

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Ondřej Dočkal

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání bakalářské práce

Touto cestou chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a čas strávený při odborném vedení této bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 03. 09. 2008

.....

podpis

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro plastový díl. Celá práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část je teoretická a jsou v ní základní informace z oblasti konstrukce vstřikovacích forem. V druhé experimentální části byl vytvořen 3D model v programu Catia V5 a zkonstruována 3D sestava vstřikovací formy a ta převedena do 2D sestavy. Pro konstrukci formy bylo použito normálií z katalogu HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, 3D model, sestava

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with construction of injection mold for plastic part. Thesis is divided into theoretical and experimental part. In theoretical part are basic information about construction of injection molds. In experimental part was created 3D model in programme Catia V5 and engineered 3D assembly injection mold. This mold was transferred to 2D assembly. For construction mold was used normals from HASCO catalogue.

Keywords: injection mold, 3D part, assembly

OBSAH

ÚVOD	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	8
1 VSTŘIKOVÁNÍ	9
1.1 Výroba výstřiku	9
1.2 Základní dělení plastů	9
1.3 Dělení termoplastů	9
1.4 Charakteristika jednotlivých typů plastů	12
1.5 Zpracovatelské podmínky plastů	12
1.6 Volba termoplastů při návrhu součásti	13
1.7 Konstrukce výstřiku	13
1.8 Průběh vstřikovacího cyklu	14
1.9 Optimální cyklus vstřikovacího stroje	14
1.10 Vstřikovací stroj	15
2 VSTŘIKOVACÍ FORMY	17
2.1 Vstřikovací formy	17
2.2 Postup při navrhování formy	18
2.2.1 Výrobní postup	18
2.2.2 Technické údaje potřebné pro výrobu forem	18
2.2.3 Ekonomické zhodnocení	18
2.2.4 Řešení formy s ohledem na násobnost a životnost	19
2.2.5 Násobnost vstřikovací formy	19
2.3 Zaformování výrobku	20
2.3.1 Dělicí plocha	20
2.3.2 Tloušťka stěn	20
2.3.3 Zaoblení hran, rohů a koutů	21
2.3.4 Úkosity	22
2.3.5 Žebra a výztuhy	22
2.4 Vtokový systém	23
2.4.1 Studené vtokové systémy	23
2.4.2 Horké vtokové systémy	24
2.5 Odvzdušnění forem	26
2.6 Temperace forem	26
2.7 Vyhazovací systémy	27
2.8 Používané materiály při výrobě forem	28
2.9 Volba ocelí na formy	29
II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	31
3 VÝROBEK	32
4 KONSTRUKCE FORMY	33
4.1 Násobnost formy	33
4.2 Zaformování výstřiku	34
4.3 Odvzdušnění formy	35
4.4 Tvarové díly formy	36
4.5 Vyhození výstřiku	37
4.6 Vtokový systém	38
4.7 Temperace formy	38
4.8 Šikmé čepy a šibry	41

4.9	Sestava vstřikovací formy	41
4.10	Vyhození vstřikované součásti	44
ZÁVĚR	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

V dnešní době jsou obvyklé materiály (kov, dřevo, sklo, atd.) nahrazovány polymerními materiály. Vzdělává tak výroba a využívání jednotlivých výrobních procesů pro zpracování plastů. Mezi tyto procesy patří i vstřikování, které patří mezi nejčastější způsoby zpracování plastů.

Vstřikování do forem se za několik posledních desetiletí stalo velmi populární technologií na zpracování plastů. Dovoluje velmi rychlou a precizní výrobu různých plastikářských výrobků nejen pro každodenní život, ale také pro specializovaná použití.

Vstřikovaný výrobek by měl po vyjmutí z formy vyhovovat tvarovým požadavkům zákazníka, které se neustále zvyšují. Díky tomu rostou i nároky na kvalitu a přesnost vstřikovaných součástí a tím je náročnější konstrukce vstřikovacích forem.

Pro urychlení a zkvalitnění konstrukce se používá různého softwarového vybavení. Ta umožňují 3D modelování a názorné ukázky funkčních chodů vstřikovací formy a omezují tak chybné konstrukce.

Snížení nákladů a zkrácení výrobních časů vstřikovacích forem přispělo, že několik společností na světě se začalo zabývat výrobou normalizovaných částí pro formy. V současnosti existuje několik výrobců normálí, jejichž společným znakem je využití stavebního principu. Mezi nejznámější patří HASCO, DME a STRACK.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Výroba výstřiku

Výroba výstřiku začíná zpravidla polymerní hmotou a končí výstřikem. Vstřikováním lze zpracovávat termoplasty, reaktoplasty i kaučuky. Výstupní kontrola odpovídá druhu zpracovaného materiálu. Materiál se dopravuje ručně, mechanicky nebo pneumaticky.

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se již z formy vyjme hotový výrobek. [3]

1.2 Základní dělení plastů

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. Plasty se dělí na dva základní druhy:

- termoplasty mají přímé řetězce. Říká se jim také přímé polymery. Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota se stává viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního stavu. Oproti reaktoplastům se mohou dále zpracovávat,
- reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při tváření vlivem teploty a tlaku dojde k zesíťování. [3]

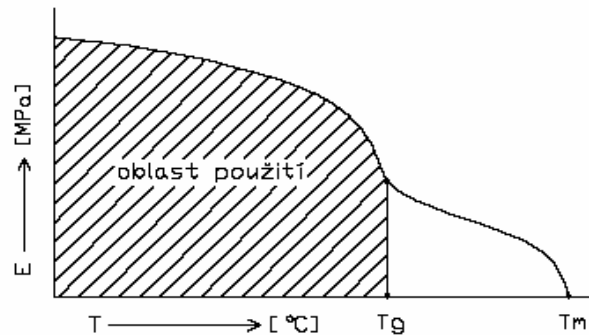
1.3 Dělení termoplastů

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejich řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny jsou homopolymery. Polymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin jsou kopolymery. Dále se termoplasty dělí podle vnitřní struktury:

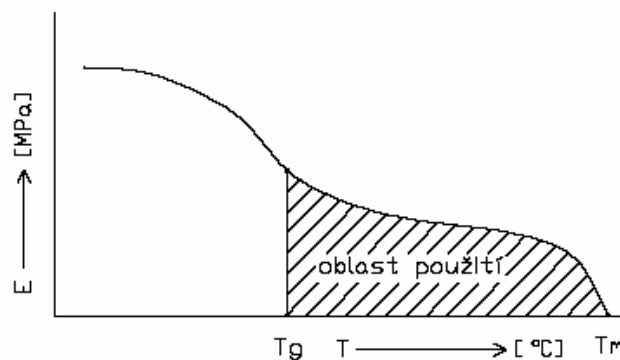
- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány (např. organická skla),
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání.

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvýšením teploty nad teplotu skelného přechodu dochází ke slábnutí kohezní síly mezi makromolekulami a polymer přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru.

U semikrystalických plastů jsou části molekul vázány pevněji v lamelách a sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, potom i ostatní. Semikrystalické plasty se používají v oblasti nad teplotou skelného přechodu T_g . Důvodem je vynikající kombinace pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obr. 1. Oblast využití amorfních plastů



Obr. 2. Oblast využití semikrystalických plastů

Různými přísadami se můžou měnit základní vlastnosti polymerů. A to přidáním jednotlivých přísad.

Jako přísady se používají:

- plniva prášková nebo vláknitá. Svým charakterem mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastu. Vlákenná plniva především vyztužují hmotu a zvyšují její pevnost,
- prášková plniva naopak při vyšší koncentraci zmenšují tyto hodnoty. Některé však mechanické hodnoty zvětšují, což jsou plniva aktivní (saze v kaučuku),
- změkčovadla se přidávají k některým tvrdým polymerům pro získání měkkosti a ohebnosti,
- barviva slouží k dosažení žádaného barevného odstínu,
- stabilizátory zlepšují některé vlastnosti, např. odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi. [3]

1.4 Charakteristika jednotlivých typů plastů

Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti.

Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad. Z funkčního hlediska se hodnotí především:

Mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení

- Elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost apod.
- Chemická odolnost proti různým chemickým činidlům, pro potravinářské účely
- Optické vlastnosti jako je průhlednost, barva, lesk apod.

Zpracovatelské hledisko je neméně důležité.

Významná je:

- Tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperace formy (dosažení optimální teploty nástroje ve vztahu ke zpracovávanému plasty, konstrukčním a technologickým parametrům)
- Velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku
- Citlivost na technologické parametry výrobního zařízení a podobně

Celá řada poznatků je uvedena v různých příručkách, prospektech a materiálových listech výrobců plastů. Velkou roli zde taky hrají praktické zkušenosti s jednotlivými plasty. Pro použití určitého druhu plasty platí obecné pravidlo: čím jednodušší zpracování plasty, tím jsou horší jeho vlastnosti. Jsou však i výjimky. [1]

1.5 Zpracovatelské podmínky plastů

Na výsledné vlastnosti hotového výrobku mají technologické podmínky velký vliv. Zpracovatelské parametry (teplota, tlak, časové prodlevy) jsou určující pro některé rozměry a také pro mechanické a fyzikální vlastnosti, izotropii apod.

U semikrystalických termoplastů se podmínkami při zpracování dá ovlivnit obsah krystalinity a její velikost. To znamená větší krystaliniku, vyšší pevnost, zvýšený modul pružnosti i ostatních činitelů. [1]

1.6 Volba termoplastů při návrhu součásti

Vstřikováním se může vyrobit kompletní součást, která již nevyžaduje žádné další opracování. Je třeba uvážit konkrétní podmínky provozního zatížení součásti i celkového využití.

Optimální volba plastu se pak posuzuje podle následujících podmínek:

- Funkce součásti musí splňovat definované požadavky.
- Zvolená technologie výroby součásti musí být reálná, na určeném stroji snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů.
- Volba plastu musí být ekonomická z hlediska technologie výroby součásti i formy.

Obecně platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. [1]

1.7 Konstrukce výstřiku

Při tvorbě součásti z plastu musí konstruktér zvažovat co všechno se bude při vstřikování v dílu z plasu dít. To vyžaduje dobře znát technologii jejich zpracování.

Součásti z plastů nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové součásti. Je to tím, že na plastové výrobky působí během zpracování, ale i dočasně množství nejrůznějších činitelů. Jsou to materiály, výrobní technologie, forma a její kvalita. Vlivem těchto činitelů se pak vyrobí výstřik jen určité kvality.

Hlavní činitelé, kteří ovlivňují jakost výrobku:

- smrštění při zpracování, které ovlivní především přesnost výrobku,
- dodatečné smrštění. Bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazování ve formě,
- tečení vznikne při větším dlouhodobém silovém zatížení součásti,
- teplotní roztažnost. Je přibližně o řád větší než u kovů je však změnou vratnou,
- navlhavost. Změní se rozměry podle sorbce vody z okolí. Při vysušení se rozměry opět změní.

Velikost vlivů jednotlivých činitelů je velmi obtížné stanovit. Ovlivňuje jej druh plastu, tvar součásti i zpracovatelské podmínky. [1]

1.8 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Granulovaný plast se ve plastikační jednotce roztaví a poté vstříkne do dutiny formy. Forma se musí před vstupem taveniny připravit.

Příprava spočívá v temperaci, vložení zálisků, závitových jader apod.

Vytemperovaná a upnutá forma ve stroji je uzavřena uzavírací silou. Její velikost je volena tak, aby byla forma zajištěna proti pootevření při vstřikovacím tlaku. Po uzavření formy dojde k přisunu vstřikovací jednotky a vstřiku taveniny do formy. Po jeho ukončení se vstřikovací jednotka vrátí do výchozí polohy.

V průběhu vstřikování se musí zvolit celá řada parametrů:

- velikost dávky taveniny,
- teplota taveniny,
- velikost a doba působení vstřikovacího tlaku,
- vstřikovací rychlost,
- dotlak,
- otáčky šneku a jeho zpětný odpor,
- chlazení. [1]

1.9 Optimální cyklus vstřikovacího stroje

Vyráběné množství výstřiku je ovlivněno především násobností formy. Produkci lze zvýšit i pomocí použité technologie vstřikování. To se projeví optimální délkou pracovního cyklu. Jeho délka je výsledkem všech časových průběhů technologických parametru stroje i chladičského účinku formy.

Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy za určitého tlaku a rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při zatuhnutí taveniny ve vtokovém kanále. Po

skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastifikace další dávky. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy následuje další cyklus. [1]

1.10 Vstřikovací stroj



Obr. 3. Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroje existují v různých konstrukčních variantách. Dále se dělí podle stupně řízení, stálosti a reprodukovatelnosti jednotlivých parametrů, rychlosti výroby, snadnou obsluhou i cenou.

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje.

Vstřikovací jednotka- připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy.

Uzavírací jednotka- ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření, i případné vyprázdnění.

Velikost uzavírací síly je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a ploše vtoku v dělicí rovině.

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

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

Ovládání a řízení stroje- stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. [1]

2 VSTŘIKOVACÍ FORMY

2.1 Vstřikovací formy

Vstřikovacích forem se používá při zpracování termoplastů, reaktoplastů a kaučkových směsí. Řešení vstřikovací formy vychází z technologického projektu příslušného výstřiku. V podstatě se musí respektovat jak vlastnosti zpracovávaných materiálů, tak také množství výrobních zařízení i požadavky na kvalitu výrobku a produktivitu práce. Zpravidla se požaduje, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace.

Mnohoznačnost požadavků vede k různým řešením forem. Používané typy forem mají zpravidla tyto hlavní části:

- tvarové díly vymezující dutinu formy,
- vtokový systém,
- temperační nebo topný systém,
- vyhazovací zařízení pro výstřik i vtokový zbytek,
- upínací a vodící elementy.

Jiné rozdělení forem respektuje jejich konstrukci. Tak se rozlišují např. formy dvoudeskové a třideskové, případně etážové. Třideskové formy mají dvě dělící roviny, z nichž jedna slouží k vyjímání výstřiků, druhá pak k vyjímání vtokového zbytku. Protože v tomto případě se odděluje vtokový zbytek při otevírání formy odtržením, nazývá se také tento druh formami odtrhovacími. [3]

2.2 Postup při navrhování formy

Při zpracování polymerních materiálů je forma zpravidla nejdůležitějším operačním nářadím. Pro stanovení koncepce konstrukčního řešení formy je zapotřebí vycházet z výrobního postupu – projektu příslušné výroby. [3]

2.2.1 Výrobní postup

Projekt se stanovuje na základě podrobného technickoekonomického rozboru. Postup záleží zpravidla ve vypracování několika možných variant a vyhodnocení jejich celkových ekonomických efektů. Při konečné volbě navrhovaného řešení se přiblíží rovněž k některým dalším aspektům, jako např. časová výhodnost řešení z hlediska realizačních možností apod. [3]

2.2.2 Technické údaje potřebné pro výrobu forem

Jednotlivé varianty řešení výrobního postupu vycházejí z technických údajů tak, aby realizace výroby byla úspěšná. Pro návrh vstřikovací formy jsou výchozími podklady výkresy nebo model výstřiku a technické podmínky (požadavky). Výkres výstřiku obsahuje zejména poměrové i směrové tolerance, speciální vzhledové požadavky (barva, místo povolené stopy po vtokovém ústí, případně stop po vyhazovačích apod.). Řešení formy zpravidla začíná stanovením její násobnosti. [3]

2.2.3 Ekonomické zhodnocení

Významným faktorem při volbě výrobního postupu je ekonomická rozvaha ve vztahu ke konstrukčnímu řešení formy. Nejde zde jen o ekonomii výroby formy, ale též o celkovou ekonomii výroby. Pořizovací náklady na formu jsou jednorázové, ale výrobní náklady jsou trvale spojeny s využíváním formy. Proto náročnější forma často mívá vyšší pořizovací náklady, ale ve výrobních nákladech se ukazuje výhodnější. Při navrhování formy třeba uvážit:

- množství výrobků
- technické parametry výrobního zařízení
- výrobní náklady. [3]

2.2.4 Řešení formy s ohledem na násobnost a životnost

Za životnost se považuje počet uzavření, které forma vydrží, než se musí vyřadit. Může to být způsobeno opotřebením formy nebo i morálním zastaráním. Řešením formy se myslí v širším slova smyslu hledání optima mezi nároky a možnostmi v daných podmínkách. Jako vstupní údaje jsou zapotřebí:

- výkres výrobku s příslušnými údaji, jako rozměry a jejich tolerance, hmotnost, druh materiálu, případně vzorek výrobku,
- návrh výrobního postupu,
- velikost a typ výrobního zařízení,
- materiálové parametry (tokové vlastnosti, smrštění aj.),
- velikost výrobní série a časové plnění dodávek,
- zvláštní požadavky.

Z uvedených údajů lze určit násobnost formy. [3]

2.2.5 Násobnost vstříkovací formy

Násobnost vstříkovacích forem je třeba posuzovat z několika hledisek:

- násobnost formy podle doby plnění dodávek,
- násobnost formy podle vstříkovací kapacity,
- násobnost formy podle plastikačního výkonu,
- násobnost formy podle uzavírací síly.

[3]

2.3 Zaformování výrobku

Výkres výrobku je sice základním podkladem při navrhování formy, ale výrobek nebývá zpravidla řešen s ohledem na jeho výrobu. Proto se výrobek upravuje tak, aby jeho tvar byl v souladu se zvoleným výrobním postupem. V podstatě jde o zabezpečení požadovaných vlastností výrobků při vysoké spolehlivosti a ekonomii jeho výroby. [3]

2.3.1 Dělicí plocha

Dělicí plocha je plocha, ve které na sebe dosedají části formy při uzavření dutiny formy. I když obecně se hovoří o dělicí ploše, nejčastějším případem bývá dělicí rovina, hlavně z výrobních důvodů. Dělicí plocha se umísťuje vzhledem k výrobku tak, aby bylo snadné jeho vyjímání z dutiny formy, a aby stopa po dělicí rovině nepůsobila funkční nebo vzhledové závady na výrobku.

Dělicí roviny lze rozdělit na:

- hlavní dělicí roviny,
- vedlejší dělicí roviny.

Za hlavní dělicí rovinu se zpravidla považuje dělicí rovina, která je kolmá na směr uzavírání formy. Ostatní dělicí roviny (plochy) jsou pak vedlejší. Jsou nutné u výrobků s bočními otvory, nálitky, zápichy apod. [3]

2.3.2 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn musí vyhovovat požadavkům:

- funkčním (pevnost, elektrická nebo tepelná vodivost, tuhost, rozměrová stálost aj.),
- výrobním,
- ekonomickým.

Z hlediska výrobního ovlivňují tloušťku stěny:

- vlastnosti zpracovávaného materiálu,
- způsob vyhazování výrobku z formy,
- požadovaná přesnost.

Ekonomické faktory vedou k co nejmenší tloušťce stěny, neboť zpravidla ve výrobních nákladech činí materiálová položka významný podíl. S tloušťkou stěny výrobku souvisí také doba vytvrzování, případně chlazení což bezprostředně ovlivňuje délku výrobního cyklu, tedy i produktivitu práce.

Minimální tloušťka stěny závisí na druhu použitého materiálu. Tato hodnota závisí nejen na druhu a obsahu plniv, ale také na velikosti, složitosti a tvaru výrobku.

Základním požadavkem je tedy dosáhnout co nejmenší tloušťky stěny. Dále se požaduje, aby tloušťka stěny byla rovnoměrná. Každé nahromadění materiálu způsobuje výrobní komplikace, jako borcení tvaru, propadliny apod. Pevnosti a tuhosti výrobku se nedosáhne vždy jen zvyšováním tloušťky stěny. Tuhosti lze dosáhnout nejlépe žebrováním.

Vylehčením se šetří materiál a zmenšují výrobní potíže. Jestliže nejde dodržet zásadu stejné tloušťky stěny, třeba zabezpečit náhlé přechody. Různě tlusté stěny se nerovnoměrně vytvrzují i ochlazují. Na přechodech vznikají značná pnutí, která bývají často příčinou snadných lomů. [3]

2.3.3 Zaoblení hran, rohů a koutů

Hrany a kouty třeba zaoblit zvláště tam, kde protéká v dutině formy materiál. Zaoblení zlepšuje tok materiálu v dutině formy, usnadňuje vyjímání výrobku a snižuje zbytkové vnitřní pnutí. Ostré hrany se ve formě špatně vyrábějí a snadno se poškozují. Zaoblením se také může zvýšit tuhost výrobků.

Poloměr zaoblení má být 1/4 až 3/4 tloušťky stěny v uvažovaném místě. Při volbě zaoblení třeba plně respektovat výrobní možnosti. Zaoblení se musí ve formě snadno vyrobit. [3]

2.3.4 Úkosy

Úkosem se nazývá mírný sklon stěn v dutině formy, který umožňuje snazší vyjímání výrobku. Úkos musí být na všech plochách kolmých k dělicí rovině, a to jak na vnějších, tak i na vnitřních plochách.

Vzhledem ke smrštění materiálu bývají úkosy na vnitřních plochách zhruba dvojnásobné než na plochách vnějších. [3]

2.3.5 Žebra a výztuhy

Žebra a výztuhy dávají výrobku zpravidla příslušnou tuhost. Podle účelu rozdělujeme žebra na:

- technická,
- technologická,
- ozdobná.

Technická žebra zpravidla zabezpečují pevnost a tuhost výrobku, případně jeho technickou funkci. Výška žeber má být co největší. Plocha se vyztužuje žebry tak, aby nevzniklo hromadění materiálu, žebro u kořene musí být zaobleno. Příliš tlustá žebra se dělí na několik menších žeber.

Technologická žebra se na výrobku umísťují tak, aby se zlepšila jeho výroba. V podstatě mají:

- umožnit lepší tok hmoty ve formě,
- bránit zborcení,
- zakrýt povrchové vady.

[3]

2.4 Vtokový systém

Jsou dva základní druhy vtokových systémů. Je to:

- studený vtokový systém,
- horký vtokový systém.

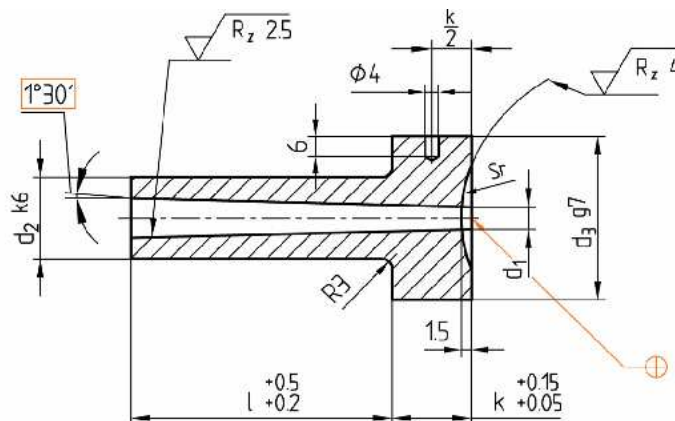
Vtokový systém zabezpečuje spojení mezi dutinou formy a vstřikovací tryskou. Nejjednodušším případem vtokového systému je případ přímého vtoku s přímým ústím. Vtoková vložka má rozměry podle velikosti výstřiku a rozměru vstřikovací trysky, která je však součástí plastikační jednotky. [3]

2.4.1 Studené vtokové systémy

Vtoková vložka může mít sedlo kulové, kuželové nebo ploché, podle tvaru vstřikovací trysky. Proti ústí vtokové vložky bývá stěna výstřiku zesílená, aby se zlepšily vtokové poměry v dutině formy. Ztuhlý zbytek ve vtokové vložce se nazývá vtoková stopka. Po jejím odstranění zůstává na výstřiku stopa, což lze považovat za nevýhodu tohoto systému. Odpružením vtokové vložky se získá možnost snazšího vyhazování výstřiku z formy.

U vícenásobných forem se vtokový systém skládá z vtokového kanálu, rozváděcího kanálu a ústí vtoku. Systém třeba dimenzovat s ohledem na malé tlakové ztráty a nízké sdílení tepla mezi vstřikovaným materiálem a formou. Dále objem rozváděcích kanálů by měl být co nejmenší, aby vznikl jen malý vtokový zbytek.

Velikost rozváděcího kanálu závisí na tloušťce stěny výstřiku, hmotnosti výstřiku, tokové dráze, teplotních poměrech ve formě a druhu vstřikovaného materiálu.



Obr. 4. Vtoková vložka

Empirický vzorec uvádí tyto souvislosti.

$$D = 0,265 \cdot m^{1/2} \cdot L^{1/4} \quad (1)$$

kde D- průměr rozváděcího kanálu (mm)

m- hmotnost výstřiku (g)

L- délka rozváděcího kanálu (mm)

Délka rozváděcího kanálu souvisí s minimální tloušťkou stěny výstřiku empirickým vztahem.

$$L = 100 \cdot s_{\min} - 50 \quad (2)$$

kde L – délka kanálu (mm)

s_{\min} – min. tloušťka stěny výstřiku (mm)

Tvar rozváděcích kanálů je třeba volit tak, aby se všechny dutiny formy pokud možno plnily současně. Nejvhodnější jsou tzv. vyvážené vtoky, které svou geometrií zabezpečují stejnou vzdálenost od vtokového kanálu k ústí vtoku. U drobných výstřiků se používá prstencového rozváděcího kanálu dostatečných rozměrů, který je přímo spojen zúženým ústím vtoku s dutinami formy. [3]

2.4.2 Horké vtokové systémy

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Provádí se pomocí vyhřívaných vtokových systémů. Jejich vývoj se od jednodušších systémů postupně zdokonalil. Nejprve se používaly zesílené vtoky, izolované vtokové soustavy s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívané vtokové systémy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku a teploty v systému s optimálním tokem taveniny.

Rozhodující pro výběr vhodného horkého vtokového systému je často vstřikovaný materiál. Dnes mohou být téměř všechny materiály vstřikovány horkými vstřikovacími systémy, dokonce i plněné plasty a strukturní pěny.

Horké vtokové systémy nabízí mnoho výhod ve srovnání se studenými vtokovými soustavami. Jsou to výhody technologické a ekonomické.

Technologické výhody:

- jednodušší automatizace procesu díky vynechání vyhazování vtokových zbytků,
- průměr vtoku je schopen udržet větší tlaky, díky menším tlakovým ztrátám,
- vyvážení vtokového systému může být dosaženo teplotní regulací nebo mechanicky.

Ekonomické výhody:

- úspora materiálu ve vtokcích,
- krátké vstřikovací cykly, čas pro vyhazování vtoků je vynechán, nízká poruchovost trysek, chladicí čas není závislý na pomalém zatuhnutí trysek,
- přijatelné malé stroje, dávka je regulována velikostí výstřiku, velké dávky se používají při plnění vícenásobné formy,
- při výrobě forem se používá standardizovaných částí forem.

Technologické nevýhody:

- nebezpečí teplotní degradace citlivých materiálu, z důvodu dlouhé tokové cesty a vysoké smykové rychlosti,
- nestejněměrné teplotní rozdělení výsledků v rozdílech v teplotě tavení a tudíž i v nestejněměrném plnění,
- žádná tlaková kontrola v ústí vtoku.

Ekonomické nevýhody:

- více zmetků při začínání nového cyklu,
- více práce při navrhování formy,
- vyšší náklady při instalaci pomocných zařízení (vytápění, teplotní čidla a kontroly),
- náročnější obsluha.

[3]

2.5 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy taveninou je třeba zajistit únik zejména vzduchu, který je v ní obsažen na počátku vstřiku. Vzduch může uniknout kolem jader, vyhazovacích kolíků apod. V dělicích rovinách se vytvářejí drážky 0,05-0,2 mm hluboké 3-6 mm široké. Umísťují se na protilehlé straně ústí vtoku. Vzduch, který se uzavře v dutině formy při adiabatickém stlačení, může dosáhnout vysokých teplot. Za vysoké teploty se povrch vstřikovaného materiálu může natavit; případně se materiál v místech uzavřeného vzduchu může spálit. [3]

2.6 Temperace forem

Temperací forem rozumíme jejich udržování na požadované teplotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla v rozmezí 30-120°C, ve speciálních případech může se tento interval rozšířit od -5°C do +120°C. Správně navržený temperační systém umožňuje:

- optimální dobu vstřikovacího cyklu a hospodárnost provozu,
- dosažení kvalitních výrobků při optimální struktuře (fyzikální vlastnosti přesnost, vzhled).

Správně řešený temperační systém dává rovněž předpoklady pro dobrou funkci formy. Na řešení temperačního systému má vliv více faktorů, z nichž je nutno uvést zejména:

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku, příp.dráhu toku a tloušťku stěn výstřiku,
- požadavky na jakost a přesnost výstřiku,
- druh a rozměry vtokového systému.

Tokové a tepelné vlastnosti plastů uplatňují svůj vliv na způsob temperace formy. Množství tepla, které je třeba při chlazení odvést, závisí na rozdílu entalpií při teplotě vstřikování a při teplotě vyhazování z formy.

Dalším faktorem je tekutost plastu a její závislost a teplotě. Závisí-li tekutost silně na teplotě, je nutné pro takový materiál volit vyšší teploty formy. Např. tlustostěnné výstři-

ky vyžadují intenzivní chlazení. Pro dlouhé dráhy toku je třeba teplotu formy naopak zvýšit. Problém sdílení tepla je třeba chápat ve dvou aspektech. Jednak jde o přestup tepla z plastu do formy, jednak z formy do temperačního média.

V prvním případě bude sdílené teplo záviset:

- na hmotnosti výstřiků,
- na teplotě taveniny a teplotě formy,
- na teplotě vyjímání výstřiku z formy,
- na tepelných vlastnostech zpracovaného plastu.

Jak bylo uvedeno již dříve krystalických materiálů, je třeba počítat se skupenským teplem tuhnutí. Vně intervalu teploty tuhnutí lze považovat entalpii za lineárně závislou na teplotě.

Výměna tepla mezi materiálem výstřiku a formou je poměrně rychlá vzhledem k malým tloušťkám stěn výstřiku. Doba ochlazování bude zřejmě záviset na této tloušťce a druhu vstřikovaného materiálu.

Teplota povrchu dutiny formy nebude konstantní. V okamžiku vstřiku teplota rychle stoupá ve styku s horkou taveninou. Potom klesá při odvádění tepla temperačním médiem. Teplota povrchu dutiny formy pak dále klesá během otevření formy a jejího uzavření pro nový vstřik. [3]

2.7 Vyhazovací systémy

Po částečném ochlazení výstřiku ve formě následuje otevření formy a vyhození výstřiku z dutiny formy. K tomuto účelu se forma vybavuje vyhazovacím systémem. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho trvalým deformacím. Při vyhazování hlubokých tvarů je třeba počítat s odvzdušněním.

Vyhazování výstřiku z dutiny formy mohou zajišťovat vyhazovací kolíky, stírací desky, stlačený vzduch, nebo kombinace uvedených prvků.

Rozhodujícím faktorem pro volbu vyhazovacího systému je velikost potřebné vyhazovací síly. Tato síla závisí:

- na smrštění výstřiku ve formě,
- na adhezi plastu k líci formy,
- na podtlaku vznikajícím při vyhazování,
- na pružných deformacích formy.

Velikost vyhazovací síly lze stanovit z úvahy, že mezi výstřikem a formou vzniká vlivem smrštění tlak p . Nepřekonává-li se odpor zápichů, pak vyhazovací síla bude:

$$F_v = p \cdot f \cdot S \quad (m) \quad (3)$$

kde f -koeficient tření

S – plocha ve směru vyhazování (m^2)

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování.

[3]

2.8 Používané materiály při výrobě forem

Formy jsou nákladné nástroje, které jsou sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku musí být dosažena požadovaná kvalita, životnost a nízké pořizovací náklady. Významným činitelem pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Výběr druhů materiálu byl zúžen na tyto základní druhy:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé...).

Oceli jsou nenahraditelnou složkou při výrobě forem. A to zejména díky pevnostním a mechanickým vlastnostem. [2]

2.9 Volba ocelí na formy

Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást závisí na její funkci. Jednotlivé díly formy nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti s ohledem na opotřebení a životnost.

Od používaných materiálů se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost.

Z hlediska výroby výstřiků má materiál funkčních dílů ještě zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,
- dobrou tepelnou vodivostí,
- houževnatostí,
- pevností v tlaku.

Při konstruování formy je nutné vybrat oceli, které se těmto podmínkám nejvíce přibližují. [2]

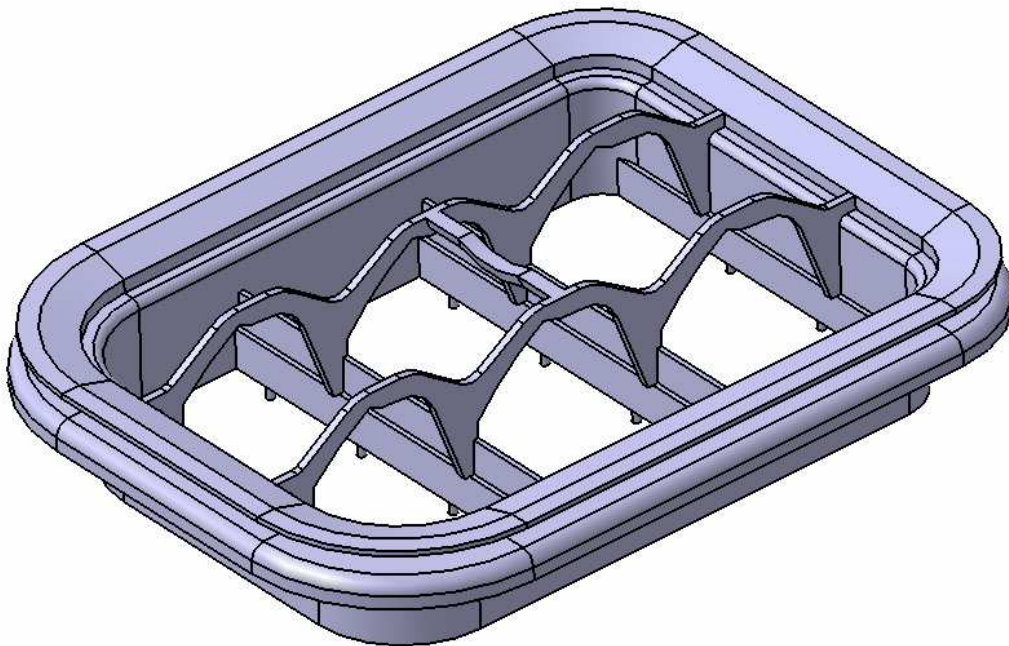
II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3 VÝROBEK

Pro návrh vstřikovací formy byla zadána součást (obr. 5). Materiálem součásti je PP s označením PPT20. Model součásti vypracovaný v CATII V5 je na obr. 6.



Obr. 5. Fotografie výrobku



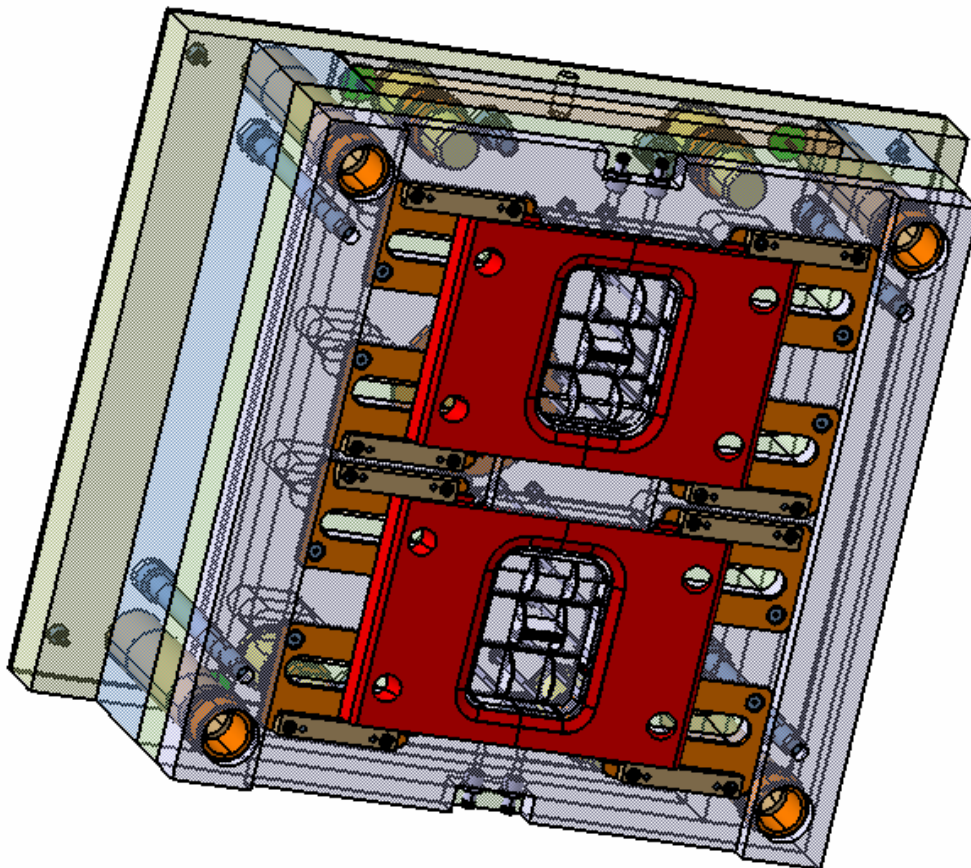
Obr. 6. Model výrobku

4 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce formy je volena podle tvarové složitosti výrobku a měla by být co nej-jednodušší a zároveň co nejpřesnější. Snahou je použít co nejvíce normalizovaných dílů z katalogu firmy HASCO. Tímto postupem se také sníží náklady na výrobu formy. Vstříkovací forma pro daný díl je dvojnásobná s použitím studeného vtokového systému.

4.1 Násobnost formy

Násobnost formy se volí podle jednotlivých činitelů, které se musí vyhodnotit. Součásti náročných tvarů, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky, se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je jednonásobná forma nejvhodnější. Zadaná forma je dvojnásobná.

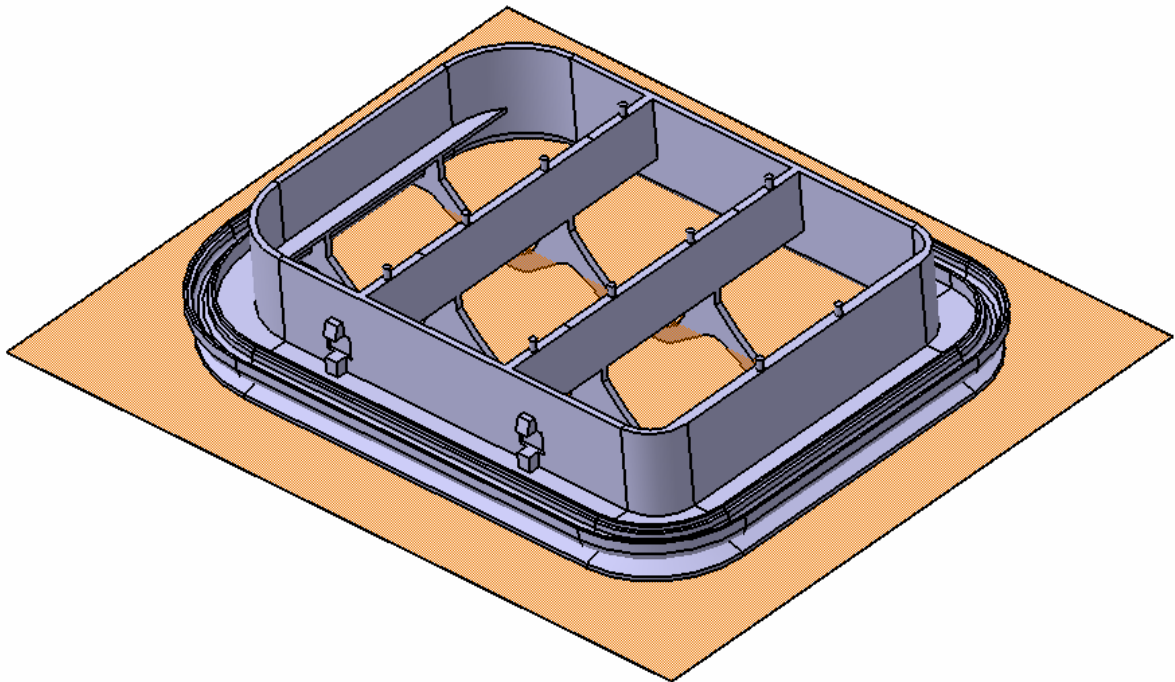


Obr. 7. Násobnost formy

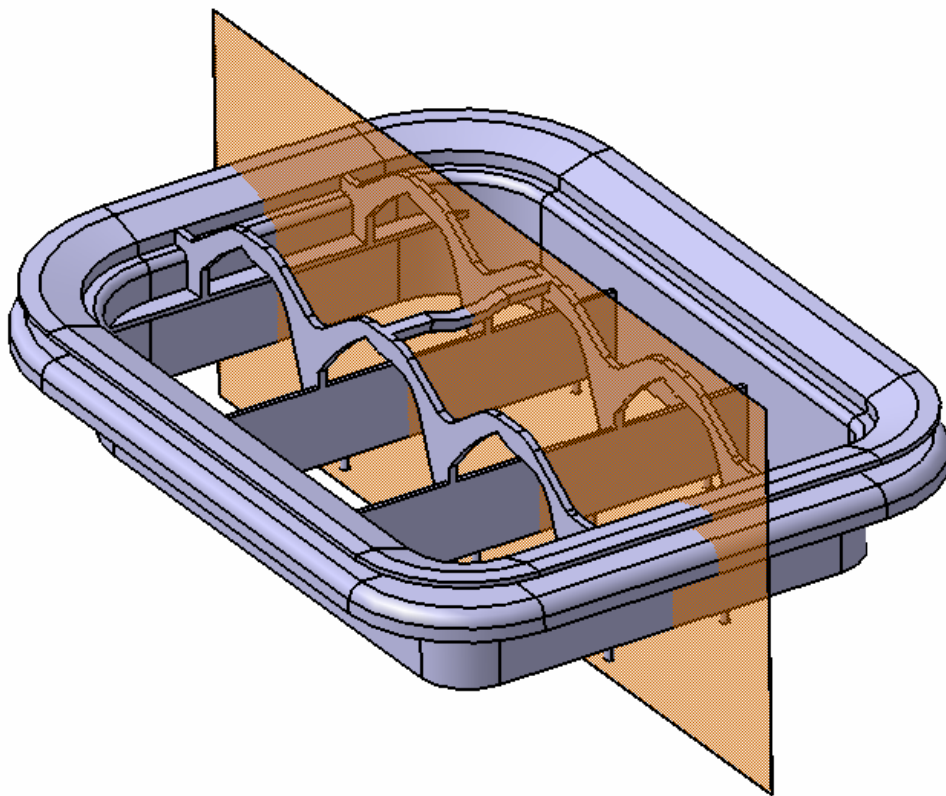
4.2 Zaformování výstřiku

Hlavní zásadou konstrukce formy je určení dělicí roviny. Tato rovina je volena rovnoběžně s upínáním formy a probíhá po hranách výstřiku. Je to z toho důvodu, že výstřik musí mít hladkou pohledovou plochu a nesmí na něm být stopa po dělicí rovině.

Dutina formy je volena tak, aby se výstřik po otevření formy oddělil od tvárnice a zůstal na tvárníku, dokud nebude vyhozen vyhazovacím systémem. Protože je výstřik složitější, má další dělicí rovinu, jejíž odformování je realizováno šikmými čepy.



Obr. 8. Zaformování výstřiku – hlavní dělicí rovina



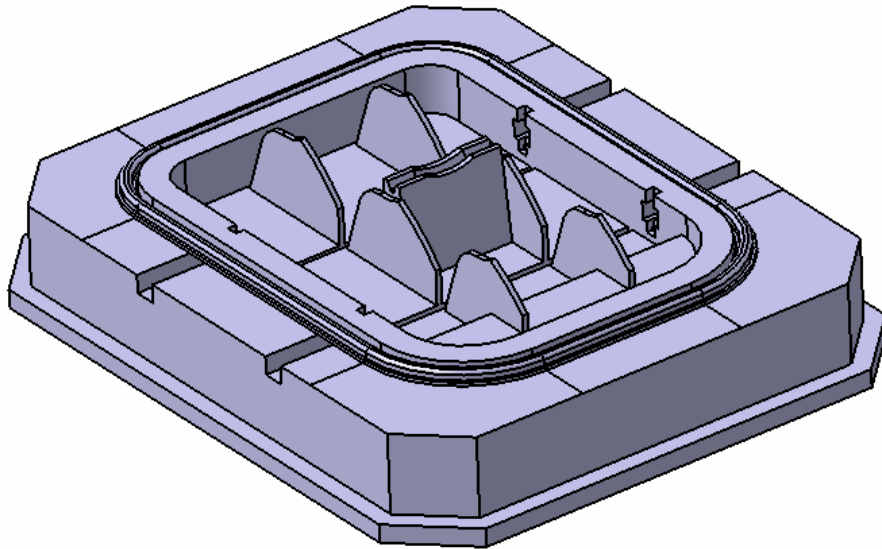
Obr. 9. Zaformování výstřiku – vedlejší dělicí rovina

4.3 Odvzdušnění formy

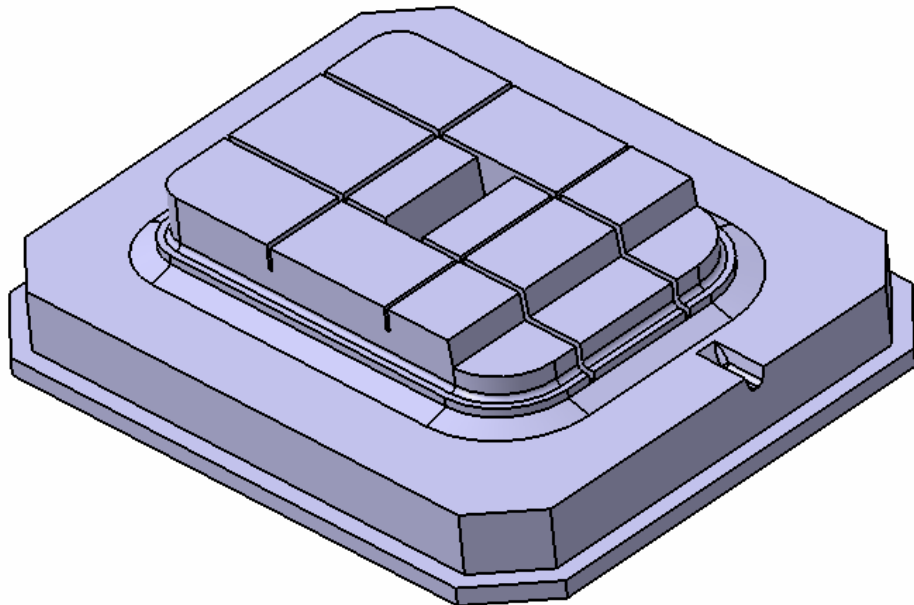
Při vstřikování plastu do formy dochází ke stlačení vzduchu ve formě čelem taveniny. Tento vzduch se při takovém tlaku ohřívá na teplotu, při které může polymer degradovat. To má za následek optické vady výstřiku ve formě napálených míst na povrchu výstřiku. Proto je nutné nezapomenout na odvzdušnění dutiny formy. K tomu, aby forma byla odvzdušněna, by měly postačit vůle kolem dělicí roviny a kolem vyhazovačů. Pokud by toto odvzdušnění nebylo dostatečné, museli by se dodělat odvzdušňovací kanály.

4.4 Tvarové díly formy

K tvarovým dílům patří tvárnice (obr. 10) které jsou umístěny v levé části formy a tvárníky (obr. 11), které jsou umístěny v pravé části formy. Na čele tvárníků se také nachází část studeného vtokového systému. Obě tvárnice jsou shodné, pouze zrcadlově obrácené. To samé platí u tvárníků.



Obr. 10. Tvárnice

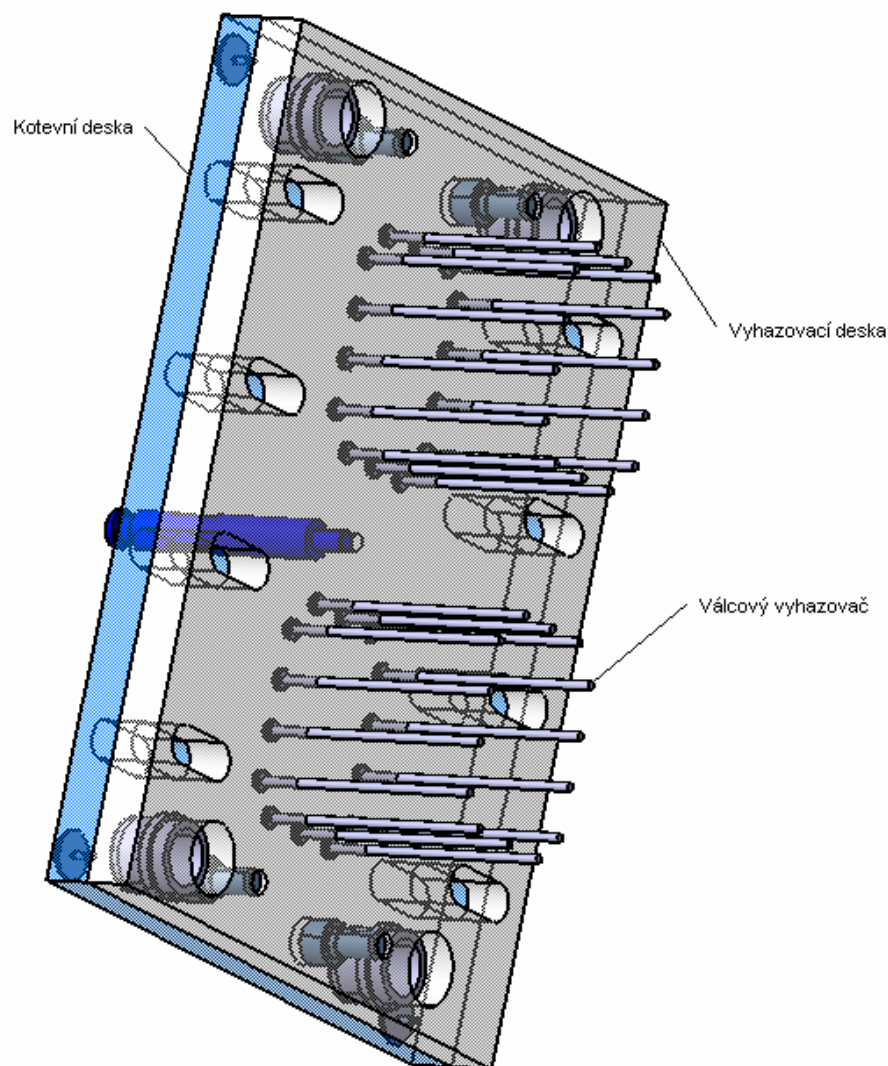


Obr. 11. Tvárník

4.5 Vyhození výstřiku

Vyhození výstřiku je provedeno pomocí šesti válcových vyhazovačů na každou dutinu formy. Ukotvení těchto vyhazovačů zajišťuje opěrná a kotevní deska. Na výstřiku zůstanou stopy po těchto vyhazovačích, to ale v tomto případě nevádí, protože se nenacházejí na pohledové straně výstřiku.

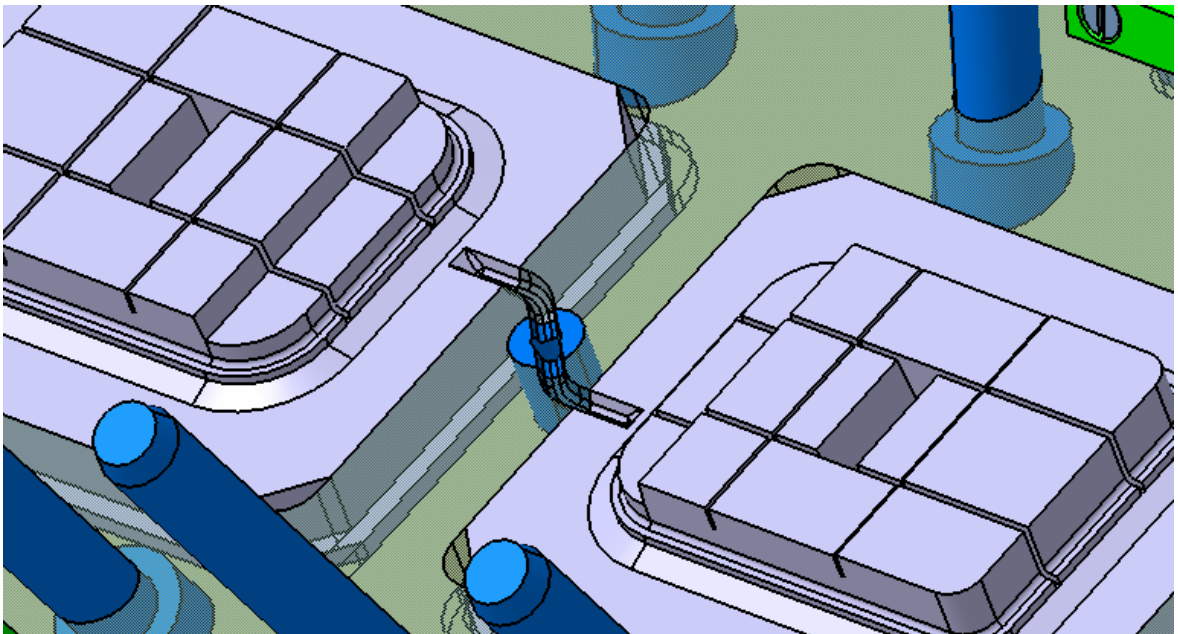
Zdvih vyhazovačů musí být dostatečný, aby bylo zajištěno vyhození celého výstřiku z tvárníku a nedošlo např. ke vzpříčení, a tím poškození výstřiku. Minimální zdvih pro tento výrobek postačí 60 mm. Pohyb celého vyhazovacího systému zajišťuje hydraulický systém vstřikovacího stroje.



Obr. 12. Vyhazovací systém

4.6 Vtokový systém

Byla použita studená vtoková soustava. Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit, aby dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší bez zbytečných tlakových a časových ztrát. Vtokový kanál vyřešen trochu nestandardně. Důvodem pro toto řešení je, aby se eliminoval případný únik materiálu ve spoji mezi čelistmi.(obr. 13). Průřez vtokových kanálů musí být dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Musí se také dodržet zaoblení hran vtokových kanálů, minimálně $R=1\text{mm}$. Zaoblení vtokových kanálů je $R=1,5\text{mm}$.



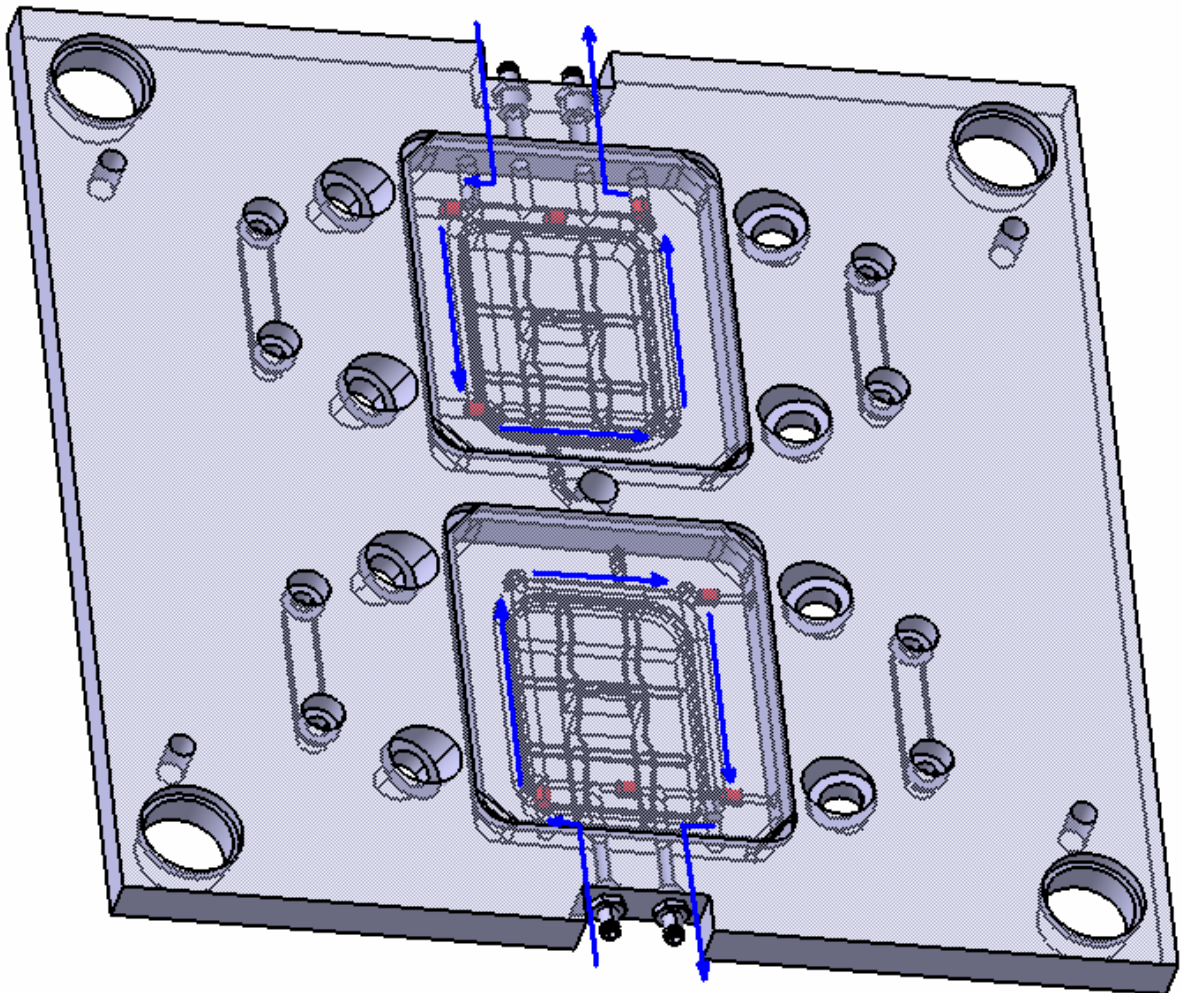
Obr. 13. Vtoková soustava

4.7 Temperace formy

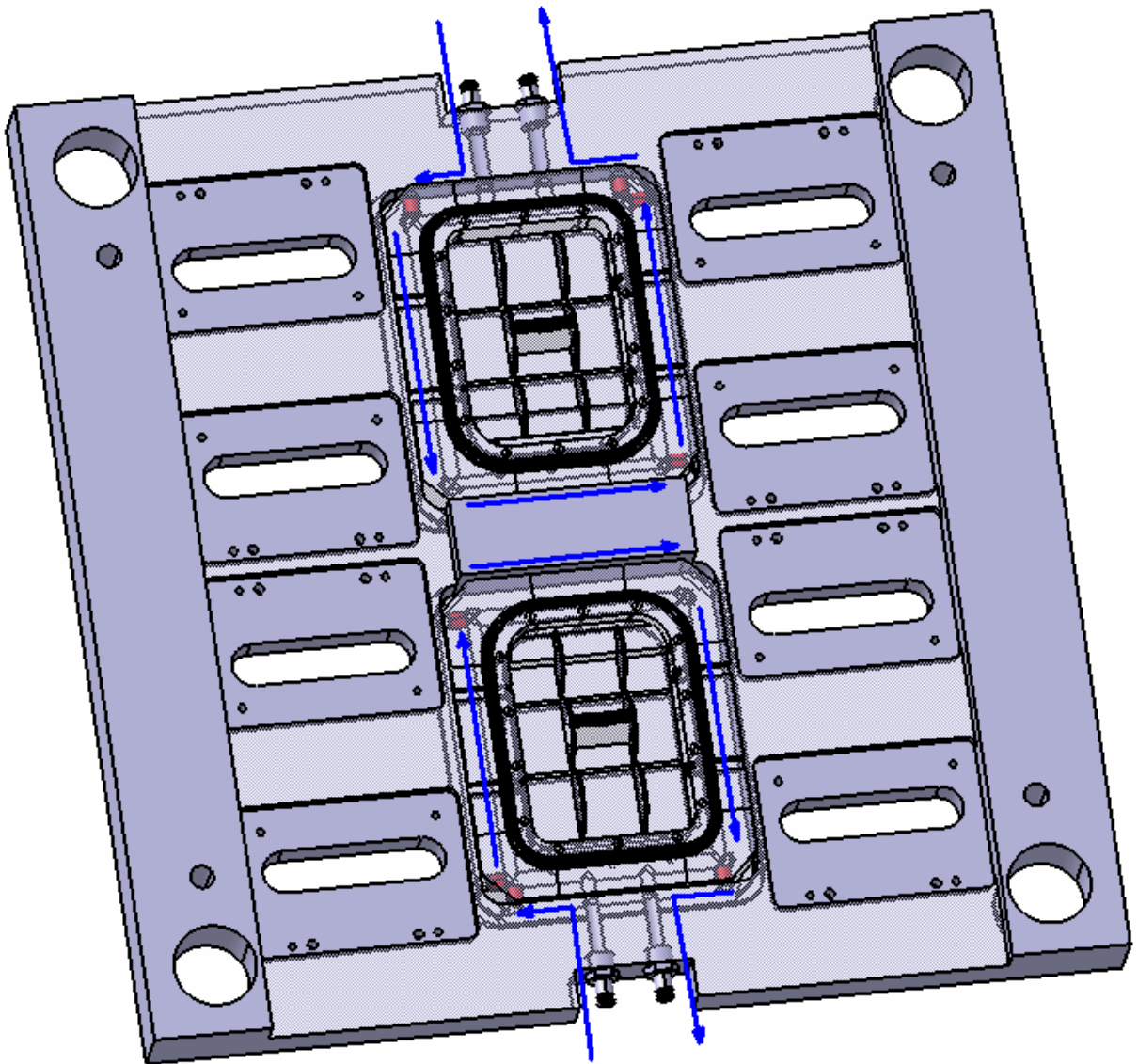
Temperace slouží k udržování konstantního tepelného režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu.

Temperanční kanálky jsou vytvořeny vyvrtáním děr do tvarových desek. Celkový obvod temperančního systému je uzavřen pomocí ucpávek a každý tvárník a tvárnice jsou těsněny pomocí těsnících kroužků.

Temperenční systém má celkem 4 okruhy, každý tvárník a tvárnice má svůj vlastní okruh. Temperance bude realizována vodou.



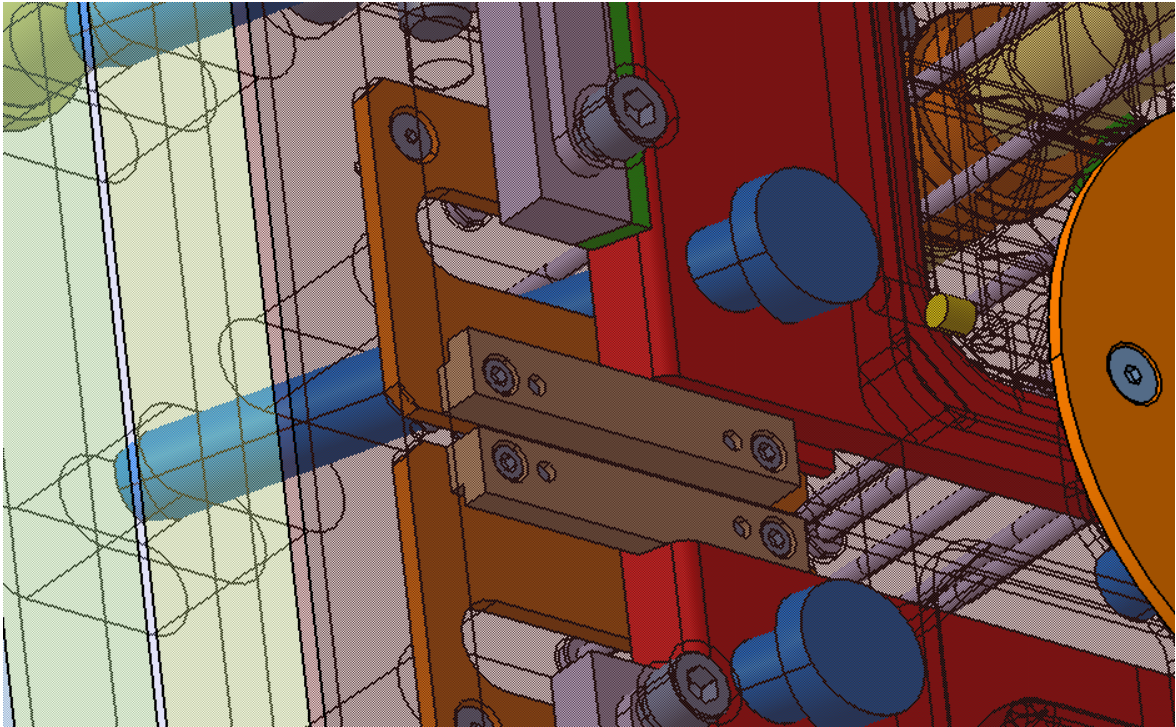
Obr. 14. Temperance pravé tvarové desky



Obr. 15. Temperance levé tvarové desky

4.8 Šikmé čepy a čelisti

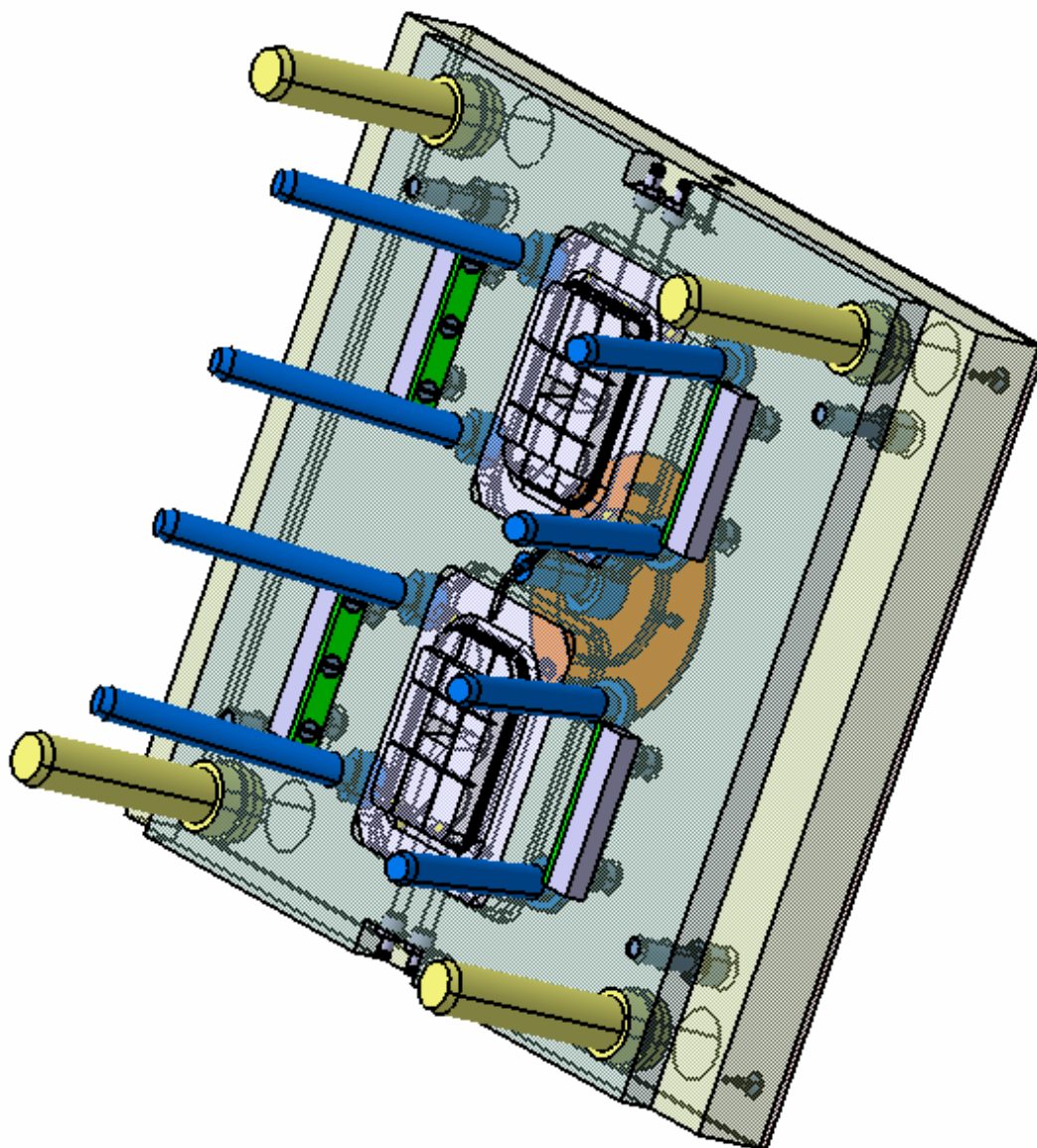
Odsun čelistí nastává před vyhozením vstříkované součásti, aby nedošlo k jejímu poškození. Tento proces je zajištěn pomocí šikmých čepů a nastává současně během otevírání formy. Pro odsunutí čelistí je dostatečný úhel šikmých čepů 20° .



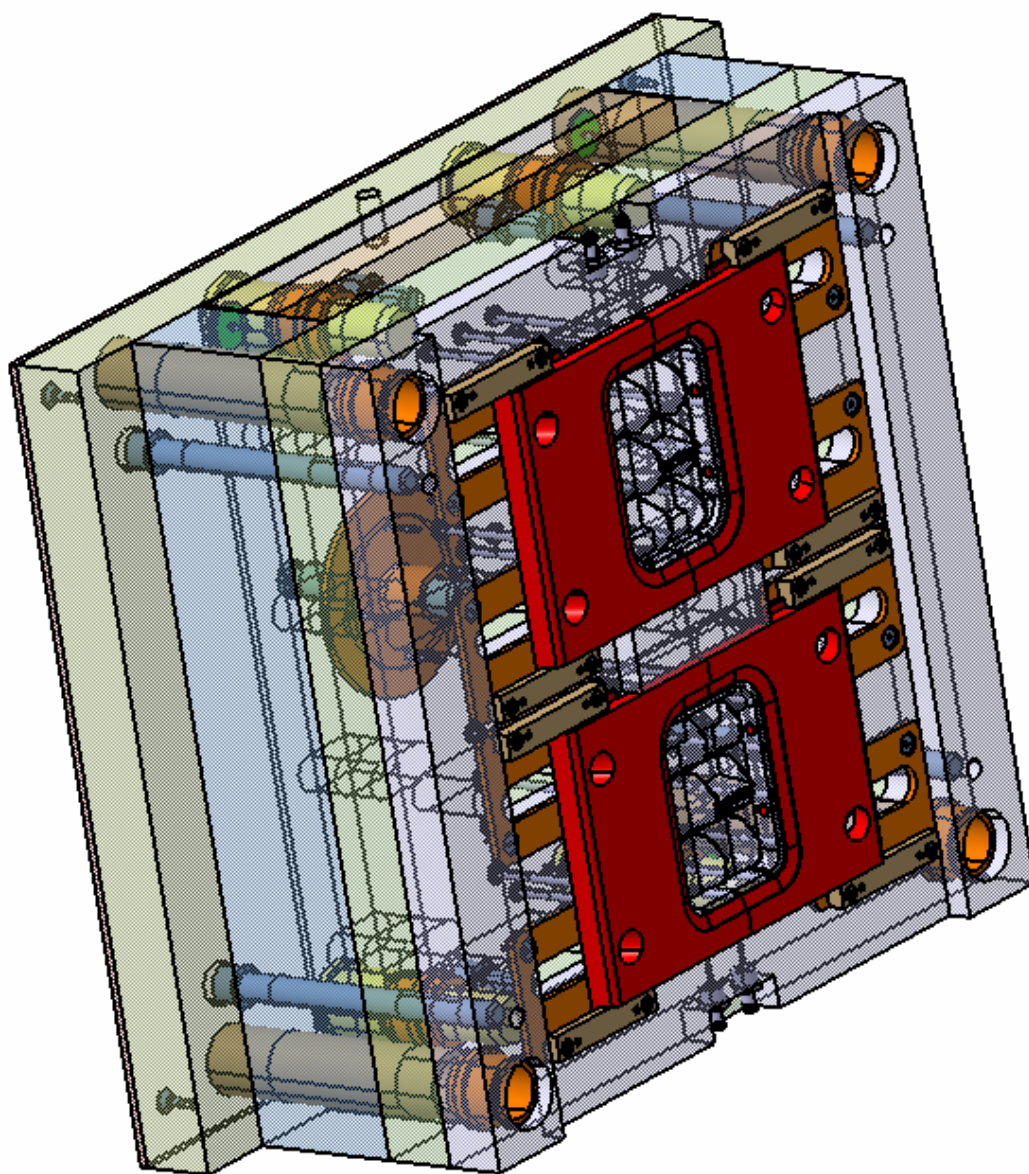
Obr. 16. Uložení šikmých čepů a čelistí

4.9 Sestava vstříkovací formy

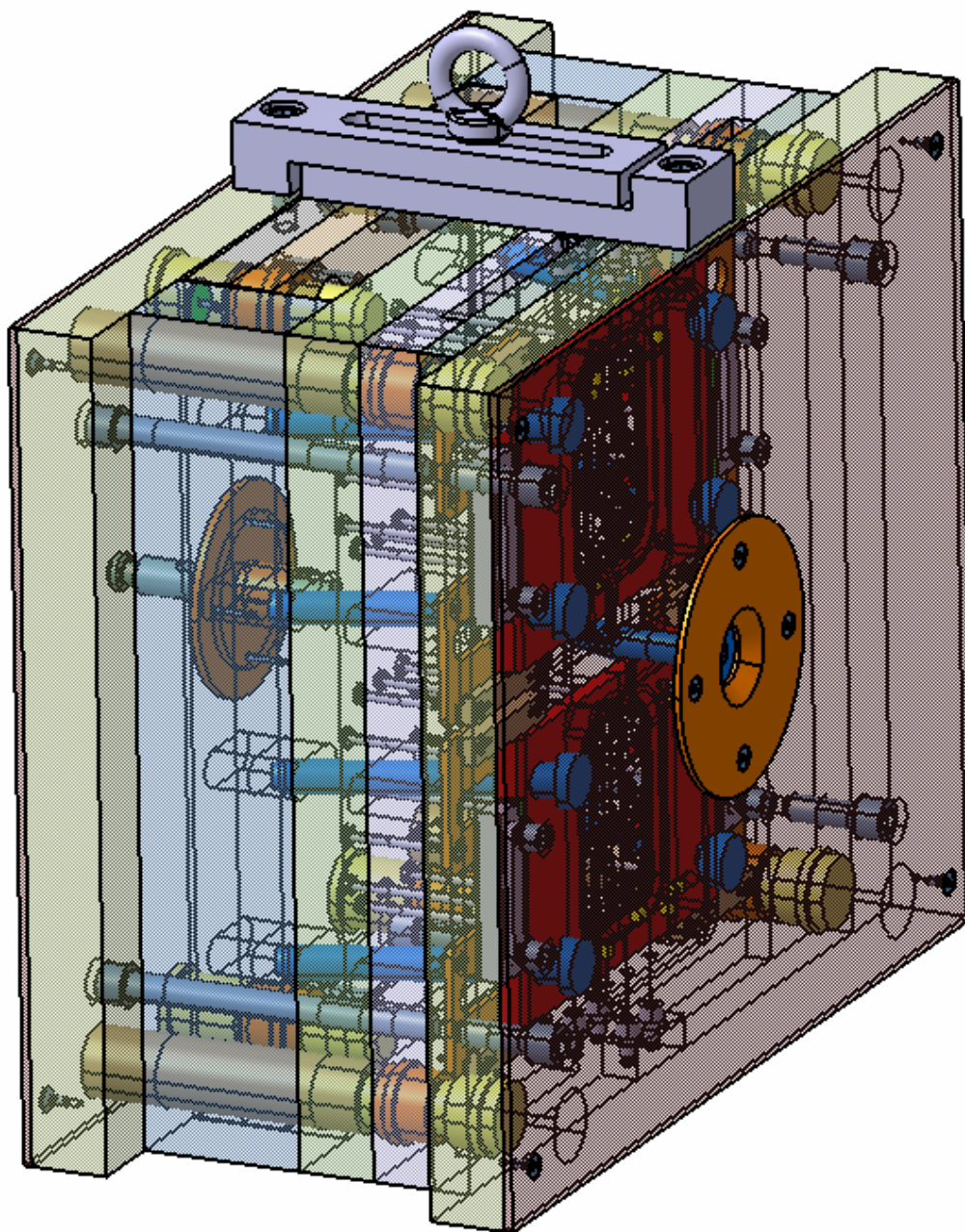
Forma je složena ze dvou částí. První z nich je pravá strana tzv. strana trysky (obr. 17). Druhou je levá strana vstříkovací formy tzv. strana vyhazovačů (obr. 18). Celkový pohled na vstříkovací formu včetně závěsného zařízení je na obr. 19.



Obr. 17. Pohled na pravou stranu formy



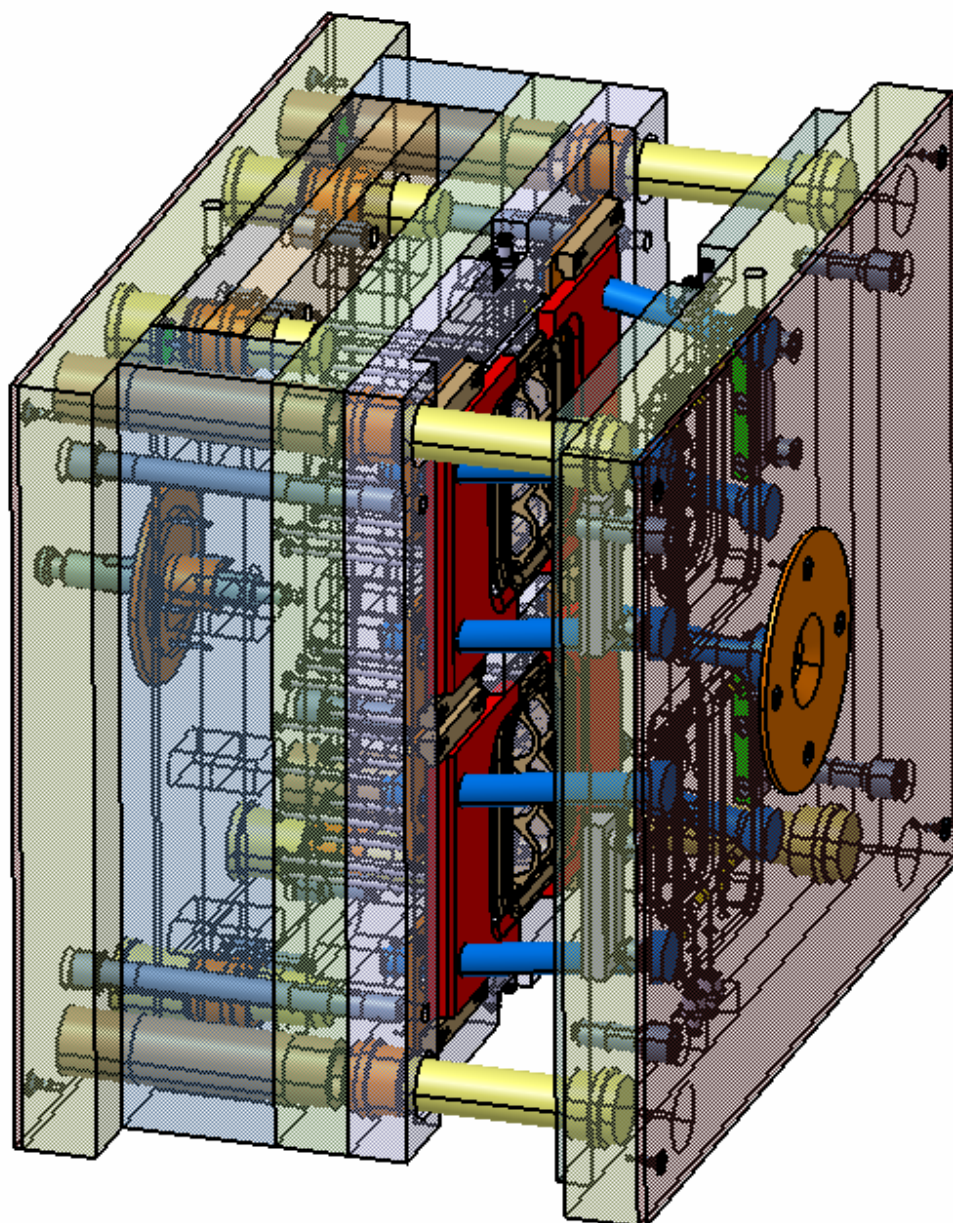
Obr. 18. Pohled na levou stranu formy



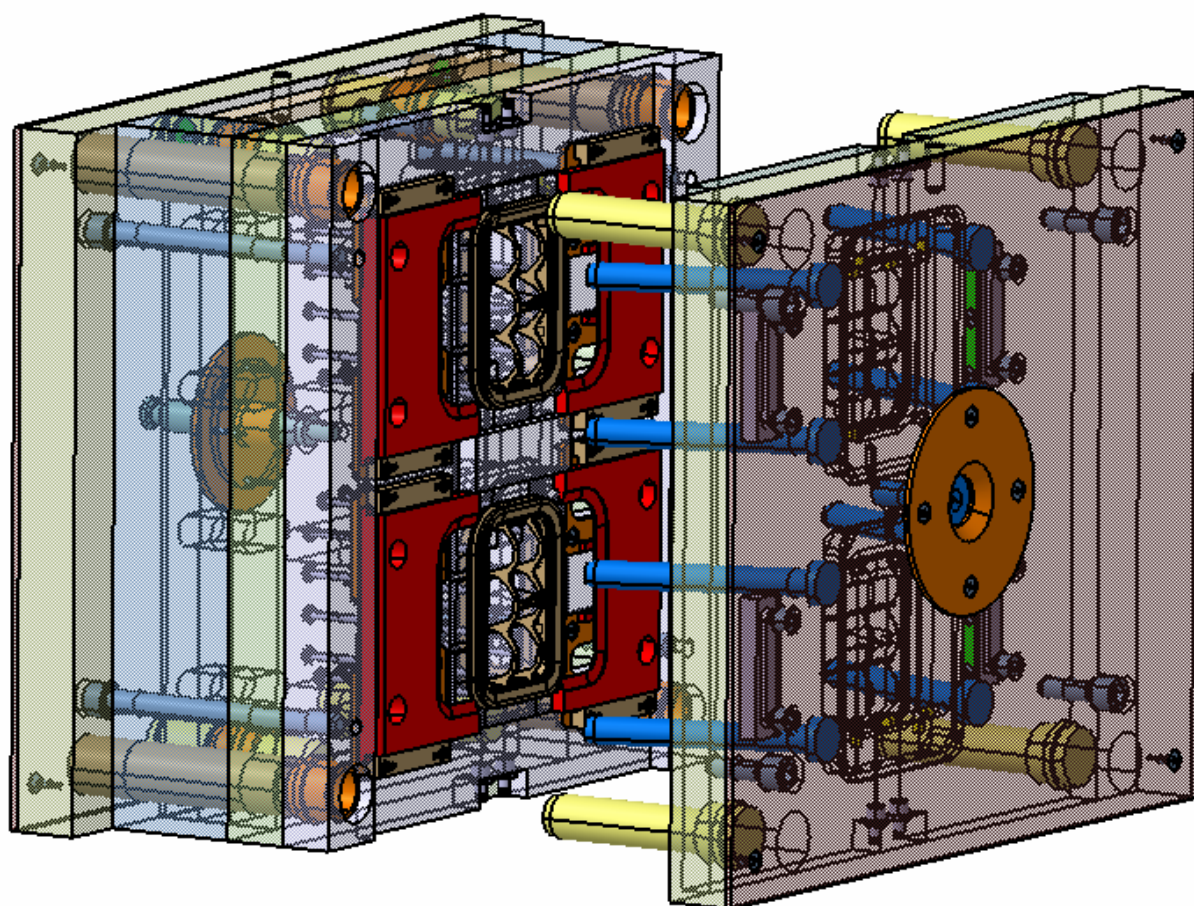
Obr. 19. Sestava formy

4.10 Vyhození vstříkované součásti

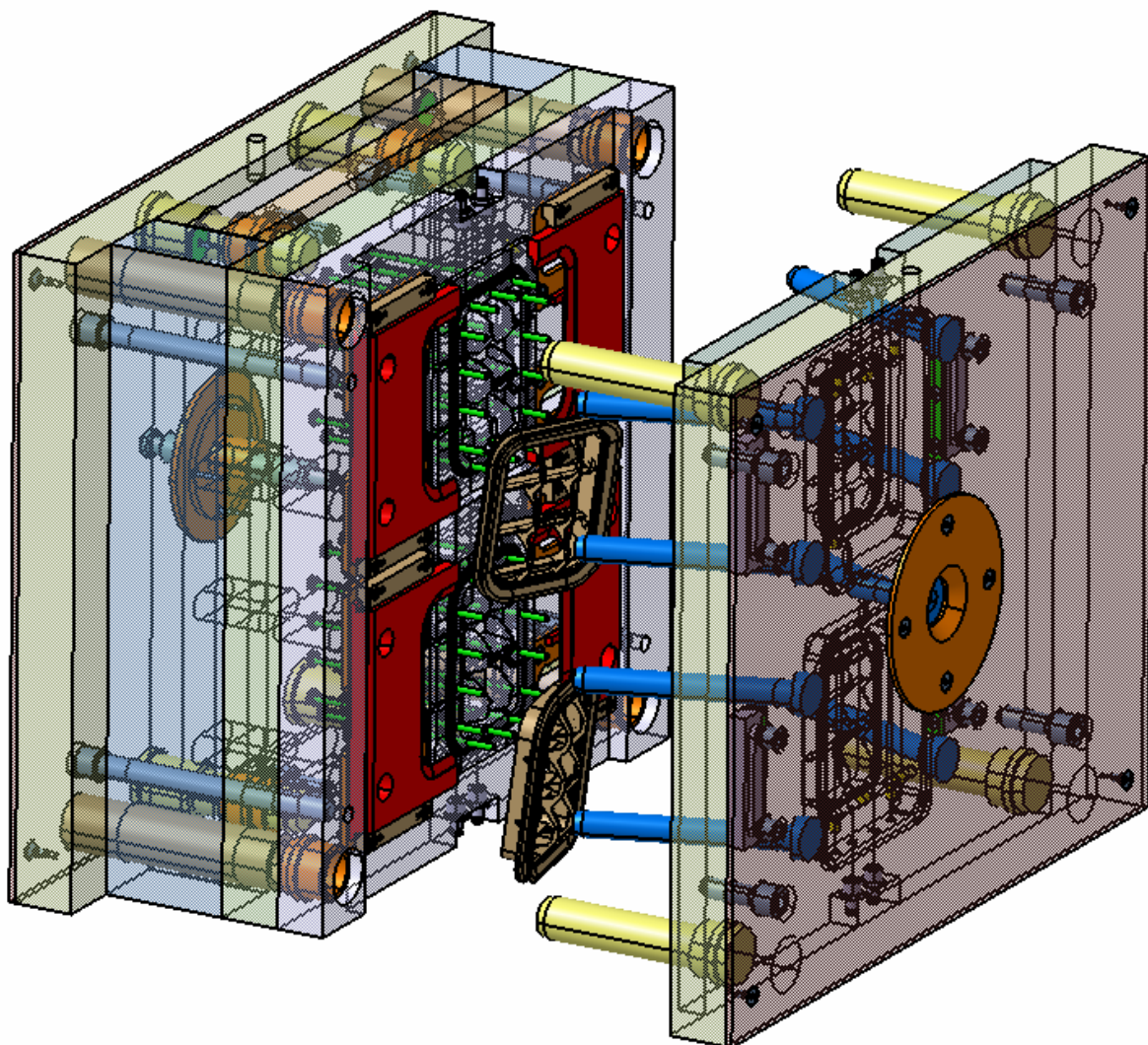
Na obr. 20 – 22 je naznačen postup při vyhazování výstřiku. Nejprve dochází k postupnému otevírání formy což uvádí do pohybu čelisti, které odformovávají výstřik po obvodu. Poté následuje vyhození výstřiku pomocí vyhazovacích kolíků ukotvených v kotevní desce vyhazovacího systému.



Obr. 20. Otevírání formy-odsun čelistí



Obr. 21. Otevřená forma



Obr. 22. Vyhození výstřiku

ZÁVĚR

Na základě zadaného dílce byla zkonstruována vstříkovací forma.

Při návrhu vstříkovací formy byla snaha držet se zásad a pravidel, kterým konstrukce vstříkovacích forem podléhá.

Celá konstrukce byla provedena v programu Catia V5 za pomoci katalogu HASCO DAKO module. Program Catia V5 je vhodný pro konstrukci vstříkovacích forem díky své knihovně normalizovaných součástí. Největší výhodou katalogu HASCO DAKO module je vymodelování jednotlivých dílů v programu WorldCAT-CIF.

Konstrukce formy se odvíjela od proporcí zadaného dílce, proto zde musely být použity čelisti se šikmými čepy. Vyhazování bylo řešeno pomocí vyhazovacích kolíků.

Vše bylo konstruováno na základě normalizovaných součástí. Nenormalizované součásti byly zkonstruovány na základě rozměrů normalizovaných, proto bylo dosaženo přesné návaznosti jednotlivých součástí při konstrukci vstříkovací formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK a kolektiv, *Formy pro zpracování plastů, I. Díl – Vstřikování termoplastů*. Uniplast Brno, 2. opravené vydání, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK a kolektiv, *Formy pro zpracování plastů II. Díl – Vstřikování termoplastů*. Uniplast Brno, 1. vydání, 1999. 214 s.
- [3] TOMIS, HELŠTÝN, KAŇOVSKÝ, *Formy a přípravky*. Vysoké učení technické v Brně, červenec 1979. ISBN 55-835-79
- [4] HLUCHÝ, M. a kolektiv, *Strojírenská technologie 2 – Polotovary a jejich technologičnost základy obrábění*, 1. vydání, 1979.
- [5] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1975. 278 s. ISBN 414-33543.
- [6] LEINVEBR, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. [s.l.] : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2
- [7] MENGES, G., MICHAELI, W., MOHREN, P.: *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser, 2000. ISBN 3-446-21256-6
- [8] BEAUMONT, J. P.: *Runner and Gating Design Handbook*. 1st ed. Munich: Hanser, 2004, ISBN 3-446-22647-9
- [9] BELCHER, SAMUEL.: *Practical guide to injection blow molding*. 1st ed. CRC Press, 2007, ISBN 9780824757915
- [10] Firemní katalog normálií HASCO® R1-2007.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Oblast využití amorfních plastů.....	10
Obr. 2. Oblast využití semikrystalických plastů	10
Obr. 3. Vstřikovací stroj	15
Obr. 4. Vtoková vložka.....	23
Obr. 5. Fotografie výrobku	32
Obr. 6. Model výrobku.....	32
Obr. 7. Násobnost formy.....	33
Obr. 8. Zaformování výstřiku – hlavní dělicí rovina	34
Obr. 9. Zaformování výstřiku – vedlejší dělicí rovina.....	35
Obr. 10. Tvárnice	36
Obr. 11. Tvárník.....	36
Obr. 12. Vyhazovací systém	37
Obr. 13. Vtoková soustava.....	38
Obr. 14. Temperance pravé tvarové desky.....	39
Obr. 15. Temperance levé tvarové desky.....	40
Obr. 16. Uložení šikmých čepů a čelistí	41
Obr. 17. Pohled na pravou stranu formy.....	42
Obr. 18. Pohled na levou stranu formy	43
Obr. 19. Sestava formy	44
Obr. 20. Otevírání formy-odsun čelistí	45
Obr. 21. Otevřená forma	46
Obr. 22. Vyhození výstřiku.....	47

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výkresy
- řez formy
 - levá strana formy
 - pravá strana formy
- P II Kusovník
- P III CD disk