Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu

Jiří Šidla

Bakalářská práce
2021

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Jiří Šidla**
Osobní číslo:	**T19247**
Studijní program:	**B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Forma studia:	**Prezenční**
Téma práce:	**Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proveďte konstrukci 3D modelu vyráběné součásti.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

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

Seznam doporučené literatury:

DAVIES, Geoff. *Materials for automobile bodies*. 2nd ed. Place of publication not identified: Butterworth-Heinemann, 2012, 1 online zdroj. ISBN 9780080969794
OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

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

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

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 navrhnout a zkonstruovat vstřikovací formu daný plastový díl automobilu, kterým je kryt předního světlometu pro vůz škoda Fabia. První část práce se zaměřuje na teorii polymerů, technologie vstřikování, konstrukce vstřikovaných dílů a vstřikovacích forem. Druhá, praktická část obsahuje popis návrhu a konstrukce celé vstřikovací formy včetně 3D modelu vyráběné součásti, 3D modelu vstřikovací formy a 2D výkresové dokumentace sestavy formy.

Klíčová slova: vstřikování polymerů, plasty, vstřikovací forma

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design and construct injection mould for specific automotive part, which is an inner cover of front headlight designed for Škoda Fabia. In first part, this thesis is focused on theory of polymer materials, injection moulding technology and construction of moulded parts and construction of injection moulds. Second part deals with injection mould design and construction, including a 3D model of the specified part along with a 3D model of the mould and creation of a 2D assembly drawings.

Keywords: injection moulding of polymers, plastics, injection mould

Hlavní poděkování patří vedoucímu mé práce panu doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za jeho odborné rady, vedení, rychlou komunikaci a za čas, který věnoval konzultacím a kontrole mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Vaňkovi za odborné rady a kvalitní výuku v předmětu potřebném k vypracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD **8**
I TEORETICKÁ ČÁST **9**
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU **10**
1.1 PLASTY 11
1.1.1 Termoplasty 11
1.1.2 Reaktoplasty 12
1.2 ÚPRAVA POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ PŘED VSTŘIKOVACÍM CYKLEM 13
1.2.1 Stabilizátory 13
1.2.2 Maziva 13
1.2.3 Barviva, pigmenty 13
1.2.4 Degradační činidla 13
1.2.5 Plniva 14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ **15**
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJE 15
2.1.1 Vstřikovací jednotka 16
2.1.2 Uzavírací jednotka 17
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS 18
2.2.1 Uzavření vstřikovací formy a plastikace 19
2.2.2 Fáze vstříknutí taveniny a dotlak 19
2.2.3 Chladnutí materiálu 20
2.2.4 Vyhození výstřiku 20
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ **21**
3.1 TLOUŠŤKA STĚNY 21
3.2 ÚKOSY 21
3.3 ŽEBRA 22
3.4 DĚLÍCÍ ROVINA 22
3.5 ZAOBLENÍ TVARŮ 23
3.6 SMRŠTĚNÍ 23
3.7 OTVORY 24
3.8 PŘESNOST VYRÁBĚNÝCH DÍLŮ 24
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA **25**
4.1 MATERIÁLY PRO VÝROBU VSTŘIKOVACÍ FORMY 25
4.2 VTOKOVÝ SYSTÉM 26
4.2.1 Studený vtokový systém 27
4.2.2 Vtoková vložka 28
4.2.3 Rozváděcí kanály 29
4.2.4 Vtokové ústí 29
4.2.5 Přidržovače vtoku 30
4.2.6 Horký vtokový systém 30
4.2.7 Vyhřívané trysky 31
4.2.8 Rozvodné bloky 32

4.3 VYHAZOVACÍ SYSTÉM 32
4.3.1 Mechanické vyhazovací systémy 32
4.3.2 Pneumatické vyhazovací systémy 34
4.4 TEMPERACE FOREM 34
4.4.1 Pasivní temperační prostředky 34
4.4.2 Aktivní temperační prostředky 35
4.4.3 Temperační systém 36
4.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM 37
II PRAKTICKÁ ČÁST 38
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 39
6 VSTŘIKOVANÝ DÍL 40
6.1 MATERIÁL 41
6.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ 42
7 VSTŘIKOVACÍ FORMA 43
7.1 NÁSOBNOST FORMY A ROZVRŽENÍ VYRÁBĚNÝCH DÍLŮ 43
7.2 DĚLICÍ ROVINY 44
7.3 TVAROVÁ DUTINA 44
7.4 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI 47
7.5 VTOKOVÝ SYSTÉM 49
7.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM 50
7.7 VYHAZOVACÍ SYSTÉM 52
7.8 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY 53
7.9 VODICÍ, STŘEDICÍ A MANIPULAČNÍ PRVKY 54
ZÁVĚR 60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 63
SEZNAM OBRÁZKŮ 64
SEZNAM TABULEK 66
SEZNAM PŘÍLOH 67

ÚVOD

Vstřikování plastů, kterým se tato bakalářská práce zabývá, patří v dnešní době k nejpoužívanější metodě výroby plastů, zejména v sériové výrobě. Používá se pro výrobu jednoduchých, ale i tvarově složitých výrobků různých velikostí v každém odvětví průmyslu jako i pro potřeby domácností. Vstřikovací cyklus je velice rychlý proces, který poskytuje přímou výrobu dílu v řádech sekund až desítek sekund. Celý proces probíhá ve vstřikovací formě, která vtiskuje výrobku výsledný tvar. Zpracovatelské postupy se stále rozvíjejí, aby bylo možné vyhovět požadavkům na výrobu prakticky libovolného tvaru, rozměru a složitosti výrobků.

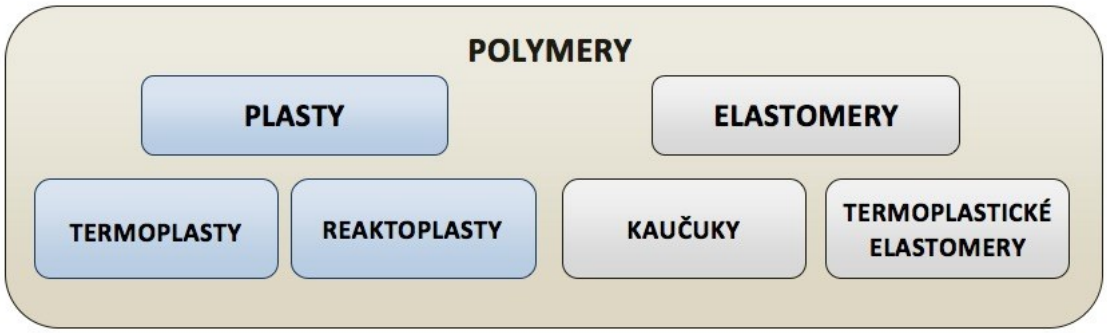
Konstrukce a výroba strojů a nástrojů pro provedení vstřikovacího cyklu je velice náročná. Nástroj, kterým je forma, se vyrábí ve specializovaných firmách a skládá se z mnoha jednotlivých systému, které musí být navrženy s vysokou přesností a musí zohledňovat požadavky, které jsou kladeny na tvar a vlastnosti konečného plastového výrobku. Každý výrobek vyžaduje jinou konstrukci formy a proto je tato technologie vysoce nákladná.

Vstřikováním se zpracovávají hlavně termoplasty, dále také reaktoplasty a různé typy polymerních směsí, elastomerů, termoplastických elastomerů nebo kaučuků. Plasty svou dostupností a vhodnými vlastnostmi, jako je například dobrá zpracovatelnost, tvoří ideální materiál pro vstřikování. Pro kvalitní návrh vstřikovací formy a pro nastavení celého průběhu vstřikovacího cyklu je třeba znát fyzikálně mechanické, reologické a chemické vlastnosti použitého materiálu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

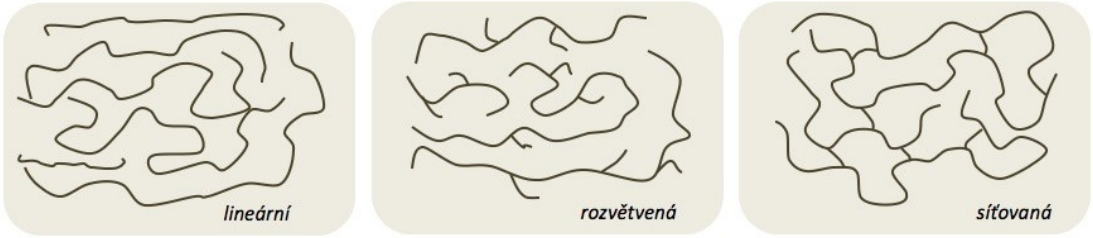
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU

Polymer je látka obsahující makromolekuly, které se skládají z jednoho, nebo více druhů velkého množství základních konstitučních jednotek, neboli merů. Vznikají za více, pravidelně opakujících se reakcí, při kterých dochází k řetězení funkčních skupin jednotlivých monomerů ve vyšší celky. Reakce, při nichž polymerní látky vznikají, se nazývají polymerace, polykondenzace a polyadice. Podmínkou pro vznik polymeru je schopnost monomeru tvořit chemické vazby pomocí reaktivních skupin. Pokud spolu reagují mery jednoho druhu, vznikají tzv. homopolymery, oproti tomu reakcí více druhů monomerních jednotek vzniká kopolymer. Primárně se polymerní materiály dělí do dvou základních skupin, a to na plasty a elastomery. Plasty lze obecně rozdělit na termoplasty a reaktoplasty. Do skupiny elastomerů pak řadíme kaučuky a termoplastické elastomery. [1]



Obrázek 1 – Rozdělení polymerních materiálů [1]

Polymerní řetězce mohou být lineární, rozvětvené nebo zesíťované. Strukturu polymerního řetězce určuje funkčnost monomeru. Ta udává, kolikrát se monomer může zúčastnit dané reakce. Lineární molekuly vznikají z dvojfunkčních monomerů, rozvětvené a zesíťované pak z troj a více funkčních typů monomerů. Typ polymerního řetězce ovlivňuje vlastnosti polymeru, jako jsou hustota, pevnost, modul pružnosti nebo teplotní odolnost. [1]



Obrázek 2 – Struktury polymerních řetězců [1]

1.1 Plasty

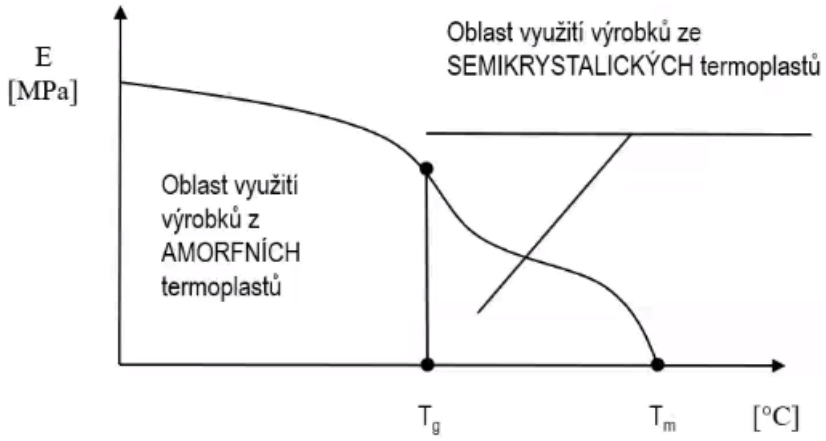
Plasty jsou syntetické nebo přírodní makromolekulární látky, které se upravují do podoby prášků, roztoků, past nebo granulátů. Tyto meziprodukty lze poté tepelným působením tavit a následně zpracovat a vytvrdit do požadovaného tvaru. Plasty za normálních podmínek vykazují značnou míru tvrdosti a křehkosti. Jsou lehké, odolávají korozi, mají dobré tepelné i elektrické izolační vlastnosti a jsou dobře tvářitelné. Plasty bývají často doplněny o přísady, které modifikují jak vlastnosti výsledného produktu, tak vlastnosti zpracovatelské. Vlivem vnějšího zatížení u plastů dochází v určité míře k plastickým, neboli nevratným deformacím. Určujícím faktorem pro dělení plastů je jejich chování a změna vlastností během zahřívání. V automobilovém průmyslu se nejvíce používají termoplasty a reaktoplasty. [2]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymerní látky za běžných teplot tuhé. Vlivem zahřívání termoplast měkne a přechází do plastického stavu, ve kterém je lehce tvářitelný. Je tvořen fyzikálně vázanými lineárními a rozvětvenými makromolekulami. Protože při zahřívání nedochází k chemickým změnám, termoplasty mají schopnost vratné deformace a tedy je možné jejich opětovné zpracování. Mezní hodnota, při které termoplasty přechází z plastického stavu do stavu taveniny, se nazývá teplota tání. Ohřátím nad teplotu tání lze roztavený polymer vstřikovat a po následném ochlazení pod tuto teplotu se opět vrací do stavu plastického. Termoplasty se vyskytují ve struktuře amorfní nebo částečně krystalické. U některých typů termoplastů je struktura ovlivněna teplotou vstřikování, například PET získá při vstřikování do chladné formy amorfní strukturu, při použití vyhřáté formy strukturu semikrystalickou. Termoplasty se vstřikují v rozmezí teplot okolo 200-300 °C s teplotou formy zhruba mezi 20-120 °C a tvoří většinu z polymerních materiálů používaných pro vstřikování. Mezi běžně používané v automobilovém průmyslu patří Polykarbonát (PC), Polyethylen (PE), Polyamid (PA), Polyoxymethylen (POM) či Akrylonitril-butadien-styren (ABS). [1] [2]

Amorfní termoplasty mají molekuly v krystalické mřížce uspořádány nahodile. Výhodou jejich používání je poměrně dobrá tvarová stabilita výrobku a nižší smrštění než u termoplastů semikrystalických, oproti tomu vstřikovací cyklus u amorfních bývá delší. Obecně se používají na díly, které nejsou příliš namáhány, jelikož se amorfní termoplasty vyznačují nízkou odolností proti únavě, opotřebení a namáhání. [5]

U termoplastů semikrystalických zaujímají molekuly pravidelné uspořádání, které je ovlivněno například během zpracovávacího procesu nebo při chladnutí materiálu. Tyto typy termoplastů poskytují vysokou odolnost proti opotřebení, únavě a mají větší mez pevnosti oproti amorfním. Po vyztužení vláken získají také vysokou odolnost proti tepelnému namáhání. Za zmínku stojí také to, že dosahují poměrně velkých hodnot smrštění, lépe tečou a jsou obtížně lepitelné. [5]



Obrázek 3 – Oblasti využití termoplastů [6]

1.1.2 Reaktoplasty

Obsahují zesíťované molekuly spojené chemickými vazbami. V určitém časovém intervalu během zahřívání lze reaktoplasty tvářet, poté dochází k prostorovému zesíťování řetězců polymeru, tzv. vytvrzení. Vytvrzením u reaktoplastů dochází k chemickým změnám, materiál se stává nerozpustný a netavitelný. Další zahřívání může způsobit znehodnocení materiálu. Reaktoplasty po vytvrzení nelze znovu tavit. Vyznačují se značnou tvrdostí, odolností proti oděru, pevností, chemickou odolností a jsou amorfní. V porovnání s termoplasty jsou více odolné zvýšené teplotě, lépe tvarově stabilní. Oproti tomu jsou výrobky z reaktoplastů méně houževnaté, obtížně recyklovatelné a náročněji se dále opracovávají. [5]

Díky složitějšímu vstřikovacímu cyklu a náročné úpravě jednotlivých vstřikovacích fází nemají reaktoplasty takové uplatnění při vstřikování jako termoplasty. Charakterističtí zástupci jsou polyesterové hmoty (UP), epoxidové pryskyřice (EP) a fenolformaldehydové pryskyřice (PF). [1] [3]

1.2 Úprava polymerních materiálů před vstřikovacím cyklem

Základní, čisté polymery většinou svými vlastnostmi nesplňují všechny nároky pro kvalitní a bezproblémové vyhotovení vstřikovaného dílu. Pro zisk požadovaných vlastností je třeba polymery modifikovat, tedy přidat do nich různá aditiva, která mají velký vliv na průběh a kvalitu zpracování polymerních materiálů. [3]

1.2.1 Stabilizátory

Použitím stabilizátorů se docílí lepší stability taveniny během vstřikovacího procesu a také delší životnosti konečného výrobku. Termooxidační stabilizátory zlepšují odolnost proti tepelnému rozkladu. UV stabilizátory zajišťují větší odolnost proti atmosférickým vlivům a zabraňují průchodu UV světla o vlnových délkách 290 - 400 nm, které by mohlo způsobit znehodnocení materiálu. [3]

1.2.2 Maziva

Maziva ovlivňují zpracovatelské vlastnosti polymerů. Rozlišujeme dva hlavní druhy maziv – s vnějším a vnitřním účinkem. Maziva s vnějším účinkem obalí povrch výrobku a usnadní jeho odformovatelnost z dutiny formy. Maziva s vnitřním účinkem snižují viskozitu a vzájemné vnitřní tření mezi makromolekulami polymerní taveniny, tím pádem dochází k lepšímu tečení taveniny dutinou formy. [2]

1.2.3 Barviva, pigmenty

Tavenina nebo granulát polymeru se barví pomocí organických či anorganických barviv, v polymerech nerozpustných, nedochází tedy k jejich rozmísení do makromolekulární struktury polymeru. V případě granulátů se již při jejich výrobě přidává určitý poměr barevného koncentrátu ve formě prášku, kapaliny nebo granulí. Některé typy barviv mohou ovlivňovat rychlost procesu krystalizace taveniny, působí tedy jako tzv. nukleační činidla. Pokud se zkombinuje více druhů barviv do stejného polymeru, je nutno počítat se změnou hodnoty smrštění výrobku ve formě. [2]

1.2.4 Degradační činidla

Degradačními činidly lze vyřešit obtížný rozklad plastových výrobků. Patří sem například škrob a jeho deriváty. Přidáním těchto látek je možno po ukončení používání plastových výrobků snížit dobu jejich rozpadu na řády dnů či měsíců. [2]

1.2.5 Plniva

Minerálními, neboli částicovými plnivy na bázi křemíku, uhlíku, vápence nebo grafitu je možné zlepšit vlastnosti materiálu jako je tvrdost, tvarovou stabilitu, tuhost nebo tepelnou odolnost. Kromě toho snižují hodnotu smrštění vstřikovaných výrobků a způsobují, že materiál uvnitř formy hůře teče. Podobně materiály ovlivňují i vláknitá (vyztužující) plniva, nejčastěji ve formě skelných, ocelových a uhlíkových vláken. Materiál se po přidání stává více pevným, tuhým, tvarově stabilním, s menší hodnotou smrštění, oproti tomu se však snižuje jeho tažnost a ohebnost. [2]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

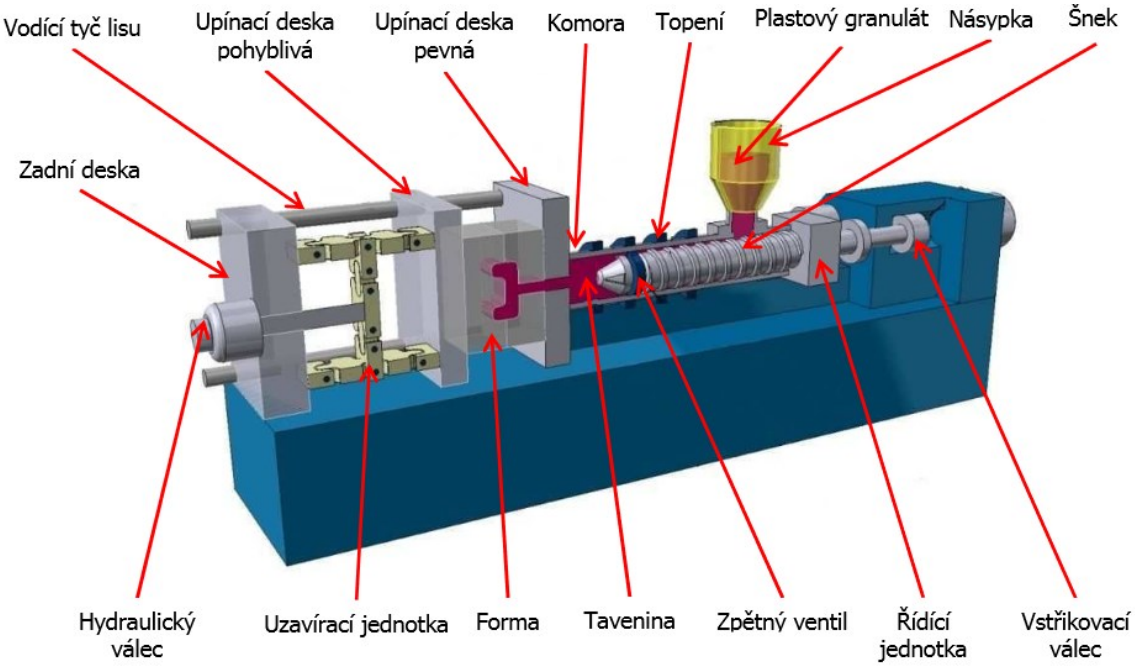
Většina plastových dílů se v současné době vyrábí pomocí technologie vstřikování. Jedná se o komplexní děj složený z více procesů, které se cyklicky opakují. Dochází ke vstříknutí předem stanoveného množství roztaveného materiálu pomocí vstřikovacího stroje do zpracovatelského nástroje neboli formy. Ve formě dochází k ochlazení výrobku a poté k jeho vyjmutí. Vstřikování se využívá v automobilovém, leteckém či zdravotnickém průmyslu, ale také ve výrobě každodenně používaných věcí v domácnostech. Důvodem je možnost vyrábět prakticky jakkoliv složité díly s maximální přesností a se širokým spektrem použití. Vzhledem k vysokým nákladům na nástroje a stroje potřebné k provedení výroby pomocí vstřikování je tato technologie vhodná především pro velké série výrobků. [6] [9]

2.1 Vstřikovací stroje

Vstřikovací stroje slouží k převedení materiálu z pevného do plastického stavu a k jeho dopravě do dutiny vstřikovací formy. Vstřikovací stroj je složen z jednotky vstřikovací, uzavírací a jednotky ovládací. [7]

Rozdělení vstřikovacích strojů: [7]

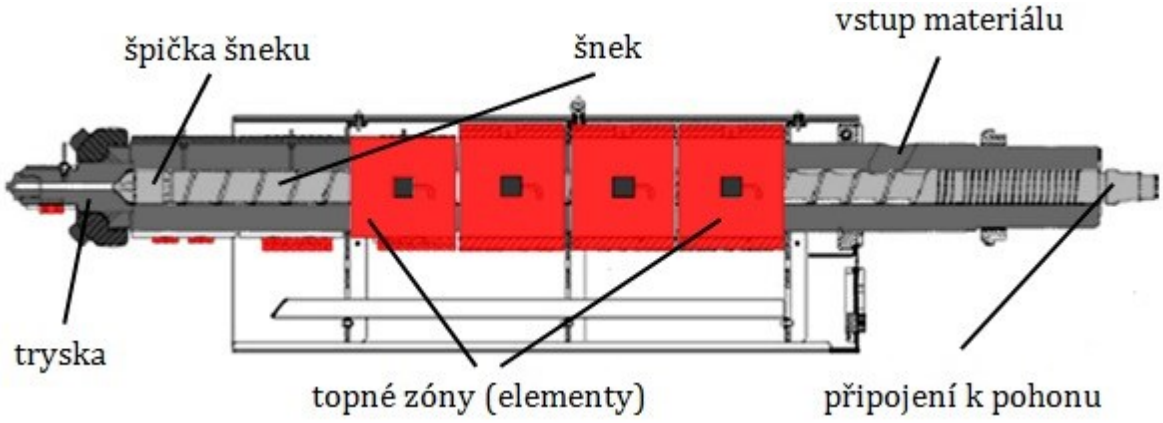
- podle pracovního členu (pístové, šnekové),
- podle typu pohonu (elektrické, hydraulické, hybridní),
- podle maximální síly uzavírací jednotky (malé, střední, velké).



Obrázek 4 – Vstřikovací stroj [8]

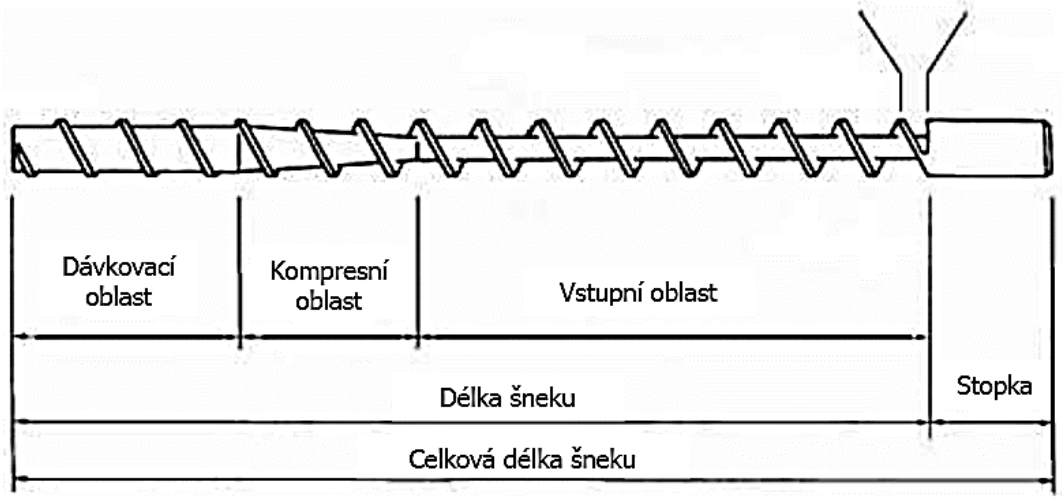
2.1.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka slouží primárně k převedení polymeru v tuhé formě, nejčastěji v podobě granulátu, do podoby taveniny a následně k jeho cyklické dopravě do dutiny vstřikovací formy. Hlavní částí vstřikovací jednotky je válec, na konci opatřený tryskou, ve kterém je umístěn šnek. Tento válec se nazývá tavící komora. Komora je vyhřívána topným systémem a tím pádem se materiál, dopravený do komory, přeměňuje na taveninu. [7]



Obrázek 5 – Tavící komora vstřikovací jednotky [7]

Šnek v tavící komoře provádí hned několik pracovních úkonů. V první části šneku, ve které do něj vstupuje materiál z násypky, dochází k jeho přesunu do topné zóny. Této části šneku se říká část vstupní a závit šroubovice šneku je v této části nejhlubší s největším stoupáním. Směrem dál se oba parametry začínají zmenšovat. V další části šneku, kompresní, je materiál čím dál tím více stlačován a dochází k intenzivnímu odvodu vzduchu spolu s vzrůstajícím třením částic v materiálu. [7]



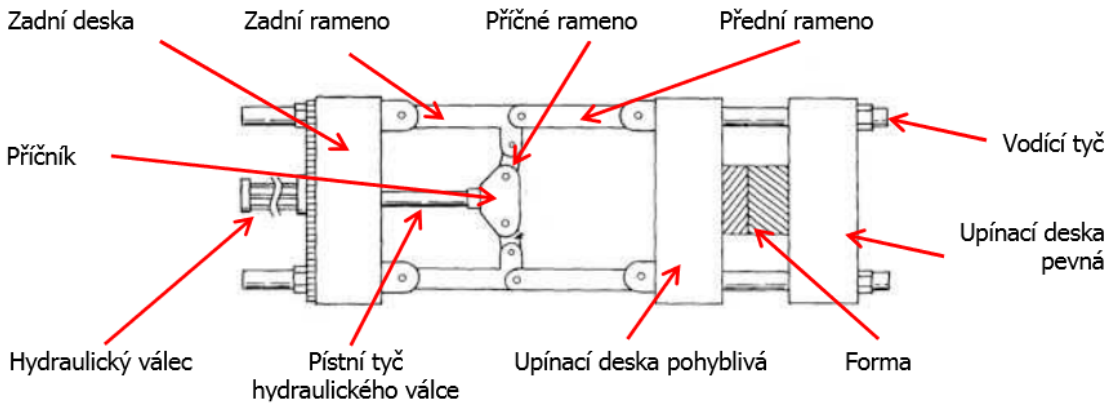
Obrázek 6 – Pásma šneku [8]

Nakonec se materiál dostává do části homogenizační (dávkovací), kde dochází ke hnětení roztaveného materiálu a jeho spojení s aditivními složkami. Je důležité, aby teplota taveniny po výstupu z homogenizační části byla ve všech částech stejná. Tavenina je poté hromaděna mezi tryskou tavící komory a špičkou šneku. Ve špičce šneku je umístěn zpětný ventil, který při pohybu šneku zabraňuje zpětnému chodu nachystané taveniny před šnekem do oblasti šneku. Materiál a délka šneku jsou voleny v závislosti na typu zpracovávaného materiálu, je nutno brát v potaz silné namáhání šneku na krut a otěr. [7] [8]

2.1.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka je mechanismus, který ovládá pohyblivou část formy vůči části nepohyblivé a tím formu otevírá a uzavírá. Tvoří ji pevná a pohyblivá upínací deska, pohon a vodící tyče, které zajišťují přesné spojení a dosednutí funkčních ploch obou částí formy. Důležitým parametrem uzavírací jednotky je uzavírací síla. Tato síla působí proti vstřikovacímu tlaku a zabraňuje pootevření formy během vstřikovacího cyklu. Uzavírací síla je vyvolána mechanickými, elektrickými nebo hydraulickými uzavíracími systémy, případně jejich kombinací, viz obrázek č. 7. [7]

Forma je ke vstřikovacímu stroji upevněna pomocí pevné a pohyblivé upínací desky. Skrze pevnou upínací desku je vtoková vložka formy spojena s tryskou vstřikovacího jednotky. Desky musí být vyrobeny z materiálu s vysokou tuhostí a jejich konstrukční provedení musí zajistit co nejmenší průhyb během vstřikovacího cyklu. Části formy jsou k upínacím deskám připojeny pomocí šroubů, upínek nebo magneticky (pro rozměrné vstřikovací formy). [7]



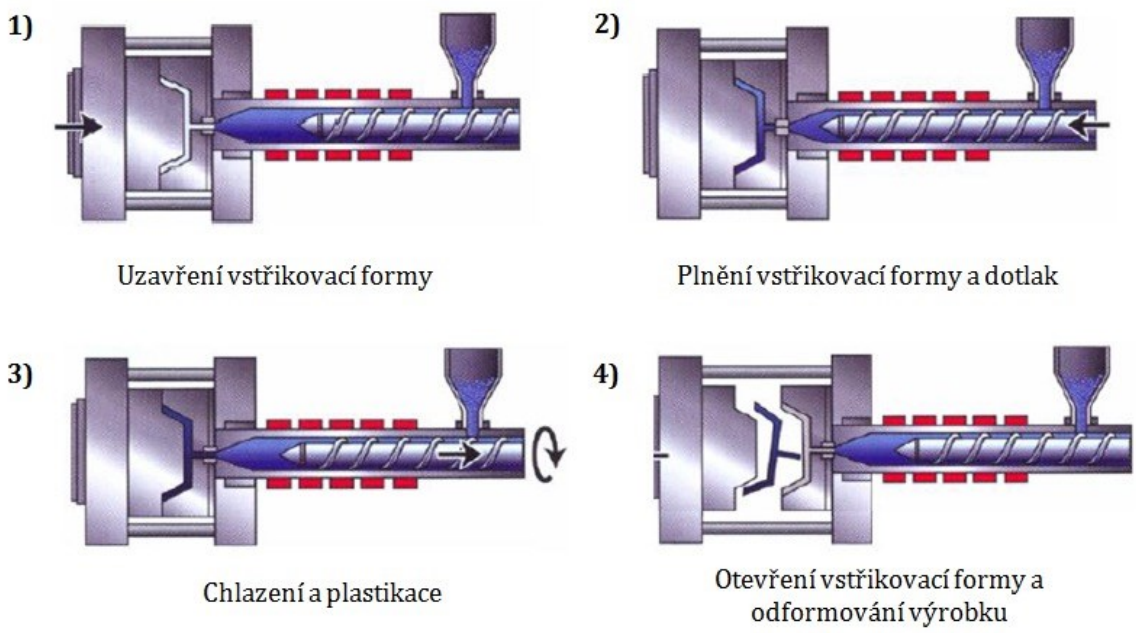
Obrázek 7 – Hydraulicko - mechanický uzavírací systém [8]

2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovacím cyklem se rozumí sled po sobě jdoucích operací probíhajících ve vstřikovacím stroji a vstřikovací formě, kdy je materiál cyklicky vystavován působení tepla a tlaku a které vedou k vyhotovení daného výrobku. Před samotným začátkem vstřikovacího cyklu je nutno vytemperovat vstřikovací jednotku i formu na předem stanovenou teplotu, která závisí na vstřikovaném materiálu. [9]

Doba vstřikovacího cyklu je ovlivněna například typem použitého materiálu, objemem vstřikovaného materiálu a také násobností formy. V praxi se však u většiny výrobků běžně pohybuje v řádech sekund až desítek sekund. [6]

Vstřikovací cyklus začíná uzavřením vstřikovací formy. Materiál je poté dopraven do násypky vstřikovací jednotky a následně do tavicí komory, kde je tepelným a disipačním působením převeden z pevného do plastického stavu. Roztavený materiál je poté vstříknut do dutiny formy, kde začíná chladnout a tuhnout, čímž získává díl svůj konečný tvar. Po zchladnutí na předem stanovenou teplotu se forma otevře a hotový výstřik je z formy vyhozen. Tím nastává konec výrobního cyklu, forma se uzavírá a celý proces se cyklicky opakuje. [21]



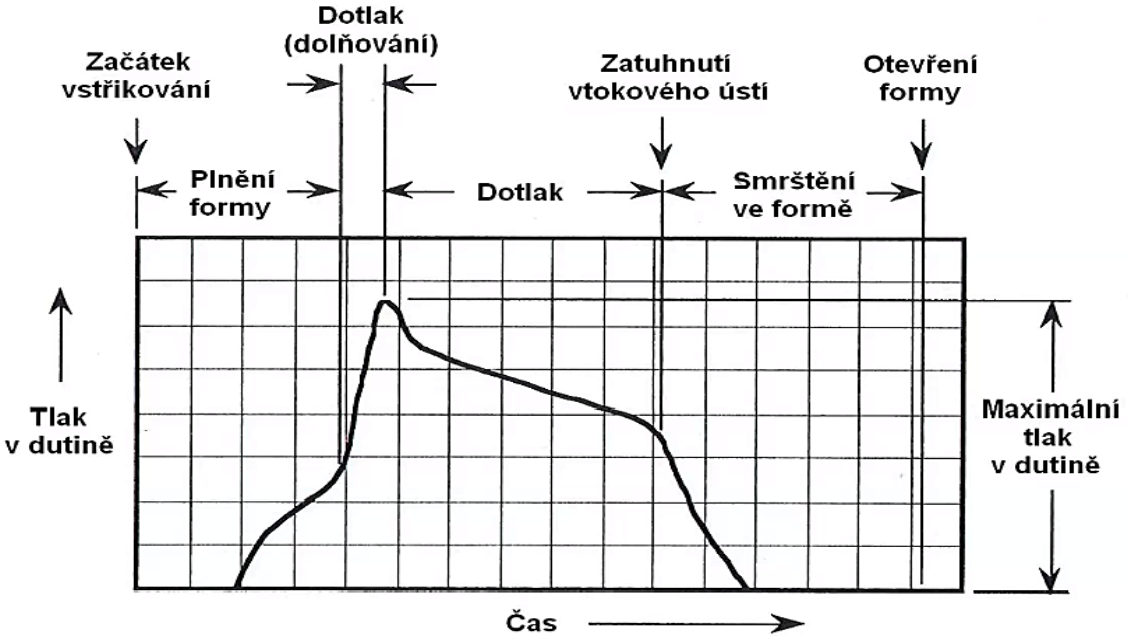
Obrázek 8 – Fáze vstřikovacího cyklu [7]

2.2.1 Uzavření vstřikovací formy a plastikace

Po přisunutí pohyblivé části formy k nepohyblivé se materiál, nejčastěji ve formě granulátu, nasype do vyhřívaného pracovního válce, kde dochází k odebírání materiálu a následně k jeho plastikaci. Materiál je postupně roztaven a pracovní část vstřikovacího stroje (šnek) ho mísí a posouvá dopředu. Šnek koná pohyb otáčivý a zároveň se posouvá dozadu, tím pádem dochází k hromadění taveniny u trysky před čelem šneku. Objem taveniny pro vstřikovací cyklus se pak skládá z dávky potřebné k úplnému naplnění dutiny formy a vtokového systému, spolu s dávkou materiálu potřebnou pro tzv. taveninový polštář, který se využívá při dotlaku. [2] [12]

2.2.2 Fáze vstříknutí taveniny a dotlak

Před samotným vstříknutím taveniny do formy je třeba zkontrolovat uzamknutí formy a zavření všech jejích pohyblivých částí. Důležitá je taktéž kontrola teploty formy a teploty samotné vstřikované taveniny. Následuje přivedení vstřikovací jednotky směrem k formě. Po dosednutí vstřikovací trysky na vtokovou vložku formy se šnek pod vysokým tlakem a velkou rychlostí posouvá axiálně směrem dopředu a dochází k vystříknutí taveniny. Při kontaktu s chladnější formou se tavenina intenzivně ochlazuje, tím pádem se zvyšuje její viskozita a dochází k tuhnutí čela taveniny. Z tohoto důvodu by měla být tavenina vstříknuta pod optimálně zvoleným tlakem a v co nejkratším čase, aby se předešlo jejímu ztuhnutí dříve, než se dostane do všech částí dutiny formy. Po naplnění formy na zhruba 95 – 99 % její kapacity se přechází na tzv. dotlak. [2]



Obrázek 9 – Průběh tlaků v dutině formy [6]

Dotlak zajišťuje kompenzaci objemových změn materiálu uvnitř formy. Dochází při něm k eliminaci vzniku staženin a doplňování taveniny během smršťování materiálu uvnitř ve formě, materiál během dotlaku začíná postupně chladnout a tuhnout. Velikost tlaku při dotlaku je zpravidla nižší nebo stejná než při vstřikovací fázi. Zmenšení tlaku uvnitř formy po naplnění dutiny vede ke stabilizaci rozměrů a hmotnosti výrobku a předchází se zvětšení těchto parametrů, které by mohlo vést ke vzniku pnutí v materiálu nebo k namáhání, až prohnutí formy. Fáze dotlaku trvá obvykle do okamžiku zatuhnutí vtokového systému. Další doplňování taveniny i po zatuhnutí vtokového systému by mohlo vést ke zvýšení pnutí v oblasti vtoku a tím k nadměrnému přetížení vstřikovacího stroje. [2] [9]

2.2.3 Chladnutí materiálu

Chlazení výstřiku je časově nejdelší částí vstřikovacího cyklu. Probíhá již při kontaktu vstřikovaného materiálu s formou, která má nižší teplotu než tavenina. Pokračuje při dotlaku a poté při samotném chladnutí materiálu ve formě. Dobu chladnutí ovlivňuje mnoho faktorů, do kterých se řadí typ použitého plastu, tloušťky stěn výstřiku nebo teplota formy a taveniny. Kvůli obtížnému měření teploty vstříknutých dílů se využívá celá řada simulačních softwarů pro zjištění průběhu teploty.

Pro bezproblémové vyjmutí výrobku z formy je třeba, aby dosáhl tzv. vyhazovací teploty. Chlazení je nejčastěji zajištěno průtokem vody nebo oleje ve vhodně navrženém temperačním systému, který bývá umístěn kolem míst, u kterých se předpokládá problematické chladnutí výstřiku (tlusté stěny). Ochlazení na okolní teplotu se zpravidla uskutečňuje až po vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Souběžně s chladnutím se vstřikovací jednotka odsouvá od dutiny formy a plastikuje se v ní nová dávka materiálu. [9]

2.2.4 Vyhození výstřiku

Po zchladnutí na bezpečnou teplotu se forma otevře a hotový výrobek je z ní vyhozen pomocí vyhazovacího systému již při otevírání nebo až po úplném otevření formy. U studených vtokových systémů dochází při vyhození také k oddělení zatuhlého vtokového zbytku od výstřiku. Pro větší hospodárnost a snížení času vstřikovacího cyklu by mělo být vyhození výstřiku co možná nejrychlejší, avšak bez rizika jeho vzpříčení mezi jednotlivými částmi formy, zdeformování či dokonce prasknutí vyhotoveného dílu. [9]

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ

Správně zvolené konstrukční řešení má značný vliv na užitné vlastnosti a výslednou cenu vstřikovaných dílů. Při navrhování součástí z plastů se konstruktér musí řídit zcela jinými pravidly, než je tomu u výrobků z kovu. Zaměřit se musí zejména na funkční hledisko výrobků (mechanickou pevnost, elektrické vlastnosti, optické vlastnosti, aj.). Vstřikované výrobky se dále opracovávají jen výjimečně a úpravy již vyrobené vstřikovací formy bývají značně nákladné, je tedy nutné navrhnout je optimálně tak, aby ihned po výrobě mohly plnit svou funkci. Konstrukce plastových dílů podléhá celé řadě tvarových omezení a závisí hlavně na typu používaného plastu a na tom, jakou funkci po výrobě plní. [12]

3.1 Tloušťka stěny

Při návrhu tloušťky je primárně nutné najít vhodné řešení kombinující požadavky na pevnost, ekonomičnost a pevnost daného dílu. Zvolená tloušťka ovlivňuje vyrobitelnost, plnění dutiny vstřikovací formy a dobu vstřikovacího cyklu. Malá tloušťka stěn je sice vhodnější a z ekonomického hlediska použitého materiálu výhodná, vyžaduje však mnohem výkonnější a tedy dražší vstřikovací stroje, které musí vyvinout potřebný vstřikovací tlak. Zvýšená tloušťka stěny zajistí dostatečnou pevnost a tuhost dílu, oproti tomu zvyšuje hmotnost dílu a náklady na použitý materiál. Tlusté stěny jsou mimo to náchylné k tvorbě propadlin a lunkrů. Vhodnějším řešením upravení tloušťky materiálu je využití lehčení, otvorů, popřípadě žeber. [10]

Pravidla pro tloušťku stěn: [10]

- snaha o maximální dodržení rovnoměrnosti tloušťky stěn celého výrobku,
- omezení náhlých přechodů v tloušťce stěn,
- tloušťka boční stěny by neměla být větší než 80 % tloušťky hlavní stěny,
- tvorba plynulých přechodů tloušťky,
- rádiusy vnějších rohů by měly být alespoň o jednu tloušťku stěny větší než vnitřní.

3.2 Úkosy

Hlavním cílem při použití úkosů je snaha o dosažení co nejsnazší odformovatelnosti. Aplikují se na povrchy rovnoběžné se směrem odformování, otvory, boční stěny, žebra nebo na různé výstupky na povrchu výrobku.

Vhodné zvolení úkosů je pak nejvíce podmíněno smrštěním, elasticitou použitého plastu a kvalitou povrchu dutiny formy. Čím kvalitněji je opracovaný povrch tvarových částí formy (např. leštěním), tím menší je potřebný úkos. Méně kvalitní povrch, nebo povrch opatřený dezénem může vést k tomu, že materiál se na tomto povrchu více zachytí a tím se výrazně zhoršuje jeho odformovatelnost. [10]

Tabulka 1 – Doporučené úkosy [6]

úkos	**velikost**
vnější plocha	30‘ – 2° (1°)
vnitřní plocha	30‘ – 3° (2°)
otvory do hloubky 2D	30‘ – 1° (45‘)
hluboké otvory	1° – 10°
žebra, nálitky	1° – 10° (3°)
výstupky	2° - 10°

3.3 Žebra

Žebra jsou konstrukčním řešením nahrazujícím silnější tloušťku stěn. Používají se pro zvýšení mechanických vlastností (technická žebra), eliminaci vad a propadu stěn výrobku a v neposlední řadě k vhodnějšímu naplnění dutiny formy (technologická žebra). Žebra by měla splňovat určité podmínky, co se týče jejich tvaru a umístění. Tvar a tloušťka žeber může ovlivnit zpracovatelské vlastnosti, kdy dochází k rozdílnému smrštění a chlazení materiálu v okolí žeber a to má za následek deformaci dílce. [12]

Parametry žeber se odvíjí od tloušťky hlavní stěny. Délka žebra běžně nepřekračuje pětinásobek této tloušťky, tloušťka žebra pak osm desetin této tloušťky. Vzdálenost mezi žebry se doporučuje minimálně na hodnotu dvojnásobku tloušťky hlavní stěny. Žebra by měla být zaoblena a opatřena úkosem v rozmezí od 0° do 1,5°. [12]

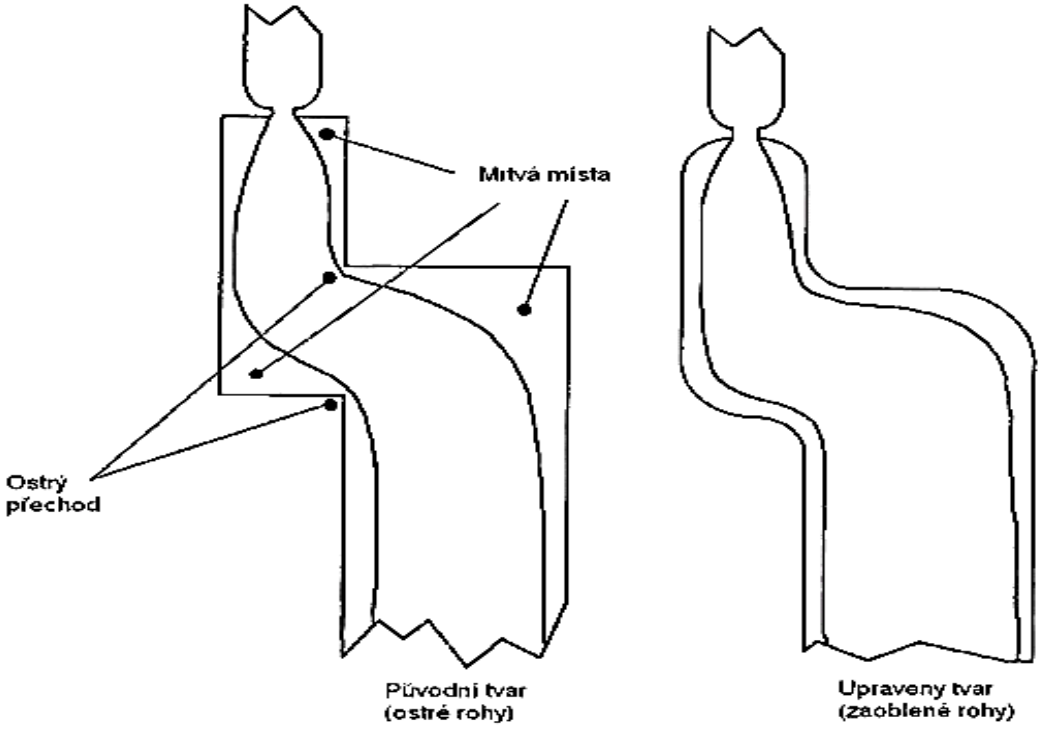
3.4 Dělící rovina

Dělící rovinou se rozumí styčná plocha pohyblivé a nepohyblivé části formy. Bývá navržena tak, aby kvalitně utěsnila vstřikovací formu a umožnila snadné vyjmutí výrobku z formy, případně dovolila odvzdušnění formy a odstranění přetoků ve formě. Většinou se

umísťuje na hrany a vypouklé části dílu. Výrobek může mít buď jen jednu hlavní, nebo i další vedlejší dělící roviny, v závislosti na jeho tvaru a složitosti (boční otvory). [12]

3.5 Zaoblení tvarů

Navržený plastový díl by měl mít co nejméně ostrých hran, rohů či koutů. Distribuce taveniny do oblasti ostrých přechodů vyžaduje vyšší vstřikovací tlaky, které můžou vést k opotřebení vstřikovacích komponent. Tavenina do ostrých rohů problematicky zatéká a v těchto místech dochází vlivem snížené mechanické odolnosti k nežádoucí koncentraci pnutí. Zaoblením rohů dojde k minimalizaci mrtvých míst v dutině formy, tavenina lépe teče a tím se znatelně usnadní a zlepší vyrobitelnost. [12]



Obrázek 10 – Vliv zaoblení rohů na tok taveniny [6]

3.6 Smrštění

Smrštění je proces, který doprovází tuhnutí taveniny ve formě a určuje výslednou přesnost vyráběné součásti. Jedná se o změnu objemu vyjádřenou v %, způsobenou vlivem chemických a fyzikálních procesů během chladnutí materiálu. Každý polymer má jinou hodnotu smrštění a tedy jiný rozdíl mezi skutečným rozměrem vyráběné části oproti rozměrům dutiny formy. Velikost smrštění v daném směru je nejvíce ovlivněna tvarem výrobku, druhem použitého materiálu, přísadami nebo zvoleným temperačním systémem. Během vstřikování

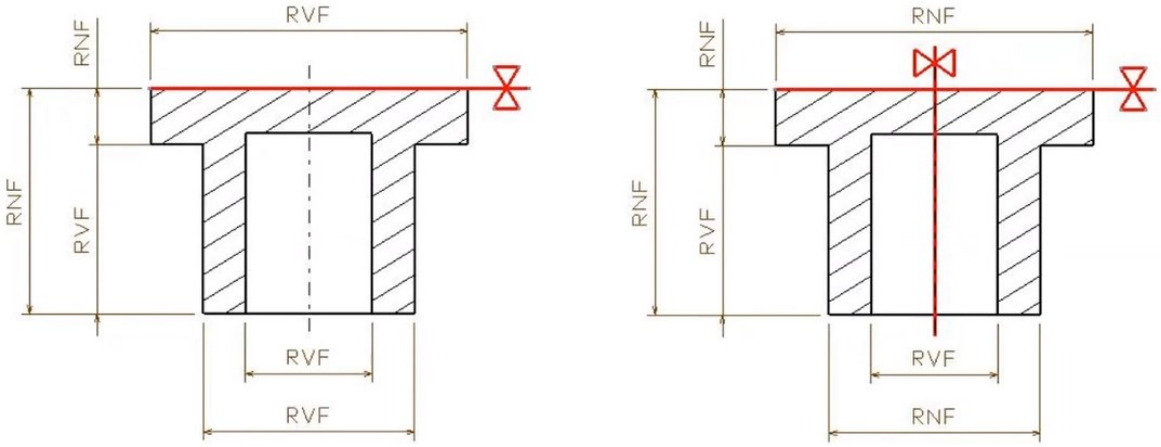
materiál podléhá výrobnímu smrštění, které tvoří zhruba 90 % z celkové hodnoty smrštění. Zbylých 10 % tvoří rozměrové dosmrštění materiálu po jeho vyjmutí z formy, nebo po delším časovém úseku při jeho používání. [12]

3.7 Otvory

Otvory v dílu jsou realizovány pomocí jader, výjimečně pak dochází k vrtání otvorů do již vyrobené součásti. Základním požadavkem na díly vyráběné z plastu je, aby děr obsahovaly co nejméně. V materiálu, rozděleném a znovu spojeném při obtékání jádra vznikají studené spoje, v jejichž okolí se zhoršují mechanické vlastnosti materiálu. Jádra by měla být umístěna tak, aby během odformování nedocházelo k problému s jejich vyjmutím, ideálně ve směru toku taveniny. Kvalitu vyráběné díry lze zajistit podporou jader, nebo jejich vzájemným provázáním. Existují různá doporučení pro rozměry děr a jejich umístění. Pokud jsou otvory umístěné příliš blízko sebe, hrozí popraskání stěn dílu, stejný problém nastává u příliš hlubokých děr. Průměr díry pak musí být větší než 1 mm a hloubka slepé díry by neměla překročit pětinásobek hodnoty průměru této díry. [12]

3.8 Přesnost vyráběných dílů

Přesnost plastových výrobků vyráběných vstřikováním je většinou nižší, než u výrobků kovových. Je ovlivněna hlavně materiálem a jeho vlastnostmi, zejména pak smrštěním a tepelnou roztažností, ze kterých se pak odvíjí daná třída přesnosti vyráběné části. Přesnost výrobků se na výkrese udává tolerančním polem, kdy netolerované rozměry jsou považovány pouze za orientační (doporučené). Je důležité si uvědomit, že s vyššími požadavky na rozměrovou přesnost stoupají náklady na výrobu a je tedy vhodné toleranční pole přizpůsobit dané funkci plastového dílu. [12]



Obrázek 11 – Rozměry vázané (RVF), nevázané (RNF) formou [6]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Návrh vstřikovací formy je jednou z nejdůležitějších částí celého vstřikovacího procesu. Vstřikovací forma, jakožto nástroj vstřikovacího procesu, plní mnoho funkcí, kdy každá z nich ovlivňuje kvalitu výsledného produktu a které musí být technology zohledněny při její konstrukci. V praxi často dochází ke kompromisu mezi teoretickými požadavky na konstrukci vůči konstrukční a výrobní složitostí forem, aby se docílilo efektivního provozu s adekvátními náklady na výrobu. Dutina formy svým tvarem odpovídá tvaru výsledného dílu a proto je hlavní funkcí formy přivést taveninu a poté tuto dutinu zcela zaplnit. Dále má forma za úkol odvádět teplo vzniklé během vstřikovacího procesu a zajistit bezproblémové, co nejkratší, periodicky se opakující vyjímání zhotovených výrobků. [10]

Forma je složena z dílů konstrukčních (zajišťují správnou funkci) a dílů funkčních (dochází ke styku s vstřikovaným materiálem). Tyto komponenty lze najít v normalizovaných katalozích od různých výrobců.

Díly formy lze obecně rozdělit do těchto skupin: [10]

- vodící a upínací elementy,
- vtokové systémy,
- temperační systémy,
- vyhazovací systémy,
- tvarové části.

4.1 Materiály pro výrobu vstřikovací formy

V současné době zůstává nejpoužívanějším materiálem pro výrobu forem ocel, zaručující jejich dlouhou životnost a správnou funkci. Vzhledem k vysokému tepelnému a mechanickému namáhání se používají legované a povrchově upravené oceli, zejména pro funkční díly formy. Mimo tepelné a mechanické odolnosti se od materiálu na výrobu forem očekává možnost snadného opracování, odolnost vůči korozi a odpovídající tvrdost. Vysokou povrchovou a materiálovou tvrdost poté zajišťují úpravy jako kalení, cementování, nitridování nebo popouštění. Během povrchových úprav může dojít ke znehodnocení materiálu, a proto zpracovatelé ocelí nabízí předpřipravené, povrchově upravené oceli s přídavkem síry z důvodu usnadnění následného obrábění. Pro zlepšení vlastností bývají oceli pokovovány (chrom, nikl). Kromě ocelí nachází ve výrobě forem uplatnění také slitiny mědi, hliníku nebo zinku. [11]

Konstrukční části formy se zpravidla vyrábí z levnějších, konstrukčních ocelí, u kterých není kladen důraz na zvýšené mechanické vlastnosti. Funkční části formy, které se při vstřikování dostávají do kontaktu se vstřikovaným materiálem, musejí být vyrobeny z kvalitnějších, nástrojových legovaných ocelí s povrchovou úpravou, které poskytují dostatečnou tvrdost a odolnost proti opotřebení. [11]

Tabulka 2 – Vybrané materiály pro konstrukci dílů forem [13]

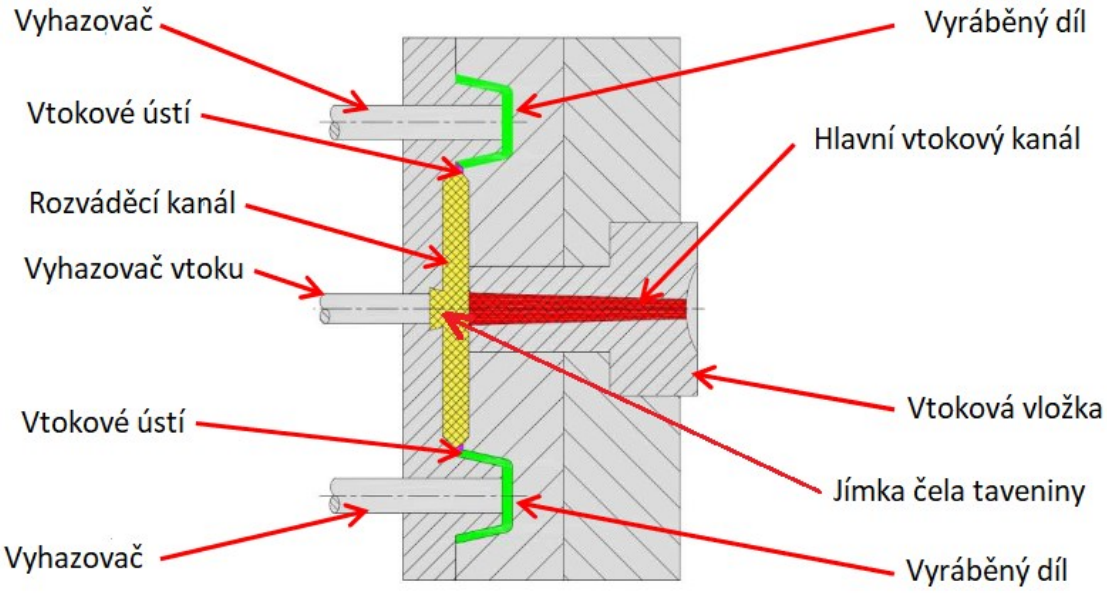
Wr. Nr.	ČSN	Vlastnosti
1.0060	11 600	Konstrukční ocel, neušlechtilá s vyšším obsahem uhlíku, pro díly méně mechanicky namáhané (desky formy).
1.2343	19 552	Chrom – molybdenová nástrojová ocel středně legovaná. Vysoká pevnost, prokalitelnost. Nejpoužívanější pro práci za tepla. Vhodná pro tvarové díly formy (tvárník, tvárnice, vtokové vložky).
1.2312	19 520	Zušlechtěná nástrojová ocel. Dobře obrobitelná, nitridovatelná. Vhodná pro desky formy.
1.2358	19 573	Chrom – molybden – vanadová ocel. Vysoká houževnatost, odolnost proti opotřebení. Dobrá prokalitelnost a rozměrová stálost.
1.7131	14 220	Cementační ocel. Dobrá svařitelnost a obrobitelnost. Vhodná pro namáhané díly forem (vodicí čepy, pouzdra).

4.2 Vtokový systém

Vtokový systém propojuje vstřikovací stroj s dutinou formy. Je tvořen řadou komponentů, v závislosti na komplexnosti vstřikovaného produktu. Do formy vstupuje roztavený materiál přes vtokovou vložku, která je zpravidla umístěna v ose desek formy. U jednonásobných forem poté tavenina putuje z vtokové vložky přímo do dutiny formy, u forem vícenásobných je pomocí rozvodných kanálků rozvedena a poté přes vtoková ústí dopravena do každé dutiny. Všechny dutiny formy by měly být taveninou naplněny rovnoměrně, pod stejným tlakem, v co nejkratším čase a stejnou rychlostí. Obecně se vtokové systémy rozdělují do dvou hlavních skupin a to na studené a horké. [11]

4.2.1 Studený vtokový systém

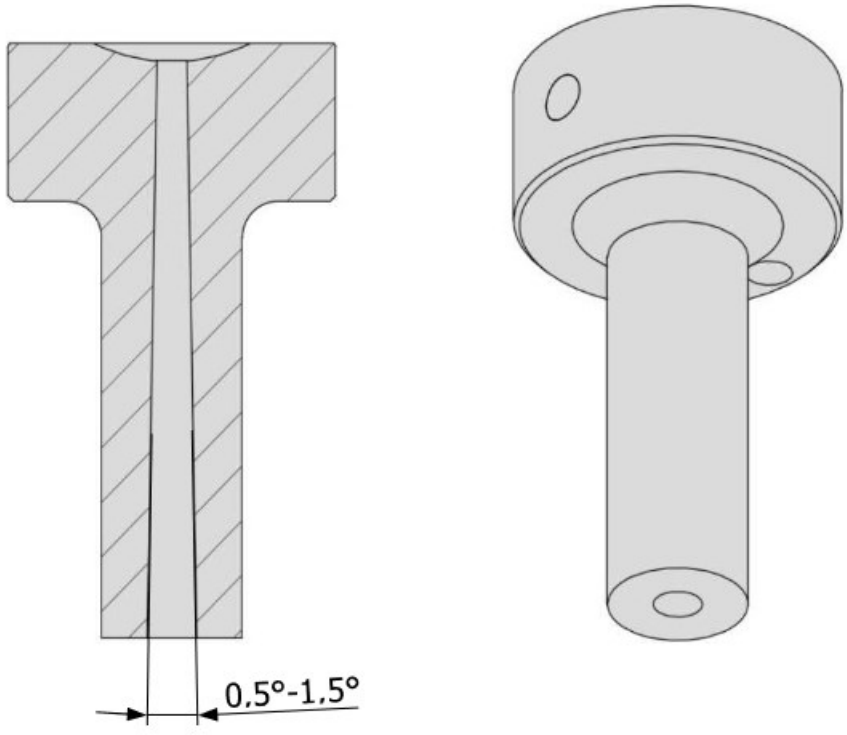
Studený vtokový systém je charakteristický tím, že při kontaktu s jeho stěnami tavenina ihned tuhne. Po vzniku této tuhé, tepelně izolační vrstvy tavenina proudí pouze horkým jádrem. Takto proudící tavenina by mohla dutiny formy zaplnit nerovnoměrně, a proto se využívá tzv. odstupňování průřezu rozvodných kanálků. Po zatuhnutí vyráběného dílu a studeného vtokového systému dochází k otevření formy, kdy systém zůstává na její pohyblivé části a následně je od vstřikovaného dílu oddělen. Hlavní výhodou studených vtokových systémů je příznivá cena a jednoduchost jejich výroby a to i pro vícenásobné formy. Co se týče nevýhod, vstřikování se studeným vtokem produkuje větší množství odpadu (vtokových zbytků) a tím roste spotřeba vstřikovaných materiálů. Po vyjmutí výrobku a oddělení vtokového zbytku dochází v těchto místech ke vzniku povrchových nedokonalosti, kdy vznikají náklady spojené se začištěním a úpravou těchto míst. [14]



Obrázek 12 – Studený vtokový systém [14]

4.2.2 Vtoková vložka

Vtoková vložka spojuje trysku vstřikovacího stroje s vtokovým systémem formy. Po vstříknutí putuje tavenina z vtokové vložky rovnou do dutiny formy nebo do dalších částí vtokového systému. Centrování trysky stroje vůči vtokové vložce je zajištěno pomocí vnějšího průměru středícího kroužku. Pro přesné dosednutí trysky bývá hlava vložky vyrobena s rádiusem o 1 mm větším, než je rádius trysky vstřikovacího stroje. Ve vtokové vložce je vyvrtaný nebo vyfrézovaný hlavní vtokový kanál, jehož nejužší průměr musí být o 0,5 – 1,5 mm větší než průměr vstřikovací trysky a který se směrem k dělící rovině formy pod určitým úhlem (0,5 ° – 1,5 °) zvětšuje. Vtoková vložka je ve formě uchycena a zajištěna proti pootočení pomocí kolíků. Vzhledem k silnému mechanickému a teplotnímu namáhání jsou pro výrobu vtokových vložek doporučeny vysoce houževnaté, tepelně zpracované materiály. Vtokové vložky jsou normalizované díly a díky tomu je usnadněna jejich případná demontáž a následná oprava. Pro snadnější vyjmutí vtokového zbytku z vtokové vložky se vtokové vložky opatřují přidržovači vtoku různých tvarů, popřípadě pružinami. [11] [14]



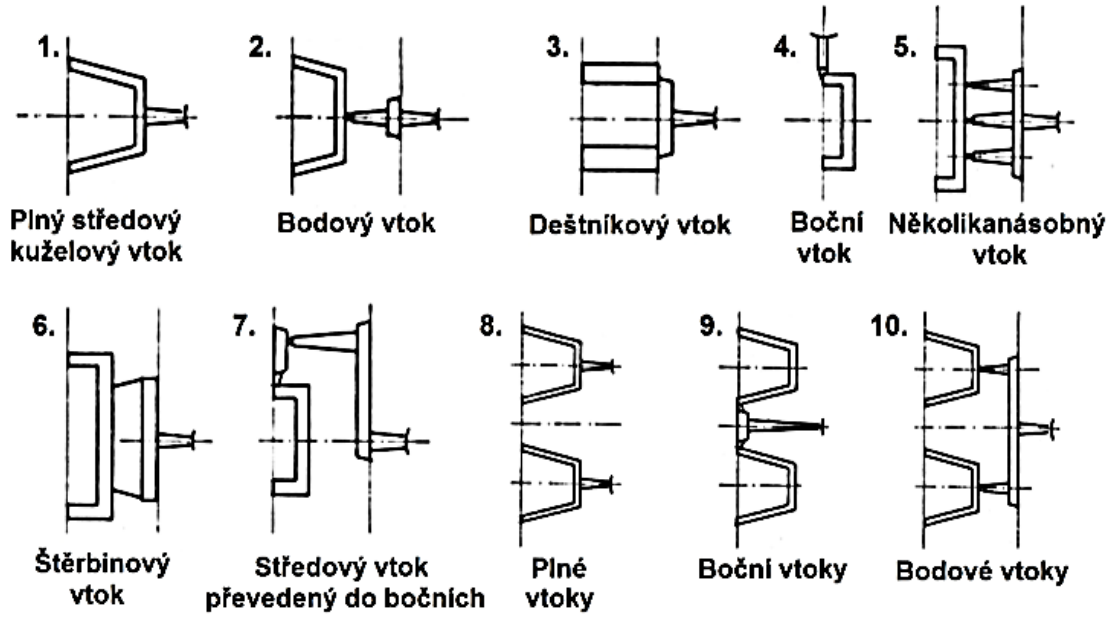
Obrázek 13 – Vtoková vložka [14]

4.2.3 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály dopravují taveninu z vtokové vložky od středu dělící roviny do vtokového ústí. Jejich velikost závisí na tloušťce, tvaru a typu vstřikovaného dílu, délka se odvíjí od celkové délky vstřikovací formy a její násobnosti. Konstrukce kanálů by měla umožnit rovnoměrné zatečení všech dutin formy, z tohoto důvodu se osazují brzdícími přepážkami, zachycovači chladného čela taveniny a dalšími elementy, které zaručí maximální rovnoměrnost toku, teploty, tlaku a rychlosti vstupující taveniny. Při řešení geometrie kanálů se přihlíží k požadavku na udržení horkého jádra mezi zatuhlými izolačními vrstvami taveniny po celou dobu vstřikovacího procesu. Obecně se rozváděcí kanály konstruují ve směru toku proudícího materiálu a bývají co možná nejkratší, aby se předešlo tepelným a tlakovým ztrátám. [11] [14]

4.2.4 Vtokové ústí

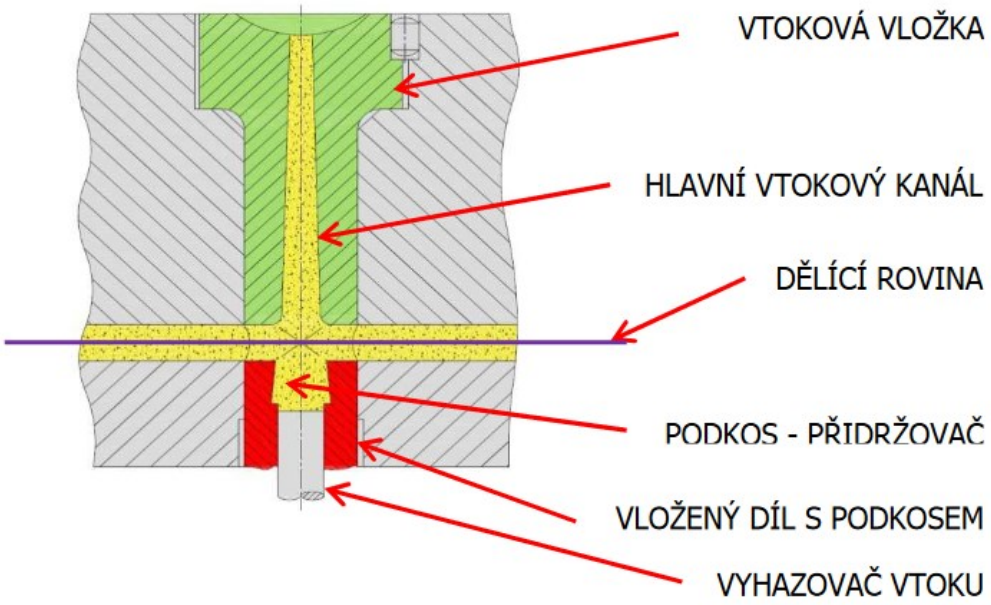
Vtokovým ústím se rozumí zúžené zakončení vtokového kanálu, kterým se tavenina dostává do dutiny formy. Zúžený průměr dovoluje snadnější oddělení vtokového zbytku od vyráběného dílu a po zatuhnutí brání zpětnému úniku taveniny do vtokových kanálů. Vtokové ústí se nejčastěji umisťuje do geometrického středu vstřikovaného dílu a do míst, kde má díl nejsilnější stěny, nebo na nepohledové plochy dílu. Při jeho návrhu se musí zohlednit tvar a komplexnost vyráběné součásti, lze vybírat z celé škály různých typů. Běžně používaná vtoková ústí jsou znázorněna na obr. 14. [10] [14]



Obrázek 14 – Typy vtokových systémů [14]

4.2.5 Přidržovače vtoku

Přidržovače vtoku pomáhají držet zatuhlý vtokový zbytek z vtokové vložky a rozvodných kanálů k pohyblivé části vstřikovací formy pomocí záměrně vyrobeného podkosu. Přidržení vtoku může být ovšem realizováno i výrobou podkosu přímo na vyhazovači vtokového zbytku. Jakmile se forma otevře, dochází k odstranění zatuhlého vtokového zbytku z pohyblivé části formy. [14]



Obrázek 15 – Přidržovač vtoku [14]

4.2.6 Horký vtokový systém

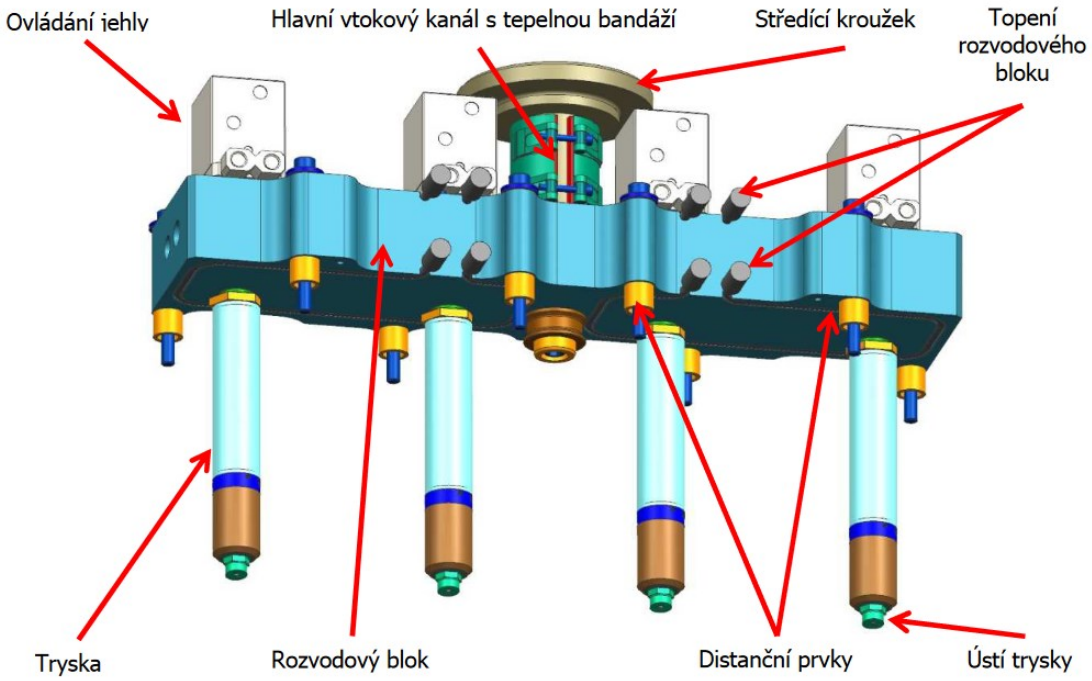
Horké vtoky, oproti vtokům studeným, zahřívají taveninu od trysky stroje až po dutinu formy. Horký rozvodný systém musí být co nejlépe izolován od ostatních částí formy a vstřikovacího stroje pro zamezení tepelných ztrát, do formy se proto ukládá se značnou vůlí. Po ukončení vstřikování nevzniká žádný vtokový zbytek, tím pádem odpadají operace spojené s jeho odstraněním. [15]

Mezi hlavní výhody horkých vtokových systémů patří: [10]

- homogenní vlastnosti vyráběného dílu pomocí snadné regulace teploty,
- kratší vstřikovací cyklus a vyšší produktivita,
- menší spotřeba vstřikovaného materiálu z důvodu absence vtokových zbytků,
- snížení vstřikovacího tlaku a uzavírací síly vstřikovacího stroje.

Použití horkých vtoků s sebou ale nese i řadu nevýhod, z nich například: [10]

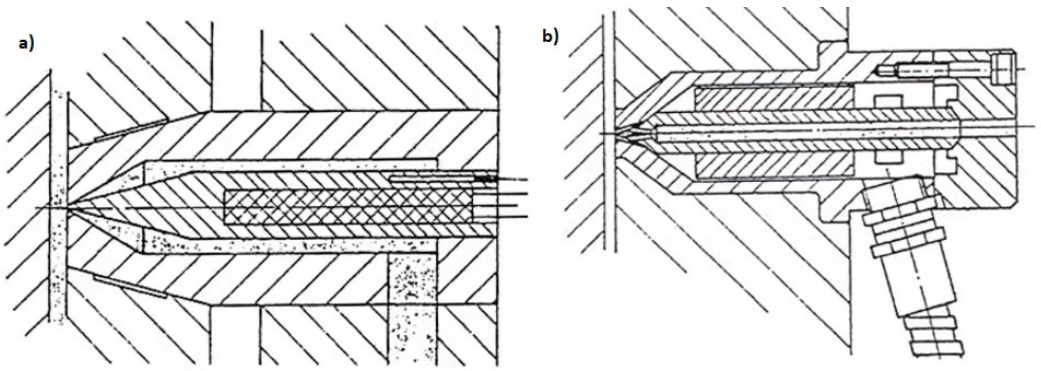
- konstrukčně náročné provedení vtokového systému,
- vyšší náklady spojené s výrobou, energií a následnou údržbou,
- složitější zakomponování do systému formy,
- nevhodné pro plasty citlivé na teplotu.



Obrázek 16 – Horký vtokový systém [15]

4.2.7 Vyhřívané trysky

Vyhřívané trysky převádí taveninu z rozvodného bloku do dutin formy. Vyrábí se ve dvou základních variantách a to s vnějším nebo vnitřním ohřevem. U vnějšího ohřevu trysky dochází k udržení teploty pomocí topných těles navinutých na kanál, kterým proudí tavenina.



Obrázek 17 – Vyhřívaná tryska s a) vnitřním ohřevem, b) vnějším ohřevem [12]

Vnitřní ohřev je realizován zabudovanou topnou vložkou uvnitř trysky, kolem které tavenina obtéká. Trysky s vnitřním ohřevem mohou způsobovat degradaci zamrzlého materiálu v oblasti kontaktu trysky a stěnou formy a tento materiál může po vniknutí do dutiny formy způsobit tvarové nedokonalosti. [10]

Ústí vyhřívaných trysek je řešeno buď zavedením do tzv. předkomůrky, nebo přímým zavedením do dutiny formy. Z hlediska výroby je výhodnější přímé zavedení ústí do dutiny formy, kdy je eliminováno zatečení taveniny do nežádoucích míst. Zakončení vyhřívaných trysek se vyrábí s hrotem, bez hrotu nebo s uzavírací jehlou. Po naplnění dutin formy dochází k vytvoření zatuhlé blanky v ústí trysky, která brání unikání taveniny z horkého vtokového systému při otevírání formy. Při dalším vstřikovacím cyklu je tato blanka tlakem taveniny proražena a dutiny formy jsou znovu naplněny. [10] [15]

4.2.8 Rozvodné bloky

Rozvodné bloky, využívané hlavně pro vícenásobné formy, rozvádějí taveninu od vtokové vložky k vyhřívaným tryskám. Vyhřívaný blok umožňuje rychlý ohřev a rovnoměrně rozprostřené teplotní pole taveniny v celém svém objemu, což je řešeno drážkami se zabudovanými elektrickými vodiči, případně topnými hady. Rozvodné bloky jsou umístěny v nepohyblivé části formy, konkrétně mezi upínací a tvarovou deskou. Běžné tvary vyhřívacích bloků jsou přímé, T, X, Y, I, H v závislosti na poloze tvarových dutin. [15]

4.3 Vyhazovací systém

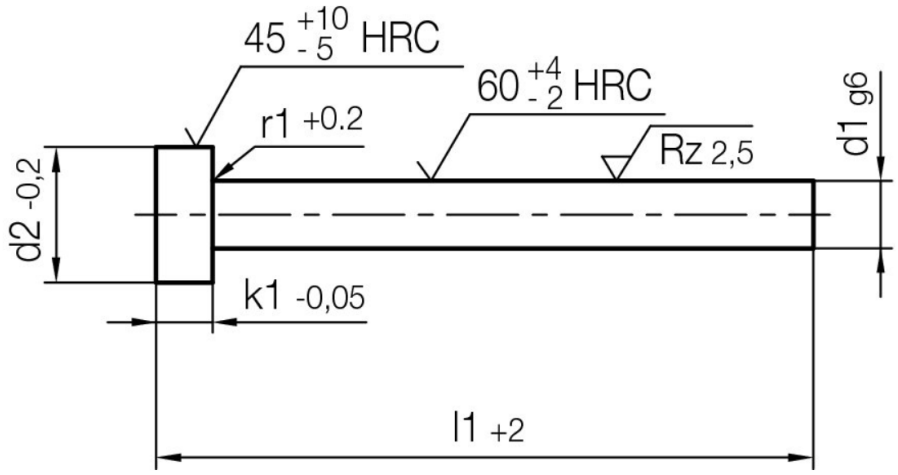
Vyhazování samotných vyhotovených dílů nebo vtokových zbytků lze provádět hned několika různými způsoby. V praxi se nejčastěji využívá mechanických způsobů vyhazování za použití vyhazovacího paketu s vyhazovači či stíracími deskami nebo pneumatických způsobů využívajících stlačeného vzduchu. [17]

4.3.1 Mechanické vyhazovací systémy

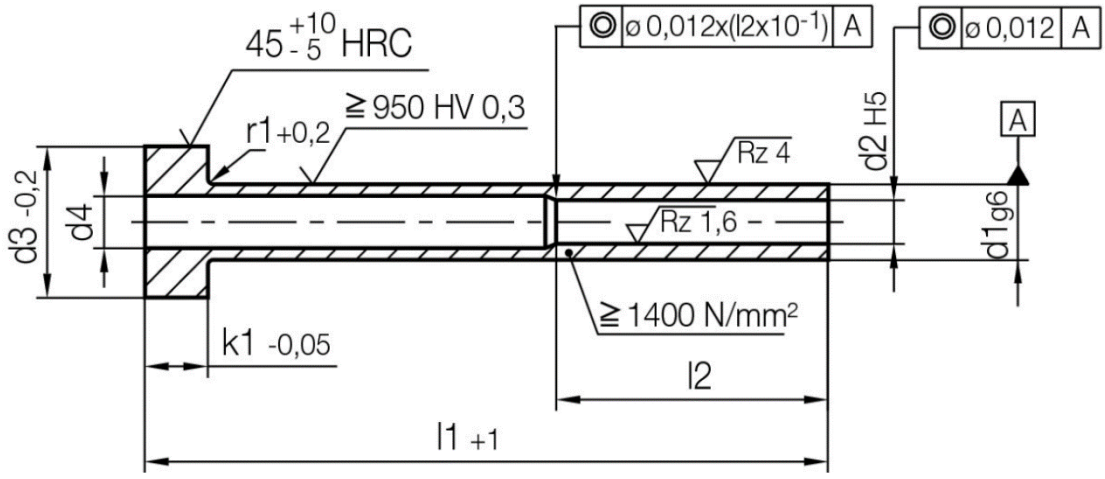
Základními komponenty vyhazovacího paketu jsou kotevní a opěrná deska, které jsou propojeny k vyhazovacímu mechanismu vstřikovacího stroje skrze táhlo vyhazovače. Tyto desky jsou ve formě vystředěny přes vodící čepy a pouzdra. Mezi upínací deskou a deskami vyhazovacího systému je pro zmenšení dosedací plochy těchto desek zajištěna vůle pomocí dorazů. Do kotevní desky jsou zakomponovány vyhazovače, jejichž axiální pohyb

je omezen deskou opěrnou. Samotné vyhození dílů probíhá pří otevření formy, kdy vyhazovače pohybem vpřed vysunou díl z pohyblivé části formy a poté jsou zpětným pohybem vráceny do své původní polohy. Tento pohyb je prováděn hydraulicky, mechanicky nebo pneumaticky. [17]

Vyhazovače se umisťují do míst s vysokou koncentrací materiálu, jako žebra, svislé stěny a vnější okraje tak, aby vyhazovací síla působila na výrobek rovnoměrně. Typ použitého vyhazovače záleží na tvaru vstřikovaného dílu, běžně se používají vyhazovače válcové, prizmatické či trubkové zhotovené z kalené či nitridované nástrojové oceli. Pokud tvar výrobků není vhodný pro použití vyhazovačů (kruhové, rozměrné, tenkostěnné výrobky), bývají vyhazovače nahrazovány další deskou, která se nazývá stírací. [17]



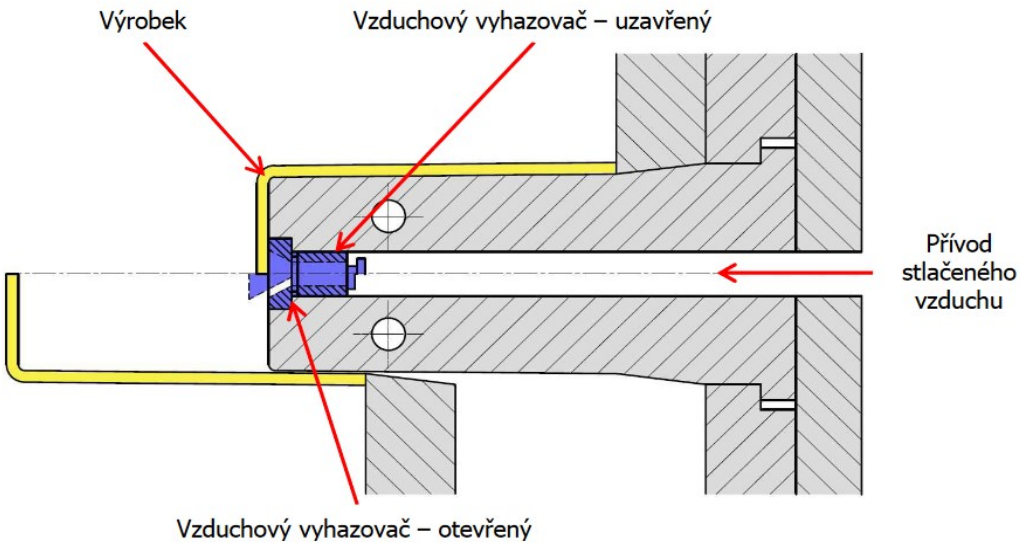
Obrázek 18 – Válcový vyhazovač [21]



Obrázek 19 – Trubkový vyhazovač [21]

4.3.2 Pneumatické vyhazovací systémy

U větších, tvarově náročných výrobků s vysokými požadavky na kvalitu povrchu se používají vyhazovací systémy pneumatické, nebo jejich kombinace se systémy mechanickými. Tyto systémy vytlačují výrobek pomocí stlačeného vzduchu s nižší potřebnou vyhazovací silou a minimální zanechanou stopou na výrobku po vyhození. Vzduch se do formy přivádí přes systém ventilů nebo zavzdušňovacích kolíků. [17]



Obrázek 20 – Pneumatický vyhazovací systém [17]

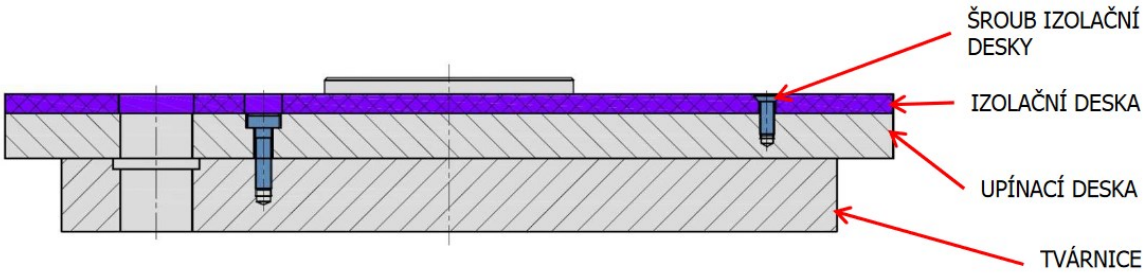
4.4 Temperace forem

Aby se předešlo degradaci vstřikovaných dílů vlivem tepla a všechny díly byly vyráběny ve stále stejné kvalitě a v co nejkratším čase, je nezbytné vstřikovací formu před každým cyklem nastavit na požadovanou provozní teplotu a během vstřikování udržet konstantní teplotní pole. Nerovnoměrně rozložené teplotní pole může vést k nežádoucím tvarovým a rozměrovým deformacím vyhotoveného dílu. Regulace teploty ve formě je řízena temperačním systémem, složeným z aktivní a pasivní složky. Podle typu materiálu během vstřikovacího cyklu temperační systém formě buď teplo odebírá, nebo dodává. [16] [18]

4.4.1 Pasivní temperační prostředky

Pasivní temperační prostředky brání vyzařování tepla z formy do okolí a jeho přestupu do částí vstřikovacího stroje svými fyzikálními vlastnostmi. Pro pasivní temperaci se využívá tepelně vodivých a izolačních materiálů. [18]

Tepelně izolační materiály se využívají pro rychlejší vyhřátí formy na teplotu potřebnou k začátku vstřikovacího cyklu. Materiály pro výrobu izolačních desek musí mít vysoký stupeň teplotní odolnosti, například PA 66, sklotextit nebo materiály na bázi pryskyřic. [19]



Obrázek 21 – Izolační deska formy [18]

Tepelně vodivými materiály se temperují obtížně dostupné místa (tenké tvárníky, vtokové trysky). [18]

Tepelné trubice zajišťují intenzivní přenos tepla z teplejší oblasti do oblasti s nižší teplotou. Trubice je oboustranně uzavřena a naplněna vhodným teplonosným médiem. Po ohřevu jedné strany trubice se médium vypařuje a přenáší teplo ke druhému konci trubice, který se chladí. Zkondenzované médium zde odevzdává teplo a vrací se zpět k ohřívanému konci trubice. Podle způsobu přenosu média trubice dělíme na gravitační, rotační a kapilární. [18]

4.4.2 Aktivní temperační prostředky

Aktivní temperační prostředky odvádějí nebo přivádějí teplo uvnitř formy. Pro aktivní temperaci se používají kapaliny (voda, olej), které proudí temperačními kanály vyrobenými ve formě. Využití kapalin je vhodné z důvodu efektivního přestupu tepla a nízké ceny, mají však omezený rozsah použitelných teplot. [18]

Méně účinné, ale při nemožném použití kapalin využívané temperační médium je vzduch. Vzduchem se temperují zpravidla tenké tvárníky a jádra. Vzduch může proudit volně (odvod tepla z povrchu formy při vstřikovacím cyklu a z tvarových částí při otevřené formě) nebo nuceně v temperačních kanálech (tlakem, podtlakem).

Při temperaci forem na vysoké teploty se využívá topných elektrických článků, zvláště pokud teplo dodané taveninou je menší než ztráty tepla z formy do okolního prostředí. [10]

4.4.3 Temperační systém

Temperační systém formy je tvořen výše zmíněnými pasivními a aktivními temperačními prostředky. Správně navržený temperační systém by měl poskytnout dostatečný temperační účinek, bez omezení prostoru pro vložení ostatních komponent vstřikovací formy nebo zhoršených mechanických vlastností jednotlivých desek formy. Temperace se vyrábí jak pro pohyblivou, tak nepohyblivou část formy. Temperační kanály pro proudící médium se vyrábí frézováním nebo vrtáním, pro zlepšení temperačního účinku se do kanálů vkládají trubky z vysoce tepelně vodivých materiálů. Temperační médium je do formy přiváděno soustavou hadic spojených s formou přes rychlospojky a přípojky. Po vstupu do formy je médium usměrňováno pro zatečení do každé části temperačního systému. Médium je usměrněno pomocí záslepek a uzavíracích šroubů. Pro temperaci slepých kanálů se využívá přepážek, fontánek a spirálových jader. [10] [18]

Pravidla pro návrh a umístění temperačních kanálů: [10] [18]

- průměr kanálů 6 mm a větší, při použití menších průměrů hrozí ucpání kanálu nečistotami a vodním kamenem,
- vhodnější je využít větší množství kanálů s menším průměrem oproti menšímu množství kanálů s větším průměrem,
- rozdíl teploty média na vstupu a výstupu by neměl překročit 3 °C,
- temperační médium by při ochlazování mělo proudit od nejteplejšího místa k nejchladnějšímu, při ohřívání opačně,
- snaha o zajištění turbulentního proudění média,
- omezení mrtvých míst v temperačním okruhu, kde by mohlo docházet k usazování nečistot,
- intenzivnější temperace v oblasti vtokové vložky a vtokového ústí,
- kanály umístit v dostatečné vzdálenosti od tvarových dutin,
- vhodné rozmístění kanálů s ohledem na tvar vstřikovaného dílu.

4.5 Odvzdušnění forem

Vzhledem k tomu, že všechny části formy jsou před každým vstřikovacím cyklem naplněny vzduchem, je nutné tento vzduch z formy odvést. Pokud vzduch během plnění formy nemůže uniknout ven, způsobuje rozmanité druhy vad na vyhotovovaném dílu.

Při velkém nárůstu tlaku dochází k tzv. Dieselově efektu, kdy nadměrně ohřátý vzduch vytvoří na výrobku černá, spálená místa. Dále může nahromaděný vzduch v dané části tvarové dutiny způsobit nedotečení výrobku. Při vstřikování za nízkého tlaku nebo nízké teploty taveniny způsobuje špatně odvzdušněná tvarová dutina nahromadění vzduchu v nejvzdálenějším místě od vtoku a tavenina do tohoto místa nemůže zatéct.

Vzduch je z formy odváděn přirozeně a to vůlí v dělicí rovině nebo vůlí vyhazovačů či jader. Převážná většina forem však vyžaduje další konstrukční prvky (odvzdušňovací drážka) pro dokonalé a rychlé odvzdušněním míst, do kterých se tavenina dostane jako poslední, nebo do míst, kde dochází ke spojení dvou čel taveniny. Při obzvláště rychlém vstřikovacím procesu se využívají speciální odvzdušňovací systémy jako vakuové odvzdušnění nebo odvzdušnění pomocí ventilů. [19]

Tabulka 3 – Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů v dělicí rovině [10]

Typ plastu	**Šířka odvzdušňovacího kanálu [mm]**
PC, POM	max. 0,05
PS, ABS	max. 0,05
PA	0,02 - 0,03
PBT	max. 0,03
PA (se skelným vláknem)	0,05
strukturní pěny	max. 0,1

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V rámci bakalářské práce byly stanoveny následující cíle:

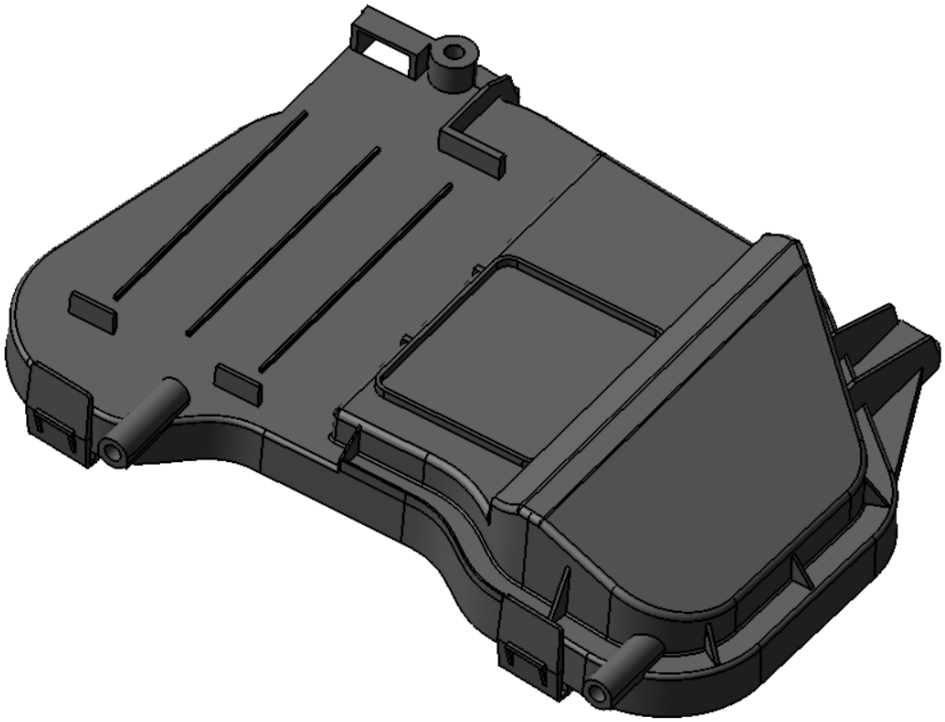
- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vyráběné součásti,
- navrhnout 3D sestavu vstřikovací formy pro zadaný výrobek,
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

Literární studie je soubor teoretických informací o procesu vstřikování, vstřikovacího stroje, konstrukci plastových dílů a samotné konstrukci vstřikovací formy.

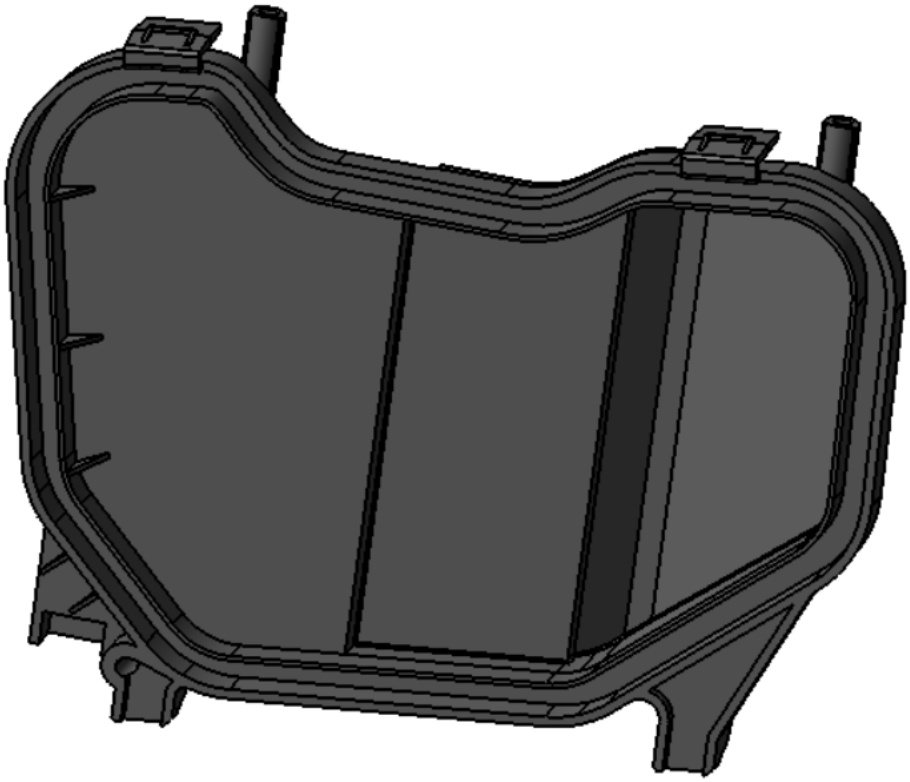
Praktická část se skládá z tvorby 3D modelu zadané součásti a poté z návrhu a konstrukce vstřikovací formy pro výrobu tohoto dílu za využití normalizovaných částí firmy HASCO. Pro navrženou formu byl zvolen vstřikovací stroj a poté byla vytvořena výkresová dokumentace, která obsahuje pohledy, řezy formou a kusovník. Konstrukce byla řešena v programu CATIA V5R19.

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zadaným výrobkem pro tuto práci byl kryt předního světlometu vozu Škoda Fabia s označením UM7. Hlavní rozměry výrobku jsou 180(d) x 130(š) x 30(v) mm.



Obrázek 22 – Model vstřikovaného dílu (horní část)



Obrázek 23 – Model vstřikovaného dílu (spodní část)

6.1 Materiál

Materiálem pro výrobu zadaného dílu byl zvolen polykarbonát typu Panlite L-1225Z100 od firmy TEJIN limited. Je to termoplastický polymer s velmi dobrými tepelně a elektricky izolačními vlastnostmi a s vysokou pevností při velkém rozptylu teplot (zhruba od -40 °C do +135 °C). PC je materiál typicky transparentní, s možností aplikace libovolné barvy. Díky snadnému zpracování a své vysoké stálosti vůči teplu je polykarbonát ideálním materiálem pro tvorbu částí světlometů. Běžná teplota pro zpracování PC se pohybuje v rozmezí 270 °C – 320 °C při teplotě formy 80 °C – 120 °C.

Tabulka 4 – Vybrané vlastnosti materiálu Panlite L – 1225Z100 [22]

Vlastnosti	Nominální hodnota	Jednotka	Norma
Fyzikální			
Hustota	1,20	g/cm^3	ISO 1183
Index toku taveniny	12	$cm^3/10min$	ISO 1133
Smrštění	0,5 – 0,7	%	-
Nasákavost (24 h při 23 °C)	0,2	%	ISO 62
Mechanické			
Modul pružnosti v tahu	2400	MPa	ISO 527-2/1
Modul pružnosti v ohybu	2400	MPa	ISO 178
Napětí při mezi kluzu	61	MPa	ISO 527-2/50
Poměrné prodloužení při mezi kluzu	6	%	ISO 527-2/50
Poměrné prodloužení při přetržení	>50	%	ISO 527-2/50
Tvrdost podle Rockwella	77	-	ASTM D785
Vstřikovací			
Teplota vstřikování	270 – 320	°C	-
Teplota formy	80 – 120	°C	-
Teplota sušení	120	°C	-

6.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je volen dle parametrů vstřikovací formy, kde:

- rozměry formy 646(v) x 546(š) x 474(d),
- hmotnost pohyblivé části formy 750 kg,
- hmotnost vstřikované dávky materiálu 2 x 83 g.

Dle zjištěných parametrů byl zvolen vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION s průměrem šneku 40 mm. Zvolený stroj splňuje všechny parametry formy potřebné pro její upnutí. Plastikační jednotka má dostatečnou kapacitu pro zajištění naplnění všech dutin formy. Parametry vstřikovacího stroje jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 – Vybrané technické parametry vstřikovacího stroje [23]

	Hodnota	Jednotka
Max. uzavírací síla	1500	kN
Vzdálenost mezi vodícími čepy	470 x 470	mm
Max. rozměry upínacích desek	650 x 650	mm
Max. hmotnost pohyblivé části formy	800	kg
Min. délka uzavřené formy	300	mm
Max. otevření formy	500	mm
Max. dávka vstřik. mat. pro PC	193	g

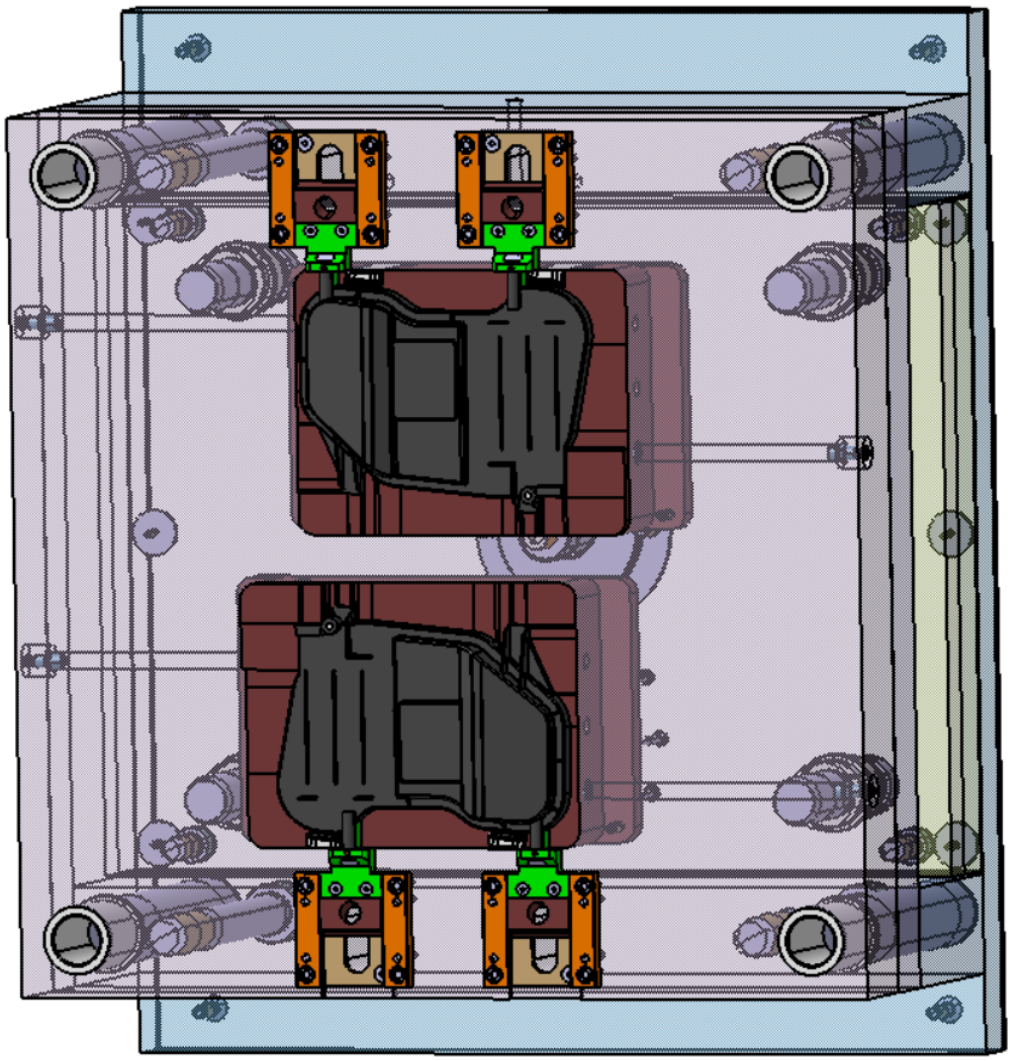
Obrázek 24 – Vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION [23]

7 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Pro konstrukci formy je vhodné co nejvíce využívat normalizovaných součástí, což ve výsledku vede ke snížení nákladů na výrobu formy a k jednoduššímu a rychlejšímu navržení její celkové koncepce. Desky pro formu byly zvoleny jako normálie z katalogu firmy HASCO. Desky jsou dále obráběny pro umístění ostatních dílů formy.

7.1 Násobnost formy a rozvržení vyráběných dílů

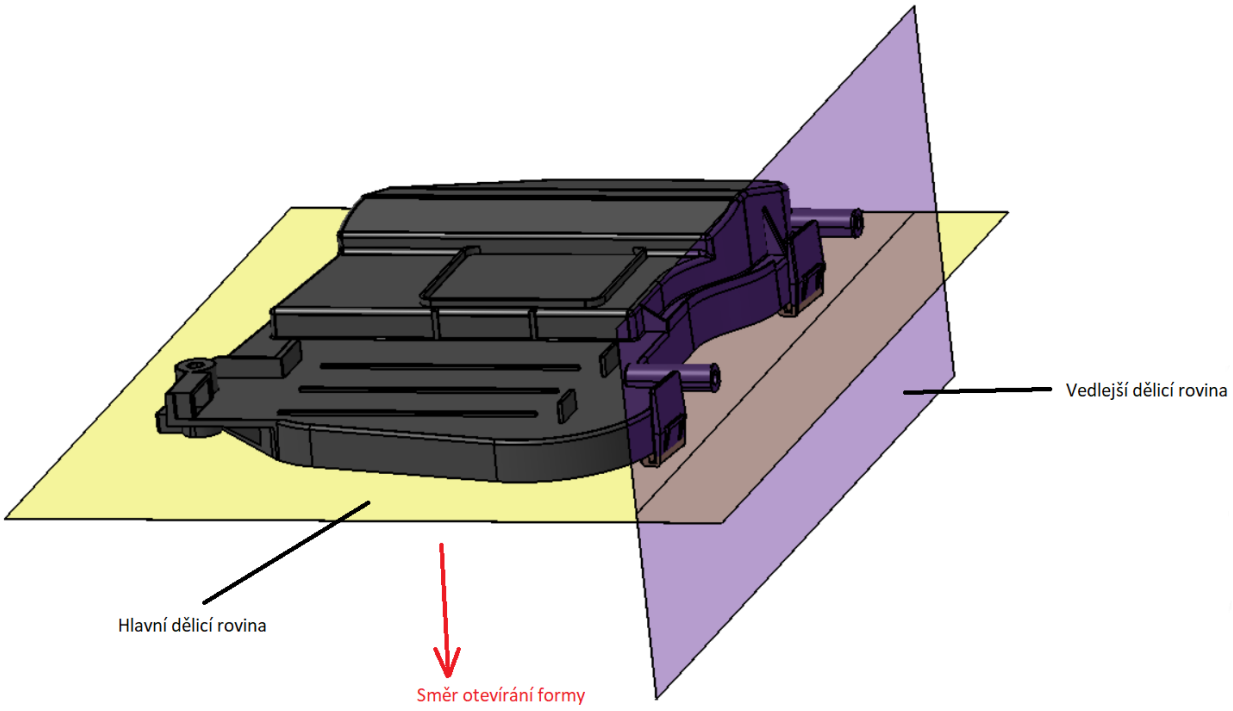
Násobnost formy byla zadána s ohledem na složitost a rozměry vyráběného dílu, kapacitu vstřikovací jednotky a náklady na samotnou vstřikovací formu. Podle zmíněných parametrů byla forma řešena jako dvojnásobná, tedy každý vstřikovací cyklus vyprodukuje dva zrcadlově umístěné díly.



Obrázek 25 – Umístění dílů ve formě

7.2 Dělicí roviny

Volba dělicích rovin je důležitým kritériem pro správnou funkci vstřikovací formy. Správné zvolení hlavní dělicí roviny umožňuje snadné odformování dílů, jak pomocí vyhazovacího systému, tak pomocí bočního odformování. Hlavní dělicí rovina byla zvolena ve směru kolmém ke směru otevírání formy, vedlejší dělicí rovina pro boční odformování pak rovnoběžně ke směru otevírání formy.

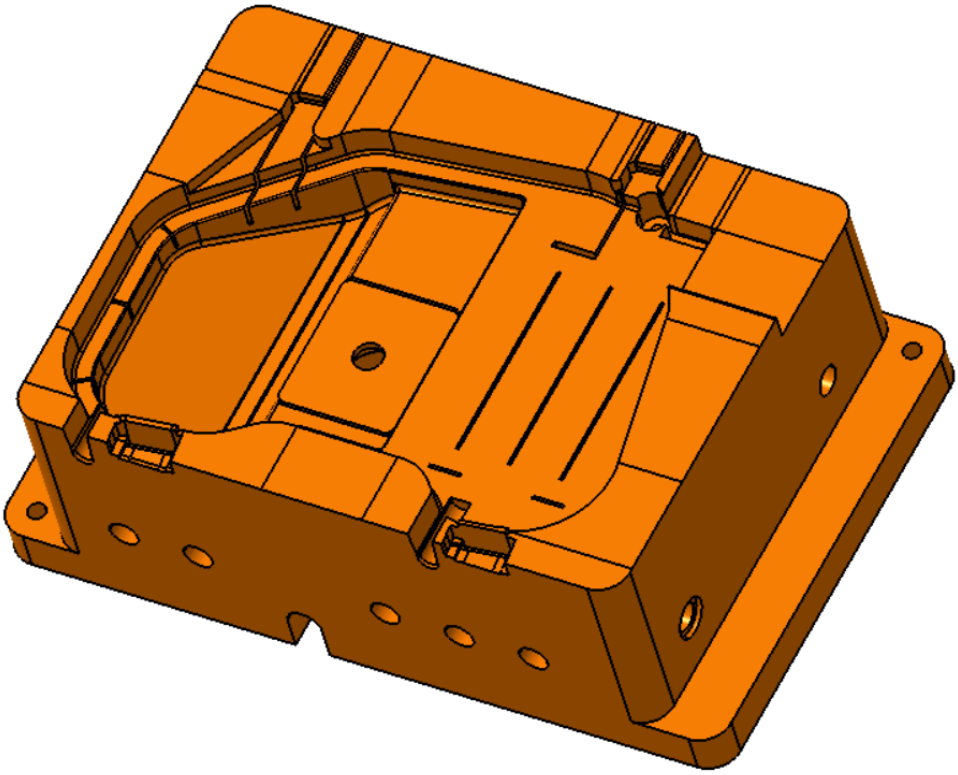


Obrázek 26 – Dělicí roviny

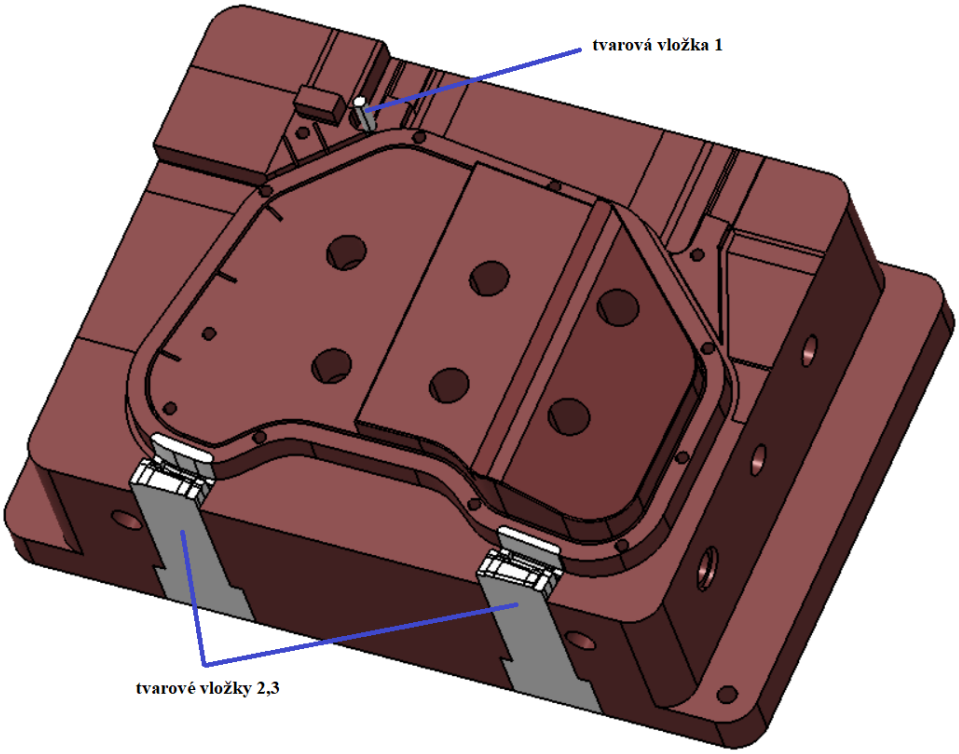
7.3 Tvarová dutina

Tvarová dutina je negativem vyráběného dílu. Je tvořena tvárnicí, umístěnou v nepohyblivé části formy, tvárníkem v pohyblivé části formy a bočními tvarovými jádry, která jsou připojena na pohyblivou část formy. Tvarová dutina musí být zvětšena o hodnotu smrštění použitého materiálu, zde pro PC o 0,7 %. Tvárník i tvárnice jsou vytvořeny s osazením pro jejich snadnou montáž do desek formy. Všechny tvarové části jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343 (19 552). Detaily tvárnice a tvárníku jsou uvedeny na Obr. 27 a Obr. 28.

Tvárník je tvořen z hlavní části a ze tří vyměnitelných vložek. Vložkami jsou řešeny tvarově složité a při provozu formy namáhané konstrukční části tvárníku, které lze v případě porušení snadno vyměnit. Jedná se úchytky na dílu, jejich okolí a část tvárníku, která vytváří otvor.

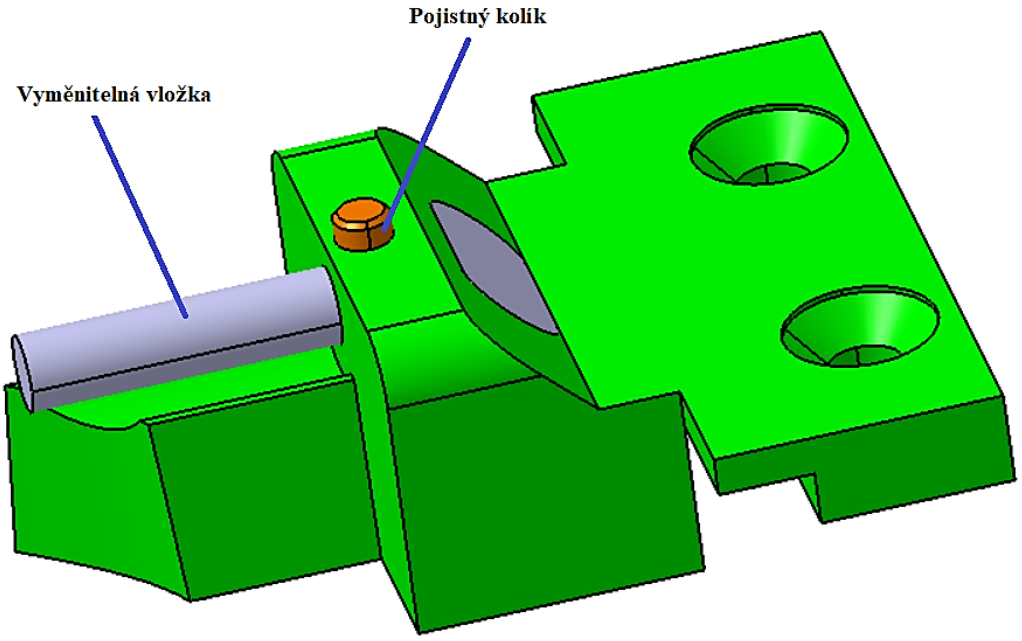


Obrázek 27 - Tvárnice

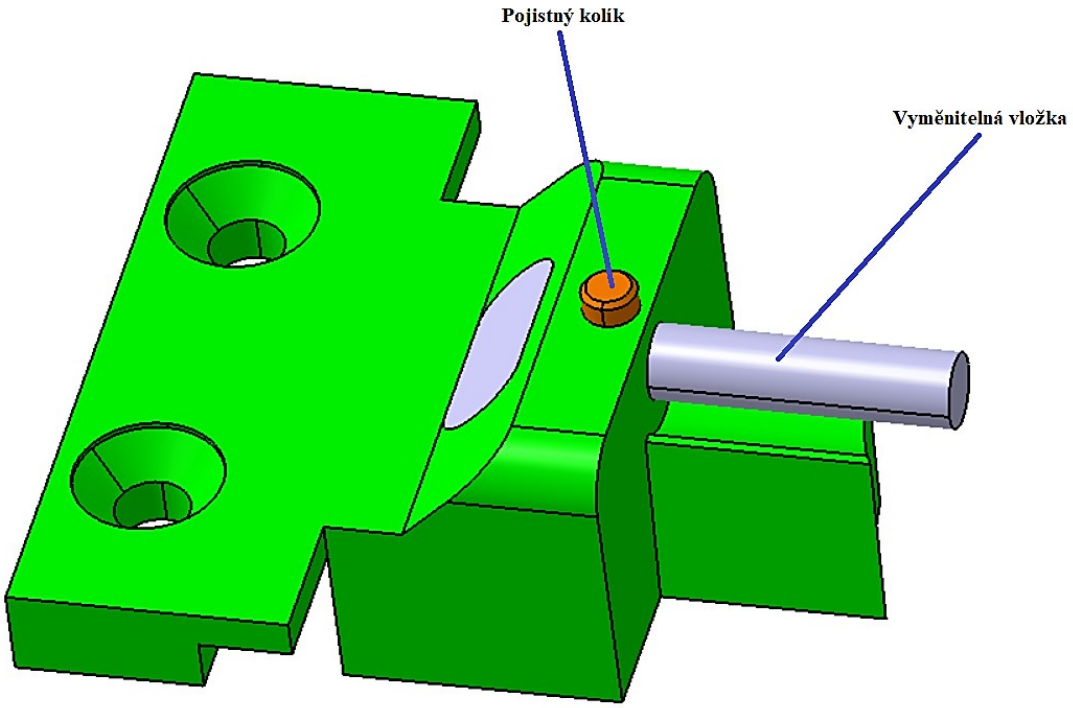


Obrázek 28 - Tvárník

Boční tvarová jádra, která zajišťují odformování bočních děr a částí stěn dílu, jsou osazeny vyměnitelnou vložkou pro zajištění snadnější vyrobitelnosti a vyměnitelnosti. Tyto vložky jsou v tvarových jádrech zajištěny pojistnými kolíky.



Obrázek 29 – Boční tvarové jádro levé

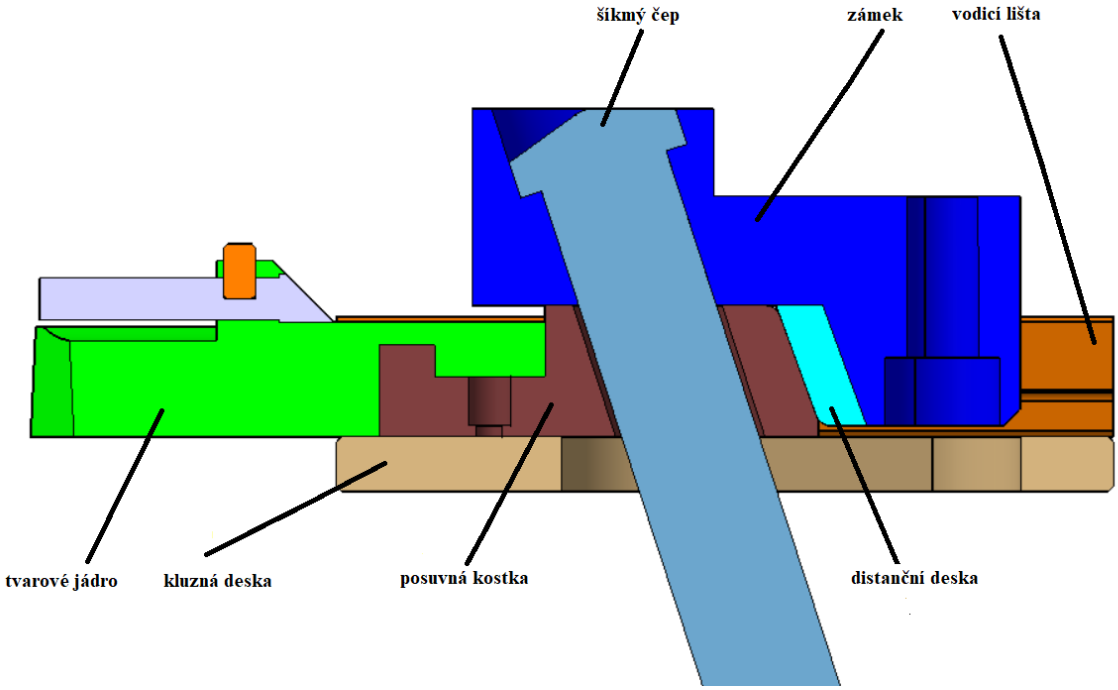


Obrázek 30 – Boční tvarové jádro pravé

7.4 Boční posuvné čelisti

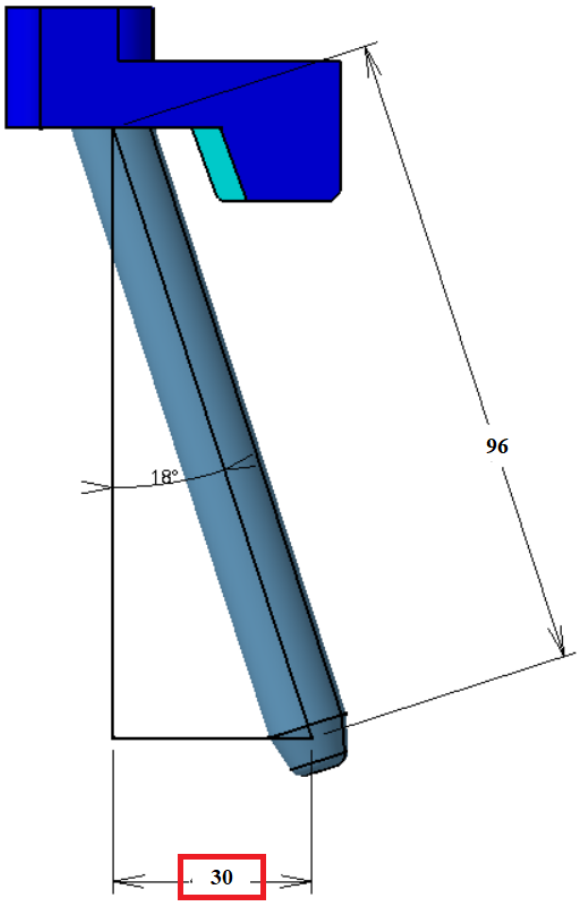
Boční posuvné čelisti zajišťují pohyb tvarových jader při otevírání formy. Jsou tvořeny z více komponentů. Všechny komponenty, kromě bočních jader, která byla vymodelována pro daný díl, jsou normáliemi od firmy HASCO. Posuvné čelisti jsou vloženy do vyfrézovaných a vyvrtaných míst v deskách formy a jejich jednotlivé části jsou připevněny k deskám za pomoci šroubů.

Jednotka posuvné čelisti, připevněná na pohyblivou část formy, je složena z kluzné podložky, dvou vodicích lišt a tvarového jádra, které je připevněno na posuvnou kostku. V pevné části formy se nachází protikus jednotky posuvné čelisti, tvořen distanční deskou, šikmým čepem a zámkem. Zámek, ke kterému je připevněna distanční deska, slouží k zajištění jednotky posuvné čelisti při uzavření formy a je připevněn pomocí šroubu k nepohyblivé části formy.

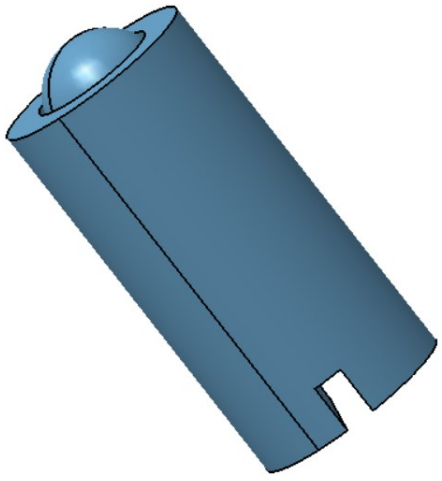


Obrázek 31 – Řez bočními posuvnými čelistmi

Při otevírání formy dochází k pohybu jednotky posuvné čelisti v ose šikmého čepu a tím k oddálení bočních jader od dutiny formy. Šikmý čep je zajištěn a opírá se o desku tvárnice. Při vyjetí čepu z jednotky posuvné čelisti dojde k zajištění jednotky při otevřené formě pomocí pružného přítlačného elementu, který je složen z pružiny s kuličkou. Výpočet vzdálenosti pro umístění pružného přítlačného elementu je znázorněn na Obr. 32.



Obrázek 32 – Vzdálenost pro umístění pruž. přítlač. elementu

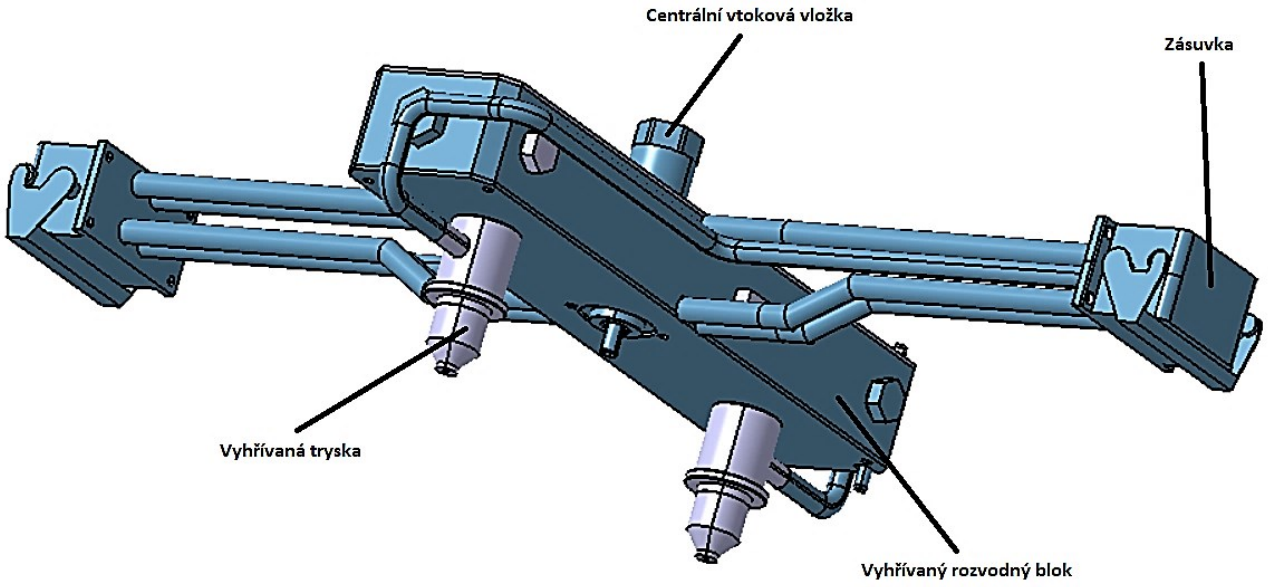


Obrázek 33 – Pružný přítlačný element

7.5 Vtokový systém

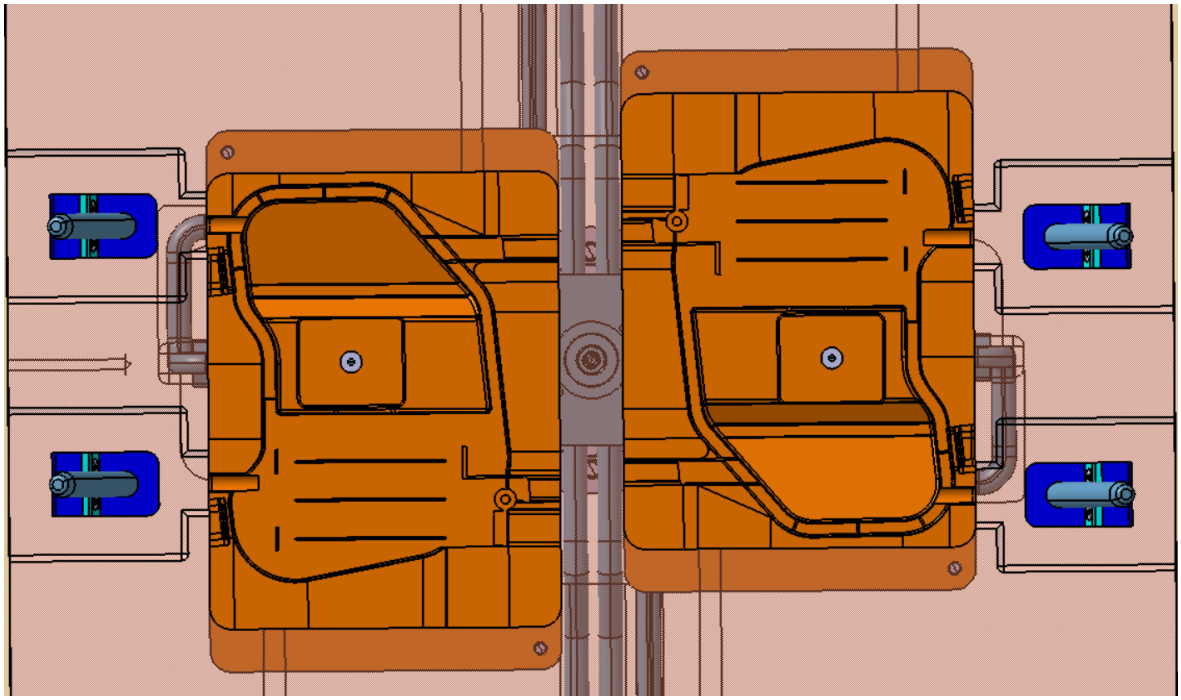
Pro konstrukci této formy byl zadán horký vtokový systém. V porovnání se studenými vtokovými systémy je konstrukčně složitější a nákladnější, jeho výhodou je však kratší vstřikovací cyklus, absence vtokových zbytků po každém vstřikovacím cyklu a zajištění konstantní teploty proudící taveniny polymeru až do dutiny formy.

Horký vtokový systém je složen z normálií firmy HASCO. Tvoří ho přímý horký rozvodný blok, centrální vtoková vložka a dvě horké trysky se zásuvkami. Blok je uložen ve vyfrézované kapse v opěrné desce tvárnice, centrální vtoková vložka pak prochází pravou upínací deskou, izolační deskou a pravým středicím kroužkem. Pro uložení horkých trysek a jejich vyústění do dutin formy jsou v tvárnicích vyfrézovány kapsy. Každá z trysek má svoji zásuvku, se kterou je spojena přes elektroinstalaci, zásuvky jsou přišroubovány na bocích formy.



Obrázek 34 – Vyhřívaný vtokový systém

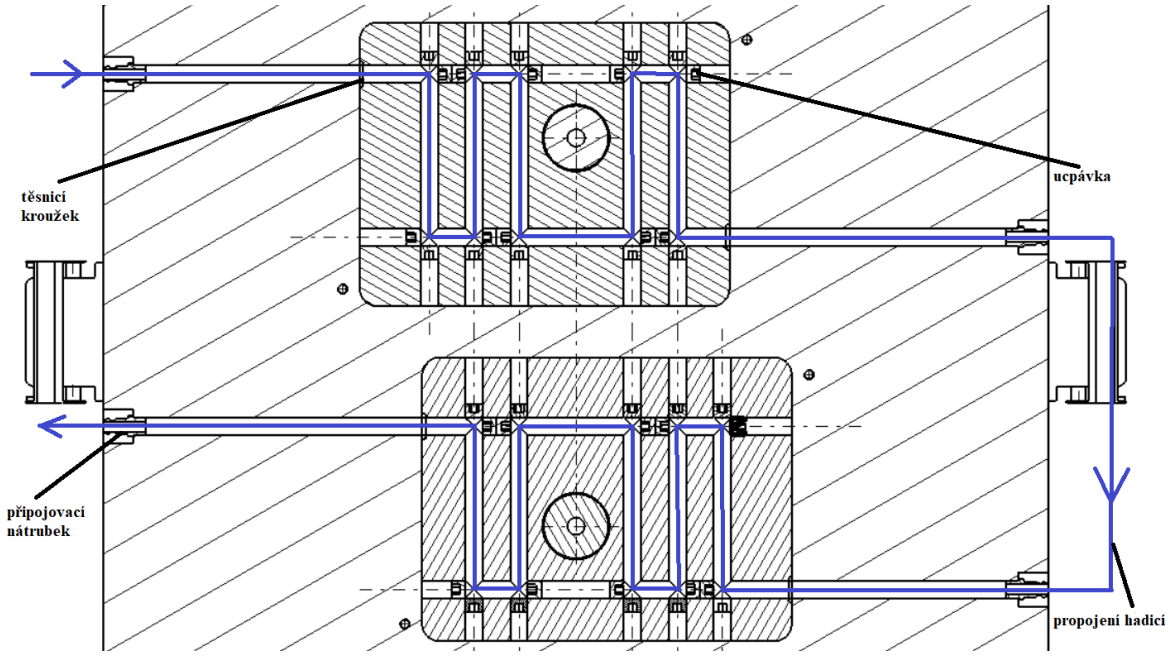
Po přijetí vstřikovací jednotky dochází ke vstříknutí roztaveného polymeru přes centrální vtokovou vložku do vyhřívaného rozvodného bloku. Tavenina je poté systémem kanálků v horkém rozvodném toku přivedena do horkých trysek. Trysky, jejichž konec je zúžen do podoby bodového ústí, pak vedou taveninu do dutin vstřikovací formy. Na obr. 35 je znázorněno umístění vtokových ústí v tvárnici vstřikovaného dílu.



Obrázek 35 – Umístění vtokových ústí

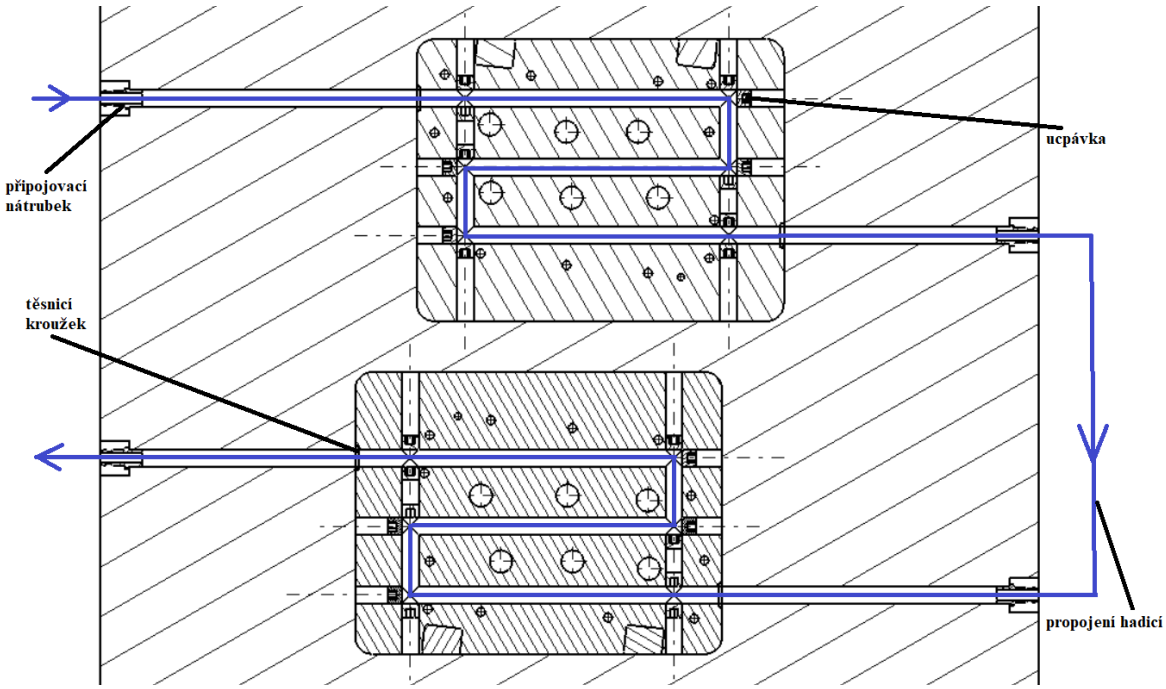
7.6 Temperační systém

Temperační systém formy byl navržen s ohledem na tvar výrobku a rozměry tvarových částí tak, aby byly temperační kanály umístěny v dostatečné vzdálenosti od dutin formy a otvorů pro vyhazovače a aby systém odváděl teplo co nejrovnoměrněji a tím zabránil kolísání teploty ve formě. Vhodně zvolený temperační systém zlepšuje kvalitu výsledného výstřiku a zkracuje dobu potřebnou na vyhození výstřiku z formy, tím pádem zkracuje celý vstřikovací cyklu. Pasivní temperaci tvoří izolační desky ze sklotextitu, upevněné na upínacích deskách. Aktivní temperaci provádí temperační médium (voda), které proudí temperačními okruhy v obou částech formy. Forma obsahuje dva temperační okruhy, jeden pro tvárnice, druhý pro tvárníky. Každý z okruhů je tvořen vrtanými temperačními kanály o průměru 10 mm. Pro zamezení úniku temperačního média do ostatních částí formy a usměrnění toku média žádaným směrem byly použity ucpávky. Těsnící kroužky, které jsou vložené do otvorů v tvarových částech, utěsňují přechod mezi deskami formy a tvarovými částmi. Konce temperačních kanálů ústí do připojovacích nátrubků, které slouží k napojení hadic pro přivedení a odvedení temperačního média z formy. Těsnící kroužky, ucpávky a připojovací nátrubky jsou normáliemi od firmy HASCO.



Obrázek 36 – Temperace tvárnic

Na obr. 36 je znázorněna temperace tvárnic, včetně směru toku temperačního média temperačním systémem. Obr. 37 pak obdobně ukazuje řešení temperace tvárníků. Temperační okruhy jsou propojeny hadicemi pomocí připojovacích nátrubků.



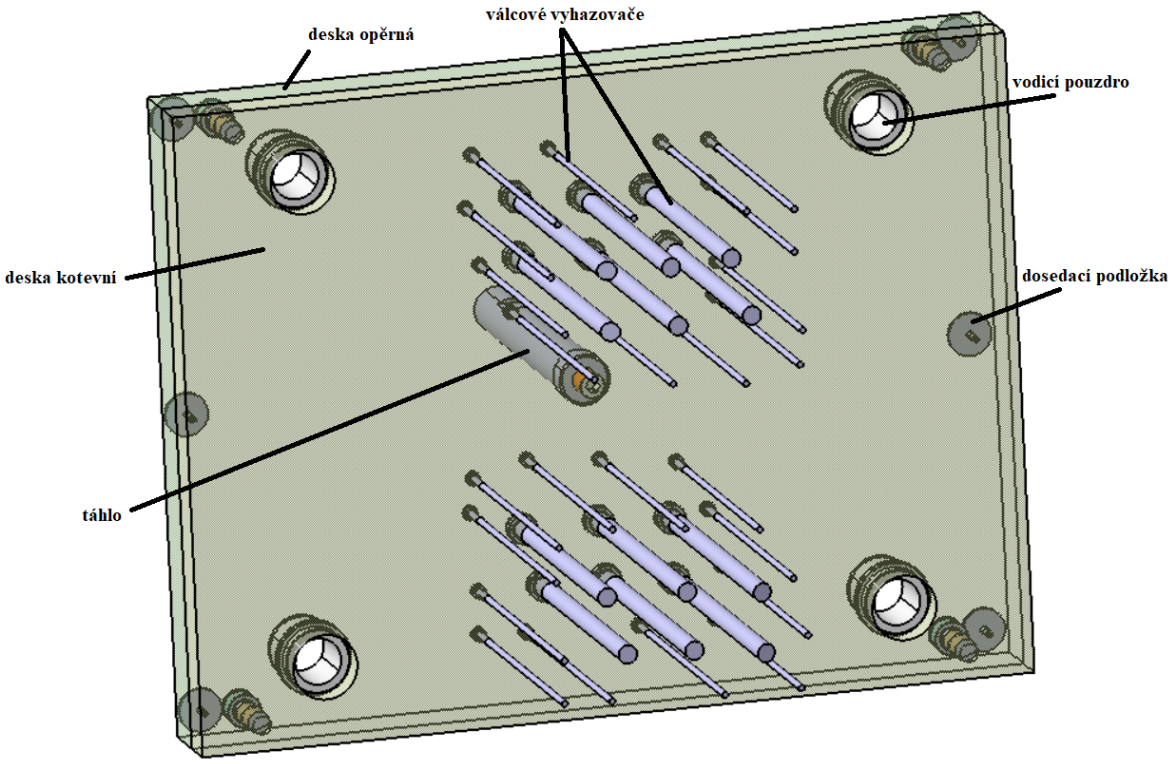
Obrázek 37 – Temperace tvárníků

7.7 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém musí zabezpečit co nejrovnoměrnější a nejefektivnější vyhození výstřiků z formy. Systém je umístěn na pohyblivé části formy a jeho pohyb, který je rovnoběžný s pohybem otevírání a zavírání formy, je ovládán vstřikovacím strojem přes táhlo vyhazovacího systému. Táhlo je připevněno šroubem k opěrné desce vyhazovacího systému.

Vyhození každého dílu v této formě zajišťuje 18 vyhazovačů, které jsou upevněny v kotevní desce vyhazovacího systému a opírají se o opěrnou desku. Dvanáct menších vyhazovačů o průměru 4 mm je rozmístěno po obvodu dílu a zbylých šest vyhazovačů o průměru 12 mm je umístěno uprostřed. Rozložení vyhazovačů poskytuje rovnoměrné rozložení vyhazovací síly po celé ploše výrobků. Vyhazovače jsou umístěny na nepohledovou plochu a stopy po nich tedy neovlivňují funkčnost výrobků.

Přesný pohyb vyhazovacího systému vůči vyráběným dílům zabezpečují vodicí čepy, které se pohybují ve vodicích pouzdrech. Pro zamezení dosednutí vyhazovacího systému na upínací desku formy ve výchozí pozici je opěrná deska vyhazovacího systému opatřena šesti dosedacími podložkami.



Obrázek 38 – Vyhazovací systém

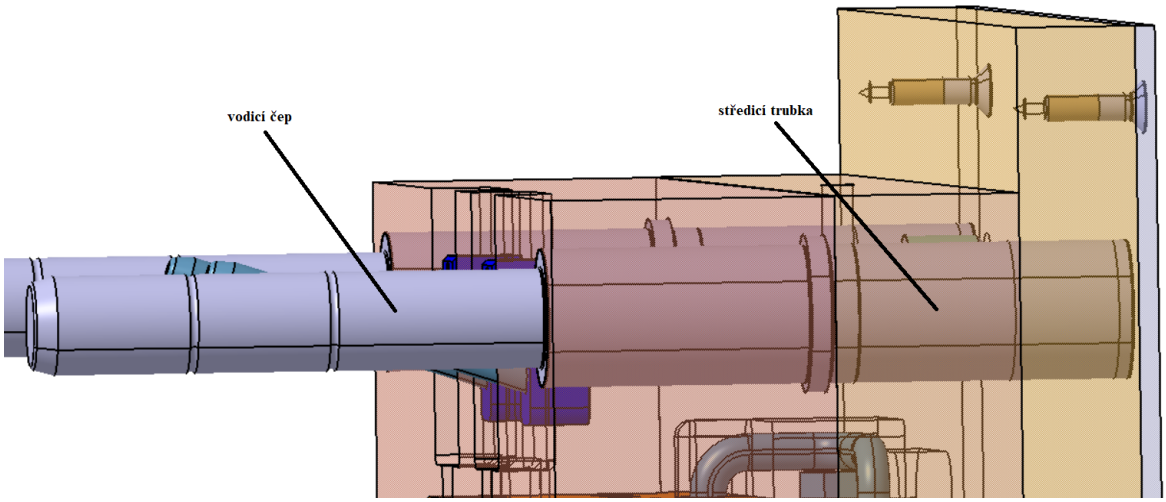
7.8 Odvzdušnění formy

Správné odvzdušnění formy dovolí odvod veškerého vzduchu, kterým je forma před vstřikováním naplněna. Při vstřikování dochází ke stlačování vzduchu v dutině formy čelem roztavené taveniny a může se stát, že tavenina úplně nezateče do všech částí tvarové dutiny nebo při velké rychlosti a tlaku roztavené taveniny dojde k tzv. Dieselovu efektu, tedy zahřátí vzduchu na velmi vysoké teploty, který následně vytvoří spálené místo na vyráběném dílu. V této formě se předpokládá únik vzduchu vůlemi mezi dělicí rovinou a vůlemi mezi válcovými vyhazovači a tvárníkem nebo vůlemi v bočních posuvných čelistech. V případě, že by toto řešení nebylo dostatečné, bude zapotřebí vytvořit v příslušných místech odvzdušňovací kanály.

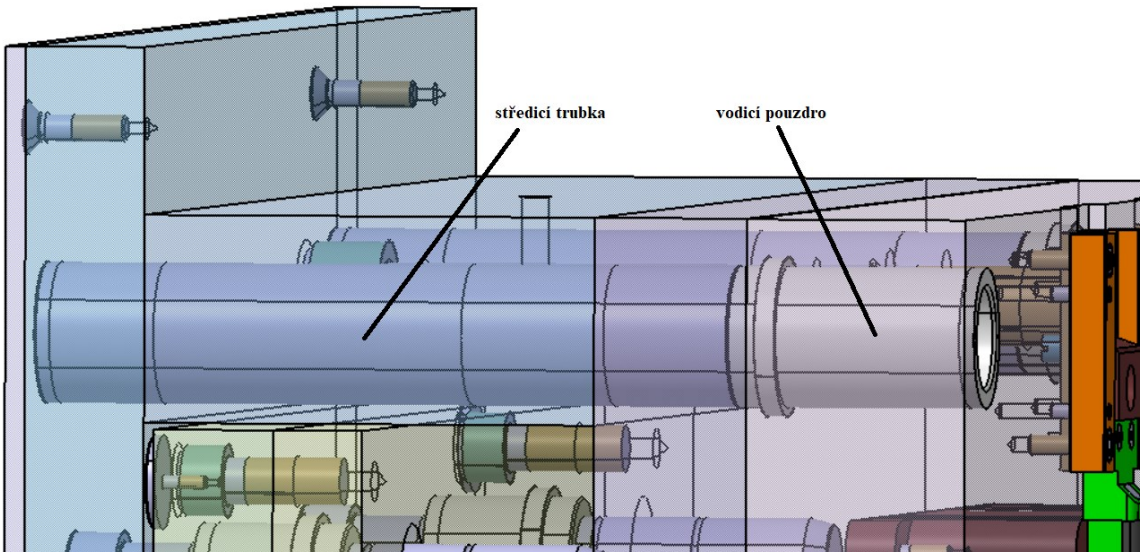
7.9 Vodicí, středicí a manipulační prvky

Veškeré prvky spadající do těchto kategorií byly voleny jako normálie z katalogu od firmy HASCO. Použití normálií vede ke snížení nákladů na celou formu a jejich velikosti se volí s ohledem na celkovou velikost rámu formy a v ní umístěných tvarových dutin. Do desek formy jsou následně pro všechny normálie vytvořeny vybrání, do kterých jsou normálie vloženy a popřípadě připojeny k deskám formy za pomocí šroubů.

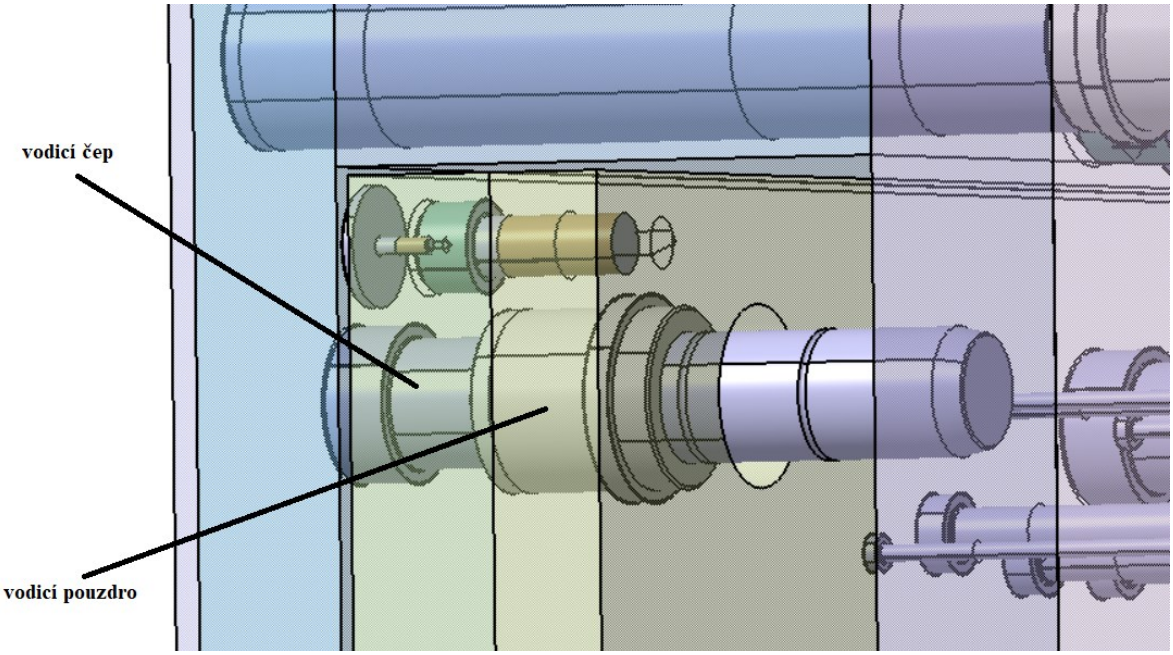
Vodicími prvky jsou vodicí čepy a vodicí pouzdra, které společně se středicími trubkami zajišťují vystředění pohyblivé a nepohyblivé části formy během otvírání a zavírání formy.



Obrázek 39 – Vodicí prvky pravé strany formy

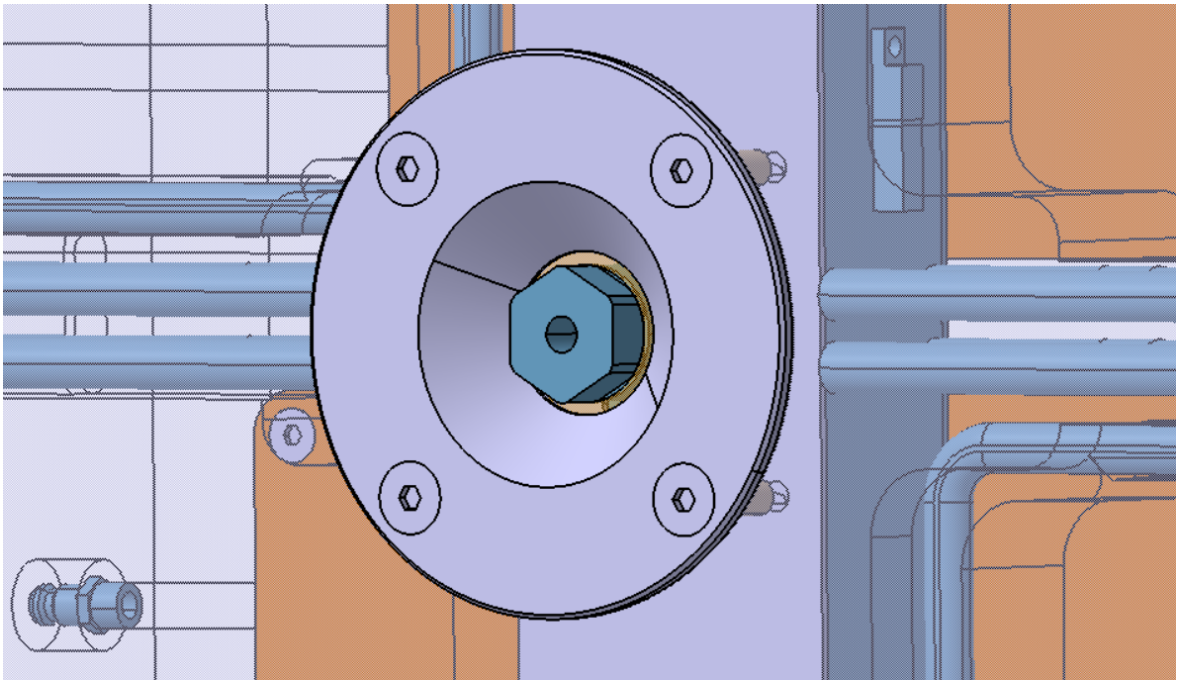


Obrázek 40 – Vodicí prvky levé strany formy

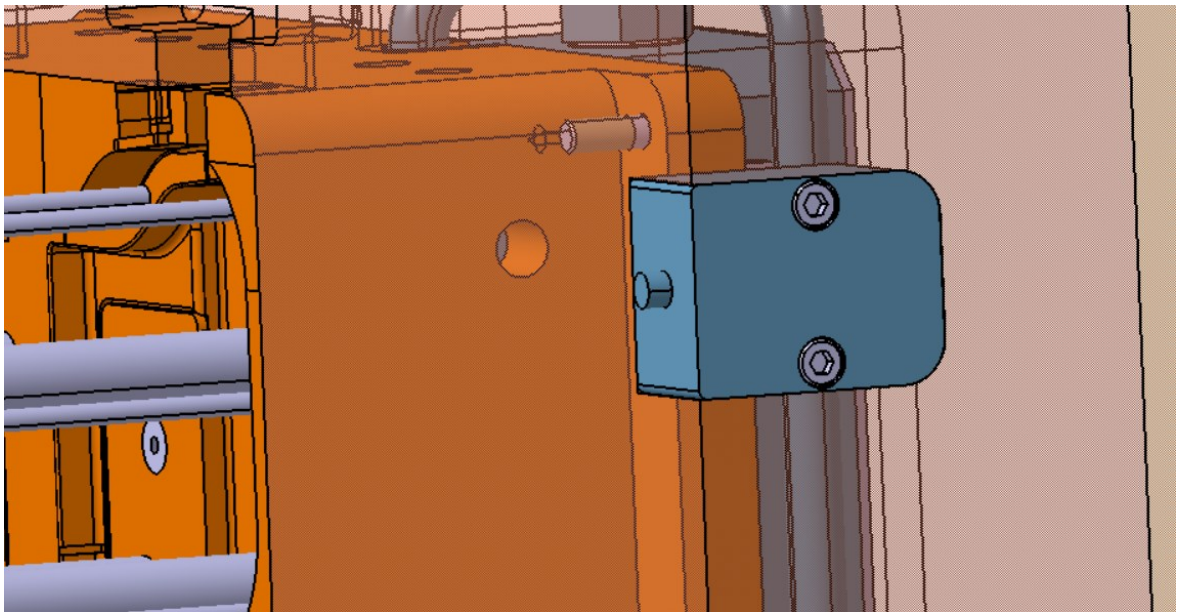


Obrázek 41 – Vodicí prvky vyhazovacího systému

Středicí kroužky slouží k ustavení formy ve vstřikovacím stroji a k přesnému navedení trysky vstřikovacího stroje do vtokové vložky. Ke středění dochází pomocí vnějšího průměru středicích kroužků. Zvolené středicí kroužky jsou typu K100 pro pravou a K500 pro levou stranu formy, oba o průměru 125 mm a výšce 16,5 mm.



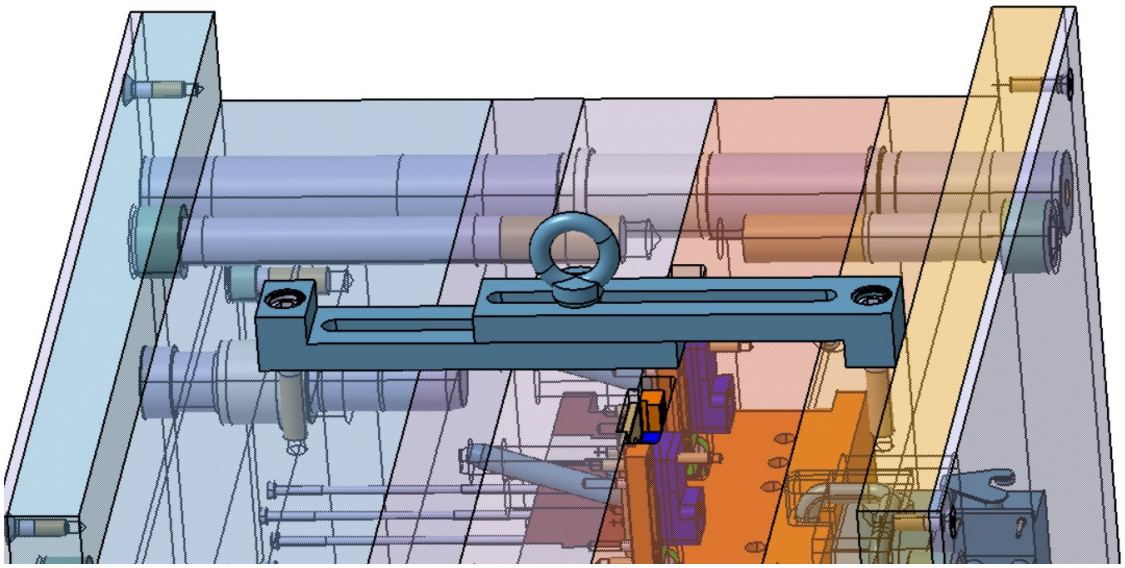
Obrázek 42 – Středicí kroužek



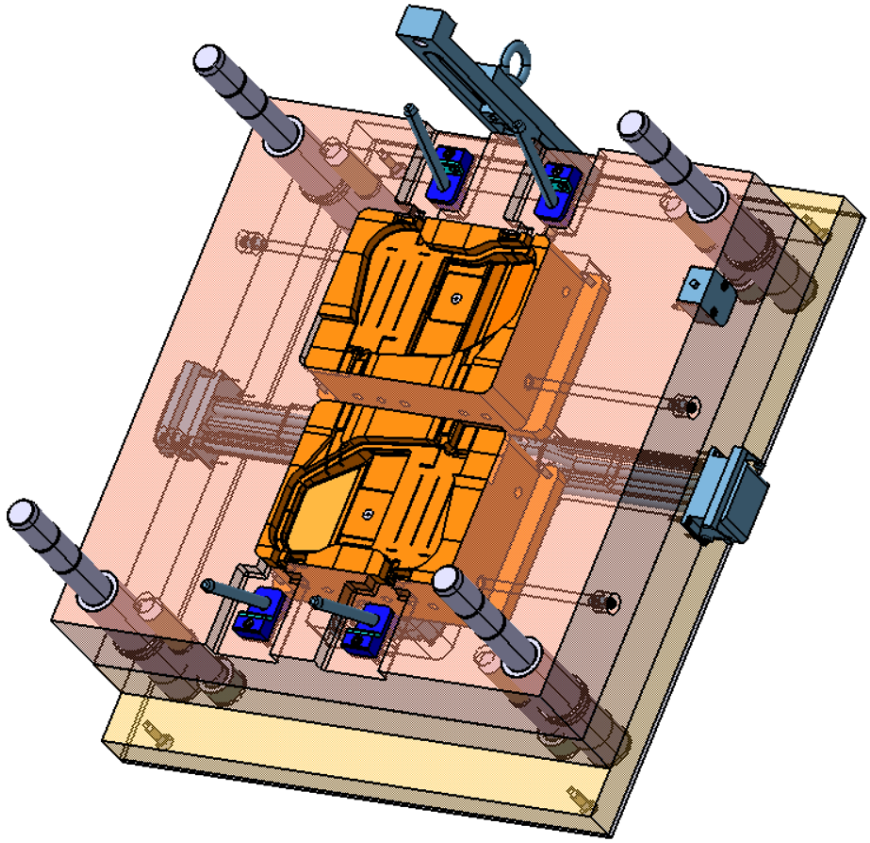
Obrázek 43 – Počítadlo zdvihů

Pro evidenci množství vyráběných dílů je forma vybavena počítadlem zdvihů, umístěným v její nepohyblivé části. Po přijetí pohyblivé části dochází ke stlačení senzoru na počítadle a k započítání zdvihu.

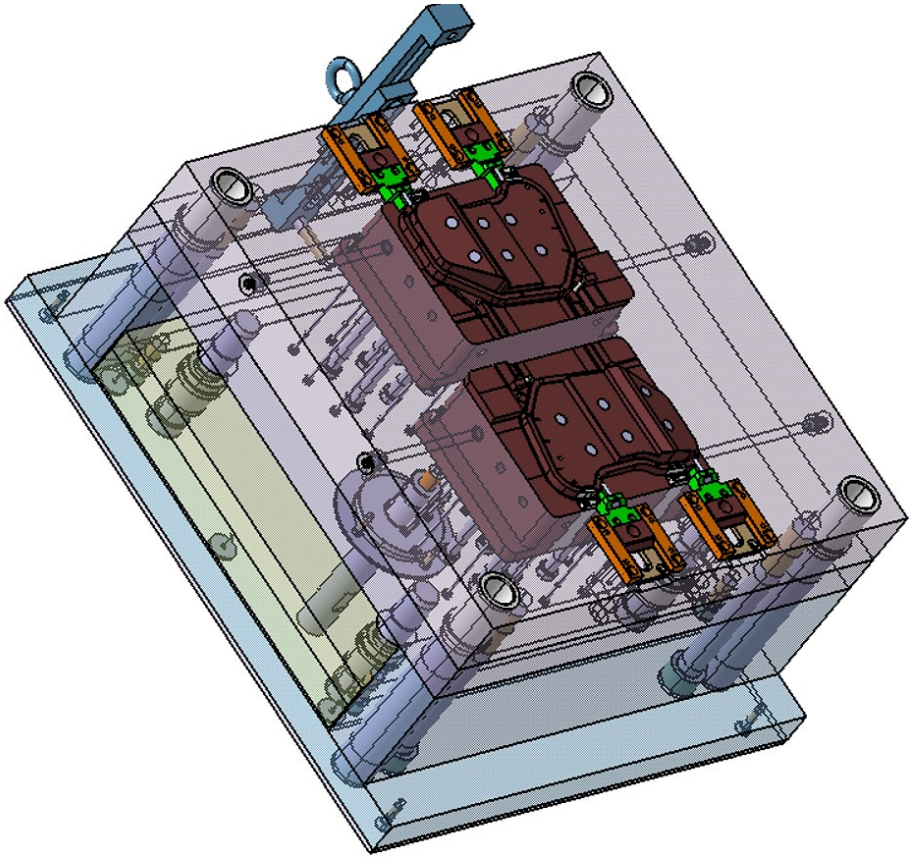
Pro možnost manipulace byla forma opatřena transportním můstkem. Jeho součástí je závěsný šroub s okem, který je umístěn na těžiště formy. Celý transportní můstek je pak pomocí šroubů připevněn na obě části formy a umožňuje manipulaci s formou za pomocí jeřábu.



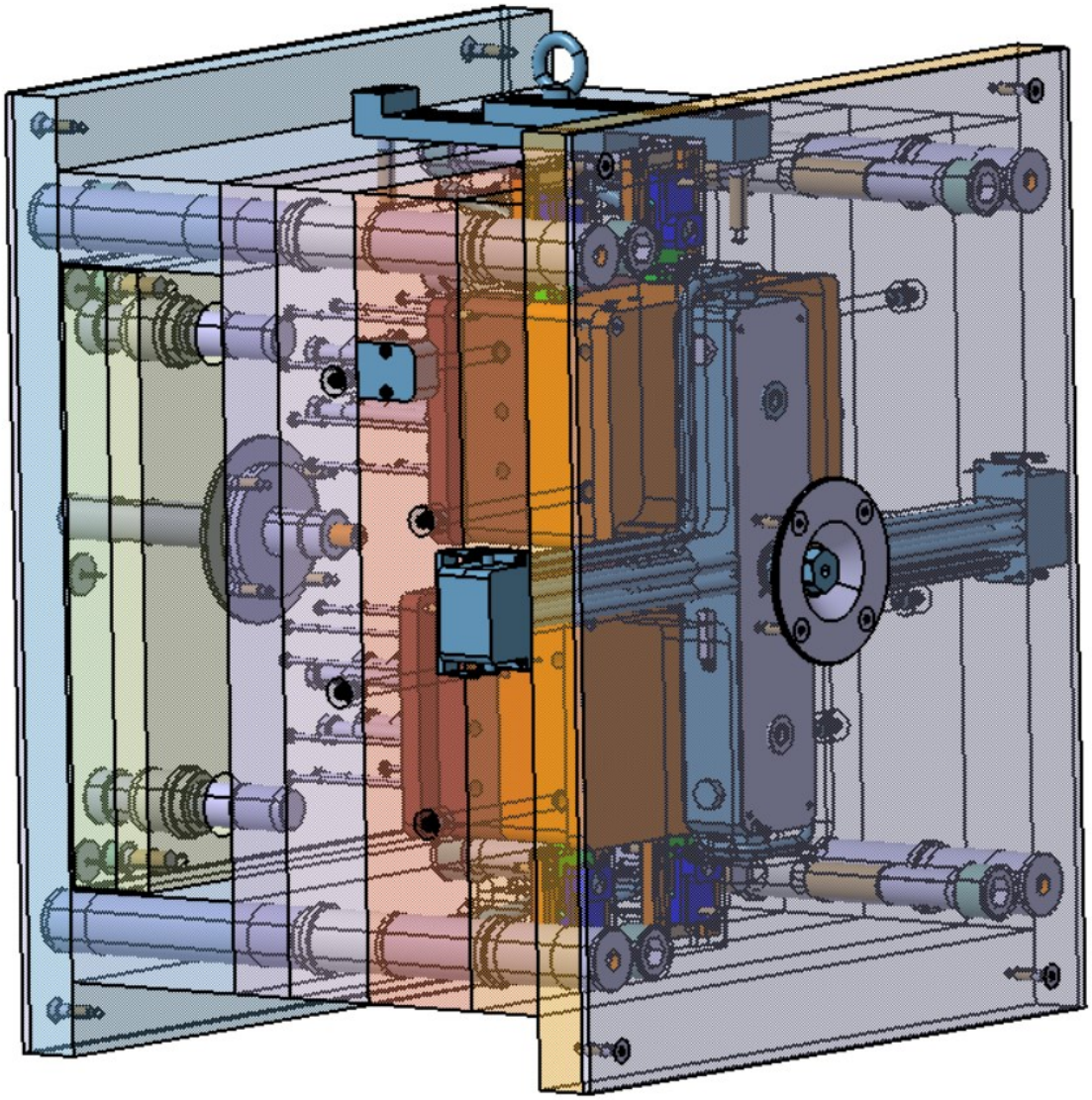
Obrázek 44 – Transportní můstek



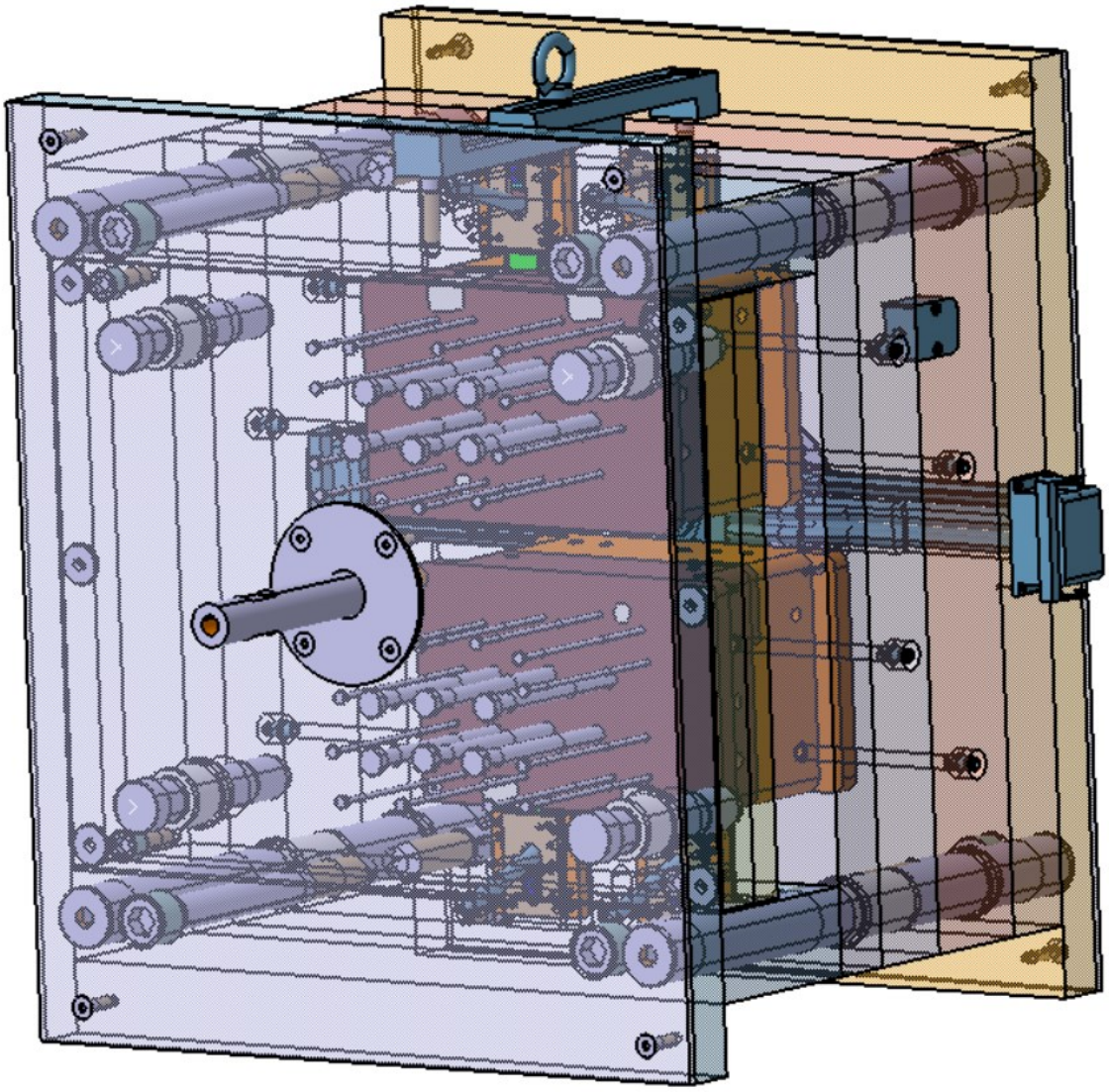
Obrázek 45 – Pravá část formy



Obrázek 46 – Levá část formy



Obrázek 47 – Sestava formy z pravé strany



Obrázek 48 – Sestava formy z levé strany

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární studii k dané problematice polymerů a jejich výroby vstřikováním, dále vytvořit 3D model dle zadané součásti pro automobilový průmysl a k němu následně navrhnout 3D sestavu vstřikovací formy včetně 2D výkresové dokumentace.

Teoretická část je zaměřena na problematiku polymerních materiálů a jejich zpracování vstřikováním. Zabývá se zásadami, které je nutné dodržet při návrhu vstřikovaných dílu a samotném návrhu vstřikovací formy. V praktické části je popsána konstrukce zadaného dílu a vstřikovací formy. Forma i díl byly zkonstruovány v programu CATIA V5R19 za využití co nejvíce normalizovaných prvků. V závěru práce byla vytvořena výkresová dokumentace včetně pohledů, řezů a kusovníku.

Materiál dílu byl zvolen polykarbonát Panlite L-1225Z100 od firmy TEIJIN limited. Z parametrů vstřikovací formy byl zvolen vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION s průměrem šneku 40 mm. Forma byla zadána jako dvojnásobná, takže každý vstřikovací cyklus vyprodukuje dva výrobky. Tvarové části formy jsou vloženy do kotevních desek a tvoří hlavní dělicí rovinu ve směru kolmém k otevírání formy. Pro výrobu bočních děr na výrobku byly využity 4 posuvné čelisti, které nesou tvarové jádra. Vtokový systém byl zadán jako horký ve formě horkého rozvodného bloku s dvěma horkými tryskami. Temperace formy byla pro účinné chlazení zvolena do dvou samostatných okruhů pro obě části formy, okruhy jsou tvořeny kanálky o průměru 10 mm, ve kterých proudí voda. Vyhazovací systém je jednostupňový. Tvoří ho válcové vyhazovací kolíky, které jsou rozmístěny tak, aby došlo k rovnoměrnému rozprostření vyhazovací síly na plochu výrobku a aby zároveň nekolidovaly s temperačním systémem. Pro manipulaci s formou byl zvolen transportní můstek.

Součástí práce jsou v přílohách přiložený materiálový list a technický list vstřikovacího stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] BĚHÁLEK, LUBOŠ. *Polymery* [online]. 2015 [cit. 23.10.2020], ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: https://publi.cz/books/180/Cover.html

[2] MÉZL, M. *Základy technologie vstrekovania plastov*. Olomouc: Mapro spol. s.r.o, 2009. 301 str. ISBN 978-80-970749-7-5.

[3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: Úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Ben-Technická literatura, Praha, 2009. 248 str. ISBN 978-80-7300-250-3.

[4] BOTHE, OTAKAR. *Strojírenská technologie 1*. Sobotáles, Praha, 1997. 128 str. ISBN 80-85920-42-5.

[5] DAVIES, Geoff. *Materials for automobile bodies*. 2nd ed. Place of publication not identified: Butterworth-Heinemann, 2012, 1 online zdroj. ISBN 978-00-8096-979-4.

[6] Přednášky z předmětu T5KF.

[7] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz; 2016 [cit. 25.10.2020], ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: https://publi.cz/books/181/Impresum.html

[8] HYNEK, M. a kol. *Vstřikovací lisy. ln: Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 17.10.2020]. Dostupné z: https://docplayer.cz/10453752-Vstrikovaci-lisy-k-5-plastove-doc-ing-martin-hynek-ph-d-a-kolektiv-verze-1-0.html

[9] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. Liberec: Code creator, s.r.o., 2015 [cit. 17.10.2020]. ISBN 978-80-88058-72-4. Dostupné z: https://publi.cz/books/184/Cover.html

[10] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Code creator, s.r.o. publi.cz. 2016, ISBN 978-80-88058-65-6, [cit. 17.11.2020]. Dostupné z: https://publi.cz/books/179/Impresum.html

[11] MENGES, G. *How to make injection molds*. 3. vyd. Hanser Publishers, Munich, 2001. 612 str. ISBN 978-15-69902-82-8.

[12] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů, I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.

[13] Lentus, spol. s.r.o. *Ocel na výrobu forem* [online]. [cit. 17.11.2020]. Dostupné z: https://www.lentus-ocel.cz/ocel-na-vyrobu-forem

[14] HYNEK, M. a kol. *Studené a živé vtokové systémy*. ln: Plastové díly [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 23.11.2020]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf

[15] HYNEK, M. a kol. *Horké vtoky*. ln: Plastové díly [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 23.11.2020]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Horke_vtoky.pdf

[16] *Injection Mold Design Tutorial*, *Technology and Engineering* [online]. ©2006 [cit. 25.11.2020]. Dostupné z: http://mould-technology.blogspot.com/

[17] HYNEK, M. a kol. *Vyhazovací sestava a vyhazovače*. ln: Plastové díly [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 26.11.2020]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf

[18] HYNEK, M. a kol. *Temperace vstřikovacích forem*. ln: Plastové díly [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 27.11.2020]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf

[19] HYNEK, M. a kol. *Odvzdušnění*. ln: Plastové díly [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 27.11.2020]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Odvzdusneni.pdf

[20] LENFELD P. *Vstřikování plastů. Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2.2.2021]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm

[21] HASCO katalog [online]. [cit. 3.2.2021]. Dostupné z: https://www.hasco.com/cs/

[22] TEIJIN [online]. [cit 19.3.2021]. Dostupné z: https://catalog.ulprospector.com/Datasheet.aspx?I=89805&FMT=PDF&E=235463

[23] ARBURG [online]. [cit. 19.3.2021]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_470C_GOLDEN_EDITION_TD_523679_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
N	Jednotka síly
°C	Jednotka teploty
MPa	Jednotka tlaku, napětí
g/cm^3	Jednotka hustoty
mm	Jednotka délky
g	Jednotka hmotnosti
CAD	Počítačem podporované projektování
s	Jednotka času
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PMMA	Polymetylmetakrylát
PET	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
T_m	Teplota tání
T_f	Teplota toku
T_g	Teplota skelného přechodu
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Rozdělení polymerních materiálů [1] 10
Obrázek 2 – Struktury polymerních řetězců [1] 10
Obrázek 3 – Oblasti využití termoplastů [6] 12
Obrázek 4 – Vstřikovací stroj [8] 15
Obrázek 5 – Tavící komora vstřikovací jednotky [7] 16
Obrázek 6 – Pásma šneku [8] 16
Obrázek 7 – Hydraulicko - mechanický uzavírací systém [8] 17
Obrázek 8 – Fáze vstřikovacího cyklu [7] 18
Obrázek 9 – Průběh tlaků v dutině formy [6] 19
Obrázek 10 – Vliv zaoblení rohů na tok taveniny [6] 23
Obrázek 11 – Rozměry vázané (RVF), nevázané (RNF) formou [6] 24
Obrázek 12 – Studený vtokový systém [14] 27
Obrázek 13 – Vtoková vložka [14] 28
Obrázek 14 – Typy vtokových systémů [14] 29
Obrázek 15 – Přidržovač vtoku [14] 30
Obrázek 16 – Horký vtokový systém [15] 31
Obrázek 17 – Vyhřívaná tryska s a) vnitřním ohřevem, b) vnějším ohřevem [12] 31
Obrázek 18 – Válcový vyhazovač [21] 33
Obrázek 19 – Trubkový vyhazovač [21] 33
Obrázek 20 – Pneumatický vyhazovací systém [17] 34
Obrázek 21 – Izolační deska formy [18] 35
Obrázek 22 – Model vstřikovaného dílu (horní část) 40
Obrázek 23 – Model vstřikovaného dílu (spodní část) 40
Obrázek 24 – Vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION [23] 42
Obrázek 25 – Umístění dílů ve formě 43
Obrázek 26 – Dělicí roviny 44
Obrázek 27 - Tvárnice 45
Obrázek 28 - Tvárník 45
Obrázek 29 – Boční tvarové jádro levé 46
Obrázek 30 – Boční tvarové jádro pravé 46
Obrázek 31 – Řez bočními posuvnými čelistmi 47
Obrázek 32 – Vzdálenost pro umístění pruž. přítlač. elementu 48

Obrázek 33 – Pružný přítlačný element.....48
Obrázek 34 – Vyhřívaný vtokový systém.....49
Obrázek 35 – Umístění vtokových ústí.....50
Obrázek 36 – Temperace tvárnic.....51
Obrázek 37 – Temperace tvárníků.....51
Obrázek 38 – Vyhazovací systém.....52
Obrázek 39 – Vodicí prvky pravé strany formy.....54
Obrázek 40 – Vodicí prvky levé strany formy.....54
Obrázek 41 – Vodicí prvky vyhazovacího systému.....55
Obrázek 42 – Středicí kroužek.....55
Obrázek 43 – Počítadlo zdvihů.....56
Obrázek 44 – Transportní můstek.....56
Obrázek 45 – Pravá část formy.....57
Obrázek 46 – Levá část formy.....57
Obrázek 47 – Sestava formy z pravé strany.....58
Obrázek 48 – Sestava formy z levé strany.....59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Doporučené úkosy [6] 22
Tabulka 2 – Vybrané materiály pro konstrukci dílů forem [13].....26
Tabulka 3 – Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů v dělicí rovině [10].....37
Tabulka 4 – Vybrané vlastnosti materiálu Panlite L – 1225Z100 [22].....41
Tabulka 5 – Vybrané technické parametry vstřikovacího stroje [23] 42

SEZNAM PŘÍLOH

P I Materiálový list Panlite L-1225Z100

P II Technický list vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 470 C GE

P III Výkresová dokumentace:

- pohled do pravé a levé části formy,
- řezy sestavou formy,
- kusovník.

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PANLITE L-1225Z100

TEIJIN

Panlite® L-1225Z100

TEIJIN LIMITED - Polycarbonate

Monday, May 17, 2021

General Information

Product Description			
Weather Resistant grade			
General			
Material Status	• Commercial: Active		
Availability	• Africa & Middle East • Asia Pacific	• Europe • Latin America	• North America
Features	• Good Mold Release	• Good Weather Resistance	• Low Viscosity
Uses	• Automotive Applications	• General Purpose	• LEDs
Automotive Specifications	• GM GMP.PC.009		
Appearance	• Clear/Transparent		
Forms	• Pellets		
Processing Method	• Injection Molding		

ASTM & ISO Properties [1]

Physical	Nominal Value	Unit	Test Method
Density / Specific Gravity	1.20	g/cm³	JIS K7112
Density	1.20	g/cm³	ISO 1183
Melt Volume-Flow Rate (MVR) (300°C/1.2 kg)	12	cm³/10min	ISO 1133
Molding Shrinkage - Flow	0.50 to 0.70	%	ASTM D955
Molding Shrinkage - Across Flow	0.50 to 0.70	%	ASTM D955
Molding Shrinkage			Internal Method
Across Flow : 4.00 mm	0.50 to 0.70	%	
Flow : 4.00 mm	0.50 to 0.70	%	
Water Absorption (24 hr, 23°C)	0.20	%	ISO 62
Water Absorption (Saturation, 23°C)	0.20	%	ASTM D570
Mechanical	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Tensile Modulus	2130	MPa	ASTM D638
Tensile Modulus	2400	MPa	ISO 527-2/1
Tensile Strength (Yield)	63.0	MPa	ASTM D638
Tensile Stress (Yield)	61.0	MPa	ISO 527-2/50
Tensile Strength (Break)	77.0	MPa	ASTM D638
Tensile Elongation (Yield)	6.0	%	ASTM D638
Tensile Strain (Yield)	6.0	%	ISO 527-2/50
Tensile Elongation (Break)	140	%	ASTM D638
Nominal Tensile Strain at Break	> 50	%	ISO 527-2/50
Flexural Modulus	2260	MPa	ASTM D790
Flexural Modulus [2]	2400	MPa	ISO 178
Flexural Strength	93.0	MPa	ASTM D790
Flexural Stress [2]	94.0	MPa	ISO 178
Compressive Strength	76.0	MPa	ASTM D695

Disclaimer:
- The numerical values described in the data sheet are typical numerical values produced with a standard test method, and they do not guarantee the product's performance in a particular application.
- The flammability as described in the data sheet is an evaluation that resulted from a small-scale test, and it cannot be applied as it is to evaluate the actual risk of fire.
- Please contact us if you wish to use the product in medical equipment, food containers and packaging, and toys.
- If you wish to use various additives (antibacterial agents, stabilizers and flame retardants) or coloring agents with this resin, please consult with Teijin Ltd. beforehand. However, please note that Teijin Ltd. does not offer any kind of guarantee or bear any responsibility with regards to using this resin in any of these applications.
- The contents of the data sheet may change without notice.
- For other details, please see the Material Safety Data Sheet (MSDS) before use.
- Please contact the Resin & Plastic Processing Business Unit of Teijin Ltd. for detailed data.
- The raw materials used in our products may be subject to regulations depending on the type of system that exists to manage chemical substances in places to which our products are delivered. In addition, a separate application may need to be filed depending on the brand. There are also cases where imports of our products are not approved. If you are an importer or exporter and intend to import or export our products to new destinations, please make sure you contact us for details of regulatory compliance in those destinations.

Panlite® L-1225Z100

TEIJIN LIMITED - Polycarbonate

Impact	Nominal Value	Unit	Test Method
Charpy Notched Impact Strength	71	kJ/m²	ISO 179
Charpy Unnotched Impact Strength	No Break		ISO 179
Notched Izod Impact			ASTM D256
3.20 mm	830	J/m	
6.40 mm	130	J/m	
Hardness	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Rockwell Hardness (M-Scale)	77		ASTM D785
Thermal	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Deflection Temperature Under Load			JIS K7207
0.45 MPa, Unannealed	141	°C	
Heat Deflection Temperature (0.45 MPa, Unannealed)	141	°C	ISO 75-2/B
Deflection Temperature Under Load			JIS K7207
1.8 MPa, Unannealed	131	°C	
Heat Deflection Temperature (1.8 MPa, Unannealed)	128	°C	ISO 75-2/A
Vicat Softening Temperature	148	°C	ISO 306/B50
CLTE - Flow	7.0E-5	cm/cm/°C	ASTM D696
CLTE - Flow	7.0E-5	cm/cm/°C	ISO 11359-2
CLTE - Transverse	7.0E-5	cm/cm/°C	ASTM D696
CLTE - Transverse	7.0E-5	cm/cm/°C	ISO 11359-2
RTI Elec (0.75 mm)	125	°C	UL 746B
RTI Imp (0.75 mm)	115	°C	UL 746B
RTI Str (0.75 mm)	125	°C	UL 746B
Electrical	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Surface Resistivity	> 1.0E+15	ohms	IEC 60093
Volume Resistivity	3.0E+16	ohms·cm	ASTM D257
Volume Resistivity	> 1.0E+15	ohms·cm	IEC 60093
Dielectric Strength [3] (1.60 mm)	30	kV/mm	ASTM D149
Electric Strength [4]	30	kV/mm	IEC 60243-1
Dielectric Constant			ASTM D150
60 Hz	2.95		
1 MHz	2.90		
Relative Permittivity			IEC 60250
100 Hz	3.10		
1 MHz	3.00		
Dissipation Factor			ASTM D150
60 Hz	4.0E-4		
1 MHz	9.0E-3		
Dissipation Factor			IEC 60250
100 Hz	1.0E-3		
1 MHz	9.0E-3		
Arc Resistance	100	sec	ASTM D495
Comparative Tracking Index	250	V	IEC 60112

Disclaimer:
- The numerical values described in the data sheet are typical numerical values produced with a standard test method, and they do not guarantee the product's performance in a particular application.
- The flammability as described in the data sheet is an evaluation that resulted from a small-scale test, and it cannot be applied as it is to evaluate the actual risk of fire.
- Please contact us if you wish to use the product in medical equipment, food containers and packaging, and toys.
- If you wish to use various additives (antibacterial agents, stabilizers and flame retardants) or coloring agents with this resin, please consult with Teijin Ltd. beforehand. However, please note that Teijin Ltd. does not offer any kind of guarantee or bear any responsibility with regards to using this resin in any of these applications.
- The contents of the data sheet may change without notice.
- For other details, please see the Material Safety Data Sheet (MSDS) before use.
- Please contact the Resin & Plastic Processing Business Unit of Teijin Ltd. for detailed data.
- The raw materials used in our products may be subject to regulations depending on the type of system that exists to manage chemical substances in places to which our products are delivered. In addition, a separate application may need to be filed depending on the brand. There are also cases where imports of our products are not approved. If you are an importer or exporter and intend to import or export our products to new destinations, please make sure you contact us for details of regulatory compliance in those destinations.

Panlite® L-1225Z100

TEIJIN LIMITED - Polycarbonate

Flammability	Nominal Value	Unit	Test Method
Flame Rating			UL 94
1.9 mm	HB		
0.40 mm	V-2		
Glow Wire Flammability Index			IEC 60695-2-12
1.5 mm	825	°C	
3.2 mm	875	°C	
Glow Wire Ignition Temperature			IEC 60695-2-13
1.5 mm	850	°C	
3.2 mm	875	°C	

Optical	Nominal Value	Unit	Test Method
Refractive Index	1.585		ASTM D542
Light Transmittance (3000 µm)	88.0	%	ASTM D1003

Processing Information

Injection	Nominal Value	Unit
Drying Temperature	120	°C
Drying Time	> 5.0	hr
Processing (Melt) Temp	270 to 320	°C
Mold Temperature	80 to 120	°C

Notes

[1] Typical properties: these are not to be construed as specifications.

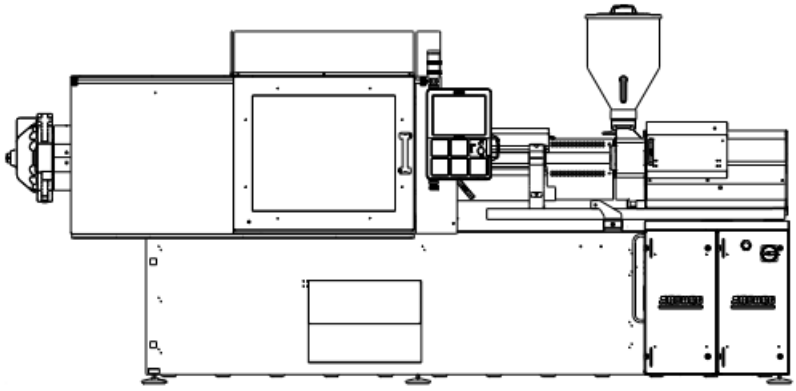
[2] 2.0 mm/min

[3] Quick Voltage rise method

[4] short time test

Disclaimer:
- The numerical values described in the data sheet are typical numerical values produced with a standard test method, and they do not guarantee the product's performance in a particular application.
- The flammability as described in the data sheet is an evaluation that resulted from a small-scale test, and it cannot be applied as it is to evaluate the actual risk of fire.
- Please contact us if you wish to use the product in medical equipment, food containers and packaging, and toys.
- If you wish to use various additives (antibacterial agents, stabilizers and flame retardants) or coloring agents with this resin, please consult with Teijin Ltd. beforehand. However, please note that Teijin Ltd. does not offer any kind of guarantee or bear any responsibility with regards to using this resin in any of these applications.
- The contents of the data sheet may change without notice.
- For other details, please see the Material Safety Data Sheet (MSDS) before use.
- Please contact the Resin & Plastic Processing Business Unit of Teijin Ltd. for detailed data.
- The raw materials used in our products may be subject to regulations depending on the type of system that exists to manage chemical substances in places to which our products are delivered. In addition, a separate application may need to be filed depending on the brand. There are also cases where imports of our products are not approved. If you are an importer or exporter and intend to import or export our products to new destinations, please make sure you contact us for details of regulatory compliance in those destinations.

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG ALLROUNDER 407 C GE



ALLROUNDER 470 C

GOLDEN EDITION

Distance between tie bars: 470 x 470 mm
Clamping force: 1500 kN
Injection unit (acc. to EUROMAP): 400, 800

ARBURG

TECHNICAL DATA | 470 C GOLDEN EDITION

Clamping unit			**470 C GOLDEN EDITION**
with clamping force	max.	kN	1500
Opening force | stroke	max.	kN | mm	350 | 500
Mould height, fixed | variable	min.	mm	250 | ---
Platen daylight fixed | variable	max.	mm	750 | ---
Distance between tie bars (w x h)		mm	470 x 470
Mould mounting platens (w x h)	max.	mm	650 x 650
Weight of movable mould half	max.	kg	800
Ejector force | stroke	max.	kN | mm	40 | 175
Dry cycle time EUROMAP [2]	min.	s - mm	1,8 - 329

Injection unit			**400**			**800**			
with screw diameter		mm	35	40	45	45	50	55	
Effective screw length		L/D	23	20	18	22	20	18	
Screw stroke	max.	mm		160			200		
Calculated stroke volume	max.	cm³	154	201	254	318	392	474	
Shot weight	max.	g PS	141	184	232	291	359	434	
Material throughput	max.	kg/h PS	25	29	35	46	53	59	
	max.	kg/h PA6.6	12,5	15	17,5	23	27	30	
Injection pressure	max.	bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650	
Holding pressure	max.	bar	2500	2000	1580	2470	2000	1650	
Injection flow [2]	max.	cm³/s	128	168	212	174	214	260	
Screw circumferential speed [2]	max.	m/min	47	53	60	54	60	66	
Screw torque	max.	Nm	480	550	610		880		
Nozzle contact force | retraction stroke	max.	kN | mm		60 | 300			70 | 400		
Heating capacity | zones		kW		9,4 | 5			19,9 | 8		
Feed hopper		l		50			50		

Drive and connection					**2 pumps**	
with injection unit					400	800
Net weight of machine			kg		4850	5200
Sound press. level | Insecurity *			dB(A)			69 | 3
Oil filling			l			235
Drive power [2]		max.	kW		18,5	22
Electrical connection [3]			kW		30	44
	Total		A		80	100
	Machine		A		---	---
	Heating		A		---	---
Cooling water connection		max.	°C			30
		min.	Δp bar			1,5 | DN 25

Machine type
with EUROMAP size designation [1]
470 C GOLDEN EDITION 1500-400 |800

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm^3) x max. injection pressure (kbar)
2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
4) Detailed info in the operating instr.
[ ] Specifications apply to alternative equipment.

SHOT WEIGHTS | 470 C GOLDEN EDITION

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		400			800			
Screw diameter	mm	35	40	45	45	50	55	
Polystyrene	max. g PS	141	184	232	291	359	434	
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	137	179	227	284	350	424	
	max. g SAN, ABS[1]	135	176	223	278	344	416	
Cellulose acetate	max. g CA[1]	158	207	262	327	404	488	
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB[1]	147	192	243	304	375	454	
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	145	190	240	300	371	449	
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	131	171	216	270	333	403	
Polycarbonate	max. g PC	148	193	244	305	377	456	
Polysulphone	max. g PSU	153	199	252	316	390	471	
Polyamides	max. g PA 6.6 | PA 6[1]	140	183	231	289	357	431	
	max. g PA 6.10 | PA 11[1]	131	171	216	270	333	403	
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	174	227	287	359	443	536	
Polyethylene terephthalate	max. g PET	167	219	277	346	427	517	
Polyethylene	max. g PE-LD	106	139	176	219	271	328	
	max. g PE-HD	110	143	181	227	280	339	
Polypropylene	max. g PP	112	146	185	232	286	346	
Fluorpolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE[1]	225	294	372	465	574	695	
	max. g ETFE	196	256	324	408	504	609	
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	170	222	281	351	434	525	
	max. g PVC-P[1]	157	205	260	324	401	485	

1) average value