



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoké učení technické v Brně – Fakulta strojního inženýrství

SPOLUPRÁCE PRO UPLATNĚNÍ ŘÍZENÍ A PROGRAMOVÁNÍ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

učební text

**Prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ing. Aleš Polzer, Ph.D.**

Brno 2010

*Učební text byl vytvořen v rámci projektu:
Consulting point pro rozvoj spolupráce v oblasti řízení inovací a transferu technologií
Rč: CZ.1.07/2.4.00/12.0094*

„Projekt byl spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky“

Obsah:

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:	3
Úvod	4
1. Základní popis, technická data a ovládání CNC soustruhů, CNC soustružnických center (SPN 12 CNC, SP280SY)	5
2. Základy ISO programování technologie soustružení.....	6
3. ISO programování technologie třískového obrábění s aplikací cyklů pro soustružení (Sinumerik 840D)	8
4. Pokročilé metody programování (parametrické programování, splinová interpolace, speciální funkce)	9
5. Základy dílensky orientovaného programování řídicího systému Sinumerik (ShopTurn) pro moderní CNC soustružnická centra	10
6. Základní popis, technická data a ovládání CNC frézek, základy ovládání pětiosého frézovacího centra (MCV 1210).....	11
7. Základy ISO programování technologie frézování.....	12
8. ISO programování technologie třískového obrábění s aplikací cyklů pro frézování a CNC frézovací centra (Sinumerik 840D, Heidenhain iTNC530)	13
9. Základy dílensky orientovaného programování řídicího systému Sinumerik (ShopMill) pro moderní CNC frézovací centra	14
10. Implementace měření prostřednictvím dotykové a bezdotykové sondy do procesu frézování	15
11. Základy CAD/CAM technologie (3D modelování, programování v CAM prostředí, postprocessing, dálková diagnostika, simulace v řídicím systému (Sinumerik)	16

Pozn.: Tento celý úvodní dokument je dělen do jedenácti tematických kapitol, které jsou vzhledem k celkovému plánovanému rozsahu a náplni kurzu nyní pouze naznačeny. Popisovaná problematika CNC a CAD/CAM technologií se neustále dynamicky rozvíjí, a tak bude postupně výuka směřována na aktuální problematiku.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden čas potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

popsat ...
definovat ...
vyřešit ...

Ohledně cílů jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí kapitoly

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Kontrolní otázka

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



Úkol k řešení

Protože většina teoretických pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v databázové praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavní význam předmětu a schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti při řešení reálných situací hlavním cílem předmětu.



Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek výše jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.

Úvod

Z dnešního pohledu je podstatná část vývoje technologií třískového obrábění datována do období průmyslové revoluce, která probíhala v 18. a 19. století. Zvláště významný rozvoj tohoto výrobního odvětví nastal ve století 20. a i v době dnešních dnů vývoj i výzkum nebo aplikace obrábění nezpomaluje. Toto tvrzení se na první pohled může zdát velmi zavádějící a nesprávné. Vždyť rozvoj řemesel a řemeslnických schopností je zcela patrný již před průmyslovou revolucí, kdy existovalo značné množství zkušeností a tzv. know-how v oblasti obrábění. Například americký dějepisec Lewis Mumford v knize „Mýtus stroje“ popisuje vývoj techniky a lidstva následovně:

„Co je běžně považováno za technickou zaostalost pro období 600 let před takzvanou průmyslovou revolucí, není nic jiného, než zvláštní druh zaostalosti historické učenosti. Je příznačné, že velké technické pokroky 18. století měly začátek v biblických dobách, nebo v době bronzové...“

Velké finanční investice do zpracování kovů především pro vojenské účely pak nastartovaly národní hospodářství mnoha států. Obrábění kovů na obráběcích strojích je však relativně mladé, a to zvláště pokud pro hodnocení použijeme výhradně produktivitu. Do 19. století se práce s kovy soustředily především na kovářské práce.

Nahlédneme-li na historii také částečně z pohledu ovládnutí obráběcích strojů, tak o podstatném zrychlení vývoje můžeme hovořit až od okamžiku, kdy byl k dispozici první mechanický pohon stroje. Další cesta pak vedla k zapojení parního stroje a následně přes několik navazujících historických milníků až k dnešním elektromotorům. Doposud se však jednalo především o manuální výrobní činnosti. Až v průběhu 20. století začaly do procesů třískového obrábění výrazně vstupovat prvky řízení a automatizace. Například vývoj takzvaného CAM obsahoval původně oblast plánování výroby. Zkratka CAM (z anglického Computer Aided Manufacturing), která je dnes poměrně běžně užívaná, označuje systém pro počítačovou podporu výroby, zahrnující přímé řízení NC techniky, robotů, mezioperační dopravy výrobků, polotovarů, materiálů a nářadí.

Historie vývoje CNC obráběcích strojů, nebo-li vývoje číslicové techniky, probíhala současně v několika oblastech: jednotlivé strojní komponenty, výrobní soustavy, řídicí systémy a strojní celky. Již okolo roku 1950 se jako pohonové jednotky začaly používat elektricky řízené hydromotory a později byly aplikovány elektricky řízené motory. Pro odměřování při polohování se využívalo optických principů (lineární a rotační odměřovací systémy). První zde ještě takzvané NC konzolové frézky byly více-méně modifikované konvenční stroje (Feranti ve Skotsku, Parson v USA). Řídicí systémy pracovaly na principu vakuových lamp (Record play back) a začalo se prosazovat i tzv. pravouhlé řízení a systémy s magnetickým záznamem dat.

V roce 1960 uvedla firma Kearney&Trecker první obráběcí (frézovací) centrum. NC systémy byly již tranzistorové. Koncem 60. let pak v USA aplikovali integrované obvody s možností parabolických a splinových interpolací. NC stroje byly integrovány do prvních výrobních linek.

V 70. letech se při stavbách strojů aplikovaly kuličkové šrouby a hydrostatická vedení. Firma Herbert uvedla na trh první soustružnické centrum s rotačními nástroji pro frézování a vrtání. NC systémy byly doplňovány pamětí a umožňovaly editaci programů (Westinghouse). Od nich byl jen velmi malý krůček k prvním CNC systémům. Firma Kearney&Trecker přišla s prvním FMS-PVS (Flexible Manufacturing System - pružný výrobní systém).

V 80. letech začaly být stroje vybavovány zásobníky nástrojů i obrobků a do konstrukce NC strojů byly aplikovány senzory pro sledování pohonů a jednotlivých mechanismů. Řízení bylo založeno na bázi CNC/PLC s multiprocessorovými mikropočítačovými strukturami. Toto období bylo velmi důležité, poněvadž došlo k výraznému prosazení center do technologií třískového obrábění.

V 90. letech minulého století byly aplikovány velkokapacitní zásobníky s mezioperační dopravou nástrojů i obrobků. Výrazně se zvyšovala přesnost výroby jednotlivých typů součástí na NC strojích, zvyšovala se produktivita výroby a CNC stroje již měly poměrně otevřenou architekturu. Rostoucí variabilita obráběných dílů vedla k většímu uplatňování pružných výrobních systémů.

Ve 21. století byl zahájen vývoj nové generace obráběcích center. Jsou vytvářeny především multifunkční stroje a výrazně se hovoří i realizuje sjednocování HW a SW (Hardware, Software). Běžně jsou do CNC strojů integrovány CAD/CAM systémy a dále se posiluje provázanost na externí počítačové stanice. Následující části tohoto dokumentu však dále soustřeďují převážnou míru pozornosti současné praxi nejčastěji požadované úrovni znalostí v oblastech CNC a CAD/CAM technologií třískového obrábění.

1. Základní popis, technická data a ovládání CNC soustruhů, CNC soustružnických center (SPN 12 CNC, SP280SY)



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

Klíčovou předností CNC techniky je oproti konvenčním strojům velmi snadný přechod mezi jednotlivými typy vyráběných součástí. Přechod z jednoho typu obrobku na jiný se provádí změnou řídicího programu (NC programu), který částečně nebo úplně využívá seřizovaného nástrojového a měřicího vybavení. Další významnou předností CNC strojů je jejich zcela automatický nebo poloautomatický chod. Ovládání veškerých funkcí (jednotlivé pohyby řezného nástroje, nastavení pohybových rychlostí i otáček nástrojů, výměny nástrojů nebo obrobků pro jednotlivé výrobní operace atd.) je realizováno postupným zpracováváním jednotlivých řádků NC programu (zpracováváním tzv. bloků). Všechny informace nezbytné pro obrobení součásti na stroji jsou tedy předem zaznamenány formou řad alfanumerických znaků. Mezi tyto nezbytné výrobní informace je možno zařadit:

- rozměrové informace pro výrobu jednotlivých ploch součástí,
- informace o otáčkách řezného nástroje, posuvové rychlosti, řezném prostředí, atd.
- a informace ostatní (např. velikost časové prodlevy, otevření dveří bezpečnostního krytu atd.).

Číslicově řízené obráběcí stroje jsou tedy již konstrukčně uzpůsobovány pro práci v automatickém režimu. Jejich programování se realizuje prostřednictvím speciálního komunikačního (strojního) panelu nebo zcela externě na pracovištích vybavených výkonnými počítačovými stanicemi. Z pohledu NC programování tak rozlišujeme např. CAD/CAM systémy, dílensky orientované programování a tzv. ISO programování (někdy také nazývané programování v G-kódu).

Tato úvodní kapitola dále soustřeďuje svou pozornost jen na jeden soustružnický stroj a jedno centrum, které umožňují ISO programování. Tyto stroje jsou však stejně jako jiná zařízení pro třískové obrábění podrobována neustálému zdokonalování. Informace o nich se tedy budou objevovat i v navazujících kapitolách, které věnují pozornost např. dílensky orientovanému programování. Nyní je tedy pozornost věnována soustruhu po retrofitu a soustružnickému centru moderní koncepce.



Kontrolní otázka

1. Co znamená zkratka CNC? (uveďte český i anglický výraz)
2. Co je to G-kód? (Je univerzální pro všechny NC a CNC obráběcí stroje?)
3. Jaké jsou pracovní režimy poloautomatického soustruhu SPN 12 CNC?
4. Jaký je doporučený postup vypínání poloautomatického soustruhu SPN 12 CNC?

2. Základy ISO programování technologie soustružení



Čas ke studiu: 3 hodiny

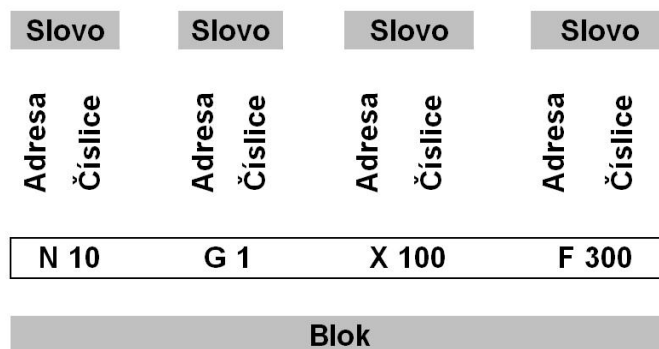


Výklad

Technologie třískového obrábění realizovaná na soustružnických strojích je mnohdy považována za jednodušší než technologie frézování. S ohledem na dnešní možnosti soustružnických center, které zvládají soustružnické, vrtací, vyvrtávací i frézovací operace včetně možností automatického předávání obrobku mezi vřeteny, však není možno hovořit o „jednoduchosti“.

Číslicové řízení (NC - *Numeric Control*) obráběcích strojů prošlo v průběhu svého vývoje řadou změn. Měnila se jednotlivá záznamová média i způsoby přenosu a uložení dat (děrné štítky, děrné nebo magnetofonové pásky, diskety, DNC komunikace, flash disky, až po propojení jednotlivých pracovišť do internetové či intranetové sítě s integrací centrálních serverových pracovišť). Pojem NC je dnes používán jak pro označení typu strojů (viz historický přehled uvedený v předchozích informativních příkladech), tak pro způsob řízení. Dnes tedy běžně užívané NC programování (především CNC strojů) je označení pro řízení obráběcího stroje prostřednictvím kódovaných informací (příkazů neboli funkcí), které jsou složeny z alfanumerických znaků a dalších symbolů. Tyto jednotlivé programové věty (bloky nebo řádky) jsou složeny ze slov, které jsou strojem převáděny na impulsy elektrického proudu nebo dalších výstupních signálů pro aktivaci servomotorů nebo ostatních zařízení potřebných pro provoz stroje. Na rozdíl od konvenčních strojů nejsou tedy CNC stroje přímo ovlivněny tzv. lidským faktorem, ale jsou závislé především na kvalitě vytvořeného NC programu. Zmiňovaný lidský faktor se však (nepřímo) může negativně nebo naopak velmi pozitivně projevit v úrovni zpracování NC programů pro obrábění. Jelikož CNC stroje musí pracovat v poloautomatickém nebo zcela automatickém režimu bez zásahu obsluhy, musí být věnována převážná míra pozornosti jednotlivým detailům plánování a přípravy obrábění.

Struktura a obsah NC programů např. řídicího systému Sinumerik vychází z normy DIN 66025. Tyto programy jsou sestaveny z posloupnosti bloků (vět), přičemž každý blok charakterizuje jeden krok v postupu opracovávání součásti. Do bloků jsou zapisovány příkazy (funkce) ve formě jednotlivých slov. První slovo v NC programu není u řídicího systému Sinumerik striktně předepsáno. Poslední blok v postupu opracování obrobku však musí vyjadřovat konec. Použitelných slov pro ukončení programu je ovšem několik a mezi nejužívanější je možno řadit M30, M17 nebo M2. Jednotlivá slova "NC jazyka" se dále dělí na adresnou část a numerickou část. Adresový znak je zpravidla jedno písmeno. Numerická část slova může obsahovat znaménko plus nebo minus, číslice, desetinnou tečku a další číslice. Kladné znaménko není nutné psát, a pokud se za desetinnou tečkou objevují jen nuly, rovněž je není nutné vypisovat (ani psát desetinnou tečku). Zkusíme-li zjednodušit tento poměrně strohý popis definovaný normou, pak můžeme konstatovat, že jeden blok je tvořen minimálně jedním slovem. Blok (obr. 2.1) musí obsahovat veškeré informace nezbytné pro provedení jednoho kroku pracovního postupu. V případě, že některá slova zapisovaná pro provedení kroku jsou shodná se slovy v bloku (nebo blocích) předcházejících, není nutné je znovu zapisovat (tzv. není používán pevný formát bloku).



Obr. 2.1 Formát bloku

Délka bloku řídicího systému Sinumerik může být maximálně 512 znaků (od SW 5) a posloupnost jednotlivých slov by se z důvodu snadnější orientace měla držet normy (v dnešní době mají však normy pouze doporučující charakter). Obecný formát bloku má tedy následující strukturu:

N... G... X... Y... Z... F... S... T... D... M... H...

Adresa Význam

N	adresa čísla bloku
G	podmínka dráhy
X, Y, Z	informace o dráze
F	posuv
S	otáčky
T	nástroj
D	korekční hodnoty nástroje
M	doplňková funkce
H	pomocná funkce

Některé adresy se v rámci bloku mohou vyskytovat i vícekrát, ale již nyní je zcela patrné, že ruční programování NC a CNC strojů, které bylo zpočátku (v minulém století) běžně prováděno prostřednictvím zapisování jednotlivých bloků, nebylo "jednoduché". Tento charakterizovaný způsob je zdoluhavý a neobejde se bez chyb způsobených tzv. lidským faktorem. O kontrole programů grafickou simulací takto vytvářených NC programů je možno hovořit jako o nutnosti.



Kontrolní otázka

1. Jak vypadá obecný formát bloku při tzv. ISO programování? (programování v G-kódu)
2. Co znamená programová funkce DIAMON?



Úkol k řešení

1. Napište programový blok pro pohyb/přemístění řezného nástroje z aktuální pozice ($X = 70 \text{ mm}$; $Z = 10 \text{ mm}$) do nové pozice ($X = 60 \text{ mm}$; $Z = -20 \text{ mm}$). Přemístění musí být realizováno maximální posuvovou rychlostí po přímkové dráze.



Klíč k řešení

Řešení úkolu č. 1:

G0 X60 Z-20

3. ISO programování technologie třískového obrábění s aplikací cyklů pro soustružení (Sinumerik 840D)



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

NC programování technologií třískového obrábění je možno výrazně zefektivnit používáním tzv. cyklů, které umožňují nahlížení na obrábění, jako na tvorbu technologických celků, namísto detailní definice posloupnosti elementárních úkonů. Při zmiňované detailní definici posloupnosti elementárních úkonů (viz např. kapitola č. 2 a 7) je sice možno optimalizovat proces obrábění ke zvolenému kritériu, avšak NC programování je velmi zdlouhavé, programy jsou mnohdy nepřehledné a roste možnost chyby způsobené lidským faktorem. Používání cyklů tedy minimalizuje nejen zmiňované „nedostatky“.

Přehled základních soustružnických cyklů:

Název cyklu	Význam (aplikace) cyklu
CYCLE93	Zapichovací cyklus
CYCLE 94	Zápich tvaru E a F podle DIN
CYCLE 95	Odběr třísky
CYCLE 950	Rozšířený odběr třísky
CYCLE 96	Zápich tvaru A, B, C a D pro závity (podle DIN)
CYCLE 97	Řezání závitů
CYCLE 98	Řetězení závitů

G-funkce a programové rámce (*framy*), které byly v platnosti před voláním cyklu, zůstávají po jeho skončení zachovány. Pracovní rovinu je nutno definovat před voláním cyklu (v případě soustružení se zpravidla jedná o rovinu G18 - rovina ZX) a její dvě osy jsou označovány jako podélná osa (první osa této roviny) a příčná osa (druhá osa této roviny). U soustružnických cyklů se v případě aktivního programování průměrů (funkce DIAMOND) vždy počítá s druhou osou roviny jako s rovinou příčnou. Soustružnické cykly řídicího systému Sinumerik jsou sestaveny tak, aby se v nich obsažené příkazy pro vřetenou vztahovaly vždy na aktivní vřetenou řídicího systému. Pokud má být nějaký cyklus použit na stroji s více vřeteny, je potřeba aktivní vřetenou dopředu definovat jako vřetenou řídicí.

Určité soustružnické cykly, ve kterých se mají provádět pohyby posuvem s podříznutím, monitorují úhel volného řezání aktivního nástroje, zda nedochází k narušení kontury. Tento úhel se zaznamenává do korekčních parametrů řezného nástroje a jako úhel je potřeba zadat hodnotu mezi 0° a 90° bez znaménka. V cyklu je automaticky kontrolováno, zda je možné se zvoleným nástrojem obrobit naprogramovanou konturu. Pokud úplné obrobení s tímto nástrojem není možné, tak se cyklus přeruší s vypsáním chybového hlášení nebo obrábění kontury bude pokračovat, přičemž se jen vypíše chybové hlášení a geometrie břitu určí tvar nové kontury.



Úkol k řešení

1. Vysvětlíte význam jednotlivých slov základního soustružnického cyklu CYCLE95.
2. Charakterizujte rozdíl mezi soustružnickými cykly *Řezání závitů* a *Řetězení závitů*.

4. Pokročilé metody programování (parametrické programování, splinová interpolace, speciální funkce)



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

Pod pojmem pokročilé metody programování je možno soustředit pozornost na řadu oblastí technologie třískového obrábění. V návaznosti na výše uvedenou problematiku bude však v této kapitole rozvedena pouze oblast tzv. ISO programování s využitelností při soustružení, frézování i vrtání.

A-SPLINE

Tato křivka je zpravidla doporučována pro interpolaci bodů získaných digitalizací. Prochází všemi opěrnými body, ve kterých není plynule zakřivená. Tvarování křivky lze realizovat změnou polohy opěrného bodu, přičemž tato změna se projeví i v 6-ti sousedních bodech. Křivka nevytváří nežádoucí chvění a pro interpolaci je používán polynom 3. stupně.

B-SPLINE

Princip vzniku křivky typu B je v praxi využíván při konstrukci např. automobilových karoserií a jiných aerodynamických tvarů. Je kombinací křivky Hermitovy a Bezierovy. Při jejím programování zpravidla hovoříme o definování polohy kontrolních (uzlových) bodů, kterými křivka neprochází, ale je jimi pouze "přitahována". Výjimku tvoří pouze první a poslední bod, ve kterém křivka skutečně začíná a končí. Křivka nevytváří chvění a je plynule zakřivená. Je možno ji doporučit jako nejvýhodnější pro naznačený příklad obrábění součásti na obr. 4.1. Mezi její hlavní výhody patří možnost naprogramování různých vah uzlových bodů, čímž lze výslednou křivku poměrně snadno tvarovat. Běžně je tzv. hmotnost bodu rovna 1. Požadujeme-li, aby kontrolní bod zůstal na svém místě, ale přesto byla vznikající křivka tímto bodem více přitahována (tvarována), lze zvyšovat hmotnost tohoto bodu až na hodnotu 3 s krokem 0,0001. V opačném případě lze hmotnost bodu snižovat až na hodnotu 0 se stejným krokem.

C-SPLINE

Třetím a závěrečným typem je kubická křivka, která je plynule zakřivená v opěrných bodech. POZOR! Má sklon k nečekanému chvění. Lze ji použít v případech, kdy uzlové body leží na analyticky známé křivce. Prochází všemi opěrnými body a změna polohy některého z bodů se s ubývající silou projevuje ve velkém okolí (změna není lokální). C-spline je rovněž považována za nejnámější a nejužívanější.



Kontrolní otázka

1. Kterými řídicími/uzlovými body prochází křivka B-spline.

5. Základy dílensky orientovaného programování řídicího systému Sinumerik (ShopTurn) pro moderní CNC soustružnická centra



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

V dnešní době je možno upozornit na řídicí systémy obráběcích strojů, které umožňují realizovat NC programování přímo na ovládacím panelu obráběcího stroje, bez nutnosti detailních znalostí výše charakterizované struktury a posloupnosti bloků ISO jazyka. Jedná se o metody tzv. dílensky orientovaného programování, které výrazně zjednodušují programový zápis. I v rušném provozu dílen je tedy možno efektivně programovat obrábění značného množství typů součástí přímo podle technického výkresu, a to navíc bez rozsáhlých znalostí výpočetní techniky. Dílensky orientované programování je založeno na principu vyplňování tabulek, jejichž automatickým překladem je vytvářena struktura programových bloků.

PROGRAM	
PŘÍKLAD_5	
P	N5 PŘÍKLAD_5
	N10 Odběr třísek ▾ ▾ ▾ T=ROUGHING_T80 A F0.2/ot. V190m Čelně
	N15 K_PR_5
	N20 Odběr třísek ▾ T=ROUGHING_T80 A F0.35/ot. V190m
	N25 Odběr třísek ▾ ▾ ▾ T=FINISHING_T35 A F0.1/ot. V210m
	N40 Zápich GDIN ▾+ ▾ ▾ ▾ T=FINISHING_T35 A F0.15/ot. V190m
	N45 Závit podélně ▾+ ▾ ▾ ▾ T=THREADING_T1.5 P1.5mm V80m Vnějš
	N65 Vrtání T=DRILL_5 F0.06/ot. V140m Z1=8ink
	N70 ØØ1: Poz. polárně Z0=-49 C0=0 L0=27.5 C1=90 L1=27.5
	N80 Zápich ▾+ ▾ ▾ ▾ T=PLUNGE-CUTTER_3 A F0.1/ot. V150m
	N75 Úpich T=PLUNGE-CUTTER_3 A F0.05/ot. V80m
END	Konec programu N=1

Průběh programu: Přínka Kruh, Vrtání, Soustruž., Soust. kont., Frézování, Různé, Simulace, Zpracování

Obr. 5.1 Editor systému ShopTurn se zápisem dílensky orientovaného NC programu



Úkol k řešení

1. Vysvětlíte pojem zapichovací soustružení, se kterým se lze setkat v programovacím editoru řídicího systému Sinumerik.
2. Naznačíte pohyb řezného nástroje při soustružení metodou postupného zapichování, která je specializovaným cyklem řídicího systému Sinumerik 840D.

6. Základní popis, technická data a ovládání CNC frézek, základy ovládání pětiosého frézovacího centra (MCV 1210)



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

Vertikální obráběcí centrum MCV 1210 (obr. 6.1) je dle udání výrobce (TAJMAC-ZPS, a.s., www.tajmac-zps.cz) vysoce produktivní stroj určený především pro výrobu forem v lisařském, plastikářském, automobilovém i leteckém průmyslu. Svým konstrukčním řešením je vhodný pro obrábění složitých, přesných, prostorových tvarů jak v tříosém, tak v pětiosém obrábění. Typickými výrobky jsou formy pro výrobu lisovacích a tvářecích nástrojů, zápustek pro kování nebo forem pro vstřikování umělých hmot, různých zařízení pro tváření plastů a pryže a jiné tvarově složité strojní výrobky. Velký prostor pro využití stroje leží rovněž i v oblasti nástrojařství a konvenční výroby, tj. klasické frézování, vrtání, zahlubování a vystružování otvorů, řezání a frézování závitů. Stroj vzhledem k vysoké dynamice, velmi vysoké tuhosti a tlumícím vlastnostem konstrukce umožňuje využití výhod HSC technologie.



Obr. 6.1 Pětiosé frézovací centrum MCV 1210 s řídicím systémem Sinumerik 840D pl



Kontrolní otázka

1. Jakého typu je pětiosé vertikální frézovací centrum MCV1210? (Kde jsou umístěny rotační osy?)
2. Je možno stroj MCV 1210 použít pro HSC frézování? (Jaký rozsah má otáček pro obrábění?)

7. Základy ISO programování technologie frézování



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

V posledních letech se stává velice univerzální metodou třískového obrábění především operace frézování. Tato technologie je dnes výrazně rozšířena na CNC strojích a postupně se vyvinula až tak, že dnešní víceosé stroje kromě všech běžných aplikací umožňují i obrábění otvorů, dutin a povrchů, které se dříve výhradně soustružily nebo vyvrtávaly (pro příklad můžeme zmínit třeba výrobu rotačních dutin). Mezi hlavní typy frézovacích operací dnes zpravidla zařazujeme:

- rovinné frézování,
- čelní frézování do rohu,
- kopírovací (tvarové) frézování,
- frézování dutin,
- frézování kotoučovou frézou,
- rotační frézování,
- frézování závitů,
- dělení materiálů,
- frézování vysokými posuvovými rychlostmi,
- ponorné frézování,
- zahlubování,
- lineární a kruhová interpolace,
- odvalovací frézování,
- atd.,

přičemž toto dělení je založeno na účinku působení řezného nástroje na obrobek nebo dle charakteru dráhy nástroje.

Třískové obrábění frézováním je v podstatě obrábění rotujícím (zpravidla vícebřitým) nástrojem, jehož poloha vzhledem k obrobku se plynule mění po naprogramované dráze. Tento posuvný pohyb je téměř v libovolném směru a především díky tomu je frézování velmi univerzální a současně efektivní metodou třískového obrábění. Sdružením rotačního a posuvného pohybu je zajištěno, že každý z břitů řezného nástroje odebírá elementární objem materiálu ve formě třísek. Tento periodicky se opakující proces odstraňuje přebytečný materiál z obrobku a přitom vždy utváří třísky „malých rozměrů“, které se nemohou namotávat na nástroj a/nebo obrobek, jako je tomu např. u soustružení či vrtání.



Kontrolní otázka

1. Je možno při NC programování frézování používat podprogramy?



Úkol k řešení

1. Vysvětlete proč se běžně při soustružení programuje funkce G18 a při frézování funkce G18.

8. ISO programování technologie třískového obrábění s aplikací cyklů pro frézování a CNC frézovací centra (Sinumerik 840D, Heidenhain iTNC530)



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

ISO programování je možno i v dnešním 21. století považovat za základní a „nepostradatelnou“ možnost řídicího systému. Efektivní metodou ISO programování je tak aplikace specializovaných cyklů, jejichž orientační přehled pro řídicí systémy Sinumerik 840D a Heidenhain iTNC530 bude uveden v jednotlivých podkapitolách.

Cykly pro frézování – Sinumerik 840D

Podlouhlé díry uspořádané na kruhovém oblouku	LONGHOLE
Drážky na kruhovém oblouku	SLOT1
Kruhová drážka	SLOT2
Frézování pravoúhlé dutiny	POCKET1
Frézování kruhové dutiny	POCKET2
Frézování závitu	CYCLE90
Frézování pravoúhlé dutiny	POCKET3
Frézování kruhové dutiny	POCKET4
Rovinné frézování	CYCLE71
Frézování kontury	CYCLE72
Frézování dutiny s ostrůvkem	CYCLE73
Předávaná kontura okraje dutiny	CYCLE74
Předávaná kontura ostrůvku	CYCLE75
Frézování pravoúhlého čepu	CYCLE76
Frézování kruhového čepu	CYCLE77

Cykly pro frézování – Heidenhain iTNC530

Pravoúhlá kapsa	Cyklus 251
Kruhová kapsa	Cyklus 252
Frézování drážek	Cyklus 253
Kruhová drážka	Cyklus 254
Dokončení kapsy	Cyklus 212
Dokončení ostrůvku	Cyklus 213
Kruhová kapsa načisto	Cyklus 214
Kruhové čepy načisto	Cyklus 215
Drážka kyvně	Cyklus 210
Kruhová drážka	Cyklus 211
Speciální cykly	Cyklus 32 (plynulé obrábění díky předepsané toleranci)

9. Základy dílensky orientovaného programování řídicího systému Sinumerik (ShopMill) pro moderní CNC frézovací centra



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

Přesto, že moderní frézovací centra jsou v dnešní době využívána především pro souvislé obrábění v pěti osách (tři osy lineární a dvě rotační), jsou osazovány řídicími systémy pro tzv. dílensky orientované programování. Je tak vhodně skloubena možnost ručního programování jednodušších součástí operátorem přímo na dílně na strojním panelu i možnost výroby složitých tvarových ploch pomocí externě připravených rozsáhlých NC programů např. ve vektorovém (kinematicky nezávislém) tvaru.

Při NC programování se můžeme setkat i se specializovanými cykly, které zajišťují velmi komplikovaný pohyb řezného nástroje (např. po trochoidní dráze), ale jejichž programování je možno realizovat i v rušném provozu dílen (obr. 9.1).

The screenshot shows the ShopMill control interface. The main window displays a program titled 'EINZ_RECHTS' with the path 'schrup./vorschl./schl./schl.Boden/schl.Rand'. The program is set to 'Offene Nut' (Open Groove) using tool 'FRAESER_10'. Parameters include: F 4444.000 mm/min, S 555 U/min, and 'rechter Rand' (right edge). The 'Bearbeitung' (Machining) mode is set to 'Wirbelfräsen' (Swirl Milling). The 'Einzelposition' (Individual Position) table is as follows:

Parameter	Value
X0	25.000 abs
Y0	50.000 abs
Z0	40.000 abs
W	18.000
L	60.000
α_0	30.000 °
Z1	4.000 ink
DXY	8.000 mm
DZ	10.000
UXY	1.000 mm
UZ	1.000

The interface also features a toolbar with options: Gerade Kreis, Bohren, Fräsen, Konturfräsen, Diverses, Simulation, and Abarbeiten. A diagram on the left shows the tool path with 'ae' (axial depth of cut) and 'D_{XY}' (radial depth of cut) parameters.

Obr. 9.1 Cyklus systému ShopMill pro výrobu „hlubokých“ drážek



Kontrolní otázka

1. Je možno tzv. ponorné obrábění programovat přímo prostřednictvím ovládacího panelu stroje?

10. Implementace měření prostřednictvím dotykové a bezdotykové sondy do procesu frézování

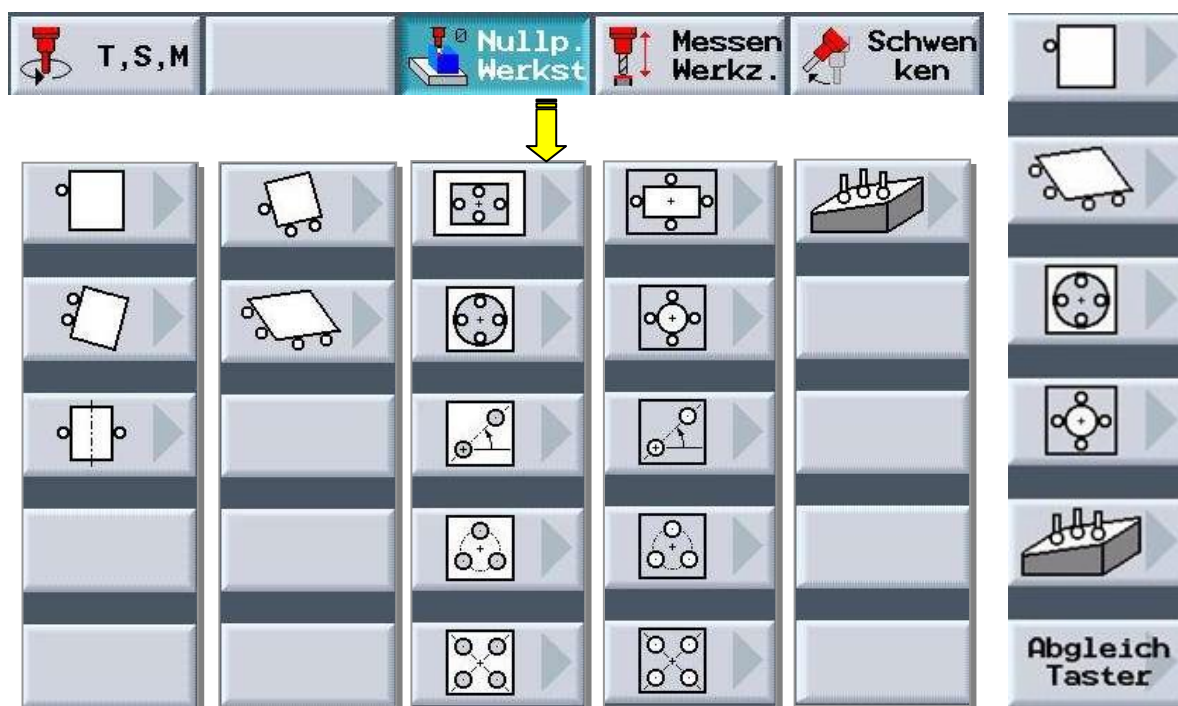


Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

V režimu JOG (ruční režim obráběcího centra) je mimo ručního polohování řezného nástroje možno provádět i kalibraci (kalibrace délky i průměru) dotykové (obrobkové) sondy (např. OMP 400). Lze provádět dílčí měření pozice jednotlivých ploch obrobku nebo kontrolně měřit vzdálenosti a úhly mezi vyrobenými prvky. Např. základní (úvodní) stanovení pozice nulového bodu obrobku je založeno na měření existujících konstrukčních prvků polotovaru nebo jen měření polohy jeho rohu v souřadném systému stroje (obr. 10.1). Cykly jsou založeny na možnosti měřit bod, přímkou, rovinnou plochu nebo realizovat poloautomatické měření v kruhových otvorech (čtvercových kapsách), ale také na kruhových čepech (čtvercových). Jednotlivé plochy je možno měřit v jednom bodě nebo ve dvou bodech, což umožňuje i např. stanovení pozice nulového bodu na rohu součásti, jejíž plochy vzájemně nesvírají úhel 90°. Při dodržení určitých postupů je možno velmi snadno měřit i kinematiku obráběcího stroje.



Obr. 10.1 Horizontální a vertikální ikonové menu editoru ShopMill – sekce měření



Kontrolní otázka

1. Jaký typ bezkontaktní komunikace je použit při práci se sondou OMP400? (rádiová, indukční, optická)

11. Základy CAD/CAM technologie (3D modelování, programování v CAM prostředí, postprocessing, dálková diagnostika, simulace v řídicím systému (Sinumerik))



Čas ke studiu: 3 hodiny



Výklad

Mezi základní prvky, které si lze představit pod souhrnným označením CAD/CAM technologie jsou řazeny CAD softwary (např. SolidWorks, PowerSHAPE, atd.) pro tvorbu konstrukčních prvků (zpravidla 3D modelů obrobků), ke kterým jsou v prostředí CAM (např. PowerMILL, FeatureCAM, atd.) vytvořeny dráhy řezných nástrojů. V CAD prostředí je kromě modelování součástí k dispozici i řada nástrojů pro analýzy kinematických mechanismů (sestav) či pevnostní výpočty jednotlivých prvků. Obdobně je tomu i u CAM softwarů, které umožňují realizovat grafickou vizualizaci a matematickou verifikaci vytvářených i vytvořených drah. Výstupem CAD softwarů je zpravidla model obrobku, zatímco výstupem CAM prostředí je kód, který je zpravidla nutno překládat (*post-processing*) do formátu řídicího systému obráběcího stroje. Přenos nyní tzv. NC programu může být realizován prostřednictvím flash disku nebo prostřednictvím specializovaných komunikačních softwarů. U systému Heidenhain je nejčastěji využíván software TNCRemo a pro řídicí systém Sinumerik je možno doporučit např. pcAnywhere, který umožňuje realizovat mimo přenosu dat i dálkovou diagnostiku. Následuje simulace NC programu v tzv. běžném či kinematicky nezávislém (vektorovém) tvaru přímo v řídicím systému obráběcího stroje nebo centra. Mimo tuto výše naznačenou běžnou strukturu (posloupnost činností) je možno zmínit i implementaci měření do procesu obrábění. K tomu slouží např. software Productivity+, což je produkt zcela nezávislý na řídicím systému stroje či CAMu. Díky vhodnému postprocesoru umožňuje programování měřicích cyklů s výstupem ve formě datových souborů zpracovatelných obráběcím centrem. Tento program pro automatizaci měřicích operací s implementací sekvencí obrábění se instaluje na počítačovou stanici mimo obráběcí stroj.

Software Productivity+ umožňuje na importovaný grafický 3D model připravený v CAD systému a již jednou použitý pro generování dat v CAM softwaru, postupně vkládat měřicí body/prvky. Ty umožňují realizovat např. automatické nastavení nulového bodu každého obrobku, transformovat souřadný systém stroje, proměřit korekce řezných nástrojů nebo kontrolovat jejich případné poškození, ale také vkládá body pro měření jednotlivých obrobených konstrukčních prvků. Změřené souřadnice bodů/prvků jsou zapisovány do textového souboru, který je možno dále kopírovat nebo přenášet stejným způsobem jako NC programy. Jednotlivé měřicí body se na plochy grafického 3D modelu umísťují pouhým kliknutím myši. Celou měřicí sekvenci s pohybem sondy je možno simulovat a tím opět zkontrolovat, zda nedochází k nežádoucí kolizi sondy s obrobkem.



Kontrolní otázka

1. Umožňuje software Productivity+ importovat 3D grafický model? Je pak možno zadávat souřadnice polohy měření z klávesnice?
2. Umožňuje software PowerMILL nakreslit bod, kružnici nebo křivku pro následné obrábění, když je to CAM?