

KONTROLA GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI PĚTIOSÝCH STROJŮ

www.mmspektrum.com/110329

Misan

Geometrická přesnost obráběcího stroje je jednou ze základních podmínek jeho úspěšného nasazení v reálné výrobě. Kontrola přesnosti pětiosých center pak představuje komplexní problematiku kterou se v určité míře musí zabývat každý uživatel moderních strojů.

Seřízení geometrické přesnosti, ať již nově instalovaného stroje či stroje staršího nebo stroje po kolizi, představuje v případě pětiosých strojů kumšt, kterému je třeba se určitou dobu učít. Platí zde známá zásada, že čím propracovaněji, pečlivěji a kvalitněji jsou provedeny všechny kroky předcházející seřízení geometrie na stroji, tím snáze je dosaženo požadovaného výsledku.

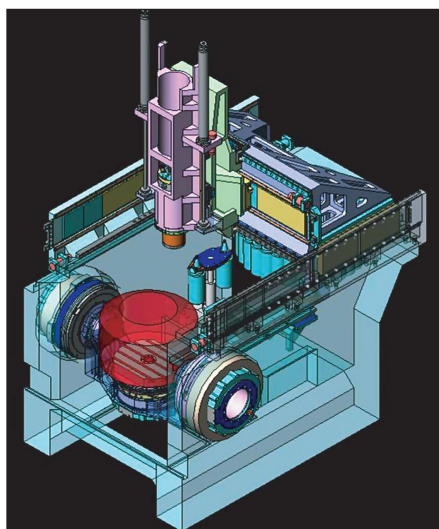
A o to větší bývá i úsilí servisních techniků, kteří se snaží vydolovat z instalovaného stroje každou tisícinku milimetru úchyly tak, aby se alespoň přiblížili ke kýženým tolerancím!

Starosti servisních techniků nenechávají spát ani tvůrce a výrobce měřících zařízení a měřících metod, které si kladou za cíl usnadnit práci při servisu, omezit možnost lidské chyby při měření i korigování chyb a ideálně při-

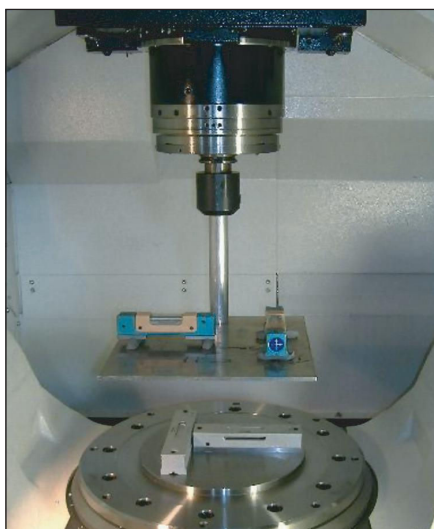
děho servisního technika obráběcích strojů. Když pak v roce 1932 jistý pan Schlesinger vydal první soubornou knihu popisující doporučené metody měření přesnosti obráběcích strojů, asi ani netušil, že právě položil systematické základy nové disciplíny, která až do dnešních dnů čerpá z jeho technické geniality a preciznosti. Základy měřících metod i používaných nástrojů zůstaly zachovány dodnes, byť se stroje značně změnily!

Vodorovnost, rovinnost, kolmost

Prvotním prováděným úkonem je kontrola a seřízení ustavení stroje z hlediska vodorovnosti pomocí libel. Není-li stroj usazen vodorovně a nezachovával-li vodorovnost při pohybech lineárních os v rámci celého zdvihu, nemá smysl postupovat dále. Při ustavování stroje pracuje servisní technik zejména s kotveními prvky, kterými je spodní lože spojeno s betonovým základem výrobní haly. V některých případech se stává, že i velmi kvalitní stroj vodorovnost za pohybu nezachovává. Pak je vhodné zkontrolovat, zda je v pořádku struktura podkladové vrstvy, na níž stroj spočívá. V jiných případech je uživateli zatěžko vrtat otvory do podlahy pro umístění kotveních



Kinematická struktura pětiosého stroje Mazak Hyper Variaxis 630



Měření vodorovnosti ustavení stroje



Měření kolmosti

Problematika geometrické přesnosti

Mezi ony zmiňované předchozí kroky patří zejména konstrukční fáze vývoje stroje, kvalita výrobní dokumentace strojních dílů a skupin, preciznost výroby a montáže nového stroje. V poslední době jsme svědky jednak rostoucí poptávky po pětiosých strojích, jednak rozšiřující se nabídky strojů na trhu od nejrůznějších výrobců. Z každodenního života je nám známo, jaká je síla marketingové masáže, která dokáže i z podprůměrného produktu vykouzlit špičkový výrobek, bez něhož se vlastně ani nedá žít. O to větší pak může být rozčarování po zakoupení takového produktu a zjištění, že není schopen zdaleka dostát našim očekáváním.

vést i koncové uživatele k závěru, že je třeba o své výrobní prostředky náležitě pečovat a provádět pravidelné prohlídky a navazující údržbu. Podívejme se ve značném zjednodušení a stručnosti na příkladu vislého pětiosého frézovacího centra s kolébkovým stolem na aktuálně používané metody kontroly geometrické přesnosti a progresivní moderní nástroje, které může nabídnout zkušená servisní organizace či špičková oborová výzkumná instituce.

Přesná libela, číselníkový úchylkoměr, přesné pravítko a měřící trn

Tyto měřící nástroje již více než jedno století neodmyslitelně patří do základní výbavy kaž-

šroubů. Zásadním úkolem dodavatele je na základě nesporných argumentů přesvědčit uživatele o nutnosti ukotvení stroje, a to nejen z důvodu geometrické přesnosti, ale i s ohledem na dynamické chování stroje za pohybu a na stabilitu obrábění obecně.

Dalšími úkony jsou kontrola rovinnosti upínací plochy stolu stroje či palety a kolmosti osy frézovacího vřetenka k této ploše. Následuje kontrola kolmosti v jednotlivých souřadných rovinách a test obvodového házení vřetenka na trnu.

Nastavení správné součinnosti os

Všechny výše uvedené zkoušky se prakticky neliší od postupu prováděného na jednoduš-

ších tříosých strojích. Nyní je třeba přistoupit ke kontrole a nastavení správné součinnosti os rotačních s osami lineárními. Velice důležitá je znalost skutečné polohy středů otáčení rotačních os v souřadném systému stroje. Je-li v parametrech stroje zadána poloha středů jinde, než jsou fyzicky na stroji, nemůže při součinnosti (interpolaci) těchto os stroj správně sledovat žádanou trajektorii. V případě svislé osy rotace stolu či palety je tato úloha jednoduchá a vystačíme si s pomocí měřicího trnu a číselníkového úchylkoměru. U osy naklápění celé kolébky již technik potřebuje větší zručnost a nejlépe excelovský program, který mu pomůže správně určit polohu středu, respektive zjistit, o kolik je potřeba změnit odpovídající strojní parametr.

Tímto výčtem seznam zkoušek geometrické přesnosti, které je podle konkrétních zjištění třeba na stroji provést, nekončí. Snažím se jen upozornit na komplexnost problematiky geometrické přesnosti u pětiosých strojů, v některých případech přehlíženou či opomíjenou jak ze strany dodavatelů strojírenské výrobní techniky, tak ze strany koncových uživatelů.

Moderní metody měření přesnosti

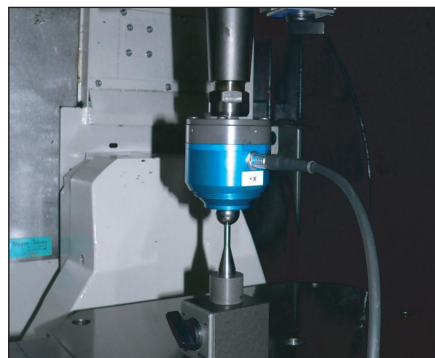
Půjdeme-li opět do historie – tentokrát poněkud mladší –, zjistíme, že v roce 1973 přišli dva britští inženýři (David McMurtry a John Deer) poprvé s myšlenkou dotykové sondy určené pro kontrolu vybraných geometrických charakteristik dílců špičkového výrobku své doby, proudového motoru nadzvukového dopravního letounu Concorde. Od té doby prodělaly dotykové sondy pro souřadnicové měřicí stroje a později i pro obráběcí stroje překotný vývoj. Zvýšila se jejich přesnost, spolehlivost a oblast nasazení. Není tedy divu, že si v poslední době našly svou cestu i do moderních měřicích metod pro pětiosé stroje. V tomto příspěvku se stručně zmíním o dvou sofistikovaných měřicích systémech na bázi dotykových sond, které jsou využívány v České republice.

Samocentrovatelná hlava MT-Check

Výrobek, který je výstupem ze stejnojmenného evropského projektu, si od začátku kladl vysoké cíle: v co nejkratším čase a s minimální nejistotou měřit přesnost polohování a vybrané další geometrické chyby tříosých až pětiosých strojů včetně dynamických úchylek za pohybu při součinnosti více os. Samocentrovatelná hlava je založena na měření výhradně přímočarých posunutí tří prostorově orientovaných plochých doteků. Snímacími elementy jsou v tomto případě vysoce přesné kapacitní sondy. Jednoduché kinematické uspořádání a celkové velmi kompaktní rozměry hlavy dávají dobré předpoklady pro jednoduché a minimálně prostorově omezené nasazení při měřeních na strojích. Jednoduchý kinematický a navazující kalibrační model zaručuje

ji vysokou absolutní přesnost i opakovatelnost měřidla.

Pro potřeby měření přesnosti pětiosých strojů je samocentrovatelná hlava využívána v kombinaci s jedním kulovým artefaktem, který je umístěn na upínací ploše měřeného stroje. Dodávaný software je koncipován jednak pro měření polohy středů rotačních os stroje (polární zobrazení získaných dat společně s výčíslením odchylek ve směru relevantních lineárních os stroje), jednak pro dynamická měření součinnosti lineárních a rotačních os při transformaci souřadnic používaných při souvislém pětiosém obrábění. Díky vysoké vzorkovací frekvenci kapacitních snímačů lze také velice dobře postihnout přechodové děje při rozjezdech pohybu nebo zastavení včetně vyhodnocení vlivu zpevnování os při najeť do polohy. Samocentrovatelná hlava je tak neocenitelným pomocníkem při diagnostice příčin nepřesností odhalených na reálných obrobcích, respektive kdekoli tam, kde dochází k součinnosti lineárních a rotačních os při pracovním posuvu. V České republice poskytuje veškeré služby spojené s měřením samocentrovatelnou hlavou (příprava měře-



Samocentrovatelná hlava MT-Check

ní, vlastní realizace měření v podniku, analýza výsledků, vyslovení závěrů) zkušební laboratoř při Výzkumném centru pro strojírenskou výrobní techniku a technologii v Praze.

Měřicí sada Renishaw Axi-set

Měření na pětiosých obráběcích centrech je v tomto případě založeno na využití obrobkové sondy Renishaw (výrobce je doporučena přesná tenzometrická sonda) v kombinaci s prostorovým artefaktem. Artefakt sestává ze dvou prostorově orientovaných kulových ploch a jedné kulové plochy umístěné na základně artefaktu. Obrobková sonda musí být

vybavena dlouhým dotekem, aby bezpečně dosáhla na spodní kulovou plochu při všech polohách naklonění kolébky stroje. Společně s měřidlem je dodávána sada přípravných partprogramů, ve kterých se formou zadávaných proměnných konfiguruje konkrétní měření. Jednotlivé partprogramy tedy realizují měření jedné úlohy. Axi-set je koncipován tak, aby byl schopen pokrýt jak často vyžadované měření polohy středů rotačních os, tak měření vybraných geometrických úchylek pětiosých strojů.

Výstupem z jednotlivých, výrobcem pečlivě předpřipravených zkoušek jsou například úchytky uložení kolébky a otáčení stolu v jednotlivých souřadných rovinách, úchytky nastavení základních poloh kolébky (svíslá, vodorovná), určení středů otáčení rotačních os a další. Výsledky testů jsou zaznamenávány do textového souboru uloženého na pevném disku řídicího systému stroje. Důležitým aspektem je existence přímé vazby na daný typ řídicího systému, kdy výsledky jsou rovněž tisknuty ve formě úpravy konkrétních strojních parametrů. Takto lze jednoduše provést efektivní servisní zásah na diagnostikovaném stroji. Veškeré služby spojené s měřením a seřizováním stroje pomocí aparatury Axi-set poskytuje pro stroje Mazak firma Misan, s. r. o. Nabízeny jsou jak pravidelné preventivní prohlídky, tak servisní zásahy vynucené například po kolizi stroje. Výhody Axi-set si plně uvědomuje i výrobce strojů Mazak, který u nově dodávaných pětiosých center implementoval veškerá měřicí makra jako nedílnou součást vybavení řídicího systému stroje. Servisní technik tak pouze vyvolá příslušný program a po nastavení artefaktu a dotykové sondy spouští měření.

Závěr

Výše popsané progresivní měřicí metody geometrické přesnosti pětiosých strojů představují moderní trend, který se bude v budoucnu dále rozvíjet, neboť poskytuje neocenitelnou pomoc při ustavování a seřizování číslicově řízených obráběcích strojů. Navíc oproti metodám tradičním poskytuje vyšší uživatelský komfort ve smyslu přenesení realizace vlastních měřicích cyklů do formy předpřipravených maker a automatického vyhodnocení číselných výsledků zkoušek.

K tomu je ovšem třeba podotknout, že nejistota měření – a tedy správnost výsledků – je zajištěna pouze za předpokladu předchozího správného ustavení vodorovnosti stroje a seřízení všech lineárních os stroje včetně geometrických vazeb mezi nimi (zejména kolmostí). Vracíme se tak zpět k panu Schlesingerovi a jím zavedeným metodám a tradičním měřidlům. Moderní servisní technik obráběcích strojů tedy musí být vybaven znalostmi a měřicími aparaturami jak veskrze tradičními, tak vysoce sofistikovanými, neboť jediné tak dokáže efektivně instalovat a seřizovat víceosé stroje.

ING. ONDŘEJ SVOBODA, PH.D.