



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY FORMY PRO PLASTOVÉ OBALY

A PROPOSAL OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF A MOLD FOR PLASTIC  
COVERS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Halačka

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Petr Halačka**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Chladil, CSc.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Návrh technologie výroby formy pro plastové obaly

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Studium technologie výroby forem podle současné výroby v podniku. Charakteristický popis materiálu pro plastové obaly.

Postup při návrhu formy pro plastové obaly.

Návrh technologie výroby formy.

Zhodnocení a závěr.

#### Cíle bakalářské práce:

Postup při výrobě forem na plastové obaly.

#### Seznam literatury:

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

PÍŠKA, M. et al. Speciální technologie obrábění. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

SANDVIK COROMANT ; [PŘELOŽIL MIROSLAV KUDELA]. Příručka obrábění: kniha pro praktiky. 1. české vyd. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972299-4-6.

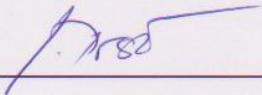
ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles, 2nd. edition, New York Oxford University Press, 2005, 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

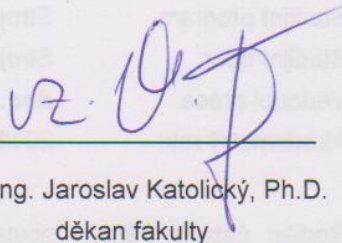
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 9. 11. 2016



  
\_\_\_\_\_

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá obráběním bloku formy na vyfukování plastových obalů ve spolupráci s firmou VBF s.r.o. Zaměřuje se na technologii 5-ti osého frézování. Dále obsahuje popisy materiálů forem i vstřikovaných materiálů. Rozebírá současný postup výroby formy. Dále obsahuje vlastní návrh na zlepšení (zefektivnění) výroby daného bloku. Na závěr je v porovnání popsán rozdíl v použité technologii a také časový rozdíl.

### **Klíčová slova**

forma, materiály forem, frézování, výrobní postup, technologie výroby

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with machining of mold for blowing plastic packaging in cooperation with VBF Ltd. It focuses on 5-axis milling technology. It also contains descriptions of mold materials and injected materials. It analyzes the current process of mold production. It also contains its own proposal to improve (to make more effective) the production of a given block. The difference in technology used and the time difference are described in the conclusion.

### **Key words**

mold, mold materials, milling, manufacturing process, production technology

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HALAČKA, P. *Návrh technologie výroby formy pro plastové obaly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 43 s. 3 přílohy. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie výroby formy pro plastové obaly** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Petr Halačka

## **PODĚKOVÁNÍ**

Předně chci poděkovat svému vedoucímu doc. Chladilovi za ochotu a vedení mé práce.

Dále děkuji tímto vedení firmy VBF s.r.o. za spolupráci a možnost vypracovat tuto práci a dalším zaměstnancům za cenné připomínky a rady, které mi poskytli při vypracování bakalářské práce.

Chtěl bych také poděkovat rodině a přítelkyni za podporu po celou dobu studia.

## OBSAH

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ .....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD .....	9
1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI VBF s.r.o. ....	10
2 POPIS VÝROBKU .....	11
2.1 MATERIÁLY VÝROBKU .....	12
2.1.1 POLYETHYLÉN .....	12
2.1.2 POLYPROPYLEN .....	13
3 TVÁŘECÍ FORMA .....	14
3.1 POUŽITÍ TVÁŘECÍ FORMY.....	15
4 MATERIÁLY FORMY.....	16
4.1 OCELOVÉ MATERIÁLY.....	16
4.1.1 MATERIÁL EN 1.2083 .....	16
4.1.2 MATERIÁL EN 1.2316 .....	17
4.2 HLINÍKOVÉ SLITINY.....	18
4.2.1 MATERIÁL EN AW 5083.....	18
4.2.2 MATERIÁL EN AW 7022.....	19
5 TEORIE OBRÁBĚNÍ .....	20
5.1 ZÁKLADNÍ FRÉZOVÁNÍ .....	20
5.2 CHARAKTERISTIKA OBRÁBĚNÍ NA CNC MULTIFUNKČNÍCH CENTRECH .....	23
6 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY .....	25
6.1 VÝROBNÍ DOKUMENTACE .....	26
6.2 VOLBA POLOTOVARU .....	26
6.3 POUŽITÉ NORMALIZOVANÉ SOUČÁSTI .....	26
6.4 POUŽITÉ NENORMALIZOVANÉ SOUČÁSTI .....	28
7 ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIČNOSTI ZVOLENÉ ČÁSTI FORMY.....	29
7.1 POPIS VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI .....	29
7.2 TVAROVÁ SLOŽITOST, POPIS GEOMETRIE A JAKOSTI POVRCHU .....	29
8 VÝROBNÍ PODMÍNKY .....	30
8.1 PRACOVNÍ POSTUP PŘI PŮVODNÍ VÝROBĚ.....	30
8.2 NÁVRH POSTUPU PŘI POUŽITÍ NOVÉ TECHNOLOGIE .....	31



8.3	ZKRÁCENÝ POSTUP VÝROBY NA OBRÁBĚCÍM CENTRU GROB	
550	.....	32
8.4	POUŽITÉ STROJE.....	35
8.4.1	GROB 550.....	35
8.4.2	DMU 100.....	36
8.4.3	BSG 50100AHD.....	37
8.5	POUŽITÉ NÁSTROJE.....	38
8.6	POUŽITÁ MĚŘIDLA.....	38
9	POROVNÁNÍ ROZDÍLŮ PŘI POUŽITÍ NOVÉ TECHNOLOGIE.....	39
10	ZÁVĚR.....	40
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	41
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	43
	SEZNAM PŘÍLOH.....	44



## ÚVOD

Vyfukování je proces, při kterém je tlakem vzduchu tvarován polotovár do požadovaného tvaru v uzavřené formě. Forma je určena pro velkosériovou výrobu plastových láhví, se kterými se denně setkáváme v běžném životě. Právě výrobou těchto forem se zabývá firma VBF s.r.o., se kterou budu spolupracovat při tvorbě mé bakalářské práce. Ve firmě ve spolupráci se zákazníkem probíhá konzultace o výsledném designu výrobku, z toho pak tvořen model formy, výkresová dokumentace a všechny další věci potřebné pro výrobu formy. Na jednotlivých pracovištích v dílně jsou pak následně všechny prvky formy vyrobeny především třískovým obráběním, konkrétně frézováním, soustružením, broušením. Dále pak třeba elektroerozivním obráběním složitých designových prvků. Pak jsou formy smontovány a předány k zákazníkovi.

V první, teoretické části, bude práce obsahovat informace o firmě, daném výrobku, pak o základních materiálech výrobků, popisu a vlastností forem pro vyfukování plastů a charakteristice klasického a pětiosého frézování.

Praktická část bude obsahovat popis konkrétního dílu a jeho výroby. S ohledem na využívání nových technologií v obrábění na CNC obráběcích centrech je předmětem mé práce vytvořit nový návrh technologie výroby za využití právě těchto obráběcích center a porovnání nového návrhu oproti stávajícímu postupu. Jako součást pro práci byl vybrán tvarově nejsložitější díl formy, přední nebo zadní blok.

## 1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI VBF S.R.O.

Firma VBF s.r.o. byla založena v r. 1993 a zabývala se opravou sklářských forem, k tomuto účelu zaměstnávala 2 pracovníky. V r. 1995 byla tato činnost ukončena a do r. 1997 byla firma bez činnosti.

V r. 1997 se začala firma zabývat konstrukcí a výrobou forem pro vyfukování plastových obalů a technických výlisků. Technologie byla umístěna v pronajatých prostorách a firma zaměstnávala 6 pracovníků.

V r. 2000 firma zakoupila a zrekonstruovala výrobní prostory. Tento krok jí zajistil dostatek vlastního prostoru pro další dlouhodobý růst.

V roce 2005 firma VBF s.r.o. realizovala investici do velkého obráběcího centra, což firmě umožnilo rozšířit její nabídku forem pro velké plastové technické výlisky v segmentu automobilového průmyslu.

V současné době společnost VBF s.r.o. zaměstnává 33 pracovníků a dále rozvíjí konstrukci a výrobu vyfukovacích forem pro plasty, včetně s tím spojených služeb. Výrobky společnosti VBF s.r.o. jsou používány zejména ve spotřebním, potravinářském a automobilovém průmyslu a z této skupiny, respektive jejich dodavatelů, je podstatná část zákazníků firmy. Přibližně 45 % produkce exportuje společnost VBF s.r.o. zejména do Německa, Pobaltských republik, Polska, Izraele a na Slovensko.

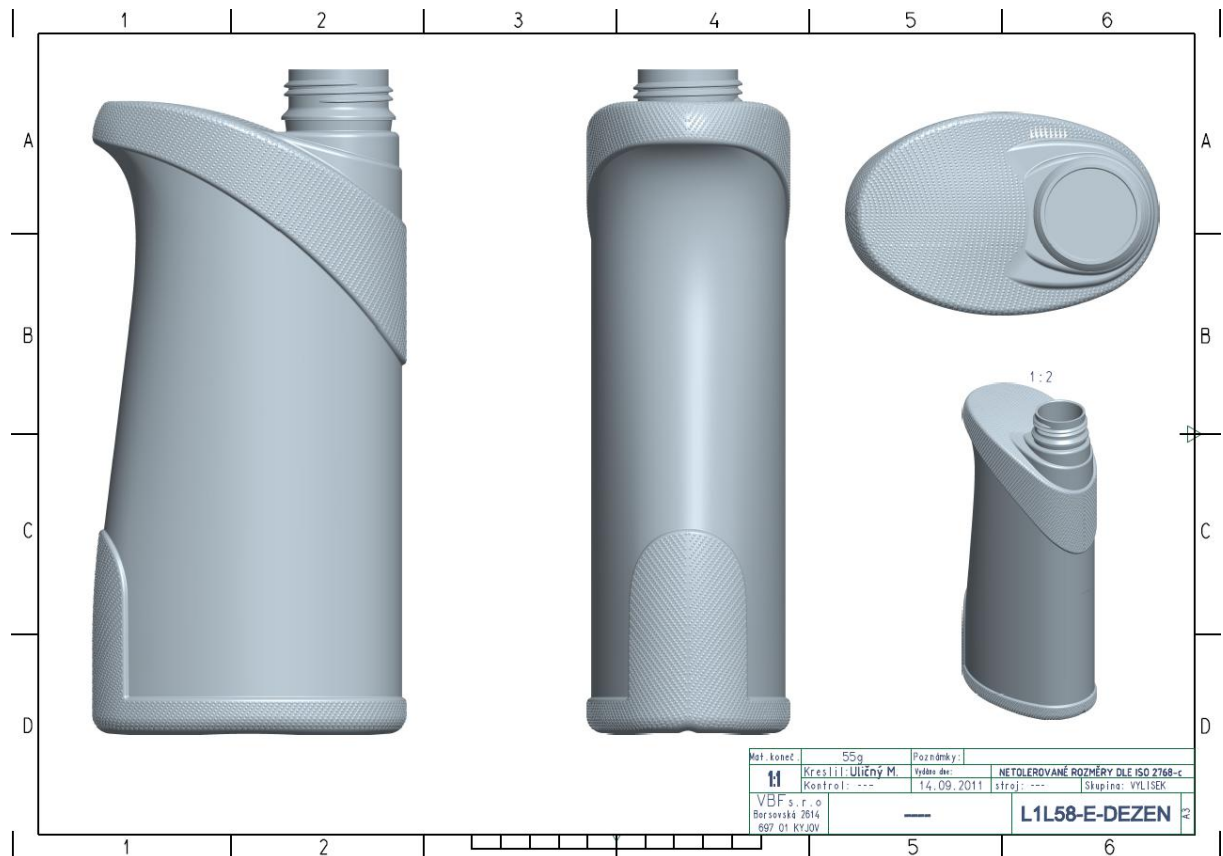
Strategickým záměrem společnosti do budoucna je dále rozvíjet segment výroby forem pro technické výlisky větších rozměrů.



Obr. 1.1 Současné sídlo společnosti<sup>(1)</sup>.

## 2 POPIS VÝROBKU

Jedná se o láhev k distribuci různých druhů olejů o objemu 1 litr. Materiál výrobku je HDPE.



Obr. 2.1 Výkres výrobku.

## 2.1 MATERIÁLY VÝROBKU

„Na výrobu plastových obalů vyfukováním se nejčastěji zpracovávají hlavně polyethylény (PE) a polypropylény (PP) a tvoří asi tři čtvrtiny produkce. Následuje polyvinylchlorid (PVC) a jeho kopolymery a v poslední době polyethylentereftalát (PET)<sup>(2)</sup>.“

### 2.1.1 POLYETHYLÉN

Základní přednosti polyethylénu jsou:

- nízká hustota ve srovnání s ostatními plasty,
- vysoká houževnatost provázená odolností proti úderu a vysokou tažností.

„Polyethylén o nízké molární hmotnosti lépe zatéká a lépe se zpracovává. Jeho mechanické vlastnosti (pevnost, tuhost, tažnost, houževnatost) jsou však nevalné, stejně jako tvarová stálost za tepla a chemická odolnost<sup>(2)</sup>.“

Důležitým strukturním parametrem je také šířka distribuce molárních hmotností. V zásadě platí, že čím užší distribuce, tím lepších parametrů u polyethylénu dosáhneme. Tak se zlepšují mechanické vlastnosti, tepelná tvarová stálost i chemická odolnost. Pouze zpracovatelnost je lepší pro polyethylény se širokou distribucí molárních hmotností. Pro vstříkovaní se používají polyethylény s užší distribucí, protože mají lepší odolnost proti úderu i za nízkých teplot. Pro vytlačování a vyfukování jsou naopak lepší typy s širším rozdělením molárních hmotností, protože mají pro tyto technologie lepší zpracovatelnost<sup>(2)</sup>.

Pro vyfukování dutých nádob se používají polyethylény s nižšími indexy toku taveniny (0,2 až 2 g/10min). Je to z toho důvodu, že vyfukování je dvoustupňový pochod. Parizon vytlačený v první fázi se nesmí přetrhnout vlastní vahou. Pro vyfukování se podle aplikace použije jak PE-LD, tak PE-HD. PE-LD je vhodný pro měkké nádoby, lahve i kanystry do objemů 60 litrů. Lze jej však použít i pro nádoby do 200 litrů. PE-HD typy jsou pro vyfukování běžnější. Vhodnou volbou materiálu lze vyrábět i benzinové kanystry, automobilové nádrže pohonných hmot a sudy až do objemu 200 litrů. Vyfukováním se z PE-HD vyrábějí i velkorozměrné hračky a sportovní náčiní, lahve na mléko, kosmetické a farmaceutické preparáty nebo domácí chemii. Velkoobjemové tanky pro topné oleje lze vyrobit až do objemů 10 000 litrů<sup>(2)</sup>.“

## 2.1.2 POLYPROPYLEN

„Polypropylén je klasický představitel komoditních polymerů. Přestože je polypropylén svým chemickým složením velice podobný polyethylénu, odlišuje se od něho v důsledku molekulární struktury v některých aspektech dosti podstatně:

- má nižší hustotu ( $0,9 \text{ g/cm}^3$ )
- má mnohem vyšší teplotu skelného přechodu. To se projevuje tím, že již při mírných teplotách pod bodem mrazu homopolymer výrazně křehne
- má vyšší teplotu tání krystalitů a to způsobuje jeho lepší teplotní odolnost, vyšší tvarovou stálost za tepla i možnost provádět sterilizaci medicou výrobků až do  $135 \text{ }^\circ\text{C}$
- výrobky z polypropylénu jsou méně náchylné ke korozi za napětí, ale naopak více podléhají oxidativní degradaci.

Polypropylén se zpracovává prakticky všemi technologiemi vyvinutými pro termoplasty. Zvlákňuje se, vyfukováním se vyrábějí jak fólie, tak duté nádoby, vstřikování produkuje drobné i rozměrné výrobky, vytlačováním se zhotovují trubky, profily a desky, které lze dodatečně svařovat, nebo omezeně i tepelně tvarovat. O vhodnosti polypropylénu pro jednotlivé technologie rozhoduje především tekutost taveniny vyjádřená indexem toku. S rostoucí molární hmotností polymeru klesá tekutost taveniny, roste viskozita, klesá tekutost taveniny a index toku taveniny.

Polypropylén s nejvyšším indexem toku je určen pro zvlákňování z taveniny. Pro vyfukování nádob se hodí méně tekuté typy PP-H, PP-B a PP/EP(D)M. Na elektronicky řízených vyfukovacích strojích se vyrábějí v malých i velkých sériích nádoby s hladkým vnějším povrchem až do objemu 5 litrů. Vyfukováním však lze vyrobit i rozměrné tenkostěnné skořepiny, např. surfingové plováky, které se poté vyplní tuhou pěnou<sup>(2)</sup>.

Tabulka 2.1 Charakteristické rozdíly mezi polypropylénem a polyethylénem<sup>(2)</sup>.

Vlastnost	Jednotka	Polyethylén	Polypropylén
Hustota	$\text{g/cm}^3$	0,915-0,970	0,900-0,915
Teplota skelného přechodu	$^\circ\text{C}$	-90	-10
Teplota tání	$^\circ\text{C}$	105-135	155-165

### 3 TVÁŘECÍ FORMA

Je výrobní nástroj pro tvarování plastových výrobků. Dle přání zákazníka se vyrábí buď celé ocelové nebo z hliníkových slitin. Může také jít o kombinaci obou materiálů. Bloky z hliníkových slitin a dno ocelové. Další komponenty bývají vyrobeny i z barevných kovů, nejčastěji z bronzu, mědi nebo mosazi.



Obr. 3.1 Oba složené bloky formy se dnem a sekacemi a závitovými víčky<sup>(1)</sup>.



### 3.1 POUŽITÍ TVÁŘECÍ FORMY

Ve firmě VFB s.r.o. se vyrábí formy vyfukovací. Vyfukováním se rozumí proces, kterým je předlisek (preforma), přetlakem vzduchu tvarován do požadovaného tvaru v uzavřené formě, takže technologie je využita především při výrobě PET láhví. V dalším případě se jedná o technologii vytlačovacího vyfukování, kdy je přes vytlačovací hubici a trn vytlačen tzv. „parizon nebo rukáv“ požadované délky, který se následně uzavře ve formě. Tím dochází k vylišování hrdla, vnitřního průměru a ke svaření dna. Následně stlačeným vzduchem dojde k jeho vyfouknutí. Po ochlazení a vyjetí z formy dojde k odstranění přetoků od svarových ploch.

Výhodou této technologie je ekonomie a výroba výrobků i velkých objemů. Nevýhodou naopak může být poměrně velký odpad a malá přesnost výrobků.

Formy je možné konstruovat dle použitého materiálu a velikosti výrobku jako jednonásobné, nebo vícenásobné. Formy pro menší výrobky jsou dvoudílné a pro větší výrobky jsou tvarové formy složeny z více částí<sup>(3)</sup>.

V našem případě jsou to vícenásobné z více částí a ty jsou: viz seznam v příloze č.1.



Obr. 3.2 Forma pro PET láhev<sup>(1)</sup>.



Obr. 3.3 Forma pro extruzi<sup>(1)</sup>.



## 4 MATERIÁLY FORMY

V této části budou zpracovány základní charakteristiky a informace o materiálech, se kterými se uvažuje při výrobě dané formy. Popsány budou železné a neželezné materiály použité na výrobu formy.

### 4.1 OCELOVÉ MATERIÁLY

V této podkapitole se zaměříme na materiály samotných forem. Popis jejich vlastností, chemického složení a tepelných úprav.

#### 4.1.1 MATERIÁL EN 1.2083

*„DIN normou X42Cr13 - je antikorozi martenzitická chromová ocel, která díky speciálním postupům při výrobě a optimálnímu chemickému složení nabízí vysokou leštitelnost, dobrou odolnost proti korozi, dobrou obrobitelnost, fotoleptatelnost a vysokou odolnost proti opotřebení otěrem.“<sup>(4)</sup>*

*Svémi vlastnostmi je právě vhodná na formy pro zpracování chemicky agresivních plastů a plastů s abrazivními vlivy způsobujícími opotřebení materiálů otěrem. Díky vynikající leštitelnosti, je ocel vhodná pro formy na výrobu čoček a jiné formy pro optický průmysl.“<sup>(4)</sup>*

Pro účely firmy VBF se dodává v již zušlechtném stavu s tvrdostí 48 HRC.

Tabulka 4.1 Chemické složení materiálu EN 1.2083<sup>(4)</sup>.

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků v %	0,41	0,7	0,45	14,3	0,6	0,2

#### Tepelné zpracování:

-žihání na měkko:

Teploty 840 až 870 °C. Regulované pomalé chlazení v peci rychlostí 10 až 20 °C/h, do cca 600 °C, další chlazení na vzduchu. Tvrdost po žihání na měkko max. 200 HB.

-žihání na odstranění prnutí:

Teplota cca 650 °C, po prohřátí v celém průřezu výdrž 1 až 2 hodiny v neutrální atmosféře, následně pomalé chlazení v peci.

-kalení:

1000 až 1050 °C, výdrž na kalící teplotě po plnohodnotném prohřátí 15 až 30 minut. Ochlazovací prostředí: olej, vzduch. Dosažitelná tvrdost po kalení: 53–56 HRC.

-popouštění:

Bezprostředně po kalení pomalé zahřívání na popouštěcí teplotu. Výdrž na teplotě 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, minimálně však 2 hodiny. Chlazení na vzduchu. Dosažitelná tvrdost: 48–58 HRC<sup>(4)</sup>.

## 4.1.2 MATERIÁL EN 1.2316

„DIN normou X36CrMo17 - je také antikorozní martenzitická Cr-Mo ocel, dodávaná tepelně zpracovaná v zušlechtěném stavu na vyšší pevnost. Velmi dobrá odolnost proti korozi, dobrá odolnost proti opotřebení, výborná obrobiteľnosť a leštitelnost<sup>(4)</sup>.

Svými vlastnostmi je také vhodná na formy pro zpracování chemicky agresivních plastů a plastů s abrazivními plnidly způsobující opotřebení materiálu otěrem. Materiál je dodávaný ve zušlechtěném stavu s pevností 290–330 HB (HH 350–390 HB), je tedy způsobilý na použití bez dalšího tepelného zpracování<sup>(4)</sup>.

Tabulka 4.2 Chemické složení materiálu EN 1.2316<sup>(4)</sup>.

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	N
Obsah prvků v %	0,27	0,3	0,65	14,5	1	0,85	+

### Tepelné zpracování:

Materiál je dodávaný tepelně zpracovaný, proto další tepelné zpracování doporučujeme jen ve výjimečných případech, pokud je požadována vyšší tvrdost.

- žihání na měkko:

Teploty 700 až 725 °C. Regulované pomalé chlazení v peci rychlostí 10 až 20 °C/h, do cca 500 °C, další chlazení na vzduchu. Tvrdost po žihání na měkko max. 250 HB.

- žihání na odstranění pnutí:

Teplota cca 650 °C, v zušlechtěném stavu cca 30 až 50 °C pod teplotou popouštění. Po prohřátí v celém průřezu výdrž 1 až 2 hodiny v neutrální atmosféře, následně pomalé chlazení v peci.

- kalení:

1000 až 1020 °C, olej, solná lázeň (400 až 450 °C), olej, N<sub>2</sub>, vzduch. Výdrž na kalící teplotě po plnohodnotném prohřátí 15 až 30 minut. Dosažitelná tvrdost po kalení:

51 – 53 HRC při kalení v oleji nebo solné lázni.

- popouštění:

Pomalé zahřívání na popouštěcí teplotu bezprostředně pokalení. Doba výdrže v peci 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, avšak minimálně 2 hodiny. Chlazení na vzduchu<sup>(4)</sup>.

## 4.2 HLINÍKOVÉ SLITINY

Z hliníkových materiálů jsou dle přání zákazníků vyráběny jen určité části formy a to dle jejich zvyklostí a daných technologií výroby vyfukovaných obalů.

Jsou zde popsány jejich základní charakteristické vlastnosti, chemické složení, mechanické parametry a další vhodnost použití.

### 4.2.1 MATERIÁL EN AW 5083

Dle ČSN EN 573, třídící znak 42 1401

Tabulka 4.3 Chemické složení a mechanické parametry materiálu EN AW 5083<sup>(5)</sup>.

Chemické složení [hm. %]										
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	ostatní		Al
								jednotl.	celkem	
0,4	0,4	0,1	0,40-1,0	4,0-4,9	0,05-0,25	0,25	0,15	0,05	0,15	zbytek
Mechanické parametry										
Mez pevnosti $R_m$			Mez kluzu $R_{p0,2}$			Tvrdost dle Brinella				
[Mpa]			[Mpa]			[HBW]				
270			120			65				

„Materiál se vyznačuje velmi dobrou leštitelností a velmi dobrou odolností vůči korozi. Jedná se o nevytvrditelnou slitinu střední pevnosti velmi dobře svařitelnou a chemicky odolnou. Obrobitelnost reznými nástroji se snížena u materiálu v měkkém stavu a vyhovující v tvrdším stavu. Svařitelnost je vyhovující, svařené spoje jsou korozně odolné téměř jako základní materiál. Velmi dobrá plasticita v měkkém stavu. Používá se na středně namáhané konstrukce, jež mají odolávat korozi a mořské vodě. Uplatnění: strojírenství, stavba jednoúčelových strojů, stavba lodí, svařované konstrukce, formy na pěnové a gumové materiály, prototypové formy, základní desky střížných nástrojů, stavba automobilů, prototypů automobilů a potrubí<sup>(5)</sup>.“

## 4.2.2 MATERIÁL EN AW 7022

Dle ČSN EN 573, třídící znak 42 1401

Tabulka 4.4 Chemické složení a mechanické parametry materiálu EN AW 7022<sup>(6)</sup>.

Chemické složení [hm. %]										
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti+Zr	ostatní		Al
								jednotl.	celkem	
0,5	0,5	0,5-1,0	0,10-0,40	2,6-3,7	0,10-0,30	4,3-5,2	0,2	0,05	0,15	zbytek
Mechanické parametry										
Mez pevnosti $R_m$			Mez kluzu $R_{p0,2}$			Tvrdost dle Brinella				
[Mpa]			[Mpa]			[HBW]				
480			410			140				

„Materiál se řadí mezi tzv. slitiny vytvrditelné, vyznačují se specifickým způsobem precipitace. Jedná se o druh hliníkové slitiny, kde hlavními legujícími prvky jsou zinek a hořčík. Chemické složení a mechanické vlastnosti experimentální slitiny jsou uvedeny v tabulce. Proces vytvrzení v těchto slitinách je podmíněn přítomností intermetalických fází, jejichž vznik udává poměr zinku ku hořčíku. Zpevňující složkou je hořčík nacházející se v tuhém roztoku hliníku. Přesycený tuhý roztok je dosti stabilní, takže i při malých rychlostech ochlazování zůstává přesycen a pak následuje přirozené vytvrzování doprovázené zvýšením mechanických vlastností. Celý proces je možné urychlit umělým stárnutím. Slitiny na základě tohoto systému se dodatečně legují mědí pro zvýšení odolnosti proti korozi pod napětím, která ovšem výrazně snižuje svařitelnost. Ve vztahu výhodného poměru specifické měrné hmotnosti a meze kluzu se hliníková slitina EN AW 7022 T651 používá ve výrobě rámu jízdních kol a motocyklů, lehkých přenosných konstrukcí pro pódia, hledišť, sportovních zařízení, vstřikovacích forem pro plasty. Aby tyto materiály mohly být použity ve výše zmíněných aplikacích, je nutné hledat způsoby zabezpečující svaření s minimálním vlivem na zpevňující precipitáty, tj. bez poklesu mechanických vlastností<sup>(6)</sup>.“

## 5 TEORIE OBRÁBĚNÍ

V této kapitole se zaměříme na základní principy a charakteristiky frézování.

### 5.1 ZÁKLADNÍ FRÉZOVÁNÍ

„Frézování je obráběcí metoda, při které je z obrobku materiál odebírán jednotlivými břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvné pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky<sup>(7)</sup>.“

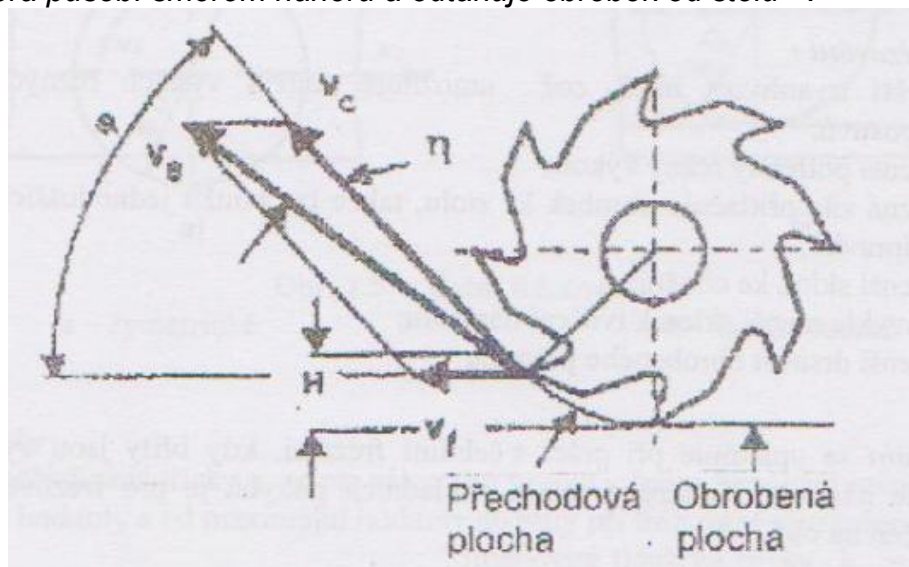
#### Technologická charakteristika

Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozliší frézování válcové (obvodem) a frézování čelní (čelem). Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako frézování okružní a planetové<sup>(7)</sup>.

#### Kinematika obráběcího procesu

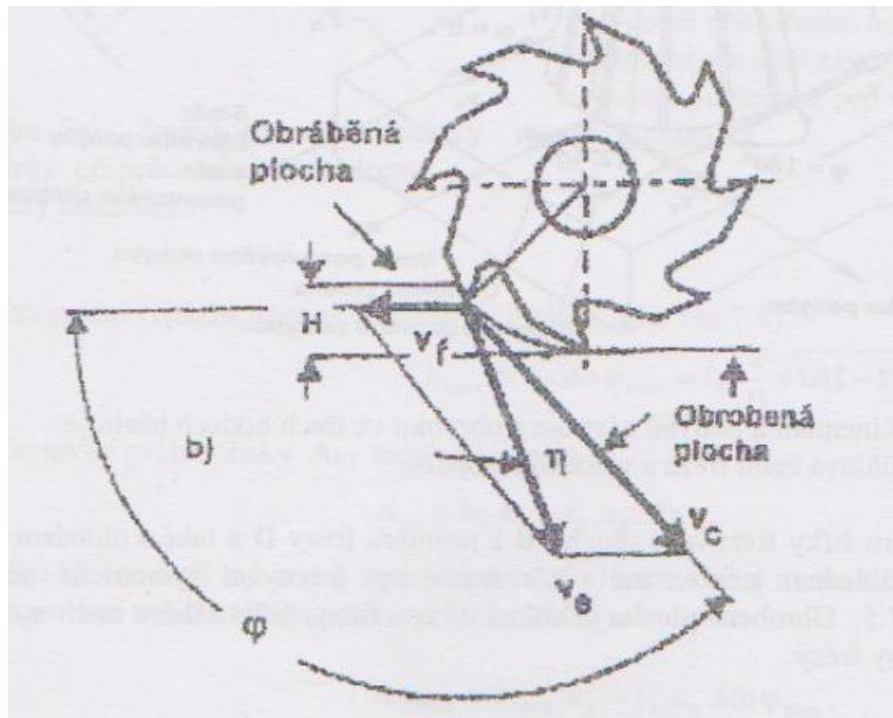
„Válcové frézování se převážně uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze na obvodu nástroje, hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. V závislosti na kinematice obráběcího procesu se rozliší frézování nesousledné (protisměrné) a sousledné (souměrné)<sup>(6)</sup>.

Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální. K oddělování třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Přitom vznikají silové účinky a deformace způsobující zvýšené opotřebení břitu. Řezná síla při protisměrném frézování má složku, která působí směrem nahoru a odtahuje obrobek od stolu<sup>(7)</sup>.“



$V_c$  - řezná rychlost;  $V_f$  - posuvová rychlost;  $V_e$  - výslednice rychlostí;  
 $H$  - hloubka záběru;  $\varphi$  - úhel posuvového pohybu  
Obr. 5.1 Kinematika nesousledného frézování<sup>(7)</sup>.

„Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Obrobená plocha se vytváří, když zub vychází ze záběru. Řezné síly působí obvykle směrem dolů. Souměrné frézování může probíhat pouze na přizpůsobeném stroji při vymezené vůli a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě způsobuje vůle nestejný posuv, při němž může dojít k poškození nástroje, popř. i stroje. Při vzájemném porovnání lze shrnout hlavní výhody obou způsobů.“<sup>(7)</sup>



$V_c$  - řezná rychlost;  $V_f$  - posuvová rychlost;  $V_e$  - výslednice rychlostí;  
 $H$  - hloubka záběru;  $\varphi$  - úhel posuvového pohybu  
 Obr. 5.2 Kinematika sousledného frézování<sup>(7)</sup>.

#### **Nesousledné frézování:**

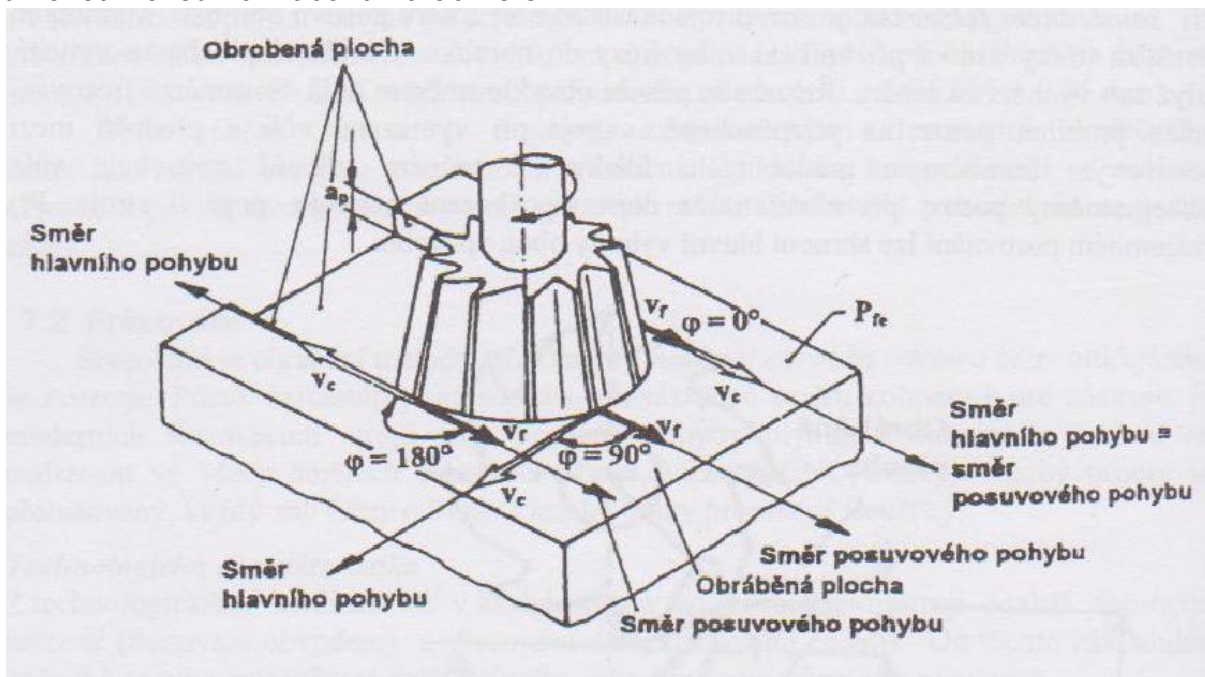
- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu obrobku a pod.;
- není zapotřebí vymezení vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje;
- menší opotřebení šroubu a matice;
- záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu.

#### **Sousledné frézování:**

- vyšší trvanlivost břitů, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů;
- menší potřebný řezný výkon;
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, takže lze použít jednodušších upínacích přípravků;
- menší sklon ke chvění;
- obvykle menší sklon k vytvoření nárůstku;
- menší drsnost obrobeného povrchu<sup>(7)</sup>.

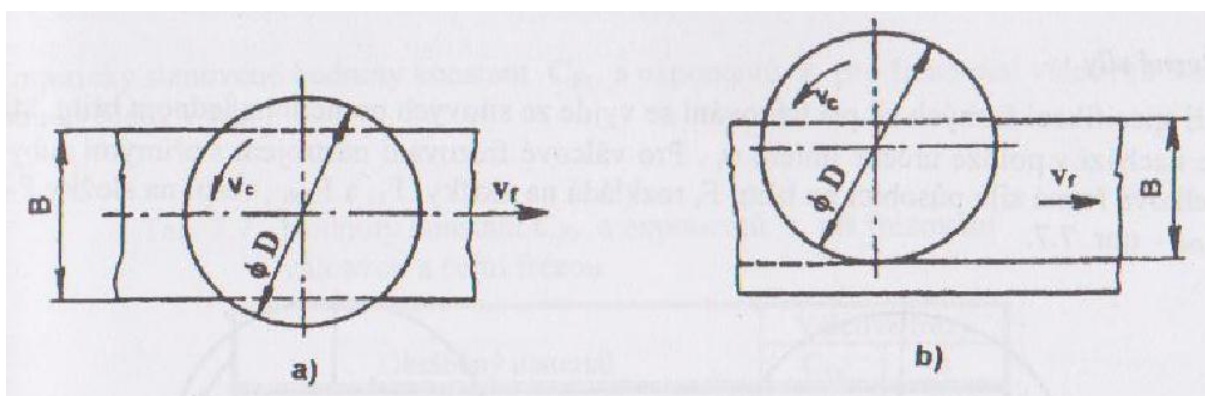


„**Čelní frézování** se uplatňuje při práci s čelními frézami, kdy břity jsou vytvořeny na obvodu i čele nástroje. Konkrétní relace základních pohybů je pro frézování úhlovou frézou naznačena na obr. 5.3<sup>(7)</sup>.“



Obr. 5.3 Kinematika pohybů nástroje a obrobku ve třech bodech nástroje - úhlová čelní fréza s válcovou stopkou<sup>(7)</sup>.

„V závislosti na poměru šířky frézované plochy **B** a k průměru frézy **D** a také s ohledem na polohu osy frézy vzhledem k frézované ploše může být frézování symetrické nebo nesymetrické - obr. 5.4. Obrobená plocha je kolmá na osu frézy, šířka záběru ostří  $a_p$  se nastavuje ve směru osy frézy<sup>(7)</sup>.“



a - symetrické

b - nesymetrické

Obr. 5.4 Čelní frézování<sup>(7)</sup>.



## 5.2 CHARAKTERISTIKA OBRÁBĚNÍ NA CNC MULTIFUNKČNÍCH CENTRECH

Polohování 5 os

Ke klasickému, tříosému frézování jsou při pětiosém frézování přidány další dvě rotační osy. Často používáno označení 3+2. Klasické tři osy obrábí a po dokončení tvaru se pomocí dalších dvou obrobek přesune do nové pozice a následně je opět obráběn třemi základními osami. Nelze provádět pohyb lineární a rotační osou zároveň<sup>(8)</sup>.

Rozdělení os

Klasické tři osy jsou X, Y a Z. K těm se přidávají další dvě, ve většině případů rotující kolem základních os. Ty bývají značeny různě, nejběžněji však A, B a C<sup>(8)</sup>.



Obr. 5.5 Rotace přídavných os kolem základních os<sup>(8)</sup>.

Výhody pětiosého polohování:

- obrobení co nejvíce ploch při jednom upnutí obrobku;
- časová úspora;
- hlava nakloněná k normále povrchu zajišťuje lepší povrch obrobku;
- umožňuje se lépe dostat do nepřístupných míst, tím zkracovat vyložení nástrojů a lepší tuhost soustavy

Princip programování v CAM systémech

V mnoha CAM systémech se při programování pětiosého polohování používá počátečních bodů nebo rovin. Ty se pak umísťují nad prvky, které chceme obrábět, například kapsy, otvory, profily. Ty lze pak jednoduše díky těmhle rovinám a bodům obrábět<sup>(8)</sup>.

Souvislé pětiosé obrábění

Současný pohyb lineárních i rotačních os zároveň umožňuje obráběcímu stroji obrábět souvisle pomocí pěti os. Přidáním rotačních os A, B a C může dle kinematiky stroje vypadat zápis v NC kódů následovně:

- 55 L X-25.256 Y-41.120 Z26.478 B-15.100 C75.950

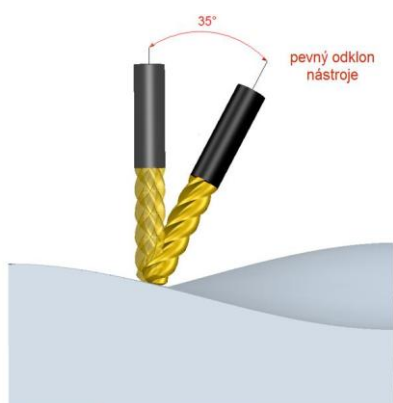
Celý proces se uskutečňuje v jedné rovině, přičemž nebere ohled na sklon rotačních os<sup>(9)</sup>.

## Programování pěti os souvisle

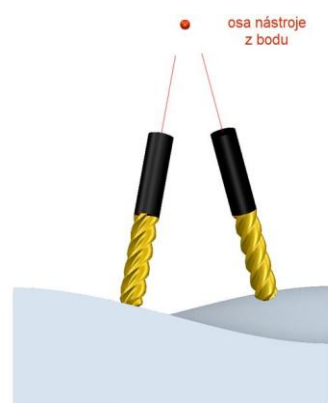
Pro víceosé obrábění se vyžaduje využití CAM systémů, které dokážou uživateli automaticky generovat NC program pro obrobení požadovaného tvaru dle nahraného obrobku. Pro plnohodnotné využití frézovacího stroje musíme dbát na kvalitu a možnosti zvoleného CAM systému. V moderních CAM systémech lze nastavit osu různými způsoby pro dokonalé obrobení tvarových částí. Nastavení osy lze provést různými možnostmi:

- pevné nastavení sklonu nástroje;
- kopírování nástroje dle normály plochy;
- nastavení osy nástroje dle bodu, přímky nebo křivky,

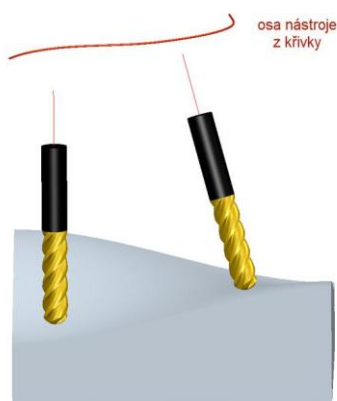
tím lze dosáhnout dokonalého tvaru a drsnosti povrchu i v těžko přístupných místech obrobku. Kvalitní CAM systém by měl nabízet také dostatečné množství a druhů obráběcích strategií, pro zaručení těchto požadavků. Samozřejmostí je aplikace programů vytvořených ve třech osách pro pěti-osé obrábění a také jejich převod tříosé dráhy na víceosé dráhy. Hodně podstatná je i schopnost využití všech druhů nástrojů, zejména pro pěti-osé obrábění. Používají se čím dál více nástroje kuželové a tvarové, díky kterým vzniká lepší tuhost sestavy a příznivější řezné podmínky<sup>(9)</sup>.



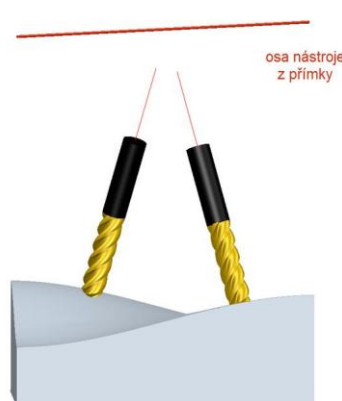
Obr. 5.6 Pevný sklon nástroje<sup>(9)</sup>.



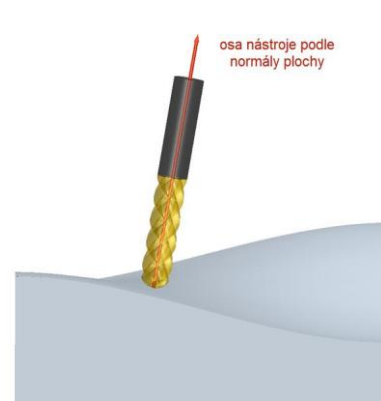
Obr. 5.7 Nástroj z bodu<sup>(9)</sup>.



Obr. 5.8 Osa nástroje z křivky<sup>(9)</sup>.



Obr. 5.9 Osa nástroje z přímky<sup>(9)</sup>.



Obr. 5.10 Osa nástroje podle normály plochy<sup>(9)</sup>.

## 6 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

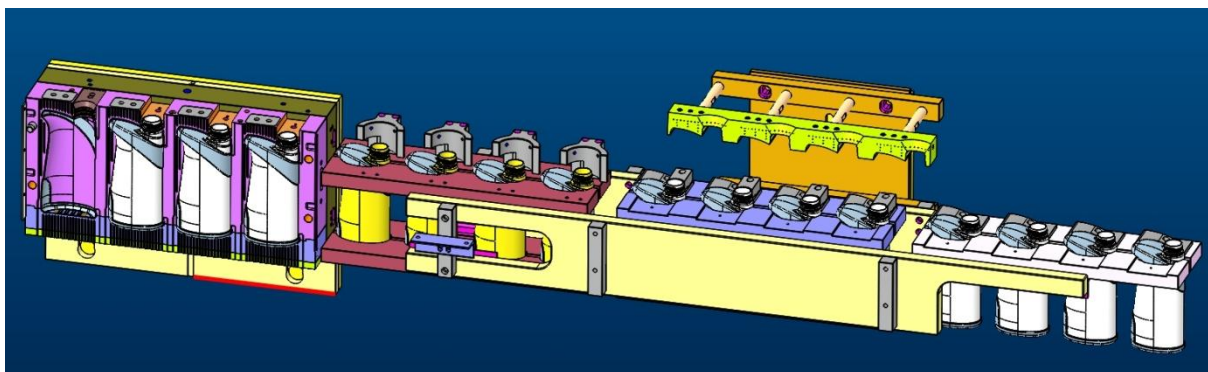
V konstrukci firmy probíhá veškerá technologická příprava výroby, dle přání jednotlivých zákazníků, kteří mají různé požadavky ohledně výroby. Konstrukteři berou při tvorbě modelu ohled na objem hotového výrobku, který se po ochlazení smršťuje. To má vliv na celkový objem formy, který se tím pádem volí větší dle přesných objemových výpočtů. Dále probíhá analýza stability lahví a optimalizace tvaru výrobku.

Tab. 6.1 Smrštění pro vybrané druhy termoplastů<sup>(10)</sup>.

Termoplast	Smrštění [%]
PE-LD	1,5 až 3,0
PE-HD	2,0 až 4,0
PP	1,5 až 2,0

Dále se určuje materiál výrobku, normalizované součásti, jako spojovací materiál, koncovky a spojky na vodu.

Ke tvorbě modelů je využíván CAD software PTC Creo Parametric, který je vhodný právě pro modelování geometricky složitých výrobků. Z modelu jsou následně generovány výkresy, které již složí jako podklad výroby. Technologický postup výroby, neboli návodka, sestavuje mistr na základě letitých zkušeností s výrobou forem. Návodka obsahuje čárový kód, který si každý zaměstnanec načte dle působení na určitém pracovišti a je dále na něm, jakým postupem zhotoví danou operaci, nebo celkový výrobek.



Obr. 6.1 Zobrazení modelu celé formy.

V případě složitějších a náročnějších tvarů se provádí nejprve programování CNC strojů na pracovišti programátorů, konkrétně CNC frézek. Programování se provádí v CAD/CAM softwaru Work NC 2018. Programátor si nahraje 3D model vytvořený v konstrukci a jednotlivými obráběcími strategiemi vytvoří program pro obrobení polotovaru, který si následně obsluha stroje nahraje do stroje, na kterém probíhá samotné obrábění.

Ve firmě jsou navrhovány a vyrábí se téměř všechny části formy s výjimkou normalizovaných součástí, které si přiblížíme v kapitole 6.3.

## 6.1 VÝROBNÍ DOKUMENTACE

Výrobní výkres výlisku je dodán zákazníkem, následně je zpracován konstruktéry, kteří dle něj vytvoří tvar dutiny ve formě a vytvoří i 3D model celé formy, z kterého jsou generovány výrobní výkresy jako podklad do výroby.

U tvarově složitých součástek slouží výkres spíše jen pro ověření informací při výrobě neboť programátor používá veškerá dostupná data z 3D modelu. U jednodušších součástí slouží jako hlavní výrobní podklad. Výkresy sestav také obsahují jen základní informace, především celkové rozměry včetně tolerancí.

Výrobní výkres bloku je přiložen v příloze č. 2, výkres sestavy pak v příloze č.3.

## 6.2 VOLBA POLOTOVARU

Volba polotovaru je důležitou částí technologické přípravy výroby. Velikost polotovaru určuje konstruktér.

Polotovar objednává plánovač výroby od různých dodavatelů, podle rozměrů určených konstruktérem, ne jen z normalizovaných tyčí, ale přímo na míru. Polotovary menších součástí se volí z normalizovaných tyčí různých průřezů z normalizovaných tyčí ze skladu a ve firmě jsou kráceny na pilce dle zadání ve výrobním postupu. Certifikát dle ČSN EN 10204 č.l. 3.1.B.

Dodavatelem polotovarů jsou kupříkladu společnosti Böhler Uddeholm CZ s.r.o. se skladem a kalírnou ve Vyškově, JKZ Bučovice a.s., Amari Metals s.r.o.

Vyráběná součást, tedy blok formy má tvar kvádru a je vyroben z materiálu EN AW 7022. Celkové rozměry bloku jsou 600 x 240,2 x 80mm. Rozměry polotovaru jsou zvoleny s ohledem na přídatky obrábění 605 x 245 x 90mm. Z jedné strany se přidává technologický přídavek s ohledem na frézování pomocného upínacího vybrání.

## 6.3 POUŽITÉ NORMALIZOVANÉ SOUČÁSTI

Jako spojovací materiál se používají především normalizované šrouby s vnitřním šestihranem různých průměrů od různých dodavatelů.



Obr. 6.2 Šroub M8 s vnitřním šestihranem<sup>(11)</sup>.

K napojování hadic na vnitřní okruhy chlazení slouží mosazné rychlospojky na vodu s normalizovaným trubkovým závitem.



Obr. 6.3 Mosazná rychlospojka na vodu a jiné kapaliny<sup>(12)</sup>.

Válcové kolíky jsou používány k přesnému usazení a středění jednotlivých částí formy vůči sobě.



Obr. 6.4 Válcový kolík<sup>(13)</sup>.

Těsnící "o" kroužky slouží k těsnění chladicího okruhu mezi jednotlivými částmi formy, které na sebe dosedají. Používají se těsnící kroužky různých průměrů a tloušťek.



Obr. 6.5 Těsnící "o" kroužek<sup>(14)</sup>.

## 6.4 POUŽITÉ NENORMALIZOVANÉ SOUČÁSTI

V téhle podkapitole si přiblížíme nenormalizované součásti použité při sestavování formy, tzv. „normálie“. Jedná se o součástky, které se při sestavování forem opakují, ale vyrábí si je sama firma, nebo se objednávají dle potřeb zákazníka a dle katalogů dodavatelů.

V případě naší formy se jedná především o čepy, které středí oba bloky při uzavírání formy. Ty jsou tepelně zpracovány a vyráběny na soustruhu s různými průměry dle jednotlivých forem.



Obr. 6.6 Středící čepy.

Další součásti, použité u jiných typů forem jsou například zámky dna, trubky vody, pneumatické válce a jiné.

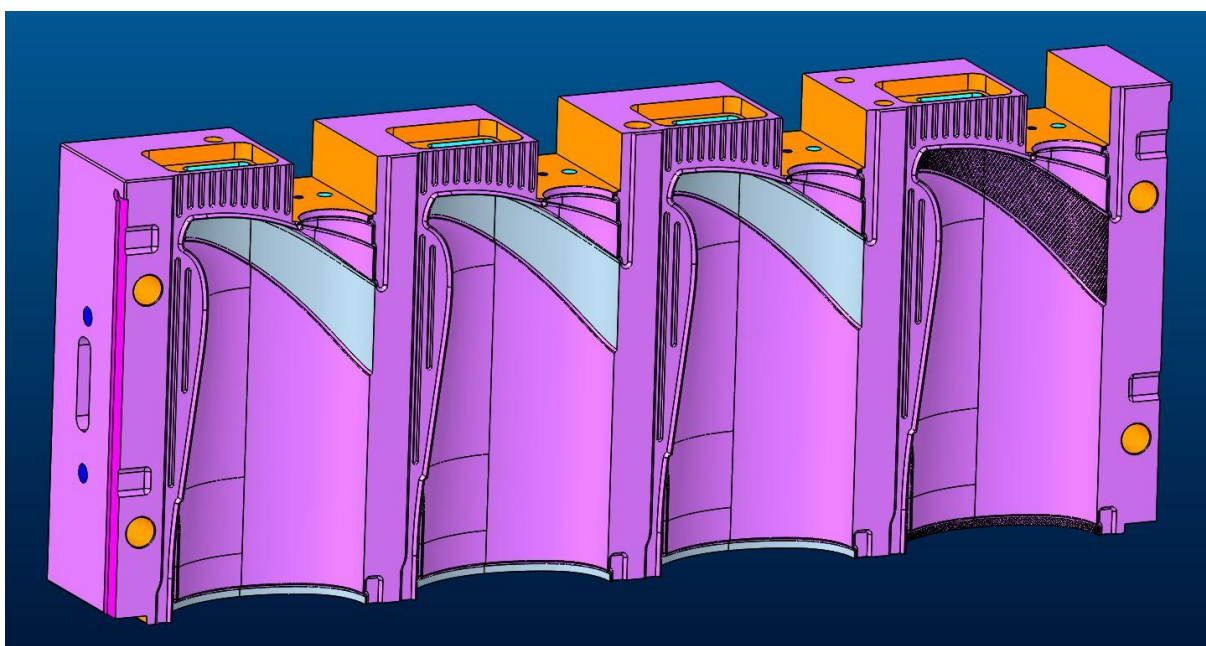


## 7 ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIČNOSTI ZVOLENÉ ČÁSTI FORMY

V této kapitole si přiblížíme vybranou část formy a bude popsána její tvarová složitost, geometrie a jakost povrchu.

### 7.1 POPIS VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

Název zvolené části formy je přední, nebo zadní blok, oba bloky jsou stejné, jen zrcadlově otočené. Jedná se o tvarově nejsložitější část formy. Souhrn jednotlivých úkonů by měl být seřazen tak, aby součást byla vyrobitelná co nejekonomičtěji, v co nejkratším čase a za použití vhodných technologií, nástrojů a v požadované kvalitě a užitných vlastností formy. Materiál bloku je EN AW 7022.



Obr.7.1 Model bloku formy.

### 7.2 TVAROVÁ SLOŽITOST, POPIS GEOMETRIE A JAKOSTI POVRCHU

Na bloku se nachází mnoho tvarových prvků, v tomhle případě mluvíme o dutině, která obsahuje zejména velké množství zaoblených ploch. Dutina je také broušena, aby byly vyhlazeny stopy od frézování a následně pískována. Výsledný tvar dutiny vyplývá z designových požadavků zákazníka.

Další jsou rozměrově přesné prvky jako vybrání pro sekací a závitová víčka, rozteče pro kolíky nebo díry pro nalisování čepů, na kterých jsou oba bloky usazeny přesně proti sobě. Všechny tyto tolerované rozměry mají vyšší nároky také na jakost povrchu. Důležité je také dodržet rovnoběžnost a rovinnost ploch, protože téměř ze všech stran musí přesně navazovat další díly formy. Drsnosti povrchu jsou předepisovány standardně přímo ve výrobním výkresu, případně další úpravy jsou předepsány nad popisovým polem.



## 8 VÝROBNÍ PODMÍNKY

V následující kapitole si zobrazíme rozdíly mezi původní a navrhovanou metodou výroby bloku formy. Přiblížíme si konkrétní operace na obráběcím centru a popíšeme stroje, nástroje a měřidla použitá při výrobě bloku.

### 8.1 PRACOVNÍ POSTUP PŘI PŮVODNÍ VÝROBĚ

Tab. 8.1 Popis původního pracovního postupu.

Číslo operace	Místo operace	Popis operace
1.	Centrum	Ze strany F frézuje pomocné vybrání pro upnutí do svěráku
2.	Centrum	Upnuto do svěráku hrubuje dutinu a vybrání pro víčka s přídávkem 1mm, celkovou délku na 600mm, šířku na 240,7 dle programu
3.	Centrum	Vrtá a frézuje ze strany E, dle programu
4.	Centrum	Vrtá a frézuje ze strany F, dle programu
5.	Centrum	Vrtá a frézuje ze strany B, dle programu
6.	Centrum	Vrtá a frézuje ze strany A, dle programu
7.	Centrum	Upnuto na stole frézuje sílu na 80,3mm
8.	Bruska na plocho	Brousí sílu na 80,15mm. 0,15 je přídavek na dělicí rovině
9.	Centrum	Frézuje najížděcí plošky 1 a 2, znovu najíždí, šlichtuje dutinu, 4xØ16H7 pro čepy
10.	Centrum	Bloky společně na pomocných čepech ze strany A, délku na 240,2, frézuje vybrání 560mm, vrtá a frézuje dle programu
11.	Centrum	Bloky společně na pomocných čepech ze strany B, 4x vybrání pro víčko, vrtá a frézuje dle programu
12.	Centrum	Vrtá a frézuje ze strany C dle programu
13.	Nástrojář	Dovrtá, ucpe vodu, namontuje víčka hrdla a panel dna
14.	Leštění	Připraví tvar na pískování a napojí hrany
15.	Nástrojář	Pískuje korundem 60
16.	Centrum	Frézuje přetokové kapsy a dezén dle programu
17.	Bruska na plocho	Brousí sílu na 80+0,05mm
18.	Nástrojář	Smontuje, odzkouší na vodu, vyostří, dokončí

## 8.2 NÁVRH POSTUPU PŘI POUŽITÍ NOVÉ TECHNOLOGIE

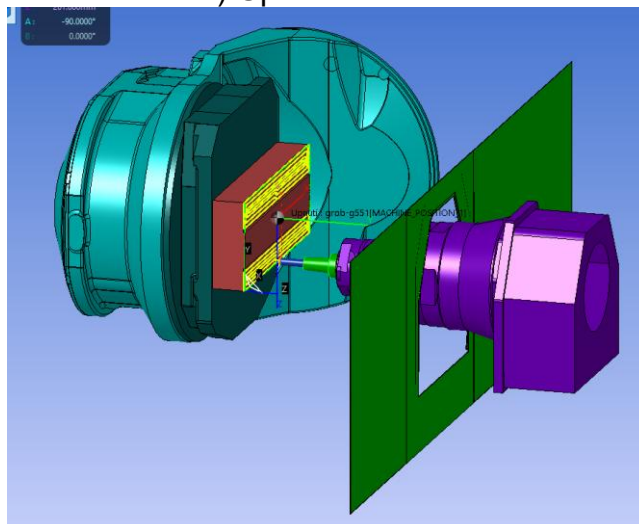
Tab. 8.2 Návrh nového pracovního postupu.

Číslo operace	Místo operace	Popis operace
1.	Grob	Ze strany F frézuje pomocné vybrání pro upnutí do svěráku
2.	Grob	Upnuto do svěráku hrubuje dutinu a vybrání pro víčka s přídávkem 1mm, celkovou délku na 600mm, šířku na 240,7 dle programu s přídávkem 0,5mm na straně A,B,D,E,F. Vrtá a frézuje ze strany A a B jen chlazení. Frézuje rozměr 600mm, vrtá a frézuje stranu E a F dle programu na hotovo.
3.	Grob	Přerovná ze strany C sílu na 80,3, vrtá a frézuje dle programu
4.	Nástrojář	Ucpe chlazení
5.	Bruska na plocho	Brousí na rozměr 80,15mm, přídavek 0,15 na dělicí rovině
6.	Grob	Vrtá a frézuje ze strany C na hotovo dle programu
7.	Grob	Ze strany D frézuje najížděcí plošky 1 a 2, šlichtuje dutinu, 4xØ16H7.
8.	Grob	Bloky společně na pomocných čepech ze strany A, délku na 240,2, frézuje vybrání 560mm, vrtá a frézuje dle programu na hotovo
9.	Grob	Bloky společně na pomocných čepech ze strany B, 4x vybrání pro víčko 48H7, vrtá a frézuje, závituje dle programu
10.	Leštění	Připraví tvar na pískování a napojí hrany
11.	Nástrojář	Smontuje spolu se dny, namontuje závitové víčka, pískuje korundem 60
12.	DMU	Frézuje přetokové kapsy a dezén dle programu
13.	Bruska na plocho	Brousí sílu 80+0,05mm
13.	Nástrojář	Vyčistí, smontuje, odzkouší na vodu, vyostří

## 8.3 ZKRÁCENÝ POSTUP VÝROBY NA OBRÁBĚCÍM CENTRU GROB 550

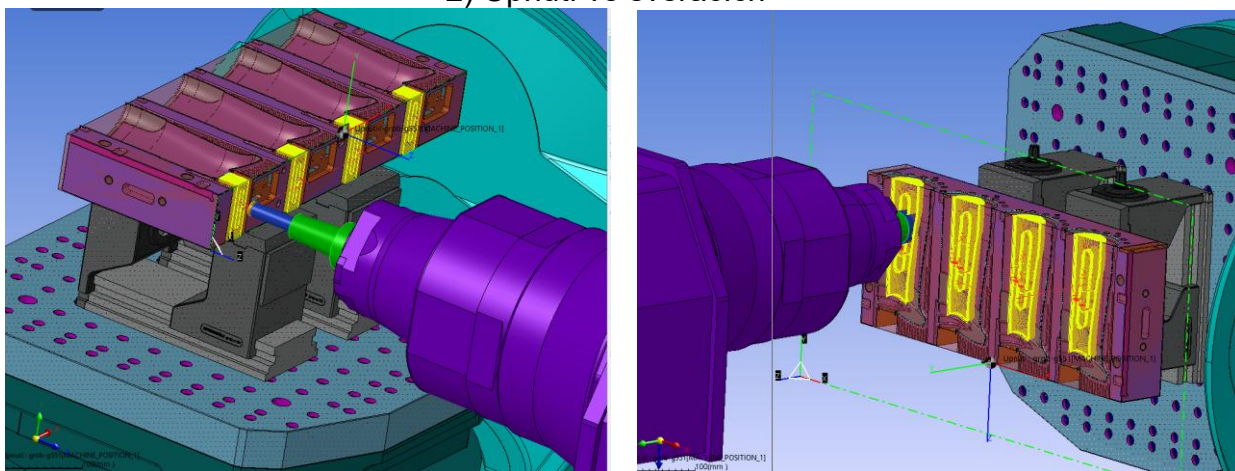
V podkapitole 8.3 si přiblížíme stručný obrázkový postup výroby na stroji Grob 550, který umožňuje víceosé naklápění a natáčení svěráku, tudíž lze zároveň frézovat z více stran.

### 1) Upnutí na stole

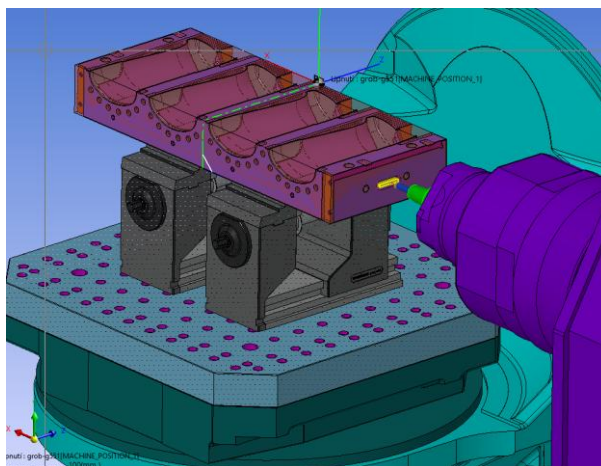


Obr. 8.1 Frézování pomocného vybrání.

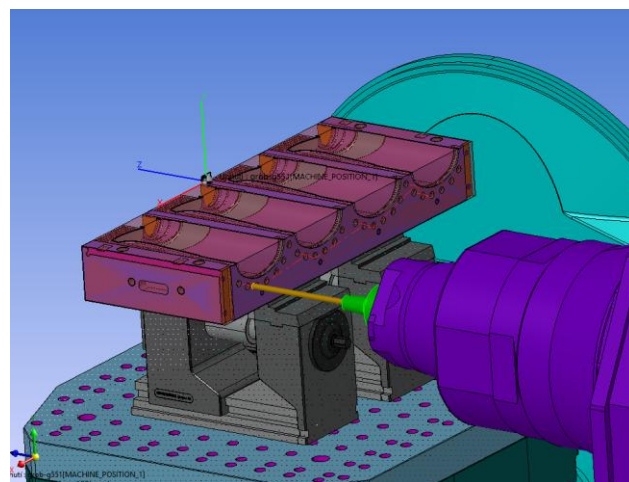
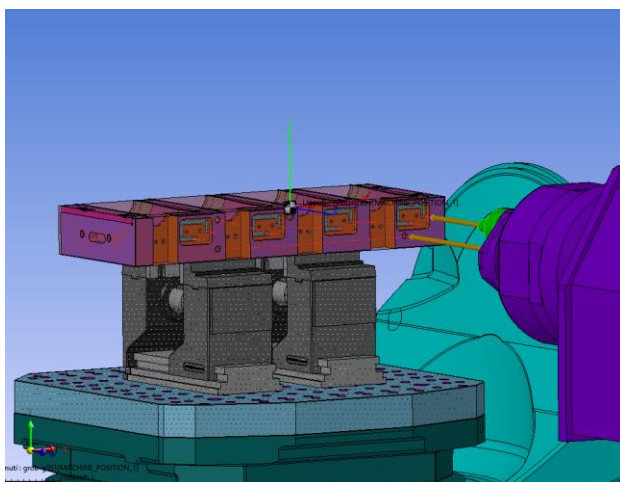
### 2) Upnutí ve svěracích



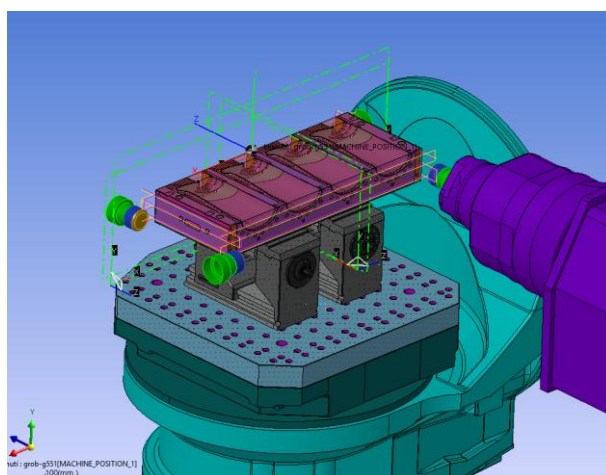
Obr. 8.2 a 8.3 Hrubování vybrání na víčka a dutiny.



Obr. 8.4 Frézování a vrtání obou bočních stran.



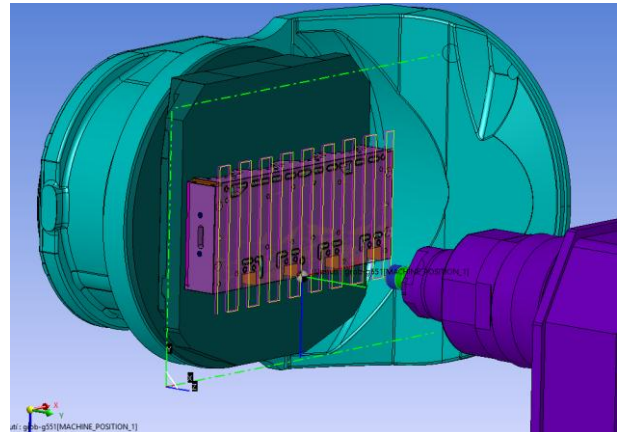
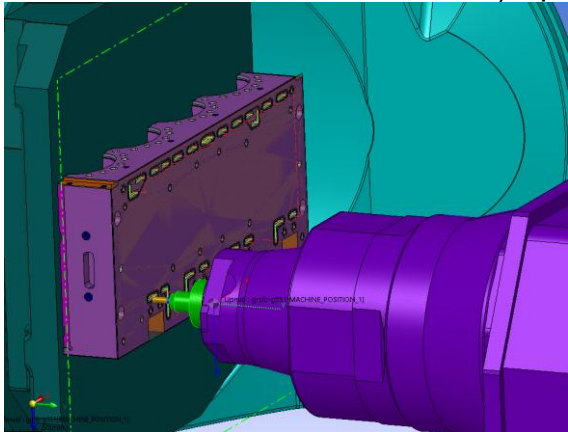
Obr. 8.5 a 8.6 Vrtání chlazení ze spodní a z horní strany.



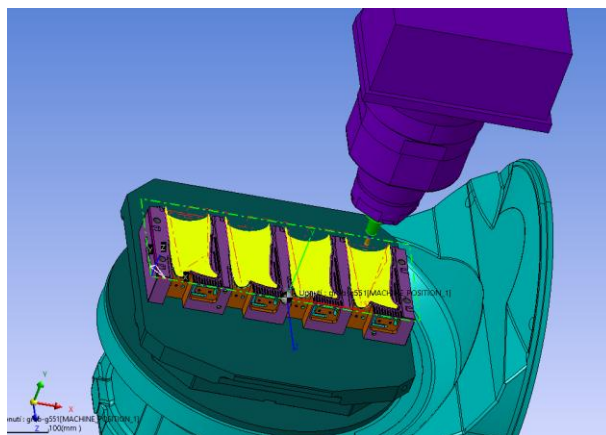
Obr. 8.7 Dokončení celkových rozměrů.



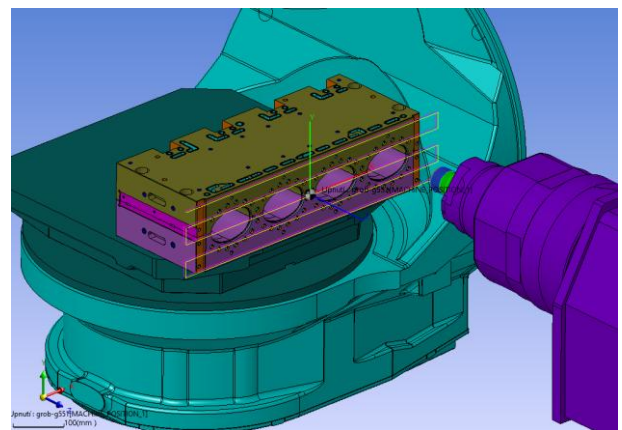
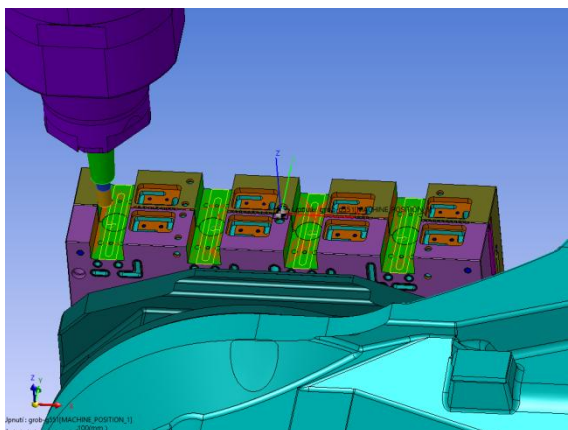
### 3) Upnutí na stole



Obr. 8.8 a 8.9 Frézování drážek pro vodu a "o" kroužky a přerovnání plochy.



Obr. 8.10 Šlichtování dutiny.



Obr. 8.11 a 8.12 Dokončení vybrání pro víčka a zarovnání čel s bloky usazenými na sebe.

## 8.4 POUŽITÉ STROJE

### 8.4.1 GROB 550



Obr. 8.10 Univerzální obráběcí centrum Grob 550<sup>(15)</sup>.

Tab. 8.3 Parametry a hodnoty Grob 550<sup>(15)</sup>.

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Pojezdy X/Y/Z	800/1020/1020 mm
Rychlost pojezdu X/Y/Z	65/50/80 m/min
Průměr stolu/rozměr palety	770/630x630 mm
Max. otáčky vřetena	9000-30000 ot/min
Řídicí systém	Siemens 840D sl, Heidenhain iTNC530, Fanuc 30i-B, Bosch MTX



## 8.4.2 DMU 100



Obr. 8.11 Univerzální CNC frézka DMU 100<sup>(16)</sup>.

Tab. 8.4 Parametry a hodnoty DMU 100<sup>(16)</sup>.

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Pojezdy X/Y/Z	1150/710/710 mm
Rychlost pojezdu X/Y/Z	30/30/30 m/min
Upínací plocha	1500x800 mm
Max. otáčky včetně	24 000 ot/min
Řídící systém	Heidenhain iTNC530
Maximální zatížení	800 kg

### 8.4.3 BSG 50100AHD



Obr. 8.12 Rovinná bruska BSG 50100 AHD<sup>(17)</sup>.

Tab. 8.5 Parametry a hodnoty BSG 50100 AHD<sup>(18)</sup>.

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Pojezdy X/Y	1150/560 mm
Rychlost pojezdu X/Y	30/30/30 m/min
Magnetická upínací plocha	1100x500 mm
Max. otáčky vřetena	1450 ot/min
Brusný koutouč	350x50x127 mm
Maximální zatížení	700 kg

## 8.5 POUŽITÉ NÁSTROJE

Zde si uvedeme výčet výrobců nástrojů, které jsou k obrobení bloku potřeba, jedná se o celou škálu nástrojů monolitních i s VBD od nástrčných fréz, přes stopkové a tvarové frézy, HSS vrtáky, monolitní karbidové vrtáky až po závitníky regionálních výrobců.

Jedná se o výrobce:

Dijet, Fraisa, Pokolm, Industrial (H+H), Gühring, Narex



Obr. 8.13 Tvarové frézy firmy Dijet<sup>(19)</sup>.

## 8.6 POUŽITÁ MĚŘIDLA

Během výroby se samozřejmě průběžně provádí kontrola rozměrů. Největší rozměry jsou kontrolovány sondou upnutou ve vřetenu stroje. Další rozměry se měří klasickými měřidly, jako digitální posuvné měřítko, třmenový mikrometr, dutinový mikrometr a hloubkoměr od výrobců Somet, Mitutoyo, Mahr, Unimetra a další.



Obr. 8.14 Třmenový mikrometr firmy Somet<sup>(20)</sup>.

## 9 POROVNÁNÍ ROZDÍLŮ PŘI POUŽITÍ NOVÉ TECHNOLOGIE

Nový návrh výrobního postupu se liší především použitím obráběcího centra GROB 550, kde lze upnout obrobek do vysokého svěráku při zachování dostatečné tuhosti a obrábění 5 stran zároveň díky koncepci stroje, což vedlo k nespornému ušetření času, který by obsluha vynaložila k častému upínání a vyrovnávání obrobku. Při předchozím postupu se většinou nedalo dostat kolem upínací plochy k obrobku. Další nespornou výhodou je použití hlubokého vrtání s výplachem, což umožnilo další zkrácení obráběcího času.

V následující tabulce si porovnáme skutečné časy z výroby 4 kusů bloku v porovnání s novým návrhem technologie popsáním v kapitole 8.2. Zaměříme se jen na frézovací operace, které nahradilo obráběcí centrum, jelikož pro ostatní pracoviště se postup víceméně nemění.

Ve spolupráci s programátory jsme vytvořili program, z kterého jsme získali teoretický čas obrábění a pro přibližnou hodnotu přípravného času jsem využil poznatků z výroby podobných dílů a od obsluhy obráběcího centra.

Celkový čas z původního postupu jsem získal z archivovaných záznamů a časů v nich doplněných jednotlivými pracovníky, kteří pracovali na daném bloku.

Tab9.1 Porovnání rozdílů celkových časů obrábění.

	<b>Původní postup</b>	<b>Nový návrh nahrazující operace 2-7 a 9-11 z původního postupu</b>	<b>Rozdíl</b>
<b>časový údaj</b>	<b>čas [hod]</b>	<b>čas [hod]</b>	<b>čas [hod]</b>
<b>čas obrábění z programu</b>	-	50:44:00	-
<b>přípravný čas</b>	-	30:00:00	-
<b>celkem</b>	111:00:00	80:44:00	<b>30:16:00</b>

## 10 ZÁVĚR

Bakalářská práce obsahuje představení výrobku vyráběného v dané formě metodou vyfukování. Jsou zde popsány materiály k tomuto účelu používané nejčastěji, jejich vlastnosti a složení. Dále je v práci popsána samotná tvářecí forma a její použití pro vyfukování plastových vylisků a představeny materiály z nichž jsou vyrobeny díly forem vyrobeny.

Práce obsahuje také základní principy a charakteristiky frézování a následně charakteristiku pětiosého frézování.

Dále je popsán postup návrhu formy v konstrukci. U programátorů vznikají dále programy podle jednotlivých modelů, které z konstrukce vychází. Je zpracována výkresová dokumentace a forma zadána do výroby. Po dokončení všech dílů se forma skládá dohromady a zkouší se těsnost chladícího okruhu, následně forma předána k expedici, převážně v dřevěných bednách nebo na dřevěných paletách.

V další části práce byla zhodnocena technologičnost konkrétního dílu formy - předního nebo zadního bloku. Dalo by se říct, že blok formy je tvarově náročná součást.

Cílem mé bakalářské práce bylo posouzení stávajícího postupu vytvoření návrhu na zefektivnění výroby bloku formy. Je popsán stávající postup a návrh nového postupu v jednotlivých tabulkách za použití zmíněných strojů, nástrojů a měřidel.

V poslední části je zhodnocena efektivita použití nové technologie, obráběcího centra GROB 550, které je již ve firmě k dispozici. Jak vyplývá z tabulky v kapitole devět, jedná se o docela podstatný časový rozdíl - 30 hodin a 16 minut, který zkrátí obrábění o více jak čtvrtinu času, konkrétně o 27,3%. Na jednom kusu to dělá 7 hodin a 34 minut. Tento návrh bude dále zhodnocen, aplikován a zjistí se, o kolik efektivní ve skutečnosti bude.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. VBF s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.vbf.cz>
2. SOVA, Miloš a Josef KREBS. *Termoplasty v praxi*. Praha: Dashöfer, 1999. ISBN 80-86229-15-7.
3. Technická univerzita Liberec [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/07.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/07.htm)
4. VOESTALPINE HIGH PERFORMANCE METALS CZ S.R.O. [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [http://www.bohler.cz/media/oceli\\_Bohler.pdf](http://www.bohler.cz/media/oceli_Bohler.pdf)
5. Primapol-Metal-Spot s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.primapol.cz/produkty/hlinik/>
6. Digitální knihovna Univerzity Pardubice [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/54209/KovandaK\\_ZmenaMechanick%C3%BDch\\_2013.pdf?sequence=1](http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/54209/KovandaK_ZmenaMechanick%C3%BDch_2013.pdf?sequence=1)
7. FOREJT, M. a M. PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. *Programování v 5 osách-polohování* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.frezovani-5os.cz/5-os-polohovani/>
9. *Programování v 5 osách-souvisle* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.frezovani-5os.cz/5-os-souvisle/>
10. *Technologie vstříkovaní* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
11. ARKOV, spol. s r.o. [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.arkov.cz/p/din-912-8x25-8-8-sroub-s-valcovou-hlavou-a-vnitrim-sestihranem-imbus-pevnostni-cerny---118043>
12. GMS Velkoobchod, s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.gms.cz/cz/vyrobek/31170-standard-ag-o>
13. Mateza spol. s r.o. [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.mateza.cz/e-shop/valcovy-kaleny-kolik-4m6-x-24-din-6325>
14. VK LOŽISKA s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.vkloziska.cz/o-krouzky>
15. IMTOS, spol. s r.o. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://imtos.cz/produkty/obrabeni/grob-werke-gmbh-co-kg/g550.htm>



16. STROJCAR s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z:  
<https://www.strojcar.cz/cs/technicke-vybaveni/cnc-frezka-dmu-100-monoblock>
17. Heureka Shopping s.r.o. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z:  
<https://brusky.heureka.cz/bernardo-bsg-50100-ahd/#ng:0d62ec483e5f7caf0d5a89e674a19a34>
18. Metallschleiferei Spiller [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://metall-polish.de/shop/50100-p-28017.html>
19. Dijet Incorporated [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z:  
<http://www.dijetusa.com/>
20. SOMEX servis spol. s r.o. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z:  
<http://somex.cz/mikrometry/trmenovy-mikrometr-somet.html>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
PP	-	Polypropylén
PE-LD	-	Nízkohustotní polyethylén
PE-HD	-	Vysokohustotní polyethylén
EN	-	Evropská norma
ČSN	-	Česká technická norma
CNC	-	Computer numeric control - číslicové řízení počítačem
CAD	-	Computer Aided Design - počítačem podporované navrhování
CAM	-	Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná výroba
HRC	-	Tvrдость dle Rockwella
HB	-	Tvrдость dle Brinella
HSS	-	High Speed Steel - rychlořezná ocel
VBD	-	Vyměnitelná břitová destička

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Seznam dílů celé formy
- Příloha 2 Výrobní výkres bloku
- Příloha 3 Výkres sestavy formy

