

Metoda měření posuvové rychlosti při víceosém obrábění

Ing. Petr Vavruška

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaroslav Rybín, CSc.

Abstrakt

Článek je zaměřen na problematiku měření relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem při souvislém víceosém obrábění. Řídicí systémy v současné době nejsou koncipovány tak, aby zahrnovaly vzájemný smysl pohybu nástroje a obrobku při víceosém obrábění a přizpůsobily poté rozložení posuvových rychlostí v jednotlivých strojních osách vzhledem k relativní posuvové rychlosti, požadované technologem v NC programu. Prohlubování poznatků z této oblasti vede k novým postupům a inovacím v prostředcích pro technologickou přípravu dat (CAM systémy a postprocesory). Pro analýzu rozkládání posuvové rychlosti řídicím systémem je nutno disponovat vhodným prostředkem pro měření této rychlosti. Proto byla testována metoda, kde je využito laserového senzoru místo nástroje a pomocí naprogramované aplikace pro toto měření je prostřednictvím PC vyhodnocována vzájemná rychlost mezi tímto senzorem a obrobkem.

Klíčová slova

CAM, postprocesor, senzor, posuvová rychlost, víceosé obrábění

1. Úvod

Víceosé obrábění se stává standardně užívaným nástrojem při obrábění tvarově složitých dílů. Přes skutečnost, že metody užívané při technologické přípravě výroby prostřednictvím systémů CAM (Computer Aided Manufacturing) a následné tvorbě NC programů pomocí postprocesorů jsou funkční a ověřené v náročných podmínkách pětiosého obrábění není tento proces ještě zcela optimalizován z hlediska mnoha aspektů. Jedním aspektem může být například posuvová rychlost, která je stále aktuálním problémem hlavně u těžkoobrobitelných materiálů, jako je například slitina inconel apod. Při nedodržení technologem předepsané posuvové rychlosti může dojít například k poškození nástroje a následného poškození výrobku v průběhu obrábění, čím může být u dokončovacích operací výrobek zcela znehodnocen a zmařeno je také množství výrobního času, kterého bylo potřeba pro vyhotovení výrobku až po moment znehodnocení. Především u dokončovacích operací je tedy velmi důležité předejít všemi možnými prostředky ve stadiu simulace co nejvyššímu množství nevhodných stavů, které mohou při reálném obrábění nastat. Včasným odhalením nepříznivého stavu v průběhu obrábění se může zabránit možným následným finančním ztrátám, či časovým prodlevám při výrobě.

2. Problematika posuvových rychlostí při pětiosém obrábění

Výrobců řídicích systémů, které jsou využívány pro řízení CNC strojů, je mnoho (např. Heidenhain, Siemens, Fanuc, Fidia, Selca, atd.). Funkční vybavení těchto řídicích systémů je dáno jejich tvůrci - programátory. Proto není možné všechny poznatky z víceosého obrábění aplikovat na všechny řídicí systémy obecně, ale je bezpodmínečně nutné se vždy seznámit s konkrétním řídicím systémem použitým na daném výrobním stroji. Základní podmínka, kterou musí respektovat všechny řídicí systémy je ta, že do následujícího bodu v NC programu se musí přemístit vždy všechny strojní osy za stejný čas. Tento předpoklad je

samozřejmě platný i pro víceosé obrábění (s použitím rotačních os). Víceosé obrábění však zahrnuje ještě jeden základní poznatek a to ten, že programované lineární interpolace ve skutečnosti nezpůsobují výsledný souvislý lineární pohyb, ale je realizována určitá prostorová křivka, která se od plánovaného lineárního pohybu odchyluje v závislosti na zadané přesnosti výpočtu dráhy nástroje v CAM systému. Zadáním vyšší přesnosti sice zpřesňujeme výsledný pohyb a tudíž i obráběný povrch, ale zároveň zákonitě narůstá počet bodů dráhy nástroje (počet bloků v NC programu) a tedy narůstá požadavek na paměť řídicího systému a na servopohony, které musí častěji řešit požadavek na změnu dráhy.

Posuvovou rychlost definuje uživatel CAM systému podle materiálu nástroje, materiálu obrobku a požadované kvality povrchu. V CAM systému CATIA lze zvolit rozdílné posuvové rychlosti pro tzv. nájezd do materiálu, pracovní posuv a pro výjezd z místa řezu. Pracovní posuvová rychlost se však v průběhu jedné operace změnit nedá, je konstantní. Při obrábění, kdy jsou řízeny pouze lineární strojní osy, dokáže řídicí systém rozložit požadovanou hodnotu posuvové rychlosti do jednotlivých os tak, aby výsledná velikost posuvu odpovídala požadované hodnotě (pomineme-li skutečnost, že na začátku a na konci bloku se uplatňují rozběhové a doběhové funkce pohonů, tzv. rampy rychlosti, resp. zrychlení). Při víceosém obrábění, kdy jsou zapojeny ještě rotační osy stroje (čtyřosé, či pětiosé obrábění) však požadovaná hodnota posuvu dodržena není. Řídicí systémy standardně neuvažují aktuální poloměry rotace vztažené k programovanému bodu (ref. bod. nástroje). Jak již bylo uvedeno výše, je posuvová rychlost do jednotlivých strojních os rozdělena tak, aby bylo dosaženo dalšího programovaného bodu všemi strojními osami ve stejném okamžiku. Aby mohl pokračovat vývoj nadstandardních funkcí systémů CAM či postprocesorů (viz lit. [1] a lit. [2]), je nutné disponovat prostředkem pro měření příslušných veličin, které chceme sledovat přímo na stroji. V tomto případě se tedy jedná o měření relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem.

3. Návrh metody pro měření a volba senzoru

Realizace takového měření není snadným úkolem a nenašel jsem žádné články, které by se podobným úkolem zabývaly. Jelikož jsou obě části (nástroj i obrobek) ve vzájemném pohybu, je nutné nahradit nástroj určitým senzorem, který by dokázal snímat rychlost ubíhajícího povrchu součásti pod ním. Z toho vyplývá, že je vhodné měření provádět bezkontaktně, tedy například pomocí optických, nebo laserových senzorů. Typickým příkladem takových senzorů jsou senzory pro měření otáček, kdy je na rotující předmět umístěna odrazivá ploška (např. lesklá nálepka) a senzor dokáže vyhodnotit počet odražených signálů za určitou periodu. Takový multifunkční senzor je zachycen na obr. 1. Jedná se o příruční senzor TMRT od firmy SKF, který dokáže měřit otáčky bezkontaktním způsobem, ale lineární rychlost pouze pomocí kontaktního nástavce. Pro potřeby měření relativní rychlosti nástroje a obrobku je tedy takovýto typ senzoru nepoužitelný.



Obr. 1 Multifunkční senzor TMRT firmy SKF

Pro ověřovací měření je možné dráhu nástroje řídit tak, aby byl nástroj vždy kolmý k povrchu měřené součásti. Tím je dána skutečnost, že vektor relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem leží v rovině, tečné k povrchu součásti v aktuálním bodě styku obrobku s referenčním bodem nástroje. Vektor rychlosti lze tedy vůči měřenému povrchu rozložit do složek ve dvou na sebe kolmých osách, situovaných v již výše zmíněné rovině. Tím je dán jeden z požadavků na senzor této rychlosti: musí být schopen měřit složky rychlosti ve dvou osách, tedy 2D senzor. Dalším požadavkem je nejistota a rozsah měření.

Vzhledem k tomu, že posuvová rychlost se zadává v NC programu, je možné tuto upravit zpětně vzhledem k použitému senzoru. Předem stanovená referenční hodnota posuvu pro měření bude 300 až 800 mm/min, což je 0,005 až 0,013 m/s. Nejistotu měření lze poté určit procentuálně k referenční hodnotě. Pokud bude nejistota 1 až 1,5 % z měřené hodnoty, bude senzor vyhovovat pro měření posuvu. Senzorů pro bezkontaktní měření lineární rychlosti je na trhu minimum a je velice obtížné takovéto senzory vyhledat. Vhodný senzor nabízí divize



Obr. 2 Senzor OPTIPACT F1 firmy FRABA

INTACTON americké firmy FRABA (viz obr. 2). Senzor nese označení OPTIPACT a provádí se ve třech typech (M1, S1, F1), jejichž technické specifikace jsou uvedeny v katalogu výrobce (www.intacton.com). Senzor pracuje na principu vysílání laserového paprsku do určitého bodu a následného snímání z téže bodu pomocí prvku na bázi CCD kamerky. Zdroj laserového paprsku a prvek pro snímání, resp. otvory v krytu senzoru jsou vidět na obr. 2. Cena senzoru se pohybuje kolem 1.000,- EUR. K vybavení je potřeba dokoupit ještě kabel, který propojí senzor s PC přes sériový port (RS232). Data jsou poté vyhodnocována v SW „Sensor Configurator“, který je k dispozici na internetových stránkách výrobce. Konstrukční provedení senzoru je však velmi nevhodné. Senzory jsou velmi rozměrné a typ M1 váží 3,5 kg. Jelikož bude nutné senzor upnout místo nástroje do nástrojového držáku, musí být uvažována také potřeba centráže bodu ze kterého senzor snímá rychlost tak, aby tento bod byl umístěn v ose nástrojového držáku. Toto je nutné provést, jelikož je posuv programován na referenční bod nástroje, v našem případě frézy. U tohoto senzoru by centrování bylo velmi obtížné, jelikož na povrchu krytu senzoru není poloha bodu (v horizontální rovině) znázorněna. Vertikální vzdálenost senzoru od snímaného povrchu je dána v technických specifikacích. Měření v podmínkách pětiosého obrábění není předpokladem pro tento senzor, výrobce předpokládá rovinný povrch pro snímání. Pro realizaci centráže by muselo být pravděpodobně jednáno s firmou např. o provedení speciálního držáku, kterým by byl senzor vycentrován přímo od výrobce. Další cestou by bylo uvedení polohy bodu, ze kterého je měřena rychlost, zákazníkovi.

Jiný typ senzoru je např. RLU jednotka od firmy RENISHAW. Tento senzor pracuje na principu interferometru a k činnosti potřebuje zrcadlovou reflexivní plochu. Pro měření posuvu na tvarově složité prostorové ploše je tedy tento senzor nepoužitelný. Použití takovýchto senzorů v podmínkách pětiosého obrábění tvarově složitých ploch nebylo ještě testováno a tak nelze předpokládat zakoupení a okamžitou funkčnost. Jelikož je zakoupení senzoru a teprve následné testování poměrně nákladná záležitost, je vhodné vymyslet metodu měření založenou na podobném principu, jaký je využit např. u výše zmíněného senzoru OPTIPACT. Podobný senzor totiž používají laserové PC myši. Senzor je tvořen zdrojem -

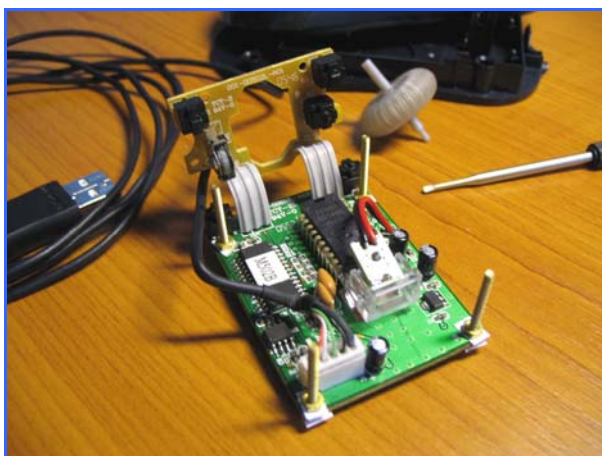
vysílačem laserového paprsku a “přijímačem” - CCD prvkem. Vysílací paprsek je usměrňován čočkou a čočka je umístěna i před “sledovacím” CCD prvkem. Ne všechny senzory jsou ovšem pro použití vhodné. Například u PC myši Microsoft Laser Mouse 6000 v1.0 (obr. 3) je použit senzor, který má rychlost snímání povrchu 6000 Hz, což znamená periodu přibližně 0,16 ms a rozlišení senzoru je 1200 dpi. Po demontáži krytu myši, je deska plošného spoje se senzorem a elektronikou zachycena na obr. 4. CCD prvek je umístěn přímo zespodu integrovaného obvodu, pod kterým je v plošném spoji vytvořen otvor. V plastovém nástavci vedle integrovaného obvodu je poté zasazen zdroj laserového paprsku. Pro testování uvedeného způsobu měření relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem byl tedy zvolen senzor z výše uvedené laserové myši firmy Microsoft. Je ovšem potřeba vyřešit způsob upnutí senzoru na stroji místo nástroje. Senzor je také nutno vycentrovat z důvodu snímání rychlosti v ose nástrojového držáku a zajistit horizontální polohu senzoru.



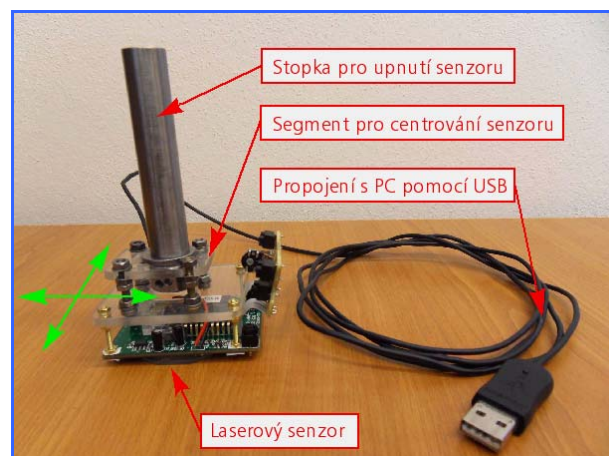
Obr. 3 PC myš Microsoft Laser Mouse 6000 v 1.0

4. Návrh přípravku pro upnutí a vycentrování senzoru

Jelikož bylo k upevnění desky plošného spoje senzoru ke krytu myši použito otvorů 2,5 mm, byly tyto otvory využity i pro upevnění senzoru k přípravku, přes který bude senzor upínán do nástrojového držáku. Aby nedošlo kovovými šroubky ke zkratování obvodů na desce plošného spoje, jsou tyto odizolovány pomocí papírových podložek, umístěných po obou stranách desky plošného spoje. Konstrukční provedení přípravku pro upnutí a centrování senzoru je zachyceno na obr. 5. Pomocí kontramatek, nastavených ve stejné vzdálenosti od desky plošného spoje, byl ustaven senzor do roviny kolmé na stopku přípravku (horizontální roviny na stroji). Pro jednoduché upnutí přípravku se senzorem do vřetena stroje bylo použito válcové stopky. Tato stopka je nejprve pomocí kleštiny upnuta do nástrojového držáku a následně je tato sestava upnuta do vřetena stroje, klasicky jako nástroj. Pro již zmíněnou potřebu nutného vycentrování senzoru do osy vřetene je stopka přípravku a senzor na desce plošného spoje upevněn pomocí segmentu, který umožňuje přesun stopky vůči senzoru ve dvou, na sebe kolmých směrech (směry znázorněny zelenými šipkami na obr. 5).



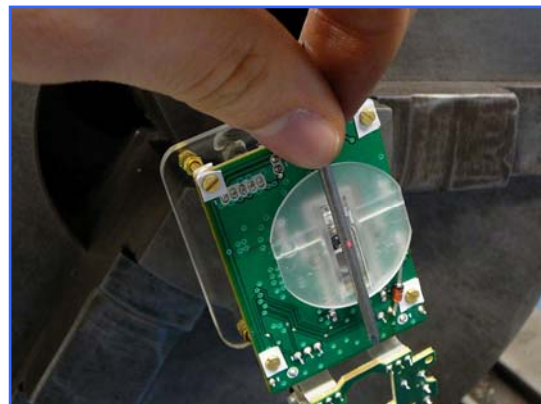
Obr. 4 Senzor a elektronika laserové PC myši Microsoft Laser Mouse 6000 v 1.0



Obr. 5 Přípravek s upevněným laserovým senzorem

Senzor bude testován v režimu, jako by se pohybovala PC myš. To znamená, že senzor bude pomocí USB konektoru propojen s PC a v závislosti na čase se při měření bude zaznamenávat poloha kurzoru, pohybujícího se po obrazovce monitoru tak, jak se bude pohybovat senzor po povrchu obrobku. Takto vytvořená sestava je již tedy připravena pro následný proces centrování senzoru. Pro vycentrování senzoru do osy stopky přípravku je nutné zajistit sousost stopky přípravku a určitého světelného zdroje, který by zvýrazňoval polohu “probíhající” osy senzorem. K tomuto účelu je vhodné využít například soustruhu, kde lze do univerzální hlavy upnout přípravek a do protilehlého koníku upnout světelný zdroj. Jako světelného zdroje bylo použito laserového ukazovátka, upnutého v koníku pomocí hlavičky. Nejprve byla zkontrolována sousost paprsku laserového ukazovátka a osy univerzální hlavy, ve které bude následně upnutý přípravek se senzorem.

Po kontrole sousosti paprsku laserového ukazovátka a osy univerzální hlavy soustruhu, byl již do této upnut samotný přípravek se senzorem. Pomocí již zmíněného segmentu, který spojuje senzor a upínací stopku přípravku, byl senzor vycentrován do osy dané paprskem laserového ukazovátka. Pro větší zviditelnění paprsku laserového ukazovátka na senzoru byla přiložena ocelová tyčka, na které je stopa paprsku jasně zřetelná a tuto situaci zachycuje obr. 6. Pro názornost jsou na obrázku zachyceny polohy senzoru ve dvou různých natočeních univerzální hlavy soustruhu a v obou případech je patrné, že senzor byl vycentrován, jelikož se nemění poloha stopy paprsku laserového ukazovátka vůči senzoru.



Obr. 6 Ukázka směřování paprsku laserového ukazovátka po vycentrování senzoru

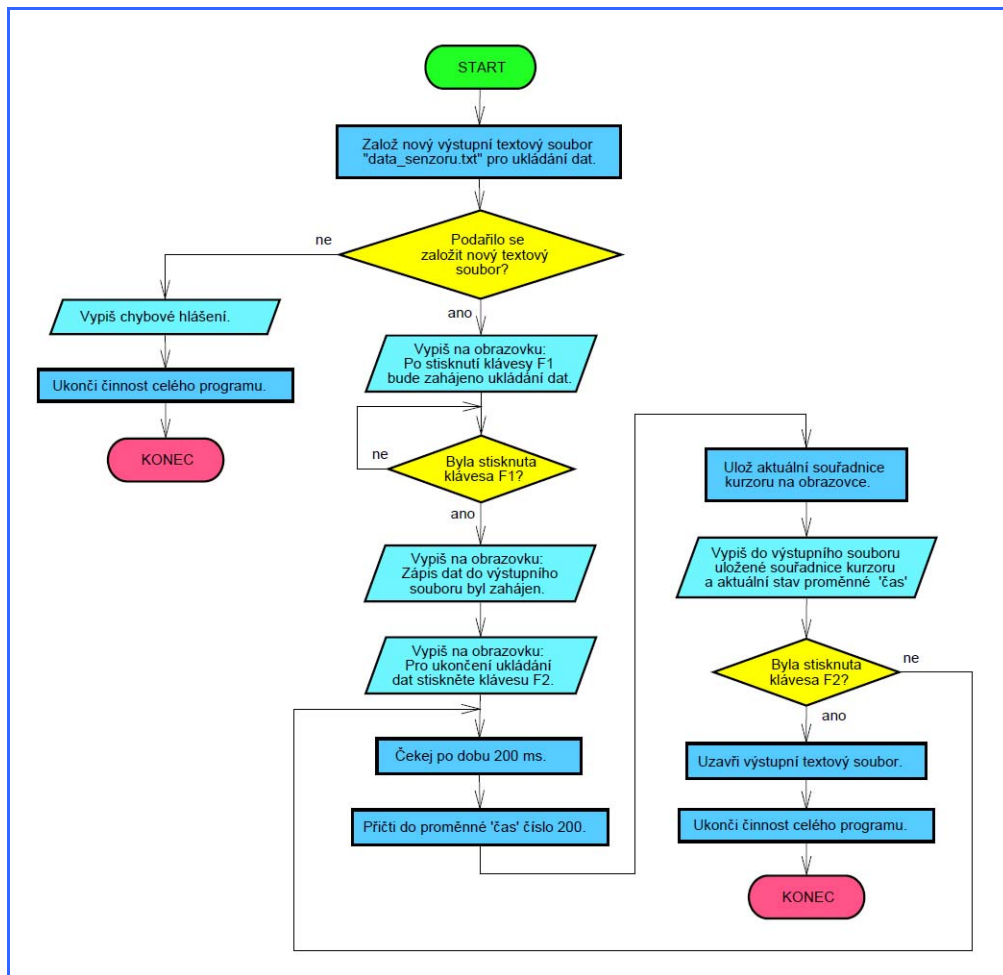
5. Vytvoření podpůrného softwaru

Z laserového senzoru, použitého pro měření posuvových rychlostí, se přenášejí signály pomocí kabelu s připojením přes konektor USB do počítače. Operační systém v počítači rozpozná, že byla připojena PC myš a signály jsou vyhodnocovány jako data pro řízení polohy kurzoru na obrazovce. Poloha kurzoru na obrazovce je dána dvěma souřadnicemi X a Y. Tyto souřadnice jsou k dispozici pro programátory v globálních proměnných, ke kterým lze přistupovat pomocí funkcí programovacích jazyků. Prostřednictvím použitého laserového senzoru nelze přímo vyhodnocovat posuvovou rychlost, ale jak bylo výše uvedeno, lze zaznamenávat měnící se polohu kurzoru na obrazovce. Pro vytvoření softwaru k ukládání těchto souřadnic kurzoru bylo využito programovacího jazyka C, kde lze ke globálním proměnným s aktuálními souřadnicemi kurzoru na obrazovce přistupovat pomocí funkce `GetCursorPos()`. Souřadnice lze prostřednictvím naprogramovaného softwaru ukládat do textového souboru. Je ale nutné ukládat spolu se souřadnicemi ještě časový údaj, pro následný výpočet posuvových hodnot. Z uložených souřadnic bude vypočtena vykonaná dráha nástroje vůči obrobku a pomocí časového údaje bude následně vypočtena posuvová rychlost. Časový údaj lze prostřednictvím programovacího jazyka C mezi jednotlivými momenty ukládání souřadnic určovat například pomocí funkce `sleep()`, kde v závorce je určena časová prodleva v milisekundách (viz lit.[3]). Na počítači, který je pro měření k dispozici je nainstalovaný operační systém Windows XP. Pro přesné řízení procesů však není tento operační systém bez dodatečných podpůrných programů vhodný. Například pro řízení procesů pomocí systému MATLAB je nutné ještě pořídit nadstavbu REALTIME TOOLBOX, která

zajistí náhradu za určitý řídicí systém, který musí rozdělovat úlohy podle priority, obsluhovat úlohy při přerušení, zpracovávat více paralelních úloh najednou, atd.

5.1. První verze měřicího softwaru

Pro zaznamenávání dat z měření byl naprogramován softwaru, který je přehledně uveden ve formě vývojového diagramu na obr. 7. Softwaru je koncipován tak, že zaznamenává souřadnice polohy kurzoru na obrazovce a časový údaj mezi jednotlivými záznamy. Výpočet posuvových hodnot není v programu zahrnut, aby nebyla časově prodlužována smyčka, mezi jednotlivými následujícími záznamy souřadnic kurzoru během měření. Souřadnice polohy kurzoru a časovým údajem jsou generovány do výstupního textového souboru, který je možné načíst například v softwaru MS Excel, kde lze již provést výpočet posuvových hodnot a například průběh vyhodnotit v grafu. Pro časovou prodlevu vždy mezi dvěma následujícími zaznamenanými dvojicemi souřadnic (X1 a Y1, X2 a Y2) určujícími původní a aktuální polohu kurzoru na obrazovce byla zvolena konstanta 200 ms, která je kompromisem mezi určitou vykonanou délkou dráhy a dostatečně “rychlou” frekvencí pro záznam souřadnic.



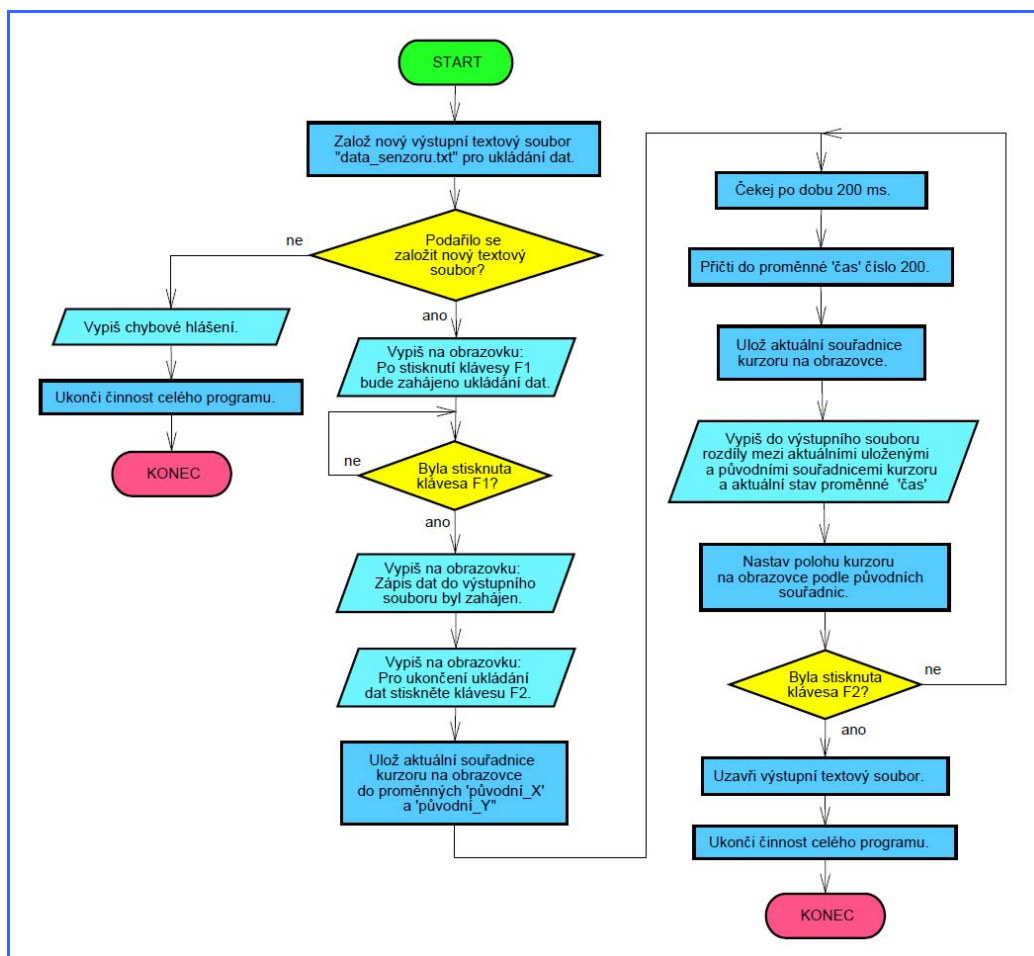
Obr. 7 Vývojový diagram první verze softwaru pro ukládání měřených dat do textového souboru

Vývojový diagram (na obr. 7) zachycuje algoritmus, podle kterého byla naprogramována první verze softwaru pro ukládání souřadnic polohy kurzoru na obrazovce do výstupního textového souboru. Výstupní soubor je pro jednoduchost vždy pojmenován *data_senzoru.txt* a je tedy nutné vždy po provedeném měření tento soubor překopírovat do jiného úložného

adresáře, aby nedošlo k jeho přepsání při novém měření. Po spuštění softwaru ještě není uvedeno ukládání souřadnic polohy kurzoru do činnosti, ale čeká se na uživatele, dokud není stisknuta klávesa F1. Po jejím stisknutí dojde k zahájení časově opakujícím se ukládání souřadnic polohy kurzoru a jeho ukončení se provede stisknutím klávesy F2. Výstupní textový soubor je poté uložen do stejného adresáře, ve kterém se nachází i tento softwaru a má následující strukturu. Nejprve je na řádce uveden časový údaj v milisekundách od okamžiku započetí zaznamenávání souřadnic polohy kurzoru na obrazovce, následuje souřadnice X oddělená od časového údaje dvěma tabulátory a posledním údajem na příslušném řádku je souřadnice Y polohy kurzoru, oddělená od souřadnice X jedním tabulátorem. Takto se periodicky opakují řádky textového souboru až do okamžiku ukončení činnosti softwaru. Obě souřadnice jsou uvedeny v jednotkách pixelů, proto je nutné provést tzv. kalibrační měření viz dále v textu.

5.2. Druhá verze měřicího softwaru

Je nutné zmínit ještě tu skutečnost, že kurzor mění svou polohu jen v rámci obrazovky. Pokud se kurzor dostane na jakoukoliv hranu obrazovky, přestane se měnit hodnota v příslušné proměnné (podle vykonávaného směru X nebo Y), ve které jsou uchovávány souřadnice polohy kurzoru na obrazovce, dokud se opět kurzor nezačne od okraje obrazovky vzdalovat směrem ku středu obrazovky. Toto je ovšem nežádoucí jev, který by velice zkresloval vypočtené výsledky hodnot posuvů.

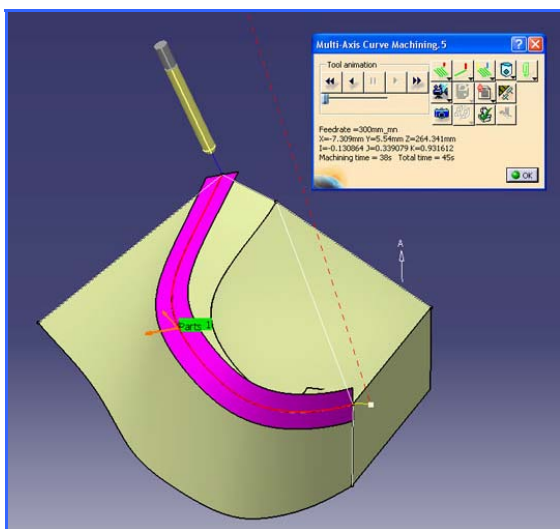


Obr. 8 Vývojový diagram druhé verze softwaru pro ukládání měřených dat do textového souboru

Tento nežádoucí jev lze obejít několika způsoby. Jedním z nich je používat pouze dostatečně krátkou dráhu pro měření, nebo snížit rychlost pohybu kurzoru po obrazovce, nebo naprogramovat algoritmus tak, že se kurzor vždy po uplynutí časové prodlevy a zaznamenání souřadnice polohy vrátí na původní stabilní místo na obrazovce. Poslední varianta byla zvolena jako řešení problému a byla vytvořena ještě druhá verze softwaru pro ukládání souřadnic polohy kurzoru na obrazovce. Algoritmus druhé verze softwaru je přehledně zaznamenán v podobě vývojového diagramu na obr. 8. Činnost softwaru je podobná předchozí první verzi s tím rozdílem, že poloha kurzoru se vždy po uplynutí časové prodlevy a uložení aktuální polohy kurzoru na obrazovce vrací na první zaznamenanou polohu kurzoru na obrazovce po spuštění procesu automatického ukládání souřadnic poloh kurzoru klávesou F1. V textovém souboru poté nejsou uloženy přímo souřadnice jednotlivých poloh kurzoru na obrazovce během měření, ale rozdíly mezi aktuální polohou kurzoru na obrazovce a prvně uloženou polohou kurzoru na obrazovce, do které se kurzor vždy po uvedeném taktu vrací.

6. Tvorba testovací plochy a dráhy senzoru pro měření

Po úspěšném dokončení procesu centrování přípravku se senzorem můžeme přejít k vytvoření 3D modelu s testovací plochou, na které vytvoříme dráhu senzoru pro měření posuvových hodnot. Využito bylo CAD modulu systému CATIA pro vytvoření přímkami tvořené prostorové plochy. Plocha je koncipována tak, aby se měnila poloha a orientace nástroje (senzoru) vůči rotační i naklápěcí ose na pětiosém obráběcím stroji. Zkonstruovaná přímková plocha je růžovou barvou odlišena od ostatních pomocných ploch na obr 9.



Obr. 9 Tvorba dráhy senzoru vůči vytvořené testovací ploše v CAM CATIA



Obr. 10 Obrobená plocha pro měření posuvových rychlostí laserovým senzorem

Dráha nástroje (senzoru) byla vytvořena v CAM modulu systému CATIA a byla koncipována tak, aby v celém průběhu dráhy byl nástroj kolmý k přímkové ploše. Na obr. 9 je také zachycena vytvořená dráha s tím, že senzor je nahrazen kulovou frézou o průměru 6 mm, což je významné jen z hlediska vytvoření dráhy. K řízení senzoru již poté máme v NC programu k dispozici souřadnice jak pro lineární osy, tak i pro rotační a naklápěcí osu. A bude platit, že i senzor bude v průběhu dráhy vždy kolmý k ploše. V CAM modulu systému CATIA byly následně vytvořeny i dráhy pro vyhrubování i dokončení testovací plochy podle 3D modelu. Všechny tyto operace byly provedeny válcovou frézou o průměru 25 mm. Výsledek po obrobení na pětiosém frézovacím stroji MAS MCVL 1000 je patrný na obr. 10.

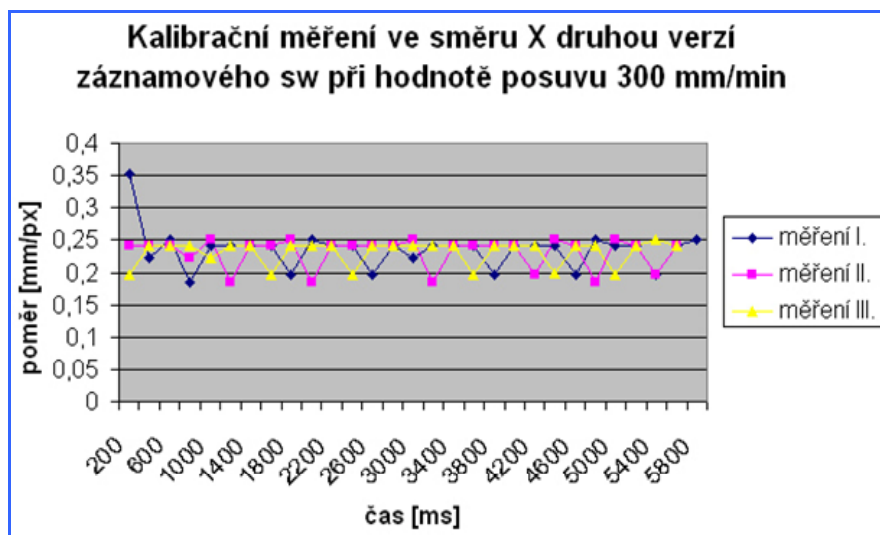
7. Měření posuvových rychlostí

Jelikož jsou zaznamenávány souřadnice polohy kurzoru na obrazovce v jednotkách pixelů, je nutné provést nejprve kalibrační měření. Kalibrační měření provedeme proto, abychom získali převodní konstantu mezi v pixlech uvedenými souřadnicemi a vykonanou dráhou v milimetrech proto, abychom mohli porovnávat hodnoty posuvových rychlostí ve shodných jednotkách. Posuvové rychlosti se většinou programují v jednotkách milimetrů za minutu, do kterých potřebujeme přepočítat i naše hodnoty posuvových rychlostí, získaných měřením.

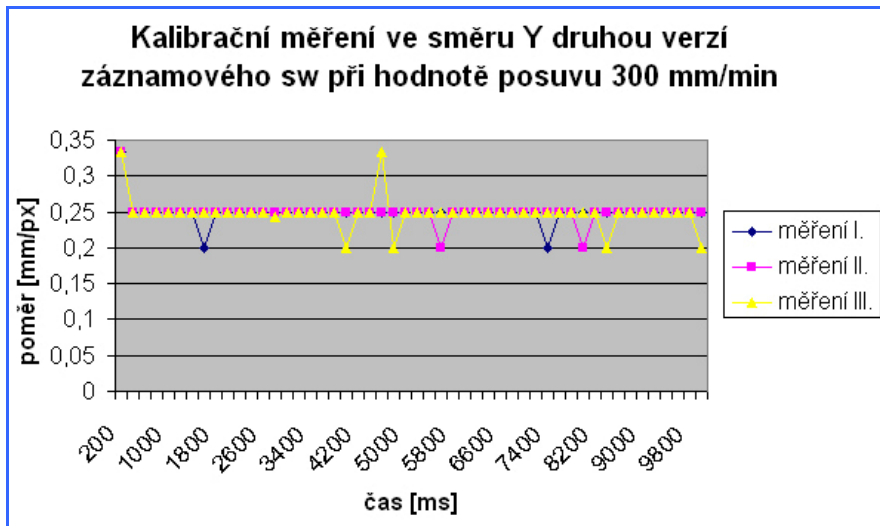
7.1. Kalibrace senzoru

Kalibrační měření byly provedeny následujícím způsobem. Ve směrech X a Y v souřadném systému stroje, byly vytvořeny dráhy na předem vytvořené rovinné ploše testovacího dílu. Z důvodu velikosti rovinné plochy, byly v uvedených směrech délky drah takovéto: ve směru X -30 mm a ve směru Y +40 mm. Měření bylo provedeno třikrát v každém směru pro referenční posuvovou hodnotu v NC programu 300 mm/min. Toto měření bylo provedeno nejprve pomocí první verze softwaru pro ukládání souřadnic kurzoru a poté ještě pomocí druhé verze zmíněného softwaru pro ukládání souřadnic kurzoru na obrazovce.

Grafy na následujících obrázcích (obr. 11 a obr. 12) zaznamenávají průběh získávané konstanty 'poměr' pro převod pixelů na milimetry pro měření posuvů. Výsledky v obou směrech, jak ve směru X tak i ve směru Y vykazují shodu. Z grafů je patrné, že převodní konstanta 'poměr', bude mít hodnotu 0,25 mm/px. Tato konstanta je důležitá pro následně prováděné měření posuvových hodnot při řízení v pěti osách, kdy naměřené hodnoty souřadnic poloh kurzoru budou opět v jednotkách pixelů a převodem pomocí nově získané konstanty bude umožněno přepočítat hodnotu rychlosti v px/min na mm/min pro názorné vyhodnocení.



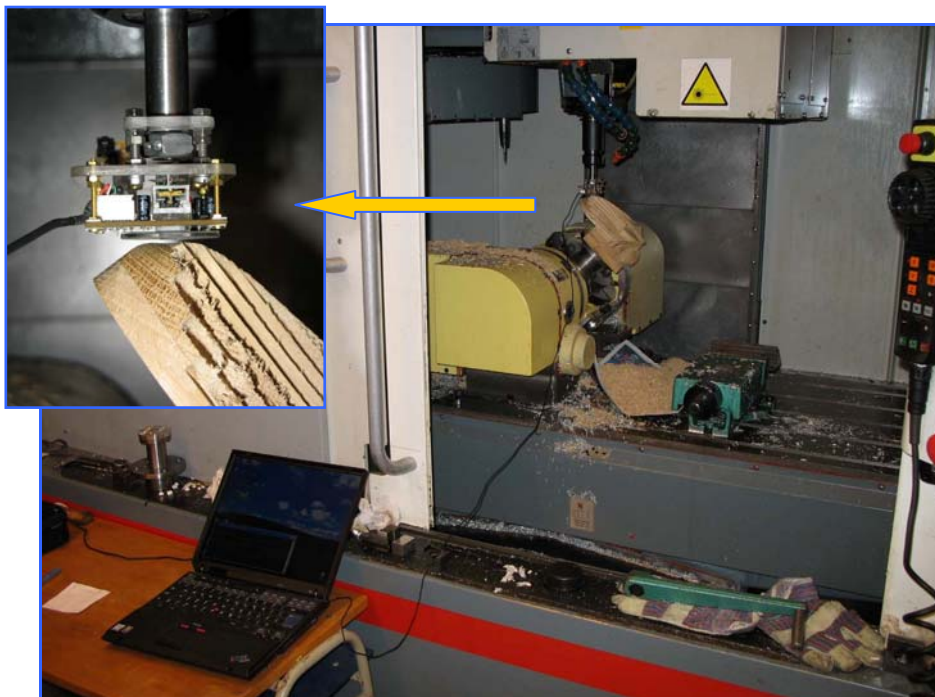
Obr. 11 Graf kalibračního měření ve směru osy X



Obr. 12 Graf kalibračního měření ve směru osy Y

7.2. Vlastní měření relativní posuvové rychlosti

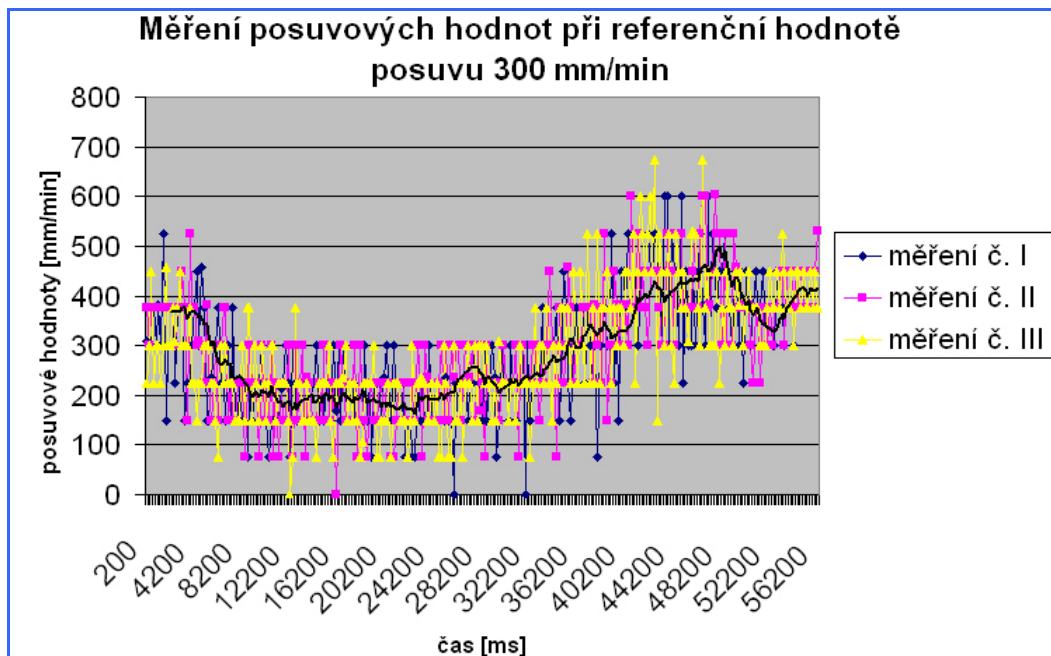
Následující obrázek (obr. 13) zachycuje polohu senzoru při měření posuvových hodnot při pětiosém řízení tak, aby osa senzoru (osa vřetena) byla kolmá k měřenému povrchu v každém bodě vykonávané dráhy (v NC programu). Společně s použitým pětiosým obráběcím strojem MAS MCVL 1000 je z obrázku patrný použitý notebook IBM T30 s procesorem pentium 4 s taktovací frekvencí 1,6 GHz a operační pamětí 1 GB. Senzor byl k notebooku připojen pomocí kabelu přes konektor USB a vidět je i testovací kus a senzor v přípravku upnutý přes nástrojový držák do vřetena stroje.



Obr. 13 Měření relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem

Z výsledků měření posuvných rychlostí byl po nutném přepočtu hodnot v jednotkách px/ms na hodnoty v jednotkách mm/min vytvořen graf. Graf (na obr. 14) zachycuje průběhy posuvových hodnot ze tří prováděných měření při referenční hodnotě 300 mm/min. Z těchto byla pomocí funkce klouzavého průměru vytvořena určitá křivka, jelikož se na měřených

hodnotách projevila určitá pórovitost materiálu (dřevo) a naměřené hodnoty oscilují kolem střední hodnoty. Z vytvořené křivky klouzavého průměru však můžeme usoudit, že posuvová rychlost není, kvůli již zmíněnému rozdělování posuvových rychlostí do lineárních a rotačních strojních os, konstantní v průběhu dráhy nástroje vůči obráběnému povrchu. Je tedy otevřena cesta pro další vývoj specializovaných funkcí pro řešení problémů, vznikajících u těchto náročných případů obrábění.



Obr. 14 Graf naměřených posuvových rychlostí při víceosém obrábění

8. Závěr

Dodržení pracovních podmínek daných technologem je při dokončování tvarově složitých součástí velice důležité. Proto byla navržena metoda pro měření relativní posuvové rychlosti mezi nástrojem a obrobkem. K tomuto měření byl využit laserový senzor a byly naprogramovány dvě verze softwaru, sloužícího pro automatické ukládání snímaných dat do externího textového souboru. Textový soubor je poté přístupný pro další analýzu a vyhodnocení měřených dat. Metoda zvolená pro měření posuvových rychlostí byla ověřena realizovaným měřením při pětiosém řízení. K tomuto účelu byla také navržena a vyrobena testovací tvarově složitá plocha na zkušební díle, použitým pro následné měření. Nadále je tedy umožněna práce na zdokonalování algoritmu, sloužícímu pro predikci posuvových hodnot při víceosém obrábění pro sledování reálných parametrů při víceosém obrábění.

Seznam použité literatury

- [1] VAVRUŠKA, P.: Tvorba NC postprocesorů. Praha, 2008. Diplomová práce na ČVUT v Praze. Fakulta strojní. Ústav Výrobních strojů a zařízení. Vedoucí diplomové práce Ing. Richard Černý, CSc.
- [2] VAVRUŠKA, P.: Vývoj funkcí postprocesoru pro víceosé obrábění tvarově složitých dílů. Výzkumná zpráva č. V-09-063. ČVUT v Praze, Výzkumné centrum pro strojírenskou techniku a technologii, 2009. 46 s.
- [3] VIRIUS, M.: Jazyky C a C++. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2006. 520 s. ISBN 80-247-1494-9.