

Návrh vstřikovací formy pro ochranný kryt mobilního telefonu

Hynek Rajch

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Hynek Rajch**
Osobní číslo: **T17212**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Návrh vstřikovací formy pro ochranný kryt mobilního telefonu**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Vyhotoďte 3D model vstřikovaného výrobku.
3. Vypracujte konstrukční návrh vstřikovací formy.
4. Vyhotoďte výrobní výkres výrobku a výkres sestavení vstřikovací formy.

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BOBČÍK a kolektiv, *Formy pro zpracování plastů I. Díl-Vstřikování termoplast, Uniplast Brno, 2. opravné vydání 1999*
Ducháček, *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2011. ISBN 97878077080778870 (3. vydání)*
ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.*

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, PhD.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy pro ochranný kryt mobilního telefonu. Teoretická část pojednává o technologii vstřikování, vstřikovacích formách a jejich částech. Dále čtenáře seznamuje s polymerními materiály vhodnými pro vstřikování. Praktická část řeší konstrukční uspořádání formy pro daný tvarový díl. Koncepce formy je zachycena 3D modelem v programu Catia V5 k jehož vytvoření byly využity typizované součásti. Návrh je doložen výkresem sestavení výkresem vstřikovaného dílu.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, polymerní materiály, konstrukce vstřikovací formy

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is design of an injection mold for a protective cover for a mobile phone. The theoretical part deals with injection technology, injection molds and their parts. In further introduces reader to polymeric materials suitable for injection molding. The practical part solves the structural arrangement of the mold for a given shaped part. The concept of the form is captured by a 3D model in the Catia V5 program, for creation of which standardized components were used. The design is supported by an assembly design with a drawing of the injection molded part.

Keywords: injection mold, injection, polymeric materials, injection mold design

Mé hlavní poděkování patří Ing. Adamu Škrobákovi, Ph.D., za cenné rady a odborné vedení a taky za to, že mi umožnil 3D tisk prototypů. Dále mé poděkování patří nejmenovaným, kteří pro mě byli podporou.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 OCHRANNÉ KRYTY NA TELEFON	10
2 POLYMERY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	12
2.1 TERMOPLASTY	12
2.1.1 Amorfní termoplasty	13
2.1.2 Semikrystalické termoplasty	15
2.2 REAKTOPLASTY.....	16
2.3 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY (TPE).....	17
3 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERŮ	18
3.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
3.1.1 Vstřikovací jednotka	20
3.1.2 Uzavírací jednotka	22
3.1.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	23
3.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	24
3.3 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	26
3.3.1 Násobnost formy	28
3.3.2 Smrštění výrobku	28
3.3.3 Odvzdušnění forem	29
3.3.4 Temperace forem	29
3.3.5 Studené vtokové systémy	30
3.3.6 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)	36
3.3.7 Vyhřívané trysky	36
3.3.8 Vytápěné rozvodné bloky	37
3.4 VYHOZENÍ VÝSTŘIKU Z FORMY	38
3.4.1 Vyhazování pomocí válcových kolíků.....	38
3.4.2 Boční odformování.....	39
3.4.3 Dvoustupňové vyhazování	40
PNEUMATICKÉ VYHAZOVÁNÍ	40
HYDRAULICKÉ VYHAZOVÁNÍ	40
3.4.4 Stírací deska	40
4 SOFTWARE	42
4.1 CATIA V5	42
4.2 HASCO DAKO MODUL.....	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	44
6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	45
6.1 MATERIÁL VÝROBKU	49
6.2 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	49
7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	51

7.1	NÁSOBNOST FORMY	52
7.2	VOLBA DĚLÍCI ROVINY	52
7.3	UMÍSTĚNÍ VTOKU	53
7.4	VTOKOVÁ SOUSTAVA	55
7.5	TVAROVÉ VLOŽKY	56
7.6	TVAROVÉ ČELISTI.....	58
7.7	TEMPERACE FORMY	61
7.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	63
7.9	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	64
7.10	TRANSPORTNÍ SYSTÉM FORMY	64
7.11	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY, VODÍCÍ A STŘEDÍCÍ PRVKY	65
8	DODATEČNÉ ÚPRAVY NA VSTŘIKOVANÉM VÝROBKU.....	67
8.1	ZAPRAVENÍ STOPY PO STUDENÉM VTOKU	67
8.2	ZAPRAVENÍ STOP PO VYHAZOVAČÍCH.....	67
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK.....	74
	SEZNAM PŘÍLOH.....	75

ÚVOD

Plast je materiál, kterým jsou nahrazovány materiály, jakou jsou dřevo, sklo, nebo ocel. Hlavními důvody nahrazení těchto tradičních materiálů plasty může být jeden z následujících aspektů: dostupnost, cena, velmi dobré mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti. Velkou výhodou je taky výroba náročných dílů, u kterých by byla výroba běžnými způsoby velmi náročná nebo těžce realizovatelná. Z toho důvodu se v dnešní době plasty objevují téměř ve všech odvětví průmyslu.

Do jedné z výrazných tvářecích technologií pro zpracování plastů patří jejich vstřikování. Princip této metody spočívá ve vstřikování taveniny do dutiny formy, která má negativní tvar výsledného výrobku (výstřiku). Vstřikování plastů však netvoří jen samostatná forma, ale také vstřikovací stroj a ostatní komponenty. Vzhledem k tomu, že pořízení vstřikovacího stroje i formy je finančně náročné, je nutné ve formě vyrobit velké množství výrobků. Z toho důvodu je potřeba navrhovat formu tak, aby jako nástroj vydržela i desetitisíce výrobků.

Před odesláním vstřikovací formy do výroby je zapotřebí provést její dokonalý návrh a konstrukci. Ke zrychlení a zjednodušení konstrukčního návrhu vstřikovací formy existuje mnoho 3D programů. Konstrukce formy ve 3D programu nespočívá pouze ve vytvoření stavebnicového modelu, jak umožňují například programy CATIA nebo Solid Edge, ale také ve vložení normálií z knihoven. Tyto knihovny poskytuje např. firma HASCO, ze kterých lze převádět normálie do 3D programu. Obecně jsou formy navržené stavebnicovým způsobem mnohem levnější.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OCHRANNÉ KRYTY NA TELEFON

V dnešní době je dostupné nepřeborné množství ochranných krytů z různých materiálů, tvarových provedení a rozdílných stupňů ochrany. K dostání jsou zcela obyčejné kryty pro ty, kteří do ochrany svého telefonu neplánují příliš investovat. Na druhou stranu jsou tady ochranné kryty, jejichž cena stoupá do řádů tisíců korun a slouží především jako módní doplněk. Důležité je taky nezapomenout na sportovce. Pro sportovce jsou dostupné kryty, které je lze připnout na ruku, kolo či koloběžku. Takové obaly pak zajišťují nejen mechanickou odolnost, ale také vodotěsnost a prachu vzdornost.

Materiály, ze kterých se ochranné kryty vyrábí, jsou z největší části amorfnní a semikrystalické polymery. Právě tyto materiály jsou vhodné pro využití metody vstřikování. Kromě těchto uvedených materiálů se kryty mohou vyskytovat v podobě dřeva, bambusu, kovu a kombinací těchto materiálů. K výrobě takových krytů je zapotřebí využít celé škály výrobních metod, např. obrábění, lisování. Nejproduktivnější metoda je však právě vstřikování.

Právě materiál ochranného krytu, jeho odolnost a zároveň flexibilita má vliv na mnoho věcí (nasazení, odolnost apod.). Největší vliv bude mít materiál na nasazení, jelikož kryt z plastu lze jednoduše na telefon nasadit, zatímco kryt ze dřeva by se mohl zlomit a u krytu z kovu by došlo spíše k poškození telefonu než ochraně. Z toho důvodu musí být nasazení krytů u kovů, dřeva a tlustších plastů řešeno pomocí rozdělení na dvě poloviny, kdy dojde k nasazení nejprve horní části krytu a poté spodní části a materiál i telefon tak zůstane nepoškozen. Díky tomuto řešení jsou poté telefony s kryty schopny splnit následující normy krytí:

- IP65 – voděodolnost a prachu vzdornost
- IP67 – prachu vzdornost, voděodolnost do hloubky 1 m na 30 minut
- IP68 – prachu vzdornost, voděodolnost proti nepřetržitému zanoření do vody
- MIL-STD 810G – odolnost vůči vysoké i nízké teplotě, solným mlhám a vibracím

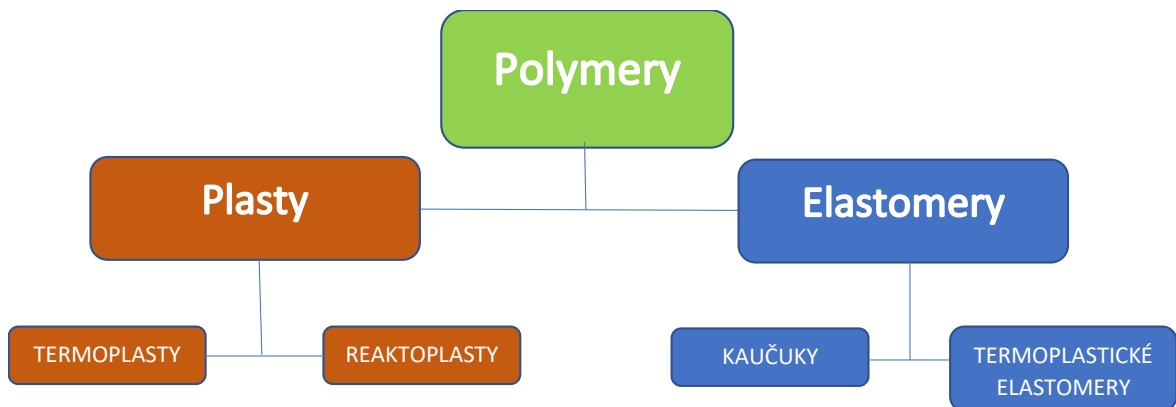
Co se do volby materiálu týče, neméně důležitým parametrem je také hmotnost. Zatímco plastový kryt může dosahovat desítky gramů, tak kryt z materiálů jako je kov nebo dřevo může dosahovat až stovky gramů. V dnešní době právě samotné telefony dosahují hodnoty pár set gramů, tak je podle toho vhodné zvolit i materiál krytu, aby samotný ochranný kryt nebyl těžší než telefon, na který je předurčen.



Obr. 1 Odolný ochranný kryt telefonu

2 POLYMERY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Polymery jsou ve formě výrobku prakticky v tuhém stavu, ale v určitém stádiu zpracování ve stavu v podstatě kapalném, který umožňuje udělit výrobku nejrůznější tvar, dle předpokládaného použití, většinou za zvýšené teploty a tlaku, Polymery se dělí do dvou základních skupin. Jsou to plasty a elastomery.



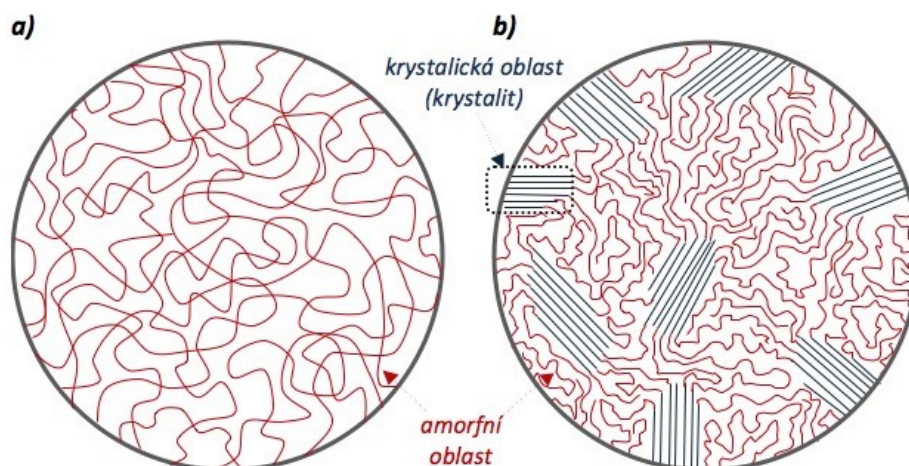
Obr. 2 Rozdělení polymerů[6]

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (na rozdíl od kovů, které mají strukturu tvořenou krystalickou mřížkou). Plasty vznikají spojováním základních stavebních jednotek tzv. merů do opakujících se řetězců. Plasty jsou za běžných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými (proto název plasty) a tvarovatelnými. Pokud je změna z plastického stavu do tuhého stavu vratná neboli opakovatelná, nazývají se termoplasty. Pokud jde o změnu nevratnou neboli neopakovatelnou, trvalou, která je výsledkem chemické reakce, nazývají se reaktoplasty.

Elastomer dle názvu je vysoce elastický polymer, který je možné za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž je deformace převážně vratná. Nejpočetnější podskupina elastomerů jsou kaučuky, ze kterých se vyrábí pryž. [3]

2.1 Termoplasty

Termoplasty z hlediska struktury dělíme do dvou základních skupin, jsou to amorfni a semikrystalické.



Obr. 3 Schéma nadmolekulární struktury polymerů [6]

a) amorfni; b) semikrystalické

2.1.1 Amorfni termoplasty

Při ochlazování a tuhnutí taveniny nelze vytvořit krystalickou strukturu. Struktura amorfni termoplastů je neuspořádaná. Makromolekula zaujímá tvar klubička neboli globuli. Právě díky své neuspořádané struktuře mají bez plniva relativně malé smrštění, obvykle okolo 1 %, což amorfni termoplasty zvyhodňuje při výrobě rozměrově přesných dílů a součástí. Teplota vyjímání z formy musí být pod teplotou skelného přechodu T_G . Kdyby nedošlo k dodržení této podmínky, u vstřiku (vstřikovaného výrobku) by nastala trvalá deformace. [2, 7]

Z celkového množství amorfni polymerů je pro metodu vstřikování určeno asi 20 %. Velkou výhodou, kterou nabízejí, je možnost transparentního provedení. Kromě spotřebního zboží a elektrotechnických aplikací jsou také nepostradatelné pro automobilový průmysl, kde jsou využívány jako světelná technika, která využívá jejich výborných optických i mechanických vlastností.

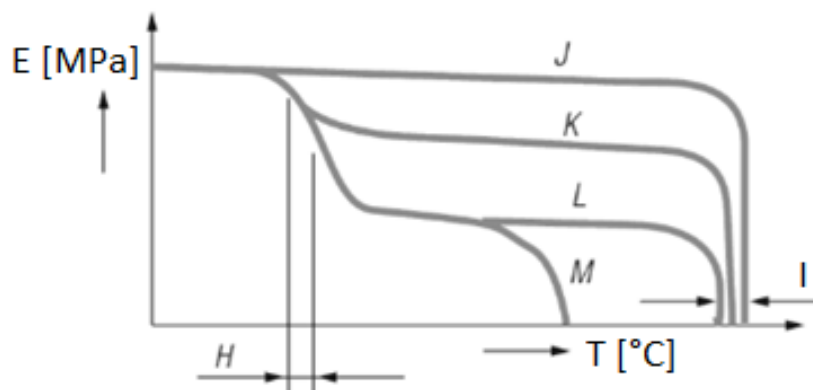
Představitelé pro právě zmíněný automobilový průmysl jsou hlavně PMMA, PC. Další zástupce pro vstřikování je možné najít v podobě SAN anebo PS. [7]

2.1.2 Semikrystalické termoplasty

Při ochlazování z taveniny lze získat částečně uspořádanou, krystalickou strukturu, která je charakterizována stupněm krystalinity. Mezi krystalickou fází je amorfni fáze. Amorfni obsah dáva termoplastu houževnatost a ohebnost. Krystalická fáze tuhost a pevnost. Makromolekuly semikrystalických polymerů se ve struktuře seskupují do lamel a tvoří sférolity, díky kterým výstřik nemůže být transparentní.

Obsah krystalické fáze závisí na technologických podmínkách ochlazování, na tloušťce stěny dílce, na aditivech atd. Celkový obsah může dosáhnout až 80 %, například u PA může být obsah krystalického podílu 15 až 40 %, u lineárního PE 50 až 65 %, u PP 50 až 60 % a u POM 65 až 80 %. Tato skutečnost má za následek i větší smrštění výstřiků ve formě, které se pohybuje od 1 do 2,5 %.

Semikrystalické termoplasty jsou z hlediska teplotního, chemického a mechanického výhodnější, než amorfni termoplasty. Teplota jejich zpracování je vyšší než teplota tání krystalického podílu T_m . Teplota pro vyhození výstřiku z formy je stejně jako jejich teplota použití pod teplotou T_m a nad teplotou skelného přechodu T_g . [1,2,7]



Obr. 6 Závislost vlastností semikrystalických polymerů na teplotě [2]

H – rozmezí skelného přechodu, *J* – termoplasty s vysokým obsahem krystalického podílu, *K* – termoplasty se středním obsahem krystalického podílu,

L – termoplasty s nízkým obsahem krystalického podílu, *M* – amorfni termoplasty,

I – rozmezí tání krystalického podílu



Obr. 7 Výstřiky ze semikrystalických termoplastů [7]

1- polyformaldehyd POM, 2- polyamidy PA 6, PA 6,6,
3- polypropylen a kopolymery PP, 4- polyetyleny PE

2.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou amorfní polymery, které nevratnou chemickou reakcí vytvrzováním (zahřátím nebo přidáním vytvrzovacího prostředku-katalyzátoru) přecházejí z lineárního viskózního stavu do síťovaného stavu. Vytvrzování je nevratným procesem. Reaktoplasty se dají tvarovat pouze po dobu zahřátí, dokud nedojde k vytvrzování.

K základním charakteristikám reaktoplastů patří vysoká tvrdost a houževnatost, chemická a tepelná odolnost. Další výhodou je, že díky amorfní struktuře může docílit transparentnosti materiálu.

Základními představiteli jsou fenoplasty, aminoplasty, polyuretany. Lze ovšem využít epoxidových a polyesterových pryskyřic, které patří taky do řad reaktoplastů. [1,8]

2.3 Termoplastické elastomery (TPE)

Termoplastické elastomery zahrnují v současné době významnou oblast polymerních materiálů. Vznikají kopolymerací (např. kopolyestery, polyeteramidy, termoplastické polyolefiny a polyuretany, etylvinylacetát, styrenové kopolymeru a terpolymery), nebo také mísením základního polymeru (PP, PA, atd...) s elastomerní složkou (EPDM, NR).

Značný rozvoj těchto materiálů umožnil využívat polymerních kompatibilizátorů, které zlepšují dispergaci složek i mezifázovou adhezi, a tak v podstatě umožňují připravit směsi z libovolných kombinací polymerů.

Termoplastické elastomery sice nedosahují vlastností klasických elastomerů, respektive kaučuků, ale je jejich výhodou velmi snadné vstřikování na běžných vstřikovacích strojích pro termoplasty. [1,7]



Obr. 8 Výrobky z termoplastických elastomerů [7]

1 - TPE na bázi polyolefinů, 2- TES(Multiflex), 3-SIR (silikonový TPE),
4- E/VA(kopolymer etylenvinylacetát), 5-PE/EPDM, 6-kopolymer SEBS

3 VSTŘIKOVÁNÍ POLYMERŮ

V současné době se vstřikováním zpracovává značné množství polymerů. Vstřikování je hlavním způsobem zpracování termoplastů, stále více se uplatňuje i při zpracování kaučkových směsí.

V jedné operaci se mění polymerní směs (pelety, granulát, prášek, aglomerát) na hotový výrobek. Pečlivě navržená a vyrobená forma může eliminovat opracování výstřiku, což ve většině případů umožňuje konečný výrobek odeslat přímo spotřebiteli. V případě termoplastů lze vtoky a vtokové zbytky zpracovat a znovu vstřikovat, v případě pryží snadno zpracovat na tzv. regenerát nebo drť.

Forma je otevřená, výstřik vyjmut a stroj připravený na další cyklus, pokud:

- je tavenina ztuhlá,
- kaučuková směs je z vulkanizovaná.

Na vstřikování se podílí následující faktory:

- Tvar součásti a materiál, ze kterého bude vyráběna
- Forma pro tváření taveniny na součást
- Výrobní cyklus, vstřikovací stroj a ostatní zařízení, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy. [3,9]

3.1 Vstřikovací stroj

Od vstřikovacího stroje se vyžaduje, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. Existuje velký počet různých konstrukcí vstřikovacích strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí, rychlostí výroby, snadnou obsluhou a cenou.

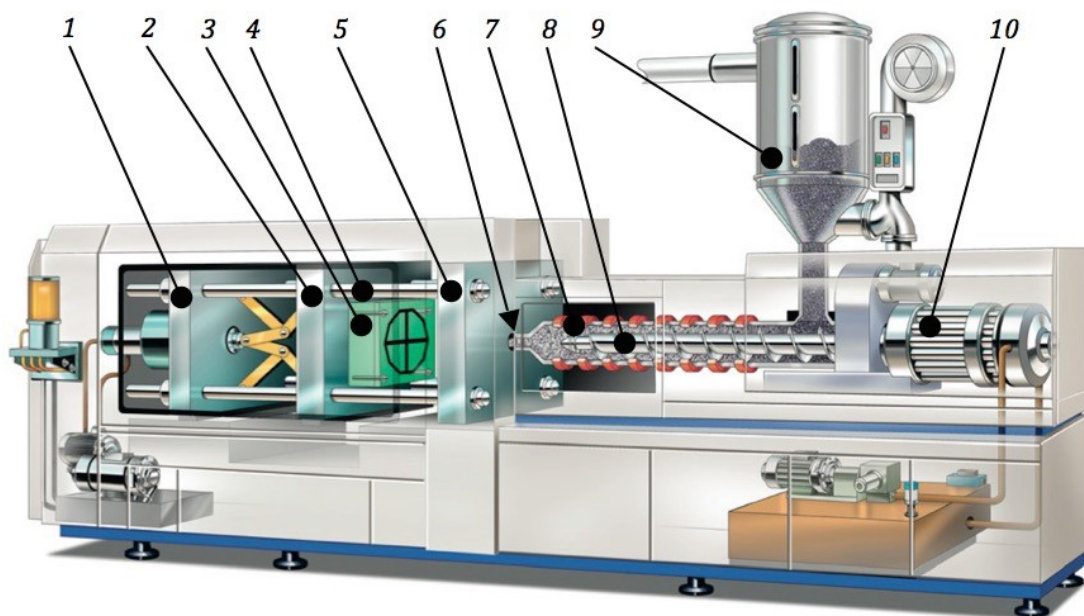
Vstřikovací stroj je charakterizován:

- Vstřikovací jednotkou,
- Uzavírací jednotkou,
- Ovládním a řízením stroje.

V současné době se staví především stroje hydraulické, hydraulicko-mechanické, které jsou většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení.

Vliv na ekonomiku výroby má modulární řešení, které se využívá jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i u vstřikovacích a uzavíracích jednotek. Díky této kombinaci dosáhneme taky optimální konfigurace vstřikovacího stroje.

Připojení přídatných a pomocných zařízení, jako jsou temperační, vytáčení, vyhazovací atd., umožňuje elektroizolovaná skříň nebo panel vstřikovacího stroje. Panel vstřikovacího stroje nebo elektroizolovaná skříň obsahuje ovládací a řídicí prvky. Do zvláštního vybavení lze zařadit jeřáb pro manipulaci s formou, vyhřívanou násypku, hydraulické vyvažování, ejektor pro dopravu materiálů. [3,9]



Obr. 9 Vstřikovací stroj a jeho popis [17]

*1 – uzavírací jednotka; 2 – pohyblivá upínací deska vstřikovacího stroje;
3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící čepy; 5 – pevná upínací
deska; 6 – tryska; 7 – tavící komora; 8 – šnek; 9 – násypka pro granulát;
10 – pohonná jednotka šneku*

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

- zajistil dostatečnou tuhost a pevnost při vstřikování
- zajistil konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování
- zajistil přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů [9]

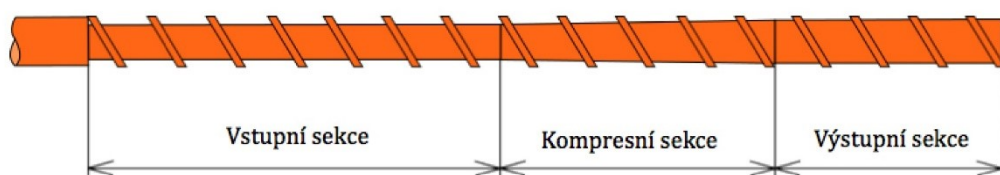
3.1.1 Vstříkovací jednotka

Základní funkcí vstříkovací jednotky pro zpracování termoplastů je převedení tuhého polymeru do stavu vysoce viskózní taveniny a následným dopravením s předepsanými technologickými parametry do dutiny formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita jednotky při jednom zdvihu. Naopak, při velkém množství setrvává plast ve vstříkovací jednotce delší dobu, a to může vést k jeho degradaci. Množství dopravované taveniny se dá ovlivnit upravením rychlosti cyklů výroby. Ideální množství vstříkované taveniny je 80 % kapacity jednotky, množství taveniny by ale nemělo přesáhnout 90 %, jelikož je nutná rezerva pro případné doplnění taveniny při dotlaku. [9]

Práce vstříkovací jednotky spočívá v tom, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku.

Šnek je tvořen třemi sekcemi – vstupní, kompresní a výstupní sekce. Tyto sekce se od sebe liší hloubkou drážky. První část šneku, ve které je hloubka drážky největší, se nazývá vstupní neboli dopravní sekce, do které vstupuje materiál z násypky a je dopravován do kompresní neboli přechodové sekce. V kompresní části se hloubka drážky nebo stoupání šroubovice mění. Polymer je zde stlačován, intenzivně zahříván a pevná látka přechází v taveninu. Poslední částí šneku je výstupní neboli homogenizační sekce, kde je hloubka drážky nejmenší. V této části se dokončuje plastikace a tavenina se homogenizuje.

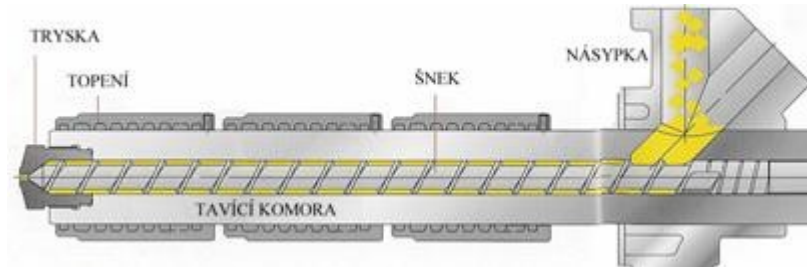
Tavenina se hromadí před šnekem a postupně šnek odtlačuje do zadní polohy.



Obr. 10 Pásma šneku [17]

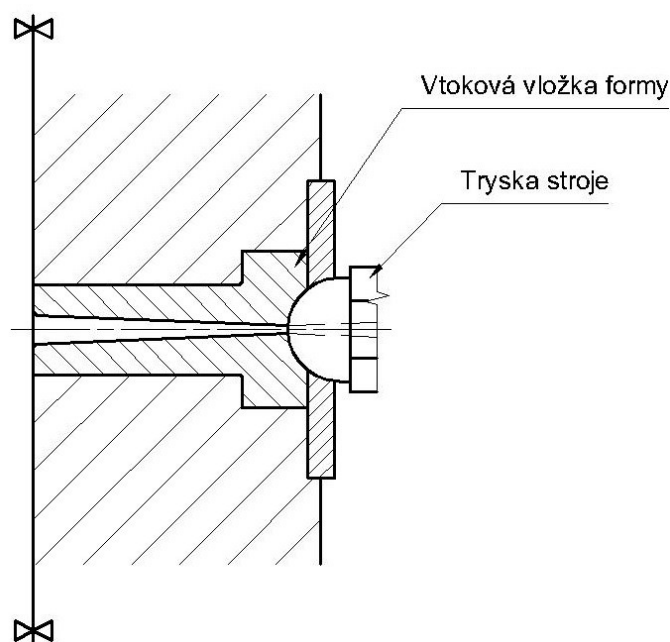
Topení tavné komory je rozděleno do tří zón (topných pásem), které jsou samostatně vytápěny a s možností samostatné regulace teploty. Nejnižší teplota se nastavuje v pásmě u násypky z toho důvodu, aby nedošlo k předčasnému natavení a v tom důsledku spečení granulí, což by mělo za následek vytvoření zátky ve šnekovém profilu, tím by se zamezilo přísunu dalšího materiálu do kompresní části šneku. Z toho důvodu je část tavicí komory, která

přiléhá k násypce chlazená. Nejvyšší teplota se nastavuje u trysky vstřikovacího stroje. Část tepelné energie vznikne díky přeměny mechanické energie na tepelnou energii neboli dissipací.



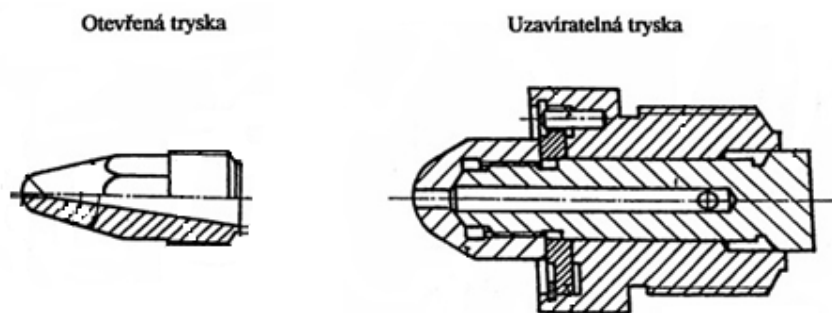
Obr. 11 Řez vstřikovací jednotkou [18]

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Přesné dosednutí trysky do sedla vtokové vložky formy zajišťuje kulové zakončení trysky. Podmínkou správné funkce je jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky, než je u sedla vtokové vložky.



Obr. 12 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [9]

Vstřikovací trysky mohou být uzavíratelné nebo otevřené (vysoce viskózní materiály). Uzavíratelné se používají, aby zamezily samovolnému vytékání materiálu při plastikaci, jako jsou například silikony. K otevření trysky dochází otevřením jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. Otevřené vstřikovací trysky se používají v případě vstřikování taveniny s větší viskozitou. [9, 18]



Obr. 13 Otevřená a uzavíratelná tryska stroje [9]

3.1.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření a případně i její vyprázdnění. Velikost uzavírání je nastavitelná a přímo závisí na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků, které jsou v dělicí rovině.

$$F = S \cdot p_v \leq 0,80 \cdot Q_n$$

$$S = n \cdot (S_1 + S_2)$$

Kde: F – otevírací síla plastu v dělicí rovině [N]

Q_n – uzavírací síla stroje [N]

p_v – tlak plastu ve formě [N/m²]

S – celkový plošný obsah průmětů dutin a rozváděcích kanálků do dělicí roviny [m²]

S_1 – plošný obsah průmětů rozváděcích kanálků do dělicí roviny [m²]

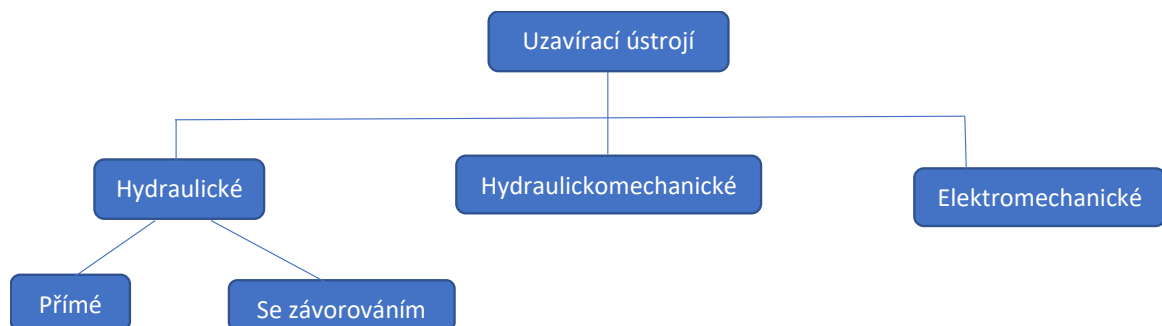
S_2 – přibližný plošný obsah průmětů rozváděcích kanálků do dělicí roviny [m²]

n – násobnost formy

Hlavní části, které tvoří uzavírací jednotku, jsou:

- opěrná deska pevná,
- upínací deska,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.

Podle uzavíracího mechanismu se uzavírací jednotka dělí na – kloubový mechanismus, hydraulické uzavírací systémy, kombinované uzavírací systémy. Pro malé vstřikovací objemy lze použít hydraulicko-mechanickou jednotku, která zaručuje vyšší rychlost uzavírání a potřebné zpomalení před uzavření formy a dostatečnou tuhost. Hydraulicko-mechanické jednotky jsou konstruovány jako kloubové, ale jsou ovládány hydraulickým válcem. Formu proti otevření má zajistit hydraulický válec o velkém průměru, který je pevně spojen s upínací deskou. Hydraulické uzavírací jednotky sice umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem, ale také vyžadují zajištění závorou.



Obr. 14 Druhy uzavíracích ústrojí [9]

3.1.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Charakteristickým znakem kvality vstřikovacího stroje je jeho stupeň řízení a snadná obsluha. Význačným a nutným faktorem je stálá reprodukovatelnost technologických parametrů. Nepřiměřené kolísání těchto parametrů má za následek nerovnoměrnost, nepřesnost a kvalitu výroby výstřiků. Řízení stroje nutné zařídit příslušnými řídicími a regulačními prvky.

V současnosti se nejnovější koncepce vstřikovacích strojů neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Oproti minulosti, kdy se využívala obvyklá textová forma nastavování technologických parametrů se dnes využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus, který je sestavený do potřebných programových sekvencí, je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný.

Koncepčně takové seřízení je možné rozdělit na:

- sestavení grafu vstřikovacího stroje,
- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu,

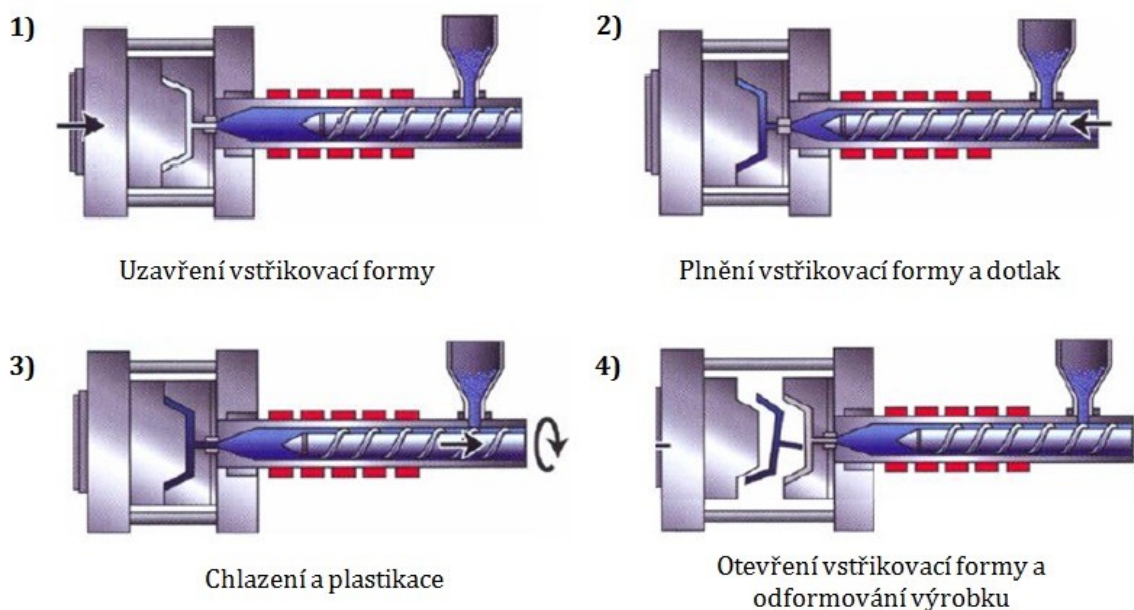
Kontrola nastavení stroje probíhá řídicím systémem (tzv. zpětná vazba). Za pomoci obrazovky může lehce proběhnout volba a úprava programu. Na jakost a přesnost výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení doby a výše teploty vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti a chlazení vstřiku – parametry ovlivňující přesnost a toleranci výstřiku,
- nastavení doby a výšky teploty taveniny – její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku.

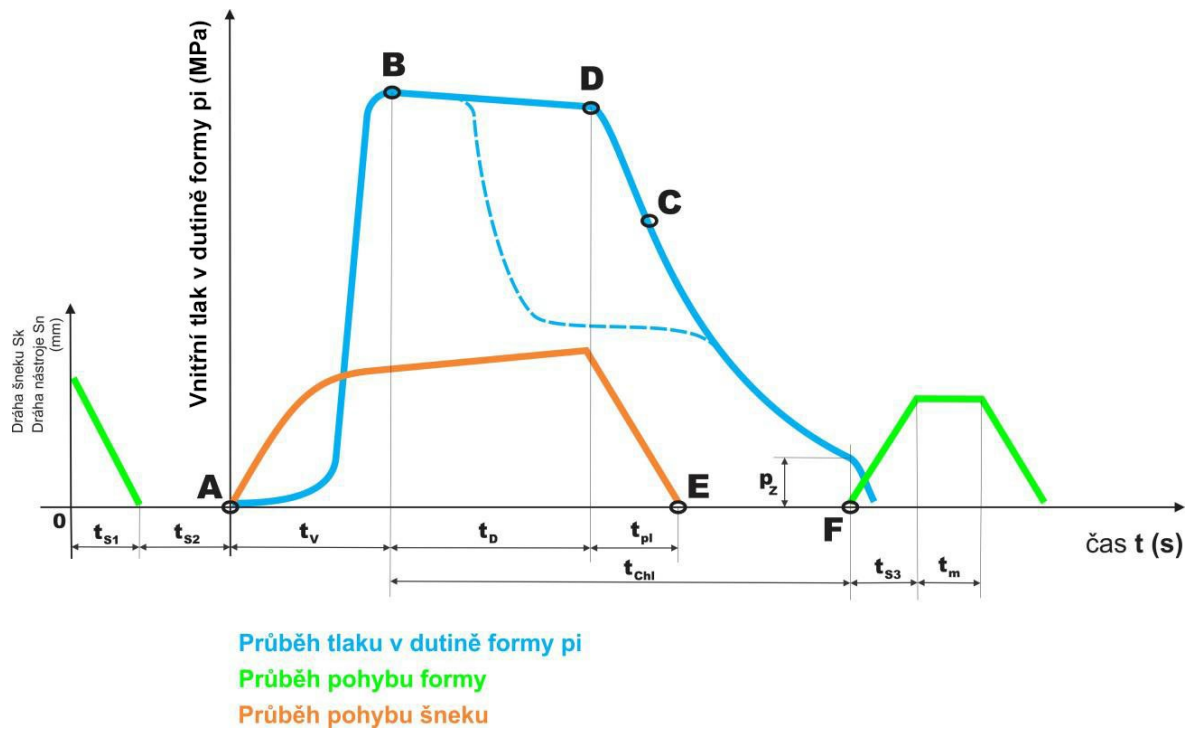
Nesmí se zapomenout, že kromě stroje a plastu může také tyto hodnoty ovlivňovat forma, její teplota a chlazení. [9]

3.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných kroků, fází, které se svou činností podílí na výrobě vstřikovaných dílu. Je to proces, během kterého plast prochází teplotním a tlakovým cyklem.



Obr. 15 Vstřikovací cyklus [17]



Obr. 16 Průběh vnitřního tlaku p_i v dutině formy během procesu vstřikování [10]

Dutina formy je na počátku vstřikovacího cyklu prázdná a forma je otevřená. Stroj dostane v nulovém čase impuls zahájení vstřikovacího cyklu.

- t_{s1} – časový úsek popisující proces, kdy se pohyblivá část formy přisune k pevné části a dojde k zavření a "zamčení" formy.
- t_{s2} – pokud se přisouvá vstřikovací jednotka vstřikovacího stroje k formě, tak tato činnost je popsána tímto časovým úsekem
- A – bod, ve kterém se dává do pohybu šnek v tavní komoře a začíná vstřikování roztavené hmoty do dutiny formy
- t_v – doba plnění nebo také doba vstřikování, během níž probíhá plnění dutiny formy
- B – bod, kdy je děj plnění dutiny formy ukončen. Tlak dosahuje maximální hodnoty. Platí, že jakmile tavenina vteče do dutiny formy, ihned začne předávat své teplo formě a začíná chladnout. V této fázi šnek vykonává již pouze axiální pohyb.
- t_{ch} – doba chlazení, která trvá až do otevření formy a vyhození výstřiku
- t_D – doba dotlaku, doba, kdy během chlazení dochází ke smrštění a zmenšení objemu hmoty. Aby na výstřiku nevznikaly propadliny nebo staženiny, je nutné

kompensovat změnu objemu výstřiku dodatečným dotlačením taveniny do dutiny. Dotlak může být stejný jako maximální tlak (plně modrá čára) anebo se může po několika sekundách zmenšovat (modrá přerušovaná čára)

- D – doba, kdy končí dotlak
- C – bod, který označuje okamžik zatuhnutí roztavené hmoty ve studeném vtokovém kanálu
- t_{pl} – plastikace nové dávky plastu
- E – bod, kdy končí plastikace nové dávky plastu
- F – bod, kdy dojde k otevření formy a vyhození výstřiku z formy
- t_{s3} – potřebná doba na vyhození výstřiku z formy
- t_m – manipulační doba, která je potřebná, je-li výstřik vyjímán z formy manipulátorem. Také slouží k dalším operacím, např. vkládání kovových záložek do formy, dávkování separačních prostředků anebo k očištění formy. [10]

3.3 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma je komplexní systém (nástroj), který musí splnit mnoho požadavků, které vycházejí z procesu vstřikování. Hlavní funkcí formy je doprava taveniny do dutiny formy, vedlejší funkcí je pak odvod tepla z taveniny. Vstřikovaná tavenina polymeru odpovídá tvaru dutiny vstřikovací formy. Po ochlazení má vstřikovaný výrobek požadované rozměry a tvar, při zachování mechanických a fyzikálních vlastností. Základní funkce dopravy taveniny vyžaduje, aby:

- forma odolávala velkým tlakům (tlakovým silám), které mohou mít za následek otevření nebo defekt formy,
- forma obsahovala vyvážený vtokový systém, který spojuje trysku vstřikovacího stroje a jednotlivé dutiny vstřikovací dutiny formy.

Uvedené základní funkce mohou mít za následek další požadavky na vstřikovací formu, zvláště, jedná-li se o speciální modifikace vstřikovacího procesu

Tabulka 1 uvádí části, které mají značný vliv na základní funkce formy.[17]

Tab. 1 Základní funkce a vlastnosti vstřikovací formy [17]

VSTŘIKOVACÍ FORMA					
Doprava taveniny		Přenos tepla		Odformování dílu	
odolnost proti deformacím	vedení taveniny	odvod tepla z dílu	odvod tepla z formy	otevření formy	odformování dílů
podpěrné válce	vtokový systém	počet temperačních kanálů	rychlost toku temperační kapaliny	dělicí rovina	vyhazovače
tloušťka desek	ústí vtoku	rozměry chladících kanálů	průřez vedení temperační kapaliny	vytažení jader	robotické vyjímání
VÍCENÁSOBNÁ PROPOJENÍ	.	tepelně vodivé vložky	.	.	tahače jader
.
.



Obr. 17 Vstřikovací forma – pohled do levé a pravé části [10]

3.3.1 Násobnost formy

Volba násobností formy je závislá na následujících činitelích:

- charakter a přesnost výstřiku,
- požadované množství výstřiků,
- velikost a kapacita vstřikovacího stroje,
- ekonomika výroby,
- požadovaný termín dodávky.

Z hlediska přesnosti a kvality výstřiku je žádoucí, aby násobnost vstřikovací formy byla co nejmenší. Jednónásobné formy jsou převážně používány na součásti tvarově náročné a velkorozměrové výstřiky. Výroba přesných výstřiků do produkce zanáší další nezanedbatelný faktor chyb, jako jsou například: nepřesnosti jednotlivých tvarových dutin, nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, rozdílné vtokové dráhy a vstřikovací tlaky, apod.

3.3.2 Smrštění výrobku

Při vstřikování amorfního termoplastu (PS, SAN, ABS, PMMA, PC, PES, a dále) nebo částečně krystalického (PP, LDPE, HDPE, POM, PA, PET, a dále) platí, že rozměry výstřiku jsou rozdílné v době vyhození z formy od rozměrů měřených po určité době od jeho výroby. Tyto rozměrové rozdíly jsou přičítány smrštění nebo deformaci.

Na změnu objemu, respektive změnu rozměrů má vliv i navlhavost a nasákavost termoplastů, což patří do procesů vratných (dochází i k vysychání).

Tvarová dutina musí být o dané smrštění v daném místě větší. Tento jednoduše definovaný požadavek je v praxi velmi obtížně realizovatelný. Důvodem obtížné realizace je to, že na smrštění působí velké množství ovlivňujících parametrů. Mezi základní ovlivňující parametry se řadí:

- procesní parametry (teploty, časy a tlaky)
- typ a vlastnosti zpracovávaného termoplastu – amorfní, částečně krystalické, plněné, neplněné plasty, druh a obsah plniva, jejich pVt chování,
- konstrukce výstřiku a formy – tloušťka stěn výstřiku, tvary ovlivňující smrštění.

[1]

3.3.3 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy taveninou musí konstrukce formy zajistit úplný odvod vzduchu a plynů. Vzduch a plyny vzniknou při plastikaci vstřikovaného granulátu v plastikační komoře vstřikovacího stroje. Do dutiny formy jsou pak zaneseny s taveninou.

V případě vstřikování musí platit, čím větší je rychlost vstřikování, tím účinnější musí být odvzdušnění formy.

Neúčinné odvzdušnění tvarové dutiny formy a příliš velká rychlost vstřikování má za nejčastější následek vznik tzv. Dieselova efektu, což je spálené místo na výstřiku. Tuto vadu lze pozorovat na světlých výstřicích v podobě začernalé oblasti, u černých výstřiků se tato vada projevuje jako tzv. chlupatý povrch a nekompaktní strukturou. K Dieselovu efektu dochází právě ve chvíli, kdy je plnění dutiny velmi rychlé a vzduch je stlačován taveninou. Vzduch bude vlivem vysokého tlaku ohříván a v daném místě dojde ke spálení vstřikovaného plastu.[1]

3.3.4 Temperace forem

Temperace forem slouží ohřívání nebo chlazení tvářecích částí forem, které je zprostředkováno pomocí temperačního média na požadovanou teplotu. Temperace má přímý vliv na kvalitu vyráběných dílů, jednotkové náklady vstřikovaného dílu, jakost povrchu a na velikost výrobního a dodatečného smrštění. Nejčastějšími temperačními médii jsou systémy s cirkulujícím médiem. Jako jedním z hlavních cirkulujících médií je používána voda, kromě ní je taky k temperaci používáno olejů, glykolů anebo vodních par.

Cílem temperace je po vstříknutí materiálu, rovnoměrný a co nejrychlejší odvod tepla. Před začátkem výroby je nutné formu vyhřát na pracovní teplotu a udržení této teploty po celou dobu vstřikování. [2, 10]

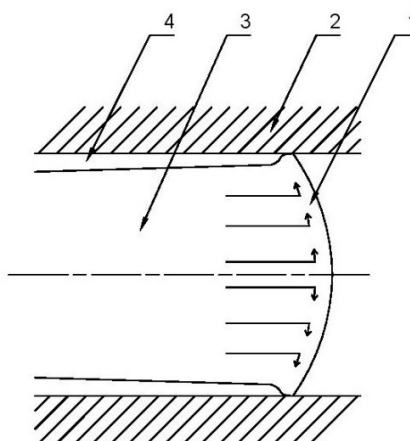
Doporučené teploty temperace pro vybrané materiály jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 2 Příklady doporučených teplot temperace forem pro vybrané materiály [10]

Typ materiálu	Doporučená teplota formy [°C]	Teplota taveniny [°C]	Doporučená teplota dílu při odformování [°C]
PA	80-120	260-300	110-130
PC	80-100	280-320	140
PC + skleněná vlákna	80-130	310-330	150
ABS	60-80	220-260	80-100
SAN	50-80	230-260	80-95
PBT	80-100	250-270	140
PBT + skleněná vlákna	80-100	250-270	150
PP	30-60	200-250	70-90
PE	30-60	180-230	60-90

3.3.5 Studené vtokové systémy

Vtokový systém zajišťuje vedení proudu taveniny plastu při vstřiku od vstřikovací trysky stroje do dutiny vstřikovací formy. Při vstříknutí taveniny do studeného vtokového systému začíná tavenina okamžitě tuhnout na jeho stěnách. Ztuhlý plast tvoří izolační vrstvu a tavenina proudí horkým jádrem. U vícenásobných forem je z tohoto důvodu důležité odstupňování velikostí vtokových kanálů. Díky odstupňování velikostí vtokových kanálů je zajištěno zaplnění všech dutin vstřikovací formy.

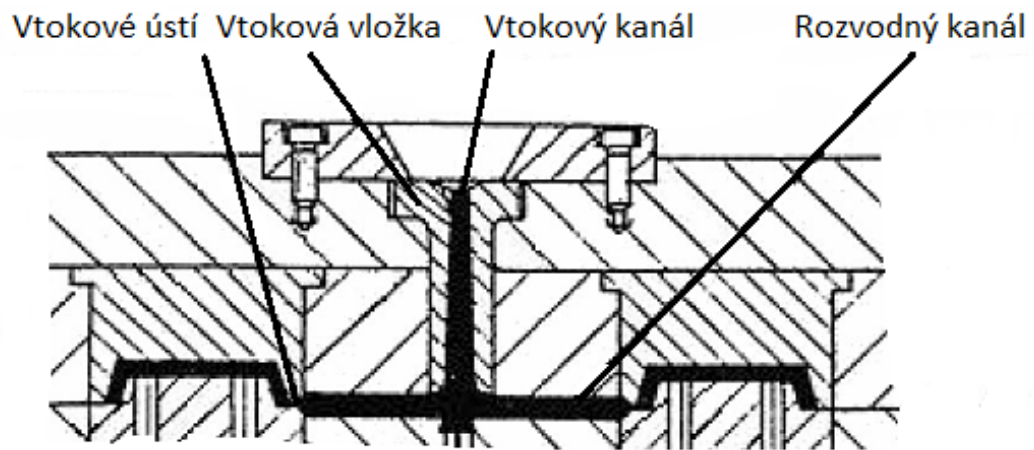


Obr. 18 Profil čela toku taveniny [10]

1- čelo s biaxiální orientací, 2 - stěna kanálu, 3 - tekuté jádro, 4 - ztuhlá vrstva

Hlavní části studeného vtoku:

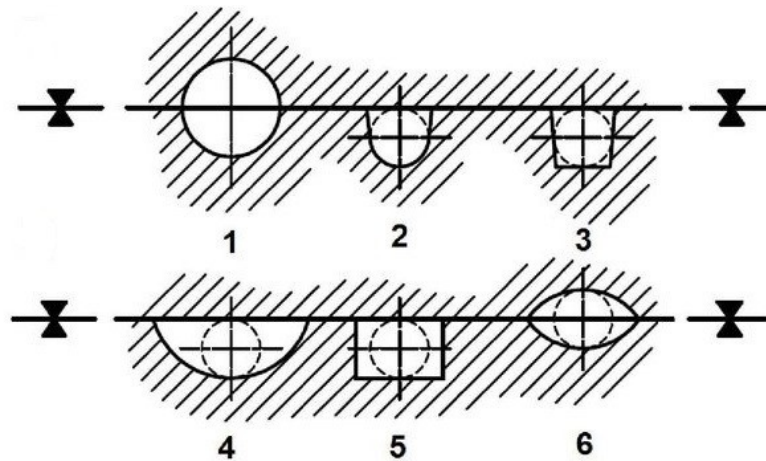
- hlavní vtokový kanál (vtoková vložka),
- rozváděcí kanál,
- vtokové ústí.



Obr. 19 Studený vtokový systém [9]

Průřez rozvodných kanálů

Tvar průřezu vtokového kanálu by měl zajistit co nejmenší tlakové a tepelné ztráty. Průřez by měl být dostatečně velký, aby po vyplnění dutiny vstřikovací formy byla jistota, že jádro taveniny bude stále v plastickém stavu a tím umožní působení dotlaku. Aby bylo vyhověno podmínce, že vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez, volí se průřezy lichoběžníkového tvaru. [9, 11]



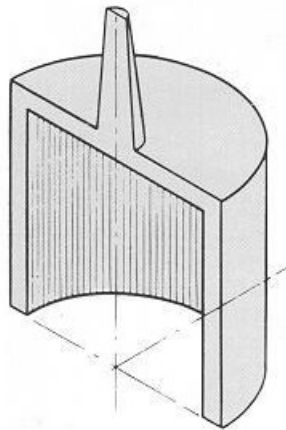
Obr. 20 Průřezy vtokových kanálů [9]

1, 6 - výrobně nevýhodné; 2, 3, 4, 5 - výrobně výhodné

Plný kuželový vtok

Plným kuželovým vtokem je tavenina do dutiny vstříkací formy přiváděna bez zúženého vtokového ústí. Je využíván převážně u jednonásobných forem, které mají symetricky uloženou dutinu. Plný kuželový vtok je používán nejčastěji pro tlustostěnné výrobky.

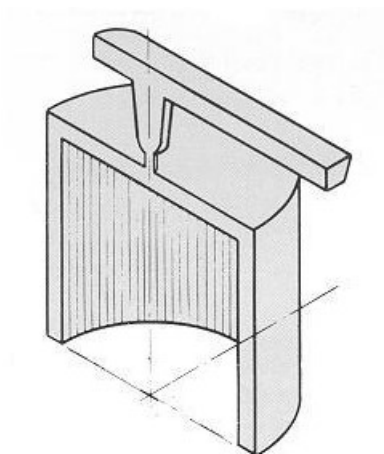
Nevýhodou plných kuželových vtoků je náročnost jejich odstranění. Po jeho odstranění zůstává stopa místa vtoku na povrchu výstříku. [4, 9]



Obr. 21 Plný kuželový vtok [20]

Bodový vtok

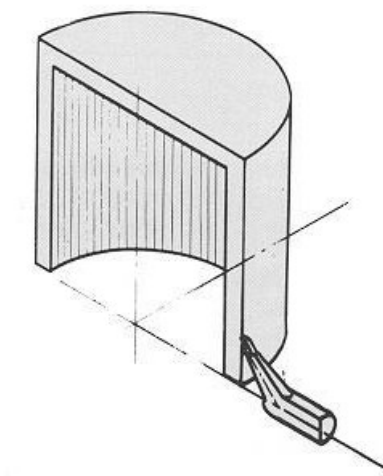
Bodový vtok je kruhového průřezu a vytváří se zúžením vtokového ústí. Zúžení slouží k vytuhnutí vstříkovaného materiálu, odtrhnutí v ústí a jeho následným odtržením a vyhozením s výstřikem. Nevýhodou bodového vtoku je velká stopa na výstřiku a nutné dodržení výrobního cyklu, jelikož hrozí zatumnutí vstříkovaného materiálu v předkomůrce. Je vhodný pro tenkostěnné výrobky. [9, 11]



Obr. 22 Bodový vtok [20]

Tunelový vtok

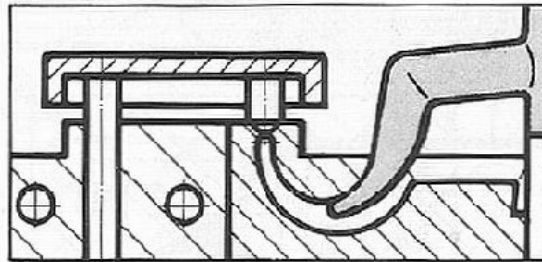
Tunelový vtok je zvláštním případem bodového vtoku, jehož výhodou je, že může ležet ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Díky tomu odpadá nutnost třídeskové konstrukce formy. Tunelové vtoky nejsou vhodné pro plasty, které jsou vyztužené vláknitým plnivem. Pro tyto plasty je nutné zvětšit průměr ústí vtoku o minimálně 2 mm. Nevýhodou je náročný způsob výroby těchto vtoků (elektroerozivní hloubení). [9, 11]



Obr. 23 Tunelový vtok [20]

Srpkovitý vtok

Srpkovitý vtok je zvláštním typem tunelového vtoku. Je vhodný pro plasty s vysokou elasticitou, jelikož tokové ústí je možné umístit do místa, kde stopa po vtoku nesmí působit rušivě na pohledové části výstříku. [9]

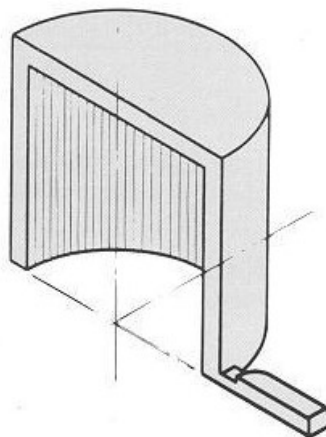


Obr. 24 Srpkovitý vtok [9]

Boční vtok

Boční tok je typem se zúženým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez nejčastěji bývá obdélníkového tvaru. Jelikož boční vtok zůstává při odformování neoddělený od výstříku, je konstrukce formy doplněna o zvláštní odřezávací zařízení.

Pro zamezení volného vstříkovaní taveniny do dutiny formy se ústí upravuje do tvaru vějíře, nebo se využívá bočních vtoků s překrytím. Výroba takového vtokového ústí zajišťuje, že nedojde k poškození tvárnice a stopa po vtoku zůstává ze spodní strany výstříku. [9]

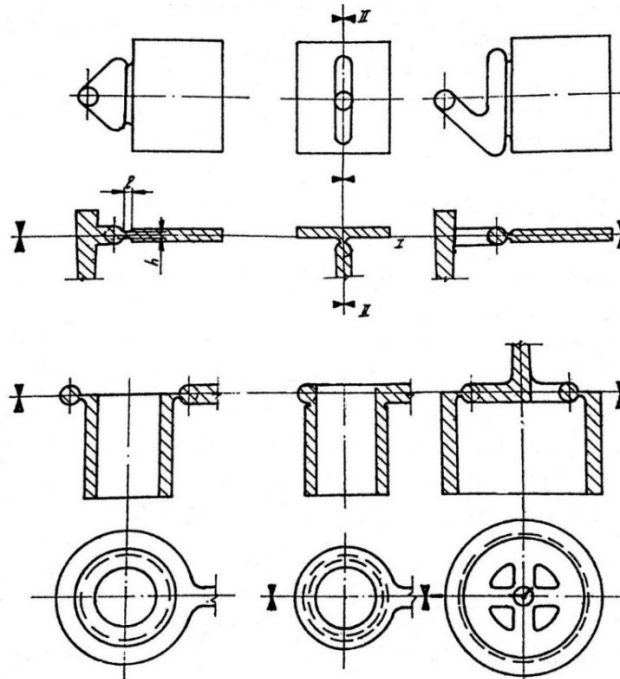


Obr. 25 Boční vtok [20]

Filmový vtok

Aby bylo dosaženo požadované pevnosti vstříkovaného dílu, je vtok obdélníkového tvaru u vstříkovaní semikrystalických a plněných plastů vtok umístován do kratší hrany. Nevýhodou filmových vtoků je oddělení vtokového systému až po vyhození výstříku mimo

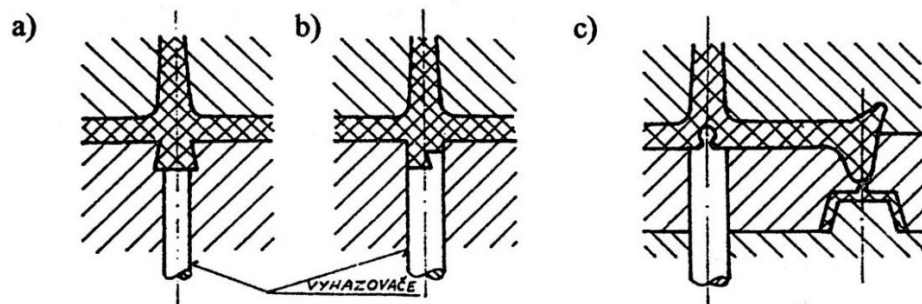
vstřikovací formu. Filmové vtoky je vhodné používat pro plasty plněné skelnými vlákny a pro tenké ploché díly. [11]



Obr. 26 Filmový vtok [9]

Přidržovače vtoku

Po vychladnutí výstřiku v dutině formy je nutné, aby materiál zůstal na straně formy, ze které bude moct být vyhozen vyhazovači (pohyblivá část formy). Ve studených vtokách ztuhne vtoková soustava ve vtokové vložce. Přidržovač vtoku je používán, aby právě tento vtokový systém nezůstal po otevření formy uvnitř vtokové vložky. Přidržovač tvoří záměrně vyrobený podkos, který může být i na upraveném vyhazovači proti hlavnímu vtokovému kanálu. Díky podkosu přidržovače je vtoková soustava po zatuhnutí držena na správné části formy a je následně vyhozena vyhazovačem.[11]



Obr. 27 Přidržovače vtoku [9]

a),b),c) kuličkový přidržovač

3.3.6 Vyhřívání vtokové systémy (VVS)

Vyhřívání vtokové systémy udržují vstříkovaný polymer při konstantní teplotě do dutiny vstříkovací formy. Polymer má zaručenou stálou viskozitu v celém průřezu a délky rozváděcího kanálu od začátku vtoku, až do ústí formy.

Výhody VVS:

- Časové snížení výrobního cyklu,
- Není potřeba výroby vtokových kanálů,
- Eliminace odpadu,
- Není potřeba obnovy vtokové soustavy,
- Snížená doba vstříkování v důsledku odstranění vtokových kanálů,
- Snížení tlakových ztrát v důsledku dopravení horké taveniny přímo do dutiny formy,
- Modularita jednotlivých systémů,
- Jednoduchá výměna poškozeného vtoku,
- Možnost otevírání jednotlivých trysek – řízená poloha studených spojů,
- Menší uzavírací síla stroje.

Nevýhody VVS:

- Náročnější konstrukční zástavba do vstříkovací formy,
- Vyšší pořizovací nároky,
- Větší nároky na obsluhu,
- Zvýšení provozních nákladů,
- Obtížné dodatečné změny polohy vtoků v porovnání se studenou soustavou,
- Nelze použít pro některé materiály s velkou citlivostí na teplo. [12]

3.3.7 Vyhřívání trysek

Konstrukce vyhřívání trysek umožňuje propojení vstříkovacího stroje s dutinou formy se zabezpečením dokonalé teplotní stabilizace. Trysky jsou ohřívány vlastním topným článkem nebo jiným zdrojem vtokové soustavy. Využití vyhřívání trysek umožňuje výrazně zlepšit technologické podmínky vstříkování.

Nepřímo ohřívané trysky

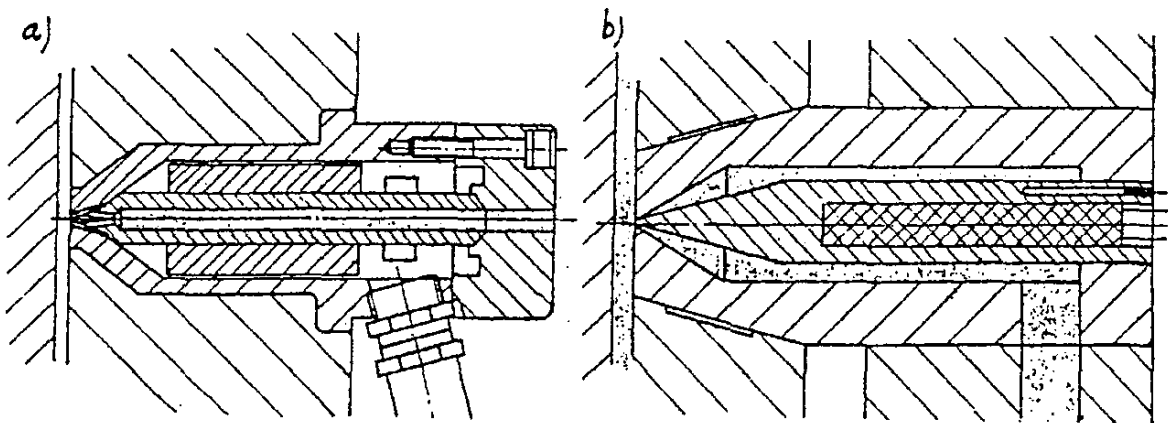
Velkou výhodou nepřímo ohřívaných trysek je, že si jejich jednodušší provedení může zpracovatel vyrobit sám. Tyto trysky se vyznačují dvěma provedeními, a to:

- s dotápěným vyústěním izolovaného rozvodu (u tohoto způsobu je nutné dodržovat rychlý pracovní cyklus)
- přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku (využití u vícenásobných forem)

Přímo ohřívané trysky

Přímo ohřívané trysky jsou děleny dle konstrukčního řešení na následující 2 principy:

- Trysky s vnějším topením – těleso trysky je z tepelně vodivého materiálu, tavenina proudí vnitřním otvorem, z vnější strany trysky je topení
- Trysky s vnitřním topením – tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, která je taky zhotovena z tepelně vodivého materiálu [4,9]



Obr. 28 Přímo ohřívané trysky [9]

a) vyhřívaná tryska s vnějším vytápěním, b) vyhřívaná tryska s vnitřním vytápěním [9]

3.3.8 Vytápěné rozvodné bloky

Vytápěné rozvodné bloky slouží u vícenásobných forem k rozvodu taveniny do jejich tvarových dutin. Jejich funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. Pokud by nedocházelo k rovnoměrnému vytápění, bylo by poté ovlivněno chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách.

Rozváděcí blok je vyroben z oceli a umístěn mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Konstrukčně je přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů. Jeho izolace je zajištěna pomocí vzduchové mezery. [9]

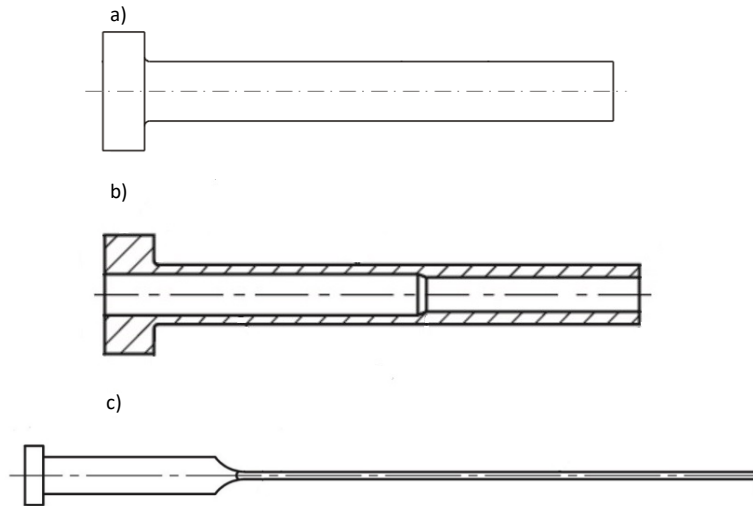
3.4 Vyhození výstříku z formy

Výrobní cyklus vstřikování končí otevřením formy a vyhozením výstříku. Za odformování vstřikovaného dílu z tvarové dutiny vstřikovací formy po jejím otevření je zodpovědný vyhazovací systém. Vyhazovací systém se může velmi výrazně lišit podle požadavků konkrétní procesní aplikace. Aby fungoval vyhazovací systém i forma, musí být vyřešena řada bodů. Mezi tyto body patří:

- osy směrů pohybů vyhazovacího systému,
- rozložení a typ jednotlivých vyhazovačů na vstřikovaném dílu,
- síla vyhazování. [15]

3.4.1 Vyhazování pomocí válcových kolíků

Vyhazování pomocí kolíku je nejpoužívanějším a nejlevnějším typem vyhazování výstříku z dutiny formy. Vyhazovací kolíky se používají tam, kde je možno umístit vyhazovače proti ploše výstříku ve směru jeho vyhození. Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku a jeho umístění umožňuje snadné vyhození výstříku bez poškození. Vyhazovací kolíky by se měli opírat o nepohledovou stranu vzhledem k tomu, že po sobě na vstřikovaném dílu po vyhození zanechají stopy. Mohou se taky však opírat o žebra, které se však při vyhození nesmí zbortit. Důležité je zvolit vhodný počet vyhazovacích kolíků, aby ve formě zůstalo místo na vedení temperace. [13, 14]

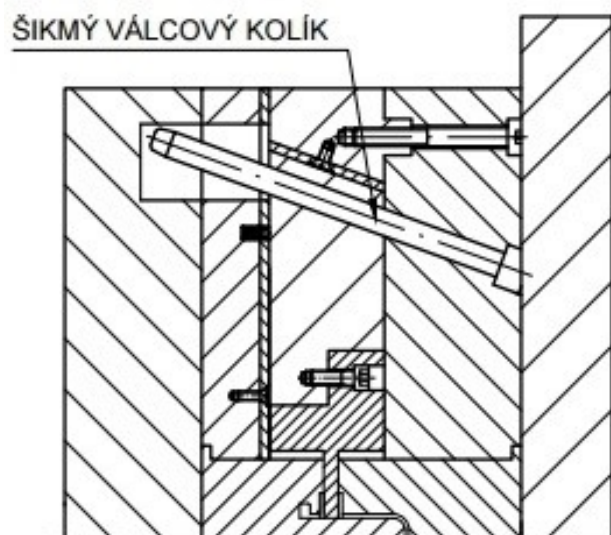


Obr. 29 Válcové kolíky [21,22]

a) válcový vyhazovač; b) trubkový vyhazovač; c) prizmatický vyhazovač

3.4.2 Boční odformování

Jsou využívány tam, kde je zapotřebí speciální šikmého odformování pomocí posuvných čelistí (malé a střední výstřiky s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem). Kolíky bývají umístěné pod různým úhlem vůči dělicí rovině. Otevřenou a uzavřenou polohu pohyblivé čelisti zajišťuje kulička s pružinou nebo jiná západka.[15]



Obr. 30 Řez formou se šikmým válcovým kolíkem

3.4.3 Dvoustupňové vyhazování

Umožňuje vyhazovat výstříky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho délky. Dvoustupňové vyhazování je používáno například pro šikmé vyhazování výstříků se zápichem. [14, 15]

Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazovače jsou používány pro tenkostěnné výrobky větších rozměrů, u kterých záleží na kvalitě pohledové plochy. Velmi často se používají v kombinaci s mechanickými vyhazovači. Pneumatický vyhazovač vytvoří mezi blokem a výstříkem vzduchovou mezeru, díky které dojde k rovnoměrnému oddělení výstříku od formy.

Výhody:

- natlakovaný vzduch se dostane i do nepřístupných míst,
- při využití pneumatického vyhazovače odpadá vyhazovací systém,
- vznikne minimální stopa na výstříky po vyhazovačích.

Nevýhody:

- nutnost vytvoření přívodového kanálu pro vzduch,
- malý zdvih oproti vyhazovacímu systému,
- nutnost vzduchového příslušenství. [14, 15]

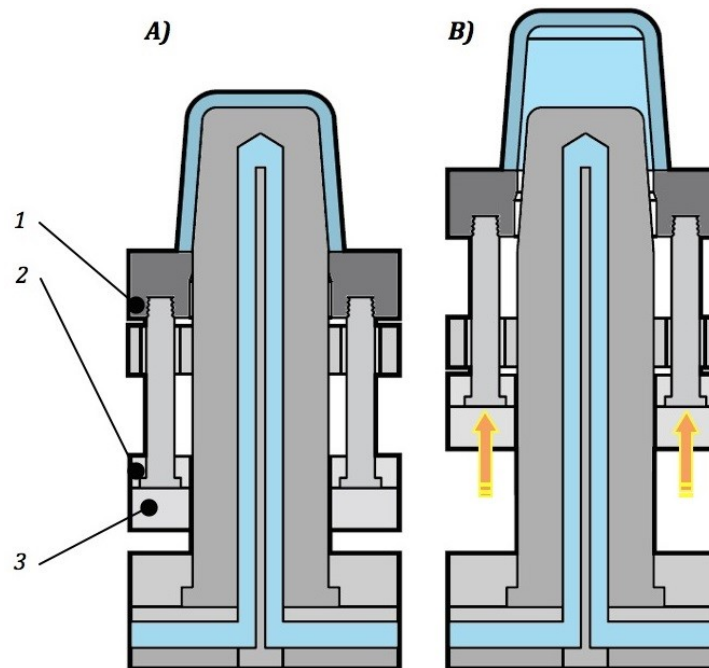
Hydraulické vyhazování

Hydraulické vyhazování se především používá k ovládní mechanických vyhazovačů (kolíky, stírací desky apod.). Vyrábí se jako hydraulická jednotka, která je vbudována na předem připravené místo ve vstřikovaci formě. Charakteristickým znakem je velká vyhazovací síla, kratší a pomalejší zdvih. [15]

3.4.4 Stírací deska

Princip stírací desky je založen na stírání výstříku z tvárníku po celém jeho obvodu. Díky velké stykové ploše stírací desky vznikají minimální deformace a také na výstříku je minimální plocha po vyhazovači. Stírací deska je používána k vyhazování tenkostěnných

výstříků, kde by hrozilo zdeformování a taky tam, kde je potřebná velká vyhazovací síla. Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. [15]



Obr. 31 Stírací deska [16]

A – vyhazovací systém v zadní pozici; B – vyhazovací systém v pohybu do přední pozice; 1- stírací deska; 2- přidržovací systém stírací desky, 3- stírací deska

4 SOFTWARE

V dnešní době existuje celá řada softwarů, které slouží k usnadnění konstrukce a navrhování vstřikovacích forem.

4.1 CATIA V5

CATIA je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším 3D softwarem počítačové konstrukce v oblasti CAD/CAM/CAE. Tento software je vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a využíváný hlavně leteckém (Airbus, Boeing, Bombardier atd.) a automobilovém průmyslu (Audi, BMW, Scania atd.).

CATIA umožňuje vytvořit jakoukoliv sestavu ve 3D prostředí pro celou řadu procesů a aplikací:

- formy pro vstřikování plastů,
- ohýbané součásti,
- kinematické mechanismy,
- kompozity,
- 3D tisk,
- postupové nástroje pro tváření plechů.

Jeden z modulů CATIE je Mold Tooling Design, který slouží ke konstrukci vstřikovacích forem. Tento modul byl použit při návrhu a konstrukci vstřikovací formy pro ochranný kryt telefonu. Dále byl taky použit modul pro tvorbu jednotlivých částí krytu – Part Design, a pro tvorbu sestavy složeného dílu byl použit modul sestav – Assembly Design.

4.2 HASCO DAKO modul

Firma HASCO se specializuje na výrobu normálií pro vstřikovací formy. Tento modul je v podstatě katalog normalizovaných součástí, které firma HASCO vyrábí s možností importu konkrétních normálií do softwaru CATIA a již zmíněného jejího modulu pro konstrukci vstřikovacích forem. Z toho důvodu tento modul zrychluje konstrukci, případně opravu forem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

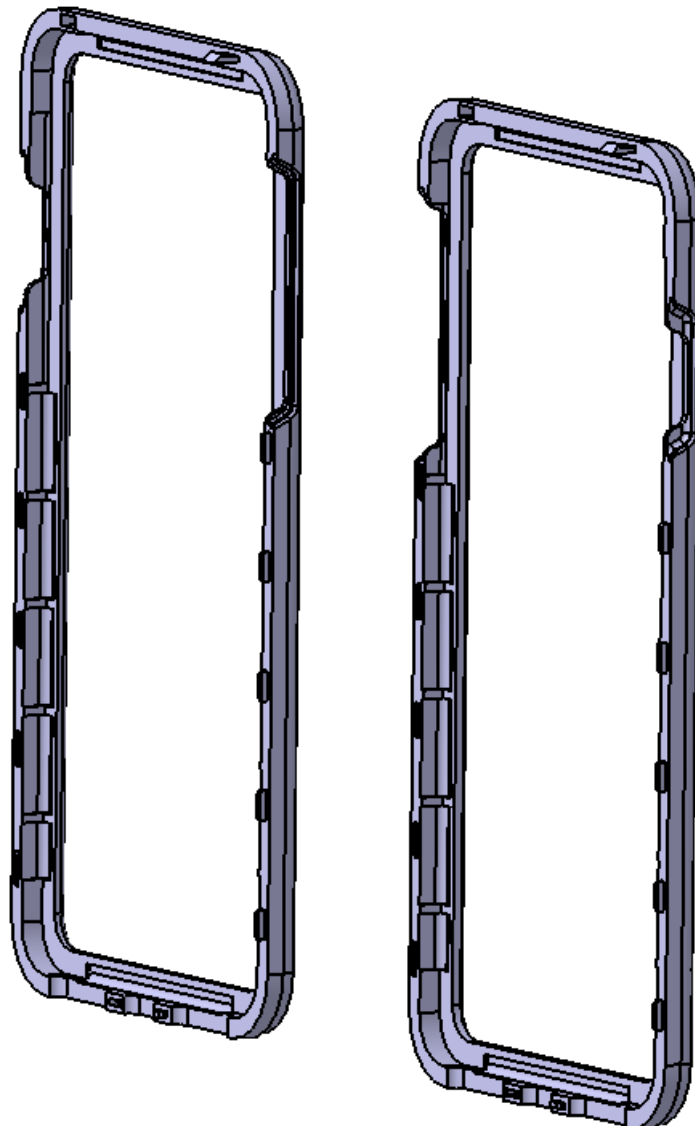
Pro tuto bakalářskou práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Provést konstrukční návrh 3D modelu vstříkovaného dílu.
- Provést návrh vstříkovací formy pro zadaný díl.
- Vyhотовit výrobní výkres výrobku a výkres sestavení vstříkovací formy.

Pro lepší pochopení praktické části této práce byl čtenář v první části práce seznámen s materiály pro technologii vstříkování plastů. V následující části je konkrétně vysvětleno vstříkování plastů, včetně vysvětlení jednotlivých komponentů, jakou je například vstříkovací stroj, vstříkovací stroj, horké rozvodné bloky atd.

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

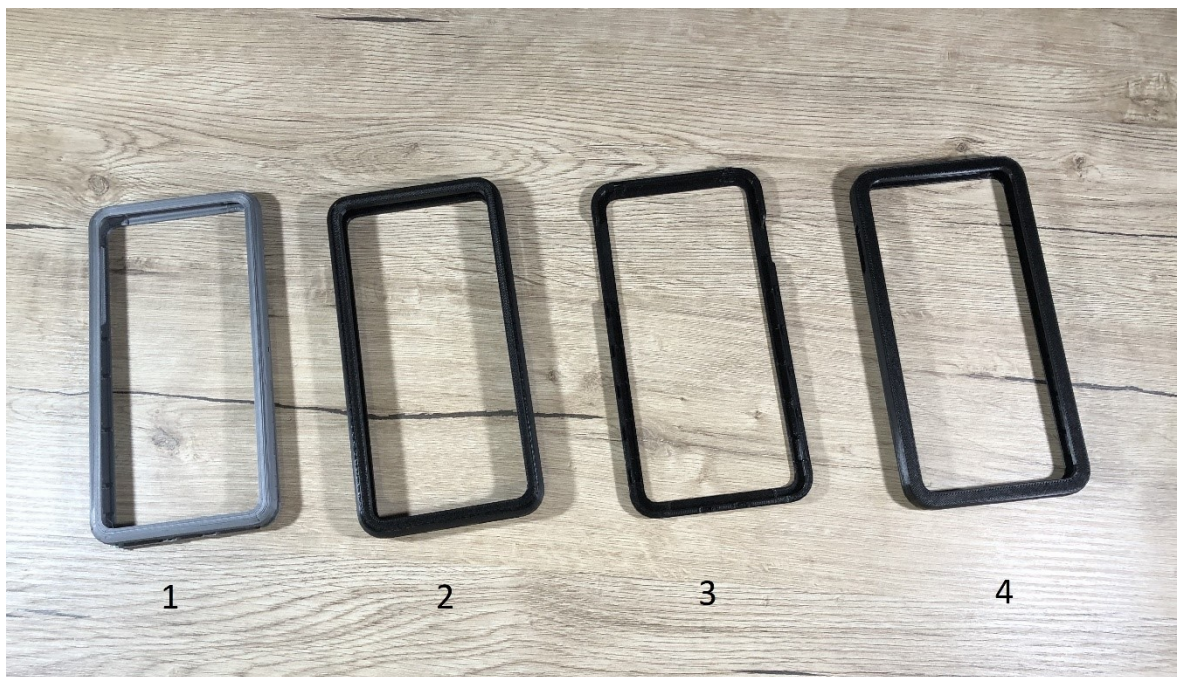
Vstřikovaným výrobkem je ochranný kryt telefonu, který se tvoří dvě částí – horní a spodní rámeček. Kryt je konstruován ze dvou protikusů tak, aby do sebe dokonale zapadly a při nárazu nedošlo k jejich oddělení. Uzavření krytu je řešeno v horní části háčkovým systémem, který zabraňuje otevření krytu. Kromě háčkového spoje drží kryt v uzavřené poloze těsné spojení sloupek a pro ně nachystaných děr, které jsou umístěny po stranách a ve spodní části krytu.



Obr. 32 Vstřikovaný výrobek – ochranný kryt telefonu

Vzhledem k tomu, že šlo rovněž o návrh nového ochranného krytu, bylo třeba zhotovit prototyp na 3D tiskárně. Pomocí 3D tisku byly zhotoveny 3 kompletní kryty a jedna spodní část, na které již byly vidět nedostatky a z toho důvodu nebylo nutné tisknout i horní část. Na těchto prototypch byly postupně odstraněny nedostatky. První verze ochranného krytu byla příliš tenká a křehká, uzavírací mechanismu nezvládl jeho uzavření (došlo ke zlomení). Z toho důvodu bylo provedeno u druhé verze navýšení tloušťky stěn na dvojnásobek a byl zvětšen uzavírací mechanismus. Navýšení tloušťky stěn způsobilo to, že by při používání tohoto krytu bylo velmi obtížné regulovat hlasitost telefonu a jeho uzamykání. Před 3D tiskem spodní části krytu byly zhotoveny prolisy, které měly vést k lepší manipulaci s hlasitostí telefonu a usnadnit přístup k jeho tlačítku, které je určeno k uzamknutí. Tyto prolisy nestačily, tak byla zhotovena poslední verze, u které byly zvětšeny nejen prolisy, ale i otvory, kde se nachází tlačítka určené k ovládání hlasitosti a uzamykání telefonu.

Všechny verze byly svými rozměry testovány přímo na telefonu, pro který je tento ochranný kryt určen.



Obr. 33 Jednotlivé prototypy ochranného rámečku zhotovené pomocí 3D tisku



*Obr. 34 Porovnání jednotlivých verzí ochranného rámečku
(strana uzamykacího tlačítka)*



*Obr. 35 Porovnání jednotlivých verzí ochranného rámečku
(strana ovládání hlasitosti)*



*Obr. 36 Detail posledního verze ochranného rámečku
(otvor pro ovládání hlasitosti)*



*Obr. 37 Detail poslední verze ochranného rámečku
(strana uzamykacího tlačítka)*



Obr. 38 Ochranný rámeček s určeným telefonem

6.1 Materiál výrobku

Kvůli dobré mechanické odolnosti byl zvolen materiál ABS (akrylonitrilbutadienstyren). ABS je amorfni termoplast, který vzniká polymerací ze třech následujících komponent:

- Acrylnitril
- Butedien
- Styren

Tepeľná odolnosť ABS je do 105 °C, což také umožňuje využití krytu v extrémních povoláních, jako jsou například hasiči. Smrštění ABS je od 0,3 % do 0,7 %. Hustota je 1 045 kg/m³

ABS se zpracovává při 220-260 °C, pokud by byla přesažena teplota 280 °C, došlo by k rozkladu zpracovávaného materiálu. Před zpracováním je důležité polymer důkladně vysušit. Forma musí být vytemperována na 60 °C až 80 °C.

6.2 Volba vstřikovacího stroje

Forma byla navrhována pro stroj firmy Arburg. Aby byla splněna všechna kritéria, tak se jednalo konkrétně o stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H.

Vybrané parametry vstřikovacího stroje:

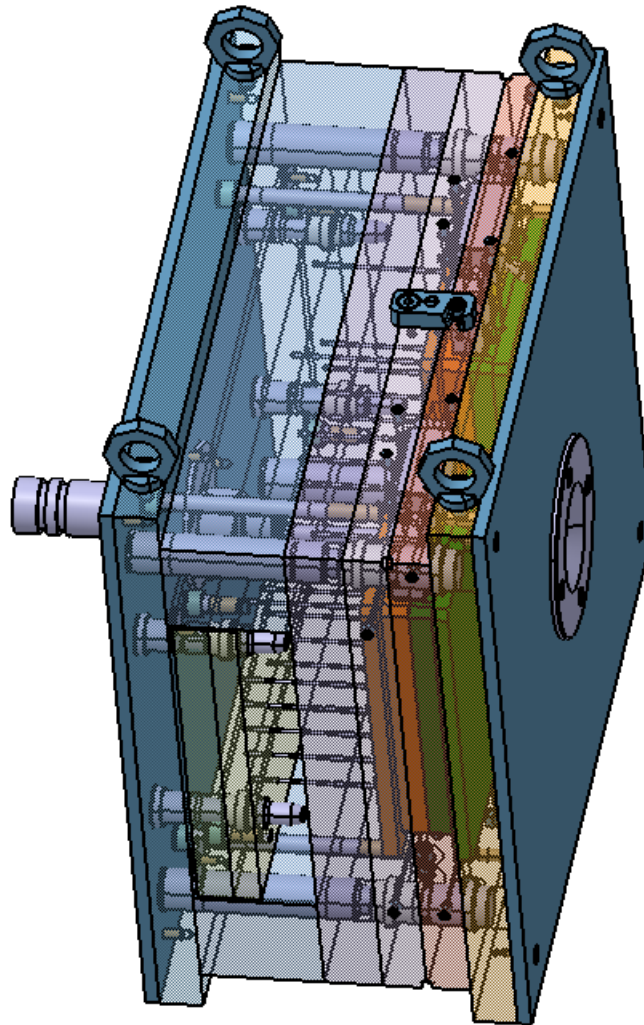
- maximální uzavírací síla: 1000 kN,
- výška formy: 250-500 mm,
- velikost upínacích desek: 637x637 mm,
- vzdálenost mezi vodícími sloupy stroje: 470x470 mm,
- maximální vyhazovací síla: 40 kN,
- maximální zdvih vyhazovačů: 170 mm.



Obr. 39 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [19]

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Pro zjednodušení návrhu konstrukce vstřikovací formy bylo využito programu CATIA s využitím Mold Tooling Designu a taky normalizovaných součástí, které nabízí knihovna HASCO Dako. Program CATIA nabízí nejen vytvořit návrh konstrukce v 3D prostředí, ale i následné 2D výkresové dokumentace, přičemž při jakékoliv změně v 3D prostředí lze provést aktualizaci 2D výkresové dokumentace.



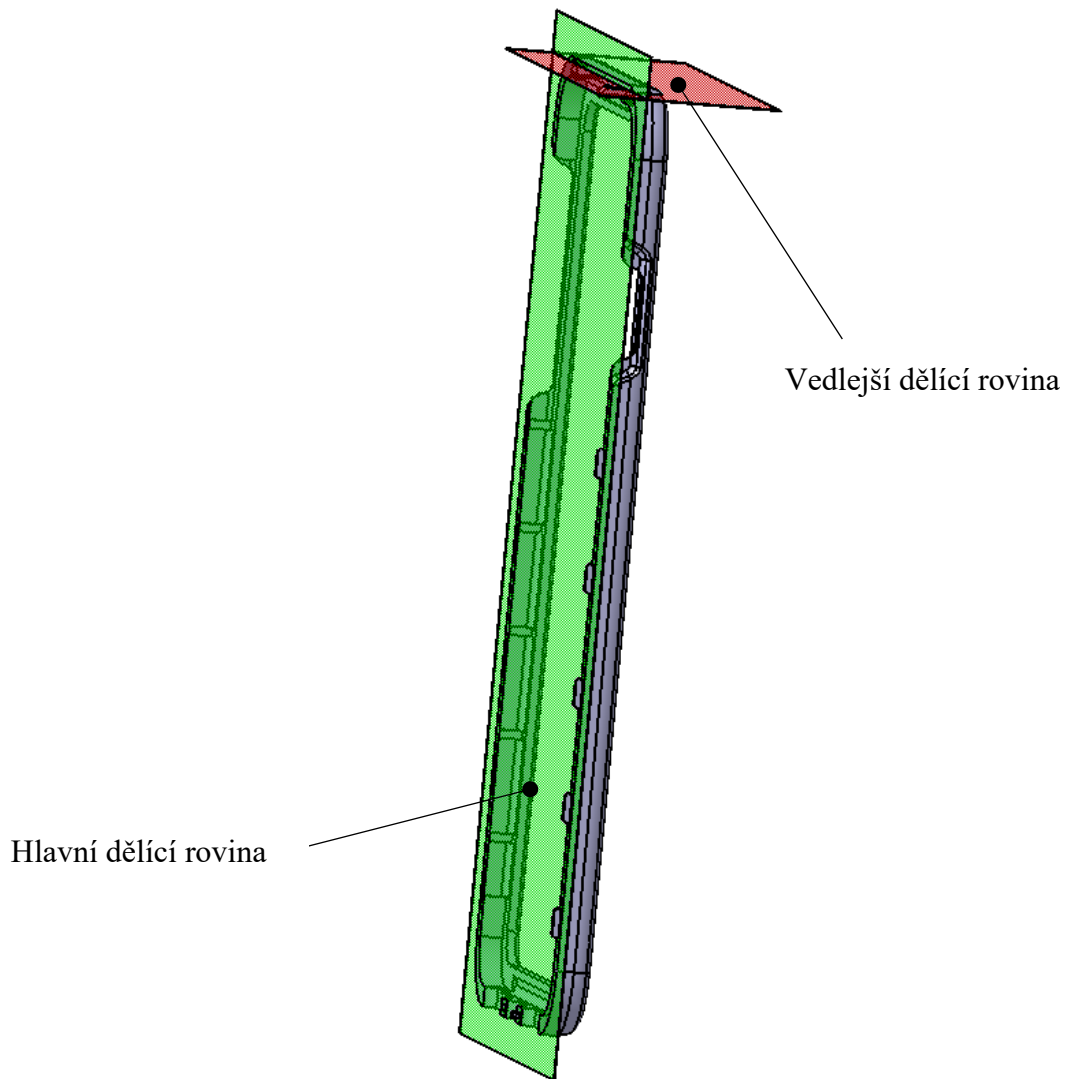
Obr. 40 Sestava vstřikovací formy

7.1 Násobnost formy

Násobnost formy je závislá na požadované přesnosti vstříkovaného výrobku. Čím má mít vstříkovaný díl přesnější rozměry, tím by měla být násobnost menší. Volba násobnosti formy taky závisí na ekonomice výroby, plánovaném počtu vyrobených kusů a také na vstříkovacím stroji, zda je schopný splnit parametry pro vícenásobnou formu. Vzhledem k velikosti krytu, který se skládá ze dvou, do jisté míry, odlišných částí byla stanovena dvounásobná forma, to znamená, že za jeden vstříkovací cyklus vznikne kompletně celý kryt.

7.2 Volba dělicí roviny

Při návrhu hlavní a vedlejších dělicích rovin je důležité si uvědomit odformování výrobku z tvarové dutiny formy. Hlavní dělicí rovina je ta, která se nachází v místě mezi tvárnici a tvárníkem. Tvárník a tvárnice mají kromě funkce tvarování konečného výrobku také za úkol přidržit vstříkovaný výrobek v levé – pohyblivé části vstříkovací formy, a to z toho důvodu, aby byl výrobek pak jednoduše pomocí vyhazovačů vyhozen z formy. Vedlejší dělicí rovina pak musí být zvolena pro všechny díry a tvary, které jsou kolmé na hlavní dělicí rovinu. V případě ochranného krytu je to odformování háčkového spoje pro uzavírání, které by nebylo možné vytvořit jiným způsobem.

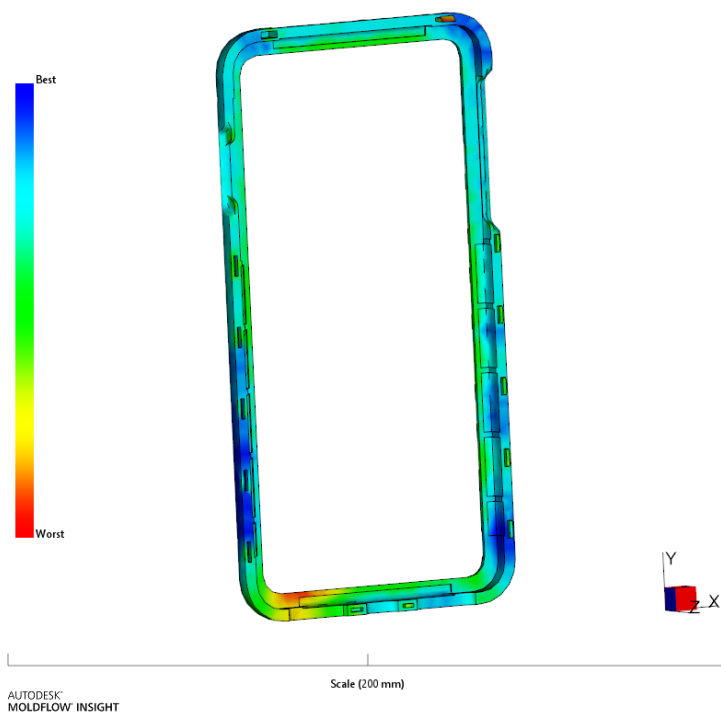


Obr. 41 Volba dělicí roviny na vstříkovaném výrobku

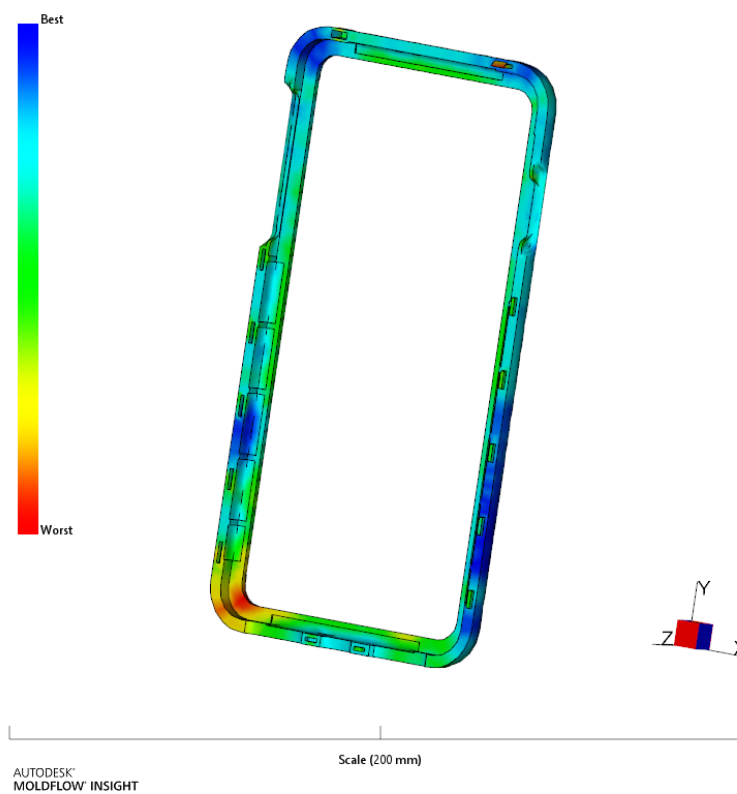
Zeleně – hlavní dělicí rovina, červeně – vedlejší dělicí rovina

7.3 Umístění vtoku

Pro nalezení nejvhodnějšího místa pro vtok na vstříkovaných výrobcích byl využit program Moldflow, ve kterém byla provedena analýza Gate-Location. Modrá barva značí nejvhodnější místa pro umístění vtoku, červená místa pak znázorňují místa nejméně vhodného umístění vtoku. Díky analýze bylo zvoleno místo vtoku do bočních stěn vstříkovaných výrobků.



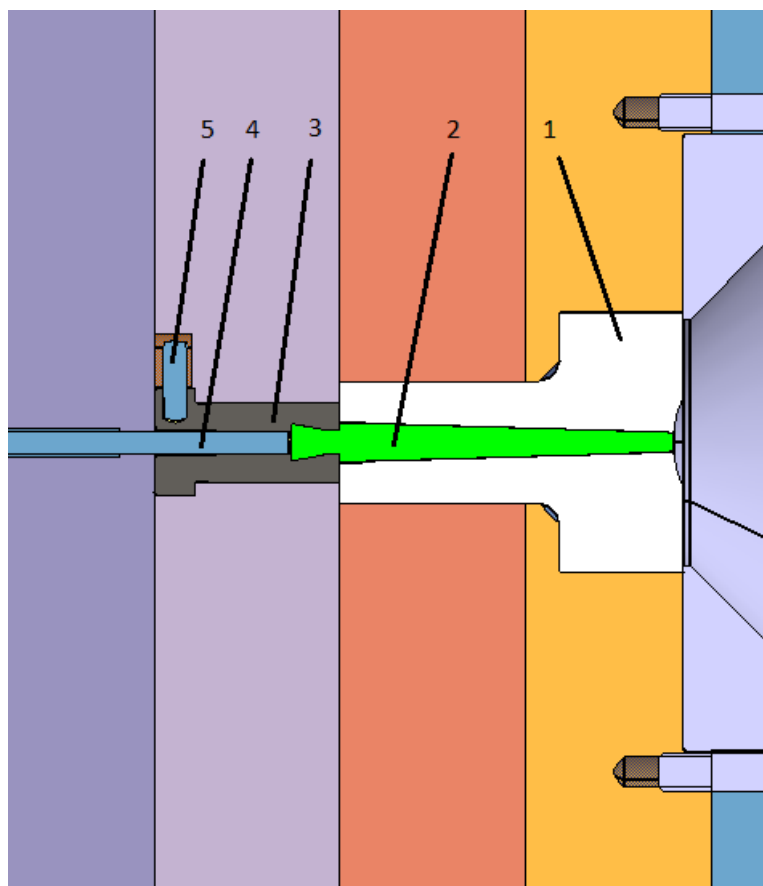
Obr. 42 Analýza vhodnosti umístění vtoku pro horní rámeček



Obr. 43 Analýza vhodnosti vtoku pro spodní rámeček

7.4 Vtoková soustava

Dopravení taveniny v co nejkratším časovém intervalu do dutiny má za úkol vtoková soustava, která je tvořena vtokovou vložkou, vtokovým kanálem a vtokovým ústím. U vícenásobných forem je velmi důležité, aby tavenina ke každé tvarové dutině dotekla ve stejný čas a došlo tak k rovnoměrnému plnění. To zajistí stejná délka rozvodných vtokových kanálů. V případě formy pro ochranný kryt telefonu byl zvolen studený vtokový systém. Vtoková vložka byla vybrána z katalogu firmy Hasco. Tato vtoková vložka je zajištěna pomocí kolíku proti pootočení a ústí do rozvodných kanálů půlkruhového průřezu zakončené kuželovým vtokem do tvarové dutiny. Vstříknutý výrobek bude poté přidržen v levé – pohyblivé části formy spolu s vtokovým zbytkem pomocí přídržovače vtoku.

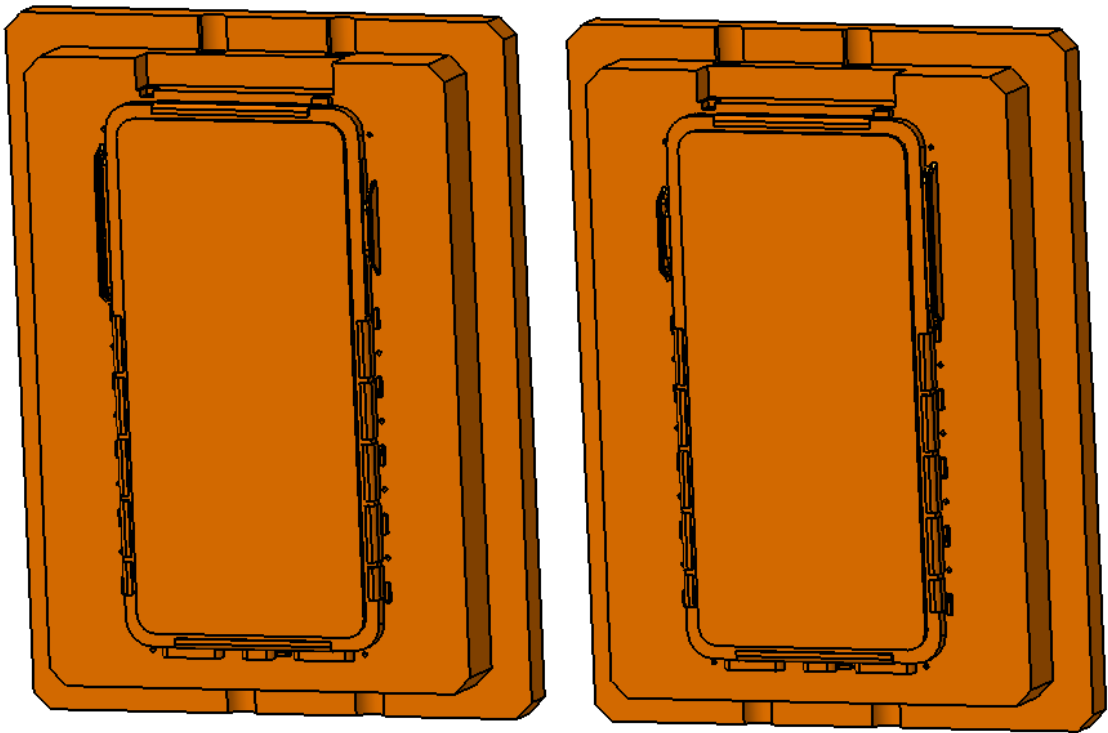


Obr. 44 Řez vtokovým systémem

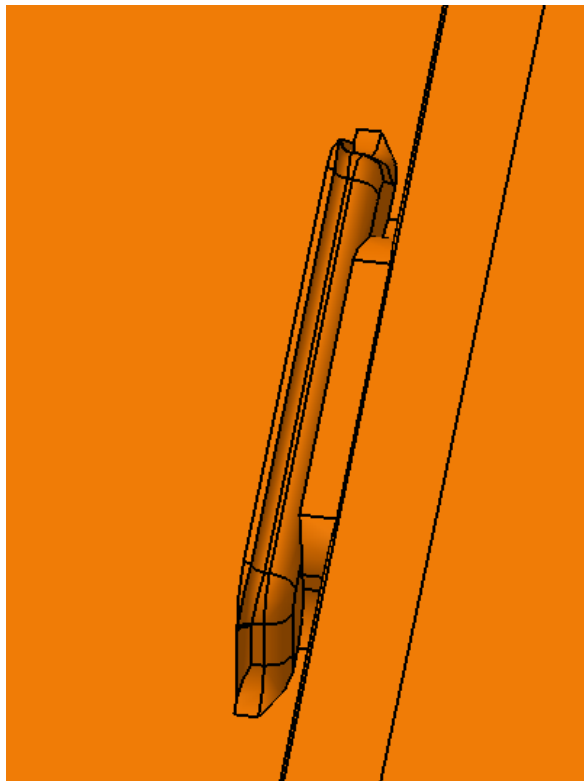
1- vtoková vložka, 2- vstříkovaný materiál, 3- přídržovač vtoku, 4- válcový vyhazovací kolík určený k vyhození vtokového zbytku, 5 – kolík k zabránění pootočení přídržovače vtoku

7.5 Tvarové vložky

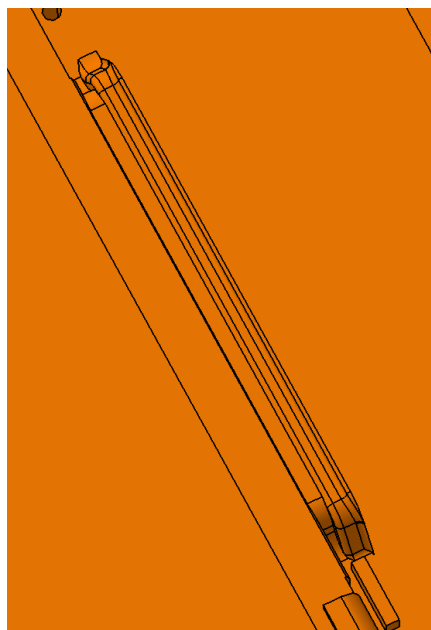
Tvarové vložky vstřikovací formy dávají po vstříknutí taveniny výsledný tvar vstřikovanému výrobku. Společně tyto vložky tvoří tvarovou dutinu, které však musí být zvětšena o hodnotu smrštění pro daný materiál. V případě ABS je to 0,3 % až 0,7 % a byla zvolena hodnota smrštění 0,6 %. Tvárník s tvárnicí budou do formy vloženy jako vložky, což má velkou ekonomickou i praktickou výhodu. Například při poškození bude vyjmuta a opravena pouze tvarová vložka, a ne celá kotevní deska. Další výhodou je to, že není nutno vyrábět celou kotevní desku z nástrojové oceli, ale pouze tvarovou vložku, na zbytek kotevní desky lze pak využít běžné konstrukční oceli. Umístění a upnutí tvarových vložek je zajištěno osazením, ve kterém je drží opěrná či upínací deska. Všechny tvarové vložky jsou provrtány kanálky, které zajišťují temperaci a dále jsou opatřeny otvory pro vyhazovače.



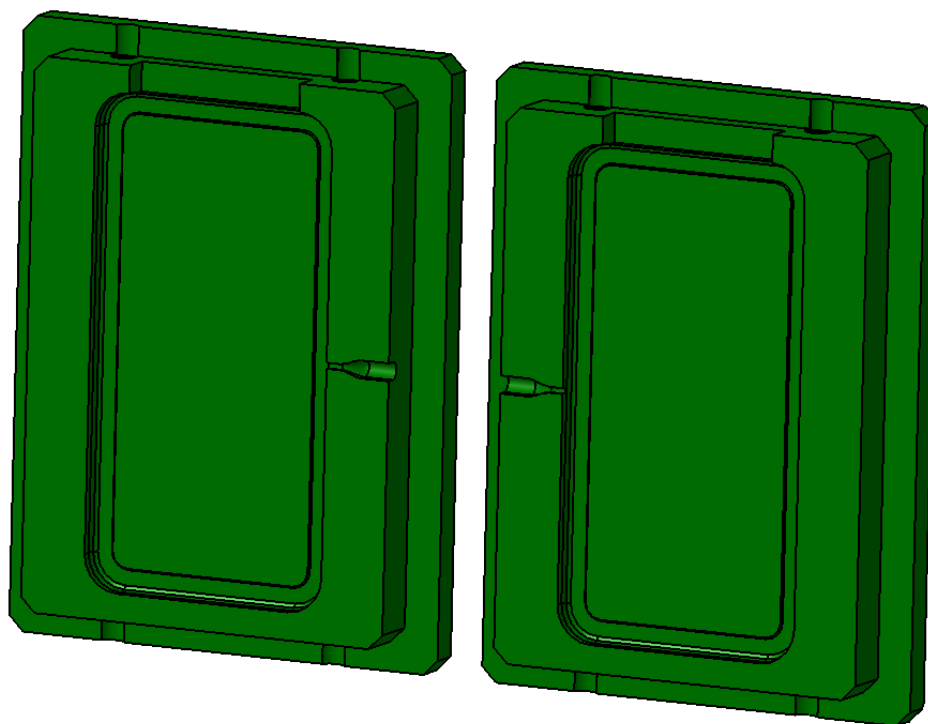
Obr. 45 Tvárníky



Obr. 46 Detail tvarové části tvárníku pro vytvoření otvoru pro ovládání uzamykacího tlačítka



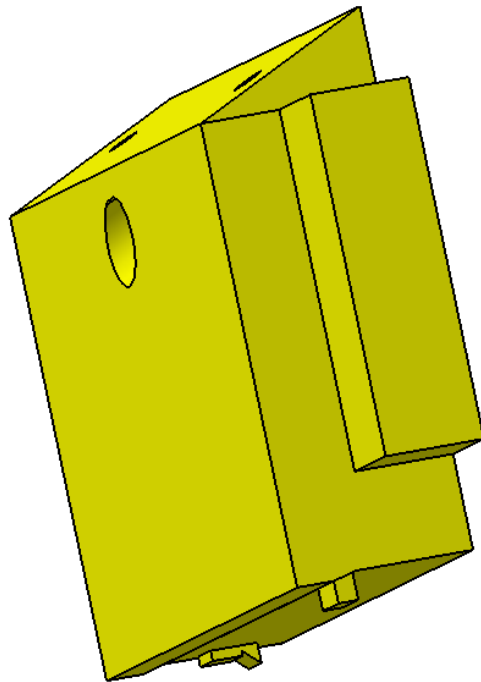
Obr. 47 Detail tvarové části tvárníku pro vytvoření otvoru pro tlačítka ovládající hlasitost telefonu



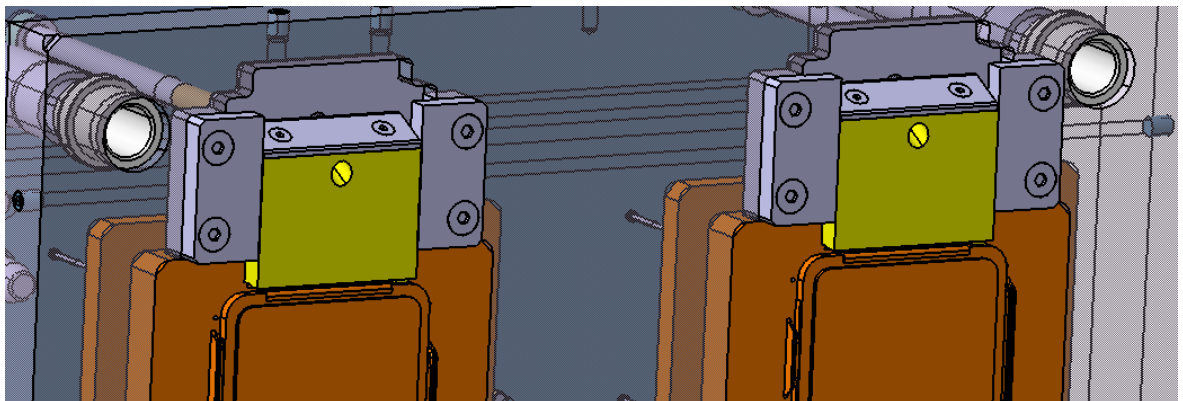
Obr. 48 Tvárnice

7.6 Tvarové čelisti

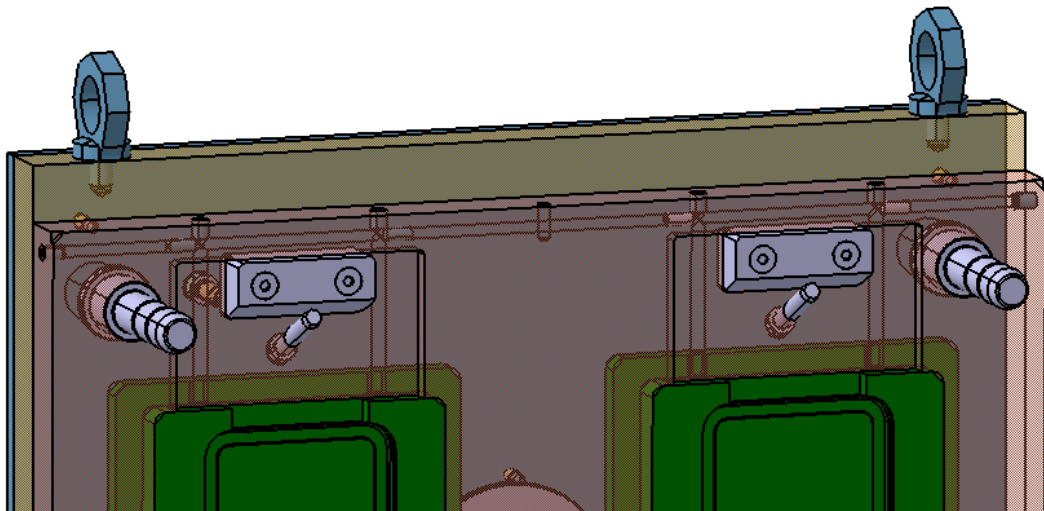
Některé tvary nebo části výrobku, které by nešly za použití jen tvárnice a tvárníku odformovat a výrobek bez komplikací vyhodit, musí být zaformovány pomocí tvarových čelistí. V případě ochranného rámečku je to díra na háčkový uzavírací mechanismus a samotný háčkový mechanismus. Tyto tvary jsou tvarovány pomocí výměnné čelisti se svým mechanismem, který je ukotven v levé části formy. Pohyb této čelisti je realizován pomocí šikmého válcového kolíku, který je umístěn v levé části formy a je pod úhlem 25°. Po odjetí tvarové čelisti ze šikmého kolíku a otevření formy je její poloha uzamčena pružinkou s kuličkou. V této poloze je čelist až do doby, kdy najede zpět na šikmý kolík a kulička je uvolněna z díry v čelisti. Funkci zámku v uzavřené poloze pak tvoří doraz.



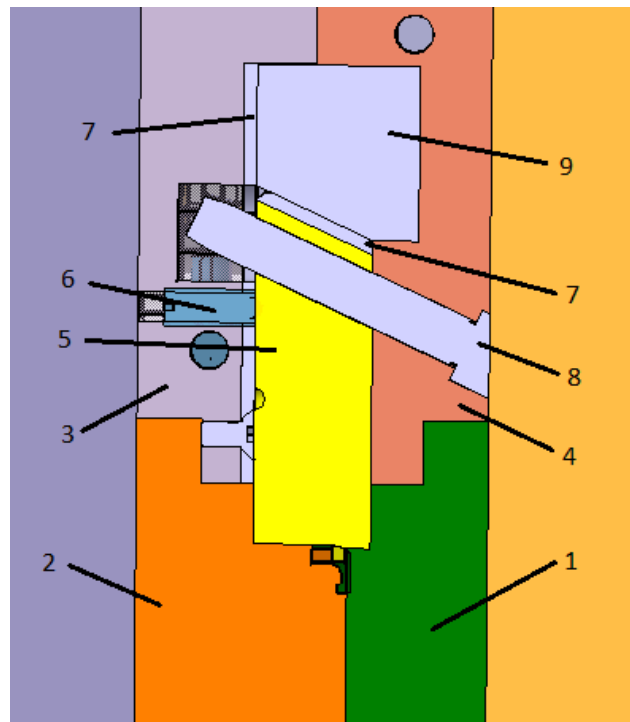
Obr. 49 Posuvná čelist



Obr. 50 Pohled do levé části formy na posuvné čelisti



Obr. 51 Pohled do pravé části formy na dorazy a šikmé kolíky



Obr. 52 Řez bočním odformováním

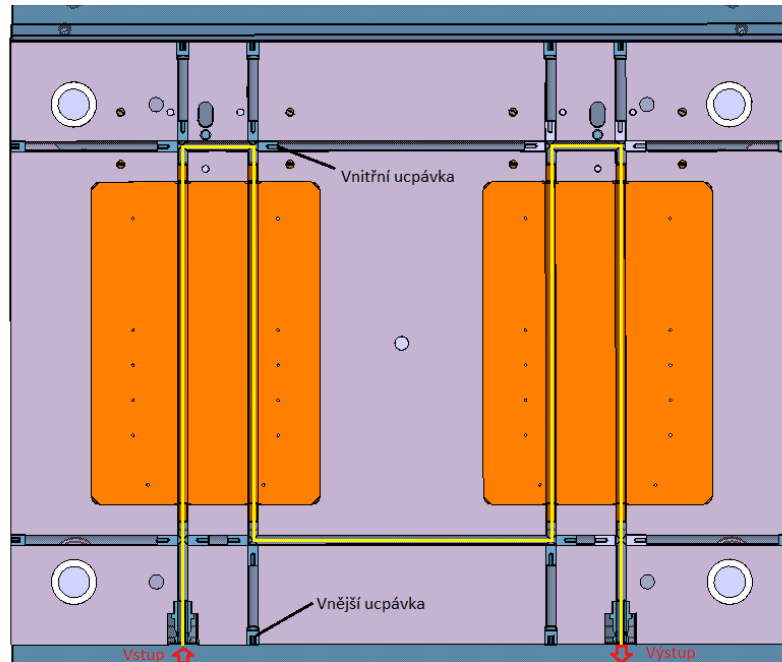
1 -tvárnice, 2- tvárník,3- kotevní deska levá,4 - kotevní deska pravá, 5 - tvarová čelist, 6 - pojistný šroub s kuličkou, 7- kluzná deska, 8 - šikmý kolík, 9- doraz

7.7 Temperace formy

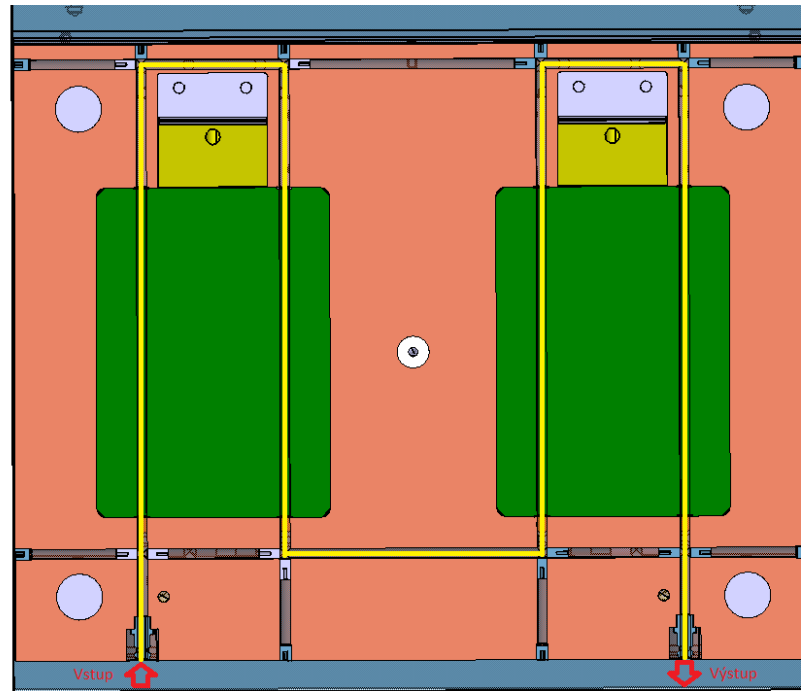
Cílem temperace je udržení konstantního teplotního pole formy. Polymer se v dutině formy díky temperaci ochlazuje na teplotu vhodnou k vyjmutí. Z tohoto faktu je možno vyvodit, že temperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a také zajišťuje optimální tuhnutí polymeru. Vzhledem k tomu, že vstříkovaným materiálem bude ABS, tvarová dutina bude muset být vytemperována na teplotu 60 °C.

Kromě vytemperování tvarové dutiny na pracovní teplotu má za úkol temperace po vstříknutí materiálu odvézt taky přebytečné teplo a tím zkrátit dobu vstříkovacího cyklu.

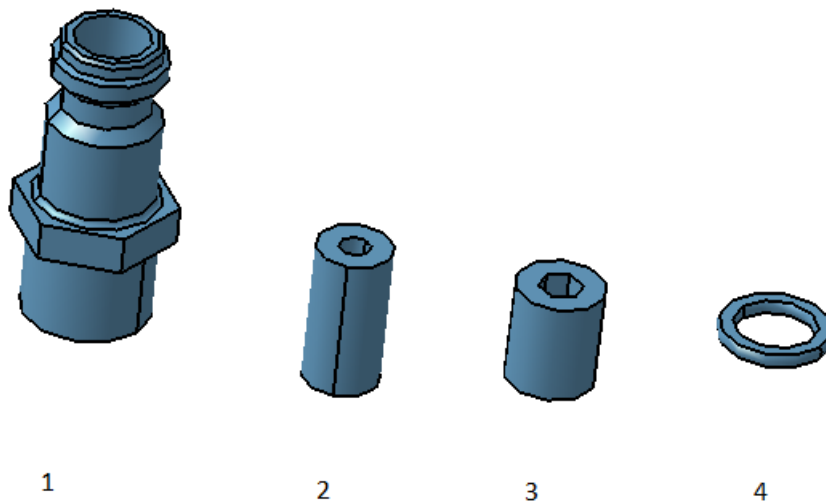
Temperačním médiem byla zvolena voda, která proudí ve vrtaných kanálcích ve dvou samostatných okruzích. Jeden okruh se nachází v levé části formy a druhý v pravé, konkrétně v kotevních deskách a tvarových vložkách, které jsou v těchto deskách umístěny. Oba okruhy vedou skrze tvarové vložky, u kterých bylo nutno při přechodu z kotevní desky využít těsnících O-kroužků. Oba okruhy jsou uzavřeny a směřovány pomocí ucpávek. V kotevních deskách jsou z dolní strany provedeny zhloubené díry pro přípojku temperačního média.



Obr. 53 Temperace levé části formy



Obr. 54 Temperace pravé části formy

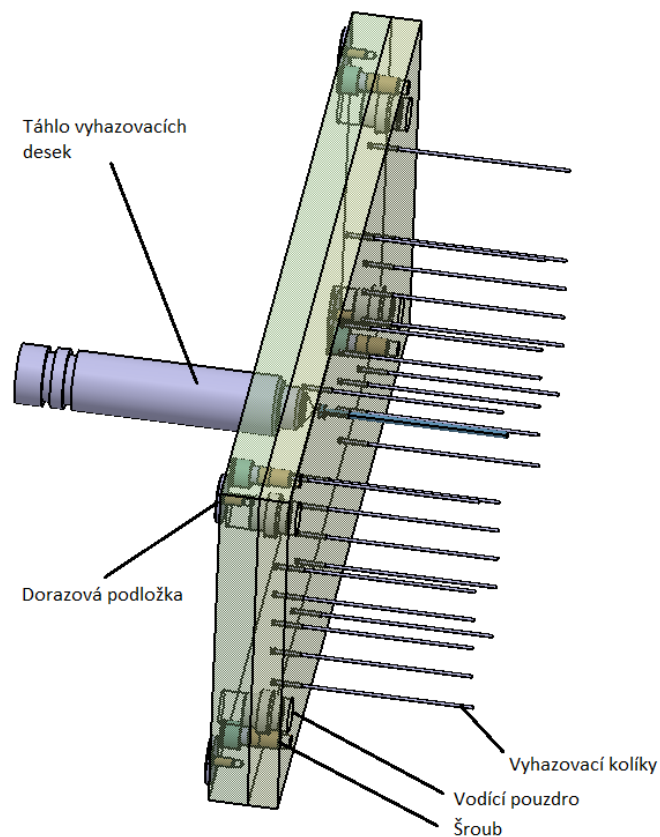


Obr. 55 Části temperačního okruhu

1 - připojovací nátrubek, 2 - vnitřní ucpávka (uzavírací zátka),
3 - vnější ucpávka (uzavírací šroub), 4 - těsnící o-kroužek

7.8 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození hotového výrobku z dutiny formy. Aby došlo ke správnému vyhození výrobku, musí být splněna jedna podmínka, výrobek musí zůstat v levé – pohyblivé části formy. Tuto podmínku zajistí zahloubení na tvárníku a tvárnici. Vtokový zbytek pak zajistí přídržovač toku. Vyhazovače jsou umístěny mezi dvě vyhazovací desky (kotevní a upínací), které jsou k sobě přišroubovány. Pro vyhození výrobků bylo zapotřebí 24 válcových vyhazovačů o průměru 1,5 mm. Tyto vyhazovače se opírají o nepohledovou část výrobku, v místě, kde se oba rámečky po výrobě spojí. Pro vyhození vtokového zbytku bylo využito válcového vyhazovače o průměru 4 mm. Odstranění vtokového zbytku bude realizováno po vyhození výrobku. Pohyb vyhazovacího systému zajišťují 4 čepy, které jsou ukotveny v levé upínací desce. Tyto čepy jsou vedeny za pomocí vodících pouzder, které jsou umístěny mezi opěrnou a kotevní vyhazovací desku. Pohyb celého vyhazovacího systému je realizován pomocí táhla vyhazovacích desek.



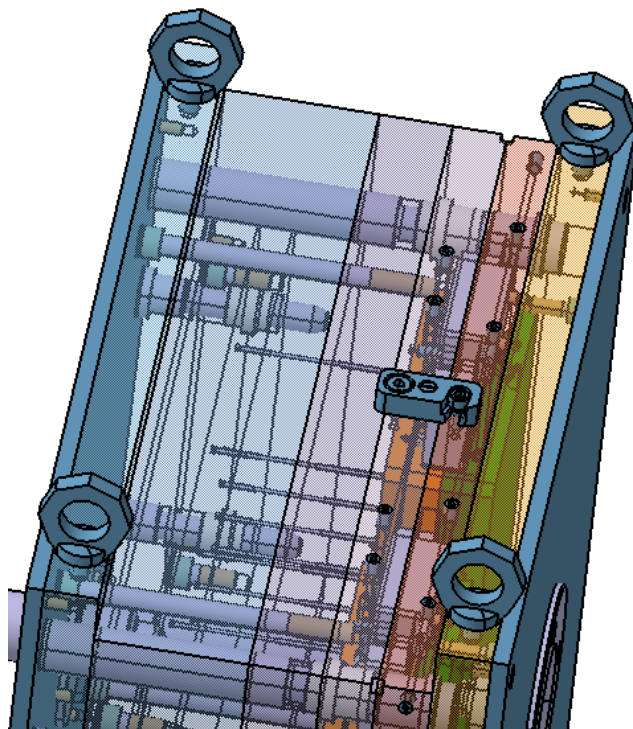
Obr. 56 Vyhazovací systém

7.9 Odvzdušnění formy

Při vstřikování taveniny do tvarové dutiny může docházet k adiabatickému stlačování vzduchu a může se dostavit nežádoucí tzv. Dieselův efekt (spálené místo na vstřikovaném výrobku). Proto je důležité umožnit stlačovanému vzduchu uniknout např. vůlemi mezi vyhazovači nebo vůlemi v dělicí rovině. V konstrukci této formy se odvzdušnění neřešilo, jelikož se únik stlačovaného vzduchu předpokládá právě vůlemi mezi vyhazovači nebo vůlemi v dělicí rovině. Kdyby při zkouškách formy došlo k odhalení nedostatečného odvzdušnění formy, musel by být navržen odvzdušňovací systém, který by byl řešen podobně jako temperační systém vrtanými kanálky.

7.10 Transportní systém formy

Vstřikovací formy obvykle dosahují velkých hmotností. Proto musí být navržen účinný systém transportu do vstřikovacího stroje. K manipulaci této vstřikovací formy bylo využito čtyř transportních ok, za která bude forma uchycena jeřábem a přepravena do vstřikovacího stroje. Aby nedošlo k otevření vstřikovací formy v dělicí rovině je nutno ještě přidat uzavírací zařízení z katalogu firmy Hasco.



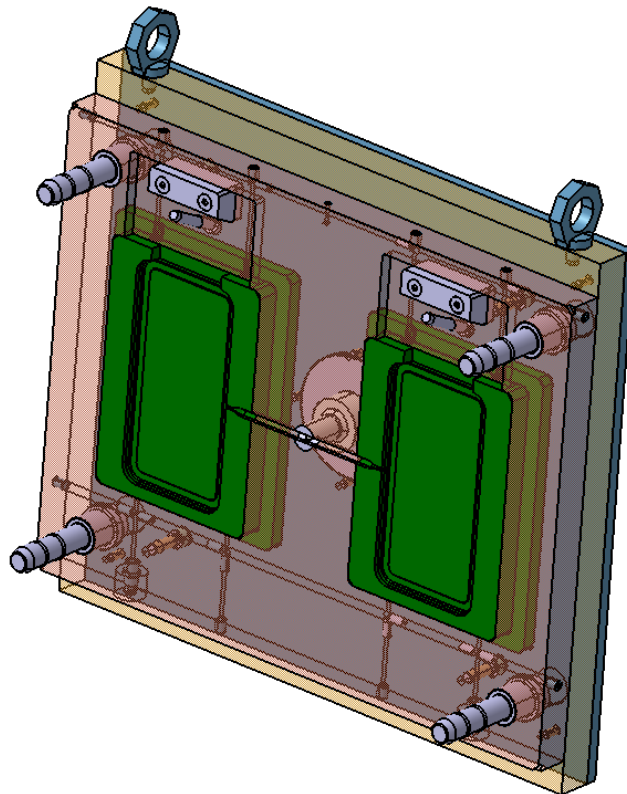
Obr. 57 Transportní systém formy

7.11 Rám vstříkovací formy, vodící a středící prvky

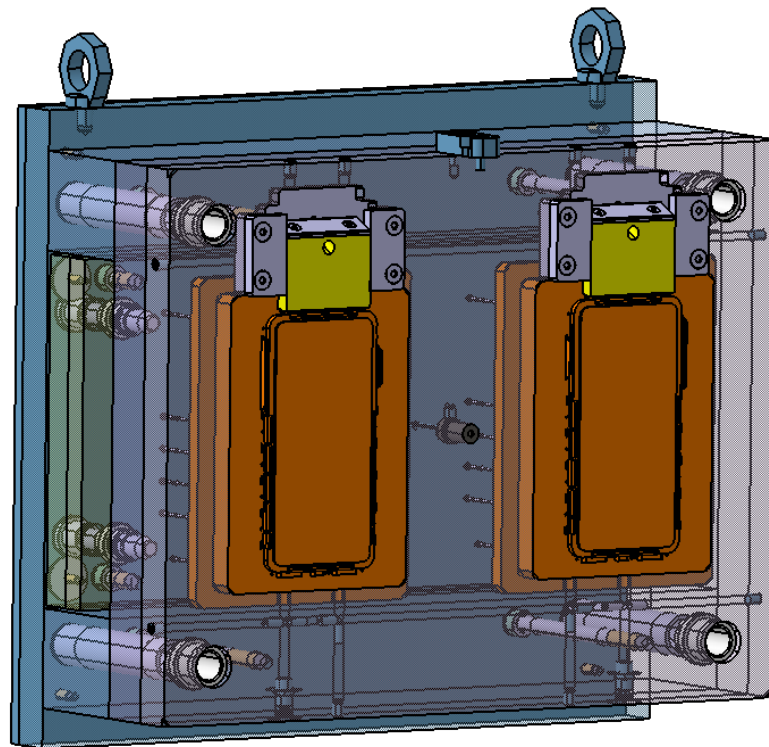
Základní konstrukci lze rozdělit do tří základních částí:

- pravá – nepohyblivá část formy,
- levá – pohyblivá část formy,
- vyhazovací systém.

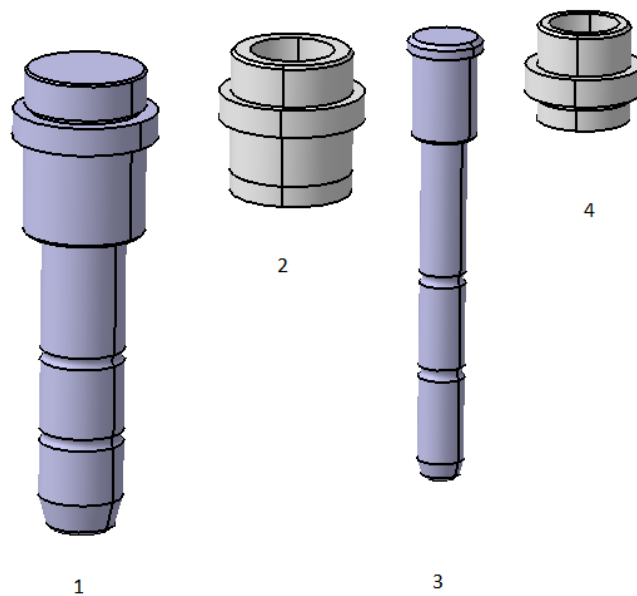
Vstříkovací forma byla konstruována stavebnicovým způsobem v programu CATIA V5R19. Rozměry formy byly zvoleny dle katalogu firmy Hasco, který je součástí Mold Tooling Designu. Dle rozměru výrobku a normalizovaných rozměrů byla zvolena forma o velikosti 446 x 346 mm. V této vstříkovací formě je zajištěno vedení pomocí vodících čepů a pouzder. Vystředění desek je zajištěno pomocí středících trubek. Požadované desky jsou pak spojeny pomocí šroubů.



Obr. 58 Pohled do pravé dělicí roviny



Obr. 59 Pohled do levé dělicí roviny



Obr. 60 Vodící prvky

1 - hlavní vodící čep, 2 - vodící pouzdro hlavního vodícího čepu,
 3 - vodící čep vyhazovacích desek, 4- vodící pouzdro vyhazovacích desek

8 DODATEČNÉ ÚPRAVY NA VSTŘIKOVANÉM VÝROBKU

8.1 Zapravení stopy po studeném vtoku

Vzhledem k tomu, že při vstřikování ochranného krytu bylo využito studené vtokové soustavy, která ústí do boční pohledové části výrobku, je potřeba přidat dodatečnou úpravu v podobě zabroušení stopy po vtoku. Po zabroušení stopy po vtoku bude povrch ošetřen chemickým prostředkem a následně na zabroušené místo bude nalepena nálepka s logem výrobce, štítkem, o jaký materiál se jedná a informací o tom, zda se jedná o horní či spodní rámeček ochranného krytu telefonu.

8.2 Zapravení stop po vyhazovačích

Vyhazovače mohou také po sobě zanechat stopy. Stejně jako v předchozím bodě budou stopy po vyhazovačích zabroušeny tak, aby při uzavření rámečku došlo k dokonalému dosednutí ploch jednotlivých protikusů na sebe. Tyto místa po zabroušení budou také ošetřeny chemickým prostředkem a následně zalakovány.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat literární studii na téma vstřikování plastů a formy ke vstřikování plastů. Dalším cílem bylo navrhnout ochranný kryt telefonu a vstřikovací formu pro tento kryt.

Vzhledem k budoucímu použití ochranného krytu byl materiálem pro výrobu zvolen ABS, který je odolný proti rázům a má všeobecně výborné mechanické vlastnosti. Jako vstřikovací stroj splňující všechny požadované parametry byl zvolen vstřikovací stroj firmy ARBURG a konkrétní typ ALLROUNDER 470 H. Násobnost vstřikovací formy byla stanovena na dvounásobnou. Zaformování ochranného krytu je řešeno pomocí výměnných tvarových vložek, přičemž je nutno využít bočního odformování v podobě posuvných tvarových čelistí. Jako vtok byl zvolen studený vtok, který je realizován vtokovou vložkou Hasco s označením Z51/4 a vtokovými kanálky, které rozvedou taveninu do tvarových dutin. Vtokový zbytek bude přidržen v levé – pohyblivé části pomocí kuličkového přidržovače vtoku. Tento vtokový zbytek bude od vstřikovaného výrobku oddělen po vyhození z formy. Vyhození výrobku bude zajištěno 24 válcovými vyhazovači o průměru 1,5 mm, přičemž na každý výrobek připadá 12 válcových vyhazovačů. Vyhození vtokového zbytku bude realizováno pomocí válcového vyhazovače o průměru 4 mm. Temperace je řešena pomocí vrtaných kanálek o průměru 6 mm. Temperace formy má dva samostatné okruhy. Jeden okruh se nachází v pravé části formy a druhý v levé. V obou částech bude probíhat i temperace tvarových vložek, přičemž je přechod z kotevní desky do tvarových vložek zajištěn o – kroužek. Tato temperace bude sloužit k vytemperování tvarové dutiny na 60°C a následnému odvodu tepla po přivedení tepla do tvarové dutiny. U této vstřikovací formy nebylo řešeno odvzdušnění, jelikož se předpokládá, že stlačovaný vzduch taveninou bude unikat vůlemi mezi vyhazovači a vůlemi v dělicí rovině.

Návrh vstřikovací formy byl proveden v 3D softwaru CATIA V5R19. Díky Mold Tooling Designu, který je obsahem softwaru CATIA a slouží k tvorbě vstřikovacích forem, byl konstrukční návrh vstřikovací formy urychlen. Ke zjednodušení také pomohla knihovna od firmy Hasco, která vyrábí normalizované díly pro vstřikovací formy.

Výsledkem této bakalářské práce jsou jak 3D model, tak i prototypy vstřikovaného výrobku vyhotovené pomocí 3D tisku. Dalším výsledkem je konstrukce vstřikovací formy, včetně příslušné výkresové dokumentace. Všechny tyto data jsou obsahem příkládaného CD.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [3] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 3. Praha: Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [4] LINDNER, E. UNGER a P. *Injection Molds: 130 Proven Designs*. Third Edition. Munich: Die Deutsche Bibliothek CIP – Einheitsaufnahme, 2002. ISBN 3-446-21448-8.
- [5] BOBČÍK, Ladislav. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ: Vstřikování termoplastů*. Brno: UNIPLAST BRNO, 1998.
- [6] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery: Rozdělení a charakteristika* [online]. 1. Brno: Code Creator, 2016 [cit. 2019-10-28]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/04.html>
- [7] Polymery amorfni a semikrystalické z hlediska vstřikování. *Mmspektrum.com* [online]. 2012, 2012, **2012**(1), 10 [cit. 2019-10-28]. DOI: 120122. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [8] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery: Reaktoplasty* [online]. 1. Brno: Code Creator, 2016 [cit. 2019-10-28]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/21.html>
- [9] BOBČÍK A KOLEKTIV, Ladislav. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ: I. DÍL – Vstřikování termoplastů. Příručka pro pracovníky v oboru plastů*. Brno: Tiskárna, Rekreační 1, 635 00 Brno – Kníničky, 1998, 134.
- [10] AUSPERGER, Aleš. *Technologie zpracování plastů: Technologie vstřikování* [online]. 1. Brno: Code Creator, 2016 [cit. 2019-10-28]. ISBN 978-80-88057-77-. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/01.html>
- [11] HYNEK, Martin, a kolektiv. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013, [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ve-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [12] HYNEK, Martin, a kolektiv. *Horké vtoky* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013, [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf

- [13] SOVA, Miloš. *Mechanické vyhazování u vstřikování plastů* [online]. 6.5.2015, 1 [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/mechanicke-vyhazovani-u-vstrikovani-plastu-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqUkSFod1Gxa0rmSm720uo/>
- [14] HYNEK, Martin, a kolektiv. *Vyhazovací sestava a vyhazovače* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013, 16 [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf
- [15] *Vstřikování plastických hmot: Vstřikovací formy* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 39 [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
- [16] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů: Vyhazovací systém* [online]. Code Creator, 2016 [cit. 2019-12-11]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/07.html>
- [17] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Code Creator, 2015 [cit. 2020-02-20]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/02.html>
- [18] LENFELD, Petr. *Technologie II: Tváření kovů, zpracování plastů* [online]. Fakulta strojní, Technická univerzita Liberec, [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [19] *ARBURG* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/>
- [20] LENFELD, Petr. [online]. Fakulta strojní, Technická univerzita Liberec, [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c8/VS.pdf
- [21] CECHO [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://eshop.cecho.cz/>
- [22] HASCO [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_G	Teplota skelného přechodu
PMMA	Polymethylmetakrylát
PC	Polykarbonát
PS	Polystyren
SAN	Styrenakrylonitril
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
POM	Polyoxymetylen
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PET	Polyethylentereftalát
T_m	Teplota tání

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i>	<i>Odolný ochranný kryt telefonu</i>	11
<i>Obr. 2</i>	<i>Rozdělení polymerů [6]</i>	12
<i>Obr. 3</i>	<i>Schéma nadmolekulární struktury polymerů [6]</i>	13
<i>Obr. 4</i>	<i>Závislost vlastností amorfních termoplastů na teplotě [2]</i>	14
<i>Obr. 5</i>	<i>Výstřiky z amorfních termoplastů [7]</i>	14
<i>Obr. 6</i>	<i>Závislost vlastností semikrystalických polymerů na teplotě [2]</i>	15
<i>Obr. 7</i>	<i>Výstřiky ze semikrystalických termoplastů [7]</i>	16
<i>Obr. 8</i>	<i>Výrobky z termoplastických elastomerů [7]</i>	17
<i>Obr. 9</i>	<i>Vstřikovací stroj a jeho popis [17]</i>	19
<i>Obr. 10</i>	<i>Pásma šneku [17]</i>	20
<i>Obr. 11</i>	<i>Řez vstřikovací jednotkou [18]</i>	21
<i>Obr. 12</i>	<i>Dosednutí trysky stroje na trysku formy [9]</i>	21
<i>Obr. 13</i>	<i>Otevřená a uzavíratelná tryska stroje [9]</i>	22
<i>Obr. 14</i>	<i>Druhy uzavíracích ústrojí [9]</i>	23
<i>Obr. 15</i>	<i>Vstřikovací cyklus [17]</i>	24
<i>Obr. 16</i>	<i>Průběh vnitřního tlaku p_i v dutině formy během procesu vstřikování [10]</i>	25
<i>Obr. 17</i>	<i>Vstřikovací forma – pohled do levé a pravé části [10]</i>	27
<i>Obr. 18</i>	<i>Profil čela toku taveniny [10]</i>	30
<i>Obr. 19</i>	<i>Studený vtokový systém [9]</i>	31
<i>Obr. 20</i>	<i>Průřezy vtokových kanálů [9]</i>	32
<i>Obr. 21</i>	<i>Plný kuželový vtok [20]</i>	32
<i>Obr. 22</i>	<i>Bodový vtok [20]</i>	33
<i>Obr. 23</i>	<i>Tunelový vtok [20]</i>	33
<i>Obr. 24</i>	<i>Srpkovitý vtok [9]</i>	34
<i>Obr. 25</i>	<i>Boční vtok [20]</i>	34
<i>Obr. 26</i>	<i>Filmový vtok [9]</i>	35
<i>Obr. 27</i>	<i>Přidržovače vtoků [9]</i>	35
<i>Obr. 28</i>	<i>Přímo ohřívání trysky [9]</i>	37
<i>Obr. 29</i>	<i>Válcové kolíky [21,22]</i>	39
<i>Obr. 30</i>	<i>Řez formou se šikmým válcovým kolíkem</i>	39
<i>Obr. 31</i>	<i>Stírací deska [16]</i>	41
<i>Obr. 32</i>	<i>Vstřikovaný výrobek – ochranný kryt telefonu</i>	45

<i>Obr. 33</i>	<i>Jednotlivé prototypy ochranného rámečku zhotovené pomocí 3D tisku</i>	46
<i>Obr. 34</i>	<i>Porovnání jednotlivých verzí ochranného rámečku</i>	47
<i>Obr. 35</i>	<i>Porovnání jednotlivých verzí ochranného rámečku</i>	47
<i>Obr. 36</i>	<i>Detail posledního verze ochranného rámečku</i>	47
<i>Obr. 37</i>	<i>Detail poslední verze ochranného rámečku (strana uzamykacího tlačítka)</i>	48
<i>Obr. 38</i>	<i>Ochranný rámeček s určeným telefonem</i>	48
<i>Obr. 39</i>	<i>Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 H [19]</i>	50
<i>Obr. 40</i>	<i>Sestava vstřikovací formy</i>	51
<i>Obr. 41</i>	<i>Volba dělicí roviny na vstřikovaném výrobku</i>	53
<i>Obr. 42</i>	<i>Analýza vhodnosti umístění vtoku pro horní rámeček</i>	54
<i>Obr. 43</i>	<i>Analýza vhodnosti vtoku pro spodní rámeček</i>	54
<i>Obr. 44</i>	<i>Řez vtokovým systémem</i>	55
<i>Obr. 45</i>	<i>Tvárníky</i>	56
<i>Obr. 46</i>	<i>Detail tvarové části tvárníku pro vytvoření otvoru pro ovládání uzamykacího tlačítka</i>	57
<i>Obr. 47</i>	<i>Detail tvarové části tvárníku pro vytvoření otvoru pro tlačítka ovládající hlasitost telefonu</i>	57
<i>Obr. 48</i>	<i>Tvárnice</i>	58
<i>Obr. 49</i>	<i>Posuvná čelist</i>	59
<i>Obr. 50</i>	<i>Pohled do levé části formy na posuvné čelisti</i>	59
<i>Obr. 51</i>	<i>Pohled do pravé části formy na dorazy a šikmé kolíky</i>	60
<i>Obr. 52</i>	<i>Řez bočním odformováním</i>	60
<i>Obr. 53</i>	<i>Temperace levé části formy</i>	61
<i>Obr. 54</i>	<i>Temperace pravé části formy</i>	62
<i>Obr. 55</i>	<i>Části temperačního okruhu</i>	62
<i>Obr. 56</i>	<i>Vyhazovací systém</i>	63
<i>Obr. 57</i>	<i>Transportní systém formy</i>	64
<i>Obr. 58</i>	<i>Pohled do pravé dělicí roviny</i>	65
<i>Obr. 59</i>	<i>Pohled do levé dělicí roviny</i>	66
<i>Obr. 60</i>	<i>Vodící prvky</i>	66

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní funkce a vlastnosti vstřikovací formy [17]27

Tab. 2 Příklady doporučených teplot temperace forem pro vybrané materiály [10].30

SEZNAM PŘÍLOH

P I Technický list vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 470 H

P II CD Disk obsahující: - textový soubor s bakalářskou prací (PDF)

- 3D modely vstřikovaných výrobků a vstřikovací formy

- výkresovou dokumentaci

P III Výkres sestavy formy s kusovníkem

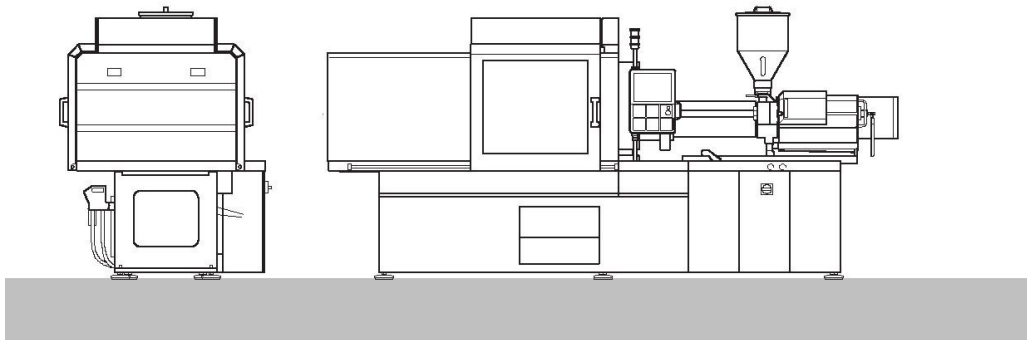
P IV Výkresy vstřikovaných výrobků

P V Výkres pravé strany formy

P VI Výkres levé strany formy

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST STROJE ARBURG ALLROUNDER 470 H

Facts and figures



ALLROUNDER 470 H

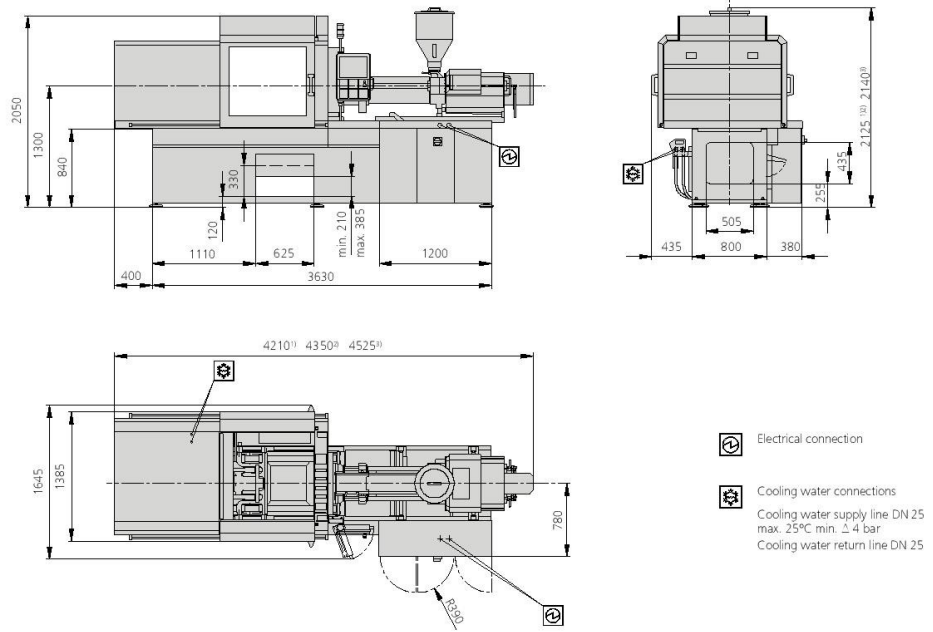
Tie bar distance: 470 x 470 mm

Clamping force: 1000 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 170, 290, 400

ARBURG

www.arburg.com



1) Dimension applies to injection unit 170
2) Dimension applies to injection unit 290
3) Dimension applies to injection unit 400

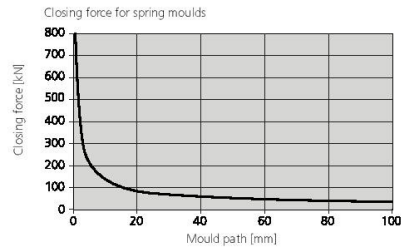
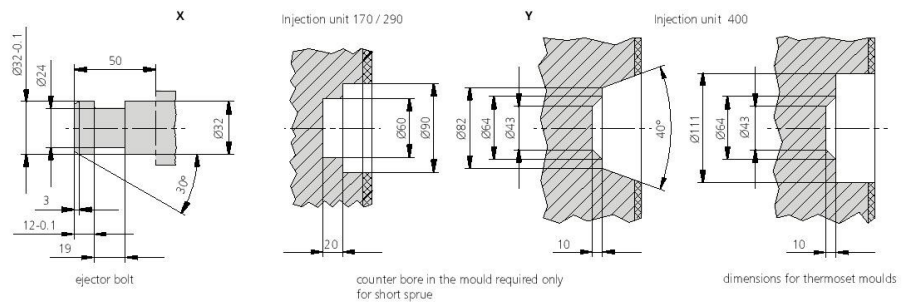
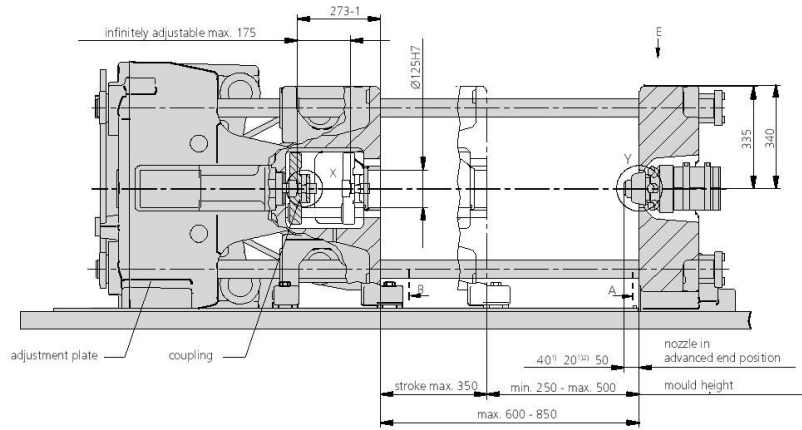
Technical data

| 470 H

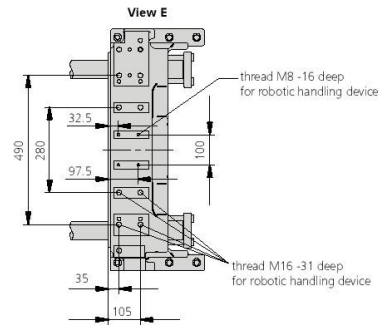
Machine model		470 H	470 H	470 H
EUROMAP size indication ¹⁾		1000-170	1000-290	1000-400
Clamping unit				
Clamping force	max. kN	1000	1000	1000
Mould protection force	kN	1-60	1-60	1-60
Opening stroke	max. mm	350	350	350
Mould height	min.-max. mm	250-500	250-500	250-500
Daylight	max. mm	600-850	600-850	600-850
Distance between tie bars	mm	470 x 470	470 x 470	470 x 470
Platen size (hor. x vert.)	mm	637 x 637	637 x 637	637 x 637
Weight of mov. mould half	max. kg	760	760	760
Ejector force	max. kN	40	40	40
Ejector stroke	max. mm	175	175	175
Hydraulics, drive, general				
Drive power of the hydraulic pump ²⁾	kW	7,5	11	11
Dry cycle time for opening stroke ³⁾	s-mm	0,9-329	0,9-329	0,9-329
Total connected load ⁴⁾	kW	29	31	36
Colour: plastic coated, structure: light grey / mint green / canary yellow				
Control cabinet				
Safety standard according to		DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
Injection unit				
		170	290	400
Screw diameter	mm	25 / 30 / 35	30 / 35 / 40	35 / 40 / 45
Effective screw length	L/D	24 / 20 / 17	23,3 / 20 / 17,5	23 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	120	150	160
Calculated injection volume	max. cm ³	59 / 85 / 115	106 / 144 / 188	154 / 201 / 254
Shot weight	max. g PS	54 / 77 / 105	97 / 132 / 172	141 / 184 / 232
Material throughput ⁵⁾	max. kg/h PS	10 / 13,5 / 16	17 / 20,5 / 24,5	25 / 29 / 35
	max. kg/h PA 6.6	5 / 7 / 8	8,5 / 10,5 / 12,5	12,5 / 15 / 17,5
Injection pressure	max. bar	2500 / 2000 / 1470	2500 / 2000 / 1530	2500 / 2000 / 1580
Injection flow with accumulator	max. cm ³ /s	216 / 312 / 424	316 / 430 / 562	492 / 642 / 814
Back pressure positive/negative	max. bar	350 / 200	350 / 200	350 / 200
Circumferential screw speed	max. rev/min	50 / 60 / 70	51 / 60 / 69	47 / 54 / 61
Screw torque	max. Nm	210 / 250 / 290	320 / 380 / 430	480 / 550 / 610
Nozzle contact force	max. kN	50	60	60
Nozzle retraction stroke	max. mm	210	240	300
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	8,8 / 4	5,8 / 4	8,8 / 4
Installed nozzle heating power	kW	0,6	0,6	0,6
Material hopper capacity	l	50	50	50
Machine dimensions and weights of the basic machine				
Oil reservoir	l	160	160	160
Net weight	kg	4650	4700	4900
Electrical connection (pre-fused) ⁵⁾ motor + heating	A	80	80	100

- 1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases. The specified value applies to the basic machine
3) Deviations are possible depending upon process settings and material type
4) The drive power of the hydraulic pump is determined by the required options
5) According to EUROMAP for the basic machine

The shown specifications reflect the state at the time of printing. In the interest of a continuous development of our products, we reserve the right to modify specifications.



- 1) Dimension applies to injection unit 170 / 290
- 2) Dimensions for thermoset moulds

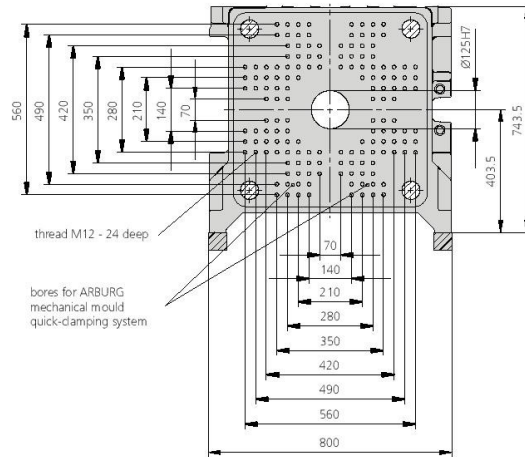


Mould and platen layout

| 470 H

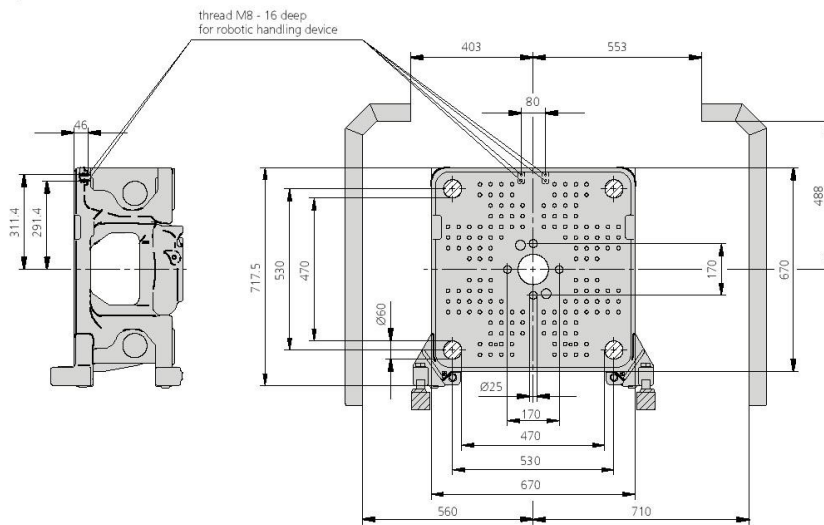
Fixed platen

View A



Movable platen

View B



Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)										
Injection units according to EUROMAP		170			290			400		
Screw diameter	mm.	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Polystyrene	PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	SB	53	76	103	95	129	168	137	179	223
	SAN, ABS ¹⁾	52	74	101	93	126	165	135	176	223
Cellulose acetate	CA ¹⁾	61	87	119	109	148	194	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	CAB ¹⁾	56	81	110	101	138	180	147	192	243
Polymethyl methacrylate	PMMA	56	80	109	100	136	178	145	190	240
Polyphenylene oxide, mod.	PPO	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polycarbonate	PC	57	81	111	102	139	181	148	193	244
Polysulphone	PSU	58	84	115	105	143	187	153	199	252
Polyamides	PA 6.6, PA 6 ¹⁾	53	77	104	96	131	171	140	183	231
	PA 6.10, PA 11 ¹⁾	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	66	96	130	120	163	213	174	227	287
Polyethylene terephthalate	PET	64	92	126	115	157	205	167	219	277
Polyethylene	PE - LD	41	59	80	73	100	130	106	139	176
	PE - HD	42	60	82	76	103	134	110	143	181
Polypropylene	PP	43	62	84	77	105	137	112	146	185
Fluoropolymerides	FER PFA, PCTFE ¹⁾	86	124	169	155	211	276	225	294	372
	ETFE	76	109	148	136	185	242	196	256	324
Polyvinyl chloride	PVC - U	65	94	127	117	159	208	170	222	281
	PVC - P ¹⁾	60	87	118	108	147	192	157	205	260

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · www.arburg.com · e-mail: contact@arburg.com

With locations in Europe: Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia,

Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USA

For more information, please go to www.arburg.com.

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

All data and technical information have been compiled with great care. However, we are unable to guarantee its correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.



ARBURG GmbH + Co KG

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative