

Programování CNC strojů

Tento text byl napsán s úmyslem žákům třetího a čtvrtého ročníku oboru Strojírenství, oboru Technické lyceum a případným zájemcům o programování počítačem řízených strojů (dále jen CNC - z anglického Computerized Numerical Control) z řad studentů jiných oborů ulehčit pokud možno názorným a srozumitelným textem přípravu na předmět Programování CNC strojů, který je povinným předmětem ve třetím ročníku a povinně volitelným předmětem ve čtvrtém ročníku oboru Strojírenství.

Materiál se zaměřuje výhradně jen na problematiku obrábění a obráběcích strojů. Na otázku, kterou jsem už několikrát od studentů dostal, zda znalost programování CNC obráběcích strojů má uplatnění a budoucnost, jsem odpověděl, že je při obrovské akceleraci lidských znalostí dnes těžké odpovědět, zda energeticky náročné získávání výrobků pomocí obráběcích procesů bude v budoucnu vůbec užíváno, dnes (a pro blízkou budoucnost) ale tato znalost patří a bude patřit mezi základní požadavky zaměstnavatelů na přijímané pracovníky.

Materiál nastiňuje problematiku jednotlivých komponent daného oboru, který, jak už dnes jinak ani být nemůže, stojí na znalostech více oborů - matematických, fyzikálních, znalostech strojírenské technologie, konstrukce strojů, teorie měření a tak dále. Vzhledem k tomu, že učební osnovy oboru Technické lyceum neobsahují dotaci předmětu Strojírenská technologie, text začíná kapitolou o obrábění, která nastiňuje základní informace o této oblasti.

V jednotlivých kapitolách najdete pouze základní informace, které mají vztah k praktickému ovládnutí výukového systému soustruhu SUF 16 CNC a následně CAM aplikaci edgeCAM anglické firmy PATHTRACE.

V elektronické podobě materiálu se v textu objeví hypertextový odkaz formátovaný [modře s podtržením](#). Při stisku CTRL a kliknutí na odkaz se dostanete na příslušnou přílohu. Zpět na zdrojový odkaz se dostanete pomocí linku [zpět](#). Po použití odkazu se barva odkazu změní.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	OBSAH	4
2.1	SEZNAM OBRÁZKŮ	7
3	OBRÁBĚNÍ	10
3.1	FÁZE OBRÁBĚNÍ.....	10
3.2	NÁSTROJE	10
3.3	DRŽÁKY NÁSTROJŮ	12
3.4	ŘEZNÉ MATERIÁLY	19
3.5	SOUSTRUŽENÍ.....	31
3.6	FRÉZOVÁNÍ	40
4	AUTOMATIZACE	44
4.1	OBVYKLE POUŽÍVANÉ ZKRATKY POČÍTAČEM PODPOROVANÝCH ČINNOSTÍ STROJÍRENSKÉHO PODNIKU	45
4.2	HISTORICKÝ EXKURS	46
4.3	VÝVOJOVÉ STUPNĚ NC STROJŮ	47
4.4	ZÁKLADNÍ ÚČINKY POUŽITÍ NC STROJŮ	48
4.5	ROZDĚLENÍ NC STROJŮ	49
4.6	KONSTRUKČNÍ ČÁSTI ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ	49
4.7	PŘESNOST POLOHOVÁNÍ A OPAKOVANÁ PŘESNOST	57
4.8	AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ	58
5	SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ	61
5.1	NC ŘÍDICÍ SYSTÉM.....	61
5.2	CNC ŘÍDICÍ SYSTÉM	62
5.3	DRUHY ŘÍZENÍ ČÍSLICOVÝCH SYSTÉMŮ	64
5.4	ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ V ŘÍDICÍM SYSTÉMU	66
5.5	REŽIMY PRÁCE ŘS	68
6	ZÁKLADY CNC PROGRAMOVÁNÍ	70
6.1	VNĚJŠÍ ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ.....	70
6.2	VNITŘNÍ ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ.....	70
6.3	RUČNÍ PŘÍPRAVA ŘÍDICÍHO PROGRAMU	70
7	STAVBA CNC PROGRAMU	73

7.1	PODPROGRAMY A CYKLY	74
7.2	FORMÁT VĚTY (BLOKU).....	74
7.3	VÝZNAM ADRES PRO STROJE SE SOUVISLÝM ŘÍZENÍM I PRAVOÚHLÝM ŘÍZENÍM	75
7.4	VĚTY (BLOKY).....	76
7.5	ROZMĚROVÁ SLOVA	76
7.6	BEZROZMĚROVÁ SLOVA.....	76
8	SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE	78
8.1	PRAVIDLA UMÍSTĚNÍ SOUŘADNÉHO SYSTÉMU NA STROJI	78
8.2	VZTAŽNÉ BODY	81
8.3	URČENÍ NULOVÉHO BODU OBROBKU W	84
8.4	KOREKCE NÁSTROJE	86
9	POČÍTAČEM PODPOROVANÝ NÁVRH DRAH NÁSTROJE - CAM.....	92
9.1	GEOMETRIE OBROBKU	92
9.2	DEFINICE PRACOVNÍHO PROSTORU	94
9.3	POMOCNÉ ÚPRAVY	94
9.4	TECHNOLOGIE.....	95
9.5	POSTUP TVORBY TECHNOLOGIE.....	95
9.6	POSTPROCESING.....	106
9.7	VÝSTUPY	107
10	SOUSTRUH SUF 16 CNC.....	109
10.1	BEZPEČNOST PRÁCE - ZÁSADY PŘI PRÁCI NA STROJI.....	109
10.2	REŽIMY ŘÍDICÍHO SYSTÉMU:	109
10.3	CNC EDITOR	111
10.4	RUČNÍ ŘÍZENÍ	115
10.5	CNC ŘÍZENÍ	116
10.6	SIMULACE OBRÁBĚNÍ	117
10.7	POSTUP ČINNOSTÍ PŘED ZHOTOVENÍM PROGRAMU.....	118
10.8	POUŽÍVANÉ POMOCNÉ FUNKCE.....	121
10.9	POUŽÍVANÉ PŘÍPRAVNÉ FUNKCE	131
10.10	CYKLY	133
10.11	ŘEZNÉ NÁSTROJE	141
10.12	ŘEZNÉ PODMÍNKY	142
10.13	UKÁZKOVÝ PŘÍPAD – RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ	143
10.14	PROGRAM – PROGRAMOVÁNO ABSOLUTNĚ	148

OBSAH

10.15	PROGRAM – PROGRAMOVÁNO PŘÍRŮSTKOVĚ (INKREMENTÁLNĚ).....	151
11	EDGECAM.....	154
11.1	NC KOMUNIKACE V EDGECAM.....	154
11.2	REŽIMY EDGECAM.....	155
11.3	VÝBĚR PROSTŘEDÍ (PROFESE).....	155
11.4	PRVKY V EDGECAM.....	155
11.5	ZADÁNÍ SOUŘADNIC.....	156
11.6	POUŽITÍ KONSTRUKČNÍCH ROVIN CPL.....	156
11.7	POHLEDY V EDGECAM.....	158
11.8	TVORBA GEOMETRIE V AXIÁLNÍ ROVINĚ CPL.....	158
11.9	POSTUP TVORBY GEOMETRIE V AXIÁLNÍ CPL.....	159
11.10	VYTVOŘENÍ PRACOVNÍ CPL NA ČELNÍ PLOŠE OBROBKU.....	159
11.11	TVORBA GEOMETRIE V RADIÁLNÍ ROVINĚ SOUSTRUŽENÍ.....	160
11.12	EDGECAM FRÉZOVÁNÍ.....	161
11.13	ZÁKLADY FRÉZOVÁNÍ V EC.....	162
11.14	ZPŮSOBY FRÉZOVÁNÍ.....	164
11.15	ZÁSOBNÍK NÁSTROJŮ.....	168
11.16	ASISTENT TECHNOLOGIE.....	168
12	PŘÍLOHY.....	171
12.1	MULTIPLIKAČNÍ EFEKT.....	171
12.2	RISC.....	172
12.3	ŘEZNÁ RYCHLOST.....	173
12.4	PŘECHODOVÉ BODY.....	174
12.5	KARTÉZSKÝ SOUŘADNÝ SYSTÉM.....	175
12.6	POLÁRNÍ SOUŘADNÝ SYSTÉM.....	176
12.7	PARAMETRIZACE.....	177
12.8	PROGRAMOVÝ LIST.....	178
12.9	FORMÁT VĚTY (BLOKU).....	179
12.10	EKVIDISTANTA BODU, ÚSEČKY, KŘIVKY.....	180
12.11	HSS.....	181
12.12	MATERIÁL BŘITU.....	182
12.13	KONSTRUKCE NÁSTROJE.....	183
12.14	SMĚR POSUVU.....	184
12.15	ZPŮSOB OBRÁBĚNÍ.....	185
12.16	VÁLCOVÁ ČELNÍ FRÉZA.....	186

12.17 STOPKOVÁ CELOKARBIDOVÁ FRÉZA.....	187
12.18 STOPKOVÁ FRÉZA PRO SRÁŽENÍ HRAN.....	188
12.19 STOPKOVÁ FRÉZA S ČELNÍMI PŮLKRUHOVÝMI BŘITY	189
12.20 DRÁŽKOVACÍ FRÉZA.....	190
12.21 KOTOUČOVÁ FRÉZA	191
12.22 ROVINA RYCHLOPOSUVU.....	192
12.23 NAJÍZDĚCÍ ROVINA.....	192

1.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Označení nástroje kódovacími kroužky	11
Obrázek 2 - Ukázky upnutí VBD (Sandvik Coromant).....	13
Obrázek 3 - Držáky pro upínání teplem.....	14
Obrázek 4 - Upnutí VBD v držáku.....	14
Obrázek 5 - Tvar VBD pro samosvorné upnutí	15
Obrázek 6 - Ukázka nástrojových držáků (frézování)	15
Obrázek 7 - Držák pro vnitřní soustružení s přívodem chladicí kapaliny.....	16
Obrázek 8 - Vrtací hlava	17
Obrázek 9 - Upínací systém	17
Obrázek 10 - Modulová řada vrtacích hlav.....	17
Obrázek 11 - Systém označování nožových držáků ISCAR.....	18
Obrázek 12 - Vývoj produktivity nástrojových materiálů	20
Obrázek 13 - Schéma CVD technologie povlakování	26
Obrázek 14 - Schéma PVD technologie povlakování.....	27
Obrázek 15 - Hlavní způsoby soustružení.....	32
Obrázek 16 - Průběh řezné rychlosti.....	33
Obrázek 17 - Vliv posuvu na drsnost povrchu.....	33
Obrázek 18 - Rozměry třísky (soustružení)	34
Obrázek 19 - Úhly nastavení.....	34
Obrázek 20 - Vliv úhlu nastavení na velikost složek řezné síly.....	35
Obrázek 21 - Tvar třísky v závislosti na hloubce záběru a posuvu.....	35
Obrázek 22 - Vliv poloměru špičky na drsnost.....	35
Obrázek 23 - Úhly nástroje – základní (kladné směry).....	36
Obrázek 24 - vyložení nože (L).....	38
Obrázek 25 - Obrábění na čisto.....	38
Obrázek 26 - Lehké hrubování.....	38
Obrázek 27 - Hrubování.....	39
Obrázek 28 - oblasti použití VBD.....	39
Obrázek 29 - Čelní válcová fréza.....	41
Obrázek 30 - Válcová fréza.....	41
Obrázek 31 - Frézování válcovou frézou	41
Obrázek 32 - Frézování čelní válcovou frézou	41
Obrázek 33 - Průřez třísky - čelní fréza	41
Obrázek 34 - Průřez třísky - válcová fréza.....	41
Obrázek 35 - Sousedné frézování	42
Obrázek 36 - Nesousedné frézování	42
Obrázek 37 - Návaznosti činností strojírenského podniku při použití CA podpory	45

OBSAH

Obrázek 38 - Vztah výnosy - náklady – zisk	46
Obrázek 39 - Vývoj CNC strojů.....	48
Obrázek 40 - Pracovní prostor konvenční soustruh	50
Obrázek 41 - Pracovní prostor CNC soustruh.....	50
Obrázek 42 – Kleština (část)	52
Obrázek 43 - Univerzální tříčelist'ové sklíčidlo	52
Obrázek 44 - Lící deska	52
Obrázek 45 - Konstrukční uspořádání polohového servomechanizmu.....	53
Obrázek 46 - Kuličkový posuvový šroub - schéma	54
Obrázek 47 - Funkce polohového regulačního obvodu	54
Obrázek 48 - Průběh rychlosti přejezdu.....	55
Obrázek 49 - Schéma přímého odměřování	56
Obrázek 50 - Schéma nepřímého odměřování	56
Obrázek 51 - Princip přímého impulsního odměřovacího zařízení.....	56
Obrázek 52 - Princip nepřímého impulsního odměřovacího zařízení.....	57
Obrázek 53 - Revolverová hlava (přenáší řezné síly)	59
Obrázek 54 - Řetězový zásobník (bez přenosu sil)	59
Obrázek 55 - Nástrojový manipulátor.....	60
Obrázek 56 - Schéma NC řídicího systému	62
Obrázek 57 - schéma CNC řídicího systému	63
Obrázek 58 - 2D řízení	64
Obrázek 59 - 2,5 D řízení	64
Obrázek 60 - 3 D řízení	65
Obrázek 61 - 5 D řízení	65
Obrázek 62 - Absolutní programování – kóty.....	65
Obrázek 63 - Přírůstkové programování - kóty.....	66
Obrázek 64 - Kruhová interpolace – funkce interpolátoru.....	67
Obrázek 65 - Osmistopá děrná páska	71
Obrázek 66 - Tabulka kódů ISO	72
Obrázek 67- schéma programu	73
Obrázek 68 - Pravoúhlý pravotočivý souřadný systém (PPSS).....	78
Obrázek 69 - Mnemotechnická pomůcka - PPSS	78
Obrázek 70 - Souřadný systém soustruhu (jedno vřeteno, bez poháněných nástrojů).....	79
Obrázek 71 - Víceosý soustruh	79
Obrázek 72 - Souřadný systém CNC frézky a vrtačky	80
Obrázek 73 - Souřadný systém pětiosého centra	80
Obrázek 74 - Vztažné body - soustruh	82
Obrázek 75 - Vztažné body – frézka	83
Obrázek 76 - Posunutí nulového bodu W	84
Obrázek 77 - Naškrábnutí nástrojem.....	84
Obrázek 78 - Excentrický dotyk.....	85
Obrázek 79 - Měřicí sonda	85
Obrázek 80 - změna tvaru součásti při obrobení různými nekorigovanými nástroji	86
Obrázek 81 - Chyba obrysu bez korekce poloměru špičky.....	87
Obrázek 82 - Poloha nástroje vzhledem k obráběné ploše (soustružení, Heidenhain)	87
Obrázek 83 - Korekce G41- soustružení	89
Obrázek 84 - Korekce G41- frézování	89
Obrázek 85 - Korekce G42 - soustružení	90
Obrázek 86 - Korekce G42 - frézování	90
Obrázek 87 - Rozměry obrobku bez použití průměrových korekcí	91

Obrázek 88 - Získání geometrie obrobku pro CAM aplikací.....	92
Obrázek 89 - Příklad jednoduché 2D geometrie	93
Obrázek 90 - Technologie podporované CAM systémy	95
Obrázek 91 - Tvorba nástroje v systému AlphaCAM.....	96
Obrázek 92 - Poloha nástroje vůči geometrii	97
Obrázek 93 - Způsoby obrábění rohů.....	98
Obrázek 94 - Specifické roviny v absolutních souřadnicích osy Z.....	98
Obrázek 95 - Pomůcky pro optimalizování procesu obrábění	100
Obrázek 96 - Změna polohy startovacího bodu	101
Obrázek 97 - Ukázka optimalizace dráhy nástroje při frézování drážek	101
Obrázek 98 - Možné uspořádání součástí na tabuli.....	102
Obrázek 99 - Pomůcky pro optimalizování procesu obrábění	103
Obrázek 100 - Simulace soustružnické operace v systému Kovoprog	104
Obrázek 101 - 3D simulace soustruženého obrobku v systému alphaCAM.....	104
Obrázek 102 - Verifikace přesnosti v systému AlphaCAM.....	105
Obrázek 103 - Vizualizace v systému MachineWorks	106
Obrázek 104 - Rozdělení informačních výstupů z CAD/CAM systémů	107
Obrázek 105 - Obrazovka editoru	111
Obrázek 106 - Obrazovka ručního řízení	115
Obrázek 107 - Obrazovka CNC řízení	116
Obrázek 108 - Obrazovka simulace	117
Obrázek 109 - Technologický náčrt – Výchozí polotovár a konečný obrobek.....	119
Obrázek 110 - Technologický náčrt – Význačné body, upnutí, hrub. třísky – první upnutí..	119
Obrázek 111 - Technologický náčrt – Význačné body, upnutí, hrub. třísky – druhé upnutí.	120
Obrázek 112 - Technologický náčrt – Body pohybu na čisto	120
Obrázek 113 - Cyklus G64.....	134
Obrázek 114 - Zapichovací cyklus.....	135
Obrázek 115 - Čelní hrubovací cyklus	136
Obrázek 116 - Zbytek při obrábění na čele	137
Obrázek 117 - Řezání závitu kolmým přísuvem.....	138
Obrázek 118 - Řezání závitu šikmým přísuvem	139
Obrázek 119 - Vrtání s výplachem.....	140
Obrázek 120 - Korekce nástroje.....	141

OBRÁBĚNÍ

Při obrábění vzniká obrobek z polotovaru odebráním přebytečného materiálu ve formě třísky nástrojem ve formě bříty.

Obrobek – právě obráběný nebo částečně, či úplně obrobený předmět.

Polotovar – normalizovaný (tyč, trubka, atd.) nebo nenormalizovaný (výkovek, odlitek, atd.) zatím nedokončený výrobek použitý pro danou zpracovatelskou operaci.

Podle typu řezných pohybů a podle toho zda je koná nástroj nebo obrobek se užívají například:

- řezání
- vrtání
- soustružení
- frézování
- hoblování
- obrážení
- protahování
- atd.

Vzhledem k tomu, že většina CAM systémů se věnuje modulům soustružení, frézování a řezání (drátem, laserem, vodním paprskem nebo plamenem), v této kapitole bude krátce nastíněna problematika související se soustružením a frézováním, jako základním obráběcími operacím.

2.1 FÁZE OBRÁBĚNÍ

Jednotlivé obráběcí operace až na výjimky probíhají ve dvou fázích:

- Hrubování
- Obrábění na čisto

U **hrubování** platí následující priority procesu:

- Maximální možný objem odebraného materiálu
- Zachování bezpečnosti bříty
- Trvanlivost bříty
- Kontrolovaný odchod třísky

U **obrábění na čisto**:

- Kontrolovaný odchod třísky (při nekontrolovaném může tříska poškodit dokončený povrch obrobku)
- Jakost obrobené plochy a přesnost rozměrů
- Bezpečnost bříty
- Trvanlivost bříty

2.2 NÁSTROJE

Obrábění kovů na strojích se začalo rozšiřovat s rozšířením parního stroje a později elektromotoru.

V průběhu 19.století byly vyvinuty nové procesy výroby železa a oceli, které vedly k použití nelegované a legované nástrojové oceli. S rozvojem metalurgie byly objevovány nové legující prvky a metody tepelného zpracování. Na změnu výkonnosti nástrojů reagoval vývoj nových specializovaných strojů pro nově se utvářející obory průmyslu (automobilový průmysl, stavba lodí, stavba letadel).

Řezné nástroje mají vliv na geometrii, přesnost a drsnost povrchu součásti a ekonomiku obrábění.

2.2.1 Požadavky na řezné nástroje

- snadná, rychlá, přesná a bezpečná vyměnitelnost
- dostatečná tuhost
- možnost seřízení mimo stroj
- možnost upnutí pomocí jednotných držáků
- omezení speciálních nástrojů na nejmenší míru

2.2.2 Kódování nástrojů

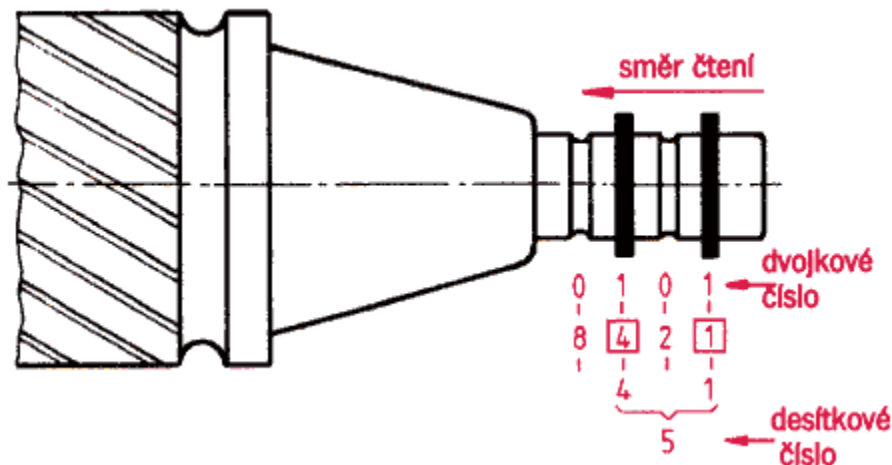
Systémy správy nástrojů na CNC strojích jsou konstrukčně rozmanité, vycházejí ale z dvou základních principů.

Nástroje jsou v zásobníku na daném místě a stále se vrací na stejné místo. Místo (obvykle v revolverové hlavě) má přiřazenu svoji stálou adresu v řídicím systému.

Při druhém způsobu je adresa přiřazena nástroji, který je ukládán do libovolného místa zásobníku. Řídicí systém ukládá do paměti poslední umístění daného nástroje.

Nástroje jsou značeny například kódovacími kroužky nebo čipy, které nesou všechny potřebné informace o daném nástroji.

Obrázek 1 - Označení nástroje kódovacími kroužky



Na výkon nástroje (množství odebrané třísky za daný čas) má jeden ze zásadních vlivů materiál rezné části nástroje.

2.3 DRŽÁKY NÁSTROJŮ

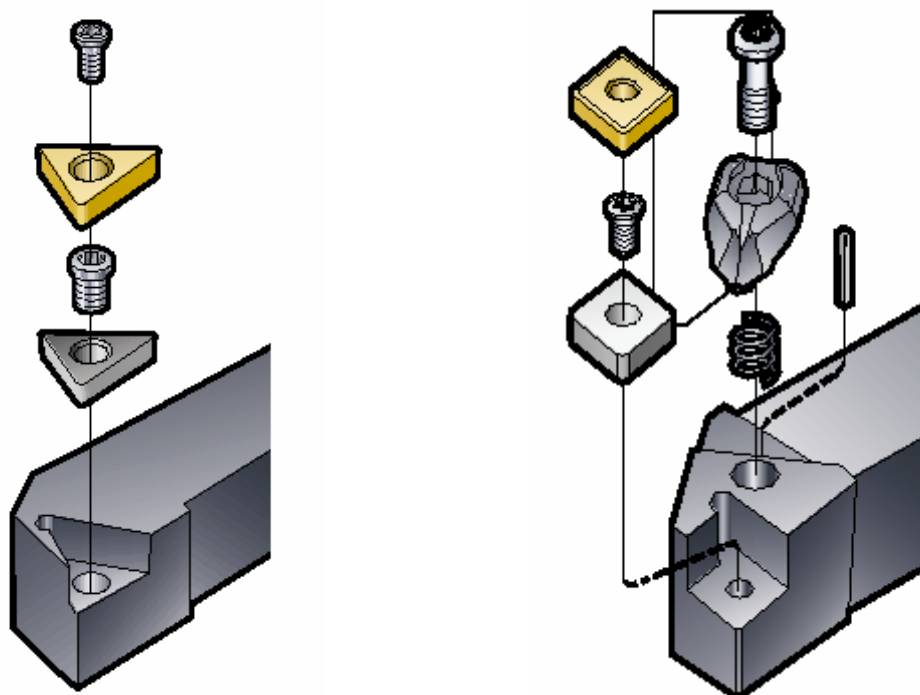
Břit nástroje, ať celistvého, nebo ve formě břitové destičky je umístěn v držáku, který by měl zajistit:

- dokonalou stabilitu systému stroj – nástroj
- dokonalé upnutí
- možnost jednoduchého seřízení
- přístupnost v pracovním prostoru
- jednoduchost výměny
- výkon obrábění
- minimalizaci nákladů – modularitu

Na trhu existuje množství firem, které vyrábějí nástroje s využitím posledních znalostí v oblasti nástrojových materiálů, teorie tvorby třísky, nástroje vycházející ze specifických potřeb odběratelů. Množství variant řešení je tak velké, že je vhodné obrátit se na technický servis výrobce a optimální řešení vybrat s nimi.

Jak u soustružnických nožů, tak u frézovacích nástrojů se u držáků nástrojů vychází ze specifických podmínek jednotlivých typů břitových destiček (úhly nastavení, tvar, způsob upnutí destičky, ...) s tím, že řada držáků je optimalizována, aby byly sníženy náklady na pořízení a skladování nástrojů, určených pro dané typy strojů.

Obrázek 2 - Ukázky upnutí VBD (Sandvik Coromant)



Do držáků jsou nástroje upínány obvykle:

- Do kuželové plochy
- Kleštinou
- Tepelnou roztažností

VBD jsou upínány:

- Za díru
- Klínovou upínkou
- Šroubem a klínovou upínkou
- Samosvorným spojem pomocí řezných sil
- Atd.

Pro vysokorychlostní obrábění, kdy otáčky vřetene mohou dosáhnout 100 000 otáček za minutu, je bezpodmínečně nutné, aby byl nástroj dokonale a přesně upnut a spolu s držákem byl dynamicky vyvážen, aby se minimalizovaly parazitní odstředivé síly a snížilo se namáhání ložisek vřetena.

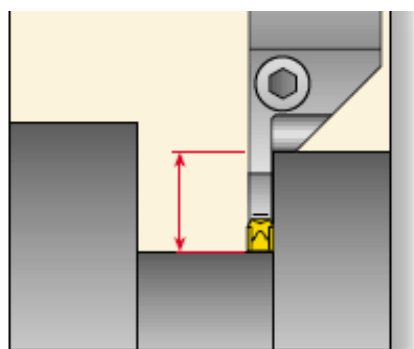
Nástroj, obvykle vyroben jako celistvý z jemnozrnného slinutého karbidu s povlakovanou řeznou částí se upíná do držáku tak, že se upínací část držáku rychle zahřeje v induktoru, tím se zvětší průměr natolik, že stopka nástroje propadne do průměru. Následuje ochlazení, tím zmenšení průměru držáku a pevné sevření nástroje. Po upnutí následuje přesné vyvážení.

OBRÁBĚNÍ

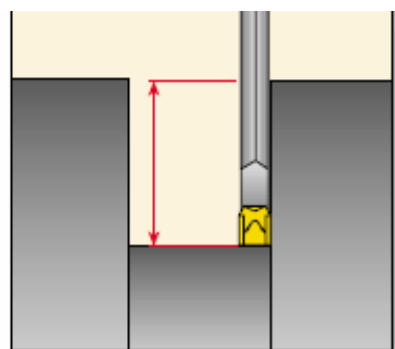
Obrázek 3 - Držáky pro upínání teplem



Obrázek 4 - Upnutí VBD v držáku

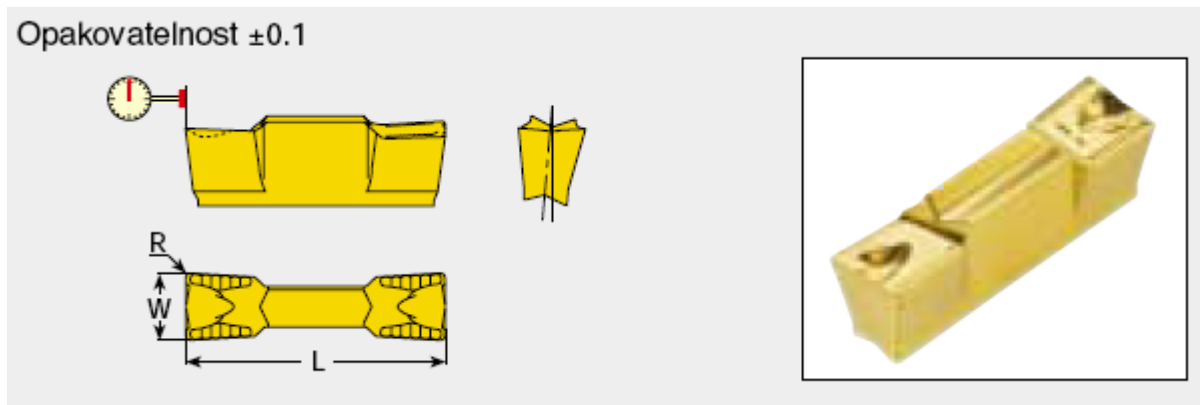


Upnutí šroubem



Samosvorné upnutí

Obrázek 5 - Tvar VBD pro samosvorné upnutí



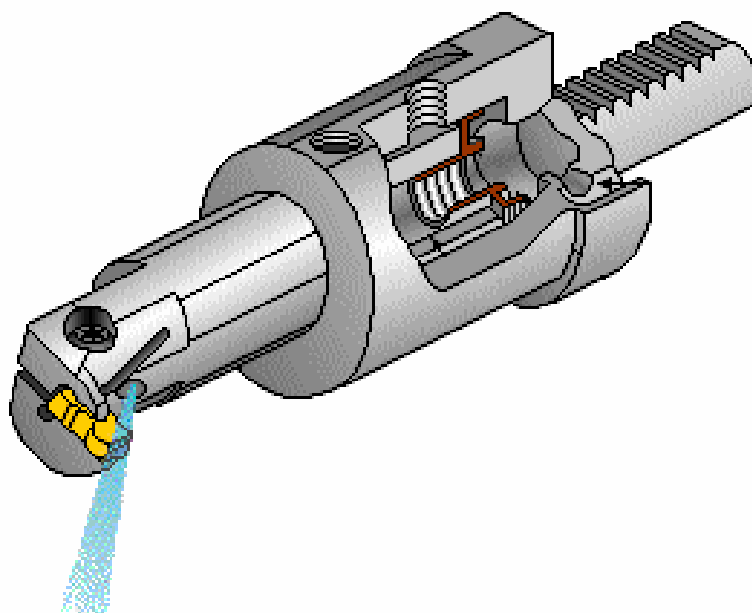
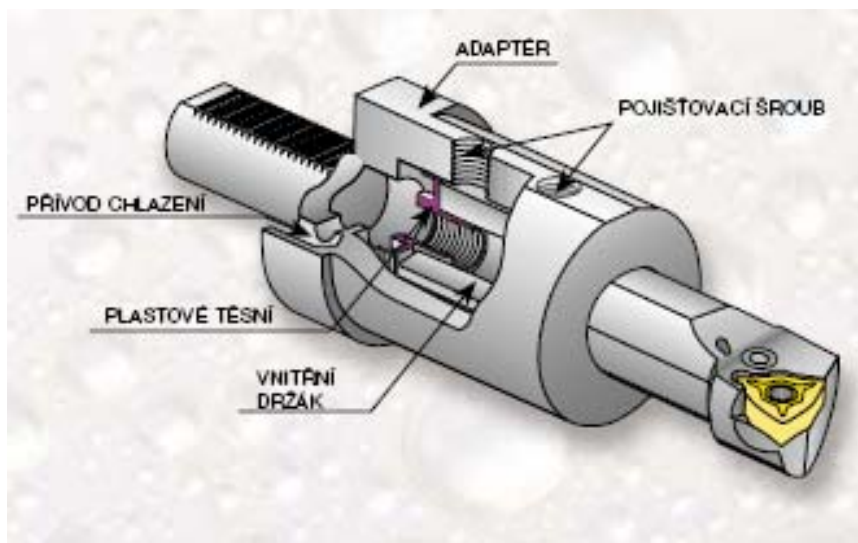
Obrázek 6 - Ukázka nástrojových držáků (frézování)



Nástrojové držáky musí přesně vést nástroj, umožňují vystředění, vyklopení nástroje, přívod chladicí kapaliny a další.

OBRÁBĚNÍ

Obrázek 7 - Držák pro vnitřní soustružení s přívodem chladicí kapaliny



Držáky jsou vyráběny z oceli nebo ze slinutých karbidů (omezení deformací, vibrací).

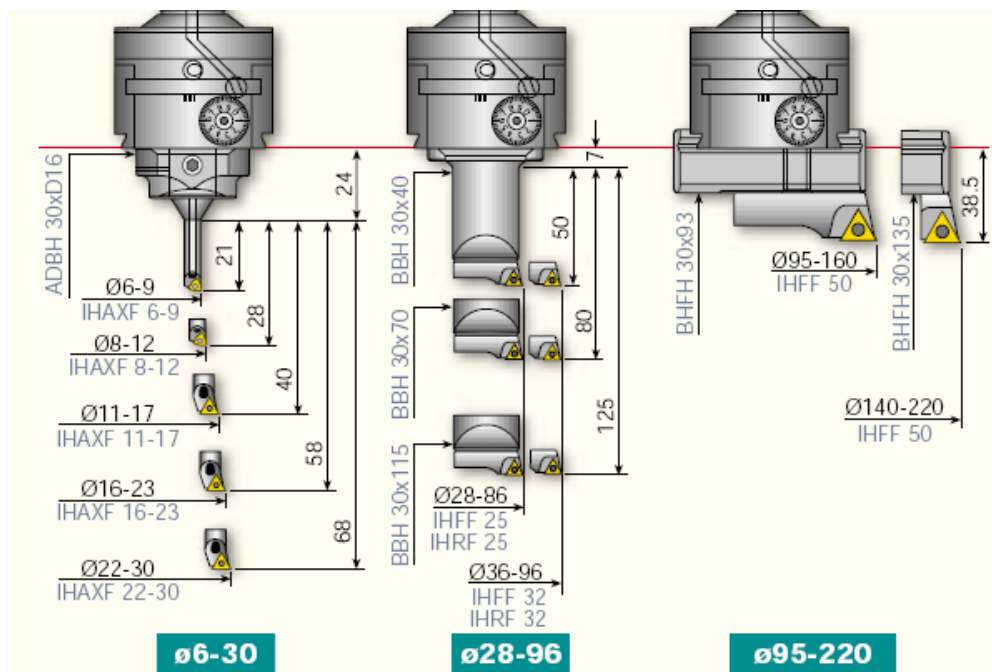
Obrázek 8 - Vrtací hlava



Obrázek 9 - Upínací systém



Obrázek 10 - Modulová řada vrtacích hlav



Jak pro označení VBD tak nástrojových držáků existují ISO systémy označování (viz další obrázek).

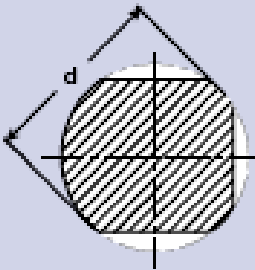
OBRÁBĚNÍ

Obrázek 11 - Systém označování nožových držáků ISCAR

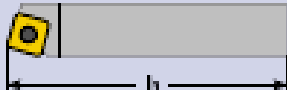
1. Vnitřní nožový držák

- S** Ocelové těleso
- A** Chlazení středem Ocelové těleso
- C** Karbidové těleso
- E** Chlazení středem Karbidové těleso

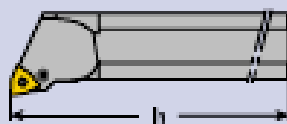
2. Průměr vnitř. držáku



3. Délka držáku



	Q = 180	
	R = 200	
A = 32	H = 100	S = 250
B = 40	J = 110	T = 300
C = 50	K = 125	U = 350
D = 60	L = 140	V = 400
E = 70	M = 150	W = 450
F = 80	N = 160	Y = 500
G = 90	P = 170	X = Special



Vnější nožový držák

M	W	L	N	R
4	5	6	7	8

Vnitřní nožový držák

S	25	S	M	W	L	N	R
1	2	3	4	5	6	7	8

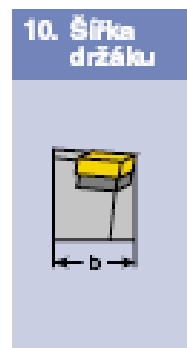
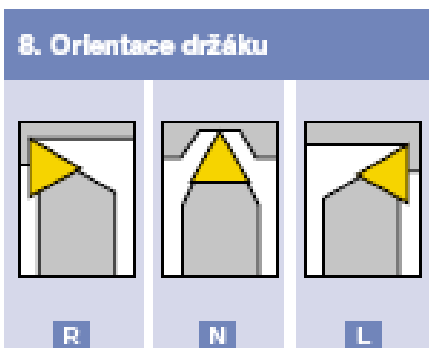
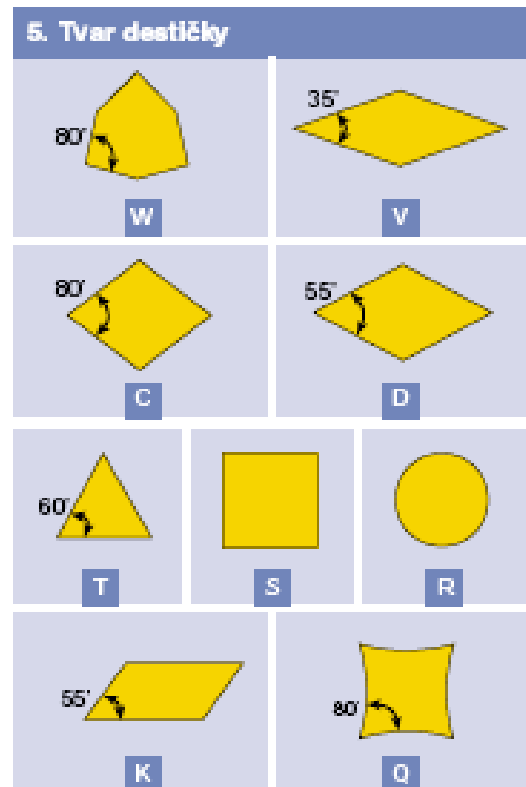
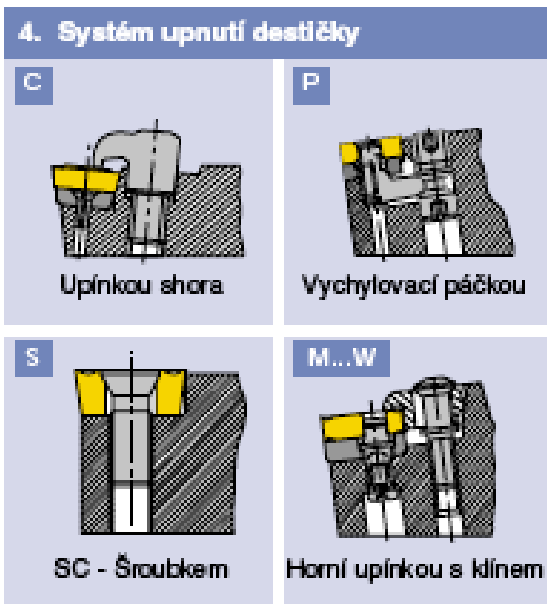
6. Úhel nastavení

 A	 B	 D	 E	 F
 G	 J	 K	 L	 N
 R	 S	 U	 V	 X

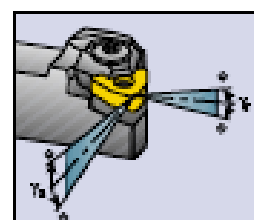
7. Úhel hřbetu

 N	 C	 P
 B	 D	
 O		

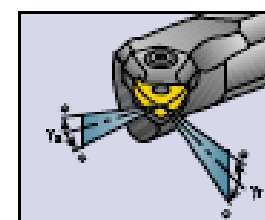
Systém označování nožových držáků ISCAR



Axiální vs radiální vs úhel čela



Vnější držák



Vnitřní držák

2.4 ŘEZNÉ MATERIÁLY

Vývojové práce v oboru řezných materiálů probíhaly od začátku 20. století, kdy se jako materiál, který výrazně zvýšil produktivitu obrábění, začala používat **rychlořezná ocel** (RO; [HSS](#))

OBRÁBĚNÍ

Nástroj řezé materiál obrobku, protože je upraven do tvaru břitu a je tvrdší než materiál obrobku. Nástroj, vhodný k operaci obrábění musí zohledňovat následující:

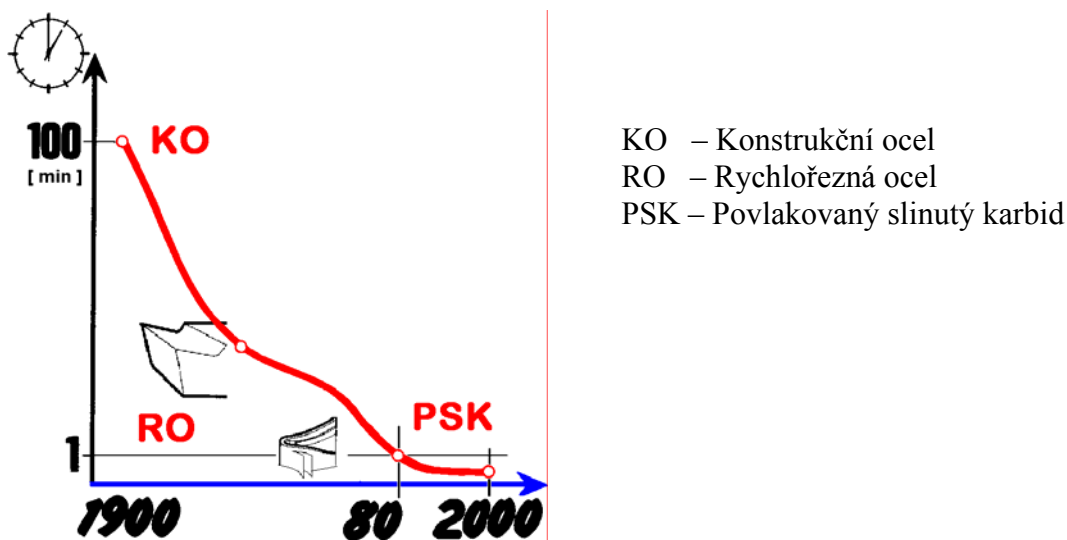
- Druh operace
- Materiál a tvar obrobku
- Obráběcí stroj
- Řezné podmínky
- Požadovanou jakost povrchu obrobku
- Stabilitnost technologie obrábění
- Náklady na obrábění

Základní vlastnosti z hlediska vztahu k řezné rychlosti a posuvům při obrábění jsou:

- Odolnost proti opotřebení
- Odolnost proti lomu (houževnatost)
- Chemická stálost
- Zachování tvrdosti za vysokých teplot
- Chemicky neutrální chování vůči materiálu obrobku
- Odolnost proti tepelnému šoku

Operace, které trvaly na začátku 20.století 100 minut, se použitím HSS zkrátily na třetinu času. A použitím nových materiálů dál čas klesal až na dnešních několik desítek sekund.

Obrázek 12 - Vývoj produktivity nástrojových materiálů



Jako materiály řezných částí nástrojů (případně celistvého nástroje) se používají:

- 1) Nástrojová ocel
- 2) Slinutý karbid
- 3) Cermet
- 4) Keramika
- 5) Kubický nitrid bóru
- 6) Polykrystalický diamant

Se stoupajícím číslem v přehledu klesá houževnatost a stoupají chemická stálost a zachování tvrdosti za vysokých teplot a odolnost proti opotřebení.

2.4.1 NÁSTROJOVÁ OCEL

Tento materiál lze dělit na:

- Uhlíkovou
- Legovanou
- Rychlořeznou (vysokolegovanou)

Oblast použitelných teplot se pohybuje od asi 150°C u uhlíkových ocelí do 600°C u rychlořezných ocelí. Nástroje z rychlořezné oceli se podílí na obrábění kovů asi čtyřiceti procenty a spolu se slinutými karbidy jasně dominují. Houževnatost má proti slinutému karbidu asi dvojnásobnou, proti keramickým materiálům asi šestinásobnou.

2.4.2 SLINUTÉ KARBIDY

Jsou produktem práškové metalurgie a vyrábí se z různých karbidů a kovového pojiva. Karbidy jsou obecně velmi tvrdé materiály. Na břity řezných nástrojů se používají:

- Karbid wolframu WC
- Karbid titanu TiC
- Karbid tantalu TaC
- Karbid niobu NbC

Jako pojivo se používá kobalt (Co). Hlavními rozdíly u použitých karbidů jsou:

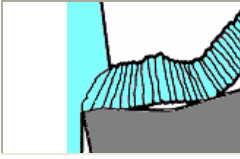

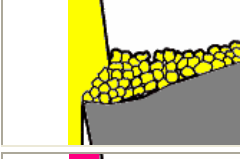



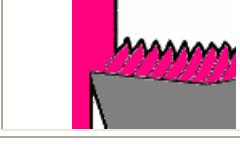
- typ a velikost částic
- druh kovového pojiva a jeho podíl
- výrobní technologie
- kvalita výroby

Klasifikace slinutých karbidů

Aby bylo možné popsat slinuté karbidy, byl vyvinut klasifikační systém ISO. V tomto systému jsou pro určité skupiny materiálů rozříděny případy obrábění v závislosti na namáhání bříty.

OBRÁBĚNÍ

Tabulka 1 - Typy materiálů a třísek s přiřazením skupiny klasifikace ISO

Typ třísky	Typ materiálu	Obrázek	Skupina ISO
Plynulá článková soudržná dlouhá	Oceli		P
Plynulá lamelovitá soudržná dlouhá	Korozivzdorné oceli		M
Tvářená elementární	Litiny		K
Plynulá nepravidelně článková	Vysoce legované oceli		M
Plynulá tvářená soudržná	Hliník, malé řzné síly		K
Dělená segmentová	Tvrdé materiály, velké řzné síly		K
Plynulá segmentová	Titan		M

2.4.2.1 KLASIFIKACE ISO

se vztahuje výlučně na slinuté karbidy a nezahrnuje keramiku, kubický nitrid bóru, polykrystalický diamant, nebo některé materiály obrobků (klasifikace ISO je neustále aktualizována).

Modrá P

označuje obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku - ocel, ocelolitinu, korozivzdornou ocel a temperovanou litinu.

Žlutá M

označuje obrábění austenitických korozi vzdorných ocelí, žáruvzdorných materiálů, manganových ocelí, legovaných druhů litin atp.

Červená K

označuje obrábění materiálů, tvořících krátkou třísku, jako jsou šedá litina, kalená ocel, ne-
železné materiály, například hliník, bronzy, plasty atd.

V každé skupině jsou uvedena čísla, která udávají různé požadavky na obrábění počínaje
hrubováním, až po dokončovací operace. Počínaje skupinou 01, která je určena pro dokon-
čovací operace velkými řeznými rychlostmi, malým posuvem a malou hloubkou řezu, přes
hlavní oblast použití 25 pro střední obrábění a dokončování ve středním rozsahu řezných
podmínek, až po skupinu 50, určenou pro hrubování při nízkých řezných rychlostech, vel-
kém průřezu třísky a střídavém mechanickém zatížení. Požadavky na odolnost proti opo-
třeбенí a houževnatost kolísají podle způsobu obrábění

P. OCEL, MATERIÁLY TVOŘÍCÍ DLOUHOU TŘÍSKU

P01: Soustružení načisto a jemné vyvrtávání, vysoké řezné rychlosti, malé průřezy třísek,
vysoká jakost obrobeného povrchu, úzké tolerance rozměrů, žádné vibrace.

P10: Soustružení, kopírování, soustružení závitů, frézování, vysoké řezné rychlosti, malé,
až střední průřezy třísek.

P20: Soustružení, kopírování, frézování, střední řezné rychlosti, střední průřezy třísek, čel-
ní soustružení při malém průřezu třísky, obrábění za nepříznivých pracovních podmínek.

P30: Soustružení, frézování, čelní soustružení při středních, až malých řezných rychlostech,
střední, až velký průřez třísky, obrábění za nepříznivých pracovních podmínek, přerušovaný
řez.

P40: Soustružení, zarovnávání, frézování, zapichování, upichování, malé řezné rychlosti,
velké průřezy třísek, je možný velký úhel čela, velmi nepříznivé pracovní podmínky, přeru-
šovaný řez.

P50: Práce, u nichž se vyžaduje velká tuhost nástrojů, soustružení, čelní soustružení, za-
pichování, upichování, malé řezné rychlosti, velké průřezy třísek, možnost velkého úhlu čela,
extrémně nepříznivé pracovní podmínky, těžký přerušovaný řez.

M - KOROZIVZDORNÁ OCEL, AUSTENITICKÁ, VYSOCELEGOVANÁ

M10: Soustružení, střední, až vysoké řezné rychlosti, malé, až střední průřezy třísek.

M20: Soustružení, frézování, střední řezné rychlosti, střední průřezy třísek.

M30: Soustružení, frézování, čelní soustružení při středních řezných rychlostech, střední až
velký průřez třísky.

M40: Soustružení, soustružení tvarů, upichování, zejména na automatických strojích.

K - LITINA, MATERIÁLY S KRÁTKOU TŘÍSKOU

K01: Soustružení, soustružení načisto a jemné vyvrtávání, frézování načisto, zaškrabá-
vání ploch.

K10: Soustružení, frézování, vrtání, zahlubování atd.

OBRÁBĚNÍ

K20: Soustružení, frézování, hoblování, zahlubování, vystružování a práce, vyžadující velmi houževnatý rezný materiál.

K30: Soustružení, frézování, hoblování, upichování, zapichování, nepříznivé podmínky obrábění a možnost velkého úhlu čela.

K40: Soustružení, frézování, hoblování, upichování, velmi nepříznivé podmínky obrábění a zvlášť velký úhel čela.

2.4.3 POVLAKOVANÉ SLINUTÉ KARBIDY

Jedním ze zvlášť významných kroků ve vývoji rezných materiálů, bylo zavedení slinutých karbidů, opatřených velmi tenkým povlakem z tvrdého materiálu. Tento povlak měl sice tloušťku jen několik tisícín milimetru, ale zvýšil velmi drasticky ze dne na den výkonost nástrojů ze slinutých karbidů. Záměnou nepovlakované destičky za vyměnitelnou břitovou destičku povlakovanou bylo umožněno podstatné zvýšení rezné rychlosti a trvanlivosti břitu. Díky vyšší tepelné odolnosti bylo možné dosáhnout větších rezných rychlostí a také posuvů.

Zvýšení odolnosti proti opotřebení znamená všeobecně snížení, případně ztrátu houževnatosti a tím také spolehlivosti pracovního procesu. Trvanlivost povlakovaných slinutých karbidů (kombinace, sestávající z houževnatého slinutého karbidu a opotřebení odolávající vrstvy tvrdého materiálu) byla v porovnání s materiály bez povlaku mnohonásobná. V dnešní době jsou téměř všechny základní druhy slinutých karbidů pro soustružení opatřeny povlakem.

Tyto druhy figurují u soustružnických prací na prvním místě a jejich podíl na celkové potřebě vyměnitelných brkových destiček činí cca 75 %.

Nejdůležitější materiály pro povlakování jsou:

- karbid titanu (TiC),
- nitrid titanu (TiN),
- oxid hlinitý / keramika (Al_2O_3) a
- karbonitrid titanu (TiCN).

Karbid titanu a oxid hlinitý vytvářejí velmi tvrdé vrstvy, které zaručují odolnost proti opotřebení a chemickou neutralitu tím, že mezi nástrojem a třískou vznikne chemická a fyzikami (tepelná) bariéra. TiN není sice tak tvrdý, ale zajistí na čele destičky menší součinitel tření a lepší odolnost proti opotřebení ve tvaru žlábků.

TiN má mimo to ještě atraktivní zlaté zabarvení.

Moderní technologie pro nanášení povlaků umožňuje nanést na slinutý polotovar stejnoměrné a reprodukovatelné vrstvy z tvrdých materiálů. Podle zařazení do skupin použitelnosti (oblasti ISO) je možné aplikovat kombinaci různých typů povlaků a určité tloušťky vrstev. Tvrdost za tepla, jako vlastnost materiálu, se nanesením povlaku nemění.

Malá tepelná vodivost vrstvy povlaku má za následek, že se do destičky odvádí méně tepla. Rozhodující roli hraje rovněž tření a vnější vzhled. Některé povlakované destičky mají zlatou barvu, jiné jsou šedé nebo černé, přičemž barva je určována vrchní vrstvou povlaku. Nitrid titanu je zlatý, zatím co karbid titanu je šedý a oxid hlinitý černý. Karbonitrid titanu, který má vynikající přilnavost, jakož i dobrou odolnost proti opotřebení, se s výhodou používá pro první spodní vrstvu nanesenou na substrát slinutého karbidu. Podle uvažované oblasti použití následují po této vrstvě ještě vrstvy TiN a / nebo Al_2O_3 . Jen výjimečně jsou vrstvy tlustší než 2 - 12 μm , protože příliš tlustá vrstva negativně ovlivňuje výkonnost břitové destičky. Při větší tloušťce vrstvy sice narůstá odolnost proti opotřebení, ale současně i křehkost a sklon k odlupování vrstvy. Tenčí vrstva povlaku slibuje dobrou houževnatost, přičemž druh použitého povlaku přispívá k dosažení vyváženosti požadovaných vlastností.

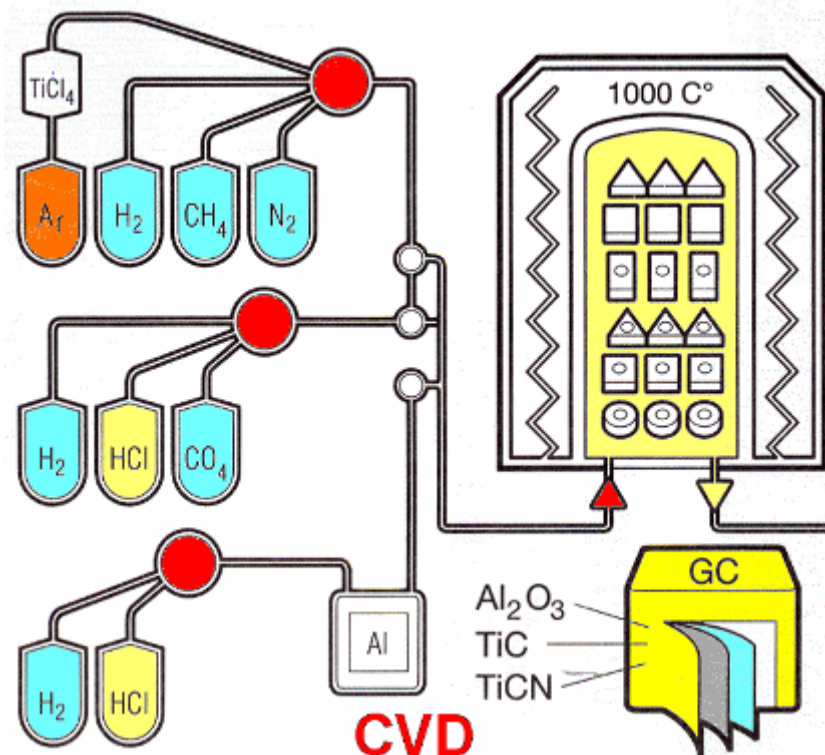
VÝROBA POVLAKOVANÝCH SLINUTÝCH KARBIDŮ

Zlepšení přilnavosti mezi různými povlaky a základním substrátem brkových destiček dalo vzniknout novým generacím slinutých karbidů. Tyto nové generace jsou opatřeny jednoduchými, dvojnásobnými, trojnásobnými a dokonce vícenásobnými vrstvami, které slučují rozdílné vlastnosti každého typu vrstvy povlaku. Tloušťka vrstev se u břitových destiček pohybuje mezi 2 až 15 μm (průměrný lidský vlas má 75 μm). Povlakované slinuté karbidy se vyrábějí tak, že se na těleso břitové destičky nanášejí tenké vrstvy (například metodou chemického nanášení povlaků - **chemical vapour deposition** (CVD)).

Povlakování technologií CVD se v podstatě provádí formou chemické reakce různých plynů. V případě povlaku z karbidu titanu to jsou: vodík, chlorid titanu a metan. Destičky se zahřejí na cca 1 000 °C. Podobně se provádí povlakování oxidem hlinitým a nitridem titanu, při nichž je používán chlorid hlinitý nebo plynný dusík. Technologie CVD je zvláště vhodná pro vytváření vícevrstvých povlaků, protože v jeho průběhu je možné relativně jednoduše regulovat množství různých přiváděných plynů.

OBRÁBĚNÍ

Obrázek 13 - Schéma CVD technologie povlakování

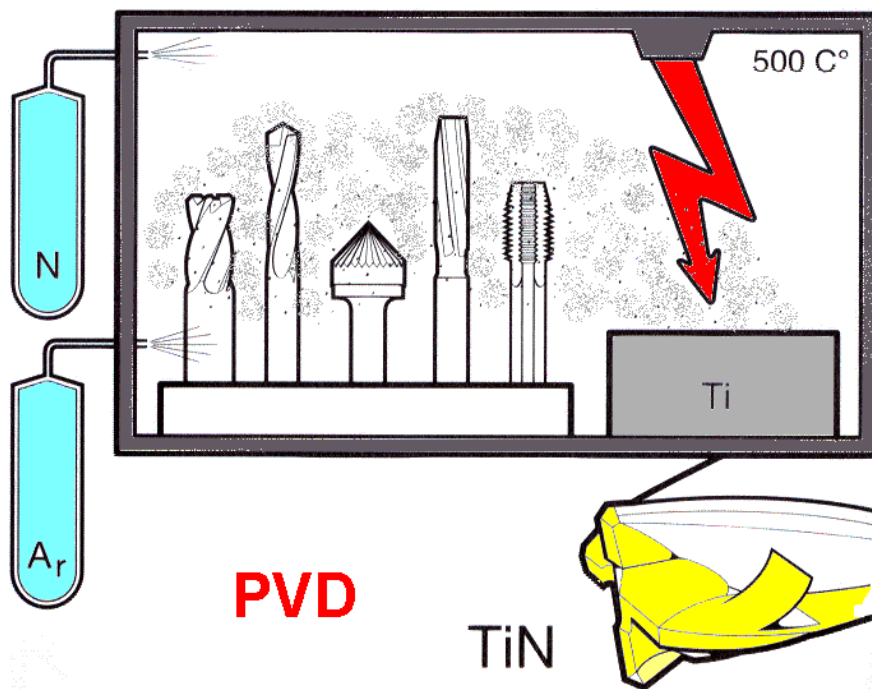


Doplňující technologií povlakování, která se u slinitých karbidů používá v podstatně menším rozsahu, jsou metody fyzikálního nanášení povlaků - **physical vapour deposition** (PVD). Tato technologie používaná k nanášení vrstev na rychlořeznou ocel, může být ve speciálních případech použita rovněž pro povlakování slinitých karbidů. Teploty při této technologii jsou zhruba poloviční proti teplotám u technologie CVD (500 °C).

Technologie PVD se zvláště dobře osvědčila k nanášení povlaků na složité profily a na velmi ostré nástroje, například na stopkové frézy a vrtáky.

U technologie PVD se při nanášení povlaku TiN uvede titan do plynné fáze. V povlakovací peci je plyn N_2 , takže z $2 Ti + N_2$ vznikne $2 TiN$. Tato sloučenina se působením napětí (~50 až 400 V) vylučuje na nástroji, který má být opatřen povlakem. Obvykle je vrstva nanášená technologií PVD, jejíž tloušťka činí 3 až 5 μm , tenčí než srovnatelná vrstva nanášená technologií CVD. Vrstvy větších tloušťek, vznikající při technologii CVD, znamenají zlepšení odolnosti proti opotřebení zejména v případě, jsou-li tvořeny oxidem hlinitým o tloušťce 12 až 15 μm .

Obrázek 14 - Schéma PVD technologie povlakování



2.4.4 CERMETY

Cermet je společný název pro všechny tvrdé kovokeramické materiály, u nichž jsou tvrdé složky tvořeny karbidem titanu (TiC), karbonitridem titanu (TiCN) nebo nitridem titanu (TiN), a karbidem wolframu (WC). Cermet je složenina slov **CER**amic **MET**al, to znamená keramické částice s kovovým pojivem. Přidáním molybdenu (Mo) v podobě karbidu molybdenu (Mo_2C) a dokonalejší technologií výroby vznikly použitelné druhy ISO P01. Větší přídavky nitridu titanu a pojiva vedly ke zlepšení houževnatosti.

Nejedná jen o řezný materiál pro jemné dokončovací operace při obrábění ocelí. Dnes již existují druhy pro frézování, soustružení korozivzdorných ocelí atd.

Vlastnosti cermetů:

- vysoká odolnost proti opotřebení hřbetu a opotřebení ve tvaru žlábků na čele
- vysoká chemická stabilita a tvrdost za tepla
- malý sklon k vytváření nárůstku
- malý sklon k oxidačnímu opotřebení.

Oblast použití cermetů pro soustružení sahá od P01 po P20, od M05 po M15 a od K01 až po K10; pro frézování od P0 po P30 a od M01 až po M25. To znamená, že zahrnují oblasti použití, jejichž těžiště leží při frézování také v oblasti obrábění houževnatých materiálů.

Při porovnání se slinutými karbidy na bázi wolframu, opatřenými povlakem, mají cermet následující vlastnosti:

- nemění se stabilita břitu při malých a konstantních zatíženích;
- lepší a déle trvající schopnost vytváření kvalitních povrchů;
- větší vhodnost pro obrábění vyššími řeznými rychlostmi;

OBRÁBĚNÍ

- větší odolnost proti opotřebení ve tvaru vrubu na hřbetě břitu
- jsou vhodnější pro vytváření dobrých povrchů při obrábění tažných a lepkavých materiálů se sklonem k tvorbě nárůstku.

Jedná-li se však o náročnější použití řezných nástrojů pro hrubovací operace, mají cermety následující nevýhody:

- příliš malou pevnost břitu při středních a vyšších posuvech;
- příliš malou houževnatost při střídavém středním až těžkém zatížení břitu;
- příliš malou odolnost proti opotřebení otěrem;
- příliš malou odolnost proti opotřebení na čele ve tvaru žlábků;
- příliš malou odolnost proti nárazovým zatížením.

2.4.5 KERAMIKA

V současnosti je název keramika společným pojmenováním velkého počtu různých řezných materiálů. Původně se pod pojmem „keramika“ rozuměl oxid hlinitý (Al_2O_3).

Použití zůstává omezeno na obrábění šedé litiny, tvrdých ocelí a žárovzdorných slitin. Keramické řezné materiály jsou tvrdé, mají vysokou tvrdost za tepla a nereagují chemicky s materiálem obrobku. Zaručují dlouhou trvanlivost břitu a mohou být použity při vysokých řezných rychlostech. Při správném používání je možné dosáhnout mimořádně velký objem odebraného materiálu.

Hlavní rozdíly ve srovnání mezi oxidickou keramikou a ocelí jsou:

- mimořádně vysoká pevnost v tlaku vzhledem k pevnosti v tahu - tento rozdíl je u oceli podstatně menší
- u keramiky nedochází k plastické deformaci, která je u oceli obvyklá a materiál je proto velmi křehký
- modul pružnosti u oxidické keramiky je dvojnásobný proti modulu pružnosti u oceli
- zatím co ocel má dost vysokou tepelnou vodivost, keramika má tepelnou vodivost velmi nízkou.

Existují dva základní typy keramiky:

A - na bázi oxidu hlinitého (Al_2O_3)

B - na bázi nitridu křemíku (Si_3N_4)

Keramiku na bázi oxidu hlinitého lze rozdělit na:

A1 - čistou (oxidickou),

A2 - směsnou,

A3 - vyztuženou.

A1: Keramika na bázi **čistého oxidu hlinitého** má relativně nízkou pevnost a houževnatost a také malou tepelnou vodivost. Výhody druhů, obsahujících zirkon, spočívají v jejich zlepšené houževnatosti. Tvrdost, hustota a stejnoměrná velikost zrna určují společně s množstvím přidávaného zirkonu rozsah použití.

A2: Směsná keramika na bázi oxidu hlinitého získává přidáním kovové fáze vyšší odolnost proti tepelnému šoku. Tento typ řezného materiálu je pro svoji zlepšenou tepelnou vodivost podstatně méně náchylný k lomu; ale také tato zlepšení jsou relativní a houževnatost těchto materiálů není v žádném případě možné porovnávat se slinutými karbidy.

Kovová fáze sestává z karbidu titaničitého a nitridu titanu v množství od 20 do 40 %.

A3: Vyztužená keramika.

Nazývá se také keramika zesílená viskerem. Název je odvozen od vláken krystalu, kterému se říká visker. Tyto viskery mají průměr pouze asi $1 \mu\text{m}$ a délku více než $20 \mu\text{m}$. Sestávají z karbidu křemíku a mají velmi vysokou pevnost. Účinky tohoto vyztužení jsou mimořádné. Podstatně se zvýší houževnatost, pevnost v tahu, odolnost proti tepelnému šoku a současně také tvrdost za tepla a odolnost proti opotřebení. Jedná se o zcela nový řezný materiál, jehož vlastnosti se vymykají z dosud uváděných poznatků. Podíl viskeru v řezném materiálu činí přibližně 30 %.

Barva hotových destiček je zelená. Vyvážená tvrdost, houževnatost a odolnost proti tepelnému šoku charakterizují tento druh keramiky při obrábění žárovzdorných slitin, kalené oceli, šedé litiny a zejména při obrábění přerušovaným řezem.

B. Neoxidická keramika na bázi nitridu křemíku je naprosto rozdílný řezný materiál. Zvláště chování při tepelném šoku a houževnatost jsou lepší, než u keramiky na bázi oxidu hlinitého. Při obrábění šedé litiny s velkým objemem odebíraného materiálu nemá tento řezný materiál konkurenci. Keramika na bázi nitridu křemíku si zachovává vysoký stupeň tvrdosti za tepla při teplotách, které slinutý karbid už nesnáší. Mimo to je houževnatější než keramika na bázi oxidu hlinitého.

Hlavní oblasti použití pro keramiku jsou: šedá litina, žárovzdorné slitiny, kalené oceli, tvárná litina a v některých případech také ocel.

Při hrubovacích a dokončovacích operacích **šedé litiny** vykazuje čistá keramika na bázi oxidu hlinitého dobré výsledky zvláště tehdy, nejsou-li na odlitku licí kůra a staženiny. Keramika z nitridu křemíku se výborně osvědčuje při obrábění přerušovaným řezem a při měnících se hloubkách řezu. Směsná keramika na bázi oxidu hlinitého se s výhodou používá v případech, kde se dává přednost jakosti obrobeného povrchu před trvanlivostí břitu.

Pro obrábění **žárovzdorných slitin** se vývoj keramiky projevil jako velmi užitečný. Zatím co dříve bylo možné tyto druhy materiálů obrábět pouze nepovlakovanými slinutými karbidy, umožňuje nyní keramika při jejich obrábění použití podstatně vyšších řezných rychlostí a vydrží přitom několikanásobně déle. Žáropevné slitiny obsahující nikl, které jsou považovány za velmi pevné při vysokých teplotách a které způsobují zvláště velké opotřebení na čele ve tvaru žlábků, lze s výhodou obrábět směsnou a vyztuženou keramikou.

Kalená ocel a tvrdé druhy litiny patří do oblasti soustružení tvrdých materiálů, kde se keramika rovněž výborně osvědčila. U těchto způsobů obrábění je možné použít směsnou keramiku a vyztuženou keramiku, protože při vysoké tvrdosti za tepla výborně odolávají všem tepelným šokům.

Soustružení kalených součástí se může použít jako náhrada za operace broušením. Zvláště odolnost proti opotřebení a chemická stabilita moderních druhů keramiky vedly u těchto operací ke zvýšení produktivity obrábění. Při obrábění tvrdých druhů litin má velký

OBRÁBĚNÍ

význam schopnost keramiky odolávat abrazivnímu opotřebením, které je způsobeno tvrdými karbidy obsaženými v litině.

Stejně jako dřív, hrají v obrábění oceli všeobecně hlavní roli povlakované slinuté karbidy, u nichž je vysoce ceněna jako zvlášť důležitá vlastnost jejich houževnatost. I ty nejhouževnatější druhy keramiky, keramika na bázi nitridu křemíku, nejsou při obrábění oceli chemicky stabilní, zatímco jiné druhy nejsou zase dostatečně houževnaté, aby mohly být použity ve větším rozsahu.

2.4.6 KUBICKÝ NITRID BORU

CBN - kubický nitrid boru - je zvlášť tvrdý řezný materiál, jehož tvrdost překonává již jen diamant. CBN má vynikající výkonnost; vykazuje mimořádnou tvrdost, vysokou tvrdost za tepla i při extrémních teplotách (2 000 °C), velkou odolnost proti abrazivnímu opotřebením a při obrábění má vždy dobrou chemickou stabilitu. CBN je relativně křehký; je houževnatější a tvrdší než keramika, ale nemá tak dobrou tepelnou a chemickou odolnost. Přes svoji vysokou cenu našel uplatnění při soustružení kalených součástí, které se doposud brousily. Ocelové výkovky, kalená ocel a litina, povrchově kalené obrobky, slinované materiály na bázi kobaltu a železa a žárovzdorné slitiny patří do oblasti obrábění nástroji CBN. Vlastnosti řezného materiálu CBN můžeme obměňovat změnou velikosti krystalu, obsahu a druhu pojiva, s cílem získat různé varianty tohoto řezného materiálu.

Nízký obsah CBN v kombinaci s keramickým pojivem vytváří větší odolnost proti opotřebením a chemickou stabilitu, takže tento druh řezného materiálu je pak zvlášť vhodný k obrábění tvrdých ocelových součástek.

Vysoký obsah CBN zajišťuje větší houževnatost a je vhodný v první řadě pro obrábění tvrdých druhů litin a žárovzdorných slitin.

CBN by měl být používán zásadně pro obrábění materiálů o tvrdosti nad 48 HRC. Jsou-li obrobky příliš měkké, musíme počítat s mimořádně velkým opotřebením břítu - čím tvrdší je materiál, tím menší je opotřebením břítu nástroje! S břitý CBN lze dosáhnout vynikající kvality obráběného povrchu, která tak ze soustružení činí zajímavou alternativu k obrábění broušením.

Vyměnitelné břitové destičky z CBN jsou velmi vhodné pro obrábění kalených ocelí načisto tam, kde jsou předepsány úzké tolerance rozměrů. Při správném použití zůstává obráběná součástka relativně studená, protože teplo je pohlcováno hlavně třískou. Aby se zabránilo tepelným šokům a tím vzniku trhlin, mělo by obrábění probíhat zásadně za sucha. Je-li nutno použít chladicí kapalinu, musí být tato kapalina v dostatečném množství přiváděna přímo na břit.

2.4.7 POLYKRISTALICKÝ DIAMANT

Nejtvrdším známým materiálem je přírodní monokrystalický diamant, jehož tvrdosti téměř dosahuje syntetický polykrystalický diamant (PKD). Jeho mimořádná tvrdost umožňuje odolávat vysokému abrazivnímu opotřebením, například při orovnávaním brousicích kotoučů. Jemné krystaly diamantu jsou spojovány slinováním za vysokých teplot a tlaků. Poloha krystalů je nahodilá a v žádném směru nevytváří místa, která by mohla být zdrojem lomu. Z toho dů-

vodu může tvrdost a odolnost proti opotřeбенí působit stejnou měrou ve všech směrech. Malé břitvy z PKD jsou pevně uchyceny na vyměnitelné břitové destičce ze slinutého karbidu, která jim zaručuje pevnost a odolnost proti tepelným a rázovým šokům. Trvanlivost je mnohonásobně vyšší - až stonásobná - než u slinutých karbidů.

Omezení pro použití zdánlivě dokonalého řezného materiálu lze shrnout do těchto bodů:

- Teploty v oblasti řezání nesmí překročit 600 °C.
- Pro svoji afinitu není PKD použitelný k obrábění železných materiálů.
- PKD není vhodný pro obrábění houževnatých materiálů s vysokou pevností.

V praxi tato omezení vylučují použití PKD pro většinu operací obrábění kovů. Přes omezenou možnost použití je PKD - je-li správně použit - vynikajícím řezným materiálem, zejména pro obrábění abrazivních neželezných a nekovových materiálů v těch případech, kde se u obrobku vyžaduje přesnost rozměrů a vysoká jakost obrobeného povrchu. Preferovanými oblastmi použití v současné době jsou soustružení a frézování abrazivních slitin hliníku a křemíku, zvláště' jedná-li se o dosažení vysoké jakosti obrobeného povrchu a o přesnost rozměrů. PKD se rovněž používá pro obrábění jiných abrazivních nekovových materiálů - jako jsou například kompozitní materiály, umělé pryskyřice, pryž, plasty, uhlík, slinutý karbid, předslinovaná keramika a předslinovaný slinutý karbid, ale také pro obrábění kovů, jako jsou měď, kluzné ložiskové materiály, bronzy, mosaz, slitiny magnézia, slitiny zinku a olovo.

S ohledem na vysokou křehkost vyžaduje PKD při používání stabilní podmínky - tuhé nástroje a stroje a vysoké řezné rychlosti. Chladicí kapaliny lze obvykle používat. Mezi typické operace patří obrábění načisto a jemné obrábění načisto při soustružení a vrtání. Pro čelní frézování lze použít vyměnitelné břitové destičky osazené PKD stejným způsobem, jako běžné nebo speciální destičky pro jemné obrábění, vsazené do zvláštních kazet. Důležité jsou malé posuvy, malé řezné rychlosti a vyloučení přerušovaných řezů.

Při soustružení by se mělo vždy dbát na použití držáků s co největším možným průřezem a na dodržení minimálního vyložení. Při frézování musí být axiální a radiální házení co nejmenší.

2.5 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je obrábění jedním nebo více jednobřitými nástroji, při kterém se zhotovují především součásti rotačních tvarů.

2.5.1 ŘEZNÉ POHYBY

Hlavní řezný pohyb	rotace	koná obrobek.
Vedlejší řezný pohyb	přísuv do záběru a posuv	koná nástroj.

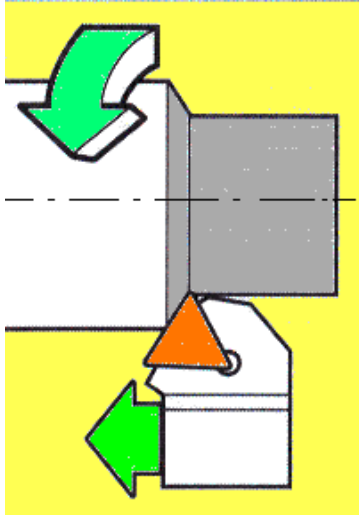
Mezi hlavní způsoby soustružení patří:

- podélné soustružení
- čelní soustružení
- soustružení tvarů
- kopírovací soustružení

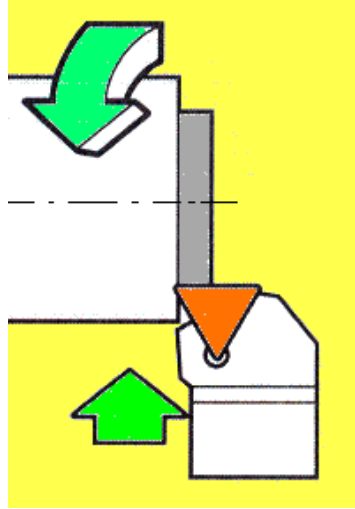
OBRÁBĚNÍ

Obrázek 15 - Hlavní způsoby soustružení

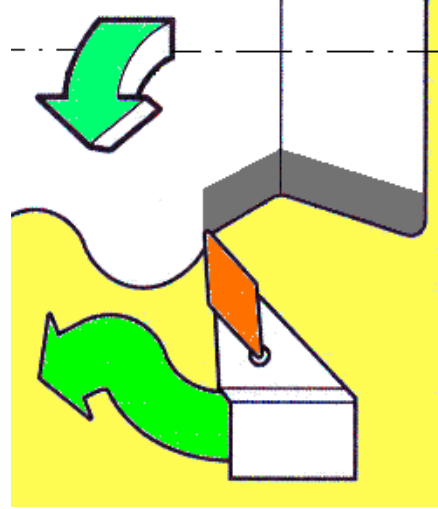
Podélné soustružení



Čelní soustružení



Tvarové a kopírovací



2.5.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY

Řezná rychlost (u soustružení) je přímo úměrná otáčkám a průměru, na kterém nástroj obrábí. S klesajícím průměrem se rychlost zmenšuje, v ose obrábění je rovna nule.

Vzorec pro výpočet řezné rychlosti má tvar

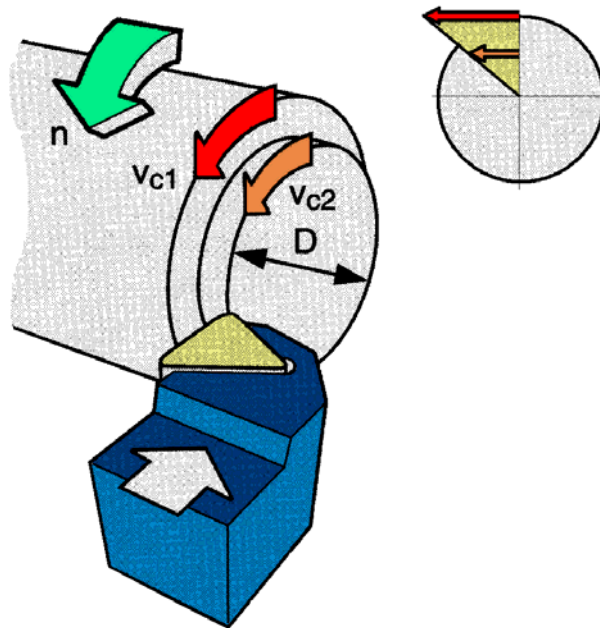
$$v = \pi * D * n$$

[m / min]

D průměr obrábění [m]

n počet otáček [1 / min]

Obrázek 16 - Průběh řezné rychlosti



U CNC soustruhů lze naprogramovat „konstantní“ řeznou rychlost, potom se při obrábění na menším průměru zvyšují otáčky až do maxima, daného konstrukcí stroje.

Rychlost posuvu (přísuvu) je strojní posuv, kterým se pohybuje nástroj vůči obrobku. Vypočítá se jako součin posuvu na otáčku a počtu otáček.

$$v_f = f_n * n \quad [\text{mm} / \text{min}]$$

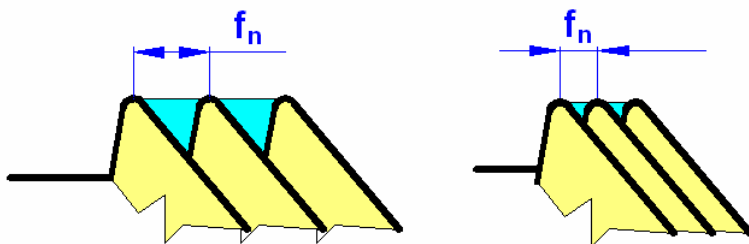
$$f_n \quad [\text{mm} / \text{ot}]$$

$$n \quad \text{počet otáček} \quad [1 / \text{min}]$$

Posuv na otáčku f_n je dráha, kterou urazí špička nástroje v základní rovině za jednu otáčku vřetena. Podstatně ovlivňuje jakost obrobku a kvalitu utváření třísky.

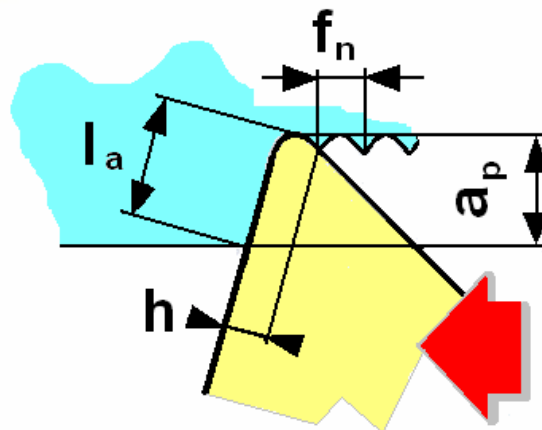
Špička nástroje vytvoří na obrobku stopu. Při podélném soustružení je to šroubovice, při čelním soustružení Archimédova spirála.

Obrázek 17 - Vliv posuvu na drsnost povrchu



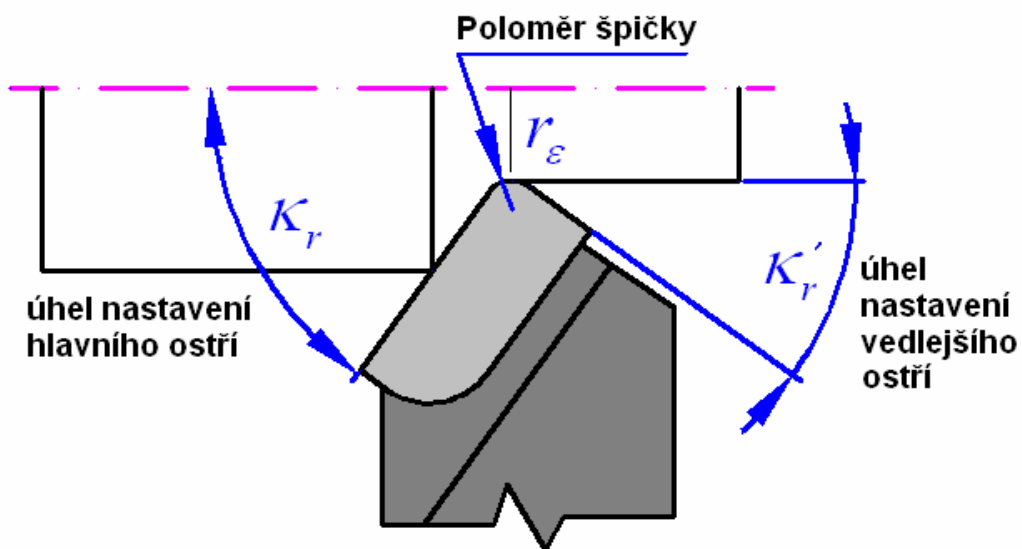
OBRÁBĚNÍ

Obrázek 18 - Rozměry třísky (soustružení)



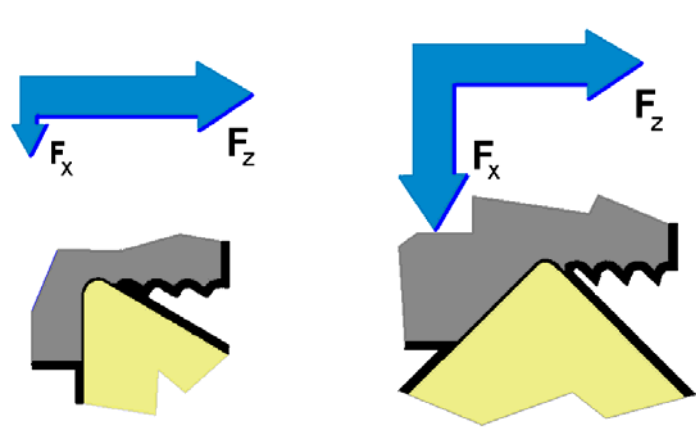
Hloubka řezu a_p je rozdíl mezi obráběnou a obrobenou plochou.

Obrázek 19 - Úhly nastavení



Úhel nastavení hlavního ostří (K_r) je úhel tvořený hlavním ostřím břitu a směrem posuvu. Úhel ovlivňuje utváření třísky, má vliv na směr řezné síly, efektivní délku ostří. Velikost se pohybuje zpravidla mezi 45° a 90° . Úhel nastavení ovlivňuje rozměr a tvar třísky.

Obrázek 20 - Vliv úhlu nastavení na velikost složek řezné síly

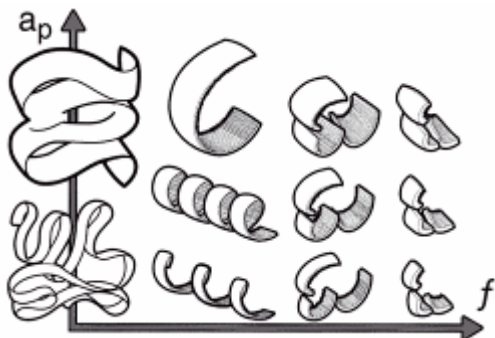


Šířka třísky l_a odpovídá délce hlavního ostří, které je v záběru.

Tloušťka třísky h je rozměr třísky kolmo k hlavnímu ostří.

Poměr velikostí posuvu a hloubky záběru má u obráběného materiálu mimo jiné vliv na tvar odcházející třísky

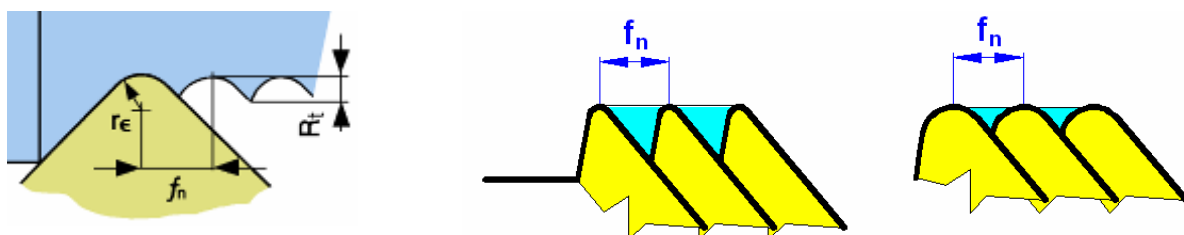
Obrázek 21 - Tvar třísky v závislosti na hloubce záběru a posuvu



Při soustružení obecně platí, že úhel nastavení hlavního ostří se má pohybovat v rozsahu 60°-80° a hloubka záběru by měla být maximální.

Poloměr špičky r_ϵ má vliv na odvod tepla, na rozložení řezných sil a tím na trvanlivost. Vedle posuvu a úhlu nastavení vedlejšího ostří má vliv na velikost drsnosti obrobené plochy.

Obrázek 22 - Vliv poloměru špičky na drsnost



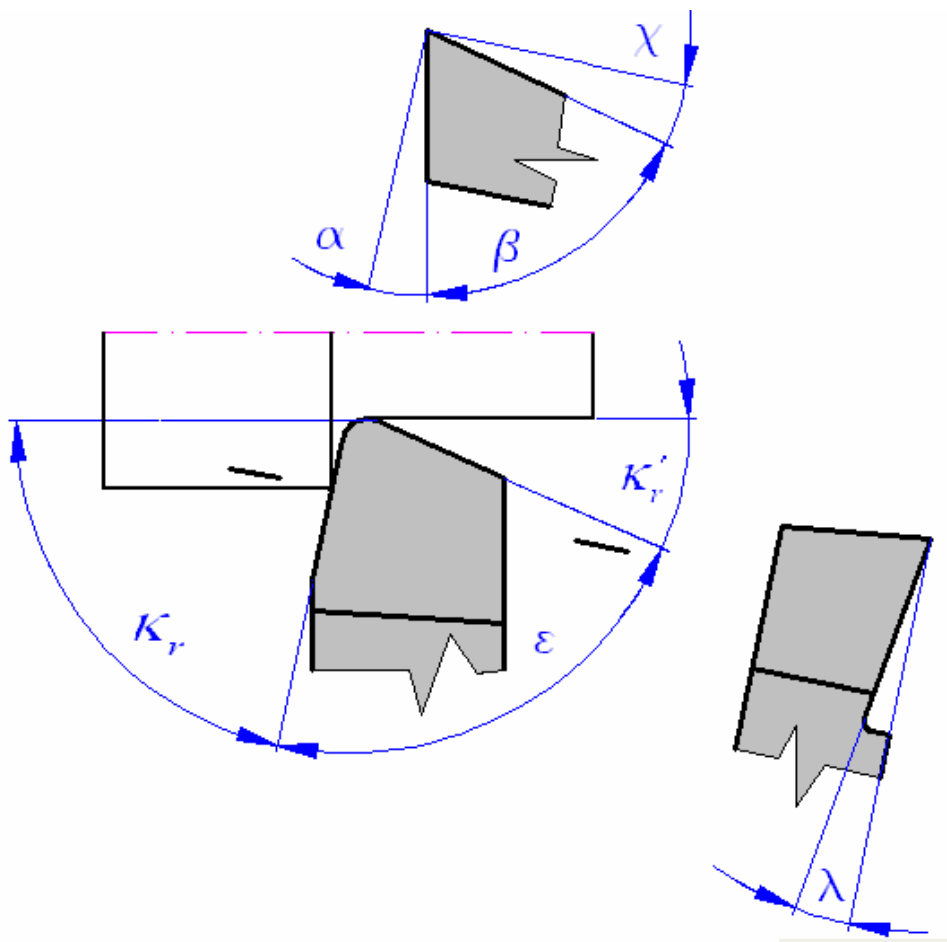
OBRÁBĚNÍ

Teoretickou drsnost lze popsat vzorcem:

$$R_t = \frac{f^2}{8 * r_\epsilon}$$

Poloměr špičky by měl být volen co největší, aby byla zaručena trvanlivost bříty při hrubování a jakost povrchu při práci na čisto.

Obrázek 23 - Úhly nástroje – základní (kladné směry)



Úhel hřbetu α je úhel, který svírá plocha hřbetu a rovina tečná k obrobku – musí být kladný.

Úhel bříty β je úhel, který svírají plochy čela a hřbetu.

Úhel čela χ je úhel, který svírá plocha čela s normálnou rovinou. Může být kladný i záporný.

Úhel sklonu ostří λ je úhel, který svírá ostří se základní rovinou. Může být kladný i záporný.

K podstatným faktorům ovlivňujícím použití nástroje patří:

- materiál obrobku – obrobitelnost, stav

- provedení obrobku – tvar, rozměry, přídavky na obrábění
- parametry obráběných ploch – přesnost a tolerance rozměrů, jakost povrchu
- stroj – typ, výkon, stav stroje
- stabilita systému stroj – nástroj
- upnutí nástroje – přístupnost, výměna, upínání
- výkon obrábění – řezné podmínky, hospodárnost obrábění
- kvalita – příprava nástrojů a servis

Nástroje lze dělit podle různých hledisek, například:

- [materiálu břítu](#)
- [konstrukce nástroje](#)
- [směru posuvu](#)
- [způsobu obrábění](#)

Protože existuje velká rozmanitost materiálů obrobků a z hlediska toho obrovské množství řezných podmínek, kterým musí odpovídat vlastnosti řezného břítu, jsou pro NC stroje převážně používány nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami s optimalizovanou modulovou řadou držáků.

2.5.3 Volba typu nástroje a vyměnitelné břitové destičky

Volí se:

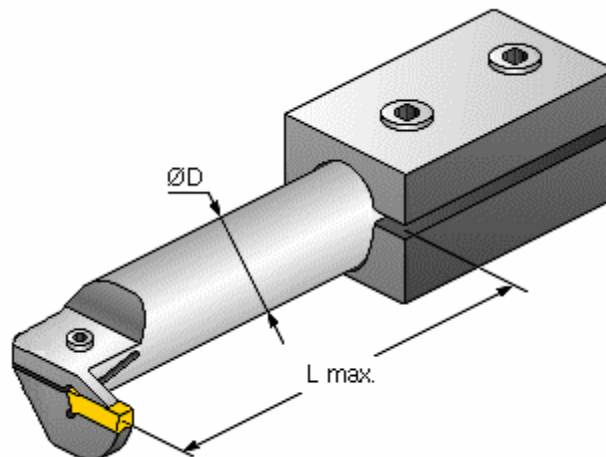
- upínací systém vyměnitelné břitové destičky (dále VBD)
- velikost a typ držáku
- tvar VBD
- velikost VBD
- typ a geometrie VBD
- řezný materiál
- řezné podmínky

Základním pravidlem je zvolit co největší držák.

Vyložení nástroje by mělo být minimální.

OBRÁBĚNÍ

Obrázek 24 - vyložení nože (L)



Při volbě velikosti VBD musí být zohledněna největší hloubka řezu, která má být nožem obrobena. Aktivní délka VBD musí být větší než hloubka záběru.

Hodnota posuvu na otáčku má být přibližně polovina poloměru špičky.

Geometrie břitu je určována:

- typem pracovní operace,
- materiálem obrobku,
- výkonem stroje,
- stabilitou upnutí,
- přerušovaným řezem,
- sklonem k vibracím.

Pracovní oblasti (vnější soustružení).

- Jemné soustružení
- Obrábění na čisto
- Střední obrábění
- Lehké hrubování
- Hrubování
- Těžké hrubování

Obrázek 25 - Obrábění na čisto



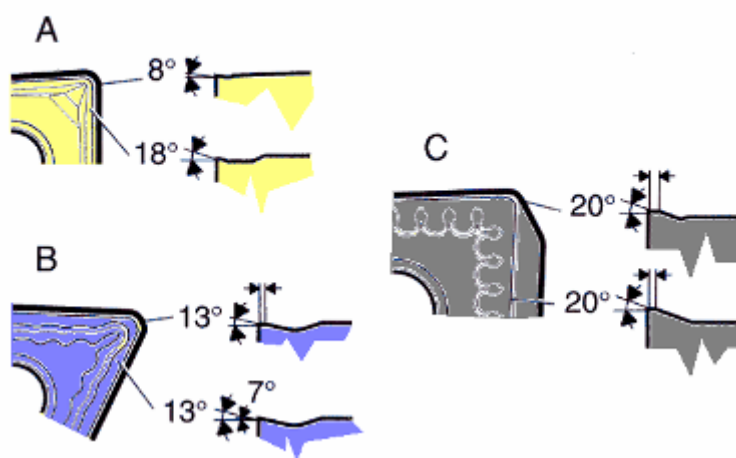
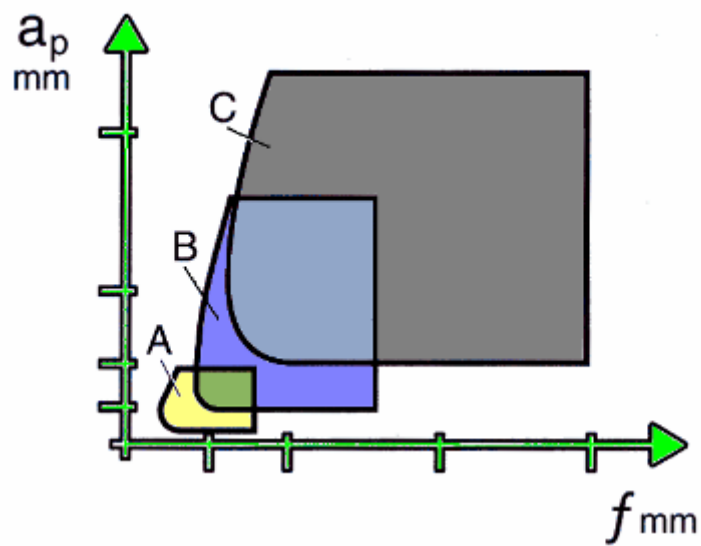
Obrázek 26 - Lehké hrubování



Obrázek 27 - Hrubování



Obrázek 28 - oblasti použití VBD



OBRÁBĚNÍ

2.6 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je obrábění rovinných nebo tvarových ploch vícebřítým (jednobřítým) nástrojem.

Hlavní řezný pohyb	rotace	koná nástroj
Vedlejší řezný pohyb	posuv přímočarý, po křivce, rotace	koná obrobek
	posuv přímočarý	koná nástroj

Je-li cílem vyrobit (definovat) obecnou libovolnou plochu, je nutné řídit pět pohybů – obvykle tři posuvy podél souřadných os a dvě rotace kolem libovolných dvou os. Je na konstruktérovi stroje (je nutné zachovat maximální tuhost konstrukce), který z vedlejších pohybů bude konat nástroj (vřeten) a který obrobek (suporty).

Jednotlivé zuby nástroje postupně vcházejí a vycházejí z materiálu a odebírají třísku proměnného průřezu.

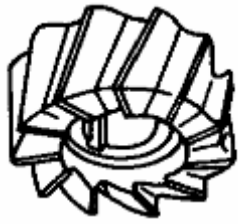
2.6.1 ZPŮSOBY FRÉZOVÁNÍ

Při frézování rozeznáváme dva základní způsoby:

- 1) obvodem válcové frézy
- 2) čelem frézy

U způsobu 1) řezou zuby jen na obvodě nástroje, u způsobu 2) jak na obvodě tak na čelní válcové ploše.

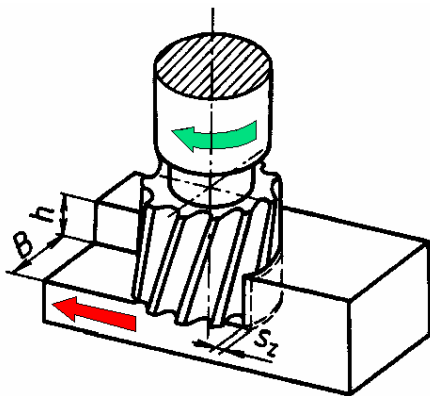
Obrázek 29 - Čelní válková fréza



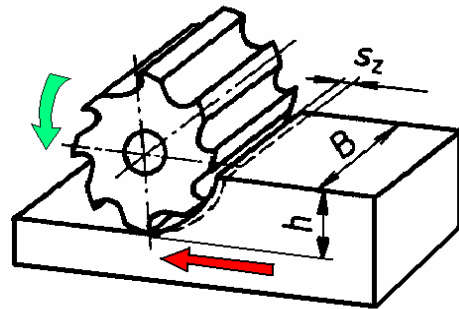
Obrázek 30 - Válková fréza



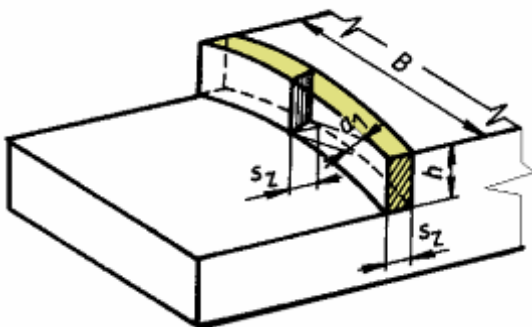
Obrázek 31 - Frézování čelní válcovou frézou



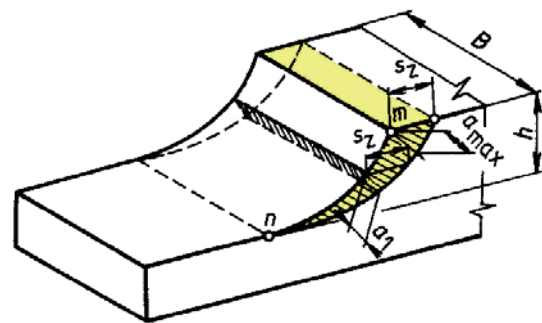
Obrázek 32 - Frézování válcovou frézou



Obrázek 33 - Průřez třísky - čelní fréza



Obrázek 34 - Průřez třísky - válková fréza

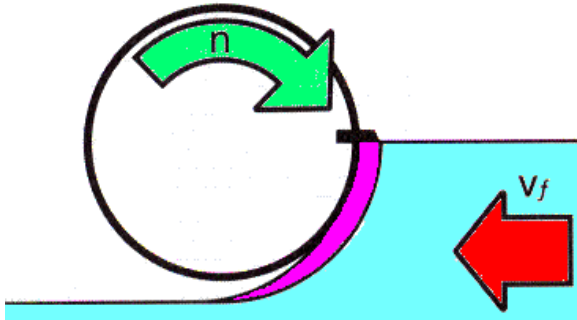


OBRÁBĚNÍ

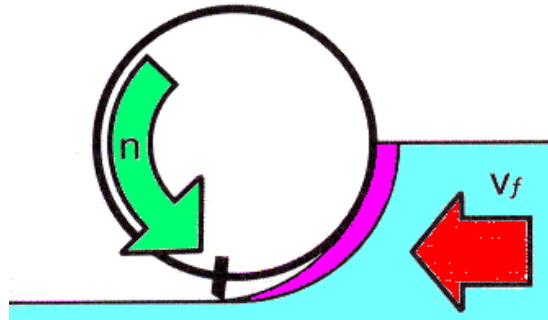
Podle smyslu otáčení frézy vůči směru posuvu obrobku dělíme frézování na:

- sousledné a
- nesousledné

Obrázek 35 - Sousledné frézování



Obrázek 36 - Nesousledné frézování



2.6.2 SOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ

Průřez třísky se mění z maxima (posuv na zub) k minimu, dochází k rázům – ty lze omezit sklonem zubů a zmenšením posuvu na zub (zvýšením počtu zubů).

U polotovaru se znečištěným nebo tvrdým povrchem (výkovky, odlitky, tvrzený) zabírá břit nevýhodně.

Výhodou způsobu je kvalitnější povrch a vzhledem k působení řezných sil menší nutné upínací síly.

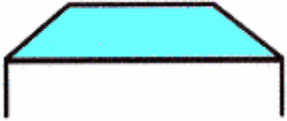
2.6.3 NESOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ

Průřez třísky se mění z minima (posuv na zub) k maximum. Povrch obrobku je méně kvalitní, protože břit na začátku záběru materiál obrobku jen pěchuje. Zvyšuje se tím opotřebení nástroje. Výslednice řezných sil vytrhává obrobek ze svěráku.

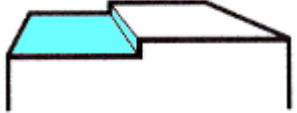






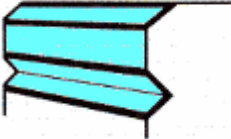
Tento způsob se využívá u strojů s menší tuhostí a u polotovarů se znečištěným nebo tvrdým povrchem.

Při frézování se nástrojem obrábějí plochy různých typů (jejich kombinace). Rovinné frézování čelní frézou nebo frézovací hlavou převažuje. Frézování válcovou frézou se používá méně, hlavně pro frézování otevřených drážek nebo profilů. V následující tabulce je přehled typů ploch a použití typů fréz pro jejich obrobání.

Tabulka 2 – typy frézovaných ploch a používané nástroje

Typ plochy	Popis	Typ frézy
	Rovinná plocha	Válcová čelní fréza Frézovací hlava

OBRÁBĚNÍ

	Osazení	Válcová čelní fréza Frézovací hlava
	Osazení	Stopková fréza Válcová čelní fréza Válcová fréza Kotoučová fréza
	Drážky	Stopková fréza Válcová čelní fréza Válcová fréza Kotoučová fréza
	Výstupky	Stopková fréza Válcová čelní fréza Válcová fréza Kotoučová fréza
	Uzavřené drážky	Stopková válcová čelní fréza Válcová čelní fréza s VBD kruhového tvaru Stopková fréza na drážky per Stopková válcová čelní fréza s VBD kruhového tvaru
	Tvarové plochy	Stopková fréza s čelními půlkruhovými břity Válcová čelní fréza s VBD kruhového tvaru Stopková válcová čelní fréza s VBD kruhového tvaru
	Drážkování a dělení	Pilový kotouč Drážkovací fréza Kotoučová fréza Kotoučová fréza složená
	Obrábění hran	Stopková fréza pro srážení hran Válcová čelní fréza Stopková válcová čelní fréza Válcová fréza

AUTOMATIZACE

V tržní ekonomice současnosti je nutné pro přežití firmy na trhu, aby firma v minimálním čase, za minimální cenu maximálně uspokojila své odběratele s tím, že přitom musí maximalizovat zisk, tedy musí minimalizovat náklady. Musí toho dosáhnout v době, kdy vzrůstá složitost produkovaných výrobků a nároky na přesnost a spolehlivost jednotlivých dílů. Při použití konvenčních strojů ve výrobě je těžké toho dosáhnout a jsou nutní kvalifikovaní pracovníci, kterých začíná být především ve strojírenství nedostatek. Řešení této situace spočívá v automatizaci a integraci výrobního procesu. Automatizace přispívá ke zvyšování produktivity a současně ke snižování výrobních nákladů.

Ruku v ruce s automatizací výrobních operací musí být použito i v přípravě výroby počítačové podpory, protože jen při systematickém použití výpočetní a řídicí techniky dochází k výraznějšímu [multiplikačnímu efektu](#).

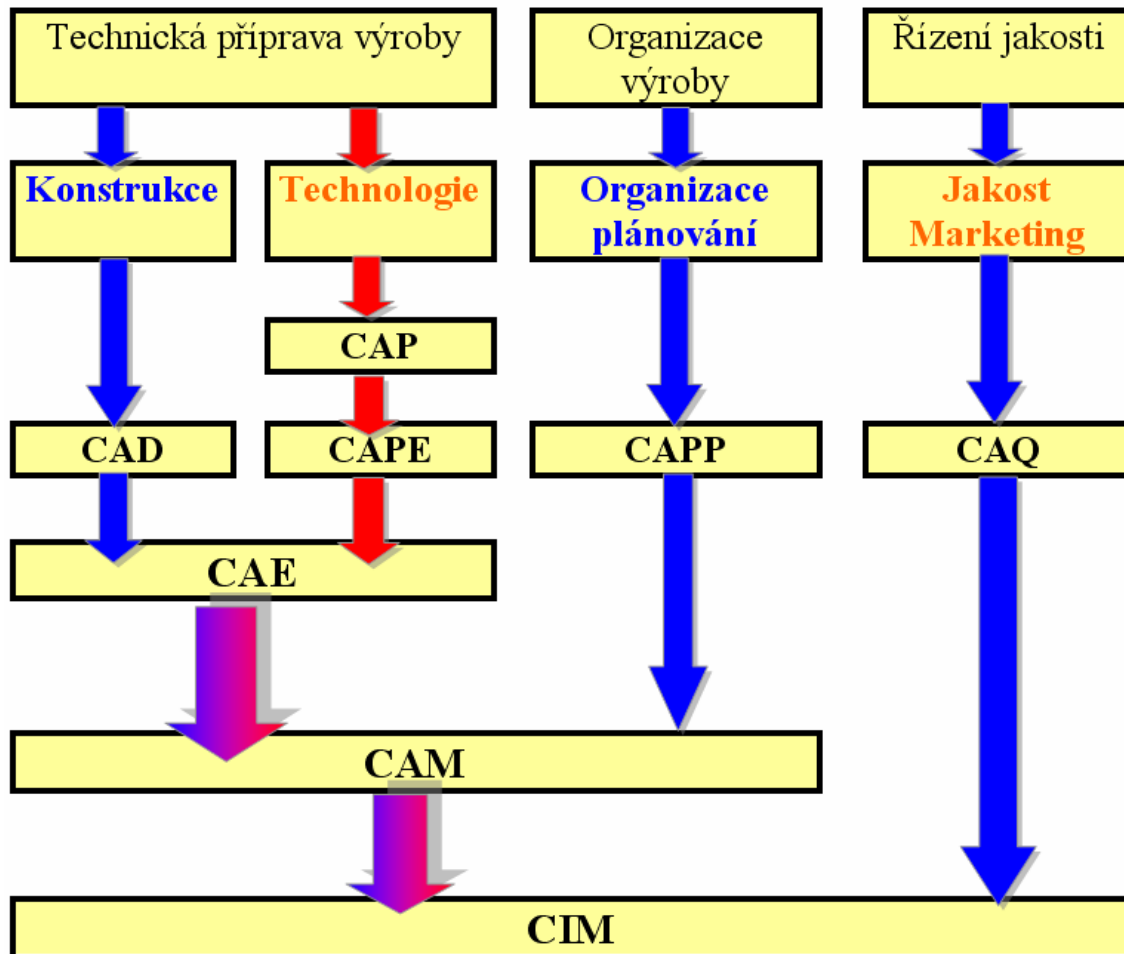
Je tedy výhodné, když je vytvořen počítačově integrovaný systém, začínající v konstrukci, kde se uplatní programy pro počítačovou podporu tvorby geometrie nebo modelu obrobku - CAD programy - (například Autodesk AutoCAD 2006, Autodesk Inventor 10, ProEngineer) a programy pro počítačovou podporu inženýrských výpočtů – CAE - (například systém ANSYS, COSMOS).

Pomocí systému pro podporu návrhu drah nástrojů - CAM – (například alphaCAM, edge-CAM, SolidWorks) je možné (po doplnění technologickými informacemi) zpracovat program pro CNC stroj, mezioperační dopravu materiálu, náradí, materiálu, obrobků a výrobků.

Výstupy technické přípravy výroby (dále TPV) mohou být v reálném čase využívány jako vstup pro organizování a řízení výroby a marketingové činnosti firmy.

Jednotlivé počítačem podporované fáze, které vycházejí z jednou zadaných a dále sdílených dat se propojují v CIM projektu.

Obrázek 37 - Návaznosti činností strojírenského podniku při použití CA podpory



3.1 OBVYKLE POUŽÍVANÉ ZKRATKY POČÍTAČEM PODPOROVANÝCH ČINNOSTÍ STROJÍRENSKÉHO PODNIKU

Zkratka	Anglický ekvivalent	Český ekvivalent, činnosti
CAA	<i>Computer Aided Assembly</i>	montáž podporovaná počítačem
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	počítačová podpora konstrukce, 2D a 3D návrh, tvorba výkresové dokumentace
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>	počítačová podpora inženýrských a projekčních činností, pevnostní výpočty, tepelné namáhání, technologické výpočty
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	počítačová podpora návrhu drah nástrojů při obrábění
CAO	<i>Computer Aided Organisation</i>	počítačová podpora obchodních činností
CAP	<i>Computer Aided</i>	počítačová podpora technologické přípravy výroby, tvorba

AUTOMATIZACE

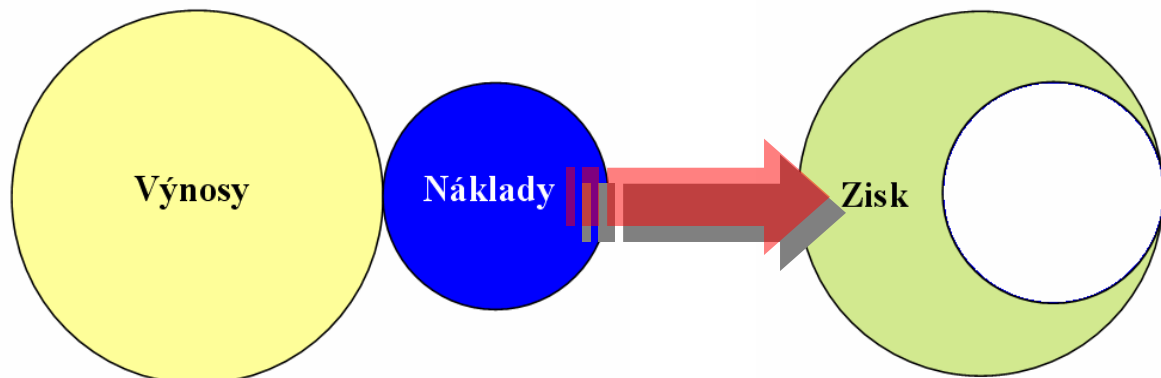
		technologických podkladů
CAPE	<i>Computer Aided Production Engineering</i>	Tvorba a údržba informací v technologické přípravy výroby, tvorby technologických postupů, plánování výroby, spotřeby nářadí, projekce výrobních prostředků
CAPP	<i>Computer Aided Process Planing</i>	počítačová podpora plánovacích funkcí operativního řízení výroby, plánování procesů, projektová analýza
CAQ	<i>Computer Aided Quality Control</i>	počítačová podpora plánování a řízení kvality
CAT	<i>Computer Aided Testing</i>	počítačová podpora a kontrola výroby, test materiálů , polotovarů a výrobků, rozměrová kontrola, zpětné inženýrství
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>	integrovaný systém řízení

3.2 HISTORICKÝ EXKURS

Omezené fyzické možnosti člověka a potřeba trvalého zvyšování ekonomického prospěchu historicky vedla vedle specializace ke zvyšování produktivity práce užitím mechanizace a poté automatizace činností. Ekonomický účinek dané činnosti je dán rozdílem mezi náklady na straně vstupu a výnosy na výstupu. Platí:

$$\text{Zisk} = \text{Výnosy} - \text{Náklady}$$

Obrázek 38 - Vztah výnosy - náklady – zisk



Ve velkosériové a hromadné výrobě byla a je problematika automatizace řešena pomocí automatických výrobních linek a jednoúčelových stavebnicových strojů, u nichž se může použít tzv. „**tvrdá automatizace**“ (narážky, vačky, dorazy, šablony), která je málo přizpůsobivá změnám výrobního programu, nebo řízení pomocí jednoduchých programovatelných automatů. Při použití tohoto typu automatizace je velmi nesnadné změnit typ produkovaného obrobku, a časově náročné změnit produkovaný rozměr daného typu obrobku. Investičně ale je méně náročná, takže při kalkulaci zamýšlené výroby z hlediska výsledného užitku, může být použita.

Malosériová výroba a nutnost integrace předvýrobních a výrobních činností vyžaduje snadnou a rychlou přizpůsobivost požadovaným změnám. Tomu vyhoví pouze tzv. „**pružná automatizace**“. Stroje se mohou velmi rychle přizpůsobit výrobě jiných druhů součástí, pracují

v automatickém cyklu, který se zajišťuje převážně číslicovým řízením, to je řízením procesu pomocí číslicových počítačů. Číslicové řízení se uplatňuje ve všech oblastech výroby u

- obráběcích strojů
- tvářecích strojů
- strojů pro svařování, řezání plamenem, laserem, vodním paprskem
- měřicích strojů
- atd.

Nasazení NC strojů může být provedeno jednotlivě, skupinově nebo v integrované soustavě. Způsob nasazení souvisí s

- velikostí firmy
- typem produkce
- zabezpečení firmy pracovníky
- počtem výrobků
- složitostí výrobků
- typem výrobku
- atd.

Automatizace výrobních operací pomocí číslicového řízení byla, tak jako většina činností, limitována znalostním vývojem, schopnostmi techniky a technologie. V lidských dějinách obvykle špičkové znalosti platí a také odčerpávají vojáci. Na konci druhé světové války začaly být vyráběny proudové motory pro pohon stíhacích tryskových letadel. Lopatky kompresorů a turbín těchto motorů jsou na výrobu tvarově velmi náročné výrobky, které navíc musí splňovat velmi přísná kritéria kvality. Konvenční výroba byla časově zdlouhavá a tím velmi nákladná. Vzhledem k tomu, že v průběhu II. světové války byly sestrojeny první elektronické počítače, které mohly být použity jako základ řídicího systému stroje, bylo možné zkonstruovat první stroje řízené číslicovým řídicím systémem.

Poznámka pro porovnání s dneškem: Řídicí počítač měl příkon v řádu desítek kilowattů, výpočetní výkon stovek operací za sekundu a zaujímal prostor velké obytné místnosti. Dnešní PC mají výkon řádově milionkrát vyšší, spotřebují řádově stokrát méně energie a o velikosti netřeba mluvit.

3.3 VÝVOJOVÉ STUPNĚ NC STROJŮ

Vývoj je podřízen vývoji znalostí v oblasti fyziky, mechaniky, matematiky, výpočetní techniky, materiálů použitých konstrukčních skupin, materiálů nástrojů, atd.

V podstatě lze vývoj NC strojů členit na čtyři vývojové stupně

1. stupeň

- koncepce vycházející z konstrukce konvenčních strojů, ke kterým jsou přiřazeny číslicové řídicí systémy
- většinou umožňují řízení v pravoúhlých cyklech
- nevyhovují požadavkům z hlediska přesnosti, spolehlivosti a technologických možností

Z hlediska výpočetní techniky lze tomuto stupni přiřadit výpočetní techniku na bázi reléových a elektronkových systémů

AUTOMATIZACE

2. stupeň

- koncepce je přizpůsobena číslicovému řízení
- vybavení servosystémy, umožňujícími řízení v obecných cyklech
- v jednom pracovním cyklu je zpravidla možné použít více nástrojů
- opatřeny revolverovými hlavami a zásobníky nástrojů

Řídicí systémy byly konstrukčně vystavěny za tranzistorů a obvodech vysokého stupně integrace– LSI integrovaných obvodech (LSI – Large Scale Integration)

3.stupeň

- konstrukce je zaměřena především na použití ve výrobních soustavách, pro které jsou přizpůsobeny s ohledem na řízení technologického a výrobního procesu

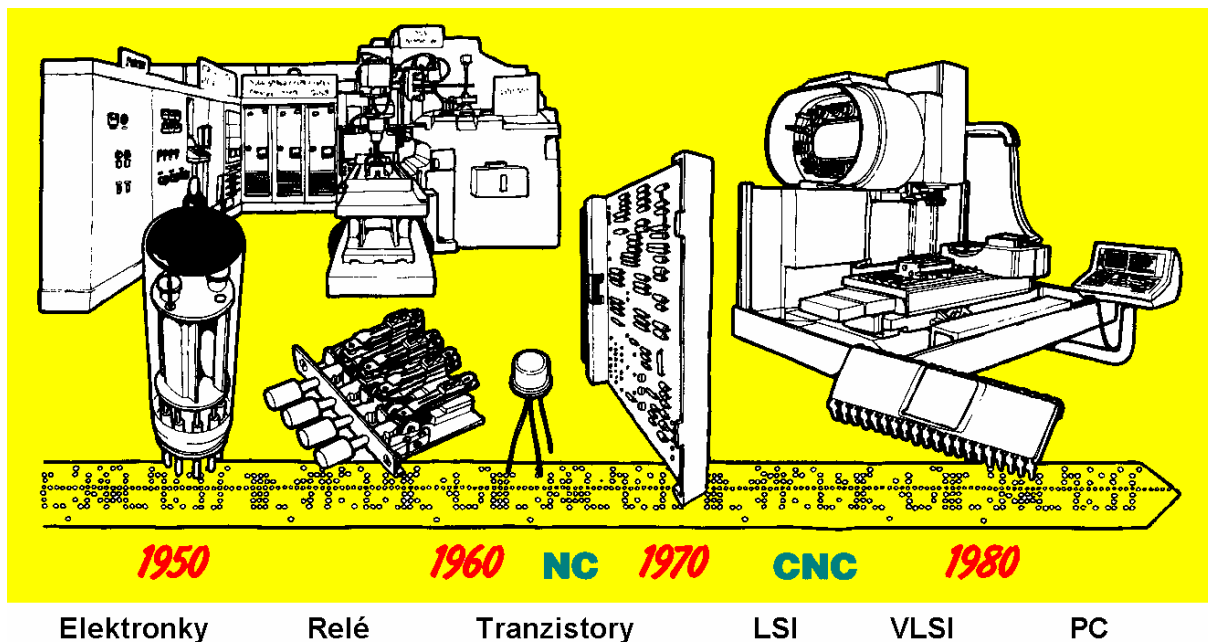
Řídicí systémy byly konstrukčně vystavěny na obvodech velmi vysokého stupně integrace– VLSI integrovaných obvodech (VLSI – Very Large Scale Integration)

4.stupeň

- uplatnění progresivních metod v konstrukci a užití (uplatnění laseru v měření apod.)

Použití PC s procesory firmy Intel (dnes Pentium IV) a dalších firem, nebo [RISC](#) procesory.

Obrázek 39 - Vývoj CNC strojů



3.4 ZÁKLADNÍ ÚČINKY POUŽITÍ NC STROJŮ

3.4.1 VÝHODY

- Zvýšení produktivity výroby
- zvýšení kvality výrobků
- zvýšení přizpůsobivosti výroby
- vyšší využití strojů
- úspora výrobních a skladových ploch

- odpadnutí orýsování
- minimalizace používání přípravků, odpadnutí modelů a šablon a z toho plynoucí úspora výrobních a skladových ploch
- zlepšení pracovních podmínek
- zkrácení průběžné doby výroby
- podstatné zjednodušení agendy náhradních dílů
- omezení seřizování a automatický průběh – z toho plynoucí možných chyby obsluhy
- součásti, které se dají popsat matematicky, se nemusí kreslit na výkres
- zmenšují se požadavky na kvalifikaci obsluhy

3.4.2 NEVÝHODY NC STROJŮ

- zvýšení pořizovací ceny
- zvýšené nároky na technologickou přípravu
- zvýšené nároky na údržbu a kvalifikaci údržby
- zvýšené nároky na organizaci

3.5 ROZDĚLENÍ NC STROJŮ

a) **jednoprofesionní** (pro jeden druh operace)

- CNC soustruhy
- CNC frézky
- CNC vrtačky, vyvrtávačky

b) **víceprofesionní** (pro více druhů operací při jednom upnutí)

- obráběcí centra pro výrobu obrobků rotačních, hřídelových nebo přírubových
- obráběcí centra pro výrobu výrobků skříňového typu
- obráběcí centra pro výrobu rotačních i nerotačních součástí

3.6 KONSTRUKČNÍ ČÁSTI ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ

Konstrukce číslícově řízených strojů se liší od konvenčních strojů z důvodu požadované přesnosti tvaru, rozměru a požadované drsnosti povrchu obrobku, bezporuchovosti stroje, snadné obsluhy, odebírání třísek, atd. Proto stroje mají charakteristické vlastnosti, znaky nebo parametry:

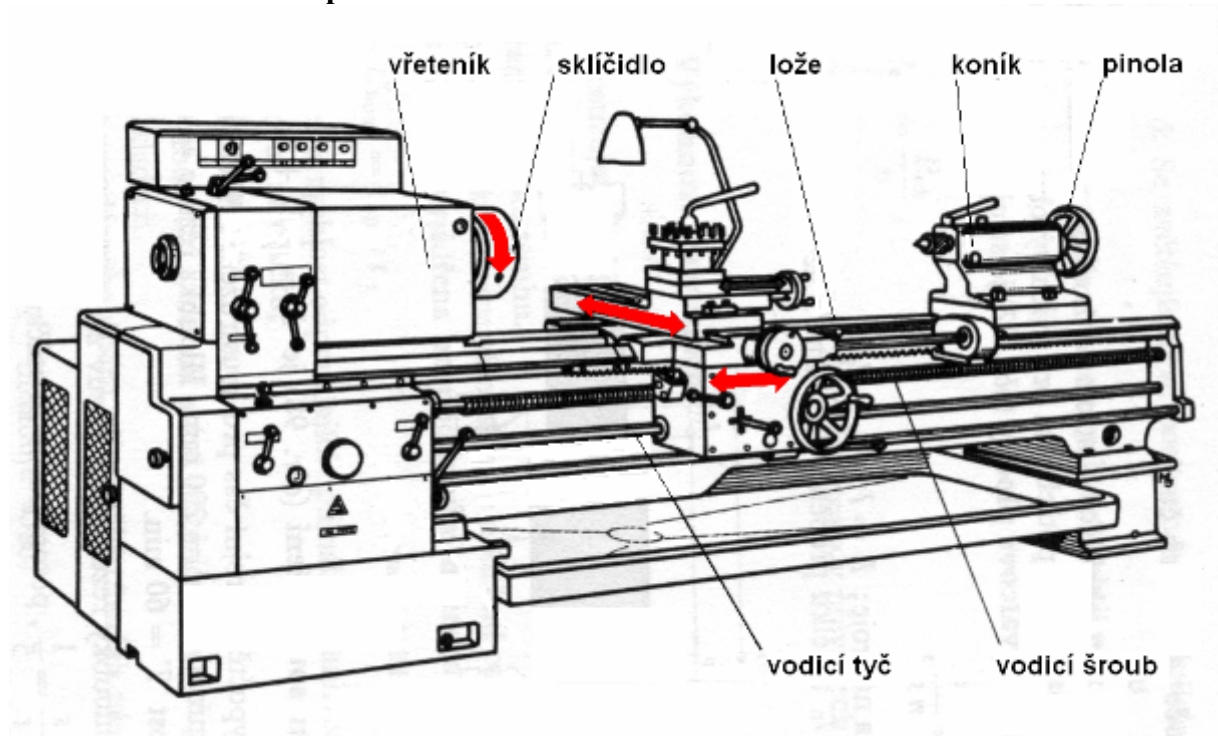
- vysoká tuhost a přesnost provedení
- optimální rezný režim
- vysoce přesné vodící plochy s vysokou životností a možností výměny
- zajištění přesné polohy jednotlivých součástí stroje - použití odměřovacích členů a servomechanismů pro polohovací obvody
- stabilizace teploty
- automatická výměna nástrojů
- použití upínacích přípravků pro obrobení z více stran při jednom upnutí
- automatický odvod třísek z rámu stroje
- obsluha probíhá z panelu - na stroji nejsou žádné obslužné prvky
- pracovní prostor stroje je uzavřený

Konstrukční uspořádání jednotlivých strojů jednotlivých výrobců je velmi variabilní, ale vždy je pracovní prostor kompletně zakrytý (především z důvodu bezpečnosti obsluhy se musí při

AUTOMATIZACE

otevření dveří pracovního prostoru okamžitě zastavit pohyby suportů a vřeten), obvyklé je, že u soustruhů je lože vykloněno od horizontální roviny a nástroj obrábí za osou vřetena. U svislých frézek stůl koná posuvy ve dvou směrech (X;Y) a vřeteník koná přísuv (Z).

Obrázek 40 - Pracovní prostor konvenční soustruh



Obrázek 41 - Pracovní prostor CNC soustruh



3.6.1 LOŽE A VODICÍ PLOCHY

Hlavními požadavky na konstrukci je:

- vysoká tuhost
- schopnost přenášet zatěžující síly s minimální deformací
- schopnost tlumit chvění
- jednoduchost
- snadná obsluha
- dobrý odvod třísek
- atd.

Vodící plochy jsou součástí loží, mají přímý vliv na přesnost. Nejrozšířenější jsou:

- vedení kluzná s polosuchým třením
- vedení kluzná hydrodynamická
- vedení valivá

3.6.2 HLAVNÍ POHON

Musí umožňovat nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti. Vzhledem k tomu, že u soustruhu je [řezná rychlost](#) přímo úměrná průměru, na kterém se obrábí, je pro zachování konstantní řezné rychlosti nutné při najetí na menší průměr zvýšit otáčky vřetena. Nejčastěji se používají střídavé servopohony případně stejnosměrné servopohony (jsou energeticky náročnější), které mohou udržovat otáčky bez zřetele k zátěži na požadované výši. Součástí pohonu bývá elektromagnetická brzda, která má v co nejkratším čase zabrzdit vřeteno.

Součástí systému může být i regulační obvod, který vyhodnocuje průběh řezného procesu a v závislosti na zatížení upravuje řezné podmínky.

3.6.3 VŘETENÍK

U CNC soustruhu je pevně spojen s ložem, u obráběcích center bývá upevněn na vedení sloupu stroje. Ve vřeteníku je uložen převodový mechanismus a vřeteno s upínacím zařízením. To může být ovládáno mechanicky, hydraulicky s možností nastavení upínací síly (tlaku) nebo elektromagneticky.

Pro upínání obrobku se

u soustruhů používá

- kleštinový upínač pro upínání tyčového materiálu
- univerzální sklíčidlo pro součásti přírubového charakteru
- lící deska pro upnutí nerotačních polotovarů

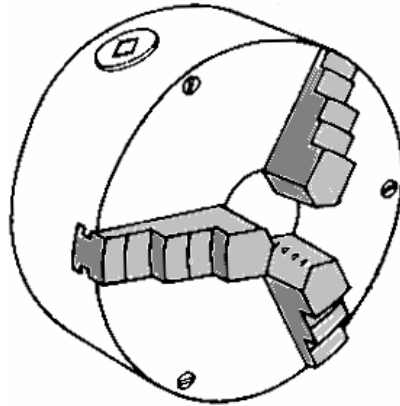
u frézek a obráběcích center se do vřetena upínají nástroje

AUTOMATIZACE

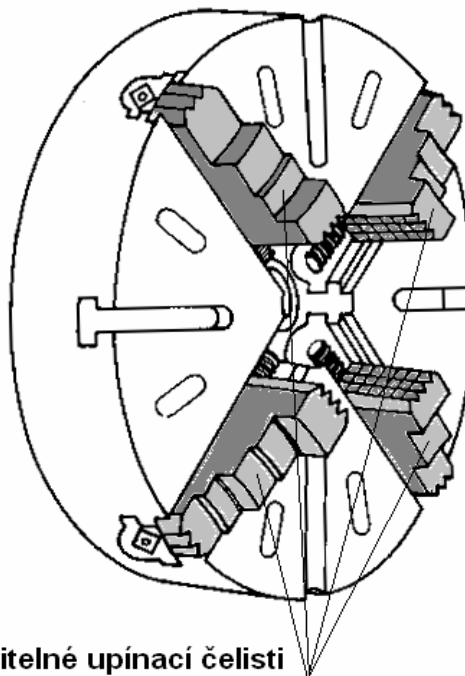
Obrázek 42 – Kleština (část)



Obrázek 43 - Univerzální tříčelist'ové sklíčidlo



Obrázek 44 - Lícni deska



3.6.4 SUPORTY

Tvoří montážní celek, který se skládá z podélného a příčného suportu. Jsou uloženy kluzně na kalených vodicích lištách nebo na valivém vedení. Pohyb je prováděn pomocí kuličkových šroubů.

Používá se příčného uspořádání, kdy nástroj obrábí za osou - tím se zvětší tuhost soustavy
Stroj – Nástroj - Obrobek.

3.6.5 POSUVOVÉ MECHANISMY (SERVOMECHANISMY)

CNC řízení klade vysoké požadavky na pohon posuvů, který má zajistit

- maximální rychlost pohybu při přejezdech
- programovanou rychlost pohybu při pracovních posuvech a
- přesné nastavení vzájemné polohy nástroje a obrobku.

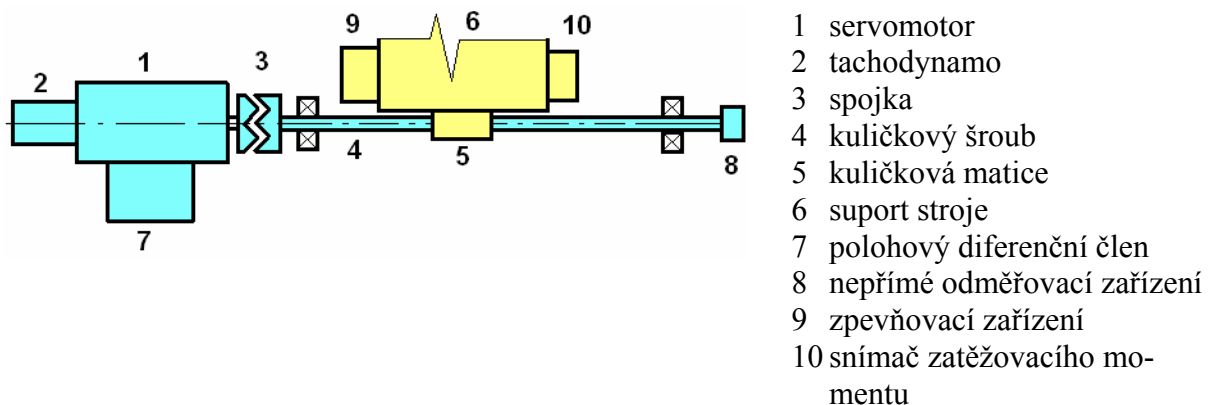
Posuvové mechanismy lze rozdělit na mechanismy

- bez zpětné vazby
- se zpětnou vazbou

Zpětná vazba zaručuje, že nástroj vykoná požadované posuvy v jednotlivých osách a je realizovaná:

- pomocí odměřovacího zařízení jako vazba rychlostní
- pomocí regulátoru rychlosti jako vazba polohová

Obrázek 45 - Konstrukční uspořádání polohového servomechanismu



3.6.6 POHON POSUVU

Převádí příkazy od polohového diferenčního členu na pohyb nástroje nebo obrobku. Obecně sestává z posuvového motoru, který přenáší krouticí moment na šroubový převod, tvořený kuličkovým šroubem a maticí, který převádí otáčivý pohyb na pohyb posuvný.

3.6.7 POSUVOVÉ KULIČKOVÉ ŠROUBY

Na posuvový šroub jsou kladeny nároky na tuhost, přesnost a nízké pasivní odpory.

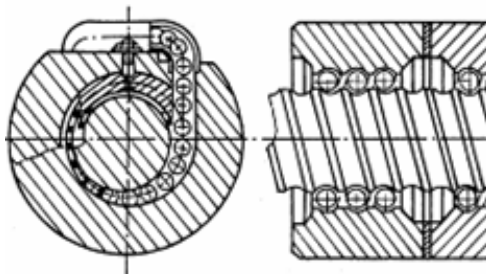
Na CNC strojích se používá kuličkový šroub s předpětím. Matice se vyrábí jako dvoudílná a rozepíná se daným kroutícím momentem tak, aby mezi kuličkami a valivými plochami matice a šroubu vzniklo předpětí a tím se vymezila vůle prakticky na nulu.

AUTOMATIZACE

3.6.7.1 VÝHODY KULIČKOVÉHO ŠROUBU

- malé tření - z toho plynoucí vysoká účinnost
- dlouhá životnost, nízké opotřebení
- trvalá přesnost
- plynulý pohyb i při nízkých rychlostech

Obrázek 46 - Kuličkový posuvový šroub - schéma

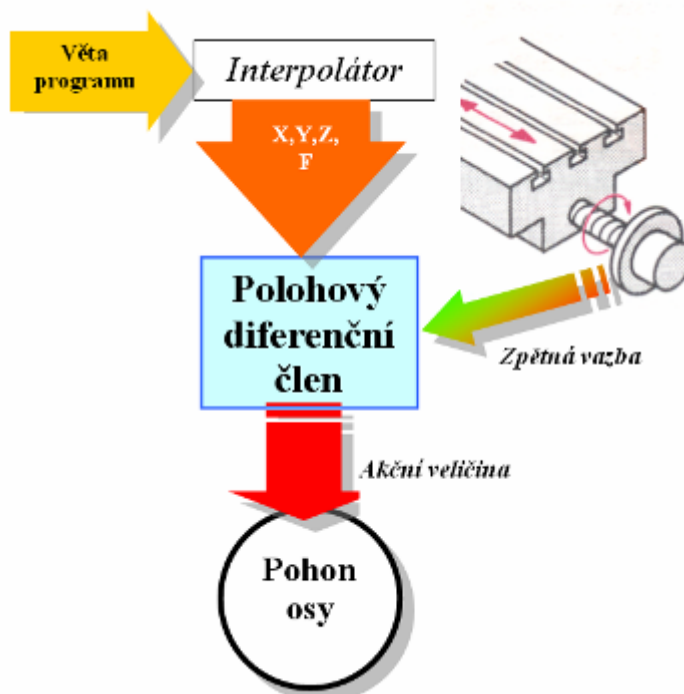


3.6.8 TACHOGENERÁTOR

Slouží ke snímání skutečných otáček hnacího motoru (posuvového šroubu) a porovnání s požadovanými. Jsou vestavěny do regulačních obvodů na jednotlivých osách.

3.6.9 POLOHOVÝ REGULAČNÍ OBVOD (DIFERENČNÍ ČLEN)

Obrázek 47 - Funkce polohového regulačního obvodu



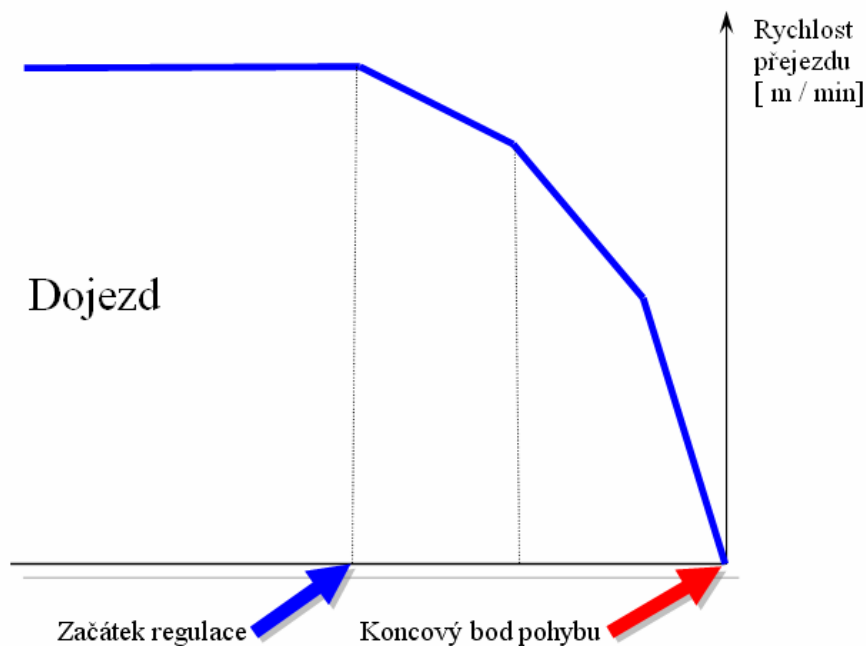
Hodnoty souřadnic vzešlé ze zpracování geometrie (interpolace, koncový bod a rychlost posuvu) jsou přiváděny jako požadovaná hodnota (v němčině používáno SOLLWERT) k regulátoru polohy. Diferenční člen zjišťuje rozdíl mezi požadovanou a skutečnou

(ISTWERT) hodnotou, která je zjišťována odměřovacím zařízením. Servopohon pohybuje suportem tak, aby se požadovaná a skutečná hodnota rovnaly.

3.6.10 RYCHLOSTNÍ REGULAČNÍ OBVOD

Pohybující se suport má setrvačnou hmotu a nelze ho naráz zastavit. Z tohoto důvodu je součástí servomechanizmu rychlostní regulační obvod. Jeho úkolem je zajistit, aby suport vlivem setrvačnosti nepřešel koncový bod pohybu. Regulátor zmenšuje od určité velikosti polohové odchylky rychlost posuvu tak, aby do koncové polohy suport najížděl téměř nulovou rychlostí.

Obrázek 48 - Průběh rychlosti přejezdu



3.6.11 ODMĚŘOVACÍ ZAŘÍZENÍ

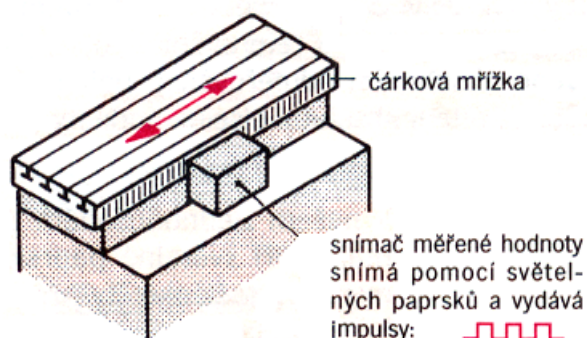
Do značné míry ovlivňuje výslednou přesnost CNC stroje. U moderních CNC obráběcích strojů se používají číslíkové (impulsní) odměřovací systémy. Z hlediska konstrukce a podle umístění snímače polohy na stroji dělíme odměřování na:

- přímé
- nepřímé

U přímého odměřování je zařízení umístěno přímo na pohybujících se uzlech (např. suportu). Vyznačuje se větší přesností. Používá se u velmi přesných strojů (souřadnicových vrtaček a vyvrtávaček). Nevýhodou je vyšší cena

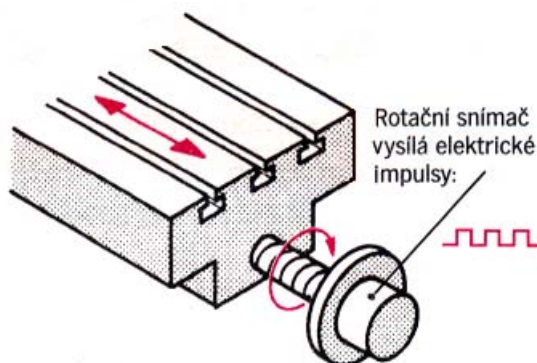
AUTOMATIZACE

Obrázek 49 - Schéma přímého odměřování



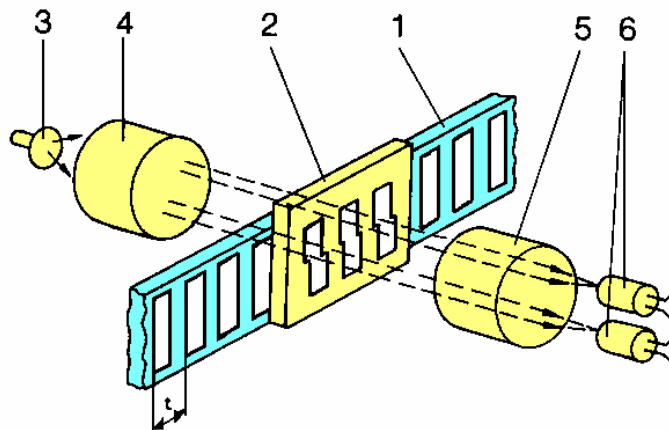
U nepřímého odměřování je snímač umístěn na posuvovém šroubu buď přímo nebo pomocí převodu. Dráha nástroje se odměřuje nepřímo a závisí na pootočení šroubu nebo jeho převodu. Výhodou tohoto systému je jednoduchost a z toho plynoucí nižší cena, nevýhodou přenos nepřesností šroubu, převodů, vlivy silových účinků na snímač polohy.

Obrázek 50 - Schéma nepřímého odměřování



3.6.12 PRINCIP PŘÍMÉHO IMPULSNÍHO ODMĚŘOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Obrázek 51 - Princip přímého impulsního odměřovacího zařízení



Světlo ze zdroje (3) prochází přes čočky(4) na pevné skleněné pravítko (1) a jezdec(2). Na pravítku i jezdcí jsou světlá a tmavá místa ve formě rysek. Skleněné pravítko je připevněno k pevné části stroje. Délka pravítka musí odpovídat rozsahu měření. Jezdec je připevněn k pohyblivé části stroje a pohybuje se společně se zdrojem a fotosnímačem (6). Následkem překrývání světlých a tmavých polí při vzájemném pohybu jezdce a pravítka se mění intenzita světla dopadajícího na fotosnímač, ve kterém vznikají impulsy, které se dále zpracovávají v řídicím systému. Pro rozlišení smyslu pohybu se používají políčka rozdělená na dvě části vzájemně posunutě o čtvrtinu rozteče. Snímání probíhá ve dvou fotosnímačích a tím se získávají dva signály. Podle toho, zda se jeden vůči druhému předbíhá nebo zpožďuje je možné určit smysl pohybu.

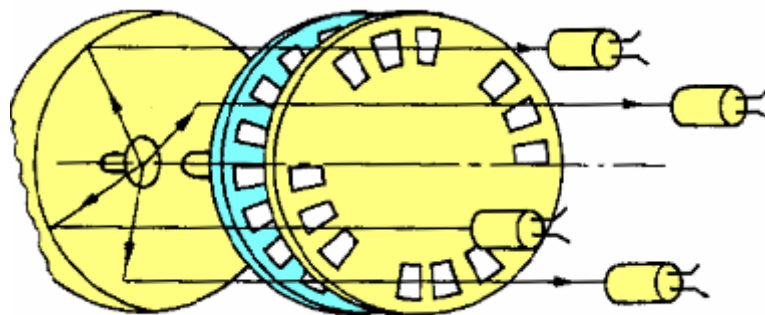
V případě výpadku informace v předchozím případě, systém ztrácí číselné hodnoty. Absolutním odměřováním polohy lze tomu zabránit. V případě absolutního odměřování má kódovací pravítko více řádků s ryskami, odpovídajících jednotlivým bitům čísla. Světlym polím je přiřazena hodnota nula tmavým polím hodnota jedna. Z jednotlivých řádků lze složit libovolnou číselnou kombinaci (vzdálenost) a je možné v každém okamžiku v libovolném místě odečíst absolutní polohu.

Praktické provedení viz například http://www.heidenhain.cz/dt/m_del.htm

3.6.13 PRINCIP NEPŘÍMÉHO IMPULSNÍHO ODMĚŘOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Měřítka má tvar skleněného kotouče s množstvím světlých a tmavých polí - princip je stejný jako u přímého odměřování.

Obrázek 52 - Princip nepřímého impulsního odměřovacího zařízení



3.6.14 PODPĚRNÝ KONÍK

Ovládání pinoly koníku může být hydraulické nebo elektrické. Těleso koníku se pohybuje po samostatném vedení. Ovládání pinoly je programovatelné v rámci automatického cyklu.

3.7 PŘESNOST POLOHOVÁNÍ A OPAKOVANÁ PŘESNOST

Přesnost polohování, daná možnostmi řídicího systému, je u většiny strojů 0,001 mm. Skutečné rozměry součásti však nejsou úplně shodné s naprogramovanou hodnotou. Důvody odchy-

AUTOMATIZACE

lek nespočívají v řízení ale v tuhosti soustavy S-N-O. Vůle ve vedení a případné oteplení konstrukce stroje mají o řád či dva řády větší vliv na výslednou přesnost.

Vlivy na přesnost u jednotlivých částí soustavy S-N-O mají:

S - stroj

- vůle ve vedení a ložiskách
eliminuje se použitím předepnutých valivých ložisek
- pružná deformace konstrukčních částí
eliminuje se optimalizací tvaru a volbou materiálu
- tepelná roztažnost konstrukčních částí
eliminuje se chlazením konstrukčních uzlů a volbou materiálu

N - nástroj

- deformace nástroje řeznou silou
eliminuje se optimalizací tvaru a konstrukce upínacích elementů, držáků a vlastních nástrojů

O - obrobek

- deformace materiálu
- tuhost upnutí

3.8 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ

Systémy výměny nástrojů mají za úkol v co nejkratším času

- odebrat stávající nástroj
- nastavit nový nástroj do potřebné polohy

Z konstrukčního hlediska můžeme systémy výměny nástrojů dělit na systémy

a) se zásobníky, které přenášejí řezné síly

- otočné (revolverové) nástrojové hlavy - používají se u NC soustruhů
 - osou vodorovnou
 - osou svislou
 - osou šikmou
- nožové hlavy

Výhody tohoto uspořádání

- relativní jednoduchost konstrukce, z toho plynoucí malá poruchovost a menší investiční náklady
- snadná údržba.

Nevýhody

- omezený počet nástrojů
- větší zatížení suportu
- větší možnost kolize nástroje s obrobkem

b) s výměnou celých vřeten nebo vřeteníku

- maloobjemové zásobníky (do 40 míst, kotoučové, bubnové)
- velkoobjemové (nad 40 míst, kotoučové, bubnové, řetězové)

Používají se u frézovacích strojů a obráběcích center.

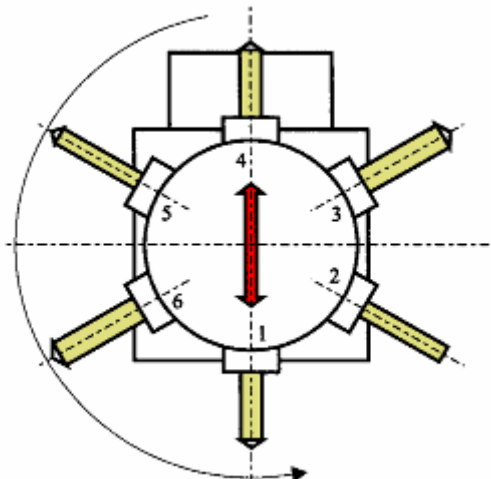
Všechny typy skladovacích zásobníků mají své výhody:

- velmi krátké časy výměny nástrojů
- možnost výměny nástrojů během automatického cyklu
- snadnější změna nástrojového osazení při změně výroby

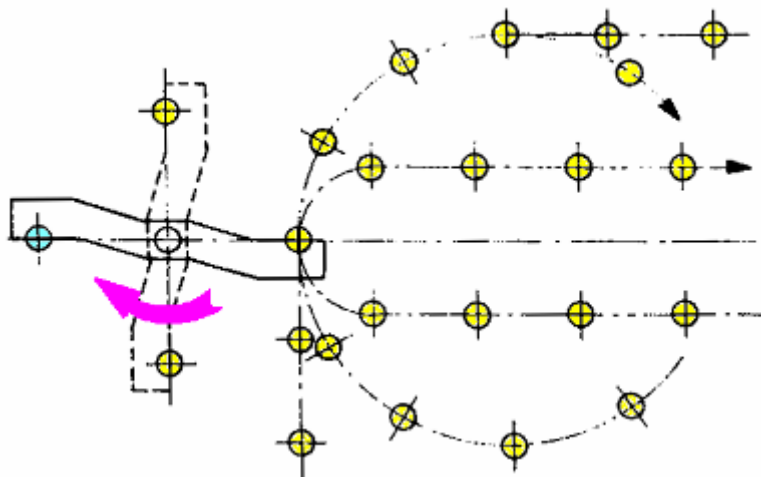
nevýhody:

- komplikovanější a rozměrnější konstrukce
- nákladnější výroba
- větší množství poruch
- náročnější obsluha, údržba a oprava
- požadavek jednotnosti držáků

Obrázek 53 - Revolverová hlava (přenáší řezné síly)

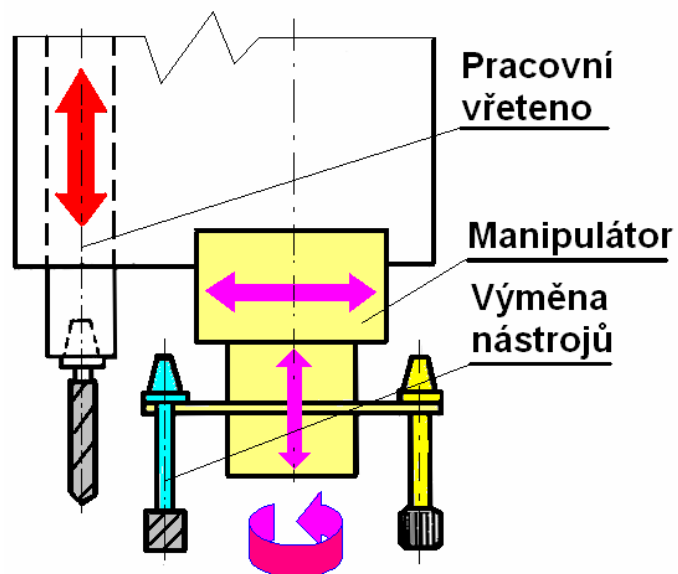


Obrázek 54 - Řetězový zásobník (bez přenosu sil)



AUTOMATIZACE

Obrázek 55 - Nástrojový manipulátor



SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

Číslicové řídicí systémy je možné rozdělit do dvou základních skupin

- NC
- CNC

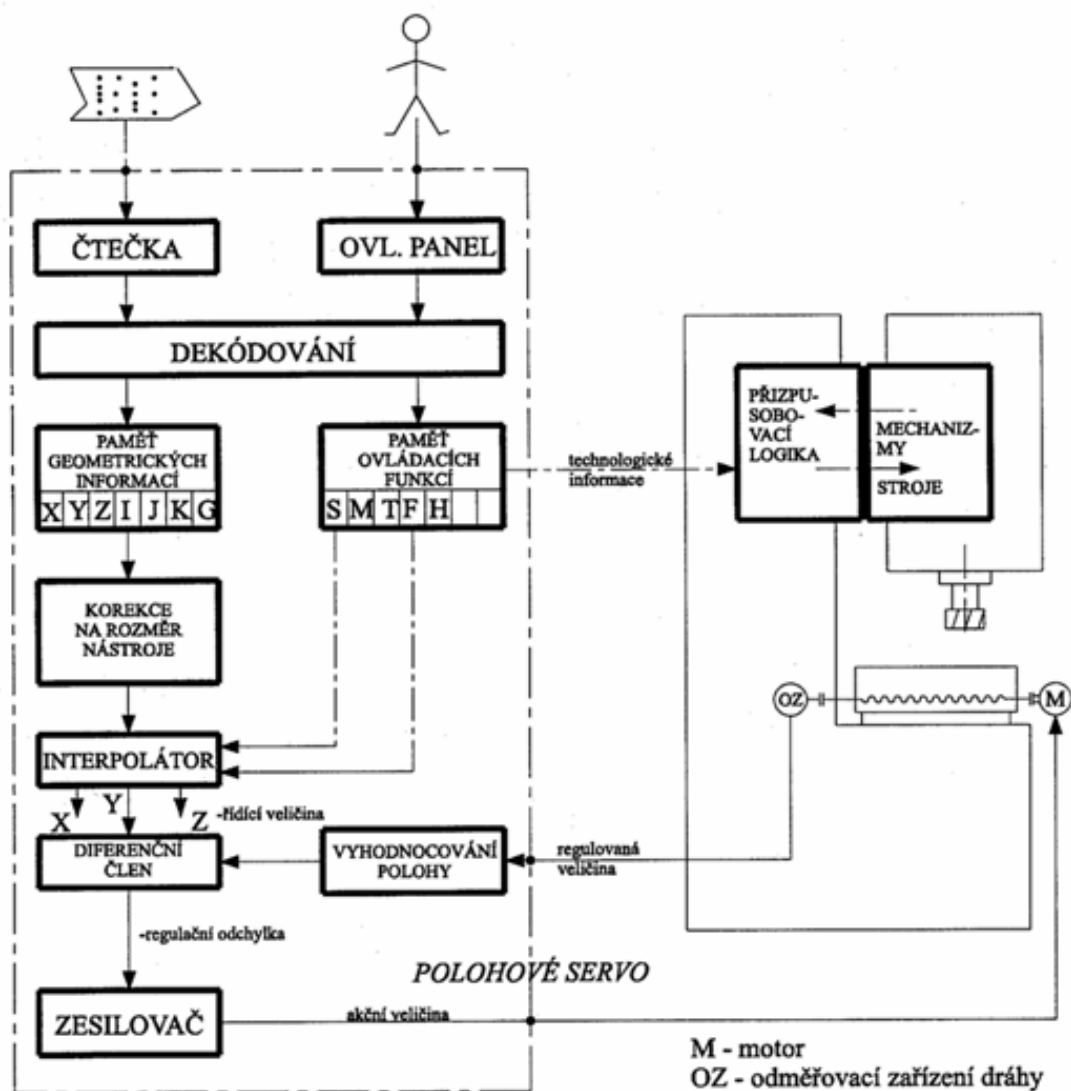
přičemž počítačem řízené systémy (CNC) se pro své výhody úplně prosadily a NC systémy jsou jak technicky, tak morálně zastaralé a jsou užívány jen do vyčerpání jejich životnosti.

4.1 NC ŘÍDICÍ SYSTÉM

- Do paměti systému se načítá jen jedna věta, která se vykoná
- po provedení věty, se načte nová
- při načtení nové věty se stávají obsah paměti přemaže
- informace je zadána ve formě programu na děrné pásce nebo ručně z klávesnice
- program na děrné pásce, se znovu a znovu čte při výrobě dalších kusů
- pro zhotovení dalšího kusu se musí páska přetočit na začátek
- jakákoli úprava programu je možná pouze úpravou děrné pásky
- v programu nelze používat parametry a uživatelské podprogramy
- program nelze větvit

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

Obrázek 56 - Schéma NC řídicího systému



4.2 CNC ŘÍDICÍ SYSTÉM

Systém načítá do paměti celý program buď z disket, nebo jiných médií na uchování informací, nebo pomocí LAN sítě, ať kabelové nebo bezdrátové. Na rozdíl od NC systémů je interpolátor nikoli hardware ale software záležitostí. Ke generování dráhy je možné použít přímého matematického popisu tvaru dráhy. Je tedy možné generovat paraboly i křivky vyšších řádů (splíny), řídicí systémy s vyšším výpočetním výkonem realizují i kruhovou interpolaci v prostoru, prakticky se ale vystačí s lineární a kruhovou interpolací.

Pro zpracování technologických informací se u CNC systémů používá programovatelný automat (PLC - Programmable Logic Controller).

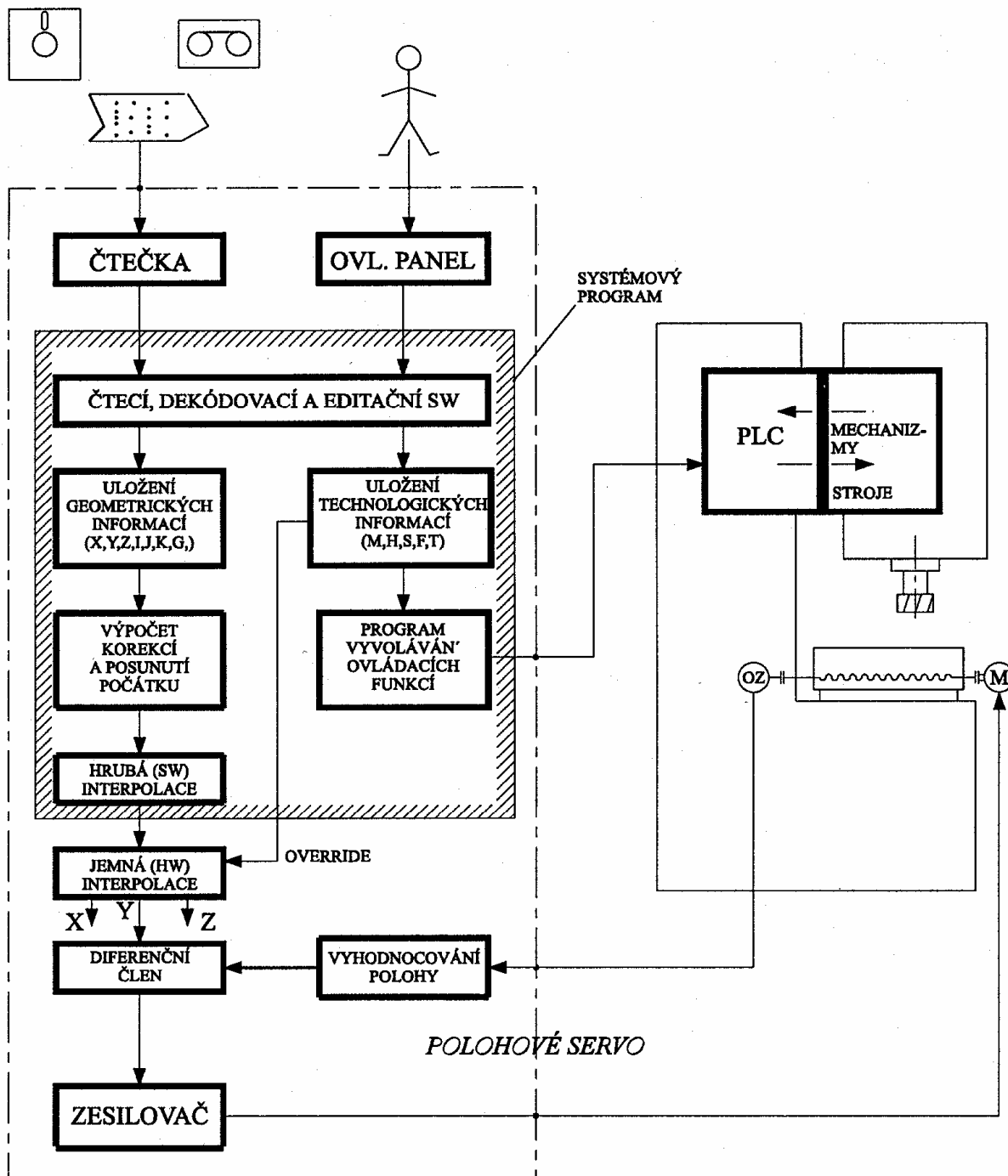
U CNC systémů je možné:

- snadno editovat program
- větvit program
- používat parametry

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

- pracovat s podprogramy
- využívat grafickou simulaci obrábění
- užívat diagnostických programů
- kompenzovat nepřesnosti systému a strojních částí

Obrázek 57 - schéma CNC řídicího systému



Jako periferie se používá:

- ovládací panel
- obrazovka
- přenosný panel

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

4.3 DRUHY ŘÍZENÍ ČÍSLICOVÝCH SYSTÉMŮ

4.3.1 PODLE ŘÍZENÍ DRÁHY NÁSTROJE VŮČI OBROBKU

4.3.1.1 SYSTÉMY S PŘETRŽITÝM ŘÍZENÍM

1) systémy stavění souřadnic

- Chybí interpolace
- nástroj se pohybuje rychloposuvem na programovaný bod, nezáleží na vykonané dráze (do daného bodu se pohybuje v rovině například nejdříve přejezdem v jedné ose a potom v druhé ose)
- po najetí do programovaného bodu se provede pohyb v další ose
- vhodné například pro vrtačky, tvářecí stroje

2) pravoúhlá řízení

- přestavování nástroje je prováděno rovnoběžně se souřadnými osami
- po dokončení pohybu v jedné souřadnici nastává pohyb ve druhé
- použití u vrtaček, tvářecích strojů, soustruhů

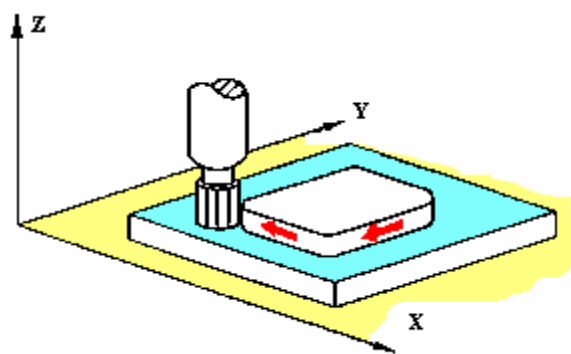
4.3.1.2 SYSTÉMY SE SOUVISLÝM ŘÍZENÍM

Systémy umožňují výpočet korekcí a geometrie.

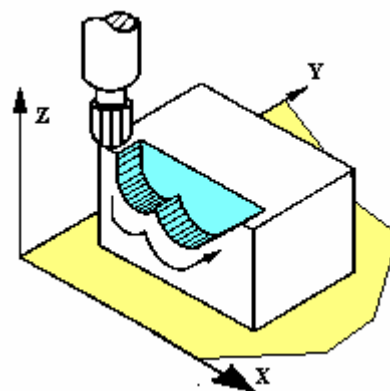
- u soustruhu se nástroj pohybuje v rovině $X - Z$ (2D)
- u frézky je možné provádět lineární interpolace buď v jedné rovině - $X-Y$, $X-Z$, $Y-Z$ – (2,5D) nebo při použití výkonného mikroprocesoru lze vyrábět libovolné obrysy a prostorové plochy 3D.

Jestliže jsou vedle pohybů v osách možné ještě další pohyby – např. rotace kolem os potom mluvíme o 4D a 5D řízení.

Obrázek 58 - 2D řízení

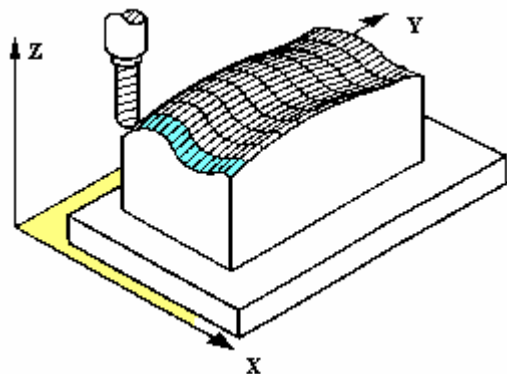


Obrázek 59 - 2,5 D řízení

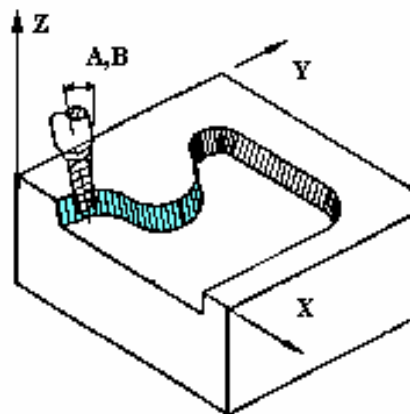


SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

Obrázek 60 - 3 D řízení



Obrázek 61 - 5 D řízení



4.3.2 Podle způsobu programování polohy nástroje vůči obrobku

4.3.2.1 ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ (G 90)

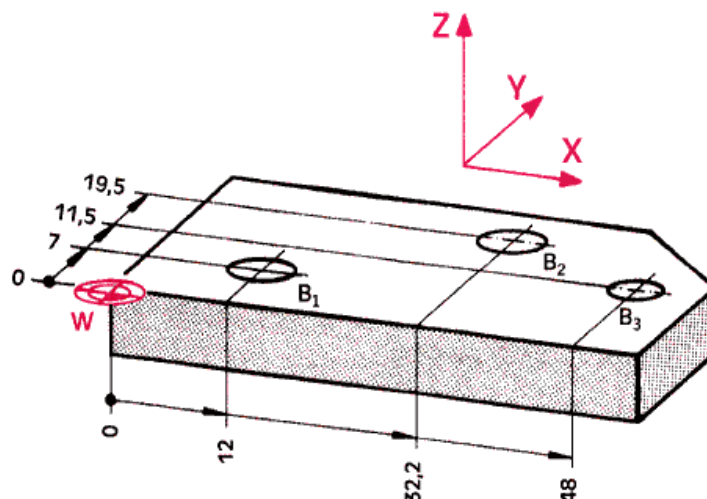
- všechny programované body dráhy nástroje jsou vztaheny k předem zvolenému bodu – nulovému bodu programu (W), jehož polohu volí programátor libovolně
- pro potřeby absolutního programování je lépe použitelné kótování od základny (souřadnicové kóty) .

!! Při programování se programuje poloha koncového bodu pohybu !!

Při absolutním programování základní otázka při zadávání rozměrových slov (X,Y,Z, ...) zní:

Do jaké vzdálenosti od nulového bodu programu má nástroj dojet (v jednotlivých osách)?

Obrázek 62 - Absolutní programování – kóty



1.1.1.1 PŘÍRŮSTKOVÉ (INKREMENTÁLNÍ) PROGRAMOVÁNÍ (G 91)

- souřadnice všech programovaných bodů se udávají vzhledem k předchozímu bodu, který je považován za výchozí

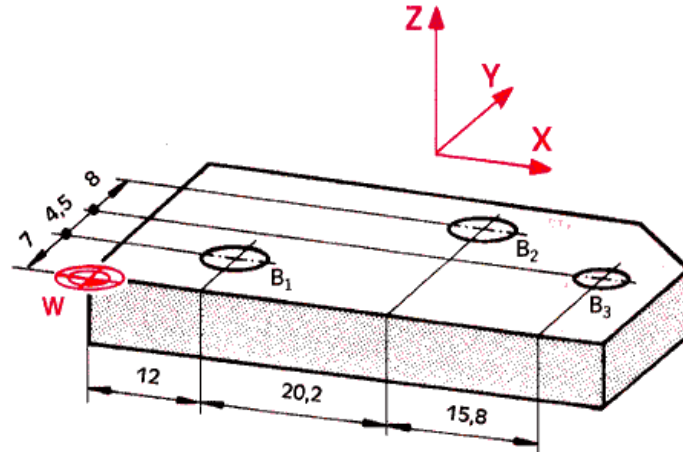
SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

- pro potřeby přírůstkového programování logicky odpovídá použití řetězcových kót

Při přírůstkovém programování základní otázka při zadávání rozměrových slov (X,Y,Z, ...) zní:

O kolik má nástroj od koncového bodu předcházejícího pohybu popojet (v jednotlivých osách)?

Obrázek 63 - Přírůstkové programování - kóty



V rámci absolutního nebo přírůstkového programování je možné programovat v:

- [kartézských souřadnicích](#)
bod je určen vzdálenostmi v jednotlivých osách od vztažného bodu
- [polárních souřadnicích](#)
bod je určen vzdáleností (průvodičem) a úhly od vztažného bodu v jednotlivých rovinách
- pomocí [parametrů](#)
rozměrová část adres je nahrazena obecnými čísly (parametry) a tyto parametry jsou definovány reálnými čísly nebo funkcemi.
Jako parametr může být použito číslo, slovo, věta nebo matematický výraz

Výhody parametrického programování:

- snižuje se počet programů pro daný typ součásti
- dosazením goniometrických funkcí do dané adresy a jejich opakováním se lehce dosáhne požadovaného tvaru součásti

4.4 ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ V ŘÍDICÍM SYSTÉMU

Informace, které řídicí systém potřebuje ke správné činnosti je možné rozdělit na:

- geometrické
- technologické a pomocné
- nutné k organizaci programu

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

4.4.1 Geometrické informace

Informace o dráze nosiče nástroje jsou zpracovávány v **interpolátoru**. Interpolátor je aritmetická jednotka, která vypočítává elementy dráhy v jednotlivých souřadných osách tak, aby výsledný pohyb mezi dvěma zadanými body byl

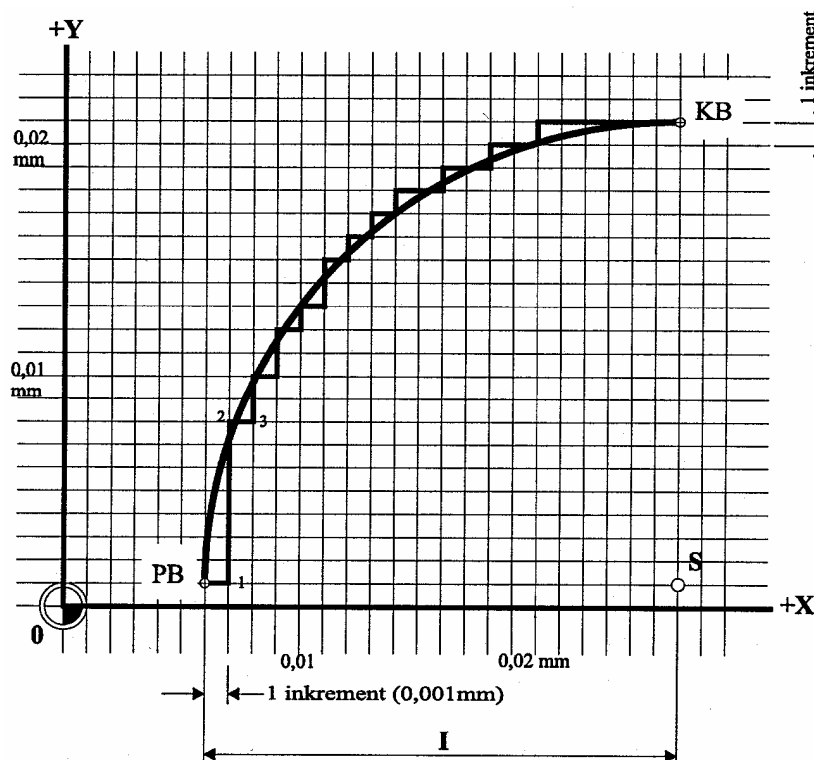
- přímkový - interpolace lineární
- po kruhovém oblouku - interpolace kruhová
- parabole, nebo obecné křivce

Interpolátor generuje signál o požadované dráze. Signál o skutečné dráze generuje odměřovací zařízení. Oba signály se porovnávají v diferenčním členu - jejich rozdíl je regulační odchylka, která po zesílení a transformaci vytváří akční veličinu. Jinými slovy – diferenční člen posílá motoru impulsy do té doby, než suport nedosáhne požadované polohy.

Odměřovací zařízení pracují po určitých nenulových „skocích“ - **inkrementech**.

Inkrement je nejmenší měřitelná a tedy programovatelná dráha. V současné době se obecně používá inkrement 0,001 mm.

Obrázek 64 - Kruhová interpolace – funkce interpolátoru



Princip činnosti interpolátoru při kruhové interpolaci ve směru hodinových ručiček (G02) je na předchozím obrázku:

1. Sestaví rovnici kružnice v rovině XY $(X-0,026)^2 + (Y-0,001)^2 = 0,02^2$
2. Vyšle jednotkový impuls ve směru +X
3. Dosadí souřadnice bodu 1 do rovnice kružnice a zjistí, že levá strana rovnice je menší než pravá. To znamená, že bod 1 leží uvnitř oblouku.
4. Změní směr pohybu a vysílá jednotkové pulsy tak dlouho, až zjistí, že bod leží vně oblouku viz bod 2)

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

5. předchozí opakuje, až se dostane do koncového bodu

5.1.1 TECHNOLOGICKÉ A POMOČNÉ INFORMACE

Řídicí systém musí zpracovávat nejen informace o geometrii pohybu, ale i o jeho rychlostech, tedy posuvech na otáčku nebo za časovou jednotku, chlazení a jeho typu, ofukování apod. Přizpůsobovací logika řeší i další pomocné informace - logické vztahy mezi ovládacími povely a signály ze stroje, které hlásí stav jednotlivých mechanismů - například

- vřeten se spustí jen tehdy, když je upnuto sklíčidlo a zavřen kryt stroje
- pracovní posuvy se spustí při roztočeném vřetenu
- posuvy a otáčky vřetena se zastaví při otevření dveří pracovního prostoru
- při ztrátě informací o referenci se nespustí překlad programu, atd.

5.1.2 ORGANIZACE PROGRAMU

Řídicí systém musí být informován o začátku a konci programu, o skocích do podprogramů, počtu opakování, rozměrových jednotkách, přenosu dat atd.

5.2 REŽIMY PRÁCE ŘS

Řídicí systémy různých výrobců mohou mít různou sadu režimů, hlavním úkolem je ale vždy automatické řízení všech pohybů v jednotlivých osách a funkcí stroje dle daného programu. Jednotlivé režimy se volí buď mechanickými nebo softwareovými tlačítky

Například systém Sinumerik 810 má sedm pracovních režimů:

- 1) **AUTOMATIC**
hlavní pracovní režim – automatické řízení
- 2) **JOG**
ruční ovládání
- 3) **MDI - AUTOMATIC**
Manual Data Input - činnost stroje je ovládána zadáváním slov v ISO kódu. Po LF se ihned věta provede.
- 4) **REFPOINT**
automatické najetí referenčního bodu
- 5) **INC FEED**
podobný režimu JOG, po stisknutí směr. tlačítka dojde k pohybu o určitý počet inkrementů (1;10;100;1000;10 000)
- 6) **PRESET**
editace tabulky posunutí počátku, korekcí, editace programů
- 7) **REPOS**
přerušování programu a najetí kontury, kde byl program přerušen

Řídicí systémy jiných výrobců se mohou lišit v označení nebo funkcích např.:

- **SINGLE** -stroj provede blok a čeká na další stisk START
- **TEACH-IN** - stroj se „učí“ podle ruční obsluhy

Než se spustí automaticky program (začne se obrábět) - je třeba provést přípravné práce:

- najet do referenčního bodu

SYSTÉMY ČÍSLICOVÉHO ŘÍZENÍ

- nahrát program do paměti
- zadat korekce nástrojů
- zadat posunutí počátku
- zkompilevat program

Programování zahrnuje dvě oblasti činností a pojmů:

- vnější zpracování
- vnitřní zpracování

6.1 VNĚJŠÍ ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ

Příprava a zpracování probíhá mimo stroj. Z výkresu jsou stanovovány jednotlivé technologické úseky dané operace a logicky členěny do vlastního programu. Informace, které jsou nutné pro tvorbu programu je možné rozdělit na:

- geometrické
- technologické
- nutné k organizaci programu

6.2 VNITŘNÍ ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ

Řídicí systém zadané informace dekoduje, převede na jednotlivé typy řídicích impulsů a vysílá je jednotlivým servomechanismům, zpracovává zpětnou vazbu informace tak, aby byly dosaženy požadované stavy

6.3 RUČNÍ PŘÍPRAVA ŘÍDICÍHO PROGRAMU

6.3.1 Postup tvorby programu

1. Na základě prostudování výrobního výkresu technolog rozhodne o případné změně tvaru součásti (nebo o výrobě součásti úplně jinou technologií)
2. Zvolí se způsob upnutí, použité nářadí
3. Spočítají se souřadnice [přechodových](#) bodů křivostí
4. Upraví se výkres pro zamýšlený způsob programování
 - kótování od základny při absolutním programování
 - řetězcové kótování při přírůstkovém programování
 - smíšené kóty při programování oběma typy programování
 - zakreslí se význačné body (nulový bod obrobku, koncový bod, atd.)
5. Zvolí se řezné podmínky pro jednotlivé úseky operace
6. Sestaví se postup.
7. Sestaví se [programový list](#) s daty převedenými do programového kódu.

Kód je předpis přiřazující určitému znaku jednoznačný význam.

8. Následuje fáze simulace, pomocí níž se minimalizují možnosti chyb v programu a
9. Ověření programu na stroji, kdy se ověřuje vhodnost použitých nástrojů, řezných podmínek, optimalizuje se program z hlediska upnutí, přejezdů nástrojů, pomocných funkcí apod.

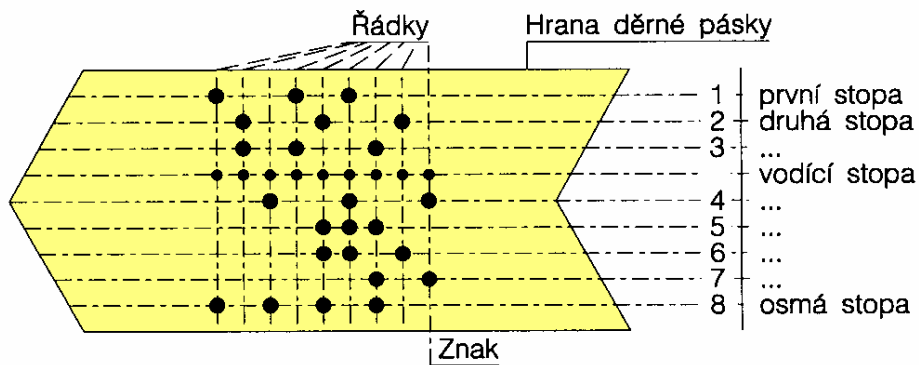
ZÁKLADY CNC PROGRAMOVÁNÍ

Pro zadání programu do stroje se používaly (jí) nosiče informací:

- děrná páska
- magnetická záznamová média
- přenos po síti LAN

Na osmistopé děrné pásce se informace zadávají kombinací otvorů v jedné řádce

Obrázek 65 - Osmistopá děrná páska



V současné době se používají kódy:

- 1) EIA RS 244
- 2) ISO DR 1314

ZÁKLADY CNC PROGRAMOVÁNÍ

Obrázek 66 - Tabulka kódů ISO

Význam užitých adres	ISO DR 1314								znak
	8	7	6	5	4	3	2	1	
část pro vyjádření velikosti funkce nebo dráhy			●	●		•			0
	●		●	●		•		●	1
	●		●	●		•		●	2
			●	●		•		●	3
	●		●	●		•	●		4
			●	●		•	●	●	5
			●	●		•	●	●	6
	●		●	●		•	●	●	7
	●		●	●	●	•			8
		●	●	●	•		●	9	
úhlový rozměr kolem osy X		●				•		●	A
úhlový rozměr kolem osy Y		●				•	●		B
úhlový rozměr kolem osy Z	●	●				•	●	●	C
třetí posuvová funkce		●				•	●		D
druhá posuvová funkce	●	●				•	●	●	E
posuvová funkce	●	●				•	●	●	F
přípravná funkce		●				•	●	●	G
řazení korekcí		●			●	•			H
interpolační konstanty	●	●			●	•		●	I
(vzdálenost výchozího bodu oblouku od středu nebo stoupání závitu)	●	●			●	•		●	J
		●			●	•			K
rezerva	●				●	•	●		L
pomocná funkce		●			●	•	●	●	M
číslo bloku		●			●	•	●	●	N
otáčky vřetene		●		●		•	●	●	S
poloha nástrojů	●	●		●		•	●		T
pohyb rovnoběžně s osou F		●		●		•	●	●	U
pohyb rovnoběžně s osou Y		●		●		•	●	●	V
pohyb rovnoběžně s osou Z	●	●		●		•	●	●	W
primární pohyb v ose F	●	●		●	●	•			F
primární pohyb v ose Y		●		●	●	•		●	Y
primární pohyb v ose Z		●		●	●	•		●	Z
volitelné vypouštění bloku	●		●		●	•	●	●	/
symbol pro smysl posuvu			●		●	•	●	●	+
			●		●	•	●	●	-
mezera	●		●			•			SP
znak pro vyznačení chybných znaků	●	●	●	●	●	•	●	●	DEL
zpět	●				●	•			BS
tabulátor – mezera mezi slovy					●	•		●	TAB
nová řádka a konec bloku EOB					●	•		●	LF
konec programu EOP						•			-
zpětný pohyb válce psacího stroje jen vodící otvory – perforace	●				●	•	●	●	

STAVBA CNC PROGRAMU

Program je posloupností **vět** (bloků).
Každá věta (blok) je posloupností **slov**.

Program je ohraničen

- na začátku úvodní větou
- na konci programu musí být jedna z pomocných funkcí M02 nebo M30.

Každý blok je ohraničen smluvenými znaky:

- začátek bloku
- konec bloku

Začátek bloku

- znakem N
- : (dvojtečka) - u některých systémů pro hlavní větu , což je věta, která obsahuje všechny potřebné údaje k tomu, aby v tomto místě mohl pokračovat přerušovaný program. Tak zvaná vedlejší věta uvozená znakem N obsahuje pouze funkce, které se změnily proti předešlé větě.

Konec bloku

- znakem LF nebo EOB
- před úvodním znakem věty se může vyskytovat znak /(lomítko), který označuje vypustitelnou větu

Obrázek 67- schéma programu

%MPF<číslo>	LF				
: <číslo>	slovo	slovo	...		LF
N <číslo>	slovo	...			LF
N <číslo>	slovo	...		M02	LF

Číslování vět je libovolné, v programu se nesmějí vyskytovat dvě věty stejného čísla. Některé systémy ignorují posloupnost čísel vět a pracují podle pořadí vět tak, jak jsou za sebou zadány, to znamená, že v dále následující ukázce bude dříve vykonána věta 1000 než věta 5.

Ukázka :

```
.  
.
N 200 G0 X0 LF
N 1000 G1 X100 LF
.  
.
N 5 T1 D5 L96 LF
.  
.
```

STAVBA CNC PROGRAMU

7.1 PODPROGRAMY A CYKLY

Důležitou součástí programu jsou *podprogramy a cykly*

7.1.1 PODPROGRAM

- je určitá uzavřená část programu, která se v hlavním programu může několikrát opakovat, nebo se může použít v jiném programu,
- vytváří ho programátor,
- u některých systémů se uvádí za hlavním programem, obvykle je to ale samostatně existující část programového kódu, který se volá jiným programem (hlavním nebo podprogramem),
- má podobnou strukturu jako program hlavní,
- volání se provádí pomocí slova (pro SINUMERIK) s adresou L <číslo podprogramu>
- při volání je možné určit počet opakování slovem (pro SINUMERIK) s adresou P <počet>,
- podprogramy je možné vnořovat,
- končí slovem M17 a navrácí řízení do programu, ze kterého byl volán na blok, který je za blokem, ze kterého byl podprogram volán

7.1.2 CYKLUS

Je podprogram dodaný a pevně stanovený výrobcem (dodavatelem) řídicího systému. Cykly se používají například při soustružení pro:

- hrubování podélné a příčné
- zapichování
- vrtání děr
- závitování

při frézování pro:

- vrtání
- výrobu kapes
- výrobu drážek
- atd.

7.2 FORMÁT VĚTY (BLOKU)

Formát bloku lze podle délky rozdělit na:

1. s pevnou (konstantní) délkou
2. s proměnnou délkou

U formátu s pevnou délkou bloku je nutné v každé větě programu použít podle typu použitého slov vždy syntakticky úplná další slova.

U formátu s proměnnou délkou bloku to nutné není, systém načítá neuvedená slova z paměti slov, kde přebere obsah paměti a do prováděné věty (slova) ji dosadí. [viz Formát věty \(bloku\)](#) Jinými slovy, dokud nedochází v jednotlivých slovech ke změně, není nutné slovo do věty zapisat.

STAVBA CNC PROGRAMU

Každá věta (blok) obsahuje vedle znaků pro počátek a konec několik skupin znaků, kterým se říká slova. Každé slovo se skládá ze dvou částí:

- adresové
- významové

Příklad 1



7.3 VÝZNAM ADRES PRO STROJE SE SOUVISLÝM ŘÍZENÍM I PRAVOÚHLÝM ŘÍZENÍM

Přehled, který je popsán dále vychází z normy, jednotliví výrobci řídicích systému uplatňují ale svoje specifikace, které vždy přesně neodpovídají normě, takže je nutné se s nimi seznámit.

Adresa	Význam
A	Úhlový rozměr kolem osy X
B	Úhlový rozměr kolem osy Y
C	Úhlový rozměr kolem osy Z
D	Úhlový rozměr kolem spec. osy nebo třetí posuvová funkce nebo volba korekce nástrojů
E	Úhlový rozměr kolem spec. osy nebo posuvová funkce
F	Posuvová funkce
G	Přípravná funkce
H	Neurčeno
I	Interpolační parametry nebo
J	stoupání závitu
K	rovnoběžně s X, Y, Z
L	Neurčeno
M	Pomocná funkce
N	Číslo bloku
O	Nepoužívá se (pletlo by se s nulou)
P	Terciální rozměrový pohyb rovnoběžně s X
Q	Terciální rozměrový pohyb rovnoběžně s Y
R	Rozměr rychloposuvu v ose Z nebo terciální rozměrový pohyb rovnoběžně se Z nebo parametr korekce nástroje
S	Funkce otáček vřetena
T	Funkce nástroje
U	Rozměr sekundárního pohybu rovnoběžně s X
V	Rozměr sekundárního pohybu rovnoběžně s Y
W	Rozměr sekundárního pohybu rovnoběžně se Z
X	Rozměr primárního pohybu X

STAVBA CNC PROGRAMU

Y	Rozměr primárního pohybu Y
Z	Rozměr primárního pohybu Z

7.4 Věty (Bloky)

Sestávají z těchto slov a znaků:

- a) adresa a číslo bloku
- b) informační slova
- c) konec bloku

Informační slova - mají toto pořadí:

- 1) přípravná funkce
- 2) rozměrová slova, uspořádaná v pořadí: X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E,
- 3) funkce posunu
- 4) funkce otáček vřetena
- 5) funkce nástroje
- 6) pomocná funkce

7.5 ROZMĚROVÁ SLOVA

Mají významovou část slova tvořenu nějakou fyzikální veličinou a mají tudíž fyzikální rozměr:

- posunutí (X,Y,Z,U,V,W,I,J,K,R)
- natočení (A,B,C)
- otáček vřetena (S)
- posuvu (F)

7.6 BEZROZMĚROVÁ SLOVA

Mají významovou část tvořenu dvouciferným číslem, které určuje konkrétní funkci ze skupiny funkcí dané adresou

Adresa G (Go) - přípravné funkce

- Skupina 1 - volba druhu interpolace
- Skupina 2 - časová prodleva
- Skupina 3 - volba roviny interpolace
- Skupina 4 - volba korekce na poloměr nástroje
- Skupina 5 - volba posunutí počátku
- Skupina 6 - volba programovacích jednotek
- Skupina 7 - volba způsobu programování
- Skupina 8 - volba zadávání posunu
- Skupina 9 - volba funkcí vřetena

Adresa M (Machine) - pomocné (strojní)

- Skupina 1 - přerušení automatického cyklu
- Skupina 2 - ukončení programu
- Skupina 3 - ovládání vřetena

STAVBA CNC PROGRAMU

Skupina 4 - funkce mechanismů

Adresa H (Help) - přídatné funkce

rozšíření pomocných funkcí pro přídatná zařízení

Adresa T (Tool) - funkce nástroje

Adresa D - číslo korekce nástroje

Adresa L - volání podprogramu

Adresa P - počet opakování

Adresa R - parametr

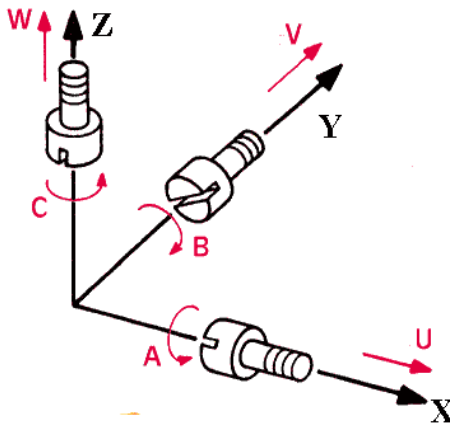
Slova mají ve větě obvyklé, ustálené pořadí

N..R..G..X..Y..Z..A..B..C..I..J..K..F..S..T..D..M..H..L..P..komentář..LF

SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

Základním souřadným systémem je **pravoúhlá pravotočivá** soustava (systém pravé ruky)

Obrázek 68 - Pravoúhlý pravotočivý souřadný systém (PPSS)

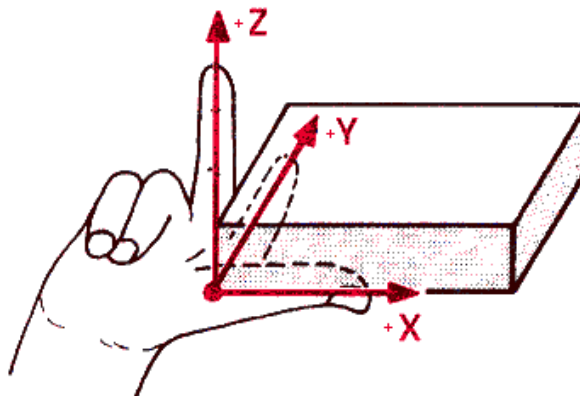


Jako pomůcka může posloužit vaše pravá ruka podle následujícího obrázku.

Natáhněte všechny prsty, palec kolmo k ostatním. Malíček s prsteníčkem ohněte zpět do dlaně, prostředník jen kolmo ke dlani. Palec až prostředník tvoří pravoúhlou pravotočivou souřadnou soustavu.

Palec ukazuje směrem osy X, ukazováček směrem osy Y a prostředník směrem osy Z.

Obrázek 69 - Mnemotechnická pomůcka - PPSS



8.1 PRAVIDLA UMÍSTĚNÍ SOUŘADNÉHO SYSTÉMU NA STROJI

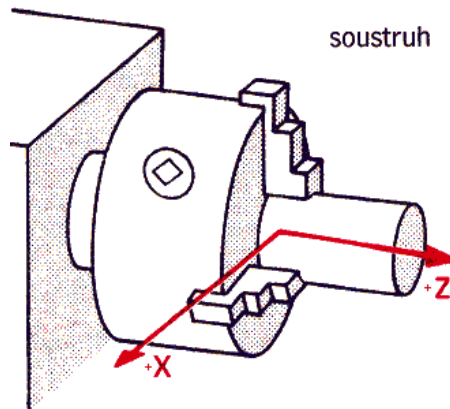
Souřadný systém se na stroji umísťuje podle následujících pravidel:

- 1) vychází se od nehybného obrobku
- 2) vždy musí být definována osa X
- 3) osa X leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná
- 4) osa Z je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetena, které udílí hlavní řezný pohyb

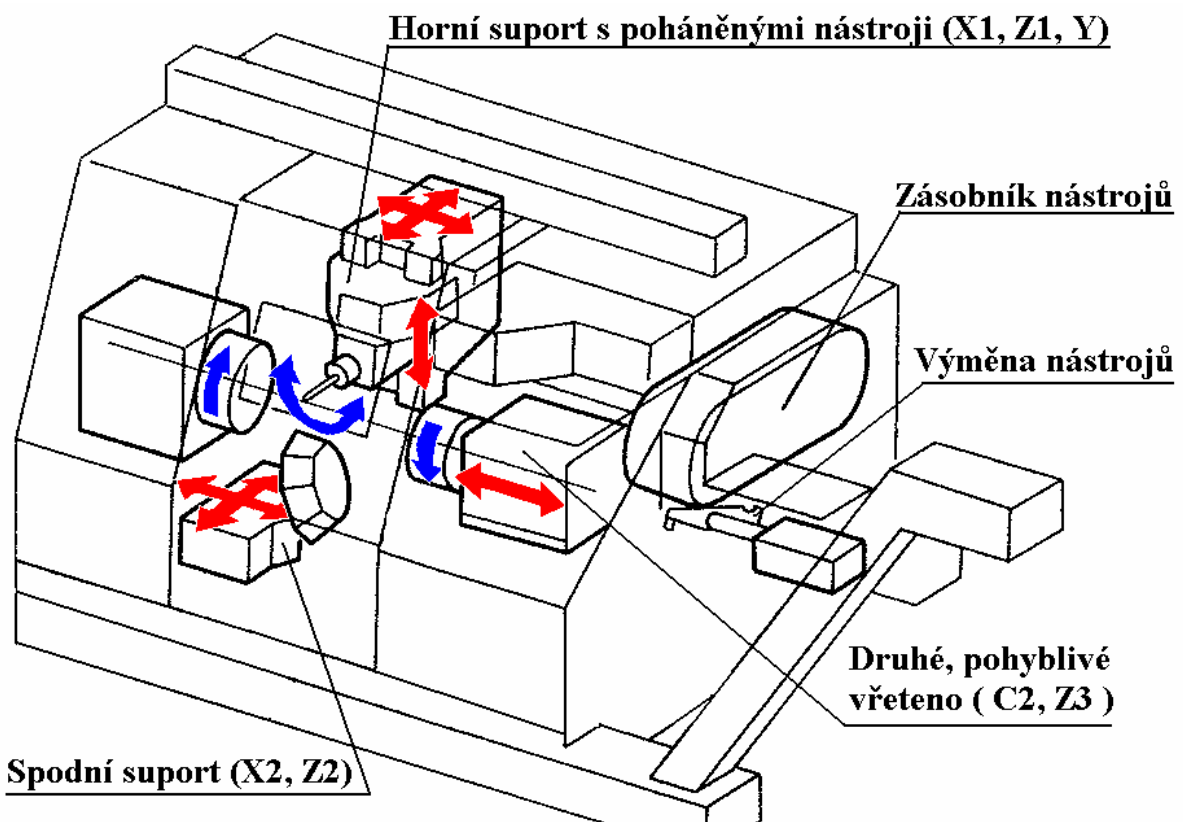
SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

- 5) kladný smysl os je od obrobku k nástroji, ve směru zvětšujícího se obrobku
- 6) Pokud jsou na stroji další doplňkové pohyby v osách X,Y,Z, označují se U,V,W
- 7) Pokud se obrobek pohybuje proti nástroji, označují se takové osy X', Y', a Z'.

Obrázek 70 - Souřadný systém soustruhu (jedno vřeteno, bez poháněných nástrojů)

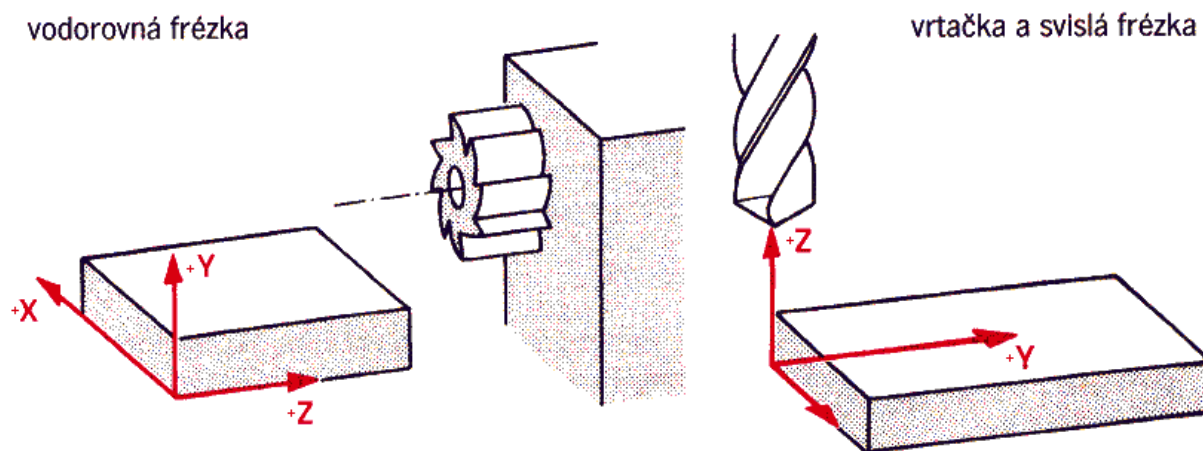


Obrázek 71 - Víceosý soustruh

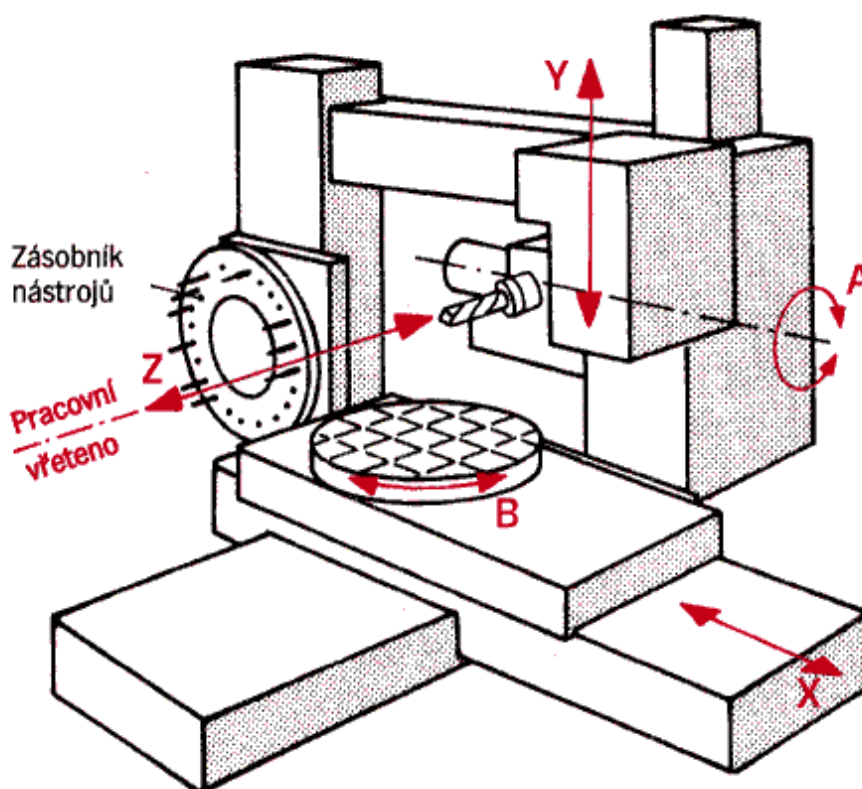


SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

Obrázek 72 - Souřadný systém CNC frézky a vrtačky



Obrázek 73 - Souřadný systém pětiosého centra




Kromě základního souřadného systému je nutné definovat v pracovním prostoru na stroji vztahné body, s jejichž pomocí se definuje vzájemná poloha stroje, nástroje a obrobku.


SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

8.2 VZTAŽNÉ BODY


8.2.1 Nulový bod stroje

Symbol	Označení	Význam
	M	Je počátkem souřadného systému pracovního prostoru stroje. Je pevně určen konstrukcí (obvykle průsečík osy hlavního vřetena a upínací roviny obrobku) a není možné ho měnit. Je to absolutní počátek souřadnic.


8.2.2 REFERENČNÍ BOD

Symbol	Označení	Význam
	R	Je to výrobcem stroje zvolené místo na stroji, obvykle v pracovním prostoru stroje maximální možná vzdálenost od nulového bodu stroje, daná koncovými spínači v jednotlivých osách. Teprve po najetí referenčního bodu vzhledem k bodu M stroj „ví, kde je“. Vzdálenost referenční bod - nulový bod stroje je uložena v tabulce strojních konstant. Bez najetí referenčního bodu nemůže stroj v režimu absolutního zadání souřadnic pracovat.

8.2.3 NULOVÝ BOD NOSIČE NÁSTROJE

Symbol	Označení	Význam
	F	Je bod na upínací (dosedací) ploše nosiče nástroje (například konec vřetena v ose vřetena). Tento bod vlastně řídí podle programu řídicí systém. V bodě F má nástroj nulové rozměry, proto je nutné skutečnou dráhu nástroje korigovat. K tomuto bodu se vztahují korekce nástroje.

8.2.4 NULOVÝ BOD OBROBKU

Symbol	Označení	Význam
	W	Je počátkem souřadného systému obrobku. Polohu volí libovolně programátor a je možné ji v průběhu programu měnit. U tvarově souměrných součástí se obvykle volí v ose souměrnosti a na horní ploše obrobku (polotovaru)

SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

8.2.5 DORAZOVÝ BOD

Symbol Označení Význam



A

Je takový bod, na který dosedá součást v upínači (například v tříčelistovém sklíčidle)

8.2.6 VÝCHOZÍ BOD PROGRAMU

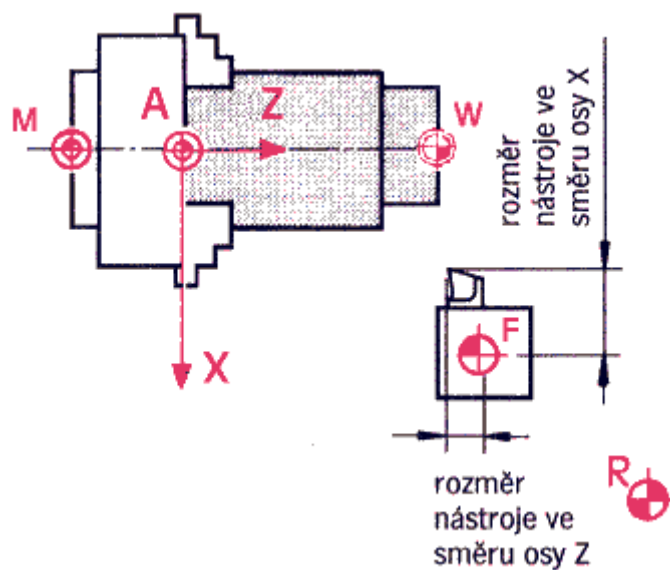
Symbol Označení Význam



C

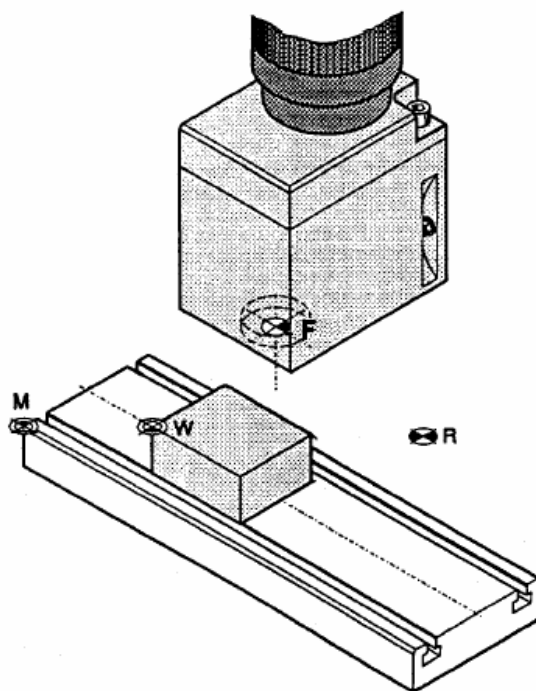
Je počátečním bodem programu (výchozí pozicí nástroje). Stanovuje se tak, aby mohla být prováděna bez omezení výměna součásti nebo nástroje, případně mohla být provedena kontrola součásti.

Obrázek 74 - Vztažné body - soustruh



SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

Obrázek 75 - Vztažné body – frézka



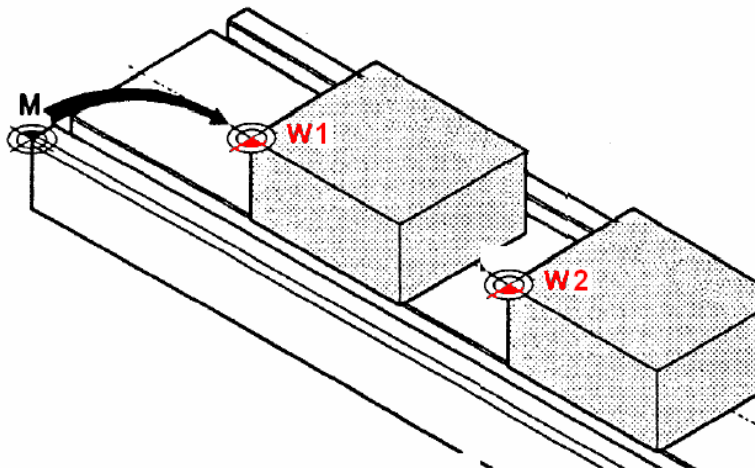
Na začátku obrábění (tvorby programu) je nutné posunout souřadnicový systém z nulového bodu stroje do nulového bodu obrobku

Současné systému umožňují dvojí typ posunutí počátku:

- absolutní (nastavené) posunutí
 - v programu se vyvolá přípravnou funkcí (G54 - G57)
 - jednotlivá posunutí jsou absolutní - udávají vzdálenost bodu W od bodu M
 - každé nové posunutí ruší předcházející
- programovatelné (aditivní) posunutí (G58 – G59)
 - je relativní - udává vzdálenost od v té době aktivního bodu W
 - přičítá se k absolutnímu posunutí
 - působí jen ve větě, ve které bylo voláno

SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

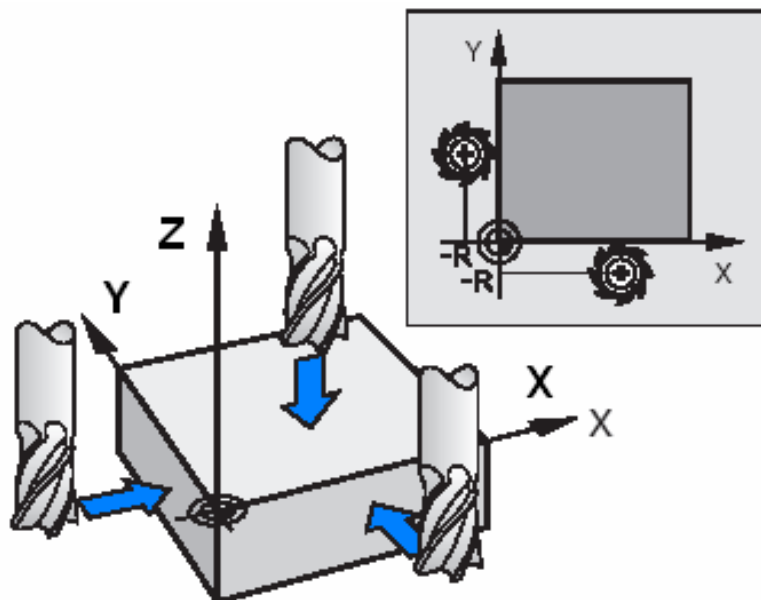
Obrázek 76 - Posunutí nulového bodu W



8.3 URČENÍ NULOVÉHO BODU OBROBKU W

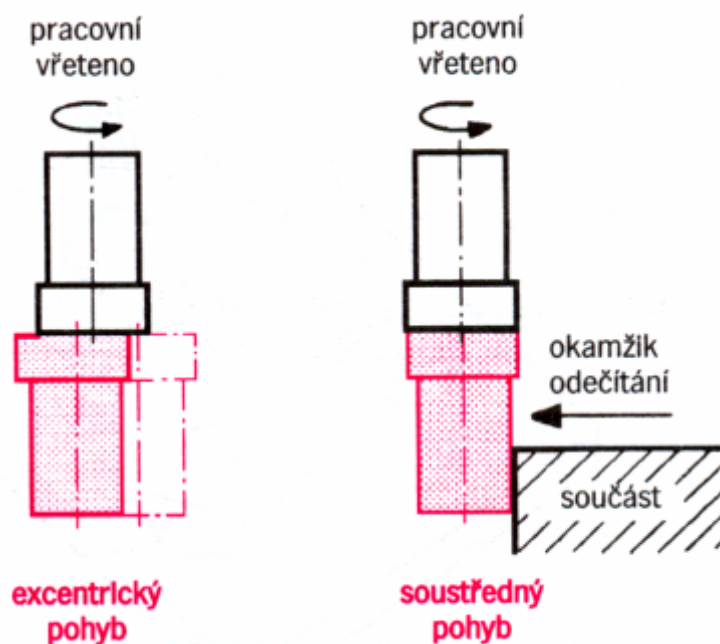
- naškrábnutím nástrojem
- není nejpřesnější (ovalita, házení polotovaru, zručnost obsluhy), nevyžaduje ale náklady na zařízení
- pomocí excentrického měřicího dotyku
- pomocí sondy
- optickým zařízením

Obrázek 77 - Naškrábnutí nástrojem



SOUŘADNÝ SYSTÉM STROJE

Obrázek 78 - Excentrický dotyk



Excentrický dotyk má dvě části – upínací a dotekovou. Dotekovou rozváženou částí najede při posuvu suportu kalibrováním průměrem na polotovar. Excentricita se snižuje na nulu – v tomto okamžiku se odečítá poloha, po malém přejetí se dotyková část znovu excentricky rozkmitá.

Obrázek 79 - Měřicí sonda



KOREKCE NÁSTROJE

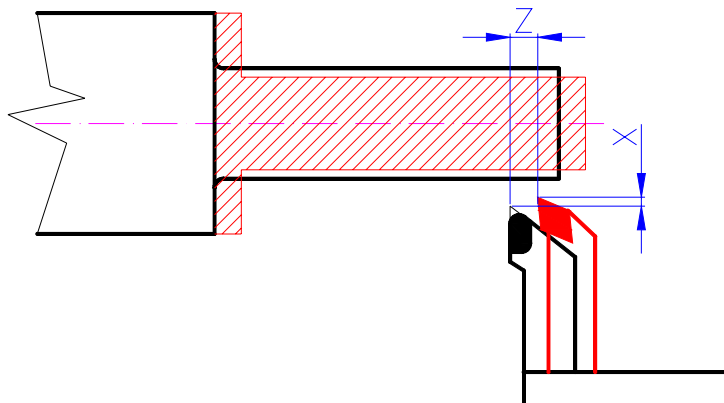
8.4 KOREKCE NÁSTROJE

Poloha nosiče nástroje je v souřadném systému stroje vztažena k bodu F (nulovému bodu nástrojového nosiče).

Povrch obrobku je vytvářen špičkou nástroje, bod F musí tedy opisovat [ekvidistanty](#), proto musí být aktivovány korekce, které interpolátor automaticky zpracovává.

Jedním z dalších důvodů pro použití korekcí je to, že různé nástroje mají různé rozměry. Nebylo-li by to korekcemi ošetřeno, různé nástroje by při stejné větě programu konaly různé dráhy vůči obrobku. Na následujícím obrázku vytvoří černý nástroj tvar obrobku daný černou barvou. Červený nástroj, který má špičku po upnutí do upínače v jiném místě, by podle stejného programu bez korekce vytvořil tvar červeně šrafovaný).

Obrázek 80 - změna tvaru součásti při obrobení různými nekorigovanými nástroji



Je sice v mnoha případech možné nastavit nástroje do modulových upínačů tak, aby břit každého nástroje byl nastaven na stejný bod, ale je to zdlouhavé nebo nemožné.

Veškeré korekce se ukládají do paměti korekcí.

Korekce dělíme na :

- délkové
- průměrové (poloměrové)

Korekce nástrojů se zjišťují obvykle na speciálním pracovišti mimo stroj, aby byl maximálně využit strojní čas. Používají se k tomu speciální seřizovací optické přístroje.

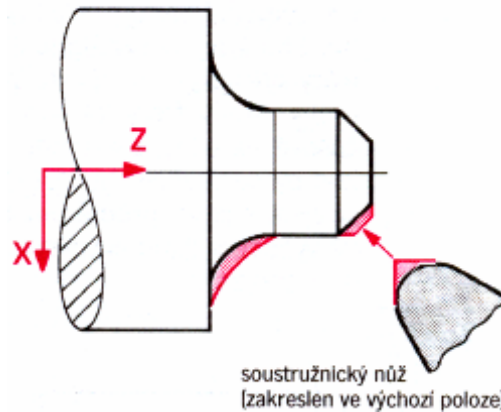
8.4.1 DÉLKOVÉ KOREKCE

Uplatňují se jak při soustružení, tak při frézování.

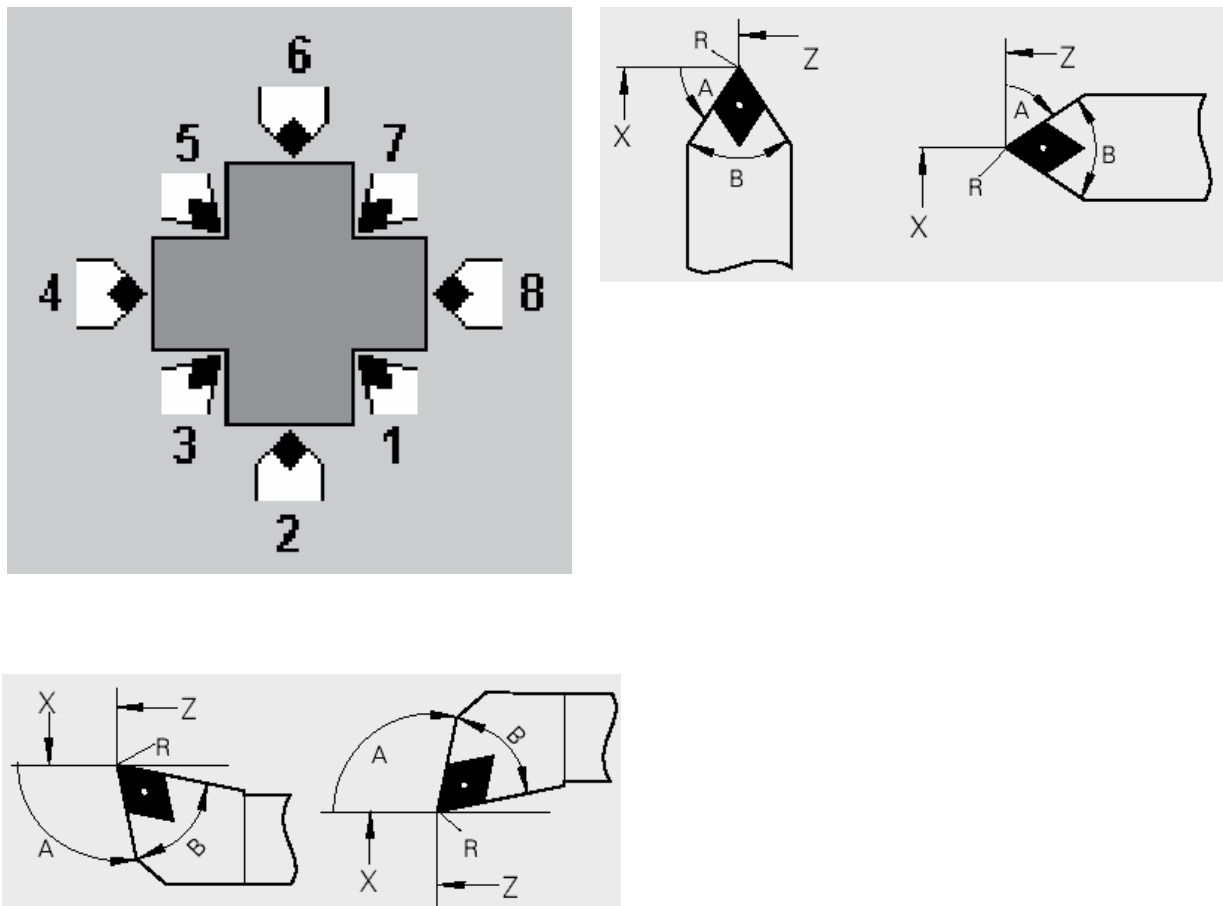
Při soustružení nesleduje teoreticky požadovaný povrch teoretická špička nástroje (s nulovým poloměrem), ale skutečná špička s poloměrem určité velikosti. V důsledku toho by docházelo ve zkoseních a zaobleních k odchylkám teoretického a skutečného tvaru. Proto je nutné do paměti korekcí zadat i poloměr špičky nástroje a polohu nástroje vzhledem k obráběné ploše, aby mohl interpolátor dopočítat ekvidistantu dráhy.

KOREKCE NÁSTROJE

Obrázek 81 - Chyba obrysu bez korekce poloměru špičky



Obrázek 82 - Poloha nástroje vzhledem k obráběné ploše (soustružení, Heidenhain)



U řídicího systému SINUMERIK 810 se korekce ukládají do registru a spolu s nástrojem se volají pomocí slov T a D. Do daného registru korekce se zadává:

- typ nástroje,
- délka nástroje,
- poloměr nástroje,

KOREKCE NÁSTROJE

- poloha nástroje, případně
- délka nástrojového držáku
- poloměr nástrojového držáku

8.4.2 ZADÁNÍ TYPU KORIGOVANÉHO NÁSTROJE

Typ nástroje pro potřeby **korekce** se zadává **číslem**.

- 1- 9 - soustružnické nože ([viz výše](#))
- 10 - ošové nástroje (vrtáky, výhružníky, .. – zadává se jen délka)
- 20 - frézy - musí být zadána délka i průměr
- 30 - frézy na úhlovém držáku – dvě (jedna) délky a dva (jeden) průměry

Korekce se vyvolá adresou D nebo druhým dvojčíslím u adresy T – tím se aktivizují délkové korekce.

Příklad 2 - volání nástroje s korekcí (SINUMERIK 810 M)

N 0001 T01 D05 L96

kde T01 nastaví se nástroj v poloze 01 do pracovní polohy
D05 přiřadí nástroji v místě 01 nástrojové hlavy korekce z registru 05 (není nutné, aby se číslo nástroje a číslo přiřazené korekce shodovalo, je to ale obvyklé)
L96 cyklus výměny nástroje

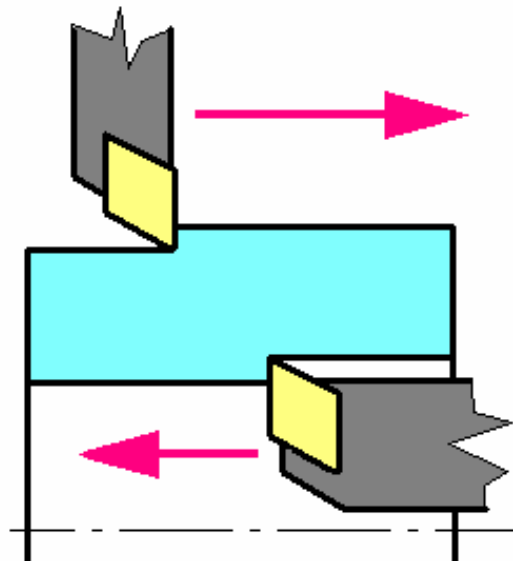
8.4.3 PRŮMĚROVÉ (POLOMĚROVÉ) KOREKCE

Pro aktivizaci poloměrové korekce se používají přípravné funkce **G41** nebo **G42**. Tyto funkce jsou tak zvaně modální (platí do odvolání). Platnost funkcí se ukončuje pomocí přípravné funkce **G40**.

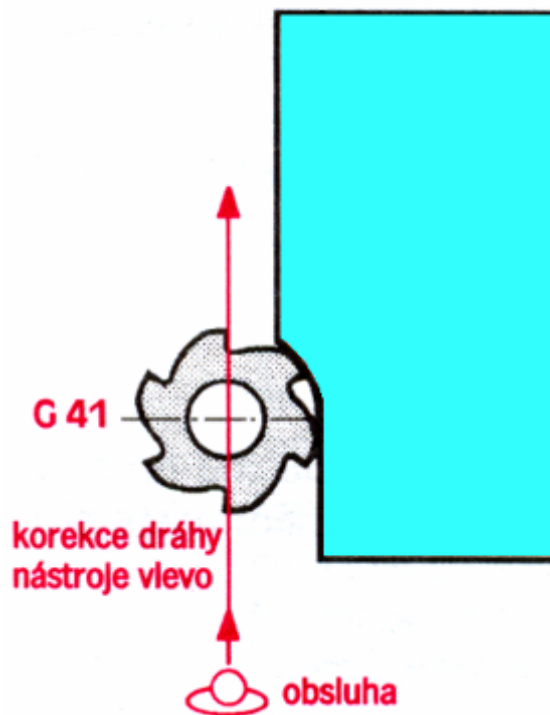
8.4.4 G 41 - KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE VLEVO OD OBRYSU

Hodnocení je-li nástroj vlevo nebo vpravo se provádí z pohledu ve směru posuvu nástroje

Obrázek 83 - Korekce G41- soustružení



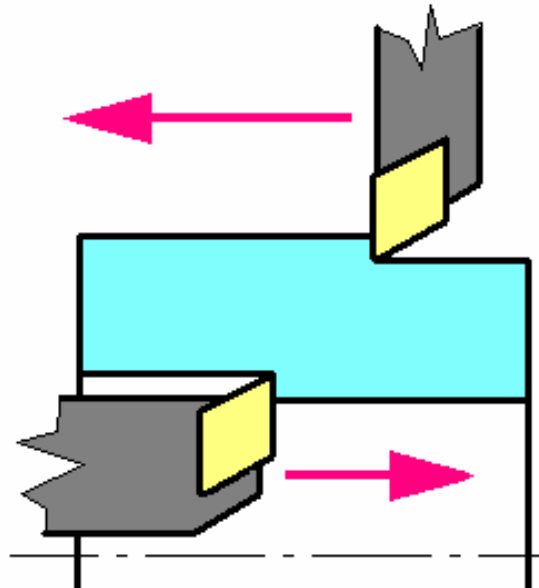
Obrázek 84 - Korekce G41- frézování



KOREKCE NÁSTROJE

8.4.5 G 42 - KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE VPRAVO OD OBRYSU

Obrázek 85 - Korekce G42 - soustružení



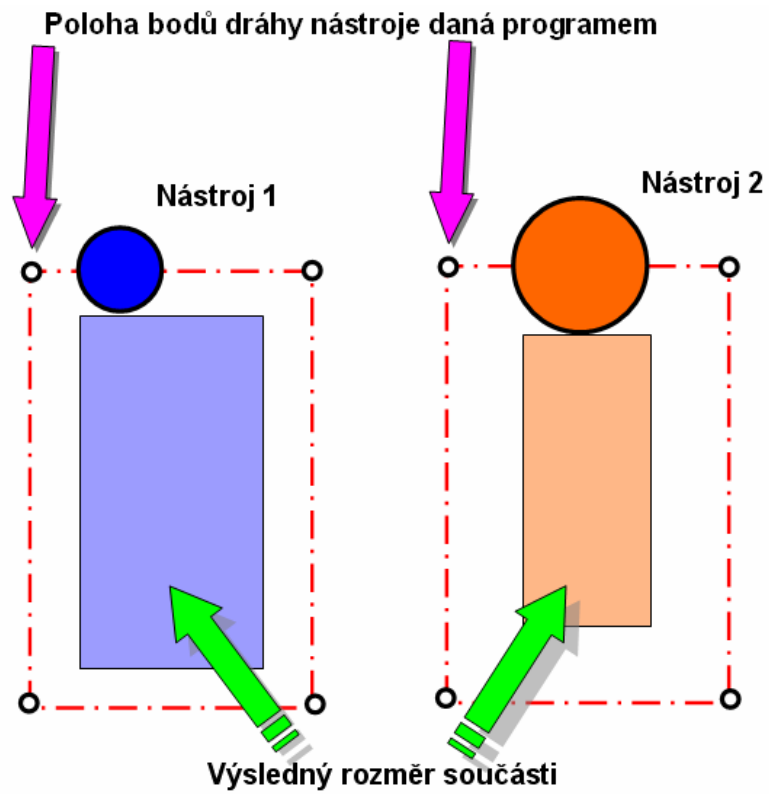
Obrázek 86 - Korekce G42 - frézování



Když nepoužijeme průměrové korekce (G41, G42), potom systém řídí nulový bod nástrojového držáku (F) jako osu nástroje, a potom by při použití nástrojů různých průměrů byly při vykonání daného programu vyráběny součásti různých rozměrů. Například půdorysné rozměry frézované součásti při použití různých průměrů nástroje ukazuje následující obrázek

KOREKCE NÁSTROJE

Obrázek 87 - Rozměry obrobku bez použití průměrových korekcí



CAM

Počítačová podpora návrhu dráhy nástroje, součást integrovaného systému výroby, generuje nejen NC kód pro daný stroj (to je ale základním výstupem), ale výstupem mohou být (podle aplikace) i výkresová dokumentace, data o využití materiálů, nástrojů a strojů a další.

Při práci se systémy CAM je třeba jako vstupní informace zadat (zvolit) informace o:

- obrobku (geometrii, materiálu)
- technologii (materiál, řezné podmínky)
- stroji, na kterém bude výsledný řídicí program provozován

9.1 GEOMETRIE OBROBKU

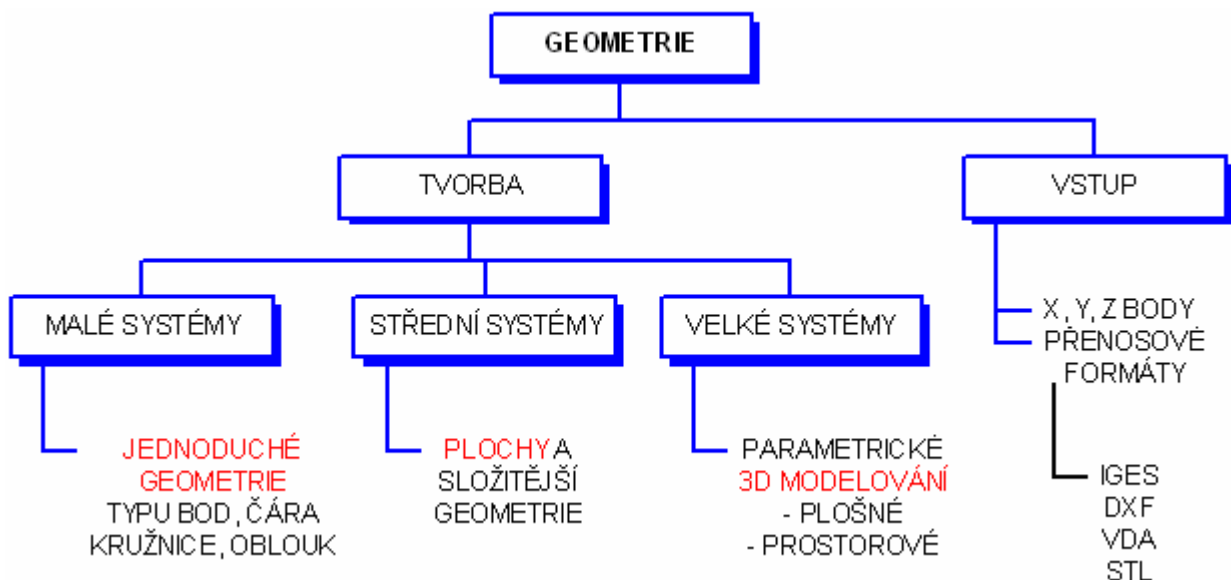
CAM systém pracuje s geometrií v digitální podobě. Geometrické elementy, charakterizující tvar obrobku nebo polotovaru mohou představovat např. kontury, plochy, 3D modely.

Použitelná digitální data mohou vzniknout:

- V CAD části CAM aplikace
- Načtením z jiné aplikace
- Digitalizací modelu

Možnosti získání geometrie je možné podrobněji znázornit následujícím obrázkem.

Obrázek 88 - Získání geometrie obrobku pro CAM aplikací

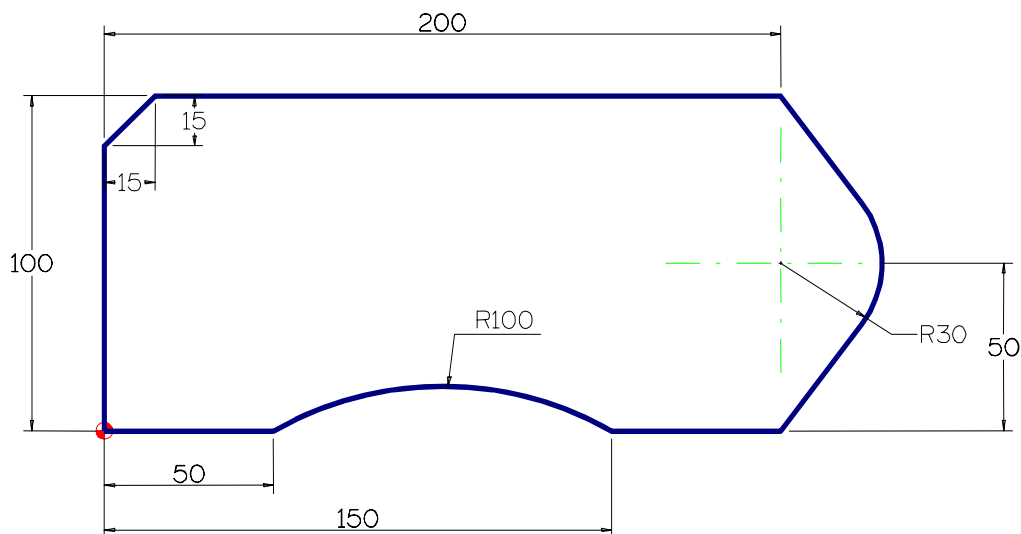


9.1.1 TVORBA GEOMETRIE

Jestliže dosud neexistuje 2D nebo 3D model obrobku v digitální podobě, je pro následnou tvorbu technologie nezbytné tento model vytvořit.

Jakým způsobem tvorba probíhá, závisí na schopnostech konstrukční (CAD) částí CAM systémů.

Obrázek 89 - Příklad jednoduché 2D geometrie



9.1.2 NAČTENÍ GEOMETRIE

V případě, že geometrie, která je potřeba pro tvorbu technologie, v digitální podobě již existuje, je možné tuto geometrii do CAM systému načíst. Při načítání modelu prostřednictvím přenosových formátů je třeba brát na vědomí pro jaké geometrie je příslušný formát vhodný a jaké informace je schopen přenést.

Při 2D grafice je zapotřebí přenášet prvky poměrně jednoduché, úsečky, oblouky, kóty apod. Tyto prvky lze popsat velice jednoduše a jejich definice nezabere ani příliš místa v souboru. Pro tyto účely se uplatnil hlavně formát DXF. Formát DXF není schopen přenášet náročnější prvky, ale dosud se používá zejména kvůli své rozšířenosti.

Výměnu 3D modelů z CAD systémů lze zabezpečit pomocí jiných formátů, ale i zde existují problémy v komunikaci. Používané a podporované jsou formáty IGES, VDA, DWG, STL, SAT a další

Zatímco formát IGES (Initial Graphics Exchange Specification) je celosvětově uznávaným standardem, formát VDA pochází z německy mluvících zemí jako výměnný formát německého automobilového průmyslu.

Dalším možným způsobem načtení geometrických informací o obrobku je prostřednictvím sondy. Sonda představuje kontaktní způsob snímání tvaru obrobku. V oblasti strojírenství se používá především kontaktní snímání a to díky následujícím výhodám oproti systémům bezkontaktním:

- není vyžadována antireflexní úprava skenovaného materiálu,
- lze přesně skenovat i kolmé plochy,
- hustota snímaných dat není fixní a je automaticky regulována tvarem komponentu,
- není třeba další čas na editování omylem sejmutých bodů způsobených odrazem světla.

CAM

Podle použitého způsobu digitalizace a softwaru k vyhodnocení snímaných dat existuje několik skupin řešení. Tyto způsoby jsou odlišné přesností získaných ploch a tím i cenou a vhodnou oblastí použití. V těchto oblastech se hovoří o dvou termínech týkajících se procesu snímání tvaru součásti a to o skenování a digitalizaci.

Skenování se používá při výrobě obráběcích nástrojů, výrobě forem, výrobě lisovacích nástrojů, v leteckém průmyslu, v klenotnické výrobě, v medicíně, při výrobě forem na výrobu čokoládových figurek. Využití je prakticky všude, kde je třeba reprodukovat komplexní tvarové plochy.

Během skenování se analogová skenovací sonda pohybuje po povrchu předmětu a je vyhodnocována zpětná vazba o kontaktu s tímto povrchem a vyhodnocuje velikost výchytky měřicího doteku. Čas skenování je pak cca o 30 ÷ 60 % kratší než čas digitalizace.

Digitalizace používá k sejmutí bodů z povrchu modelu dotekovou spínací sondu. Snímání dat probíhá stavěním souřadnic X a Y a snímáním polohy bodu v ose Z. Z toho vyplývá, že čas digitalizace je velmi ovlivněn právě rychlostí poježdění stroje v osách X a Y.

9.2 DEFINICE PRACOVNÍHO PROSTORU

Definice pracovního prostoru pro NC obrábění je velmi důležitou součástí práce v CAM systémech. Jako hlavní zahrnuje:

- Definici nulového bodu
- Definici pracovních os

9.2.1 NULOVÝ BOD

Nulovým bodem rozumíme počátek souřadného systému pro NC obrábění. Z důvodu zajištění přesné polohy nástroje vůči obrobku je po upnutí obrobku na NC stroj nutné nastavit X, Y, Z souřadnice nulového bodu. K nulovému bodu vztahuje CAM systém všechny výpočty ohledně drah nástroje, proto musí být tento bod velice snadno zjistitelný přímo na obrobku upnutém na pracovním stole stroje.

9.2.2 PRACOVNÍ OSY

S nulovým bodem pracovní osy plně definují polohu obrobku vzhledem k nástroji. Orientace os X, Y, Z vychází z ustavení polotovaru na pracovním stole stroje.

9.3 POMOCNÉ ÚPRAVY

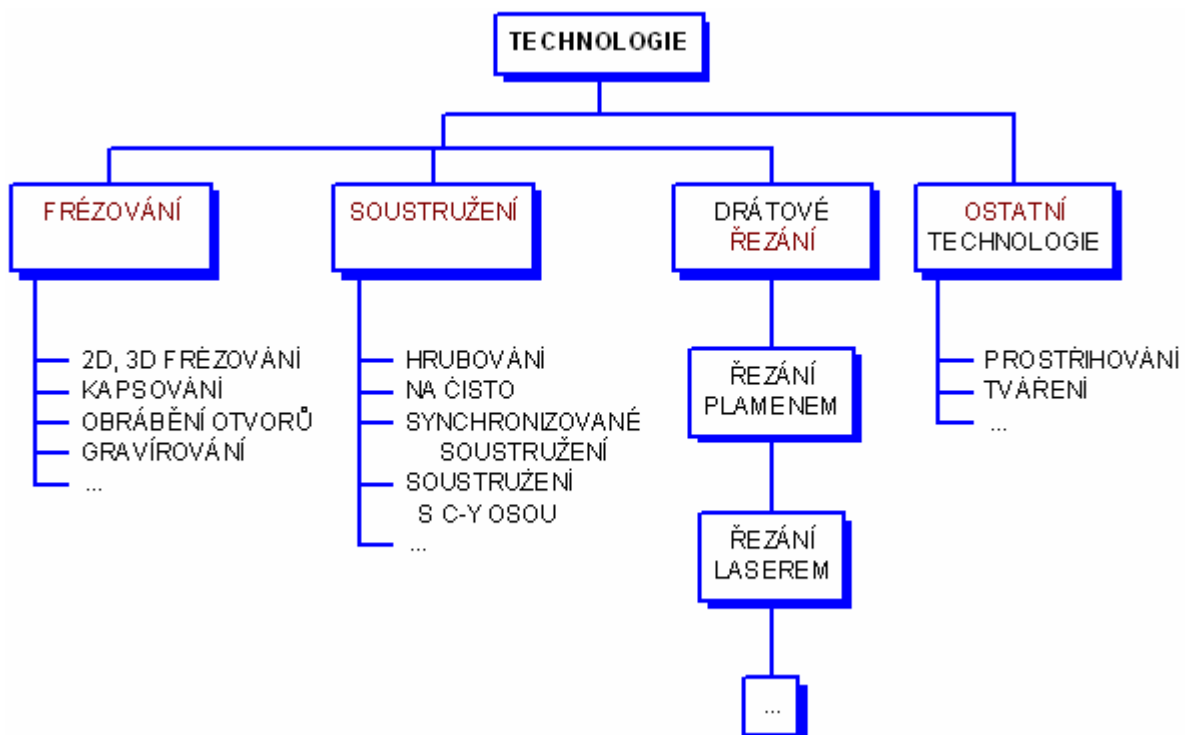
Před tvorbou technologie je v některých případech pro přehlednost nutné skrýt některé pomocné konstrukce. CAD/CAM systémy používají pro skrytí rozličných nástrojů od práce s hladinami až po skrývání jednotlivých geometrických útvarů.

Mezi další úpravy je možné také zahrnout pomocné plochy pro obrábění. Lze jimi zakrýt např. otvory či drážky na obrobku, které mohou způsobit problémy při tvorbě technologie.

9.4 TECHNOLOGIE

Nejpoužívanější technologie nasazené v CAD/CAM systémech jsou znázorněny v následujícím diagramu.

Obrázek 90 - Technologie podporované CAM systémy



9.5 POSTUP TVORBY TECHNOLOGIE

Před začátkem tvorby technologie je zapotřebí znát několik základních údajů týkajících se procesu obrábění. Mezi tyto hodnoty patří výchozí údaje pro tvorbu NC programu jako je např.:

- Definice obrobku
 - materiál obrobku
 - výchozí polotovar
- Definice nástroje
 - výběr z knihoven nástrojů
 - tvorba nových nástrojů
- Údaje o stroji a řídicím systému
 - postprocesor

CAM

9.5.1 MATERIÁL OBROBKU

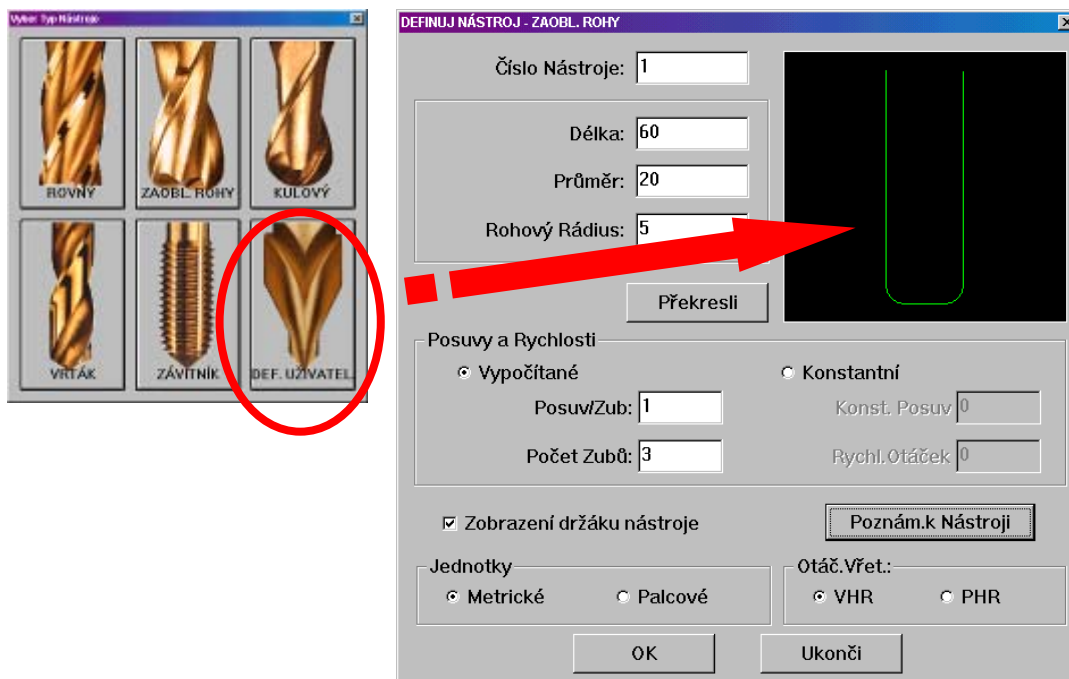
Pro volbu materiálu obrobku existují v CAD/CAM systémech knihovny materiálů. Databáze běžných materiálů lze doplnit o nový druh jednoduchým zapsáním v textovém editoru v předepsaném formátu. Hlavním údajem je řezná rychlost a popřípadě informace o chlazení. Tyto údaje jsou výchozí pro generování řezných podmínek CAD/CAM systémem (rychlost, otáčky, posuvy apod.), které je možné editovat a měnit v průběhu tvorby technologie.

9.5.2 DEFINICE NÁSTROJE.

Pro podporu definice nástroje jsou některé z CAD/CAM systémů vybaveny knihovnami, které obsahují nejrozšířenější typy nástrojů. Knihovny je možné jednoduše doplnit o uživatelem definované nástroje.

Definice vychází ze zadání geometrie tvaru nástroje (případně držáku) a obsahuje základní údaje týkající se charakteristických vlastností nástroje (tvar, rozměry, posuv na zub, směr otáčení apod.), ze kterých se následně odvíjí volba řezných podmínek.

Obrázek 91 - Tvorba nástroje v systému AlphaCAM



9.5.3 ÚDAJE O STROJI A ŘÍDÍCÍM SYSTÉMU

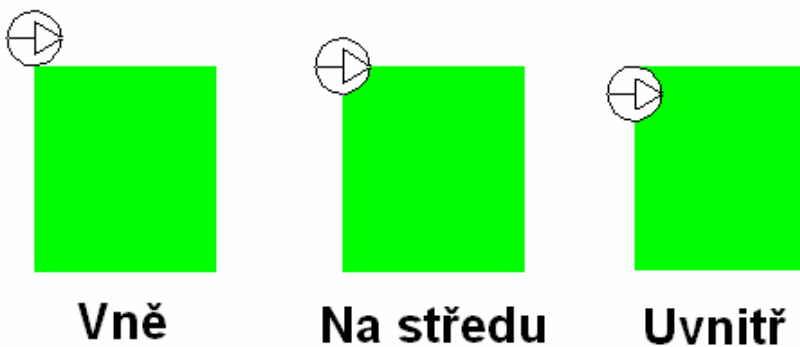
Údaje o stroji, na kterém bude obrábění probíhat, a jeho řídicím systému v sobě zahrnuje postprocessor, který převádí CL data CAM systému do kódu řídicího systému stroje.

9.5.4 ÚDAJE O POHYBU NÁSTROJE

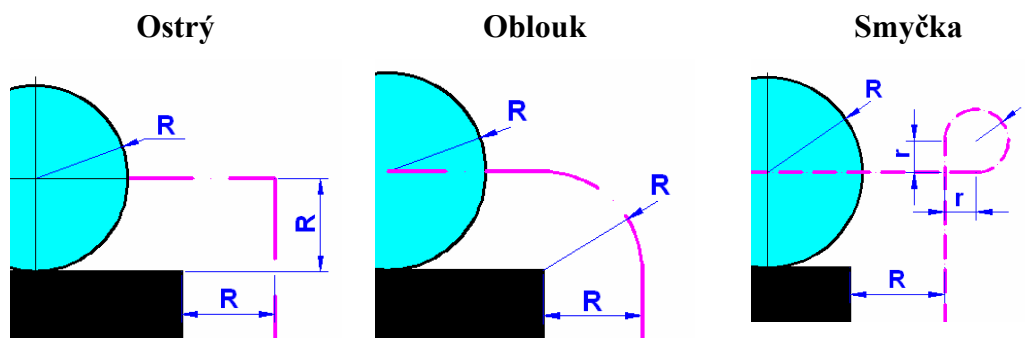
Po stanovení základních údajů přicházejí na řadu informace o pohybu nástroje, které lze interaktivně měnit podle požadavků technologa. Mezi nejdůležitější parametry obrábění patří:

- Řezné podmínky
 - řezná rychlost
 - otáčky
 - posuvy
 - hloubky záběrů
- Směr otáčení vřetene
 - Vpravo
 - vlevo
- Směr pohybu nástroje
- Startovací bod na geometrii
- Poloha nástroje vzhledem ke geometrii
 - Vpravo (Uvnitř)
 - Na geometrii
 - Vlevo (Vně)
- Způsob obrábění rohů
 - Ostře
 - Obloukem
 - smyčkou

Obrázek 92 - Poloha nástroje vůči geometrii



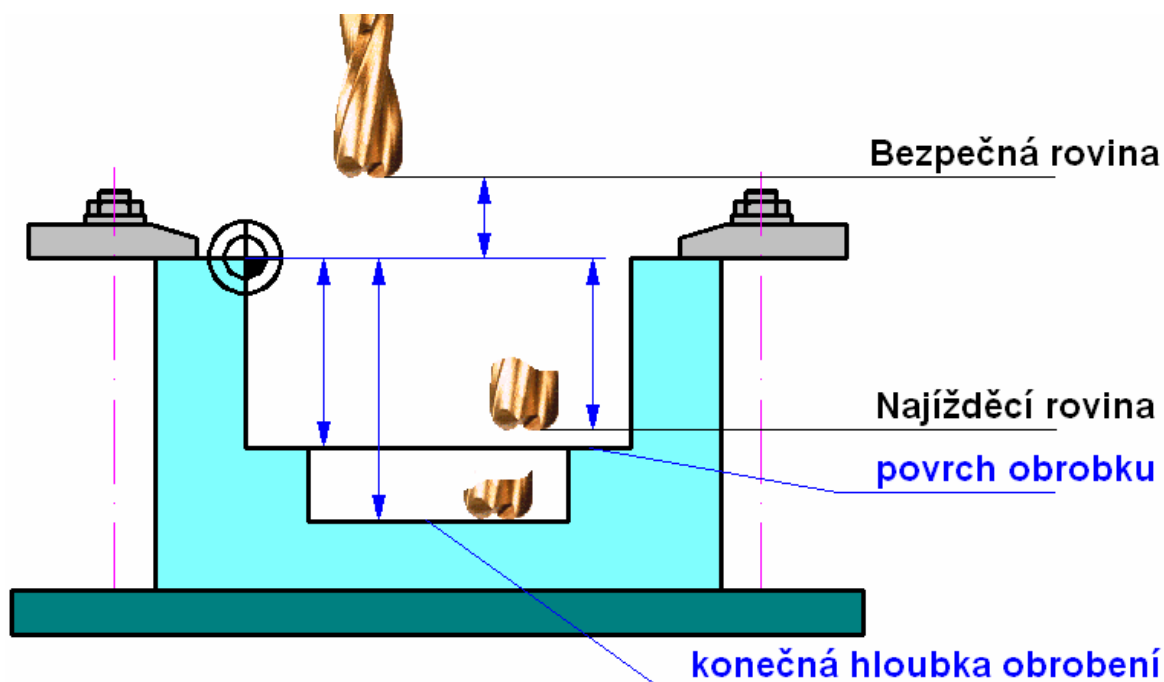
Obrázek 93 - Způsoby obrábění rohů



Pro bezpečnou práci nástroje je při jednotlivých úsecích nutné definovat roviny pro pohyb nástroje při některých specifických úkonech v Z-ose. Patří mezi ně definice:

- [Roviny rychloposuvu](#)
- [Najížděcí roviny](#)
- Povrchu materiálu
- Konečné hloubky obrobku.

Obrázek 94 - Specifické roviny v absolutních souřadnicích osy Z



9.5.5 KOREKCE

Při tvorbě drah nástroje se předpokládá, že nástroj, který bude použit pro obrábění, má určité jmenovité rozměry. Při změně těchto rozměrů nástroje by došlo ke změně rozměrů, případně i tvaru obrobku. Aby nebylo nutné znovu opravovat program po každé změně rozměrů nástroje, umožňuje většina řídicích systémů provádět automaticky korekci programované dráhy.

Změna rozměrů jednotlivých nástrojů se nastavuje společně s údajem o smyslu změny do vnitřní paměti řídicího systému.

V CAM systémech je možné zvolit vhodný typ korekce nebo obrábět bez korekce. Zvolená korekce se následně odrazí v NC programu. V CAM systémech je možné zvolit například:

- Dráha nástroje bez korekce
- Klasická korekce (G41, G42) pro obrábění – odskok se řídí poloměrem nástroje
- Korekce pro opotřebení nástroje (Střed + G41, G42) – odskok se řídí opotřebením nástroje.

9.5.6 PŘÍDAVKY A CHLAZENÍ

Systému je potřeba zadat případnou hodnotu přídatku na obrábění, který představuje přídavek materiálu ponechaný pro provedení další zamýšlené operace.

Také je možné zadat vybraný způsob chlazení, který se však odrazí až ve výsledném NC kódu. Podle použitého stroje a jeho řídicího systému je možné zvolit například:

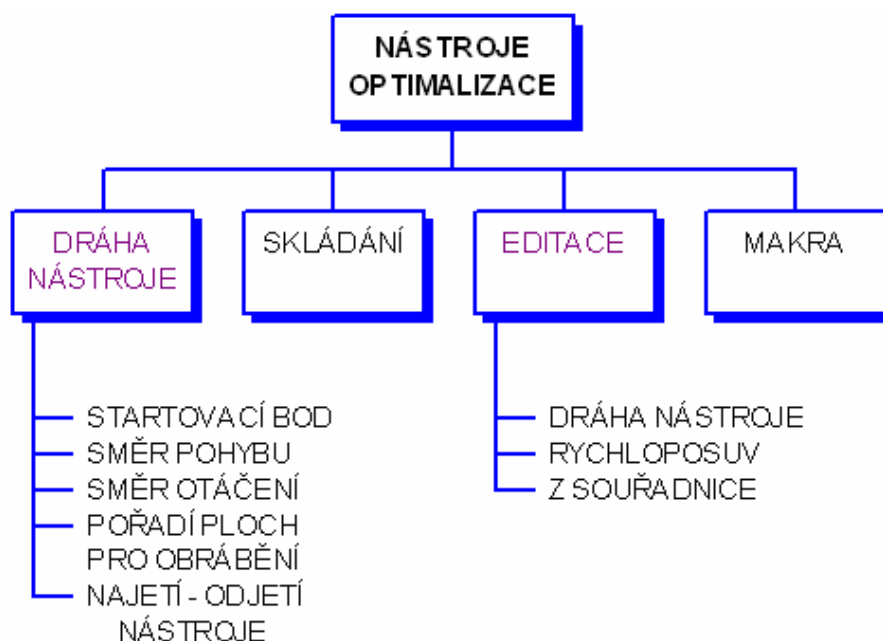
- chlazení vypnuto,
- chlazení zapnuto,
- tlakové chlazení,
- chlazení nástrojem,
- apod.

9.5.7 OPTIMALIZACE

Tato etapa práce je nedílnou součástí průběhu tvorby výrobku. Postupným zkvalitňováním informací, které technolog získává prostřednictvím systému, dochází k nepatrným změnám, které optimalizují celý proces obrábění.

Mezi základní nástroje používané pro optimalizaci procesu obrábění lze zahrnout následující:

Obrázek 95 - Pomůcky pro optimalizování procesu obrábění

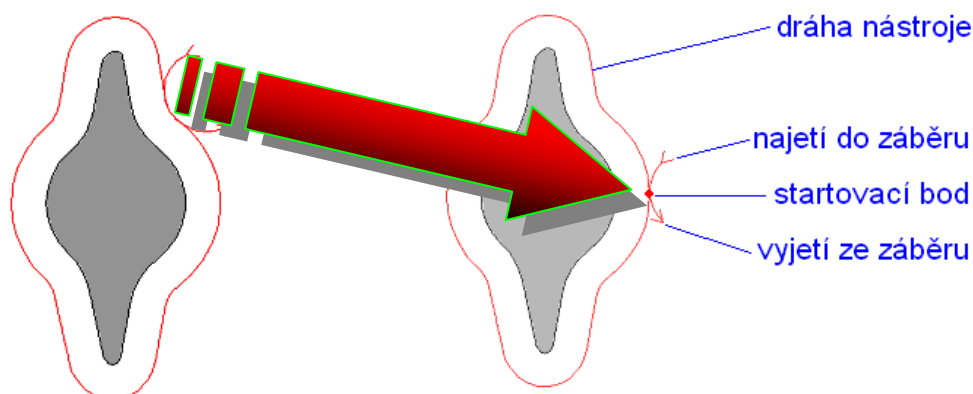


9.5.7.1 OPTIMALIZACE DRÁHY NÁSTROJE

STARTOVACÍ BOD

Umístění startovacího bodu je velmi důležité z hlediska najetí a odjetí nástroje. Tento bod představuje místo, kde začíná nástroj obrábět zadanou geometrii, z toho důvodu musí být umístěn na snadno dostupném místě co nejbližší aktuální poloze nástroje.

Obrázek 96 - Změna polohy startovacího bodu



9.5.7.2 SMĚR POHYBU, SMĚR OTÁČENÍ

Pokud to CAD/CAM systém umožňuje je možné směr pohybu popř. směr otáčení nástroje operativně měnit v závislosti na nástroji a požadavcích výroby.

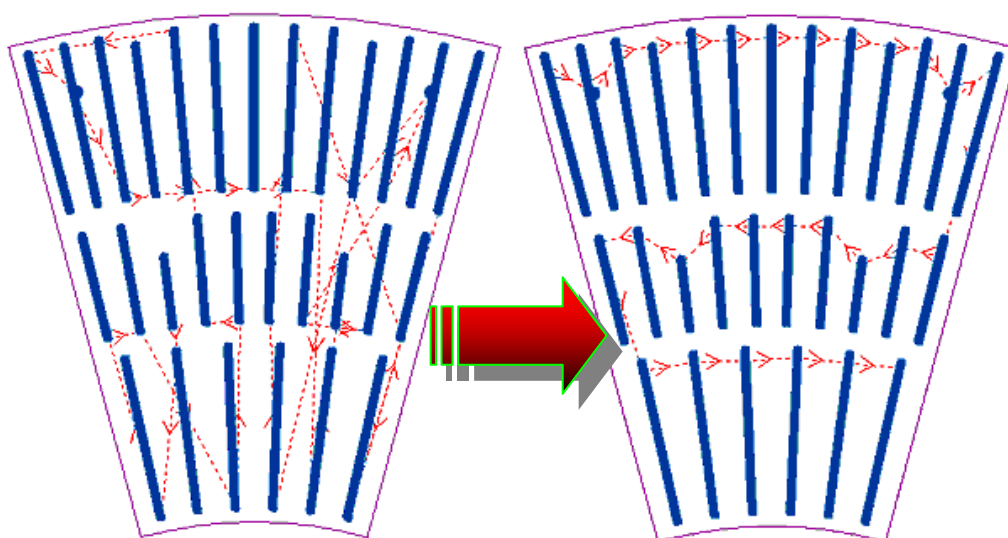
9.5.7.3 POŘADÍ OBRÁBĚNÍ

Jestliže zadáváme při definování příslušné technologie obrábění více geometrií (díry, drážky, zahloubení apod.), generují některé systémy dráhu nástroje v závislosti na pořadí tvorby geometrie.

Takto vzniklá dráha nemusí být vždy optimální. U CAD/CAM systémů lze dráhu nástroje optimalizovat buď automaticky nebo ručně přesně podle představ technologa.

Na následujícím obrázku je znázorněn příklad optimalizace dráhy nástroje při obrábění drážek na součásti. Tím, že provedeme optimalizaci dráhy nástroje, snížíme délku strojního času a tím se spoří náklady spojené s výrobou.

Obrázek 97 - Ukázka optimalizace dráhy nástroje při frézování drážek



9.5.7.4 NAJETÍ A ODJETÍ NÁSTROJE

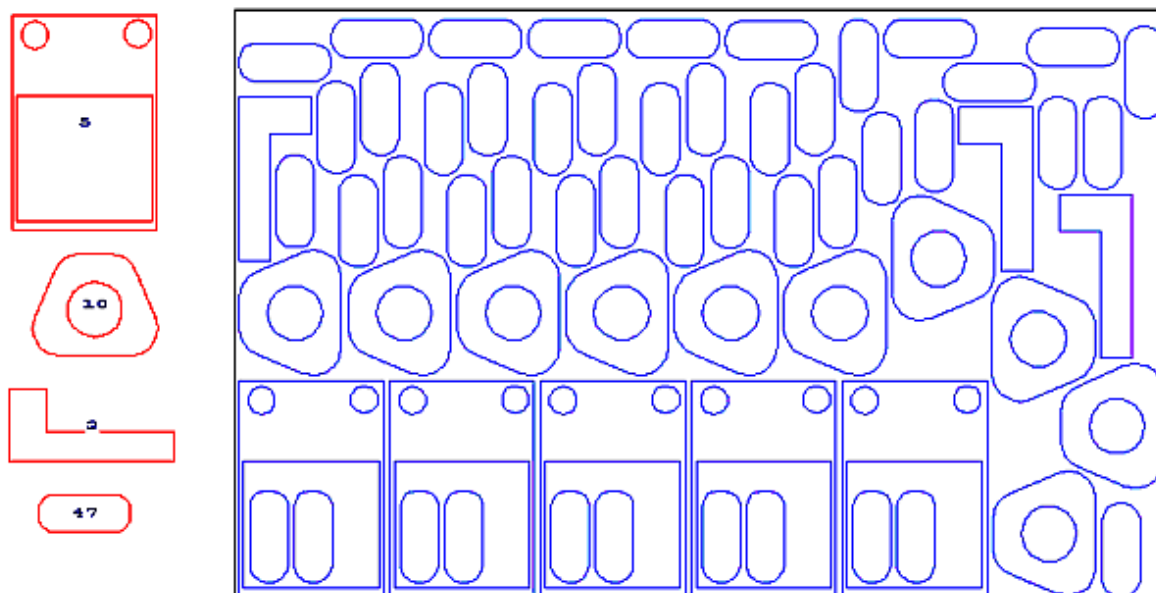
Dráhu najetí a odjetí nástroje lze podle možností systému zadat buď ručním způsobem nebo automaticky. Existují standardní dráhy typu přímka, oblouk, po spirále, cik-cak, apod. Dovoluje-li to CAD/CAM software, je možné tuto dráhu zadat libovolnou křivkou.

9.5.8 SKLÁDÁNÍ

Další velmi výkonnou součástí některých CAD/CAM systému je skládání. Tato funkce zajišťuje maximální využití materiálu polotovaru a tím i minimalizaci odpadu při technologiích typu drátové řezání, řezání plamenem, laserem, vodním paprskem apod.

Systému je zadán tvar, počet, priorita a případná rotace součástí popř. další parametry a tvar tabule a ten součásti na tabuli rozmístí s maximální úsporou odpadového materiálu.

Obrázek 98 - Možné uspořádání součástí na tabuli



9.5.9 MAKRA

Představují určitý program obsahující posloupnost příkazů automatizujících rutinní operace v případě jejich častého používání. V dnešní souvislosti pojmu maker jde především o uživatelem definovaná makra, která představují výraznou úsporu času při tvorbě NC programu. Jedná se především o parametrické programování drah nástroje. Po vytvoření makra se do spuštěného programu vkládají data, podle kterých je nakonec vygenerována dráha nástroje.

Vyspělejší systémy vážou NC dráhy na parametrické hodnoty rozměrů aktuálního modelu obrobku, čímž odstraňují nutnost tvorby maker při rozdílných rozměrech série výrobků. Další možné využití maker se nachází v oblasti nasazení speciálního nářadí, které vyžaduje výrobcem definované NC dráhy.

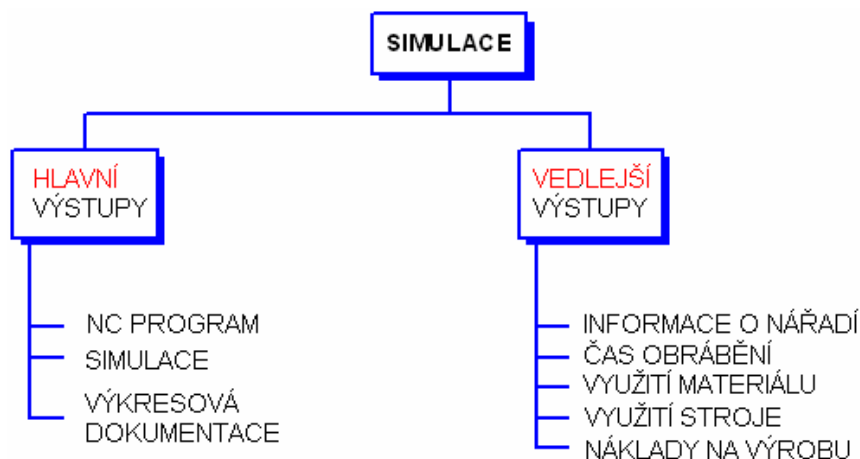
9.5.10 SIMULACE, VERIFIKACE

Hlavním úkolem soudobých CAD/CAM systémů je kromě tvorby NC programu také simulace a kontrola procesu obrábění. Při simulaci technolog za pomoci systému odhalí možné kolize nástroje (stroje) s prvky umístěnými v pracovním prostoru, podřezání obrobku nástrojem bez možného poškození nástroje, obrobku nebo stroje. Existují systémy schopné simulovat proces obrábění od oblasti styku nástroj-obrobek přes možnost znázornit upínače nástroje a obrobku až po vizualizaci pohybů jednotlivých kinematických mechanismů stroje.

9.5.10.1 SIMULACE

Samotnou simulaci NC obrábění v oblasti nástroj-obrobek je možné provést několika rozdílnými způsoby. Každý z nich představuje určité výhody podle specifických vlastností procesu. Možnosti simulace lze podrobněji rozdělit dle následujícího obrázku:

Obrázek 99 - Pomůcky pro optimalizování procesu obrábění

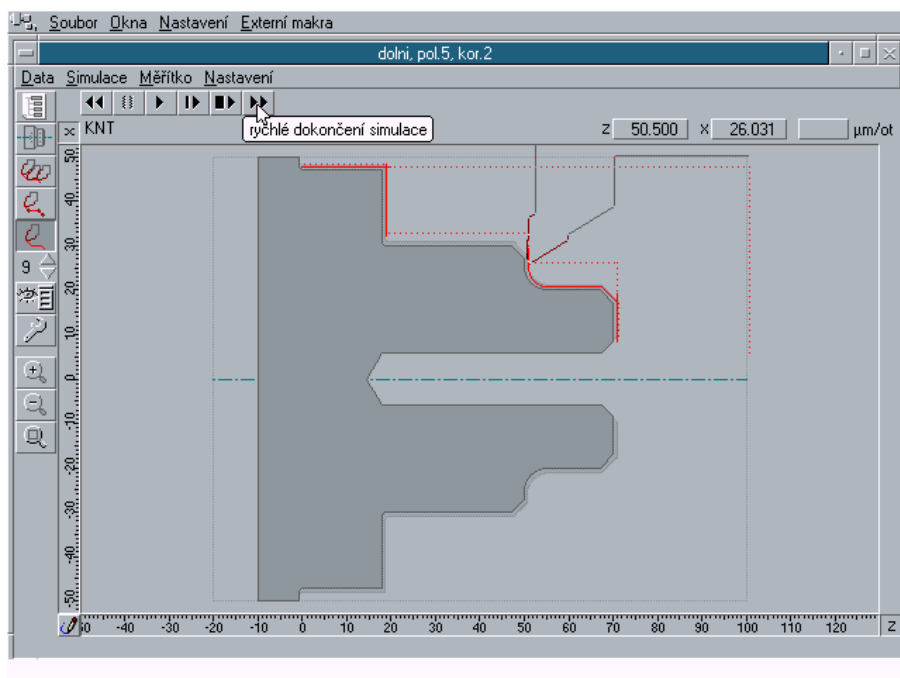


SIMULACE VE 2D PROSTORU

Vizualizace pohybu nástroje ve 2D prostoru se stala velmi užitečným nástrojem minimalizujícím rizika možné kolize nástroje a obrobku a tím i jejich poškození. Umožňuje podrobně sledovat krok po kroku proces obrábění včetně aktuální polohy nástroje a aktuálních řezných podmínek.

CAM

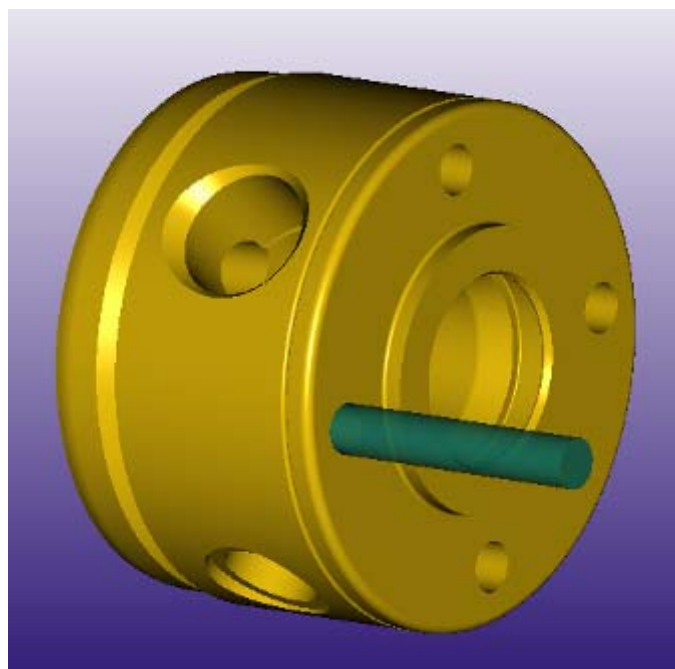
Obrázek 100 - Simulace soustružnické operace v systému Kovoprog



SIMULACE VE 3D PROSTORU

U některých CAD/CAM systémů umožňuje 3D simulace vytvořit fotorealistický pohled na proces obrábění. Simulace může znázorňovat pohyb nástroje a popř. stopy, které za sebou zanechává. Proces lze sledovat z kteréhokoliv bodu v prostoru. V případě, že kromě modelu obrobku existují také modely upínačů součásti a nástroje, je možné kontrolovat možnou kolizi nástroje s obrobkem či upínačem.

Obrázek 101 - 3D simulace soustruženého obrobku v systému alphaCAM



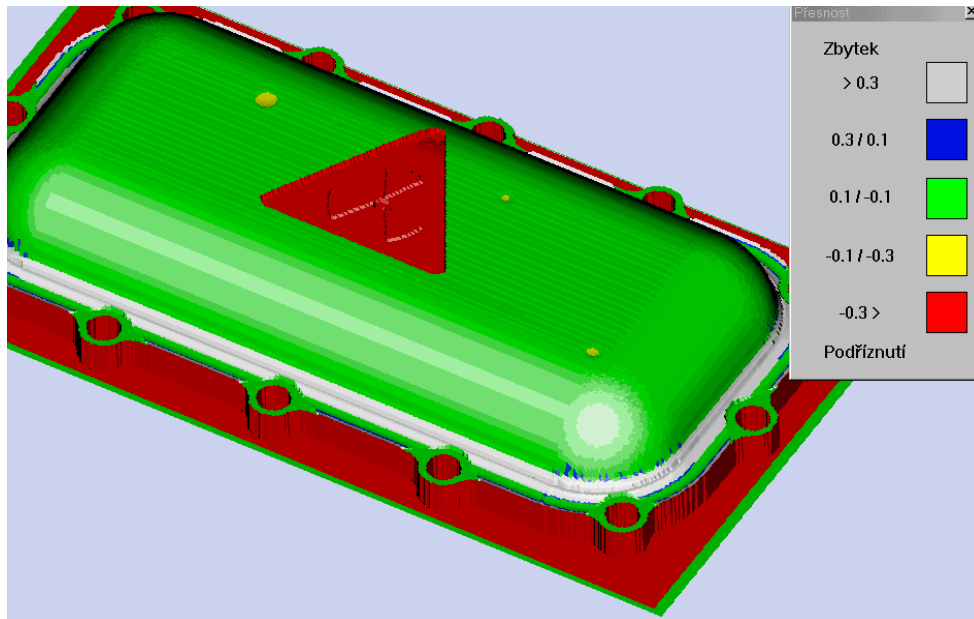
9.5.10.2 VERIFIKACE

Z důvodů ověřování a sledování problematických částí procesu obrábění obsahují CAM systémy například:

- KONTROLU PŘESNOSTI OBROBENÍ

Výkonnější CAD/CAM produkty jsou schopny přepočítat a zobrazit přesnost obrobení, která bude dosažena při použití nastavených parametrů pro obrábění.

Obrázek 102 - Verifikace přesnosti v systému AlphaCAM



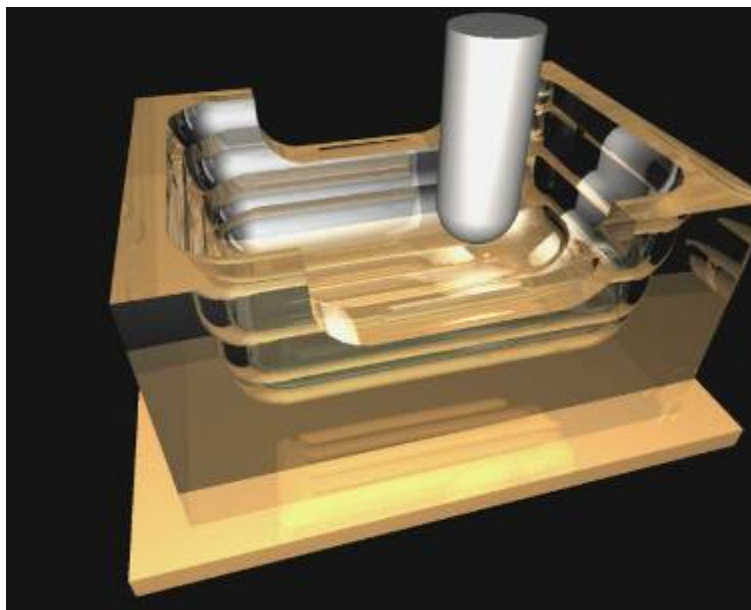
- DEFINOVANÉ ŘEZY

Libovolně definovanými řezy získává technolog přesné údaje o obrobených plochách (hloubka vrtaných děr, drážek apod.). Umožňují zjišťovat chyby v zadávání dráhy nástroje. Na tyto definované řezy je možné nahlížet z libovolného bodu v prostoru a z nastavené vzdálenosti.

9.5.11 VIZUALIZACE

CAM systémy vybavené výkonnými nástroji pro vizualizaci a fotorealistické znázornění obrobku nebo průběhu obrábění poskytují několik dalších výhod pro jejich uživatele. Tato funkce je dobrým partnerem např. při tvorbě prezentací, nabídek apod., ale i pro odhalení dalších možných chyb vzniklých v průběhu práce v CAM systému.

Obrázek 103 - Vizualizace v systému MachineWorks



9.6 POSTPROCESSING

Výsledkem práce v CAM systémech je konečný NC program pro NC stroj. Data, týkající se dráhy nástroje, která jsou tvořena v CAM systému, jsou uvnitř systému ve formě sekvence dat v digitální formě (CL-data) a je třeba je převést do jazyka srozumitelného řídicímu systému NC stroje (textového souboru).

9.6.1 CL DATA

CL data obsahují základní údaje týkající se procesu obrábění v závislosti na parametrech vstupujících do systému v průběhu tvorby technologie. Tato data se týkají údajů o nástroji, jeho poloze, otáčkách včetně, posuvů apod.

Hlavním údajem jsou data o pozici nástroje, která obsahují polohu kontrolního bodu nástroje v průběhu operace.

9.6.2 POSTPROCESSOR

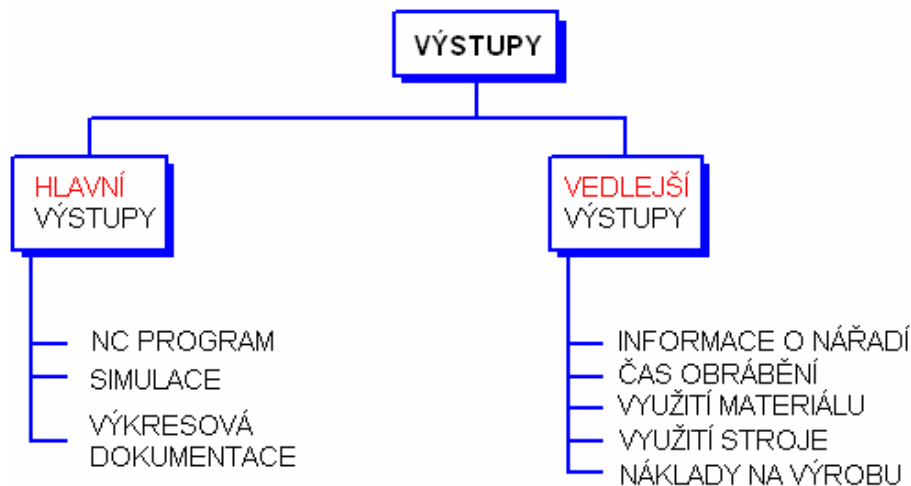
CL data, která systém vytváří, je nutné převést do formátu srozumitelného řídicímu systému stroje. Tomuto formátu říkáme NC program. Převod obecných dat do určitého NC programu zajišťuje postprocesor.

Postprocesor, je v podstatě sada instrukcí, pomocí nichž se CL data převedou do jednotlivých vět NC programu. Obsahuje základní údaje o stroji, jako rozsah otáček, posuvů, adresy používaných funkcí, proměnné, klíčová slova, apod. CAM systémy obsahují celou řadu standardních postprocesorů určených pro nejrozšířenější řídicí systémy. V některých případech je však nutné postprocesor upravit nebo dokonce vytvořit nový. Pro takovéto případy jsou CAM systémy vybaveny příslušnými editory.

9.7 VÝSTUPY

Informační výstupy získávané z CAD/CAM systémů je možné použít v mnoha oblastech činnosti podniku. Podporují různé analýzy zakázek, nákladů, využití stroje apod. Zjednodušeně lze výstupy rozdělit následujícím způsobem:

Obrázek 104 - Rozdělení informačních výstupů z CAD/CAM systémů



9.7.1 CAD VÝSTUPY

Z CAM systémů je možné exportovat do CAD systémů geometrie, které byly používány popř. pozměněny při tvorbě technologie. Pro tento export je možné použít následujících formátů, které zde byly zmíněny již dříve.

9.7.2 NC VÝSTUPY

CAD/CAM systém umožňuje NC kód vygenerovaný a pomocí vybraného postprocesoru uložit do souboru v textové podobě. Tím vznikne příslušný NC program, který je možné editovat a upravovat jak přímo na obrazovce řídicího systému stroje tak i na PC v textových editorech. Kromě NC programu je možné z CAD/CAM systému získat další informace pro stroj jako např.:

- Tabulka použitých nástrojů,
- Tabulka korekcí,
- Tabulka počátků,
- apod.

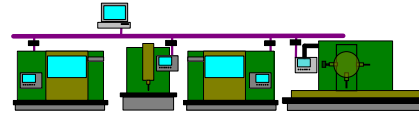
Existuje řada možností jak vyrobený NC program a další soubory informací distribuovat do řídicího systému stroje. Tento přenos lze uskutečnit za pomoci vstupních a výstupních peri-

CAM

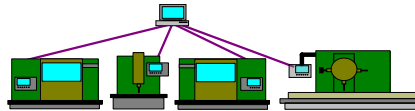
ferních zařízení prostřednictvím záznamových médií ve formě děrné pásky nebo štítku, disky.

Kromě záznamových médií je možné pro přenos informací do řídicího systému stroje použít přenos prostřednictvím následujících typů sítě:

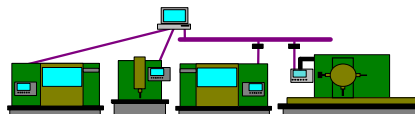
- Podniková síť LAN
- DNC síť - páteřová



- hvězdicová



- kombinovaná



9.7.3 INFORMACE O OBRÁBĚNÍ

ČAS OBRÁBĚNÍ

Mezi velmi užitečný a důležitý výstup z CAD/CAM systémů je možné počítat možnost získání celkové hodnoty času obrábění bez fyzického obrobění součásti. Přesnost hodnot časových údajů poskytovaných systémem podstatně závisí na přesnosti zadání parametrů použitého stroje (čas na výměnu nástroje apod.).

Informace o spotřebě času na výrobu určité součásti ovlivňuje rychlost a přesnost stanovení nákladnosti určité zakázky a tím zajišťuje i určitou strategickou konkurenční výhodu. Časy obdržené z CAD/CAM systémů mohou vyjadřovat:

- celková doba posuvu,
- čas přejezdů,
- čas pro výměnu nástrojů,
- apod.

9.7.4 VYUŽITÍ MATERIÁLU

Je funkce vypovídající o využití materiálu polotovaru (plechu) při daném uspořádání výrobků. Umožňuje tak posoudit různé varianty tohoto uspořádání ještě před vyrobením. Informaci o využití materiálu lze doplnit i hodnotu nákladů na výrobky a ztráty z odpadu.

9.7.5 VYUŽITÍ NÁSTROJŮ

Výstupem u CAM systému je nástrojový list, kde jsou jako výstup, využitelný pro plánování spotřeby nástrojů, strojní časy jednotlivých použitých nástrojů.

Soustruh SUF 16 CNC je výukovým strojem s velmi jednoduchou konstrukcí a dvouosým řídicím systémem, který dovoluje použít většinu obvyklých pomocných a přípravných funkcí podle DIN normy. Proti produkčním strojům chybí automatická výměna nástrojů. Konstrukce stroje má zásadní nedostatek z hlediska bezpečnosti – pracovní prostor není zakrytý.

10.1 Bezpečnost práce - Zásady při práci na stroji

Z hlediska bezpečnosti práce je nutné:

Před zahájením

- provést preventivní kontrolu stavu stroje a souvisejících zařízení
- při zjištění závady tuto nahlásit pověřené osobě
- bez odstranění závady nezačínat jakoukoli práci

Za provozu

- dodržovat pokyny a poučení pro obsluhu
- nevyřazovat ochranná zařízení z provozu
- vypnout stroj při údržbě nebo opuštění pracoviště
- při výměně nástrojů, kontrole obrobku nebo ručním upínání a odebírání obrobku zastavit vřetenem stroje a odjet do bezpečné polohy suportem
- do upínacího zařízení upínat pouze předměty, pro které je konstruováno a jejichž tvar zaručí dokonalé upnutí
- nástroje a měřidla se musí odkládat pouze na vyhrazená místa
- ruční manipulace s hnacími agregáty za chodu je zakázána
- je-li nutné, je možné odstraňovat třísku pouze pomocí k tomu uzpůsobeným nářadím, čištění stroje stlačeným vzduchem je zakázáno

Soustruh SUF 16 CNC je určen pro obrábění součástí z tyčového polotovaru do průměru 16 mm (maximální průměr, který projde vřetenem) z ocelí obvyklých jakostí, slitin hliníku a plastických hmot.

Umožňuje soustružení vnějších a vnitřních rotačních ploch, řezání závitů atd.

Programovacím jazykem jsou funkce podle normy DIN 66025.

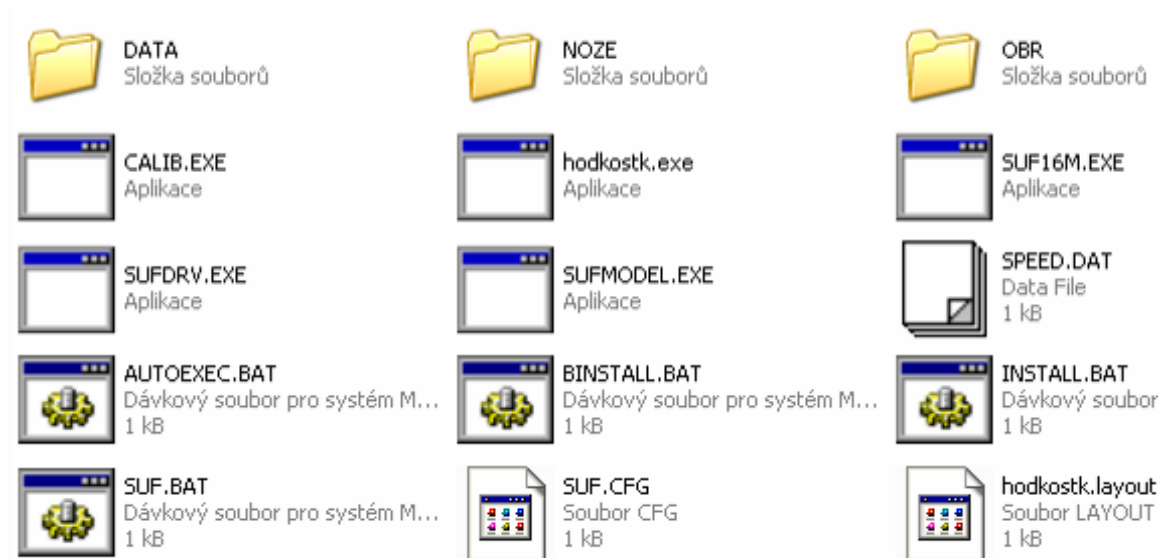
10.2 Režimy řídicího systému:

- 1) CNC editor
- 2) CNC řízení
- 3) ruční řízení
- 4) simulace obrábění

Systém se spouští pomocí souboru suf.bat, základním režimem je režim editoru

Složka SUF obsahuje podsložky a soubory:

Soustruh SUF 16 CNC



DATA - ukládají se sem programové soubory **.suf**, neuložíte-li je s jinou zadanou cestou

NOZE - obsahuje modely nožů – soubory s příponou **.nuz**

OBR - ukládají se sem soubory obrobků s příponou **.obr**

Spouštěcí soubor - **SUF.BAT** - dvojklikem na souboru se spouští systém.

10.3 CNC editor

Umožňuje vytvářet, upravovat a ukládat CNC programy. Je základním režimem. Následující obrazovka (s jakýmkoli textem) se objeví po spuštění

Obrázek 105 - Obrazovka editoru

```

D:\WINDOWS\system32\cmd.exe
F1Help F2Calc F3Start F4B-B F5Ref F6Save F7Load F8Clr F9CAD F10C/H
N 000 G29 Parametrický - "vlnitý plech"
N 004 G29 P1 = délka polotovaru
N 008 G29 P2 = Z vzdálenost vych. polohy nástroje od cela polotovaru
N 012 G29 P3 = průměr polotovaru
N 016 G29 P4 = poloměr "vlny"
N 020 G29 uvazovan u el nastaveni vedlejsiho ostri 30 stupnu
N 024 G29 nula programu na upinaci
N 028 G29 *****
N 032 P1 = 160.000
N 036 P2 = 2.000
N 040 P3 = 60.000
N 044 P4 = 14.000
N 045 G92 X P3 Z P1+P2
N 046 M3 S 400
N 048 G0 X P3-2*P4 Z P1
N 052 G2 X P3 Z P1-P4 R P4 F +100.000
N 056 FOR P1 = 160.000 TO 2000*P4 STEP -2*P4

N _
Zadej cislo bloku. Povoleny rozsah: <0-999>
  
```

Obrazovka je rozdělena na:

Titulkový řádek

Řádek s funkčními nabídkami

Okno editoru

Zadávací řádka editoru

Nápovědní řádka

tabulka 3 - Význam funkčních kláves

F1	Help	návod
F2	Calc	kalkulátor
F3	Start	režim CNC řízení kontinuální běh
F4	B-B	režim CNC řízení blok po bloku
F5	Ref	najetí do referenčního bodu
F6	Save	uložení programu na disk
F7	Load	načtení programu z disku
F8	Clr	Vymazání programu z obrazovky
F10	C/H	režim ručního řízení
Ctrl+F3		režim simulace celý program

Soustruh SUF 16 CNC

Ctrl+F4		režim simulace blok po blaku
Ctrl+F6		uložení segmentu
Ctrl+F7		čtení segmentu
Ctrl+F8		vymazání segmentu
Ctrl+F10		konec programu a návrat do DOSu

10.3.1 ZADÁVÁNÍ ČÍSEL

Čísla se zadávají s desetinnou tečkou (ne desetinnou čárkou) !!!

10.3.2 PRAVIDLA OVLÁDÁNÍ EDITORU

System umožňuje zadat v jedné větě pouze jednu pomocnou nebo přípravnou funkci. Věta má pevnou délku. Každou adresu, související s danou funkcí nabízí systém automaticky k editaci. Po zadání všech potřebných slov věty po posledním ENTER automaticky otevře zadávání nové věty.

Věta má formát:

Číslo bloku – pomocná, přípravná funkce nebo cyklus – **rozměrová slova** – (LF)

Například:

N 060 G66 X20.5 Z -27 H 1 F 100

Na začátku editace Vám editor nabídne možnost zadat číslo věty (viz obrázek)



Bud' zadáte své číslo nebo po ENTER editor zadá číslo věty s inkrementem 4 – doporučuji používat nabídku editoru, nepřijdete o možnost vložit mezi stávající věty další tři (například když se rozhodnete pro úpravu nebo zapomenete). Editor neumožňuje přečíslování vět. Věty řadí automaticky podle čísla věty od nejmenšího k nejvyššímu.

System neukládá automaticky - učiňte potřebné k tomu, abyste nepřišli o svoji práci - pravidelně po několika větách ukládejte pomocí **F6** Save.

Přípona souboru programu - .SUF. Příponu přidává ke zvolenému názvu systém automaticky.

Editor si ukládá v paměti jednotlivá slova a v případě, že se v následujících větách budou opakovat, můžete pomocí opakovaného ENTER vložit obsah paměti do významové části slova.

Hodnota jednotlivých slov, která se objeví po zadání předchozí hodnoty je okamžitě editovatelná - nemažte ji - buď ji ENTREM schválíte nebo zadáte jinou hodnotu (nabízená se přepíše).

V případě, že zadáte nesprávnou hodnotu, jste upozorněni chybovým hlášením s červenou barvou informační řádky

Když si uvědomíte chybně zadanou hodnotu v průběhu zadávání věty, přerušte zadávání pomocí ESC, znovu pomocí opakovaného ENTER větu vyeditujete a chybnou hodnotu zadáte správně.

Prohlížení programu se provádí pomocí kurzorových šipek, kláves PageUp (stránka nahoru), PageDown (stránka dolů), Home (začátek programu) a End (konec programu).

10.3.3 JAK OPRAVIT CHYBNOU NEBO ZBYTEČNOU VĚTU

K opravě nebo odstranění věty je možné použít:

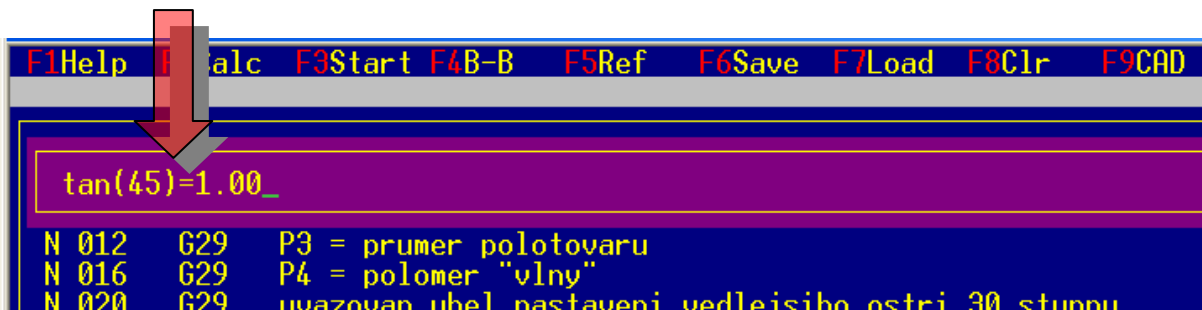
- Editaci
- Smazání

Při editaci zapište znovu číslo věty, která se bude opravovat a zadejte jiné hodnoty.

Při mazání věty napište číslo věty, která se bude mazat a zadejte funkci **G21** a potvrďte ENTERem. Věta je přepsána prázdným řetězcem.

V případě, že chcete smazat více vět, použijte mazání segmentu (části programu) pomocí klávesové zkratky **CTRL + F8**. Zadejte počáteční a koncovou větu segmentu.

10.3.4 PARAMETRICKÝ KALKULÁTOR



Volí se v režimu CNC editoru stiskem klávesy F2. Slouží k běžným aritmetickým výpočtům a k prohlížení a ke změnám hodnot parametrů.

Aritmetické výpočty:

Soustruh SUF 16 CNC

- Zadat výraz a stisknout <Enter>. Systém vypíše hodnotu.
Například: SIN(30) * 10 <Enter> =5.000

Prohlížení hodnot parametru:

- Zadat název parametru a stisknout <Enter>.
Například: P23 <Enter>

Změna hodnot parametru: Zadat název parametru, znak = požadovaný výraz a <Enter>.
Systém ohlásí, že provedl přiřazení.

Například: P23 = SIN(30) * 10 <Enter>

Základním výchozí nastavením editoru je:

- Absolutní programování
- Průměrové programování
- Posuvy v mm / minutu

To znamená, že při editaci programu programovaného v absolutním programování není nutné funkci G90 zadávat jako větu programu.

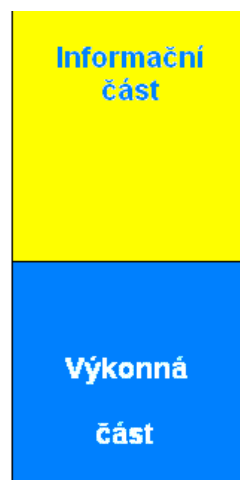
Při přechodu z jednoho typu programování do druhého, je nutné systém přepnout pomocí pomocných funkcí

G90 absolutní programování

G91 přírůstkové (inkrementální) programování

10.3.5 TEXTOVÁ POZNÁMKA

Doporučuji (lépe žádám), aby program byl rozčleněn na dvě části



V informační části by měly být vypsány všechny informace potřebné pro nastavení simulace:

- 1) poloha nulového bodu programu při absolutním programování
- 2) výchozí poloha nástroje
- 3) výčet použitých nástrojů
- 4) rozměr polotovaru případně název načítaného obrobku

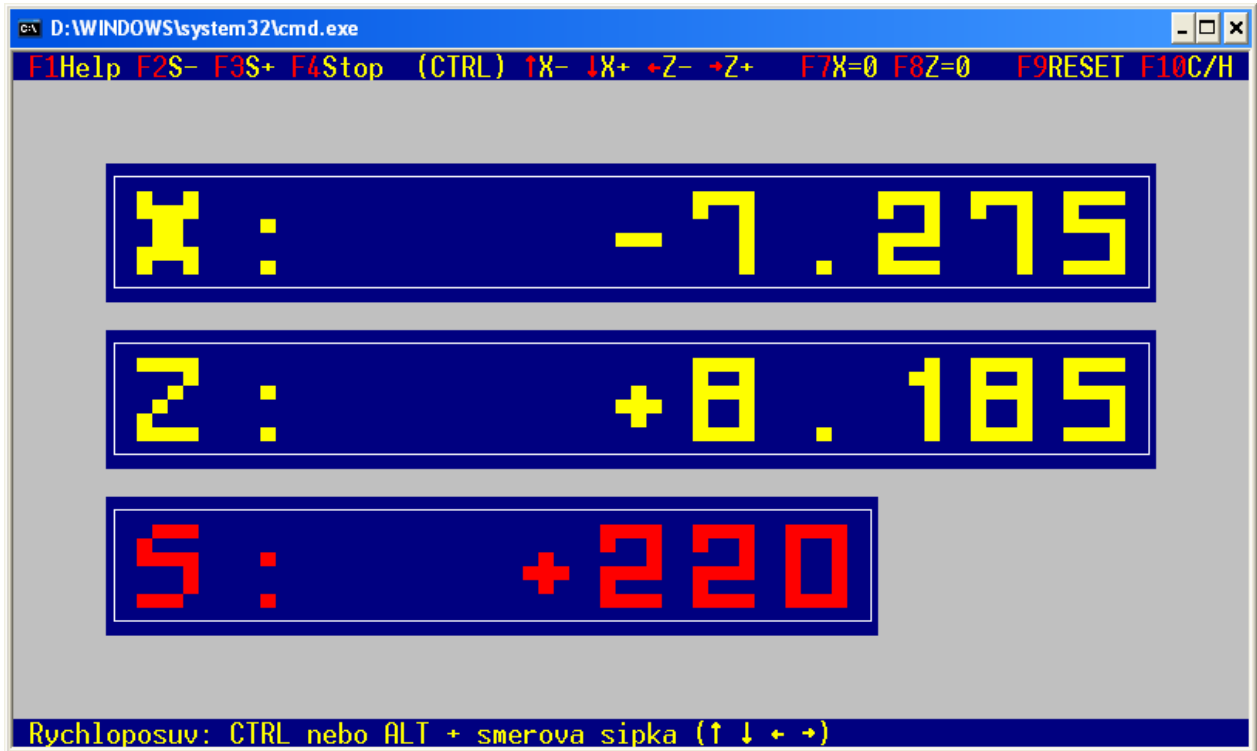
Textové poznámky se zadávají pomocí funkce **G29**

Doporučuji pomocí textové poznámky glosovat i jednotlivé klíčové věty výkonné části programu – pomohou Vám se v budoucnosti v programu snadno orientovat.

10.4 Ruční řízení

Do režimu ručního řízení se přechází z editoru stiskem klávesy F10

Obrázek 106 - Obrazovka ručního řízení



Tabulka 4 - Význam funkčních kláves

F1	Help	návod
F2	S-	zvyšování otáček ve směru CCW, snižování v CW
F3	S+	zvyšování otáček ve směru CW, snižování v CCW
F4	STOP	zastavení vřetene a nulování otáček
-X		posuv v ose X směrem k ose vřetena
+X		posuv v ose X směrem od osy vřetena
-Z		posuv v ose Z směrem k vřetenu
+Z		posuv v ose Z směrem od vřetena
F10	C/H	návrat do CNC editoru
CTRL a -X		rychloposuv v ose X směrem k ose vřetena
CTRL a +X		rychloposuv v ose X směrem od osy vřetena
CTRL a -Z		rychloposuv v ose Z směrem k vřetenu
CTRL a +Z		posuv v ose Z směrem od vřetena
CTRL a F9		zastavení vřetena a nulování souřadnic
CTRL a F10		ukončení práce a návrat do DOSu

Soustruh SUF 16 CNC

Krátký stisk směrové funkční klávesy přestaví podélný nebo příčný suport o 0,005 mm. Při podržení směrové funkční klávesy se suport posouvá plynule konstantní rychlostí.

10.5 CNC řízení

Obrázek 107 - Obrazovka CNC řízení

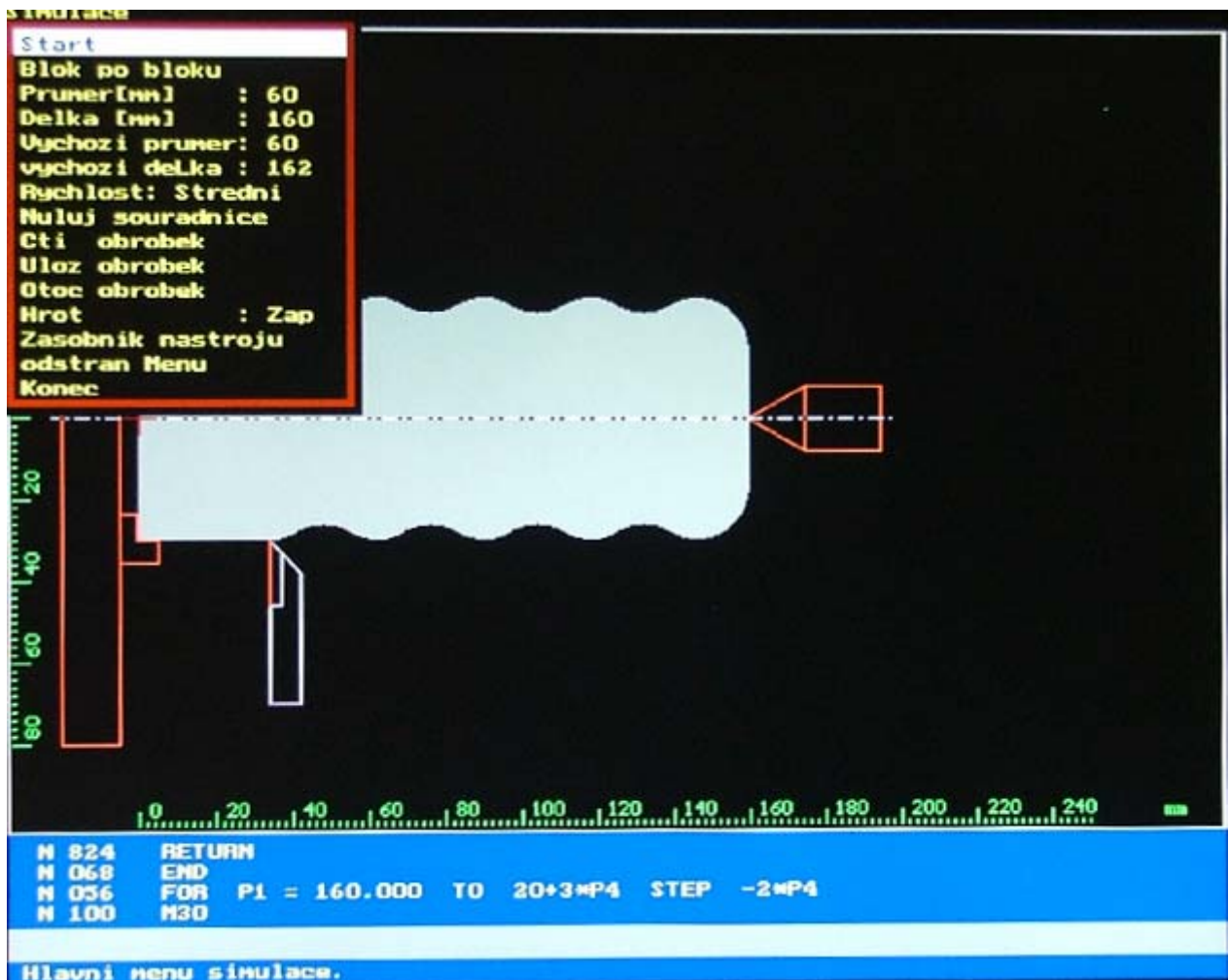
```
D:\WINDOWS\system32\cmd.exe
F1Help F5STOP
ABS, D X= +22.930 Z=+158.165 S= +400 MM/MIN.
N 00 G29 P2 = Z vzdalenost vych.polohy nastroje od cela polotovaru
N 01 G29 P3 = prumer polotovaru
N 02 G29 P4 = polomer "vlny"
N 03 G29 uvazovan uhel nastaveni vedlejsiho ostri 30 stupnu
N 04 G29 nula programu na upinaci
N 05 G29 *****
N 06 P1 = 160.000
N 07 P2 = 2.000
N 08 P3 = 60.000
N 09 P4 = 14.000
N 10 G92 X P3 Z P1+P2
N 11 M3 S 400
N 12 G0 X P3-2*P4 Z P1
052 G2 X P3 Z P1-P4 R P4 F +100.000
uhova interpolace (CW) Preruseni: Esc
```

Řádka aktuálního stavu řízení: typ programování, aktuální pozice nástrojového držáku v absolutních souřadnicích, otáčky, rozměr programovaného posuvu
Právě zpracovávaná věta programu

Do režimu se přechází z editoru stiskem **F3** (celý program) nebo **F4** (blok po bloku).
Po stisku kláves **F3** (**F4**) proběhne nejdříve test správnosti programu
Běh je možné po dokončení věty přerušit pomocí **ESC**. Uprostřed bloku pomocí **MEZERNÍ-Ku**. Další spuštění programu proběhne po stisku **ENTER**.
Při běhu lze provádění programu havarijně zastavit stiskem **F5** nebo hlavním vypínačem na krytu stroje.

10.6 Simulace obrábění

Obrázek 108 - Obrazovka simulace



Do režimu se přechází z editoru stiskem Ctrl+F3 nebo Ctrl+F4

Tabulka 5 - Menu simulace

Start	spustí simulaci
Průměr	nastaví průměr polotovaru
Délka	nastaví délku polotovaru
Výchozí průměr	nastaví výchozí průměr polohy nástroje
Výchozí délka	nastaví výchozí délku polohy nástroje
Rychlost	nastavení rychlosti provádění simulace
Nulování souřadnic	nastaví nulový bod na špičku nástroje
Čti obrobek	načte obrobek z knihovny polotovarů
Ulož obrobek	uloží obrobek do knihovny polotovarů
Otoč obrobek	otočí obrobek kolem osy X

Soustruh SUF 16 CNC

Hrot	podepření obrobku koníkem
Zásobník nástrojů	volba nástroje ze zásobníku nástrojů
Konec	návrat do CNC editoru

10.6.1 PRAVIDLA OVLÁDÁNÍ MENU SIMULACE

Nabídka menu se vybere buď:

- najetím kurzorovou šipkou a pro zadání otevře ENTERem
- stiskem klávesy s jediným velkým písmenem v dané nabídce

10.6.2 NASTAVENÍ NÁSTROJE V ZÁSOBNÍKU NÁSTROJŮ

1. stiskněte klávesu "Z"
2. vyberte pozici nástrojové hlavy
3. vyberte typ nástroje ze zásobníku

10.6.3 OTOČENÍ OBROBKU

Pomocí klávesy "O"

Nejdříve je nutné zastavit pomocí M05 otáčení vřetena
pomocí M00 přerušit běh programu

10.6.4 ULOŽENÍ/NAČTENÍ OBROBKU

Uložení pomocí klávesy "U"

Slouží k uložení rozměru (tvaru) obrobku a opětovnému načtení pro jinou simulaci. Obrobek se uloží pod zvoleným názvem. Soubor s popisem obrobku má příponu .OBR, kterou automaticky přidává ke zvolenému názvu systém.

Načtení obrobku se provede pomocí klávesy "C" a výběrem souboru obrobku.

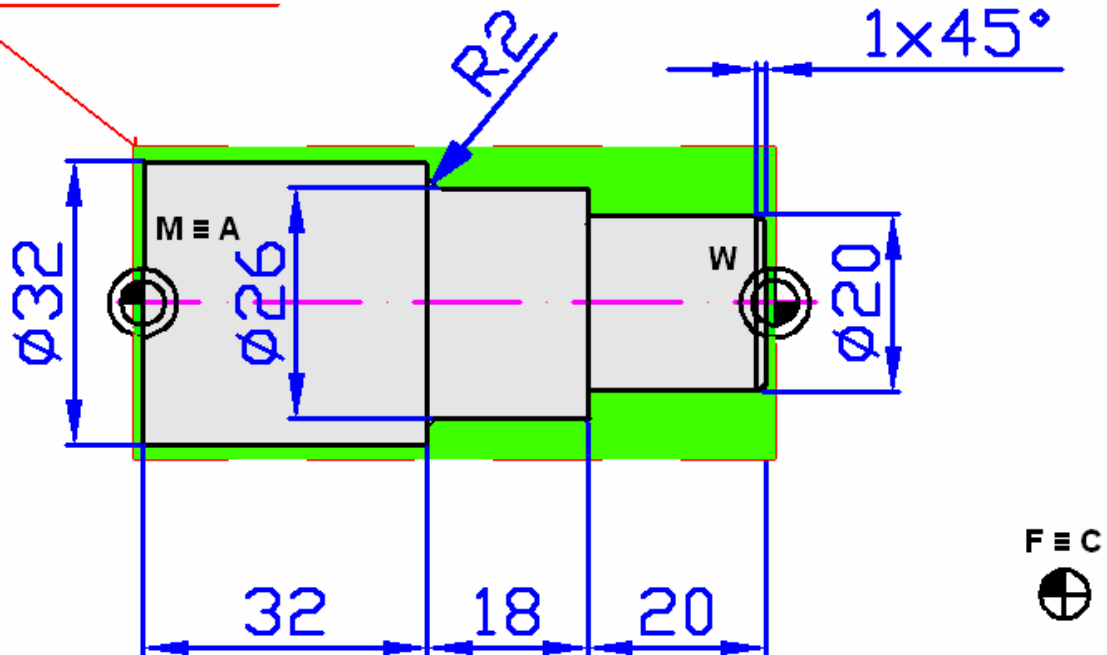
10.7 Postup činností před zhotovením programu

- 1) Rozbor výkresu součásti
- 2) Určení způsobu upnutí polotovaru
- 3) Vypracování technologického postupu
- 4) Zvolení nástrojů a řezných podmínek
- 5) Nakreslení technologického náčrtu
 - určení nulového bodu obrobku
 - vyznačení upnutí
 - vyznačení úběru materiálu
 - označení přechodových bodů

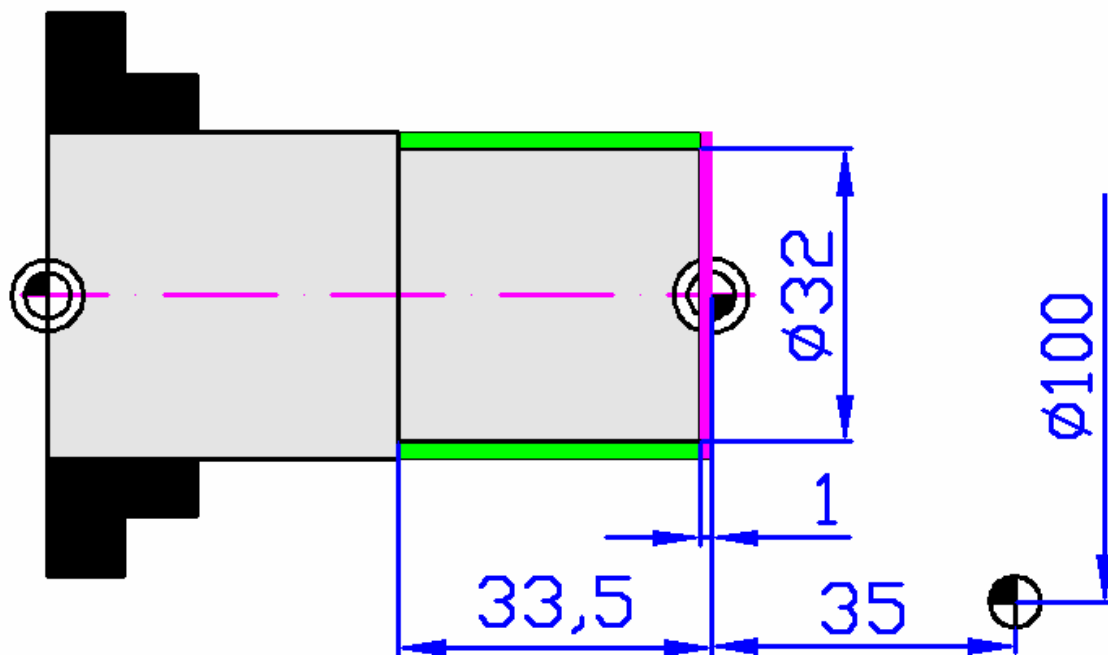
- 6) provedení nezbytných výpočtů
- 7) vypsání souřadnic přechodových bodů
- 8) Vypracování programu

Obrázek 109 - Technologický náčrt – Výchozí polotovar a konečný obrobek

Polotovar $\varnothing 35 \times 72$



Obrázek 110 - Technologický náčrt – Význačné body, upnutí, hrub. třísky – první upnutí

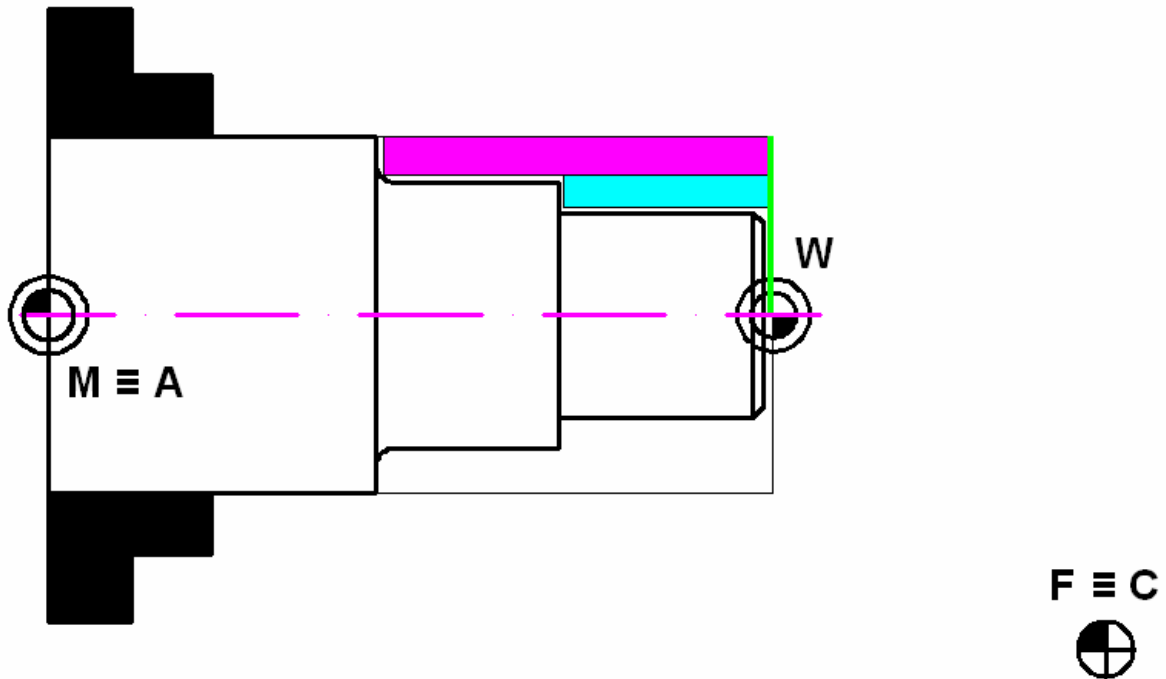


a) Zarovnání čela na čisto

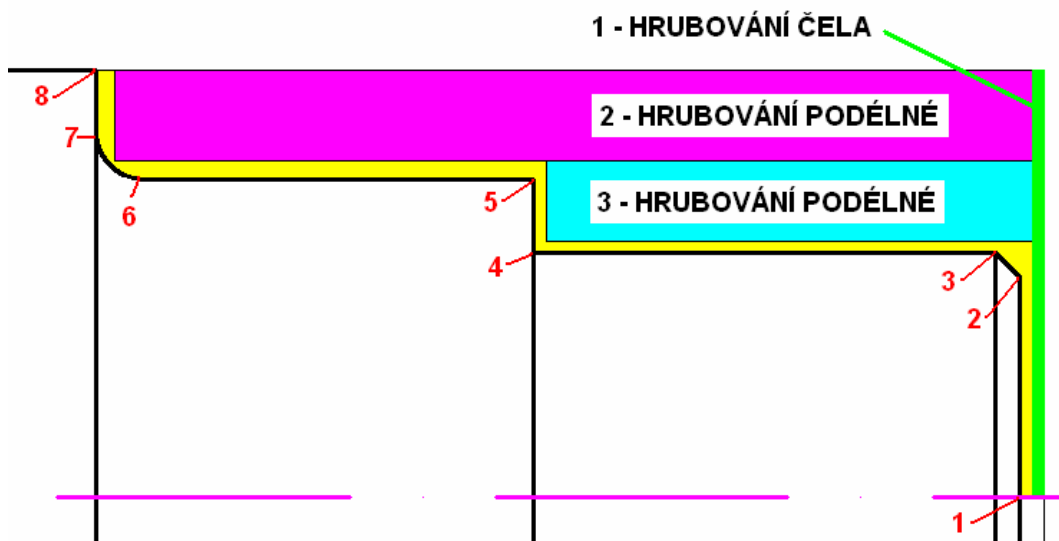
Soustruh SUF 16 CNC

- b) Průměr 32,5 – podélný hrubovací cyklus
- c) Průměr 32 – na čisto
- d) Vyjetí nástroje do výchozí polohy
- e) Vypnout otáčky vřetena
- f) Programový stop M 00
- g) Otočení a upnutí polotovaru

Obrázek 111 - Technologický náčrt – Význačné body, upnutí, hrub. třísky – druhé upnutí



Obrázek 112 - Technologický náčrt – Body pohybu na čisto



10.8 Používané pomocné funkce

10.8.1 G00 RYCHLOPOSUV

Syntaxe

G00 X 3.3 Z 3.3

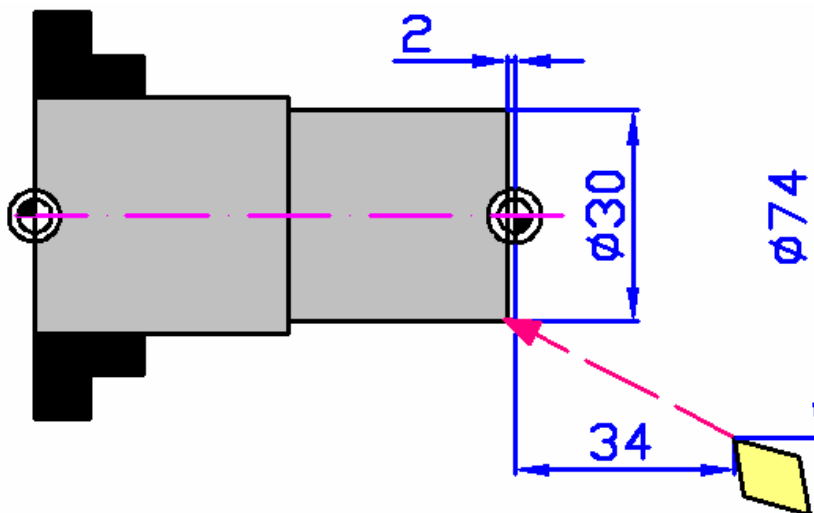
X Souřadnice kolmá na osu rotace (průměr)
Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka)
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

Popis

Nástroj přejede maximální možnou rychlostí po nejkratší možné dráze z výchozího do koncového bodu nebo se posune o zadané souřadnice.

Musí se použít vždy, když nástroj přejíždí a neobrábí.
Velikost rychloposuvu je zadána v paměti strojních konstant

Příklad 3



Absolutně programované

Slovně:

Nástroj se přesune do bodu, který vůči nulovému bodu programu (obrobku) leží na průměru 30 mm (osa X) a 2 mm vlevo od nulového bodu programu (osa Z).

NC kód:

N 100 G00 X30 Z-2

Soustruh SUF 16 CNC

Přírůstkově (inkrementálně) programované

Slovně:

Nástroj se přesune do bodu, který vůči stávající poloze leží na poloměru o 22 mm menším (osa X) a o 36 mm vlevo (osa Z).

NC kód:

N 100 G00 X-22 Z -36

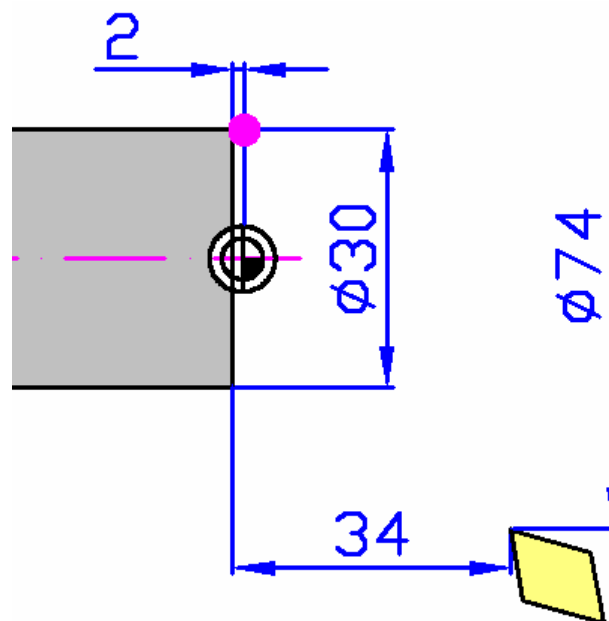
Při přírůstkovém programování X souřadnici zjistíte jako rozdíl x - souřadnice koncového bodu pohybu a x - souřadnice počátečního bodu pohybu. Obě souřadnice se udávají jako poloměrové. Vyjádřeno vzorcem:

$$X = x_{k(R)} - x_{s(R)}$$

Z souřadnici zjistíte jako rozdíl z - souřadnice koncového bodu pohybu a z - souřadnice počátečního bodu pohybu.

$$Z = z_k - z_s$$

Příklad 4



Má-li nástroj najet do bodu, označeného fialovým terčem, bude NC kód:

Absolutně programované

N 104 G00 X-30 Z 0

Přírůstkově (inkrementálně) programované

N 104 G00 X-52 Z -32

10.8.2 G01 LINEÁRNÍ INTERPOLACE

Syntaxe

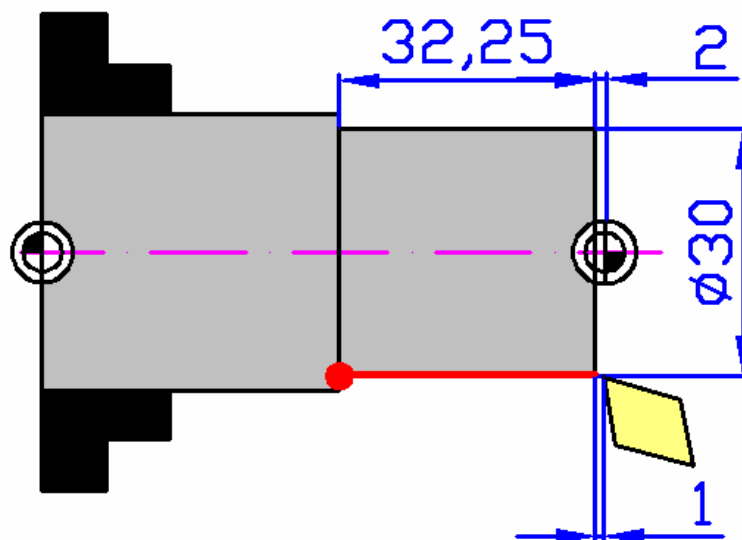
G01 X 3.3 Z 3.3 F 4.

- X Souřadnice kolmá na osu rotace (průměr)
- Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka)
- F Posuv (výchozí nastavení v mm/min)
- 3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
- 4 čtyři desetinná místa

Popis

Nástroj přejede po nejkratší možné dráze (PŘÍMCE) z výchozího do koncového bodu nebo se posune o zadané souřadnice zadanou rychlostí (posuvem)
Používá se vždy, když nástroj obrábí

Příklad 5



Absolutně programované

Slovně:

Nástroj se přesune do bodu, který vůči nulovému bodu programu (obrobku) leží na průměru 30 mm (osa X) a 34,25 mm (2 + 32,25) vlevo od nulového bodu programu (osa Z). Rychlost přesunu (posuv) je definován ve slově F.

Výchozím nastavením je posuv v milimetrech za minutu. V případě jeho použití, je nutné si uvědomit, že posuv na otáčku je závislý na nastaveném počtu otáček vřetena.

NC kód:

Soustruh SUF 16 CNC

N 100 G01 X30 Z-34.25 F100

Přírůstkově (inkrementálně) programované

Slovně:

Nástroj se přesune do bodu, který vůči stávající poloze leží na stejném poloměru (osa X) a o 33,25 mm vlevo (osa Z).

NC kód:

N 100 G01 X0 Z-33.25 F100

10.8.3 G02 KRUHOVÁ INTERPOLACE VE SMĚRU HODINOVÝCH RUČEK

Syntaxe

G02 X 3.3 Z 3.3 R 3.3 F 4.

X	Souřadnice kolmá na osu rotace (průměr)
3.3	tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
Z	Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka)
R	Poloměr dráhy pohybu
F	Posuv (implicitně v mm/min)
4	čtyři desetinná místa

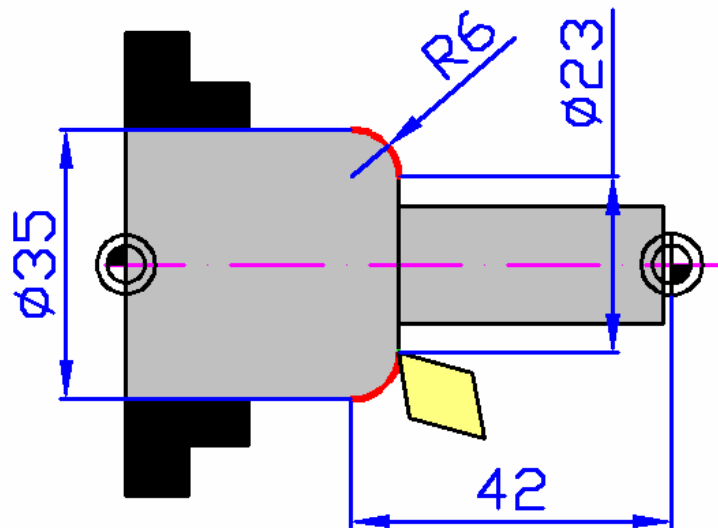
Popis

Nástroj přejede po kruhové dráze (KRUŽNICI) z výchozího do koncového bodu nebo se posune o zadané souřadnice ve směru hodinových ruček zadanou rychlostí (posuvem).

Maximální programovatelný středový úhel oblouku	180°
Poloměr oblouku	0,01 - 80 mm
Velikost posuvu	0,01-1000 mm/min

Používá se jen když nástroj obrábí

Příklad 6



Absolutně programované

Slovně:

Nástroj se po kruhovém oblouku s poloměrem 6 mm ve směru hodinových ručiček přesune do bodu, který vůči nulovému bodu programu (obrobku) leží na průměru 35 mm (osa X) a 42 mm vlevo od nulového bodu programu (osa Z). Rychlost přesunu (posuv) je definován ve slově F.

NC kód:

N 100 G02 X30 Z-42 R6 F100

Přírůstkově (inkrementálně) programované

Slovně:

Nástroj se po kruhovém oblouku s poloměrem 6 mm ve směru hodinových ručiček přesune do bodu, který vůči stávající poloze leží na poloměru o 6 mm větším (osa X) a o 6 mm vlevo (osa Z).

NC kód:

N 100 G02 X 6 Z-6 R6 F100

10.8.4 G03 KRUHOVÁ INTERPOLACE VE SMĚRU HODINOVÝCH RUČEK

Syntaxe

G03 X 3.3 Z 3.3 R 3.3 F 4.

X Souřadnice kolmá na osu rotace (průměr)

Soustruh SUF 16 CNC

- 3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
- Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka)
- R Poloměr dráhy pohybu
- F Posuv (implicitně v mm/min)
- 4 čtyři desetinná místa

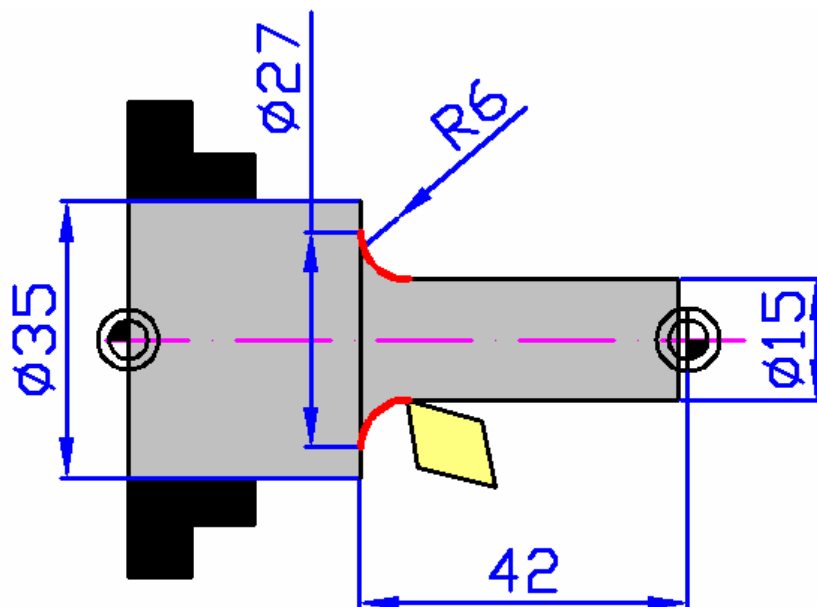
Popis

Nástroj přejede po kruhové dráze (KRUŽNICI) z výchozího do koncového bodu nebo se posune o zadané souřadnice ve směru hodinových ruček zadanou rychlostí (posuvem)

Maximální programovatelný středový úhel oblouku	180°
Poloměr oblouku	0,01 - 80 mm
Velikost posuvu	0,01-1000 mm/min

Používá se jen když nástroj obrábí

Příklad 7



Absolutně programované

Slovně:

Nástroj se po kruhovém oblouku s poloměrem 6 mm proti smyslu hodinových ruček přesune do bodu, který vůči nulovému bodu programu (obrobku) leží na průměru 27 mm (osa X) a 42 mm vlevo od nulového bodu programu (osa Z). Rychlost přesunu (posuv) je definován ve slově F.

NC kód:

N 100 G03 X27 Z-42 R6 F100

Přírůstkově (inkrementálně) programované

Soustruh SUF 16 CNC

Slovně:

Nástroj se po kruhovém oblouku s poloměrem 6 mm ve směru hodinových ruček přesune do bodu, který vůči stávající poloze leží na poloměru o 6 mm větším (osa X) a o 6 mm vlevo (osa Z).

NC kód:

N 100 G03 X 6 Z-6 R6 F100

10.8.5 G04 ČASOVÁ PRODLEVA

Syntaxe

G04 T2.

T2 čas v sekundách (maximálně 30)

Popis

Vykonávání programu je pozdrženo o zadaný čas.
Používá se například ke kontrole obrobku, odstranění třísek apod.

10.8.6 G24 POLOMĚROVÉ PROGRAMOVÁNÍ

Syntaxe

G24 bez dalších slov.

Popis

Přepne výchozí stav systému, průměrové programování. X souřadnice má význam poloměru vůči nulovému bodu

10.8.7 G 25 SKOK DO PODPROGRAMU

Syntaxe

G 25 L

L adresa první věty podprogramu nebo LABEL

LABEL - maximálně sedmiznakový řetězec, který nesmí začínat číslicí

Popis

Soustruh SUF 16 CNC

Kurzor programu skočí na číslo věty, kde začíná podprogram, nebo textový řetězec, který má stejnou funkci. Po načtení M17 – KONEC PODPROGRAMU – pokračuje kurzor na větě následující po větě s G25.

10.8.8 G 26 PROGRAMOVÝ CYKLUS

Syntaxe

G 26 L J

L adresa první věty podprogramu nebo LABEL

LABEL - maximálně sedmiznakový řetězec, který nesmí začínat číslicí

J počet opakování podprogramu

Popis

Kurzor programu skočí na číslo věty, kde začíná podprogram, nebo textový řetězec, který má stejnou funkci. Čítač průchodů načte slovo J a odečte jedna. Po načtení M17 – KONEC PODPROGRAMU – se kurzor vrátí na větu s G26, zkontroluje čítač průchodů. Je-li obsah čítače nenulový, cyklus se opakuje, v případě, že je obsah čítače nula, pokračuje kurzor větou následující po větě s G26.

10.8.9 G 27 PROGRAMOVÝ SKOK

Syntaxe

G 27 L

L adresa první věty podprogramu nebo LABEL

LABEL - maximálně sedmiznakový řetězec, který nesmí začínat číslicí

Popis

Kurzor programu skočí na číslo věty, kde začíná podprogram, nebo textový řetězec, který má stejnou funkci. Po načtení M17 – KONEC PODPROGRAMU – pokračuje kurzor na větě následující po větě s G25.

10.8.10 G 33 ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ

Syntaxe

G33 Z 3.3 K 2.3

Z koncový bod pohybu
3.3 maximálně tři místa před a za desetinnou čárkou
K stoupání šroubovice

Popis

Na válcové ploše vyřízne na jeden záběr šroubovicovou drážku se stoupáním K, končící na absolutní adrese Z.

10.8.11 G92 POSUNUTÍ NULOVÉHO BODU (NASTAVENÍ HODNOT SOUŘADNIC X;Z)

Syntaxe

G92 X 3.3 Z 3.3

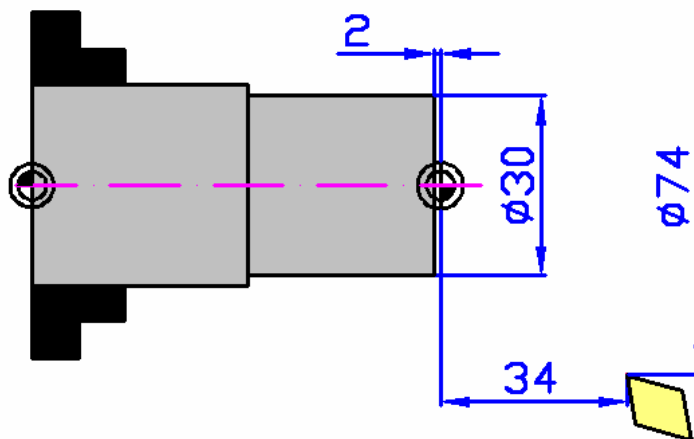
X Souřadnice posunutí kolmá na osu rotace (průměr)
Z Souřadnice posunutí rovnoběžná s osou rotace (délka)
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

Popis

Funkce relativně posune nulový bod programu do polohy špičky nástroje.
X má podle zadaného programování význam poloměru nebo průměru.

Poznámka: U jiného řídicího systému může mít G92 jiný význam – u SINUMERIKu softwarové omezení počtu otáček vřetena.

Příklad 8



Sloven:

Soustruh SUF 16 CNC

Ve výchozí pozici je nástroj vůči nulovému bodu programu na průměru 74 mm (osa X) a o 34 mm vpravo.

NC kód:

N 100 G92 X 74 Z34

10.8.12 G94 POSUV V JEDNOTKÁCH MM / MIN

Syntaxe

G94 bez dalších slov.

Popis

Nastaví zadávání posuvů v mm/minutu.

10.8.13 G95 POSUV V JEDNOTKÁCH MM / OT.

Syntaxe

G95 bez dalších slov.

Popis

Nastaví zadávání posuvů v mm/otáčku

10.8.14 G96 KONSTANTNÍ ŘEZNÁ RYCHLOST

Syntaxe

G96 bez dalších slov.

Popis

Systém v závislosti na zmenšujícím se průměru zvyšuje nastavené otáčky až do maxima.

10.8.15 G98 NAJETÍ REFERENČNÍHO BODU

Syntaxe

G98 X 3.3 Z 3.3

X Souřadnice posunutí kolmá na osu rotace (průměr)

Z Souřadnice posunutí rovnoběžná s osou rotace (délka)
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

Popis

Řídicí systém stroje nevyžaduje (nemá zpětnou vazbu odměřováním) najetí do referenčního bodu. Funkce má podobný účinek jako funkce G92.

10.9 Používané přípravné funkce

10.9.1 M 00 PROGRAMOVÝ STOP

Syntaxe

M00 bez dalších slov.

Funkce nemá žádný parametr

Popis

Zastaví posuvy a otáčky, programový kurzor zůstane v aktuální větě, stiskem klávesy ENTER pokračuje systém další větou.

Použití pro kontrolní činnosti, obracení obrobku atd.

10.9.2 M 03 START OTÁČEK PO SMĚRU HODINOVÝCH RUČEK (CW)

Syntaxe

M 03 S 4.

S otáčky v 1/min - maximum 3 000 ot./min

Popis

Nastaví smysl otáčení vřetena. Otáčky vřetena se nastavují s přírůstkem 20 ot./min.

Pomůcka pro stanovení smyslu otáček - smysl se stanovuje při pohledu od sklíčidla ke koníku.

10.9.3 M 04 START OTÁČEK PO SMĚRU HODINOVÝCH RUČEK (CW)

Syntaxe

M 04 S 4.

Soustruh SUF 16 CNC

S otáčky v 1/min - maximum 3 000 ot./min

Popis

Nastaví smysl otáčení vřetena. Otáčky vřetena se nastavují s přírůstkem 20 ot./min. Pomůcka pro stanovení smyslu otáček - smysl se stanovuje při pohledu od sklíčidla ke koníku.

10.9.4 M 05 STOP OTÁČEK

Syntaxe

M05 bez dalších slov.

Funkce nemá žádný parametr

Popis

Zastaví otáčení vřetena. Použití pro kontrolní činnosti, obracení obrobku atd. Po stisku ENTER pokračuje kurzor programu další větou.

10.9.5 M 06 NASTAVENÍ (VÝMĚNA) NÁSTROJE

Syntaxe

M 06 X 3.3 Z 3.3 T 2.

X posunutí (korekce) nástroje v ose X
3.3 maximálně tři místa před desetinnou tečkou, tři za
Z posunutí (korekce) nástroje v ose Z
T "místo v nástrojovém držáku"
2 maximálně 99 nástrojů

Popis

Ručně se do rybiny nasune nástroj označený číslem T, s korekcí danou vůči výchozímu nástroji posunutím X;Z.

Výchozí nástroj má vždy korekce rovny nule.

Korekce se nastavují až na stroji pro konkrétní nástroj

Nastavená korekce nemá žádný význam při grafické simulaci

Systém při výměně dalšího nástroje nastavenou předchozí korekci nezohlední

10.9.6 M17 NÁVRAT Z PODPROGRAMU

Syntaxe

M17 *bez dalších slov.*

Popis

Ukončuje podprogram a vrací kurzor na větu následující po větě, ze které byl podprogram volán.

10.9.7 M30 KONEC PROGRAMU

Syntaxe

M30 *bez dalších slov.*

Popis

Ukončuje program, ukončí všechny činnosti a vrací kurzor na začátek programu.

10.9.8 M99 NASTAVENÍ VELIKOSTI POSUVŮ

Syntaxe

M99 **F3.3.**

F posuv v mm/min. nebo mm/ot.
3.3 maximálně tři místa před desetinnou tečkou, tři za

Popis

Nastavuje pro následující interpolace (až do odvolání) posuv dané velikosti. V dalších interpolacích musí být zadána velikost posuvu F0 (nulový). Zadáním nenulového F je funkce odvolána.

10.10 Cykly

Jsou „programovány“ dodavatelem systému a slouží k zjednodušení práce programátora.

Nahrazují skupinu funkcí G00 a G01.

Systém sám dopočítá velikost poslední hloubku záběru.

Pro cykly platí:

- 1) Po dokončení cyklu se nástroj vrací vždy do výchozí polohy, ze které vyjížděl na začátku cyklu.
- 2) Pracovní posuvy jsou prováděny posuvem F ostatní maximální rychlostí.
- 3) Cyklus je zakončen začištěním obrobenej plochy

Soustruh SUF 16 CNC

- 4) Velikost hloubky záběru poslední třísky si systém automaticky dopočítá (hloubka záběru je větší než nula maximálně rovna H)

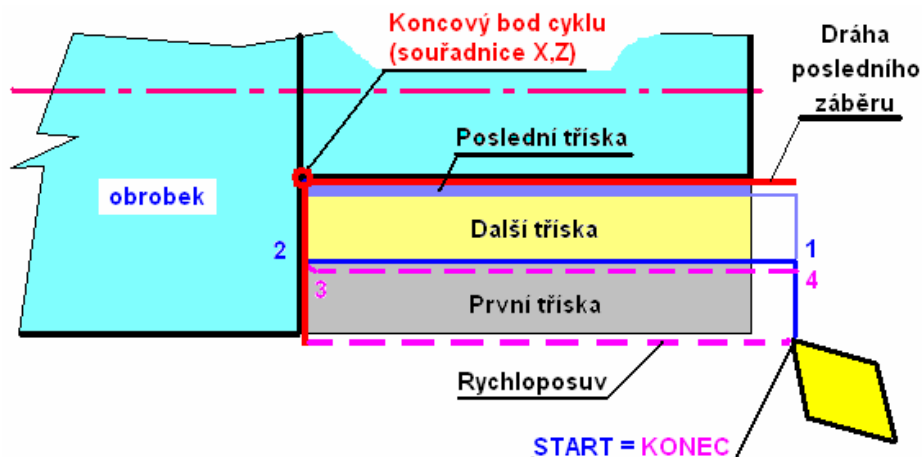
10.10.1 G64 PODÉLNÝ HRUBOVACÍ CYKLUS

Syntaxe

G64 X 3.3 Z 3.3 H 3.3 F 4.

- X Souřadnice koncového bodu posuvu nástroje kolmá na osu rotace (průměr) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
H Hloubka záběru
F Posuv (implicitně v mm/min)
4 čtyři desetinná místa

Obrázek 113 - Cyklus G64



Popis

Hrubování na válci, záběry jsou vedeny rovnoběžně s osou obrábění. Nástroj zajede do záběru o H (bod 1), dojde na zadanou Z souřadnici (posune se o Z) (2), málo vyjede rychloposuvem ze záběru (3), rychloposuvem přejde do výchozí Z souřadnice (4), a cyklus se opakuje do té doby, než se celkový úběr nerovná zadanému. Při poslední třísce najede do programované Z souřadnice, zarovná přilehlé čelo vyjetím na výchozí průměr a rychloposuvem se vrátí do výchozí polohy na začátku cyklu.

Výchozí poloha nástroje – v bezpečné vzdálenosti od čela polotovaru na průměru polotovaru

10.10.2 G66 Zápich na válci

Syntaxe

G66 X 3.3 Z 3.3 H 3.3 F 4.

- X Souřadnice koncového bodu posuvu nástroje kolmá na osu rotace (průměr) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
 3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
 Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
 H Hloubka záběru
 F Posuv (implicitně v mm/min)
 4 čtyři desetinná místa

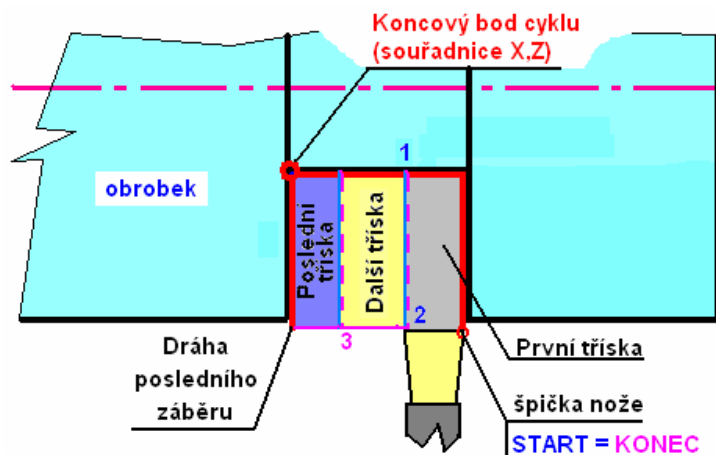
Zapichovací nůž o šířce h vytváří zápich s koncovým bodem na souřadnici X,Z nebo s celkovým posunem o vzdálenost X,Z.

Z výchozí pozice zajede do záběru kolmo k ose obrábění na (o) souřadnici X (bod 1), rychloposuvem vyjede zpět (2) a přestaví se o H (3) a cyklus se opakuje do té doby, než se celkový úběr nerovná zadanému. Při poslední třísce najede do programované X souřadnice, zarovná průměr a začáteční bok a vrátí se do výchozí pozice na začátku cyklu.

Pro volbu koncového bodu cyklu se musí zohlednit šířka zapichovacího nože nebo provést korekci nástroje.

Hloubka záběru H musí být samozřejmě menší než šířka nože h .

Obrázek 114 - Zapichovací cyklus



10.10.3 G68 ČELNÍ HRUBOVACÍ CYKLUS

Syntaxe

G68 X 3.3 Z 3.3 H 3.3 F 4.

Soustruh SUF 16 CNC

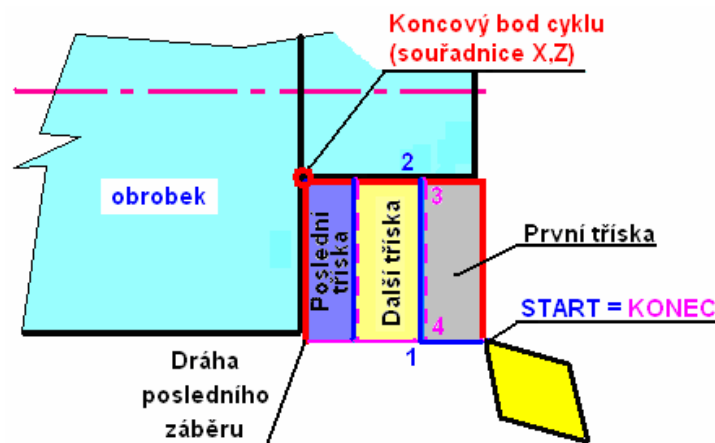
- X Souřadnice koncového bodu posuvu nástroje kolmá na osu rotace (průměr) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
H Hloubka záběru
F Posuv (implicitně v mm/min)
4 čtyři desetinná místa

Popis

Záběry jsou vedeny kolmo k ose obrábění . Nástroj zajede do záběru o H (bod 1), dojde na zadanou Z souřadnici (posune se o Z) (2), málo vyjede rychloposuvem ze záběru (3), rychloposuvem přejede do výchozí Z souřadnice (4), a cyklus se opakuje do té doby, než se celkový úběr nerovná zadanému. Při poslední tříse najede do programované Z souřadnice, zarovná přilehlou válcovou plochu a rychloposuvem se vrátí do výchozí pozice na začátku cyklu.

Výchozí poloha nástroje – v bezpečné vzdálenosti od průměru polotovaru na čele polotovaru .

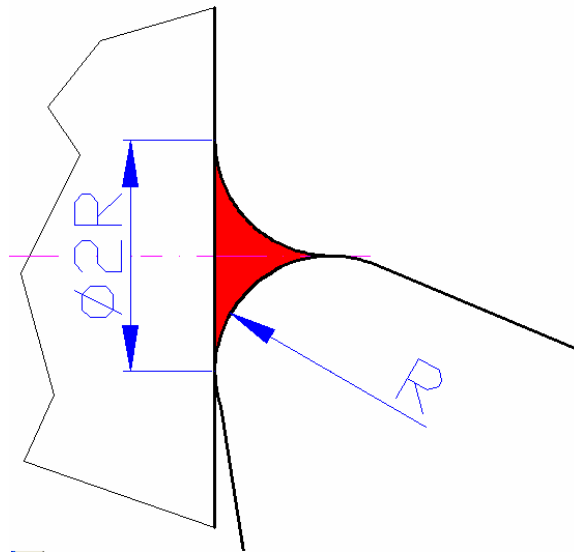
Obrázek 115 - Čelní hrubovací cyklus



Poznámka:

Při obrábění čela by měl být koncový bod pohybu o dvojnásobek poloměru špičky (při průměrovém programování) za osou, protože by mohlo dojít k nedokonalému obrobení čela – na čele zůstane zbytek (viz obrázek)

Obrázek 116 - Zbytek při obrábění na čele



10.10.4 G73 VRTÁNÍ S PŘERUŠENÍM

Syntaxe

G73 Z 3.3 H 3.3 F 4.

- Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
- 3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
- H Hloubka záběru, kdy dojde k přerušení pohybu
- F Posuv (implicitně v mm/min)
- 4 čtyři desetinná místa

Popis

Cyklus slouží k přerušení třísky u materiálů a nástrojů, kde by mohlo dojít k pěchování třísky ve vrtaném hlubším otvoru.

10.10.5 G78 ZÁVITOVACÍ CYKLUS S KOLMÝM PŘÍSUVEM

Syntaxe

G78 X 3.3 Z 3.3 H 3.3 K 1.3

- X Souřadnice koncového bodu posuvu nástroje kolmá na osu rotace (průměr) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
- 3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
- Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout

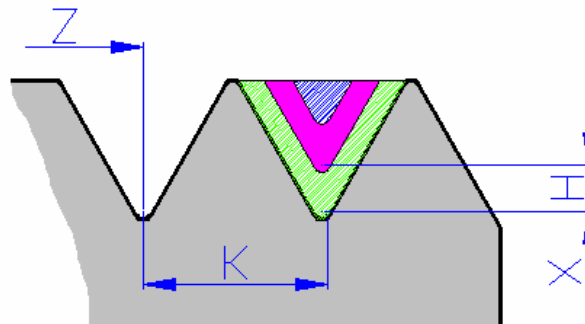
Soustruh SUF 16 CNC

- H Hloubka záběru
F Posuv (implicitně v mm/min)
1.3 jedno desetinné místo před a tři za desetinnou tečkou

Popis

Cyklus slouží k postupnému řezání závitu. Koncový bod posuvu špičky nože je dán souřadnicemi X,Z. Celková hloubka závitové mezery je rozdělena na třísky o hloubce H. Poslední třísku systém dopočítává automaticky. Závitová mezera se vytváří postupně tak, jak je naznačeno na následujícím obrázku

Obrázek 117 - Řezání závitu kolmým přísvem



10.10.6 G78 ZÁVITOVACÍ CYKLUS S ŠIKMÝM PŘÍSVEM

Syntaxe

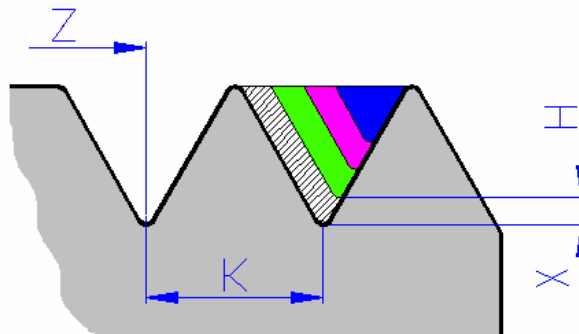
G78	X 3.3	Z 3.3	H 3.3	K 1.3
------------	--------------	--------------	--------------	--------------

- X Souřadnice koncového bodu posuvu nástroje kolmá na osu rotace (průměr) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou
Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout
H Hloubka záběru
F Posuv (implicitně v mm/min)
1.3 jedno desetinné místo před a tři za desetinnou tečkou

Popis

Cyklus slouží k postupnému řezání závitu. Koncový bod posuvu špičky nože je dán souřadnicemi X,Z. Celková hloubka závitové mezery je rozdělena na třísky o hloubce H. Poslední třísku systém dopočítává automaticky. Závitová mezera se vytváří postupně tak, jak je naznačeno na následujícím obrázku

Obrázek 118 - Řezání závitu šikmým přísvem



10.10.7 G81 VRTÁNÍ

Syntaxe

G81 Z 3.3 F 3.3

Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout

3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

F Posuv (implicitně v mm/min)

Popis

Vrtání díry do hloubky Z. Používá se pro díry obvyklých hloubek.

10.10.8 G83 VRTÁNÍ S VÝPLACHEM

Syntaxe

G83 Z 3.3 H 3.3 F 3.3

Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout

3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

H Hloubka záběru do

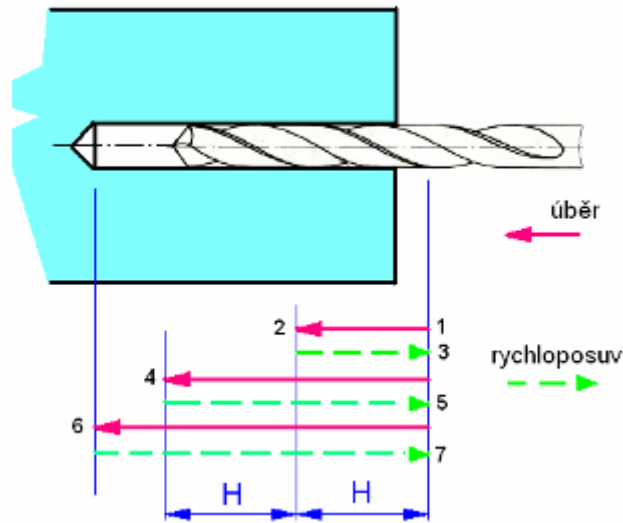
F Posuv (implicitně v mm/min)

Popis

Vrtací cyklus pro vrtání hlubokých děr s horší tvorbou třísky. Celková hloubka díry je rozdělena na záběry o hloubce H. Nástroj přejede o H a vyjede zpět ze záběru, nástroj se očistí od třísky, znovu zajede hlouběji a cyklus se opakuje až do zhotovení díry dané hloubky.

Soustruh SUF 16 CNC

Obrázek 119 - Vrtání s výplachem



10.10.9 G85 VYSTRUŽOVÁNÍ

Syntaxe

G85 Z 3.3 F 3.3

Z Souřadnice rovnoběžná s osou rotace (délka) nebo vzdálenost o kterou se má nástroj v dané ose posunout

3.3 tři desetinná místa před a tři za desetinnou tečkou

F Posuv (implicitně v mm/min)

Popis

Vystružování díry do hloubky Z.

10.11 Řezné nástroje

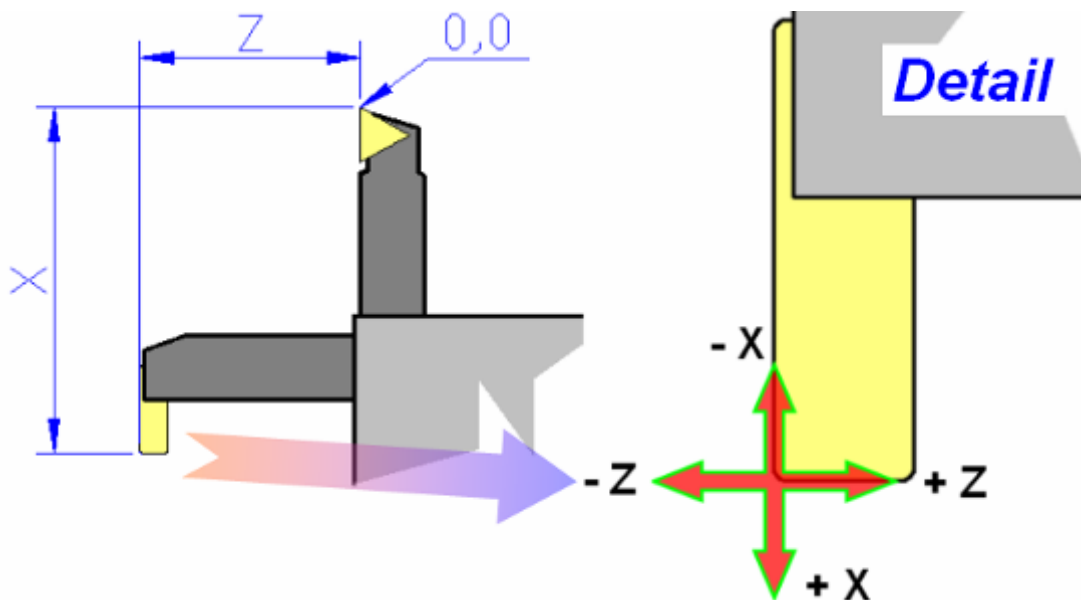
V systému SUF je nástroj volán adresou T a číslem (01 – 99).

10.11.1 Korekce nástrojů

Korekce vyjadřuje vzdálenost špičky nástroje v obou osách vzhledem k nulovému bodu nástroje (průsečíku tečen hlavního a vedlejšího ostří). Nulový bod nástroje vyjadřuje polohu špičky výchozího nástroje.

Měření se provádí pomocí seřizovacího přístroje nebo přímo na stroji pomocí mikroskopu (pozor na zobrazování – otočený obraz).

Obrázek 120 - Korekce nástroje



Korekce daného nástroje se vztahuje k nulovému bodu. To podle obrázku znamená, že X souřadnice korekce vnitřního nože je záporná (relativně zmenšuje polotovar) a Z souřadnice korekce je kladná (relativně zvětšuje polotovar)

Příklad zápisu

N12 M06	X0 Z0 T01
N16 G29	Vnější
N20 M06	X - X Z Z T02
N24 G29	Vnitřní

Soustruh SUF 16 CNC

10.12 Řezné podmínky

10.12.1 Řezná rychlost (v)

Velikost rychlosti se řídí podle:

- materiálu obrobku
- materiálu řezné části
- velikosti posuvu
- požadované trvanlivosti nástroje

10.12.2 Otáčky (S)

Určí se výpočtem nebo z normativu řezných podmínek, katalogu výrobce.

$$S = v / (\pi * D)$$

Příklad zápisu

N5 M04 **S560**

Soustruh SUF 16 CNC

Dále naznačené jednotlivé po sobě jdoucí kroky se při tvorbě programu v podstatě prolínají. K vyrobení hotové součásti vede nejen jediná správná cesta, jednotlivé úseky operace je možné řadit různě, požadavek minimálních nákladů na výrobu ale možnosti omezuje.

Krok první.

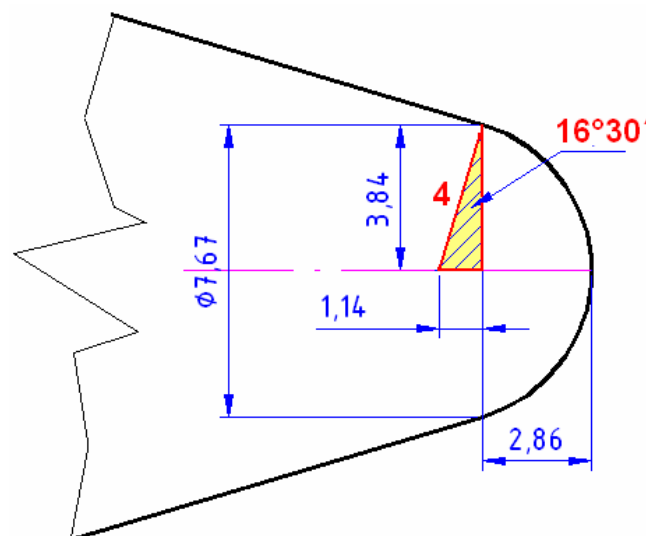
Kontrola, zda je výkres dostatečně okótován pro potřeby programování

Závěry

Na kuželové části chybí pro potřeby ručního programování okótovaná pozice přechodového bodu (oblouk – přímka) a maximálního průměru kuželu.

Řešení

Obrázek 123



Zjištění souřadnic vychází z pravoúhlého trojúhelníku (obrázek výše), u kterého známe velikost přepony a úhel sevřený přeponou a odvěsnou (polovina vrcholového úhlu kuželu). Pomocí goniometrických funkcí sinus a cosinus potom vypočteme velikost odvěsen a z toho plynoucí souřadnice bod, který programujeme – přechodový bod mezi kruhovou a lineární interpolací. Maximální průměr kuželu má řešení podobné.

Krok druhý

Rozhodnutí o použitém způsobu programování.

Závěry

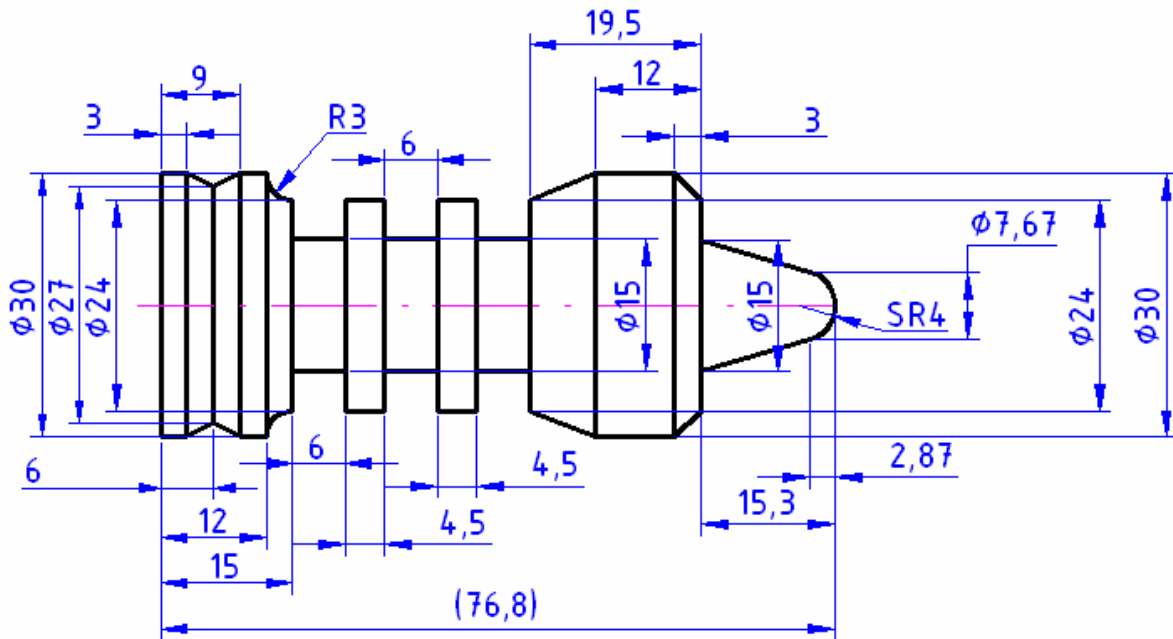
Při volbě se může vycházet z tvaru obrobku a uspořádání technologických prvků (pravidelné rozteče, opakované tvary apod.) nebo preferencí programátora apod.

Řešení

S volbou způsobu programování je spojena (při absolutním programování) volba nulového bodu programu. Ten sice může být zvolen libovolně, ale z hlediska programování je výhodné, aby byl umístěn na ose vřetene (odpadne případné „dopočítávání“ souřadnic X). V řešení úlohy umístíme nulový bod programu do osy vřetene na upínací plochu upínače.

Je na programátorovi, aby výkres okótoval tak, aby kóty odpovídaly potřebám programování.

Obrázek 124 – Náčrt obrobku



Krok třetí

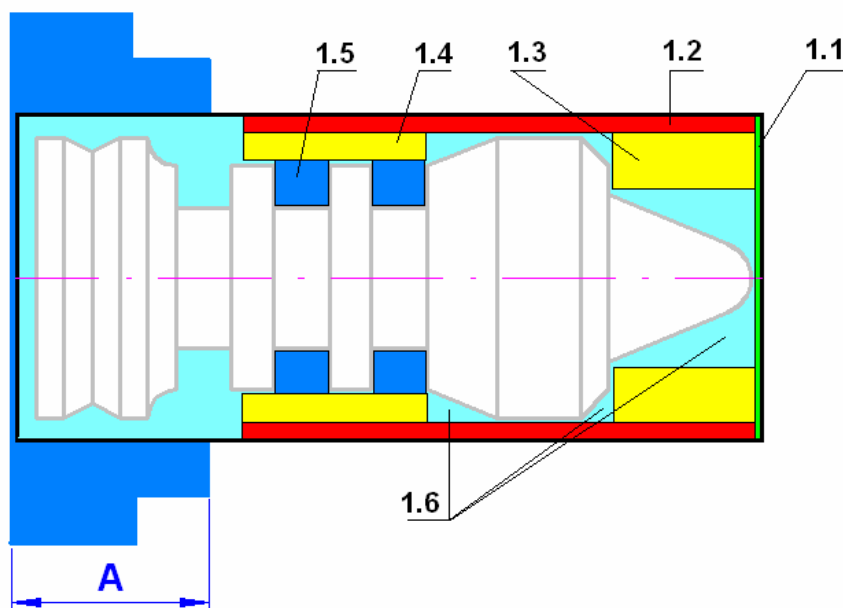
Rozhodnutí o postupu obrábění a s tím souvisejícím způsobu upnutí polotovaru

Závěry

Vzhledem k tomu, že je dán požadavek na obrobení všech ploch na obrobku, je nutné polotovar obrobit z obou stran, tedy přepnout (obrátit a upnout) polotovar ve sklíčidle

Řešení

Obrázek 125 - Upnutí 1 - hrubování



Soustruh SUF 16 CNC

Obrábět se bude postupně.

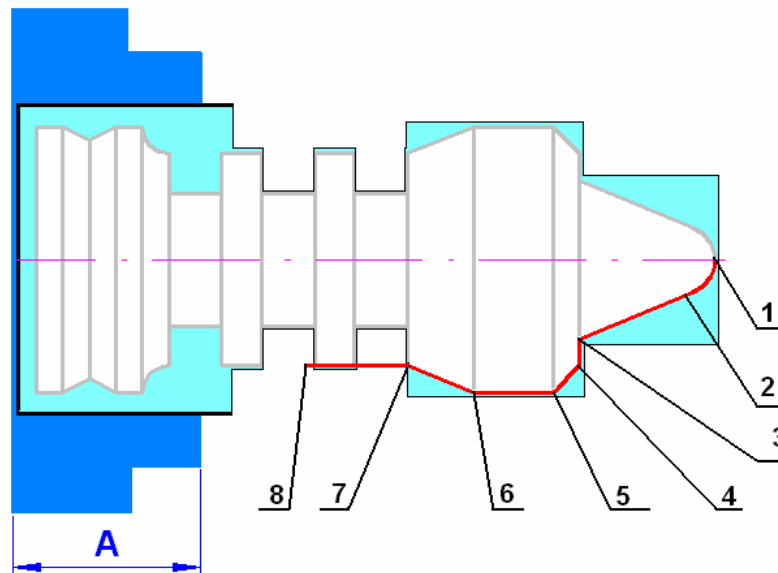
Pro hrubování použijeme hrubovací cykly v pořadí:

- 1.1 čelní
- 1.2 podélný
- 1.3 podélný
- 1.4 podélný
- 1.5 zápich na válci

Poznámka:

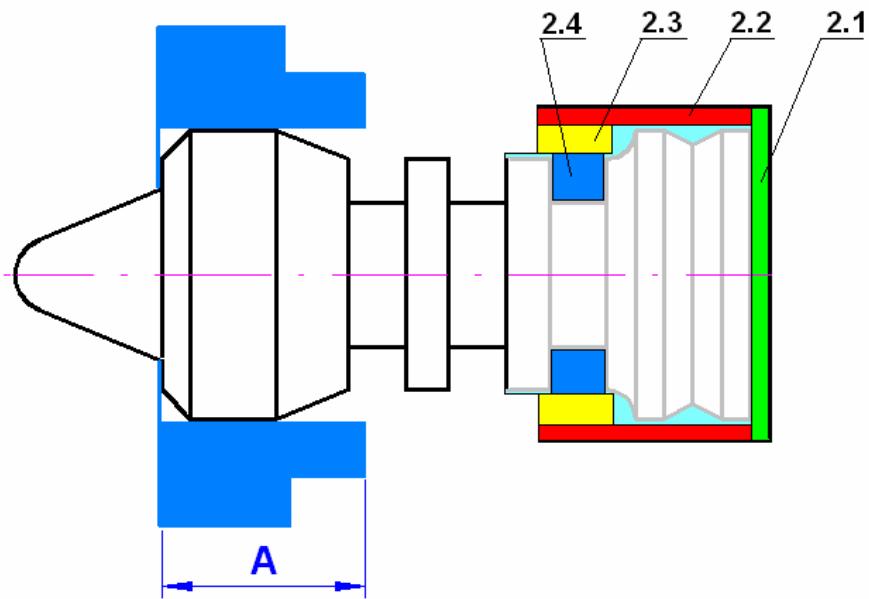
„Zbytky“ označené na obrázku „1.6“ by se obráběly – chtěli-li bychom dodržet omezenou hloubku záběru - pomocí parametrických podprogramů nebo méně pohodlně za použití grafického řešení jednotlivých záběrů. V našem případě tyto objemy hrubovat nebudeme, obrobíme je hned na čisto. Podobně budou na čisto obráběny v jednom cyklu zápichy.

Obrázek 126 - Upnutí 1 - na čisto



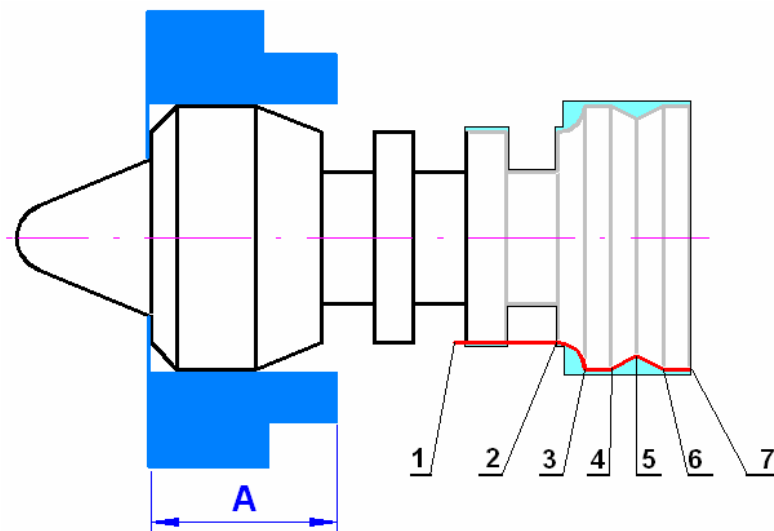
Vlastní obrábění na čisto má, jak je vidět celkem 8 vět, při kterých nástroj obrábí. Po obrobení na čisto z jedné strany se polotovár přepne v upínači a pokračuje se v obrábění z druhé strany.

Obrázek 127 - Upnutí 2 – hrubování



- 2.1. hrubovací cyklus čelní
- 2.2. hrubovací cyklus podélný
- 2.3. hrubovací cyklus podélný
- 2.4. hrubovací cyklus zápch na válci

Obrázek 128 - Upnutí 2 – na čisto



Krok čtvrtý

Rozhodnutí o použitých nástrojích

Závěry

Soustruh SUF 16 CNC

V současné době existují nástroje, použitelné pro produkční stroje, kterými by šel polotovar obrobít jen za použití jediného nástroje. Nástrojové držáky, dodávané k SUF ale neumožňují takové nože použít.

Řešení

Z výše uvedených obrázků se může odvodit, že bude vzhledem k tomu, že na obrobku jsou jak pravý i levý oblouk, nutné použít pravý i levý stranový nůž (jinak by došlo k podřezání tvaru). Pro vytvoření zápichu použijeme zapichovací nůž šířky 2 mm a jsou tedy v programu použity nástroje:

- T1 pravý stranový nůž
- T2 zapichovací 2
- T3 levý stranový nůž

Krok pátý

Tvorba vlastního programu

Poznámky:

- Využívejte automatické číslování vět editorem
- Na začátku programu pomocí textových poznámek zapište všechna data, potřebná pro nastavení simulace (stroje)
- V průběhu programu vytvářejte k jednotlivým akcím textové poznámky (po delší době se budete rychleji orientovat v programu)

10.14 Program – programováno absolutně

```
N 000 G29 Zkusebni program - programovan absolutnim programovanim
N 004 G29 _____
N 008 G29 Polotovar:
N 012 G29 Prumer 35 mm
N 016 G29 Delka 80 mm
N 020 G29 Nulovy bod programu ve sklicidle
N 024 G29 Vychozi pozice nástroje vuci nulovemu bodu programu:
N 028 G29 Prumer 120 mm
N 032 G29 Delka 120 mm
N 036 G29 Pouzite nástroje:
N 040 G29 T1 - stranovy pravy nuz, T3 - stranovy levy nuz
N 044 G29 T2 - zapichovaci- sirka 2 mm
N 048 G29 -----
N 052 G92 X +120.000    Z +120.000
N 056 G29 V predchozi vete byla nastavena vazba mezi polohou
N 060 G29 obrobku a polohou nástroje
N 064 G29 V bode 120 x 120 je nástroj na zacatku programu, bude
N 068 G29 tu i vymenovan a na konci programu tu i skonci
N 072 M6 X +0.000    Z +0.000    T 001
N 076 G29 Byl nastaven vychozi nástroj (obvykle T01)
```

Soustruh SUF 16 CNC

N 080 G29 Vychozi nastroj ma nulove korekce
N 084 G29 V nasledujici vete nastroj rychloposuvem najede do bodu,
N 092 G29 ze ktereho bude pomoci hrubovaciho cyklu obrabet celo
N 096 G0 X +36.000 Z +80.000
N 100 G29 Nastavi se otacky vretena (pocet a smysl)
N 104 M3 S 320
N 108 G29 Cyklus hrubovani na cele (oznaceni 1.1)
N 112 G68 X -1.000 Z +78.000 H +1.000 F +100.000
N 116 G29 Protoze bude nasledovat dalsi hrubovaci cyklus, musi
N 120 G29 nastroj prejet do nove vychozi polohy
N 124 G0 X +35.000 Z +78.500
N 128 G29 Cyklus podelneho hrubovani (1.2)
N 132 G64 X +31.000 Z +22.000 H +1.000 F +100.000
N 136 G29 Prejeti nastroje
N 140 G0 X +31.000 Z +78.500
N 144 G29 Cyklus podelneho hrubovani (1.3)
N 148 G64 X +16.000 Z +65.000 H +1.000 F +100.000
N 152 G29 Prejeti nastroje
N 156 G0 X +32.000 Z +78.500
N 160 G0 X +32.000 Z +45.000
N 164 G29 Cyklus podelneho hrubovani (1.4)
N 168 G64 X +25.000 Z +22.000 H +1.000 F +100.000
N 172 G29 Odjeti nastroje k vymene
N 176 G0 X +120.000 Z +120.000
N 180 G29 Vymena nastroje - T2 - zapichovaci nuz
N 184 G29 Funkce M6 zastavi otacky vretene, proto se musi
N 188 G29 vreteno znovu roztocit
N 190 M6 X +0.000 Z +0.000 T 002
N 194 M3 S 100
N 198 G29 Nastroj najede rychloposuvem do vychozi pozice pro
N 202 G29 obrabeni zapichu
N 206 G0 X +25.000 Z +32.500
N 210 G29 Protoze se drazka dvakrat opakuje, pouzijeme podprogram,
N 214 G29 který zacina na vete cislo 800
N 218 G29 Podprogram je volan pomoci funkce G25
N 222 G25 L 800
N 226 G29 Prejezd pro obrabeni druhe drazky
N 230 G0 X +25.000 Z +44.000
N 234 G25 L 800
N 238 G29 Odjeti nastroje k vymene
N 242 G0 X +30.000 Z +44.000
N 246 G0 X +120.000 Z +120.000
N 250 M6 X +0.000 Z +0.000 T 001
N 254 M3 S 500
N 256 G29 Obrabeni na cisto (body 1 - 8)
N 260 G0 X +0.000 Z +78.500
N 264 G1 X +0.000 Z +77.800 F +100.000
N 268 G29 Obrabeni kuloveho vrchliku
N 272 G2 X +7.670 Z +74.940 R +4.000 F +100.000
N 276 G1 X +15.000 Z +65.500 F +100.000

Soustruh SUF 16 CNC

N 280 G1 X +24.000 Z +65.500 F +100.000
N 284 G1 X +30.000 Z +62.500 F +100.000
N 288 G1 X +30.000 Z +53.500 F +100.000
N 292 G1 X +24.000 Z +46.500 F +100.000
N 296 G1 X +24.000 Z +27.000 F +100.000
N 300 G29 Prejezd nastroje k vymene
N 304 G0 X +120.000 Z +120.000
N 308 G29 Nasleduje vypnuti otacek vretena a preruseni programu,
N 312 G29 aby bylo mozne polotovar otocit a upnout v upinaci
N 316 M5
N 320 M0
N 324 G29 OTOC POLOTOVAR A UPNI PODLE NACRTU
N 328 G92 X +120.000 Z +120
N 332 G29 Hrubovaci cyklus 2.1 je zaroven operaci na cisto
N 336 G29 Nastaveni otacek vretena
N 340 M3 S320
N 344 G0 X +31.000 Z +62.500
N 348 G68 X -1.000 Z +61.500 H +1.000 F +100.000
N 352 G29 Prejezd nastroje k vymene - T3 - stranovy nuz levy
N 356 G0 X +120.000 Z +120.000
N 360 M6 X +0.000 Z +0.000 T 003
N 364 G0 X +36.000 Z +36.000
N 368 G29 Podelne hrubovani (2.2)
N 372 G64 X +31.000 Z +61.500 H +1.000 F +100.000
N 376 G29 Prejezd mezi cykly
N 380 G0 X +31.000 Z +36.000
N 384 G64 X +25.000 Z +46.500 H +1.000 F +100.000
N 388 G29 Na cisto
N 392 M3 S 500
N 396 G0 X +24.000 Z +36.000
N 400 G1 X +24.000 Z +46.500 F +100.000
N 404 G3 X +30.000 Z +49.500 R +3.000 F +100.000
N 408 G1 X +30.000 Z +52.500 F +100.000
N 412 G1 X +27.000 Z +55.500 F +100.000
N 416 G1 X +30.000 Z +58.500 F +100.000
N 420 G1 X +30.000 Z +62.000 F +100.000
N 424 G29 Prejezd nastroje k vymene - T2 - zapichovaci
N 428 G0 X +120.000 Z +120.000
N 432 M6 X +0.000 Z +0.000 T 002
N 436 M3 S 100
N 440 G29 Prejezd do vychozi pozice
N 444 G0 X +25.000 Z +42.500
N 448 G29 Zavolani podprogramu
N 452 G25 L 800
N 456 G29 Prejezd nastroje - konec programu
N 460 G0 X +120.000 Z +120.000
N 464 M30
N 800 G29 Podprogram zapich je programovan prirustkove (aby mohl byt
N 804 G29 pouzit v libovolnem miste pracovniho prostoru)
N 808 G91

Soustruh SUF 16 CNC

```
N 812 G66 X -5.000 Z -5.000 H +1.000 F +40.000
N 820 G29 Na konci podprogramu prepneme ridici system zpet
N 824 G29 do ABSOLUTNIHO rizeni
N 828 G90
N 832 G29 ...a podprogram musime ukoncit pomoci M17 nebo RETURN
N 836 M17
```

10.15 Program – programováno přírůstkově (inkrementálně)

Textové poznámky nejsou již zahrnuty

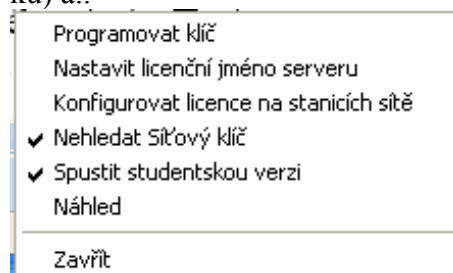
```
N 008 G29 polotovar:
N 012 G29 prumer 35 mm
N 016 G29 delka 80mm
N 020 G29 nulovy bod programu ve sklicidle
N 024 G29 vychozi pozice nastroje vuci nulovemu bodu programu:
N 028 G29 prumer 120 mm
N 032 G29 delka 120 mm
N 036 G29 pouzite nastroje:
N 040 G29 t1-stranovy pravy nuz,t3-stranovy levy nuz
N 044 G29 t2-zapichovaci-sirka 2 mm
N 048 G29 -----
N 052 G91
N 072 M6 X+0.000 Z +0.000 T 001
N 076 G29 Byl nastaven vychozi nastroj (obvykle t01)
N 080 G29 vychozi nastroj ma nulove korekce
N 096 G0 X -42.000 Z -40.000
N 104 M3 S 320
N 112 G68 X -18.500 Z -2.000 H +1.000 F +100.000
N 124 G0 X -0.500 Z -1.500
N 132 G64 X -2.000 Z -56.500 H +1.000 F +100.000
N 140 G0 X -2.000 Z +0.000
N 148 G64 X -7.500 Z -13.500 H +1.000 F +100.000
N 156 G0 X +0.500 Z +0.000
N 160 G0 X +0.000 Z -33.500
N 168 G64 X -3.500 Z -23.000 H +1.000 F +100.000
N 176 G0 X +44.000 Z +75.000
N 190 M6 X+0.000 Z +0.000 T 002
N 194 M3 S 100
N 206 G0 X -47.500 Z -87.500
N 222 G25 L 800
N 230 G0 X +0.000 Z +11.500
N 234 G25 L 800
N 242 G0 X +2.500 Z +0.000
N 246 G0 X +45.000 Z +76.000
N 250 M6 X+0.000 Z +0.000 T 001
N 254 M3 S 500
N 260 G0 X -60.000 Z -41.500
N 264 G1 X +0.000 Z -0.700 F +100.000
```

Soustruh SUF 16 CNC

```
N 272 G2 X +3.840 Z -2.860 R +4.000 F +100.000
N 276 G1 X +3.670 Z -9.440 F +100.000
N 280 G1 X +4.500 Z +0.000 F +100.000
N 284 G1 X +3.000 Z +0.000 F +100.000
N 288 G1 X +0.000 Z -9.000 F +100.000
N 292 G1 X -3.000 Z -7.000 F +100.000
N 296 G1 X +0.000 Z -19.500 F +100.000
N 304 G0 X +48.000 Z +93.000
N 308 G29 nasleduje vypnuti otacek vretena a preruseni programu,
N 312 G29 aby bylo polotovar mozne otocit a upnout v upinaci
N 316 M5
N 320 M0
N 328 G29 -----
N 340 M3 S 320
N 344 G0 X -44.500 Z -57.500
N 348 G68 X -16.000 Z -1.000 H +1.000 F +100.000
N 356 G0 X +44.500 Z +57.500
N 360 M6 X +0.000 Z +0.000 T 003
N 364 G0 X -42.000 Z -84.000
N 372 G64 X -2.500 Z +25.500 H +1.000 F +100.000
N 380 G0 X -2.500 Z +0.000
N 384 G64 X -3.000 Z +10.500 H +1.000 F +100.000
N 392 M3 S 500
N 396 G0 X -3.500 Z +0.000
N 400 G1 X +0.000 Z +10.500 F +100.000
N 404 G3 X +3.000 Z +3.000 R +3.000 F +100.000
N 408 G1 X +0.000 Z +3.000 F +100.000
N 412 G1 X -1.500 Z +3.000 F +100.000
N 416 G1 X +1.500 Z +3.000 F +100.000
N 420 G1 X +0.000 Z +3.500 F +100.000
N 428 G0 X +45.000 Z +58.000
N 432 M6 X +0.000 Z +0.000 T 002
N 436 M3 S 100
N 444 G0 X -47.500 Z -38.750
N 452 G25 L 800
N 460 G0 X +47.500 Z +38.7500
N 464 M30
N 800 Podprogram
N 808 G91
N 812 G66 X -5.000 Z -5.000 H +1.000 F +40.000
N 828 G90
N 836 M17
```


EdgeCAM (dále eC) produkovaný firmou Pathtrace Engineering Systems Limited, Berkshire, Anglie, je CAD/CAM aplikace – umožňuje kompletní návrhářský proces, při kterém se objekty navržené v přímo v EdgeCAMu nebo jiném CAD programu ve formě 2D čar nebo 3D modelů, převedou do speciálních příkazů pro stroje, schopné požadovaný výrobek vytvořit.

eC pracuje i ve studentském módu, kdy je možné pro potřeby výuky instalovat aplikaci na libovolném počítači, v místní nabídce po kliknutí pravým tlačítkem myši, zatrhnout (dle obrázku) a..



.. použít aplikaci pro vytváření geometrií a drah bez možnosti uložit NC kód.

Vstupy

Tak jak je popsáno v kapitole 8 jsou vstupními údaji pro práci se systémem:

1. Geometrické (o polotovaru, obrobku, pomůcek v pracovním prostoru, upínačů apod.) – vše v digitální podobě

Typy podporovaných formátů: (mimo jiných)

- .ppf (základní typ souboru eC)
- .dxf (AutoCAD)
- .igs (IGES formát ASCII souboru)
- .par (SolidEdge)
- .ipt (Inventor)

2. Technologické (materiály obrobku, nástroje, způsob obrábění apod.)
3. organizaci (uspořádání souřadného systému, postprocessor apod)

Výstupy

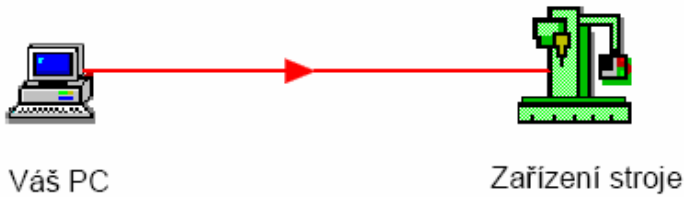
Základním výstupem systému je řídicí kód pro daný typ řídicího systému daného stroje. Tento kód je vygenerován pomocí postprocesoru. Postprocessor – programové makro – je možné pomocí Konstruktora postprocesorů vytvořit (upravit z podobného).

CAD výstupy lze ukládat a exportovat ve formátech, které používají i jiné CAD systémy.

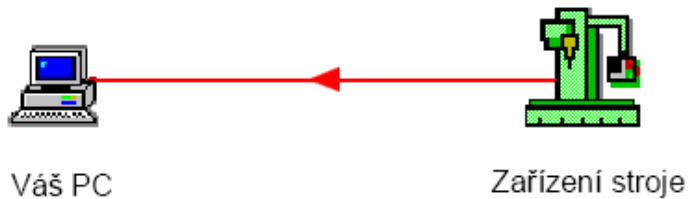
11.1 NC komunikace v EdgeCAM

Řídicí program nebo jeho část lze upravovat pomocí EdgeCAM Editoru a ukládat buď do souboru nebo posílat (přijímat) přes komunikační port RS 232 nebo paralelní port počítače na externí zařízení(nebo obráběcí stroj). Každý stroj v programové skupině je zastoupen samostatnou ikonou. Soubor s parametry řízení přenosu dat pro jednotlivý obráběcí stroj je ovládán systémem přenosu dat v EdgeCAM. Tyto jednotlivé soubory určené ke každému zařízení obráběcího stroje lze samostatně vytvářet (nebo upravovat). Každý stroj má svůj vlastní soubor a

ikonu. Např.: Když vytvoříte nový soubor, je i s příslušnou ikonou zařazen do programové skupiny při složky EdgeCAM.



EdgeCAM může i přijímat data ze stroje.



11.2 Režimy EdgeCAM

V EdgeCAM pracuje ve dvou režimech :

- Design (CAD)
- Výroba (CAM)

Základní nastavení EdgeCAM při otevření je v režimu Design.

Režim Výroba je používán pro vytváření a úpravy drah nástrojů. Je zde několik obráběcích modulů, které mohou být v režimu Výroba použity.

Jsou to:

- Frézování
- Soustružení
- Drátové řezání
- Měřicí stroje

11.3 Výběr prostředí (profese)

EdgeCAM je provozován v prostředí, které odpovídá typu součásti, kterou kreslíme a budeme obrábět. Výběr prostředí určuje, které konstrukční roviny, sestavy pohledů a příkazy budou dostupné. Vybrané prostředí poskytuje takový pohled a orientaci součásti, které odpovídá konkrétní výrobní technologii. Obecně lze kreslit v jakémkoliv prostředí a pak nakreslenou součást transformovat do prostředí jiného.

XY - frézovací prostředí

Uspořádání pohledů a konstrukčních rovin zde odpovídá klasickému kartézskému souřadnému systému X, Y, Z. Prostředí XY je typické pro frézování, vrtání, elektrodrátové řezání a pro měřicí stroje.

ZX soustružnické prostředí

Toto uspořádání pohledů a konstrukčních rovin je orientováno tak jak jsou orientovány osy soustružnického stroje. Prostředí ZX je typické pro soustružení, kde Z je vodorovná osa.

11.4 Prvky v EdgeCAM

Součást-dílec je tvořen řadou geometrických prvků.

11.4.1 Typy - druhy prvků

- Body
- Úsečky
- Kružnice a oblouky
- Křivky
- Plochy
- Profily
- Skupiny
- Kótování a popis výkresu
- Dráhy nástroje

Každý prvek může mít:

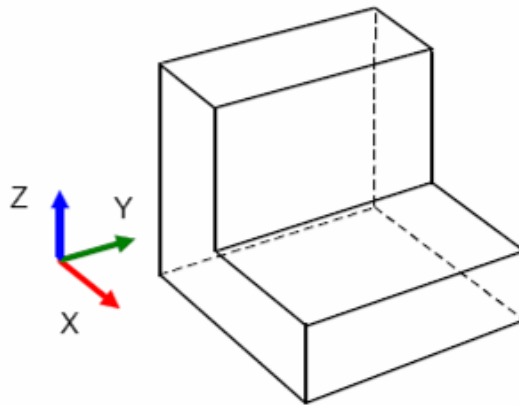
1. Barvu
2. Typ čáry
3. Jméno
4. vrstvu

11.5 Zadání souřadnic

- Pomocí myši
- Pomocí dialogového okna

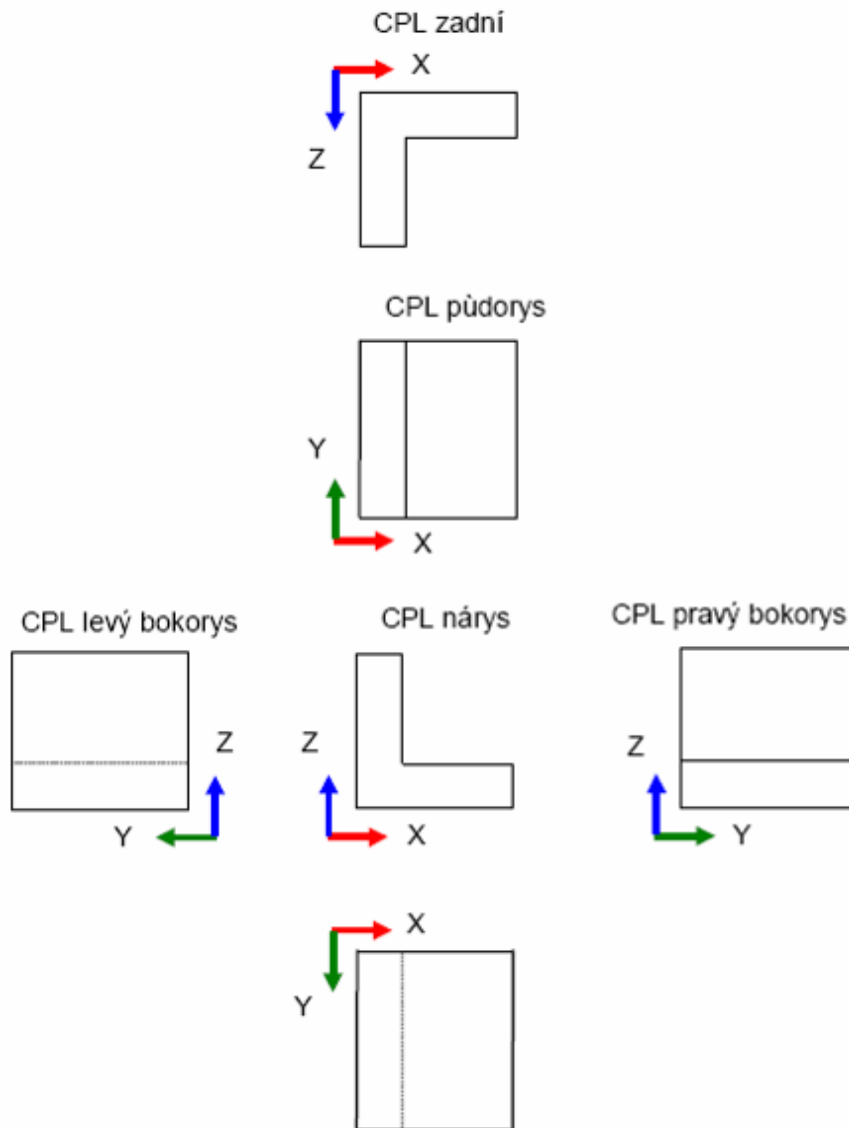
11.6 Použití konstrukčních rovin CPL

EdgeCAM podporuje tvorbu součástí s ohledem na souřadný systém známý jako Základní souřadný systém (pravoúhlý pravotočivý).



Při konstrukci součásti v prostoru se používá tzv. konstrukční rovina (CPL. – zkratka z angl. Construction Plane). Konstrukční rovina CPL určuje místní souřadný systém v určité orientaci k základnímu souřadnému systému. Každá konstrukční rovina CPL má svůj konstrukční souřadný systém x,y,z , který se dá výhodně použít pro prostorové konstrukce. EdgeCAM souřadnice z této roviny CPL převede samočinně do základního souřadného systému. Pro prostředí XY a ZX jsou určité roviny CPL předdefinovány.

Následující obrázek ukazuje vazby mezi osy roviny CPL a základními osami v prostředí XY.



11.6.1 Tvorba nové roviny CPL

Definice vlastní roviny CPL vyžaduje tři hlavní parametry:

- Počátek
- Orientace
- Jméno

11.6.2 Postup vytvoření nové roviny CPL

1. Nová rovina CPL (menu Geometry).
Zobrazí se dialogové okno Vytvoření roviny CPL.
2. Pokud chcete určit jiný počátek roviny CPL, označte okénko Jiný počátek. Na výzvu 'Určete nový počátek pro konstrukční rovinu' provedete jeho určení na obrazovce. Vyberte volbu v parametru
3. Definice CPL. Jsou poskytnuty tři metody definice roviny CPL:
 - Obloukem v prostoru
 - Kolmicí k úsečce
 - Třemi body

Pokud nejsou použity parametry Definice CPL a Odvození od, bude nová ro-

vina CPL vytvořena dle aktuální roviny CPL. Také orientace a změna počátku bude použita dle aktuální roviny CPL.

4. Vyberte volbu v parametru Základní rovina. Zvolte rovinu, ve které se bude vytvářet součást.
5. Vyberte volbu v parametru Souřadný systém.
6. Pojmenujte novou rovinu CPL. Když je nová rovina CPL aktivní, její počátek se sjednotí se značkou CPL, kde jsou osy X, Y a Z znázorněny červenou, zelenou a modrou barvou. Pokud není nová rovina CPL pojmenována, vytvoří se dočasná rovina CPL a nastaví se jako aktivní. Tato rovina CPL nemá zobrazeny žádné značky CPL (osy) a po přepnutí do jiné roviny CPL se zruší.
7. Zvolte v záložce *Odvození od* parametr Jiné roviny CPL nebo Pohledu. Tyto parametry jsou použity k výběru referenční roviny CPL nebo pohledu, dle kterého je nová rovina CPL konstruována. Úhly otočení se zadávají do parametrů v záložce *Otočení CPL* a určují se přírůstkově od referenční roviny CPL. Počátek nové roviny CPL je stejný jako počátek referenční, ledaže by bylo označeno okénko *Jiný počátek*. Parametry se zobrazí po kliknutí na záložku *Odvození od*. Vyberte jméno ze seznamu parametrů *Jiné roviny CPL* nebo *Pohledu*. Pokud nejsou použity parametry *Definice CPL* a *Odvození od*, bude nová rovina CPL vytvořena dle aktuální roviny CPL. Také orientace a změna počátku bude použita dle aktuální roviny CPL.
8. Určete úhel otočení. Tyto parametry jsou použity k určení přírůstkového úhlu otočení nové roviny CPL od referenční roviny CPL při pohledu, při aktuální roviny CPL. Zobrazí se po kliknutí na záložku *Otočení CPL*. Do polí zadejte požadovaný úhel otočení ve stupních.

11.7 Pohledy v EdgeCAM

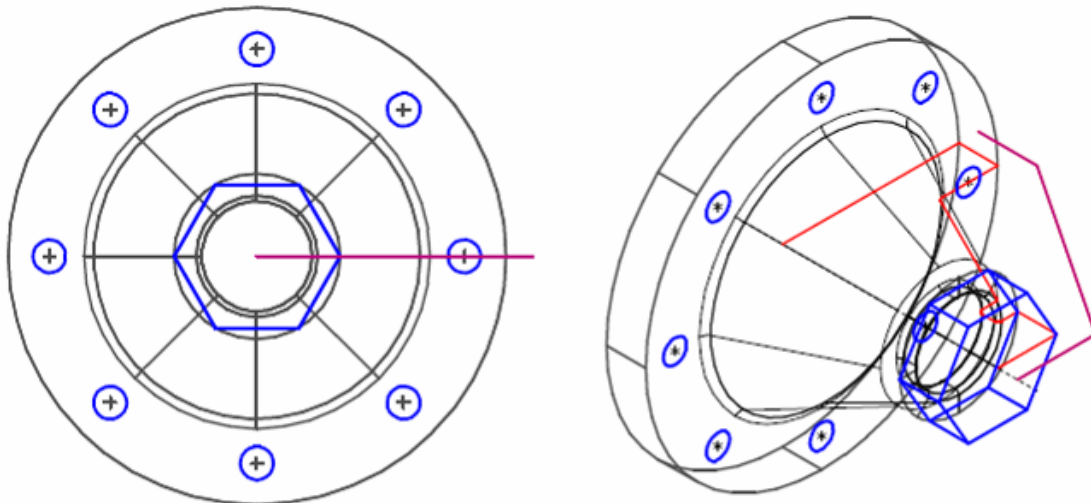
Různé pohledy na součást jsou zobrazeny v tzv. pohledech. Změny provedené v jednom pohledu se automaticky promítnou i do pohledů ostatních. V systému může být až 15 pohledů. Pohled 15 je předdefinovaný pohled s názvem *Popis výkresu* (je to 2D pohled, ve kterém jsou zobrazovány všechny kóty, poznámky atd). Každý pohled může být nezávisle, aniž by se to projevilo na ostatních pohledech, zvětšován a posouván.

11.8 Tvorba geometrie v axiální rovině CPL

U soustružení existuje systémový axiální pohled a konstrukční rovina, kolmá k ose rotace obrobku (Z). Stačí tedy pro tvorbu axiální geometrie zvolit tento pohled a konstrukční rovinu. Axiální rovina přitom svým souřadným systémem (XY) odpovídá frézovacímu půdorysu.

U frézování se většinou vytvoří vhodná pracovní CPL v potřebné poloze a úrovni vzhledem k rotační ose.

V další ukázce bylo v axiálních rovinách vytvořeno 8 otvorů na roztečné kružnici a šestihraná matice na konci příruby.



11.9 Postup tvorby geometrie v axiální CPL

Předpokládejme, že se začíná nová součást v režimu Design.

1. Volte soustružnické prostředí (buď Volba standardů nebo ZX soustružnické prostředí v menu Volby-nastavení).
2. Vytvořte soustružnický profil .
3. Pro názornost lze z profilu vytvořit prostorový soustružnický prstenec (příkaz Prstenec soustružení v menu Zobrazení). (V běžných případech soustružení stačí mít k dispozici prostý soustružnický profil, pro soustružení s C-osou jsou však operace v axiální rovině a tedy i prostoru většinou nezbytné).

Pro usnadnění geometrických manipulací v axiální rovině je často vhodné vytvořit konstrukční CPL uživatele, odvozenou od systémové axiální roviny na potřebné úrovni (Z). Vytvoření pracovní CPL na čelní ploše soustružnického obrobku je v následujícím popisu.

11.10 Vytvoření pracovní CPL na čelní ploše obrobku

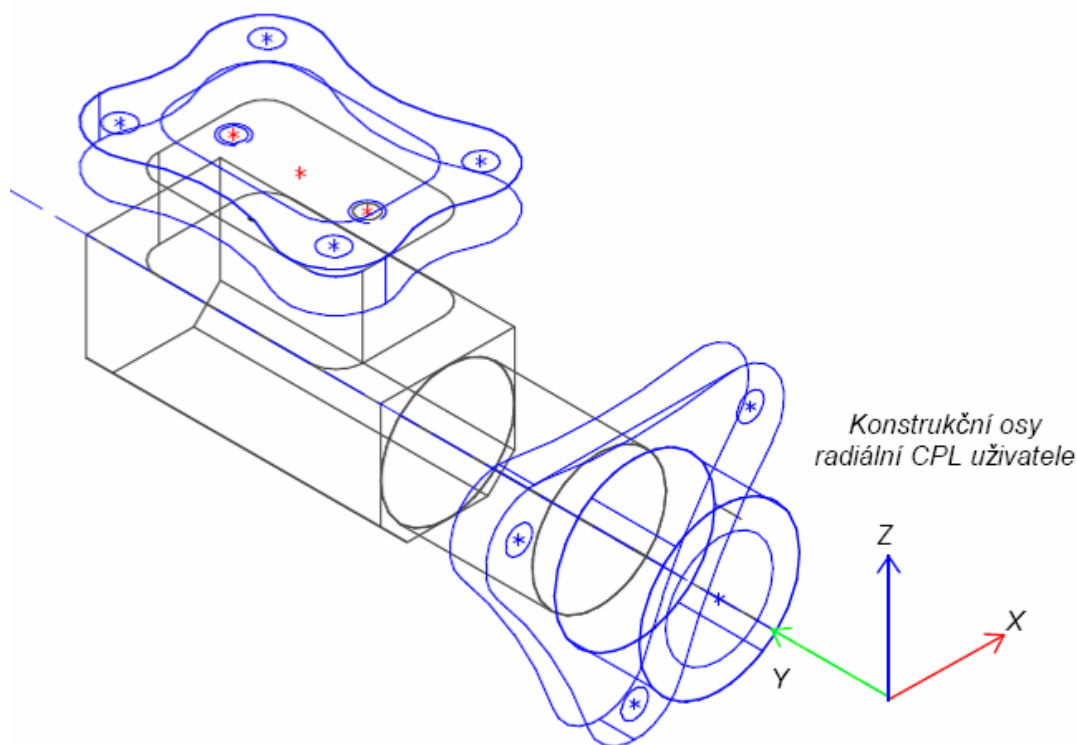
Postup vytvoření axiální CPL uživatele (soustružení):

1. Volte příkaz Nová rovina CPL (menu Geometrie). Zobrazí se dialogové okno příkazu.
2. Zatrhněte modifikátor Jiný počátek.
3. Do rubriky Jméno CPL zapište výstižné jméno příslušné CPL.
4. Rubriku Definiční CPL ponechte "bez volby".
5. Základní rovinu volte "Frézovací(XY)".
6. Souřadný systém volte "3D".
7. Klikněte na oddíl Odvození od.
8. V modifikátoru Jiné roviny CPL volte "Axiální_XY".
9. Klikněte na OK pro potvrzení voleb a uzavření dialogového okna.
10. Okno se uzavře a systém vyzve k určení Jiného počátku pro axiální CPL uživatele.
11. Volte vstup souřadnic (ikona v konstrukčním panelu). Zobrazí se okno zadávání souřadnic.
12. Zapište souřadnice následovně:
 $X=0$ (Absolutní)
 $Y=0$ (Absolutní)
 $Z=<Určit-označit>$
13. Klikněte na OK.

14. Na výzvu systému označte nějaký prvek, podle kterého se určí úroveň (souřadnice Z) pro počátek nové pracovní CPL uživatele. Většinou se k tomu využijí čelní úsečky soustružnického profilu.
15. V pracovní CPL uživatele pak lze tvořit požadovanou geometrii

11.11 Tvorba geometrie v radiální rovině soustružení

Níže uvedený příklad součásti má plošnou nerotační přírubu, umístěnou radiálně podél osy soustružení. Obrobění na přírubě nelze provádět rotačním obráběním (C-osou), ale pohybem nástroje s využitím osy Y v rovinném režimu obrábění.



Abychom racionálně vytvořili geometrii radiální příruby, zavedeme vhodnou radiální konstrukční rovinu uživatele (CPL). Jednou z možností jak takovou CPL vytvořit, je použít podobný postup jako v předchozím odstavci, s následujícími odlišnostmi:

přejdeme nejprve do systémové konstrukční roviny *Axiální_XY*.

použijeme příkaz Nová rovina CPL (menu Geometrie) a modifikátory příkazu vyplníme podobně jako v předchozím odstavci, avšak: - pro odvozovací rovinu "Axiální_XY" (modifikátor Jiné roviny CPL) zadáme v oddíle Otočení CPL v rubrice Kolem X "-90" (stupně).

Pokud byl zatržen modifikátor pro určení jiného počátku, určíme ho běžnou metodou EdgeCAM, a radiální CPL uživatele se vytvoří se směry souřadných os, jak ukazuje výše uvedený obrázek. Radiální CPL uživatele lze vytvořit i jinak, například definicí konstrukční roviny třemi body apod. V radiální CPL uživatele tvoříme geometrii běžnými postupy EdgeCAM, někdy je výhodné pro tuto rovinu vytvořit i uživatelský pohled s případným trasováním do CPL.

11.12 EdgeCAM frézování

Modul Frézování obsahuje 2.5, 3 a 5-ti osé obrábění s použitím různých typů nástrojů, které mohou být načteny ze **Zásobníku Nástrojů**, nebo definovány svými parametry (řezné podmínky, počet břitů atd.)

Pro obrábění, s ohledem na geometrii obrobku, lze použít tyto typy obráběcích cyklů :

- Obrábění po profilu - kontuře
- Obrábění kapes, tvarů a zápustek
- Rovinné frézování
- Obrábění drážek
- Obrábění děr
- Obrábění obecných ploch

Dráhy nástrojů, vytvořené těmito cykly, mohou být následně editovány a upravovány - zrcadleny, posunuty, rotovány, nebo zkopírovány do jiné hloubky.

Cyklům je možno kdykoliv měnit jejich pořadí provedení, vkládat nebo editovat další jednotlivé příkazy.

Jelikož se dráhy nástrojů generují dle geometrie obrobku, tak změna této geometrie (pomocí EdgeCAMu nebo z externího CAD programu) vyvolá změnu celého obráběcího postupu.

Obráběcí postup může být simulován na obrazovce použitím standardní, nebo uživatelsky definované grafické reprezentací nástrojů. V průběhu simulace je možno ovládat rychlost obrábění, zobrazení stop nástroje a simulovat specifické instrukce.

Po vygenerování dráhy nástroje, je možno zkontrolovat materiál, který zůstal po obrábění (prostorové ověření obrobku) objemového tělesa. Další metoda kontroly dráhy nástroje je zobrazení neobrobeného materiálu a strojního času obrábění.

Obráběcí postup může být simulován na obrazovce použitím standardní, nebo uživatelsky definované grafické reprezentací nástrojů. V průběhu simulace je možno ovládat rychlost obrábění, zobrazení stop nástroje a simulovat specifické instrukce. Po vygenerování dráhy nástroje, je možno zkontrolovat materiál, který zůstal po obrábění (prostorové ověření obrobku) objemového tělesa. Další metoda kontroly dráhy nástroje je zobrazení neobrobeného materiálu a strojního času obrábění. většinu těchto vlastností lze použít také na soustružnických centrech s hnanými nástroji (C a Y osa).

Po dokončení tvorby všech obráběcích cyklů se vygeneruje CNC kód, pro který eC použije **Generátor NC-kódu**. Ten převede vše do CNC instrukcí daného stroje a řídicího systému a запиše jej do ASCII textového souboru. Tento soubor je možno editovat **EdgeCAM Editorem** pro případné úpravy před posláním na CNC stroj.

11.13 Základy frézování v eC

11.13.1 Hloubkové parametry v cyklech

Ve frézovacích cyklech se používá několik výškových (hloubkových) rovin které se definují :

Přejíždění – Je to ABSOLUTNÍ hodnota, ve které nebo nad kterou nehrozí kolize nástroje a obrobku (upínek) při rychloposuvu nástroje.

Odměřovací rovina – Je to ABSOLUTNÍ hodnota, která udává polohu, od které se začíná obrábět (Výchozí rovina)

Najíždění – Je to PŘÍRŮSTKOVÁ hodnota měřená od **Odměřovací roviny**. Udává polohu, ve které nástroj přechází z rychloposuvu do pracovního posuvu (začíná cyklus)

Cílová hloubka – Je to PŘÍRŮSTKOVÁ hodnota měřená od **Odměřovací roviny**. Udává polohu, do které se bude obrábět

Všechny tyto polohy mohou být určeny hodnotou, nebo polohou existující geometrie. Obrázek viz Příloha 22

11.13.2 Přejíždění nástroje mezi profily

Při obrábění více profilů nástroj, po dokončení prvního profilu, provede pohyb:

1. Vertikálním rychloposuvem nahoru do Přejížděcí roviny.
2. Přejezd rychloposuvem do bodu startu dalšího profilu
3. Vertikálním rychloposuvem dolů do Najížděcí roviny.
4. Pracovním posuvem dolů do **Cílové Hloubky**.
5. Po ukončení celého cyklu zůstane nástroj v **Cílové Hloubce**

11.13.3 Určení směru obrábění

Fréza může obráběný profil objíždět z levé nebo pravé strany tohoto profilu (po směru, proti směru hodinových ruček). Směr objíždění profilu a směr otáček nástroje definuje dva typy obrábění a to Sousedné a Nesousedné. Záleží pak na více parametrech obrábění (např. tvrdost materiálu), jaký způsob použijeme.

11.13.3.1 Sousedné frézování

Při sousledném frézování materiálu s kůrou hrozí poškození nebo rychlé otupení frézy. Tento typ frézování ooužívat na měkké materiály jako je hliník.

Při obrábění dřeva se tento typ frézování označuje jako Frézování SHORA

11.13.3.2 Nesousedné frézování

Použitím tohoto typu frézování na měkké materiály hrozí přilepování a tavení třísky na povrchu obráběné plochy a tím i zhoršení kvality obrobku (vypadá jako předhrubovaná). Tento typ frézování používat na tvrdé materiály jako je ocel. Každý zub začíná mělkým zábě-

rem, který zesiluje až do výjezdu zubu ze záběru. Toto minimalizuje napětí v zubu i obráběném materiálu.

Při obrábění dřeva se tento typ frézování označuje jako **Frézování ZESPOD**.

11.13.4 Najetí a Vyjetí nástroje ze záběru

Najetí/Vyjetí nástroje jsou pohyby nástroje těsně před/po obrábění, které jsou při generování drah nástroje kontrolovány, aby nedocházelo k podříznutí (takové Najetí/Vyjetí nástroje je odstraněno). Všechna Najetí/Vyjetí jsou vertikální

Většina obráběcích cyklů automaticky najede pomocí **Najetí** z aktuální pozice do počátečního bodu obrábění.

Ve vodorovné rovině se nástroj, do pozice startovního bodu obrábění, pohybuje rychloposuvem a další pohyb je závislý na vertikální poloze nástroje. Pokud najíždí do materiálu, tak v poloze :

NAD rovinou Najíždění se nástroj pohybuje rychloposuvem až k rovině **Najíždění**.

POD rovinou Najíždění se nástroj pohybuje rychloposuvem nahoru až k rovině **Přejíždění** a následně rychloposuvem dolů k rovině **Najíždění**

Nástroj poté sjede pracovním posuvem do Cílové Hloubky a polohy startovního bodu obrábění.

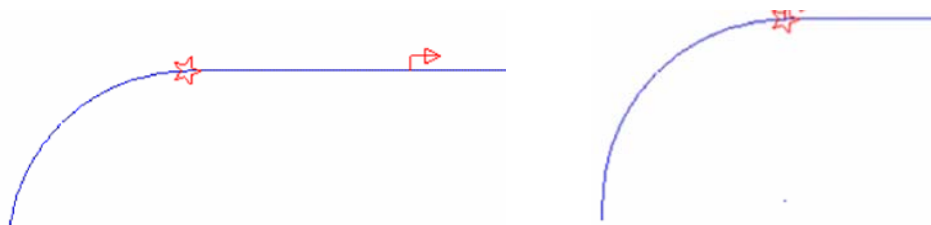
11.13.5 Výběr Startovacího bodu

CAM aplikace si obvykle „pamatují“ jakým způsobem byl objekt vytvořen, a počátečnímu bodu tvorby objektu přiřadí startovací bod obrábění objektu.

Když jsou vybrány všechny entity pro obrábění, tak většina cyklů nabídne standardní startovací bod pro každý vybraný profil.

EC umístí šipku na stranu (ven nebo dovnitř profilu) do okrajového bodu některého segmentu profilu. Typ obrábění (sousedné nebo nesousedné) určuje směr šipky. Po určení bodu a strany startu se pravým tlačítkem myši ukončí úkon.

Vybere se startovací (šipka) nebo koncový bod (hvězdička), kterým se volně pohybuje podél profilu.



Toto platí pouze pro uzavřené profily. Polohu bodu lze určit kdekoliv na profilu, nebo na některém úchopovém bodu segmentu (např. koncový bod). Volba Použit i půlící bod je v tomto úkonu vypnuta, ale manipulační poloviční body (z panelu ikon Manipulace) lze použít. Cyklus Frézování PROFILEM je při spojování několika sekvencí v různých rovinách, náchylný k

chybám. Je nutné se ujistit o správnosti spojení, nebo vložení sekvencí. Tvořící profily musí být vytvořeny v definovaném a ne v „Dynamickém“ pohledu.

11.13.6 Automatické vyjetí nástroje

Parametr **Skončit cyklus na úrovni** určuje v jaké hloubce se zastaví nástroj po ukončení cyklu. Tento parametr není v cyklu **Vrtat/Závitovat**.

Může se vybrat jedna z těchto voleb :

Koncové hloubky – Nástroj zůstane v cílové hloubce.

Najíždění – Nástroj se rychloposuvem zvedne z **Cílové hloubky** do **Najížděcí roviny**.

Přejíždění – Nástroj se rychloposuvem zvedne z **Cílové hloubky** do **Přejížděcí roviny**

11.14 Způsoby frézování

11.14.1 Rovinné frézování

Pro pohyb nástroje po, nebo podél profilu se používají tyto příkazy :

- Frézování **PROFILEM**
- Frézování **ČELNÍ - meandrem**

! Operace je v eC spojení několika cyklů do jednoho příkazu !

Na volné frézování se použijí příkazy z menu Pohyby.

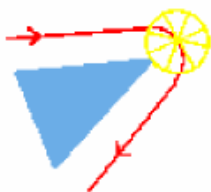
- ČELNÍ - meandrem (menu Operace)
- DUTINY - NÁLITKY (menu Operace)
- Obrábění podle profilu

Pro pohyb nástroje po profilu, nebo podél profilu se používají tyto příkazy :

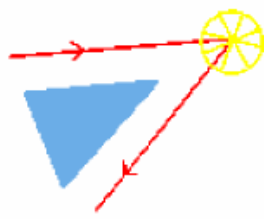
- Dokončení **PROFILEM** (menu Cykly)
- **PROFILY-KONTURY** (menuOperace) pro použití několika instrukcí najednou.

11.14.2 Strategie obrobení vnějších hran

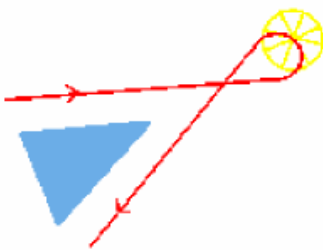
Pro použití strategie obrobení vnějších hran potřebujete modul 3-osé frézování Na záložce Parametry v cyklu Dokončení **PROFILEM** si lze vybrat z několika strategií pro objíždění vnějších hran. (Při použití korekce dráhy NC-systém, nemohou být tyto strategie použity.)



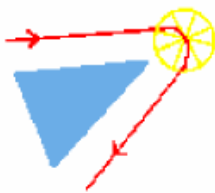
Zaoblená



Ostrá



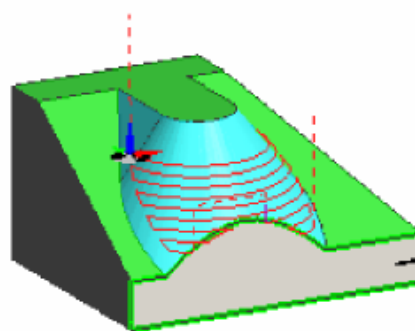
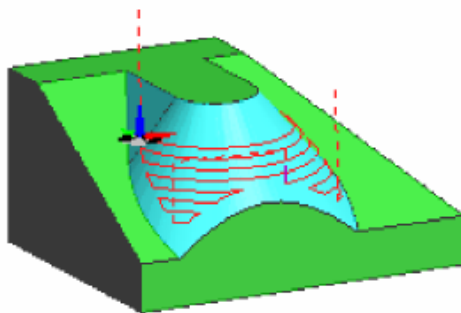
Se smyčkou



Rychlá
Nahradí zaoblení rádiusem o poloměru 75% průměru nástroje

11.14.3 Chráněné plochy (Dokončení profilem a Dokončení 3D-řádky)

Parametr Označit chráněnou plochu definuje plochy nebo stěny, které nesmí být cyklem obráběné. Například plochy, které nebyly zahrnuty do výběru ploch pro obrábění, ale hrozí u nich podříznutí při obrábění návazných ploch, plochy, které byly zahrnuty do výběru ploch pro obrábění, ale nechcete je obrábět.



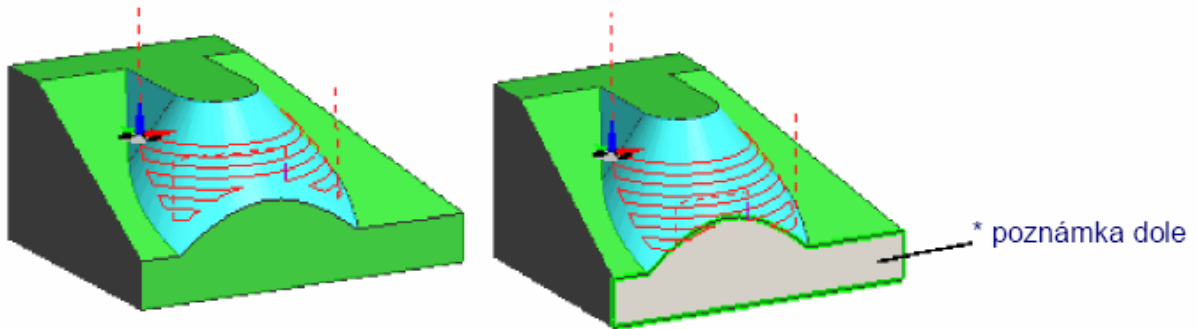
* poznámka dole

* Svislá stěna nebude obráběna, protože cyklus neobrobí svislé stěny, které jsou označeny jako chráněné.

11.14.4 Operace

Operace jsou spojením několika jednotlivých obráběcích cyklů a příkazů. Spojením několika instrukcí do jednoho příkazu se zmenší množství potřebných stisknutí kláves a tlačítek myši na minimum. V Ec jsou operace zobrazovány ve stromu instrukcí:

Obrázek 129bět.

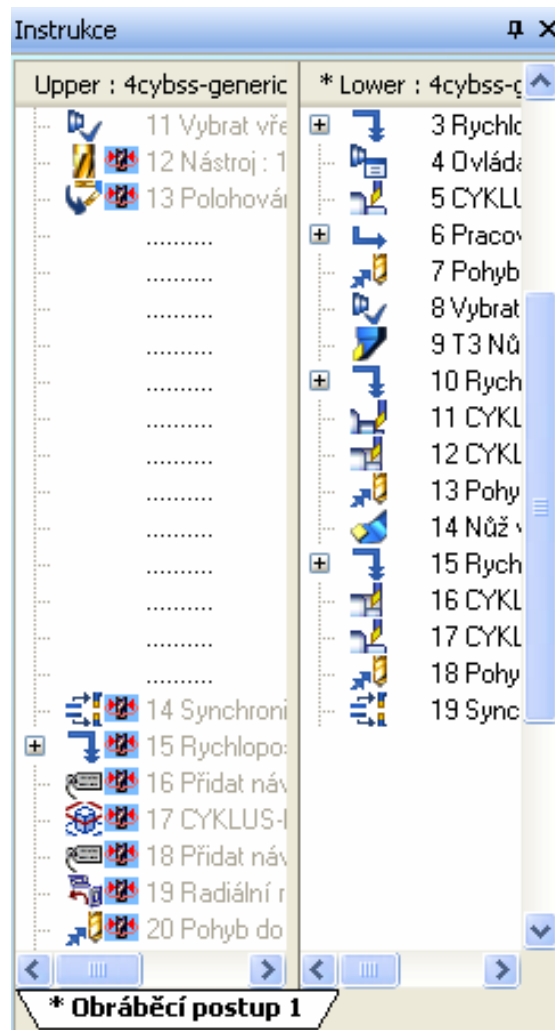


* Svislá stěna nebude obráběna, protože cyklus neobrobí svislé stěny, které jsou označeny jako chráněné.

11.14.5 Operace

Operace jsou spojením několika jednotlivých obráběcích cyklů a příkazů. Spojením několika instrukcí do jednoho příkazu se zmenší množství potřebných stisknutí kláves a tlačítek myši na minimum. V Ec jsou operace zobrazovány ve stromu instrukcí:

Obrázek 130 - Strom instrukcí



Pokud se použijí příkazy pro Transformaci obrábění (menu Úpravy), tak se operace rozloží na jednotlivé cykly a příkazy. Po výběru operace čeká systém na výběr obráběné geometrie a případné pozice pomocných bodů (např. startovací bod). Následně se zobrazí dialog vybrané operace, do kterého se zadají potřebné hodnoty a volby. Tento postup je opačný než při zadávání cyklů, kde jsou nejprve zadané hodnoty a volby v dialogu a následně vybrána geometrie.

EC použije definované obráběcí cykly pro operaci a zároveň k nim přidá další nezbytné instrukce (Pohyb do výměny, Zapnutí/Vynutí chlazení, volba nástroje z databáze, korekce atd.). Pokud se nepoužívají operace, pak se musí jednotlivé instrukce zadávat postupně a proto se doporučuje spíše používat operace, kde je vše sjednoceno pod jeden příkaz.

Preference v operacích umožňuje definovat různé hodnoty, které ovlivňují všechny cykly a instrukce v operacích.

Typy operací dostupné v menu Operace:

- DÍRY DUTINY
- NÁLITKY
- PROFILY
- KONTURY
- OHRAŇOVÁNÍ PROFILU
- ČELNÍ - meandrem
- DRÁŽKY
- ZÁVITY
- HRUBOVÁNÍ ve vrstvách
- PLOCHY
- Dokončení ZBYTKŮ
- Dokončení ROVINNÝCH PLOCH
- Průmět na ploše-KONCENTRICKY
- Průmět na ploše-PRUŽNÉ ŘÁDKY
- Okrouhlé plošné tvary
- Tužkové frézování
- Točení stolu/hlavy
- Dávkový režim

Dávkový režim umožňuje generovat nebo regenerovat obráběcí postupy dávkově. Toto se používá například při úpravě několika operací nebo cyklů najednou, kdy se regenerace provede na závěr všech editací ručně.

Standardní instrukce v operacích

Tyto instrukce jsou provedeny v každé operaci :

Vypnutí chlazení – (Pokud je zaškrtnuto v Preferencích)

STOP Vřetena – (Pokud je zaškrtnuto v Preferencích)

Pohyb do výměny

Výměna nástroje - NÁSTROJ

Chlazení – (V Preferencích)

Smysl otáčení vřetena – (V Preferencích)

Tyto instrukce nebudou provedeny, pokud je aktivní nástroj identický s předchozím (stejný průměr, rádius rohu, typ nástroje a pozice nástroje).

EDGE CAM

11.15 Zásobník nástrojů

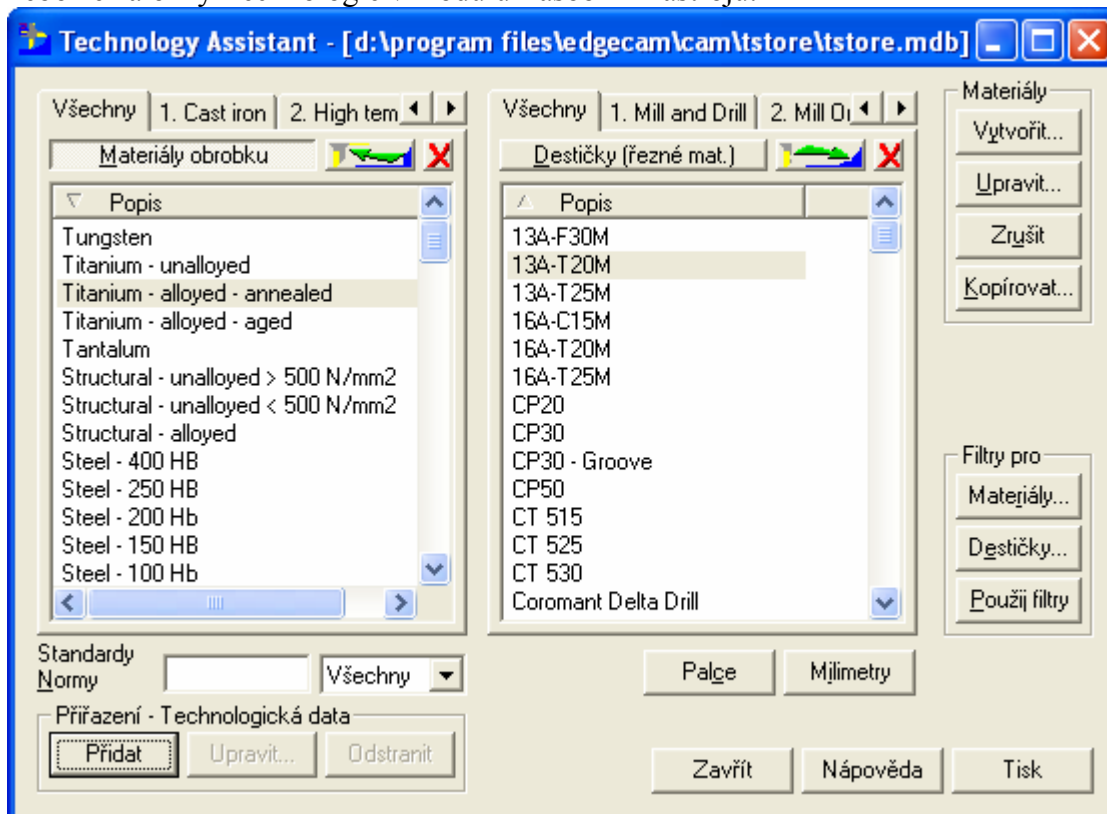
Zásobník nástrojů je databáze nástrojů dostupná z prostředí EdgeCAM obrábění a z dialogových oken operací a volby nástrojů. Umožňuje vkládání, mazání, úpravu a výběr nástrojů pro použití v EdgeCAM a EdgeCAM pro Mechanical Desktop. Zásobník nástrojů používá databázový formát MDB, takže jednotlivé záznamy z databáze lze editovat a prohlížet v prostředí Microsoft Access. Součástí instalace EdgeCAM jsou 2 databáze: tstore.mdb obsahuje vzorové příklady nástrojů a empty.mdb je prázdná, kterou můžete přejmenovat a naplnit vlastními nástroji.

Otevření zásobníku nástrojů se provede příkazem Zásobník nástrojů z menu Nástroj, Nebo kliknutím na ikonu Zásobník nástrojů v panelu ikon Nástroj.

Vybrat nástroj ze zásobníku lze přímo z dialogového okna některé z operací nebo volby nástroje.

11.16 Asistent technologie

Technologický Asistent můžete spustit přímo z programové skupiny EdgeCAM program nebo ze záložky Technologie v modulu Zásobník nástrojů.



Záložka Technologie v modulu Zásobník nástrojů umožňuje přímý vstup do Technologického asistenta prostřednictvím seznamu a tlačítka Listuj-Najdi:

Automatický filtr nabídne pouze destičky v závislosti na typu navoleného nástroje. K otevření dialogového okna pro výběr materiálů nebo destiček slouží tlačítka Listuj-najdi umístěná vpravo od seznamu.

V případě, že jednu databázi používá více uživatelů, hlídá síťový operační systém přístup do databáze a zamezuje neoprávněné editaci. V běžných případech bývá všem dalším uživatelům přiřazen atribut „Jen ke čtení“.

LITERATURA

- [1] OPLATEK, F.: Číslicové řízení obráběcích strojů. Havlíčkův Brod: Fragment 1998, ISBN 80-7200-294-5
- [2] SVOBODA, E.: Technologie a programování CNC strojů. Havlíčkův Brod: Fragment 1998, ISBN 80-7200-297-X
- [3] BARTOŠ, V. a kol.: Základy CNC obráběcích strojů. Havlíčkův Brod: Fragment 1998, ISBN 80-7200-285-8
- [4] KARAFIÁTOVÁ S., LANGER I.: Nekonvenční technologie. Havlíčkův Brod: Fragment 1998, ISBN 80-7200-296-1
- [5] KŇOUREK, M.: Frézování. Havlíčkův Brod: Fragment 1998, ISBN 80-7200-264-3
- [6] WAGNER, F. a kol.: Technika a programování NC strojů. Praha: Wahlberg 1994, ISBN 80-901-657-5-3
- [7] KOČMAN, K.: Speciální technologie. Obrábění, 3.přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2004, ISBN 80-214-2562-8
- [8] FOLPRECHT, J.- ZAHRADNÍK, J.: Řízení obráběcích strojů. Praha, SNTL 1982
- [9] JANDEČKA, K.-SALVA, J.-PRCHLÍK, V.: Od AutoCADu k NC obrábění. Strojírenská výroba 97, 1/2, str. 14-26
- [10] JEŽEK, F.: Geometrické a počítačové modelování. Plzeň, ZČU 1998
- [11] KŇOUREK, B.: Encyklopedie computer designu. Praha, 1997
- [12] LUKAJ, B.: EdgeCAM pro NC obrábění. CHIPWEEK 98, 7, str.17
- [13] SOVA, F.: Programování NC strojů. Plzeň, VŠSE 1990
- [14] HEIDENHAIN – Průvodce TNC 426 B, TNC 430. SRN 11/97
- [15] Elektronický katalog nástrojů ISCAR. Plzeň 2002, ISCAR ČR s.r.o.
- [16] Příručka obrábění SANDVIK Coromant, 1.české vydání. Praha: Sandvik CZ 1997, ISBN 91-972299-4-6
- [10] Náповěda edgeCAM
- [11] INTERNET

12.1 Multiplikační efekt

Multiplikace – násobení

Příklad:

V uvažované případě nahrazujeme jeden stávající konvenční stroj CNC stroji.

Při nasazení

- | | |
|--|---------------|
| - jednoho CNC stroje se zvýší produktivita | o 100% |
| - dvou CNC strojů | o 250% |
| - tří | o 450% |

Přírůstky účinků se nesčítají (nerostou lineárně), ale účinky rostou vyšším tempem (exponenciálně)

[zpět](#)

12.2 RISC

Zkratka označuje jednu kategorii architektur procesorů.

Zkratka pochází z anglického originálu Reduced Instruction Set Computer, v překladu počítač s *redukovanou* sadou instrukcí. Někdy v 70. letech 20. století vědci prováděli výzkum, jehož výsledky ukázaly, že 80% všech výpočtů prováděných na osobním počítači bylo provedeno pouze s 20% všech možných dostupných instrukcí procesoru. Tato myšlenka stála tedy u zrodu RISCových procesorů.

Shrnutí hlavních vlastností RISCových procesorů:

- redukovaná sada instrukcí obsahuje hlavně jednoduché instrukce (platilo hlavně v dřívějších dobách)
- délka provádění jedné instrukce je vždy jeden cyklus
- délka (počet bitů) všech instrukcí je stejná
- mikroinstrukce jsou hardwarově implementovány na procesoru, čímž je velmi výrazně zvýšena rychlost jejich provádění
- využívá se zde techniky řetězení instrukcí (instruction pipeline)

V dnešní době je prakticky každý moderní procesor založený na architektuře RISC.

[zpět](#)

12.3 Řezná rychlost

$$v = \pi D n \quad [\text{m/min}]$$

Z toho plyne

$$n = \frac{v}{\pi D} \quad [1/\text{min}]$$

kde pro

Soustružení

D průměr, na kterém nástroj obrábí [m]

n počet otáček vřetena [1/min]

Frézování

D průměr frézy [m]

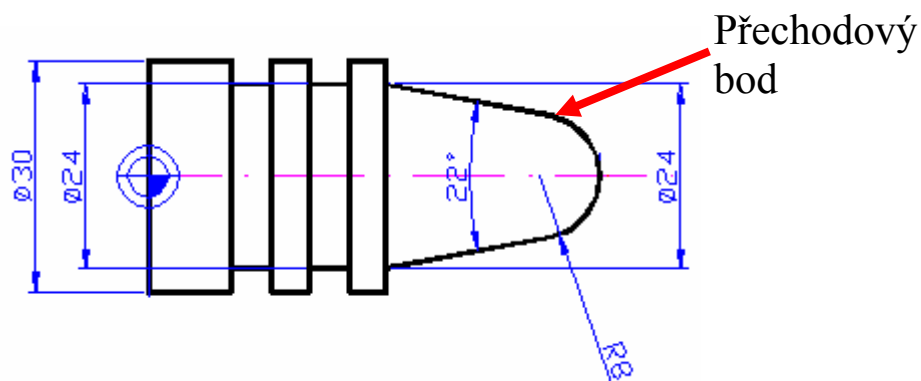
[zpět](#)

12.4 Přejchodové body

Pro zadání jednotlivých vět při ručním programování je nutné určit (vypočítat) souřadnice bodů, ve kterých se mění křivosti dráhy

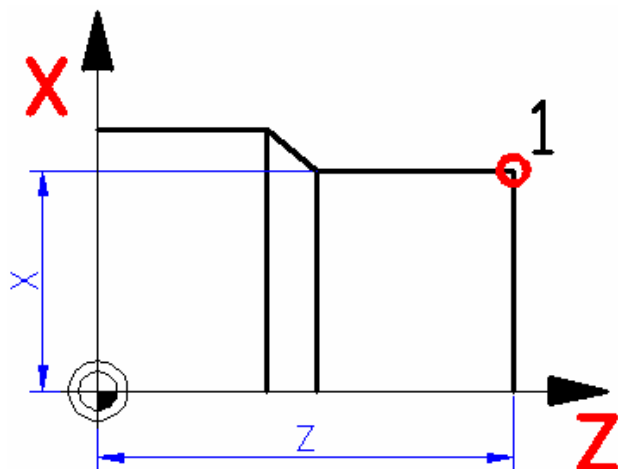
- z přímky na kružnici
- z kružnice na přímku
- z kružnice na kružnici

Příklad



[zpět](#)

12.5 Kartézský souřadný systém



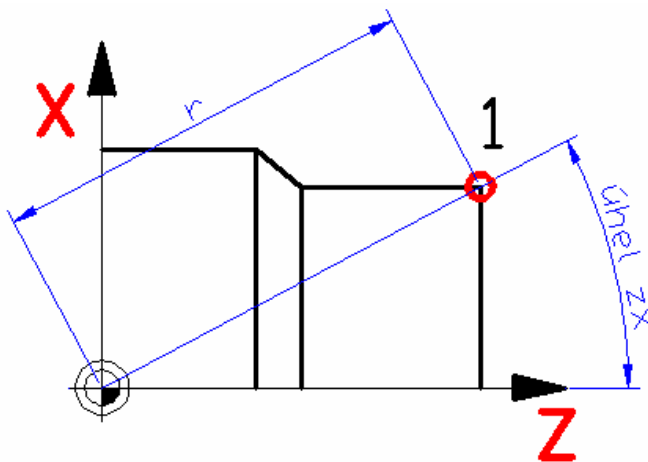
Bod 1 dle obrázku je v rovině dané souřadnou soustavou ZX (u soustruhu) určen dvěma na sebe kolnými souřadnicemi X a Z.

X je kolmá vzdálenost rovnoběžky proložené bodem 1 se Z osou souřadné soustavy od počátku souřadné soustavy.

Z je kolmá vzdálenost rovnoběžky proložené bodem 1 s X osou souřadné soustavy od počátku souřadné soustavy.

[zpět](#)

12.6 Polární souřadný systém



Bod 1 dle obrázku je v rovině dané souřadnou soustavou ZX (u soustruhu) určen průvodičem \underline{r} a úhlem, který průvodič svírá s některou s os (v našem případě s osou Z). \underline{r} je nejkratší možná vzdálenost bodu 1 od počátku souřadné soustavy.

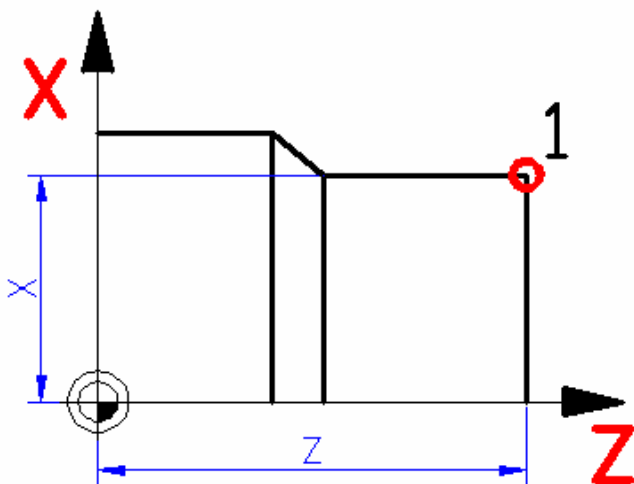
[zpět](#)

12.7 Parametrizace

Parametrizace programu vede k velké variabilitě možností vytvoření obrobku.

Parametrizovaný program (nebo úsek programu) je možné použít jako součást jiných programů. Je tedy možné vytvořit knihovnu jednodušších programů, pomocí nichž je možné „poskládat“ jiný, složitější program.

Bod 1 v následujícím obrázku, kam má například najet nástroj, může být v případě parametrizace kdekoli v dané rovině ZX, protože parametry mohou nabývat variantních hodnot.



Parametr, kterým nahradíme pevnou souřadnici X nazveme například R1.

Parametr, kterým nahradíme pevnou souřadnici Z nazveme například R2.

Potřebujeme například nástrojem najet do výchozího místa pro začištění čela. Nástroj musí najet (rychloposuvem) málo nad průměr polotovaru do dané vzdálenosti.

Potom do adresy R1 můžeme zadat buď, :

- číslo ($R1=25$ pro polotovar průměru 24)
- vzorec, funkci ($R1=50 * \sin(30)$)
- konstantu ($R1=22 + \text{PI}()$ - 0.1415)
- jiný parametr ($R1=2.5 * R2$)

a je tak možné obrobit jakoukoli potřebnou velikost polotovaru.

Potřebujeme-li v našem případě zkrátit polotovar více záběry, je možné parametr ve vytvořeném cyklu opakovaně přepočítávat. O tom ale jindy.

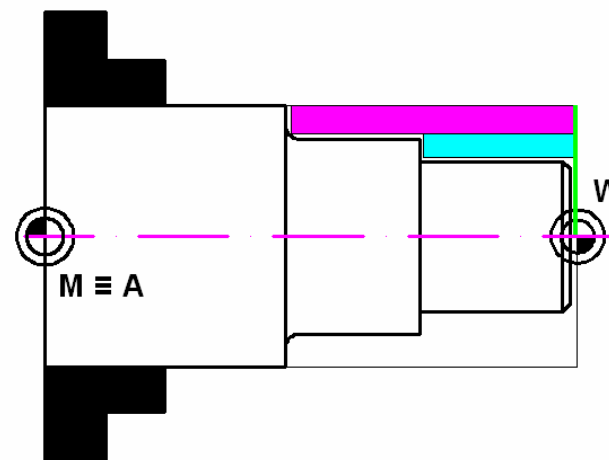
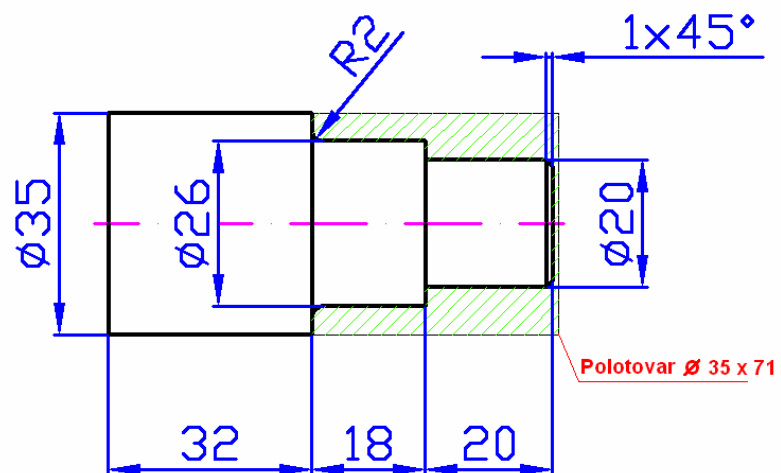
[zpět](#)

PŘÍLOHY

12.8 Programový list

Součástí programového listu je technologický náčrt s vyznačenými vztažnými body, způsobem upnutí, jednotlivými body pohybu nástrojů, úběry a souřadnicový list jednotlivých pohybů nástrojů s veškerými technologickými informacemi

Technologický náčrt (soustružení 2D):



F \equiv C

Číslo věty	Bod pohybu	G nebo funkce	M	X	Z	R	H,K	F	Poznámka

[zpět](#)

12.9 Formát věty (bloku)

Příklad:

Nástroj má vykonat tři pohyby:


- 5) najet posuvem 100 mm/ min. do bodu 1 daného souřadnicemi 25, 75
- 6) najet posuvem 100 mm/ min. do bodu 2 daného souřadnicemi 28, 70
- 7) najet posuvem 250 mm/ min. do bodu 3 daného souřadnicemi 30, 70

Při **pevném formátu** věty bude programový kód vypadat například takto:

```
N 0001 G01 X 25 Z 75 F 100 LF
N 0002 G01 X 28 Z 70 F 100 LF
N 0002 G01 X 30 Z 70 F 250 LF
```

Při **proměnném (volném) formátu věty** bude programový kód vypadat například takto:

```
N 0001 G1 X 25 Z 75 F 100 LF
N 0002 X 28 Z 70 F 100 LF
N 0002 X 30 F 250 LF
```

 Znak znamená, že se do slova převezme obsah paměti

Oba programové kódy vykonají to samé, při volné délce bloku je v části programu potřeba o čtyři slova méně.

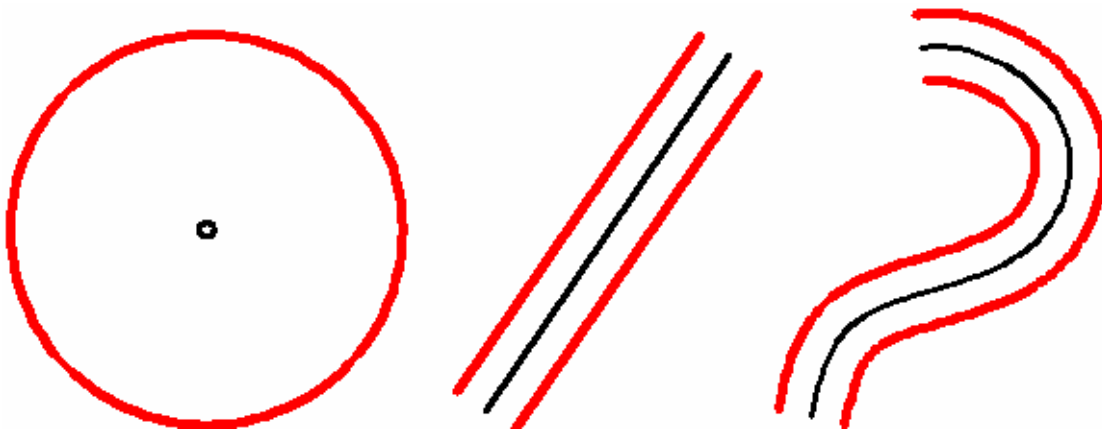
[zpět](#)

12.10 Ekvidistanta bodu, úsečky, křivky

Ekvidistantou nazýváme takovou čáru (křivku), jejíž elementy mají od daného objektu konstantní vzdálenost.

Ekvidistantou bodu je kružnice.

Ekvidistantou úsečky je (jsou) rovnoběžka (y)



[zpět](#)

12.11 HSS

High Speed Steel

Nástrojová ocel legovaná wolframem a dalšími karbidotvornými prvky (Mo, V, Cr, Co, Nb, Ni)

[zpět](#)

12.12 Materiál břítu

Jako materiál břítu nástroje jsou používány:

- Nástrojová ocel
- Slinutý karbid - především
- Cermet
- Keramika
- Kubický nitrid bóru
- Polykrystalický diamant

[zpět](#)

12.13 Konstrukce nástroje

Nástroje mohou být z hlediska konstrukce:

- celistvé
- s pájenou břitovou destičkou
- s mechanicky upínanou břitovou destičkou

U NC strojů převládá použití nástroje s mechanicky upínanou břitovou destičkou.

[zpět](#)

12.14 Směr posuvu

Nástroje (soustružnické nože) můžeme rozdělit na:

- pravé
- levé
- přímé

[z5](#)

12.15 Způsob obrábění

Soustružnické nože můžeme rozdělit na:

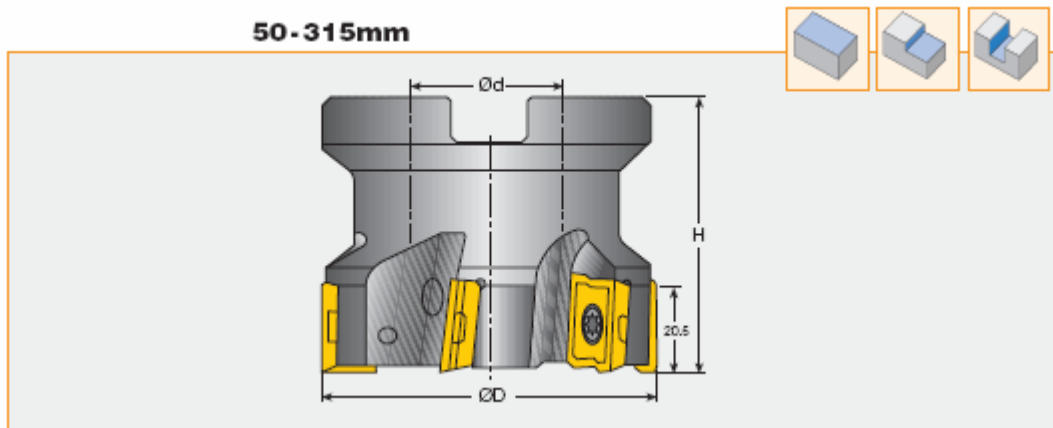
- ubírací
- hladicí
- nabírací
- zapichovací
- upichovací
- závitové
- tvarové

Podle strany obrobku, na které se obrábí jsou konstruovány nože pro vnější a vnitřní soustružení.

[zpět](#)

12.16 Válcová čelní fréza

Obrázek

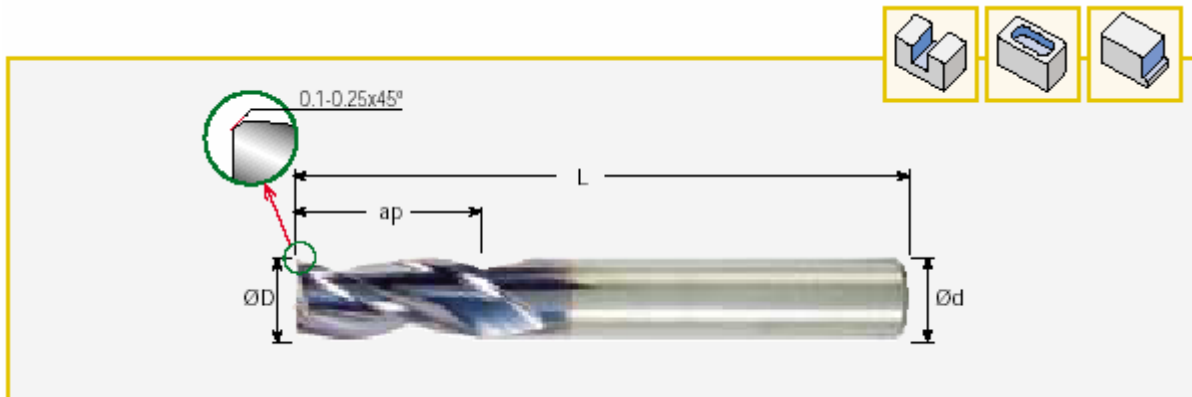


V pravém horním rohu typy ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.

[zpět](#)

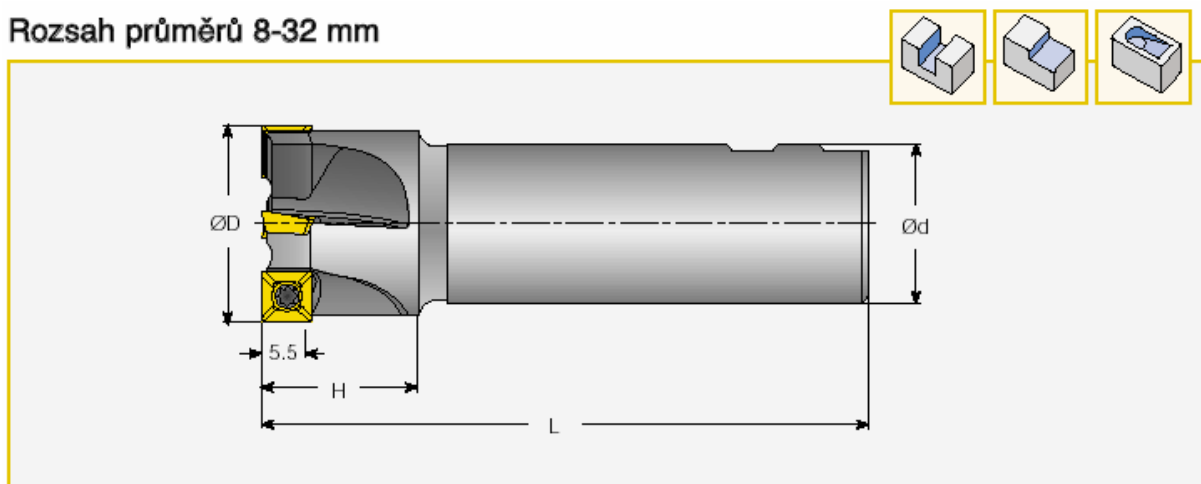
12.17 Stopková celokarbidová fréza

Obrázek



V pravém horním rohu typy ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.

Rozsah průměrů 8-32 mm

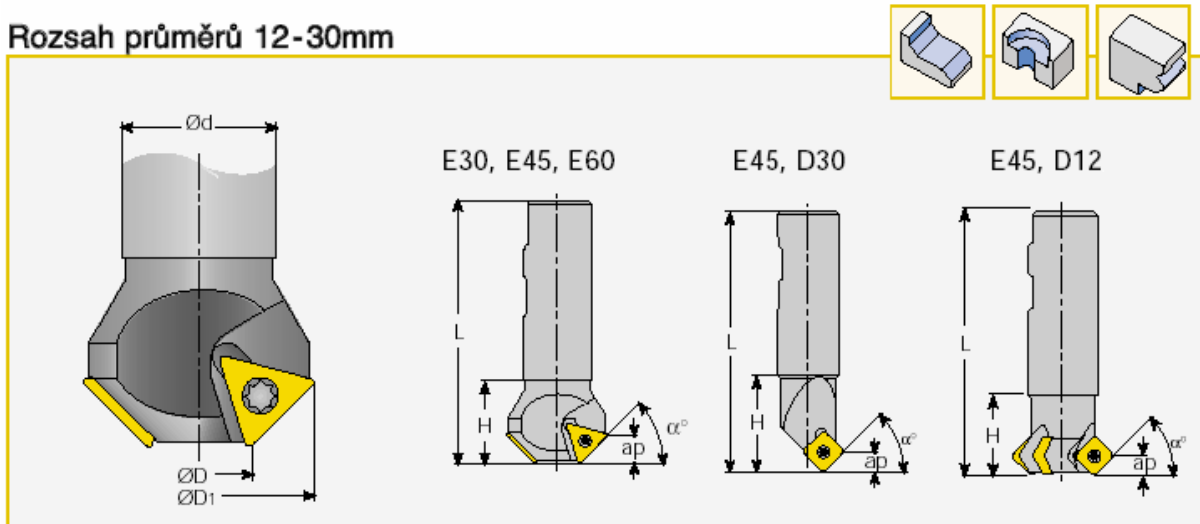


[zpět](#)

12.18 Stopková fréza pro srážení hran

Obrázek

Rozsah průměrů 12-30mm

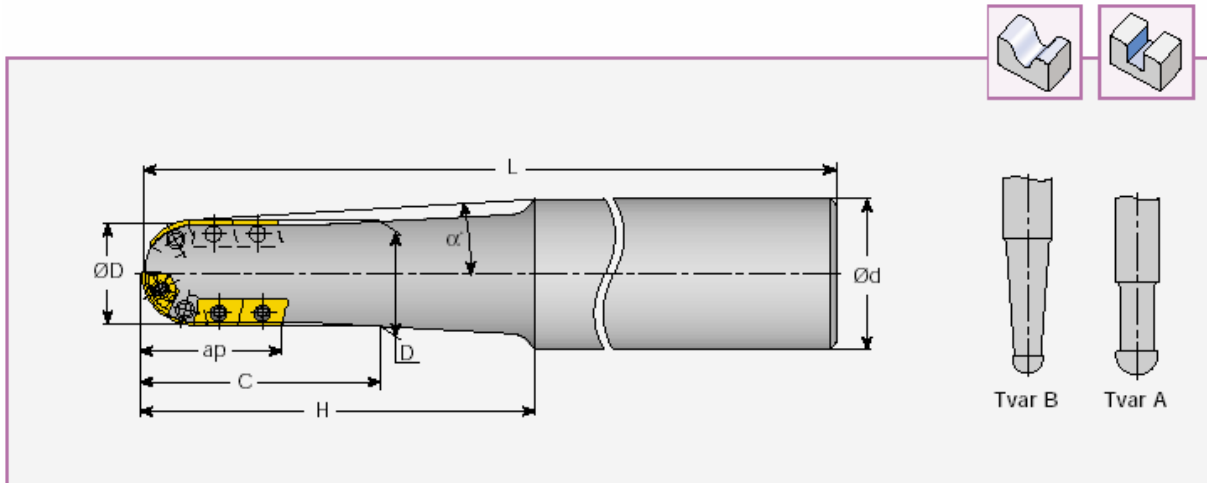


V pravém horním rohu typy ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.

[zpět](#)

12.19 Stopková fréza s čelními půlkruhovými břity

Obrázek

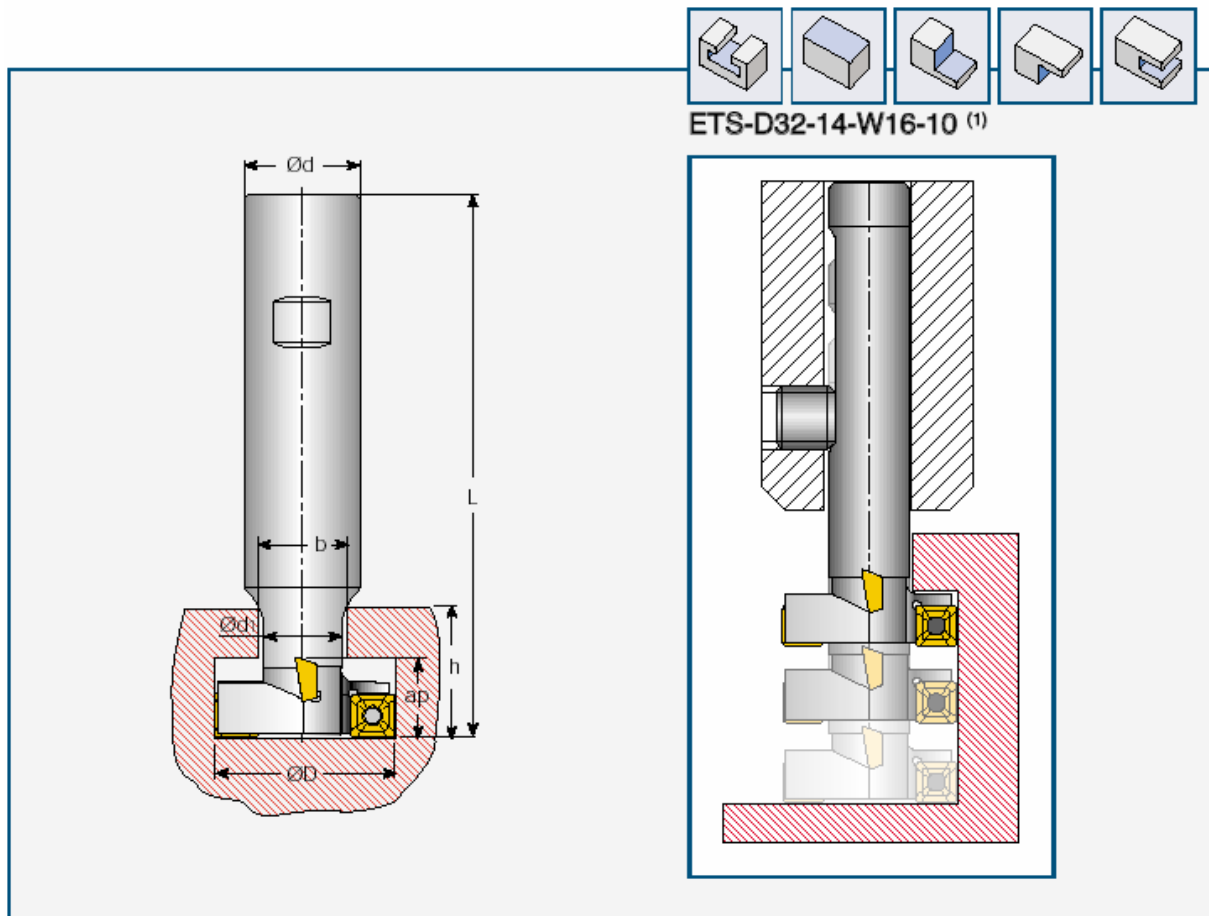


V pravém horním rohu typy ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.

[zpět](#)

12.20 Drážkovací fréza

Obrázek



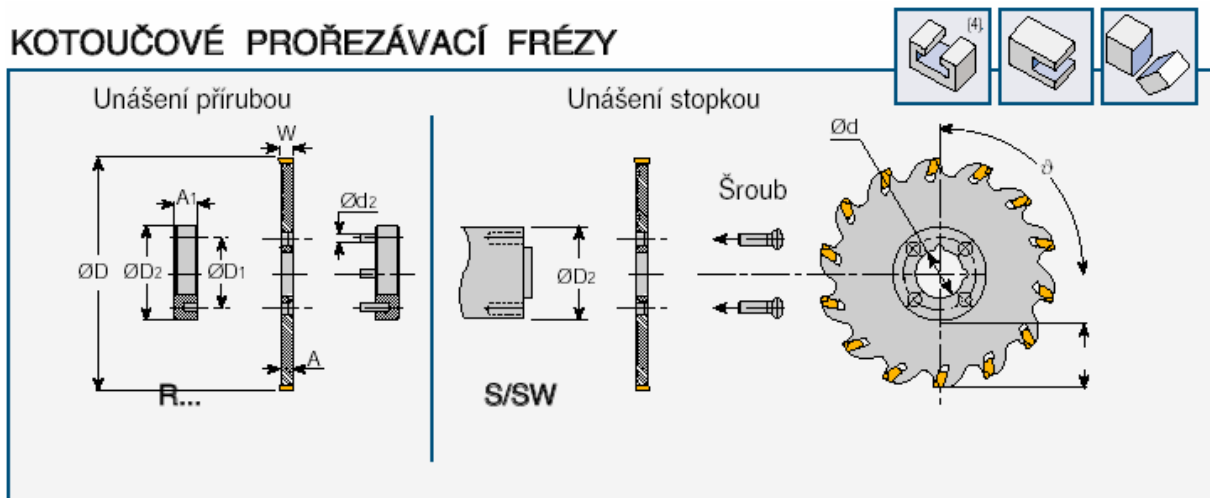
V pravém horním rohu typu ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.

[zpět](#)

12.21 Kotoučová fréza

Obrázek

KOTOUČOVÉ PROŘEZÁVACÍ FRÉZY



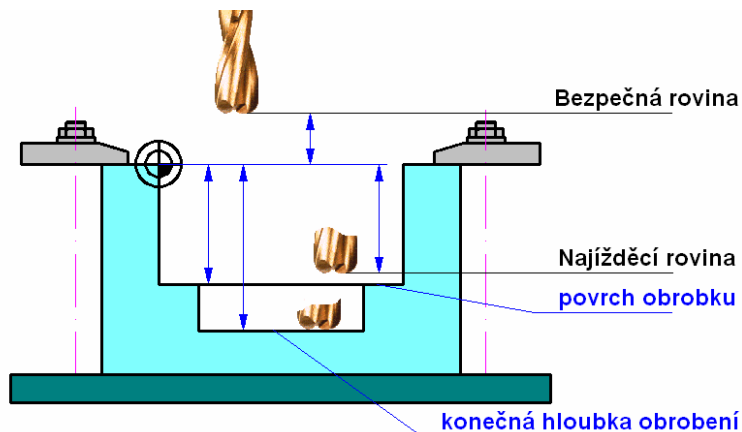
V pravém horním rohu typu ploch, které výrobce (ISCAR) doporučuje nástrojem obrábět.



[zpět](#)

12.22 Rovina rychloposuvu

Taková rovina v pracovním prostoru, vztažená k souřadnému systému, kde nástroj, ani žádná jiná pohyblivá část stroje nenarazí do jiného prvku v pracovním prostoru (upínače, obrobek). Nástroj se může bez nebezpečí pohybovat rychloposuvem v kterékoli rovině nad rovinou rychloposuvu.



12.23 Najížděcí rovina

Rovina v pracovním prostoru, vztažená k souřadnému systému, ve zvolené vzdálenosti nad povrchem materiálu, na kterou se nástroj může přiblížit rychloposuvem kolmo na rovinu povrchu materiálu. Pod touto rovinou hrozí nebezpečí nárazu nástroje do obrobku (to konečně hrozí i při nesprávné volbě vzdálenosti najížděcí roviny)

[zpět](#)