

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Konstrukce dopravní a manipulační techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh vstříkovací formy s horkou vtokovou soustavou pro výlisek
z termoplastu

Autor: **Jan PROKEŠ**

Vedoucí práce: **Ing. Martin Gorschenek**

Akademický rok 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jar. PROKEŠ**
Osobní číslo: **S13B0070P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh vstřikovací formy s horkou vtokovou soustavou pro výrobek z termoplastu**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování:

Základní požadavky:

Navrhněte vstřikovací formu, s horkou vtokovou soustavou, pro výrobek z termoplastu. Výrobek bude zhotoven jednonásobným vstřikováním.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod do problematiky vstřikování plastů
2. Rešerše možných řešení
3. Návrh konstrukce vstřikovací formy
4. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

BOBČÍK, L. A KOL. *Formy pro vstřikování plastů - I DÍL Vstřikování termoplastů.*
Brno: Uniplast, 1999

ZEMAN, L. *Vstřikování plastů. 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2009*

LENFELD, P. *Technologie II - 2. část, zpracování plastů. Liberec: TU Liberec, 2006*


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Martin Gorschenek**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Martin Gorschenek**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Gorschenkovi a konzultantovi Ing. Tomáši Podlenovi za vedení a připomínkování mé práce.

Dále bych rád poděkoval zaměstnancům firmy Spojené kartáčovny a.s., jmenovitě Ing. Zdeňku Smejkalovi a Ing. Františku Nováčkovi za praktické rady a umožnění návštěvy podniku Spokar.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Prokeš	Jméno Jan		
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Gorschenek	Jméno Martin		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh vstřikovací formy s horkou vtokovou soustavou pro výlisek z termoplastu			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	45	TEXTOVÁ ČÁST	34	GRAFICKÁ ČÁST	11
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>V této bakalářské práci se autor zaměřuje na problematiku vstřikování plastů. V první části je popsán proces vstřikování, vstřikovací stroje a nástroje. Druhá část bakalářské práce je zaměřena na praktický návrh formy s horkou vtokovou soustavou pro zubní kartáček. Cílem práce je řešit problematiku vstřikování plastů a kompletní návrh formy. Práce přináší pohled na problematiku vstřikování konkrétního výrobku v podobě zubních kartáčků.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Plasty, vstřikování plastů, horký vtokový systém, vstřikovací forma</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Prokeš	Name Jan	
FIELD OF STUDY	2301R016 „Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Gorschenek	Name Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of injection mold with hot intake system for thermoplastic product		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	45	TEXT PART	34	GRAPHICAL PART	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	In this bachelor's thesis, the author focuses on an issues of injection molding. The first part describes the process of injection molding, injection molding machines and tools. The second part of the thesis focuses on the design of the mold with hot runner system for a toothbrush. The aim is to research the issue and complete plastic injection mold design. The work gives an insight into the problems of injecting a particular product in the form of toothbrushes.
KEY WORDS	Plastic, injection molding, hot runner system, hot intake system, injection mold

Přehled použitých zkratk a symbolů

uzavírací síla	F_u	[N]
posuvová síla	F_p	[N]
doba uzavření formy	t_{sl}	[s]
doba otevření formy	t_{s3}	[s]
doba plastikace	t_{pl}	[s]
doba chladnutí	t_{ch}	[s]
teplota formy	T_F	[C°]
teplota taveniny	T_T	[C°]
výkon	P	[W]
síla	F	[N]
tlak	p	[Pa]
plocha	S	[m ²]
počet dutin	n	[-]
celkový počet požadovaných výrobků	N	[ks]
doba vstřikovacího cyklu	t_c	[s]
doba produkce	t_p	[h]
mass flow rate (hmotnostní index toku taveniny)	MFR	[kg/s]
koeficient využití výrobního času	k	(0,7-0,9)
PA	polyamid	
POM	polyoxymetylen	
PET	polyethylentereftalát	
PVC	polyvinylchlorid	
PE	polyethylen	
ABS	akrylonitrilbutadienstyren	
PP	polypropylen	
HRC	zkouška tvrdosti podle Rockwella	

1	ÚVOD	7
2	CÍLE PRÁCE	8
3	VSTŘIKOVÁNÍ	8
3.1	ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	8
3.2	VSTŘIKOVACÍ PROCES.....	8
3.2.1	<i>Plastikační fáze</i>	9
3.3	TLAK V DUTINĚ FORMY.....	9
4	VSTŘIKOVACÍ STROJE	10
4.1	VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	11
4.2	UZAVÍRACÍ JEDNOTKA	12
4.2.1	<i>Části uzavíracích jednotek</i>	12
4.2.2	<i>Výběr vhodné uzavírací jednotky</i>	13
4.3	OVLÁDÁNÍ STROJE	13
5	KONSTRUKCE FOREM PRO VSTŘIKOVÁNÍ	14
5.1	POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY.....	15
5.2	NÁSOBNOST FOREM	15
5.2.1	<i>Jednásobné formy</i>	15
5.2.2	<i>Vícenásobné formy</i>	15
5.3	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	16
5.3.1	<i>Studený vtokový systém</i>	16
5.3.2	<i>Horký vtokový systém</i>	17
5.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	17
5.5	VYHAZOvacÍ SYSTÉM	18
6	PRAKTICKÁ ČÁST	19
6.1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY VSTŘIKOVÁNÍ ZUBNÍCH KARTÁČKŮ	19
6.2	NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
6.2.1	<i>Design a specifikace výrobku</i>	20
6.2.1.1	Násobnost formy a určení dělicí roviny	20
6.2.2	<i>Návrh nepohyblivé části formy</i>	22
6.2.2.1	Návrh tvarových vložek, umístění vtoku a výběr vstřikovací trysky.....	22
6.2.2.2	Navrhnutí horkých rozváděcích bloků a centrální vtokové vložky.....	23
6.2.2.3	Desky nepohyblivé části a použité normálie.....	24
6.2.3	<i>Návrh pohyblivé části formy</i>	25
6.2.3.1	Návrh tvárníkové části	25
6.2.3.2	Návrh jádrové a spodní části formy	26
6.2.3.3	Konstrukce vyhazovacího systému	28
6.2.4	<i>Temperační systém formy</i>	28
6.2.5	<i>Celková sestava formy</i>	31
7	TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	32
8	ZÁVĚR	32
9	POUŽITÁ LITERATURA, ZDROJE	33
10	SEZNAM PŘÍLOH	34

1 Úvod

Století plastů. Tak mnozí odborníci vědeckotechnického a průmyslového pokroku nazývají současné století. Není to mnoho let, kdy v roce 1909 spatřil světlo světa první plně syntetický plast, vyrobený anglickým profesorem Alexandrem Parkesenem. Ovšem tak rychlý vývoj, jako měly plasty, nezaznamenal zatím žádný z dnes běžně používaných materiálů. Použití polymerů, tak jako mnoho dalších materiálů uspíšila druhá světová válka a po ní následovala masivní produkce plastů, ve všech odvětvích průmyslu, zejména ve strojírenství, elektrotechnice a stavebnictví. Později plasty pronikly do všech oborů, kde bylo možné využít jejich specifických vlastností. Dnes představují polymery materiál, kterého se na světě produkuje a zároveň spotřebovává nejvíce ze všech ostatních technických materiálů. [3]

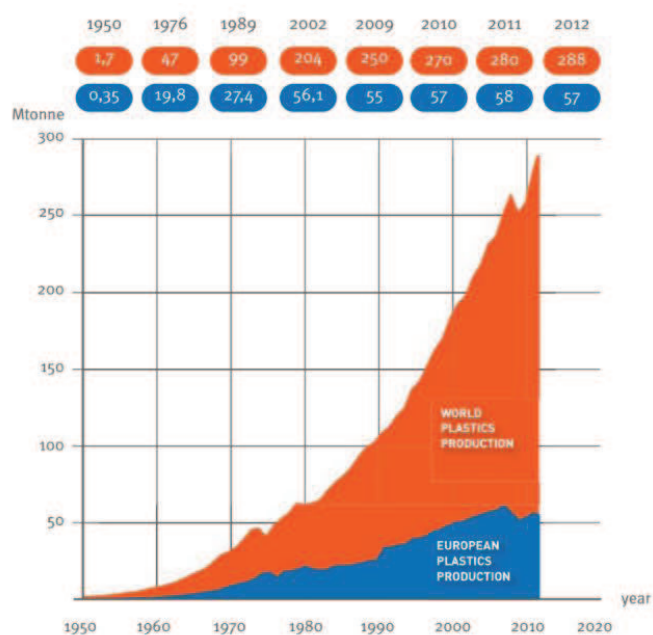
Za tento rychlý nástup plastů mohou zejména jejich unikátní vlastnosti vzhledem k ostatním materiálům. Mají oproti kovům několikanásobně menší měrnou hmotnost a dnes už zároveň dobré hodnoty pevnosti, nepodléhají korozi (ovšem časem degradují), rozšiřují oblast použití v ohledu na design, mají dobré kluzné vlastnosti (PA, POM, PET), jsou jak tepelnými, tak elektrickými izolanty (PVC, PE, PP). S novými technologiemi, je možnost docílit i elektrické vodivosti, zlepšení mechanických vlastností a vzhledu či zlepšení kluzných vlastností v ohledu na pórovitost výrobku. V neposlední řadě se u plastů vyskytuje pro nás podstatný jev a to snadná zpracovatelnost a vyrobitelnost požadovaného tvaru. [3]

V mé bakalářské práci bude nejpodstatnější právě snadná zpracovatelnost plastů. Pro výrobu těla zubního kartáčku se ve světě používá technologie vstřikování, kdy je tekutý plast vháněn pod tlakem do formy vstřikolisu, kde rychle zchladne. Tímto způsobem může být výroba velmi rychlá. Zvláště pokud se jedná o zubní kartáček vyrobený z jednoho druhu plastu, tzn. jednokomponentním vstřikováním. Takto vyrobené tělo zubního kartáčku se téměř nemusí dále nijak zpracovávat a po nastřelení štětin a zabalení je výrobek hotový. Vstřikování je jednou z nejrozšířenějších technologií pro zpracování plastů. Výrobky vyrobené touto metodou se vyznačují dobrou rozměrovou a tvarovou přesností i dobrými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Další důležitá vlastnost vstřikování je využití téměř 100% materiálu, čímž jsou splněny požadavky na bezodpadovou technologii. [4]

Jak můžeme vidět z grafu, v roce 2013 roční produkce plastů přesáhla 2560 Mt. Zajímavostí je, že proti tomu bylo vyprodukováno jen něco málo přes 1,5 Mt oceli [18, 19].

Odvětví vstřikování plastů je velmi obsáhlé. Není proto možné celou jeho problematiku zpracovat v jedné bakalářské práci. Cílem práce je konstrukční návrh vstřikovací formy. Procesu vstřikování se věnuji zejména v rámci porozumění problematice.

Obr. 1 - Graf roční produkce plastů [13]



2 Cíle práce

Cílem práce je popsat problematiku procesu vstřikování a navrhnout formu pro tělo zubního kartáčku.

Bakalářská práce je rozdělena na 2 hlavní části. První, teoretická, se zabývá vstřikovacím procesem a konstrukcí forem pro vstřikování. Ve druhé části je zkonstruována forma pro zubní kartáčky, která je zpracovávána v CAD programu Solid Edge dle konkrétních požadavků.

3 Vstřikování

3.1 Zpracování plastů před vstřikováním

Před začátkem procesu vstřikování musíme polymery upravit. Plasty nelze zpracovávat bezprostředně po jejich syntetické výrobě, ale je nutné je před jejich dalším zpracováním modifikovat podle vlastností, které po nich budeme požadovat a podle toho, jakým procesem bude probíhat výroba dané součásti. Tyto úpravy nazýváme technologie přípravného zpracování a patří mezi ně například odstranění těkavých látek, vody, barvení, ale i mletí či granulování. Pro dobrou zpracovatelnost taveniny se nejčastěji do polymerů přidávají aditiva. Při vstřikování není problém koupit od výrobce plastový granulát s požadovanými vlastnostmi.

3.2 Vstřikovací proces

Vstřikovací proces není kontinuální a můžeme ho tak rozdělit do několika fází a úseků, které na sebe při procesu vstřikování navazují. Jednotlivé fáze se mohou i překrývat, a to v případě více pohonných skupin na stroji.

Rozdělení výrobního cyklu na úseky a fáze:

- 1) Uzavírání formy a vyvolání uzavírací síly
- 2) Příjezd vstřikovací jednotky k formě a vyvolání přtlaku
- 3) Vstřikovací - plnicí kompresní fáze
- 4) Přepnutí ze vstřikovacího tlaku na dotlak
- 5) Dotlaková fáze
- 6) Fáze chlazení výstřiku ve formě obsahující plastikaci - dávkování taveniny před čelo šneku.
- 7) Odjezd vstřikovací jednotky od formy
- 8) Otevření formy
- 9) Vyhození nebo vyjmutí výstřiku z formy

Rozdělení výrobního cyklu na úseky a fáze bylo převzato z [6, str. 108]

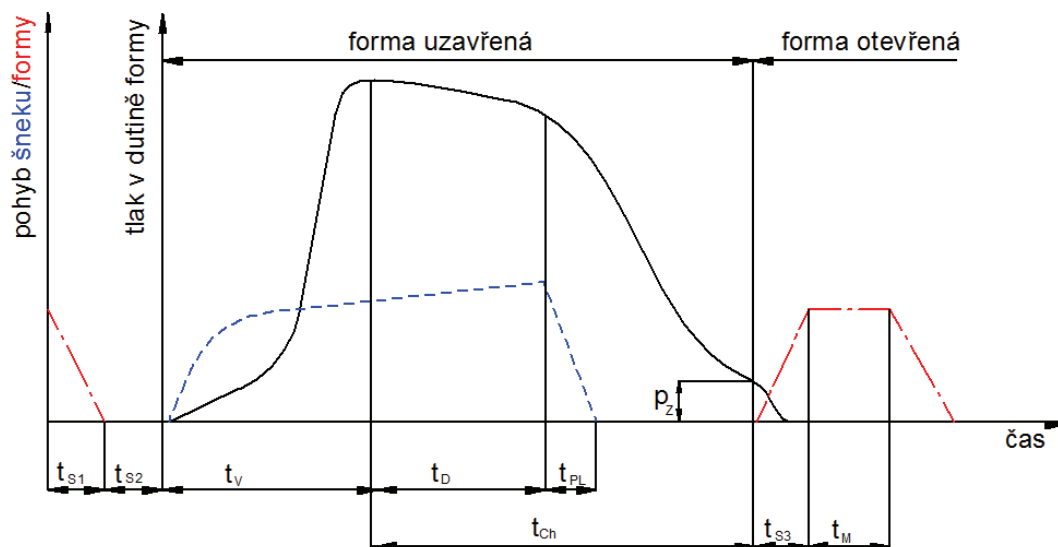
3.2.1 Plastikační fáze

Na úplném začátku procesu vstřikování se granulát z násypky pomocí šneku (dříve pístu) dopravuje do plastikační jednotky, kde je za působení tření a tepla postupně měněn na homogenní taveninu o konstantní hmotnosti pro každý výrobní cyklus. Teplota taveniny výrazně ovlivňuje vstřikovací proces a i přesto, že se vždy uvádí jedna teplota taveniny, skutečná teplota v dávce je v závislosti na dráze od počátku dávky různá. Základní teplotu nastavujeme dle doporučené teploty od výrobce granulátu.

Teplota taveniny je optimalizována několika kritérii. Překvapivě nejvíce energie potřebné k roztavení granulátu je dodáváno třecí prací šneku. Teplotu tedy ovlivňujeme nastavením ohřivacích pásem, teplotou trysky, otáčkami šneku a zpětným odporem šneku. Vstřikovací teplota taveniny nám při procesu ovlivňuje viskozitu, smykové napětí při vtékání do formy, tlakové ztráty, orientační jevy polymeru a má vliv na tvorbu vad výstřiků (nezatečení do formy, studený spoj atd.).

3.3 Tlak v dutině formy

Proces vstřikování můžeme ilustrovat grafem, který znázorňuje průběh tlaku v dutině formy v závislosti na čase. Jako první jsou strojní časy, kdy se přisune pohyblivá část k pevné (síla F_p) a forma se uzavře (síla F_u). Poté už následuje proces vstřikování, kdy šnek vykonává pouze axiální pohyb a tavenina plní formu. Zde je nutné správně nastavit tlak a vstřikovací rychlost tak, aby nedošlo k poškození výlisku. Ve chvíli počátku plnění formy zároveň začíná chladicí čas, který trvá až do vyhození výstřiku. Po objemovém naplnění celé dutiny přichází bod přepnutí na tzv. dotlak, tak, aby došlo k vyplnění všech tvarů a nejmenějších kontur. Chvilé přepnutí nám taktéž ovlivňuje výsledek. Pozdní přepnutí má za následek například vznik přetoků v dělicí rovině nebo větší vnitřní pnutí. Naopak pozdní přepnutí může znamenat neúplné naplnění dutiny, propadliny, či staženiny atd. Při dotlaku musí píst působit na určité množství polymeru před pístem, které se nazývá polštář. Po dotlaku začíná další fáze procesu vstřikování, a to plastikací nové dávky granulátu a stlačování před šnekem. Zároveň probíhá chlazení a pokles tlaku v dutině až na hodnotu tlaku zbytkového, kdy je forma otevřena a celý proces se opakuje.

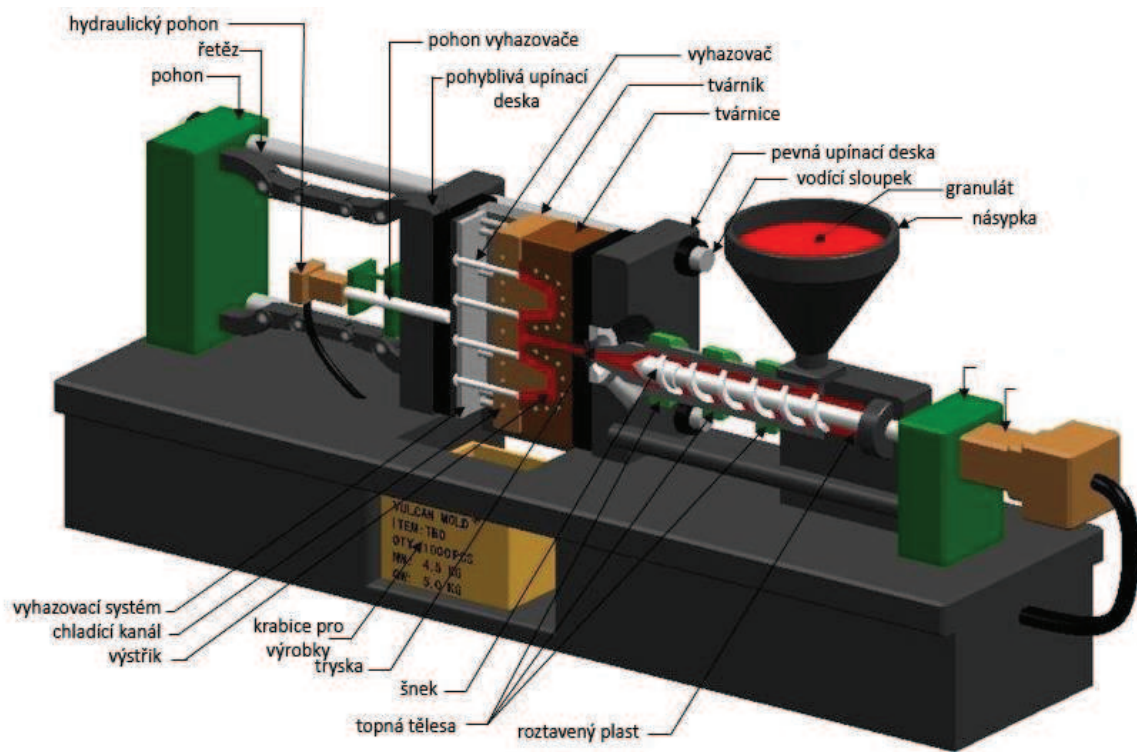


Obr. 2 - Průběh tlaků ve formě [1]

4 Vstřikovací stroje

Výroba součástí na vstřikolisech je složitý fyzikální proces, na kterém se podílí polymerní látka, vstřikovací forma a stroj – vstřikolis. Je to moderní, často plně automatický stroj, čemuž odpovídá i jeho cena. Technologie vstřikování je proto vhodná k velkosériové a hromadné výrobě. Každý výrobce je schopen stroj dovybavit manipulátory, roboty, mlýny, sušárnami a podobně. Proto mohou být stroje plně automatické a často jsou zařazovány do komplexních výrobních pracovišť a periferií. Jednou z nich je v dnešní době i výroba zubních kartáčků, kdy na začátku do procesu vstupuje plastový granulát a na konci je zabalený zubní kartáček, který může být dodáván k zákazníkům. Při výběru vstřikolisu vhodného pro výrobu se musí uvažovat zejména nad uzavírací silou a kapacitou vstřikovací jednotky. Tím se dostáváme na tři hlavní části každého vstřikolisu jimiž jsou:

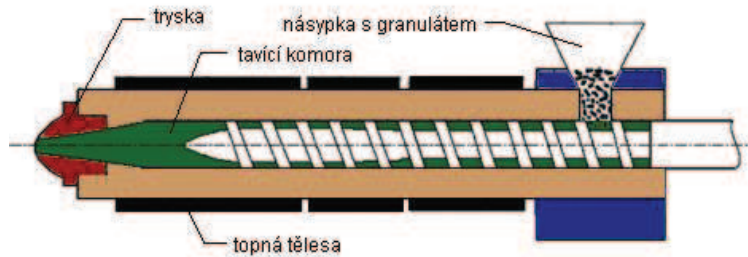
- vstřikovací jednotka
- uzavírací jednotka
- ovládání a řízení stroje



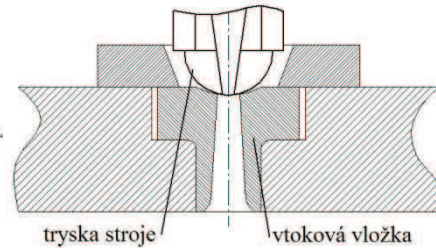
Obr. 3 - Popis vstřikovacího stroje (www.custompartnet.com)

4.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol roztavit a dopravit požadované množství plastu do formy. Přeměňuje tak granulát polymeru na homogenní taveninu o určité viskozitě a poté ji pod vysokým tlakem, vysokou rychlostí vstříkuje do formy.



Obr. 4 - Popis vstřikovací jednotky



Obr. 5 - Dosednutí trysky stroje na formu

V padesátých letech minulého století byly používány pístové dopravníky, jejichž princip byl převzatý z lití kovů. Dnes je již drtivá většina dopravníků šnekových, čímž se odstranily hlavní problémy pístových jednotek jako například přehřívání tavící komory. [2]

Princip činnosti vstřikovací jednotky je jednoduchý. Šnek nabírá již technologicky zpracovaný polymer z hrdla násypky a svým rotačním pohybem ho dopravuje do tavných částí vstřikovací jednotky – tavící komory. Zde je plast postupně taven třecím teplem a teplem z topných těles až do fáze plné homogenizace. Šnek postupně ustupuje dozadu a roztavený materiál se hromadí v přední části komory do doby, než je ho dostatečné množství pro vstřik. Toto množství je přesně vypočítáno tak, aby obsahovalo plast pro vstřik jedné dávky. V této fázi se rotační pohyb šneku zastaví a celý šnek se posune stejně jako píst, a tak vytlačí roztavený plast do formy (zbytky nataveného plastu zůstávají ve spirále šneku a proces se opakuje). Tavná komora je zakončena kulovou vyhřívanou tryskou, která musí přesně dosednout do sedla vtokové vložky formy.[1]



Obr. 6 - Vstřikovací jednotka Engel (www.engel-k-online.com)

Jak je z výše uvedeného principu patrné, nejdůležitější součástí vstřikovací jednotky je šnek, který může být buď obyčejný (má stejné stoupání i hloubku drážky v celé délce šneku), nebo diferenciální (liší se hloubkou drážky nebo stoupáním). Používanější je diferenciální, kde je diference dosažena zvětšením jádra (změna stoupání je špatně vyrobitelná). Tento druh

šneku je rozdělen do tří částí, kdy je pod násypkou průměr nejmenší a směrem k formě roste. Tímto způsobem se dosahuje komprese granulátu v hodnotách 1,5-4,5. Granulát je v první části šneku postupně stlačován, vytěsňuje se vzduch a ke konci začíná ohřev. První část se nazývá vstupní nebo dopravní. Ve druhé části se materiál už taví, ale zatím nevzniká homogenní tavenina a je dále stlačován, protože jádro šneku v této části narůstá nejrychlejším tempem. Proto se druhá část nazývá kompresní. Ve třetí části je průřez jádra opět konstantní a tavenina je zde homogenní. Třetí část se nazývá homogenizační nebo také výstupní. Bezprostředně za touto částí, bývá většinou použit zpětný ventil, který brání již roztavenému plastru návrat do tavicí komory během vstřikování.[2]



Obr. 7 - Vstřikovací šneky (www.ank-service-and-parts.ca)

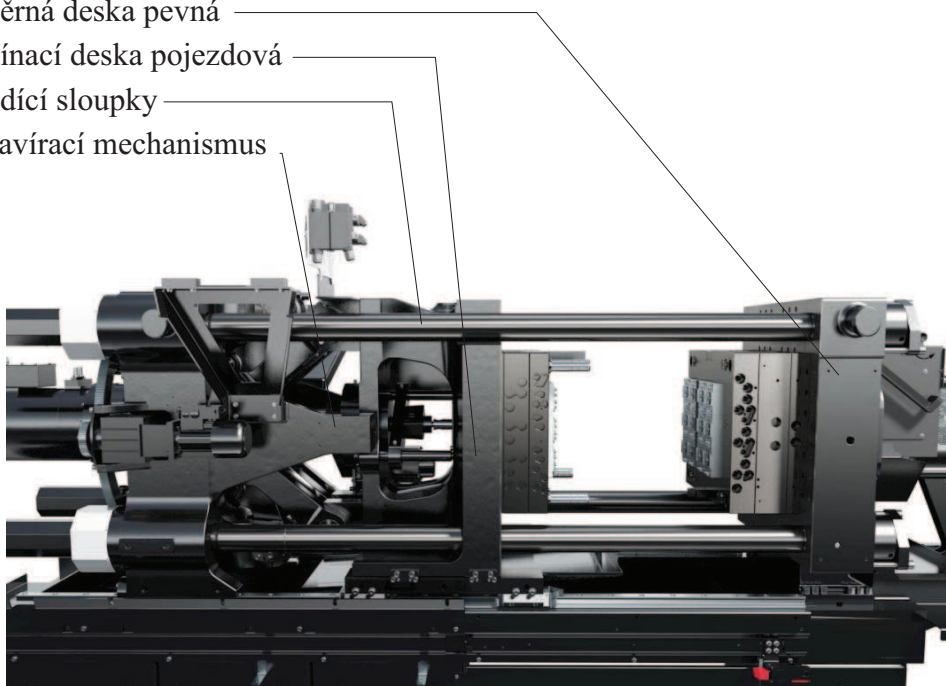
4.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka má za úkol nést formu a zajistit její otevírání a zavírání. Dále musí zajistit těsnost formy při vstřiku. Je charakterizována dle síly F_p (přisouvací síla) a síly F_u (uzavírací síla, několikrát větší). Na moderních strojích můžeme obě tyto síly programovat nezávisle na sobě.

4.2.1 Části uzavíracích jednotek

Uzavírací jednotka, se skládá z těchto hlavních částí:

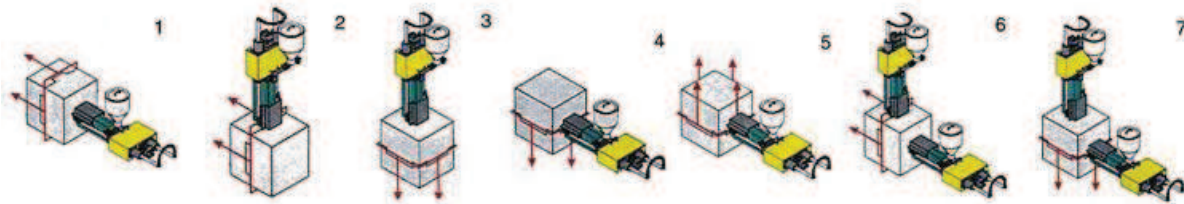
- opěrná deska pevná
- upínací deska pojezdová
- vodící sloupky
- uzavírací mechanismus



Obr. 8 - Uzavírací jednotka Engel (www.engel-k-online.com)

Kvalitu uzavírací jednotky určuje její tuhost a způsob zavírání formy. Uzavírací mechanismus může být řešen buď hydraulicky, mechanicky, kombinací předešlých nebo se závorou. V poslední době je na vzestupu i elektrický způsob zavírání. Nejčastěji používané jsou kombinace hydraulicko-mechanické, zvláště pak pro menší stroje. Na opěrnou desku při procesu vstřikování doléhá tryska vstřikovací jednotky. Vodícími sloupky je zajištěna vzájemná poloha formy. Ovšem už před dvaceti lety firma Engel zrealizovala uzavírací jednotku bez vodících sloupků. Je tím umožněn lepší přístup robota a výměna desek je také rychlejší.[1]

Nejčastěji se na vstřikovacích strojích používá horizontálního uspořádání vstřikovací a uzavírací jednotky, které je vhodné pro automatizaci procesu vstřikování, jelikož hotové výrobky po vyhození padají vlastní vahou do sběrného koše. Některé stroje mají i jiné uspořádání, které se odlišuje v závislosti na různých faktorech, jako například intervalové vstřikování či mramorování.



Obr. 9 - Polohy mezi uzavírací a vstřikovací jednotkou [2]– 1 - standardní pracovní poloha, 2 - vstřikování do dělicí roviny, 3 - U verze, záliskování, 4 - vstřikování do dělicí roviny se zakládáním zálisků, 5 - zastříkávání komplikovaných zálisků, 6 - dvoukomponentní vstřikování, 7 - dvoukomponentní vstřikování se záliskováním, + případné tříkomponentní vstřikování

4.2.2 Výběr vhodné uzavírací jednotky

Při výběru vhodné uzavírací jednotky je rozhodujícím faktorem vyvozená uzavírací síla, která musí zajistit těsnost formy při vyvození maximálního tlaku v dutině formy. Tento tlak se dříve určoval pomocí celé řady tabulek, grafů, nomogramů atd. pro konkrétní typy plastů. Nyní je nejpřesnější tlak nasimulovat pomocí počítačových programů, ve kterých po zadání příslušných vstřikovacích parametrů dostáváme relativně přesné výsledky. Z maximálního tlaku poté zjistíme potřebnou uzavírací sílu dle fyzikálního zákona $F=p*S$, kde za S dosazujeme maximální průmět výstřiku (včetně vtokových kanálů) do dělicí roviny.

4.3 Ovládání stroje

Řízení a ovládání stroje se v posledních letech mění stále rychleji. Podle trendu všech výrobních strojů se ovládání stává stále intuitivnějším a snadnějším. Například si na dotykovém displeji můžeme nastavit všechny potřebné parametry pro daný proces. Stroje používají inteligentní systémy se zpětnou vazbou, kde není problém proces rychle a přehledně upravit.

Systémy nejsou zaměřeny pouze na proces vstřikování, ale je možné naprogramovat i výměny forem nebo čištění. Tyto funkce umožňují rychlý přechod na jiný výrobek se změnou formy, kdy si stroj sám vypočítá základní výchozí parametry potřebné pro vstřikovací proces. Samotná obsluha stroje je pak jednoduchá také proto, že systém obsahuje různé ochranné, diagnostické funkce nebo stav údržby.



Obr. 10 - Ovládání vstřikolisu [13]

5 Konstrukce forem pro vstřikování

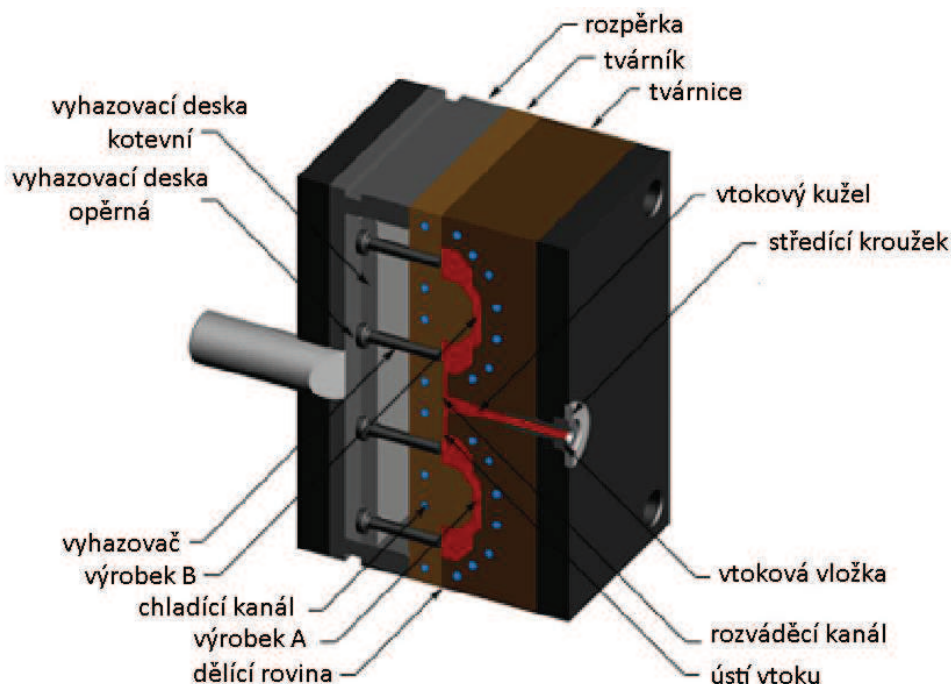
Vstřikovací forma je tvarově náročná součást, která musí splňovat vysoké požadavky pro vstřikování. Při její konstrukci vycházíme ze dvou hlavních parametrů - velikosti výrobní série a vstřikovaného materiálu. Její výroba je technologicky složitá, proto i náklady na její výrobu nejsou malé. Vždy je nutné zvážit použití technologie vstřikování před zadáním formy do výroby.

Dle docenta Lenfelda můžeme formy dělit do následujících skupin:

- podle násobnosti - jednonásobné
- vícenásobné
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení
- dvoudeskové
- třídeskové
- etážové čelist'ové
- vytáčecí, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se
- vstřikem kolmo na dělicí rovinu
- vstřikem do dělicí roviny.

Vstřikovací forma se skládá z mnoha dílů, které lze rozdělit do následujících skupin:

- vtokový systém
- temperovací systém
- vyhazovací systém
- upínací vodící a odformovací elementy



Obr. 11 - Popis formy (www.custompartnet.com)

5.1 Postup při konstrukci formy

Ještě před samotným začátkem konstruování formy je potřeba si uvědomit, jaké požadavky musí forma splňovat. Tím je myšlena odolnost vůči velkým tlakům, tvarová přesnost, cenová dostupnost, snadné vyjmutí a kvalita výstřiku, snadná montáž, dlouhodobá životnost a vysoké využití plasty. S těmito faktory musí každý konstruktér pracovat a rozhodovat se například při výběru materiálu desek s ohledem na požadovanou životnost.

Základem pro konstrukci formy je 3D model požadovaného výrobku. Tento model musíme posoudit z hlediska vyrobitelnosti. Tzn. zkontrolovat požadované rozměry, rozdíly v tloušťce, rádiusy, úkosy, ostré rohy atd. (případně model technologicky upravit, pokud je to možné). Zvláštní pozornost se musí věnovat podkosům nebo závitům. Model se podrobí analýze vstřikování moldflow, kde vybereme parametry výstřiku (materiál, teplotu formy, teplotu taveniny, tlaky apod.). Z výsledků analýzy zjistíme orientační čas vstřikování a vhodné umístění vtoku. Dalším krokem je určení násobnosti forem (kapitola 5.2.). Násobnost se počítá s ohledem na ekonomické hledisko, požadovanou dávku a parametry vstřikovacího stroje.

Když víme, kolik budeme mít dutin, musíme rozhodnout, zda použijeme vložky a rám (častější způsob) nebo dutiny vyfrézujeme přímo do desky. Při výběru vložek musíme určit jejich polohu v rámu (velké formy - klíny, střední - úkosy na stranách vložek). Nejmenší jsou pouze lícovány a zalisovány do rámu viz 6.2.2.1. Rám nám určuje rozměry formy nebo-li desek, které jsou odstupňovány v určitých tabulkových řadách. Při jeho navrhování musíme brát ohled na možnosti upnutí do vstřikovacího stroje. Poté následuje výběr vtokového systému. Zde rozhodujeme, zda použijeme horký nebo studený vtok (kapitola 5.3.). Celý systém pak musíme zabudovat do formy pomocí desek tak, aby na sebe jeho jednotlivé části správně doléhaly a zvolit vhodné vodící prvky. Dalšími částmi konstrukce je navrhnutí temperačních kanálů a vyhazovacího systému. Těmto kapitolám se věnuji níže.

5.2 Násobnost forem

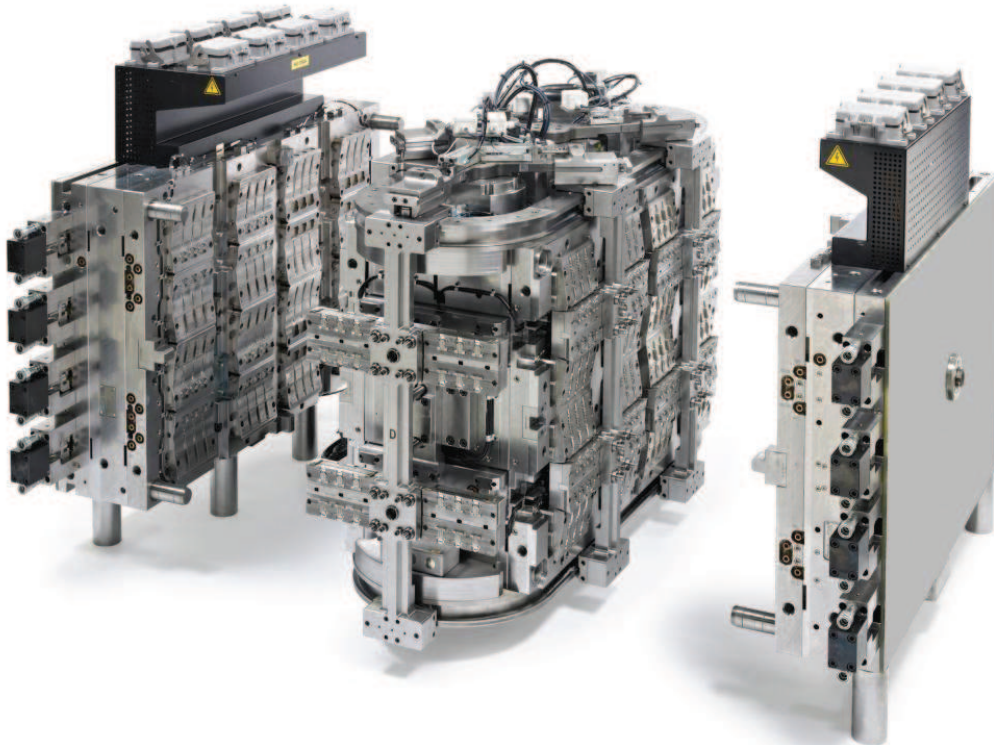
5.2.1 Jednonásobné formy

Násobností forem se rozumí počet tvarových dutin. Jednonásobné formy jsou nejpřesnější druhy forem. V praxi se používají zejména pro objemné součásti či pro malé a ověřovací série, kde by vícenásobné formy znamenaly zbytečné náklady. Pro ověřovací série se v praxi používá i postup, kdy se například u víček, která musí „zaklapnout“ do protikusu, vyrobí vícenásobná forma, ale každá kavita víčka má jiný rozměr. Vyrobena víčka ze zkušební série se poté testují s protikusem. Po vybrání ideálního tvaru se tvar upraví i na formě. Možná násobnost formy je také ovlivněna parametry vstřikovacího stroje (rozměry formy, uzavírací síla, velikost dávky..).

5.2.2 Vícenásobné formy

Vícenásobné formy se používají pro větší série výrobků, zvláště jednodušších a nízkoobjemových. Mimo jiné je to případ zubních kartáčků. Formy s více kavitami mají logicky vyšší pořizovací náklady, které musí být vykompenzovány velkosériovou výrobou součástí. U tohoto druhu forem musíme při konstrukčním řešení docílit toho, aby se jednotlivé dutiny formy plnily současně při stejné teplotě taveniny a při stejném tlaku. Proto se v těchto formách používá nejčastěji jedno z níže uvedeného uspořádání vtokové soustavy. Díky těmto hlediskům je jejich konstrukce pochopitelně náročnější, ale obecně platí, že vícenásobné formy jsou mnohonásobně používanější než jednonásobné.

Na obrázku níže můžeme vidět dvaceti-čtyřnásobnou formu pro tříkomponentní vstřikování. Celá forma je rozdělena do pěti stanic o dvaceti-čtyřech dutinách. V první stanici je vstříknut první materiál, druhá stanice představuje chlazení, ve třetí je vstříknut druhý materiál, ve čtvrté poslední druh materiálu a v poslední je dochlazení s vyhozením ven. Forma je extrémně široká, ale bylo na ní dosaženo patnáctisekundového cyklu (24 kartáčků). [16]



Obr. 12 - Dvaceti-čtyřnásobná forma pro tříkomponentní zubní kartáček [16]

5.3 Vtokový systém

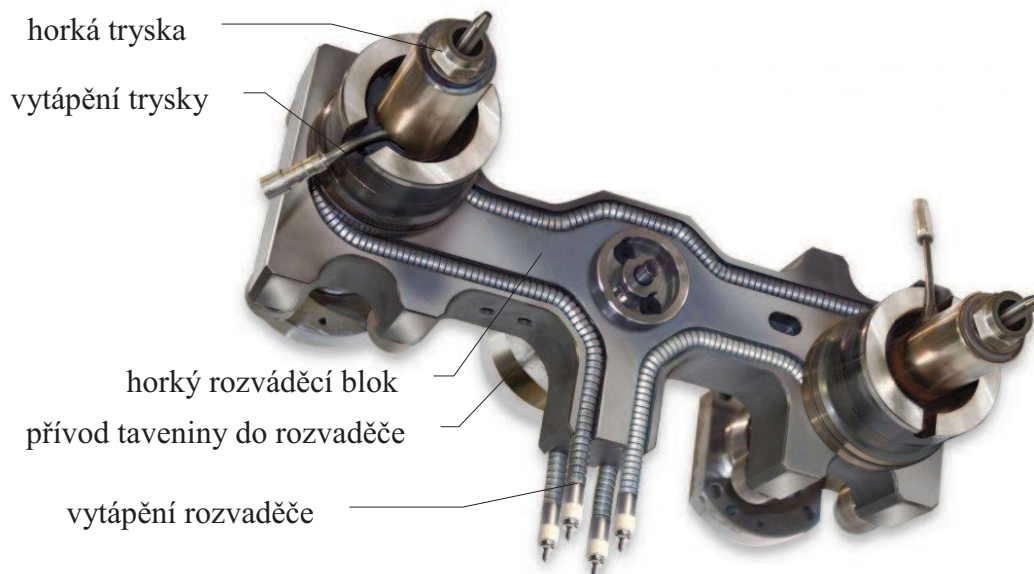
Vtokový systém má největší podíl na kvalitě formy. Musí zajistit správný rozvod polymeru z vstřikovací jednotky do dutiny (dutin) formy. Je konstruován z hlediska násobnosti formy, teplého nebo studeného vtokového kanálu, druhu vstřikovaného polymeru a druhu vstřikovacího stroje. Umístění vtoku do formy má vliv i na vzhledové a mechanické vlastnosti hotového výrobku, protože vtok určuje, jak se bude materiál v dutině formovat. Skládá se ze tří hlavních částí - hlavního vtokového kanálu, rozváděcích vtokových kanálů a ústí vtoku do tvarové dutiny[5]

5.3.1 Studený vtokový systém

Studený vtokový systém je charakteristický tzv. vtokovým stromečkem, který vzniká při tuhnutí taveniny ve vtokových kanálcích. Tyto vtokové zbytky jsou až na výjimky na konečném výrobku nežádoucí a musí se při odformování (nebo poté mechanicky) odstraňovat a dále zpracovat (např. na granulát) či vyhodit. Možné je i tyto zbytky odprodávat specializovaným firmám. U studeného vtokového systému musíme počítat s rychlým tuhnutím taveniny, zvláště pak na stěnách vtokového kanálu. Proto musí být kanál co nejkratší. Obecně je studený vtokový systém v čím dál tím větší míře nahrazován horkým vtokovým systémem, zejména s ohledem na ekonomická hlediska.

5.3.2 Horký vtokový systém

Při použití horkého vtokového systému se zvedá cena formy až o několik desítek procent, protože se jedná o technologicky složitý systém, který se rozmohl až v devadesátých letech. Používá se jen ve velkosériové výrobě, kde je zajištěna jeho ekonomická návratnost. V horkém systému je polymer v celé délce kanálů taveninou. Použití horkého systému má několik výhod. Zejména odpadá problém s vtokovým stromečkem, kdy se snižuje spotřeba polymeru a s dalším zpracováním odpadového stromečku. Po horkém vtoku máme na výstřiku menší vtokovou stopu (záleží na použití trysky s jehlou či bez jehly). Dále se zvyšuje rychlost výrobního cyklu, můžeme regulovat teplotu u více částí a celý systém je snadno demontovatelný, protože je na formě umístěn jako celek. Skládá se z několika vytápěných součástí, tak aby polymer nemohl v rozváděcím kanálu zatuhnout. Při zvolení horkého vtoku musíme rozhodnout o případném chlazení dalších desek formy. Podrobněji je jeho konstrukce popsána v praktické části (kapitola 6.2.2).



Obr. 13 - Horký rozváděcí systém [15]

5.4 Temperační systém

Další důležitou součástí formy je temperační systém. Ten musí zajistit co nejrychlejší zchladnutí součásti. Skládá se z kanálků a dutin uvnitř formy, ve kterých se pohybuje chladící medium a umožňuje tak prostup tepla ven z formovací dutiny plné roztaveného polymeru. Temperační systém by měl součást ochlazovat stejnoměrně ve všech jejích místech, jinak by hrozila její deformace či jiné vady po vyjmutí z formy. Kanálky musí být v dutině rozmístěny rovnoměrně tak, aby se nenarušili další funkční části formy. Vhodnější je použití více kanálků menšího průřezu, tak aby byl prostup tepla rovnoměrný.

Forma by měla být vybavena i kanálky pro odvod vzduchu, který nestačí vyprchat z dutiny díky netěsnosti formy. Kdyby vzduch v dutině zůstal, může nebezpečně narůstat tlak, dojít k špatnému vyplnění formy nebo dokonce k místnímu vypálení plastu – diesel efektu. Vyfukovací kanálky se zpravidla umísťují proti místu vstřiku. Návrh temperačního kanálu je popsán v kapitole 6.2.4.

5.5 Vyhazovací systém

Pro zajištění vyjmutí hotového výstřiku z formy, se používá vyhazovačů. Součást se vlivem chladnutí smršťuje, a tak je nutné jí z formy „vyhodit“. Proto se na vstřikovaných součástech musí konstruovat úkopy minimálně $0^{\circ}30'$. Vyhazovače jsou mechanické součásti formy nejčastěji ve tvaru kolíků (mohou být i trubkové s válcovou hlavou nebo obdélníkovým průřezem, viz obrázek). Pro menší součásti se může používat stíracích desek. Horní část vyhazovačů je v dotyku s výstřikem, a proto se musí tvarově brousit. Zajištění polohy je v desce určeno například tvarovým zbrošením v jejich patě (obr.13). Vyhození součásti musí být co nejrovnoměrnější, aby nedošlo k velkému pnutí ve výstřiku. Proto je jejich rozmístění ve formě velmi rozmanité a přizpůsobuje se tvaru dutiny. Vyhazovače jsou ukotveny mezi dvěma deskami: kotevní (určuje polohu) a podpěrnou. Vyhazovací systém koná pohyb vpřed-vlastní vyhazování a pohyb vzad-návrat systému do původní polohy.

Pohyb vpřed je spouštěn:

- při otevření formy narážecím kolíkem upevněným na traverzu vstřikovacího stroje
- hydraulickým či pneumatickým zařízením vstřikovacího stroje
- pomocí různých mechanismů nebo ručně

Pohyb vzad zajišťují:

- vratné kolíky
- pružiny s kombinací jiného systému
- speciálním mechanickým, pneumatickým nebo hydraulickým zařízením

V deskách jsou vyhazovače uloženy s vůlí, aby nedocházelo k velkému tření. Pouze těsně pod výstřikem je díra tolerována na vysokou přesnost, tak, aby nedocházelo k zatečení taveniny po obvodu vyhazovače. Po vyhození zůstávají na součásti mělké stopy po vyhazovačích, proto je umísťujeme do nepohledových částí výrobku, nebo se musí po výrobě mechanicky odstraňovat. Další možností, jak dostat výstřiky z formy, je ofukem nebo pomocí různých manipulátorů. Konstrukce vyhazovacího systému je popsána v kapitole 6.2.3.3.



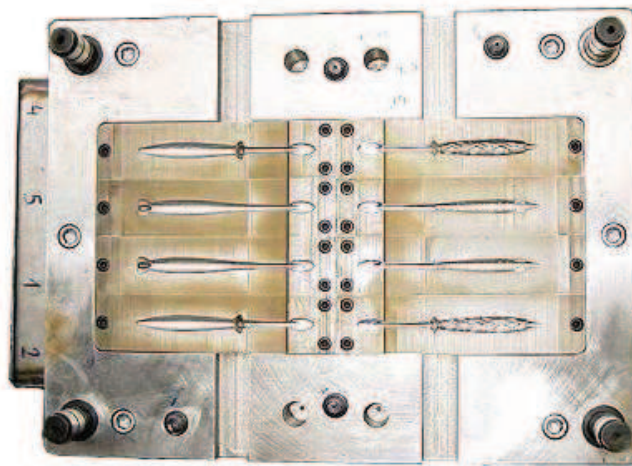
Obr. 14 - Tvary vyhazovačů s detailem paty pro zajištění polohy [12]

6 Praktická část

6.1 Úvod do problematiky vstřikování zubních kartáčků

Pelhřimovská firma Spokar a.s. je v současnosti jedním z největších výrobců kartáčového zboží ve střední Evropě. Zubní kartáčky se ve Spojených kartáčovnách vyrábějí od 90.tých let, kdy zde byly do výroby zavedeny moderní stroje, umožňující velkosériovou výrobu. V polovině devadesátých let tak firma produkovala až 13 milionů zubních kartáčků ročně. Z důvodů velké konkurence se tento stav snížil na zhruba 3 miliony kartáčků. Většina z nich je vyráběna pro jiného objednatele a nenese tak logo firmy Spokar. Největší světoví výrobci už používají plně automatizované linky, kde je na začátku plastový granulát a na konci hotový zabalený výrobek.

Proces výroby ve firmě Spokar začíná tím, že zákazník navrhne design kartáčku, možný rozpočet a požadované množství. Firma Spokar poté rozhodne o výrobě formy od dvounásobné až po osminásobnou. Náklady na formu se tak pohybují od 600 000 Kč až do 4 000 000 Kč. Samozřejmě také záleží, zda se jedná o jednokomponentní či vícekomponentní výrobek. Používají se výhradně formy s horkým vtokem.



Obr. 15 - Forma pro zubní kartáčky - firma Spokar

Pro zubní kartáčky se používají dva hlavní termoplasty polypropylen (PP) a poloprůhledný terlux akrylonitrilbutadienstyren (ABS). Při vícekomponentním vstřikování se využívají termoplastické elastomery. Samotná výroba se nijak neliší od jakéhokoliv jiného vstříku a nejsou na něj kladeny žádné zvláštní, například hygienické požadavky.

Díry pro štětiny zde na rozdíl od větších kartáčů a štětek nejsou navrtávány, ale jsou vyráběny už při vstřikování pomocí jader. Jádra musí před vyhazováním z kartáčku vyjet, aby bylo možné ho vyhodit z formy. Na přání zákazníka mohou být díry rovné, šikmé nebo šípovité. Na každý kartáček připadají 2-3 vyhazovače a nejčastěji je použit vtok ve tvaru H (H vtok). Při vícekomponentním vstřikování se používá otočného tvárníku. V první řadě je vstříknut termoplast a poté je tvárník i s kartáčky otočen o 180° (kartáčky drží za hlavy). Následuje vstříknutí elastomeru. Celý proces vstřikování trvá 15-20 sekund u dvoukomponentního a 7-10 při jednokomponentním. Další fází je nastřelení štětín. Již od 70. let minulého století existují firmy specializující se na výrobu strojů pro nastřelování. Dnešní moderní stroje nastřelí až 9000 štětín za minutu. Štětiny jsou po nastřelení zastřiženy dle požadavku zákazníka a jsou jim obroušeny ostré hrany. Poté je možno kartáček zabalit a odeslat k zákazníkovi. Jedno tělo kartáčku je při použití osminásobné formy vyrobeno za méně než 1,5 vteřiny. Průměrná cena výroby jednoho kartáčku se pohybuje okolo 8 Kč.

6.2 Návrh vstřikovací formy

6.2.1 Design a specifikace výrobku

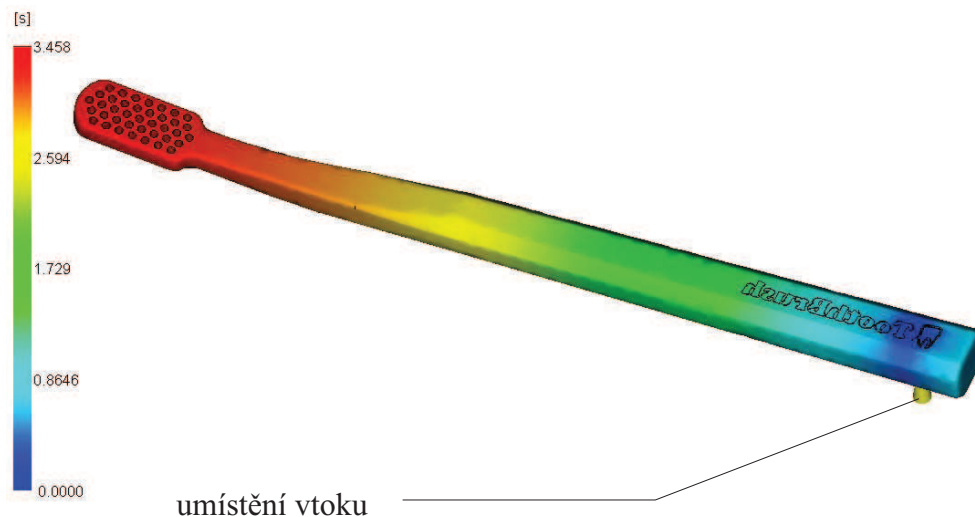
Do bakalářské práce jsem kvůli srovnání s reálným výrobkem vybral design podobný zubnímu kartáčku švýcarské firmy Curaprox, který je v České republice momentálně nepoužívanějším kartáčkem. Nedávno podobný kartáček začala vyrábět i firma Spokar pod označením PLUS. Pro kartáček jsem zvolil materiál ABS - Terluxe 2812 TR výrobce BASF s vlastnostmi

- MFR 11,9 g/10min
- smrštění 0,4-0,7
- T_T 230-260 C°
- T_F 50-80 C° (další vlastnosti viz příloha)

Dutinu kartáčku jsem podrobil analýze vstřikování v programu Autodesk Simulation Moldflow, kam se zadají požadované parametry (program sám načítá vlastnosti materiálu z databázi) jako je teplota formy, teplota taveniny apod. Výsledkem je simulace vstřikování s výpočtem dosaženého času či teplot a tlaků ve formě. Nakonec jsem z rozpětí teplot zvolil T_T 250 C° a T_F 70 C°. Výsledky z programu jsou uvedeny v příloze, avšak uvedené parametry se mohou při reálném procesu měnit (záleží na vlastnostech vstřikovacího stroje).



Obr. 16 - Model vstřikovaného kartáčku



Obr. 17 - Analýza času vstřikování -Autodesk Simulation Moldflow

6.2.1.1 Násobnost formy a určení dělicí roviny

Násobnost formy, tzn., kolik bude mít forma dutin, se určí z jednoduchého vzorce. Zákazník, pro kterého se bude vyrábět, zadá požadovaný počet výrobků a roční nebo jiný objem. Do méj práce jsem pro ilustraci zvolil počet dodávaných kusů 600 000 ročně. Pokud bude stroj volný 60 dní v roce a pojedje na 2 osmihodinové směny je to denně během 60ti dní 960 hodin výrobního času. Orientační dobu cyklu zvolím 15 sekund.

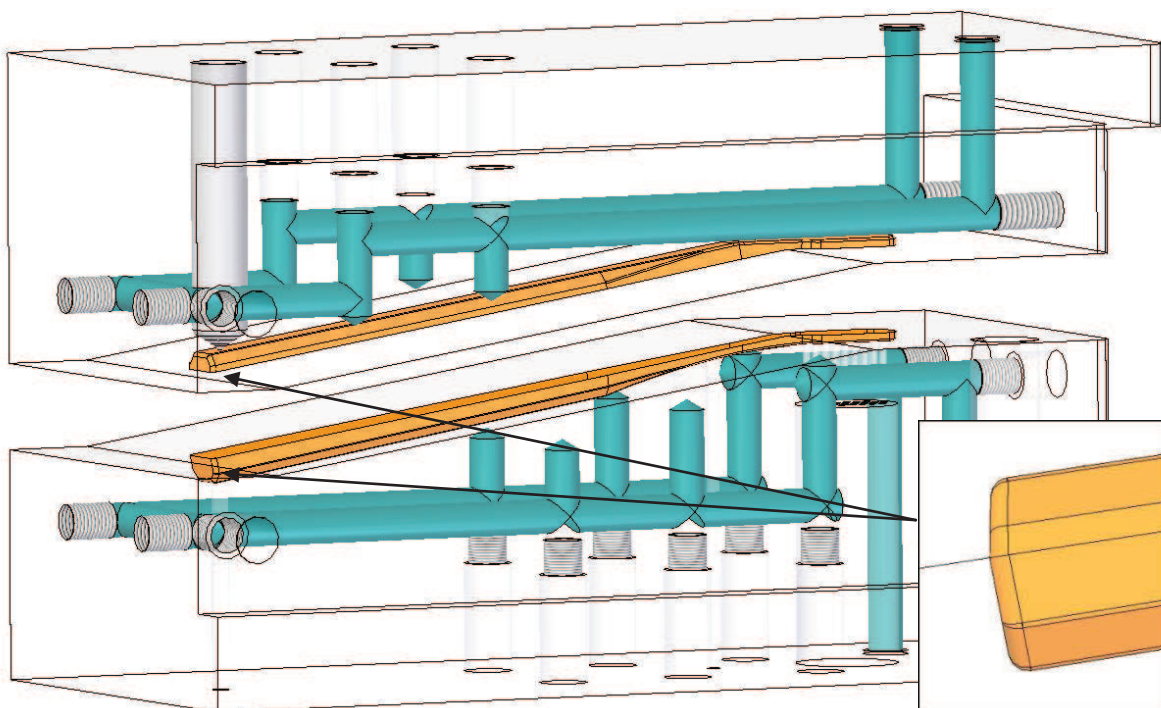
$$n = \frac{N * t_c}{t_p * k * 3600} \dots \dots \dots (1)$$

- n - počet dutin
- N - celkový počet požadovaných výrobků [ks]
- t_c - doba vstřikovacího cyklu [s]
- t_p - doba produkce [h]
- k - koeficient využití výrobního času (0,7-0,9)

$$n = \frac{600\,000 * 15}{960 * 0,8 * 3600} = 3,25 \dots \dots \dots (2)$$

Tento výpočet můžeme brát jako orientační. V praxi se většinou forma používá několik let, byť třeba s menšími úpravami designu výrobku. Můžeme se také setkat například s požadavkem 600 000 ks za rok, kdy kusy vyrobíme během 60ti dní (viz výpočet) a zbytek roku forma stojí, jelikož na vstřikolisu používáme jinou. Na násobnost formy mohou být použity i další vzorce, např. z ekonomického hlediska či parametrů vstřikolisu [1].

Model kartáčku je poměrně jednoduchý. Dělicí rovinu jsem zvolil do „středu“ kartáčku (viz obr. 17) a navrhnul úkosy 2,5° a zaoblení hran k lepšímu odformování. Aby při otevírání formy nedošlo ke stržení hrany na patě kartáčku, musel jsem zde zvolit úkos 9,5°. Objem modelu je zhruba 14 cm³ a hmotnost 13 gramů. Pro kartáček jsem dle orientačního výpočtu vybral čtyřnásobnou formu, která se ve firmě Spokar u zubních kartáčků používá často.

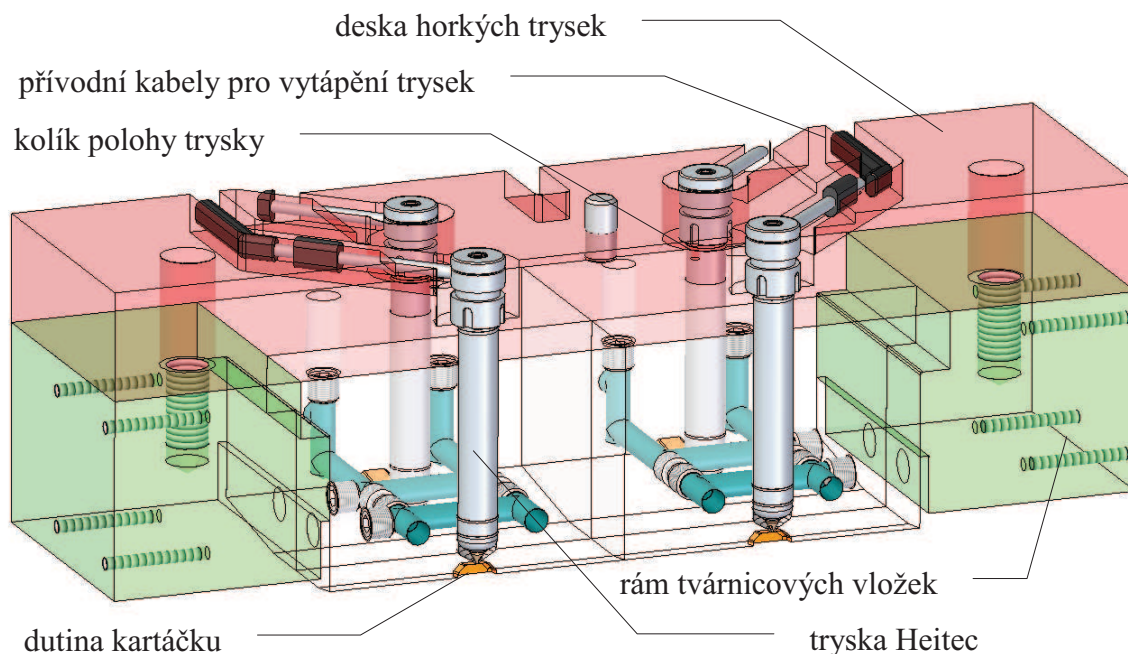


Obr. 18 - Dělicí rovina s detailem paty kartáčku (otevřená forma)

6.2.2 Návrh nepohyblivé části formy

6.2.2.1 Návrh tvarových vložek, umístění vtoku a výběr vstříkovací trysky

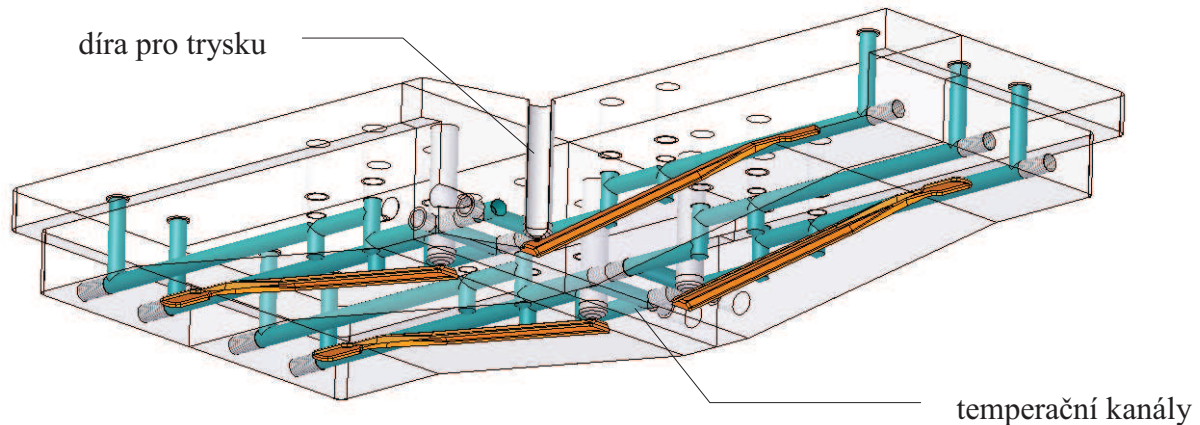
Po navržnutí dělicí roviny následoval výběr vtoku. Vtok jsem umístil do spodní části modelu. V praxi se pro zubní kartáčky používá externě vyhřívané vtokové soustavy jak s otevřenými tryskami, tak s tryskami s jehlovým ventilem řízeným pneumaticky. Po nakonfigurování na stránkách výrobce Heitec, kde byly vloženy parametry (váha jednoho výstřiku, materiál, vstříkovací tlak, vstříkovací teploty atd.), jsem z možných navržených alternativ vybral horkou vtokovou trysku s hrotem First-Line-tip, Type 01.010.13.80 [7]. Tryska může být dle stránek výrobce použita pro všechny druhy vstříkovaných plastů a má příkon 125 W. Je z větší části zapašována v tvarové vložce a její horní část leží v desce horkých trysek, kde je její poloha určena kolíkem. Napájení pro vyhřívání trysek je vedeno deskou horkých trysek do 16ti pólového konektoru Heitec Type 03.03.16. [7]. Do tohoto konektoru je zavedeno i napájení pro vyhřívání rozváděcí blok a pro centrální vtokovou vložku. Konektor je umístěn na desce horkých trysek.



Obr. 19 - Řez rovinou horkých trysek

V této práci jsem se snažil co nejvíce používat normalizované součásti od různých výrobců (Hasco, Meusburger, Heitec, DME, Orycon..), aby forma byla co nejlevnější a abych si vytvořil co největší představu o možných dílech a jejich parametrech. Například je třeba již při navrhování tvarových vložek brát ohled na umístění vstříkovacích trysek. Jejich rozteč by měla být taková, aby bylo možné použít některý z řady vyráběných horkých rozváděcích kanálů (viz 6.2.2.2).

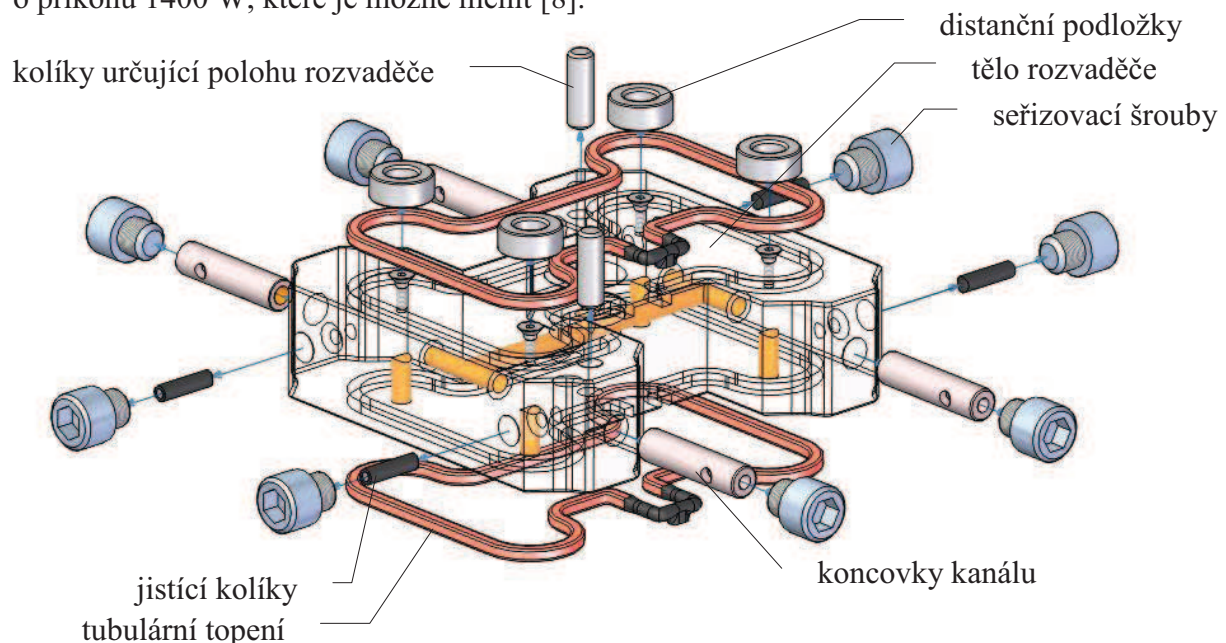
Na tvarové vložky je použita chrom - molybden - vanad - křemíková ocel ke kalení v oleji a na vzduchu s velmi dobrou prokalitelností značená 1.2344 (dle ČSN 19 554). Výrobce u ní uvádí vhodnost pro nástroje ke tváření za tepla a tepelně namáhané pomocné nástroje pro tlakové lití. Povrch dutiny se pro vstříkování kalí na 48-52 HRC. Ve tvárnících (nepohyblivých) vložkách jsou umístěny dutiny pro vstříkovací trysky. Dále je ve všech vložkách veden temperační kanál (viz 6.2.4)



Obr. 20 - Čtyři tvarové vložky tvárnice (řez)

6.2.2.2 Navrhnutí horkých rozváděcích bloků a centrální vtokové vložky

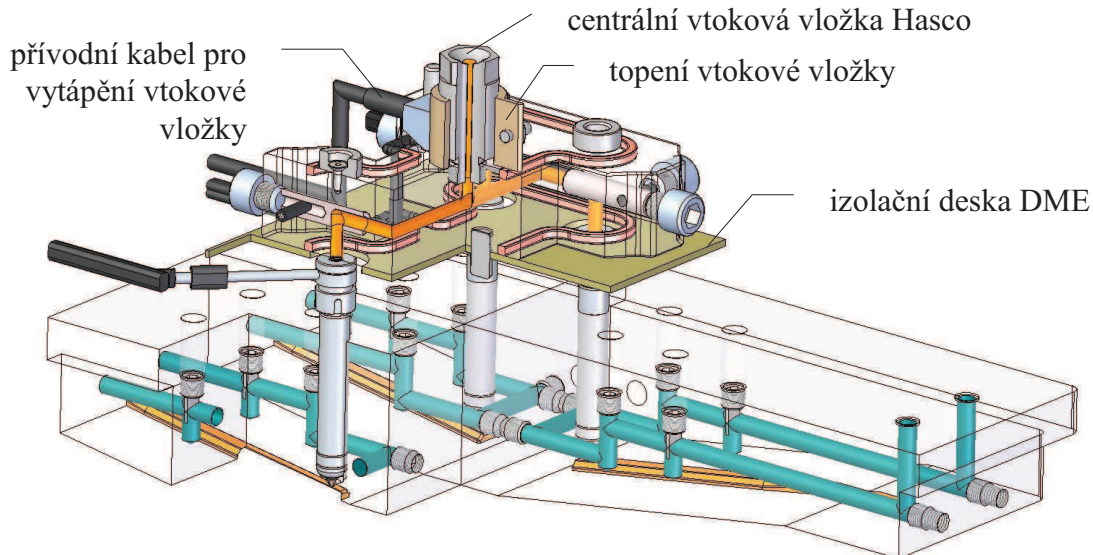
Už při navrhování polohy trysek jsem bral ohled na návrh rozváděcího bloku. Bloky jsou vyráběny v určitých rozměrových řadách, které se liší dle výrobce. Samozřejmě není problém domluvit si výrobu bloku na míru, ale změna se projeví nárůstem ceny bloku až o desítky procent. Do formy jsem kvůli vhodnosti rozměrů vybral horký rozvaděč od české firmy Orycon EU, a to konkrétně rozvaděč „H“ s roztečí vtoků 60x120 mm [8]. Tělo rozvaděče je vyrobeno z nerezové ocele s hladce leštěnými kanály o průměru 6 mm. V rozích kanálů jsou zabudované snímatelné koncovky, které brání vytékání. Koncovky jsou jištěny šikmým kolíkem, tak, aby na ně kolíky vyvíjely pozitivní tlak. Jak koncovky, tak kolíky jsou jištěny seřizovacími šrouby. Dále tělo rozvaděče obsahuje dvě sady tubulárního topení o příkonu 1400 W, které je možné měnit [8].



Obr.21 - Namodelovaný horký rozvaděč Orycon

Přechodu tepla do desky horkých trysek a upínací desky brání izolační deska od firmy DME (konkrétně DME R42-6 156x156x3(5) [9]) a do desky rozváděcího kanálu distanční mezera předepsaná výrobcem rozvaděče. Potřebný tlak, který zajišťuje těsnost mezi tryskou

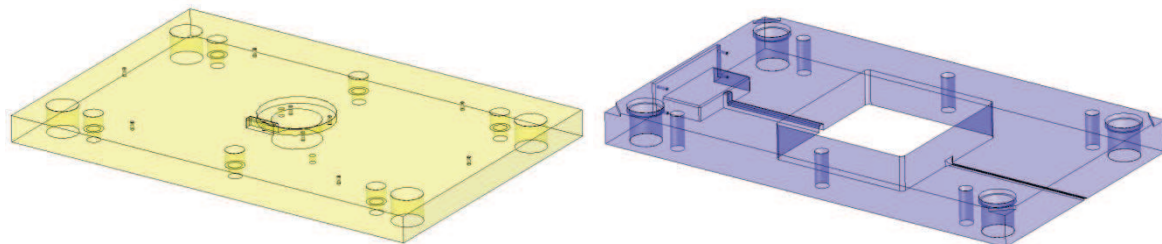
a rozváděcím blokem je vyvozen distančními podložkami, na které shora doléhá upínací deska. Podložky jsou umístěny souose s tryskami a pro správnou funkci jsou broušeny na tisíce milimetru. Na doporučení z praxe jsem vybral podložky Hasco Z1052/3/20x10 [10]. Přesná poloha rozvaděče je určena kolíky. Centrální vtokovou vložku jsem použil Hasco z1055/1/16x56/6 [10]. Je zašroubována do horkého rozvaděče pomocí závitu M16. Na trysce je použito topení Hasco Z1134/25x30/100 [10] o příkonu 100 W.



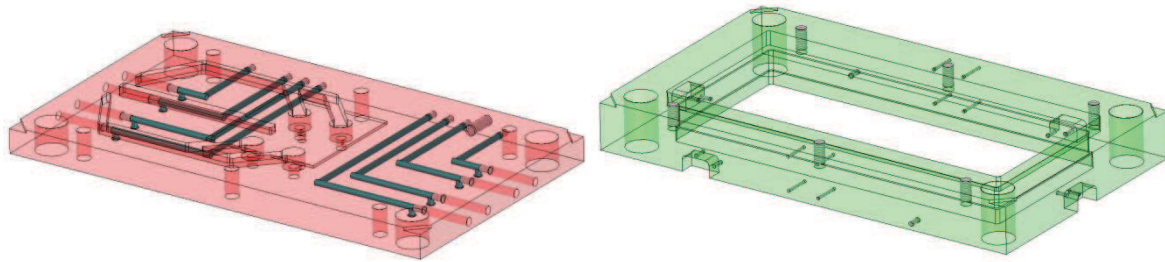
Obr.22 - Celkový pohled na vtokový systém (řez)

6.2.2.3 Desky nepohyblivé části a použité normálie

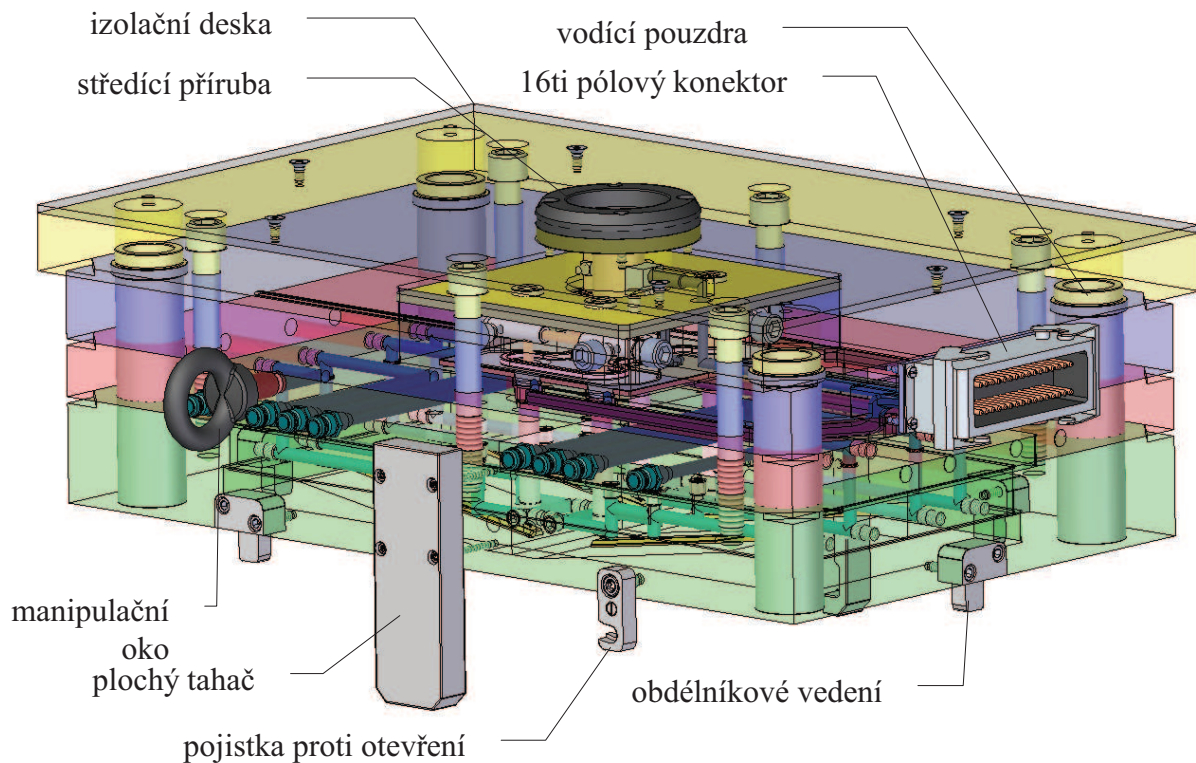
Do formy jsem vybral normalizované desky firmy Hasco o rozměru 346 x 596, které jsou dodávány s dírami pro vodící sloupky a spojovací šrouby. Jako upínací desky byly použity desky K11/596xx36/ [10]. Materiál všech desek jsem dle řady výrobce zvolil základní, a to uhlíkovou nástrojovou ocel 1.1730 (dle ČSN 19 083), ze které desky vyjdou nejlevněji a na požadavky formy budou stačit. Je také možné nechat si desky vyrobit v jakékoliv nástrojárně. Nejsou nijak tvarově náročné a patrně by toto řešení vyšlo levněji (záleží na kvalitě nástrojárny). Desky Hasco jsou před namontováním obráběny dle potřeby (temperační kanály, vtokový systém, dutiny atd.) a spojeny šesti imbusovými šrouby DIN 912/A2 M18x125. Do formy jsem vybral - vodící sloupky Hasco Z10-156-30, závěsná oka Hasco Z710 [10], obdélníkové vedení Hasco Z07/22/16x22 [10] a pro zajištění formy při montáži a demontáži jištění Hasco Z73/12x20x50[10]. Jelikož bude forma předehřívána na vysoké teploty, je nutné izolovat jí od vstříkolisu. Proto je na upínací desce umístěna izolační deska DME R42-6, jištěna zápusnými šrouby s vnitřním šestihranem DIN 7991 M6x12.



Obr.23 - Upínací deska a deska rozváděcího bloku



Obr.24 - Deska horkých trysek a rám tvárnícových vložek

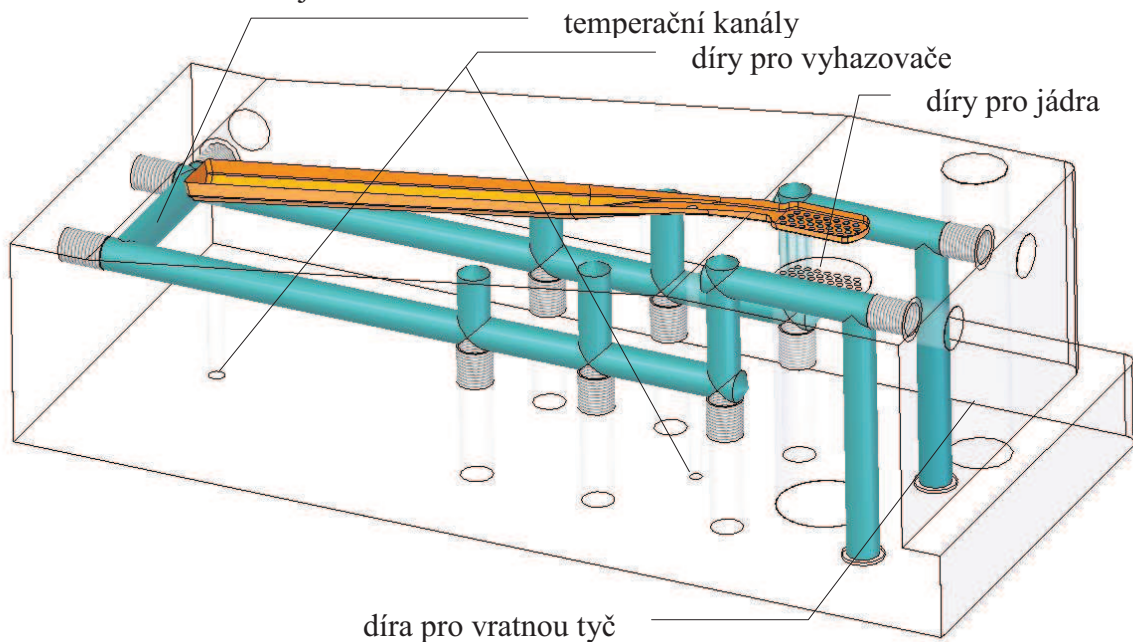


Obr.25 - Celkový pohled na stabilní část formy

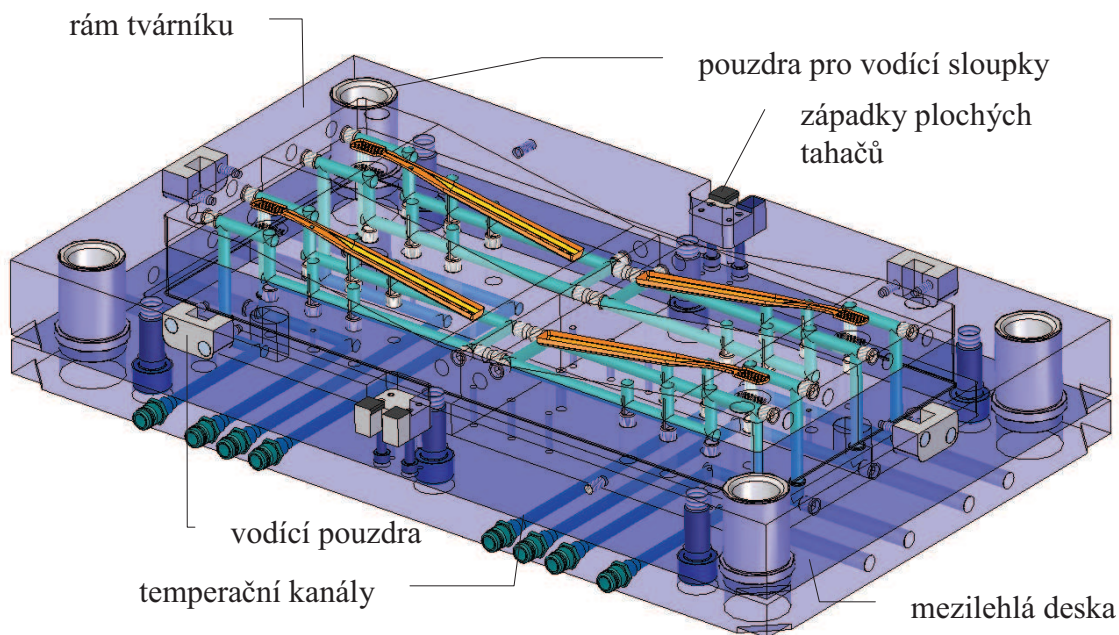
6.2.3 Návrh pohyblivé části formy

6.2.3.1 Návrh tvárníkové části

Na tvárníkové vložky je stejně jako na tvárnícové použita chrom - molybden - vanad - křemíková ocel 1.2344 (dle ČSN 19 554). Vložky jsou umístěny v rámu tvárníku a jsou v nich vyvrtány díry temperačního kanálu, vyhazovačů a jádra. V dutině kartáčku je vyfrézovaná značka kartáčku. Ta v praxi může být vyměnitelná (z vložky se vysune a zasune se do ní jiná), čímž na stejném tvaru kartáčku můžeme vidět jinou značku výrobce. Tvarové vložky jsou s přesahem nalisovány do rámu. V našem případě vložky z rámu můžeme vyndat lisem z druhé strany rámu. Když to forma neumožňuje, musí se do vložek vrtat závity na jejich vytažení. Vložky jsou zalisovány do rámu a zesponu jistěny mezilehlou deskou. Vše je sešroubováno šesti šrouby. V rozích jsou umístěny 4 vodící sloupky Hasco Z10-56-30 [10]. Pohyb tvárníkové části zajišťují ploché tahače Meusburger E 1820 [12] (viz kapitola 6.2.3.2).



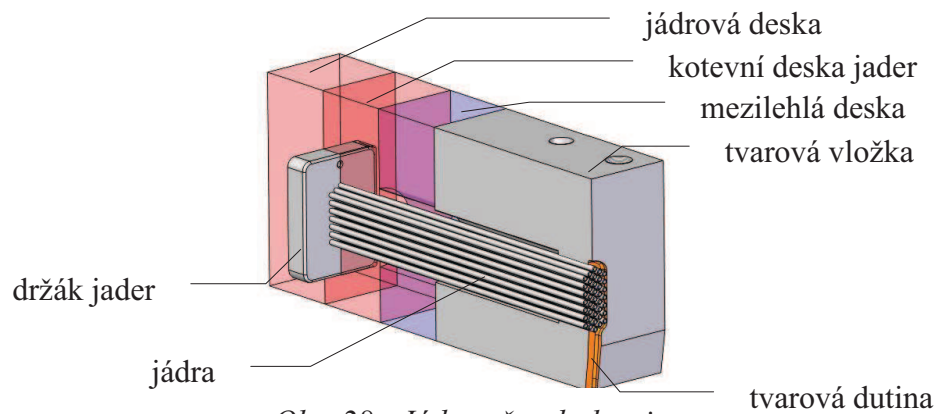
Obr. 26 - Tvarová vložka tvárníku



Obr. 27 - Tvárníková část

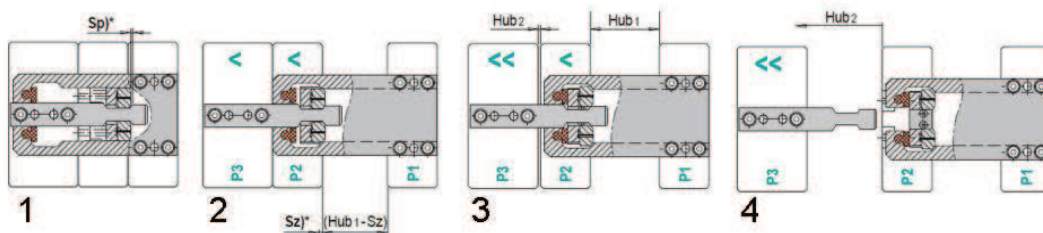
6.2.3.2 Návrh jádrové a spodní části formy

Největším specifickým při vstřikování zubních kartáčků jsou jejich díry pro štětiny o průměru 1,6 mm. U větších kartáčků či smetáků jsou díry vrtány, zde se však vyplatí je vyrobit již v procesu vstřikování. Kdyby byly díry umístěny v horní části formy, zůstal by výstřik v tvárnici a nešel by vyhodit. K jejich výrobě se používají tzv. jádřerka, která mimo jiné zajistí udržení výstřiku v tvárnici tak, aby ho vyhazovací systém dostal ven z formy. Můžeme si je představit podobně jako vyhazovače. Jejich poloha je určena dvěma deskami, mezi kterými je jádrová část sevřena. Vedeny nejsou v celé části tvárníku, ale jen těsně před dutinou. To je z důvodu menšího tření. Jelikož jádra leží ve formě na úplném konci dutiny, umožní nám jejich nepatrná vůle odvodit vzduch z dutiny (spolu s vyhazovači).



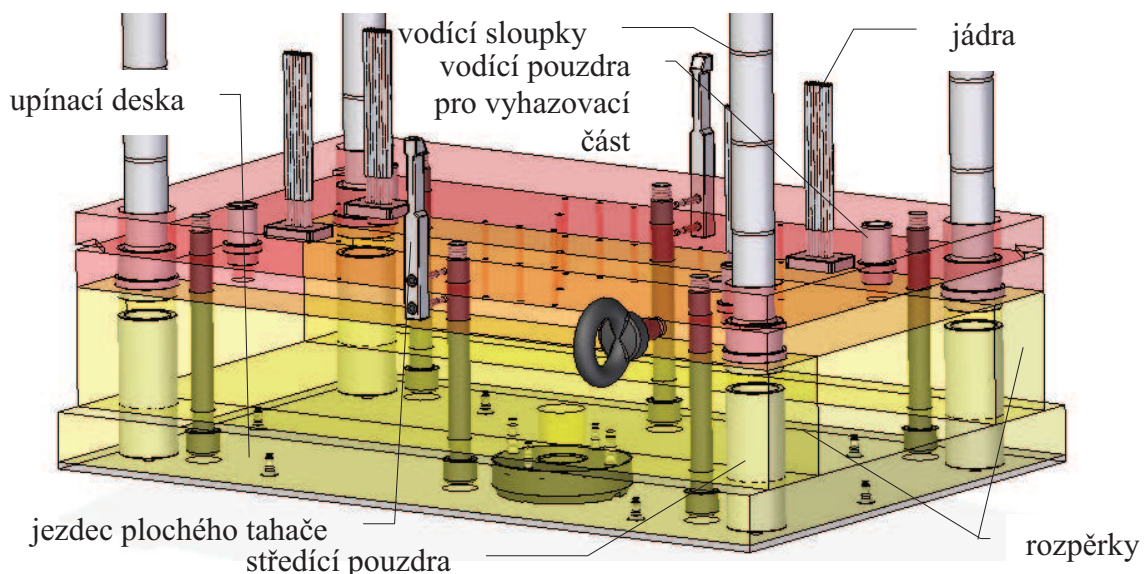
Obr. 28 - Jádra - řez deskami

Proces vstřikování probíhá následovně: materiál je vstříknut do dutiny a po vychladnutí odjíždí celá pojízdná část formy - P2, P3 viz obr. 28 (tvárník, jádrová část, vyhazovací část a upínací část). P1 je stabilní část formy. Jádrová část je pevně spojena s upínací částí. Po určité době (tak, aby se mezi tvárníkem a tvárnici vytvořil prostor pro vyhození výrobků) se tvárníková část P2 zastaví, ale upínací část P3 (s jádérky) odjíždí se zbytkem formy dál (vyhazovací část stojí), čímž dojde k „odformování“ děr pro štětiny. Po zastavení zbylé části už dojde ke klasickému vyhození výstřiků a opětovnému zavření formy. O tento druh odformování se stará plochý tahač Meusburger E 1820 [12], jehož princip je patrný z obrázků.



Obr. 29 - Princip plochého tahače Meusburger[12]

V pohyblivé části jsou použity stejně rozměrné desky i materiál jako v nepohyblivé. K ukotvení rozpěrek (žlutých) jsou použita středící pouzdra Hasco Z20-42x100[10]. Vodící sloupky jsem zvolil Hasco Z00-27-30x285[10]. Vše je spojeno pomocí šesti šroubů.

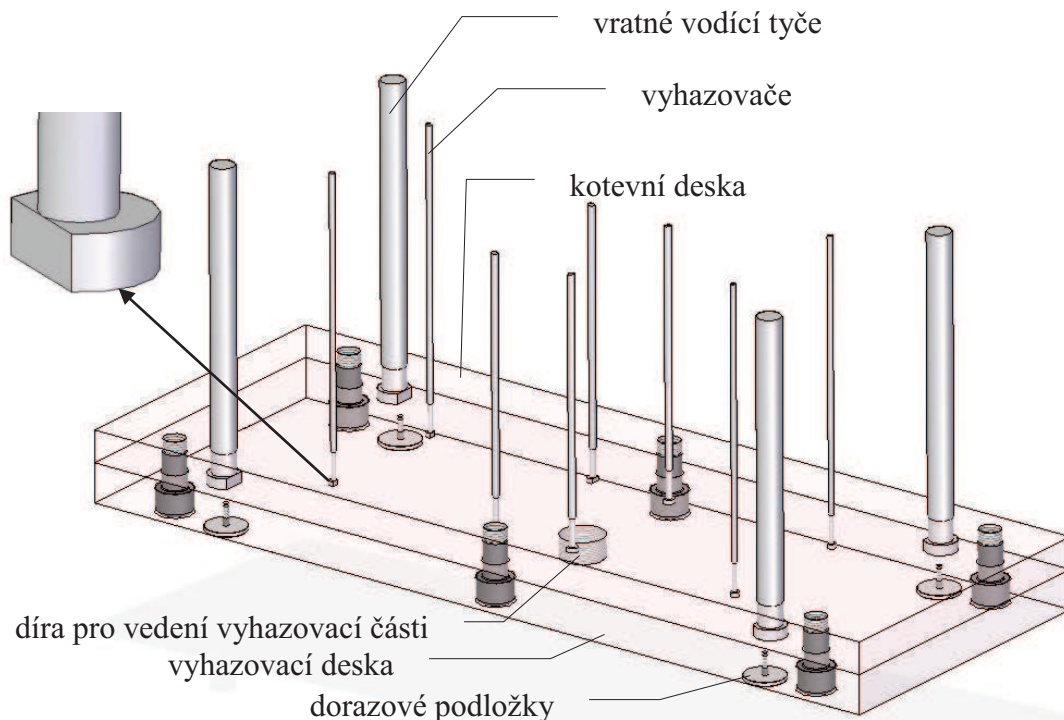


Obr. 30 - Celkový pohled na spodní část formy s jádrovou částí

6.2.3.3 Konstrukce vyhazovacího systému

Vyhazovací systém má za úkol dostat vystříknutý kartáček ven z tvarové dutiny tvárníku. Na každý kartáček připadají 2 vyhazovače (průměry 2 a 1,5 mm), které jsou ukotveny mezi dvěma deskami Hasco (kotevní-horní K60x/346x596x22, podpěrná-dolní K70/346x596x27 z materiálu 1.1730 dle ČSN 19 083). Ty musí zajistit přesnou polohu vyhazovačů, protože jsou v dotyku s výstřikem tvarově broušeny do obrysu kartáčku tak, aby kopírovaly jeho spodní hranu. Kdyby se součást vyhazovala špatně, může se do formy přidělat případný další vyhazovač. Nemožnost pootočení vyhazovačů je zajištěna tvarově (obr. 28).

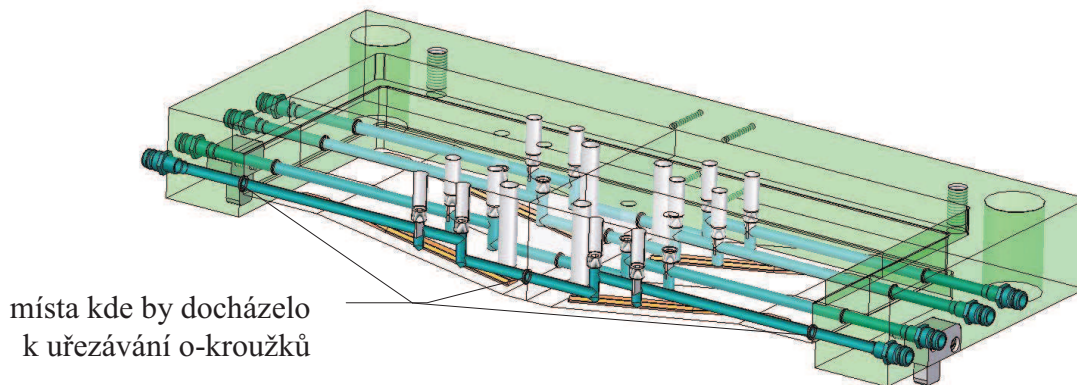
Dále jsou v rozích umístěny 4 vratné tyče, které mají za úkol při zavírání formy vracet vyhazovací část do původní polohy. Zároveň jsou umístěny ve vodičích pouzdrech a vedou tak celou vyhazovací část. Desky vyhazovací části jsou spojeny šesti šrouby z katalogu Hasco Z31-16x25 [10], které desky svírají k sobě. Aby se nedotýkala deska vyhazovací a upínací posuvné desky, jsou zde namontovány dorazové podložky Hasco Z55-28x3 [10]. Pro umožnění pohybu je v kotevní desce vyvrtán závit M30, na který se při montáži přišroubuje vedení z vstříkovacího stroje. K vymezení prostoru na vyhazovací část byly použity lišty Hasco K40/346x596x86 [10].



Obr. 31 - Vyhazovací část

6.2.4 Temperační systém formy

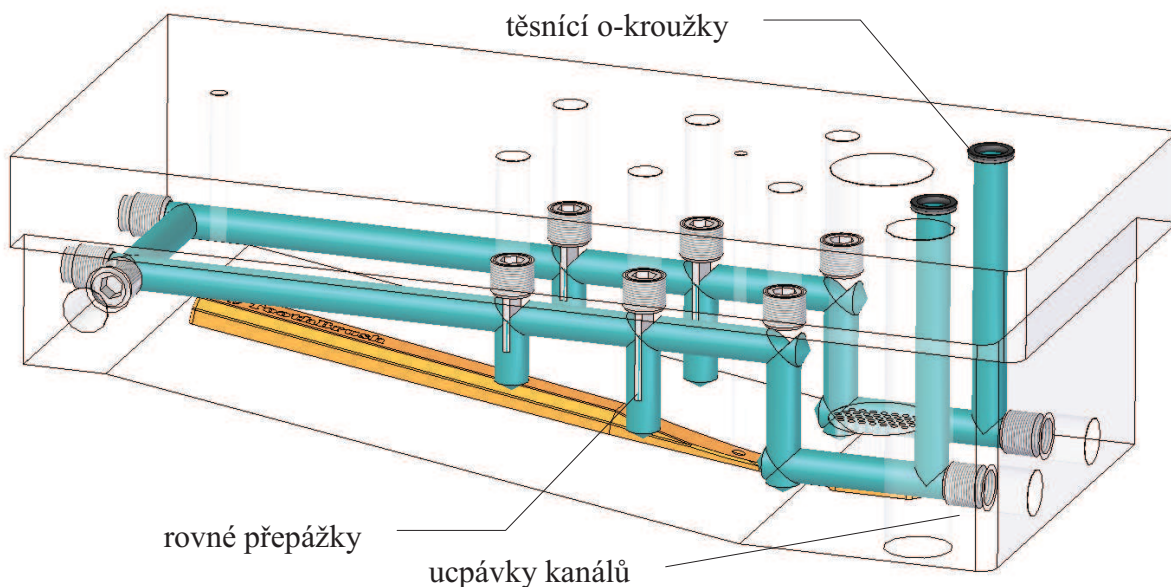
Návrh temperačního systému patří v oblasti vstříkování k nejtěžším. Je to proces, kde se ve velké míře uplatňují zkušenosti konstruktéra a kde se používá simulací přechodu tepla. Já jsem do formy zvolil jednoduchý systém, který by se při případné nevhodnosti mohl snadno upravit. Při konstrukci kanálů jsem dodržoval minimální odstup od dutiny formy (4 mm) a vyhýbal se místům, kde nedochází k průplachu. Tam by vznikaly usazeniny a kanál by mohl začít korodovat.



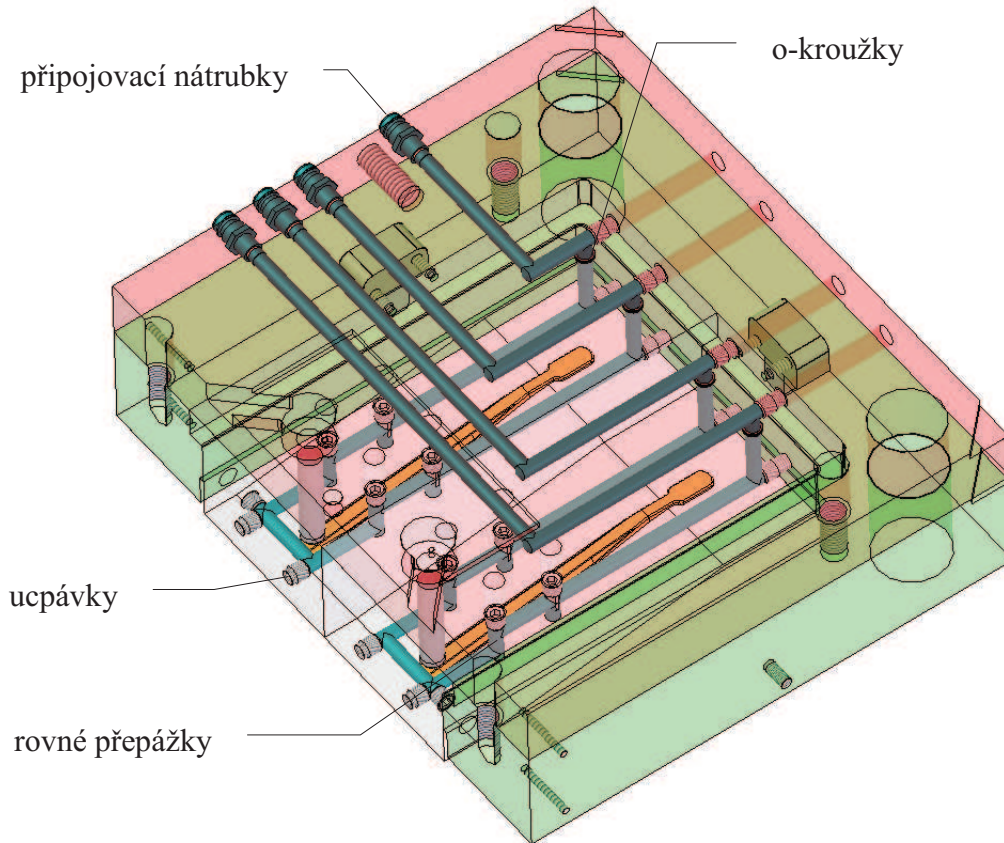
Obr. 32 - Původní návrh temperačního kanálu

Tento kanál se nakonec ukázal jako nepoužitelný, protože by docházelo k seříznutí těsnících o-kroužků při vkládání tvarových vložek do rámu. Navíc se v praxi zachovává pravidlo vyvedení přívodů/odvodů temperační kapaliny na jednu stranu formy tam, kde bude obsluha vstřikolisu.

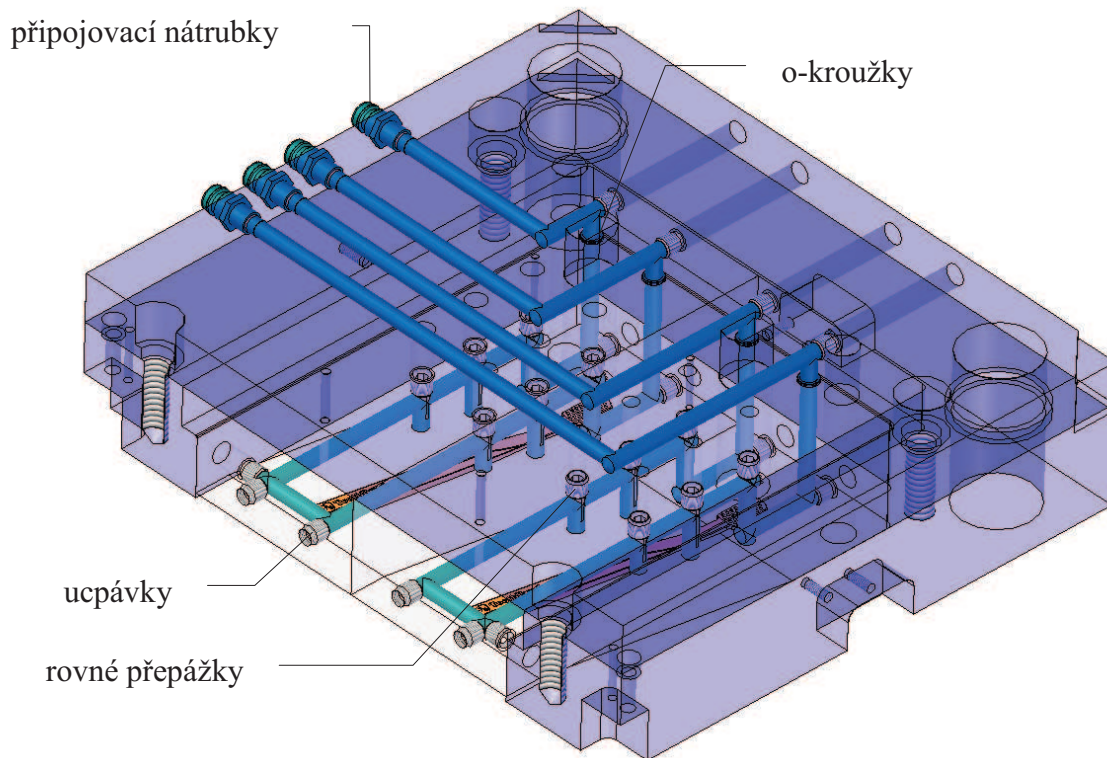
Temperační kanály jsou jak v tvárnice, tak v tvárníkové části vrtány na průměr 8 mm. Jelikož většina tvarové dutiny kartáčku není rovnoběžná s deskami, nabízelo se konstrukční řešení, kde by byla díra kanálu vrtána šikmo do vložek tvárnice a tvárníku. Toto řešení by však bylo zbytečně těžké na obrábění a cenu formy tak zvýšilo. Zvolil jsem proto řešení s použitím rovných přepážek s těsněním Hasco Z9661 [10], které usměrňují pohyb tekutiny. Problém s o-kroužky jsem nakonec vyřešil zavedením kanálu do desek horkých vtoků a upínací tvárníkové desky. To zajistilo, že osy o-kroužků budou kolmo na desky a nebude docházet k jejich srážení. Navíc toto řešení umožní vyvést pohodlně všechny kanály na jednu stranu formy. Hadice s chladicí kapalinou byly připojeny pomocí připojovacích nátrubků Hasco Z81 [10].



Obr. 33 - Temperační kanál - tvárníková vložka



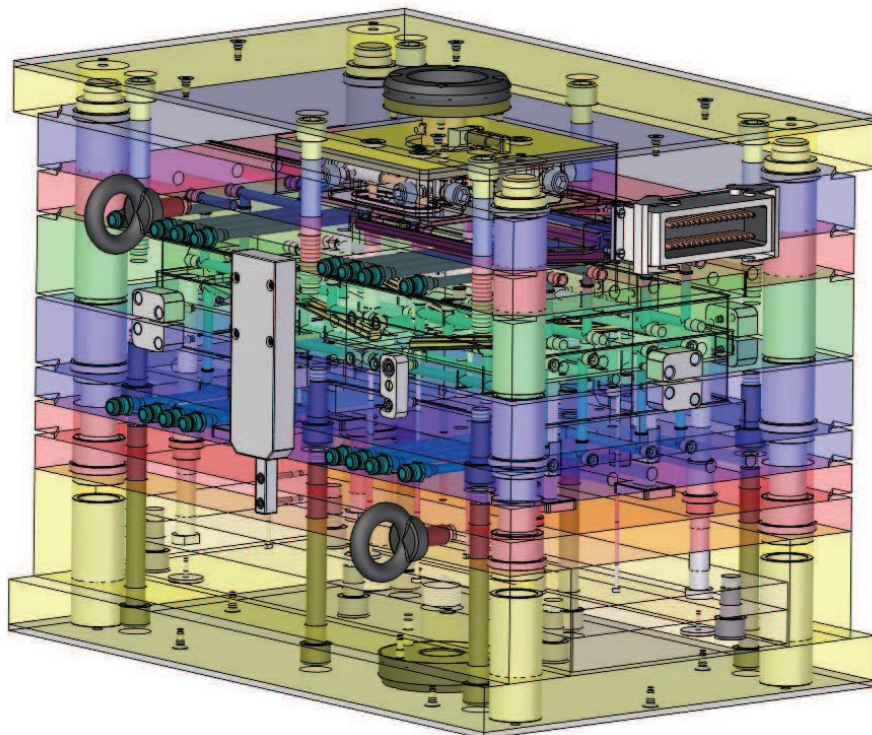
Obr. 34 - Temperační kanál - polovina tvárnicové části



Obr. 35 - Temperační kanál - polovina tvárnickové části

6.2.5 Celková sestava formy

Při montáži a demontáži formy na vstříkovací lis jsou k manipulaci připraveny závitové díry na závěsná oka Hasco Z710/16 [10]. K zajištění nerozevření formy jsem vybral pojistku Hasco Z73/12x20x50 [10].



Obr. 36 - Pohled na celkovou složenou formu



Obr. 37 - Rendrovaná celková forma

7 Technickoekonomické zhodnocení

Jelikož není zadána výrobní dávka, procesní parametry ani vhodný vstříkovací stroj, není možné ekonomicky zhodnotit použití formy. Samotná kalkulace výroby formy by se odvíjela od místa výroby formy, vybrané nástrojárny apod. V praxi jsou rozdíly ceny výroby například mezi Čínou a Českou republikou až dvojnásobné. Téma technickoekonomického zhodnocení a výroby formy je natolik obsáhlé, že by mohlo být zpracováno v samostatné bakalářské práci.

8 Závěr

V první části bakalářské práce jsem z důvodu hlubšího porozumění oblasti vstřikování plastů zpracoval rešerši, ve které jsem se zabýval procesem vstřikování, vstřikovacími stroji a zejména nástroji. Vstřikovací proces není kontinuální, a proto byl rozdělen na jednotlivé fáze. Více prostoru bylo věnováno rozložení tlaků ve vstřikovací dutině a plastikaci granulátu. V části o vstřikovacích strojích byly popsány hlavní části strojů a do podrobnějšího popisu rozepsány vstřikovací a uzavírací jednotky. Další částí rešerše byla oblast vstřikovacích nástrojů - forem. I zde byly popsány jednotlivé části formy. Dále pak postup při konstrukci a podrobněji rozepsány hlavní součásti jako je například temperační či vyhazovací systém.

Ve druhé části této práce jsem vypracoval kompletní návrh formy s horkou vtokovou soustavou pro zubní kartáček. Navržený tvar výrobku jsem podrobil analýze vstřikování v programu Autodesk Simulation Moldflow, tak, abych vybral nejvhodnější podmínky pro tento proces a vybraný materiál ABS (Terlux 2812). Poté jsem v programu Solid Edge postupně zkonstruoval horký vtokový systém, celkovou stabilní stranu formy, vyhazovací systém, pohyblivou stranu formy s jádrovou částí a temperačním systémem. Snažil jsem se používat co nejvíce normalizovaných a katalogových dílů tak, aby forma vyšla ekonomicky nejvýhodněji a abych si vytvořil co největší přehled o možných konstrukčních dílech používaných v oblasti vstřikování. Proto je na formě použito hned několik odlišných dodavatelů katalogových součástí a to jak zahraničních, tak českých. Na závěr byla firmou, zabývající se výrobou a dodávkami vstřikovacích forem, odhadnuta výrobní cena formy vyrobené v Číně průměrnou čínskou nástrojárnou na 400 000 Kč a v České republice okolo 800 000 Kč. Právě v technickoekonomickém hledisku formy vidím prostor pro další možné rozšíření práce, kde by bylo možné zpracovat proces výroby a zejména obrábění jednotlivých desek a vložek.

U formy na zubní kartáčky je hlavním specifíkem a problémem výroba děr pro štětiny už v procesu vstřikování, což je rozdíl oproti jiným kartáčovinám, kde jsou díry vrtány v odděleném procesu. Vystříknutí děr jsem zajistil umístěním jader, které je z důvodu bezproblémového vyhození nutné zkonstruovat na tvárníkové části formy. Jádra musí ze zubního kartáčku vyjet bezprostředně po otevření formy, aby mohl být výrobek z formy vyhozen pomocí vyhazovací části. Odstupňování odjetí jádrové části jsem vyřešil pomocí plochého tahače Meusburger.

Jak správně konstruovat formu jsem se naučil hlavně díky konzultacím s odborníky z praxe. Při konzultacích jsem zjistil jak detaily (například že ve formě s horkým vtokovým systémem musí být výtoková drážka pro kondenzát z dutiny horkého rozvaděče), tak různá pravidla (například, že přívody a odvody temperační kapaliny by měly směřovat na jednu stranu, tam kde bude obsluha vstřikování). Celkově jsem si uvědomil, jak je praxe ve strojírenství důležitá.

9 Použitá literatura, zdroje

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro vstřikování plastů: I. díl Vstřikování termoplastů*. opr. vyd. Brno: UNIPLAS Brno, 1999. 134 s
- [2] LENFELD, P. Technologie II: Část II - Zpracování plastů, *Katedra strojírenské technologie, technické univerzity v Liberci* [Online] Liberec: 2008 [10.4.2014]
Dostupné z: http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [3] TECHNIK, Začalo století plastů, *Technik* [Online] Praha: Technik, 2002, [12.10.2013]
Dostupné z: <http://technik.ihned.cz/c1-11352820-zacalo-stoleti-plastu>
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. *Úvod do strojírenství (studijní texty)*. Liberec: Technická univerzita, Fakulta strojní, 2001. ISBN 80-7083-538-9
- [5] ŽÁK, L. Podklady pro cvičení – Tvářecí nástroje, vstřikovací formy, *Odbor technologie tváření kovů a plastů FSI VUT v Brně*. [Online] Brno [10.4.2014] Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [6] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [7] HEITEC, Heitec katalog, *Heitec* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://www.heitec.com/en/products/>
- [8] ORYCON EU, Orycon katalog, *Orycon EU* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://www.oryconeu.cz/rozvadece-orycon.html>
- [9] DME, Izolační desky katalog, *DME* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://www.dmeeu.com/cz/produkty/d/index/formy-sou-sti/sou-sti/izola-n-desky>
- [10] HASCO, Hasco katalog, *Hasco* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://www.hasco.com/gb/Services-Downloads>
- [11] PCS, PCS katalog, *PCS* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://www.pcs-company.com/cad.htm>
- [12] MEUSBURGER, Meusburger katalog, *Meusburger* [Online] [10.12. 2013] Dostupné z: <http://ecom.meusburger.com/index/index.asp?rnd=53372>
- [13] PLASTIC EUROPE, Plastics - the Facts 2013, *Plastics Europe* [Online] Brussels: Plastics Europe, 2013, [10.4. 2014] Dostupné z: http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131018104201-plastics_the_facts_2013.pdf
- [14] NICHOLAS WALTERS, World crude steel output increases by 3.5% in 2013, *World Steel* [Online] [10.4.2014] Dostupné z: <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2014/World-crude-steel-output-increases-by-3-5--in-2013.html>

- [15] DMEEU, New Zenith Valve Gate Hot Runner System Improves Thermal Profile, DMEEU [Online] 2012 [10.4.2014] Dostupné z: <http://www.dmeeu.com/en/news/d/detail/new-zenith-valve-gate-hot-runner-system-improves-thermal-profile>
- [16] CHRISTINA M. FUGES, Flexible Moldmaking, *Mold Making Technology* [Online] Cincinnati: Mold Making Technology, 2013 [10.4.2014] Dostupné z: <http://www.moldmakingtechnology.com/blog/post/flexi-cube-mold>


Z důvodu množství zdrojů jsou výše uvedeny zdroje nejvýznamnější obsahem. Dále bylo čerpáno z osobních zkušeností i informací od kompetentních osob.

10 Seznam příloh

- PŘÍLOHA č. 1 - Materiálový list vstříkovaného materiálu
PŘÍLOHA č. 2 - Výsledky a zdrojový kód studie vstříkování z programu Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2014
PŘÍLOHA č. 3 - Vybraná výkresová dokumentace

PŘÍLOHA č. 1

Materiálový list vstřikovaného materiálu

Product Information	Terlux®	 BASF The Chemical Company
	2812 TR	
05/2008	MABS	

Product description

Transparent injection moulding grade with high flowability.

Physical form and storage

Terlux® is supplied as lenticular and as cylindrical pellets. The bulk density is from about 0.55-0.65 g/cm³. Standard pack: 25 kg PE sack, palletized and film-secured. Subject to agreement, other means of packing are possible, e.g. 1000 kg bulk containers (octagonal IBCs, or intermediate bulk containers, made from corrugated board with sack insert) or shipping by road tanker can be arranged. Terlux® pellets can be stored for prolonged periods in dry areas subject to normal temperature control without any changes in mechanical properties. However, with sensitive colors storage over some years can cause some color change. In poor storage conditions, Terlux® absorbs moisture, which can be removed again by drying. Packs stored in cold areas should be brought to ambient temperature before opening to prevent condensation on the pellets.

Product safety

Given appropriate processing of the products and suitable ventilation measures in production areas, no adverse effects on the health of process operator have been found. Workplace limits for styrene, methyl methacrylate, methyl acrylate, acrylonitrile and 1,3-butadiene, as given in the national listings applicable, must be adhered to. The values currently applicable in Germany under TRGS 900 (issue of September, 1999) for maximum workplace concentrations are as follows. Styrene: 20 ml/m³ = 85 mg/m³; methyl methacrylate: 50 ml/m³ = 210 mg/m³; methyl acrylate: 5 ml/m³ = 18 mg/m³; acrylonitrile: 3 ml/m³ = 7 mg/m³; 1,3-butadiene: 5 ml/m³ = 11 mg/m³. Appendix I of Directive 67/548/EWG (issue of 1999) classifies acrylonitrile and 1,3-butadiene in carcinogenic category II (substances which should be regarded as carcinogenic in humans). Experience has shown that during appropriate processing of Terlux with suitable ventilation the values obtained are well below the limits mentioned above. TRGS 402 (Germany) can be used for determining and assessing the concentrations of hazardous substances in the air within working areas. Inhalation of gaseous degradation products, such as those which may arise on severe overheating of the material or during pumped evacuation, must be avoided. Further information can be found in our Terlux safety data sheets. These can be downloaded from the Plastics Portal, www.plasticsportal.net.

Note

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application of our product, these data do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests; neither do these data imply any guarantee of certain properties, nor the suitability of the product for a specific purpose. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights etc. given herein may change without prior information and do not constitute the agreed contractual quality of the product. It is the responsibility of the recipient of our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

Terlux® 2812 TR



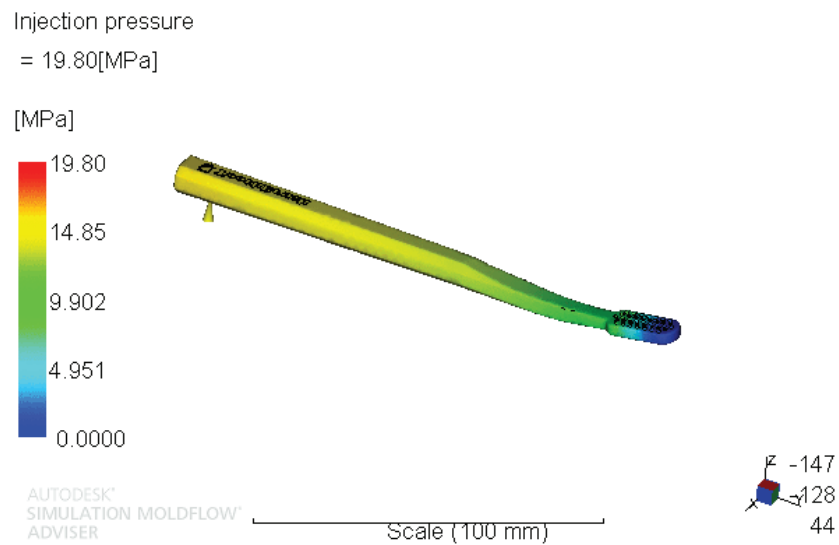
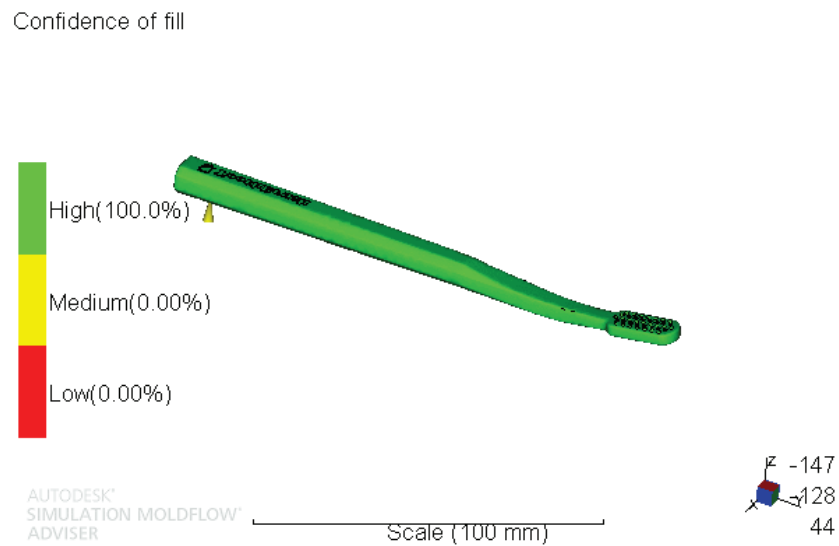
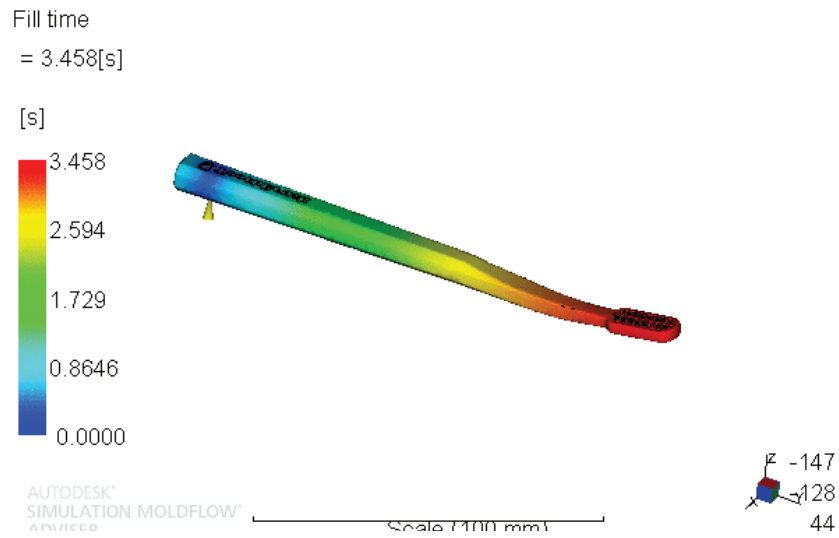
Typical values for uncoloured product at 23 °C ¹⁾	Test method ²⁾	Unit	Values ³⁾
Properties			
Polymer abbreviation	-	-	MABS
Density	ISO 1183	kg/m ³	1080
Water absorption, equilibrium in water at 23°C	similar to ISO 62	%	0.7
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% r.h.	similar to ISO 62	%	0.35
Refractive index, crystal clear and transparent	ISO 489	-	1.540
Processing			
Melt volume-flow rate MVR 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm ³ /10min	8
Melt volume-flow rate MVR 220 °C/21.6 kg	ISO 1133	cm ³ /10min	45
Melt temperature, injection moulding	-	°C	230 - 260
Mould temperature, injection moulding	-	°C	50 - 80
Moulding shrinkage, free, longitudinal	-	%	0.4 - 0.7
Flammability			
UL 94 at 1.6 mm thickness	UL-94	class	HB
Automotive materials (thickness d >= 1mm)	-	-	+
Mechanical properties			
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	MPa	1900
Yield stress, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	42
Yield strain, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	4
Nominal strain at break, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	20
Charpy unnotched impact strength (23°C)	ISO 179/1eU	kJ/m ²	110
Charpy unnotched impact strength (23°C)	ISO 179/1eU	kJ/m ²	70
Charpy notched impact strength (23°C)	ISO 179/1eA	kJ/m ²	5
Charpy notched impact strength (-30°C)	ISO 179/1eA	kJ/m ²	2
Izod notched impact strength (23°C)	ASTM D 256	J/m	60
Ball indentation hardness	ISO 2039-1	MPa	75
Force	ISO 2039-1	N	358
Duration	ISO 2039-1	s	30
Thermal properties			
HDT A (1.80 MPa), measured using dried specimens	ISO 75-1/-2	°C	87
HDT B (0.45 MPa), measured using dried specimens	ISO 75-1/-2	°C	93
Vicat-Softening-Temperature VST/B/50	ISO 306	°C	87
Max. service temperature (short cycle operation)	-	°C	75
Coefficient of linear thermal expansion, longitudinal (23-80)°C	ISO 11359-1/-2	E-4/°C	0.8 - 1.1
Thermal conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.17
Electrical properties			
Relative permittivity (100Hz)	IEC 60250	-	3
Relative permittivity (1 MHz)	IEC 60250	-	2.8
Dissipation factor (100 Hz)	IEC 60250	E-4	160
Dissipation factor (1 MHz)	IEC 60250	E-4	130
Volume resistivity	IEC 60093	Ohm*m	1E14
Surface resistivity	IEC 60093	Ohm	1E15
Electric strength K20/P50, d = 1 mm	IEC 60243-1	kV/mm	37

Footnotes

- 1) If product name or properties don't state otherwise.
2) Specimens according to CAMPUS.
3) The asterisk symbol * signifies inapplicable properties.

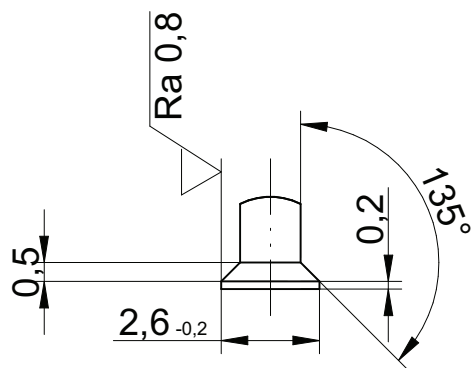
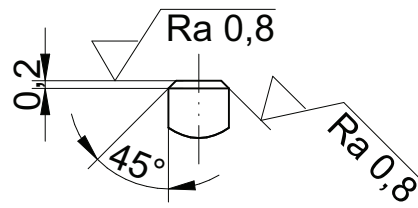
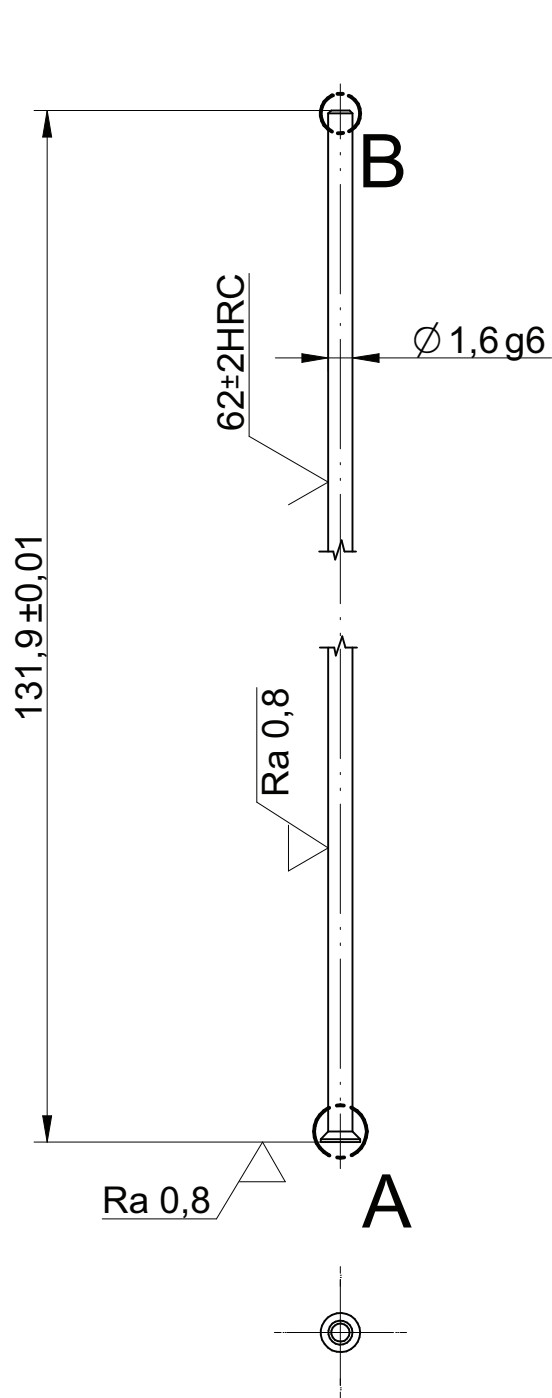
PŘÍLOHA č. 2

**Výsledky a zdrojový kód studie vstřikování z programu Autodesk
Simulation Moldflow Adviser 2014**



```
<br clear="all"/>
<table border="0" align="center" width="80%">
<tr><td>
<!-- Report Item img name="model_kartacku_s_dirama_study:Fill time"-->
<A NAME="CtrlTar0">
<table border=0>
<tr><td>
<span class="imagetitle">model_kartacku_s_dirama_study:Fill time</span>
<br>
<IMG
SRC="./model_kartacku_s_dirama_study/model_kartacku_s_dirama_studyFill_time1.gif"
ALT="model_kartacku_s_dirama_study:Fill time" border=1>
</td></tr>
</table>
<br>
<!--/Report Item-->
<!-- Report Item img name="model_kartacku_s_dirama_study:Plastic flow"-->
<A NAME="CtrlTar1">
<table border=0>
<tr><td>
<span class="imagetitle">model_kartacku_s_dirama_study:Plastic flow</span>
<br>
<IMG
SRC="./model_kartacku_s_dirama_study/model_kartacku_s_dirama_studyPlastic_flow1.gif"
ALT="model_kartacku_s_dirama_study:Plastic flow" border=1>
</td></tr>
</table>
<br>
<!--/Report Item-->
<!-- Report Item img name="model_kartacku_s_dirama_study:Injection pressure"-->
<A NAME="CtrlTar2">
<table border=0>
<tr><td>
<span class="imagetitle">model_kartacku_s_dirama_study:Injection pressure</span>
<br>
```

```
<IMG
SRC="/model_kartacku_s_dirama_study/model_kartacku_s_dirama_studyInjection_pressure
1.gif" ALT="model_kartacku_s_dirama_study:Injection pressure" border=1>
</td></tr>
</table>
<br>
<!--/Report Item-->
<!-- Report Item img name="model_kartacku_s_dirama_study:Confidence of fill"-->
<A NAME="CtrlTar3">
<table border=0>
<tr><td>
<span class="imagetitle">model_kartacku_s_dirama_study:Confidence of fill</span>
<br>
<IMG
SRC="/model_kartacku_s_dirama_study/model_kartacku_s_dirama_studyConfidence_of_fil
11.gif" ALT="model_kartacku_s_dirama_study:Confidence of fill" border=1>
</td></tr>
</table>
<br>
<!--/Report Item-->
</td></tr>
</table>
</body>
</html>
```

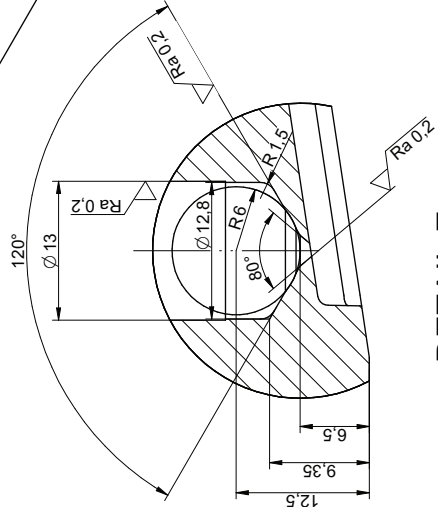
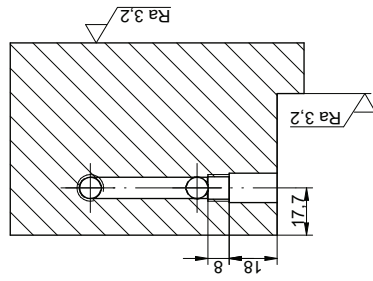
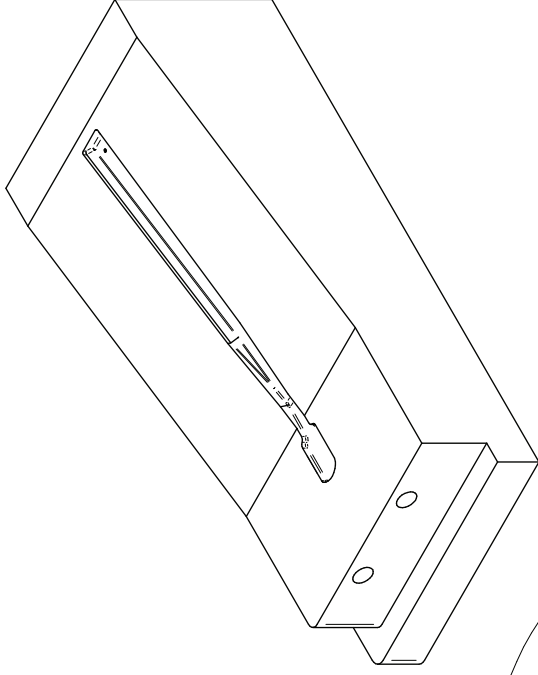
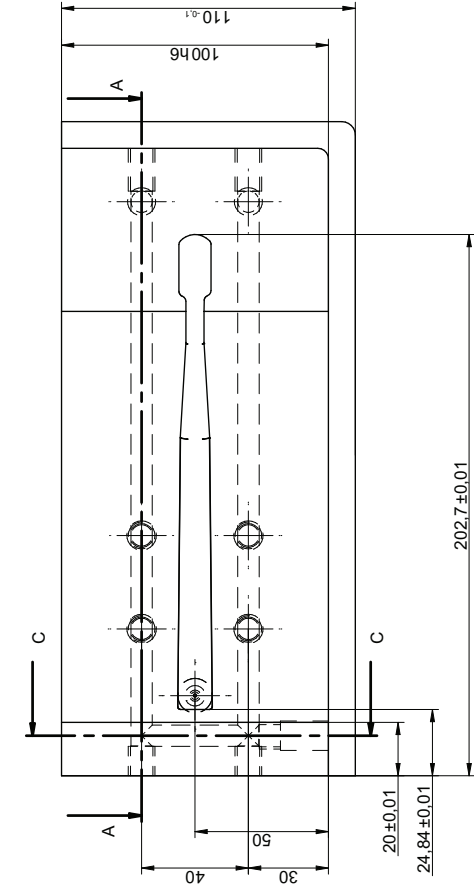


POVRCH V DUTINĚ ZRCADLOVĚ LEŠTIT (do délky 20 mm od horního okraje)

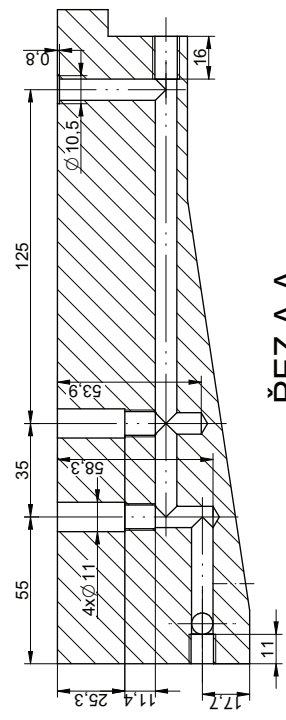
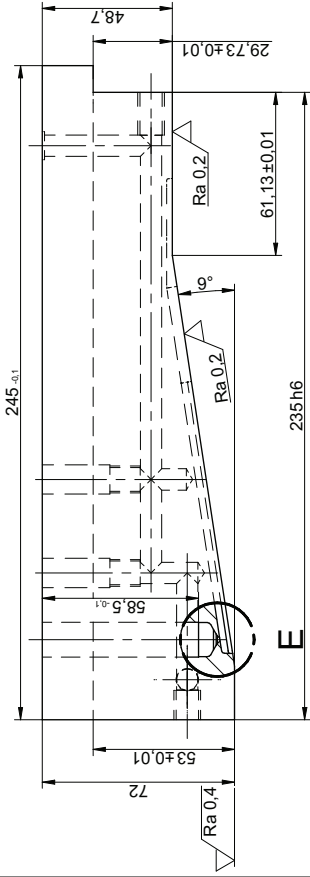
$\nabla Ra 3,2$ ($\nabla Ra 0,8$)

PROMÍTÁNÍ 	MĚŘÍTKO 2:1	PŘESNOST ISO 2768 -mK TOLEROVNÁNÍ ISO 8105	HMOTNOST 0,002 kg	INDEX	ZMĚNA
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		MATERIÁL ČSN 19 555		ROZMĚR - POLOTOVAT HASCO Z40/1,6/160	
		KRESLIL PROKEŠ JAN	DATUM 18.6.2014	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY BP/PJ/2014/001	
		TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
		SCHVÁLIL	DATUM		
		NÁZEV JÁDRO PRO ZUBNÍ KARTÁČEK PJ14			ISO 16016
			ČÍSLO VÝKRESU BP/PJ/2014/004		

ŘEZ C-C



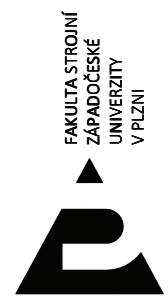
DETAIL E 2:1



ŘEZ A-A

VSTRÍKOVANÝ MATERIÁL ABS - Terlux 2812 TR, SMRŠTĚNÍ V DUTINĚ 0,4-0,7 %
 DUTINU FRÉZOVAT DLE 3D MODELU - BP/PJ/2014/06, KALIT NA 48-52 HRC, ZRCADLOVĚ LEŠTIT
 NEZAKOTOVANÉ ZÁVITY - G 1/4" (8x)

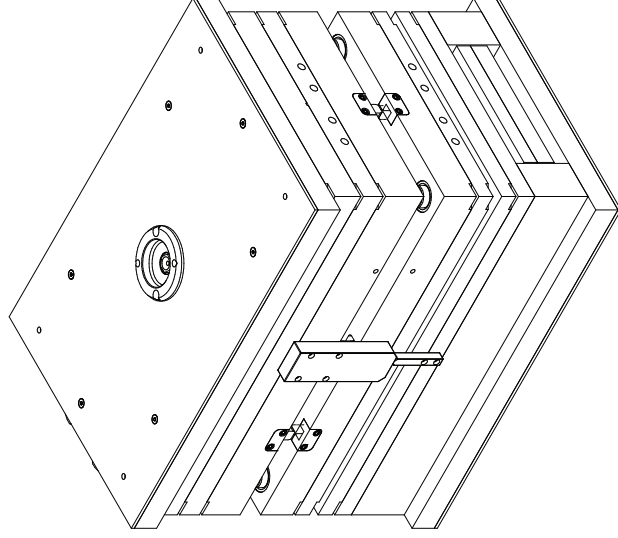
PROMITÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768-mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:2	TOLEROVNÁNÍ ISO 8105	10,8 kg		
MATERIAL			ROZMĚR - POLOTOVAT		
ČSN 19 554			250X110X75		
KRESLIL	PROKEŠ JAN	DATUM	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY		
TECH. REFERENT		18.6.2014	BP/PJ/2014/001		
SCHVALIL		DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK		
NÁZEV		DATUM	TYP DOKUMENTU		
TVAŘNICOVÁ VLOŽKA (LEVÁ) PRO ZUBNÍ KARTÁČEK PJ14			ISO 16016		
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			ČÍSLO VÝKRESU BP/PJ/2014/003		



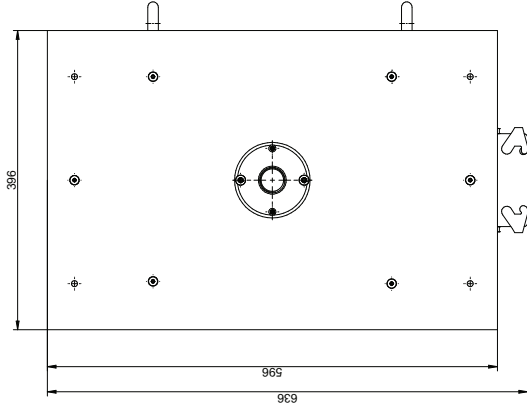
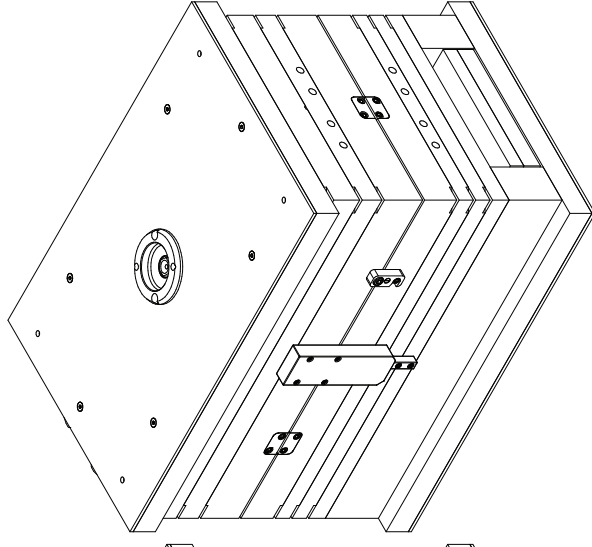
FAKULTA STROJINÍ
 ZÁPADOČESKÉ
 UNIVERZITY
 V PLZNI

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

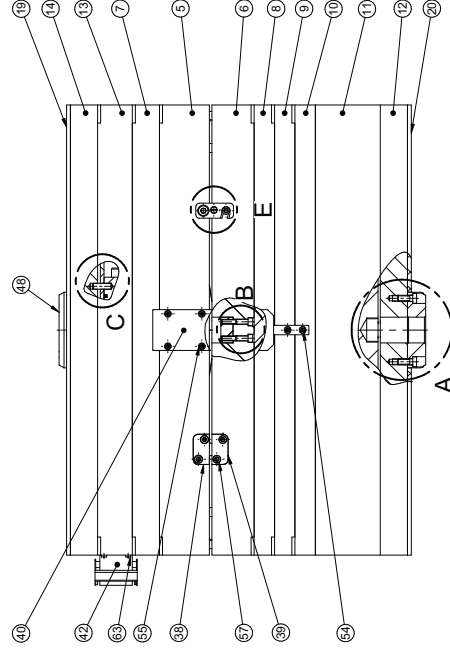
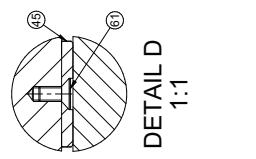
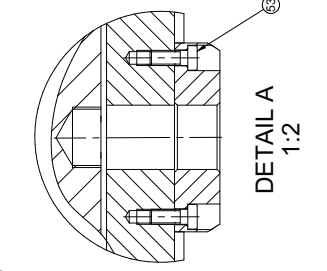
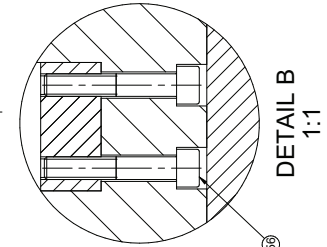
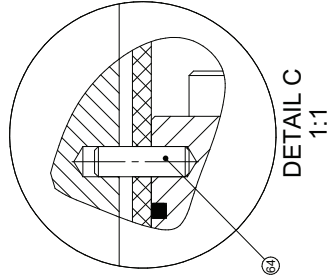
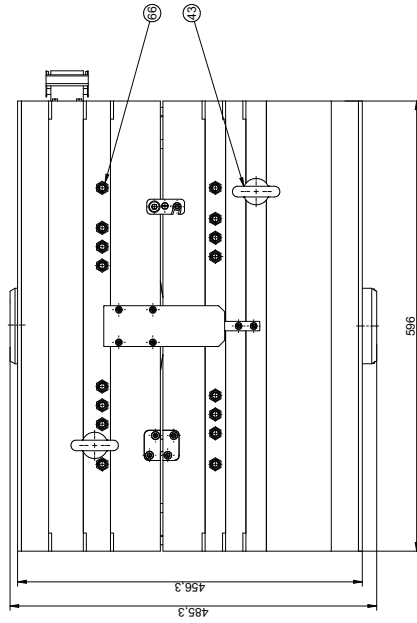
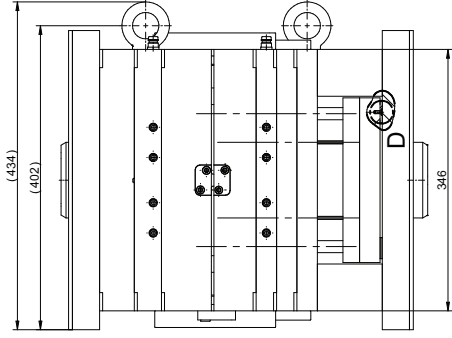
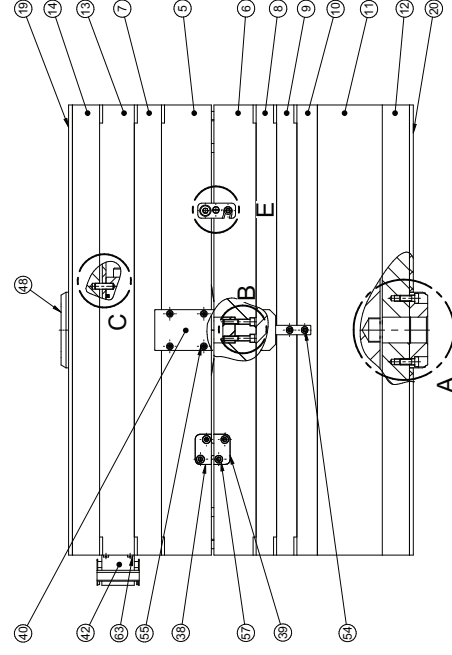
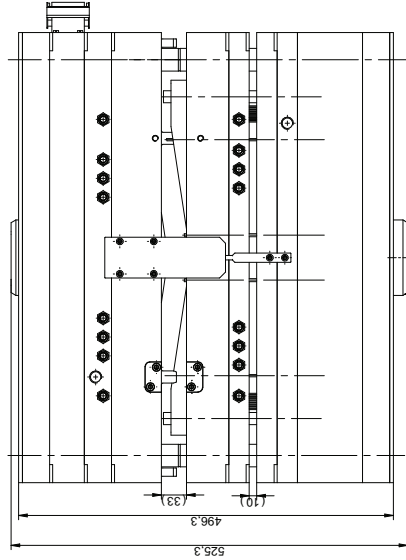
OTEVŘENÁ FORMA



ZAVŘENÁ FORMA



OTEVŘENÁ FORMA



DETAIL A: PŘÍPEVNĚNÍ STŘEDNÍ PŘÍRUBY
 DETAIL B: PŘÍPEVNĚNÍ RUCÍ PŘI OVLÁDÁNÍ
 DETAIL C: KOLÍK URČUJÍCÍ POLOHU HORKÉHO ROZVADEČE
 DETAIL D: PŘÍPEVNĚNÍ DORAZOVÉ PODLOŽKY
 DETAIL E: PŘÍPEVNĚNÍ ZAJIŠTĚNÍ NÁSTROJŮ
 ROZMĚR FORMY 596x346x457
 MAX. ZDVÍH VYHŮZVACŮ 34 mm
 KUSOVNIK VIZ VÝKRES BP/P/J2014/001

PROJEKTANT	MĚŘÍTKO	PŘESNOST IČO 2746-016	HMOTNOST	ROZMĚR	POUŽITÁVAT
1:5	1:5	TOLEROVÁNÍ ISO 2768	686,7 kg	18.6.2014	
MATERIAL		PROJEKT		ROZMĚR	
		PROKES JAN		18.6.2014	
		TECH. REFERENT		ROZMĚR	
				18.6.2014	
		AUTOR		ROZMĚR	
				18.6.2014	
		KONTROLA		ROZMĚR	
				18.6.2014	
		NÁZEV		TYP DOKUMENTU	
		VSTRIKOVACÍ FORMA PRO		ISO 18016	
		ZUBNÍ KARTÁČEK P.J14		ČÍSLO VÝKRESU	
				BP/P/J2014/002	
				LEŽÁKOVÝ 2/4	



FAKULTA STROJNÍ
 ZÁPAČOČESKÉ
 UNIVERZITY
 V PLZNI

KATEDRA KONSTRUKČNÍ STROJŮ

