednu nebo více energetických „černých děr“. Těmi jsou např. příliš velké tlaky a úniky stlačeného vzduchu nebo emulzní čerpadla pracující na plný výkon i v situacích, kdy to není technologicky opodstatněné. Jejich nápravou je často možné uspořit až několik desítek procent celkového příkonu při relativně nízkých nákladech.

Jakmile stroj už jednou prošel úpravami pro snížení energetické náročnosti a byly napraveny hlavní nedostatky, je náročné hledat

další zlepšení a bojuje se doslova o procenta.

V centru zájmu také stále zůstává celková produktivita stroje a jeho tradiční užité vlastnosti, neboť energii je potřeba vztahovat ne na jednotku času, ale na hotový dílec. Velký potenciál tak mají i opatření na straně uživatelů strojů, kteří volí výrobní strategie, nástroje, podmínky a stroj obsluhuji.

ING. TOMAŠ HOLKUP, PH.D., A KOL.

V článku byly použity informace získané během řešení projektu „FR T13/655 – Ecodesign ve stavbě obráběcích strojů“ podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR.



Autor článku Tomáš Holkup se problematikou ekodesignu intenzivně zabývá již dlouhou dobu. Je zodpovědný za FS ČVUT na řešení projektu TIP Ministerstva průmyslu a obchodu ČR Ecodesign v konstrukci obráběcích strojů a dále je v Centru kompetence – Strojírenská výrobní technika manažerem pracovního balíčku WPO5 Ecodesign obráběcích strojů a šetrné využití zdrojů ve výrobě. Doktor Holkup též zastupuje Českou republiku na mezinárodních setkáních členů pracovní skupiny ISO/TC39/WG12, jež již naplní je příprava normy ISO 14955 Environmental evaluation of machine tools.