

Moderní obrábění kovů – víceúčelová centra

Viktor Štalmach

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Viktor ŠTALMACH**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Moderní obrábění kovů – víceúčelová obráběcí centra**

Zásady pro vypracování:

Vypracování literární studii na téma CNC obrábění
Naprogramování kódu pro CNC systém
Experimentální výroba součástí s přesnou tolerancí
Vyhodnocení získaných dat

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2008

Termín odevzdání bakalářské práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 1. února 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o CNC, nových technologiích a materiálech a to v oblasti soustružení a frézování dále se zabývá využitím výpočetní techniky a příslušných softwarů, které zvyšují kvalitu práce, produktivitu a do jisté míry nahrazují člověka. Počítač podstatně zjednodušil a urychlil programování, řízení stroje a uchování dat pro jejich opětovné použití .

Klíčová slova:

CNC, CAD/CAM systémy, HSC obrábění, tvorba NC kódu, Simulace programu, 3D - modely

ABSTRACT

The thesis deals with CNC, new technologies and materials in the branch of turning works and milling operations. Furthermore, it focuses on the usage of computer technology and corresponding software, which increase quality of work and to a certain extend they substitute a human being. Computer has considerably simplified and accelerated programming, operation of machine and storage of data for their reusing.

Keywords

CNC, CAD/CAM systems, HSC tooling, NC - programming, simulation

:

Velký dík patří především vedoucímu bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi, který mě umožnil realizovat tento projekt.

Děkuji také Michalovi Šenkeříkovi a Markovi Balšánovi za spolupráci při tvorbě praktické části bakalářské práce a firmě ROSTRA s.r.o. jmenovitě řediteli ing. Petru Mikulčíkovi a vedoucímu výroby Aleši Hrubému .

Děkuji Miriam Ševčíkové za pomoc při přeložení abstraktu.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ VÝROBNÍ STROJE	11
1.1 CNC(COMPUTER NUMERICAL CONTROL).....	11
1.2 INFORMACE PROGRAMU	11
1.2.1 Geometrické	11
1.2.2 Technologické	11
1.2.3 Pomocné.....	12
2 SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM STROJE	13
2.1 NULOVÉ A DALŠÍ VZTAŽNÉ BODY NA CNC STROJÍCH	14
2.1.1 M - Nulový bod stroje	14
2.1.2 W- Nulový bod obrobku	14
2.1.3 R - Referenční bod stroje	14
2.1.4 P - Bod špičky nástroje (soustruh)	14
2.1.5 F -Vztažný bod suportu nebo vřetene (pro vložení nástroje)	14
2.1.6 E - Bod nastavení nástroje.....	15
3 RUČNÍ TVORBA PROGRAMŮ	16
3.1 ZPŮSOBY PROGRAMOVÁNÍ	16
3.1.1 Absolutní programování.....	17
3.1.1.1 Programování v absolutních souřadnicích - soustruh	17
3.1.2 Přírůstkové (inkrementální) programování	19
3.1.2.1 Programování v inkrementální souřadnicích – frézka	19
4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ POMOCÍ CAD/CAM SYSTEMŮ	21
4.1 CAM SYSTÉMY PŘI PRÁCI V 3D MODULY	22
4.2 VYSPĚLÉ SYSTÉMY CAD/CAM.....	22
4.2.1 Frézování projekcí.....	23
4.2.1.1 Rovinou.....	24
4.2.1.2 Přímkou.....	24
4.2.1.3 Bodem.....	24
4.2.2 Dokončení rastrem	25
4.2.3 Zbytkové obrábění.....	25
4.2.3.1 obrábění rohů	25
5 KONTROLA SPRÁVNOSTI PROGRAMU	26
5.1 SIMULACE	26
6 CNC OBRÁBĚCÍ STROJE	28
6.1 ROZDĚLENÍ PODLE OS	29
6.1.1 Jednoosé obrábění (1 D).....	29
6.1.2 Dvouosé obrábění (2D)	29
6.1.3 Tříosé obrábění (3D)	29
6.1.4 Pětiosé obrábění (5D).....	29

6.2	RÁMY	30
6.2.1	Lože	30
6.2.2	Lože u soustruhů	30
6.3	POHONY	30
6.3.1	Pohony posuvů	30
6.4	PŘÍSLUŠENSTVÍ.....	31
6.4.1	Odvod třísek	31
6.4.2	Krytování stroje.....	31
6.4.3	Upínače polotovarů	31
6.4.4	Chlazení mazání nástrojů	31
6.5	KVALIFIKACE OBSLUHY CNC STROJŮ	32
7	CNC STROJE , SOUČANOST A TRENDRY VÝVOJE.....	33
7.1	OBRÁBĚCÍ CENTRA	33
7.1.1	Současná obráběcí centra	34
7.2	VÝROBNÍ TECHNOLOGIE HSC	35
7.2.1	Řezné materiály pro HSC obrábění.....	37
7.2.1.1	Řezné podmínky	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	39
8	PŘEDSTAVENÍ FRÉZKY	40
8.1	POPIS STROJE	40
8.2	OVLÁDACÍ PANEL	41
8.2.1	Monitor.....	42
8.2.1.1	Tlačítka na monitoru	42
8.2.2	Klávesy ovládacího panelu.....	43
8.3	PŘÍSLUŠENSTVÍ STROJE.....	43
8.3.1	3D - dotykové sondy HEIDENHAIN.....	43
9	VÝROBA SOUČÁSTI S PŘESNOU TOLERANCÍ.....	45
9.1	CELKOVÝ PŘÍDAVEK.....	45
9.1.1	hrubování.....	45
9.1.2	poločisté obrábění	45
9.1.3	čisté obrábění.....	46
9.1.4	dokončující obrábění	46
9.2	TECHNOLOGICKÝ POSTUP	46
9.2.1	Technologický postup	47
9.2.2	posloupnost operací v technologickém postupu.....	47
9.3	MATERIÁL SOUČÁSTI 19312	48
9.4	POUŽITÉ NÁSTROJE.....	48
10	TVORBA NC KÓDU	49

10.1	CNC PROGRAM ŠIKMÁ DRÁŽKA PŘED KALÍRNOU (HRUBOVÁNO).....	49
10.2	CNC PROGRAM ŠIKMÁ DRÁŽKA HOTOVĚ PO KALÍRNĚ	52
10.3	CNC PROGRAM DÍRY 8H7	53
11	VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT.....	54
11.1	ZÁKLADNÍ MĚRKY – SOMET	54
11.2	KALIBR NA DÍRY Ø8H7	55
11.3	DIGITÁLNÍ VÝŠKOMĚR MICRO-HITE	56
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

Vývoj v oblasti výrobních strojů ve strojírenství je v současnosti z velké části dán využitím výpočetní techniky. Řízení a automatizace strojů při použití PC a příslušných softwarů zvyšuje zásadním způsobem jejich technickou hodnotu tím, že provádí rychle, přesně a spolehlivě opakované činnosti, nahrazuje člověka, tedy zvyšuje produktivitu práce.

Vývoj (počátek 70. let) nahrazují stroje NC. Tedy výraz Computer Numerical Control. Číslicové řízení počítačem. Řídící systémy těchto strojů jsou na rozdíl od NC strojů vybaveny volně programovatelným mikropočítačem, který provádí se zadanými daty výpočty a řídí stroj.

Vlastnosti počítačového řídicího systému jsou dány programem, kterým se řídí činnost mikropočítače v jednotlivých režimech – tedy softwarově. Obrábění na CNC stroji tak není jiným výrobním postupem, nýbrž pouze jiným druhem programového řízení, tedy souhrou mikropočítače a provozního softwaru (řízení = hardware + software).

Práce se zabývá naprogramováním NC kódu, experimentální výrobou součástí s přesnou tolerancí a současným stavem vývoje v oblasti moderního obrábění kovů .

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ VÝROBNÍ STROJE

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfa-numerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se nazývají bloky nebo věty. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby proběhla požadovaná výroba součástí.

1.1 CNC(Computer Numerical Control)

počítačem (číslícově) řízený (stroj)

Stroje jsou „pružné“, lze je rychle přizpůsobit jiné (obdobné) výrobě a pracují v automatizovaném cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením. Stroje CNC se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby (obráběcí, tvářecí, montážní, měřicí) a jejich typickými představiteli, které se používají pro výcvik programátorů a obsluhy, jsou soustruhy a frézky.

1.2 Informace programu

1.2.1 Geometrické

Popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsoby jejího obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku a od něho. Jde tedy o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme rozměry z výrobního výkresu. V programu je uveden popis v osách X, Z u soustruhu, v osách X, Y, Z u frézky (a často i v dalších osách dle konstrukce stroje a náročnosti výrobku), danými funkcemi, které stanoví norma ISO a také jednotliví výrobci řídicích systémů.

1.2.2 Technologické

Stanovují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek jsou to zejména otáčky nebo řezná rychlost, posuv a hloubka třísky.

1.2.3 Pomocné

Jsou to informace, povely pro stroj pro určité pomocné funkce (např. zapnutí čerpadla chladicí kapaliny, směr otáček vřetene atd.). [1,2]

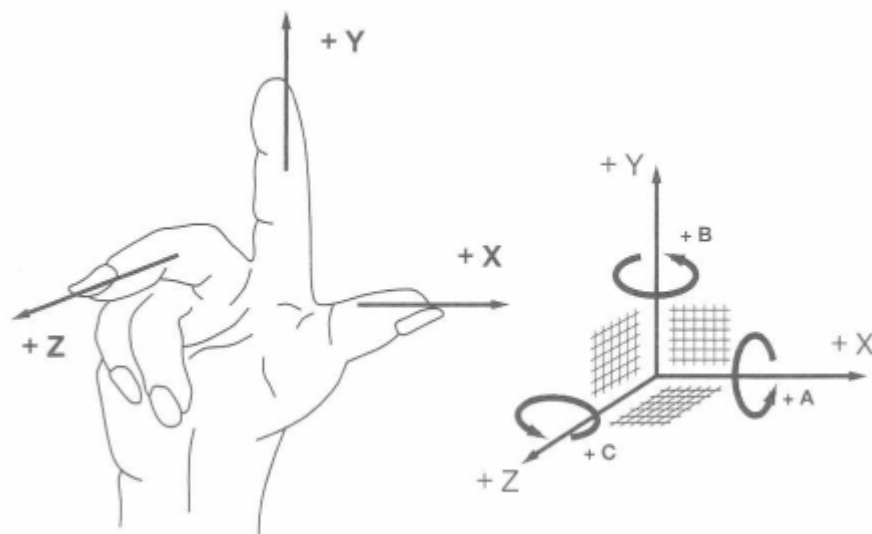


Obr. 1. CNC stroj s vykloněným vřetenem

2 SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM STROJE

Výrobní stroje používají kartézský systém souřadnic. Definice je dána normou ČSN ISO Terminologie os a pohybu. Systém je pravotočivý, pravouhlý s osami X,Y,Z, otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X,Y,Z, se označují jako A,B,C-obrázek 2. Platí, že osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Hodnoty se vyskytují i v záporném poli souřadnic.

Kartézský systém souřadnic je nutný pro řízení stroje, nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo dle příkazů uvedených ve spuštěném CNC programu. Je nutný pro měření nástrojů. Podle potřeby lze souřadnicový systém posunovat a otáčet. V případě měření nástrojů (zjišťování korekcí) je umístěn v bodě výměny nástrojů nebo na špičce nástrojů.



Obr.2 . Definování kartézských souřadnic - pravotočivá soustava[2]

Programátor se z kartézským souřadnicovým systémem nejčastěji setkává při tvorbě programů. Počátek souřadnic kartézského systému programátoři vkládají do nejvýhodnějšího místa na obrobku, který se nazývá nulový bod obrobku. Nulový bod obrobku je výhodné umístit do takového místa, aby se co nejvíce zjednodušilo vyčítání jednotlivých geometrických bodů na obrobku. Konstruktor může napomoci technologovi-programátorovi, když bude respektovat zásady technologičnosti např. kótováním z jednoho místa, což je od (mě-

řící) základny tak, aby byly kóty přehledné. Tím ulehčí práci při programování a sníží se možnost vzniku chyb při výpočtu souřadnic z kót na výkrese.

2.1 Nulové a další vztažné body na CNC strojích

Řídicí systém CNC stroje po zapnutí stroje aktivuje souřadnicový systém ve vlastním stroji. Souřadnicový systém má svůj počátek - nulový bod, který musí být přesně stanoven. Podle použití mají nulové body své názvy .

2.1.1 M - Nulový bod stroje

Je stanoven výrobcem. Je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. U soustruhů je nulový bod stroje M umístěn v ose rotace obrobku v místě čela vřetene . U frézky, v místě krajní polohy stolu frézky v obou osách - obvykle z pohledu obsluhy je to vlevo, vpředu.

2.1.2 W- Nulový bod obrobku

Nastaví ho programátor pomocí dané funkce G v potřebném místě obrobku.

2.1.3 R - Referenční bod stroje

Je stanoven výrobcem a realizován koncovými spínači. Vzdálenosti nulového bodu stroje M a referenčního bodu stroje R jsou výrobcem přesně odměřeny v souřadnicové soustavě stroje a vloženy do paměti os, jako strojní konstanty.

2.1.4 P - Bod špičky nástroje (soustruh)

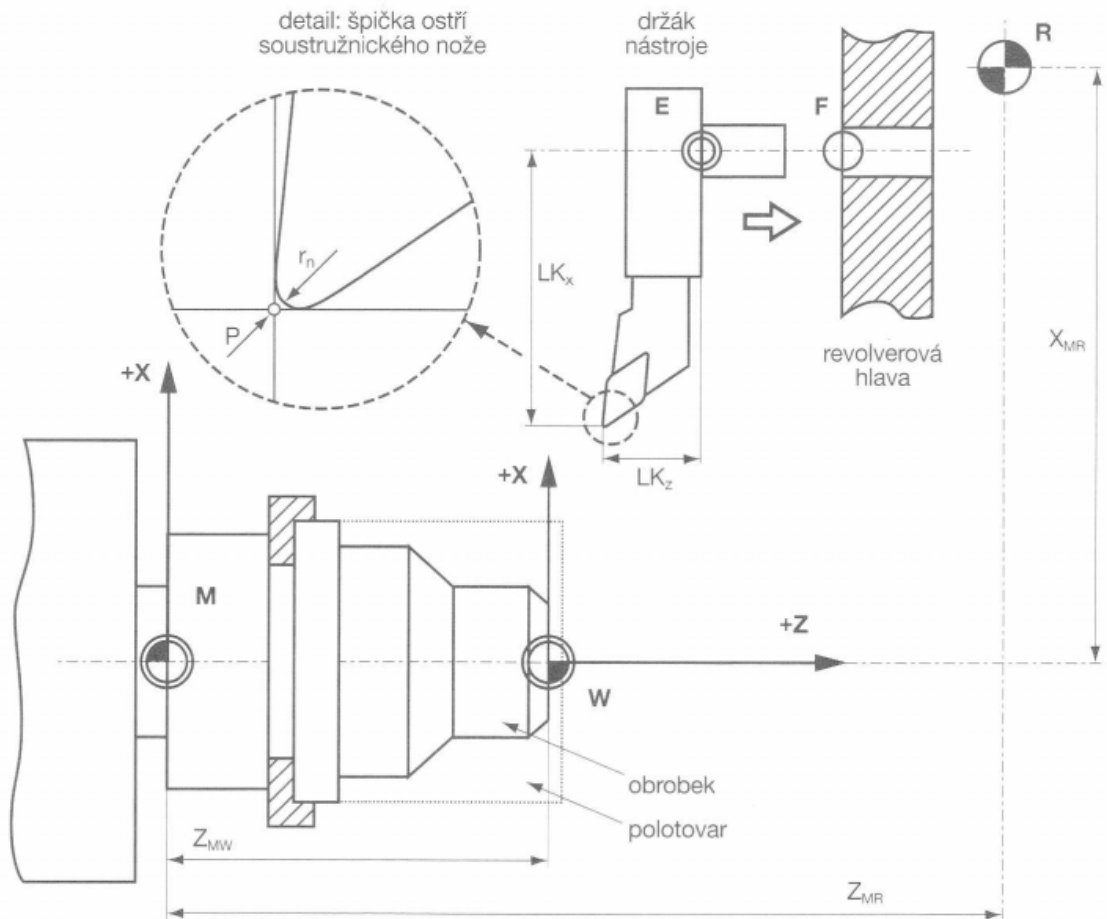
Je nutný pro stanovení délkové korekce a následně rádiusové korekce nástroje (tj. poloměru zaoblení špičky nástroje). Je to bod, jehož pohyb se teoreticky programuje (pokud se použijí rádiusové korekce).

2.1.5 F -Vztažný bod suportu nebo vřetene (pro vložení nástroje)

Bod výměny nástroje na revolverové hlavě u soustruhu, u frézky je umístěn na čele vřetene a v ose její rotace. K bodu F se vztahuje délková korekce nástroje.

2.1.6 E - Bod nastavení nástroje

Bod na držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní s bodem E (E nutný pro zjištění korekce nástroje na přístroji mimo stroj).[6]



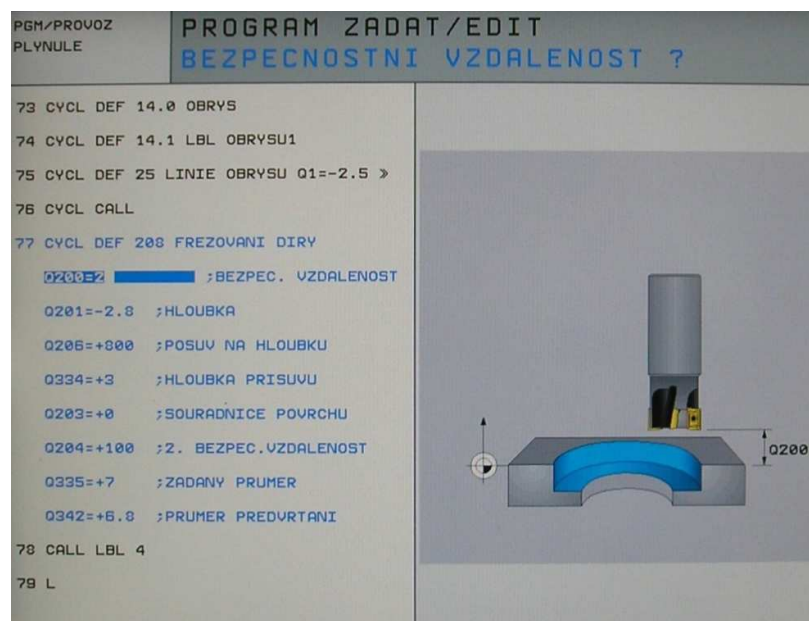
Obr. 3. Nulové body stroje při soustružení[2]

3 RUČNÍ TVORBA PROGRAMŮ

Při ručním programování se v současnosti převážně používá kód ISO v popsaném absolutním programování. Znalost přírůstkového programování byla nutná pro stroje NC řízené děrnou páskou. Ruční programování se také používá v systémech, které nahrazují kód ISO. Ty mají za úkol zpřehlednit, zjednodušit a zejména zrychlit tvorbu programu. Za dodavatele lze jmenovat firmy Heidenhain, Mazak s jazykem Mazatrol a další. V programech se používají mnemotechnické zkratky zachovává se řádková struktura. Často lze při tvorbě programu kombinovat tento specifický programovací jazyk s programováním v kódu ISO .

3.1 Způsoby programování

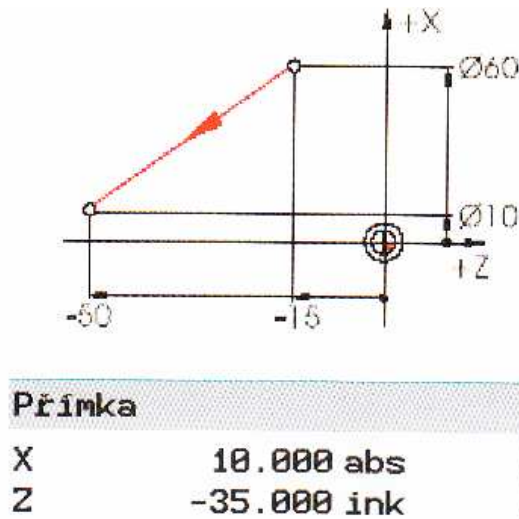
Programování na stroji se provádí výjimečně v případech relativně jednoduchých programů. Programuje se pokud možno v překrytém čase (kdy stroj pracuje), a to provádí většinou kvalifikovaný pracovník obsluhující stroj. Využití času lze též obsluhou více strojů, což záleží na organizaci práce a charakteru výroby na daném pracovišti. Obecně platí, že dobrý technolog - programátor si ověří vytvořený program na stroji při výrobě první součásti. Jde zejména o průběžné získávání zkušeností oblastí tvorby programu, zadaných řezných podmínek, znalostí strojů a nástrojů. Produktivnější rychlejší pro vytvoření CNC programu jsou CAD/CAM systémy .[2]



Obr. 4. HEIDENHAIN - ruční programování

3.1.1 Absolutní programování

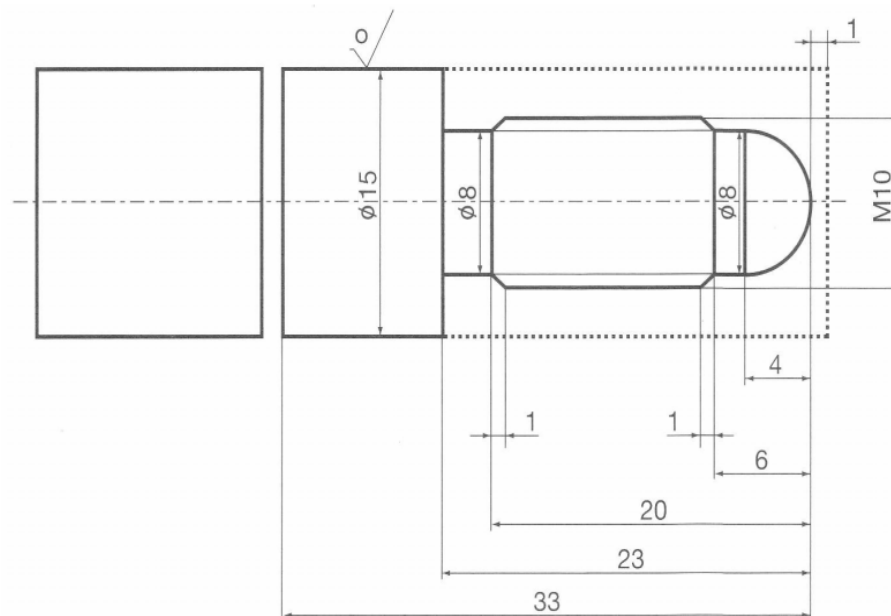
Zadávané hodnoty jsou vztaženy k počátku souřadné soustavy obrobku .



Obr. 5. Absolutní programování[11]í

V případě zadávání absolutních rozměrů je vždy zapotřebí zadávat hodnoty absolutních souřadnic koncového bodu v aktivním souřadném systému (aktuální pozice se neuvažuje).

3.1.1.1 Programování v absolutních souřadnicích - soustruh



Obr. 6. Absolutní programování – soustruh[2]

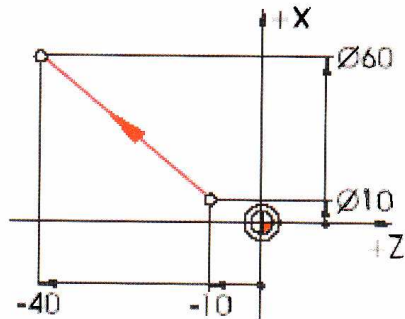
3.1.1.1.1 Řešený příklad pro soustruh buf 16 CNC

N	G (M)	X	Z	Ostatní symboly	Popis činností
4	92	20	25		Poloha nástroje. Též bod výměny nástroje.
8	M03			S2000	Otáčky vřetene, nástroj před osou.
12	00	8	2		V Z je 1 mm přidavek na čele +1 mm bezpečnostní vzdálenost.
16	01	8	-6	F200	Soustružení osazení Ø 8.
20	01	10	-7	F200	Soustružení sražení.
24	01	10	-19	F200	Soustružení pro závit
28	01	8	-20	F200	Soustružení tvarového zápichu, nůž musí mít vhodný úhel H'.
32	01	8	-23	F200	
36	01	16	-23	F200	
40	00	16	0		Odjezd rychloposuvem.
44	00	8,1	0		Příjezd k zarovnání čela.
48	01	-1	0	F200	Soustružení čela za osu – vzhledem k rádiusu špičky nože.
52	03	8	-4	R4 F200	Soustružení rádiusu.
56	00	20	25		Odjezd do bodu výměny nástroje.
60	M03			S200	Snížení otáček pro následující závit.
64	M06	dosadit korekce		T2	Závitový nůž.
68	00	10,1	-5,5		Rychloposuvem před závit
72	78	8,16	-20,5	U0,2 K1,5	Použití závitového cyklu U = hloubka třísky K = stoupání závitů. 8,16 = malý průměr závitů.
76	00	20	25		Odjezd do bodu výměny nástroje.
80	M06	dosadit korekce		T3	Upichovací nůž – šířka 3 mm.
84	00	15,1	-33,5		Příjezd pro upichnutí. Přídavek na čele pro další obrábění.
88	01	-1	-33,5	F200	Upichování.
92	00	20	-33,5		Výjezd nožem.
96	00	20	25		Odjezd do bodu výměny nástroje.
100	M05				Zastavení vřetene. (Funkce M06 startuje předchozí otáčky.)
104	M06	0	0		Původní nástroj – rohový (stranový) nůž – korekční.
108	M30				Konec programu.

Tabulka 1. Absolutní programování – program[2]

3.1.2 Přírůstkové (inkrementální) programování

Zadávané hodnoty jsou vztažené k momentální pozici .



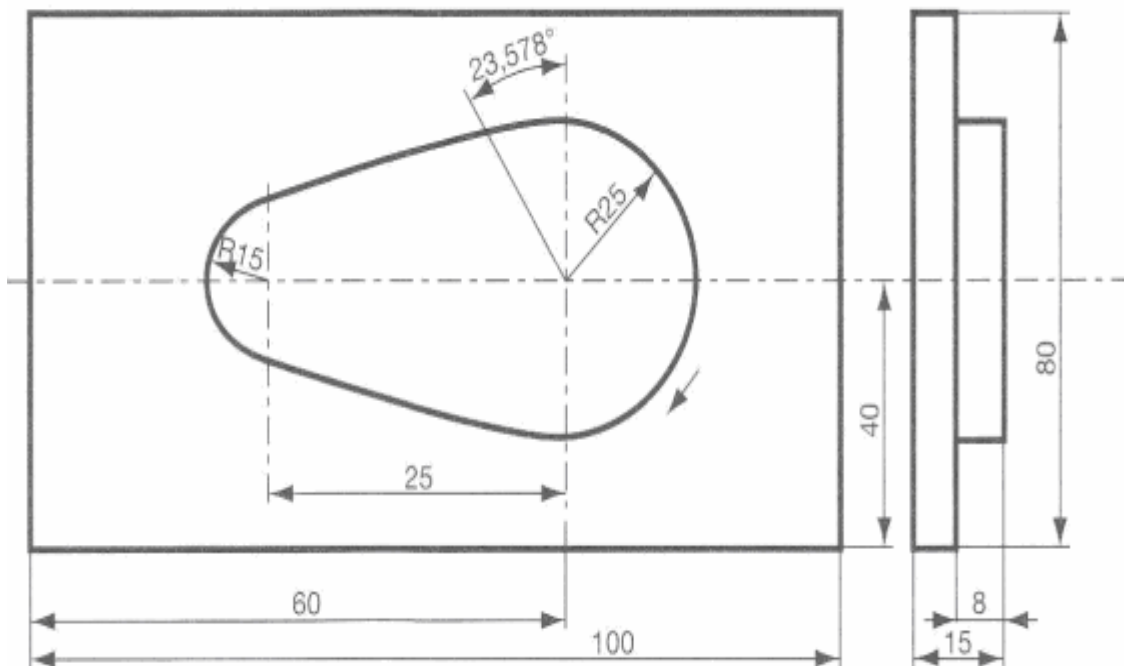
Přímka

X	25.000 ink
Z	-40.000 abs

Obr. 7. Přírůstkové programování[11]

V případě inkrementálního zadávání je vždy nutno zadat hodnotu difference mezi momentální polohou a koncovým bodem, přičemž je nutno uvažovat také směr.

3.1.2.1 Programování v inkrementální souřadnicích – frézka



Obr. 8. Přírůstkové programování – model[2]

3.1.2.1.1 Řešení příkladu s použitím softwaru MTS.

Z technologického postupu popis operace: frézovat, dokončit tvar vačky
 Výchozí materiál: 100 × 80 – 15 *Řezné podmínky a jakost plochy neřešeny.*
 Nulový bod: levý přední horní bod polotovaru
 Nástroj: T1 válcová fréza D = 50 správné hodnoty korekcí.

Bloky programu	Popis činností
N G90	Absolutní programování.
N G54 X150 Y160 Z15	Posunutí souřadnicové soustavy do nulového bodu obrobku.
N G59 X60 Y40	Další posuv přírůstkově do středu R25.
N T0101 S1000 F300 M03	Technologický řádek.
N G0 X70 Y0 Z-8	Příjezd k materiálu, k třísce, programována osa frézy.
N G41 X25 Y0 G46 A15	Rádiusové korekce. Nájezd po oblouku R15 do prvního bodu kontury.
N G12 I0 J0 A-113,578 P070	Středový bod pólu. Cílový bod rádiusu ve stupních, rádius vyjádřen v předchozím bloku souřadnicemi X 25 Y0.
N G11 I-25 J0 A-113,578 B15	Přímka v cílovém bodu (definován souřadnicemi) rádiusu R(B)15.
N G12 I-25 J0 A+113,578	Obrábění rádiusu R15.
N G11 I0 J0 A113,578 B25	Přímka k R25.
N G12 I0 J0 A0	Obrábění rádiusu R25, výchozího bodu obrábění.
N G40 G46 A15	Zrušení korekcí a odjezd nástroje po oblouku.
N G26	Odjezd do výchozího bodu výměny nástroje, definován na stroji.
N M30	Konec programu

Tabulka 2. Přírůstkové programování – program[2]

4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ POMOCÍ CAD/CAM SYSTEMŮ

V CAD/CAM systémech se pomocí postprocesoru přeloží vytvořený program pro řídicí systém daného stroje. Z tohoto důvodu již přestává být aktuální programování polární parametrické vzhledem ke své náročnosti. Programování pomocí softwarů CAD/CAM je programování, na rozdíl od ručně psaných bloků do bloků programu, automatizované .

CAD/CAM (projektování pomocí počítače/výroba pomocí počítače). Termín označující použití počítačů při projektování a výrobě produktů. Metoda CAD/CAM spočívá v tom, že výrobek, jako např. část stroje, se navrhne v CAD programu nebo pomocí objemového modelování a konečný tvar se přeloží do soustavy instrukcí, jež lze přenést jako vzor do zpravidla číslicově řízených obráběcích strojů, které podle ní příslušný výrobek vyrobí.

Trojrozměrná počítačová grafika tvoří základ zobrazování CAD, virtuální reality, CAD/CAM systému, medicínských vizualizačních systémů, filmových a televizních triků počítačových her, simulačních a vědeckých aplikací (molekulární modelování). Názorná vizualizace komplikovaných prostorových systémů je pomocí trojrozměrné interaktivní grafiky daleko lépe pochopitelná a vstřebatelná, než složitý systém dvourozměrných řezů a pohledů .

CAD (Computer-aided design). Termín označující programy (a pracovní stanice) používané při navrhování nástrojových, architektonických a vědeckých modelů od jednoduchých nástrojů až po složité celky, např. letadla. různé aplikace CAD vytváří dvou a třírozměrné objekty, přičemž výsledkem mohou být „kostry“ objektů složené z čar (wire frame), náročnější modely se stínovanými částmi nebo skutečné zobrazení objektů. Některé programy taktéž umožňují rotaci objektů nebo změnu jejich velikosti, poskytují pohled zevnitř, vytváří seznamy materiálů potřebných ke konstrukci a provádějí jiné příbuzné funkce.

CAM (Computer-aided manufacturing). Aplikace počítačů v automatizaci výroby, technologické přípravy výroby a kontroly výrobků. Uplatňuje se jak při kusové výrobě, tak i při výrobě hromadné za použití robotů a automatizovaných linek.

Následuje automatizované vyhotovení programu CNC v modulu CAM, který se zapisuje v blocích v kódu ISO, jako při ručním programování se specifiky daného řídicího systému. Program se archivuje a posléze přenáší na určený stroj. Program do stroje je nahrán v kódu ISO a lze ho z tohoto pohledu v řídicím systému stroje číst a případně opravovat.[1,2,8]

4.1 CAM systémy při práci v 3D moduly

Náročné programy tvarových ploch forem, zápustek, případně dalších ve 3D nelze vyhotovit ručním programováním, je nutné použít CAD/CAM 3D systém, který zvládá dané požadavky.

3D tvary se zhotovují v systému CAD pomocí ploch nebo těles (solidů). Již většina těchto systémů umožňuje volbu mezi nimi dle výhodnosti pro danou konstruktérskou práci. Takto zhotovené modely následně přejímají a zpracovávají moduly CAM.

Pro rychlé, výkonné stroje, pro technologii HSC, jsou konstruovány nové řídicí systémy. Z programu se generuje obecná křivka, která umožňuje plynulý a tím i rychlý pohyb nástroje po programované ploše. Dané řešení zkracuje NC program a čas výroby.

Každý CAD/CAM systém musí obsahovat modul CAD (i ve zjednodušené podobě), který umožňuje převzetí výkresů z cizích systémů CAD, aby mohly být opraveny případné chyby na výkresech a odstraněny nepotřebné elementy (detaily, pohledy, kóty, razítka).

Často je efektivnější a rychlejší překreslit převzatý výkres v modulu CAD, než na něm odstraňovat chyby.[2,6]



Obr. 9. Plocha obrobku vyrobena pomocí CAD/CAM systému (přes 45 tisíc řádků)

4.2 Vyspělé systémy CAD/CAM

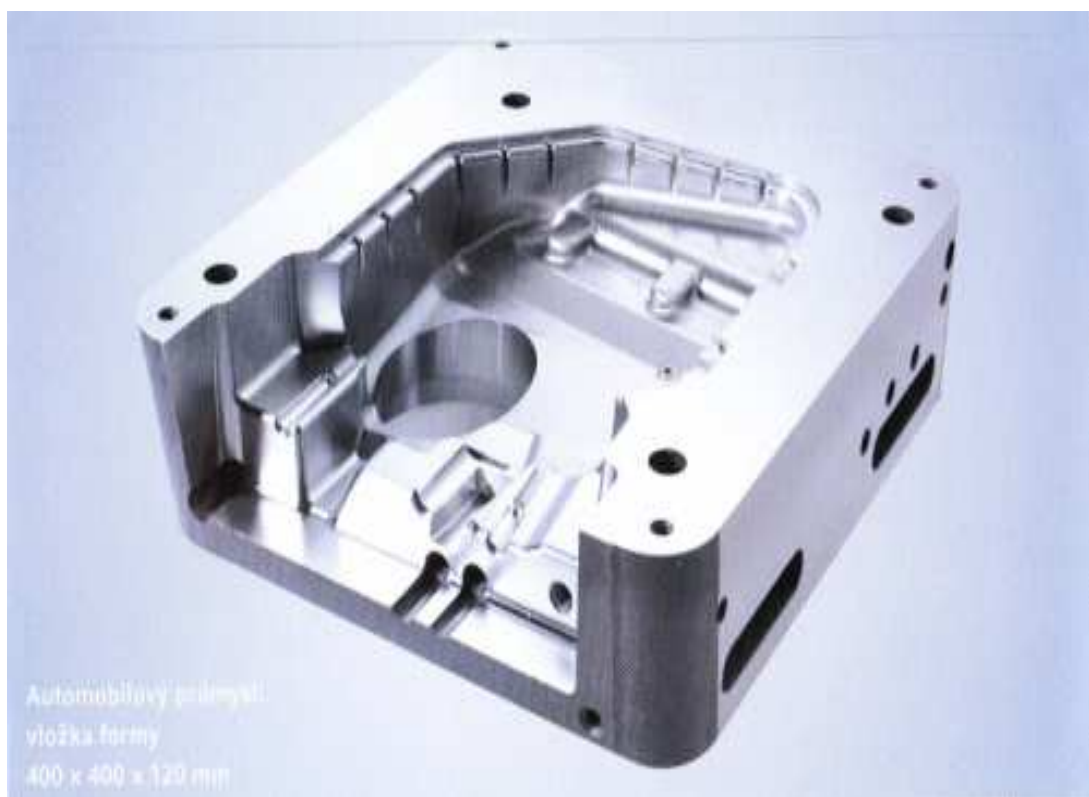
CAD/CAM systémy nabízejí vytváření různých strategií při obrábění, tyto snižují výrobní časy, zaručují kvalitu plochy a využívají možností moderních nástrojů. Zde jsou uvedeny

strategie frézování. Tyto systémy také umožňují pracovat s již vytvořenými dráhami nástroje, tyto upravovat, spojovat, a poskytují další možnosti.

Vývoj nových nástrojů zasáhl do CNC obrábění - také výrobci software na toto reagovali vytvářením nových cyklů, které urychlují práci programátora, zaručují kvalitu práce při snížení času výroby a slučují operační úseky v jeden celek, v jeden nástroj.

4.2.1 Frézování projekcí

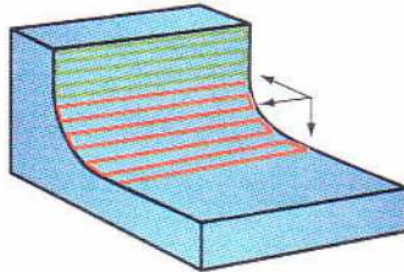
Používá se pro vyšší kvalitu povrchu na složitých tvarech modelu.



Obr. 13. Forma automobilový průmysl[7]

4.2.1.1 Rovinou

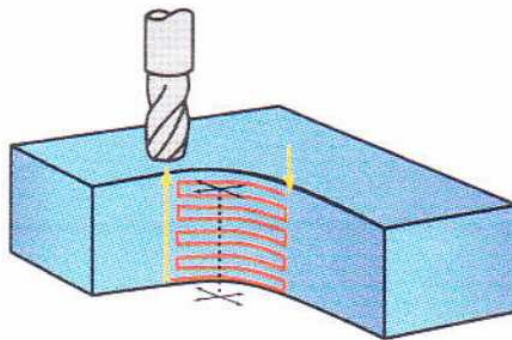
Tím můžeme na tyto plochy promítat individuální rast. (z plochy, kterou definujeme a můžeme naklánět, „ozářujeme“ různá zákoutí apod.)



Obr. 11. Trajektorie nástroje[2]

4.2.1.2 Přímkou

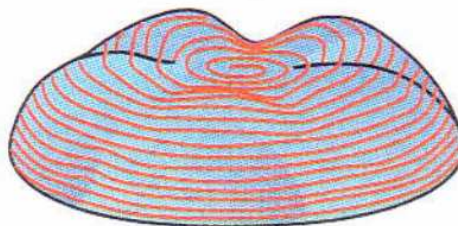
Obrábíme dráhami - přímka, kruh, spirála, což je výhodné pro obrábění dutin. (ozáření přímkou - „trubicí zářivky“)



Obr. 12. Trajektorie nástroje

4.2.1.3 Bodem

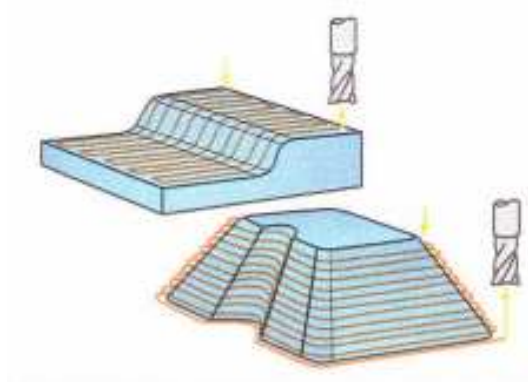
Dráhy vznikají projekcí kruhu, spirály, radiály.(„ozáření žárovkou“ - bodem.)



Obr. 13. Trajektorie nástroje

4.2.2 Dokončení rastrem

Lze provádět rovnoběžně s osami pod zvoleným úhlem a křížem. Použití závisí na sklonu ploch vůči dráze nástroje (má vliv na drsnost plochy). Obecně je rastrování použitelné pro plochy s mírným sklonem, až vodorovně. Dokončení lze provádět v konstantních Z výškách. Má smysl od určité strmosti až po kolmé stěny.



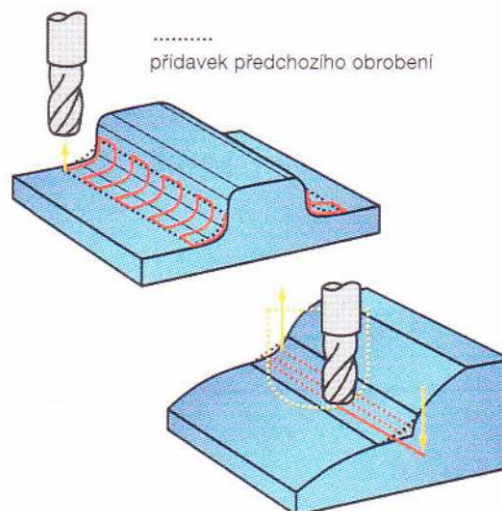
Obr. 14. Trajektorie nástroje

4.2.3 Zbytkové obrábění

Toto obrábění odstraňuje zbytky materiálu, které zůstaly neobrobena po předchozím nástroji. Podmínkou je použití menšího nástroje - neobrobíme vše.

4.2.3.1 obrábění rohů

dráhu a směr nástroje lze volit



Obr. 15. Trajektorie nástroje

5 KONTROLA SPRÁVNOSTI PROGRAMU

Je výhodné, když programy, zejména ty náročné, vytváří programátor mimo stroj na vhodném PC, které disponuje příslušným softwarem řídicího systému, v němž je doporučeno program i softwarově odsimulovat - odladit.. Programy lze nahrávat do stroje pomocí přenosného počítače, disketové jednotky nebo sítě.

Pod pojmem test CNC programu se rozumí testování napsaného programu, kdy se nesimulují pohyby. Test upozorní na geometrické nesrovnalosti, neproveditelné programové kroky a případně na narušení pracovního prostoru.

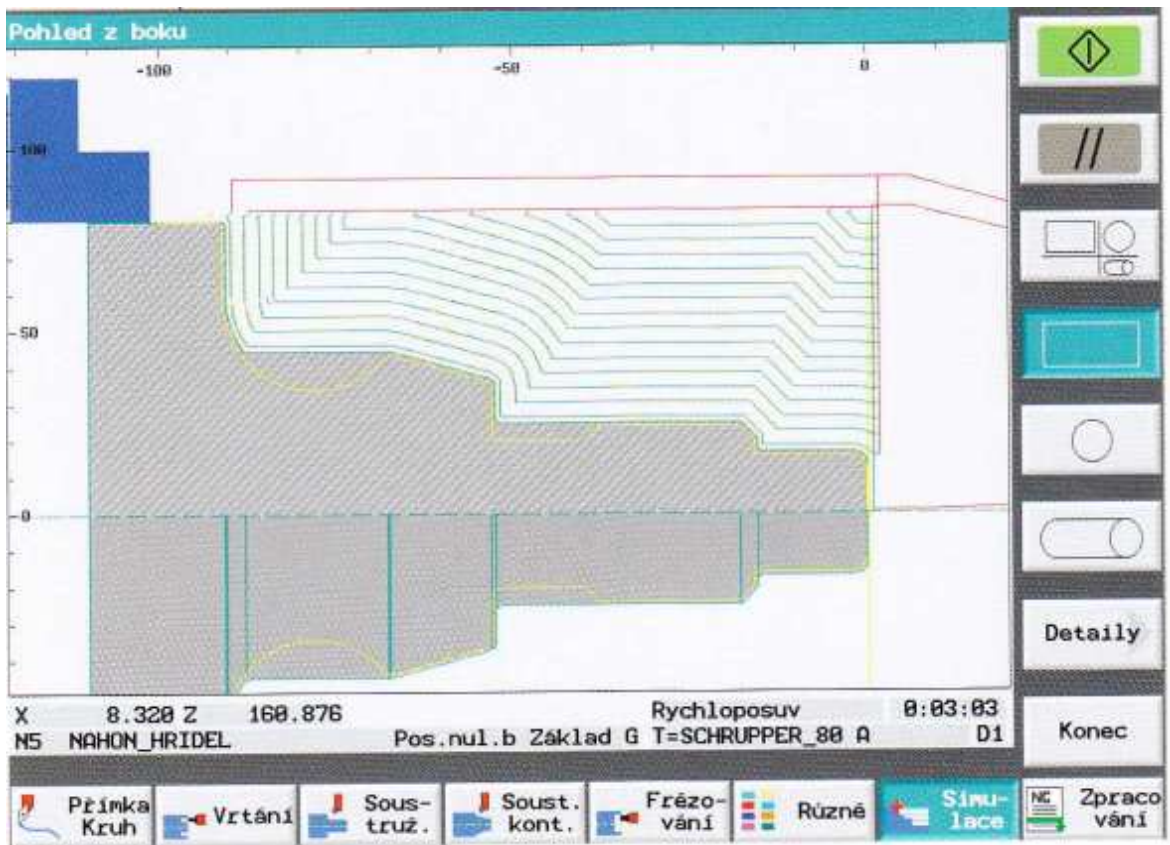
5.1 Simulace

Simulace obrábění je součástí práce programátora, a to včetně testu – upozorní na chybný blok v programu. Každý software ručního a automatizovaného (CAD/CAM systémy) programování umožňuje provést simulaci obrábění. Simulací nelze odstranit všechny možné chyby v CNC programu, záleží na použitém řídicím systému, případně na použitém simulačním programu. Simulace snižují pravděpodobnost havárie stroje s obrobkem, snižují možné procento zmetků, poškození nebo zničení nástroje, případně poškození stroje. Umožňují možnost kontroly dráhy pohybu nástroje, rozměrů obrobku, kontrolu strategie obrábění..Nelze simulovat upínání obrobku a řezné podmínky. Nastavené řezné podmínky v programu (otáčky, posuv, hloubka třísky) při pohybu nástroje na obrazovce.

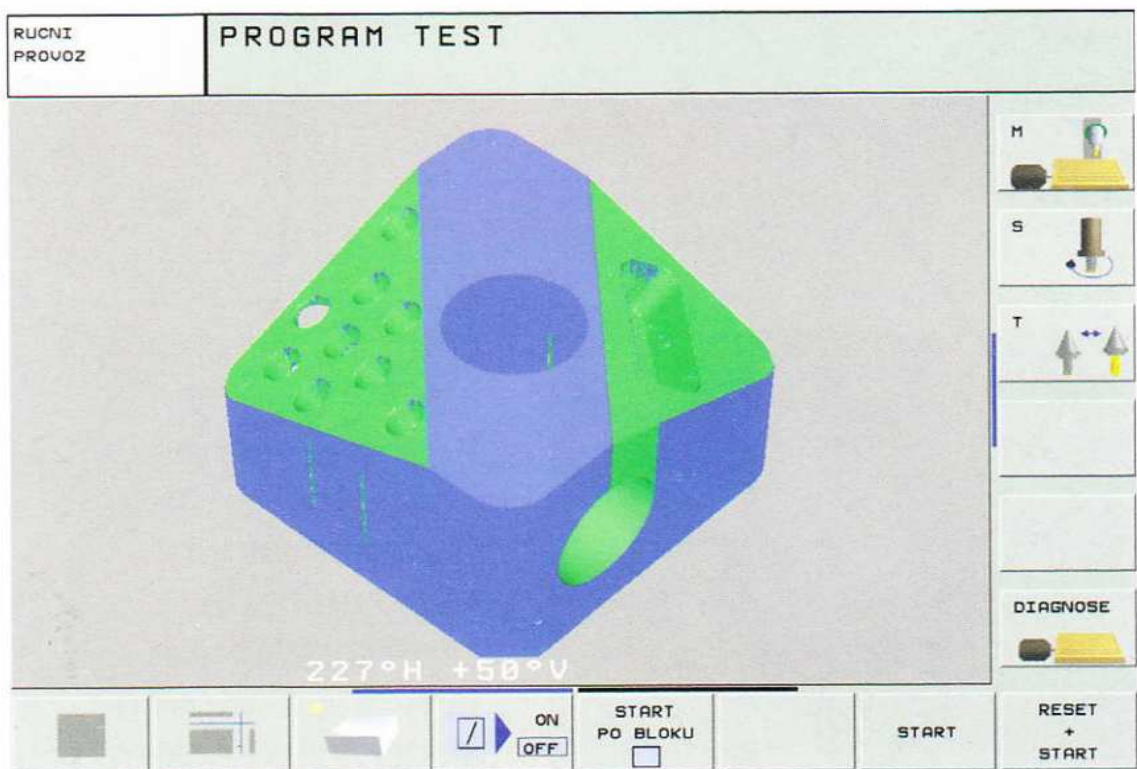
Slouží k ověření správnosti vytvořeného programu pohybem nástroje při obrábění. Pracovní pohyb i rychloposuv může být zrychlen či zpomalen, nebo prováděn v režimu B.B tak, aby měl programátor (nebo pracovník obsluhy, operátor) možnost sledovat dráhu nástroje. V případě nalezené chyby se program opravuje. Simulace programů je možné provádět mimo stroj na PC s daným soft-Barem (při tvorbě programu)a také přímo na CNC stroji.

Slouží k vykreslení dráhy nástroje na obrazovce, pro případné jejich úpravy, vyhodnocení, zda je zvolen správný způsob obrábění (strategie).

V případě, že software poskytuje pohled ve 2D - zobrazuje se výrobek jako na technickém výkresu v nárysu, půdorysu a bokorysu. Ve 3D - zobrazuje se výrobek v axonometrickém pohledu prostorově, což umožňuje obrobek natáčet nebo v něm provádět řezy, popřípadě provádět i měření.[2,11]



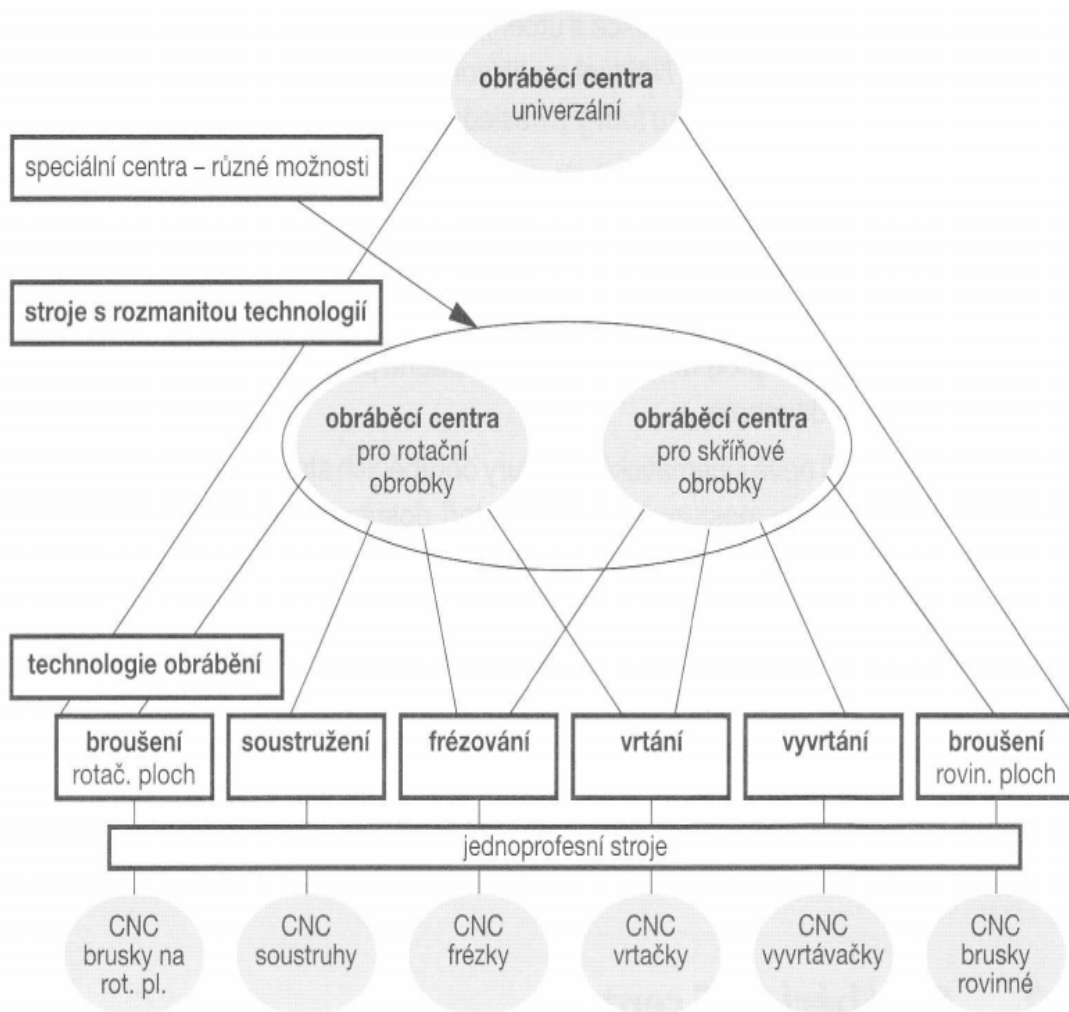
Obr. 16. Simulace pomocí programu Sinumerik – ShopTurn[11]



Obr. 17. Simulace pomocí programu iTNC 530[5]

6 CNC OBRÁBĚCÍ STROJE

Schéma (obrázek) ukazuje třídění obráběcích strojů, původně jednoprofesních - třídných dle technologie obrábění (obrázek nevystihuje všechny technologie a jejich kombinaci). Existuje velmi málo součástek, které jsou vyrobeny pouze jednou technologií - např. na soustruženém hřídeli je potřeba vyfrézovat drážku. Ekonomika provozu vede k integraci několika způsobů technologie obrábění do jednoho obráběcího stroje (centra). Důvody jsou ve snížení (odstranění) vedlejších časů, např. upínání na dalším stroji, a také v odstranění čekacích časů na další operaci, také se zvyšuje přesnost výroby. Další integrace technologií do stroje vede až k univerzálním obráběcím centrům.



Obr. 18. Obráběcí centra – univerzální[2]

6.1 Rozdělení podle os

Pro hodnocení konstrukční vyspělosti stroje (obráběcího centra) se používá jako jeden z ukazatelů počet os souřadnicového systému, které mohou být při obrábění současně v činnosti.

Pro tří- a pětiosé obrábění je zde uveden příklad obráběcího centra na bázi frézky. Totéž lze obdobně aplikovat na centrum na bázi soustruhu.

6.1.1 Jednoosé obrábění (1D)

Jeden pohyb - po jedné ose.

Příkladem: jednoúčelový stroj - vrtání díry.

6.1.2 Dvouosé obrábění (2D)

Řízení dvou os najednou - běžná frézka X,Y soustruh X, Z. U frézky při najetí na hloubku třísky (osa Z) a následném obrábění (v osách X,Y) se hovoří jako o obrábění ve 2.5 D.

6.1.3 Tříosé obrábění (3D)

Řízení tří os X,Y,Z současně - tříosá frézka. Frézování rozmanitých prostorových i tvarů, nástroj je kolmo na osy X,Y (Kulová fréza, pokud obrábí rovinu X,Y, odebíral třísku nevýhodně středem nástroje s řeznou rychlostí blízkou 0, též ve středu je nevýhodný průnik více ostří a řezné úhly)

6.1.4 Pětiosé obrábění (5D)

Řízení pěti os najednou při obrábění - při posuvech v osách X,Y,Z může být řešeno: Otočným stolem (C osa) a jeho naklopením (osy A nebo B). Přídavným zařízením na stole (kolébka), ve kterém lze obrobkem otáčet (C), umístěním ve směru os X nebo Y a jejím natáčením (A nebo B osa). Výkyvem frézovací hlavy ve dvou osách X,Y (A,B).

6.2 Rámy

Nosné struktury - CNC stroje vyžadují podstatně zvýšenou tuhost, kterou především zajišťují tuhé rámy. Tradiční litina již často nestačí, bývají to svařence, plněné polymerbetony, kovovými pěny apod.

6.2.1 Lože

Kluzné vedení je postupně nahrazováno valivým, které má své známé výhody, ale také nevýhody, jako jsou nízké hodnoty tlumení rázů, citlivost na nečistoty, řešení mazání a další. Uvedené a související problémy postupně řeší vývoj v této oblasti. S loži souvisí i jejich krytování chránicí před nečistotami.

6.2.2 Lože u soustruhů

Je řešeno jako šikmé, se suporty za osou rotace pro tak zvané zaosové nástroje. Výhoda spočívá nejen v tuhosti, ale také se usnadnil odvod třísek a manipulace s obrobky.

6.3 Pohony

Vřeteníky - běžné stroje dosahují otáček 6000 až 8000 /min, ale také 10 000 až 12 000 ot/min. Elektrovřetena a vřetena s vlastním pohonem, dosahují až 20 000 ot/min. Vysoké otáčky jsou vyžadovány nejen pro brousící operace, ale také pro vrtací a frézovací operace - postupně se uplatňuje technologie HSC. Vřeteníky vyžadují nové řešení ložisek, jejich mazání a chlazení. Zde jsou nutností snímače teploty a zatížení ložisek, snímače chvění atd.

Hlavní pohon vřetena stroje - musí zajistit plynulou změnu otáček při zatížení stroje při obrábění, vysoké zrychlení a zpomalení. Pokud je stroj vybaven „osou C“, ta musí zajistit přesné polohování a pootočení vřetene o požadovaný úhel.

6.3.1 Pohony posuvů

Servomotory posuvů a kuličkové šrouby patří k nutnému vybavení stroje. Pohyb motoru přenášený pomocí kuličkového šroubu na suport s nástrojem (soustruh) nebo na stoly s obrobkem (frézky) dává stroji požadovanou přesnost do tisíce milimetru. Servomotor je konstrukčně dán počtem inkrementů (impulzů) na otáčku motoru a může být vybaven sní-

mačem zrychlení. Kuličkové šrouby zajišťují rychlý a přesný pohyb bez vůle s minimálním třením. Šroub a matice s kuličkami jsou vzájemně předepjaty, tím je odstraněna nežádoucí vůle. Takto je zaručen plynulý přesný pohyb na souřadnice, které programátor zadal programem do řídicího systému CNC stroje. Pro současně požadované rychlosti posuvů dodávají výrobci do strojů kuličkové šrouby s vysokým stoupáním a šrouby vícechodé.

6.4 Příslušenství

6.4.1 Odvod třísek

Automatické odstraňování třísek od stroje je nutné též z hlediska zdroje teploty - hrozí teplotní dilatace stroje a obrobku, což ovlivňuje výslednou přesnost výroby. Konstrukteři navrhují příslušné části strojů tak, aby se zamezilo hromadění třísek v obráběcím prostoru, lože jsou šikmá se skluzy, také se provádí odvádění třísek pomocí kapaliny. Transport třísek ze stroje do třískových dopravníků se provádí pásovým nebo šnekovým dopravníkem. Třískovým dopravníkem, na kterém dochází k odloučení řezné kapaliny od třísek, jsou třísky dopravovány do zásobníků třísek. Na konce dopravníků jsou montovány drtiče třísek (z důvodů snížení objemu třísek). Třískový dopravník může být hrablový, článkový, pásový, magnetický.

6.4.2 Krytování stroje

Pracovní prostor je uzavřený z hlediska hygieny a bezpečnosti práce. Stroj nelze spustit, pokud je otevřený kryt. Musí být vyřešeno lámání třísek.

6.4.3 Upínače polotovarů

Jsou užívány převážně hydraulické nebo pneumatické, vyznačují se nízkými časy upnutí, upíná se nastavenou konstantní silou. Takto je na minimum omezeno ruční upínání, které se vyznačuje vyvozením rozdílné síly na obrobek. To může vést do krajností tj. k deformaci obrobku nebo k jeho uvolnění při obrábění a tím k možné havárii.

6.4.4 Chlazení mazání nástrojů

Trend směřuje k omezení nebo úplné vyloučení kapaliny z obráběcího procesu z hlediska ekologie. Účinnost chlazení se zvyšuje tím, že se kapalina přivádí do řezu středem nástroje

pod tlakem, tím také odplavuje třísku. Chlazení lze též provádět mlhou z chladicí kapaliny, používá se také silně ochlazený vzduch. Technologie obrábění HSC nevyžaduje chlazení, chlazení by efekt této technologie potlačilo.

6.5 Kvalifikace obsluhy CNC strojů

Požadovaná kvalifikace především závisí na organizaci práce v podniku, typu výroby - tj. na počtu vyráběných kusů, opakovatelnosti a náročnosti výroby součástí.

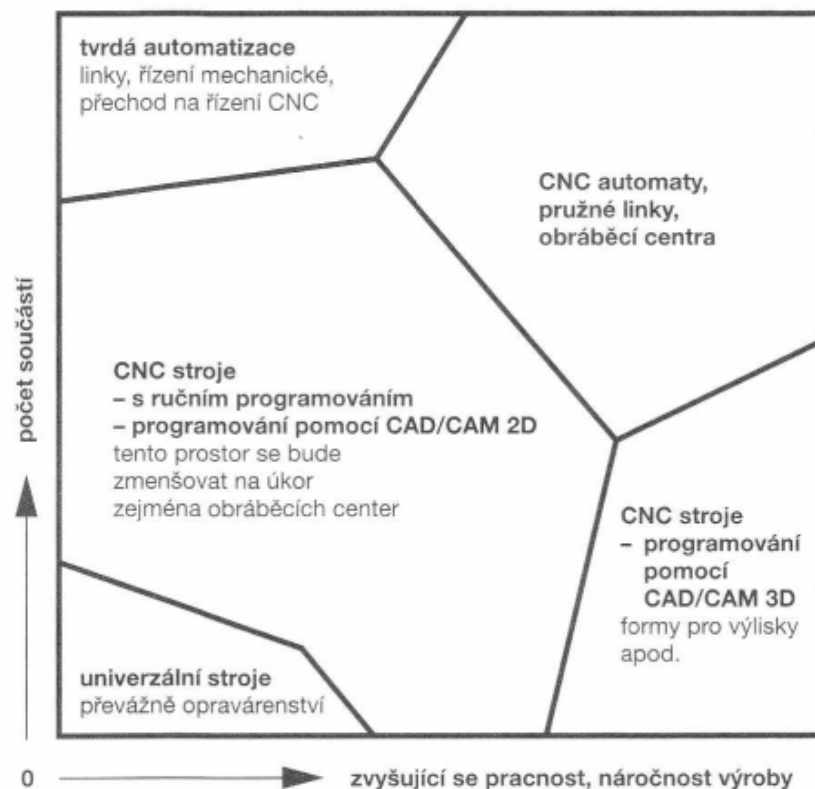
Vysoká sériovost a opakovatelnost vede k bezobslužné výrobě, kdy pracovníci např. na ranní směně odebírají hotové výrobky (ze zásobníků, palet) a připravují polotovary na všechny (tři) výrobní směny. Dozory nad prací stroje lze vyjádřit jako údržbářská činnost k odstranění možných poruch strojů i nástrojů.

Krátké výrobní časy; pokud není zavedena automatizace odebírání výrobků a výroba malých sérií, vedou k neustálé přítomnosti obsluhy.

Relativně dlouhé časy výroby lze využít pro vícestrojovou obsluhu. Uspořádat pracoviště tak, aby pracovník nemusel daleko přecházet k dalšímu stroji a mohl i sluchem sledovat zbývající stroje.[1,2,5]

7 CNC STROJE , SOUČANOST A TRENDY VÝVOJE

Stav vývoje v modernizaci, automatizaci, v nasazení CNC techniky ve výrobní sféře ukazuje následující obrázek. Náročnost výroby a počet kusů na osách grafu demonstruje, jak danému odpovídá nasazení výrobní techniky a druhu programování. Konvenční technika bude mít zřejmě budoucí uplatnění pouze v jednoduché kusové výrobě a opravárenství.



Obr.19 .Podíl práce CNC strojích

7.1 Obráběcí centra

Používání zásobníků nástrojů se stále zvyšujícími se počty nástrojů (řádově stovek - magazínů) a nástrojů připravených v roztočených vřetenech - vše pro rychlé použití a výměnu.

K používání modulárních stavebnicových konstrukcí CNC strojů, které bývají uzpůsobovány k použití v jakémkoliv technologickém systému.

Jsou konstruována elektrovřetena (vřeteno stroje je osou rotoru motoru) s vysokým počtem otáček, pro použití HSC technologie. Je dán požadavek na vysoké rychlosti pracovních po-

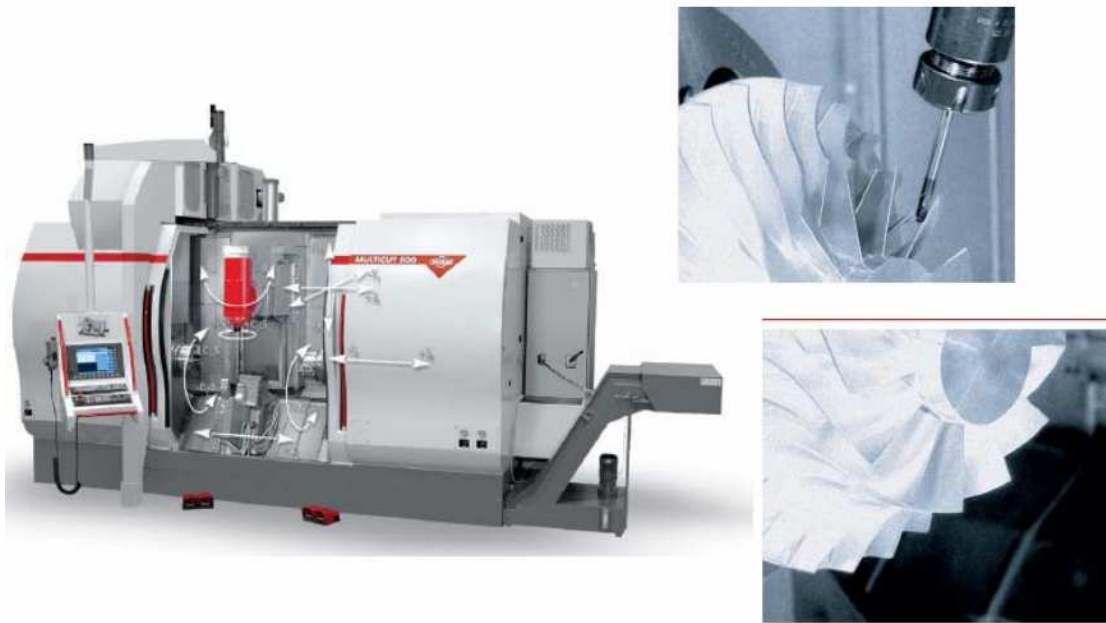
suvů a rychloposuvů. Zde dosahované rychlosti kuličkovými šrouby již často nestačí a v současnosti nastupují lineární motory. Nastává problematika zrychlení a zpomalení posuvů (dosahuje na některých strojích až 2 g), která se odráží v celkové konstrukci stroje i v jeho softwarovém vybavení.

CNC centra speciální konstrukce a určení, mohou po provedeném obrábění provádět netypické operace. CNC řízení je na vysoké úrovni, ale roste rozmanitost a různorodost vzájemně nekompatibilních řídicích systémů a techniky. Výrobci řídicích systémů z důvodů vzájemné konkurence neusilují o unifikaci a celosvětovou normalizaci. To značně znepráhňuje práci programátorům, kteří musí často znát několik řídicích systémů strojů, které svými programy obsluhují a případně používají postprocesory, které často nejsou dokonalé.

7.1.1 Současná obráběcí centra

Oproti konvenčnímu soustružení a frézování jsou u vysokorychlostního obrábění posuvy i řezné rychlosti 5x až 10x vyšší. Hlavní časy se tím zkracují, kvalita výroby se zvyšuje, dokončovací práce se minimalizují. Základním předpokladem jsou tuhé stroje, odolné proti chvění, se sníženou hmotností. Cílem je i minimalizace vedlejších časů. Zde hraje velkou roli zrychlování, zpomalování posuvů, rychloposuvů – proto jsou moderní (HCS) stroje vybavovány valivými vodícími plochami s rychlojezdem do 120 m/min. Využívají se pohony s kuličkovými šrouby (nad čtvercovými) nebo přímé lineární pohony se zrychlením 1 g až 3g.

Třísky z ocelí a neželezných kovů je nutné spolehlivě odstranit od obrobku a z pracovního prostoru. Jsou odváděny z místa řezu buď s minimálním množstvím řezné kapaliny, nebo směrovaným proudem silně zchlazeného vzduchu - nahrazuje se dříve používané velké množství chladicí emulze. Další transport extrémně horkých třísek je bezpodmínečně nutný, poněvadž zbytečně zatěžují obrobek i stroj. Je řešeno odfukováním tryskami do lože stroje, odkud se transportují převážně dopravníkem u konvenčního frézování se dosahuje běžně 15 000 ot/min a u vysokorychlostního 20 000 až 60 000 ot/min. U frézování ocelí jsou ekonomicky výhodné otáčky v rozmezí 30 000 až 40 000 ot/min. Vřetena s hybridními ložisky a valivými jednotkami z keramiky umožňují až 60 000 ot/min. Magneticky uložená vřetena, která pracují bez tření, mohou dosáhnout až 100 000 ot/min.



Obr. 20. Multifunkční soustružnicko-frézovací centrum – MULTICUT 500 S

Při hodnocení obráběcího centra rozhodují z velké části i vedlejší časy (doba pojezdů rychloposuvem, doba výměny nástrojů, doba výměny obrobků včetně jejich paletizace - jejich upínání, přepínání, pootočení a jiné). Objem úběru třísek, kvalita povrchových ploch a náklady na nástroje až po produktivitu celého systému.

Stroje jsou vybavovány převážně řízením Heidenhain, Ardon nebo Siemens. Takto vybavené stroje mají plně digitalizované řízení a požadavkům odpovídající program CNC. Stroje splňují požadavky automatického provozu. Ve standardním provedení jsou vybaveny pro zapojení robotů a manipulačního zařízení, dále jsou dodávány s automatickou výměnou nástrojů. Mají dálkovou diagnostiku poruch a závad jak stroje, tak i nástrojů (ulomení, otupení). Umožňují měřit obrobek sondami na stroji. V současnosti vrcholí integrace strojních operací do jednoho stroje - centra. Jeden stroj HSC, vysoce produktivní s požadovanými integrovanými nejen obráběcími technologiemi, nahrazuje často celou výrobní linku - dochází k úsporám času, místa a nákladů. To vše je připraveno pro bezobslužnou výrobu.

7.2 Výrobní technologie HSC

Také řízení HSC má svá specifika. Vyžadují se značné posunové rychlosti - blíží se k 1m/s. HSC zahrnuje vysokorychlostní obrábění a také příbuzné technologie, tzv. suché a tvrdé

obrábění. Tyto technologie mají společný základ ve zvyšování řezné rychlosti a teploty třísky. Obecně stále platí - efektivní řezání kovu nastává tehdy, když si řezný materiál udrží v řezném prostředí výraznou převahu tvrdosti oproti obráběnému materiálu.

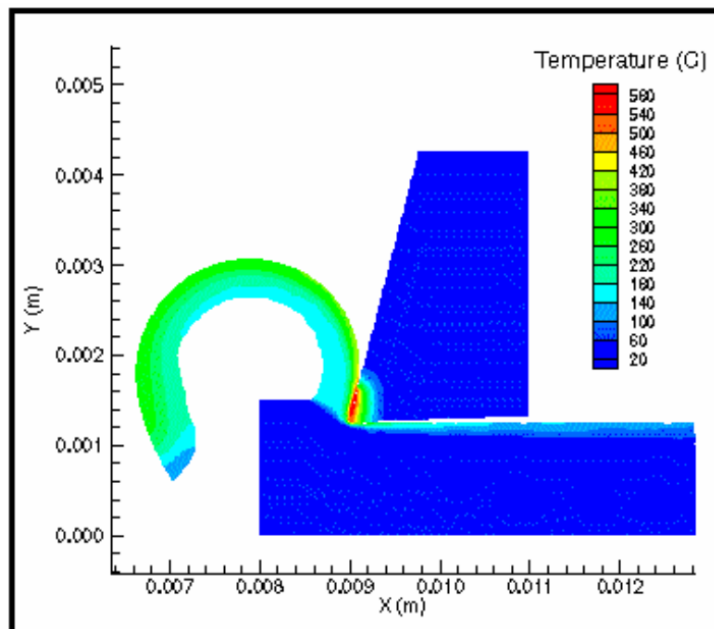
Při konvenčním obrábění nastává v rovině stříhu zpevnění - ztvrdnutí třísky oproti původnímu materiálu. V podmínkách HSC mimořádně tvrdými a tepelně odolnými nástroji se teplota třísky přiblíží tavné teplotě obráběného materiálu a při určité řezné rychlosti dojde k náhlé změně řady vlastností vznikající třísky. Tříska zčervená, i kalená ocelová tříska změkne a sníží svou přitlačnou sílu na čelo nástroje. Sníží se kontaktní zóny a při vysokých rychlostech tříska nestihne předat teplo. Minimalizuje se přenos tepla do nástroje, naprostá většina tepla odchází s třískou. Nástroje mají vysokou kvalitu řezné hrany, důmyslné povlakování, které vzdoruje abrazivnosti, difúzním procesům, a navíc vytváří tepelnou izolaci. Růst teploty nástroje dosahuje maxima:

6000 °C u hliníku

10 000 °C pro bronz

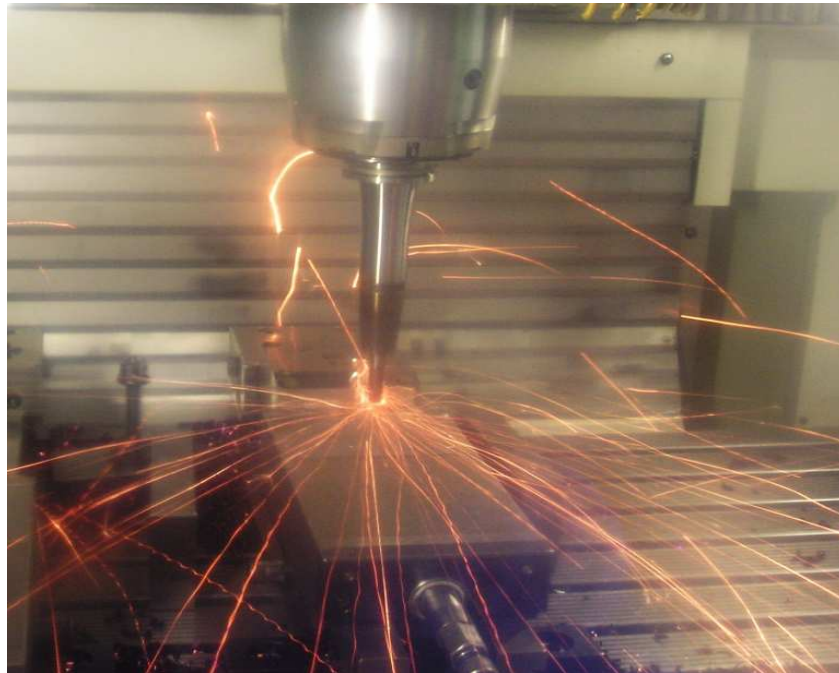
13 000 °C pro šedou litinu

15 000 °C pro oceli



Obr. 21. Teplota při obrábění[1]

Popsaná blesková změna teploty je pozitivním faktorem a principiálním zdrojem efektů vysokorychlostního obrábění. Chlazení není žádoucí, bránilo by popsanému efektu.



Obr. 22. HSC - High speed Cutting

7.2.1 Řezné materiály pro HSC obrábění

Řezné materiály, aby vzdorovaly možnosti náhlého lomu následkem mechanických a tepelných šoků a omezilo se opotřebení, musí mít vysokou houževnatost, vysokou tvrdost povrchu, vysokou odolnost proti chemickému působení - zejména oxidaci. novodobé řezné materiály umožňují vysokorychlostní obrábění:

Ocelí - povlakovanými karbidy a cermety

Litiny – keramikou

Neželezné materiály - polykrystalickými diamanty.

litiny a kalené oceli - kubickým nitridem bóru

vysokorychlostní broušení kalených materiálů - kotouči s keramickým pojivem a kubickým nitridem boru. Použití diamantu při kritické teplotě 7000 °C se vylučuje - lze použít pro řezné rychlosti okolo 500 m/min při obrábění hliníku a nekovových materiálů.

V následné tabulce jsou uvedeny horní hranice řezných rychlostí při kombinaci řezných a obráběných materiálů. Při posuzování vyvíjených strojů pro použití HSC nejsou vždy roz-

hodující instalované parametry otáček, posuvů a výkonů, ale spíše optimální vyladění koncepce stroje.

Dosahované řezné rychlosti pro základní skupiny obráběných a řezných materiálů				
Obráběný materiál	Ocel	Litina	Super slitiny	Neželezné a nekov. materiály
Řezný materiál				
Rychlořezná ocel	10–25	15–30	5–20	100–180
Nepovlakované karbidy	70–150	50–120	40–75	90–950
CVD povlakované karbidy	80–300	70–450	90–250	nevhodné
PVD povlakované karbidy	40–200	90–200	50–90	90–950
Cermety	40–300	50–400	40–180	150–700
Keramika	300–600	50–750–1500	40–250	400–700
Polykrystalický diamant	nevhodné	nevhodné	nevhodné	500–5500
Polykrystalický kubický nitrid boru	120–250 pouze kalené oceli	500–1300	70–250	nevhodné

Tabulka 3. Řezné materiály[2]

7.2.1.1 Řezné podmínky

Současné aplikace rychlostního obrábění jsou nejčastější při frézování malými průměry štíhlých nástrojů a u soustružení. Přinášejí významné snížení výrobní doby až o 90 % a snížení nákladů až o 50 %. Je zřejmá hlavní snaha docílit zvýšení výkonu, kvality obráběného povrchu i životnosti nástroje vyššími otáčkami a posuvy při snížené hloubce třísky nižších řezných silách a snížené teplotě obrobku. Přesnou hranici parametrů strojů a řezných podmínek, za kterých by vznikly efekty rychlostního obrábění, není snadné předem obecně stanovit.[2]

Příklady strojů vyvinutých pro HSC obrábění a jejich parametry na příkladech:

MAZAK Horizontální obráběcí centrum FF660	Suché frézování litiny frézovací hlavou s keramickými plátky. Frézovací hlava \varnothing 70 mm.	Řezná rychlost asi 1680 m/min. Posuv 40 m/min. Otáčky vřetene 8 000 ot/min. V pracovním cyklu použity rychloposuvy 90 m/min. Výkon 15 KW. Zrychlení 15 m/s ² (1,5 g).
MAZAK Soustruh pro letecký průmysl	Obrábění duralu.	Otáčky vřetene: do 50 000 ot/min. Posuvy: do 120 m/min. Výkon: 45 KW.

Tabulka 4. Stroje pro HSC[2]

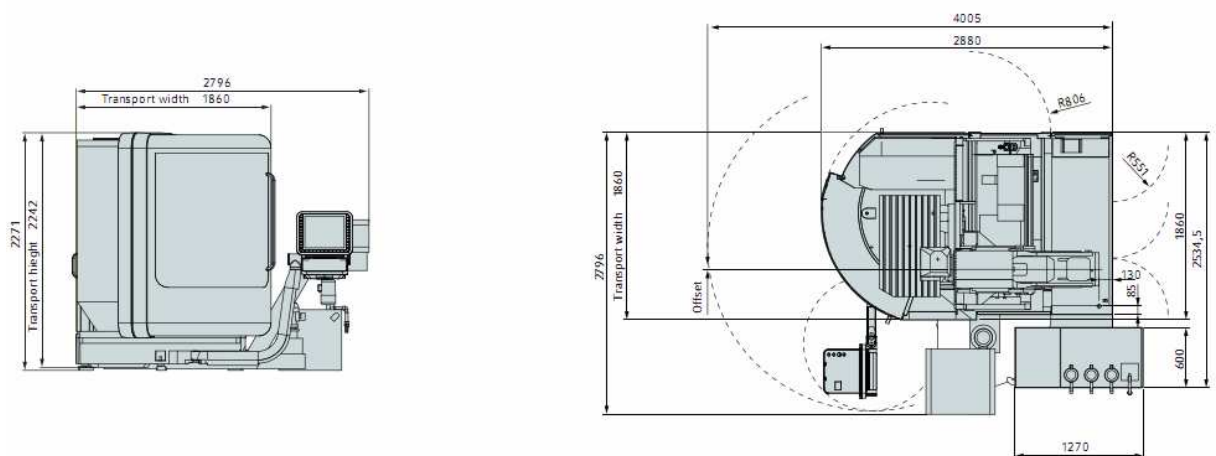
II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 PŘEDSTAVENÍ FRÉZKY



Obr. 23. DECKEL MAHO 2003 DMU 60T iTNC 530

8.1 Popis stroje



Obr. 24. Rozměry stroje[5]

Technické parametry stroje jsou uvedeny v příloze I

8.2 Ovládací panel



Obr. 25. Ovládací panel DMU 60T iTNC 530[10]

Jako u všech TNC systémů HEIDENHAIN je ovládací panel zaměřen na programování. Účelné uspořádání kláves Vás bude podporovat při zadávání programů. Snadno srozumitelné symboly nebo jednoduché zkratky označují funkce jasně a zřetelně. Určité funkce iTNC 530 zadáte kontextovými klávesami (softklávesami). Pro zadávání komentářů nebo programů podle DIN/ISO je iTNC 530 vybaven ASCII klávesnicí. Kromě toho nabízí kompletní sadu PC kláves a touch-pad k ovládání funkcí ve Windows..

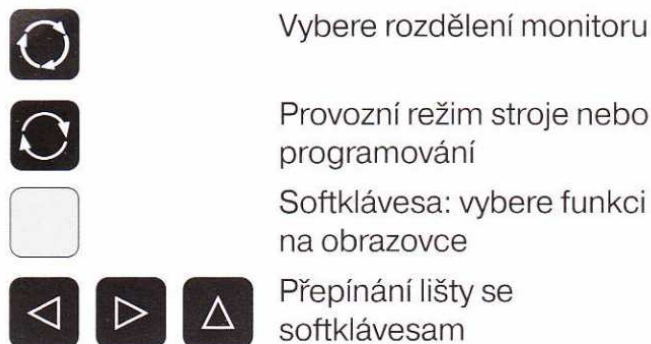
8.2.1 Monitor

Plochý barevný 15.TFT monitor zobrazuje přehledně všechny informace, které jsou potřebné k programování, obsluze a sledování stavu řídicího systému a stroje - programové bloky, pokyny, chybová hlášení a pod. Další informace poskytuje grafická podpora při zadávání programu, testu programu a při obrábění .

Pomocí funkce „Split-Screen “ si můžete nechat ukázat na jedné polovině monitoru NC bloky, na druhé polovině grafiku nebo stavové záznamy.

Při chodu programu máte na monitoru k dispozici vždy stavové záznamy, které Vám poskytují informace o poloze nástrojů. O aktuálním programu, aktivních cyklech, přepočtu souřadnic apod. Dále Vám iTNc 530 ukazuje aktuální čas obrábění.[10]

8.2.1.1 Tlačítka na monitoru



Obr. 26 Popis tlačítek

8.2.2 Klávesy ovládacího panelu

Správce programů/souborů, TNC funkce	Režimy programování
Správce programů: spravování a mazání programů	Uložení a editace programu
Další režimy	Test programu s grafickou simulací
Funkce nápovědy	Lineární interpolace, fasetka
Zobrazí chybová hlášení	Kruhová interpolace se středem
Ukáže kalkulačku	Kruhová interpolace se zadáním poloměru
	Kruhová interpolace s tangenciálním napojením
	Zaoblení rohů
	Najetí a opuštění kontur
	Volné programování kontur
	Zadání polárních souřadnic
	Inkrementální programování
	Nastavení parametrů namísto čísla/definice parametru
	Převzetí skutečné polohy
	Definice a vyvolání nástrojů
	Definice a vyvolání cyklů
	Označení/vyvolání podprogramů a opakování
	Programovatelné vyvolání programu
	Programovatelné zastavení/přerušení
	Funkce dotykové sondy
	Zvláštní funkce, např. TCPM nebo PLANE
Režimy stroje	
Ruční režim	
Elektronické ruční kolečko	
Polohování s ručním zadáním	
Chod samostatného programu	
Provoz programu plynule	
smarT.NC	
Navigace	
smarT.NC: vybere další formulář	
smarT.NC: vybere předchozí/další rám	

Obr. 27. Popis klávesnice[10]

8.3 Příslušenství stroje

8.3.1 3D - dotykové sondy HEIDENHAIN

3D – dotykové sondami můžeme:

Automaticky vyrovnávat obrobky

Rychle a přesně nastavovat vztažné body

Provádět měření na obrobku za chodu programu

Proměřovat a kontrolovat nástroje

Spínací dotykové sondy TS 220 a TS 640

Tyto dotykové sondy jsou zejména vhodné k automatickému vyrovnávání obrobků, nastavování vztažných bodů a k měření na obrobku. Sonda TS 220 přenáší spínací signály kabelem a kromě toho představuje nákladově výhodnou alternativu, potřebujete-li příležitostně digitalizovat.

Speciálně pro stroje se zásobníkem nástrojů je vhodná sonda TS 640, která přenáší spínací signály bez kabelu po infračerveném paprsku. Princip funkce ve spínacích dotykových sondách HEIDENHAIN registruje bezdotkový optický spínač vychýlení snímacího hrotu. Vygenerovaný signál vyvolá uložení aktuální polohy dotykové sondy do paměti.[10]

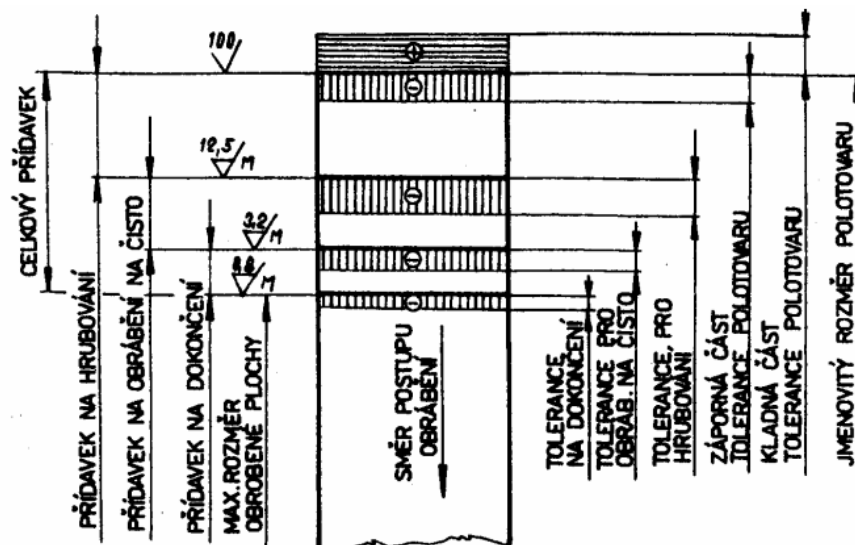


Obr. 28. 3D - dotykové sondy HEIDENHAIN

9 VÝROBA SOUČÁSTI S PŘESNOU TOLERANCÍ

Výkres Součásti Požadovaná přesnost rozměrů, přesnost tvaru a drsnost povrchu jednotlivých obrobených ploch na součástech a přesnost jejich vzájemné polohy určuje, jakou metodou budou obrobeny v poslední operaci a jaký přídavek bude nutné pro tuto operaci ponechat.

9.1 Celkový přídavek



Obr. 29. Celkový přídavek – postupné odebírání[1]

Na jednotlivých plochách se odebírá postupně na několikrát a počet těchto obráběcích operací je nutné rozdělit na

9.1.1 hrubování

Odebírá se přebytečný materiál, působí velké řezné síly při obrábění, vyvíjí se velké množství tepla a odebíráním povrchových vrstev dochází k novému rozdělení vnitřních napětí v obrobku a případně k jeho deformaci

9.1.2 poločisté obrábění

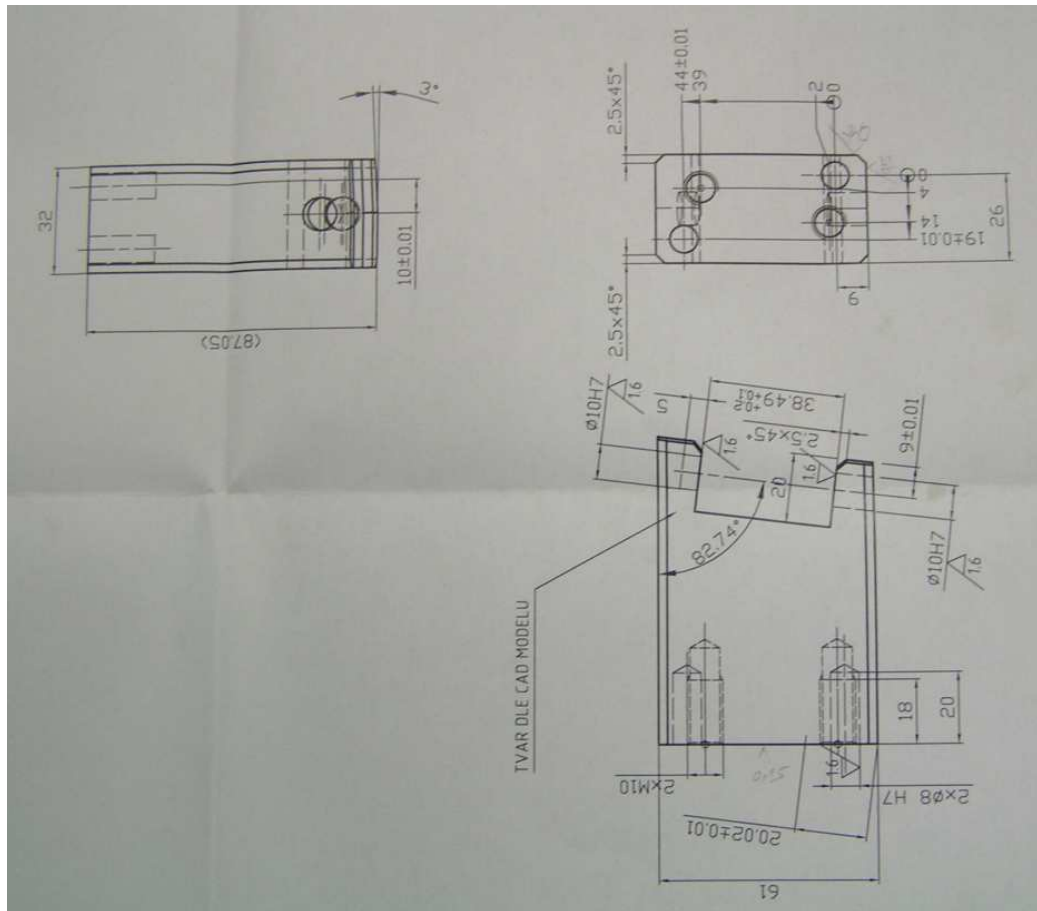
Odebírají se malé přídavky, jednotlivé povrchy dílce se postupně zpřesňují a připravují se tak na provedení konečných operací

9.1.3 čisté obrábění

Jednotlivé povrchy dílce se obrobí s potřebnou přesností

9.1.4 dokončující obrábění

Se používá v případě, že nelze při čistém obrábění hospodárně obrobit jednotlivé plochy v požadované přesnosti a jakosti



Obr. 30. Výkres vyráběné součásti – držák klapky

9.2 Technologický postup

Výrobní proces je soubor na sobě nezávislých činností, při kterých se přetváří výchozí materiál v hotový výrobek. Výrobní proces je realizován technologickými postupy, které dávají stručný návod zpracování polotovárů v součást nebo hotový výrobek a dělí se obecně na technologické postupy hlavní a pomocné. K hlavním patří technologické postupy součástí a montáže finálních výrobků z nich. K pomocným pak výroba a ostření nářadí, oprava zařízení, vnitrozávodní doprava apod.

9.2.1 Technologický postup

Určuje potřebné výrobní zařízení, náradí řezné, upínací, měřicí a pracovní podmínky potřebné pro danou operaci tak, aby dílec nebo celý výrobek byl podle daného technologického postupu hospodárně vyrobitelný a splňoval kvalitativní a kvantitativní požadavky dané technickou dokumentací.

9.2.2 posloupnost operací v technologickém postupu

Volba a zhotovení polotovaru - dělení tyčového materiálu, kování, odlévání, lisování atd.

Úprava polotovaru - pískování, rovnání, normalizační žíhání, stárnutí atd.

Zhotovení technologické základny - např. zarovnání čel a navrtání středících důlků

Hrubovací operace - soustružení, hoblování, vrtání, frézování atd.

Tepelné zpracování - žíhání k odstranění pnutí, zlepšení obrobitelnosti atd.

Poločisté obrábění základních ploch

Obrábění tvarových ploch, závitů, drážek, ozubení atd.

Chemicko tepelné zpracování - cementace

Odstranění cementačních přísad

Tepelné zpracování (kalení, popouštění)

Úprava technologické základny - např. leštění, broušení středících důlků atd.

Čisté obrábění - broušení závitů, drážek, ozubených kol atd.

Úpravy povrchu - zinkování, chromování, kadmiování atd.

Zvláštní operace - např. vyvažování

Dokonč. operace velmi přesných funkčních ploch - jemné broušení, lapování, superfinišování, honování, válečkování atd.

Konečná kontrola

Konzervace [1]

Technologický postup viz příloha II

9.3 Materiál součásti 19312

Nástrojová ocel vhodná pro kalení.

9.4 Použité nástroje

Ø35 – FETTE [4]

Ø50 – SANDVIK [13]



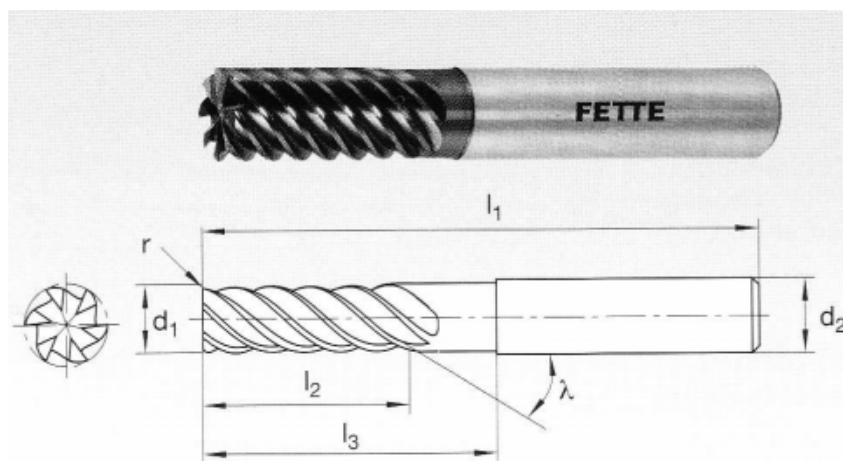
Obr. 31. Hrubovací nástroj

Válcová fréza Ø 20 (s ostrým hrotem)

HM – vrtáky „Garant“ [6]

CNC srážeč hran

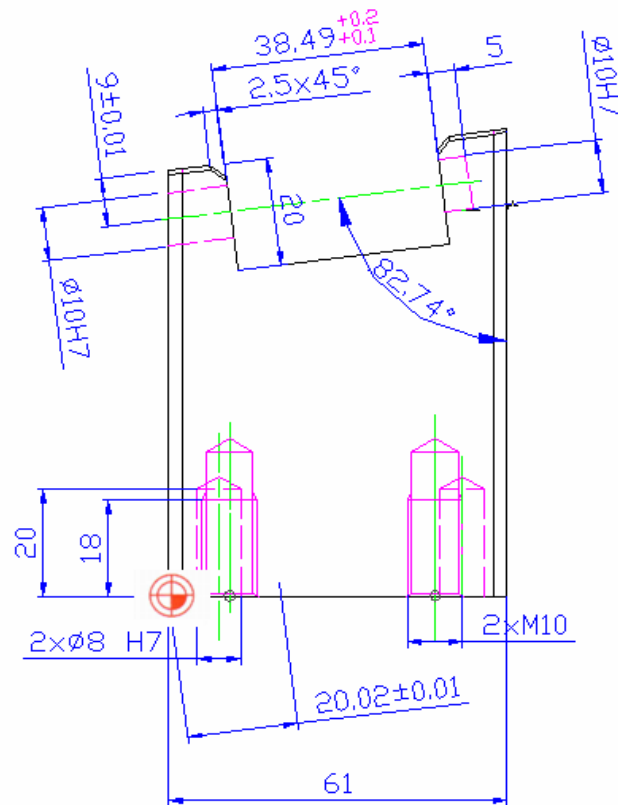
Frézy do kalného – HSC LINE



Obr. 32. Dokončovací fréza do kalných materiálů

10 TVORBA NC KÓDU

10.1 CNC program šikmá drážka před kalírnou (hrubováno)



Obr. 33. Nulový bod výrobku (pro 10.1 a 10.2)

0 BEGIN PGM DRAZKA-SIKMO MM	název programu
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z+0	definice polotovaru pro simulaci
2 BLK FORM 0.2 X+61 Y+32 Z+87	definice polotovaru pro simulaci
3 TOOL CALL 17 Z S2000 DL-0.1	vyvolání nástroje + otáčky + DL - délková korekce
4 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENÍ	Hrubovací fréza $\phi 50$
5 CYCL DEF 8.1 Y	zrcadlení kolem roviny Y
6 L Z+250 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku
7 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENÍ	Zapnutí vřetena a chlazení
8 CYCL DEF 19.1 B-7.26 F1000 VZDAL.20	7 - 9 změna roviny obrábění
9 L B+Q121 F2000	vyklonění vřetena pod úhlem $7,26^\circ$
10 CYCL DEF 14.0 OBRYS	
11 CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU1	podprogram 1
12 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU	cyklus frézování plochy pod úhlem
Q1=-7.06 ;HLOUBKA FREZOVANI	
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU	
Q5=+86 ;SOURADNICE POVRCHU	
Q7=+150 ;BEZPECNA VYSKA	
Q10=-0.5 ;HLOUBKA PRISUVU	
Q11=+1500 ;POSUV NA HLOUBKU ~	
Q12=+2000 ;POSUV PRO FREZOVANI ~	
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI	

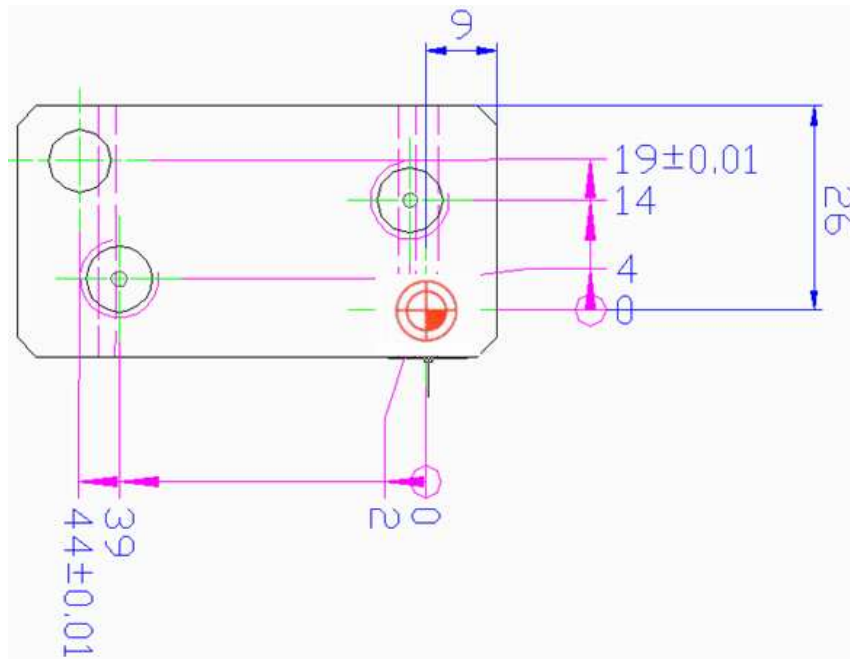
13 CYCL CALL	vyvolání cyklu
14 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	
15 CYCL DEF 8.1	zrušení zrcadlení
16 L Z+300 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky vypnutí chlazení
17 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	17 - 21 změna roviny obrábění Vyrovnaní vřetena
18 CYCL DEF 19.1 B+0 F1000 VZDAL.20	
19 L B+Q121 F2000	
20 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
21 CYCL DEF 19.1	
22 TOOL CALL 164 Z S2100 DL+0	vyvolání nástroje + otáčky Hrubovací fréza Ø 35 mm
23 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	
24 CYCL DEF 8.1 Y	zrcadlení kolem roviny Y
25 L Z+250 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku Zapnutí vřetena a chlazení
26 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	26 - 28 změna roviny obrábění
27 CYCL DEF 19.1 B-7.26 F1000 VZDAL.20	vyklonění vřetena pod úhlem 7,26°
28 L B+Q121 F2000	
29 CYCL DEF 14.0 OBRYS	
30 CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU2	podprogram 2
31 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU	definice cyklu hrubování drážky
Q1=-20 ;HLOUBKA FREZOVANI	
Q3=+0.2 ;PRIDAVEK PRO STRANU	
Q5=+78.94 ;SOURADNICE POVRCHU	
Q7=+150 ;BEZPECNA VYSKA	
Q10=-0.4 ;HLOUBKA PRISUVU	
Q11=+2000 ;POSUV NA HLOUBKU	
Q12=+1500 ;POSUV PRO FREZOVANI	
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI	
32 CYCL CALL	vyvolání cyklu
33 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	zrušení zrcadlení
34 CYCL DEF 8.1	
35 L Z+300 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky vypnutí chlazení
36 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	36 - 9změna roviny obrábění Vyrovnaní vřetena
37 CYCL DEF 19.1 B+0 F1000 VZDAL.20	
38 L B+Q121 F2000	
39 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
40 CYCL DEF 19.1	
41 TOOL CALL 18 Z S1900 DL-0.01	vyvolání nástroje + otáčky dokončovací fréza Ø 20 mm DL - délková korekce
42 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	zrcadlení kolem roviny Y
43 CYCL DEF 8.1 Y	
44 L Z+250 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku Zapnutí vřetena a chlazení
45 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	45 - 47 změna roviny obrábění
46 CYCL DEF 19.1 B-7.26 F1000 VZDAL.20	vyklonění vřetena pod úhlem 7,26°
47 L B+Q121 F2000	
48 CYCL DEF 14.0 OBRYS	
49 CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU2	podprogram 2
50 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU	definice cyklu dokončení stěn
Q1=-20 ;HLOUBKA FREZOVANI	
Q3=+0.18 ;PRIDAVEK PRO STRANU	
Q5=+78.94 ;SOURADNICE POVRCHU	
Q7=+150 ;BEZPECNA VYSKA	
Q10=-20 ;HLOUBKA PRISUVU	
Q11=+2000 ;POSUV NA HLOUBKU	
Q12=+1500 ;POSUV PRO FREZOVANI	

Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI	
51 CYCL CALL	vyvolání cyklu
52 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	
53 CYCL DEF 8.1	zrušení zrcadlení
54 L Z+300 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky vypnutí chlazení
55 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	55 - 59 změna roviny obrábění vyrovnání vřetena
56 CYCL DEF 19.1 B+0 F1000 VZDAL.20	
57 L B+Q121 F2000	
58 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
59 CYCL DEF 19.1	
60 TOOL CALL 23 Z S5000	vyvolání nástroje + otáčky Srážeč hran 45°
61 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	
62 CYCL DEF 8.1 Y	zrcadlení kolem roviny Y
63 L Z+250 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku Zapnutí vřetena a chlazení
64 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
65 CYCL DEF 19.1 B-7.26 F1000 VZDAL.20	
66 L B+Q121 F2000	64 - 66 změna roviny obrábění vyklonění vřetena pod úhlem 7,26°
67 CYCL DEF 14.0 OBRYS	
68 CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU2	podprogram 2
69 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU	definice cyklu sražení hrany
Q1=-2.8 ;HLOUBKA FREZOVANI	
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~	
Q5=+76.94 ;SOURADNICE POVRCHU ~	
Q7=+150 ;BEZPECNA VYSKA ~	
Q10=-0.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~	
Q11=+2000 ;POSUV NA HLOUBKU ~	
Q12=+1500 ;POSUV PRO FREZOVANI ~	
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI	
70 CYCL CALL	vyvolání cyklu
71 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	
72 CYCL DEF 8.1	zrušení zrcadlení
73 L Z+300 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky vypnutí chlazení
74 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	74 - 78 změna roviny obrábění Vyrovnání vřetena
75 CYCL DEF 19.1 B+0 F1000 VZDAL.20	
76 L B+Q121 F2000	
77 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
78 CYCL DEF 19.1	
79 L Z+300 Y+150 X-100 R0 FMAX M2	odjetí vřetena + vypnutí
80 * - 1 PLOCHA V UHLU 7.26°	podprogram 1
81 LBL 1	šikmá plocha 80-84
82 L X-40 Y-40 RL	
83 L X+120	
84 LBL 0	
85 * - 2 DR. 38.49	podprogram 2
86 LBL 2	šikmá drážka 85-91
87 L X+20.02 Y+20 RL	
88 L Y-60	
89 L X+58.61	
90 L Y+20	
91 LBL 0	
92 END PGM DRAZKA-SIKMO MM	konec programu

10.2 CNC program šikmá drážka hotově po kalírně

0 BEGIN PGM DRAZKA-SIKMO MM	název programu
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z+0	definice polotovaru pro simulaci
2 BLK FORM 0.2 X+61 Y+32 Z+87	definice polotovaru pro simulaci
3 TOOL CALL 18 Z S1600 DL-0.04	vyvolání nástroje + otáčky + DL - délková korekce
4 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	zrcadlení
5 CYCL DEF 8.1 Y	
6 L Z+250 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku Zapnutí vřetena a chlazení
7 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	7 - 9 změna roviny obrábění
8 CYCL DEF 19.1 B-7.26 F1000 VZDAL.20	vyklonění vřetena pod úhlem 7,26°
9 L B+Q121 F2000	
10 CYCL DEF 14.0 OBRYS	
11 CYCL DEF 14.1 LBL OBRYSU2	podprogram 2
12 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU	definice cyklu dokončení stěn a dna drážky 38.49 + tolerance
Q1=-20 ;HLOUBKA FREZOVANI	
Q3=-0.041 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~	
Q5=+78.64 ;SOURADNICE POVRCHU ~	
Q7=+150 ;BEZPECNA VYSKA ~	
Q10=-20 ;HLOUBKA PRISUVU ~	
Q11=+2000 ;POSUV NA HLOUBKU ~	
Q12=+500 ;POSUV PRO FREZOVANI ~	
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI	
13 CYCL CALL	vyvolání cyklu
14 CYCL CALL	vyvolání cyklu
15 CYCL DEF 8.0 ZRCADLENI	zrušení zrcadlení
16 CYCL DEF 8.1	
17 L Z+300 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky vypnutí chlazení
18 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	18- 22změna roviny obrábění vyrovnání vřetene
19 CYCL DEF 19.1 B+0 F1000 VZDAL.20	
20 L B+Q121 F2000	
21 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI	
22 CYCL DEF 19.1	
23 L Z+300 Y+150 X-100 R0 FMAX M2	odjetí + vypnutí
24 * - 1 PLOCHA V UHLU 7.26°	podprogram 1
25 LBL 1	šikmá plocha 24-28
26 L X-40 Y-40 RL	
27 L X+120	
28 LBL 0	
29 * - 2 DR. 38.49	podprogram 2
30 LBL 2	šikmá drážka 30-35
31 L X+20.02 Y+20 RL	
32 L Y-60	
33 L X+58.66	
34 L Y+20	
35 LBL 0	
36 END PGM DRAZKA-SIKMO MM	konec programu

10.3 CNC program díry 8H7



Obr. 34 . Určení nulového bodu výrobku

0	BEGIN PGM DIRY MM	název programu
1	BLK FORM 0.1 Z X-52 Y-6 Z-50	definice polotovaru pro simulaci
2	BLK FORM 0.2 X+9 Y+26 Z+1	definice polotovaru pro simulaci
3	TOOL CALL 42 Z S6000	vyvolání nástroje + otáčky
4	L Z+200 R0 FMAX M3 M25	najetí na bezpečnou výšku
5	CYCL DEF 208 FREZOVANI DIRY	Zapnutí vřetena a chlazení
	Q200=+0.5 ;BEZPEC. VZDALENOST	cyklus frézování díry po spirále
	Q201=-20 ;HLOUBKA	
	Q206=+400 ;POSUV NA HLOUBKU	
	Q334=+0.25 ;HLOUBKA PRISUVU	
	Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU	
	Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST	
	Q335=+8 ;ZADANY PRUMER	
	Q342=+5 ;PRUMER PREDVRTANI	
6	CALL LBL 1	vyvolání podprogramu
		souřadnice děr
7	CALL LBL 1	vyvolání podprogramu
		souřadnice děr
8	L Z+250 R0 FMAX M9	odjetí do bezpečné výšky
		vypnutí chlazení
9	L Z+300 X-100 Y+150 R0 FMAX M2	odjezd vřetena + vypnutí
10	* - 1 D8H7	označení podprogramu
11	LBL 1	
12	L X-44 Y+19 R0 FMAX M99	poloha první díry
13	L X+0 Y+0 R0 FMAX M99	poloha druhé díry
14	LBL 0	
15	END PGM DIRY MM	konec programu

11 VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT

K měření vyrobeného dílu jsme použili tato měřidla:

posuvné měřidlo

hloubkoměr

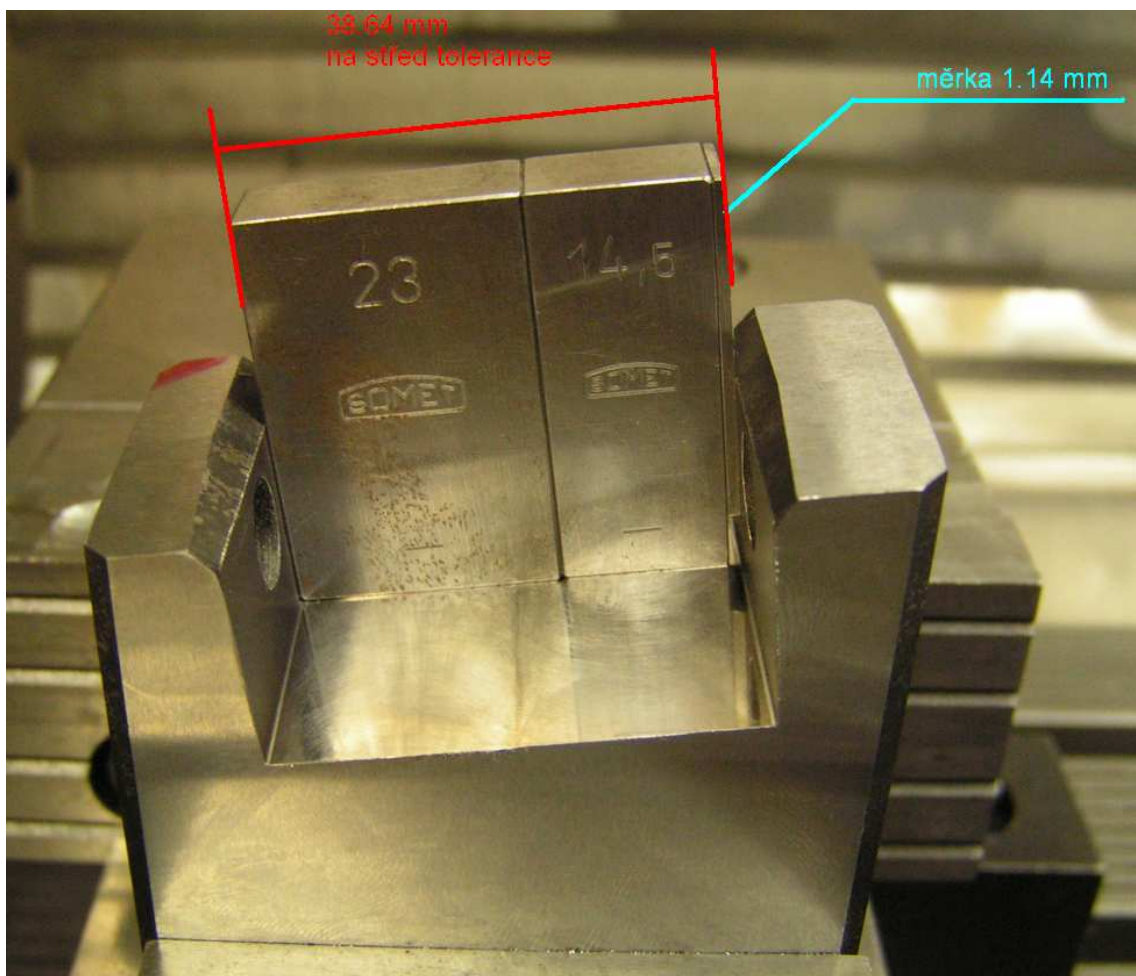
dotyková sonda stroje

základní měrky

kalibr na díry

digitální výškoměr Micro-Hite

11.1 Základní měrky – Somet



Obr. 35 . Měření šířky vyrobené drážky pomocí základních měrek

11.2 Kalibr na díry Ø8H7



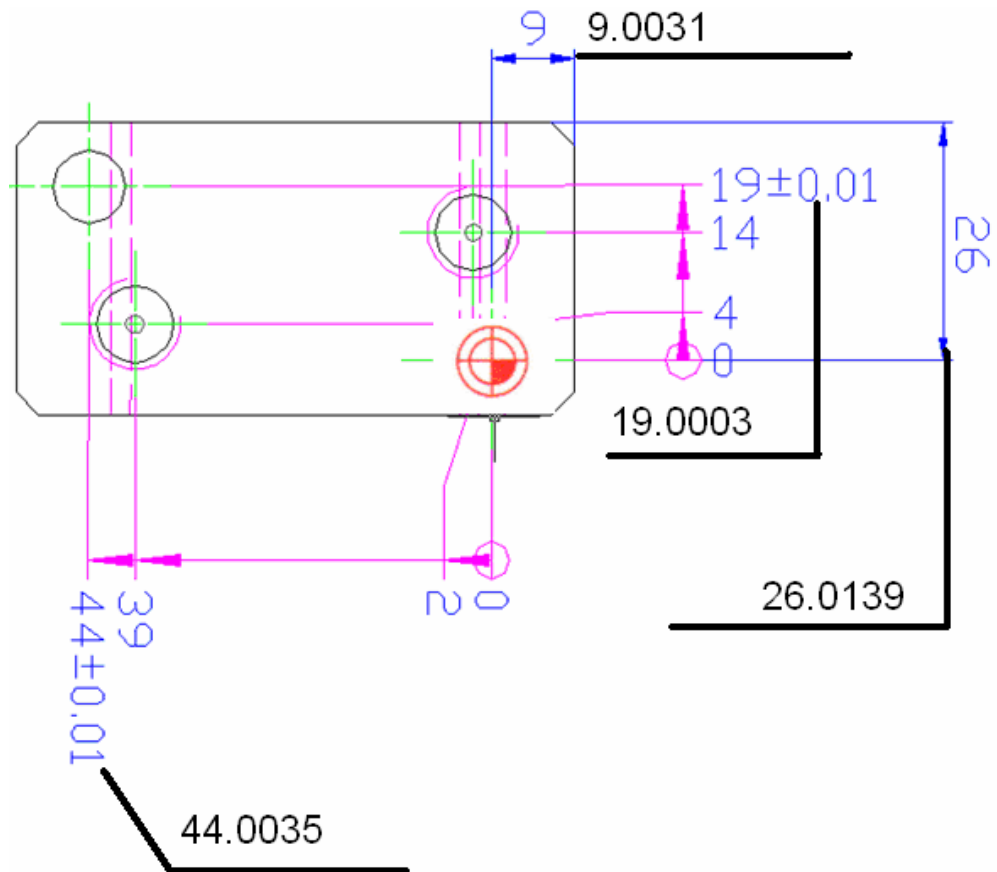
Obr. 36 . Měření průměru díry pomocí kalibru

11.3 Digitální výškoměr Micro-Hite



Obr. 37. Micro – Hite

Pro změření roztečí děr jsme použili digitální výškoměr, který dokáže měřit s přesností na tisícinu milimetru. Umístěn je na přesné žulové desce a pohybuje se na vzduchovém polštáři. K jeho příslušenství patří kalibrační trn a vyměnitelné měřící hroty.



Obr. 38. Černě čísla ukazují skutečné naměřené hodnoty vyrobené součásti

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo naprogramování NC kódu, experimentální výroba součásti s přesnou tolerancí a současný stav vývoje v oblasti moderního obrábění kovů .

Výroba součásti se zdařila , všechny měřené míry byly dodrženy v daných tolerancích.

Výkony počítačů stále rostou a konstrukce obráběcích strojů prošly též značným vývojem. Konstrukteři strojů postupují tak , aby mohli stavebnicovým způsobem co nejrychleji a nejlépe uspokojit požadavek zákazníků. Ceny CNC strojů jsou stále vysoké, avšak požadavek na kvalitu produkováných výrobků stoupá, a tak se staly tyto stroje nezbytností v každé dílně . Oblast CNC techniky se rychle rozvíjí a je nutné neustále sledovat vývoj v dané oblasti, pružně inovovat nejen techniku v podnicích, ale i naše vědomosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE Obrábění*. Brno : Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojní, 2003. 126 p. Řešené příklady.
- [2] ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování* . 1st ed. Praha : BEN - technická literatura, 2007. 126 p. ISBN 978-80-7300-207-7.
- [3] Corokey : soustružení, frézování , vrtání. 7th ed. Švédsko : Sandvik Coromant, 2001. 232 p
- [4] *Manuál firmy Fette : Milling cutting tools, solid carbide, cermet and with brazed carbide tips*. 2005. 92 p.
- [5] *Víceúčelové CNC řízení pro obráběcí centra, frézky a vrtačky*. Německo : Heidenhain, 2005. 39 p. iTNC 530.
- [6] *Příručka obrábění*. 34th ed. GARANT, 640 p. vrtání , závitů zahlubování , řezání, frézování, soustružení, rádlování , upínání.
- [7] *High - Speed - Cutting*. Brno : DMG Czech, 2008. kompletní program od společnosti DGM.
- [8] ŠTALMACH, J. *Diplomová práce - Vizualizační 3D grafické engine*. Zlín, 2006. 69 p.
- [9] *Frézy pro výrobu forem a přípravků*. Jeseník : POKOLM - professional cutting tools, 1998. 75 p. Katalog.
- [10] *Příručka pro uživatele . Popisný dialog - HEIDENHAIN*. 1st ed. Německo, 2005. 648 p. iTNC 530.
- [11] *ShopTurn - jednodušší soustružení*. Praha : Siemens, 2006. 127 p. Program sinumerik.
- [12] Svaz výrobců strojírenské techniky. <http://www.sst.cz>.
- [13] Katalog SANDVIK Tools. <http://coromant.sandvik.com/cz>
- [14] Katalog Pramet Tools . <http://pramet.cz>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TNC	Řídící systém HEIDENHAIN
CNC	Computer Numerical Kontrol
CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing
HSC	High Speed Cutting
CAD/CAM	Projektování pomocí počítače/výroba pomocí počítače

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. CNC stroj s vykloněným vřetenem	12
Obr. 2. Definování kartézských souřadnic - pravotočivá soustava	13
Obr. 3. Nulové body stroje při soustružení	15
Obr. 4. HEIDENHAIN - ruční programování.....	16
Obr. 5. Absolutní programování	17
Obr. 6. Absolutní programování - soustuh.....	17
Obr. 7. Přírůstkové programování	19
Obr. 8. Přírůstkové programování - model	19
Obr. 9. Plocha obrobku vyrobena pomocí CAD/CAM systému	22
Obr. 10. Forma automobilový průmysl	24
Obr. 11. Trajektorie nástroje.....	24
Obr. 12. Trajektorie nástroje.....	24
Obr. 13. Trajektorie nástroje.....	24
Obr. 14. Trajektorie nástroje.....	25
Obr. 15. Trajektorie nástroje.....	25
Obr. 16. Simulace pomocí programu Sinumerik – ShopTurn.....	27
Obr. 17. Simulace pomocí programu iTNC 530	27
Obr. 18. Obráběcí centra - univerzální.....	28
Obr. 19. Podíl práce CNC strojích	33
Obr. 20. Multifunkční soustružnicko-frézovací centrum – MULTICUT 500 S	35
Obr. 21. Teplota při obrábění	36
Obr. 22. HSC - High Speed Cutting	37
Obr. 23. DECKEL MAHO 2003 DMU 60T iTNC 530	40
Obr. 24. Rozměry stroje.....	40
Obr. 25. Ovládací panel DMU 60T iTNC 530.....	41
Obr. 26. Popis tlačítek.....	42
Obr. 27. Popis klávesnice	43
Obr. 28. 3D - dotykové sondy HEIDENHAIN.....	44
Obr. 29. Celkový přídavek – postupné odebrání.....	45
Obr. 30. Výkres vyráběné součásti – držák klapky	46

Obr. 31. Hrubovací nástroj.....	48
Obr. 32. Dokončovací fréza do kalených materiálů.....	48
Obr. 33. . Nulový bod výrobku (pro 10.1 a 10.2).....	49
Obr. 34. Určení nulového bodu výrobku.....	53
Obr. 35. . Měření šířky vyrobené drážky pomocí základních měrek.....	54
Obr. 36. Měření průměru díry pomocí kalibru.....	55
Obr. 37. Micro – Hite.....	56
Obr. 38. Černě čísla ukazují skutečné naměřené hodnoty vyrobené součásti.....	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Absolutní programování - program	18
Tabulka 2. Přírůstkové programování - program.....	20
Tabulka 3. Řezné materiály	38
Tabulka 4. Stroje pro HSC	38

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Technické parametry stroje

Příloha PII: Technologický postup

Příloha PIII: Výroba kusu před kalením

Příloha PIV: Kus před kalením

Příloha PV: Díl po kalení

Příloha PVI: Kvalita povrchu

Příloha PVII: Hotový díl

+ Výkres dílu

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE

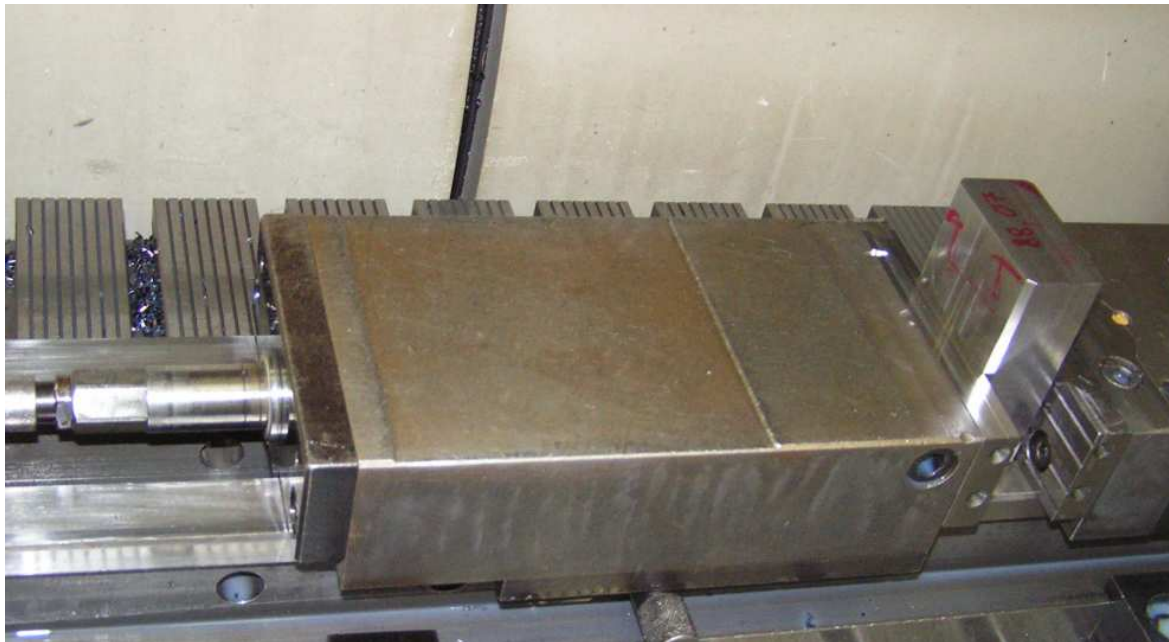
		DMC 60 T	DMU 40	DMU 60	DMU 80 / 100
Work area					
X / Y / Z-axis	mm	780 / 560 / 560	450 / 400 / 480	730 (630*) / 560 / 560	980 (880*) / 630 / 630 1,250 (1,150*) / 710 / 710
Max. rapid traverse and feed rate	rpm	50	30	30	30
Machine weight	kg	8,500	4,500	6,300	9,100 / 9,900
3D CNC control		•	•	•	•
Tool changer					
Tool fitting		SK40	SK40	SK40	SK40
Tool magazine	Type	Chain	Plate magazine	Plate magazine	Plate magazine
Number of magazine pockets		30 (60 / 120 / 180)	16	24	32
Chip-to-chip time	sec.	5.5	9	9	10 / 11
Main drive motor spindle					
Performance (40 / 100% DC)	kW	28 / 19	15 / 10	15 / 10	15 / 10
Max. torque (40 / 100% DC)	Nm	121 / 82	130 / 87	130 / 87	130 / 87
Max. spindle speed	rpm	12,000	12,000	12,000	12,000
Milling heads					
Manual swivel milling head		-	-	•	•
Swivel range (0 = vert. / -90 = hor.)	Degrees	-	-	+12 / -91	+12 / -91
NC-controlled swivel milling head (B-axis)		•	•	o	o
Swivel range (0 = vert. / -90 = hor.)	Degrees	+30 / -120	+30 / -95	+30 / -120	+30 / -120
Swivel time	sec.	1.5	1.5	1.5	1.5
Rapid traverse	rpm	35	35	35	35
Tables					
Fixed table		-	-	•	•
Dimensions	mm	-	-	1,000 x 600	1,250 x 700 / 1,500 x 800
Max. load	kg	-	-	700	900 / 1,100
NC rotary table integrated into the fixed table					
Dimensions of rotary table	mm	-	-	ø 600	ø 700 / 800
Dimensions of fixed table		-	-	1,000 x 600	1,250 x 700 / 1,500 x 800
Max. load	kg	-	-	500	650 / 800
Max. rapid traverse and feed rate	rpm	-	-	40	30
NC rotary table (C-axis)		-	•	-	-
NC rotary table (C-axis) with a pallet changer		•	-	-	-
Dimensions table / pallet	mm	500 x 630	ø 450	-	-
Max. load	kg	400	250	-	-
Max. rapid traverse and feed rate	rpm	30	60	-	-
Pallet exchange time	sec.	10	-	-	-
Rotary pallet magazine RS3 incl. 3 pallets		o	-	-	-
NC attachment table		-	-	o	o
Dimensions	mm			ø 560	ø 700 / 800 x 630
Max. load	kg			400	600 / 500
Max. rapid traverse and feed rate	rpm			16	16
Assembly				vert. + hor.	vert. + hor. / vert.
NC workpiece unit with a tailstock		-	-	o	o
Swing	mm			160	220
Max. rapid traverse and feed rate	rpm			22	22
NC workpiece unit DECKEL MAHO High Performance					
Performance	mm			160	160
Max. rapid traverse and feed rate	rpm			80	80

PŘÍLOHA P II: TECHNOLOGICKÝ POSTUP

INmedias		13.8.2008,9:48		ROSTRA s.r.o.	
TECHNOLOGICKÝ POSTUP - úseky operaci					
Číslo zakázky:		55171788		VD	
Výrobní příkaz:		VPP8502		držák klapky	
Výrobek:		55171786/450		1	
Pozice	Číslo komponenty	Název komponenty	Množství	MJ	
		1,2842	0		
			Pracovník	OTK	
C.op.	Dílna	Pracoviště			
10	1	054501 Frezka Deckel-Maho DMU60T úhluje 32+0,3 x 61+0,3 x 87,05+1 úkos 82,74 s př. 0,3/str dr. 38,49 s př. 0,2/str pr. 10H7-0,5 pr. 8H7-0,5/závity hot. úkos 3st ,hrany			15.8.2008 OTK 15-08-2008 15.8.2008 15.8.2008
20	1	094200 Ruční zámečnické pracoviště popis doř. závity			10.8.2008 10.8.2008
30	1	999900 Kooperující pracoviště Kalit a popustit na 56+2HRc, opiskovat			19-08-2008 OTK 58 HPC
40	1	056170 Bruska rovinná horizontální BRH40D zúhlovat vč úkosu 82,74 úkos 3st			na novou kon. hot. št. na novou kon. hot. št. - 90
50	1	054501 Frezka Deckel-Maho DMU60T pr. 8H7 dr. 38,49			
60	1	095001 Elektrojiskrová hloubička DECKEL DE25C pr. 10H7			
70	1	094200 Ruční zámečnické pracoviště upravit			
Konec sestavy				Technolog: Goła	

PŘÍLOHA P III: VÝROBA KUSU PŘED KALENÍM

Upnutý díl před obráběním



Sražení pod úhlem $82^{\circ}74'$

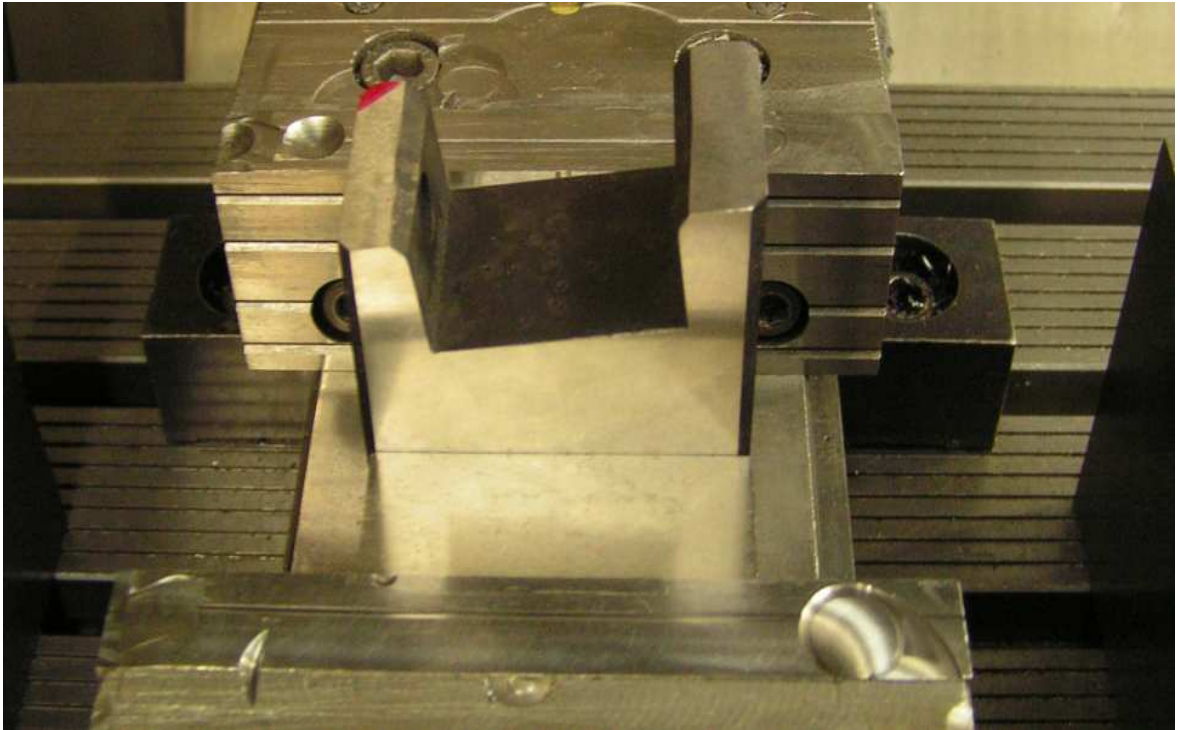


PŘÍLOHA P IV: KUS PŘED KALENÍM



PŘÍLOHA P V: DÍL PO KALENÍ

Upnutý kus po kalení

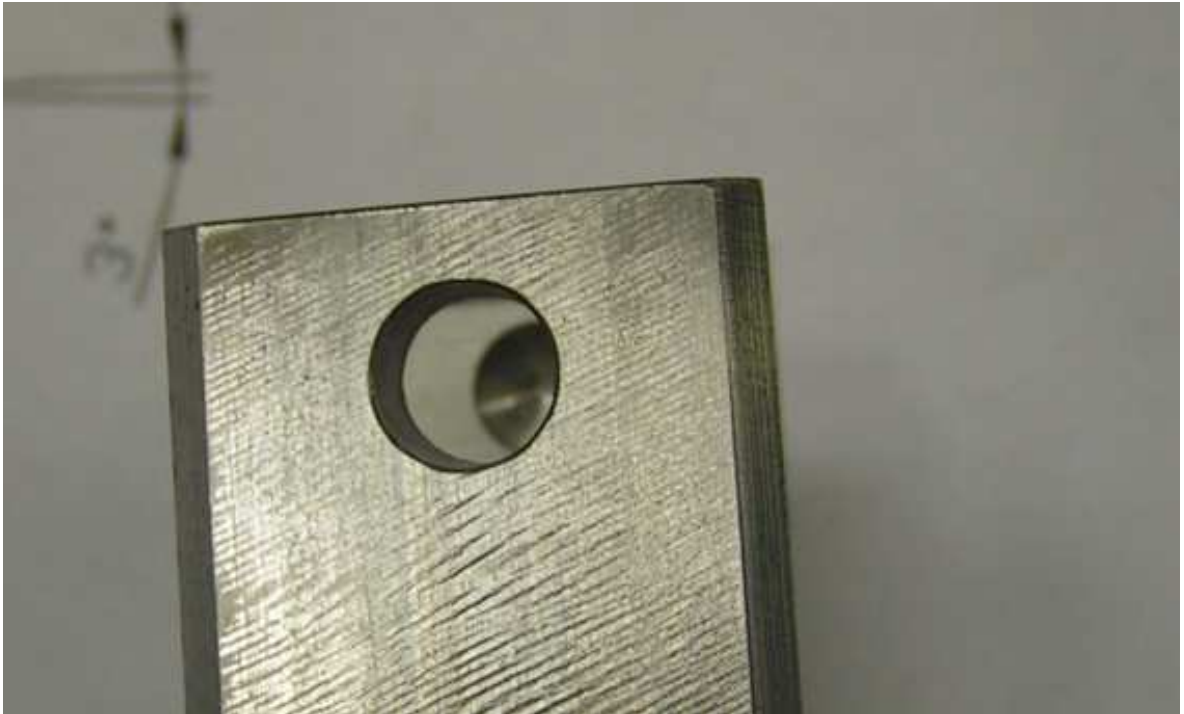


Díry po kalení s přídavkem

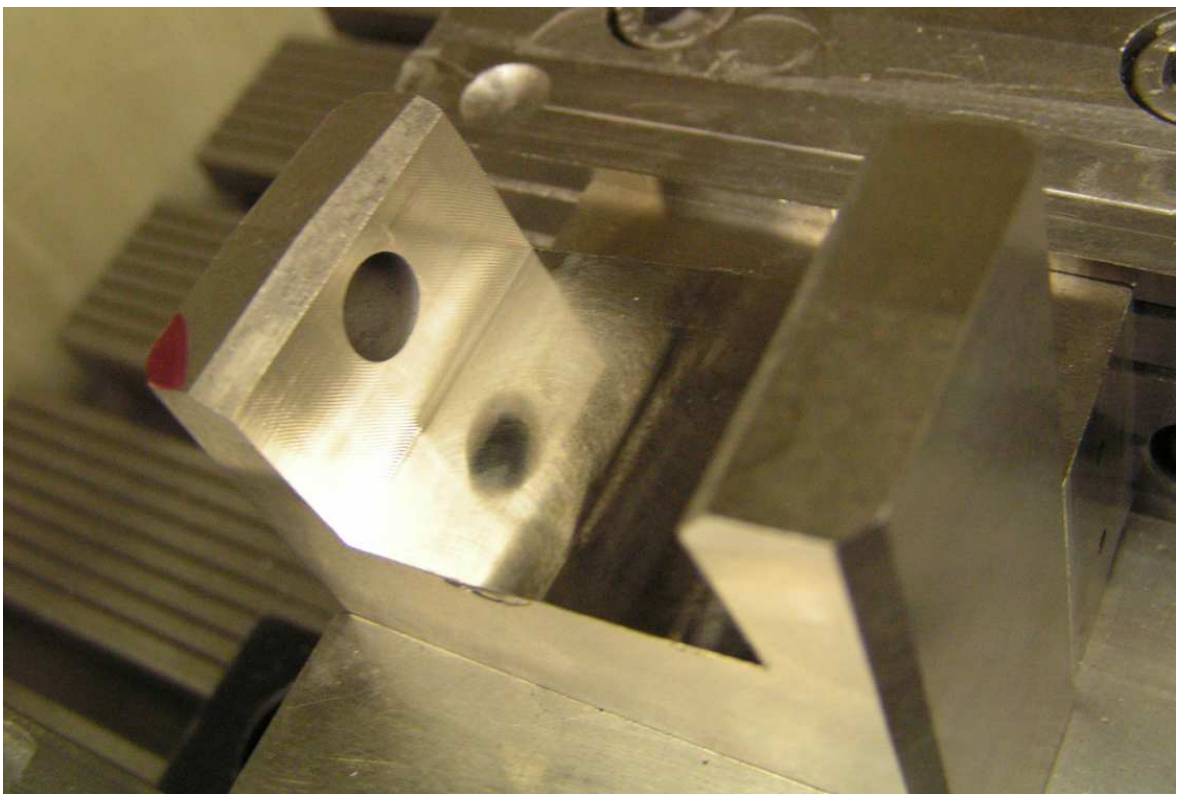


PŘÍLOHA P VI: KVALITA POVRCHU

Před kalením



Obrobený povrch po kalení



PŘÍLOHA P VII: HOTOVÝ DÍL

