

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh designu vstřikovací formy pro daný model

Autor: **Mgr. Hana BENEŠOVÁ**
Vedoucí práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mgr. Hana BENEŠOVÁ**
Osobní číslo: **S13B0194K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Návrh designu vstřikovací formy pro daný model**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracujte rešerši současného stavu problematiky vstřikování a na základě získaných poznatků navrhnete konstrukci vstřikovací formy pro zadanou součást. Popište postup konstrukčního návrhu designu formy. Zhotovte výrobní výkresovou dokumentaci ve 2D v závislosti na technologii výroby.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Poznátky k dané problematice formou rešerše.
2. Návrh designu a popis vstřikovací formy.
3. Detailní konstrukce formy, modely ve 3D, výkresová dokumentace ve 2D.

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

DUCHÁČEK, V. *Polymery*. Praha: VŠCHT, 2006

KUTA, A. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT, 1999

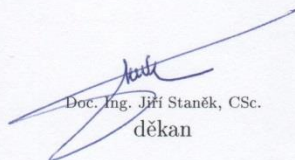
BOBČÍK, L. A KOL. *Formy pro zpracování plastů I. díl*. Brno: Uniplast, 1999

BOBČÍK, L. A KOL. *Formy pro zpracování plastů II. díl*. Brno: Uniplast, 1999

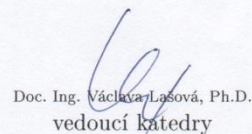
KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastu vyráběné vstřikováním*. Praha: SNTL, 1986

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

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


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Benešová	Jméno Hana	
STUDIJNÍ OBOR	Stavba výrobních strojů a zařízení		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Votápek, Ing. Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh designu vstřikovací formy pro daný model		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	41	TEXTOVÁ ČÁST	23	GRAFICKÁ ČÁST	18
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce popisuje návrh designu vstřikovací formy pro zadanou součást. Úvodní část se skládá z popisu zadané součásti, dále popisuje rozdělení polymerů, vstřikování a vstřikovací stroje. Stěžejní část práce se zabývá návrhem vhodné vstřikovací formy pro zadanou součást. K práci jsou připojeny 3D modely a výkresová dokumentace ve 2D.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>vstřikovací forma, vstřikování, tvárník, tvárnice, násobnost formy, model, NX 7.5</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Benesova	Name Hana	
FIELD OF STUDY	Design of Manufacturing Machines and Equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Votapek, Ing. Ph.D.	Name Petr	
INSTITUTION	ZCU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of injection mold for the given part		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	41	TEXT PART	23	GRAPHICAL PART	18
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This bachelor thesis describes design of the injection mold for the given part. The introduction part contains description of the given part, dividing of polymer materials, information on injection and injection machines. The main part concerns proposal of the suitable injection mold for the given part. All the necessary 3D models and 2D drawings are attached.</p>
KEY WORDS	<p>injection mold, injection, core and cavity, multiple cavity, model, NX 7.5</p>

Poděkování

Touto cestou děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Votápkovi, Ph.D. za cenné připomínky, doporučení a čas věnovaný konzultacím, dále p. Hájkovi za doplňující informace získané v praxi.

OBSAH

1 Úvod	1
1.1 Zadání	1
1.2 Cíl práce.....	1
2 Polymerní materiály	2
2.1 Rozdělení polymerů.....	2
3 Vstříkovaná součást	3
3.1 Popis vstříkované součásti a její funkce	3
3.2 Materiál vstříkované součásti	3
3.3 Smrštění materiálu	5
3.4 Povrch součásti	5
3.5 Tloušťka stěn	5
4 Vstříkování	7
4.1 Vstříkovací jednotka	7
4.2 Vstříkovací proces	8
5 Výpočet násobnosti formy	10
5.1 Vstříkovací stroje - parametry	11
5.2 Násobnost formy podle množství vstříkovaného plastu.....	11
5.3 Násobnost formy dle uzavírací síly	13
5.4 Násobnost formy dle rozměrů vstříkované součásti.....	15
5.5 Výsledná násobnost formy	16
6 Konstrukce formy	17
6.1 Rám formy	18
6.2 Dělicí rovina	19
6.3 Úkosy.....	21
6.4 Tvarová vložka	22
7 Vtokový systém	24
8 Vyhazování	28
8.1 Vedení vyhazování	30
9 Temperace	32
10 Středící kroužky.....	33
11 Transport formy	34
12 Vedení formy	34
13 Celá forma	36
14 Závěr.....	37

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka, zkratka, symbol	Legenda
%	procento
°C	stupeň Celsia
2D	dvoudimenzionální, dvourozměrný
3D	třídimenzionální, třírozměrný
A	hmotnost vtoků a kanálů
A ₍₁₎	tažnost
a _k	vrubová houževnatost
a _n	rázová houževnatost
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
cm	centimetr
č.	číslo
E	modul pružnosti v tahu
F	vstřikovací síla v dělicí rovině
F'	uzavírací síla
F ₄	vstřikovací síla u čtyřnásobné formy
F ₈	vstřikovací síla u osminásobné formy
F ₁₂	vstřikovací síla u dvanáctinásobné formy
g	gram
G	hmotnost výstřiku
k	koeficient tekutosti pro jednotlivé druhy plastů
kJ	kilojoule
kN	kilonewton
ks	kus
m	metr
M	hmotnost jedné dávky taveniny
mm	milimetr
mm ²	milimetr čtvereční
mm ³	milimetr krychlový
MPa	megapascal
n, n ₁ , n ₂	násobnost formy
N	newton
N (pozn.)	zkušební vzorek se nezlomí
obr.	obrázek
p _v	tlak plastu v dutině formy
R _e	mez kluzu v tahu
R _m	mez pevnosti v tahu
S	plocha průmětu do dělicí roviny
tab.	tabulka
tj.	to jest
α _x / α _p	podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu

Značka, zkratka, symbol	Legenda
A/S	kopolymer AS
ABS	kopolymer ABS
CA	acetát celulózy
PA	polyamid
PC	polykarbonát
PE - HD	polyetylén vysokohustostní
PE - LD	polyetylén nízkohustostní
PMMA	polymethylmetakrylát
POM	polyformaldehyd = polyoxymehtylen
PP	polypropylén
PS	polystyrén
PS - HI	polystyrén houževnatý
PVC	PVC tvrdý
PVC-P	PVC měkčený

1 Úvod

V současnosti se polymerní materiály řadí mezi jedny z nejdůležitějších konstrukčních materiálů, pro které je možné neustále hledat nové možnosti využití, zejména v oblastech, kde je možné nahradit dříve využívané materiály.

Využití polymerů v různých aplikacích umožnil rozvoj ve zpracovatelských technologiích, dostupnost polymerů a především jejich vlastnosti – fyzikální, chemické či mechanické. Díky těmto vlastnostem jsou polymery schopny doplnit či zcela nahradit materiály tradiční např. kovy.

Z hlediska zpracovatelnosti jsou polymerní materiály snadno tvarovatelné a v porovnání se zmiňovanými kovy je jejich energetická náročnost zpracování nižší.

Vstřikování do forem, které dávají tavenině plastu výsledný tvar, rozměry a vzhled, se provádí na vstřikovacích strojích. Se stále se zvyšujícími požadavky zákazníka na kvalitu a přesnost vstřikovaných součástí rostou i požadavky na konstrukci vstřikovacích forem.

Pro konstrukční návrhy vstřikovacích forem se využívají různé softwarové 3D aplikace a rovněž databáze normalizovaných dílů, které výrazně zvyšují efektivitu konstrukce.

1.1 Zadání

Byla zadána vstřikovaná součást ve formě 3D modelu, pro kterou je nutno navrhnout vstřikovací formu. Pro vyhotovení návrhu je nutné prostudovat problematiku vstřikování plastů, vypracovat rešerši a na základě poznatků vytvořit pomocí 3D softwaru formu a její výkresovou dokumentaci ve 2D. Bylo zadáno využít normálíí firmy Hasco a požadovanou součást zhotovit z materiálu POM.

1.2 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout takovou formu, která je nejvíce vyhovující pro vstřikování zadané součásti a jejíž výroba a využití je co nejvíce efektivní. Konstrukční návrh bude vypracován v programu NX 7.5 a dle zadání budou použity normálíie firmy Hasco. Jednotlivé kroky návrhu budou stručně popsány v obecné rovině a rovněž konkrétně pro danou formu ve vzájemně navazujících kapitolách. Práce bude podložena 3D modely a výkresovou dokumentací.

2 Polymerní materiály

Polyformaldehyd (POM = polyoxymethylen), tedy materiál ze kterého má být zadaná součástka zhotovena, řadíme mezi polymery. Slovo polymer pochází z řečtiny a znamená mnoho (poly) částic (mer).

„Polymery jsou chemické látky obsahující ve svých rozměrných molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale i dusíku, chloru a jiných prvků. Za normální teploty¹ jsou v tuhém stavu. Za zvýšené teploty přechází do stavu kapalného (taveniny), což umožňuje udělit polymerní tavenině tvar budoucího výrobku.“ [1]

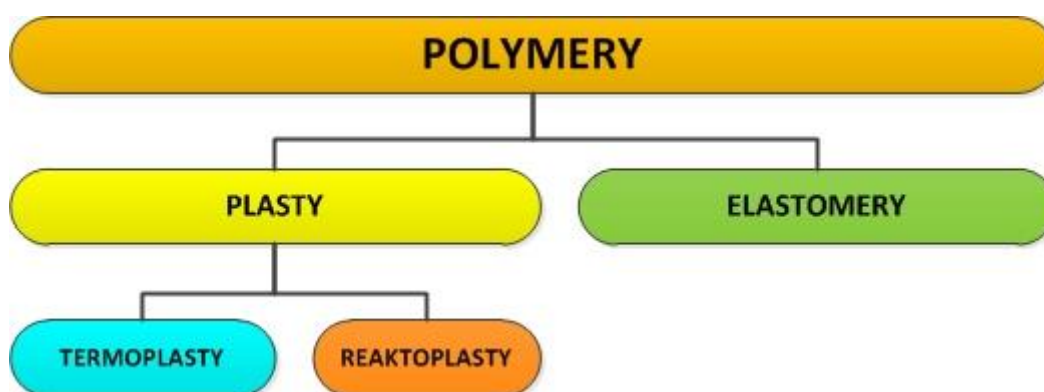
2.1 Rozdělení polymerů

Z hlediska chování za pokojové a zvýšené teploty se polymery dělí na plasty (termoplasty, reaktoplasty) a elastomery. Jako termoplasty označujeme materiály, které jsou teplem rozrušitelné a opět tvarovatelné, s amorfnní nebo semikrystalickou strukturou.

„Amorfnní látky jsou látky v pevném skupenství, které nemají pravidelnou (krystalickou) strukturu. Uspořádání částic je v těchto látkách náhodné, určité zákonitosti existují pouze v polohách navzájem sousedících atomů. Pojmenování amorfnní znamená v řečtině beztvary, proto bývají někdy označovány jako beztvare látky.“ [2]

Semikrystalické struktury jsou částečně uspořádané struktury, které se vytvářejí při přechodu mezi uspořádanou (krystalickou) fází a amorfnní fází. [3]

Amorfnní nebo semikrystalická struktura umožňuje termoplasty recyklovat, na rozdíl od reaktoplastů, u kterých došlo k vytvrzení a tedy k zesíťování vnitřní struktury, tudíž reaktoplasty nelze znovu roztavit. K zesíťování dochází působením tepla nebo síťovacích činidel. U elastomerů dochází k řídkému zesíťování, tzv. vulkanizaci, díky které jsou vysoce elastické a značně deformovatelné i malou silou. [4]



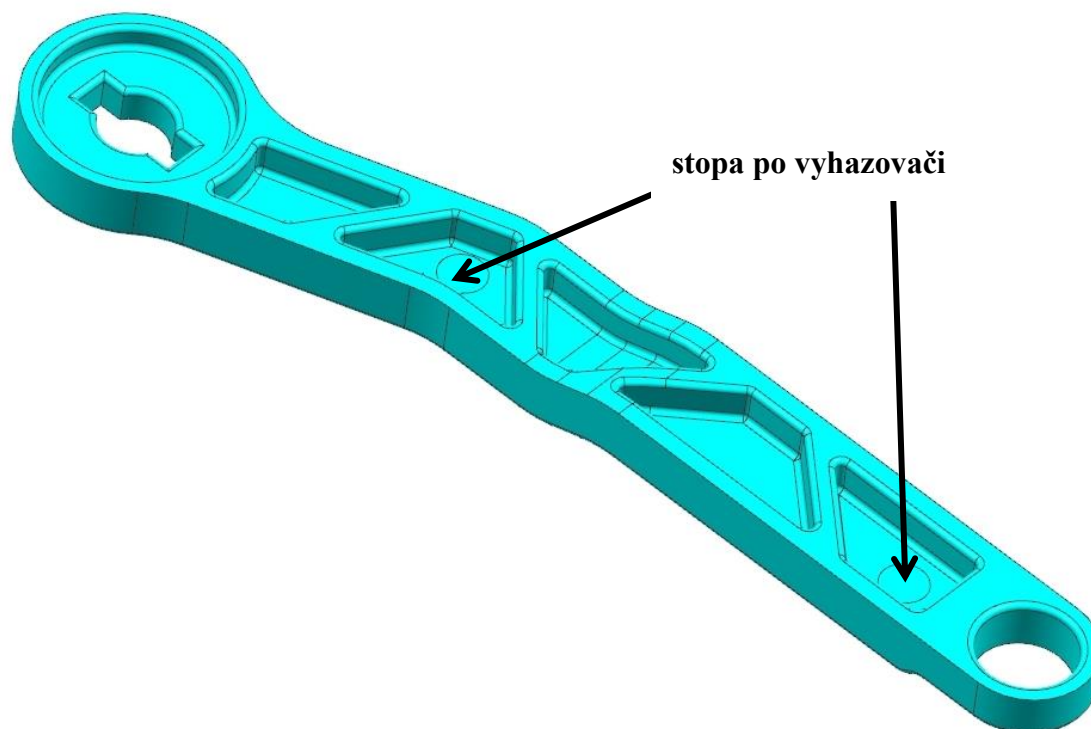
Obr. 1 Rozdělení polymerů

¹ Normální, běžná teplota = pokojová teplota tj. 20°C

3 Vstříkovaná součást

3.1 Popis vstříkované součásti a její funkce

Jedná se o součástku užitou v automobilovém průmyslu jako táhlo v zámku auta. Bylo zadáno použít materiál POM = polyoxymethylen pro jeho vyhovující vlastnosti – nízkou hmotnost, vysokou pevnost a houževnatost. Také byl zadán požadavek na pohledovou stranu součástky, na které nebudou vidět stopy po vyhazovačích.



Obr. 2 Vstříkovaná součástka – vnitřní strana

3.2 Materiál vstříkované součásti

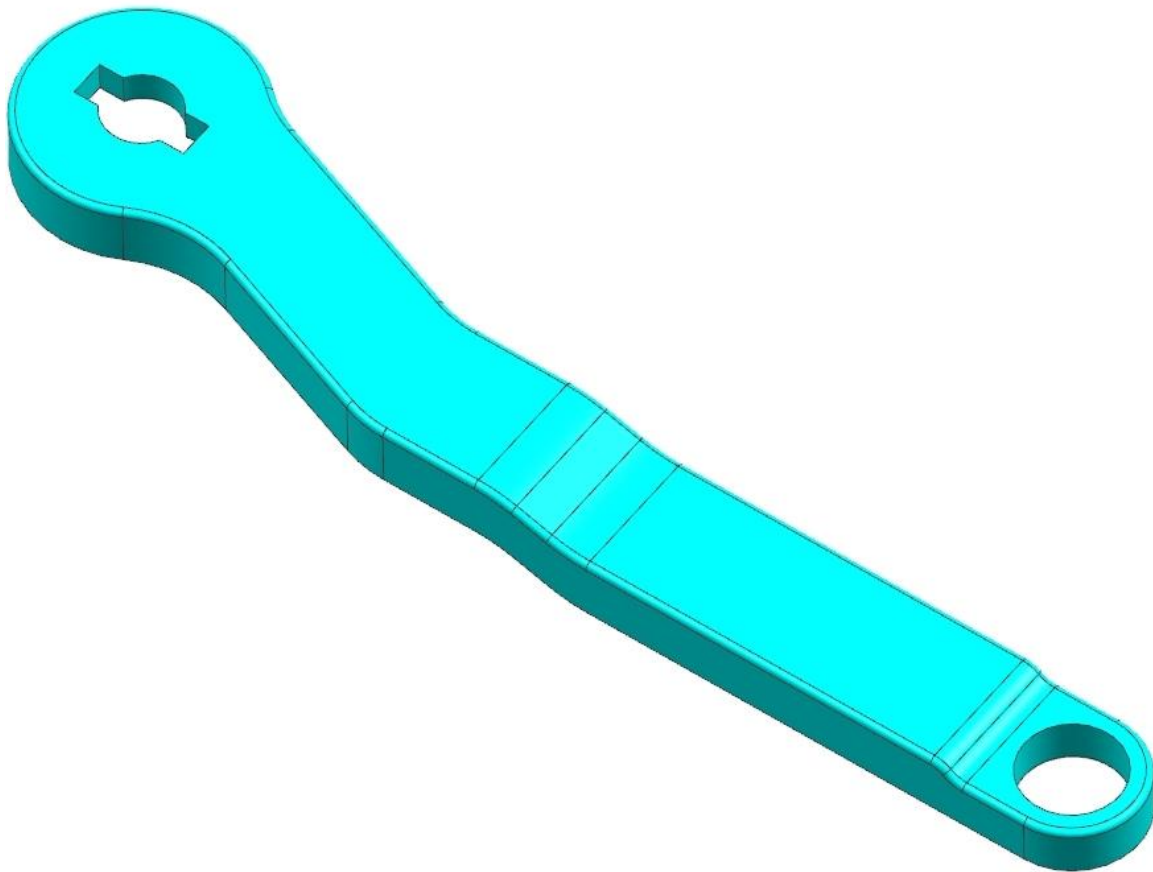
Polyformaldehyd (POM=polyoxymethylen) je klasický konstrukční plast o vysoké hustotě. POM vyniká především pevností, odolností proti otěru a dobrými elektroinstalačními vlastnostmi. Vysoce krystalická struktura způsobuje chování POMu, které je charakteristické pro kovy. POM neodolává silným kyselinám a oxidačním činidlům. Používá se především jako konstrukční plast pro přesné výstřiky. [1]

POM nabízí celou řadu vynikajících vlastností včetně vysoké tuhosti, nízkého opotřebení, dobré pružnosti a nízké nasákavosti vody. Typické aplikace polyoxymethylenu jsou následující: Ozubená kola, pružiny, řetězy, šrouby, rukojeti, zipy, svorky, palivová čerpadla inhalátory, nábytkové kluzáky. [5]

V tabulce č. 1 jsou uvedeny některé mechanické vlastnosti POMu.

Zkratka plastu	Mez kluzu v tahu R_e [MPa]	Mez pevnosti v tahu R_m [MPa]	Modul pružnosti v tahu E [MPa]	Tažnost $A_{(1)}$ (%)	Houževnatost rázová a_n [kJ.m ⁻²]	Houževnatost vrubová a_k [kJ.m ⁻²]
POM	70	80 -120	2 800 - 3 500	10 - 14	N(pozn. ²)	3 - 5
						3 - 4 při -40°C

Tab. 1 Výňatek z tab. Mechanické vlastnosti plastů při 20°C [6]



Obr. 3 Vstříkovaná součástka – pohledová strana

Měrná hmotnost POM je 1,41 g.cm⁻³ [1], **hmotnost** vstříkované součásti je tedy **5,6 g** a **objem** součásti je **3979,2 mm³**.

² N = zkušební vzorek se nezlomí

3.3 Smrštění materiálu

Smrštění materiálu při zpracování se uvádí v určitém rozmezí v procentech. Záleží na druhu plastu, konstrukci součásti i na technologii vstřikování. Smrštěním je ovlivněna především výsledná přesnost výstřiku. Je rovněž třeba uvažovat i o dodatečném smrštění, které však bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazení ve formě. Dodatečné smrštění probíhá delší dobu (týdny až měsíce), příčinou je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí, které vzniklo při vstřikování. [1]

Pro smrštění zadané součásti z POM byla stanovena hodnota 2%. [1]

3.4 Povrch součásti

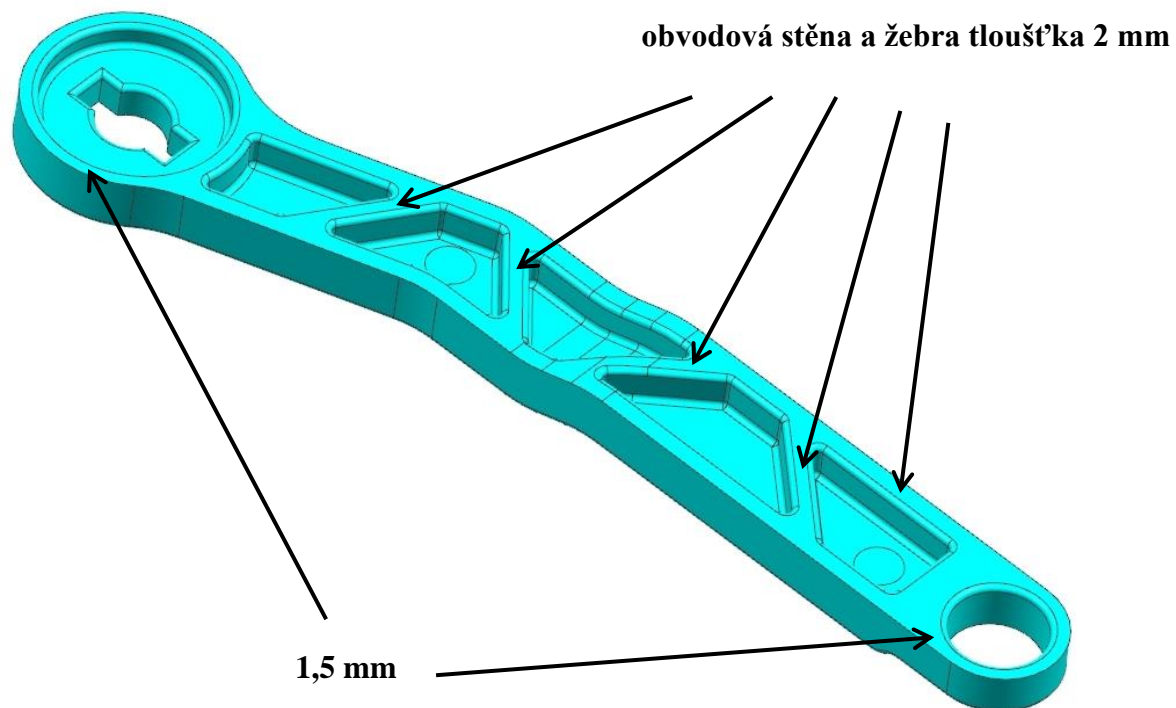
„Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem součásti z plastu jakost jejich povrchů. Vhodnou úpravou např. dezénem, barevností apod. se zvýší nejen estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti pak mají vhodný barevný odstín, nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu, apod. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny formy. Plochy mohou být matné, ty jsou výrobně nejjednodušší a proto ekonomicky nevhodnější. Jsou také výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky při vstřikování, jako jsou studené spoje, stopy po toku apod., lesklé jsou nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy a tím i pro docílení jakosti povrchu výstřiku. Stupeň lesku se předepisuje (vysoký,...). Na lesklém povrchu jsou zvláště veškeré nedostatky výroby formy i výroby výstřiků. U většiny plněných plastů však nelze docílit lesklého povrchu součásti. Dezénové plochy jsou také častou úpravou části, nebo celého povrchu součásti. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti apod. Tak jako u matných ploch zakryjí některé nedostatky a některé nepříznivé vlastnosti plastů.“ [1]

„Barevnost povrchu je jednou z vlastností, která ovlivňuje dojem o dané součásti. Její volba je dána druhem použitého plastu a možného barevného odstínu tohoto materiálu. Šíře barevnosti plastu je dána vzorníkem, podle kterého je třeba se řídit. Při speciálním barevném požadavku je třeba materiál barevně upravit. Pokud ani tento způsob nevyhoví, přistoupí se k úpravě povrchu nátěrem.“ [1]

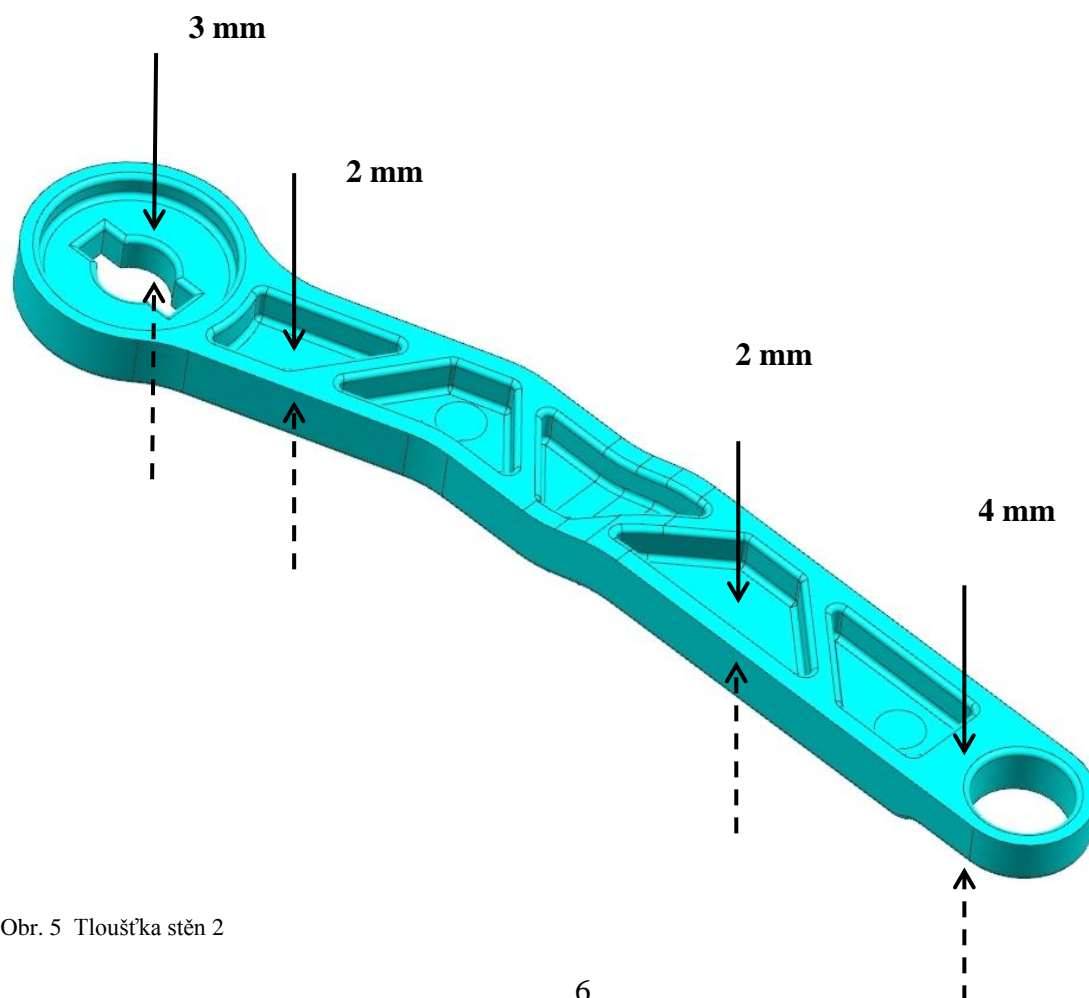
3.5 Tloušťka stěn

Dle zásady správné konstrukce tloušťky stěn by měla být tloušťka stěn co nejvíce jednotná, doporučuje se vyhnout se ostrým hranám, a pokud se nelze vyhnout silnějším stěnám či místům, je ideálním řešením provedení vhodného odlehčení. Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebením formy. [1]

Tloušťka stěn zadané součásti se pohybuje v rozmezí 1,5 – 4 mm, součástka je vyztužena vnitřním žebrováním a nemá žádné ostré hrany či přechody.



Obr. 4 Tloušťka stěn 1



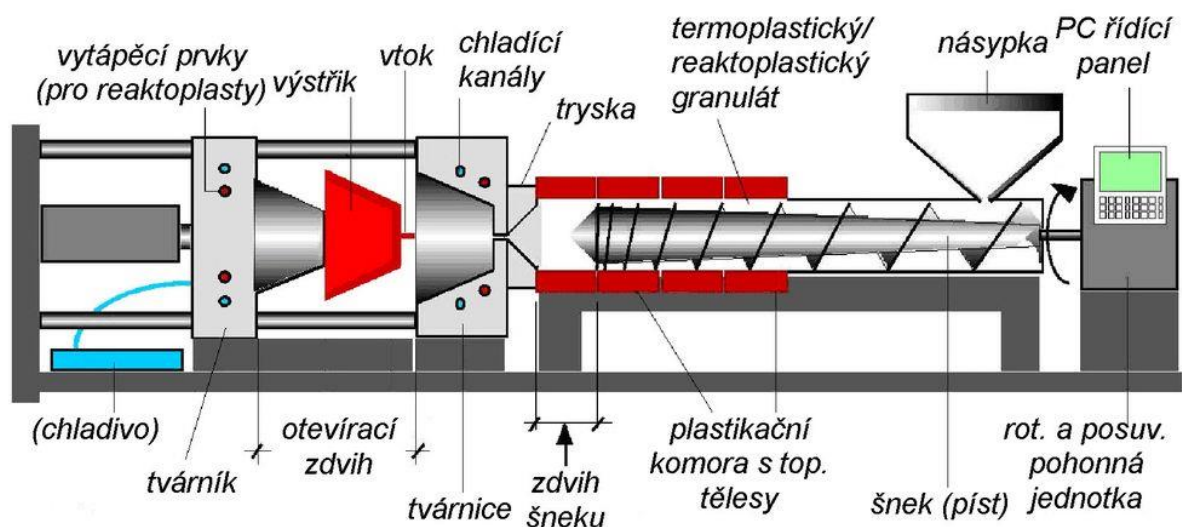
Obr. 5 Tloušťka stěn 2

4 Vstřikování

Na obrázku je znázorněno základní schéma vstřikovacího stroje. Vstřikovací stroje se skládají z 3 hlavních částí:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- řídicí/regulační jednotky.

Stroj může být dále ještě dovybaven manipulátory, roboty, temperačním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny atd.



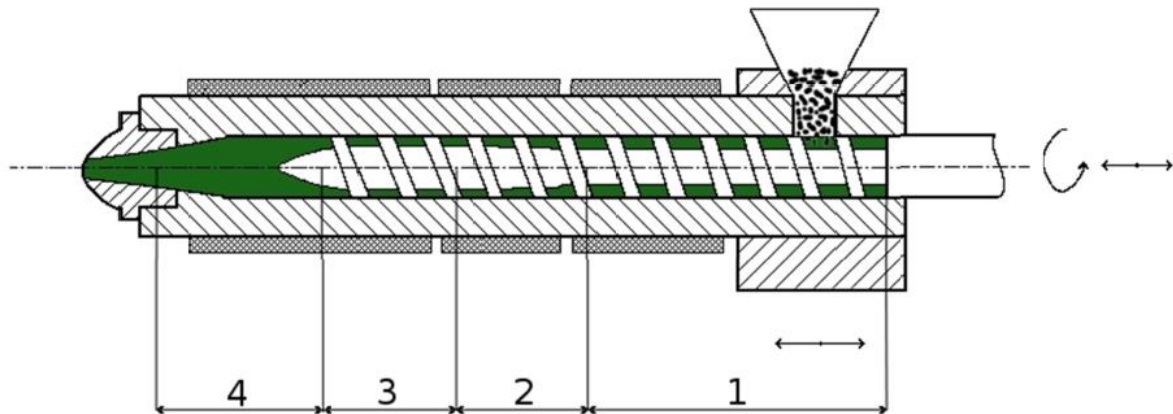
Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [7]

4.1 Vstřikovací jednotka

Jednotka je tvořena ocelovým topným válcem, na jehož čele je umístěna vstřikovací tryska. Uvnitř topného válce je axiálně uložen plastikační šnek, který je uložen otočně a posuvně. Hloubka jeho závitů se směrem k trysce zmenšuje, otáčky šneku jsou měnitelné. Posuv šneku i celé vstřikovací jednotky je hydraulický, tlak a rychlost jsou regulovány množstvím a tlakem přiváděné hydraulické kapaliny. Teplota topného válce se zvyšuje směrem k trysce. Nejnižší teplota je tedy ve vstupní zóně, nejvyšší je u trysky vstřikovací jednotky. Teplotu je nutné postupně zvyšovat, prudký nástup teploty by mohl vést k degradaci vstupního materiálu a k přerušení plnění vstřikovací jednotky. [1]

Vstřikovací jednotku lze tedy rozdělit do 4 zón:

Ve vstupní zóně (1) pod násypkou je šnekový kanál největší (největší objem a nejmenší průměr jádra šneku), materiál se nejprve stlačuje, čímž se vytěsňuje vzduch a ke konci sekce začíná ohřev materiálu. Postupné zvětšení jádra šroubu v další, kompresní zóně (2) způsobí stačení materiálu a na konci této zóny se již vytvoří nehomogenní tavenina. V dávkovací zóně (3) dochází k homogenizaci materiálu hnětením a na jejím konci je již materiál připraven pro vstřikování tryskou (4). [1]



Obr. 7 Vstřikovací jednotka [4]

4.2 Vstřikovací proces

Vstřikovací proces je sledem přesně daných úkonů, jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Popíšme si průběh jednoho cyklu v jednotlivých krocích:

1) Plastikace: uzavření formy, otáčení a vrácení šneku, plastikace roztavené hmoty a její doprava k trysce.

Na počátku cyklu je forma otevřená a ve vstřikovací jednotce je připraven materiál, proces je zahájen uzavřením formy – pohyblivá část formy se přesune k pevné části a pomocí uzavírací jednotky se uzamkne. Uzamčením je vyvozena síla, která přidrží formu, aby nedošlo k otevření při vstřikování.

2) Vstřik: přisunutí jednotky k formě, posun šneku vpřed, vstřik taveniny do formy.

Šnek vstřikovací jednotky se dá do pohybu a proběhne vlastní vstřikování připravené taveniny do dutiny formy. Při vstřikování se šnek pohybuje po své ose dopředu, ale neotáčí se, tj. funguje jako píst.

3) Ukončení vstřiku – dotlak, ztuhnutí vtoku, odsun od formy, návrat šneku zpět, plastikace další dávky taveniny.

Po naplnění formy se plast stlačí a tlak tím dosahuje maximální hodnoty. Stlačení materiálu trvá až do ztuhnutí a je používáno proto, aby se zabránilo vytečení materiálu z dutiny formy. Plast předává svoji tepelnou energii formě a dochází k tuhnutí a chladnutí. Tuhnutí probíhá nejprve při plném tlaku, poté tlak začne klesat, materiál se smršťuje a zmenšuje svůj objem. Toto může způsobit vznik staženin a propadlin na výrobku, proto je nutné provést dotlačení materiálu do formy. Pro dotlačování je potřebný určitý objem materiálu před čelem šneku (polštář), ze kterého se doplňuje materiál do formy. Po dotlačení dojde k odsunu vstřikovací jednotky od formy a vstřikovací jednotka začne plastikovat další dávku.

4) Otevření formy – úplné ztuhnutí, otevření formy, vyhození hotového výstřiku.

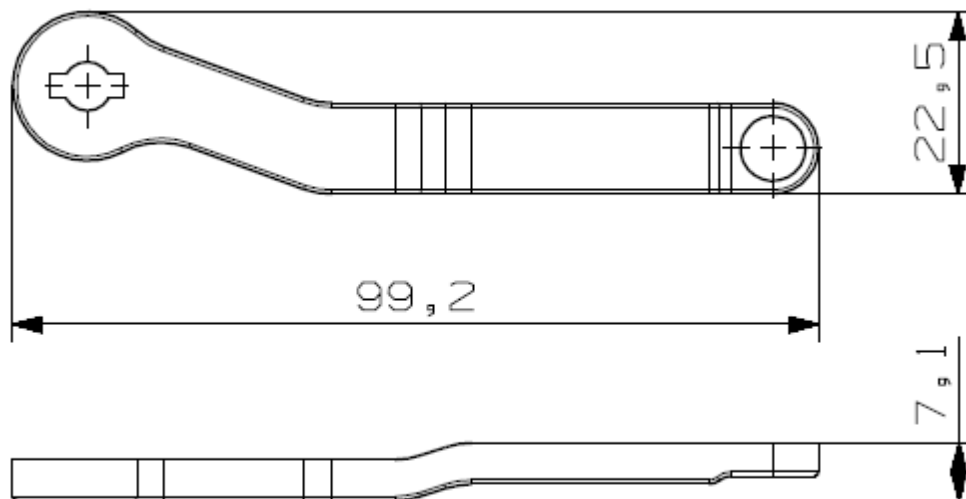
Během plastikace materiálu pro další cyklus forma chladne. Po vychladnutí se forma otevře a výrobek a vtokový zbytek jsou vyhozeny z dutiny formy. [1]

5 Výpočet násobnosti formy

V tabulce č. 2 jsou shrnuty parametry zadané součástky, pro další výpočty je nutné ještě doplnit plochu průmětu vstřikované součásti do dělicí roviny:

Materiál	POM
Hmotnost	5,6 g
Objem	3979,2 mm ³
Délka max.	99,2 mm
Šířka max.	22,5 mm
Výška max.	7,1 mm
Plocha průmětu do dělicí roviny	1150,6 mm ²

Tab. 2 Parametry zadané součástky



Obr. 8 Rozměry táhla

Na základě hodnot z tabulky č. 2 je potřeba stanovit vhodnou násobnost formy. Výpočet násobnosti lze provést třemi způsoby - podle množství vstřikovaného plastu, poté podle uzavírací síly a závěrem dle rozměrů zadané součásti. Poté se provede porovnání získaných výsledků a stanoví nejvhodnější násobnost formy.

5.1 Vstřikovací stroje - parametry

Vstřikování lze provést na dvou vstřikovacích strojích s parametry uvedenými v tabulce č. 3.

Vstřikovací stroj		1. Invera D45/100 - A	2.Invera D130/510 - A
Objem 1 dávky	cm ³	43	221
Hmotnost 1 dávky	g	39	202
Vstřikovací tlak	MPa	240	232,7
Uzavírací síla	kN	450	1300
Světlost mezi sloupy	mm	320 x 320	420 x 420

Tab. 3 Parametry vstřikovacích strojů [8]

5.2 Násobnost formy podle množství vstřikovaného plastu

Pro výpočet násobnosti formy je použit vzorec 5.2.1 pro výpočet dopraveného množství plastu do formy v jednom cyklu. Zjišťuje se, jaký by byl maximální možný počet výstřiků, pokud by byl v jednom cyklu do formy dopraven celý objem jedné dávky – v případě stroje č.1 by bylo vstřikováno 39 g taveniny, v případě stroje č. 2 by bylo vstřikováno 202 g taveniny.

Z výchozího vzorce

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \frac{\alpha_x}{\alpha_p} \quad [5.2.1] \quad [9]$$

vyjádříme n (násobnost formy):

$$n = \left[\frac{1}{G} \left(\frac{M \alpha_p}{1,2 \alpha_x} \right) \right] - \frac{A}{G} \quad [5.2.2]$$

M ...hmotnost jedné dávky [g]

G ... hmotnost výstřiku [g]

A ... hmotnost vtoků a kanálů [g] (Tab.4)

n ... násobnost formy [ks]

$\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$... podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu [-] (Tab.5)

Pro další výpočet je nutné určit hodnotu A (hmotnost vtoků a kanálů, vzorec 5.2.3) a hodnotu podílu $\frac{\alpha_p}{\alpha_x}$ (vzorec 5.2.4). Využijeme tabulky č. 4 a č. 5, zvolené údaje jsou vyznačeny modře.

Hmotnost výstřiku [g]	Přídavek na vtoky a kanály [%]
do 0,5	60 - 100
0,5 - 1	40 - 60
1 - 5	20 - 40
5 - 20	10 - 20
nad 20	5 - 10

Tab. 4 Přídavek na vtoky a kanály [1]

Plast	Zkratka	α_x
Polystyrén houževnatý	PS - HI	105
Kopolymer ABS	ABS	103
Kopolymer AS	A/S	108
Polymetylmetakrylát	PMMA	108
Polyetylén nízkohustostní	PE - LD	92
Polyetylén vysokohustostní	PE - HD	96
Polypropylén	PP	91
Acetát celulózy	CA	130 - 118
Polyamid	PA	110
Polyformaldehyd	POM	136
PVC tvrdý	PVC	140
PVC měkčený	PVC-P	125
Polystyrén	PS	$\alpha_p = 100$

Tab. 5 Podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrénu [1]

Hodnoty v tabulkách č. 4,5,6,7 jsou stanoveny empiricky.³

Pro stanovení A – hmotnosti vtoků a kanálů- použijeme tabulku č. 4. Hmotnost výstřiku je 5,6 g, přídavek na vtoky a kanály se dle tabulky pohybuje v rozmezí 10 – 20%, hodnotu přídavku ze zkušenosti stanovíme na 20%.

$$A = \frac{5,6}{100} \cdot 20 = 1,1 [g] \quad [5.2.3]$$

³ Empirie (z řec. empeiros, zkušený) je zkušenost získaná pozorováním, případně pokusem (experimentem). Slovo se používá tam, kde chceme zdůraznit cílený a řízený způsob získávání zkušeností. V užším smyslu a v moderní teorii vědy znamená opřený o experiment (pokus), obvykle o výsledek nějakého měření.

Pro stanovení podílu poměrových hodnot polystyrenu k určenému plastu $\frac{\alpha_p}{\alpha_x}$ využijeme hodnoty pro POM z tabulky č. 5.

$$\frac{\alpha_p}{\alpha_x} = \frac{100}{136} \quad [5.2.4]$$

Nyní již známe hodnoty všech proměnných, můžeme tedy provést výpočet (vzorec 5.2.5). Násobnosti budeme značit n_1 pro stroj č. 1 a n_2 pro stroj č. 2.

$$n = \left[\frac{1}{G} \left(\frac{M}{1,2} \frac{\alpha_p}{\alpha_x} \right) \right] - \frac{A}{G} \quad [5.2.5]$$

$$n_1 = \left[\frac{1}{G} \left(\frac{M_1}{1,2} \frac{\alpha_p}{\alpha_x} \right) \right] - \frac{A}{G} = \left[\frac{1}{5,6} \left(\frac{39}{1,2} \cdot \frac{100}{136} \right) \right] - \frac{1,1}{5,6} = 4,40 \cong 4 \text{ ks}$$

$$n_2 = \left[\frac{1}{G} \left(\frac{M_2}{1,2} \frac{\alpha_p}{\alpha_x} \right) \right] - \frac{A}{G} = \left[\frac{1}{5,6} \left(\frac{202}{1,2} \cdot \frac{100}{136} \right) \right] - \frac{1,1}{5,6} = 23,61 \cong 23 \text{ ks}$$

5.3 Násobnost formy dle uzavírací síly

Uzavírací síla vyvozená strojem musí být větší, než vstřikovací síla vyvolaná tlakem plastu v dělicí rovině formy.

Pro výpočet uzavírací síly platí

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k < F' \quad [5.3.1] \quad [9]$$

F ... vstřikovací síla v dělicí rovině [N]

F' ... uzavírací síla [N]

S ... plocha průmětu do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů [mm²]

P_v ... tlak plastu v dutině formy [MPa]

k ... koeficient tekutosti pro jednotlivé druhy plastů [--]

Koeficient 1,2 ... zajišťuje, že je forma plně uzavřena, pokrývá rezervu 20%.

Uvedená nerovnice 5.3.1 nezohledňuje násobnost formy, lze ji použít pouze při výpočtu pro jednu vstřikovanou součást. Je nutné nerovnici upravit, zařadit násobnost formy a provést výpočet pro nejčastější násobnosti forem - čtyřnásobnou, osminásobnou a dvanáctinásobnou.

Uvažujeme-li jednotný průřez kanálu (půlkruh) a jednotný průměr 5mm, pak se tento kanál promítne do dělicí roviny jako plocha o velikosti 405.4 mm².

Dále budou použity hodnoty pro p_v a k , nalezneme je v tabulkách č. 6 a č. 7., zvolené hodnoty jsou opět vyznačeny modře.

Délka kavity l [mm]	Tloušťka stěny [mm]											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
20	20	14	11,5									
30	30	21	17	13,5								
40	40	28	23	18	14	12						
50	50	35	28,5	22,5	17,5	15	13					
60	60	42	34	27	21	18	15,5	12,5				
70	70	49	40	31,5	24,5	21	18	15	12,5			
80	80	56	56	36	28	24	21	17	14,5	12		
90	90	63	51,5	40,5	31,5	27	23,5	19	16	13,5		
100	100	70	57	45	35	30	26	21	18	15	13	

Tab. 6 Vnitřní tlaky v dutině formy, hodnoty jsou zadány v MPa. [9]

Plast	Faktor tekutosti
PE, PS, PP	1
PA	1,2 - 1,4
CA	1,3 - 1,4
ABS	1,3 - 1,4
PMMA	1,5 - 1,7
PC	1,7 - 2
POM	1,4 - 1,7

Tab. 7 Faktor tekutosti [9]

Po dosazení hodnot pro čtyřnásobnou, osminásobnou a dvanáctinásobnou formu dostáváme následující výsledky pro vstřikovací sílu.

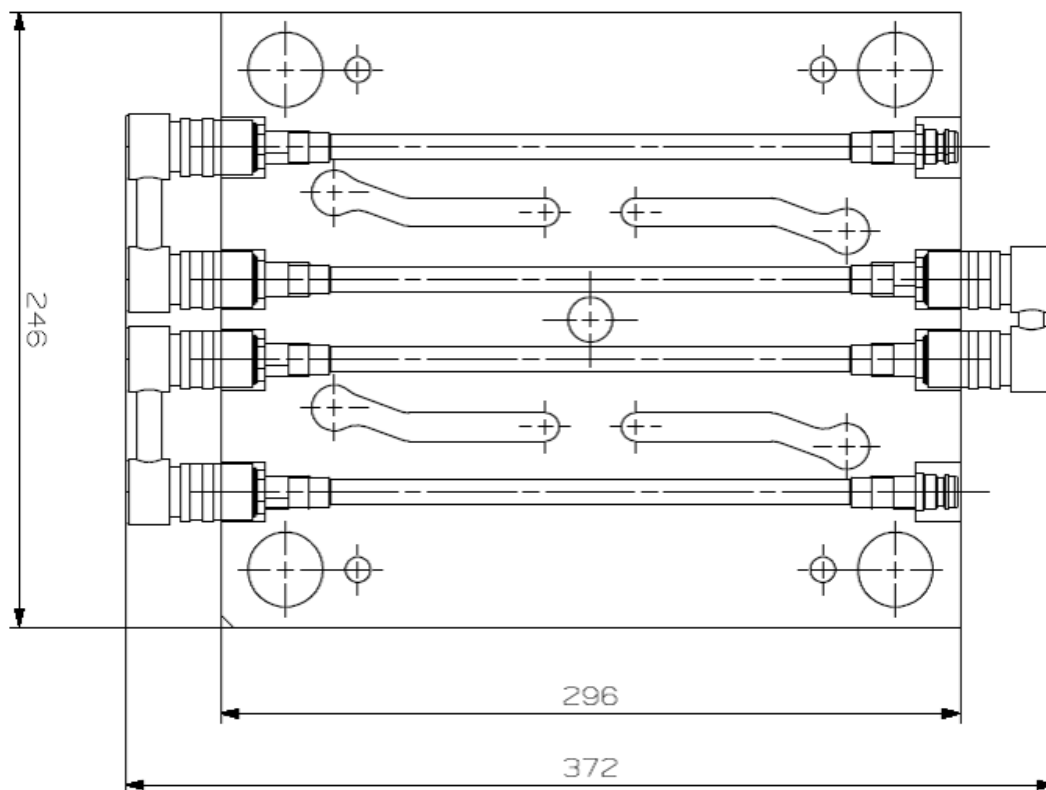
$$F_4 = 4 \cdot [1,2 \cdot (1150,591 + 405.4) \cdot 13 \cdot 1,4] = 135\,931\,N \cong 136\,kN$$

$$F_8 = 8 \cdot [1,2 \cdot (1150,591 + 405.4) \cdot 13 \cdot 1,4] = 271\,863\,N \cong 272\,kN$$

$$F_{12} = 12 \cdot [1,2 \cdot (1150,591 + 405.4) \cdot 13 \cdot 1,4] = 407\,794\,N \cong 408\,kN$$

5.4 Násobnost formy dle rozměrů vstříkované součásti

Pro vstříkování jsou k dispozici dva stroje s různými parametry. Světlost mezi sloupy určuje maximální rozměry formy tak, aby bylo možné formu do stroje bez problémů umístit. Při volbě vhodných rozměrů tvarových desek je nutné zohlednit nejen samotné rozměry pro dutinu (kavitu), ale i prostor pro temperační kanály, které by měly být rozmístěny rovnoměrně a ve stejné vzdálenosti od kavit. Dále musíme zohlednit připojení ke stroji pomocí hadic, které se připojí na připojovací nátrubky a rovněž zohlednit obtokové spojky, kterými propojíme jednotlivé vývrty tak, aby vznikly uzavřené temperační okruhy, kterými proudí temperační médium. Současně však musí být vzdálenost jednotlivých kavit od sebe co nejmenší, abychom minimalizovali vtokový zbytek. Z těchto důvodů volíme rozměr desky 246 x 296 mm, rozměry včetně připojení jsou 246 x 372 mm, viz obr. 9.



Obr. 9 Násobnost formy dle rozměrů součásti

5.5 Výsledná násobnost formy

Provedeme shrnutí získaných výpočtů do tabulky. Červená políčka značí nevyhovující parametry, modrá značí zvolenou formu.

Výpočet násobnosti podle:				
	násobnost formy	podle dávky	podle uzavírací síly	podle rozměrů součásti
stroj č. 1		39 g	450 kN	320 x 320 mm
	4	4 ks	136 kN	246 x 372
	8	4 ks	272 kN	246 x 372
	12	4 ks	408 kN	246 x 372
stroj č. 2		202 g	1300 kN	420 x 420 mm
	4	23 ks	136 kN	246 x 372
	8	23 ks	272 kN	větší než 420 x 420
	12	23 ks	408 kN	větší než 420 x 420

Tab. 8 Výsledná násobnost formy

Z tabulky č. 8 vyplývá, že při použití stroje č. 1 by z hlediska uzavírací síly bylo možné navrhnout čtyř-, osmi- i dvanáctinásobnou formu. Limitujícími faktory jsou ale v tomto případě hmotnost dávky a rozměry vstřikované součásti. Hmotnost jedné vstřikované dávky by sice byla dostačující pro čtyřnásobnou formu, ale bylo by velmi obtížné umístit čtyři součásti do tvarové desky s rozměry menšími než 320 x 320mm takovým způsobem, aby byl vytvořen kvalitní uzavřený temperační okruh.

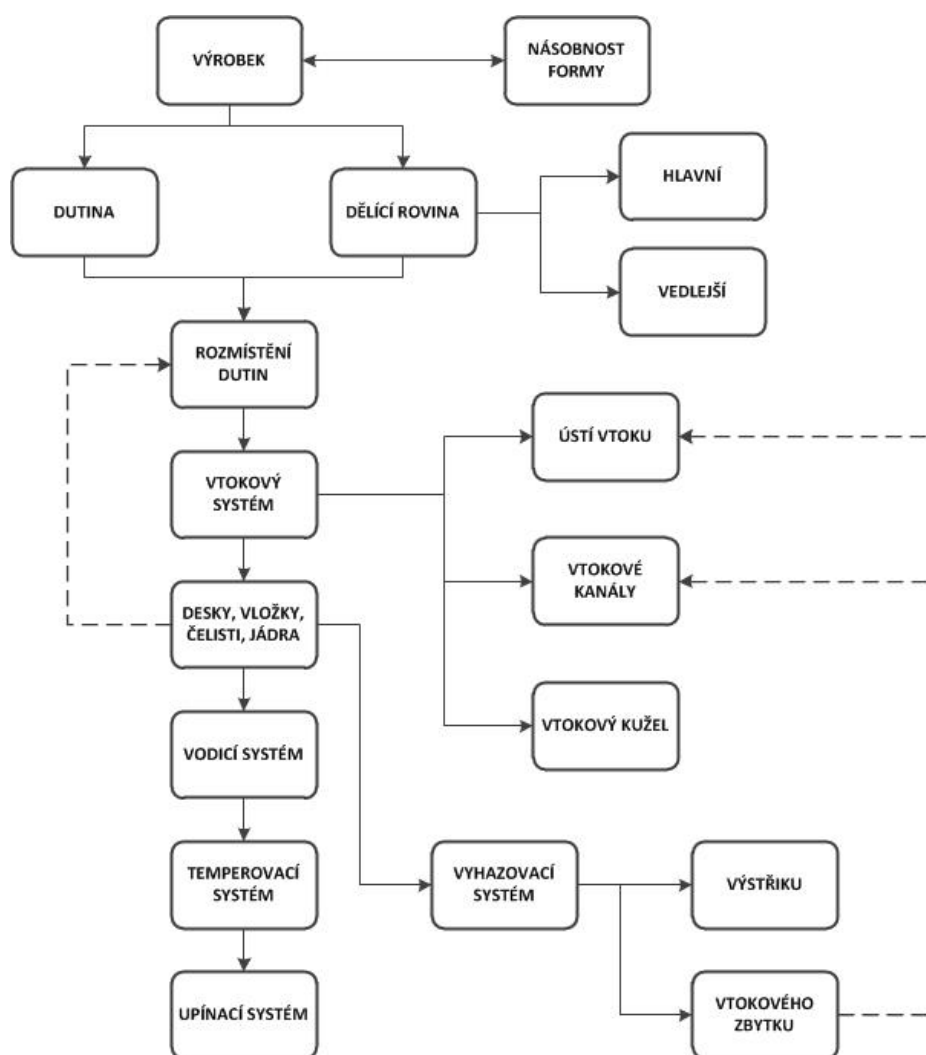
V případě stroje č. 2 lze dle výpočtu podle uzavírací síly použít všechny násobnosti, rovněž i hmotnost jedné dávky je pro čtyř-, osmi nebo dvanáctinásobnou formu zcela dostačující, limitujícím faktorem je zde světlost mezi sloupy a již zmíněný temperační systém. Z těchto důvodů je jako nejvhodnější stanovena forma čtyřnásobná s rozměry tvarových desek 246 x 296 mm. Připojovací rozměry formy jsou 246 x 372 mm, formu bude možné bez problémů umístit do stroje č. 2 se světlostí mezi sloupy 420 x 420 mm.

6 Konstrukce formy

Pro zadaný model je nutné navrhnout vhodnou vstříkovací formu. Vlastní konstrukce formy zahrnuje následující kroky:

- 1) Po posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů, tolerancí, rozdílů v tloušťce stěn, ostrých hran a zaoblení se určí vhodná dělicí rovina.
- 2) V návaznosti na určení dělicí roviny se stanoví potřebné úkosy pro snadné vyjmutí součásti z formy.
- 3) Stanoví se násobnost formy a zvolí se vhodný vtokový systém, velikost průřezů, tvar a délka hlavního a rozváděcího kanálu, vhodné vtokové ústí.
- 4) Stanoví se koncepce vhodného vyhazovacího a temperačního systému.
- 5) Volba vstříkovacího stroje.

[1]

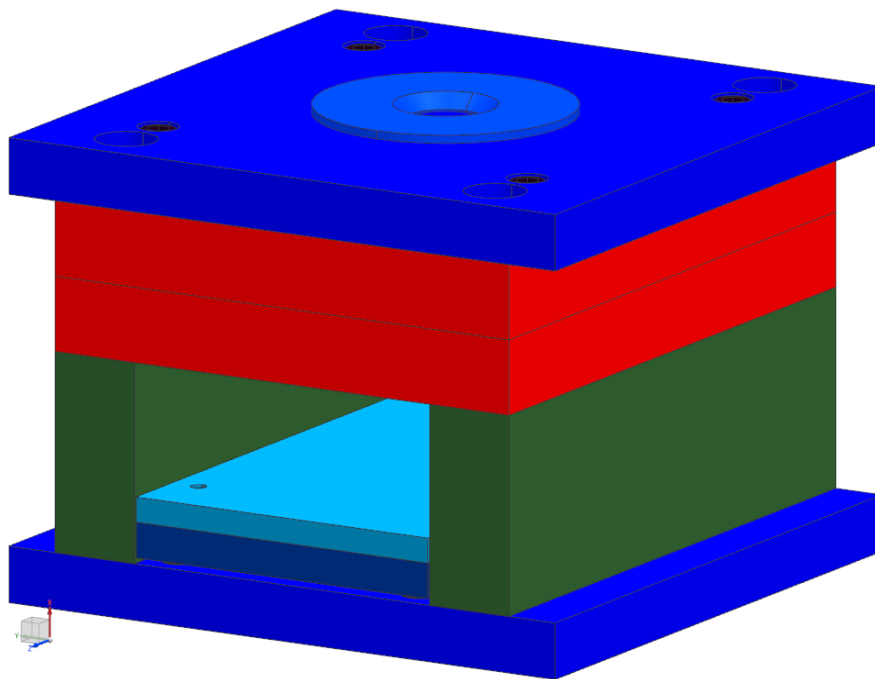


Obr. 10 Schéma návrhu formy [4]

6.1 Rám formy

V databázi normalizovaných dílů jsou k dispozici rámy forem různých velikostí, dle násobnosti formy a světlosti mezi sloupy stroje můžeme zvolit formu odpovídajících rozměrů.

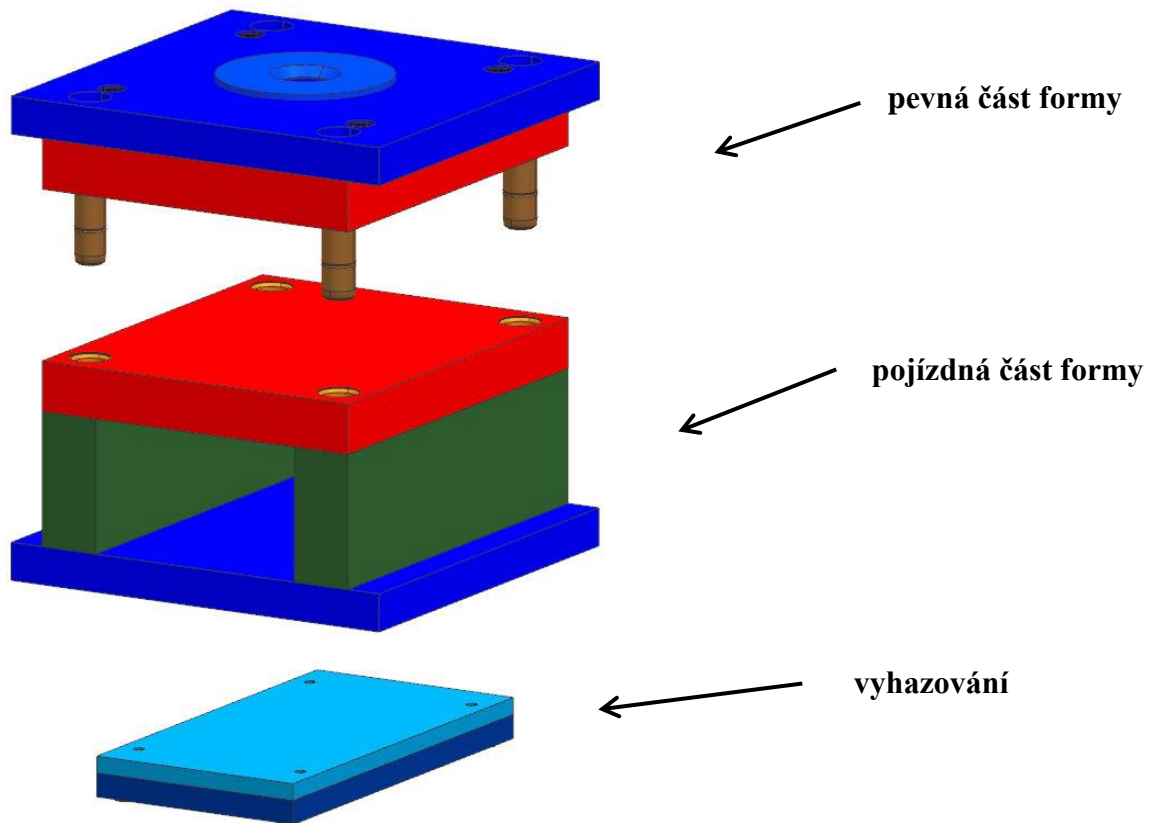
Pro konstrukční návrh bylo zadáno využít normálií firmy Hasco. Použití normálií vede ke snížení výrobních nákladů a urychlení procesu návrhu a výroby vstřikovací formy. Jedná se o nakupované součásti standardizovaných rozměrů, konstruktér volí odpovídající rozměry normálií dle aktuální potřeby, případně navrhne úpravy pro získání požadovaného tvaru. Normálie jsou přehledně upořádané v databázích, ze kterých je možné na základě zadaných parametrů získat odpovídající 3D modely jednotlivých součástí formy. Nejčastěji používanými databázemi jsou databáze firem Meusburger, Hasco a dalších.



Obr. 11 Příklad rámu formy složený z normalizovaných dílů

Konstrukční návrh formy je realizován pomocí programu NX 7.5, jednotlivé konstrukční skupiny jsou uspořádány do logických sestav a podsestav.

Na obr. 12 je proveden rozstřel rámu formy, je zde vidět pevná část formy, pojízdná část formy a nástin vyhazování.



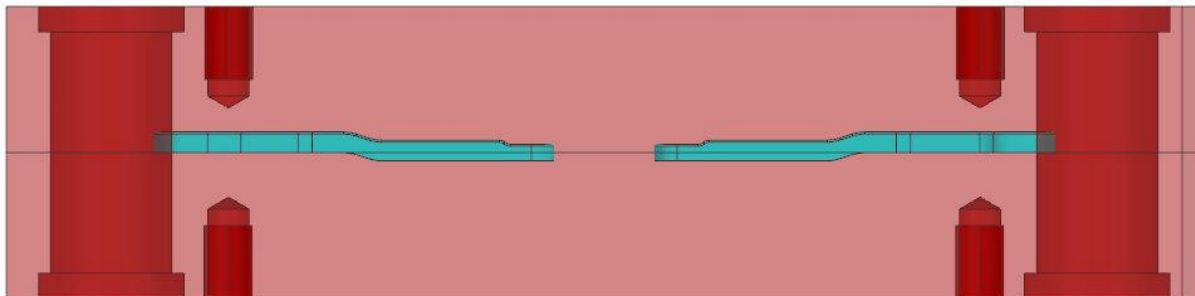
Obr. 12 Rozstřel rámu formy

6.2 Dělicí rovina

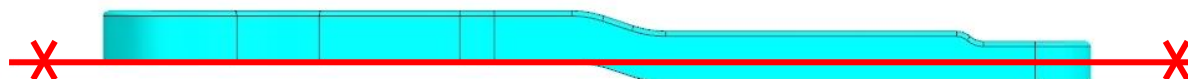
„Dělicí plocha (rovina) bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Taková koncepce způsobuje obtížnější výrobu formy. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a sousost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

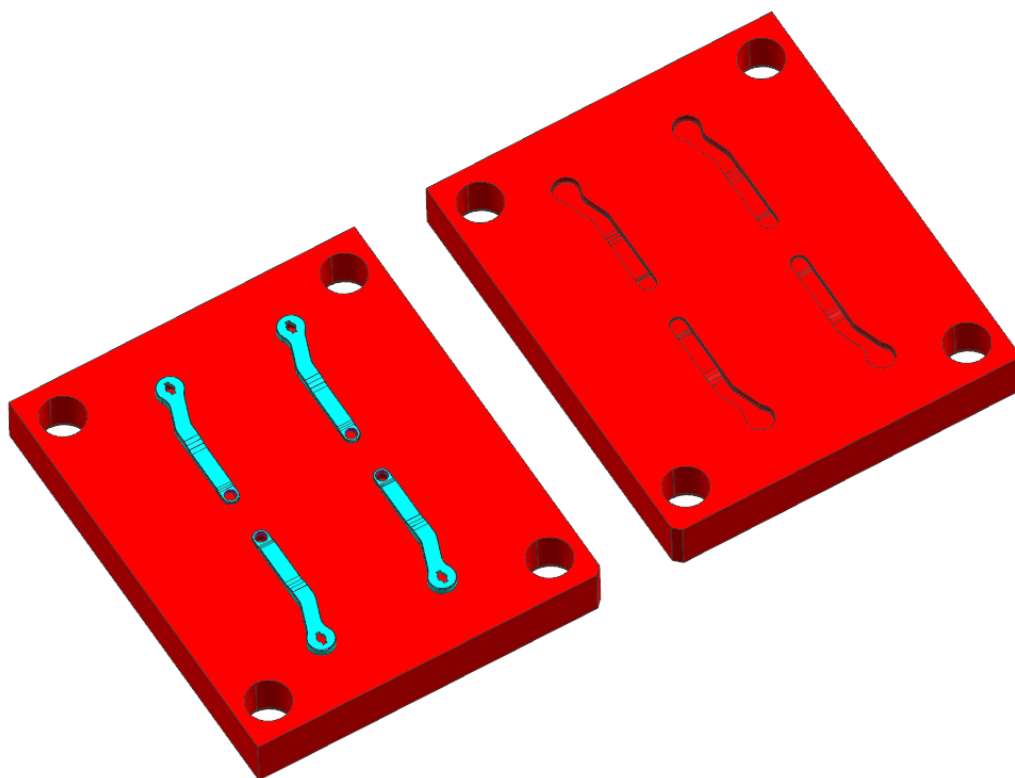
Pozitivní úlohu hraje dělicí plocha při odvzdušňování dutin formy. I k tomu je třeba přihlídnout.“ [1]



Obr. 13 Pohled do dělicí roviny formy (tvárník, tvárnice a výstřík)



Obr. 14 Poloha dělicí roviny na výstříku (červená čára)



Obr. 15 Pohled do dělicí roviny

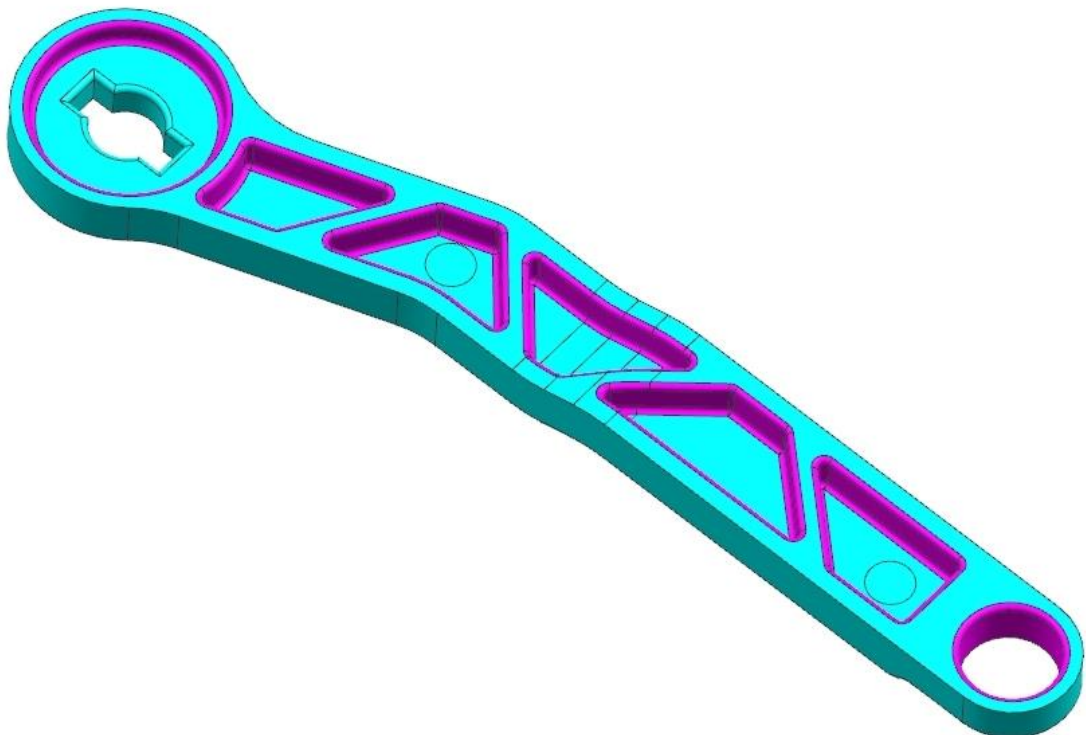
6.3 Úkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn volené u stěn původně kolmých k dělicí rovině, jejichž pomocí se usnadňuje vyjmutí výstřiku z formy. Rozlišujeme úkosy vnější nebo vnitřní a jejich velikost se volí dle smrštění materiálu a povrchu stěn formy. Níže uvedená tabulka nastiňuje doporučené velikosti úkosů, v závorce jsou uvedeny nejčastěji užívané hodnoty. [1]

Úkos pro	Velikost úkosu
vnější plochy	0°30' - 2° (1°)
vnitřní plochy	0°30' - 3° (2°)
otvory do hloubky 2D	0°30' - 1° (0°45')
hluboké otvory	1° - 10°
žebra, nálitky	1° - 10° (3°)
výstupky	2° - 10°

Tab. 9 Doporučená velikost úkosů [1]

Pro snadné vyjmutí součástky z dutiny formy volíme vnitřní úkosy o velikosti 1°, úkosované plochy jsou na obrázku vyznačeny barevně.



Obr. 16 Úkosované plochy o 1° na vstříkované součásti

6.4 Tvarová vložka

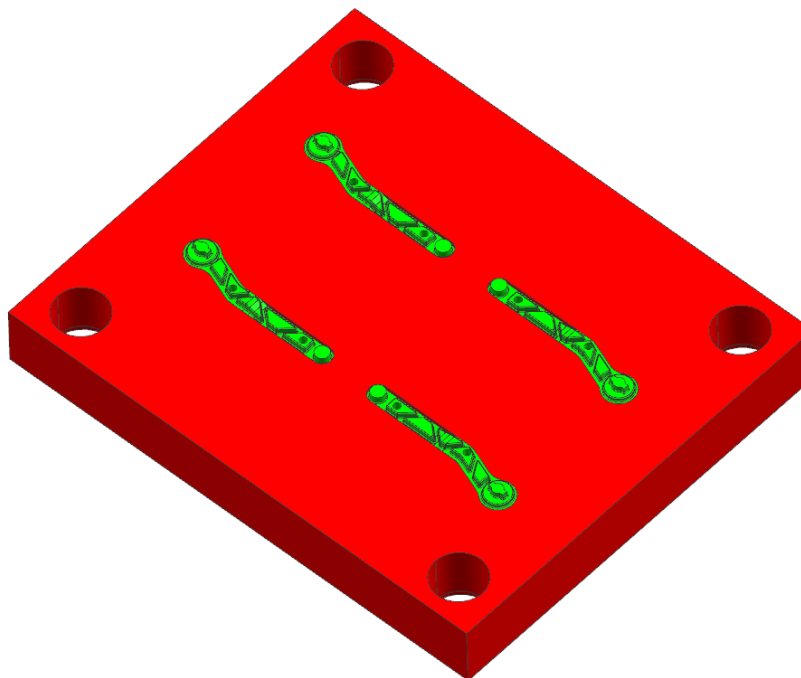
Na základě výpočtů v předchozí kapitole bude navrhována čtyřnásobná vstřikovací forma. Vzhledem k velikosti vstřikované součástky a s přihlédnutím ke skutečnosti, že počet vstřikovaných dílů se bude pohybovat v řádech tisíců, je vhodné při konstrukci formy využít tvarových vložek. Tuto tvarovou vložku lze v případě jejího opotřebení případně poškození vyměnit a není nutné opětovně vyrábět celou tvarovou desku. V případě, že by bylo nutné tvarovou vložku z výše zmíněných důvodů (opotřebení nebo poškození) vyměnit, jsou ve tvarové desce umístěny vyřezací díry. Do těchto děr se vsunou šrouby, které při otáčení šroubem tlakem vysunou vložku původní a na její místo je poté možné umístit vložku novou, nepoškozenou.



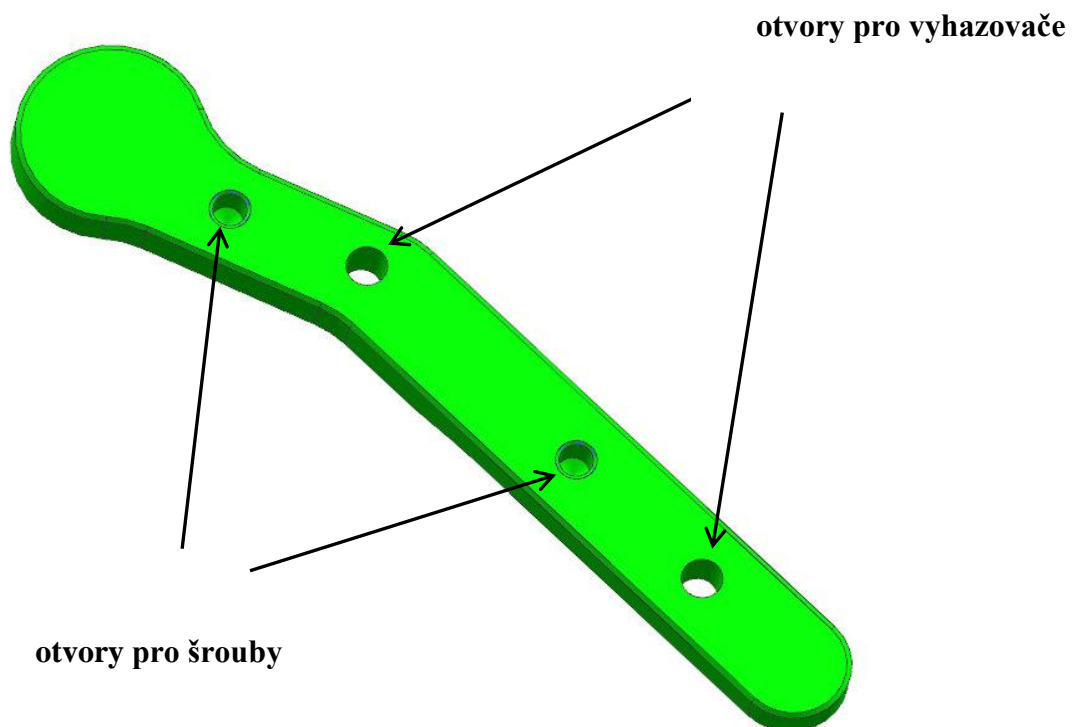
Obr. 17 Úkosovaná tvarová vložka (barevně vyznačené plochy)

Aby bylo možné vytvořit na výstřiku požadované úkosy, musí být rovněž úkosována odpovídající část tvarové vložky (negativ výstřiku, na obr. 17 vyznačeno fialově.).

Do tvarové desky se zhotoví dutina pro tvarovou vložku. Tvarová vložka je do této dutiny nalisována a zajištěna šrouby.



Obr. 18 Tvarová vložka umístěná ve tvarové desce



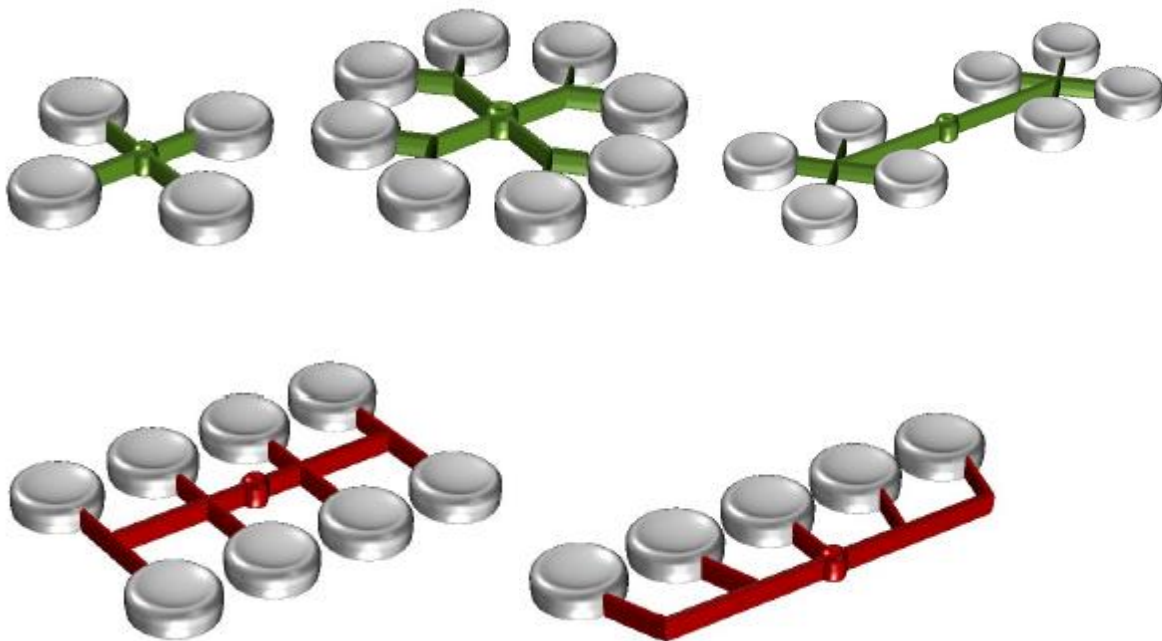
Obr. 19 Tvarová vložka – otvory pro vyhazovače a pro šrouby

7 Vtokový systém

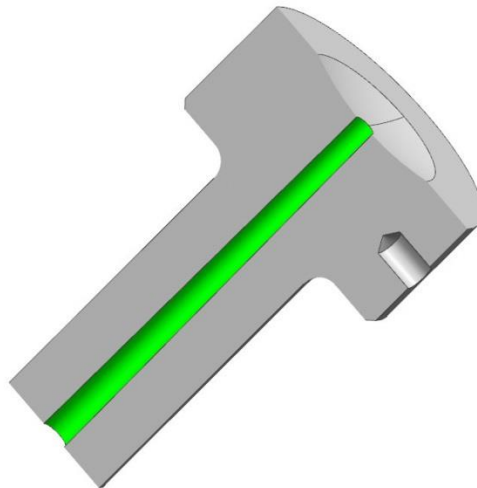
Vtokový systém formy zajišťuje vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny má proběhnout v nejkratším možném čase a s co nejmenšími odpory. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně. [1]

Roztavený plast je do formy přiváděn vtokovou vložkou s kuželovým vtokovým kanálem uvnitř, dále pokračuje hlavním vtokovým kanálem a rozváděcími vtokovými kanály a poté ústí do tvarové dutiny formy (tzv. kavity).

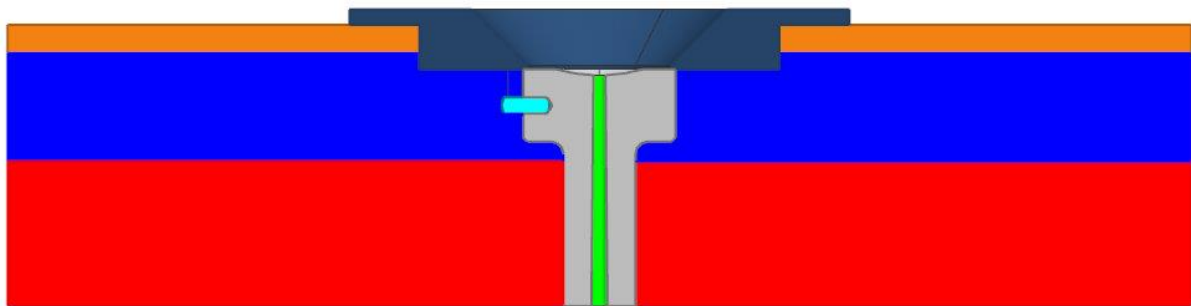
Vtokové kanály a tvarové dutiny mohou být ve formě rozmístěny různým způsobem, různá uspořádání zachycují obrázky níže.



Obr. 20 Různá uspořádání vtokových kanálů [4]



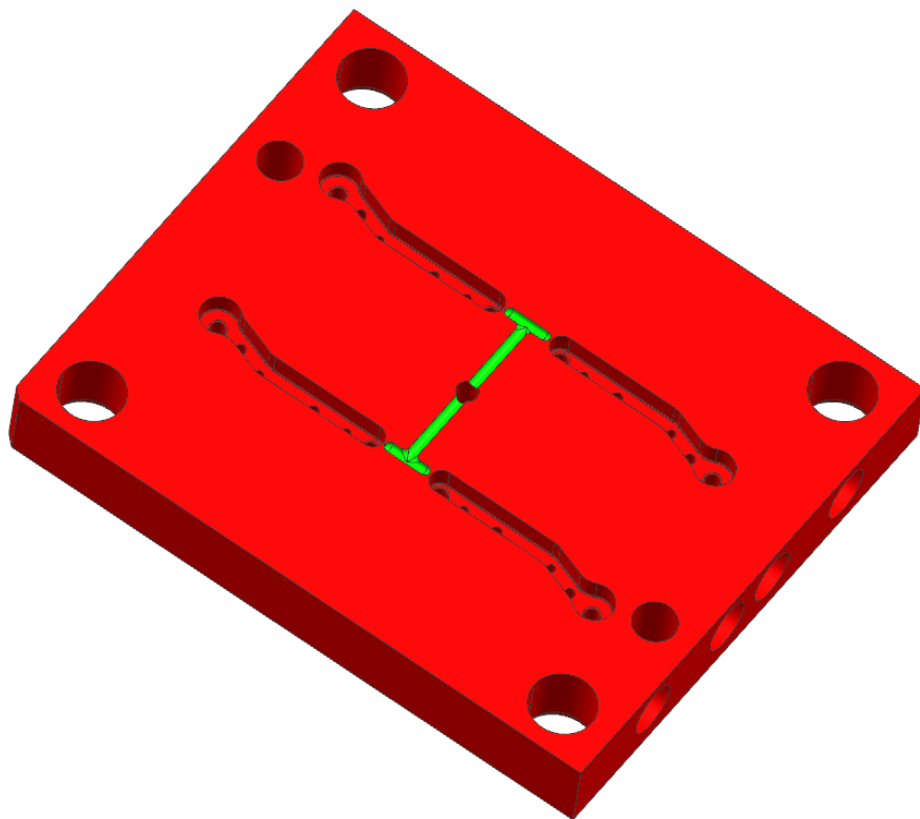
Obr. 21 Vtoková vložka s kuželovým vtokovým kanálem



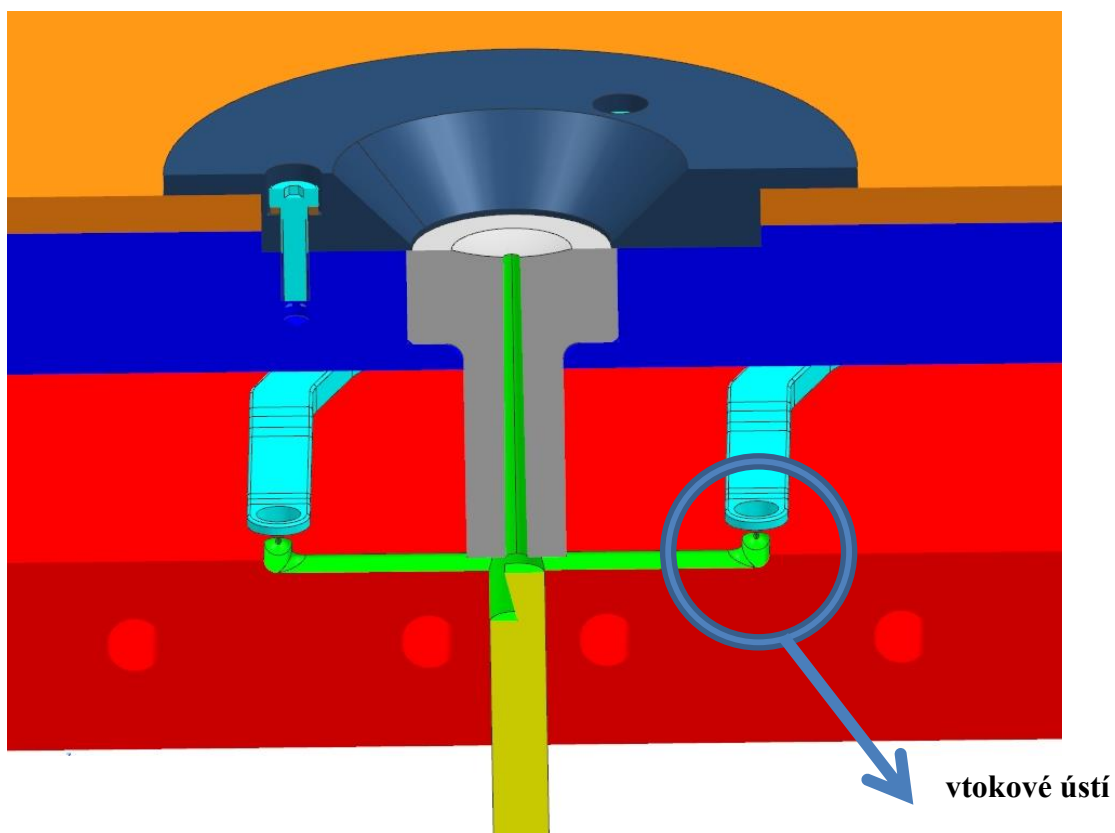
Obr. 22 Vtoková vložka s kuželovým vtokovým kanálem umístěná v pevné části formy

Do dutiny formy je tavenina přiváděna pomocí vtokového ústí. Rozlišujeme mnoho druhů vtokových ústí: plný nezúžený vtok, zúžené ústí vtoku, vtok s tunelovým ústím, zúžené ústí vtoku do boku, štěrbinové, prstencové, membránové, atd.

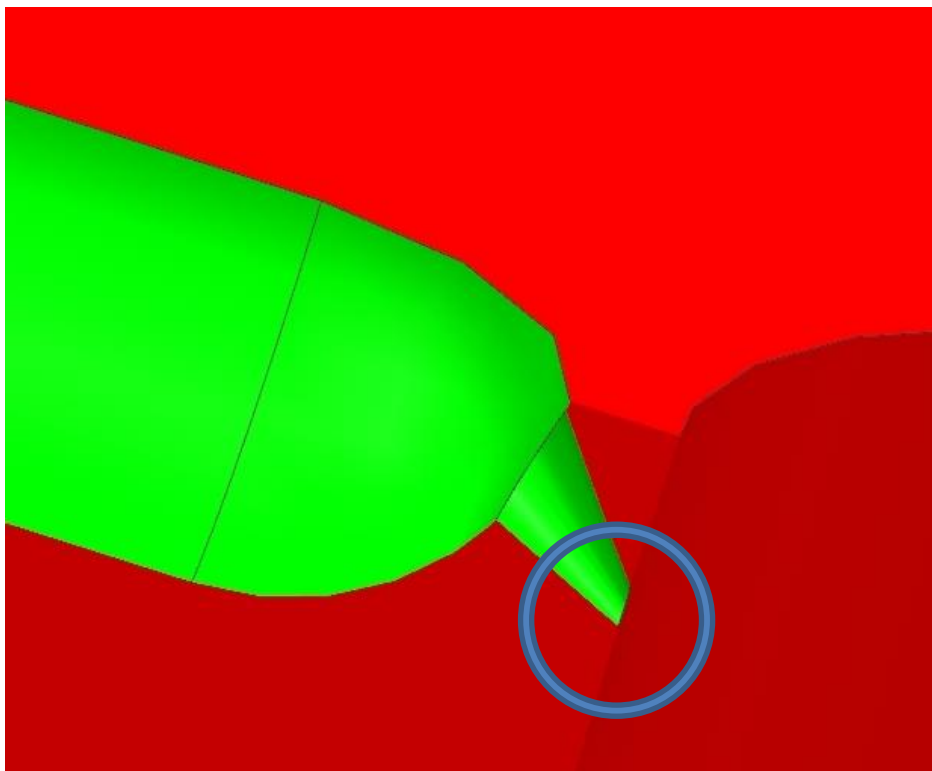
Vtok je třeba umístit pokud možno do geometrického středu výstřiku tak, aby materiál zatékal rovnoměrně do všech míst. U výrobků miskovitého tvaru je nutno umístit vtok do dna, u dlouhých výstřiků je třeba vtok umístit do užší strany. U výstřiků o velké ploše je vhodné použít štěrbinový vtok do čela, stěny, nebo do dna. [6]



Obr. 23 Hlavní vtokový kanál a rozváděcí vtokové kanály ve tvaru písmene „H“

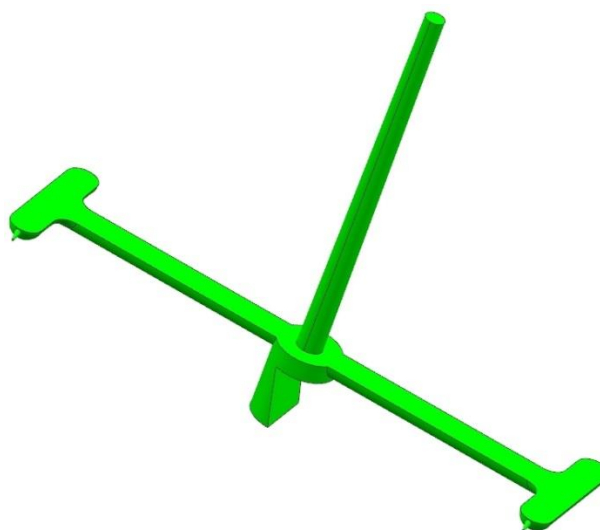


Obr. 24 Celý vtokový systém, pohled v řezu, detail v obr. 25



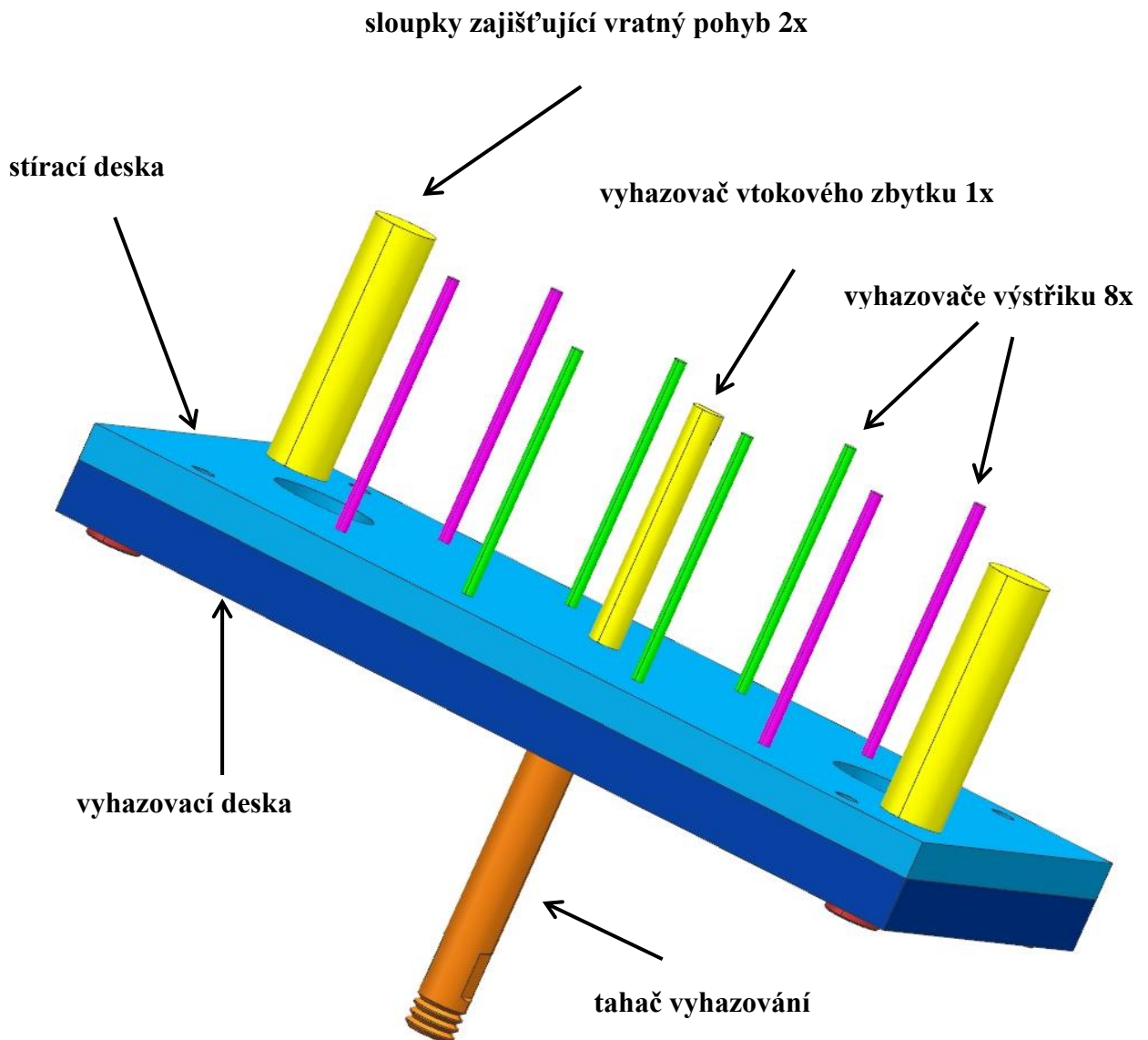
Obr. 25 Vtokové ústí – detail

Vtokový systém je navržen tak, že vtokové ústí je ve tvaru kužele, který je umístěn pod úhlem vůči dělicí rovině. Při vyhazování tlačí vyhazovače současně na hotové výrobky a na vtokový zbytek a z toho důvodu dojde v nejslabším místě, tedy na vrcholu kužele, k oddělení výrobku a vtokového zbytku, viz obr. 25.



Obr. 26 Vtokový zbytek - detail

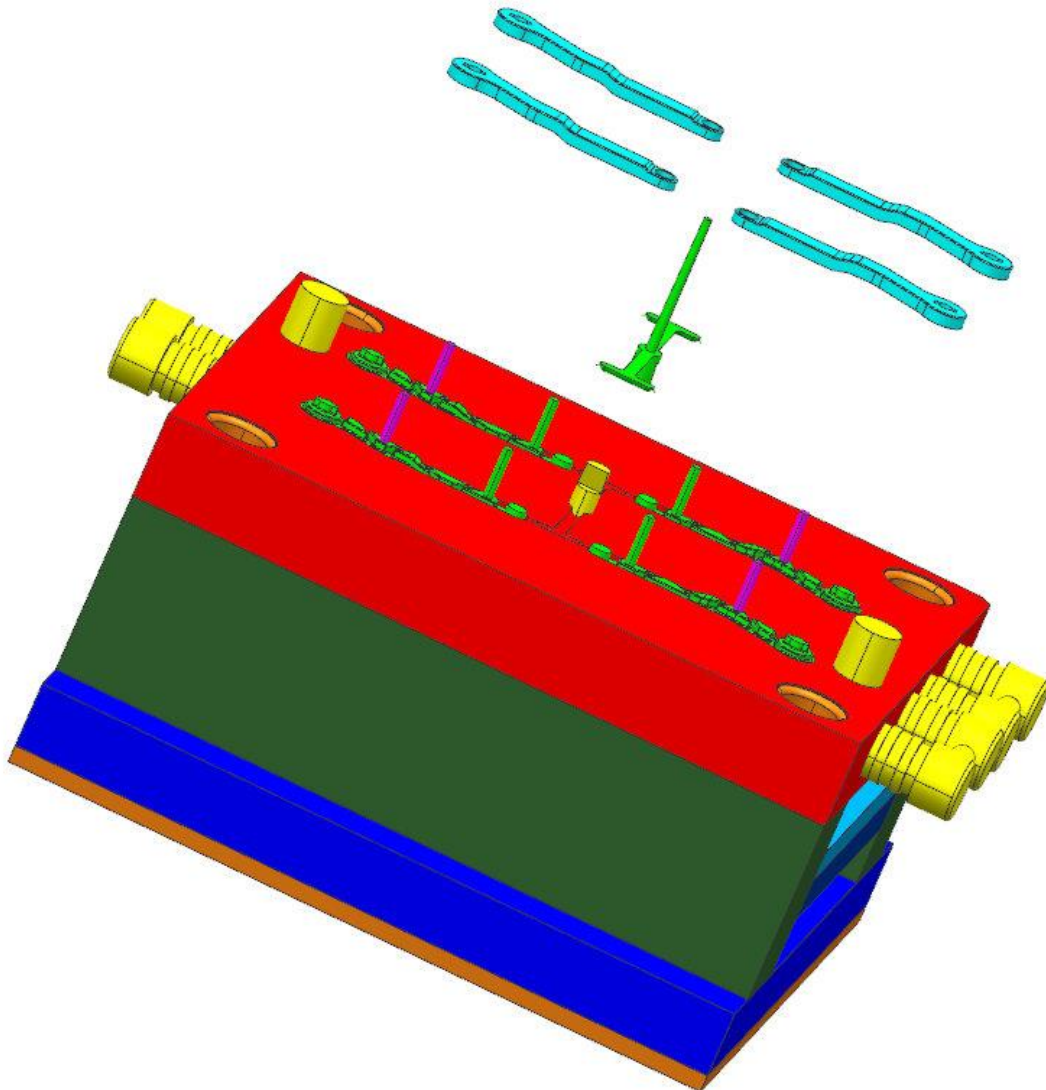
8 Vyhazování



Obr. 27 Vyhazování

„Vyhazování výstříků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Má dvě fáze – dopředný pohyb, vlastní vyhazování a zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.“

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstříků je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy by neměly být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Po vyhazovacích kolicích zůstanou obvykle na výstříku stopy. Jsou-li na závadu, výstřík se podle možností opraví, nebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhledu nevadí.“ [9]



Obr. 28 Pohled do formy – vyhazovače vysouvají hotové výstřiky a vtokový zbytek

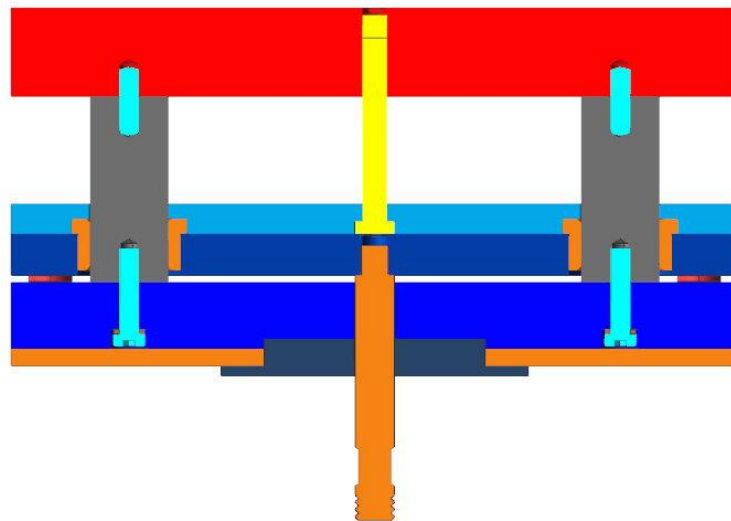
Vyhazovací systém tedy slouží k vyhození výstřiků z formy po jejich ztuhnutí. Konkrétní navržený systém se skládá ze dvou desek – desky vyhazovací a desky stírací a jednotlivých vyhazovačů.

Po vstříknutí taveniny do formy nastává proces tuhnutí a po rozevření formy dojde k vyhození. Při vyhazování dochází k oddělení vtokového zbytku od hotových výstřiků tzv. střížnou rovinou, která prochází nejslabším místem, tedy vrcholem vtokového ústí ve tvaru kužele, viz obr. 25

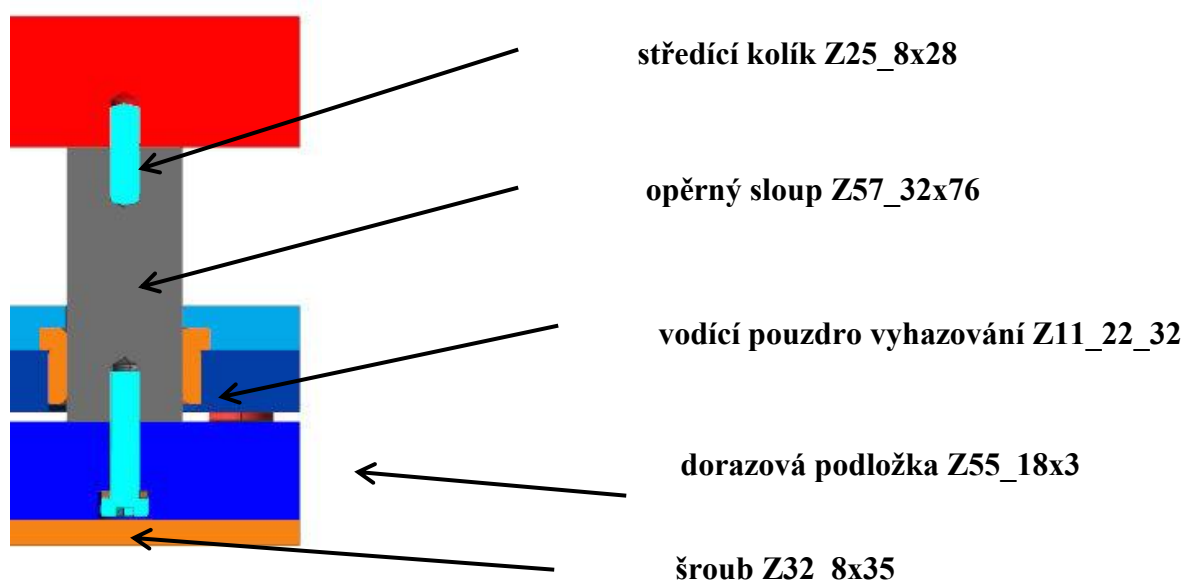
Konečným výstupem z formy jsou 4 samostatné výstřiky a vtokový zbytek.

8.1 Vedení vyhazování

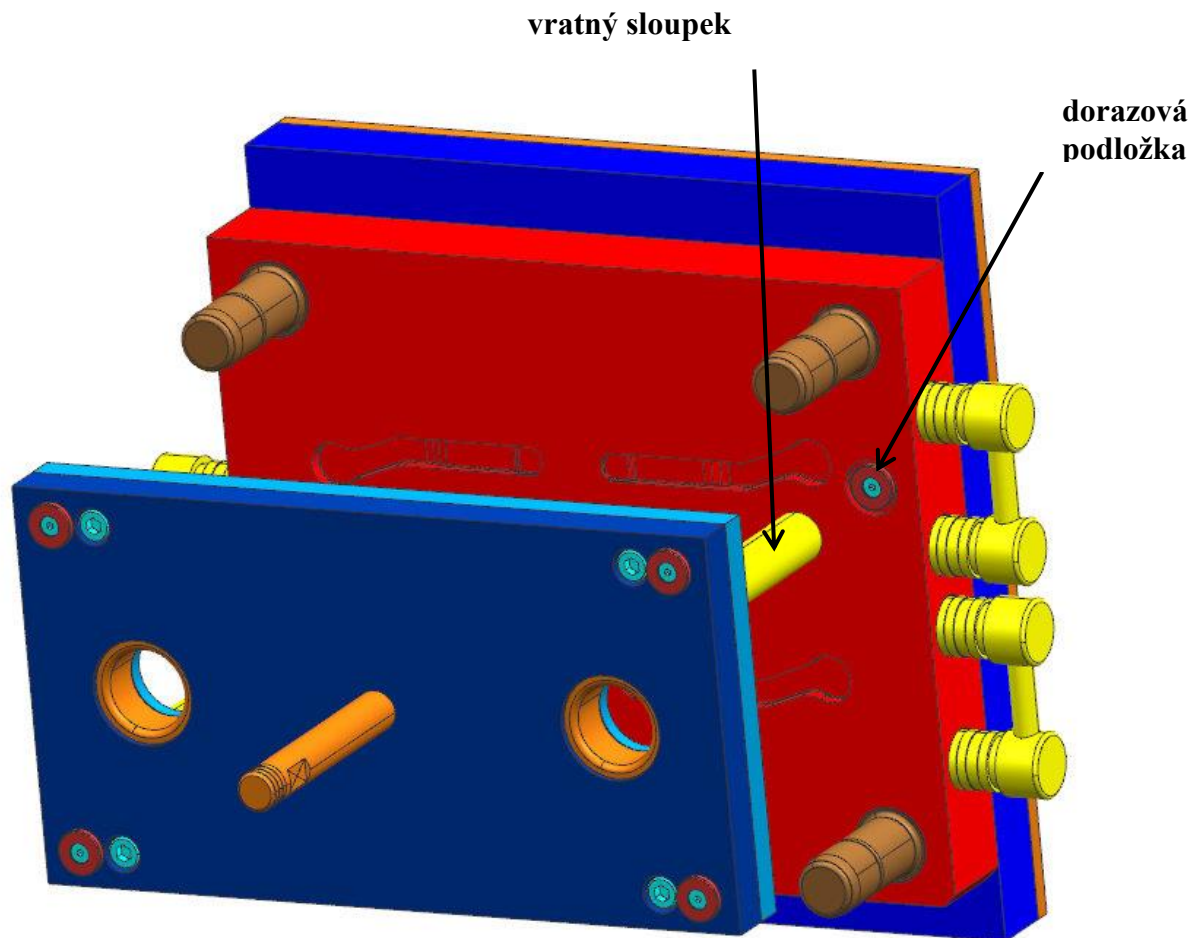
Pevně spojená vyhazovací a stírací deska a v nich umístěné vyhazovače zajišťují vyhození výstřiku a vtokového zbytku. Vyhazovací deska je spojena prostřednictvím táhla (tahač vyhazování) s hydraulickým pohonem stroje, který zajišťuje pohyb celého vyhazovacího paketu. Vyhazovací paket klouže po dvou vodících sloupcích. Tyto vodící sloupky jsou spojeny pomocí šroubů s upínací deskou a na opačné straně jsou s tvárnici spojeny středícími kolíky.



Obr. 29 Vedení vyhazování – pohled v řezu



Obr. 30 Vedení vyhazování - detail



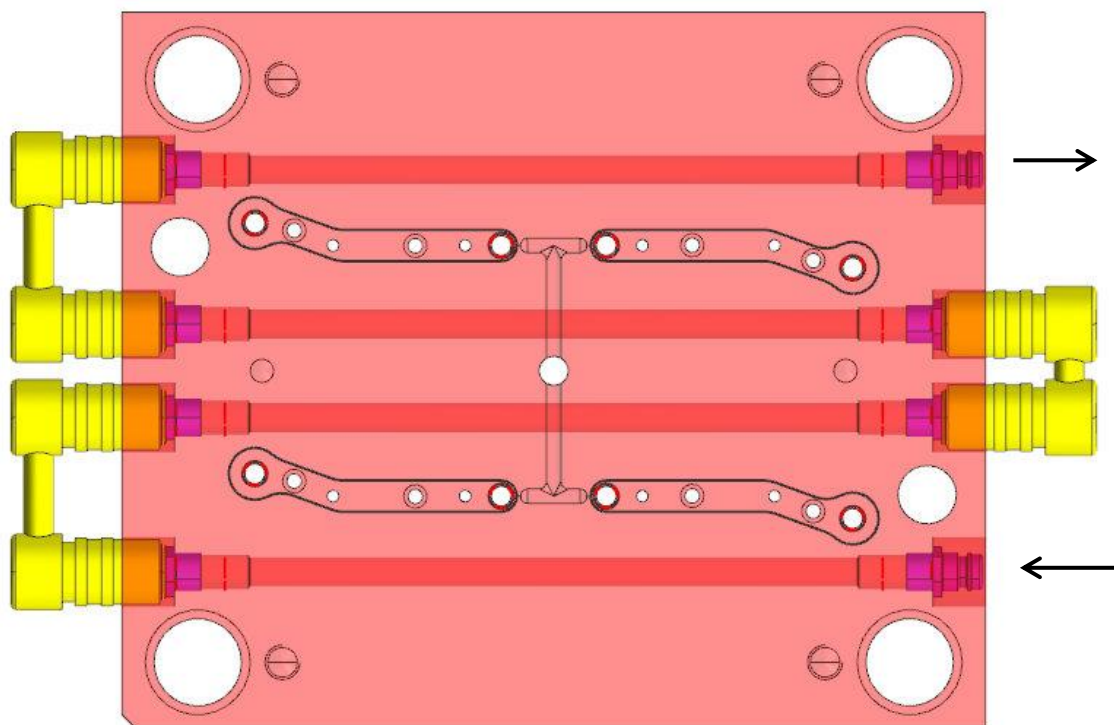
Obr. 31 Návrat vyhazování do výchozí polohy, dorazové podložky

Dva diagonálně umístěné vratné sloupky zajišťují, že se při uzavření formy celé vyhazování vrátí do výchozí polohy a vyhazovače výstříků se zasunou na úroveň dna v kavitě formy. Pro tyto vratné sloupky jsou na spodní straně tvarové desky umístěny dorazové podložky.

9 Temperace

„Během vstřikování se do dutiny přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy.“ [9]

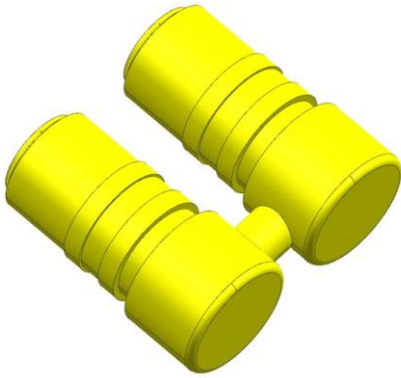
Úkolem temperace je zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovaného plastu) a odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus proběhl s nejvyšší efektivitou. Pokud má forma dobře řešený temperační systém, nehrozí nebezpečí deformace výstřiků. [9]



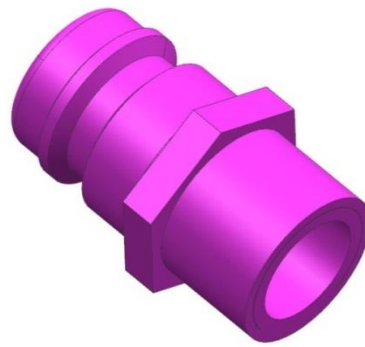
Obr. 32 Temperační okruh, vyznačen vstup a výstup

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin se volí s ohledem na celkové řešení formy. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů, než naopak. Kolem dutiny se kanály rozmísťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti silnější stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy. Průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový. [9]

Temperační systém bývá umístěn v pevné (vtokové) části formy a v pohyblivé části formy. Každý z okruhů se může řešit zvlášť, podle způsobu zaformování výstřiků i ostatních konstrukčních a technologických podmínek.



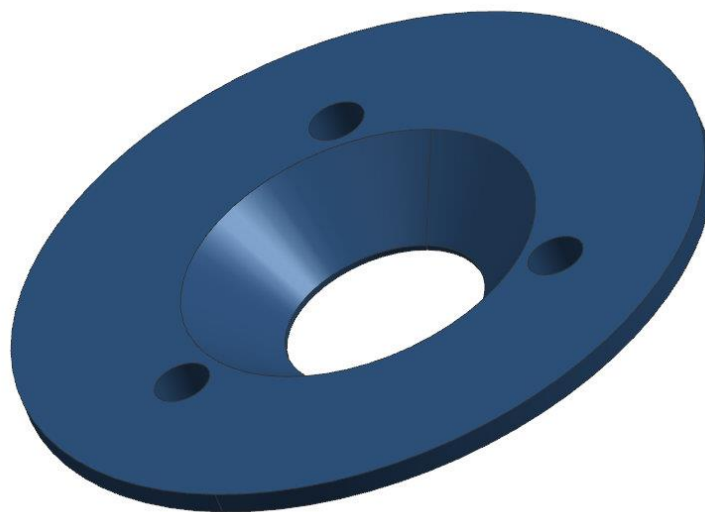
Obr. 33 Obtoková spojka Z8051



Obr. 34 Připojovací nátrubek Z81

Na obr. 32 je znázorněn uzavřený temperační okruh, šipky značí vstup a výstup temperačního média. Uzavřený temperační okruh tvoří 4 temperační kanály, jejich vzájemné propojení zajišťují obtokové spojky. Připojení k hadicím stroje zajišťuje připojovací nátrubek Z81.

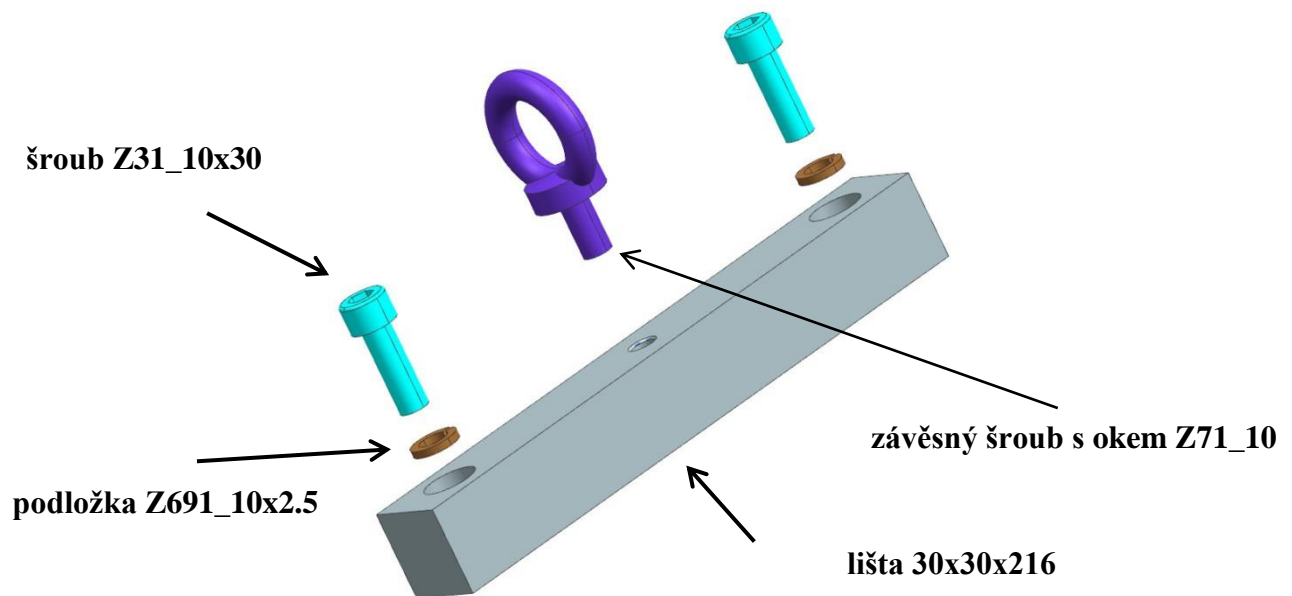
10 Středící kroužky



Obr. 35 Středící kroužek K100_125x15

Pevná i pojízdná část formy jsou opatřeny středícími kroužky. Středící kroužek v pevné části formy slouží k vystředění osy vtokové vložky s osou vstřikovací trysky stroje. Středícím kroužkem na pohyblivé straně formy prochází tahač vyhazování, opět je tedy nutné zajistit, aby osa tahače byla shodná s osou středícího kroužku.

11 Transport formy

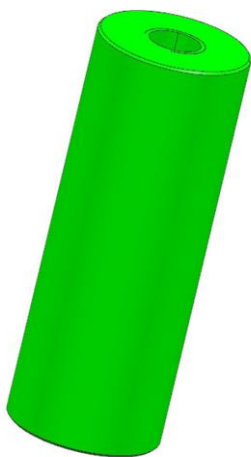


Obr. 36 Transport formy

Pro potřeby transportu musí být forma opatřena údajem o její hmotnosti, závěsnými oky pro transport a při umístění formy do stroje musí být osa vtokové vložky přesně v ose vstříkovací trysky stroje. Formu je nutno doplnit na nejmenší otevření lisu podložnými deskami nebo upínacími můstky.

12 Vedení formy

Během provozu je forma v pozici udržována pomocí vodících sloupků a pouzder.



Obr. 37 Středící pouzdro-trubka Z20_30x80

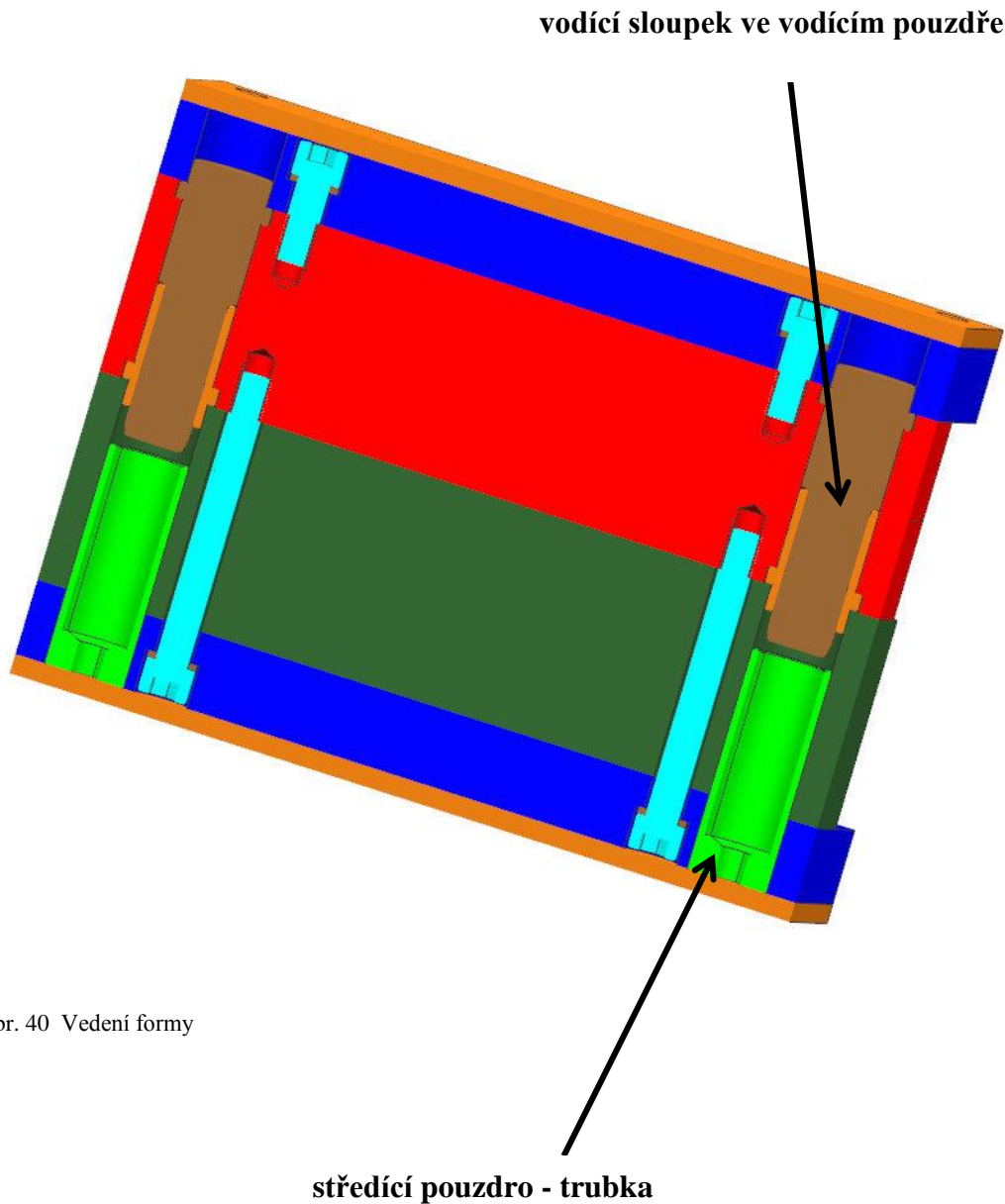


Obr. 38 Vodící pouzdro Z10_36_24



Obr. 39 Vodící sloupek Z00_36_24 x 55

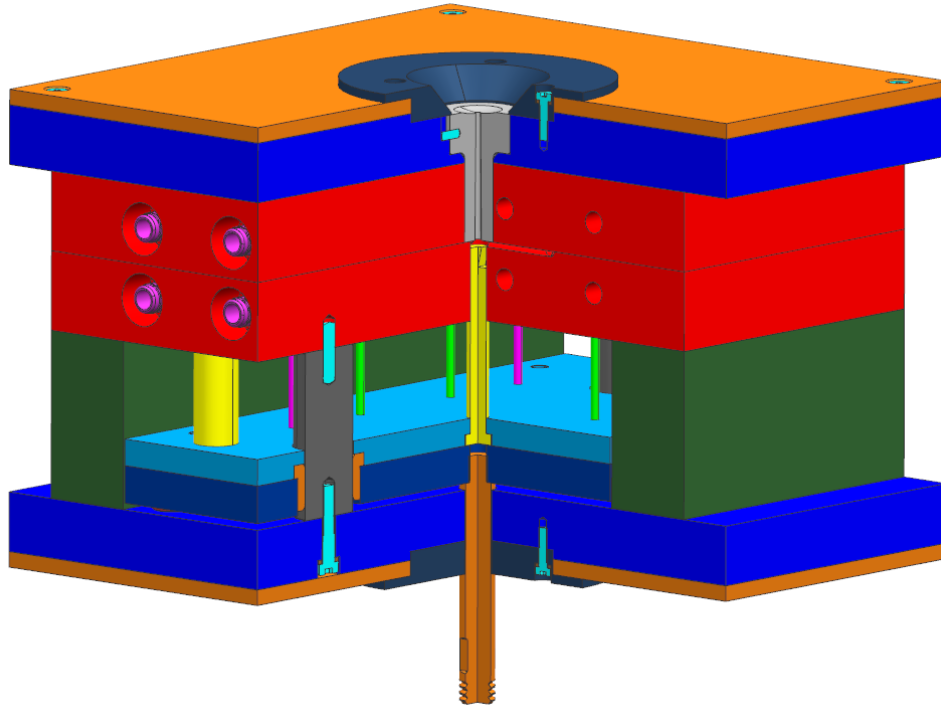
Vedení formy ustavuje vůči sobě jednotlivé desky a zajišťuje opakovatelnost tohoto ustavení při rozevírání a zavírání formy. Při uzavírání formy se vodící sloupky zasouvají do vodících pouzder. Vedení formy tedy zajišťuje výslednou přesnost výstřiku v rámci dělicí roviny.



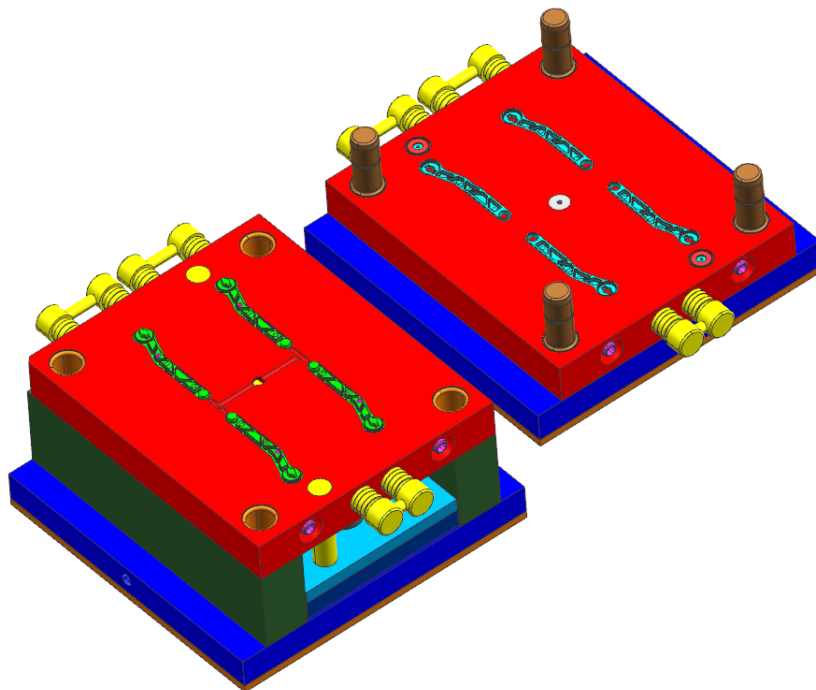
Obr. 40 Vedení formy

13 Celá forma

Obr. 41 a 42 znázorňují pohled na celou formu. Na obr. 41 vidíme pohled v řezu a na obr. 42 pohled do dělicí roviny při rozevřené formě.



Obr. 41 Celá forma v řezu



Obr. 42 Rozevřená forma – pohled do dělicí roviny

14 Závěr

Cílem této práce bylo na základě získaných poznatků k dané problematice navrhnout pro zadaný model vstříkovací formu, která bude nejvíce vyhovovat z pohledu výrobního i ekonomického. V úvodní části je krátce nastíněna problematika vstříkování plastů, následující část pojednává o konkrétním návrhu vstříkovací formy.

Práce byla vytvořena v programu NX 7.5 za využití normálií z databáze Hasco.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Rozdělení polymerů	2
Obr. 2	Vstříkovaná součástka – vnitřní strana.....	3
Obr. 3	Vstříkovaná součástka – pohledová strana.....	4
Obr. 4	Tloušťka stěn 1	6
Obr. 5	Tloušťka stěn 2	6
Obr. 6	Schéma vstříkovacího stroje [7]	7
Obr. 7	Vstříkovací jednotka [4].....	8
Obr. 8	Rozměry táhla.....	10
Obr. 9	Násobnost formy dle rozměrů součástí	15
Obr. 10	Schéma návrhu formy [4].....	17
Obr. 11	Příklad rámu formy složený z normalizovaných dílů	18
Obr. 12	Rozstřel rámu formy.....	19
Obr. 13	Pohled do dělicí roviny formy (tvárník, tvárnice a výstřík)	20
Obr. 14	Poloha dělicí roviny na výstříku (červená čára).....	20
Obr. 15	Pohled do dělicí roviny.....	20
Obr. 16	Úkosované plochy o 1° na vstříkované součásti	21
Obr. 17	Úkosovaná tvarová vložka (barevně vyznačené plochy)	22
Obr. 18	Tvarová vložka umístěná ve tvarové desce.....	23
Obr. 19	Tvarová vložka – otvory pro vyhazovače a pro šrouby	23
Obr. 20	Různá uspořádání vtokových kanálů [4]	24
Obr. 21	Vtoková vložka s kuželovým vtokovým kanálem	25
Obr. 22	Vtoková vložka s kuželovým vtokovým kanálem umístěná v pevné části formy.....	25
Obr. 23	Hlavní vtokový kanál a rozváděcí vtokové kanály ve tvaru písmene „H“	26
Obr. 24	Celý vtokový systém, pohled v řezu, detail v obr. 25	26
Obr. 25	Vtokové ústí – detail.....	27
Obr. 26	Vtokový zbytek - detail	27
Obr. 27	Vyhazování.....	28
Obr. 28	Pohled do formy – vyhazovače vysouvají hotové výstříky a vtokový zbytek	29
Obr. 29	Vedení vyhazování – pohled v řezu	30
Obr. 30	Vedení vyhazování - detail.....	30
Obr. 31	Návrat vyhazování do výchozí polohy, dorazové podložky	31
Obr. 32	Temperační okruh, vyznačen vstup a výstup	32
Obr. 33	Obtoková spojka Z8051	33
Obr. 34	Připojovací nátrubek Z81	33
Obr. 35	Středící kroužek K100_125x15.....	33
Obr. 36	Transport formy.....	34
Obr. 37	Středící pouzdro- trubka Z20_30x80	34
Obr. 38	Vodící pouzdro Z10_36_24.....	34
Obr. 39	Vodící sloupek Z00_36_24 x 55	34
Obr. 40	Vedení formy.....	35
Obr. 41	Celá forma v řezu	36
Obr. 42	Rozevřená forma – pohled do dělicí roviny	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výňatek z tab. Mechanické vlastnosti plastů při 20°C [6]	4
Tab. 2 Parametry zadané součástky	10
Tab. 3 Parametry vstřikovacích strojů [8]	11
Tab. 4 Přídavek na vtoky a kanály [1]	12
Tab. 5 Podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrénu [1]	12
Tab. 6 Vnitřní tlaky v dutině formy, hodnoty jsou zadány v MPa. [9]	14
Tab. 7 Faktor tekutosti [9]	14
Tab. 8 Výsledná násobnost formy	16
Tab. 9 Doporučená velikost úkosů [1]	21

SEZNAM POUŽITÉ A CITOVANÉ LITERATURY

- [1] **BOBČÍK, L. a kol.** *Formy pro zpracování plastů. I.díl - Vstřikování termoplastů.* Brno : Uniplast, 1999.
- [2] **WIKIPEDIA.** [Online] <http://cs.wikipedia.org/>.
- [3] **ŠVORČÍK, V.** Polymery "stručně". *VŠCHT.* [Online] <http://www.vscht.cz/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>.
- [4] **KRÓNEROVÁ, E.** Výukové materiály k předmětu KNM. *Portál ZČU Courseware.* [Online] <https://courseware.zcu.cz/>.
- [5] **RESINEX.** POM. [Online] <http://www.resinex.cz/polymerove-typy/pom.html>.
- [6] **KOLOUCH, J.** *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním.* Praha : SNTL, 1986.
- [7] **TUL.** Technická univerzita Liberec. www.tul.cz. [Online] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm.
- [8] **INVERA.** Český výrobce strojů na plasty a gumu a hydraulických lisů. [Online] <http://www.invera.cz/>.
- [9] **BOBČÍK, L. a kol.** *Formy pro zpracování plastů II.díl - Vstřikování termoplastů.* Brno : Uniplast, 1999.

SEZNAM PŘÍLOH

Číslo výkresu	List	Počet listů	Název	Formát
BP_2014_01	1	2	FORMA_TAHLO_SESTAVA	A0
BP_2014_01	2	2	FORMA_TAHLO_SESTAVA	A0
BP_2014_02	1	1	TVARNICE	A1
BP_2014_03	1	1	TVARNIK	A0
BP_2014_04	1	1	STIRACI DESKA	A1