

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

# VYHODNOCENÍ CNC STROJE VERSUS KONVENČNÍ STROJ VE FIRMĚ

EVALUATION OF CNC MACHINES VERSUS CONVENTIONAL MACHINE IN CONDITION COMPANY

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štěpán Kopecký

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2016

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Kopecký Štěpán**

---

Ekonomika a procesní management (6208R161)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává bakalářskou práci s názvem:

## **Vyhodnocení CNC stroje versus konvenční stroj ve firmě**

v anglickém jazyce:

### **Evaluation of CNC Machines versus Conventional Machine in Condition Company**

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíl a metodika bakalářské práce

Teoretická východiska

Všeobecné vysvětlení principů CNC techniky

Představení firmy Alubra s. r. o.

Konkrétní zaměření se na řídicí systém Heidenhain iTNC530

Porovnání CNC stroje s konvenčním strojem

Posouzení situace včetně ekologie

Závěr

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Seznam odborné literatury:

- LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.
- PÍŠKA, M. et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno : CERM, s. r. o., 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha : Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
- ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha : Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
- ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno : CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/2016.

L.S.

---

prof. Ing. Vojtěch Koráb, Dr., MBA  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.  
Děkan fakulty

V Brně, dne 29.2.2016

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou CNC stroje ve firmě a porovnáním CNC oproti konvenčnímu stroji. Analýza CNC se zaměřuje na ekonomické přínosy a přínosy pro firmu z hlediska zlepšení produktivity a přesnosti. Po prostudování odborné literatury a seznámením se s CNC frézou a jejím řídicím systémem a konvenčními stroji firmy Alubra s.r.o. je porovnán výrobek.

## **Abstract**

Bachelor thesis describes analysis of CNC machine in company. The analysis of CNC machine focus on economical benefits and compare CNC machine with conventional technology. After studying the technical literature and becoming familiar with CNC milling with contouring control and conventional machines of the company Alubra Ltd. and then product is compared.

## **Klíčová slova**

CNC stroje, CNC a konvenční metody, konvenční stroje, iTNC 530, nástroj, CNC fréza

## **Key words**

CNC machines, CNC and conventional methods, conventional machines, iTNC 530, tool, CNC milling

### **Bibliografická citace**

KOPECKÝ, Š. *Vyhodnocení CNC stroje versus konvenční stroj ve firmě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2016. 59 s. 4 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 31. května 2016

.....

podpis studenta

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Milanovi Kalivodovi z VUT v Brně, FSI. Za veškeré informace, za poskytnuté konzultace a za cenné rady a připomínky ohledně problematiky týkající se mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Alubra s.r.o., která mi umožnila práci vytvořit a poskytla informace k mé bakalářské práci.

# OBSAH

ÚVOD.....	9
1 CÍL A METODIKA PRÁCE.....	10
2 TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE.....	11
2.1 VŠEOBECNÉ VYSVĚTLENÍ PRINCIPŮ CNC TECHNIKY.....	11
2.1.1 Vývojové generace CNC strojů.....	12
2.1.2 Schéma CNC Obráběcího stroje a jeho řízení.....	14
2.1.3 Rozdělení a uplatnění CNC strojů.....	16
2.1.4 Řezné nástroje.....	18
3 ANALITICKÁ ČÁST PRÁCE.....	23
3.1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY ALUBRA S.R.O. ....	23
3.1.1 Předmět podnikání.....	23
3.1.2 Technické vybavení.....	24
3.1.3 Zaměstnanci.....	25
3.1.4 Mapy procesů společnosti Alubra s.r.o. ....	26
3.2 KONKRÉTNÍ ZAMĚŘENÍ SE NA ŘÍDICÍ SYSTÉM HEIDENHAIN iTNC530.....	27
3.2.1 Ovládací prvky TNC.....	28
3.2.2 Obrazovka.....	29
3.2.3 Ovládací panel.....	30
3.2.4 Příslušenství.....	30
3.2.5 Provozní režimy.....	31
3.2.6 Základy pro programování.....	32
3.2.7 Správa souborů.....	35
3.2.8 Programování: Funkce a pomůcky.....	36
3.2.9 Programování nástroje.....	38
3.2.10 Programování obrysů.....	39
3.2.11 Testování programu.....	41
3.3 POROVNÁNÍ CNC STROJE S KONVENČNÍM STROJEM.....	43
4 NÁVRHOVÁ ČÁST PRÁCE.....	46
4.1 POSOUZENÍ SITUACE.....	46
4.1.1 Ekonomické vyhodnocení.....	48
4.2 EKOLOGIE.....	49
4.2.1 ISO norma 14001.....	50
4.2.2 Základní prvky normy.....	50
4.2.3 Ekologie ve firmě Alubra s.r.o. ....	50
ZÁVĚR.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	55
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	56
SEZNAM TABULEK.....	57
SEZNAM GRAFŮ.....	58
SEZNAM PŘÍLOH.....	59



## ÚVOD

Hlavním tématem bakalářské práce je porovnání výroby pomocí CNC oproti konvenčním strojům a jejich ekonomický přínos podniku. Technologický vývoj ve strojírenské výrobě se neustále vyvíjí a modernizuje a pro udržení konkurenceschopnosti podniku musí podniky neustále inovovat své technologie a investovat do nových modernějších strojů. V dnešní době se CNC stroje staly nepostradatelnou součástí výroby podniků a postupně nahrazují zastaralé technologie obrábění. I přesto, že CNC stroje vyžadují poměrně vysoký vstupní kapitál, vyplatí se díky několikanásobnému zvýšení přesnosti, flexibility, efektivity, zjednodušení a zrychlení výroby.

Pro tyto důvody se v mé bakalářské práci zabývám ekonomickou výhodností CNC stroje pro strojírenskou firmu. Má práce vychází z konkrétních údajů strojírenské firmy, podle kterých se snaží posoudit výhodnost CNC stroje oproti konvenčním metodám obrábění.

Bakalářská práce je rozdělena do tří částí.

První část je teoretická, která se zabývá všeobecným vysvětlením principů CNC techniky. Je zde zpracována vývojová generace CNC strojů, schéma obráběcího centra, rozdělení CNC strojů a řezné nástroje, které se vyrábí z mnoha různých materiálů.

Další část je analytická část. Tato část se zaměřuje na porovnání CNC stroje s konvenčními stroji a konkrétní řídicí systém Heidenhain iTNC530, který podrobně popisuje. Také je zde představena firma Alubra s.r.o.

Poslední část je návrhová, jež se zabývá posouzením situace a ekonomickým vyhodnocením pro konkrétní výrobek, při 1 a 100 kusech. Dále je zde podkapitola ekologie, která popisuje ekologii v podniku, protože oblast ekologie je pro podniky stále populárnější.

# 1 CÍL A METODIKA PRÁCE

Bakalářská práce je zaměřena na ekonomické přínosy CNC frézovacího stroje, s řídicím systémem Heidenhain iTNC530. Výsledek práce by měl dokázat pokles ekonomické náročnosti výroby, zvýšení efektivnosti, výkonnosti a dokázat výhody CNC strojů ve firmách v porovnání s konvenčními stroji.

Při zpracování práce je vycházeno z odborné literatury a odborných publikací, oficiálních internetových stránek a rozhovorů s kompetentními osobami. Teoretická část práce se zabývá problematikou CNC strojů a jejich vývojem. V další části je představena firma, konkrétní řídicí systém a provedena analýza CNC stroje a srovnání s konvenčním strojem. V návrhové části je zobrazeno porovnání a následné vyhodnocení analytické části, které by mělo poukázat na výhodnost CNC strojů oproti konvenčním.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

Tato část práce popisuje CNC stroje, jejich rozdělení a vývoj moderních CNC pracovišť, které díky své univerzálnosti a vysoké efektivitě postupně nahrazují starší stroje.

### 2.1 Všeobecné vysvětlení principů CNC techniky

#### Definice CNC

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

*Stroje jsou „pružné“, lze je rychle přizpůsobit jiné (podobné) výrobě a pracují v automatizovaném cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením. Stroje CNC se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby (obráběcí, tvářecí, montážní, měřicí) a jejich typickými představiteli, které se používají pro výcvik programátorů a obsluhy, jsou soustruhy a frézky“ (1, s. 9).*

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

**geometrické** – Popisují dráhy nástroje, jde o popis drah v kartézských souřadnicích. Způsob obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku a od něho. V programu je uveden popis v osách X, Z, u soustruhu je to v osách X, Y, Z a u frézky (často v pěti osách) danými funkcemi, které stanoví norma ISO a výrobci řídicích systémů,

**technologické** – Stanovují technologii obrábění z hlediska rezných podmínek (např. otáčky, rezná rychlost, posuv, šířka záběru ostří),

**pomocné** – Informace a pomocné funkce pro stroj (např. zapnutí čerpadla procesní kapaliny, směr otáček vřetene atd.) (1).

### 2.1.1 Vývojové generace CNC strojů

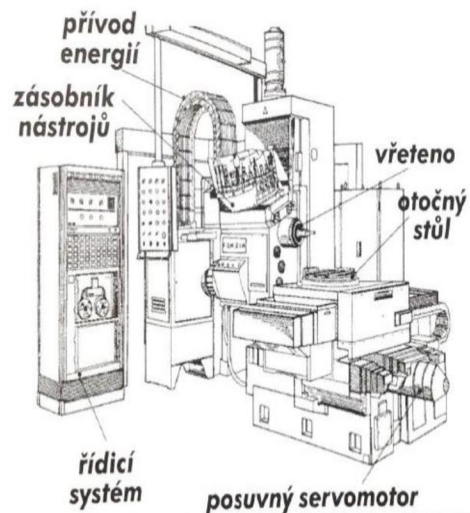
Podle stupně vývoje se číslíkové stroje dělí do šesti vývojových generací.

#### Stroje první vývojové generace

Sem patří NC stroje, které byly odvozeny od běžných konvenčních strojů a uzpůsobeny k řízení NC řídicím systémem. Tento typ strojů zanedlouho přestal vyhovovat, protože u něj nebyly užity charakteristické znaky pro NC obráběcí stroje (2).

#### Stroje druhé vývojové generace

Tyto stroje se začali vyrábět speciálně pro číslíkové řízení. Stroje začínají být vybavovány systémem automatické výměny nástrojů, kde se opotřebované nástroje v zásobníku vyměňují ručně. Některé stroje (převážně soustružnické) měly dopravník třísek. Jde převážně o stroje nesplňující podmínky pro zařazení mezi automatizované výrobní soustavy. Příkladem těchto strojů je FQH 50 NC ZPS Gottwaldow, tehdejší název firmy (2).



Obr. 1: FQH 50 NC ZPS Gottwaldow, tehdejší název firmy (2, s. 17)

#### Stroje třetí vývojové generace

Důležitým znakem této generace vývoje je uzpůsobení strojů pro provoz v automatizovaných výrobních soustavách. Proto se tyto stroje vyznačují použitím systému automatické výměny obrobků. Zásobníky nástrojů mají větší kapacitu, stále s ruční výměnou opotřebovaných nástrojů. Dalším významným znakem těchto strojů je jejich stavebnicovost, což umožňuje snížit náklady výroby. Stroje třetí generace lze nasadit i individuálně (2).

### **Stroje čtvrté vývojové generace**

Stroje čtvrté generace již mají vyřešené napojení na automatickou výměnu opotřebovaných nástrojů ze zásobníku. Tuto generaci lze prohlásit za zcela automatickou jak v oblasti výměny nástrojů a obrobků, manipulaci s třískami, tak i v návaznosti na všechny druhy mezioperační dopravy. Tyto stroje jsou tedy plně automatizované s vysokým stupněm automatizace s možností pracovat v třisměnném provozu. Charakteristickým znakem je důsledná stavebnicovost strojů. Stroje jsou schopny pracovat individuálně, zpravidla se zásobníkem obrobků, upnutých na technologických paletách. Řídící systémy jsou založeny na bázi CLC/PLC multiprocessorových mikropočítačových výrobních soustav pro nerotační i rotační součásti (2).

### **Stroje páté vývojové generace**

NC stroje mají vysoké parametry přesnosti a produktivity pro všechny typy výrobních operací. Stroje jsou vybaveny velkokapacitními zásobníky a mezioperační dopravou nástrojů i obrobků. Začínají se zde uplatňovat v konstrukcích mechatronické prvky. Znamená to elektronickou kompenzaci chyb polohování, měření rozměrů obrobků během obrábění měřicími sondami a korekce programu pro dodržení výkresových (naprogramovaných) rozměrů a úchylek přesnosti. Dále se zde začíná objevovat laserové odměření polohy a optimalizace řezných podmínek. CNC systémy mají otevřenou architekturu a integrované CAD/CAM systémy na bázi PC. Pružné výrobní soustavy mají bohaté technologické vybavení, což umožňuje velkou variantnost dílů ve výrobě (2).

### **Stroje šesté vývojové generace**

Tyto stroje z šesté generace mají konstrukci založenou na zkušenostech z předcházejících generací s těmito charakteristickými znaky:

- snižování času výměny nástroje a obrobku na minimum,
- koncepce šitá zákazníkovi na míru,

- vysokorychlostní, víceosé a suché obrábění,
- dálková diagnostika hlavních skupin strojů,
- ultrapřesné obrábění (na desetiny mikrometru) (2).

### 2.1.2 Schéma CNC obráběcího stroje a jeho řízení

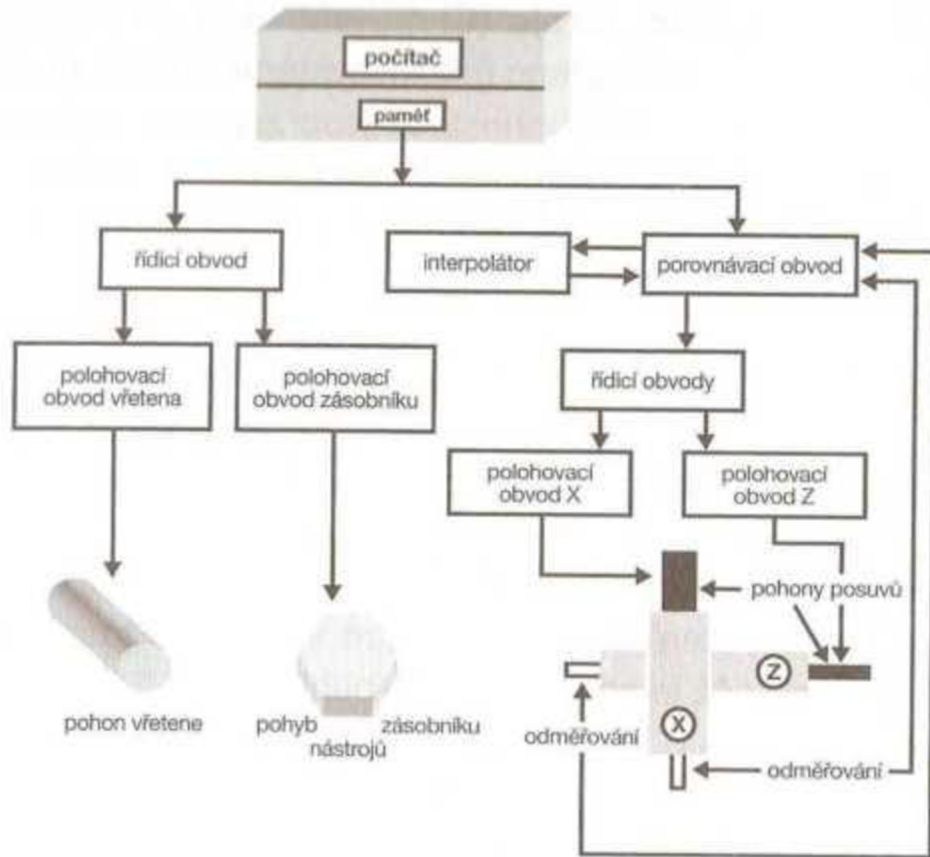
**Počítač** – Jedná se o průmyslový počítač s nahaným řídicím systémem, který je součástí stroje. Z hlediska obsluhy je dán obrazovkou a ovládacím panelem. Ovládacím panelem lze provádět potřebné příkazy nutné při ruční obsluze, pro seřizování stroje a pro práce v dalších režimech stroje. Také umožňuje pomocí příslušného softwaru vytvářet požadovaný CNC program. Program lze vytvořit mimo stroj, který můžeme do řídicího systému napsat ručně, což je zbytečně zdlouhavé. Snadnější je nahrát systém pomocí USB portu. Program se ukládá v paměti a pro vlastní práci se vyvolá příkazem (1).

**Řídicí obvody** – V těchto obvodech se logické signály převádějí na silnoproudé elektrické signály, kterými se přímo ovládají jednotlivé části stroje – motory včetně a posuvů, ventily atd.

- Řídí stroj pomocnými funkcemi, na obr. 3 jsou znázorněny otáčky včetně a otáčení zásobníku nástrojů do pracovní polohy pro určený nástroj.
- Řídí dráhu nástroje pohybovými funkcemi, které popisují geometrii pohybu v osách X a Z (1).

**Interpolátor** – Řeší dráhu nástroje, která je zadaná geometrií, a výpočty délkových a rádiusových korekcí nástroje. Vypočítává tedy ekvidistantu pohybu bodu výměny nástroje, která je vzdálena o vypočítané korekce od požadovaného geometrického obrysu. Zaručuje geometrickou přesnost výrobku (1).

**Porovnávací obvod** – Stroj musí být vybaven zpětnou vazbou, která přenáší informace o dosažených geometrických hodnotách suportů v souřadných osách, v jednotlivých bodech dráhy pohybu. Tyto souřadnice se porovnávají s hodnotami, které jsou zadány programem a upraveny v interpolátoru. Pokud je zjištěn rozdíl, pohony posuvů dostanou povel k dosažení požadovaných hodnot souřadnic. Stroj musí být vybaven odměřováním, např. pomocí pravítek umístěných na suportech, které slouží k zajištění dosažených souřadnic (1).

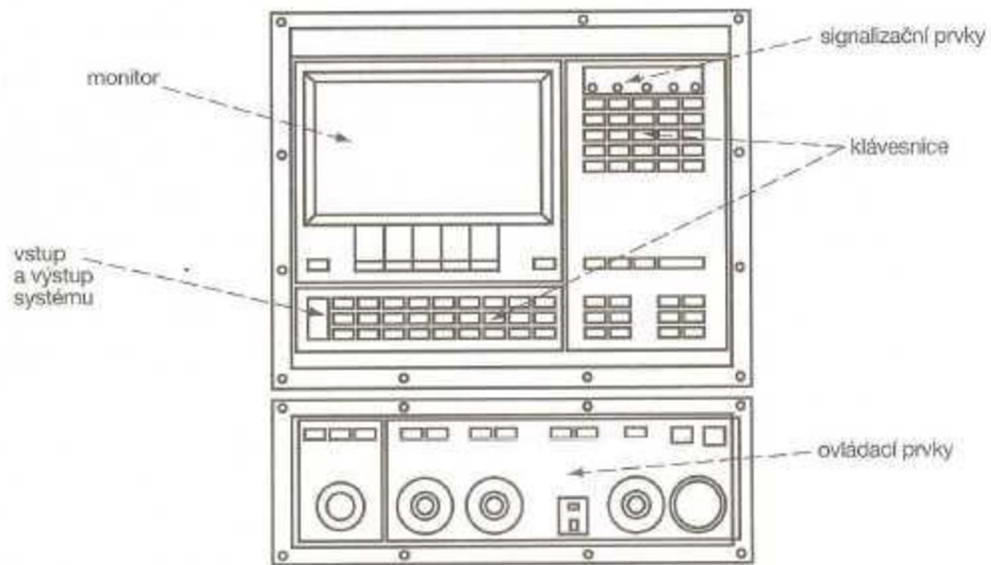


Obr. 2: Schéma CNC obráběcího stroje. (1, s. 10)

**Řídicí panel** – dělí se na několik částí, lišících se svým významem:

- **vstup dat** – část alfanumerická, pomocí níž se ručně zapisuje např. program, data o nástrojích, o seřízení stroje, strojní konstanty atd.,
- **ovládání stroje** – speciální část, pomocí které se pohybuje nástrojem nebo obrobkem, spouští se otáčky vřetene, ovlivňuje se ručně velikost posuvů, otáček apod.,

- **volba režimu práce** – ruční režim, automatický režim, dílenské programování,
- **aktivace paměti** – vyvolání jednotlivých druhů paměti,
- **aktivace testů** – vyvolání testů programů a testů stroje, simulací programů,
- **obrazovka** – slouží ke kontrole prováděných činností,
- **přenosný panel** – slouží k ovládání základních pohybových funkcí stroje tak, jako základní část klávesnice. Umožňuje při seřizování a ovládání stroje přejít obsluhu do míst, které poskytují dokonalejší možnost vizuální kontroly (1).



Obr. 3: Řídicí panel CNC stroje. (1, s. 11)

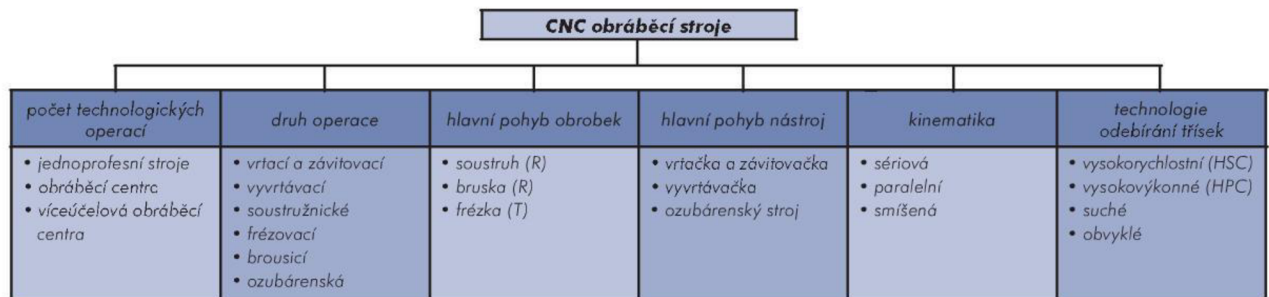
### 2.1.3 Rozdělení a uplatnění CNC strojů

Podle stupně automatizace se stroje rozdělují:

- konvenční,
- poloautomatické,
- automatické,



CNC stroje hlavně pomáhají k snížení výrobních nákladů, zkrácení výrobní doby výrobku, zvýšení přesnosti, zjednodušení automatizace výroby, čímž zvyšují ekonomické úspory a efektivitu a produktivitu firmy (3).



Obr. 4: Rozdělení CNC obráběcích strojů. (2, s. 16)

V současné době se CNC stroje rozdělují dle šesti hlavních hledisek, které jsou zobrazeny na obr. 4. Kromě tohoto rozdělení mohou nastat kombinace (např. jednoprofesní CNC frézka se sériovou kinematikou pro HSC obrábění). Pro jednoprofesní CNC obráběcí stroj je charakteristické, že pro technologii třískového obrábění používají převážně jeden druh operace, a to:

- frézování,
- soustružení,
- vrtání, zahlubování, vyhrubování, závitování,
- vyvrtávání,
- broušení,
- výroba ozubení (zejména odvalováním) (2).

V poslední době se začínají objevovat jednoprofesní NC stroje i s automatickou výměnou nástrojů a obrobků. Většinou se jedná o jednodušší obráběcí centra s nižší pořizovací cenou. U těchto typů NC strojů se většinou zařízení konstruuje podle požadavků zákazníka. V dnešní době se směřuje ke konstrukci levných obráběcích center, které

nahrazují jednoprofesní NC stroje. Avšak existují stále procesy a výrobní operace, kde dominují jednoprofesní NC stroje např. při výrobě ozubení, brusek a souřadnicových vyvrtávaček se specifickou konstrukcí (2).

Pokud je stroj schopný provádět různé druhy operací s automatickou výměnou nástrojů a obrobků, pak se hovoří o obráběcím centru. Což znamená, takový číslíkově řízený stroj, který:

- může provádět různé druhy operací,
- pracuje v automatickém cyklu,
- může pracovat v bezobslužném výrobním provozu,
- je vybaven automatickou výměnou nástrojů a obrobků,
- je vybaven diagnostickými a měřicími prvky (2).

#### **2.1.4 Řezné nástroje**

*„Soudobé řezné nástroje pro strojní obrábění jsou vyráběny z rozmanitých materiálů, od nástrojových ocelí (zejména rychlořezných) přes slinuté karbidy (bez povlaků i s tvrdými, otěruvzdornými povlaky), cermety (včetně povlakovaných), řeznou keramiku (včetně povlakované) až po supertvrdé materiály (syntetický diamant a kubický nitrid bóru)“ (6 s. 5).*

Materiály, z nichž jsou zhotovené řezné nástroje, se vyznačují různou kombinací tvrdosti, houževnatosti a odolnosti proti opotřebení. Lze je rozdělit do řady tříd se specifickými vlastnostmi. Obecně můžeme říci, že nejvhodnější nástrojový materiál musí být:

- tvrdý, aby odolával opotřebení bříty a plastické deformaci,
- houževnatý, aby odolal celkovému lomu,
- nesmí reagovat s materiálem obrobku,

- chemicky stabilní, aby odolával oxidaci a difuzi,
- odolný proti náhlým změnám teplot (7).

### Rychlořezná ocel (HSS)

Rychlořezná ocel (vysoce legovaná nástrojová ocel), zachovává tvrdost do 600°C. Rychlořezná ocel má vysokou pevnost a dostatečnou řezivost. Při výrobě se leguje chromem, wolframem, kobaltem, vanadem a molybdenem. Nože se používají k soustružení měkkých a středně tvrdých materiálů. Vyrábí se z ní soustružnické a hoblovací nože, vrtáky, frézy a výstružníky (8).

### Slinuté karbidy

Slinuté karbidy, zachovávají tvrdost do 1000°C. Vyrábí se z karbidů kovů s vysokou teplotou tání, např: karbid tantalu, karbid wolframu, či karbid titanu (8).

*„Dělíme je do šesti skupin dle mezinárodní normy ISO 513, tato norma udává vhodnost pro obrábění určitých materiálů, namáhání břitu a opotřebení. Podskupiny dále uvádí dvojciferné číslo, které udává poměr mezi tvrdostí a houževnatostí. Větší číslo zde znamená vyšší houževnatost a nižší tvrdost“ (8).*

Skupina	Podskupina	Základní chemické složení	Efektivní aplikace pro obráběný materiál
P	P01, P05, P10, P15, P20, P25, P30, P35, P40, P45, P50	WC (30÷82)% + TiC (8÷64)% + Co (5÷17)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou, plynoulou třísku: nelegovaná, nízkolegovaná a vysoce legovaná ocel, litá ocel, automatová ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická korozivzodrná ocel.
M	M01, M05, M10, M15, M20, M25, M30, M35,	WC (79÷84)% + TiC (5÷10)% + TaC.NbC (4÷7)% + Co (6÷15)%	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou a střední třísku: austenitická a feriticko austenitická ocel, korozivzodrná, žáruvzodrná, žáropevná, nemagnetická a otěruvzodrná ocel.
K	K01, K05, K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40	WC (87÷92)% + Co (4÷12)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající krátkou, drobnou třísku: nelegovaná i legovaná šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina
N	N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30		Slinuté karbidy pro obrábění neželezných materiálů: slitiny mědi a hliníku, duroplasty, fibry, plasty s vlákninou, tvrdá guma.
S	S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30		Slinuté karbidy pro obrábění: žáruvzodrné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni nebo Co, Titanu, Ti slitiny
H	H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30		Slinuté karbidy pro obrábění: zušlechtné oceli s pevností nad 1500 Mpa, kalené oceli HRC 48÷60, tvrzené kokilové litiny HSh 55÷58

Obr. 5: Přehled skupin slinutých karbidů, jejich podskupiny, složení a aplikace. (8)

### ➤ **Nepovlakované slinuté karbidy**

Nepovlakované slinuté karbidy tvoří pouze velmi malou část. Tyto karbidy se buď skládají přímo z W/Co nebo obsahují velké množství kubických karbonitridů. Typickými aplikacemi jsou obrábění žárovzdorných slitin nebo titanových slitin a soustružení tvrzených materiálů při nízkých řezných rychlostech. Nepovlakované slinuté karbidy mají horší životnost oproti povlakovaným (9).



Obr. 6: Nepovlakované slinuté karbidy. (9)

### ➤ **Povlakované slinuté karbidy**

Vyrábí se stejně jako slinuté karbidy, ale je na ně nanesen povrch z tvrdé látky. Povrch se nanáší v několika vrstvách, poslední vrstva se vyleští. Takto zhotovené břity mají vysokou trvanlivost. Vyměnitelné břitové destičky (VBD) mají tři, až šest řezných hran, po otupení se destička pootočí a pracovní polohu zaujme nová řezná hrana. Toto seřízení nástroje je velmi rychlé, jednotlivé řezné hrany mají přesnost 0,13 až 0,03 mm (8).

V současnosti reprezentují povlakované slinuté karbidy 80-90% veškerých VBD používaných pro obráběcí nástroje. Jejich úspěch je dán jejich unikátní kombinací odolnosti proti opotřebení a houževnatosti, ale také jejich schopností nechat se formovat do složitých tvarů (10).



Obr. 7: Povlakované slinuté karbidy. (10)

Povlaky na slinuté karbidy se dělí na dvě základní skupiny:

- **CVD povlaky** – vznikají srážením kovových par a chemickými reakcemi při teplotách v intervalu 700-1050°C. CVD povlaky mají vysokou odolnost proti otěru a skvělou přilnavost ke slinutým karbidům,
- **PVD povlaky** – vznikají srážením kovových par, jsou nanášeny za relativně nízkých teplot 400-600°C. Samotný proces se skládá z postupného odpaření kovu, který reaguje, například s dusíkem, přičemž na povrchu obráběcího nástroje vzniká tvrdý nitridický povlak. PVD povlaky díky své tvrdosti ještě zvyšují

odolnost proti otěru. Jejich vnitřní tlaková pnutí jsou důvodem nárůstu houževnatosti břitu a odolnosti proti tepelným hřebenovým trhlinám (10).

### **Cermet**

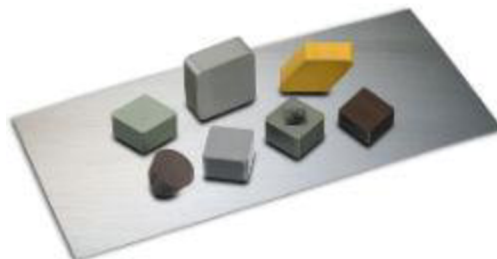
Cermet je slinutý karbid tvořený tvrdými částicemi na bázi titanu. Název cermet je kombinací slov keramika (ceramic) a kov (metal). Cermety jsou tvořeny částicemi karbonitridů titanu, sekundárními částicemi tvrdých fází např. wolframem a pojivem bohatým na kobalt. Cermet je odolný vůči otěru, sekundární částice tvrdých fází zvyšují odolnost proti plastické deformaci a podíl kobaltu určuje houževnatost. Cermety lze také povlakovat metodou PVD (11).



Obr. 8: Cermety. (11)

### **Řezná keramika**

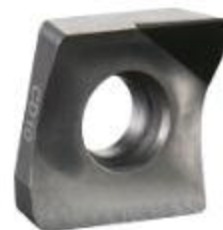
Všechny obráběcí nástroje používající řeznou keramiku jsou mimořádně odolné oproti otěru ve vysokých řezných rychlostech. Hlavními nedostatky řezné keramiky jsou její nízká odolnost proti tepelným trhlinám a malá lomová houževnatost. Existuje celá řada tříd řezné keramiky (12).



Obr. 9: Řezná keramika. (12)

### **Polykrystalický diamant**

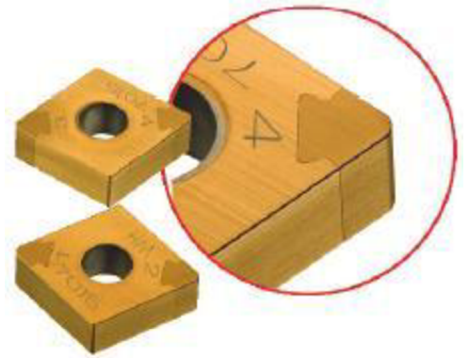
Polykrystalický diamant se skládá z diamantových částic slinutých dohromady pomocí kovového pojiva. Diamant je nejtvrdší, a tudíž proti otěru nejodolnější, ze všech materiálů. Má velmi dobrou odolnost proti otěru, ale postrádá chemickou stabilitu za zvýšených teplot. Také má vysokou afinitu k železu, proto použití nástrojů z polykrystalického diamantu je omezeno na neželezné materiály (13).



Obr. 10: Polykrystalický diamant. (13)

## **Polykrystalický kubický nitrid bóru**

Polykrystalický kubický nitrid bóru, je materiál s mimořádně velkou tvrdostí za tepla, který lze používat při velmi vysokých řezných rychlostech. Vyznačuje se také velmi dobrou houževnatostí a odolností proti tepelným rázům. Polykrystalický kubický nitrid bóru také umožňuje použití pro vysokorychlostní hrubování šedé litiny při soustružnických i frézovacích operacích (14).



Obr. 11: Polykrystalický kubický nitrid bóru. (14)

## 3 ANALITICKÁ ČÁST PRÁCE

Analytická část se bude zabývat porovnáním CNC strojů oproti konvenčním strojům. Představením firmy Alubra s.r.o. a přiblížením řídicího systému Heidenhain iTNC 530.

### 3.1 Představení firmy Alubra s.r.o.

*„Firma Alubra s.r.o. vznikla 2. 3. 2005 fízi dvou osob samostatně výdělečně činných, a to Antonínem Bravencem podnikajícím v kovoobrábění a Petrem Glončákem podnikajícím ve velkoobchodě s hliníkem. Tito spojili své dlouholeté zkušenosti ve svých oborech. Oba subjekty při vzniku pracovali samostatně a zaměstnávali pouze sami sebe.*

*Vzniklá vzájemná kooperace obou subjektů se začala jevit jako oboustranně prospěšná a pomalu se schylovalo ke spojení, které vyústilo ke vzniku firmy Alubra s.r.o. Práce na hliníkových profilech přibývalo stejně jako i provedených sérií, jelikož naši zákazníci nakupovali výrobky v západní Evropě, tedy o mnoho draž, než je bylo možno vyrobit u nás. Kvalita zpracování hliníku a neželezných kovů byla vysoká a se spokojeností zákazníků rostla i poptávka, která zpečetila součinnost obou zakladatelů firmy. Po vzniku Alubry s.r.o., začali být starší obráběcí stroje nedostačující vůči rostoucí poptávce, a tudíž se začalo uvažovat o prvním CNC frézovacím centru, které by zvýšilo produktivitu firmy. V průběhu roku 2005 bylo zakoupeno první CNC frézovací centrum. Byl to významný krok v technologickém rozvoji firmy, který poté následoval. V té době ve firmě pracovalo něco málo přes deset zaměstnanců“ (4).*

#### 3.1.1 Předmět podnikání

Alubra s.r.o. je významnou českou společností v opracování hliníku (cca z 70%) a neželezných kovů. Nedílnou součástí je také opracování oceli a jejich slitin. Nabízí soustružení a frézování ve 3 nebo 5 osách na CNC strojích. Zajišťuje také vysoko-produkční dělení hliníku a neželezných kovů na speciálních aromatických kotoučových pilách. Součástí provozu je zámečnická a svařovací dílna, která rozšiřuje jejich služby, které poskytuje zákazníkům. Společnost dále nabízí služby ve velkoobchodu s hliníkem. Hliník lze dodat v neopracovaném stavu, pouze dělený na požadovaný rozměr nebo jako

finální produkt v různém stadiu opracování. Soustředí se na střední a velkosériovou výrobu (15).

**Sortiment služeb:**

- soustružení,
- frézování,
- dělení hliníku,
- svařování,
- zámečnictví,
- velkoobchod (15).

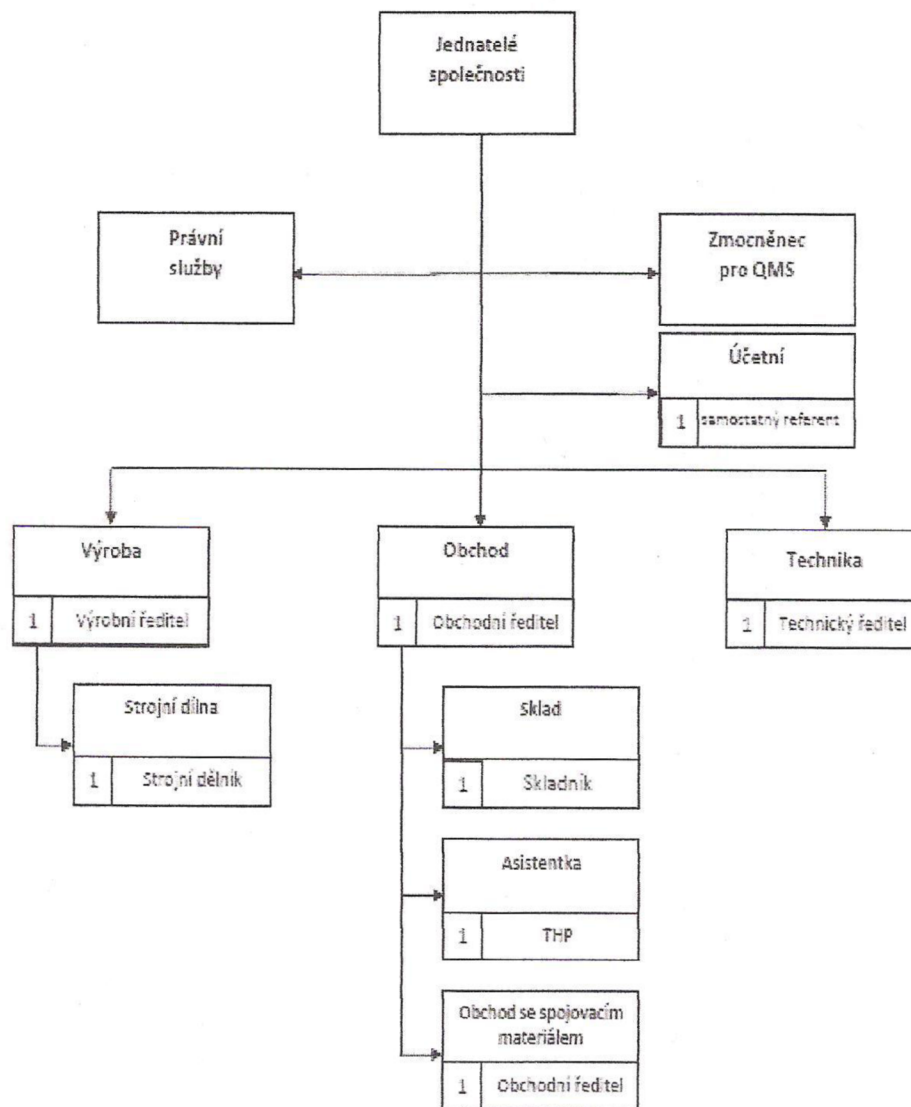
**3.1.2 Technické vybavení**

- Frézovací zařízení Hermle C400 s řídicím systémem Heidenhain iTNC530,
- pila ELUMATEC MGS 72,
- dělicí automat ELUMATEC SA 142,
- soustruh SPINNER TC800L,
- soustruh HYUNDAI – KIA MACHINE SKT 21,
- soustruh MAZAK QUICK TURN SMART 200,
- stojanové vrtačky,
- hydraulický lis,
- svařovací dílna,
- zámečnická dílna (15).



### 3.1.3 Zaměstnanci

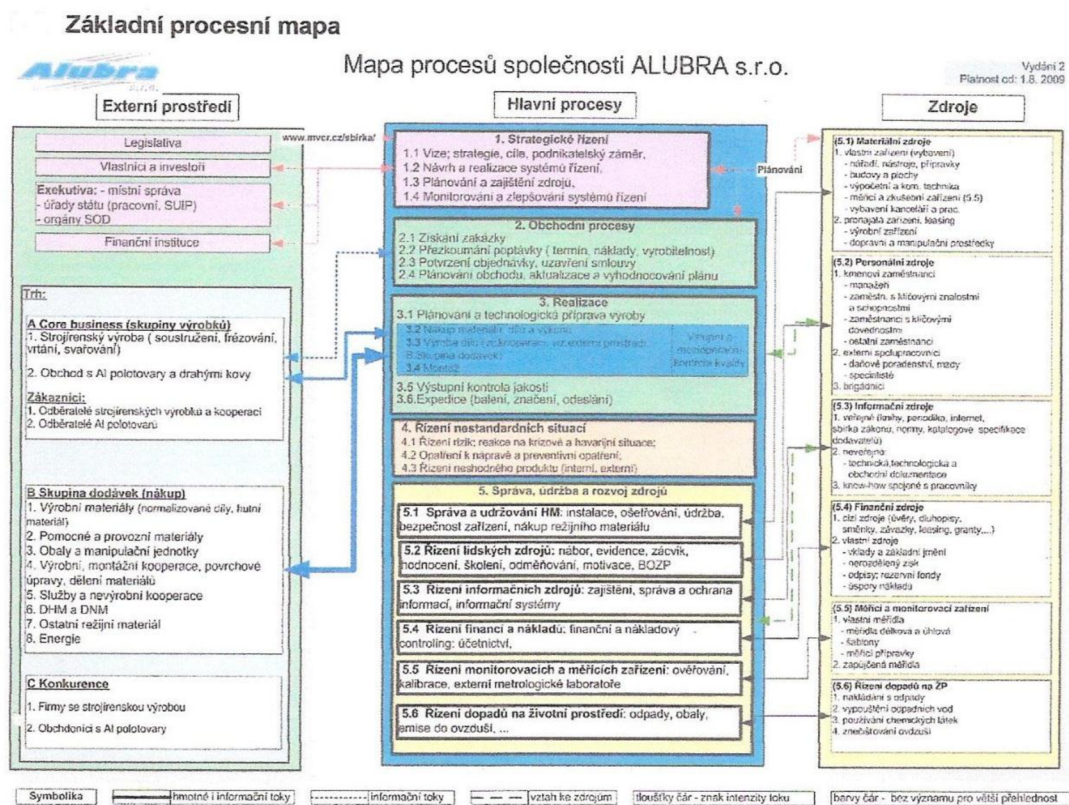
Nyní firma Alubra s.r.o. zaměstnává přes třicet zaměstnanců, kteří byli řádně proškoleni ohledně bezpečnosti práce, kterou má podnik řádně vypracovanou v příručce BOZP. Každý pracovník rovněž dostane ochranné pomůcky přesně pro výkon jeho práce, včetně pracovního oděvu (15).



Obr. 12: Organizační schéma. (5, s. 26)

### 3.1.4 Mapy procesů společnosti Alubra s.r.o.

„Procesy, jejich vzájemná interakce a vztah k externímu prostředí a ke zdrojům jsou graficky zobrazeny v procesních mapách. Z hlediska hierarchie jsou rozlišovány procesy hlavní, které jsou uvedeny v Základní procesní mapě a procesy dílčí, které jsou uvedeny ve vývojových diagramech a dokumentových postupech, které mají důvěrný charakter“ (5, s. 3).



Obr. 13: Základní mapa procesů. (5, s. 3)

### 3.2 Konkrétní zaměření se na řídicí systém Heidenhain iTNC 530

*„iTNC 530 od firmy HEIDENHAIN je všestranný, dilensky a konturově orientovaný řídicí systém pro frézovací, vrtací a vyvrtávací stroje stejně jako pro obráběcí centra. Systém iTNC 530 je universální a jeho široký a komplexní rozsah aplikací to potvrzuje.*

- *Universální frézovací stroje*
- *Frézování vysokou rychlostí*
- *Frézování v pěti osách s otočnou hlavou a rotačním stolem*
- *Obrábění v pěti osách na hodně velkých strojích*
- *Karusely*
- *Obráběcí centra a automatizované obrábění*

*Vlastnosti iTNC 530 s optimalizovaným řízením pohybu, krátkou dobou zpracování bloku a speciálními strategiemi řízení. Společně s jeho jednotnou digitální koncepcí a jeho integrovanými digitálními pohony včetně měničů, to vám umožňuje dosahovat velmi vysokých obráběcích posuvů a nejlépe možnou obrysovou přesnost--zejména při obrábění 2-D kontur nebo 3-D tvarů. DCM dynamická kontrola kolizí (opce) v iTNC 530 opakovaně sleduje obráběcí prostor na stroji z důvodů možných kolizí strojních součástí a přípravků. Pomocí AFC adaptivní řízení posuvů (opce), iTNC automaticky reguluje posuv-- pouze v závislosti na příslušném zatížení vřetene a jiných datech procesu. Toto optimalizuje dobu obrábění, podporuje sledování nástroje a snižuje opotřebení stroje“ (17).*

*„Systémy HEIDENHAIN TNC jsou souvislé řídicí systémy, jimiž můžete přímo na stroji v dílně naprogramovat obvykle frézovací a vrtací operace pomocí snadno srozumitelného popisného dialogu. Jsou koncipované k používání na frézkách, vrtačkách a obráběcích centrech. Řídicí systém iTNC 530 může řídit až 18 os. Navíc můžete v programu nastavit úhlovou pozici až 2 vřeten.*

*Na vestavěném pevném disku můžete uložit libovolný počet programů, i když byly sestaveny externě. Pro rychlé výpočty se dá kdykoli vyvolat kalkulačka.*

*Ovládací panel a zobrazení na displeji jsou přehledně uspořádány, takže máte veškeré funkce rychle a přehledně k dispozici“ (16, s. 74).*

### 3.2.1 Ovládací prvky TNC

Ovládací prvky TNC		Správa programů/souborů, funkce TNC	
Klávesa	Funkce	Klávesa	Funkce
	Volba rozdělení obrazovky		Volba a mazání programů/souborů, externí přenos dat
	Přepínání obrazovky mezi provozním režimem a režimem programovacího pracoviště		Definice vytvoření programů, volba tabulek bodů a nulových bodů
	Softčistička: volba funkce na obrazovce		Volba funkce MOD
	Přepínání listů se softčističkou		Zobrazení nápovědy při chybových hlášeních NC, vytvoření TNCguide
<b>Znaková klávesnice</b>			Zobrazit všechna stávající chybová hlášení
<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>		Zobrazit kalkulačtor
	Název souboru, komentář	<b>Navigační klávesy</b>	
	Programování podle DINISO	<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>
<b>Strojní provozní režimy</b>			Posuv světlého pole
<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>		Práva volba bloků, cyklů a parametrických funkcí
	Ruční provoz	<b>Potencioměr posuvu a otáček vřetena</b>	
	Elektronické ruční kolečko	<b>Posuv</b>	<b>Otáčky vřetena</b>
	smart_NC		
	Polohování s ručním zadáváním	50	100
	Provádění programu po bloku	0	150
	Provádění programu plynu	W	F %
<b>Programovací provozní režimy</b>			<b>Cykly, podprogramy a opakování částí programu</b>
<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>	<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>
	Program zadat/editovat		Definování cyklů dotykové sondy
	Testování programu		Definice a vytvoření cyklu
			Zadání a vytvoření podprogramů a opakování částí programů
			Zadání STOP programu do programu

Obr. 15: Ovládací prvky TNC (16, s. 1)

Údaje k nástrojům		Zadávání souřadných os a čísel, editace	
Klávesa	Funkce	Klávesa	Funkce
	Definování dat nástrojů v programu		Volba souřadných os resp. zadávání do programu
	Vyvolání dat nástroje		Číslice
<b>Programování dráhových pohybů</b>			Zaměnit desetinnou tečku / znaménko
<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>		Zadání polímků souřadnic / inkrementální hodnoty
	Najetí na obrys / opuštění obrysu		Q-parametrické programování/stav Q-parametrů
	Volné programování obrysů FK		Aktuální poloha, převzetí hodnot z kalkulačtoru
	Přímka		Přeskočení dialogových otázek a mazání slov
	Střed kruhu / polí pro polární souřadnice		Ukončení zadání a pokračování v dialogu
	Kruhová dráha kolem středu kruhu		Uzavření bloku, ukončení zadávání
	Kruhová dráha s poloměrem		Zrušení zadání číselné hodnoty nebo smazání chybového hlášení TNC
	Kruhová dráha s tangenciálním napojením		Zrušení dialogu, smazání částí programu
	Zaoblení sraženin		
<b>Speciální funkce / smart_NC</b>			
<b>Klávesa</b>	<b>Funkce</b>		
	Zobrazení speciálních funkcí		
	smart_NC: zvolit další kartu ve formuláři		
	smart_NC: zvolit první zadávací políčko v předchozím/následujícím rámečku		

Obr. 14: Ovládací prvky TNC (16, s. 2)

### 3.2.2 Obrazovka

Většinou se obrazovka u TNC dodává jako 15palcová, ale alternativně je k dispozici i 19palcová. Rozdíl je také v počtu softtlačítek na obrazovce, 19palcová má 18 + 10 a 15palcová pouze 6+8 (16).

**1 - Záhloví** – při zapnutém systému TNC ukazuje obrazovka v záhlaví navolené provozní režimy: vlevo strojní provozní režimy a vpravo programovací provozní režimy. Ve větším políčku záhlaví je uveden aktuální provozní režim, na který je právě obrazovka přepnuta: tam se objevují otázky dialogu a texty hlášení (výjimka: zobrazuje-li TNC pouze grafiku).

**2 - Softtlačítka** - v řádku zápatí zobrazuje TNC v liště softtlačítek další funkce. Tyto funkce volíte pomocí tlačítek pod nimi (softklávesy). Pro orientaci ukazují úzké proužky nad lištou softtlačítek počet lišt, které lze navolit černými klávesami se šipkami umístěnými na okraji. Aktivní lišta softtlačítek se zobrazuje jako prosvětlený proužek.

**3 - Softklávesy pro výběr softtlačítek**

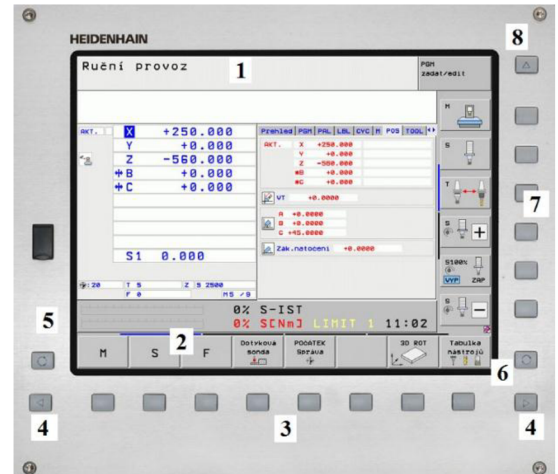
**4 - Přepínání lišt softtlačítek**

**5 - Definování rozdělení obrazovky**

**6 - Tlačítko přepínání obrazovky mezi strojními a programovacími provozními režimy**

**7 - Softklávesy pro výběr softtlačítek výrobce stroje**

**8 - Přepínání lišt softtlačítek výrobce stroje (16).**



Obr. 16: Obrazovka (16, s. 75)

### 3.2.3 Ovládací panel

Ovládací panely se k TNC dodávají v různém provedení, nemusí být ani od firmy HEIDENHAIN (16).

1 - Abecední klávesnice pro zadávání textů, jmen souborů a programování DIN/ISO

Verze se dvěma procesory: další klávesy pro ovládání Windows

- 2 -
  - Správa souborů
  - Kalkulátor
  - MOD-funkce
  - funkce NÁPOVĚDA

3 - Programovací provozní režimy

4 - Strojní provozní režimy

5 - Vytváření programovacích dialogů

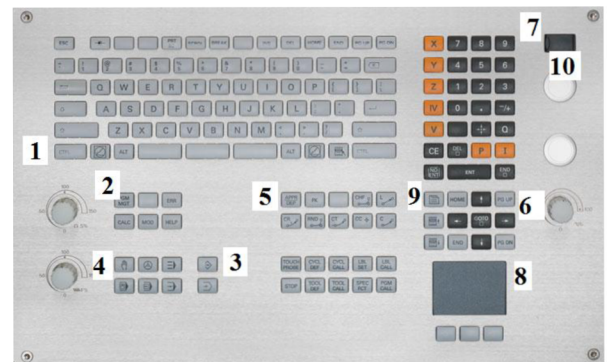
6 - Směrové klávesy a příkaz skoku GOTO

7 - Zadávání čísel a volba os

8 - Touchpad (dotyková ploška)

9 - Navigační klávesy smarT.NC

10 - Konektor USB (16).



Obr. 17: Ovládací panel TE 740 (16, s. 77)

### 3.2.4 Příslušenství

- **Elektronická ruční kolečka HR** - zjednodušují ruční pojíždění strojem  
- dráha pojezdu na otáčku ručního kolečka je volitelná v širokém rozsahu

- **Dotykové sondy** – dotykové sondy HEIDENHAIN jsou schopny:

- automaticky vyrovnávat obrobky
- rychle a přesně nastavovat vztažné body
- provádět měření na obrobku za chodu programu
- proměřovat a kontrolovat nástroje (16)

### 3.2.5 Provozní režimy

**Ruční provoz** - Seřizování stroje se provádí v ručním provozu. Lze zde ručně nebo krokově polohovat strojní osy, nastavovat vztažné body a naklápět rovinu obrábění (16).

**Polohování s ručním zadáváním** - V tomto režimu se dají naprogramovat jednoduché dráhové pohyby, např. k ofrézování plochy nebo k předpolohování (16).

**Program zadat / editovat** – Vytvářejí se v tomto režimu obráběcí programy. Volné programování obrysů, různé cykly a funkce s Q-parametry poskytují mnohostrannou pomoc a podporu při programování. Na přání ukazuje programovací grafika nebo čárová grafika 3D (funkce FCL 2) programované dráhy pojezdu (16).

**Testování programu** - TNC simuluje programy a části programů např. k vyhledání geometrických neslučitelností, chybějících nebo chybných údajů v programu a porušení pracovního prostoru. Simulace se graficky podporuje různými pohledy. Ve spojení s opčním softwarem DCM můžete kontrolovat, zda v programu nedochází ke kolizím. TNC přitom bere do úvahy jak průběh programu, tak i všechny pevné části stroje definované od výrobce a změřená upínadla (16).

**Provádění programu plynule a po bloku** - V režimu Provádění programu plynule provede TNC program až do konce programu nebo do okamžiku ručního, případně programovaného přerušení. Po přerušení můžete znovu zahájit provádění programu.

V režimu Chod programu po bloku se odstartujete každý blok jednotlivě externím tlačítkem START (16).

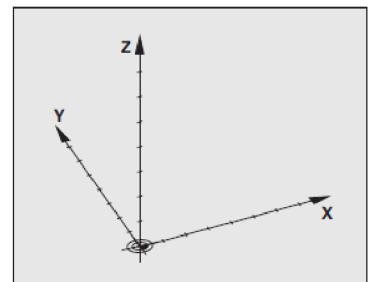
### 3.2.6 Základy pro programování

#### Odměrovací zařízení a referenční značky

Odměrovací zařízení, která se nacházejí na osách stroje, zjišťují polohu nástroje. Při pohybu os se generuje signál, z něhož TNC vypočte přesnou aktuální polohu osy stroje. Funguje to tak, že když nastane výpadek napájení, stroj ztratí přesnou polohu, kde skončil. Aby se tato poloha znovu obnovila, jsou tyto odměrovací systémy vybaveny referenčními značkami. Při přejetí referenční značky dostane TNC signál, který označuje pevný vztažný bod stroje. TNC tak může opět obnovit přiřazení aktuální polohy k aktuální poloze nástroje (16).

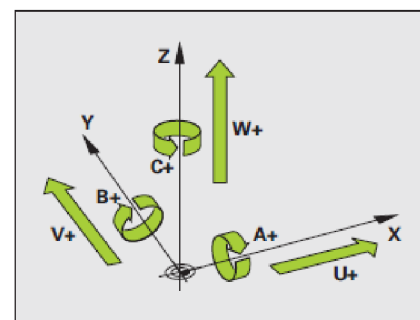
#### Vztažný systém

Pomocí vztažného (referenčního) systému jednoznačně určujete polohy v rovině nebo v prostoru. Údaj polohy se vztahuje vždy k určitému definovanému bodu a popisuje se souřadnicemi. V pravouhlém systému (kartézském systému) jsou definovány tři směry jako osy X, Y a Z. Tyto osy jsou navzájem kolmé a protínají se v jednom bodě, nulovém bodě (počátku). Každá souřadnice udává vzdálenost od nulového bodu v některém z těchto směrů. Tím lze popsat jakoukoli polohu v rovině dvěma souřadnicemi a v prostoru třemi souřadnicemi. Jako mnemotechnická pomůcka poslouží pravidlo tří prstů pravé ruky: ukazuje-li prostředník ve směru osy nástroje od obrobku k nástroji, pak ukazuje ve směru Z, palec ve směru X a ukazovák ve směru Y (16).



Obr. 18 Hlavní osy (16, s. 98)

Při obrábění na frézce se obvykle vztahuje k pravouhlému souřadnému systému, ale kromě hlavních os X, Y a Z existují souběžně probíhající přídavné osy U, V a W. Rotační osy se označují jako A, B a C. Navíc může výrobce stroje definovat libovolné pomocné osy, které se označují libovolnými malými písmeny, iTNC 530 může řídit celkem až 18 os (16).



Obr. 19: Přiřazení rotačních os k hlavním osám (16, s. 99)

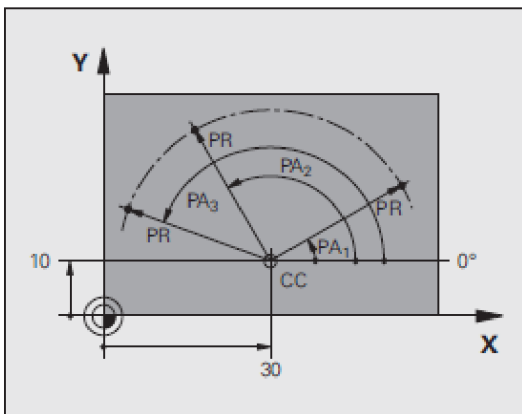


## Polární souřadnice

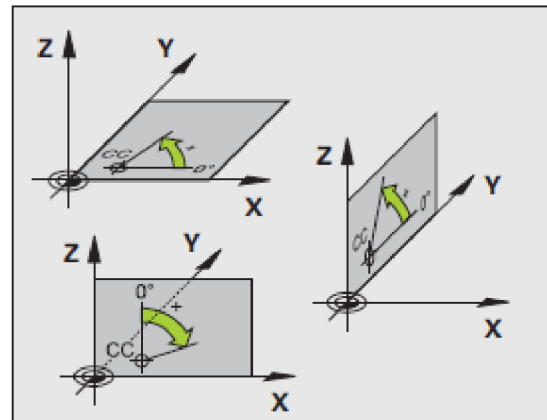
U obrobků s kruhovými oblouky nebo při úhlových údajích je jednodušší definovat polohy polárními souřadnicemi. Polární souřadnice popisují polohy pouze v jedné rovině. Polární souřadnice mají svůj nulový bod (počátek) v pólu CC (CC = Střed kružnice). Poloha v rovině je tak jednoznačně definována pomocí:

- **Rádusu polární souřadnice:** vzdálenosti od pólu CC k dané pozici
- **Úhlu polárních souřadnic:** úhel mezi vztaznou osou úhlu a přímkou, která spojuje pól CC s danou polohou.

Pól se definuje pomocí dvou souřadnic v pravouhlém souřadném systému v některé ze tří rovin. Tím je také jednoznačně přiřazena vztavná úhlová osa pro úhel PA polární souřadnice.  $[X/Y = +X \mid Y/Z = +Y \mid Z/X = +Z]$  (16).



Obr. 21: Schéma Polární souřadnice (16, s. 100)



Obr. 20: Schéma polární souřadnice (16, s. 100)

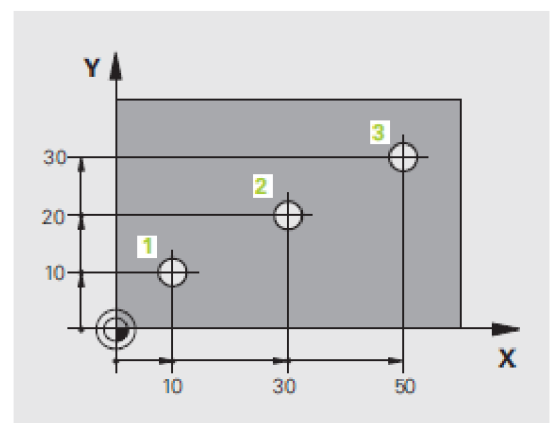
## Absolutní a inkrementální polohy obrobku

Vztahují-li se souřadnice polohy k nulovému bodu souřadnic (počátku), označují se jako absolutní souřadnice. Každá poloha na obrobku je svými absolutními souřadnicemi jednoznačně definována.

Díra **1**:  $X = 10 \text{ mm}$ ,  $Y = 30 \text{ mm}$

Díra **2**:  $X = 30 \text{ mm}$ ,  $Y = 20 \text{ mm}$

Díra **3**:  $X = 50 \text{ mm}$ ,  $Y = 30 \text{ mm}$  (16)



Obr. 22: Díry s absolutními souřadnicemi (16, s. 101)

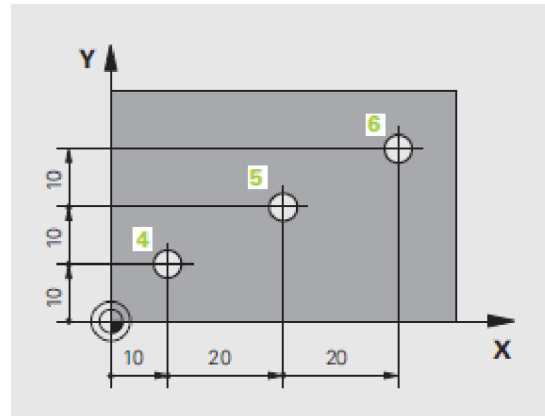
Inkrementální (přírůstkové) souřadnice se vztahují k naposledy naprogramované poloze nástroje, která slouží jako relativní nulový bod (počátek). Přírůstkové souřadnice tedy udávají při vytváření programu vzdálenost mezi poslední a za ní následující cílovou polohou, o kterou má nástroj popojet. Proto se také označují jako řetězcové kóty. Přírůstkový rozměr se označí znakem „I“ před označením osy (16).

Díra 4 (absolutní s.):  $X=10\text{mm}$ ,  $Y=10\text{mm}$

Díra 5 (vztažená k 4):  $X=20\text{mm}$ ,  $Y=10\text{mm}$

Díra 6 (vztažená k 5):  $X=20\text{mm}$ ,  $Y=10\text{mm}$

Absolutní souřadnice se vztahují vždy k pólu a vztažné ose úhlu. Inkrementální souřadnice se vztahují vždy k naposledy naprogramované poloze nástroje (16).

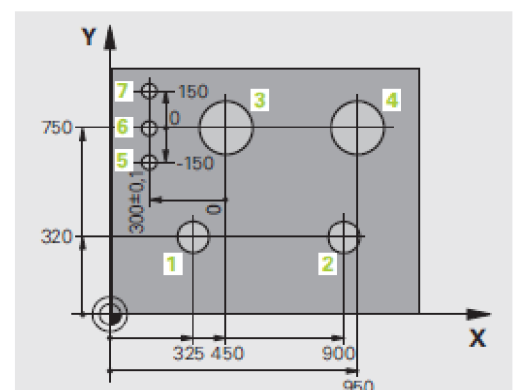


Obr. 23: Díry s inkrementálními souřadnicemi (16, s. 101)

### Zvolení vztažného bodu

Výkres obrobku stanoví určitý tvarový prvek obrobku jako absolutní vztažný bod (nulový bod), většinou je to roh obrobku. Pro tuto polohu se nastaví indikace TNC na nulu nebo na předvolenou hodnotu polohy. Tím se přiřadí obrobek k vztažné soustavě, která platí pro indikaci TNC. Určuje-li výkres obrobku relativní vztažné body, pak se použijí cykly pro transformaci souřadnic. Není-li výkres obrobku okótován tak, jak je třeba pro NC, pak se zvolí za vztažný bod některé polohy nebo některý roh obrobku, z nichž se dají kóty ostatních poloh obrobku stanovit co nejjednodušeji. Jednoduchý způsob nastavení vztažných bodů, je nastavení dotykovou sondou (16).

Náčrt obrobku ukazuje díry (1 až 4), jejichž kótování se vztahuje k absolutnímu vztažnému bodu  $X=0$   $Y=0$ . Díry (5 až 7) se vztahují k relativnímu vztažnému bodu  $X=450$   $Y=750$ . Cyklem **POSUNUTÍ NULOVÉHO BODU** se nulový bod může přechodně posunout na polohu  $X=450$ ,  $Y=750$ , aby se mohli díry (5 až 7) programovat bez dalších výpočtů (16).



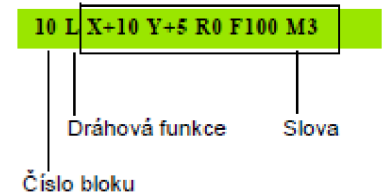
Obr. 24: Příklad absolutního a relativního vztažného bodu (16, s. 102)

## Struktura NC-programu ve formátu popisného dialogu HEIDENHAIN

Program obrábění se skládá z řady programových bloků. TNC čísluje bloky obráběcího programu ve vzestupném pořadí. První blok programu je označen kódem **BEGIN PGM**, názvem programu a platnou měrnou jednotkou. Následující bloky obsahují informace o:

- neobrobeném polotovaru,
- vyvolání nástrojů,
- nájezdu do bezpečné pozice,
- posuvech a otáčkách vřetena,
- dráhových pohybech, cyklech a dalších funkcích.

### Blok



Obr. 25: Prvky bloku (16, s. 103)

Poslední blok programu je označen kódem **END PGM**, názvem programu a platnou měrnou jednotkou (16).

### 3.2.7 Správa souborů

Pomocí TNC se může spravovat libovolný počet souborů (záleží na velikosti pevného disku), avšak jeden soubor může být maximálně 2 GB velký (16).

Soubory v TNC	Typ
Programy ve formátu HEIDENHAIN	.H
Programy ve formátu DIN/ISO	.I
<b>Soubory smarT.NC</b>	
Strukturovaný Unit-program (jednotkový program)	.HU
Popisy obrysů	.HC
Tabulky bodů pro obráběcí pozice	.HP
<b>Tabulky pro</b>	
Nástroje	.T
Výměníky nástrojů	.TCH
Palety	.P
Nulové body	.D
Body	.PNT
Preset	.PR
Řezné podmínky	.CDT
Řezné materiály, materiály obrobku	.TAB
<b>Texty jako</b>	
Soubory ASCII	.A
Soubory nápovědy	.CHM
<b>Data výkresů jako</b>	
Soubory ASCII	.DXF
<b>Ostatní soubory</b>	
Předlohy upínadel	.CFT
Parametrizovaná upínadla	.CFX
Závislá data (např. body členění)	.DEP
Archivy	.ZIP

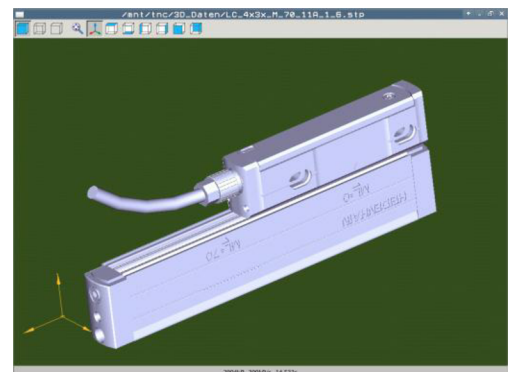
Obr. 27: Přehled podporovaných formátů (16, s. 117)

Funkce	Softtlačítko
Kopírovat jednotlivý soubor (a konverze)	
Volba cílového adresáře	
Zobrazit určitý typ souboru	
Založit nový soubor	
Zobrazit posledních 10 zvolených souborů	
Smazat soubor nebo adresář	
Označit soubor	
Přejmenovat soubor	
Chránit soubor proti smazání a změně	
Zrušit ochranu souboru	
Archivace souborů	
Obnovení souborů z archivu	
Otevřít program smarT.NC	

Obr. 26: Přehled správy souborů (16, s. 121)

## Přebírání dat ze souborů DFX nebo textového popisu obrysů

- **Soubory DFX** - soubory vytvořené v systému CAD, se mohou otevřít přímo v TNC, aby se z nich mohly extrahovat obrysy nebo obráběcí pozice, a uložit je jako programy s popisným dialogem, popř. jako soubory bodů. Jednotky popisného dialogu, získané při výběru obrysů, mohou zpracovávat také starší řídicí systémy TNC, protože obrysové programy obsahují pouze bloky L a CC/C. Otevíraný soubor musí obsahovat nejméně jednu vrstvu (16).
- **Programy s popisným dialogem** - Tato funkce může přebírat úseky obrysů nebo celé obrysy z existujících programů s popisným dialogem, především, které byly vytvořené v CAM-systémech. TNC znázorňuje programy s popisným dialogem dvoj- nebo trojrozměrně. Efektivní využití převzetí dat ve spojení se Smart Wizard, který poskytuje UNITS pro 2D- a 3D-obrábění obrysu (16).
- **3D CAD Data** – nová funkce, která umožňuje otvírat standardní datové formáty 3D-CAD přímo v TNC. Přitom nezáleží na tom, zda je soubor na pevném disku TNC nebo na připojené jednotce. Výběr se provádí jednoduše ve správě souborů TNC. Tak lze nejasnosti rychle a snadno zkontrolovat přímo na 3D-modelu (16).



Obr. 28: Ukázka 3D-CAD modelu (16, s. 287)

### 3.2.8 Programování: Funkce a pomůcky

**Přídavné funkce** – označují se také jako M-funkce, lze zadat až dvě přídavné M-funkce na konci polohovacího bloku nebo také do samostatného bloku. Některé přídavné funkce jsou účinné na začátku polohovacího bloku, jiné na konci, a to nezávisle na pořadí, v němž jsou v příslušných NC-blocích uvedeny. Přídavné funkce jsou účinné od bloku, ve kterém byly vyvolány, některé platí pouze v tomto bloku, některé na celý program (16).

M-funkcemi se řídí:

- provádění programu - např. přerušování chodu programu,
- funkce stroje - jako zapnutí a vypnutí otáčení vřetena a procesní kapaliny,
- dráhové chování nástroje (16).

Zpravidla se zadává v dialogu jen číslo přídatné funkce. U některých dialog pokračuje, aby se mohly k této funkci zadat parametry. Přehled přídatných funkcí se nalezne v příloze č. 1 a č. 2.

### **Speciální funkce**

TNC nabízí pro nejrůznější aplikace následující výkonné speciální funkce:

- Dynamické monitorování kolize DMC s integrovanou správou upínačů,
- globální nastavení programu GS,
- adaptivní řízení posuvu AFC,
- potlačení vibrací ACC,
- práce s textovými soubory,
- práce s tabulkami řezných podmínek,
- práce s volně definovanými tabulkami (16).

**Programovací pomůcky** - kalkulátor,  
- kontextová nápověda při chybových hlášeních,  
- kontextová nápověda TNCguide (funkce FCL 3),  
- grafická podpora při programování cyklů,  
- komentářové bloky v NC programu (16).

### **Q-parametry**

Pomocí parametrů může TNC jedním programem obrábění definovat celé skupiny součástí. Za tímto účelem se zadá namísto číselných hodnot zástupce: Q-parametr. Q-parametry lze například použít pro:

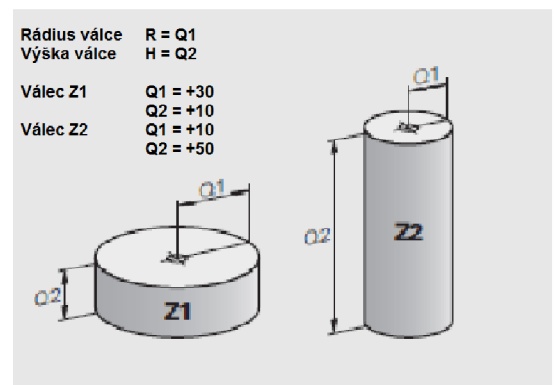
- hodnoty souřadnic,
- posuvy,
- otáčky,
- data cyklů (16).

Pomocí Q-parametrů lze programovat obrysy, které jsou popsány pomocí matematických funkcí, nebo řídit provádění obráběcích kroků v závislosti na splnění logických podmínek. Ve spojení s volným programováním obrysů můžete kombinovat s Q-parametry rovněž obrysy, které nejsou pro NC dostatečně okótovány (16).

Každý Q-parametr je označen písmenem Q a číslem od 0 do 1999. Pouze parametry Q0 až Q99 a Q1600 až Q1999 jsou volně použitelné parametry. Ostatní parametry, respektive Q100 až Q1599, jsou parametry pro cykly výrobců nebo speciální funkce (16).

### Funkce Q-parametrů:

- Matematické funkce =, +, -, \*, /,  $\sin \alpha$ ,  $\cos \alpha$ ,
- logické propojení (=,  $\neq$ , <, >),
- výpočty se závorkami,
- $\text{tg } \alpha$ , arkus sin, arkus cos, arkus tg,  $a^n$ ,  $e^n$ , ln, log, absolutní hodnota čísla, konstanta  $\pi$ , negace, odříznutí míst za nebo před desetinnou čárkou,
- funkce pro výpočet kruhu,
- řetězcové parametry (16).

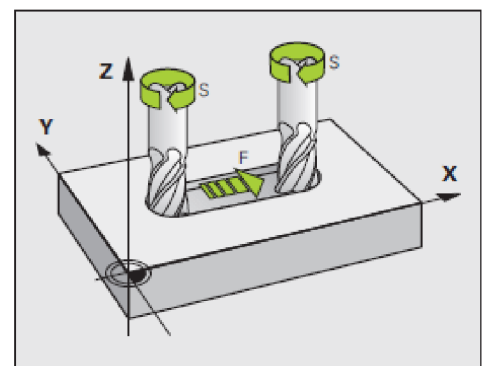


Obr. 29: Příklad použití Q-parametrů (16, s. 312)

### 3.2.9 Programování nástroje

Pro nastavení nástroje pro obrábění je nejdůležitější nastavení dvou veličin posuvu **F** a otáčky vřetena **S** (16).

Posuv **F** je rychlost v mm/min (nebo palcích/min), jíž se po své dráze pohybuje střed nástroje. Maximální posuv může být pro každou osu stroje rozdílný a je definován ve strojních parametrech. Lze naprogramovat dva druhy posuvů, posuv **F MAX** – maximální rychlost posuvu, nebo posuv naprogramovaný číselnou hodnotou. Posuv naprogramovaný číselnou hodnotou platí až do bloku, ve kterém je naprogramován nový posuv. **F MAX** platí jen pro blok, ve kterém byl programován (16).



Obr. 30: Posuv **F** a otáčky vřetena **S** (16, s. 174)

Otáčky vřetena S se zadávají v jednotkách otáčky za minutu v bloku Vyvolání nástroje. Případně se může řezná rychlost Vc definovat také v m/min (16).

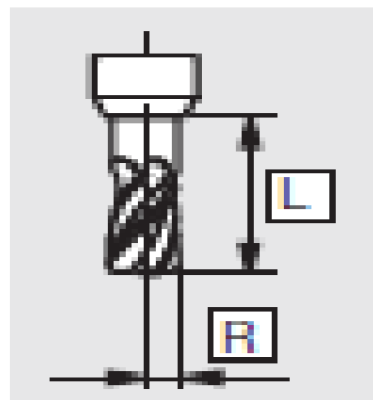
Obvykle se programují souřadnice dráhových pohybů tak, jak je obrobek okótován na výkresu. Aby řízení TNC mohlo vypočítat dráhu středu nástroje, tedy provést korekci nástroje, musí se pro každý použitý nástroj zadat jeho délka a rádius. Každý nástroj je označen číslem od 0 do 30 000 a název smí obsahovat maximálně 32 znaků (16).

**Délka nástroje L** - délka L by se měla zadávat jako absolutní délka, vztažená ke vztažnému bodu nástroje.

**Rádius nástroje R** – nástroj R se zadává přímo.

Pro rádius a délku nástrojů se zadává také delta hodnoty, které označují odchylky (16).

Výměna nástroje se provádí dvěma způsoby. Automatická výměna nástroje, kdy vřeteno najede do bezpečné polohy, vymění nástroj ze zásobníku nástrojů automaticky a pokračuje bez přerušení. A ruční výměna nástroje, vřeteno se zastaví a nástroj najede do polohy pro výměnu nástroje (16).



Obr. 31: Délka a rádius nástroje (16, s. 176)

### 3.2.10 Programování obrysů

Obrys obrobku se obvykle skládá z několika obrysových prvků, jako jsou přímky a kruhové oblouky. Pomocí dráhových funkcí se naprogramují pohyby nástroje pro přímky a kruhové oblouky (16).

Když se vytváří program obrábění, programují se postupně dráhové funkce pro jednotlivé prvky obrysu obrobku. K tomu se obvykle zadávaly souřadnice pro koncové body prvků obrysu z kótovaného výkresu. Z těchto zadání souřadnic, nástrojových dat a korekce rádiusu zjistí TNC skutečnou dráhu pojezdu nástroje. TNC pojíždí současně všemi strojními osami, které se naprogramovali v programovém bloku dráhové funkce. TNC může současně řídit až 5 os. Při obrábění s 5 osami se současně pohybují například 3 lineární a 2 rotační osy. Program pro takovéto obrábění běžně generují CAM-systémy a na stroji se vytvořit nedá. Při kruhových pohybech pojíždí TNC dvěma strojními osami současně: nástroj se pohybuje relativně vůči obrobku po kruhové dráze (16).

### Příklad:

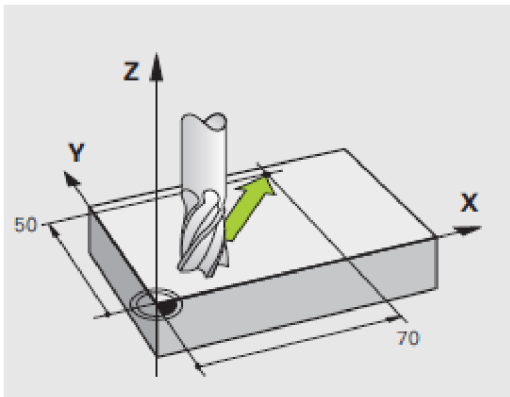
Pohyb v hlavních rovinách: **49 L X+70 Y+50**

Trojrozměrný pohyb: **50 L X+80 Y+0 Z-10**

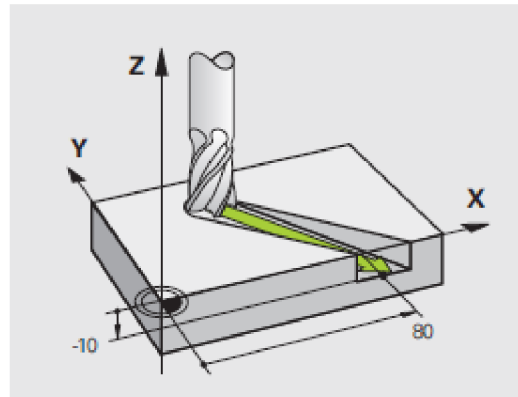
**49, 50** - číslo bloku

**L** - dráhová funkce „přímka“

**X+70 Y+50, L X+80 Y+0 Z-10** - souřadnice koncového bodu



Obr. 33: Pohyb v hlavních rovinách (16, s. 217)



Obr. 32: Trojrozměrný pohyb (16, s. 217)

### Přehled dráhových funkcí

Funkce	Klávesa dráhové funkce	Dráha nástroje	Požadovaná zadání
Přímka <b>L</b> angl.: Line (přímka)		Přímka	Souřadnice koncového bodu přímky
Zkosení: <b>CHF</b> angl.: <b>CHamFer</b>		Zkosení mezi dvěma přímkami	Délka zkosení hrany
Střed kruhu <b>CC</b> ; angl.: Circle Center (střed kruhu)		Žádný	Souřadnice středu kruhu, příp. pólu
Kruhový oblouk <b>C</b> angl.: Circle (kruh)		Kruhová dráha okolo středu kruhu CC do koncového bodu kruhového oblouku	Souřadnice koncového bodu kruhu, smysl otáčení
Kruhový oblouk <b>CR</b> angl.: Circle by Radius (kruh po poloměru)		Kruhová dráha s určeným poloměrem	Souřadnice koncového bodu kruhu, rádius kruhu, smysl otáčení
Kruhový oblouk <b>CT</b> angl.: Circle Tangential (kruh tangenciálně)		Kruhová dráha s tangenciálním napojením na předchozí a následující prvek obrysu	Souřadnice koncového bodu kruhu
Zaoblení rohů <b>RND</b> angl.: <b>RouNDing of Corner</b>		Kruhová dráha s tangenciálním napojením na předchozí a následující prvek obrysu	Rohový rádius R
Volné programování obrysu <b>FK</b>		Přímka nebo kruhová dráha s libovolným napojením na předchozí obrysový prvek	viz „Dráhové pohyby – volné programování obrysů FK“, strana 250

Obr. 34: Přehled dráhových funkcí (16, s. 229)



## Volné programování obrysů FK

Není-li k dispozici výkres vhodně okótovaný pro NC a kóty jsou pro NC program neúplné, pak se naprogramuje obrys obrobku pomocí volného programování obrysů. TNC vypočte chybějící zadání. Tímto FK-programováním se naprogramují pohyby nástroje pro přímky a kruhové oblouky (16).

TNC vypočte obrys ze známých údajů souřadnic a podpoří programovací dialog interaktivní FK-grafikou. Při neúplném zadání souřadnic se často nedá jednoznačně definovat obrys obrobku. V tomto případě zobrazí TNC v FK-grafice různá řešení a zvolí se to správné. FK-grafika zobrazuje obrys obrobku různými barvami:

**modrá** - prvek obrysu je jednoznačně určen,

**zelená** - zadané údaje připouští více řešení; zvolí se to správné,

**červená** - zadané údaje prvek obrysu ještě dostatečně nedefinují; zadají se další údaje.

Pokud údaje vedou k více řešením a prvek obrysu je zobrazen zeleně, pak se musí navolit správný obrys. Zeleně znázorněné prvky obrysu je nutno pokud možno co nejdříve definovat, aby se omezila víceznačnost pro následující prvky obrysu (16).



Obr. 35: FK-grafika (16, s. 252)

### 3.2.11 Testování programu

V provozním režimu Testování programu simulujete průběh programů a částí programů, aby se redukovaly programovací chyby při provádění programu. TNC podporuje při vyhledávání:

- geometrických neslučitelností,
- chybějících zadání,
- neproveditelných skoků,
- narušení pracovního prostoru,
- kolizí mezi částmi stroje, které se monitorují (16).

Kromě toho lze využít následující funkce:

- testování programu po blocích,
- přerušení testu u libovolného bloku,
- přeskočení bloků,
- funkce pro grafické znázornění,
- zjištění času obrábění (16).

### Grafické zobrazení

V provozním režimu Testování programu simuluje TNC graficky obrábění. Pomocí softkláves se volí:

- pohled shora (půdorys),
- zobrazení ve 3 rovinách,
- 3D-zobrazení (16).

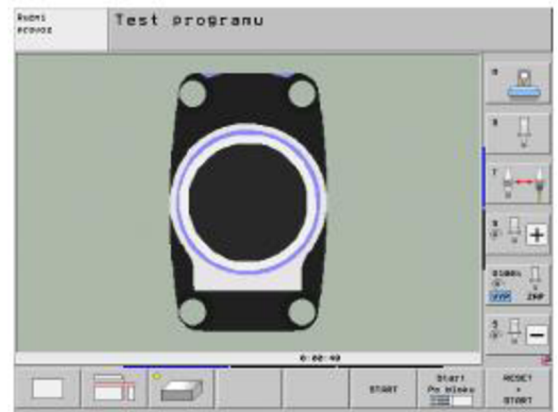
Rychlost testování programu lze nastavit pouze tehdy, je-li aktivní funkce „Zobrazit čas obrábění“, jinak provádí TNC test programu vždy s maximální možnou rychlostí. Během simulace si lze nechat nástroj zobrazit v půdorysu a v zobrazení ve 3 rovinách. TNC zobrazí nástroj s tím průměrem, který je definovaný v tabulce nástrojů (16).

### Zjištění času obrábění

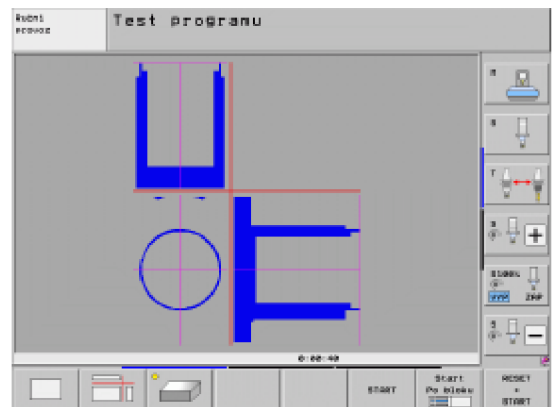
TNC zohledňuje při výpočtu času tyto body:

- pojezdy s posuvem,
- časové prodlevy,
- nastavení strojní dynamiky (zrychlení, nastavení filtrů, vedení pohybů).

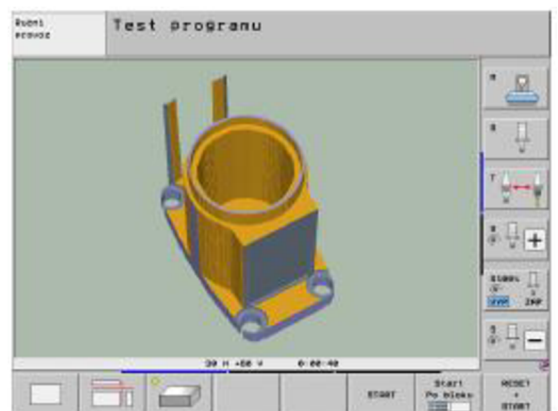
Čas zjištěný TNC nebere do úvahy rychloposuvy a strojně závislé časy (např. pro výměnu nástrojů). Pokud je zapnuto „Zjištění doby obrábění“, tak lze nechat vytvořit soubor, kde budou uvedeny pracovní doby všech v programu použitých nástrojů (16).



Obr. 36: Pohled shora (16, s. 620)



Obr. 37: Zobrazení ve 3 rovinách (16, s. 621)



Obr. 38: 3D-zobrazení (16, s. 622)

### 3.3 Porovnání CNC stroje s konvenčními stroji

CNC stroje mají množství výhod oproti konvenčním strojům, např. vyšší přesnost, produktivitu, kvalitu a hlavně zjednodušení celého výrobního procesu. Cílem této práce je, aby firma věděla, zda je CNC stroj výhodný.

Pro porovnání byl vybrán jednoduchý dílec, který je dodáván do švýcarské firmy Dividella. Dílec je vyráběn z hliníku a je ve tvaru kvádra se čtyřmi děrami, výkres dílce najdete v příloze č. 3. Tento dílec je vyráběn na CNC frézovacím centru HERMLE C 400 s 5 osami a řídicím systémem HEIDENHAIN iTNC 530.

#### CNC HERMLE C 400

Pojížděcí dráha	X	850 mm
	Y	700 mm
	Z	500 mm
Rozměr obrobku		ø 650 x 540 mm
Maximální váha obrobku		600 kg
Naklápací otočný stůl		ø 650 mm
Přesnost nástroje		0,0001 mm
Počet nástrojových míst		38
Rychlost		18 000 ot/min
Váha stroje		cca 9,5 t

Obráběcí centrum HERMLE C 400 díky své síle a dynamice je velice přesné a spolehlivé. Lože stroje je vyrobeno z minerálního odlitku, svou odolností zajišťuje potřebnou statickou stabilitu vůči vibracím. HERMLE C 400 má největší pracovní prostor v poměru k instalační ploše a může se ergonomicky přizpůsobit každému operátorovi stroje. Tímto je pro obsluhu



Obr. 39: Obráběcí centrum HERMLE C 400 (18)

zajištěn nejlepší komfort. Velké množství funkcí umožňuje hospodárnou výrobu dílů. Obráběcí centrum HERMLE C 400 nabízí nejvyšší přesnost a optimální povrch při velkých objemech třískového obrábění. Obráběcí centrum HERMLE C 400 se vyrábí v provedení 3, 4 nebo 5 osách (18).

### **Přesnost**

Obráběním na konvenčních strojích musí výrobky projít různými procesy a úkony, jako jsou měření, vrtání, upínání, přeměrování atd. Většinou je potřeba více odborných zaměstnanců na tyto operace, proto může jednoduše dojít k častým chybám z nepozornosti nebo kvůli nedostatečné kvalifikaci.

CNC stroje jsou řízeny řídicím systémem, který zvyšuje přesnost a kvalitu výrobku, tímto se odstraní chybovost člověka. Vše se provádí v jednom stroji, čímž se také zvyšuje přesnost. CNC stroj se dokáže v určitém směru kontrolovat, takže v případě objevení chyby, se tuto chybu snaží opravit nebo alespoň upozornit a vyžaduje opravu chyby.

### **Produktivita**

Zlepšení produktivity se dá vyjádřit zvýšením produkce a snížením časů výroby, zde nastává problém u CNC, díky vysoké ceně se musí podnik rozhodnout, zda se vyplatí. Obecně ale platí, že CNC je výhodnější z pohledu produktivity. Základní výhodou je snížení výrobních časů a snížení prostojů, ke kterým docházelo u konvenčního obrábění, kvůli potřebě různých strojů na obrábění. Další výhodou je odstranění problému s dokumentací výrobků. Pracovníci si nemusí složitě předávat či hledat dokumentaci k výrobku, čímž nastávaly vysoké prostoje. CNC stroj má veškerou dokumentaci uloženou na disku a konstruktér tak může jednoduše nahrávat veškerá data ze softwaru.

Z tohoto vyplývá, že lepší přesnost a produktivitu mají CNC stroje, ale rozhodujícím ukazatelem je ekonomická situace podniku.

## Výhody a nevýhody

Konvenční stroj	CNC stroj
<b>Koná před vlastním obráběním - obsluha stroje.</b>	<b>Koná před obráběním programátor - v předstihu nahráno do stroje.</b>
Přípravný čas je čerpán - stroj nevyrabí.	Přípravný čas není čerpán - vyhotovuje se mimo stroj nebo na stroji v překrytém čase.
<b>Pracovník řídí stroj.</b> Fyzická obsluha. Subjektivní vliv pracovníka na kvalitu výroby.	<b>Program řídí stroj.</b> Pracovník: koná dozor, může být vytížen jinou prací, např. vícestrojovou obsluhou.
<b>Velké přípravné časy na seřízení stroje.</b>	<b>Úspora přípravných časů na seřízení stroje.</b>
Narážkový systém pro dodržení rozměrů obrobku – nastavení je časově náročné.	Narážkový systém není, dáno geometrickými daty v programu.
<b>Strojní časy - vysoké (cca 30-45min.).</b>	<b>Strojní časy - nízké (cca 15 min.).</b>
<b>Vedlejší časy - jsou čerpány ve značné velikosti.</b>	<b>Vedlejší časy - jsou velmi nízké nebo odstraněny.</b>
<b>Měření rozměrů</b> součásti se provádí v průběhu obrábění a porovnává s výkresem.	<b>Měření rozměrů</b> , pokud je nutné, provádí se v překrytém čase - stroj pracuje. Lze provádět mimo stroj nebo na stroji měřicími sondami.
<b>Nájezdy a přejezdy</b> do třísky ručně a nepřesně - <b>dlouhé časy.</b>	<b>Nájezdy a přejezdy</b> do třísky rychloposuvem při velkých rychlostech - <b>krátké časy.</b>
<b>Výměna nástroje - ručně.</b> Malé počty nástrojů, často pouze jeden.	<b>Výměna nástroje - automatizovaně.</b> Velké zásobníky nástrojů.
<b>Akční veličina</b> - silové prvky stroje řízené fyzicky obsluhou stroje. Subjektivní vliv pracovníka v obráběcím procesu na užití stroje. Únava fyzická, duševní.	<b>Akční veličina</b> - silové prvky stroje řízené programem. Dozor nad strojem - potlačen subjektivní vliv obsluhy.
<b>Náklady pořízení stroje - nízké.</b>	<b>Náklady pořízení stroje - vysoké.</b>
<b>Vhodné pro</b> - kusová výroba, opravárenství.	<b>Vhodné pro</b> – sériová výroba a pro kusovou výrobu, zejména náročnějších součástek.

Tab. 1: Porovnání CNC stroje oproti konvenčnímu stroji (Upraveno dle 1, s. 74)

## 4 NÁVRHOVÁ ČÁST PRÁCE

Poslední návrhová část posoudí konkrétní výrobu dílce na CNC oproti konvenčnímu obrábění a také se bude okrajově zabývat ekologií.

### 4.1 Posouzení situace

CNC frézka HERMLE C 400 je ve výrobním procesu firmy Alubra s.r.o. začleněna od listopadu roku 2014. Ekonomické vyhodnocení je charakterizováno v této kapitole. Uvedení stroje do výrobního procesu a využívání jeho možností přináší zlepšování výrobních procesů, zejména snížení prostojů a výrobních časů.

Pro porovnání jsem si vybral jednoduchý dílec z hliníku, tvaru kvádrů se čtyřmi děrami, viz. příloha č.3. V následujících tabulkách je zobrazeno porovnání vybraného dílce.

#### Výroba pomocí konvenčního obrábění

Výrobní náklady		Materiál (Al): 9,1 Kč/ks		Počet kusů				
Operace	Sazba (Kč)	Příprava (min)	Výroba (min)	1	2	5	10	100
Řezání	350			0	0	0	0	0
Soustružení kl.	450	30	10,65	304,88	192,38	124,88	102,38	82,125
Soustružení CNC malé	650			0	0	0	0	0
Soustružení CNC velké	750			0	0	0	0	0
Frézování CNC 3-os malé	700			0	0	0	0	0
Frézování CNC 3-os velké	800			0	0	0	0	0
Frézování CNC 5-os Al	1000			0	0	0	0	0
Frézování CNC 5-os Fe	1200			0	0	0	0	0
Vrtání	360	20	8	168	108	72	60	49,2
Mechanik	350	5	5	58,333	43,75	35	32,083	29,458
Povrch	Elox		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
			<b>Cena za kus</b>	<b>542,81</b>	<b>355,73</b>	<b>243,48</b>	<b>206,06</b>	<b>172,38</b> Kč
			<b>Cena celkem</b>	<b>542,81</b>	<b>711,45</b>	<b>1217,4</b>	<b>2060,6</b>	<b>17 238</b> Kč
			Kurz: 27,05					
			<b>Cena za kus</b>	<b>20,067</b>	<b>13,151</b>	<b>9,001</b>	<b>7,6177</b>	<b>6,3728</b> €
			<b>Cena celkem</b>	<b>20,067</b>	<b>26,301</b>	<b>45,005</b>	<b>76,177</b>	<b>637,28</b> €

Tab. 2: Konvenční obrábění (Zdroj: Firemní data firmy Alubra s.r.o.)

## Technologický postup – konvenční obrábění

Při konvenčním obrábění musí pracovník, i když vyrábí poměrně jednoduchý obrobek, nejdříve na soustruhu vytvořit požadovaný kvádr správné velikosti. Následně přeměřit, zda je opravdu vyhovující, poté jít na stojanovou vrtačku, předvrtat si díry. Potom vyměnit vrtáky nebo se přesunou na další stojanovou vrtačku, která už je připravena s novým vrtákem, vyvrtat díry a nakonec očistit ostré hrany.

## Výroba CNC strojem

Výrobní náklady		Materiál (Al): 9,1 Kč/ks		Počet kusů					
Operace	Sazba (Kč)	Příprava (min)	Výroba (min)	1	2	5	10	100	
Řezání	350			0	0	0	0	0	
Soustružení kl.	450			0	0	0	0	0	
Soustružení CNC malé	650			0	0	0	0	0	
Soustružení CNC velké	750			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 3-os malé	700			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 3-os velké	800			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 5-os Al	1000	42	2,99	749,83	399,83	189,83	119,83	56,833	
Frézování CNC 5-os Fe	1200			0	0	0	0	0	
Vrtání	360			0	0	0	0	0	
Mechanik	350	5	5	58,333	43,75	35	32,083	29,458	
Povrch	Elox		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
			<b>Cena za kus</b>	<b>819,77</b>	<b>455,18</b>	<b>236,43</b>	<b>163,52</b>	<b>97,892</b>	<b>Kč</b>
			<b>Cena celkem</b>	<b>819,77</b>	<b>910,37</b>	<b>1182,2</b>	<b>1635,2</b>	<b>9789,2</b>	<b>Kč</b>
			Kurz: 27,05						
			<b>Cena za kus</b>	<b>30,306</b>	<b>16,827</b>	<b>8,7406</b>	<b>6,045</b>	<b>3,6189</b>	<b>€</b>
			<b>Cena celkem</b>	<b>30,306</b>	<b>33,655</b>	<b>43,703</b>	<b>60,45</b>	<b>361,89</b>	<b>€</b>

Tab. 3: CNC obrábění (Zdroj: Firemní data firmy Alubra s.r.o.)

## Technologický postup – CNC obrábění

Technolog zadá program, následně vloží a upne materiál v CNC stroji, spustí program. Jakmile se program přeruší, otočí obrobek a upne ho znovu a spustí pokračování programu. Po skončení celého programu vytáhne požadovaný hotový obrobek.

## **Porovnání technologických postupů**

CNC obrábění je jednodušší a pohodlnější. I když naprogramovat CNC není jednoduché, pracovník může naprogramovat mimo CNC a následně pouze nahrát a spustit, tím odpadají velké prostoje a čas na přípravu. Dále také je snížen čas výroby a hlavně prostoje, protože CNC stačí upnout takto jednoduchý výrobek dvakrát a to druhé pouze na odříznutí upnutí.

Zatím co při konvenčním obrábění se musí výrobek upínat nejméně šestkrát. Tím se oproti CNC velmi zvětšují prostoje a také čas výroby. Dalším negativem je časté seřizování strojů a nástrojů spojené s přesouváním na jiné stroje, čímž se opět zvětšují prostoje a celkový čas výroby.

### **4.1.1 Ekonomické vyhodnocení**

V tabulkách je zobrazena cena výrobku při výrobě jednoho, dvou, pěti, deseti a sto kusů. Při stoupající výrobě počtu kusů, se cena výrobku snižuje při CNC výrobě, tak i při konvenčním obrábění. U konvenčního obrábění je cena při výrobě jednoho kusu poměrně nízká oproti CNC, ale s nárůstem produkce klesá velmi pomalu rozdíl mezi výrobou 10 kusů a 100 kusů je 34,22 Kč/ks.

Na rozdíl u CNC stroje je vysoká cena na výrobu jednoho kusu, ale při zvyšování produkce prudce cena klesá. Rozdíl mezi 10 kusy a 100 kusy je 65,63 Kč/ks.

### **Porovnání podle výrobního času**

Výroba na jeden kus pomocí konvenčního obrábění vychází na 81,15 min viz tab. 2.

Výroba na jeden kus pomocí CNC obrábění včetně přípravy vychází na 57,49 min viz tab. 3.

Rozdíl je 23,66 min/ks, což je při tak jednoduchém výrobku obrovský rozdíl.

### **Srovnání podle ceny**

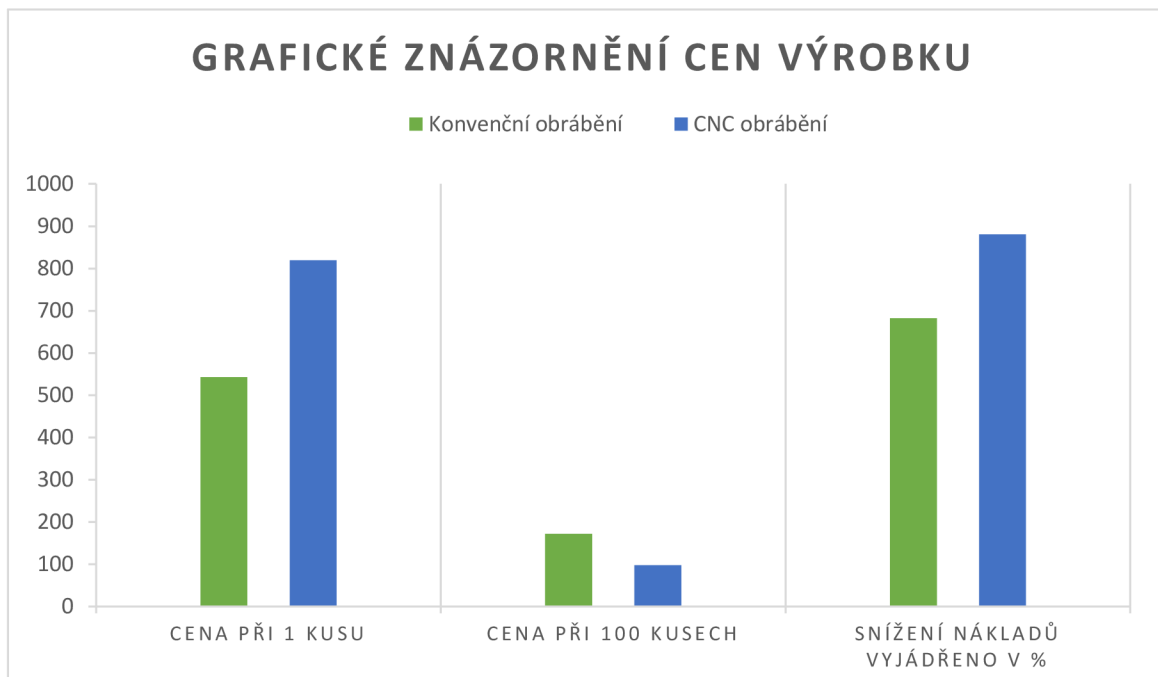
Při 1 kusu je rozdíl 276,96 Kč, při kusové výrobě se CNC nevyplatí, pouze při složitých tvarech, které nelze vyrobit jinak viz tab. 2 a 3.



Při 5 kusech se cena výrobku nejvíce přibližuje, při obou technologiích. Rozdíl je 7,05 Kč/ks, kde CNC výroba už je nižší jak konvenční viz tab. 2 a 3.

Při 100 kusech je rozdíl 74,49 Kč/ks. To je při sériové výrobě významná úspora viz tab. 2 a 3.

### Grafického znázornění porovnání



Graf. 1: Grafické porovnání cen (Vlastní zpracování)

Snížení nákladů na výrobu jednoho kusu výrobku se snižuje při rostoucí produkci, v grafu je znázorněna rozdílná cena při výrobě 1 a 100 kusech výrobku. Dále graf ukazuje, o kolik % se sníží tato cena, konkrétně to je u konvenčního obrábění o 68,24 % a u CNC obrábění o 88,06 %.

I na takto jednoduchém dílci lze názorně pozorovat a aplikovat, že při sériové výrobě se vyplatí CNC, které je preciznější a kvalitnější ve výrobě. Zanedbají-li se vstupní náklady, zejména na pořízení stroje.

## 4.2 Ekologie

Ekologie je v současné době velice důležitá a nelze ji ve firmách přehlížet. Proto se ekologie začíná prosazovat i v průmyslové sféře a podniky se začínají chovat ekologicky.

K ekologicky chovajícím se podnikům slouží udělení certifikace ISO normy 14001. Tento certifikát dává zákazníkům na vědomí, že se aktivně minimalizovali dopady procesů, produktů a služeb vaší společnosti na životní prostředí (19).

#### **4.2.1 ISO norma 14001**

Norma ISO 14001 byla poprvé vydána v roce 1996 a revidovaná v roce 2004, je světově nejuznávanější a nejpoužívanější normou používanou pro systémy řízení životního prostředí. Je obecná a použitelná pro všechny typy organizací, velké či malé, a to v rámci všech odvětví podnikání. ISO 14001 je založena na dvou koncepcích – koncepci neustálého zlepšování a shody se zákonnými požadavky. Tento standard vyžaduje, aby organizace identifikovala všechny environmentální dopady svého podnikání včetně souvisejících aspektů. Navíc definuje cíle v oblasti životního prostředí a zavádí opatření pro zlepšení výkonnosti formou zlepšování procesů v oblastech s významnou prioritou. Podobně ISO 14001 stanoví v organizaci nejlepší praxe pro aktivní řízení vlivu na životní prostředí (19).

#### **4.2.2 Základní prvky normy**

Norma obsahuje základní prvky účinného systému řízení životního prostředí. Může být použita jak v oblasti služeb, tak ve výrobních odvětvích. Hlavními prvky této normy jsou:

- environmentální politika,
- plánování,
- zavedení a provoz,
- kontrola a nápravná opatření,
- hodnocení managementem (19).

#### **4.2.3 Ekologie ve firmě Alubra s.r.o.**

Firma prozatím certifikát ISO norma 14001 nevlastní, ale v průběhu dvou let má v plánu tento certifikát získat. I když firma zatím certifikát nemá, snaží se co nejvíce dodržovat ekologii firmy:

- důsledně třídí odpady (různé druhy kontejnerů od papírů, přes kontejnery na železné piliny až po speciální kontejnery na chemikálie),
- snaží se minimalizovat produkci odpadů,
- snaží se zavádět nové technologie minimalizující odpad a znečištění (15).

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá porovnáním CNC frézovacího stroje s konvenčními stroji a je zaměřena na ekonomické přínosy CNC stroje. Výsledek dokazuje pokles ekonomické náročnosti výroby, zvýšení efektivity, výkonnosti a poukazuje na výhodnost CNC stroje. Technologie je porovnávána na CNC frézovacím centru HERMLE C 400 s 5 osami a řídicím systémem HEIDENHAIN iTNC 530 oproti konvenčním strojům. Porovnávaným výrobkem je dílec (viz příloha 2), který vyrábí firma Alubra s.r.o. pro švýcarskou firmu Dividella.

První část práce popisuje CNC stroje a historický vývoj CNC pracovišť, které díky své univerzálnosti a vysoké efektivitě postupně nahrazují starší stroje. Dále jsou zde popsány řezné nástroje, které CNC používají k obrábění, jež jsou vyráběny z mnoha různých materiálů.

Další část práce je zaměřena na CNC frézovací centrum HERMLE C 400 a podrobně rozebrán řídicí systém Heidenhain iTNC 530. Také jsou zde porovnány CNC stroje s konvenčními stroji, jaké mají výhody či nevýhody.

Poslední část práce srovnává obě technologie pomocí výrobních časů dosažené při výrobě vybraného dílce. I přesto, že je dílec velmi jednoduchý, dosahuje CNC výrazně nižších časů oproti konvenčním technologiím. Časová úspora vede k snížení nákladů a zvýšení efektivnosti firmy. Dále je v poslední části podkapitola, která se zabývá ekologií podniku.

Firma Alubra s.r.o. je společností, která si uvědomuje vývoj technologií, proto se snaží plně automatizovat firmu. Používání CNC strojů nejenom pomáhá firmě Alubra s.r.o. redukovat náklady a zvyšovat efektivitu podniku, ale rovněž zvyšuje kvalitu koncových výrobků.

V mnoha strojírenských firmách si nutnost automatizace uvědomují, ale převládá nedůvěra z nasazení CNC strojů do výrobní linky nebo obava z nedostatku financí. V současnosti jsou CNC nutnou investicí kvůli přežití v stále rostoucí konkurenci, díky zvýšení flexibility, kvality výrobků a snížení nákladů, časů výroby a prostojů. Ale kvůli vysoké pořizovací ceně musí každá firma zvážit následující úspory, kterých tím dosáhne.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
- (2) MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010, 420 s. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.
- (3) *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. čes. vyd. Praha: Sandvik Coromant, 1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
- (4) Alubra: O společnosti. *Alubra.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-10-26]. Dostupné z: <http://www.alubra.cz/O-spolecnosti/>
- (5) Alubra s.r.o.. *Příručka kvality*. Krnov: Alubra s.r.o., 2014.
- (6) HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- (7) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Úvod. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/introduction/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/introduction/pages/default.aspx)
- (8) ELUC: Soustružení: Základní pojmy ze soustružení. *ELUC* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1219>
- (9) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Nepovlakované slinuté karbidy. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/uncoated\\_cemented\\_carbide/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/uncoated_cemented_carbide/pages/default.aspx)
- (10) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Povlakovaný slinutý karbid. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/coated\\_cemented\\_carbide/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx)

- (11) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Cermet. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/cermet/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/cermet/pages/default.aspx)
- (12) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Řezná keramika. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/ceramics/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/ceramics/pages/default.aspx)
- (13) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Polykrystalický diamant. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/polycrystalline\\_diamond/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_diamond/pages/default.aspx)
- (14) Sandvik Coromat: Nástrojové materiály: Polykrystalický kubický nitrid bóru. *Sandvik Coromat* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/polycrystalline\\_cubic\\_boron\\_nitride/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx)
- (15) KRAMNÝ, Z. *Interview*. Alubra s.r.o., Čsl. armády 941/56, KRNOV. 26. 1. 2016
- (16) HEIDENHAIN. *Heidenhain: iTNC 530*. Německo: HEIDENHAIN s.r.o., 3/2013.
- (17) Heidenhain: iTNC 530. *Heidenhain: iTNC 530* [online]. 2016 [cit. 2016-02-28]. Dostupné z: [http://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/produkty-a-pouziti/cnc-rizeni/itnc-530/](http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty-a-pouziti/cnc-rizeni/itnc-530/)
- (18) HERMLE: C 400. HERMLE [online]. 2016 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [https://www.hermle.de/cms/cs/products/product\\_overview/bearbeitungszentrum\\_c400/](https://www.hermle.de/cms/cs/products/product_overview/bearbeitungszentrum_c400/)
- (19) ISO 14001. DVN-GI [online]. 2016 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.dnvba.com/cz/certifikace/systemy-rizeni/Zivotni-prostredi/Pages/ISO-14001.aspx>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CNC	Computer Numerical Control = číslicové řízení pomocí počítače
NC	Numerical Control = číslicové řízení
CAD	Computer Aided Desing = počítačem podporované navrhování - software pro projektování či konstruování na počítači
CAM	Computer Aided Manufacturing = počítačem podporovaná výroba - software pro řízení či automatizaci výroby, např. obráběcích strojů, robotů
HSC	High speed cutting = obrábění vysokými rychlostmi
HSS	High speed steel = rychlořezné oceli
W	wolfram
Co	kobalt
VBD	vyměnitelné břitové destičky
CVD	Chemical Vapor Deposition = chemické metody nanášení povlaku
PVD	Physical Vapor Deposition = pokovování srážením kovových par
DCM	dynamické monitorování kolizí

# SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1: FQH 50 NC ZPS GOTTWALDOW, TEHDEJŠÍ NÁZEV FIRMY .....	12
OBR. 2: SCHÉMA CNC OBRÁBĚČÍHO STROJE. ....	15
OBR. 3: ŘÍDICÍ PANEL CNC STROJE. ....	16
OBR. 4: ROZDĚLENÍ CNC OBRÁBĚČÍCH STROJŮ.....	17
OBR. 5: PŘEHLED SKUPIN SLINUTÝCH KARBIDŮ, JEJICH PODSKUPINY, SLOŽENÍ A APLIKACE. ....	19
OBR. 6: NEPOVLAKOVANÉ SLINUTÉ KARBIDY.....	20
OBR. 7: POVLAKOVANÉ SLINUTÉ KARBIDY. ....	20
OBR. 8: CERMETY.....	21
OBR. 9: ŘEZNÁ KERAMIKA.....	21
OBR. 10: POLYKRISTALICKÝ DIAMANT. ....	21
OBR. 11: POLYKRISTALICKÝ KUBICKÝ NITRID BÓRU. ....	22
OBR. 12: ORGANIZAČNÍ SCHÉMA.....	25
OBR. 13: ZÁKLADNÍ MAPA PROCESŮ. ....	26
OBR. 14: OVLÁDACÍ PRVKY TNC .....	28
OBR. 15: OVLÁDACÍ PRVKY TNC .....	28
OBR. 16: OBRAZOVKA .....	29
OBR. 17: OVLÁDACÍ PANEL TE 740.....	30
OBR. 18: HLAVNÍ OSY.....	32
OBR. 19: PŘÍRAZENÍ ROTAČNÍCH OS K HLAVNÍM OSÁM.....	32
OBR. 20: SCHÉMA POLÁRNÍ SOUŘADNICE .....	33
OBR. 21: SCHÉMA POLÁRNÍ SOUŘADNICE .....	33
OBR. 22: DÍRY S ABSOLUTNÍMI SOUŘADNICEMI .....	33
OBR. 23: DÍRY S INKREMENTÁLNÍMI SOUŘADNICEMI .....	34
OBR. 24: PŘÍKLAD ABSOLUTNÍHO A RELATIVNÍHO VZTAŽNÉHO BODU.....	34
OBR. 25: PRVKY BLOKU .....	35
OBR. 26: PŘEHLED SPRÁVY SOUBORŮ .....	35
OBR. 27: PŘEHLED PODPOROVANÝCH FORMÁTŮ .....	35
OBR. 28: UKÁZKA 3D-CAD MODELU.....	36
OBR. 29: PŘÍKLAD POUŽITÍ Q-PARAMETRŮ.....	38
OBR. 30: POSUV F A OTÁČKY VŘETENA S .....	38
OBR. 31: DÉLKA A RÁDIUS NÁSTROJE.....	39
OBR. 32: TROJROZMĚRNÝ POHYB .....	40
OBR. 33: POHYB V HLAVNÍCH ROVINÁCH .....	40
OBR. 34: PŘEHLED DRÁHOVÝCH FUNKCÍ.....	40
OBR. 35: FK-GRAFIKA .....	41
OBR. 36: POHLED SHORA.....	42
OBR. 37: ZOBRAZENÍ VE 3 ROVINÁCH.....	42
OBR. 38: 3D-ZOBRAZENÍ .....	42
OBR. 39: OBRÁBĚČÍ CENTRUM HERMLE C 400 .....	43



## SEZNAM TABULEK

TAB. 1: POROVNÁNÍ CNC STROJE OPROTI KONVENČNÍMU STROJI .....	45
TAB. 2: KONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ .....	46
TAB. 3: CNC OBRÁBĚNÍ .....	47

# SEZNAM GRAFŮ

GRAF. 1: GRAFICKÉ POROVNÁNÍ CEN .....	49
---------------------------------------	----

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1:** Přehled přidavných funkcí

**Příloha č. 2:** Výkres dílce

**Příloha č. 3:** Firemní dokument Alubra s.r.o. pro konvenční obrábění

**Příloha č. 4:** Firemní dokument Alubra s.r.o. pro CNC obrábění

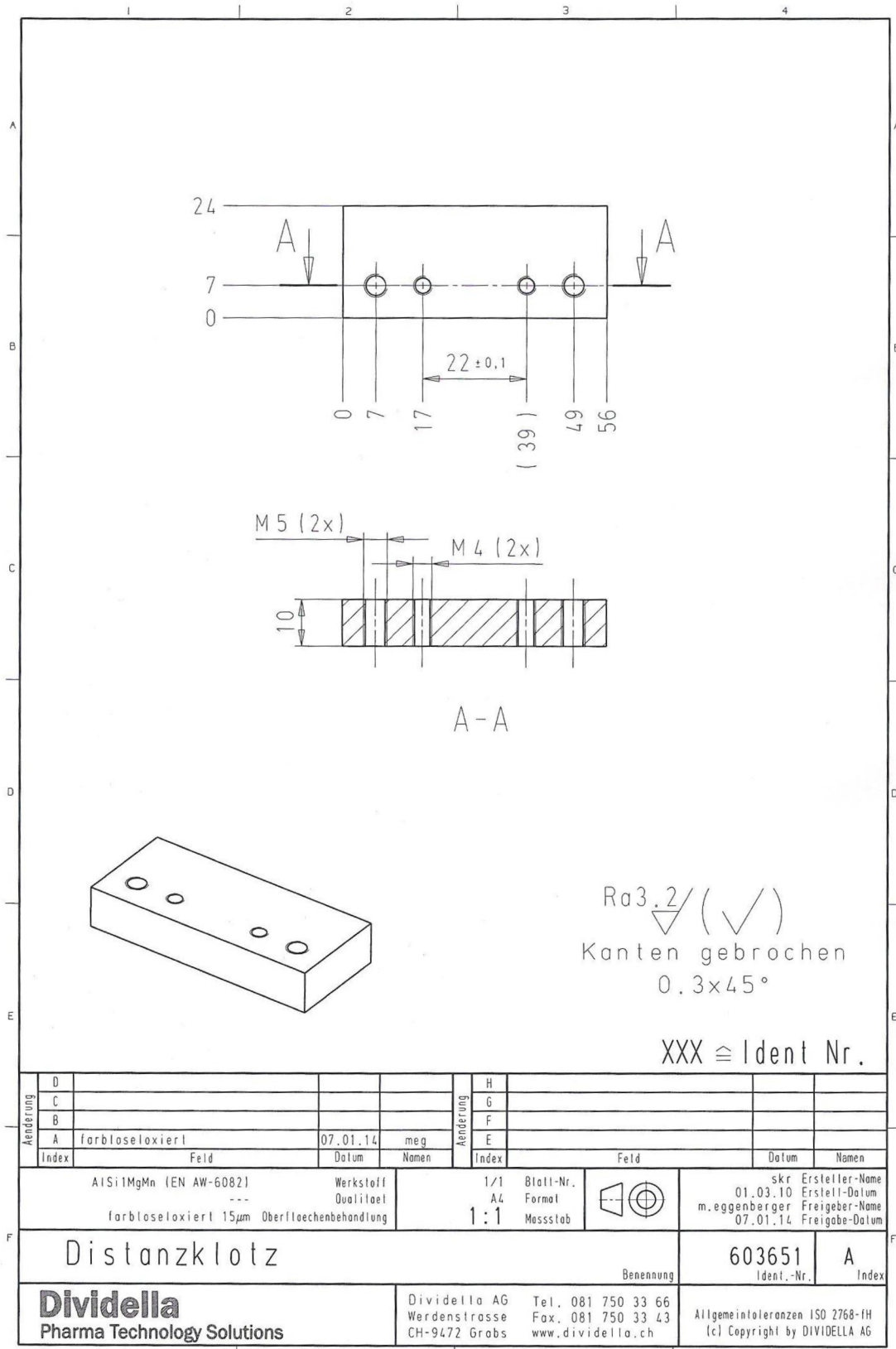
## Příloha č. 1 (1/2): Přehled přídavných funkcí

M	Účinek	Působí v bloku na začátku	konci
M0	STOP provádění programu / popř. STOP vřetena / popř. VYP chladicí kapaliny		■
M1	Volitelné STOP provádění programu / STOP vřetena / VYP chladicí kapaliny (závislé na stroji)		■
M2	STOP chodu programu / STOP vřetena / VYP chladicí kapaliny / příp. vymazání indikace stavu (závisí na strojním parametru) / skok zpět na blok 1		■
M3	START vřetena ve smyslu hodinových ručiček	■	
M4	START vřetena proti smyslu hodinových ručiček	■	
M5	STOP otáčení vřetena		■
M6	Výměna nástroje / STOP provádění programu (závisí na strojním parametru) / STOP vřetena		■
M8	ZAP chladicí kapaliny	■	
M9	VYP chladicí kapaliny		■
M13	START vřetena ve smyslu hodinových ručiček / ZAP chladicí kapaliny	■	
M14	START vřetena proti smyslu hodinových ručiček / ZAP chladicí kapaliny	■	
M30	Stejná funkce jako M2		■
M89	Volná přídavná funkce <b>nebo</b> vyvolání cyklu, modálně účinné (závisí na strojním parametru)	■	■
M90	Pouze v režimu s vlečnou odchylkou: konstantní dráhová rychlost na rozích		■
M91	V polohovacím bloku: souřadnice se vztahují k nulovému bodu stroje	■	
M92	V polohovacím bloku: souřadnice se vztahují k poloze definované výrobcem stroje, např. k poloze pro výměnu nástroje	■	
M94	Redukce indikace rotační osy na hodnotu pod 360 °	■	
M97	Obrábění malých úseků obrysu		■
M98	Úplné obrobení otevřených obrysů		■
M99	Vyvolání cyklu po blocích		■
M101	Automatická výměna nástroje za sesterský nástroj po uplynutí životnosti		■
M102	Zrušení M101		■
M103	Redukce posuvu při zanořování na koeficient F (procentní hodnota)	■	
M104	Opětná aktivace naposledy nastaveného vztažného bodu	■	
M105	Provést obrábění s druhým koeficientem $k_v$	■	
M106	Provést obrábění s prvním koeficientem $k_v$	■	
M107	Potlačení chybového hlášení u sesterských nástrojů s přídavkem	■	
M108	Zrušení M107		■

## Příloha č. 1 (2/2): Přehled přídavných funkcí

M	Účinek	Působí v bloku na začátku	konci
M109	Konstantní dráhová rychlost na břítu nástroje (zvýšení a snížení posuvu)	■	
M110	Konstantní dráhová rychlost na břítu nástroje (pouze snížení posuvu)	■	
M111	Zrušení M109/M110		■
M114	Autom. korekce geometrie stroje při obrábění s naklápěcími osami	■	
M115	Zrušení M114		■
M116	Posuv rotačních os v mm/min	■	
M117	Zrušení M116		■
M118	Proložené polohování ručním kolečkem během provádění programu	■	
M120	Dopředný výpočet obrysu s korekcí rádiusu (LOOK AHEAD)	■	
M124	Při zpracovávání nekorigovaných přímkových bloků nebrat body v úvahu	■	
M126	Pojíždění rotačních os nejkratší cestou	■	
M127	Zrušení M126		■
M128	Zachování polohy hrotu nástroje při polohování naklápěcích os (TCPM)	■	
M129	Zrušení M128		■
M130	V polohovacím bloku: body se vztahují k nenakloněnému souřadnému systému	■	
M134	Přesné zastavení na netangenciálních přechodech obrysu při polohování s rotačními osami	■	
M135	Zrušení M134		■
M136	Posuv F v milimetrech na otáčku vřetena	■	
M137	Zrušení M136		■
M138	Výběr naklápěcích os	■	
M140	Odjezd od obrysu ve směru os nástroje	■	
M141	Potlačení monitorování dotykové sondy	■	
M142	Smazání modálních programových informací	■	
M143	Smazání základního natočení	■	
M144	Zohlednění kinematiky stroje v polohách AKTUÁLNÍ/CÍLOVÁ na konci bloku	■	
M145	Zrušení M144		■
M148	Automaticky zdvihnout nástroj z obrysu při NC-stop	■	
M149	Zrušení M148		■
M150	Potlačení hlášení koncového vypínače (blokově účinná funkce)	■	
M200	Řezání laserem: přímý výstup programovaného napětí	■	
M201	Řezání laserem: výstup napětí jako funkce dráhy	■	
M202	Řezání laserem: výstup napětí jako funkce rychlosti	■	
M203	Řezání laserem: výstup napětí jako funkce času (rampa)	■	
M204	Řezání laserem: výstup napětí jako funkce času (impulz)	■	

**Příloha č. 2: Výkres dílce**



Příloha č. 3: Firemní dokument Alubra s.r.o. pro konvenční obrábění

Materiál - cena			
	Kruhová	Trubka	Plocháč
Průměr D			
Průměr d			
Délka			27
Šířka			59
Průřez	0	0	1593
Celková L			15
Cena za kg			140
Cena Fe	0	0	26,33
Cena Al	0	0	9,066
Cena Cu	0	0	29,87
Cena PAG	0	0	3,747

Rezáni - čas	
Průřez	1593 mm2
Prořez	1500 mm/minutu
Čas	1,062 minut

Soustružení podélné - čas							
	Rezná rychlost	Průměr	Otáčky	Posuv na otáčku	Délka	Počet	Čas
1.	1	1	318	1	0	0	0
2.	1	1	318	1	0	0	0
3.	1	1	318	1	0	0	0
4.	1	1	318	1	0	0	0
5.	1	1	318	1	0	0	0
6.	1	1	318	1	0	0	0
7.	1	1	318	1	0	0	0
8.	1	1	318	1	0	0	0
9.	1	1	318	1	0	0	0
10.	1	1	318	1	0	0	0
11.	1	1	318	1	0	0	0
12.	1	1	318	1	0	0	0
13.	1	1	318	1	0	0	0
14.	1	1	318	1	0	0	0
15.	1	1	318	1	0	0	0
16.	1	1	318	1	0	0	0
Čas úkonu	0,05	Počet	1	Za úkony	0,05		
Celkem soustružení (minut)							

Soustružení příčné - čas							
	Rezná rychlost	Velký průměr	Malý průměr	Otáčky	Posuv na otáčku	Počet	Čas
1.	1	1	1	318	1	1	0
2.	1	1	1	318	1	0	0
3.	1	1	1	318	1	0	0
4.	1	1	1	318	1	0	0
5.	1	1	1	318	1	0	0
6.	1	1	1	318	1	0	0
7.	1	1	1	318	1	0	0
8.	1	1	1	318	1	0	0
9.	1	1	1	318	1	0	0
10.	1	1	1	318	1	0	0
11.	1	1	1	318	1	0	0
12.	1	1	1	318	1	0	0
13.	1	1	1	318	1	0	0
14.	1	1	1	318	1	0	0
15.	1	1	1	318	1	0	0
16.	1	1	1	318	1	0	0
Čas úkonu	0,05	Počet	1	Za úkony	0,05		
Celkem soustružení (minut)							

Frézování - čas							
	Rezná rychlost	Průměr	Otáčky	Počet zubů	Posuv na zub	Délka	Počet
1.	250	50	1592	5	0,1	110	12
2.	1	1	318	1	1	1	0
3.	1	1	318	1	1	1	0
4.	1	1	318	1	1	1	0
5.	1	1	318	1	1	1	0
6.	1	1	318	1	1	1	0
7.	1	1	318	1	1	1	0
8.	1	1	318	1	1	1	0
9.	1	1	318	1	1	1	0
10.	1	1	318	1	1	1	0
11.	1	1	318	1	1	1	0
12.	1	1	318	1	1	1	0
13.	1	1	318	1	1	1	0
14.	1	1	318	1	1	1	0
15.	1	1	318	1	1	1	0
16.	1	1	318	1	1	1	0
Čas úkonu	0,5	Počet	12	Za úkony	6		
Celkem soustružení (minut)							

Materiál - hmotnost			
	Kruhová	Trubka	Plocháč
Průměr D			
Průměr d			
Délka			
Šířka			
Průřez	0	0	0
Celková L			
Cena Fe	0	0	0
Cena Al	0	0	0
Cena Cu	0	0	0
Cena PAG	0	0	0

Výrobní náklady - cena									
Operace	Sazba	Materiál		Série kusů					
		Přípr.	Výroba	1	2	5	10	100	
Řezání	350			0	0	0	0	0	
Soustružení kl.	450	30	10,65	304,9	192,4	124,9	102,4	82,13	
Soustružení CNC malé	650			0	0	0	0	0	
Soustružení CNC velké	750			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 3-os malé	700			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 3-os velké	800			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 5-os Al	1000			0	0	0	0	0	
Frézování CNC 5-os Fe	1200			0	0	0	0	0	
Vrtání	360	20	8	168	108	72	60	49,2	
Mechanik	350	5	5	58,33	43,75	35	32,08	29,46	
Měření 3D	600			0	0	0	0	0	
Kooperace				0	0	0	0	0	
Kooperace				0	0	0	0	0	
Kooperace				0	0	0	0	0	
Povrch	Elox		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Přípravky				0	0	0	0	0	
Přípravky				0	0	0	0	0	
Doprava				0	0	0	0	0	
Marže	%			Cena za kus	542,8	355,7	243,5	206,1	172,4
				Celkem celkem	542,8	711,5	1217	2061	17238
				Kurz	20,07	13,15	9,001	7,618	6,373
					20,07	26,3	45	76,18	637,3

Příloha č. 4: Firemní dokument Alubra s.r.o. pro CNC obrábění

Materiál - cena			
	Kruhová	Trubka	Plocháč
Průměr D			
Průměr d			
Délka			27
Šířka			59
Průřez	0	0	1593
Celková L			15
Cena za kg			140
Cena Fe	0	0	26,33
Cena Al	0	0	9,066
Cena Cu	0	0	29,87
Cena PA6	0	0	3,747

Řezání - čas	
Průřez	1593 mm2
Profěz	1500 mm/minutu
čas	1,062 minut

Soustružení podélné - čas							
	Reálná rychlost	Průměr	Otáčky	Posuv na otáčku	Dřáha	Počet	Čas
1.	1	1	318	1	0	0	0
2.	1	1	318	1	0	0	0
3.	1	1	318	1	0	0	0
4.	1	1	318	1	0	0	0
5.	1	1	318	1	0	0	0
6.	1	1	318	1	0	0	0
7.	1	1	318	1	0	0	0
8.	1	1	318	1	0	0	0
9.	1	1	318	1	0	0	0
10.	1	1	318	1	0	0	0
11.	1	1	318	1	0	0	0
12.	1	1	318	1	0	0	0
13.	1	1	318	1	0	0	0
14.	1	1	318	1	0	0	0
15.	1	1	318	1	0	0	0
16.	1	1	318	1	0	0	0

Soustružení příčné - čas							
	Reálná rychlost	Velký průměr	Malý průměr	Otáčky	Posuv na otáčku	Počet	Čas
1.	1	1	1	318	1	1	0
2.	1	1	1	318	1	0	0
3.	1	1	1	318	1	0	0
4.	1	1	1	318	1	0	0
5.	1	1	1	318	1	0	0
6.	1	1	1	318	1	0	0
7.	1	1	1	318	1	0	0
8.	1	1	1	318	1	0	0
9.	1	1	1	318	1	0	0
10.	1	1	1	318	1	0	0
11.	1	1	1	318	1	0	0
12.	1	1	1	318	1	0	0
13.	1	1	1	318	1	0	0
14.	1	1	1	318	1	0	0
15.	1	1	1	318	1	0	0
16.	1	1	1	318	1	0	0

Čas úkonu	0,05	Počet	1	Za úkony	0,05
Celkem soustružení (minut)					

Frézování - čas								
	Reálná rychlost	Průměr	Otáčky	Počet zubů	Posuv na zub	Dřáha	Počet	Čas
1.	250	50	1592	5	0,1	110	4	0,553
2.	160	12	4244	2	0,12	160	2	0,314
3.	1	1	318	1	1	1	0	0
4.	90	4,2	6821	1	0,1	20	4	0,117
5.	4	5	255	1	1	20	4	0,314
6.	1	1	318	1	1	1	0	0
7.	1	1	318	1	1	1	0	0
8.	1	1	318	1	1	1	0	0
9.	1	1	318	1	1	1	0	0
10.	1	1	318	1	1	1	0	0
11.	1	1	318	1	1	1	0	0
12.	1	1	318	1	1	1	0	0
13.	1	1	318	1	1	1	0	0
14.	1	1	318	1	1	1	0	0
15.	1	1	318	1	1	1	0	0
16.	1	1	318	1	1	1	0	0

Čas úkonu	0,05	Počet	14	Za úkony	0,7
Celkem soustružení (minut)					

Materiál - hmotnost			
	Kruhová	Trubka	Plocháč
Průměr D			
Průměr d			
Délka			
Šířka			
Průřez	0	0	0
Celková L			
Cena Fe	0	0	0
Cena Al	0	0	0
Cena Cu	0	0	0
Cena PA6	0	0	0

Výrobní náklady - cena										
Operace	Sazba	Materiál		Série kusů						
		Přípr.	Výroba	1	2	5	10	100		
Řezání	350			0	0	0	0	0		
Soustružení kl.	450			0	0	0	0	0		
Soustružení CNC malé	650			0	0	0	0	0		
Soustružení CNC velké	750			0	0	0	0	0		
Frézování CNC 3-os malé	700			0	0	0	0	0		
Frézování CNC 3-os velké	800			0	0	0	0	0		
Frézování CNC 5-os Al	1000	42	2,99	749,8	399,8	189,8	119,8	56,83		
Frézování CNC 5-os Fe	1200			0	0	0	0	0		
Vrtání	360			0	0	0	0	0		
Mechanik	350	5	5	58,33	43,75	35	32,08	29,46		
Měření 3D	600			0	0	0	0	0		
Kooperace				0	0	0	0	0		
Kooperace				0	0	0	0	0		
Kooperace				0	0	0	0	0		
Povrch	Elox		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
Přípravky				0	0	0	0	0		
Přípravky				0	0	0	0	0		
Doprava				0	0	0	0	0		
Marže	%			Cena za kus	819,8	455,2	236,4	163,5	97,89	kč
				Celkem celkem	819,8	910,4	1182	1635	9789	kč
		Kurz			30,31	16,83	8,741	6,045	3,619	€
		27,05			30,31	33,65	43,7	60,45	361,9	€

V