

## 9.2 PRAKTICKÉ POZNATKY Z KONSTRUKCE CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

**Volbou příslušného stavebního elementu skupiny obráběcího stroje může konstruktér velmi významně ovlivnit jeho výsledné chování při obrábění. Realitě chování stroje v řezném procesu se lze přiblížit výpočtovým modelováním mechatronických soustav, některé vlastnosti je však možné zjistit pouze zkoušením. V následujícím textu vám přiblížíme aplikaci některých konstrukčních prvků v obráběcích strojích a jejich chování.**

### Vliv typu spojky na chování posuvové osy

Spojka mezi servomotorem s vloženou převodovkou a kuličkovým šroubem má plnit úlohu přenášení rotačního pohybu pokud možno se stejnou úhlovou rychlostí a stejným krouticím momentem z výstupu převodovky na kuličkový šroub. Při plnění této funkce je důležitým parametrem vůle spojky u přenosu rotačního pohybu a také její torzní tuhost. Byl porovnáván vliv dvou různých typů spojek použitých pro spojení výstupní hřídele převodovky a kuličkového šroubu na regulaci osy obráběcího stroje. Měření probíhalo na CNC horizontálním vyvrtávacím stroji WFT 13 CNC s řídicím systémem Fanuc 31iA (obr. 9.2.1). K odečítání veličin a vykreslování grafických průběhů byl použit software Fanuc Servo Guide.

Porovnání výše uvedených vlastností bylo realizováno na následujících dvou konstrukčně odlišných spojkách: spojce EK2 450 (obr. 9.2.2) a spojce BKL 500 (obr. 9.2.3).

Obrázek 9.2.4 představuje grafický průběh polohové odchylky při skokové změně

na posuvové ose. Na tomto průběhu jsou vyznačena místa A a B. Oblast A vypovídá o torzní tuhosti dané spojky, oblast B o její vůli. Jak je patrné, průběh tvaru polohové odchylky v těchto oblastech je závislý na torzní tuhosti a vůli spojky.

Na obr. 9.2.5 je zobrazen detailní náhled oblasti A. Na tomto výřezu je grafický průběh polohové odchylky (fialový průběh) a polohové zpětné vazby z lineárního odměřování (pravítka) – modrý průběh. Z grafu je patrná oblast, kde i přes rotační pohyb servomotoru nebyl realizován pohyb dané osy. Po tuto dobu docházelo k „napružení“ celé soustavy včetně spojky. Jelikož měření obou spojek probíhalo jednotlivě na stejné soustavě (stejný stroj, stejná osa), lze vliv pružnosti spojky z této oblasti pro obě měření porovnat. Nicméně hodnotu pružnosti spojky určit nelze, neboť se zde promítá i pružnost celé soustavy. Jelikož soustava byla pro obě měření shodná, lze tyto oblasti pro obě měření poměrově porovnat.

Obrázek 9.2.6 zobrazuje detailní náhled oblasti B. Na tomto náhledu je gra-

fický průběh polohové odchylky (fialový průběh) a polohové zpětné vazby z lineárního odměřování (pravítka) – modrý průběh. Z grafu je patrná oblast, kde docházelo k ustálení požadované polohy servoosy v zastaveném stavu. Po tuto dobu docházelo k polohování osy se dvěma překmity v požadované poloze. Tvar a velikost tohoto polohování dominantně ovlivňuje kromě nastavení regulátorů a zpětných vazeb polohy také vůle spojky. Čím je vůle spojky větší, tím je regulace pohonu pro dosažení požadované polohy náročnější a kvalitativně horší (trvá déle s více překmity). Hodnotu vlivu vůle spojky na toto polohování nelze z grafu přímo odečíst, neboť se zde projevuje kromě vůle spojky i „offset vůle“ celé soustavy. Jelikož soustava byla pro oboje měření shodná (shodné bylo i nastavení pohonu), lze tyto oblasti pro obě měření poměrově porovnat.

Jak vyplývá z předchozích obrázků, druh použité spojky v konstrukci (spojka EK2 450, BKL 500) má významný vliv na průběh rozjezdu osy ze statického stavu (tzv. utrhnutí osy) i na následné koncové polohování při nájezdu do požadované polohy (doba tohoto polohování a počet překmitů požadované polohy). Tyto vlastnosti nebylo možné měřit přímo, neboť na jejich velikost a průběh má vliv kromě nastavení regulačních smyčky i řada dalších vlivů mechanických vlastností daného stroje. Jelikož měření bylo



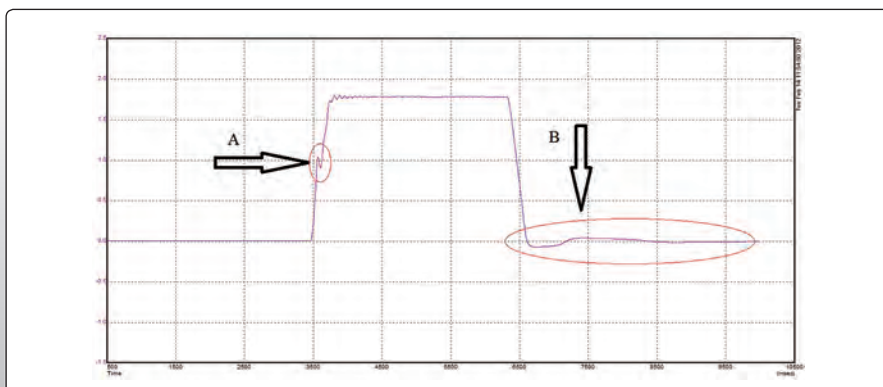
Obr. 9.2.1: CNC vyvrtávací stroj WFT 13 CNC [Femat]



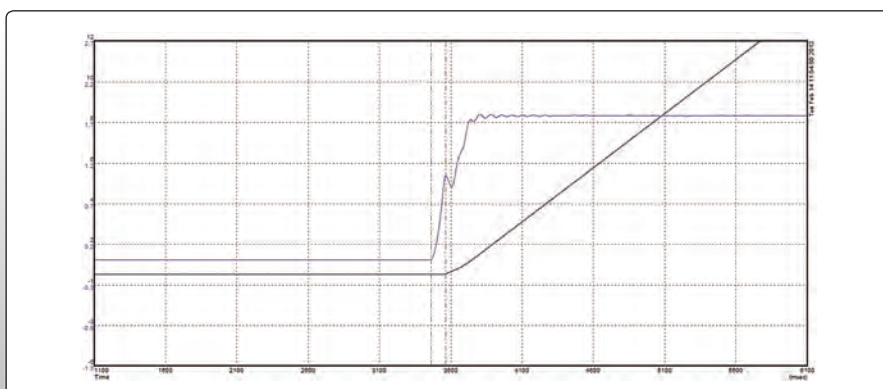
Obr. 9.2.2: Spojka s pružným elementem typ EK2 450 elastomer B (64 Shore D) [R+W] [REM technik]



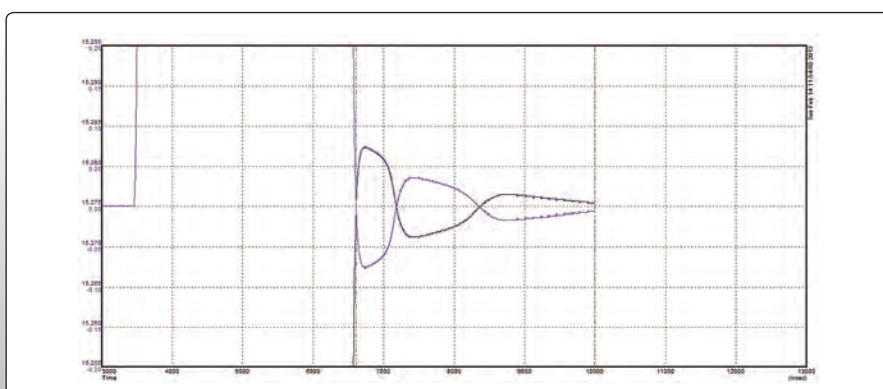
Obr. 9.2.3: Vlnovcová spojka typ BKL 500 v [R+W] [REM Technik]



Obr. 9.2.4: Grafický průběh polohové odchyly při skokové změně [Fermat]



Obr. 9.2.5: Detailní náhled části oblasti A [Fermat]



Obr. 9.2.6: Detailní náhled oblasti B [Fermat]

	Spojka EK2 450	Spojka BKL500
<b>Oblast A – velikost „napružení“ [-]</b>	0,137	0,05
<b>Oblast A – doba „napružení“ [ms]</b>	106,42	89,53
<b>Oblast B – doba „polohování“ [ms]</b>	2 060,81	1 054,05

Tab. 9.2.1: Srovnání diskutovaných vlastností osy pro oba typy spojek [Fermat]

prováděno na stejném stroji a na stejné ose (ale vždy s jinou spojkou), bylo možné provést poměrové srovnání těchto vlastností. Výsledné hodnoty měření jsou uvedeny v tabulce 9.2.1.

Při konstrukčním návrhu je potřeba vždy zvolit správné řešení s ohledem na funkci obráběcího stroje. Je nutné porovnat i klady a zápory každé spojky.

#### Typ EK2 450

- klady: relativně nízká cena, použitelné pro spojení s nízkým dynamickým namáháním
- zápory: při dlouhodobém namáhání a maximálním dovoleném využití geometrických nepřesností nutnost přenastavování parametrů regulační smyčky, což způsobuje problém s hledáním závady s možným rozkmitáním osy

#### Typ BLK 500

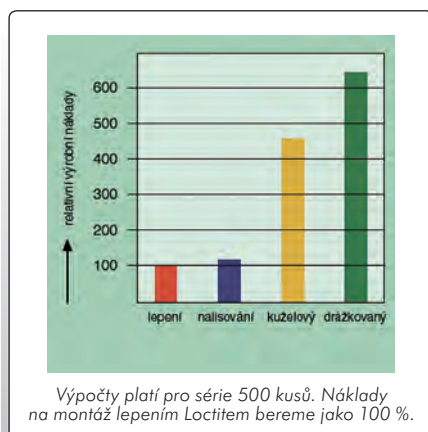
- klady: dobré spojení s vyšším dynamickým namáháním, i při dlouhodobém namáhání na maximální dovolené využití geometrických nepřesností není nutné přenastavování parametrů regulační smyčky
- zápory: vyšší cena, možnost prasknutí vlnovce (zároveň ale jednoduché nalezení závady)

Jak ukázalo měření představené v tab. 9.2.1, použitím spojky BKL 500 namísto spojky EK2 450 dojde k výraznému zlepšení chodu dané osy.

#### Využití lepených válcových dílů

Chemický průmysl vyvinul a vyvíjí lepidla pro použití i ve strojírenství. Celá řada lepidel je určena k lepení kovových dílů. Využití se rozšiřuje i na lepení řemenic, ozubených kol a jiných rotačních součástí na hřídele bez použití per, klínů a tvarových spojů. Lepidlo je použito pro přímé spojení dvou rotačních součástí. Přenáší také kroučící moment. Zavedením této technologie se docílí levnějšího a rychlejšího řešení. Běžně používaná lisovaná uložení za tepla i za studena nebo s kuželovým čepem jsou hospodárná, nevznikají nevýhody a není zapotřebí axiálních upevnění. Mají však své nevýhody. Jsou to vysoké výrobní náklady (obr. 9.2.7) a vznikají napětí v součástech vedoucí k jejich možnému porušení.

## 9.2 PRAKTICKÉ POZNATKY Z KONSTRUKCE CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ



Obr. 9.2.7: Srovnání výrobních nákladů pro nejobvyklejší montáž válcových součástí [www-1]

Přenosy zatížení tvarem i třením jsou náchylné k tzv. červené korozi, způsobené třením i napětím. Příčinou jsou mikropohyby vedoucí i ke zrychlenému opotřebení a případnému selhání. Existují dva způsoby lepených spojení válcových součástí – obr. 9.2.8 [www-1]:

- lepená svrná uložení – části jsou opracovány s vůlí a vytvrzené lepidlo přenáší zatížení;
- lepená uložení lisovaná za studena/tepla – zatížení se přenáší vytvrzeným lepidlem i třením díky lícování s přesahem.



Obr. 9.2.8: Druhy lepení válcových spojů [www-1]

Výhody lepeného spoje jsou následující [www-1]:

- zlepšuje nebo nahrazuje mechanická spojení;
- vylučuje vznik třecí koroze;
- umožňuje pevnější a tužší spoje;
- vylučuje vůli u per a klínů;
- vylučuje potřebu dalších zajišťujících dílů;
- snižuje sílu stěn nutnou pro únosnost;
- snižuje požadavky na tolerance;
- součásti lze demontovat ohřevem snižujícím pevnost lepidla;
- umožňuje použití odlišných materiálů;

- rozkládá rovnoměrně v dílech napětí a snižuje jeho špičky;
- snižuje náklady na opracování;
- samočinně vyrovná nesouososti ložisek a pouzder;
- tvrdé a měkké povrchy spojuje bez jejich poškození;
- úplně utěsní spoje a vyloučí korozi.

Lepení se využívá i k připevnění pastorků na hřídele pohonů. Je řešením i tam, kde se nedá využít přenosu zatížení perem nebo jinými spojkami. Například pro zvětšení převodového poměru v omezených prostorech je zapotřebí použít co nejmenšího průměru pastorku. Pak zde nelze použít žádné spojovací prvky jako pero, nebo by došlo k velkému zvýšení nákladů. Tento způsob spojování byl uplatněn na CNC horizontálním vyvrtávacím stroji WFC 10 CNC (obr. 9.2.9).

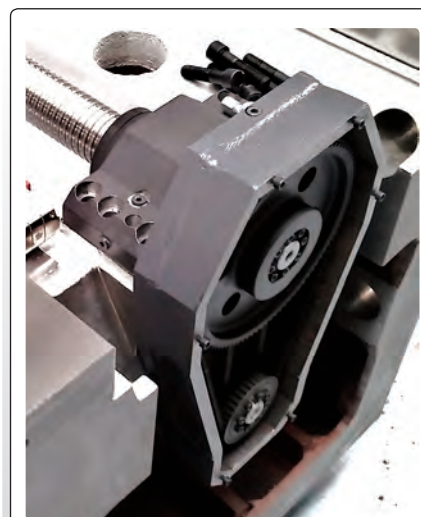


Obr. 9.2.9: CNC vyvrtávací stroj WFC 10 [Fermat]

Původní spojení hnací řemenice s hřídelí servomotoru (obr. 9.2.10) a hnané řemenice s kuličkovým šroubem bylo realizováno pomocí torzních kroužků Tollok. Při aplikaci lepení se doporučuje povrchová drsnost  $Ra = 0,8$  až  $3,2$  mikrometru. Obecně se také doporučuje vyhnout se velmi hladkým povrchům, protože ty snižují možnost „zakotvení“ lepidla. Konvenční postu-

py obrábění (např. soustružení) vytvářejí na povrchu vrstvu, která má hrubý povrch v axiálním směru a jemný ve směru obvodovém. Je proto třeba věnovat pozornost směru zatížení při určení vlivu opracovaní povrchu. Aby se omezila možnost setřetí lepidla z povrchu při montáži, doporučuje se provést zkosení na vstupní straně jak čepu, tak otvoru. Hrana má být zkosená  $1,0$  mm pod úhlem  $15^\circ$  až  $35^\circ$ , vztaženo k ose hřídele.

Díly mají být čisté a zejména nekontaminované tukem, olejem, řeznými kapalinami, ochrannými nátěry atd. Obvykle se provede odmaštění rozpouštědly nebo vodními roztoky mycích prostředků. Při volbě postupu čištění je třeba věnovat pozornost tomu, aby na povrchu nezůstávaly zbytky některé chemikálie, která by bránila vytvrzení lepidla. Nejobvyklejším problémem jsou zbytkové dusitaný z některých



Obr. 9.2.10: Původní spojení hnací řemenice se servomotorem pomocí torzních kroužků Tollok [Fermat]