



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH VÝROBY FORMY PRO VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

PRODUCTION CONCEPT OF INJECTION MOULDS FOR PLASTICS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Hrdlička

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Martin Hrdlička**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.**  
Akademický rok: 2017/18

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 výroby formy pro vstřikování plastů

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce se bude zabývat návrhem a výrobou formy pro vstřikování plastů. Práce bude rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část bude obsahovat charakteristiku technologií obrábění z pohledu strojního parku ve společnosti Gamartis s.r.o. a rozbor jednotlivých dílů vstřikovací formy, včetně volby vstřikovacího lisu. Experimentální část se bude zabývat výrobou jednotlivých dílů formy s využitím technologií třískového obrábění. Práce bude ukončena technicko-ekonomickým zhodnocením včetně rozboru navrženého řešení.

#### Cíle bakalářské práce:

1. Charakteristika technologií obrábění z pohledu strojního parku ve společnosti Gamartis s.r.o.
2. Teoretická část (charakteristika procesu vstřikování plastů, rozbor dílů formy)
3. Experimentální část (návrh a výroba dílů formy)
4. Technicko-ekonomické zhodnocení

#### Seznam doporučené literatury:

PÍŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2009. 246 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

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

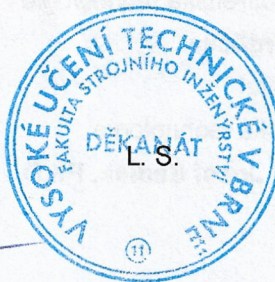
Příručka obrábění-kniha pro praktiky. Přel. KUDELA, M. AB Sandvik Coromant. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.

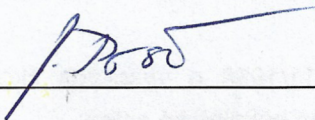


KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.

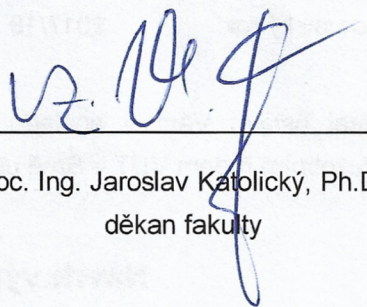
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 27. 10. 2017





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu



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

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce, vypracovaná v průběhu studia B-STG Strojírenská technologie, je zaměřena na návrh výroby vstřikovací formy pro plastové díly. Zahrnuje popis technologie vstřikování a funkce jednotlivých dílů vstřikovací formy. Dále rozebírá návrh výroby, který obsahuje postup výroby a vyhotovené operační návody. Závěr práce je věnován technicko-ekonomickému zhodnocení návrhu.

**Klíčová slova**

vstřikování, vstřikovací forma, výroba, obrábění, náklady

**ABSTRACT**

The Bachelor's thesis, written during the study of B-STG Manufacturing Technology, is focused on the production concept of injection mould for plastic components. It includes a description of the technology of injection moulding and the function of the individual parts of the injection mould. Further it analyses the production concept that contains the production process steps and the operating instructions. The conclusion of the thesis is devoted to the technical and economic evaluation of the concept.

**Key words**

injection moulding, injection mould, production, machining, costs

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HRDLIČKA, Martin. Návrh výroby formy pro vstřikování plastů. Brno 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 67 s., 5 příloh. doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.



## PROHLÁŠENÍ

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

22.5.2018

-----  
Datum

-----  
Martin Hrdlička

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu doc. Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě Gamartis Trade s.r.o. za poskytnutí cenných informací a spolupráci.

Za odbornou konzultaci v oblasti technologie vstřikování děkuji panu Ing. Bohumilu Kandusovi z Ústavu strojírenské technologie.



**OBSAH**

ABSTRAKT .....	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ.....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	8
1 SPOLEČNOST GAMARTIS TRADE S.R.O. ....	9
1.1 Strojní park .....	9
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	11
2.1 Vstřikovací stroj.....	13
2.1.1 Volba vstřikovacího stroje .....	14
2.2 Příprava ke vstřikování .....	15
2.2.1 Sušení materiálu.....	15
2.2.2 Upnutí nástroje.....	17
2.2.3 Temperace nástroje .....	17
2.3 Vstřikovací cyklus .....	17
2.3.1 Dávkování a plastifikace.....	18
2.3.2 Vstřikování taveniny .....	18
2.3.3 Dotlaková fáze .....	20
2.3.4 Ochlazení výstřiku .....	20
2.3.5 Vyhození výstřiku.....	21
2.4 Ukončení vstřikování .....	21
3 ROZBOR DÍLŮ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	23
3.1 Zakázkové díly.....	24
3.2 Normalizované díly.....	29
3.2.1 Vodicí a středící prvky .....	29
3.2.2 Popisové vložky .....	31
3.2.3 Součásti temperačního systému .....	31
3.3 Studené vtokové systémy.....	32
3.3.1 Vtokové vložky .....	32
3.3.2 Rozváděcí kanály .....	33
3.3.3 Ústí vtoku.....	33

3.4	Horké vtokové systémy .....	37
4	NÁVRH VÝROBY DÍLŮ VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	38
4.1	Nástrojový list.....	40
4.2	Materiál dílů.....	43
4.3	Vlastní výroba vstřikovací formy .....	43
4.3.1	Hrubování tvarových vložek.....	44
4.3.2	Kalení tvarových dílů.....	46
4.3.3	Frézování a vrtání na hotovo .....	46
4.3.4	Elektroerozivní obrábění.....	49
5	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	52
5.1	Technické zhodnocení .....	52
5.2	Ekonomické zhodnocení.....	57
	ZAVĚR .....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67



## ÚVOD

S plastovými výrobky se dnes lze setkat zcela běžně, z toho je patrné, že výroba plastových dílců pronikla do téměř všech průmyslových odvětví. Největší uplatnění nachází potom v automobilovém a leteckém průmyslu. Schválený koncept např. nového automobilu vyžaduje většinou úplně nové plastové součásti, které často bývají tvořeny pomocí technologie vstřikování. Takové plastové dílce vyžadují ke své výrobě zcela nové nástroje (vstřikovací formy).

S rostoucím počtem aplikací plastových dílů rostou i nároky na výrobu vstřikovacích forem. V dnešní době lze vytvořit díly s povrchem zrcadlového lesku nebo různého dezénu. Tyto možnosti zpřístupnila efektivní výroba, která zahrnuje vedle konvenčních i nekonvenční metody obrábění.

S nárůstem objemu výroby vstřikovacích forem přibývali i specializovaní dodavatelé kvalitních polotovarů a normálií, což z výroby forem udělalo stovebnicový systém. Stejně jako počet dodavatelů narostl i počet softwarů zabírajících se návrhem a výrobou forem. Velkým přínosem do výroby se stala možnost použití vstřikovacích simulací. Ty radikálně zmenšily počet potřebných zkoušek k modifikacím výstřiku plastového dílce.

Bakalářská práce tvoří přehled o technologii vstřikování a vstřikovací formě. Praktická část práce byla řešena ve spolupráci s firmou Gamartis Trade s.r.o. a obsahuje návrh výroby vstřikovací formy pro plastový dílec, jehož materiálem je Domamid. Dílcem je zásuvný modul pro elektrotechniku v automobilu.

## 1 SPOLEČNOST GAMARTIS TRADE S.R.O.

Společnost se zaměřuje převážně na malosériovou a kusovou výrobu. Jedná se o výrobu vstříkovacích forem pro plastové součásti. Hlavními produkty jsou:

- vstříkovací formy pro složité technické dílce, pohledové součásti určené pro interiér a světlometry vozidel,
- více komponentní vstříkovací formy,
- speciální vstříkovací formy pracující za vysokých provozních teplot,
- prototypové vstříkovací formy.

### 1.1 Strojní park

Pro výrobu výše uvedených produktů společnost disponuje stroji pro konvenční i nekonvenční technologie obrábění. Jejich základní parametry jsou vypsány v následující tab. 1.

Tab. 1 Parametry strojního parku.

CNC Frézky					
Název	Rozměry pracovního stolu	Pojezdy v osách X; Y; Z	Maximální otáčky	Operační systém	Přesnost
	[mm]	[mm]	[1/min]		[mm]
Mikron VCE 1200 Pro	1 200 x 650	1 200 x 600 x 675	12 000	Heidenhain iTNC 530	0,010
DMU 105V Linear	1 200 x 800	1 000 x 800 x 560	30 000	Heidenhain iTNC 530	0,010
Centech XH700	820 x 600	700 x 500 x 400	24 000	Heidenhain iTNC 530	0,005
Cutting GraphiteMill CT-600	650 x 500	600 x 500 x 500	25 000	Fagor 8055 Power	0,005
Stroje pro elektroerozivní obrábění					
Název	Rozměry pracovního stolu	Pojezdy v osách X; Y; Z	Operační systém	Přesnost	
	[mm]	[mm]		[mm]	
Hloubička Oscarmax S500, osa C EROWA	750 x 450	500 x 400 x 450	ITRI	0,010	
Drátořez Accutex AL 500SA	750 x 450	500 x 350 x 300	Accutex	0,005	
Drátořez Oscarmax SD350 ZNC plus	600 x 300	350 x 300 x 350	-	0,010	



## Ostatní stroje

3D souřadnicové měřicí centrum Aberlink Axiom too HS 900 CNC	Rozměry pracovního stolu		Pojezdy v osách X; Y; Z		Klimatizovaná laboratoř vybavená měřicím centrem s dvouosou CNC hlavou PH10M, operační systém: MARK 4, měření RPS bodů vycházejících z 3D dat.	
	[mm]		[mm]			
	1 200 x 640		900 x 640 x 500			
Soustruh SV18 – 1000	Vzdálenost mezi hroty		Oběžný průměr nad ložem		Oběžný průměr nad suportem	Výkon hlavního elektromotoru
	[mm]		[mm]		[mm]	[kW]
	1 000		380		215	6
Frézka F 1	Rozměry pracovního stolu		Pojezdy v osách X; Y; Z		Maximální otáčky	Výkon hlavního elektromotoru
	[mm]		[mm]		[1/min]	[kW]
	500 x 300		400 x 250 x 250		1 230	4,5
BPH ELB SWB 6 VA-I	Rozměry pracovního stolu		Magnetický prostor pro upínání		Rozměry brousícího kotouče	
	[mm]		[mm]		[mm]	
	840 x 350		500 x 350		300 x 50 x 76	
Vrtačka VR4	Rozměry pracovního stolu		Maximální otáčky	Kůžel ve vřetenu		Výkon hlavního elektromotoru
	[mm]		[min]			[kW]
	900 x 1 475		2 500	Morse 4		4
Pásová pila Proma PPK -175	Řezání pod úhly	Maximální řezná rychlost	Rozměry pásu	Maximální rozměr obrobku při 90°	Maximální rozměr obrobku při 45°	
		[m/min]	[mm]	[mm]	[mm]	
	90° / 45°	51	1 640 x 13 x 0,6	110 x 150	68 x 110	

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Jedna z možných metod zpracování kompozitů a plastů je technologie vstřikování. Pomocí vstřikovací jednotky, která je součástí vstřikovacího stroje, se zpracováváný materiál vstřikuje do nástroje, kde ztuhnutím vzniká finální výrobek nebo polotovár určený pro další zpracování. Škála hmotností výstřiků je poměrně široká. Od výstřiků vážících několik kilogramů se mohou vstřikovat i výstřiky s hmotností setin gramů [1, 2].

Samotné vstřikování probíhá ve vstřikovací stroji a jeho komponentech pomocí vstřikovací formy. Rozměr dutiny vstřikovací formy je obroben s přidavkem kompenzujícím smrštění [3].

Z tab. 2 je patrná technologická výhodnost procesu vstřikování při použití vybraných typů materiálů oproti porovnávaným technologiím, kdy pouze technologie vytlačování umožňuje zpracování stejných porovnávaných materiálů.

Tab. 2 Srovnání použitelnosti materiálů ve vybraných technologiích [2].

Vybrané materiály	Technologie			
	Vstřikování	Vytlačování	Vyfukování	Tvarování
ABS	ano	ano	ne	ano
PA	ano	ano	ne	ne
PC	ano	ano	ano	ano
PE-HD	ano	ano	ano	ne
PE-LD	ano	ano	ano	ne
PMMA	ano	ano	ne	ano
POM	ano	ano	ano	ne
PP	ano	ano	ano	ano
PS	ano	ano	ano	ano
PVC-P	ano	ano	ano	ano

Tab. 3 nabízí technologické a cenové porovnání technologie vstřikování s jinými srovnatelnými technologiemi zpracování plastů a kompozitů.

Tab. 3 Srovnání zpracovatelských technologií plastů [2].

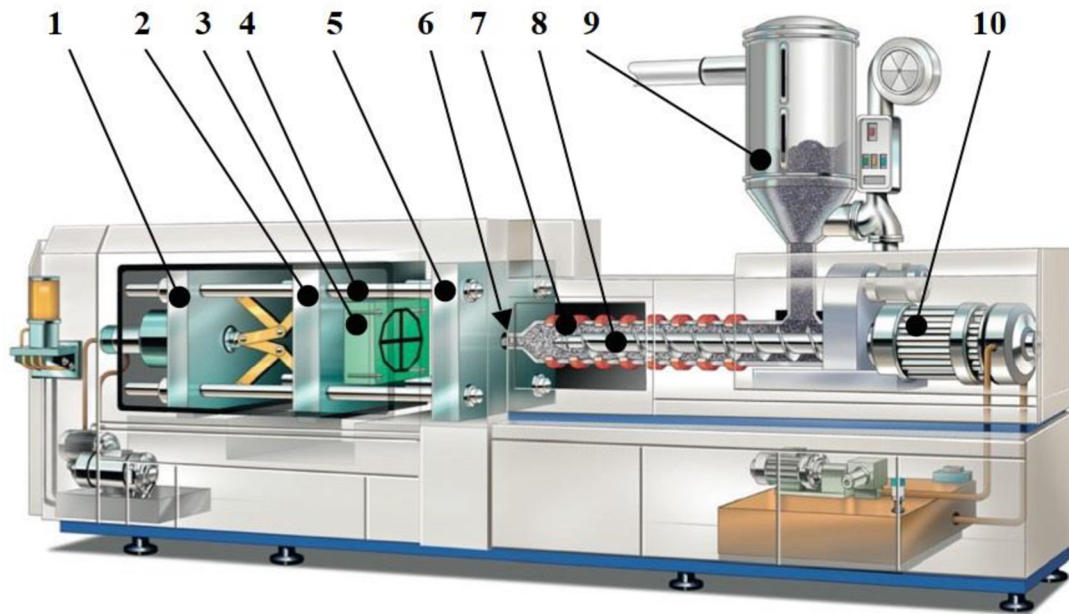
Vybrané parametry	Technologie			
	Vstřikování	Vytlačování	Vyfukování	Tvarování
Cena zařízení	vysoká	vysoká	vysoká	střední
Cena nástroje	vysoká	střední	střední	nízká
Přesnost	vysoká	vysoká	střední	nízká
Doba výrobního cyklu	< 1 min	nepřetržitá	< 1 min	1 až 3 min
Průchozí otvory	ano	ne	ne	ne
Neprůchozí otvory	ano	ne	ano	ano
Vložky	ano	ne	ne	ne
Složité tvary	ano	ano	ano	ne
Malé rozměry dílů	ano	ne	ne	ne
Uzavřené dutiny	ne	ne	ano	ne
Závit	ano	ne	ano	ne

Podstatnou výhodou technologie vstřikování je reprodukovatelnost výroby. Díly zhotovené touto technologií se vyznačují vysokou tvarovou i rozměrovou přesností s velmi kvalitním povrchem, krátkým výrobním cyklem či tvarovou složitostí. Naopak nevýhody technologie se promítnou ve výšce pořizovacích nákladů vstřikovacího stroje, jeho komponent i samotné vstřikovací formy. Z tohoto důvodu je technologie vstřikování vhodná především pro hromadnou a velkosériovou výrobu [1].

## 2.1 Vstřikovací stroj

Zařízení je využíváno pro zpracování polymerních materiálů nejčastěji ve formě granulí.

Obr. 1 popisuje základní části vstřikovacího stroje [4].



Obr. 1 Vstřikovací stroj [4]: 1 - uzavírací jednotka, 2 - pohyblivá upínací deska vstřikovacího stroje, 3 - pohyblivá polovina vstřikovací formy, 4 - vodící sloupky stroje, 5 - pevná upínací deska stroje, 6 – ústí trysky vstřikovací jednotky, 7 - tavicí komora, 8 - šnek, 9 - násypka, 10 - pohon vstřikovací jednotky.

Výběr správného stroje má významný vliv na kvalitu vstřikovací technologie. V dnešní době se na trhu pohybuje velké množství výrobců vstřikovacích strojů, kvalita jednotlivých strojů však není stejná a jelikož pořizovací náklady jsou vysoké, musí se výběr zařízení pečlivě zvážit [5].

Volba vstřikovacího stroje se odvíjí od vhodnosti jeho použití pro danou vstřikovací formu.

Samotný stroj musí zajistit [5]:

- dostatečnou přidržovací sílu,
- potřebné množství vstřikovací dávky,
- potřebnou světlost mezi sloupky stroje,
- vymezení prostoru pro vyhození výstřiku.



### 2.1.1 Volba vstřikovacího stroje

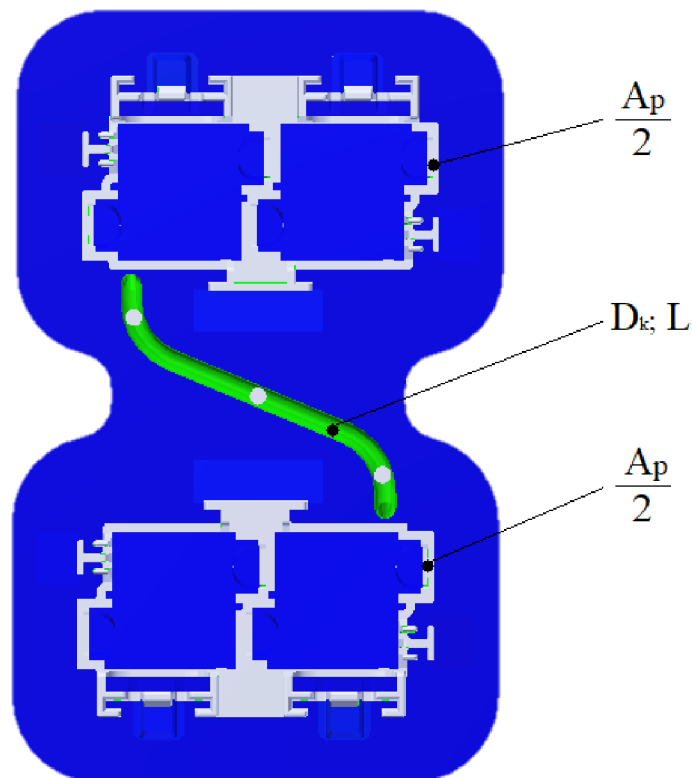
Stanovení velikosti přidržovací síly vychází z velikosti promítnuté plochy výstřiku a vtokového systému do dělicí roviny a vstřikovacího tlaku, viz vztah (1) [6]:

$$F_P \geq 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot n_T \cdot p_v \cdot (A_P + D_k \cdot L) \quad (1)$$

Jednotlivé plochy lze stanovit velmi přesně za pomoci CAD softwarů. Pro bakalářskou práci byla zvolena vstřikovací forma pro výstřik s následujícími parametry:

- $A_P = 915 \text{ mm}^2$ ,
- $D_k = 5 \text{ mm}$ ,
- $L = 50 \text{ mm}$ ,
- $p_v = 140 \text{ MPa}$  (materiál PA6–GF15),
- $n_T = 2$ ,
- objem potřebné dávky:  $43\,630 \text{ mm}^3 \doteq 44 \text{ cm}^3$ ,
- rozměry formy:  $446 \times 330 \times 396 \text{ mm}$ .

Jednotlivé parametry byly změřeny v softwaru Autodesk Inventor Professional 2018 (obr. 2) a vstřikovací tlak byl určen dle tabulky uvedené v příloze 1.



Obr. 2 Promítnutí ploch do dělicí roviny.

Po dosazení těchto parametrů do vztahu (1) byla určena potřebná přidržovací síla:

$$F_p \geq 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 140 \cdot (915 + 5 \cdot 50) = 358,82 \text{ kN} \doteq 360 \text{ kN}$$

Dle potřebných parametrů byl zvolen vstřikovací stroj od společnosti ARBURG, spol. s r.o. s označením ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION, který disponuje uzavírací (přidržovací) silou 1000 kN. Jeho další specifikace jsou uvedeny v příloze 2.

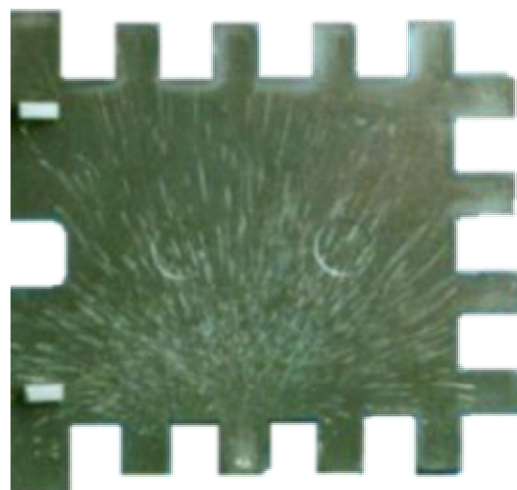
## 2.2 Příprava ke vstřikování

Samotný proces vstřikování se neobejde bez sledu akcí k jeho přípravě. Jedná se např. o dopravu vstřikovacího nástroje s jeho komponenty a materiálem do prostorů vstřikovny, sušení materiálu, odmaštění tvarových ploch, upnutí, a temperaci nástroje, popř. seřízení vstřikovacího stroje.

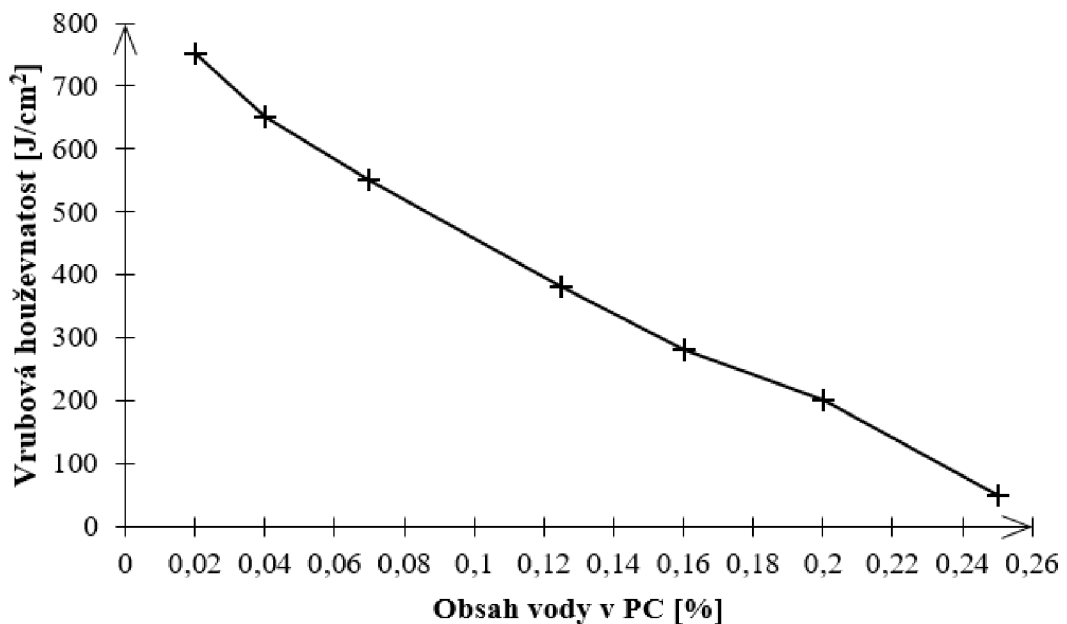
### 2.2.1 Sušení materiálu

Materiál ke vstřikování se dodává v různých typech, např. ve vícevrstvých papírových pytlech, polyethylenových pytlech nebo v cisternách. Obsah vlhkosti přímo souvisí s prostředím, ve kterém je tento materiál uskladněn. Materiál může přijímat vlhkost z okolního prostředí, což může vést ke vzniku povrchové vlhkosti [7].

Vady ve formě např. zhoršené kvality povrchu (obr. 3) či snížení mechanických vlastností (vrubové houževnatosti viz obr. 4) mohou být zapříčiněny právě překročením povoleného obsahu vody (vlhkosti) v materiálu určeného k budoucímu vstřikování [8].



Obr. 3 Povrchové vady výstřiku zapříčiněné nevysušením [9].



Obr. 4 Grafické znázornění vlivu vlhkosti v polykarbonátovém dílu na vrubovou houževnatost za použití metody Izod [8].

Zamezení vzniku vad může zajistit výběr správného materiálu nebo vysušení materiálu, ze kterého se bude dále vstříkovat. Materiály jako PE, PP nebo PS za běžných podmínek nenavlhávají při uskladnění a nevyžadují sušení [1].

Většina materiálů se ale musí před použitím sušit. Mezi efektivnější sušičky patří podtlaková sušička. Působením podtlaku lze dosáhnout vysušení vlhkého materiálu za nižších teplot, a to umožňuje výrazně snížit energetickou náročnost (až o 80 %) a dobu sušení (tab. 4) [10].

Tab. 4 Srovnání doby sušení vybraných materiálů v jednotlivých sušičkách [1, 8].

Vybrané materiály	Doporučená teplota sušení [°C]	Doba sušení suchým vzduchem [min]	Doba podtlakového sušení [min]
ABS	80 až 85	150	20
PA	80 až 85	240	20
PC	120	150	20
PMMA	80 až 90	180	30
PSU	130 až 150	180	20

### **2.2.2 Upnutí nástroje**

Podle druhu upínací síly lze upínání vstřikovací formy rozdělit na [11]:

- mechanické,
- hydraulické,
- magnetické.

#### **Mechanické upínání**

Jedná se o základní způsob upnutí vstřikovací formy do vstřikovacího stroje, při kterém se využívá upínacích desek a šroubů, popř. upínek se šrouby. Samotné vystředění je pak zajištěno středícím kroužkem pevné poloviny (viz kapitola 3.1) [12].

#### **Hydraulické upínání**

Zvýšené náklady na upínání mohou být zapříčiněny zvolením hydraulických elementů, které jsou trvale naistalovány na upínacích deskách. Využití naleznou zejména v automatických systémech výměny vstřikovací formy [11].

#### **Magnetické upínání**

Uplatnění systém nachází ve vstřikovacích strojích s uzavírací silou větších než 3 000 kN. Magnetický systém bývá volen převážně z důvodu rychlosti upínání, nejmenších nákladů na upínací časy a nulových úprav upínacích částí formy [11].

### **2.2.3 Temperace nástroje**

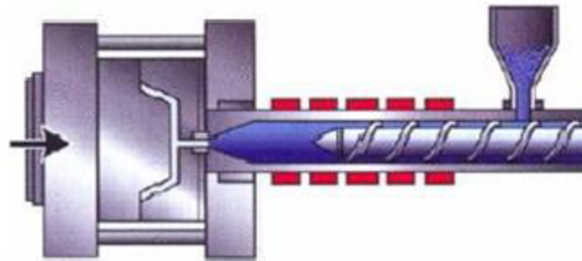
Správná teplota vstřikovací formy je zajištěna temperačním systémem. Teplota předeřtí vstřikovací formy se liší podle vstřikovaného materiálu. Rozložení temperačního systému musí zajistit rovnoměrné ochlazování vstřikovaného materiálu, aby se předešlo povrchovým vadám a deformacím z důsledku působení smrštění [13].

## **2.3 Vstřikovací cyklus**

Je technologický proces, který má přesně dané pořadí svých operací. Jelikož se jedná o cyklický proces, je nutné zajistit neproměnnost parametrů a v ideálním případě totožnou dobu operací jednotlivých cyklů. Vstřikovací cyklus se skládá ze stejných po sobě jdoucích fází. Započat je uzavřením vstřikovací formy (obr. 5) a ukončen otevřením



vstřikovací formy s odebráním výstřiku. Má za úkol roztavit materiál a následně tuto taveninu dále dopravit do dutiny formy. V této dutině je materiál následně ochlazen a po otevření formy vyhozen či vyjmut [7, 14].



Obr. 5 Uzavření vstřikovací formy [3].

### 2.3.1 Dávkování a plastifikace

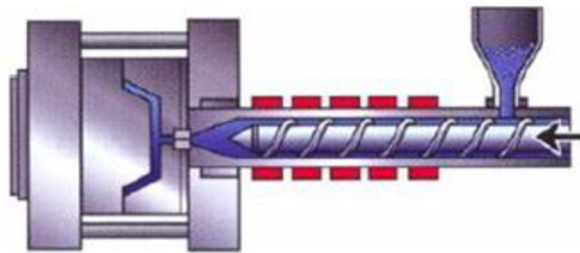
Správná dávka materiálu musí zajistit vyplnění objemu uzavřené dutiny formy, včetně přídávku na smrštění a dotlak. Přídávkem na dotlak je objem taveniny, který zůstane před čelem šneku po vystříknutí [14].

Otáčením šneku je materiál unášen z prostoru násypky do místa před čelem šneku. Při přesunu je materiál zahříván topnými tělesy a frikčním teplem, které je zapříčiněno třením mezi granulátem plastu a stěnou komory vstřikovací jednotky [14].

Hlavním účelem plastifikace je zajistit a nashromáždit dávku o stejné teplotě a viskozitě. Aby byla dávka takto homogenní musí se vyladit parametry plastikace, jako jsou např. teplota topných těles, otáčky šneku, zpětný odpor šneku, velikost vstřikovací dávky. Při nesprávných parametrech plastikace vznikne nehomogenní dávka a na výstřiku se mohou objevit vady ve formě studených spojů, horší kvality lesku, větší hodnoty vnitřního pnutí a dalších. Při nastavení větších hodnot teploty tavenina prokazuje více izotropní vlastnosti, snižuje se hodnota vnitřního pnutí, ale současně se snižuje pevnost v tahu a houževnatost [7].

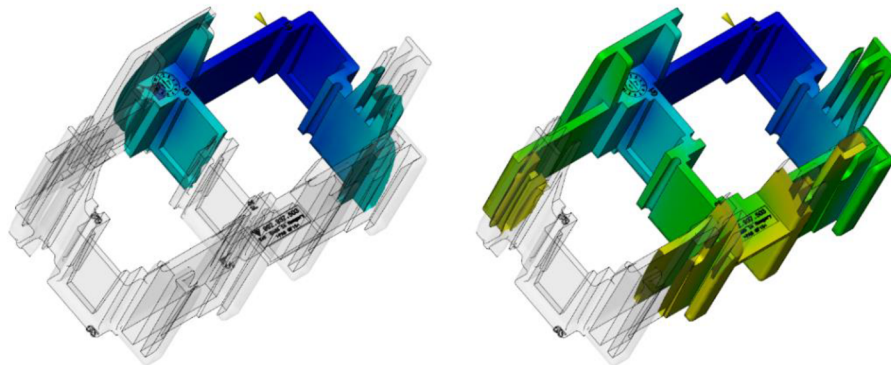
### 2.3.2 Vstřikování taveniny

Roztavený materiál se do dutiny formy dopraví pomocí šneku, který ale v tomto případě koná pouze posuvný pohyb (obr. 6) [1].



Obr. 6 Vstřikování taveniny do dutiny formy [3].

Proud taveniny by měl v ideálním případě dutinu zaplnit konstantní rychlostí. Toho lze však dosáhnout pouze u velmi jednoduchých výstřiků. U tvarově složitých výstřiků je zapotřebí užití počítačových simulací, ale i tak není zaručena konstantní rychlost plnění taveniny. Příklad počítačové simulace vstřikování je znázorněn na následujícím obr. 7 [1].



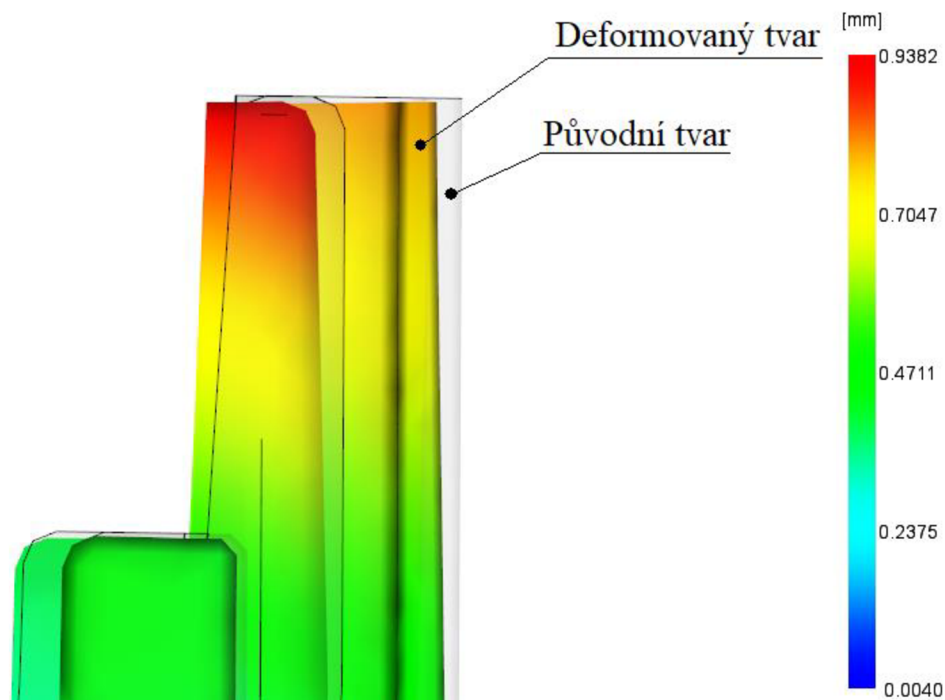
Obr. 7 Počítačová simulace vstřikování taveniny programu Autodesk Moldflow.

Rychlosti plnění, současně s teplotou taveniny, je potřeba upravit tak, aby nevznikaly povrchové vady na výstřiku. Při použití nedostatečné rychlosti plnění by tavenina, která se ochlazuje o stěnu dutiny formy, mohla ztuhnout, tím pádem by se nevyplnil celý obsah dutiny a hrozil by vznik nedostříknutého dílu [7].

Na počátku vstřikování je dutina plněna taveninou bez odporu stejnou rychlostí, ale po postupném vyplňování obsahu dutiny odpor roste a rychlost plnění klesá. Fáze vstřikování končí přepnutím vstřikovacího tlaku na dotlak. Tento proces musí být proveden co možná s nejmenší změnou tlaku. Anizotropní vlastnosti a vnitřní pnutí výstřiku jsou vyvolány pozdním přepnutím tlaků, naopak předčasné přepnutí způsobí jinou (nižší) rychlost plnění a tím i možný vznik staženin a propadlin [7].

### 2.3.3 Dotlaková fáze

Po vyplnění dutiny taveninou prudce vzroste tlak. Tento tlak je vyvolán vstřikovací jednotkou a přídavkem na dotlak. Dotlaková fáze musí zajistit výstřiku požadovaný tvar, rozměry a hmotnost. Dále jsou odstraněny deformace a nepřesnosti zapříčiněné vlivem působení smrštění (obr. 8) [7].



Obr. 8 Deformace tvaru výstřiku vlivem smrštění.

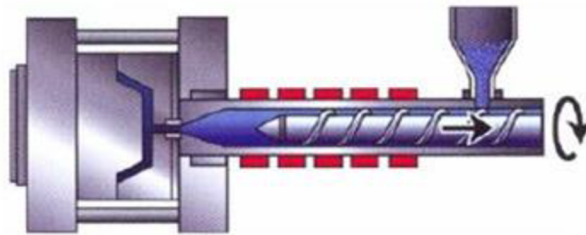
Působení dotlaku však vyvolává namáhání na dutinu formy. Při nadměrném trvání dotlaku by se dutina formy poškodila, navíc samotná činnost vstřikovací jednotky by byla neekonomická [7].

Dotlakovou fází lze kontrolovat pomocí objemu taveniny v prostoru před čelem šneku. Pokud tento objem spadá v jednotlivých cyklech do tolerančních mezí, pak lze vstřikovací cyklus opakovat [14].

### 2.3.4 Ochlazení výstřiku

Chlazení výstřiku začíná hned při plnění dutiny formy a pokračuje až do vyhození či vyjmutí výstřiku. Během fáze ochlazení se pohybem a rotací šneku plastifikuje nová dávka materiálu (obr. 9). Tato fáze zabírá ve vstřikovacím cyklu nejvíce času, který se odvíjí od druhu materiálu, teploty taveniny, ale převážně od teploty formy. Minimální doba ochlazování musí být taková, aby výstřiku zajistila nulovou deformaci a poškození při vyhození nebo

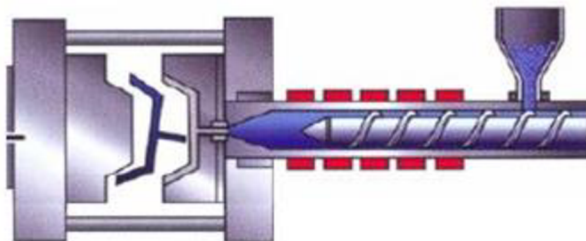
vyjmutí. Z technologického hlediska delší doba ochlazování (vyšší teplota formy) zajistí výstřiku kvalitnější povrch a lesk, menší vnitřní pnutí a izotropii. Z ekonomického hlediska je však výhodnější mít dobu ochlazení co nejkratší. Proto se musí zvolit příznivá doba pro obě hlediska [7, 14].



Obr. 9 Chlazení výstřiku se současnou plastifikací nové dávky materiálu [3].

### 2.3.5 Vyhození výstřiku

Považuje se za ukončení vstřikovacího cyklu. Vstřikovací forma se otevře po uplynutí dostatečné doby pro ochlazení výstřiku (obr. 10). Pohybem pohyblivé poloviny vstřikovací formy musí vzniknout dostatečný prostor pro odebrání výstřiku. Vystříknutý díl po otevření samovolně vypadne nebo je vyhozen z dutiny pomocí sestavy vyhazovačů. Díly s kvalitním povrchem nebo díly s obtížným vyhozením se vyjímají pomocí robotů [3].



Obr. 10 Otevření formy [3].

## 2.4 Ukončení vstřikování

Stejně jako příprava na lisování, tak i ukončení vstřikovacího procesu má své náležitosti. Pro prodloužení životnosti nástroje je důležité, aby byla vstřikovací forma řádně odstavena a udržována.

Kontrola funkčnosti a úplnosti částí vstřikovací formy bývá provedena před samotným odepnutím vstřikovací formy. Po této základní kontrole je vyčištěna dělicí rovina a různé plochy, které slouží jako dráhy pro pohyblivé díly nástroje. Na tyto plochy je dále znovu nanášeno mazivo [7].

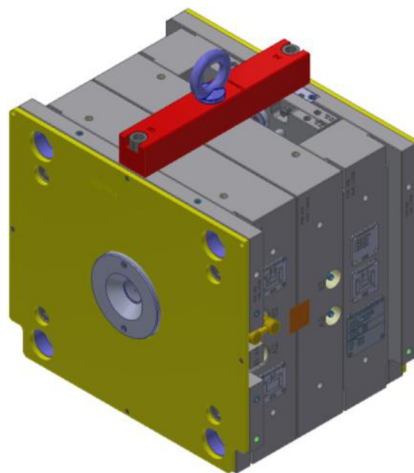
Ochlazení formy na teplotu okolí v některých případech může vyžadovat chod temperačního zařízení. Nežádoucí jev koroze může nastat v případě, kdy nástroj dosáhne teploty okolí a neprovede se vyčištění temperačního systému, alespoň stlačeným vzduchem [7].

Následně je nástroj uzavřen, vstřikovací jednotka odsunuta, vstřikovací forma odepnuta ze vstřikovacího stroje a uskladněna [7].



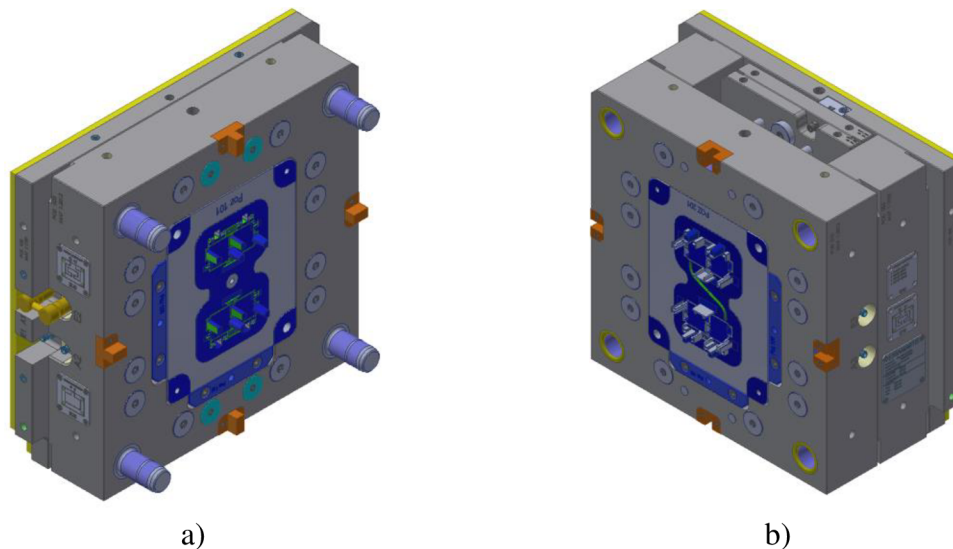
### 3 ROZBOR DÍLŮ VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma (obr. 11) je složitý nástroj, který musí splnit mnoho požadavků procesu vstřikování. Hlavní funkcí tohoto nástroje je doprava roztaveného materiálu do dutiny formy a její vyplnění. Dutina již musí odpovídat tvaru budoucího vstřikovaného dílu včetně přídavek na smrštění. Sekundární funkce musí zajistit rychlé vyjmutí dílu bez jeho deformace a efektivní chlazení nástroje, který se zahřívá teplem taveniny. Další funkce vstřikovací formy se odvíjí od složitosti jejího konstrukčního řešení [4].



Obr. 11 Vstřikovací forma.

Celý nástroj lze po otevření rozdělit na pevnou a pohyblivou část (viz obr. 12). Jednotlivé části se skládají z mnoha dalších standardizovaných dílů a komponentů, jejichž výrobou se zabývá mnoho specializovaných dodavatelů, např. Meusburger nebo Hasco. Tato skutečnost výrazně usnadňuje a urychluje samotnou výrobu nástroje.



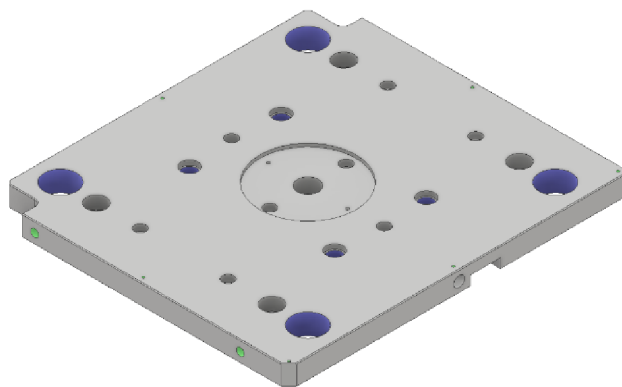
Obr. 12 Pohled na otevřenou formu: a) pevná polovina, b) pohyblivá polovina.

### 3.1 Zakázkové díly

Jak již bylo zmíněno vstřikovací forma je sestava složená z nejrůznějších komponentů. Zakázkové díly jsou upravovány podle potřeb jednotlivých forem. Polotovary zakázkových dílů jsou ale opět standardizovány specializovanými dodavateli.

#### Upínací desky

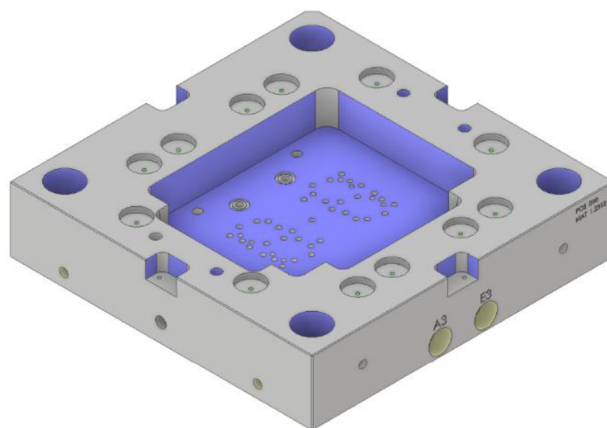
Za pomoci upínacích desek (viz. obr. 13) a převážně upínek se šrouby se pevná i pohyblivá polovina vstřikovací formy upne do vstřikovacího stroje [15].



Obr. 13 Upínací deska pohyblivé poloviny.

#### Tvarové desky

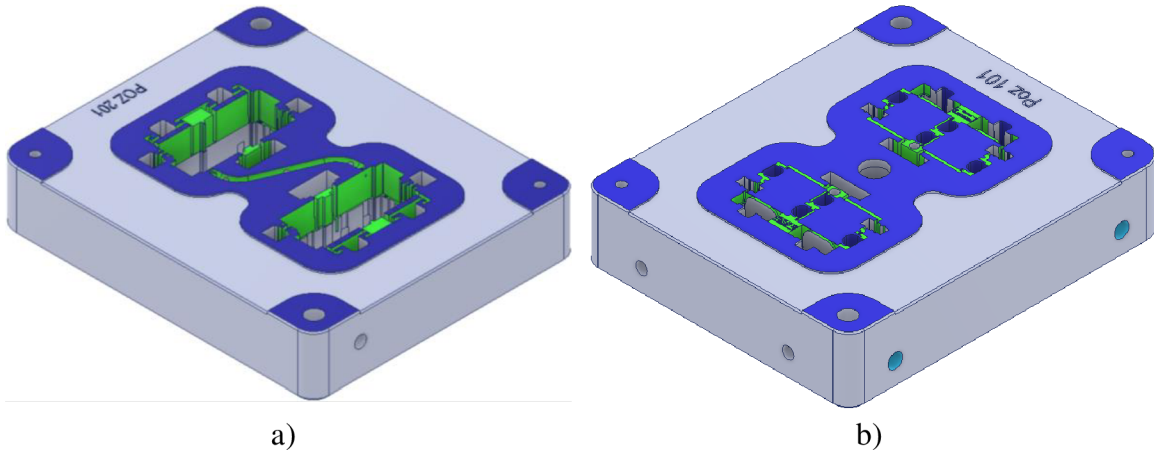
Používají se jako nosič. V těchto deskách (obr. 14) je vytvořena kapsa, do které se vloží a upnou tvarové vložky [15].



Obr. 14 Tvarová deska pohyblivé poloviny.

### Tvarové vložky

Tyto funkční vložky vytvoří tvarovou dutinu nástroje. Tvárník je tvarové vložka pohyblivé poloviny (obr. 15a), tvárnice je potom tvarová vložka pevné poloviny (obr. 15b) [16].



Obr. 15 Tvarové vložky: a) tvárník, b) tvárnice.

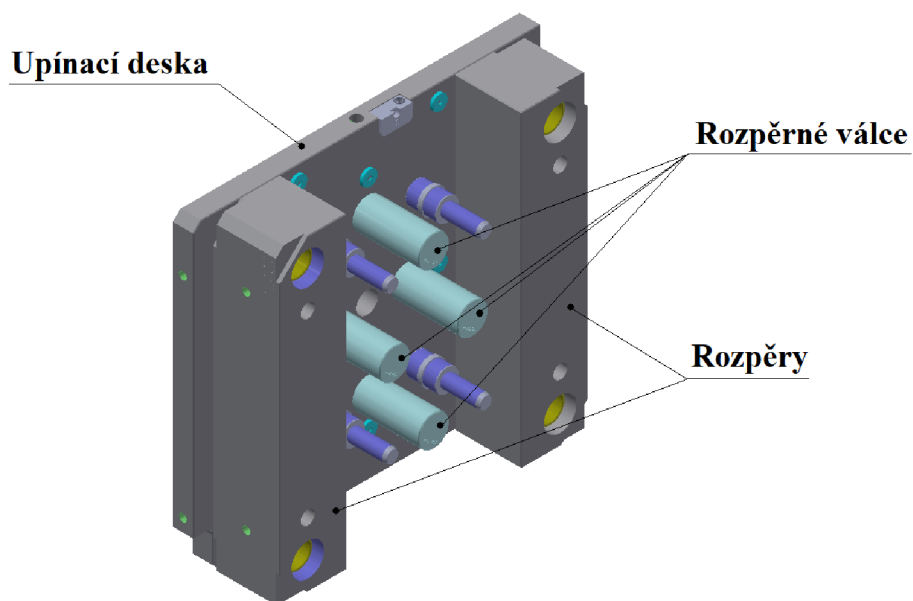
Tvárník i tvárnice mohou být navrženy i jako samostatné desky bez použití vložkování. Naopak u dílů se složitým tvarem je doporučeno tvárník s tvárnicí navrhnout jako vložky, které se upnou do tvarových desek (nosičů). Vložkování tvarových desek zjednodušuje lícování dělicí roviny, tvorbu dezénu, úpravu a údržbu rozměrů dutiny [16].

### Rozpěry

Ve vstříkovací formě se rozpěry (obr. 16) využívají pro vymezení potřebného prostoru pro zdvih vyhazovacího paketu. Jejich rozměr musí být obroben přesně, protože výška přímo určuje velikost zdvihu [16].

### Rozpěrné válce

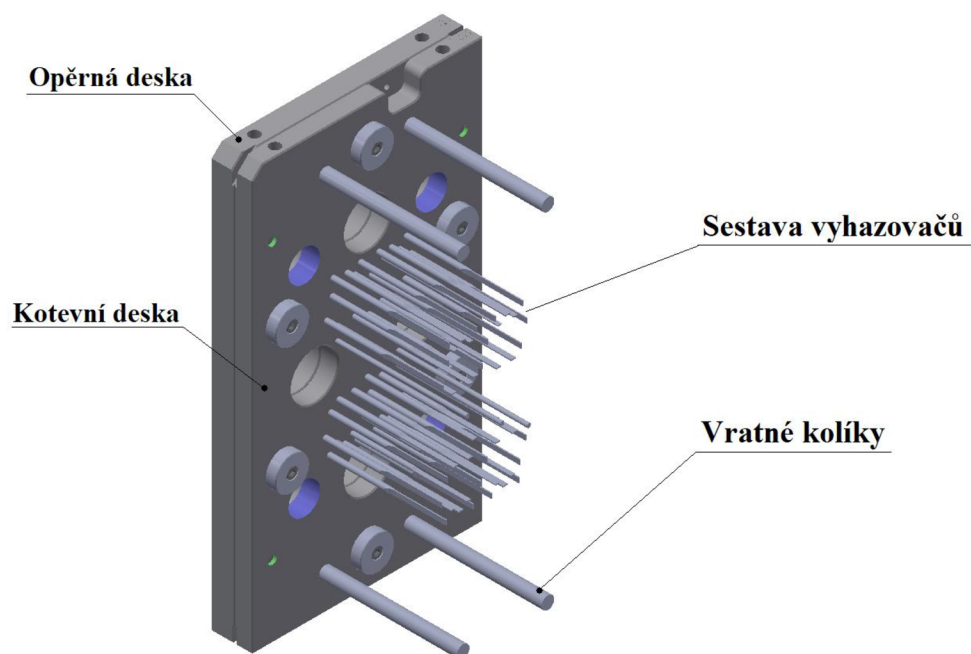
Použitím rozpěrných válců (obr. 16) se zabrání deformaci dalších dílů formy. Fungují jako doplňující výztuže desek a jsou umístěny v prostoru zdvihu vyhazovacího paketu. Jejich výška se brousí až při montáži společně s rozpěrami [15, 16].



Obr. 16 Umístění rozpěr a rozpěrných válců.

### Vyhazovací paket

Tato sestava musí zajistit vyhození vstříkovaného dílu a vtokové soustavy z dutiny nástroje. Hlavními částmi paketu jsou kotevní, opěrná deska a sestava vyhazovačů (obr. 17) [17].



Obr. 17 Vyhazovací paket.

**Kotevní deska**

Slouží ke správné aretaci vyhazovačů [16].

**Opěrná deska**

Používá se pro zajištění axiálního posuvu vyhazovačů v kotevní desce. Opěrná deska je spojena šrouby s kotevní deskou [17].

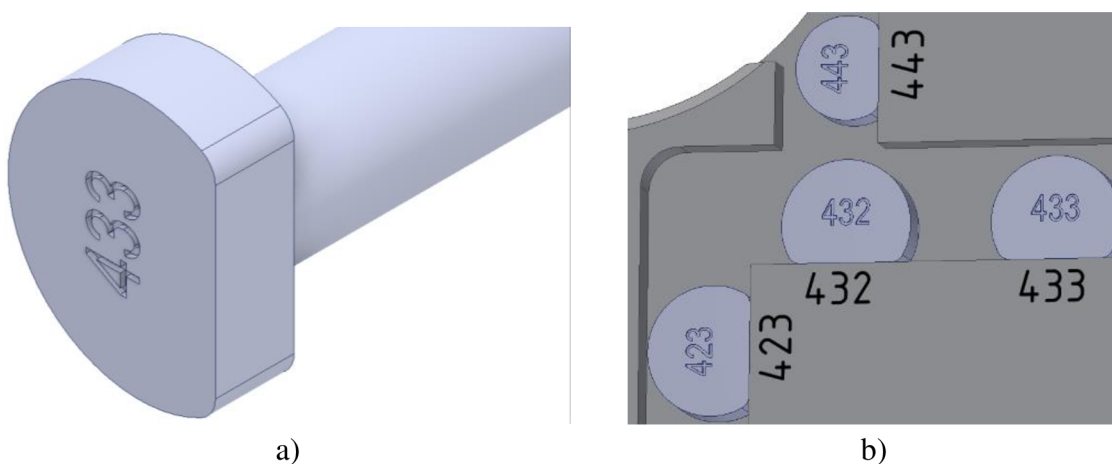
**Vratné kolíky**

Nejjednodušším a spolehlivým způsobem, jak vyhazovací paket vrátit zpět do výchozí polohy, je využití táhlo vyhazovacího paketu spolu s vratnými kolíky. Tyto kolíky zasouvají vyhazovací paket při uzavírání vstřikovací formy pomocí kontaktu s plochou pevné poloviny formy [3].

**Vyhazovače**

Nejčastější způsob vyhazování vstřikovaného dílu a vtokové soustavy je zajištěn vyhazovači. Rozmístění je závislé na složitosti výstřiku, jeho vyhození a na rozložení temperačního systému. Jedná se o díly normalizované, ale jejich tvar se upravuje podle rozměru a tvaru dutiny vstřikovací formy [17, 18].

Aby nedošlo k pootočení tvarových vyhazovačů, které by mohlo mít za následek poškození nástroje, brousí se jejich hlavy. Vybroušenou plochou je zajištěna přesná poloha vyhazovače, viz obr. 18.



Obr. 18 Aretace vyhazovače: a) hlava vyhazovače, b) umístění vyhazovače v kotevní desce.



### **Středicí kroužky**

Zajišťují přesnou polohu vstřikovací formy ve vstřikovacím stroji. Středicí kroužek pevné poloviny, znázorněný na obr. 19 a), musí zajistit totožnost osy trysky vstřikovacího stroje s osou vtokové vložky. Vnější průměr středicího kroužku musí odpovídat otvoru ve vstřikovacím stroji, je tedy možné se setkat s různými rozměry kroužků, podle stroje, pro který je forma určena.

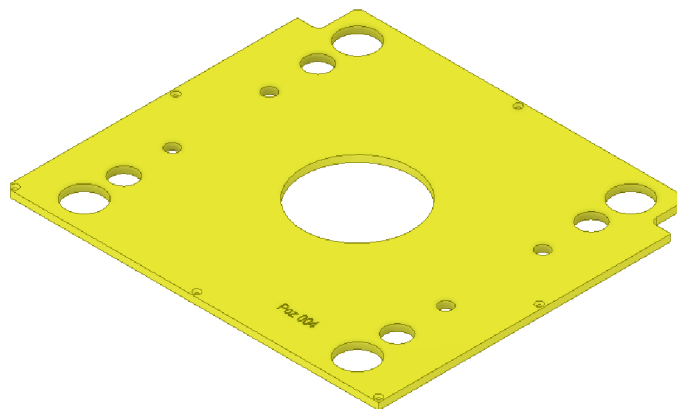
Neméně důležité je také vystředění pohyblivé poloviny, které zajistí středicí kroužek pohyblivé poloviny viz obr. 19 b) [4].



Obr. 19 Středicí kroužky: a) pevné poloviny, b) pohyblivé poloviny.

### **Izolační desky**

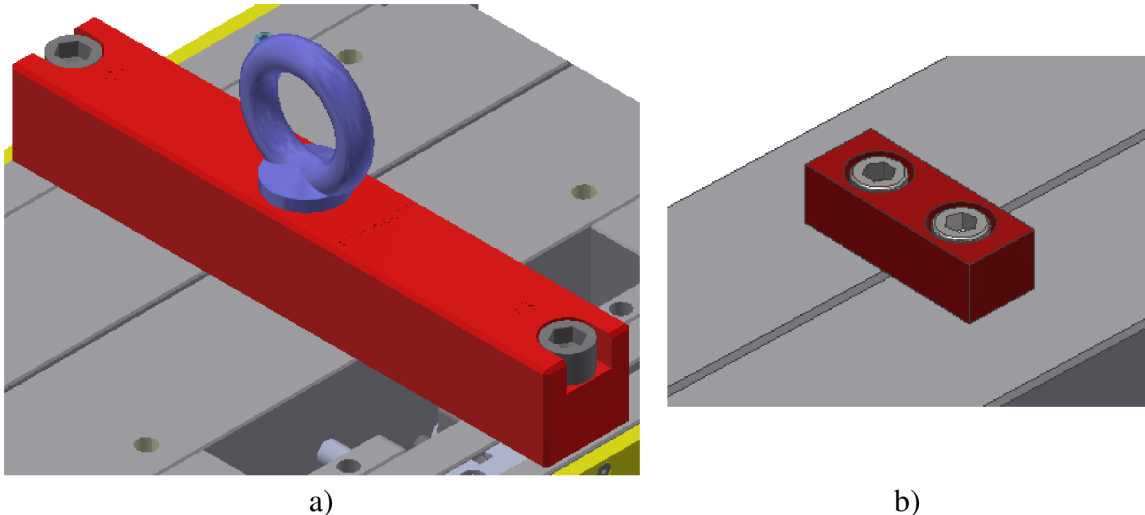
Při vstřikování je samotná vstřikovací forma natepovaná na provozní teplotu. Použitím izolačních desek dochází ke snížení tepelných ztrát, které by mohly vznikat přechodem tepla mezi upínacími deskami formy a vstřikovacího stroje. Izolační deska (obr. 20) je upevněna nejčastěji pomocí šroubů na upínací desce vstřikovací formy [15].



Obr. 20 Izolační deska.

### Manipulační prvky

Přeprava vstřikovací formy pro účel upnutí či dílenských operacích využívá různých manipulačních prvků. Mezi nejběžnější patří manipulační oka, přepravní trámce a transportní pojistky (obr. 21). Nežádoucímú otevření formy při manipulaci zamezuje transportní pojistka, která je spojena s oběma polovinami formy pomocí šroubů [4].



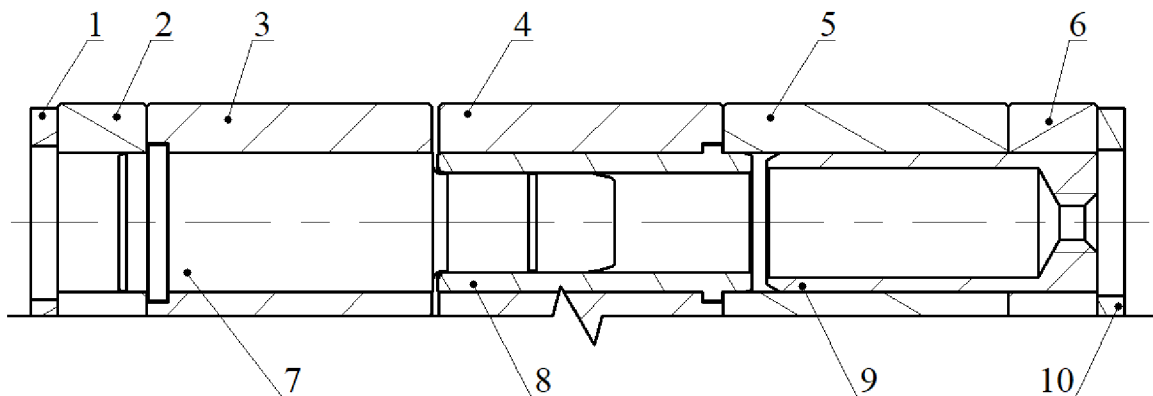
Obr. 21 Manipulační prvky: a) přepravní trámec s manipulačním okem, b) transportní pojistka.

### 3.2 Normalizované díly

Snadnější a efektivnější výrobu lze dosáhnout použitím normalizovaných dílů, kterým se naopak od zakázkových dílů přizpůsobuje samotný návrh formy. Jedná se např. o součásti temperačního systému a náustky pro hadice, které slouží pro temperaci nástroje, středící a vodící prvky.

#### 3.2.1 Vodící a středící prvky

Středící prvky se používají pro přesné zajištění polohy obou polovin vstřikovací formy. Vodící prvky slouží pro změnu pozice pohyblivých částí nástroje [16]. Obr. 22 zobrazuje řez uzavřenou vstřikovací formou, kde jsou znázorněny některé prvky.



Obr. 22 Středicí a vodící prvky: 1 – izolační deska pevné poloviny, 2 – upínací deska pevné poloviny, 3 – tvarová deska pevné poloviny, 4 – tvarová deska pohyblivé poloviny, 5 – rozpěra, 6 – upínací deska pohyblivé poloviny, 7 – vodící sloupek, 8 – vodící pouzdro, 9 – středící trubka, 10 – izolační deska pohyblivé poloviny.

### Vodící sloupek

Jsou použity pro vedení pohyblivé poloviny při otvírání a zavírání formy (obdobně fungují i vodící čepy, které zajišťují pohyb vyhazovacího paketu a jsou ukotveny v upínací desce pohyblivé poloviny) [16].

### Vodící pouzdro

Používají se jako protikus vodících sloupků a čepů, kterým vytváří plochu pro vedení [16].

### Středící trubka

Slouží k vystředění rozpěr a zároveň do nich mohou zajiždět vodící sloupky. Závit, který je vytvořen na jedné ze stěn, bývá využit k jednodušší demontáži vstřikovací formy [16].

### Středící zámky

Jsou znázorněny na obr. 23 a využívají se pro přesné ustavení pevné a pohyblivé poloviny při uzavírání nástroje.



Obr. 23 Středící zámky [19].

### 3.2.2 Popisové vložky

Slouží k vytvoření různých značení na vstříkovaném dílu (obr. 24). Velmi často se používají datumové vložky, jež lze nastavit na přesný den, ve kterém byla vstříkovací forma v provozu, a tím lze snadno pozorovat stáří vstříkovaného dílu.



Obr. 24 Popisové vložky [19].

### 3.2.3 Součásti temperačního systému

Využívají se pro správnou funkčnost temperačního systému. Médium, které koluje v tomto systému, musí být do formy přivedeno, udrženo beze ztrát a odvedeno zpět do temperační jednotky [13].

Za tímto účelem specializované společnosti nabízí různé typy součástí a některé z nich jsou zobrazeny na obr. 25.

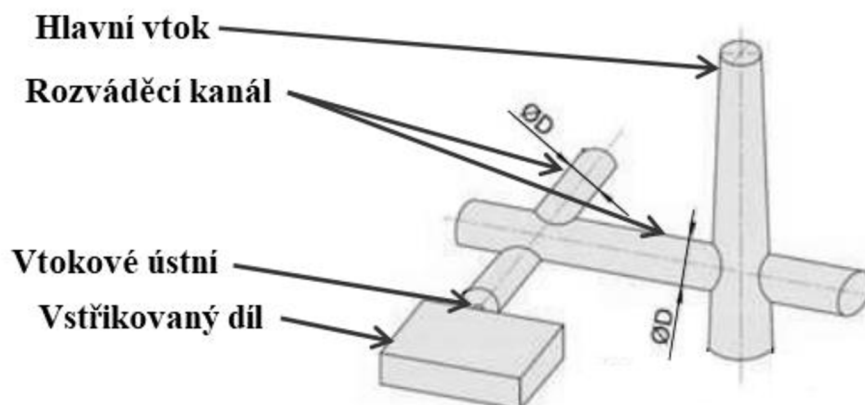


Obr. 25 Prvky pro temperačního systému [19].

### 3.3 Studené vtokové systémy

Dopravení taveniny materiálu a rovnoměrné vyplnění dutiny vstřikovací formy je hlavním úkolem vtokového systému, který se skládá převážně z vtokové vložky, rozváděcích kanálů a ústní vtoku [4].

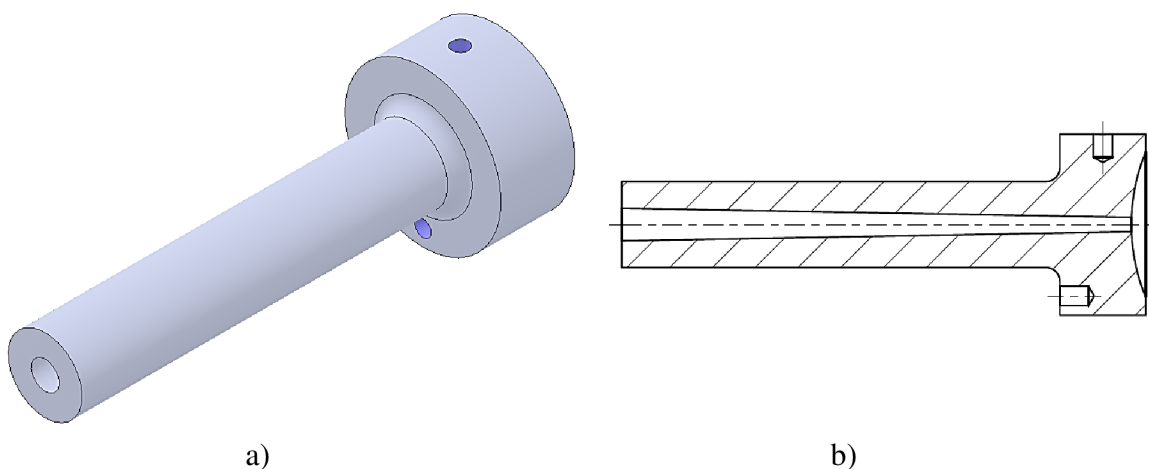
Na obr. 26 je takový systém znázorněn. Hlavní vtok vzniká ztuhnutím taveniny ve vtokové vložce.



Obr. 26 Vtokový systém [20].

#### 3.3.1 Vtokové vložky

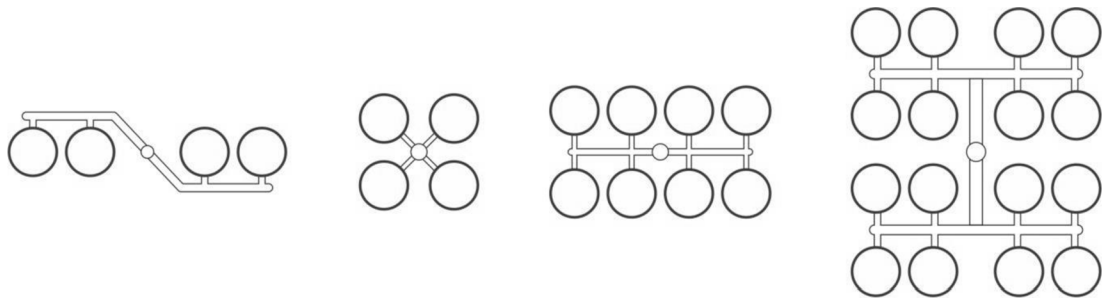
Tavenina se ze vstřikovací jednotky dopraví do určité, požadované hloubky pomocí vtokové vložky (obr. 27 a). Na hlavě vtokové vložky je vytvořen rádius, na který přesně dosedne tryska vstřikovací jednotky. Na obr. 27 b) je znázorněn vnitřní kuželový kanál vtokové vložky, který slouží ke snazšímu vyjímání hlavního vtoku [4].



Obr. 27 Vtoková vložka: a) vnější pohled, b) řez vtokovou vložkou.

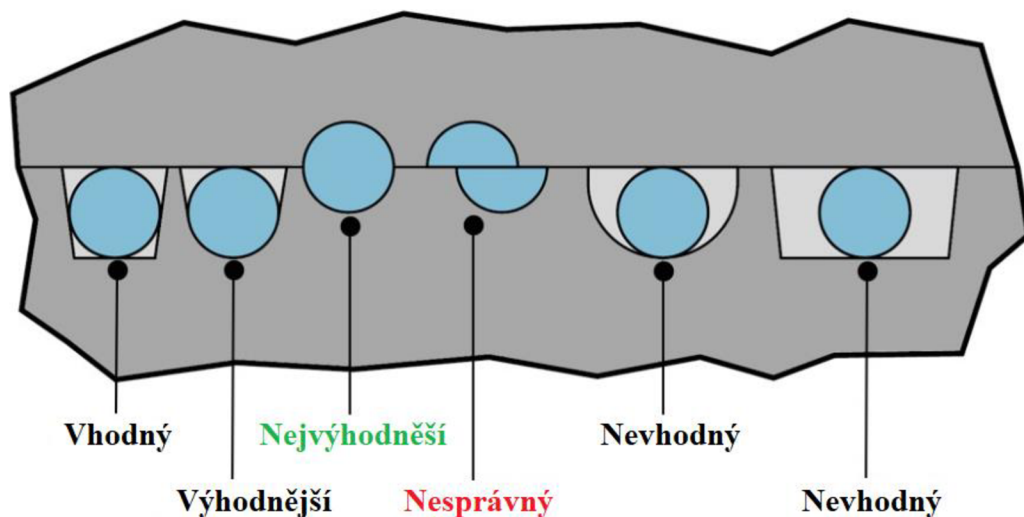
### 3.3.2 Rozváděcí kanály

Od hlavního vtoku se materiál dopravuje rozváděcími kanály k ústní vtokového systému. V dnešní době se rozměr kanálů určuje pomocí počítačových analýz. Krátká doba plnění a snadné plnění dutiny formy je zajištěno optimálními rozměry rozváděcích kanálků. Počet i rozmístění kanálů je závislé na násobnosti formy a typu vstřikovaného dílů [4, 20]. Některé varianty rozmístění jsou zobrazeny na obr. 28.



Obr. 28 Příklad rozmístění rozváděcích kanálů [21].

Rozváděcí kanály jsou vyrobeny do dělicí roviny a z obr. 29 je patrné, že nejvýhodnějším typem je kanál s kruhovým průřezem, který je ale složitý na výrobu. Nabízí se proto další alternativy jako např. zaoblený lichoběžníkový průřez [4].



Obr. 29 Typy rozváděcích kanálků [4].

### 3.3.3 Ústí vtoku

Nejčastější spojení mezi vstřikovacím dílem a rozváděcím kanálem je uskutečněno pomocí ústí vtoku. Ústí musí zajistit ztuhnutí taveniny v místě ústí a tím tak zabránit úniku materiálu zpět do rozváděcího kanálu. Druhou funkcí, kterou musí ústí vtoku zajistit, je snadné

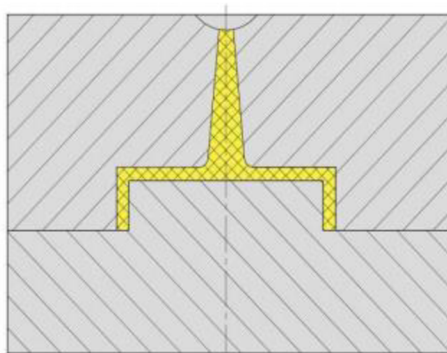


oddělení vtoku. Obecně pak platí, že ústí by mělo být umístěno např. do nejtlustšího místa vstříkovaného dílu, mimo pohledové plochy, do středu dílu, a tak aby byla co nejkratší dráha plnění dutiny vstříkovací formy [4, 20].

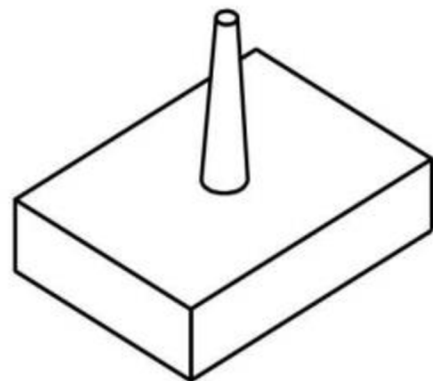
Existuje hned několik typu ústí vtoků a některé z nich budou popsány níže.

### Plný kuželový vtok

Tavenina je vstříkována do dutiny přímo z hlavního vtoku. Nevýhoda kuželového plného vtoku (obr. 30) souvisí s pracností při oddělování zbytku vtoku [20].



a)

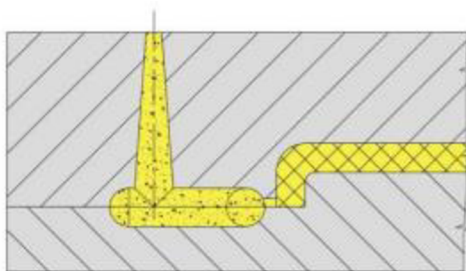


b)

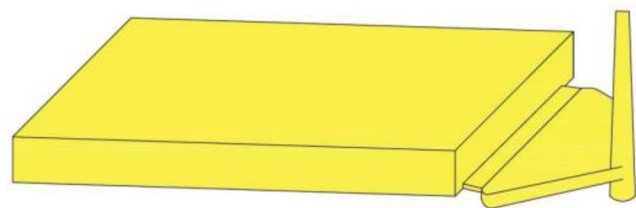
Obr. 30 Plný kuželový vtok [20]: a) řez dutinou, b) vnější pohled.

### Filmový vtok

Výhoda vtoku spočívá v možnosti vstříkování taveniny plastu se skelnými vlákny, naopak nevýhody souvisí opět s pracným oddělováním zbytku vtoku a s nutností použití nálitku viz obr. 31 [4, 20].



a)

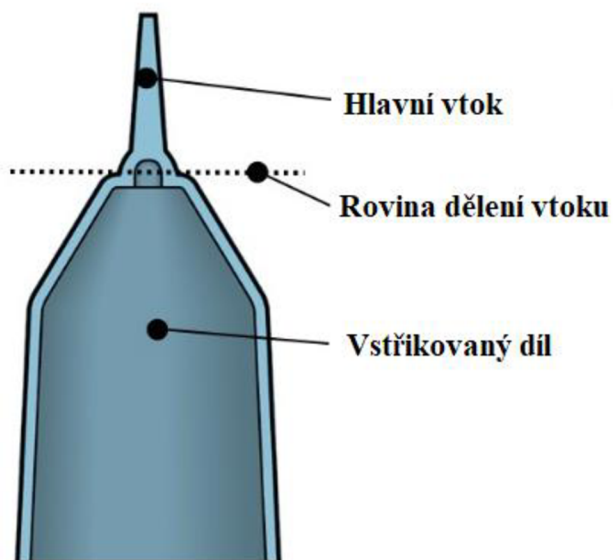


b)

Obr. 31 Filmový vtok [20]: a) řez dutinou, b) vnější pohled.

### Deštníkový vtok

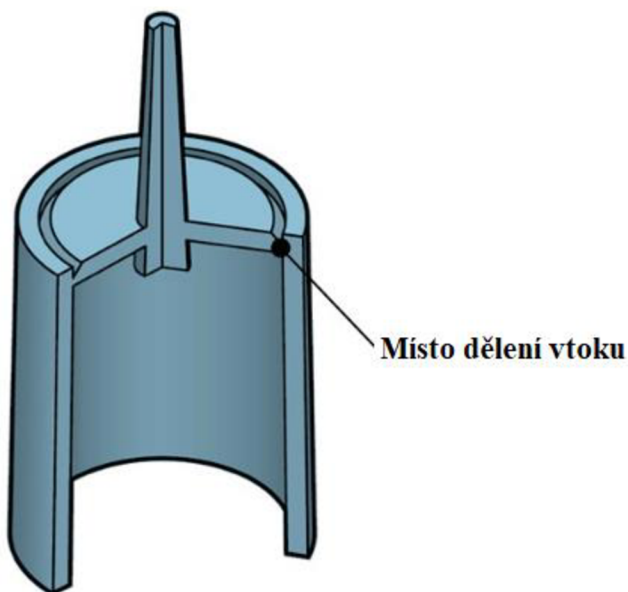
Využívá se pro plnění rotačních dílů. Hlavní nevýhoda deštníkového vtoku spočívá v nutnosti mechanického dělení vtoků s viditelnou stopou po oddělení (obr. 32) [4].



Obr. 32 Deštníkový vtok [4].

### Talířový vtok

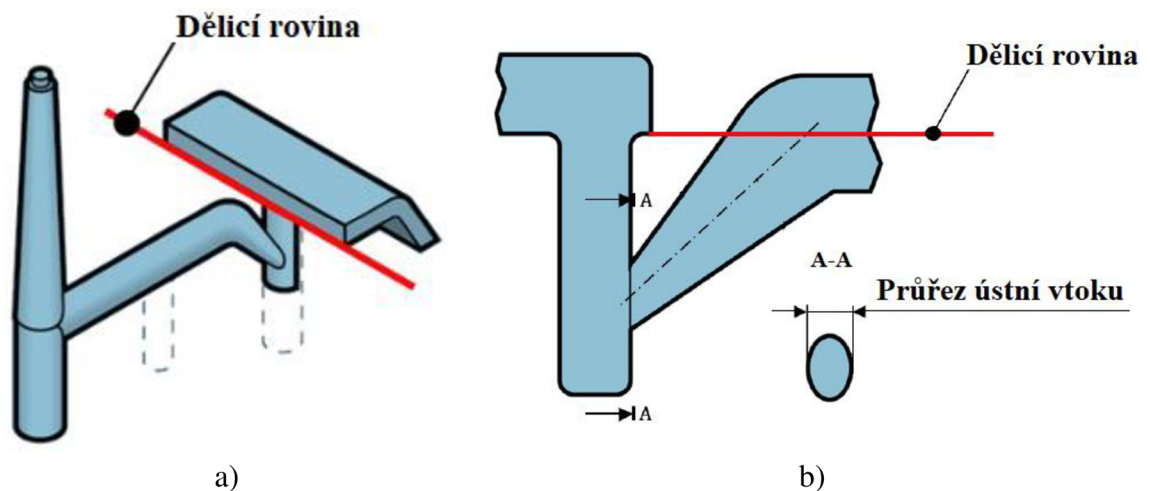
Plnění dutiny vstříkovací formy probíhá naopak od deštníkového vtoků přes vnitřní stěnu vstříkovaného dílu (obr. 33). Oddělení zbytku vtoků pak spočívá v odvrtání nebo odseknutí, což souvisí s větší pracností [4].



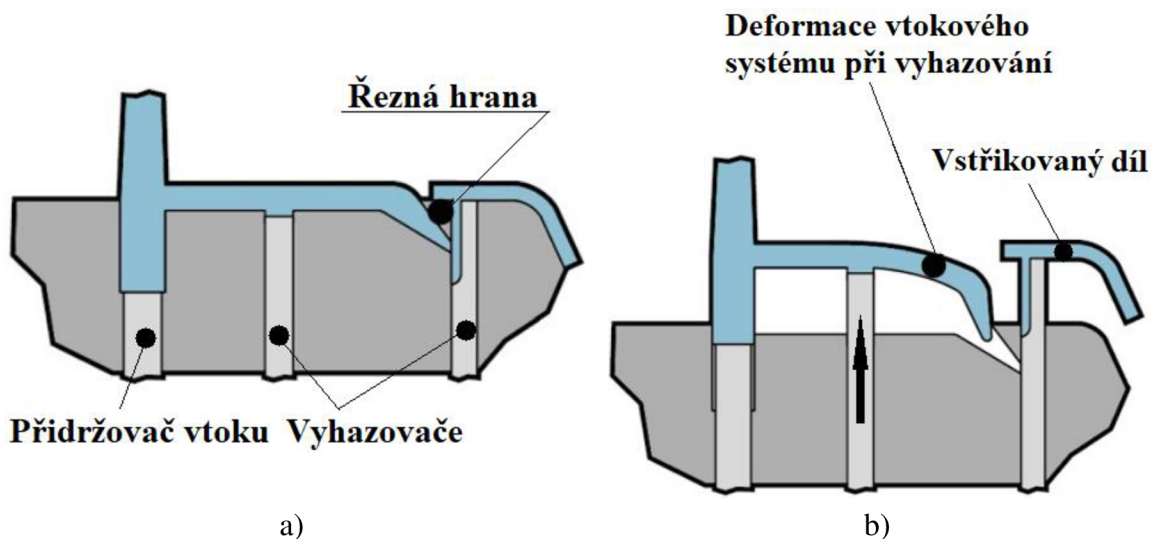
Obr. 33 Talířový vtok [4].

### Tunelový vtok

Umožňuje plnit dutinu vstřikovací formy v jiné úrovni než je dělicí rovina (obr. 34), nejčastěji ve směru kolmém na povrch vstřikovaného dílu. Jako jediný z uvedených typů ústí vtoků nevyžaduje další opracování, protože zbytek vtoků lze oddělit pomocí vyhazovače a řezné hrany. Nevýhodou tohoto typu vtoku je náročná výroba, která vyžaduje složité elektroerozivní hloubení a nutnost použití dalších konstrukčních prvků (obr. 35) [4, 20].



Obr. 34 Tunelový vtok [4]: a) vnější pohled, b) detail ústní vtoku.



Obr. 35 Odformování dílu s tunelovým vtokem [4]: a) konstrukční prvky tunelového ústí vtoku, b) utržení vtokového systému od vstřikovaného dílu.

### 3.4 Horké vtokové systémy

U horkých vtokových systémů je nahrazena vtoková vložka tryskou horkého vtoku. Systém funguje jako vyhříváný komponent (obr. 36), který dokáže zajistit konstantní teplotu a hustotu vstříkovaného materiálu. Výsledkem použití horkého vtokového systému je produkce dílů s minimálním nebo žádným odpadem [4, 22].

Výhody [22]:

- urychlení výrobního cyklu,
- snížení spotřeby materiálu,
- není potřeba vtokových vložek,
- regulace teploty taveniny,
- lepší povrchové vlastnosti samotného výstřiku,
- ovládání jednotlivých trysek.

Nevýhody [22]:

- velké pořizovací náklady,
- náročnější konstrukce vstříkovací formy,
- nárůst provozních nákladů,
- nutnost školené obsluhy.



Obr. 36 Horký vtokový systém [23].

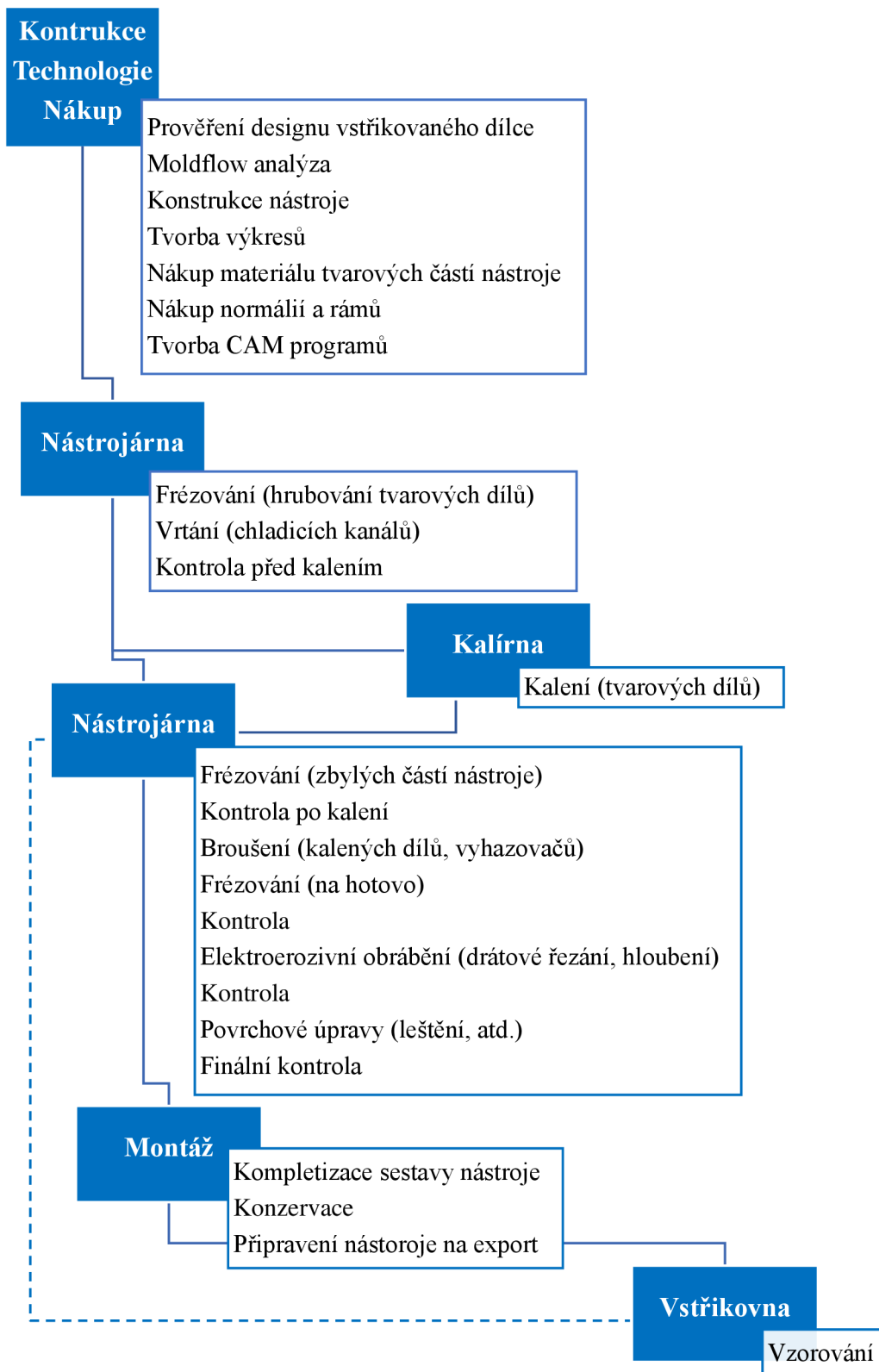
#### **4 NÁVRH VÝROBY DÍLŮ VSTŘIKOVACÍ FORMY**

Samotnou výrobu vstřikovací formy předchází sled operací, který shromažďuje data potřebné k výrobě nástroje. Technická příprava výroby musí prověřit design potřebného vstřikovaného dílce, z hlediska možnosti použití technologie vstřikování, dále zajistit výrobní podklady a dodat materiál pro výrobu včetně veškerého příslušenství. Hojně bývá do technické přípravy výroby zařazena i Moldflow analýza, která umožňuje prověření nástroje při průběhu vstřikovacího cyklu [5].

Konstrukční a technologické oddělení společně vypracují výkresovou dokumentaci, postup výroby a CAM programy dle dispozicí strojního vybavení společnosti. Nákup polotovarů a normálíe pro jednotlivé díly včetně dopravy zajistí obchodní oddělení [5].

Vlastní výroba vstřikovacích forem zahrnuje použití různých konvenčních i nekonvenčních technologií obrábění. V práci byl popsán nástroj, který pro svou výrobu vyžadoval užití technologie vrtání, frézování, broušení, elektroerozivní hloubení a řezání, dále pak tepelného zpracování. Sled operací nutných k výrobě takové vstřikovací formy je graficky znázorněn na obr. 37.

Větev, která ve schématu (obr. 37) spojuje nástrojárnu se vstřikovnou, poukazuje na možnost úpravy některých částí vstřikovací formy v případě, že výstřik nesplňuje všechny požadavky zákazníka.



Obr. 37 Schématický postup při výrobě vstřikovací formy.



#### 4.1 Nástrojový list

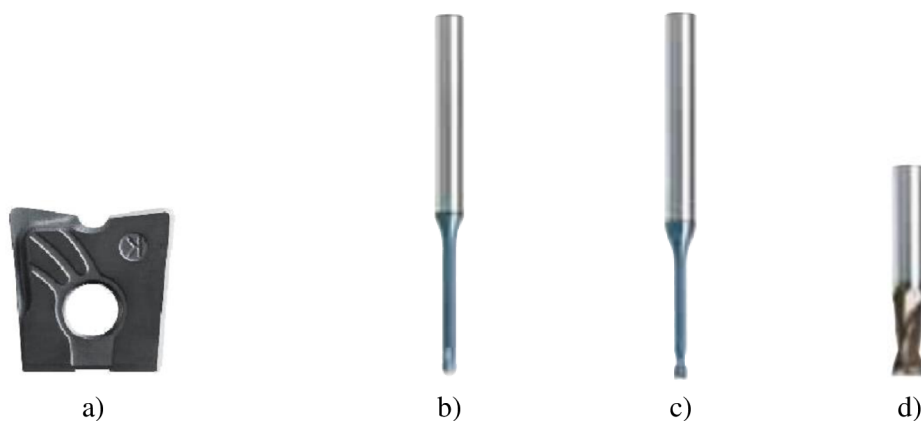
Do tab. 5 byl pro přehled vypracován nástrojový list aplikovaných nástrojů ve frézovacích a vrtacích operacích. Obsahuje různé druhy fréz, vrtáků a závitníků s jejich označením, parametry, řeznými podmínkami i cenou, která se ale může lišit v závislosti na vztahu mezi dodavatelem a uživatelem nástrojů.

Tab. 5 Nástrojový list.

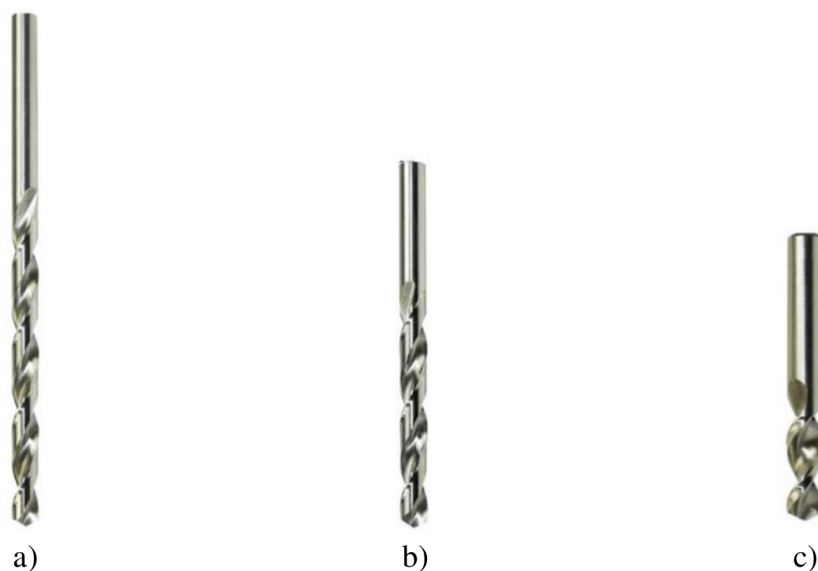
Nástrojový list											
Vyhotořil		Martin Hrdlička		Datum		11.4.2018		List		1/2	
Nástroj	Název nástroje, katalogové číslo	Cena	Průměr nástroje	Rádus špičky	Délka nástroje	Řezné podmínky					
		[Kč]	[mm]	[mm]	[mm]	n [1/min]	v <sub>f</sub> [mm/min]				
T1	WPB-AF LCHK10M, 9148026, [24]	527	16	1	-	4 000	750				
T2	Monolitní dvoubřitá toroidní fréza, 40-1161-6-50, [25]	695	6	0,5	30	5 800	1 000 (500)				
T3	Monolitní dvoubřitá kulová fréza, 40-6090-2-10, [25]	675	2	1	10	13 000	700				
T4	Monolitní dvoubřitá kulová fréza, 40-6090-1-6, [25]	675	1	0,5	6	22 000	400				
T5	Monolitní dvoubřitá toroidní fréza, 40-6130-3/0,2-16 [25]	656	3	0,2	16	9 000	600				
T6	Monolitní dvoubřitá toroidní fréza, 40-6130-2/0,2-10 [25]	605	2	0,2	10	14 000	500				
T7	Monolitní dvoubřitá kulová fréza, 40-6090-4-25, [25]	695	4	2	25	8 000	800				
T8	WPB-AF LCHK10M, 9153135, [24]	446	10	1	-	6 000	1 000				
T9	WPB-AF LCHK10M, 9153135, [24]	476	12	1	-	5 000	650				
T10	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A270430V400S, [26]	65	4,3	-	80	1 200	40				
T11	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A270510V400S, [26]	60	5,1	-	86	1 000	40				
T12	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A270700V400S, [26]	48	7	-	109	800	40				

Nástrojový list							
Vyhotovil	Martin Hrdlička	Datum	11.4.2018	List	2/2		
Nástroj	Název nástroje, katalogové číslo	Cena	Průměr nástroje	Rádus špičky	Délka nástroje	Řezné podmínky	
		[Kč]	[mm]	[mm]	[mm]	n [1/min]	v <sub>f</sub> [mm/min]
T13	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (krátká řada), A820800V400S, [26]	51	8	-	79	500	RUČNÍ
T14	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A270800V400S, [26]	54	8	-	117	500	RUČNÍ
T15	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (dlouhá řada), A250800V400S, [26]	59	8	-	165	500	RUČNÍ
T16	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A270900V400S, [26]	47	9	-	125	500	30
T17	Kobaltový vrták s válcovou stopkou (střední řada), A271100V400S, [26]	30	11	-	142	450	30
T18	Záhlubník s válcovou stopkou a vodicím čepem 180°, C046064F000S, [26]	273	11	-	80	250	RUČNÍ
T19	Záhlubník s kuželovou stopkou 180° a výměnným vodicím čepem, C063003F000S, [26]	1 405	30	-	180	250	RUČNÍ
T20	Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem, 041536078050000, [27]	583	5	-	70	-	RUČNÍ
T21	Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem, 041535252120000, [27]	556	12	-	110	-	RUČNÍ
T22	Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem, 041535252160000, [27]	788	16	-	110	-	RUČNÍ

Na obr. 38 až obr. 41 jsou znázorněny skutečné tvary jednotlivých nástrojů z katalogů dodavatelů nástrojů.



Obr. 38 Použité nástroje pro frézovací operace [24, 25]: a) toroidní VBD Kieninger (T1, T8, T9), b) kulová fréza (T3, T4, T7), c) toroidní fréza (T5, T6), d) toroidní fréza (T2).



Obr. 39 Vrtáky [26]: a) vrták dlouhé řady (T15), b) vrták střední řady (T10, T11, T12, T14, T16, T17), c) vrták krátké řady (T13).



Obr. 40 Záhlubníky [26]: s válcovou stopkou a vodicím čepem – T18 (nahore), s kuželovou stopkou a výměnným vodicím čepem – T19 (dole).



Obr. 41 Závítníky [27]: Strojní závitník s přímou drážkou a lamačem M5 – T20 (nahore), M12 a M16 – T21 a T22 (dole).

## 4.2 Materiál dílů

Na ceně vstřikovací formy se také odrazí volba materiálu, který se liší podle nároků na určitý díl. V následující tab. 6 je vypsána volba materiálu u hlavních dílů vstřikovací formy.

Tab. 6 Materiály hlavních dílů nástroje [28].

Číslo materiálu Značení dle ČSN Značení dle DIN	Vlastnosti	Použití
1.1730 19 083 C45W	nástrojová uhlíková ocel s vysokou houževnatostí, v žíhaném stavu se vyznačuje dobrou obrobitelností a tvárností	přepravní trámec, rozpěry, rozpěrné válce, středící kroužky, vyhazovací, opěrné a upínací desky
1.2312 19 520 40CrMnMoS86	chrom-mangan-molybdenová ocel, dobře obrobitelná, leštitelná, lze cementovat	tvarové desky
1.2343 19 552 X38CrMoV51	chrom-molybden-křemík-vanadová ocel určená ke kalení s velmi dobrou prokalitelností, vysokou pevností za tepla, odolává vzniku trhlin způsobených únavou materiálu	tvárnice, tvárník a tvarové vložky

## 4.3 Vlastní výroba vstřikovací formy

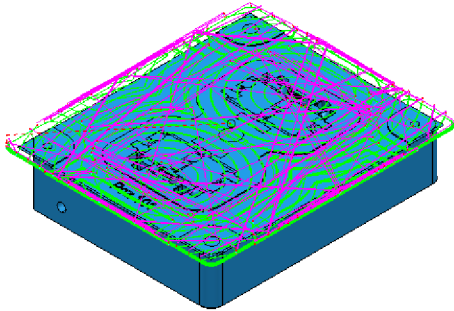
Zahájení výroby formy lze stanovit po dodání materiálu pro tvarové vložky, který je již zúhlovaný od dodavatele polotovaru. Následná výroba je popsána v dále uvedených operačních návodkách, kde jsou upřesněny podmínky obrábění. Operační návodky frézování byly vytvořeny za pomoci programu Delcam PowerMill 2015, který vygeneroval i obrázek znázorňující dráhy jednotlivých nástrojů. K vyhotovení operačních návodků drátového

řezání bylo využito programu Rhinoceros 5.0 s doplňkem BAMBOO, obdobně je tomu tak i u návodek pro elektroerozivní hloubení, kde obrázek znázorňuje nájezd elektrody.

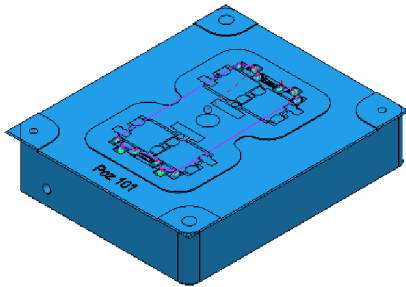
#### 4.3.1 Hrubování tvarových vložek

Dodané polotovary pro vložky se vyhrubovaly s přídavkem 0,1 mm, který byl odebrán po zakalení obrobků. Jednotlivé operace hrubování tvárnice jsou uvedeny v tab. 7 až tab. 9. Obdobně se vyhrubovaly sružené vložky (tab. 10) a tvárník, jehož návodky jsou přiloženy v příloze 3. Obrázky v příloze 4 graficky znázorňují jednotlivé úseky drah nástrojů.

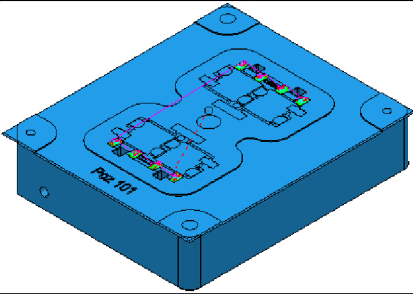
Tab. 7 Operační návodka – úsek a1.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08a/08a					
Název dílu: Tvárnice					
Polotovar					
240,5 x 200,5 x 50					
Stroj					
DMU 105V Linear					
Název úseku		$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění		[mm/min]	[1/min]	[min]	
a1	Hrubování konturováním	750	4 000	99,734	T1

Tab. 8 Operační návodka – úsek b1.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08b/08b					
Název dílu: Tvárnice					
Polotovar					
240,5 x 200,5 x 50					
Stroj					
DMU 105V Linear					
Název úseku		$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění		[mm/min]	[1/min]	[min]	
b1	Hrubování konturováním	1 000	5 800	34,966	T2

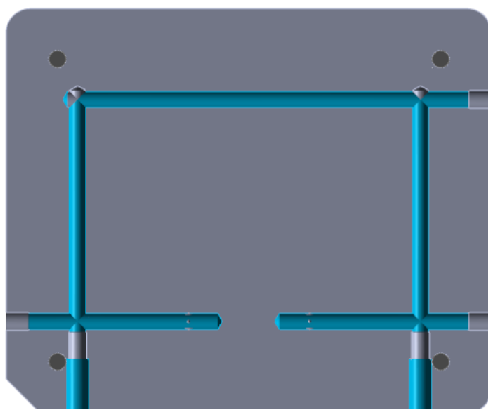
Tab. 9 Operační návodka – úsek c1.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018	
Číslo operace: 08c/08c				
Název dílu: Tvárnice				
Polotovár				
240,5 x 200,5 x 50				
Stroj				
DMU 105V Linear				
Název úseku	$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění	[mm/min]	[1/min]	[min]	
c1 Hrubování konturováním	500	8 000	28,834	T7

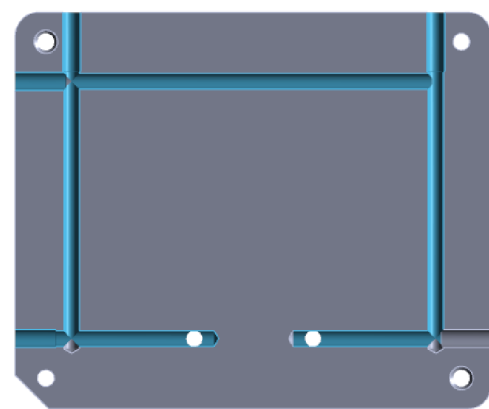
Tab. 10 Hrubování sdružených vložek.

Název dílu	$t_{AS}$ [min]	Použité nástroje
Sdružená vložka 1	4,133	T9
Sdružená vložka 2	117,480	T9
Sdružená vložka 3	70,653	T7
Sdružená vložka 4	33,635	T8

Před kalením se ještě vyhrubovanému tvárníku a tvárnice vyvrtaly kanály pro temperační systém (viz obr. 42). Doba vrtání a použité nástroje jsou uvedeny v tab. 11.



a)



b)

Obr. 42 Temperační kanály: a) tvárnice, b) tvárníku.



Tab. 11 Vrtání tvarových vložek.

Název dílu	$t_A$ [min]	Použité nástroje
Tvárnice	150	T13, T14, T15, T18, T20
Tvárník	120	T13, T14, T15, T18, T20

#### 4.3.2 Kalení tvarových dílů

Vyhrubované tvarové součásti je potřeba tepelně zpracovat, protože se jedná o díly, které přichází do kontaktu přímo se vstříkovaným materiálem, což zvyšuje opotřebení těchto dílů. Samotné kalení tvarových dílů proběhlo v kooperaci s firmou Bodycote HT, s.r.o. Tab. 12 popisuje tepelné zpracování těchto dílů.

Tab. 12 Kalení tvarových dílů.

Název dílu	Požadovaná tvrdost
Tvárník	52+2 HRC
Tvárnice	52+2 HRC
Sdružená vložka 1	52+2 HRC
Sdružená vložka 2	52+2 HRC
Sdružená vložka 3	52+2 HRC
Sdružená vložka 4	52+2 HRC

#### 4.3.3 Frézování a vrtání na hotovo

V době, kdy tvarové díly byly vyexpedovány na tepelné zpracování do kooperace, bylo možné obrábět zbylé části vstříkovací formy. Jednotlivé desky a ostatní díly vstříkovací formy se obráběly na hotovo. V tab. 13 jsou vypsány jednotlivé výrobní časy potřebné k vyfrézování dílů, včetně použitých nástrojů.

Tab. 13 Frézování zbylých částí formy.

Název dílu	$t_{AS}$ [min]	Použité nástroje
Tvarová deska pevné poloviny	692,224	T1, T8, T2, T7, T16
Tvarová deska pohyblivé poloviny	808,777	T1, T8, T2, T5, T10, T12, T11
Upínací deska pevné poloviny	157,869	T8, T1, T16
Upínací deska pohyblivé poloviny	123,852	T8, T2
Kotevní deska	480,054	T5, T2, T1, T10, T11, T17
Opěrná deska	121,542	T1, T17
Rozpěry	42,965	T9

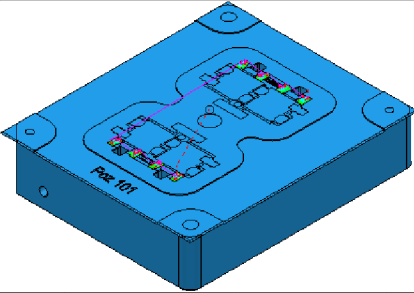
Souběžně s frézováním byly vrtány kanály temperačních systémů a manipulační otvory na některých dílech, které jsou opět vypsány do tab. 14.

Tab. 14 Vrtání desek.

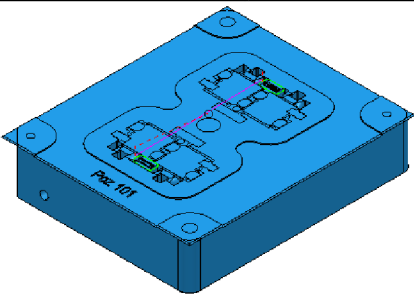
Název dílu	$t_A$ [min]	Použité nástroje
Tvarová deska pevné poloviny	240	T13, T14, T15, T19, T22
Tvarová deska pohyblivé poloviny	300	T13, T14, T15, T19, T20, T21, T22
Upínací deska pevné poloviny	240	T13, T14, T15, T19, T20, T21, T22
Upínací deska pohyblivé poloviny	90	T21, T22
Kotevní deska	30	T21
Opěrná deska	30	T21

Tab. 15 až tab. 18 obsahují návody dokončovacích operací frézování již zakalené tvárnice. Dokončovací operace tvárníku jsou uvedeny v příloze 3. Kalené díly se před frézováním musely ještě brousit, z důvodu vytvoření technologických základen.

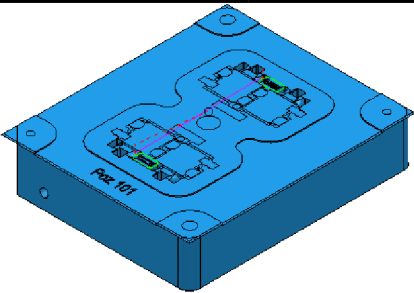
Tab. 15 Operační návodka – úsek d1.

Operační návodka frézování	Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08d/08d				
Název dílu: Tvárnice				
Polotovar				
240,5 x 200,5 x 50				
Stroj				
DMU 105V Linear				
Název úseku	$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění	[mm/min]	[1/min]	[min]	
d1 Plošný offset	750	4 000	24,100	T1

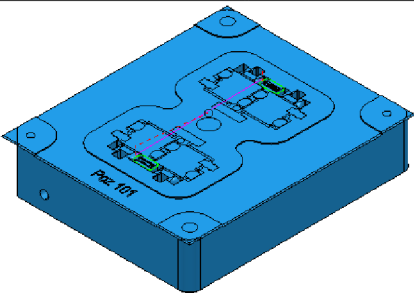
Tab. 16 Operační návodka – úsek e1.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08e/08e					
Název dílu: Tvárnice					
Polotovár					
240,5 x 200,5 x 50					
Stroj					
DMU 105V Linear					
Název úseku		$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění		[mm/min]	[1/min]	[min]	
e1	Hladina Z	1 000	5 800	2,566	T2

Tab. 17 Operační návodka – úsek e2.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08f/08f					
Název dílu: Tvárnice					
Polotovár					
240,5 x 200,5 x 50					
Stroj					
DMU 105V Linear					
Název úseku		$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění		[mm/min]	[1/min]	[min]	
e2	Roh perem	500	5 800	0,234	T2

Tab. 18 Operační návodka – úsek f1.

Operační návodka frézování		Zhotovil: Martin Hrdlička	Datum: 12.4.2018		
Číslo operace: 08g/08g					
Název dílu: Tvárnice					
Polotovár					
240,5 x 200,5 x 50					
Stroj					
DMU 105V Linear					
Název úseku		$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
Strategie obrábění		[mm/min]	[1/min]	[min]	
f1	Roh perem	500	8 000	1,434	T7

Obdobně byly obrobeny i sdružené vložky viz tab. 19.

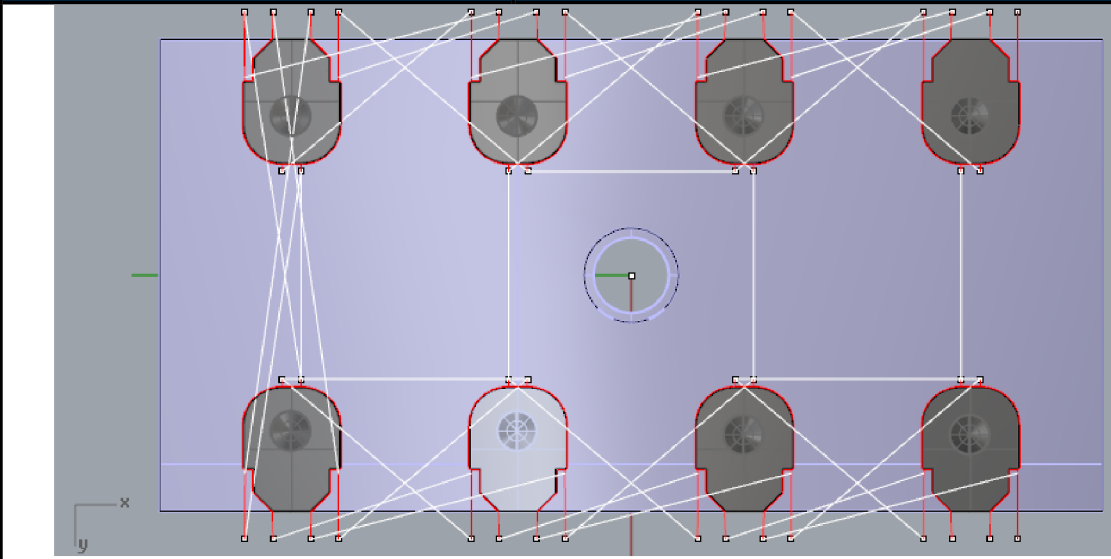
Tab. 19 Frézování sdružených vložek.

Název dílu	$t_A$ [min]	Použité nástroje
Sdružená vložka 1	34,434	T8, T2
Sdružená vložka 2	176,220	T8
Sdružená vložka 3	282,631	T7
Sdružená vložka 4	190,598	T2, T9

#### 4.3.4 Elektroerozivní obrábění

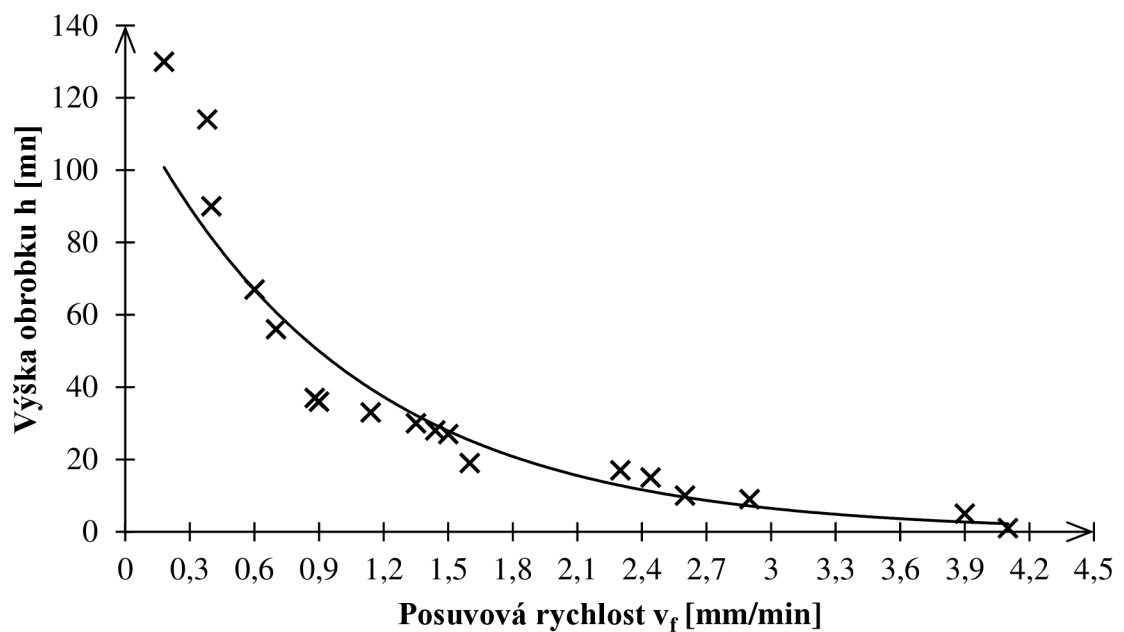
Po dokončení frézovacích a vrtacích operací, přišly na řadu operace elektroerozivního hloubení a drátového řezání. Pro tyto činnosti byly opět vyhotoveny operační návodky, jejich příklady jsou uvedeny v tab. 20 a tab. 21.

Tab. 20 Příklad operační návodky drátového řezání.

Operační návodka drátového řezání		Zhotovil: Martin Hrdlička		Datum: 19.4.2018		
Název dílu: Sdružená vložka 2		Stroj: Accutex AL 500SA				
						
Řezací drát: EDM TOP BRASS-WIRE CuZn37, průměr drátu: 0,25 mm [29].						
IP	T ON	T OFF	$W_t$	$W_v$	$W_a$	$v_f$
	[ $\mu$ s]	[ $\mu$ s]	[g]	[mm/s]	[bar]	[mm/min]
10	0,15	7	1 320	148,5	0,5	0,8
9	0,15	1	1 540	148,5	0,1	3
7	0,35	10	1 540	165	0,1	6

Řezací drát byl zvolen dle zkušeností a vybavení společnosti, jeho vlastnosti jsou uvedeny v příloze 5 [29]. Parametr IP je použitá technologie drátového řezání stroje Accutex AL 500SA.

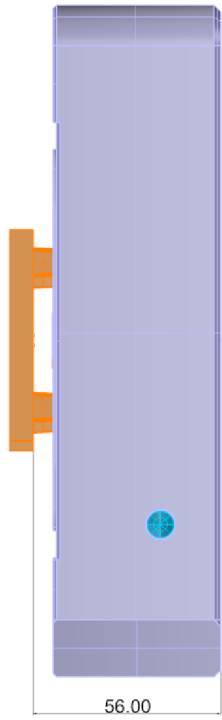
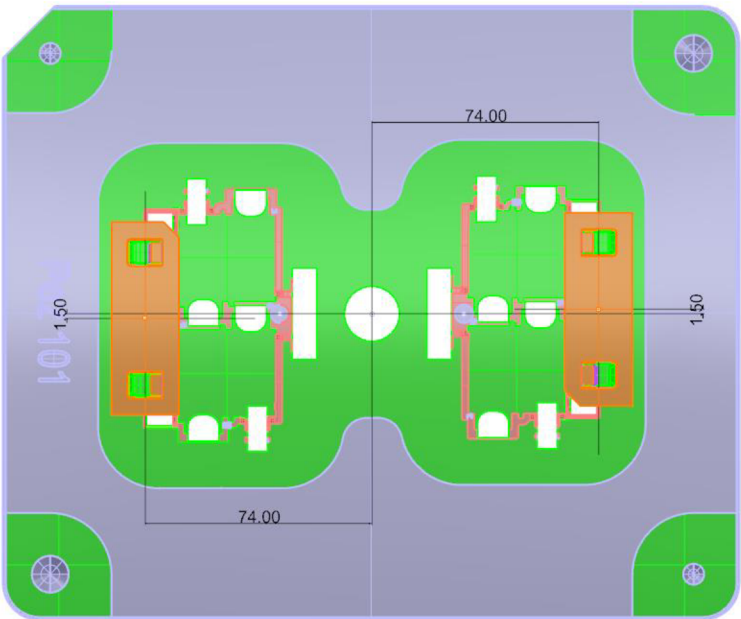
Hrubovací posuvová rychlost byla odečtena dle níže uvedeného grafického znázornění (obr. 43), který byl zkonstruován z použitých posuvových rychlostí z předchozích zakázek. Při řezání sružené vložky č. 2 o výšce polotovaru 50 mm byla odečtena posuvová rychlost 0,8 mm/min.



Obr. 43 Závislost hrubovací posuvové rychlosti na výšce obráběné součásti.

Podobně bylo postupováno i u volby posuvové rychlosti pro dokončovací operace.

Tab. 21 Příklad operační návodky hloubení.

Operační návodka hloubení		Zhotovil: Martin Hrdlička		Datum: 19.4.2018						
Název dílu: Tvárnice			Stroj: Oscarmax S500							
										
Nástroj	Hloubka [mm]	Přídavek				VDI	Ra [μm]	LV [A]	T ON [μs]	T OFF [μs]
		osy X; Y		osa Z						
		DZ [μm]	SR [μm]	DZ [μm]	SR [μm]					
A01-0,2	56,358	48	136	63	151	40	9,6	8	90	120
	56,208	36	96	51	111	38	8,3	6	60	90
	56,104	24	68	39	83	35	5,7	4	45	60
A01-0,1	56,046	12	32	27	47	30	3,1	2	30	45
	56,021	6	16	21	31	25	1,8	1	15	20

Parametr VDI určuje drsnost povrchu. Stupnice VDI se používá u elektroerozivní hloubení, proto je zde přidán i přibližný převod na častěji používanou stupnici střední aritmetické hodnoty drsnosti povrchu (Ra).

## 5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V následující kapitole je rozebráno technické a ekonomické zhodnocení návrhu výroby vstříkovací formy. Zhodnocení je zaměřeno převážně na jednotlivé druhy obrábění.

### 5.1 Technické zhodnocení

V následující tab. 22 jsou uvedeny jednotlivé časy potřebné k frézování uvedených dílů formy. Jednotkový strojní čas ( $t_{AS}$ ) byl odečten z operačních návodek zpracovaných pomocí programu Delcam PowerMill 2015. Čas potřebný k výměnám nástrojů během jednotlivých operací ( $t_{AXc}$ ) byl určen ze vztahu (2) a vedlejší jednotkový čas ( $t_{AV}$ ) byl určen experimentálně jako 10 % jednotkového strojního času potřebného k obrobení jednotlivých dílů (vztah 3).

Výpočet času potřebného k výměně nástrojů pro jednotlivé díly [30]:

$$t_{AXc} = t_{AX} \cdot q_n \quad (2)$$

Čas potřebný k jedné výměně nástroje byl stanoven na hodnotu 0,25 min. Tato hodnota byla stanovena podle experimentálního měření, které se uskutečnilo v nástrojárně společnosti. Počet výměn nástrojů odpovídá počtu použitých nástrojů v jednotlivých operacích.

$$t_{AXc1} = 0,25 \cdot 6 = 1,500 \text{ min}$$

Výpočet jednotkového vedlejšího času:

$$t_{AV} = t_{AS} \cdot 0,1 \quad (3)$$

$$t_{AV1} = 191,867 \cdot 0,1 = 19,187 \text{ min}$$

Tab. 22 Přehled doby frézování.

Název dílu	$t_{AS}$	$t_{AXc}$	$t_{AV}$
	[min]	[min]	[min]
Tvárnice	191,867	1,500	19,187
Tvárník	243,334	3,250	24,333
Sdružená vložka 1	38,567	0,750	3,857
Sdružená vložka 2	293,700	0,500	29,370
Sdružená vložka 3	353,267	0,500	35,327
Sdružená vložka 4	224,233	0,750	22,423
Tvarová deska pevné poloviny	692,224	1,250	69,222



Název dílu	$t_{AS}$	$t_{AXc}$	$t_{AV}$
	[min]	[min]	[min]
Tvarová deska pohyblivé poloviny	808,777	2,000	80,878
Kotevní deska	480,054	1,250	48,005
Opěrná deska	121,542	1,250	12,154
Rozpěry	42,965	0,250	4,297
Upínací deska pevné poloviny	157,869	1,250	15,787
Upínací deska pohyblivé poloviny	123,852	1,250	12,385
<b>Celkem</b>	<b>3 772,251</b>	<b>15,750</b>	<b>377,225</b>

Celkový operační čas potřebný pro frézovací operace byl stanoven podle vztahu (4) [30]:

$$t_A = t_{AS} + t_{AXc} + t_{AV} \quad (4)$$

$$t_A = 3\,772,251 + 15,750 + 377,225 = 4\,165,226 \text{ min}$$

V tab. 23 jsou vypsány operační časy potřebné na vrtací operace.

Tab. 23 Čas potřebný na vrtání.

Název dílu	$t_A$
	[min]
Tvárnice	150
Tvárník	120
Tvarová deska pevné poloviny	240
Tvarová deska pohyblivé poloviny	300
Kotevní deska	30
Opěrná deska	30
Upínací deska pevné poloviny	240
Upínací deska pohyblivé poloviny	90
<b>Celkem</b>	<b>1 200</b>

V následující tab. 24 je rozepsán časový plán elektroerozivního řezání. Jednotlivé dráhy byly změřeny pomocí programu Rhinoceros 5, tyto dráhy si operační systém stroje Accutex AL 500SA přepočítal z hlediska korekcí průměru drátu a přídavek na vytvoření jiskrové mezery.

Vedlejší čas potřebný k seřízení stroje a upnutí obrobků byl stanoven ze zkušeností nasbíraných z předchozích zakázek na 3 hodiny.

Tab. 24 Časový rozpis elektroerozivního řezání.

Operace	Dráha	$t_{AS}$	$t_{AV}$
	[mm]	[min]	[min]
<b>Tvárnice</b>			
Hrubování	971,830	1 214,788	-
Předdokončení		323,943	
Dokončení		161,972	
<b>Tvárník</b>			
Hrubování	951,860	1 189,825	-
Předdokončení		317,287	
Dokončení		158,643	
<b>Díry pro vyhazovače</b>			
Hrubování	628,160	785,200	-
Předdokončení		209,387	
Dokončení		104,693	
<b>Vložky tvárnice</b>			
Hrubování	1 020,422	1 275,527	-
Předdokončení		340,141	
Dokončení		170,070	
<b>Vložky tvárníku</b>			
Hrubování	999,453	1 249,316	-
Předdokončení		333,151	
Dokončení		166,576	
<b>Celkem</b>	<b>13 715,175</b>	<b>8 000,518</b>	<b>180</b>

V tab. 25 je mimo strojních a vedlejších časů rozepsán i počet potřebných elektrod pro operace elektroerozivního hloubení. Vedlejší čas byl opět určen z praktických zkušeností na 13 hodin.

Elektrody byly vyráběny souběžně s výrobou vstříkovací formy. Informace týkající se výroby jednotlivých elektrod byly určeny opět pomocí programu Delcam PowerMill 2015 a jsou vypsány do tab. 26.

Tab. 25 Přehled elektroerozivního hloubení.

Označení elektrody	Počet elektrod	$t_{AS}$	$t_{AV}$
		[min]	[min]
<b>Tvárnice</b>			
A01	2	23,541	-
A02	4	167,731	
A03	4	235,413	
A04	4	235,413	
A05	2	115,867	
A06	2	99,315	
A07	4	132,42	
A08	2	66,210	
A09	2	52,968	
A10	2	20,786	
<b>Tvárník</b>			
B01	2	40,225	-
B02	4	248,287	
B03	4	1 188,560	
B04	4	1 264,420	
B05	2	10,015	
B06	2	9,369	
B07	2	9,367	
B08	2	20,489	
B09	2	10,124	
B10	2	124,005	
<b>Vložky</b>			
C01	2	15,357	-
C02	2	10,206	
C03	2	19,863	
C04	4	68,969	
C05	2	20,690	
C06	2	15,753	
D01	4	147,133	
<b>Celkem</b>			
	72	4 372,496	780

Tab. 26 Výroba elektrod.

Elektroda	Počet	Rozměry [mm]			Celkový objem [mm <sup>3</sup> ]	t <sub>A</sub> [min]
		x	y	z		
A01	2	63	22	30	83 160	38,097
A02	4	38	22	28	93 632	74,727
A03	4	30	23	28	77 280	67,980
A04	4	19	19	34	49 096	124,887
A05	2	13	24	23	14 352	18,150
A06	2	28	19	28	29 792	25,703
A07	4	36	13	28	52 416	39,380
A08	2	63	16	32	64 512	35,163
A09	2	36	20	13	18 720	11,037
A10	2	82	23	20	75 440	34,577
B01	2	28	18	41	41 328	19,287
B02	4	36	13	41	76 752	54,707
B03	4	94	56	29	610 624	499,473
B04	4	94	58	33	719 664	862,620
B05	2	13	22	33	18 876	8,910
B06	2	17	15	33	16 830	17,673
B07	2	22	13	33	18 876	7,150
B08	2	12	13	30	9 360	5,170
B09	2	25	15	13	9 750	7,847
B10	2	32	20	19	24 320	14,410
C01	2	36	20	13	18 720	8,910
C02	2	82	23	20	75 440	19,690
C03	2	28	18	41	41 328	35,163
C04	4	36	13	41	76 752	54,707
C05	2	94	56	29	305 312	33,990
C06	2	94	58	33	359 832	5,170
D01	4	29	34	50	197 200	132,660
<b>Celkem</b>	<b>72</b>				<b>3 179 364</b>	<b>2 257,237</b>

Ukazatel materiálového využití [31]:

$$M_v = \frac{m_{\check{c}}}{m_h} \cdot 100 \quad (5)$$

$$M_v = \frac{17,27}{19,39} \cdot 100 = 89,05 \%$$

Ztráta materiálu připadající na jednici [31]:

$$Z_m = m_h - m_{\xi} \quad (6)$$

$$Z_m = 19,39 - 17,27 = 2,12 \text{ kg}$$

Tab. 27 Ukazatelé využití a ztrát materiálu hlavních dílů formy.

Název dílu	$m_h$ [kg]	$m_{\xi}$ [kg]	$M_v$ [%]	$Z_m$ [kg]
Tvárnice	19,39	17,27	89,05	2,12
Tvárník	17,11	13,60	79,48	3,51
Upínací deska pevné poloviny	37,43	33,29	88,93	4,14
Upínací deska pohyblivé poloviny	37,43	30,07	80,33	7,36
Tvarová deska pevné poloviny	105,87	78,64	74,28	27,23
Tvarová deska pohyblivé poloviny	105,87	79,80	75,38	26,07
Kotevní deska	11,52	9,66	83,85	1,86
Opěrná deska	14,91	12,98	87,06	1,93
Rozpěra	22,99	20,48	89,08	2,51

## 5.2 Ekonomické zhodnocení

Pro návrh nástroje bylo využito Moldflow analýzy, díky které bylo možné predikovat děje vznikající při vstřikování taveniny do dutiny nástroje, podle kterých se dále mohla upravovat vstřikovací forma. Náklady tuto analýzu byly stanoveny na 5 000 Kč.

Po schváleném konstrukčním návrhu nástroje se zajistil materiál a normálie pro jednotlivé části vstřikovací formy. Náklady spojené s těmito položkami jsou vypsány do tab. 28.

Tab. 28 Náklady na materiál a normálie formy.

Položka	Cena [Kč]
Materiál pro tvarové díly	20 320
Normálie	38 100
Materiál pro ostatní díly	38 100
<b>Celkem</b>	<b>96 520</b>

Náklady spjaté s frézovacími nástroji jsou rozepsány v tab. 29. V této tab. 29 jsou uvedeny provozní doby jednotlivých nástrojů, včetně ceny a trvanlivosti. Trvanlivost nástrojů byla stanovena z praktických zkušeností nasbíraných z používání těchto nástrojů v předešlých

zakázkách. Počet potřebných nástrojů byl v tab. 29 ponechán v desetinném čísle, protože se předpokládá, že se nástroje budou používat i pro budoucí zakázky.

Tab. 29 Náklady na frézovací nástroje.

Nástroj	Provozní doba [min]	Trvanlivost nástroje [min]	Potřebný počet nástrojů	Cena nástroje [Kč]	Cena vztažená k provozní době nástroje [Kč]
T1	890,323	450	1,978	527	1 042,667
T2	591,975	360	1,644	695	1 142,841
T3	285,213	270	1,056	675	713,033
T4	34,000	210	0,162	675	109,286
T5	83,858	360	0,233	656	152,808
T6	4,434	250	0,018	605	10,730
T7	214,431	360	0,596	695	413,971
T8	647,255	350	1,849	446	824,788
T9	289,788	420	0,690	476	328,426
<b>Celkem</b>					<b>4 738,549</b>

Kalírna firmy Bodycote HT, s.r.o. si naúčtovala 100 Kč/kg za tepelně zpracovanou vsázku. Náklady spojené s kalením byly vypočteny z následujícího vztahu (7):

$$N_k = c_k \cdot m_v \quad (7)$$

$$N_k = 100 \cdot 39,46 \doteq 4\,000 \text{ Kč}$$

Cena grafitu pro elektrody byla 1 250 Kč/dm<sup>3</sup>, náklady na materiál pro výrobu elektrod byl stanoven podle vztahu (8):

$$N_g = c_g \cdot V_{el} \quad (8)$$

$$N_g = 1\,250 \cdot 3,179 = 3\,974 \text{ Kč}$$

Objem elektrod lze poměrně snadno stanovit z polotovarů potřebných na jejich výrobu, ale blok grafitu se na rozměry polotovarů rozřezal na pásové pile, vzhledem k rozměrům polotovarů, poměrně nepřesně. S tímto faktem se musí počítat při pořizování materiálu pro výrobu grafitových elektrod.

Provozní náklady firmy jsou patrné z tab. 30.

**Uvedené hodinové sazby jednotlivých strojů jsou pouze ilustrační, uvedeny v přibližných hodnotách a slouží pouze k teoretickému výpočtu nákladů návrhu výroby vstřikovací formy vzhledem k povaze a citlivosti těchto dat.**

Tab. 30 Provozní náklady firmy.

Položka	Vynaložený čas [h]	Hodinová sazba [Kč]	Náklad [Kč]
Konstrukce nástroje	50	700	35 000
Tvorba výkresů	30	700	21 000
Tvorba programů	50	700	35 000
CNC frézka	69,420	650	45 123
CNC frézka (tvorba elektrod)	37,621	650	24 454
Vrtání	20	600	12 000
Elektroerozivní řezání	136,342	700	95 440
Elektroerozivní hloubení	85,875	750	64 407
Montáž	40	550	22 000
Kontrola	21	700	14 700
<b>Celkem</b>			<b>369 124</b>

Výrobní náklady byly vypočítány podle vztahu (9):

$$N_v = N_p + N_g + N_k + N_n + N_m + N_a \quad (9)$$

$$N_v = 369\,124 + 3\,974 + 4\,000 + 4\,739 + 96\,520 + 5\,000 = 483\,357 \text{ Kč}$$

Při výpočtech nákladů byla určena i cena za frézovací nástroje. Náklady za nástroje pro vrtání (vrtáky, závitníky) společně s řezacím drátem pro elektroerozivní řezání jsou již započteny v hodinové sazbě jednotlivých položek. To platí i pro náklady spojené s procesní kapalinou a dielektrikem, potřebným pro elektroerozivní obrábění.

Dopravní náklady spojené s výrobou nástroje činily 7 000 Kč.

Celkové náklady:

$$N_c = N_v + N_d \quad (10)$$

$$N_c = 483\,357 + 7\,000 = 490\,357 \text{ Kč}$$



Předpokládaná cena nástroje: 630 000 Kč.

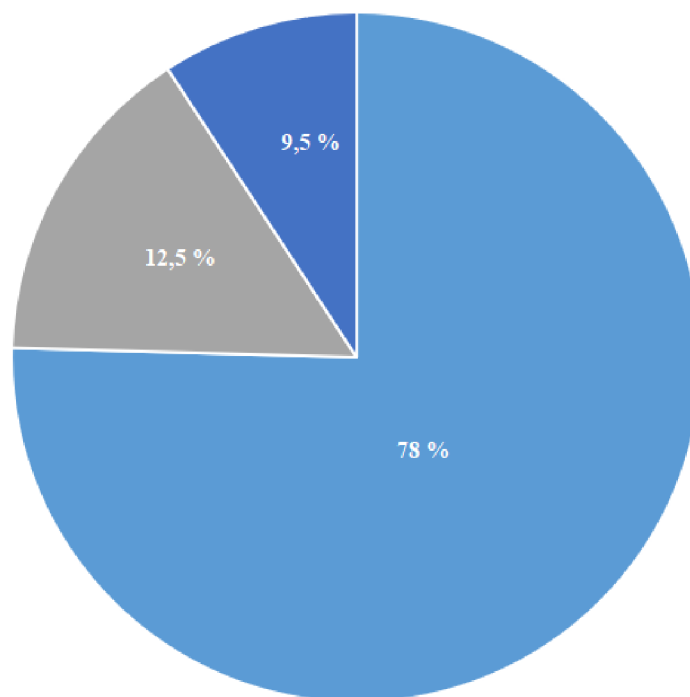
Funkčnost vstřikovací formy a rozměry vstřikovaného dílce jsou kontrolovány s daty, porovnávány s měrovými protokoly a na základě nich jsou prováděny korekční smyčky nástroje. V nákladech na zkoušku jsou započteny dvě 8 hodinové směny ve vstřikovně a 16 hodin provozu nástrojárny, za předpokladu jedné korekční smyčky. Částka 20 000 Kč je pouze předpokládaná a je určena ze zkušeností z předchozích zakázek. Před předáním nástroje byly provedeny tři funkční zkoušky.

Předpokládaný zisk z prodeje nástroje:

$$Z = 630\,000 - N_c - 3 \cdot N_z \quad (11)$$

$$Z = 630\,000 - 490\,357 - 3 \cdot 20\,000 = \mathbf{79\,643\,Kč}$$

Přehledněji jsou vypočtené hodnoty vyneseny do koláčového grafu (obr. 44), který znázorňuje i procentuální část nákladů a zisku na celkové ceně nástroje.



Předpokládaná cena nástroje: 630 000 Kč

■ Celkové náklady; 490 357 Kč ■ Předpokládaný zisk; 79 643 Kč ■ Náklady na zkoušky; 60 000 Kč

Obr. 44 Grafické znázornění podílu předpokládaného zisku a nákladů na celkové ceně nástroje.

## ZAVĚR

V bakalářské práci byla popsána technologie vstřikování, která ke zpracování plastů využívá vstřikovací stroj a formu. Následně byla popsána funkce vstřikovací formy a jednotlivých dílů tohoto nástroje. Praktická část obsahuje návrh výroby samotné vstřikovací formy pro plastový dílec sloužící jako zásuvný modul elektrotechniky automobilu. Návrh výroby je usměrněn podle dispozicí strojního parku společnosti Gamartis Trade s.r.o. a je doplněn o operační návodky. Při dodržení těchto návodků lze předpokládat dosažení následujících výsledků:

- ukazatel využití materiálu téměř všech dílů přesahuje hodnotu 80 %, což poukazuje na správný konstrukční návrh nástroje,
- výrobní náklady nástroje byly vypočteny na 490 357 Kč,
- předpokládané náklady na zkoušky byly stanoveny na 60 000 Kč,
- zisk byl vyčíslen na 79 643 Kč.

Při návrhu výroby bylo využito různých typů programů, sloužících k produkci vstřikovací formy.

Převod modelů součástí mezi prostředím jednotlivých programů může způsobovat rozpad dat, což zvyšuje náročnost výroby. Doporučením pro společnost je přechod na integrovaný systém návrhu, konstruování a výroby např. CATIA. Nevýhodou přechodu se jeví vysoká licenční cena. Naopak progresem přechodu je fakt, že firmy z automobilového průmyslu již tento systém používají.

Závěrem lze konstatovat, že všechny vytyčené cíle bakalářské práce byly splněny.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] LENFELD, P. *Technologie vstřikování* [online]. 2016 [cit. 2018-03-28]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [2] AUSPERGER, A. *Technologie zpracování plastů* [online]. 2016 [cit. 2018-03-28]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Uvod.html>
- [3] SEIDL, M. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. 2016 [cit. 2018-03-28]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/02.html>
- [4] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 2016 [cit. 2018-04-07]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [5] SOVA, M. a J. KREBS. *Termoplasty v praxi: Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. Praha: Verlag Dashofer, 2001, 2 sv., různé stránkování.
- [6] KANDUS, B. *Postup při stanovení technických dat (parametrů) pro technologii vstřikování plastů: Podklady pro cvičení*. Fakulta strojního inženýrství VUT Brno, 2014.
- [7] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [8] NEUHÄUSL, E. *Snížení rizika vzniku vad při vstřikování plastových dílů*. [online]. 2010 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/snizeni-rizika-vzniku-vad-pri-vstrikovani-plastovych-dilu.html>
- [9] NEUHÄUSL, E. Vlhký materiál (PP + minerální plnivo). In: *Vady výstřiků – 3. díl: Vady vzhledové* [online]. 2010 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-3-dil-vady-vzhledove.html>
- [10] *Podtlakové sušení navlhavých materiálů*. [online]. 2002 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/podtlakove-suseni-navlhavych-materialu.html>

- [11] STÄUBLI. *Průvodce k výběru upínacích systémů od firmy STÄUBLI pro vstřikovací formy v plastikařině* [online]. 2011 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: [http://www.svetplastu.eu/doc/SP3\\_KVETEN\\_2011\\_PART18.pdf](http://www.svetplastu.eu/doc/SP3_KVETEN_2011_PART18.pdf)
- [12] KOHOUTEK, J. *Upínání forem a doporučení pro zpracování plastů a pryže* [online]. 2011 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/upinani-forem-a-doporuceni-pro-zpracovani-plastu-a-pryze.html>
- [13] HYNEK, M., Š. HELLER a E. MÜLLER. *Temperace vstřikovacích forem* [online]. 2013 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Temperace\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf)
- [14] LENFELD, P. *Vstřikování plastů* [online]. b.r. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm)
- [15] HENDRYCH, J., A. WEBER a J. DOLEŽEL. *Standardizace rámců a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. Vydání první. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986, 360 stran : ilustrace. ISBN 678.057:621. 746.073.
- [16] HYNEK, M., E. MÜLLER a Š. HELLER. *Rámy vstřikovacích forem* [online]. 2013 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Ramy\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf)
- [17] HYNEK, M., E. MÜLLER a Š. HELLER. *Vyhazovací sestava a vyhazovače* [online]. 2013 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Vyhazovaci\\_sestava\\_a\\_vyhazovace.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf)
- [18] ŽÁK, L. *Vstřikovací formy* [online]. 2008 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)
- [19] Meusburger. *E-dily* [online]. b.r. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/produkty/vyroba-nastroju-a-forem/e-dily>

- [20] HYNEK, M., E. MÜLLER a Š. HELLER. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. 2013 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Studene\\_a\\_zive\\_vtokove\\_systemy.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf)
- [21] Tváření plastů a výroba forem II. *Uspořádání vtoků* [online]. 2014 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-form-ii/>
- [22] HYNEK, M., E. MÜLLER a Š. HELLER. Horké vtoky. *Horké vtoky* [online]. 2013 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Horke\\_vtoky.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf)
- [23] DME. *Hot runner system* [online]. 2012 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.dmeeu.com/cz/news/d/detail/new-zenith-valve-gate-hot-runner-system-improves-thermal-profile-5>
- [24] LMT TOOLS. *FETTE AKCE - VBD Kieninger* [online]. b.r. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.lmt-fette.cz/Files/Akce/FETTEAKCE-VBDKieninger.pdf>
- [25] HAM Precision. *HAM Endmill Catalog* [online]. b.r. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.hamprecision.com/pdfs/HAM%20Endmill%20Catalog.pdf>
- [26] Stim Zet. *Vrtáky s válcovou stopkou* [online]. b.r. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: [http://www.stimzet.cz/data/vrtaky\\_valcove.html](http://www.stimzet.cz/data/vrtaky_valcove.html)
- [27] NAREX Ždánice. *Strojní závitníky* [online]. b.r. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.narexzd.cz/strojni-zavitniky/>
- [28] JKZ. *Nástrojové oceli* [online]. b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/>
- [29] ELERO. *Rezacie drôty* [online]. b.r. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: [http://www.elero.sk/storage/sk\\_katalogy/1.\\_Rezacie\\_droty.pdf](http://www.elero.sk/storage/sk_katalogy/1._Rezacie_droty.pdf)
- [30] HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I: VÝPOČTOVÁ CVIČENÍ: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. 2003 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_vypoctova\\_cv.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_vypoctova_cv.pdf)
- [31] KOČMAN, K a J. PERNIKÁŘ. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT II - obrábění* [online]. 2002 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt\\_II-obrabeni.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
ABS	-	akrylonitrilbutadienstyren
C	-	uhlík
Cr	-	chrom
CAD	-	Computer Aided Design počítačová podpora projektování
CAM	-	Computer Aided Manufacturing počítačová podpora obrábění
HRC	-	tvrdost podle Rockwella
IP	-	technologie řezání
Mn	-	mangan
Mo	-	molybden
PA	-	polyamid
PA 6	-	standartní polyamid, navlhavý
PC	-	polykarbonát
PE-HD	-	polyetylen vyšší hustoty
PE-LD	-	polyetylen nižší hustoty
PMMA	-	polymethylmethakrylát
POM	-	polyoxymetylen
PP	-	polypropylen
PS	-	polystyren
PSU	-	polysulfonát
PVC-P	-	měkčený polyvinylchlorid
T ON	[ $\mu$ s]	zapnutý cyklus
T OFF	[ $\mu$ s]	vypnutý cyklus
V	-	vanad
VBD	-	vyměnitelná břitová destička
VDI	-	drsnot povrchu používaná u elektroerozivního obrábění
W	-	wolfram

Symbol	Jednotka	Popis
A <sub>P</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	plocha výstřiku
D <sub>k</sub>	[mm]	průměr rozváděcího kanálku vtokového systému
DZ	[ $\mu$ m]	šířka pracovní mezery
F <sub>P</sub>	[kN]	přidržovací síla
L	[mm]	délka vtokového kanálku pro jednu tvarovou dutinu
LV	[A]	špičkový proud

Symbol	Jednotka	Popis
$M_v$	[%]	ukazatel využití materiálu
$N_a$	[Kč]	náklady na Moldflow analýzu
$N_c$	[Kč]	celkové náklady
$N_d$	[Kč]	náklady na dopravou
$N_g$	[Kč]	náklady na materiál elektrod
$N_k$	[Kč]	náklady na kalení
$N_m$	[Kč]	náklady pro nákup materiálu a normálií nástroje
$N_n$	[Kč]	náklady na frézovací nástroje
$N_p$	[Kč]	provozní náklady
$N_v$	[Kč]	výrobní náklady
$N_z$	[Kč]	náklady na zkoušku
$R_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	střední aritmetická hodnota drsnosti povrchu
$SR$	[ $\mu\text{m}$ ]	šířka pracovní mezery u planetového pohybu
$V_{el}$	[ $\text{dm}^3$ ]	celkový objem elektrod
$W_a$	[bar]	výplach
$W_t$	[g]	napětí řezacího drátu
$W_v$	[mm/s]	rychlost odvíjení drátu
$Z$	[Kč]	zisk
$Z_m$	[kg]	ztráta materiálu připadající na jednici
$c_g$	[Kč/ $\text{dm}^3$ ]	cena grafitu
$c_k$	[Kč/kg]	cena vsázky určené pro kalení
$h$	[mm]	výška obrobku
$m_{\check{c}}$	[kg]	čistá hmotnost
$m_h$	[kg]	hrubá hmotnost
$m_v$	[kg]	hmotnost vsázky
$n$	[1/min]	otáčky vřetene
$n_T$	-	násobnost formy
$p_v$	[MPa]	vstříkovací (plnicí) tlak
$q_n$	-	počet výměn nástrojů
$t_A$	[min]	celkový operační čas
$t_{AS}$	[min]	celkový jednotkový strojní čas
$t_{AV}$	[min]	celkový jednotkový vedlejší čas
$t_{AX}$	[min]	čas jedné výměny nástroje
$t_{AXc}$	[min]	celkový čas potřebný pro výměny nástrojů
$v_f$	[mm/min]	posuvová rychlost



**SEZNAM PŘÍLOH**

- |           |  |
|-----------|--|
| Příloha 1 | Tabulka materiálových hodnot.  |
| Příloha 2 | Parametry vstříkovacího stroje ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION.                      |
| Příloha 3 | Operační návody výroby tvárníku.   |
| Příloha 4 | Obrázková dokumentace vygenerovaných drah nástrojů z programu Delcam PowerMill 2015. |
| Příloha 5 | Vlastnosti použitého drátu pro elektroerozivní řezání.                               |

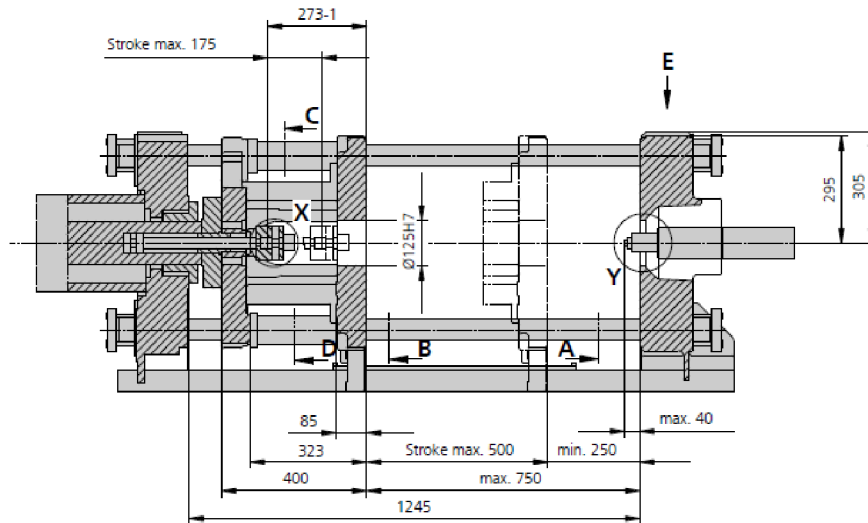
### Materiálové hodnoty

Materiál zkr.		Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]	Teplota odformov. [°C]	Vstřikov. tlak [bar]	Dotlak [bar]	Zpětný tlak [bar]	Tvářecí tlak [bar]	Měrná teplotní vodivost [mm <sup>2</sup> /s]	Smrštění II [%]	Smrštění ⊥ [%]
PE-HD	k	0,95	250-300	20-60	40-75	600-1350	300-800	60-90	200-600	0,078	1,4-2,5	1,2-2,2
PE-LD	k	0,92	210-250	20-40	30-65	600-1350	300-800	40-80	200-600	0,087	1,8-3,5	1,8-3,0
PP	k	0,91	220-290	20-60	45-80	800-1400	500-1000	60-90	300-650	0,067	1,5-2,5	1,5-2,5
PS	a	1,05	160-230	20-70	20-60	650-1550	350-800	40-80	150-350	0,086	0,2-0,6	0,2-0,6
SB	a	1,05	160-250	30-70	20-65	650-1550	350-900	40-80	200-400		0,5-0,6	0,5-0,6
SAN	a	1,08	200-260	40-80	35-85	650-1550	350-900	40-80	250-450	0,086	0,4-0,6	0,4-0,6
ABS	a	1,06	180-260	50-85	35-90	650-1550	400-900	40-80	300-550	0,084	0,4-0,8	0,4-0,8
PMMA	a	1,18	220-250	60-90	50-110	950-1400	500-1150	80-120	350-550	0,074	0,2-0,8	0,2-0,8
PVC-U	a	1,38	160-180	20-60	45-100	950-1550	500-900	40-80	250-500	0,073	0,7-1,2	0,7-1,2
PVC-P	a	1,28	150-170	20-50	25-55	400-1550	300-600	40-80	150-300	0,072	0,8-3,5	0,8-3,5
PA 6	k	1,14	230-260	40-100	50-110	450-1550	400-900	40-80	350-550	0,089	0,6-2,1	1,0-2,2
PA 66	k	1,15	270-295	50-120	75-150	650-1550	500-1050	40-80	450-750	0,089	1,2-1,9	1,2-2,2
PA 610	k	1,06	220-260	40-100	40-85	450-1550	350-900	40-80	300-500	0,089	0,8-2,0	1,2-2,5
PA 11	k	1,04	200-250	40-100	60-130	450-1550	400-900	40-80	350-550	0,089	0,8-1,4	1,2-2,0
PA 12	k	1,02	200-250	40-100	40-100	550-1550	450-1000	60-90	350-550	0,089	0,8-1,4	1,2-2,0
POM	k	1,42	185-215	80-120	60-130	800-2000	600-1300	40-80	550-1050	0,059	1,6-2,2	2,2-2,6
PC	a	1,20	290-320	70-120	60-130	950-1600	600-1300	80-120	350-650	0,112	0,6-0,8	0,6-0,8
PPO	a	1,06	245-290	70-110	65-110	950-1600	600-1200	60-90	350-600		0,5-0,8	0,5-0,8
PET	k	1,37	260-280	50-140	75-150	800-1500	550-1100	70-110	450-750	0,097	0,5-2,0	0,5-2,0
PBT	k	1,30	230-270	40-80	60-120	800-1500	500-1000	60-100	400-700	0,089	1,7-2,3	1,7-2,3
PPS	k	1,36	300-360	20-200	120-190	750-1500	400-750	40-80	350-650		0,2-0,4	0,8-1,0
PSU	a	1,24	320-390	100-160	100-190	900-1400	500-1100	80-120	400-600		0,5-0,9	0,5-0,9
PEI	a	1,27	340-425	100-175	135-190	750-1500	400-750	40-80	350-650		0,1-0,4	0,3-0,6
CA	a	1,28	185-225	40-60	35-80	650-1350	350-800	40-80	250-450	0,085	0,3-0,6	0,3-0,6

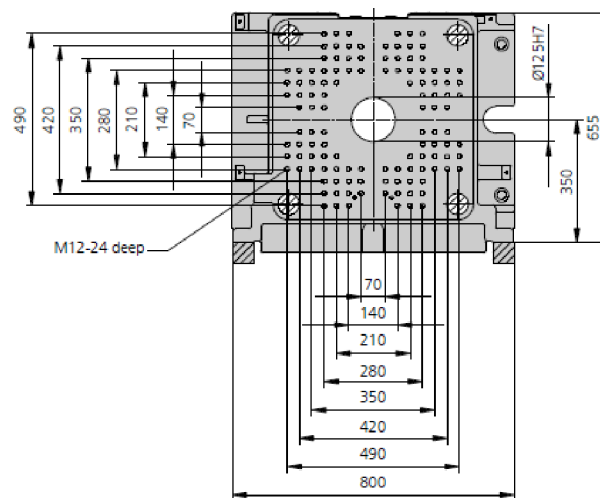
## Technical data

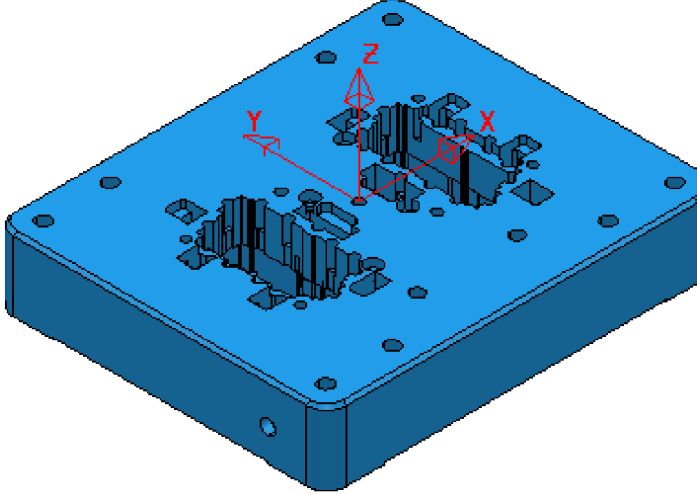
## 420 C GOLDEN EDITION

Clamping unit		420 C GOLDEN EDITION		
with clamping force	max. kN	1000		
Opening force   stroke	max. kN   mm	250   500		
Mould height, fixed   variable	min. mm	250   ---		
Platen daylight fixed   variable	max. mm	750   ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm	420 x 420		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	570 x 570		
Weight of movable mould half	max. kg	600		
Ejector force   stroke	max. kN   mm	40   175		
Dry cycle time EUROMAP 2	min. s - mm	1,8 - 294		
Injection unit		290		
with screw diameter	mm	30	35	40
Effective screw length	L/D	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm	150		
Calculated stroke volume	max. cm <sup>3</sup>	106	144	188
Shot weight	max. g PS	97	132	172
Material throughput	max. kg/h PS	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1530
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1530
Injection flow 2	max. cm <sup>3</sup> /s	102	140	182
Screw circumferential speed 2	max. m/min	46	54	62
Screw torque	max. Nm	320	380	430
Nozzle contact force   retraction stroke	max. kN   mm	60   240		
Heating capacity   zones	kW	6,4   5		
Feed hopper	l	50		
Drive and connection		2 pumps		
with injection unit		290		
Net weight of machine	kg	3650		
Sound press. level   Insecurity 4	dB(A)	68   3		
Oil filling	l	235		
Drive power 2	max. kW	15		
Electrical connection 3	kW	24		
	Total	80		
	Machine	---		
	Heating	---		
Cooling water connection	max. °C	30		
	min. Δp bar	1,5   DN 25		



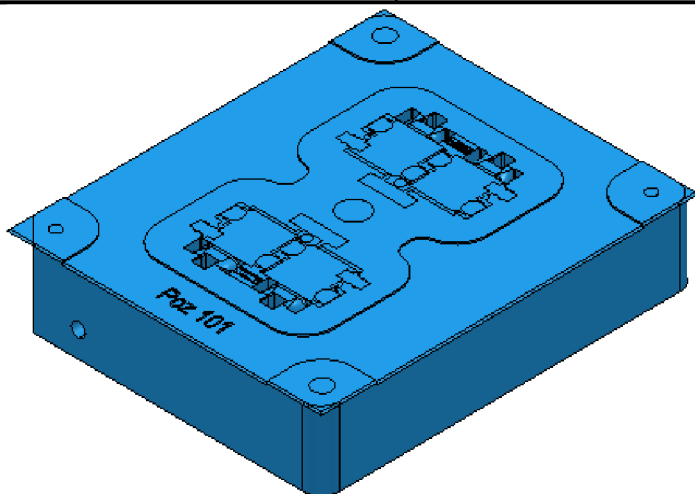
Fixed mould mounting platen | A



Operační návodka frézování				
Zhotovil: Martin Hrdlička		Datum: 12.4.2018	List: 1/1	
Číslo operace: 09/09		Název dílu: Tvárník		
Polotovary: 140,5 x 200,5 x 45		Stroj: DMU 105V Linear		
				
Název úseku Strategie obrábění	$v_f$ [mm/min]	$n$ [1/min]	$t_{AS}$ [min]	Nástroj
a1 Hrubování konturováním	750	4 000	3,700	T1
b1 Hrubování konturováním	1 000	6 000	4,400	T8
c1 Hrubování konturováním	2 000	5 800	8,966	T2
d1 Hrubování konturováním	600	9 000	62,600	T2

## Operační návodka frézování

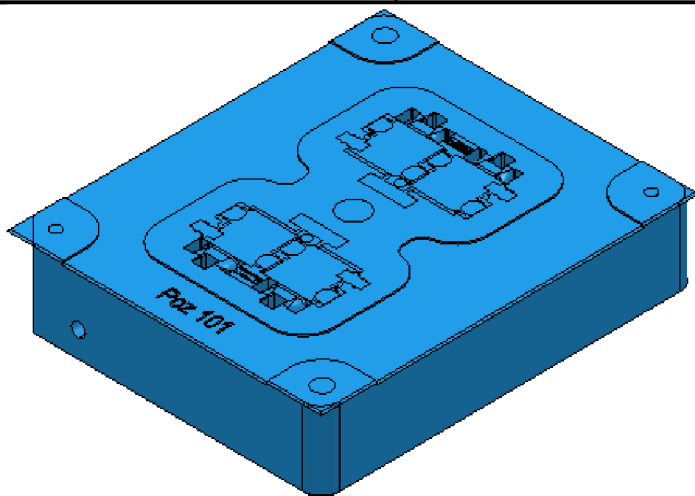
<b>Zhotovil:</b> Martin Hrdlička	<b>Datum:</b> 12.4.2018	<b>List:</b> 1/2
<b>Číslo operace:</b> 10/10	<b>Název dílu:</b> Tvárník	
<b>Polotovár:</b> 140,5 x 200,5 x 45	<b>Stroj:</b> DMU 105V Linear	



Název úseku Strategie obrábění	$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
	[mm/min]	[1/min]	[min]	
2a1 Hrubování konturováním	750	4 000	74,866	T1
2b1 Hrubování konturováním	1 000	5 800	12,134	T2
2c1 Hrubování konturováním	700	13 000	2,600	T3
2d1 Hrubování konturováním	400	22 000	13,7	T4
2d2 Řádkování	400	22 000	9,500	T4
2e1 Plošný offset	750	4 000	2,566	T1
2f1 Hladina Z	500	5 800	4,134	T2
2f2 Plošný offset	500	5 800	0,800	T2
2f3 Roh perem	500	5 800	0,466	T2
2g1 Hladina Z	600	9 000	10,534	T5

## Operační návodka frézování

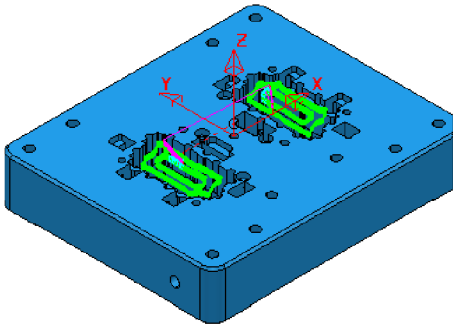
<b>Zhotovil:</b> Martin Hrdlička	<b>Datum:</b> 12.4.2018	<b>List:</b> 2/2
<b>Číslo operace:</b> 10/10	<b>Název dílu:</b> Tvárník	
<b>Polotovár:</b> 140,5 x 200,5 x 45	<b>Stroj:</b> DMU 105V Linear	



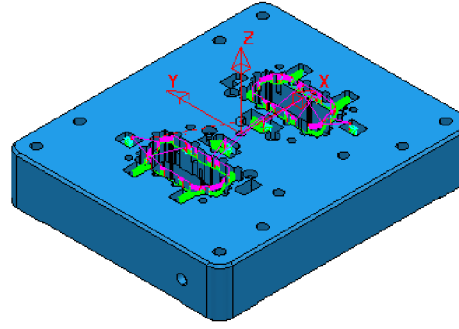
Název úseku Strategie obrábění	$v_f$	$n$	$t_{AS}$	Nástroj
	[mm/min]	[1/min]	[min]	
2g2 Roh perem	600	9 000	0,534	T5
2h1 Hladina Z	500	14 000	3,734	T6
2h2 Řádkování	500	14 000	0,166	T6
2h3 Roh perem	500	14 000	0,534	T6
2i1 Hladina Z	400	22 000	1,334	T4
2i2 Řádkování	400	22 000	9,466	T4
2j1 Roh perem	800	8 000	1,334	T7
2k1 Hladina Z	800	8 000	8,200	T7
2l1 Hladina Z	800	8 000	5,500	T7
2l2 Řádkování	800	8 000	1,566	T7



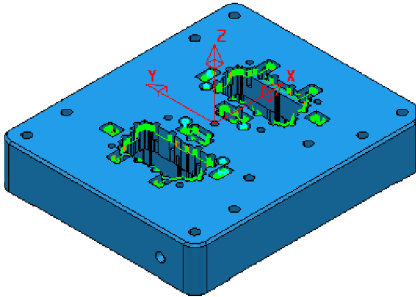
# PŘÍLOHA 4



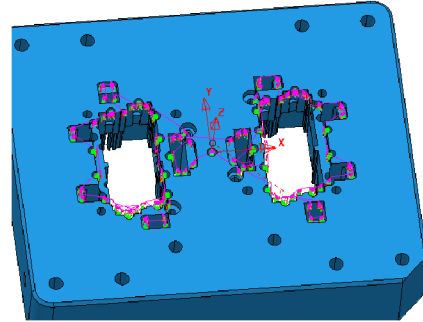
úsek a1



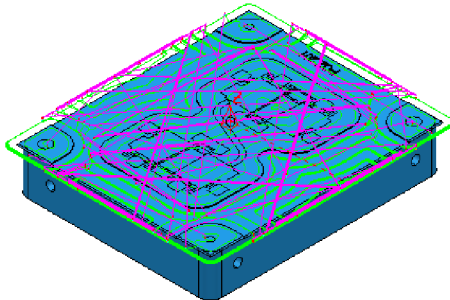
úsek b1



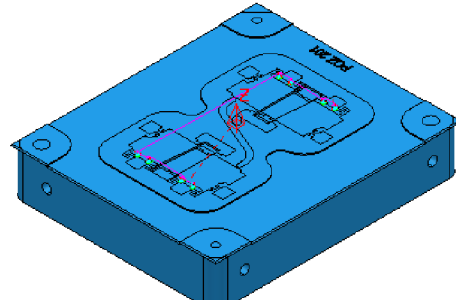
úsek c1



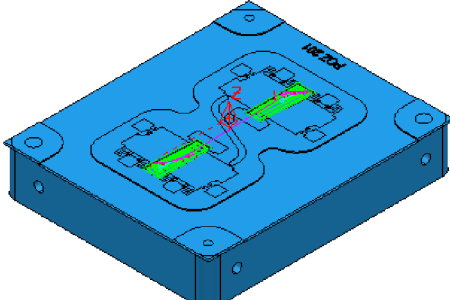
úsek d1



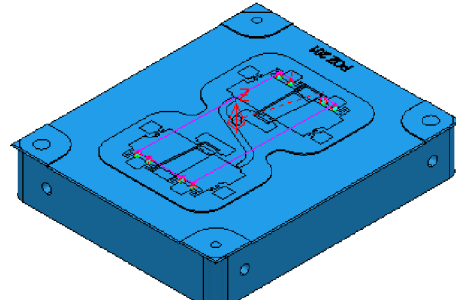
úsek 2a1



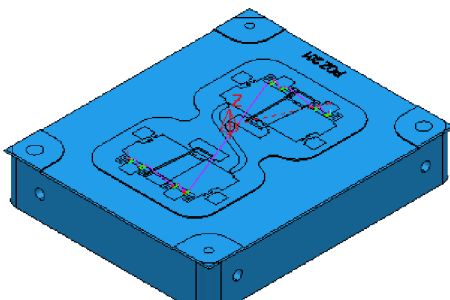
úsek 2b1



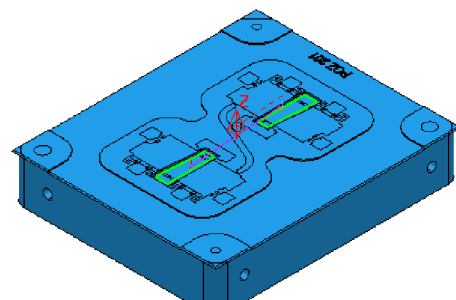
úsek 2c1



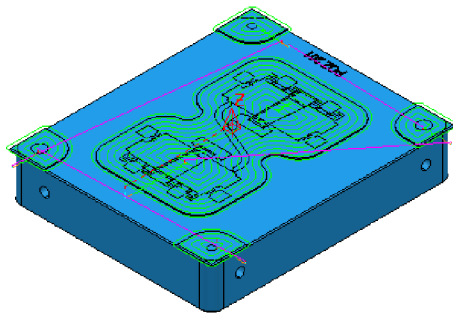
úsek 2d1



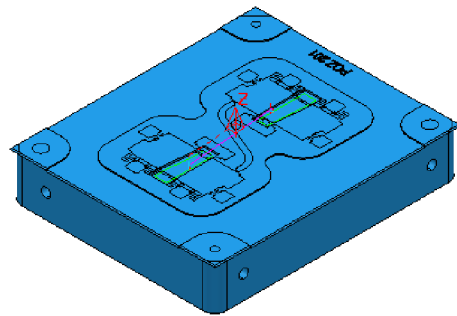
úsek 2d2



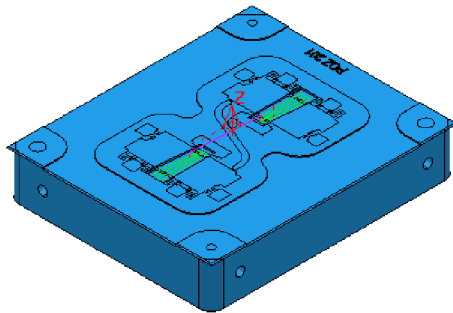
úsek 2e1



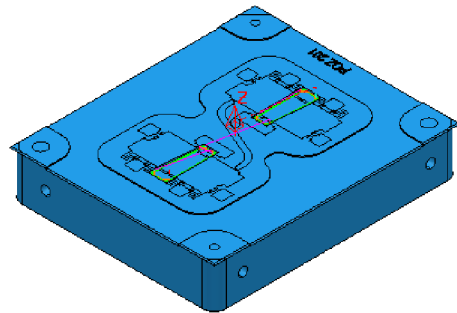
úsek 2f1



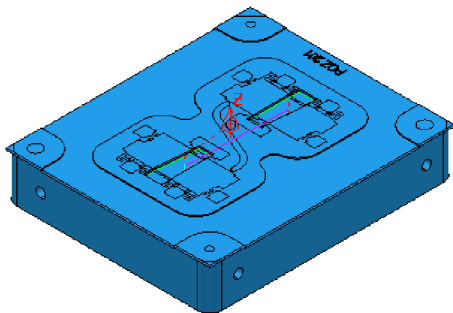
2f2



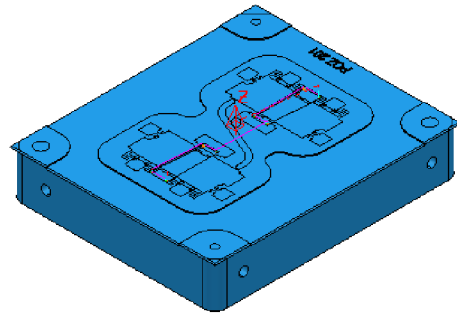
úsek 2f3



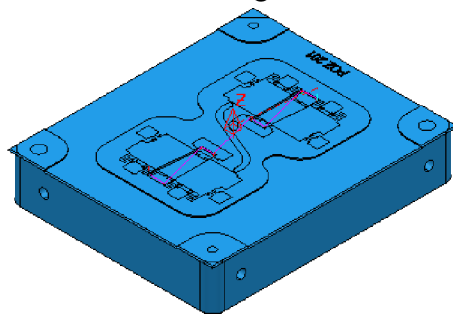
úsek 2g1



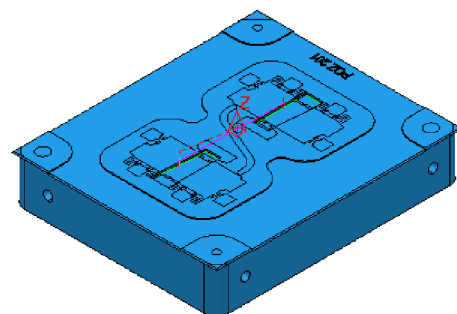
úsek 2g2



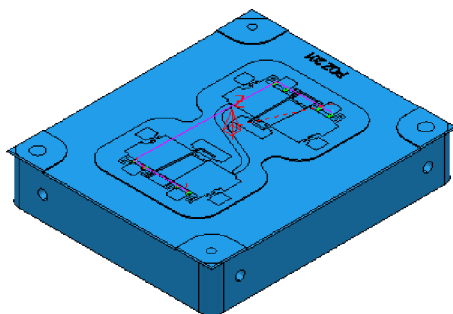
úsek 2h1



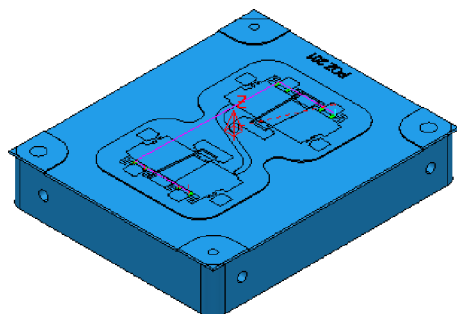
úsek 2h2



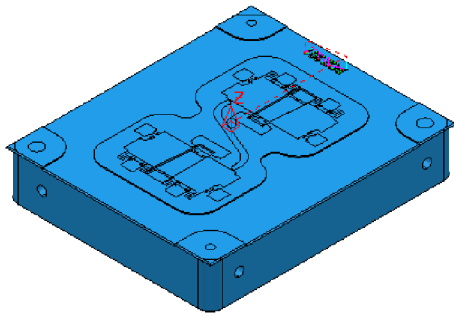
úsek 2h3



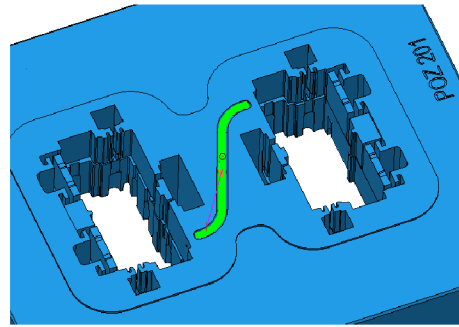
úsek 2i1



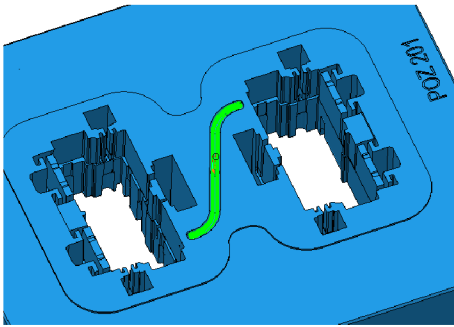
úsek 2i2



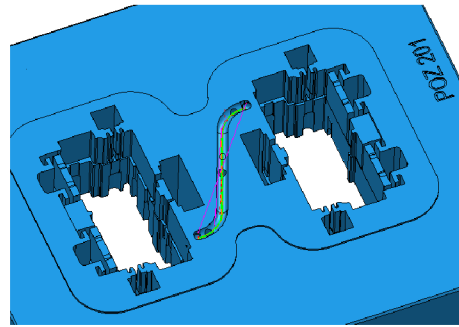
úsek 2j1



úsek 2k1



úsek 2i1



úsek 2l2

## PŘÍLOHA 5

ELERO, s.r.o.  
Považská Teplá 28  
017 05 Považská Bystrica

Tel.: 00421 42 4331991-2  
Mobil: 00421 907 411 787  
Fax/Tel.: 00421 42 4331990

### Rezacie drôty

#### *Mosadzné rezacie drôty CuZn37*

(CuZn37 = optimálne zloženie mosadzných rezacích drôtov)

Značkový európsky rezací drôt vysokej kvality - vysoko čistý, bezparafínový



CuZn37

### " EDM TOP BRASS-WIRE "

#### EDM TOP BRASS-WIRE CuZn37 s pevnosťou v ťahu 900 N/mm<sup>2</sup>

Objednávacie číslo	Priemer (mm)	Pevnosť v ťahu (N/mm <sup>2</sup> )	Veľkosť cievky	Množstvo drôtu na cievke (kg)	Počet cievok v balení
191210	0,10	900	K125	3,5 / 4	1
191215	0,15	900	K125	3,5 / 4	1
191220	0,20	900	K125	3,5 / 4	4
191620	0,20	900	K160	7 / 8	2
192020	0,20	900	K200	16	1
190520	0,20	900	P5	5	2
191225	0,25	900	K125	3,5 / 4	4
<b>191625</b>	<b>0,25</b>	<b>900</b>	<b>K160</b>	<b>7 / 8</b>	<b>2</b>
192025	0,25	900	K200	16	1
190525	0,25	900	P5	5	2
191025	0,25	900	P10	10	2
191525	0,25	900	P15	20	1
191230	0,30	900	K125	3,5 / 4	4
191630	0,30	900	K160	7 / 8	2
192030	0,30	900	K200	16	1
190530	0,30	900	P5	5	2

**ELERO**  
Equipment for EDM  
Potreby pre elektroeróziu