

ABSTRAKT

Bakalářská práce se v první části zabývá současným poznáním v oblasti vstřikovacích forem se zaměřením na lisy, formy, druhy vstřikovaných materiálů. Zabývá se také technologií temperace forem. V druhé části se zabývá analýzou a formulací problému. Třetí část vymezuje cíle čtvrté části práce, a to konstrukčního řešení daného problému. Jsou zde podrobně popsány jednotlivé části formy. V poslední páté části je zhodnocení konstrukce na základě její realizace.

Téma této bakalářské práce je rozsáhlé a proto je překročen stránkový limit.

Klíčová slova

Vstřikování plastů, vstřikovací forma, vstřikovací lis, výlisek, temperace formy, vtok, vyhazovač

ABSTRACT

Bachelor's labour is concerned about present knowledge with injection moulding in first chapter, focused on machines forms, kinds of moulding materials. It also deals with technology of holding form temperature. In second chapter it engages with analysis and problem definition. Third part limits objectives of fourth part, form construction. There are single parts of moulding form closely described. Last chapter estimates construction based on it's realization.

Subject matter of this bachelor's labour is large therefore

Key words

Plastic injection, injection mould, injection moulding mashine, heating performance, inlet, ejector

Bibliografická citace

ČERNOHOUS, J. *Návrh vstřikovací formy pro plastový dílec spřádacího stroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Koutný.

PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma
Návrh vstřikovací formy pro plastový dílec spřádacího stroje
vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů,
uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 23.5. 2008

.....

Josef Černošous

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Danielu Koutnému za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Děkuji firmě Formplast Purkert s.r.o. a jejím zaměstnancům, především Zdeňkovi Purkertovi, Miloši Faltusovi, Jaroslavu Tejklovi, Miluši Dohnalové, Miloši Hubálkovi, za poskytnutí zázemí, softwarové podpory a technických připomínek při navrhování formy.

OBSAH

Abstrakt	5
Prohlášení	7
Poděkování	9
OBSAH	11
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	13
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
1.1 Druhy vstřikovacích lisů	14
1.2 Druhy vstřikovacích forem	14
1.2.1 Forma se studeným vtokem	15
1.2.2 Forma s horkým vtokem	15
1.2.3 Jednonásobné a vícenásobné formy	15
1.3 Druhy studených vtoků	16
1.4 Druhy materiálů forem	19
1.5 Výroba a druhy materiálů výlisků	20
1.6 Složení lisovací formy	21
1.6.1 Tvárník, tvárnice	22
1.6.2 Šupák	23
1.6.3 Formovací desky	23
1.6.4 Upínací desky	23
1.6.5 Vyhazovací a kotevní deska, rozpěrky (obr.15, č.5)	23
1.6.6 Izolační desky	24
1.6.7 Normalizované díly	24
1.6.8 Transportní oko, pojistka	24
1.7 Temperování forem	25
1.7.1 Temperování kanály s kapalinou	25
1.7.2 Temperace tepelnou trubicí	25
1.7.3 Temperace Ranque – Hilsch vírovou trubicí	26
1.7.4 Technologie Tool -Vac	27
1.7.5 Speciální teplovodivé materiály	27
1.8 Způsoby vytváření povrchů na výliscích	27
1.9 Počítačové simulace	28
1.10 Nežádoucí jevy při vstřikování plastů	28
2 Formulace řešeného problému a jeho technická a vývojová analýza	30
2.1 Formulace problému	30
2.2 Technická a vývojová analýza	31
3 Vymezení cílů práce	36
4 Konstrukční řešení	37
4.1 Výlisek	37
4.2 Tvárník	39
4.3 Tvárnice	41
4.4 Šupák	43
4.5 Vložky	44
4.6 Vtoková soustava	45
4.7 Vyhazovače	46
4.8 Formovací desky	47

4.9 Vyhazovací a kotevní deska	48
4.10 Upínací desky	49
4.11 Izolační desky	50
4.12 Rozpěrky	50
4.13 Transportní pojistka a oko	51
5 Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	55
Seznam příloh	57

Seznam obrázků

Obr.1 Multikomponentní lis Battenfeld [2]	14
Obr.2 Forma [3]	14
Obr.3 Vícenásobná forma [3]	15
Obr.4 Možnosti vícenás. symetrického členění [4]	15
Obr.5 Nesymetrické dělení [4]	16
Obr.6 Kuželový vtok [4]	16
Obr.7 Bodový vtok [4]	17
Obr.8 Deštníkový vtok [4]	17
Obr.9 Talířový vtok [4]	18
Obr.10 Prstencový vtok [4]	18
Obr.11 Filmový vtok [4]	18
Obr.12 Tunelový vtok [4]	19
Obr.13 Obloukový tunelový vtok [4]	19
Obr.14 Výlisky se zálisky [6]	21
Obr.15 Složení lisovací formy	22
Obr.16 Složení lisovací formy uvnitř	22
Obr.17 Datumovky [8]	24
Obr.18 Tepelná trubice [4]	25
Obr.19 Tepelná trubice použitá s temperačními kanály [4]	26
Obr.20 Tepelná trubice bez temperačních kanálů [4]	26
Obr.21 Ranque - Hilsch vírová trubice [4]	26
Obr.22 Schéma technologie Tool – Vac [4]	27
Obr.23 Tyčový polotovar Ampco [10]	27
Obr.24 Pracovní prostředí programu Solidworks [6]	28
Obr.25 Pracovní prostředí programu Moldflow [12]	28
Obr.26 Prac. prostředí prog. Surfcam [13]	28
Obr.27 Výlisek z navlhělého granulátu [14]	29
Obr. 28 Vysoušeče granulátu [14]	29
Obr.29 Pohled na model výlisku shora	30
Obr.30 Pohled na model výlisku zespodu	30
Obr.31 Vstřikovací čas	31
Obr.32 Jistota plnění	31
Obr.33 Vstřikovací tlak	32
Obr.34 Teplota materiálu	32
Obr.35 Místa spojení	33
Obr.36 Místa uvězněného vzduchu	33

Obr.37 Orientace vláken	34
Obr.38 Průměrná teplota	34
Obr.39 Smrštění materiálu	35
Obr.40 Analyzované povrchy modelu zvrchu	37
Obr.41 Analyzované povrchy modelu zespođu	37
Obr.42 Detail A	38
Obr.43 Detail B	38
Obr.44 Oprava místa A	38
Obr.45 Oprava místa B	39
Obr.46 Dráha rozváděcího kanálu	39
Obr.47 Profil rozváděcího kanálu	40
Obr.48 Vedení temperačních kanálů uvnitř tvárníku	40
Obr.49 Místa trnů tvárnice na výlisku	41
Obr.50 Vedení temperačních kanálů uvnitř tvárnice	41
Obr.51 Rozměry tunelového vtoku	42
Obr.52 Tvar díry pro vtokovou vložku	42
Obr.53 Plochy výlisku vytvořené šupákem	43
Obr.54 Úhly na šupáku	43
Obr.55 Konečný tvar šupáku	44
Obr.56 Poloha vložky tvárníku	44
Obr.57 Vložka tvárníku	45
Obr.58 Vtoková vložka	46
Obr.59 Pozice vyhazovačů	46
Obr.60 Temperační okruh pravé formovací desky	47
Obr.61 Temperační okruh uvnitř levé formovací desky	48
Obr.62 Vyhazovací deska	48
Obr.63 Kotevní deska	49
Obr.64 Pravá upínací deska	49
Obr.65 Levá upínací deska	50
Obr.66 Izolační deska	50
Obr.67 Nosič a transportní oko	51
Obr.68 Výstupky nahrazené vložkami po opravě formy	54

Seznam tabulek

Tab. 1 Cenový rozbor výroby formy	52
Tab. 2 Celková cena	54

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 Druhy vstřikovacích lisů

Vstřikovací lisy se rozlišují podle způsobu vyvození uzavírací síly na hydraulické, kloubové, elektrické. Dále se liší postavením vstřikovací pistole a formy na klasické horizontální a vertikální. Mohou také vstřikovat více druhů plastických hmot najednou, takové lisy se nazývají multikomponentní. Hlavními parametry při volbě lisu jsou ovšem velikost uzavírací síly, rozměry mezi sloupky a maximální hmotnost vstříklého materiálu. Například u lisu Arburg AllRounder C je to 570x570mm, 2200kN, 1300g. [1]



Obr.1 Multikomponentní lis Battenfeld [2]

1.2 Druhy vstřikovacích forem

Základní dělení forem je podle druhu vstřikování, a to na formy se studeným vtokem a formy s horkým vtokem. Formy se také liší podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné formy.



Obr.2 Forma [3]

1.2.1 Forma se studeným vtokem

1.2.

Materiál, roztavený uvnitř lisu se pod tlakem vstříkuje do formy, kde od vtokové vložky začíná chladnout. Prochází rozvodovými kanály, přes vtokovou trysku až do dutiny formy, kde vychladne. Hlavní záporná vlastnost studeného vstřikování je nevyužitý ztuhlý materiál uvnitř rozváděcích kanálů, který vypadne spolu s požadovaným dílem, čímž se zvýší spotřeba plastu na vylisování jednoho dílu..

1.2.2 Forma s horkým vtokem

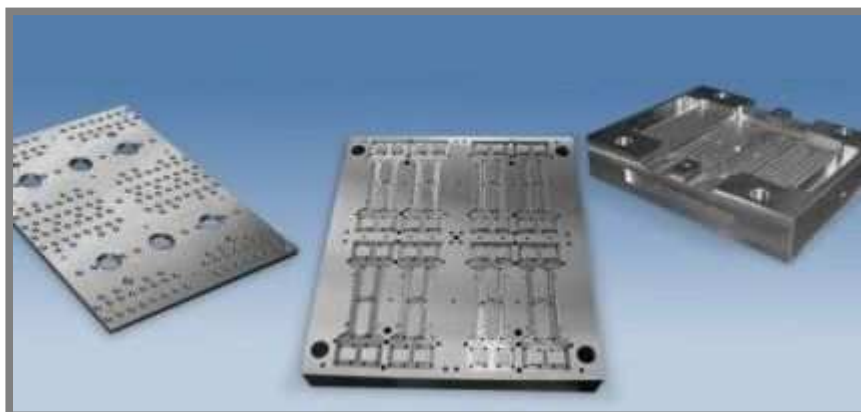
1.2.2

Roztavený plast uvnitř lisu se vstříkuje do formy, kde putuje přes vytápěnou trysku dostává do rozváděcích kanálů, přes trysku až do dutiny formy nebo přímo od vytápěné trysky do dutiny formy. Takovýto druh formy potřebuje zdroj elektrické energie pro vytápění těles uvnitř trysek. Tento princip se používá tehdy, přesáhne-li dostatečně cena ušetřeného materiálu cenu vytápěné trysky v počtu vylisovaných kusů, je technologicky více náročný, složitější.

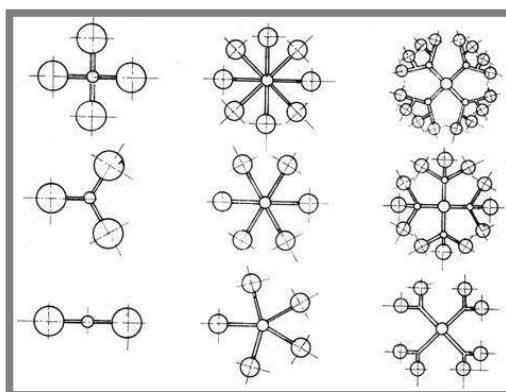
1.2.3 Jednonásobné a vícenásobné formy

1.2.3

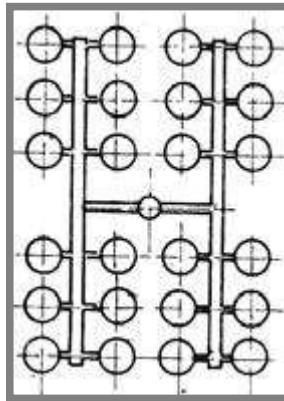
Násobnost znamená počet vylisků stejného tvaru na jeden pracovní cyklus formy. Násobnosti jsou zpravidla sudá čísla, nejčastěji 2,4,6,8, v případě násobnosti větší jak 8 jde většinou o malé vylisky.



Obr.3 Vícenásobná forma [3]



Obr.4 Možnosti vícenás. symetrického členění [4]

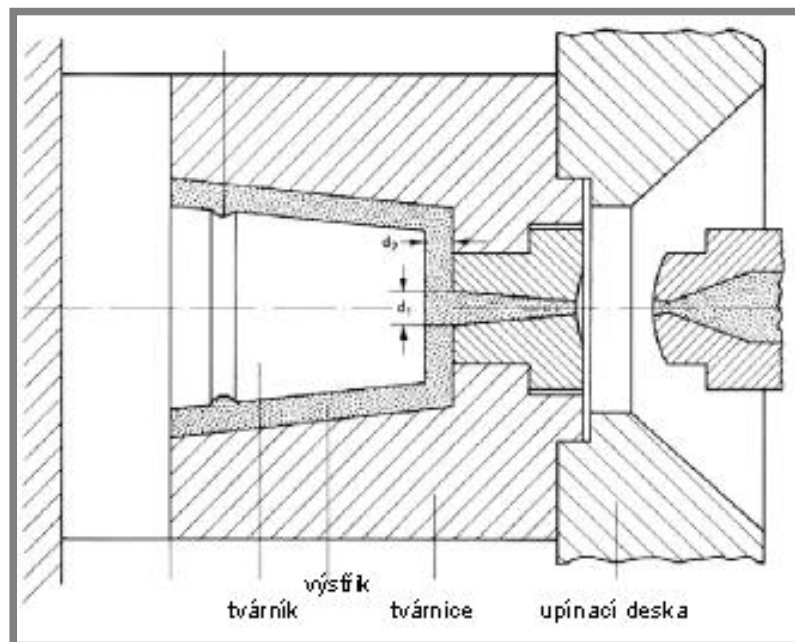


Obr.5 Nesymetrické dělení [4]

1.3 Druhy studených vtoků

Plný kuželový vtok

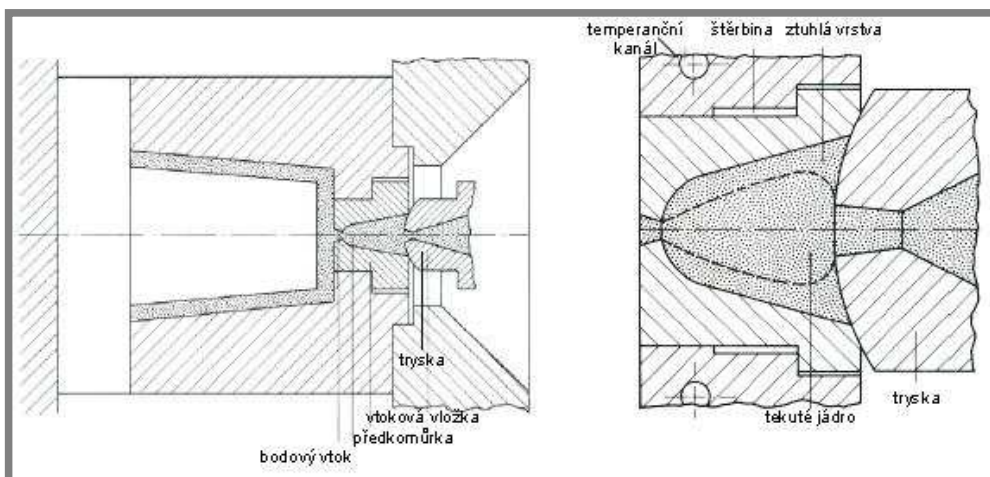
Jeho hlavním znakem je zbylý materiál z vtokové vložky spojený s výliskem. Používá se proto málo často, neboť ve většině případů se musí odstraňovat a tím se prodražuje samotná výroba.



Obr.6 Kuželový vtok [4]

Bodový vtok

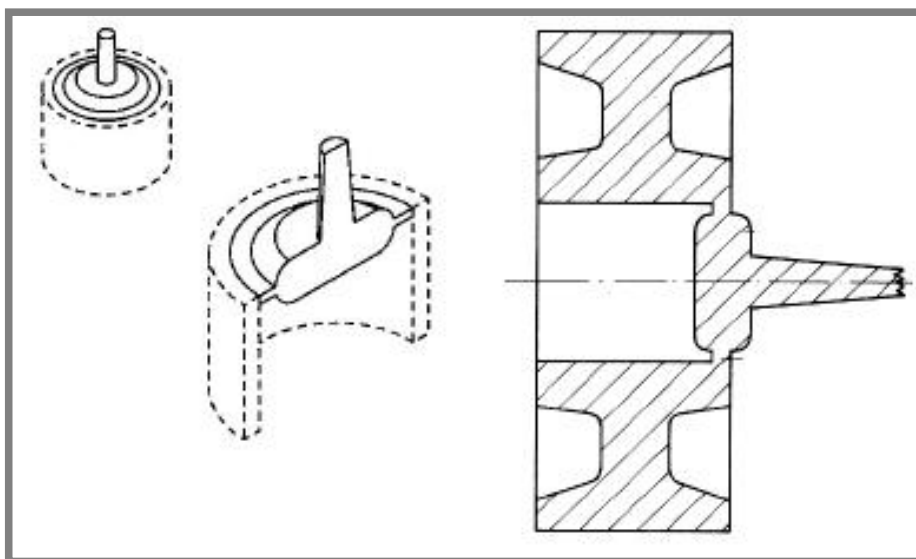
Vyznačuje se malým průřezem, kterým vniká vstříkovaný materiál do dutiny formy. Tím vznikne malá defektní oblast na stěně výlisku a téměř žádný zbytkový materiál po vtoku..



Obr.7 Bodový vtok [4]

Deštníkový vtok

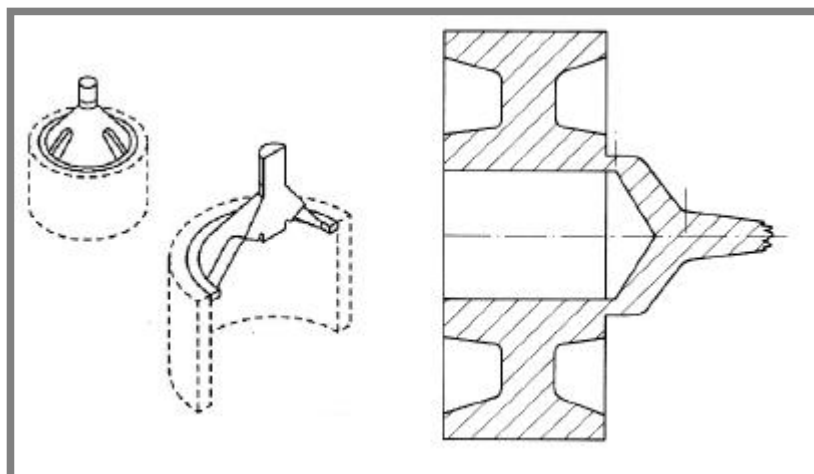
Deštníkového vtoku se využívá hlavně u rotačních součástí, protože dutinu formy vyplňuje symetricky.



Obr.8 Deštníkový vtok [4]

Talířový vtok

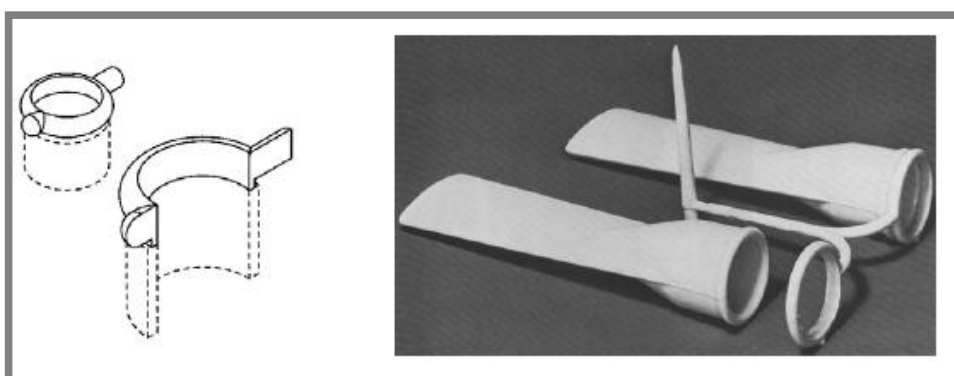
Talířový vtok je obdobou deštníkového vtoku, jediná odlišnost je v místě připojení. Zatímco u deštníkového vtoku je směr plnění dutiny kolmo na osu rotace, u talířového vtoku je to rovnoběžně s osou rotace.



Obr.9 Talířový vtok [4]

Prstencový vtok

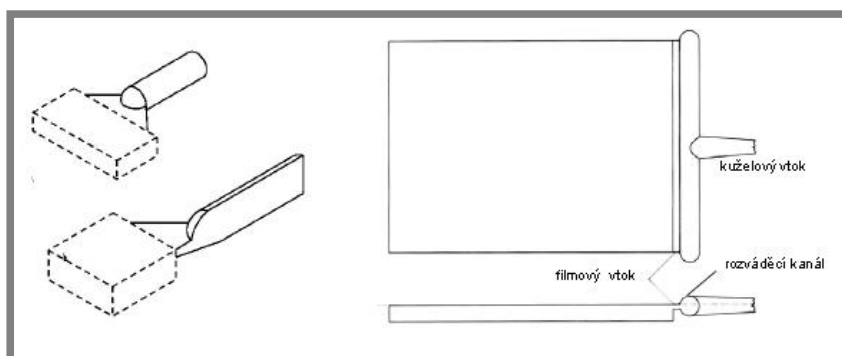
Prstencový vtok je velmi podobný talířovitému. Jeho směr plnění dutiny je také rovnoběžný s osou rotace. Rozdíl je ale ve směru přítoku do vtokového zásobníku.



Obr.10 Prstencový vtok [4]

Filmový vtok

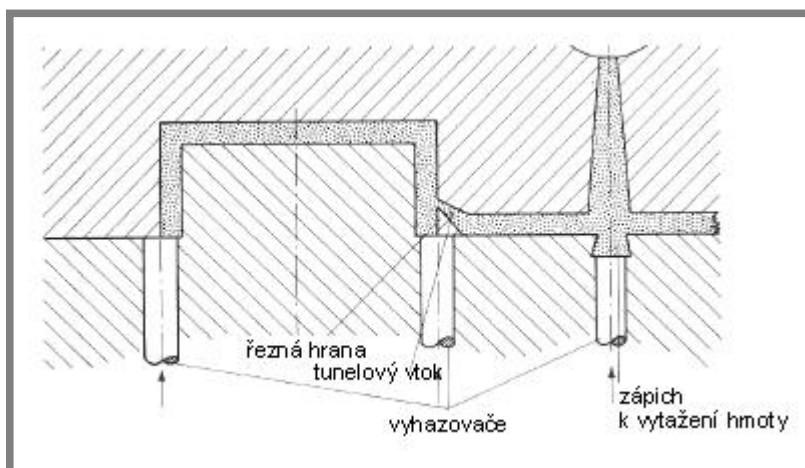
Filmový vtok se vyznačuje štíhlou dlouhou štěrbinou, kterou vstupuje do výlisku. Tato vlastnost je výhodná k plnění plochých výlisků.



Obr.11 Filmový vtok [4]

Tunelový vtok

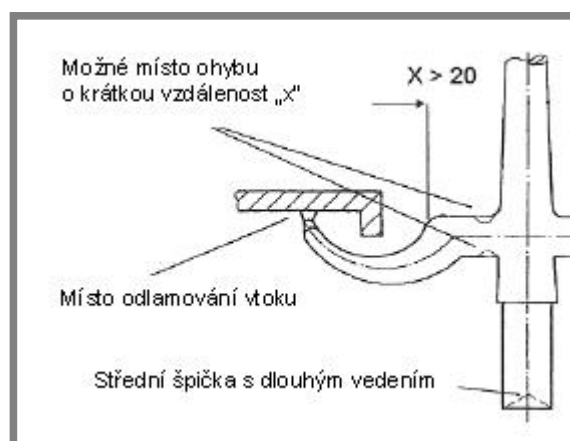
Tunelový vtok je hojně používaným typem. Do vylisku vstupuje malým průřezem podobně jako bodový vtok, avšak v místě vyústění vtoku se při otevírání formy odřízne a vypadne z formy jako samostatná část. Vstříkované místo na vylisku není téměř poznat a ušetří se operace odstranění vtoku.



Obr.12 Tunelový vtok [4]

Obloukový tunelový vtok

Obloukový tunelový vtok se používá u vylisků, kde by bylo výhodné použít tunelový vtok, avšak je nutné obejít překážku. Výhody tunelového vtoku jsou zde zachovány.



Obr.13 Obloukový tunelový vtok [4]

1.4 Druhy materiálů forem

Na výrobu formy se používá ocel, a to legovaná pro součásti vystavené přímému kontaktu s plastem, uhlíková kalená ocel pro součásti vystavené mechanickému namáhání a obyčejná uhlíková ocel pro nosné desky. Životnost formy se odvíjí od použitých materiálů, počtu a velikosti pohyblivých částí, vstříkovaném materiálu apod, udává se počtem vylisovaných kusů a pohybuje se v řádech stovek tisíc kusů.

Standardně se životnost stanovuje na 300.000 kusů do opravy tvarových dílů, lze dosáhnout i větších počtů.

1.5 Výroba a druhy materiálů výlisků

Výroba plastu začíná u nízkomolekulární sloučeniny, tzv. monomeru. Je to sloučenina několika molekul, zdaleka ne dostatečná pro použití. Abychom vytvořili materiál žadáných vlastností schopný vstřikovacího procesu, musí nejdříve proběhnout polymerace. Chemická reakce, při které se monomer spojuje řetězením s dalšími monomery. K iniciaci polymerace je důležité rozštěpení dvojných nebo vícenásobných vazeb. Vznikne radikál - sloučenina s dvěma volnými elektrony. Dále bude probíhat propagace - růst řetězce, kde se vzniklé radikály budou vázat s volnými monomery, volný elektron se bude stále obnovovat na konci řetězce. Terminací se ukončí růst - na konci řetězce se obnoví dvojná vazba. Tím vznikne polymer (makromolekulární látka). Pro zlepšení či vytvoření specifických vlastností plastu se přidávají aditiva. Takto připravená látka je vhodná k vstřikování, vyfukování apod. [4]

Plasty lze dělit dle následujících kritérií:

Podle složení a teplotního chování:

- Termoplasty
- Reaktoplasty
- Elastomery

Dle původu:

- přírodní
 - celulózové
 - kaseinové
 - latexové
- syntetické

Podle aplikací:

- standardní polymery (PS, ABS, PMMA, PP, PE-HD, SBS, aj.)
- konstrukční polymery (PPO, PC, PET, POM, TPU, EMA, aj.)
- high-tech polymery (PSU, PEI, PTFE, PPS, PA, TPE, aj.)

Podle výroby:

- polymerizáty (PE, PP, PS, aj.)
- polykondenzáty (PC, PA, aj.)
- polyadukty (EP, UP, aj.)

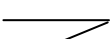

Podle morfologie:

- amorfní (PS, ABS, PMMA, PC, aj.)
- semikrystalické (PE, PP, PA, POM, aj.)

Podle molekulární struktury:

- lineární
- rozvětvené
- síťované

Podle chemického složení:

- polyolefiny  (obs. C, H)
- polystyreny 

- chloroplasty — (obs. C, H, Cl, F)
- fluoroplasty —
- polyestery — (obs. C, H, O)
- akryláty —
- vinilové polymery —
- polyamidy — (obs. C, H, O, N)
- polyuretany —
- silikony — (obs. O, Si)
- deriváty celulózy (chemicky upravené makromolekuly polysacharidu celulózy) [4]

Termoplasty – jsou to materiály, které při zahřátí na teplotu tavení změní skupenství na kapalné. V tomto stavu se používají pro vstřikování. Odpadový materiál od rozváděcích kanálů lze dále zpracovávat sekáním nebo drcením a roztavením při opětovném použití. [5]

Reaktoplasty (Termosety) – po překročení teploty tavení materiál změní skupenství na kapalné, vstříkne se do formy, následné ztuhnutí je nevratné. Odpadový materiál nelze opět roztavit a použít pro vstřikování. [5]

Do plastů lze úspěšně přidávat jiné kompozity, např. skelná vlákna – zvyšují pevnost výlisku, avšak snižují časovou odolnost formy proti opotřebení.

Do formy lze vkládat tzv. zálisky. Jsou to zpravidla ocelové díly, pro které je forma speciálně navržena tak, aby zálisky zasahovaly do dutiny formy. Výsledkem je ocelové jádro částečně obalené plastem. Např. na obr.14 je klipsna k bezpečnostnímu pásu automobilu, kde jádro dílu tvoří ocelová destička a v místě připojení pásu je nalisovaný plast.

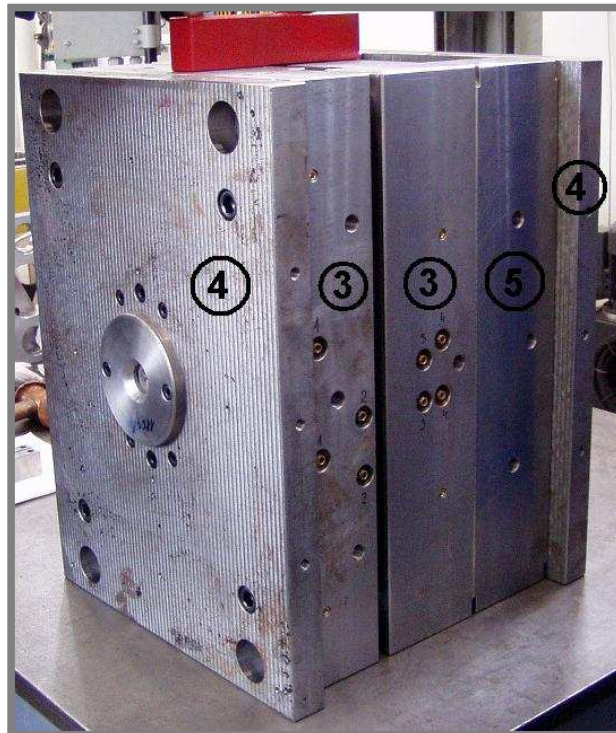


Obr.14 Výlisky se zálisky [6]

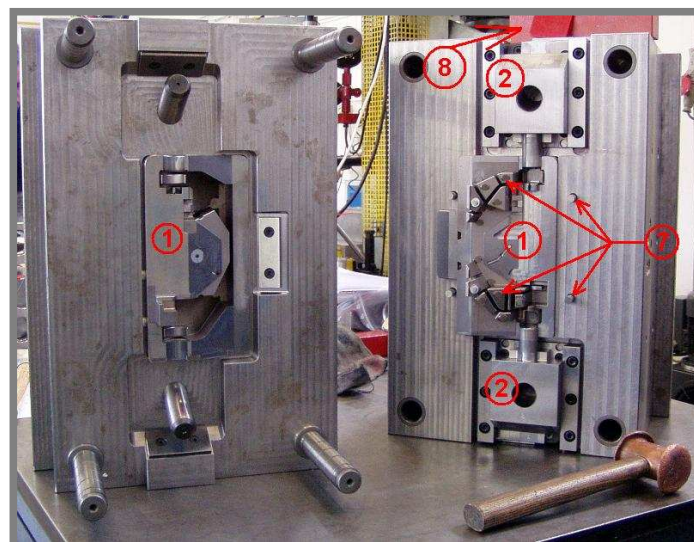
1.6 Složení lisovací formy

Lisovací forma se skládá z tvarových součástí, které tvoří dutinu formy. Jsou to především tvárník a tvárnice, šupáky, vložky, vyhazovače, datumovky a další. Tyto díly musí být přichyceny v rámu. Rám se skládá z formovacích desek, upínacích desek, rozpěrek, izolačních desek. Do rámu jsou vloženy komponenty tvořící

mechanismus lisování. Jsou to šikmé kolíky, kotevní a vyhazovací deska, vtoková vložka, středící kroužky, fázovač dělení, střediče apod. [7]



Obr.15 Složení lisovací formy



Obr.16 Složení lisovací formy uvnitř

1.6.1 Tvárník, tvárnice

Tvárník a tvárnice jsou součásti, které přímo tvoří vylisek. Jsou vyznačeny na obr.16 číslem 1. Vstříklý plast se podle nich natvaruje a ztuhne s požadovaným tvarem. Plasty mají obecně velkou smrštitost, proto při návrhu tvarů tvárníku a tvárnice se

musí jejich rozměry zvětšit. Tvárník i tvárnice obsahují díry na vyhazovače, vtok, vložky, datumovky aj. Může se v nich přímo vytvořit vtoková tryska.

1.6.2 Šupák

1.6.2

Tato součást (na obr. 16, číslo 2) umožňuje vytvoření dutiny kolmo na dělicí rovinu. Při otevírání formy je šupák tažen šikmým kolíkem do boku, čímž vyjede z výlisku, kterému již nebrání ve vypadnutí z formy. Aby se dodržela přesná poloha při uzavření formy, je třeba vytvořit kalené destičky, které jej přitlačí k tvárníku resp. tvárnici.

Šupák je možné situovat i do další dělicí roviny, pak se ale musí použít normalizovaná součást Fázovač dělení, viz následující strana.

1.6.3 Formovací desky

1.6.3

Jsou to ocelové desky o tloušťce stejné nebo větší než tvárník, resp. tvárnice. Slouží k usazení celé sestavy zaformování, především vymezení polohy tvárníku a tvárnice vůči sobě, usazení šupáků a šikmých kolíků. Také v nich jsou vytvořeny závity v bocích pro snazší manipulaci při obrábění, díry pro vložení přesného vedení formy při rozevírání a zavírání, viz obr.15, č.3.

1.6.4 Upínací desky

1.6.4

Slouží k překrytí pravé formovací desky (kvůli zajištění šikmých kolíků proti axiálnímu posuvu) a upnutí jednotlivých polovin k desce lisu. K tomu slouží jejich větší šířka oproti formovacím deskám. K této desce je přišroubovaná Tvárnice a levá formovací deska, doprostřed vsazená Vtoková vložka. Středící kroužek, přišroubovaný doprostřed, se opírá o Vtokovou vložku a drží ji v upínací desce, má uprostřed díru, aby nebránil vstříkovací pistoli lisu dosednout na Vtokovou vložku.

Z boku bývají vyrobeny montážní závity pro lepší manipulaci s deskou a v rozích umístěny díry pro vedení formy. Je znázorněna na obr.15, č.4.

1.6.5 Vyhazovací a kotevní deska, rozpěrky (obr.15, č.5)

1.6.5

Vyhazovací deska se opírá o hlavičky vyhazovačů. Je spojená šrouby s kotevní deskou, která drží vyhazovače ve správné poloze proti posunutí i pootočení. V obou deskách je v rozích vyfrézovaná díra, do které přijde vložit vedení. Do vyhazovací desky se vyfrézuje čtvercová díra, zapadající protikus je úchyt vyhazovací desky – součást, do které se opírá píst lisu důležitý pro vyhození výlisku. Pro vytvoření prostoru mezi levou upínací a levou formovací deskou se vyrobí podélné obdélníkové rozpěrky. Vzhledem k prostředí, v jakém může forma pracovat, se musí myslet i na nečistoty, které by se mohly dostat mezi vyhazovací desku a levou upínací desku. Proto se mezi ně vloží normalizované kalené podložky, které se přišroubují k levé upínací desce. Rozloží se souměrně podle dotykové plochy tak, aby nevznikalo prohnutí desek. Zamezení prohýbání levé upínací desky se provede vyrobením kulatých rozpěrek, procházejících skrz vyhazovací a kotevní desku.

1.6.6 Izolační desky

Tenká sklotextitová deska slouží jako izolace formy od lisu, lépe se pak stabilizuje pracovní teplota formy, která značně ovlivňuje roztažnost plastických hmot, a tím dosahuje přesnějších výlisků, také se minimalizuje ovlivnění teplotou lisu.

1.6.7 Normalizované díly

Vyhazovače (obr.16, č.7)

Součásti, které se přímo podílejí na vyhození výlisku, se nazývají vyhazovače. Po vstříknutí plastu do formy, následném zchladnutí a otevření formy je vyvozena síla od vyhazovacích desek na vyhazovače, které vytlačí výlisek z dutiny formy.

Je potřeba zaručit geometrickou přesnost vrcholu vyhazovače v případě jeho tvarového zakončení a rozměrovou přesnost v díře tvárníku, aby touto mezerou neunikal vstříkovaný materiál. Tyto součásti jsou normalizované, kalené a broušené, stačí je pouze zakrátit na potřebnou délku a popř. obrousit na požadovaný tvar.

U rovně zakončených vyhazovačů nezáleží na pootočení během lisování, avšak u tvarově zakončených vyhazovačů ano. Jejich polohové zajištění se provádí vyfrézováním plošky do hlavičky vyhazovače, do vyhazovací desky se také při frézování vytvoří ploška, při montáži do sebe zapadnou a nemohou se vůči sobě pootočit.

Střediče

Používají se pro přesné dosednutí dělicích ploch formy – vytvoří krátké kolmé vedení a tím se eliminuje přesazení tvárníku vůči tvárnici.

Fázovač dělení

Je to součást, která zajistí rozfázování otevírání formy s více dělicími rovinami. Ve formě, kde je potřeba vytvořit šupák pro dutinu výlisku jinde než v dělicí rovině, se musí použít druhá dělicí rovina s použitím prvku Fázovač dělení. Při otevírání formy se nejprve otevře druhá dělicí rovina, kde vyjedou šupáky, pak se otevře první dělicí rovina, ze které již může vypadnout výlisek.

Datumovky

Datumovky jsou tvarové popisky pro plastové výlisky, svůj tvar vtisknou do materiálu výlisku. Vkládají se zpravidla do tvárníku, aby byly na výlisku situovány zesponu, tj. na nevhledové ploše. Používají se na určení data vylisování, dále různé značky, např. recyklace, označení CE, druhu plastu, potravinových produktů apod.



Obr.17 Datumovky [8]

1.6.8 Transportní oko, pojistka

Pro bezpečnou přepravu formy je důležité zajistit vhodné uchycení pro zvedání a pojistku proti otevření. Závěsné oko je normalizované podle zatížení, přepravní

pojistka se umístí na bok a natře červenou barvou (je vidět na obr.16, pozice 8), aby upozorňovala na svoje umístění na formě, protože otevření formy s přepravní pojistkou lisem by mohlo poničit díly, ke kterým je pojistka přišroubovaná. Pro snadnou manipulaci s formou je důležité umístit závěsné oko do těžiště celé formy. Jako transportní pojistka slouží nosič závěsného oka, který je přišroubován do obou formovacích desek.

1.7 Temperování forem

Temperování forem se provádí z důvodů ohřevu na provozní teplotu a udržení teploty v dané toleranci při výrobě, rychlému a rovnoměrnému odvodu tepla z tvárníku a tvárnice, zajištění minimálního vnitřního pnutí a rozměrové dilatace, maximálního urychlení procesu výroby výlisků.

1.7

1.7.1 Temperování kanálů s kapalinou

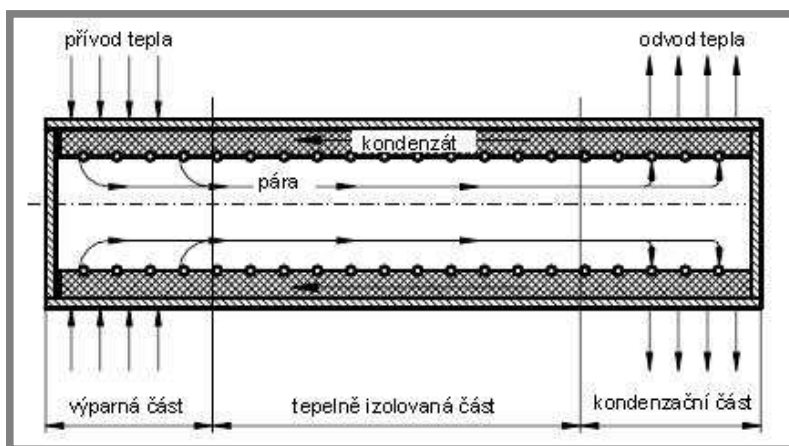
Systém je založený na vyvrtaných kanálech s prouděním chladicí kapaliny. Chladicí médium je většinou olejová emulze, voda se nepoužívá kvůli nízké teplotě varu, forma se chladí podle typu materiálu výlisku, zpravidla je to v rozmezí od 60 do 80°C. Rozměry chladících kanálů nejsou normalizované, průměr vrtáku volí konstruktér tak, aby kanály dostatečně regulovaly teplotu tvárníku, resp. tvárnice. Na vstup a výstup chladících kanálů je použit náustek, tj. normalizovaný díl, na který se připojuje hadice od lisu. Minimální vzdálenost temperačních kanálů od dutiny formy by měla být přibližně 6-10mm. Je také časté, že se tato vzdálenost nedá vždy dodržet kvůli umístění vyhazovačů, vložek, datumovek apod. Tento systém je nejpoužívanější, současné lisy mají zabudované zásobníky temperační kapaliny i její udržování teploty, proto je i nejnenáročnější.

1.7.1

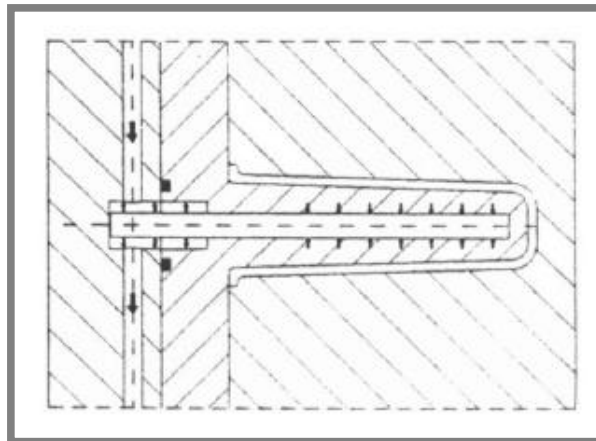
1.7.2 Temperace tepelnou trubicí

Trubice funguje na principu vypařování vody a kondenzace vodní páry. Tím se teplo odvádí z výlisku do kanálů nebo základových desek. Princip oběhu média a převod tepla je znázorněn na obr.18. Použití trubice je naznačeno na obr.19 a 20. [4]

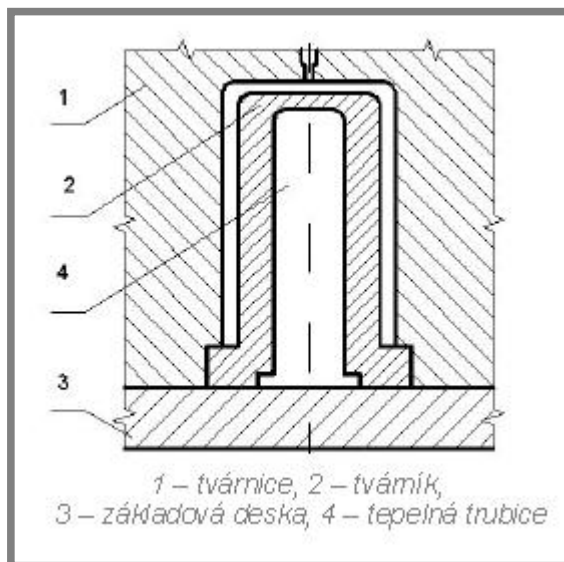
1.7.2



Obr.18 Tepelná trubice [4]



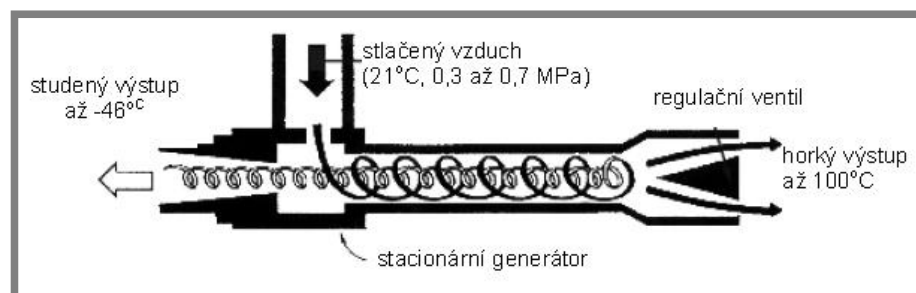
Obr.19 Tepelná trubice použitá s temperačními kanály [4]



Obr.20 Tepelná trubice bez temperačních kanálů [4]

1.7.3 Temperace Ranque – Hilsch vírovou trubicí

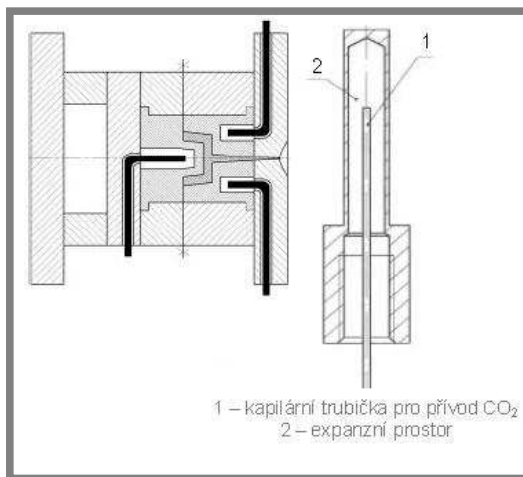
Je to trubice, do které se přivádí stlačený vzduch nebo CO_2 o tlaku 0,3 - 0,7MPa a teploty 20°C , médium se musí filtrovat od nečistot. Ranque – Hilsch trubice se používá do výkonu 1750W. Dokáže vytvořit teploty až -46°C a 100°C . Studeným vzduchem lze úspěšně chladit formu. Její schéma je naznačeno na obr.19. [4] [9]



Obr.21 Ranque - Hilsch vírová trubice [4]

1.7.4 Technologie Tool -Vac

Technologie využívá principu expanze plynu. Stlačený plyn CO_2 v kapalném stavu, který se přivede do místa chlazení, expanduje do plynného stavu a zároveň odebírá teplo z okolí a tím chladí formu. [4]



Obr.22 Schéma technologie Tool – Vac [4]

1.7.5 Speciální teplovodivé materiály

Slitiny na bázi mědi Cu a ostatních prvků, jako hliník Al, železo Fe, cín Sn, křemík Si, zinek Zn, magnézium Mg, olovo Pb, chrom Cr, zirkon Zr, nikl Ni, kobalt Co, Berylium Be, Antimon Sb, fosfor P, mají výbornou tepelnou vodivost. Používají se jako vložky do míst, kde je riziko špatného odvodu tepla. [10]



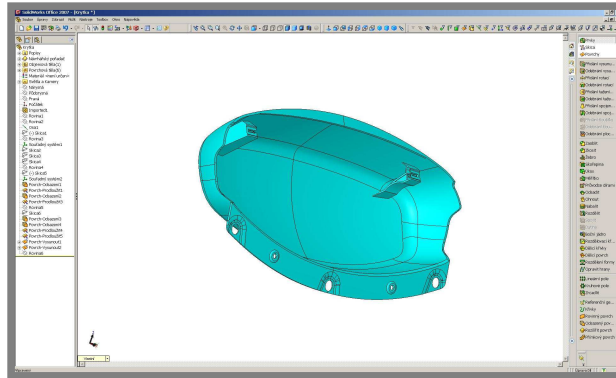
Obr.23 Tyčový polotovar Ampco [10]

1.8 Způsoby vytváření povrchů na výliscích

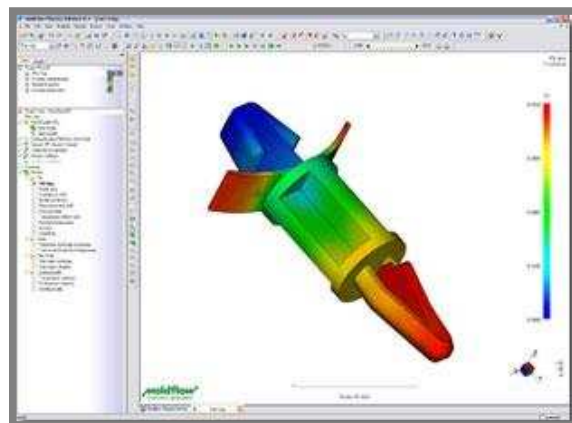
Povrch výlisků se při lisování věrně otiskne od povrchu dutiny formy. Proto se pro lesklé plochy musí negativní plocha v dutině náležitě vyleštit. Pro matný povrch se plochy formy erodují, např. elektroerozivním obráběním nebo chemickým působením. U elektroerozivního obrábění lze nastavit intenzitu elektrického pole, které podle síly eroduje do patřičné hloubky. Chemická eroze lze řídit délkou působení kyseliny na materiál. V automobilovém průmyslu se také používá zrcadlový povrch. Vytváří se naprašováním materiálu Glapoxan plazmovou polymerací na samotný povrch výlisku.

1.9 Počítačové simulace

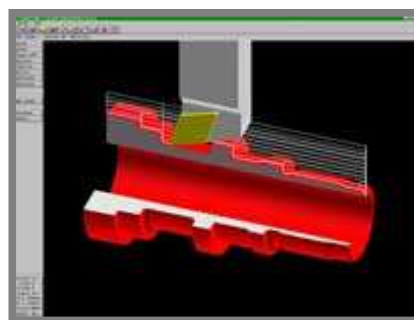
Formy se v současnosti nejčastěji navrhují jako celé modelové sestavy. Jednotlivé vymodelované díly se vazbí s ostatními a vzniknou podsestavy a sestavy. Většina programů má také propracovaný systém vytváření výkresů. Nejpoužívanější odelářské programy jsou SolidWorks, Inventor, ProEngineer, Catia



Obr.24 Pracovní prostředí programu Solidworks [6]



Obr.25 Pracovní prostředí programu Moldflow [12]

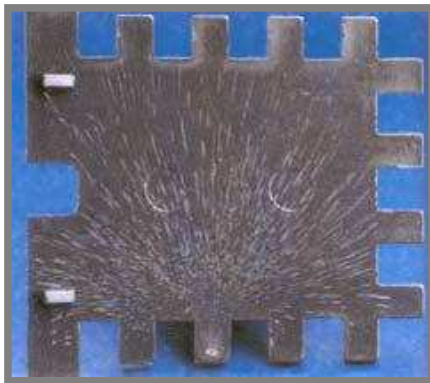


Obr.26 Prac. prostředí prog. Surfcam [13]

1.10 Nežádoucí jevy při vstřikování plastů

- smršťování hmoty – u amorfních látek je to kolem 0,5%, u semikrystalických látek 1-4%

- vnitřní pnutí – vzniká nestejnorodým ochlazováním hmoty, odhalit lze pomocí simulace tečení a ochlazování materiálu
- studené spoje – vzniká v místech kde dochází ke spojování vstřikovaného materiálu. Materiál, který teče do spojovacího místa je ochlazený natolik, že dochází k nedostatečnému provázání a hrozí lom. Studený spoj lze předvídat simulací tečení, např. programem Moldflow. Studenému spoji lze zabránit vhodným polohováním vtoků nebo sekvenčním vstřikováním (první tryska vstřikuje dřív, než druhá tryska).
- přetoky – vzniknou nepřesným uložením 2 dílů, které se přímo dotýkají vstřikovaného plastu. Do vzniklé mezery mezi součástmi plast vnikne a ztuhne. Vzniklý přetok se musí zpravidla odstraňovat ručně pomocí ostrého nože. Tím se prodražuje výroba vylisků
- tokové čáry – viditelné čáry na povrchu vylisku, které vytvoří nejčastěji přidané aditivum. Např. skelná vlákna se při vstřikování „učesou“ po směru toku materiálu. Někdy jsou tyto čáry považovány za nežádoucí.
- navlhnutí plastů –při vstřikování navlhých plastů se jejich mechanické, tepelné, elektrické a vzhledové vlastnosti značně zhorší, především se sníží pevnost, tuhost, dielektrické vlastnosti. Předchází se tomu vysoušením plastů v tzv. sušičkách, dělí se na atmosférické a vakuové.



Obr.27 Výlisek z navlhého granulátu [14]

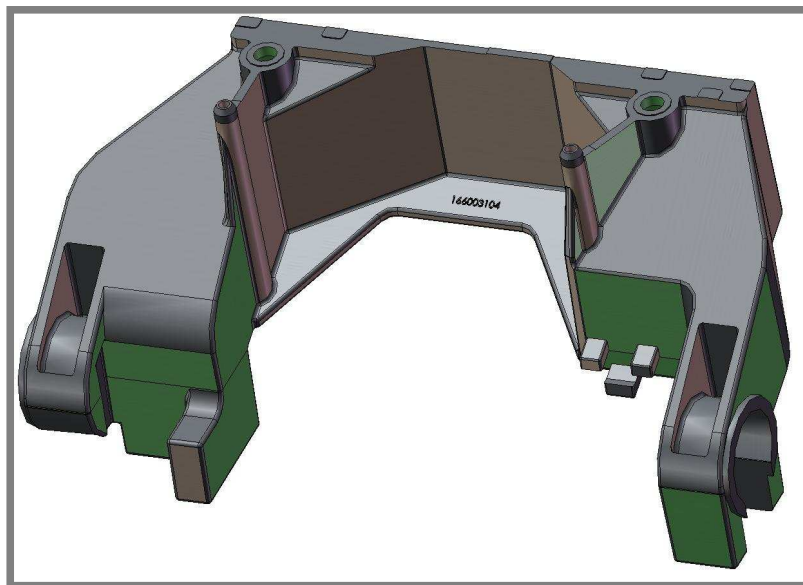


Obr. 28 Vysoušeče granulátu [14]

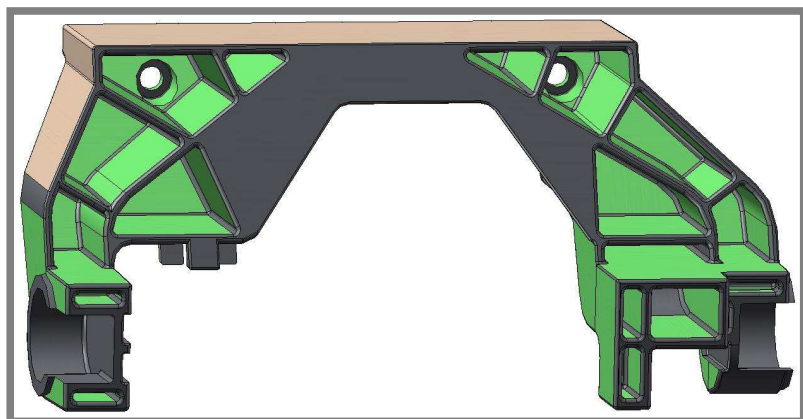
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2.1 Formulace problému

Řešením práce je vytvoření lisovací formy na plastový dílec spřádacího stroje. Zadaný výlisek je digitálně zpracovaný ve formátu .slddrw a .sat. Jsou to formáty programu Solidworks. Vstřikovací forma je v tomto programu modelována taktéž. Požaduje se běžná trvanlivost formy na 300.000 výlisků bez nutné opravy tvarových ploch. Forma bude jednonásobná, se studeným vtokem, vhodná pro lis Arburg 520C.



Obr.29 Pohled na model výlisku shora



Obr.30 Pohled na model výlisku zespodu

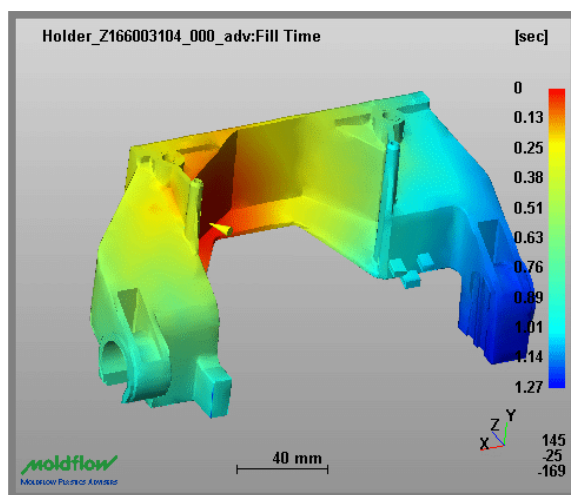
2.2 Technická a vývojová analýza

Výlisek obsahuje vysoké přepážky, které budou ve formě vytvářet problémová místa z hlediska odvodu tepla. V modelu jsou dutiny, které budou vyžadovat k vytvoření boční tvarové šupáky. Dále bude nutné vyvložit a vsadit trny do míst na obr.49 a 56. Kvůli velkému smrštění plastu bude v budoucnu nutné tyto místa opravit a dodržet žádané tolerance. Sklon dělicí roviny pouze na jednu stranu by mohl v budoucnu komplikovat přesné uzavření formy. Tvárník a tvárnice by se po sobě pod tlakem mohly posunout, proto bude nutné vytvořit plochu kompenzující boční síly. Pro přesnější určení polohy vtoku a jeho parametrů poslouží simulační program Moldflow.

Výsledky analýzy programu Moldflow:

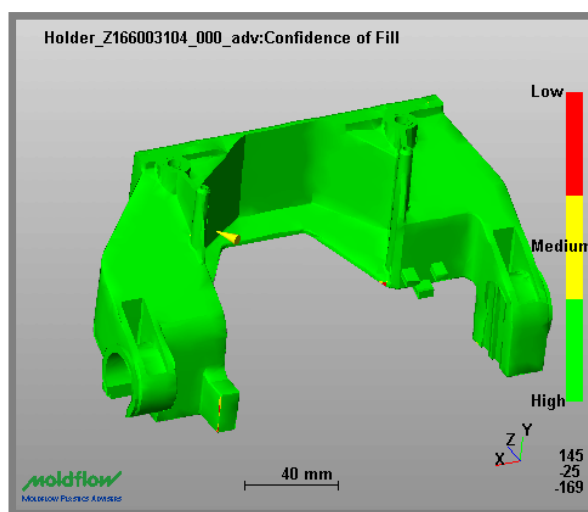
(žlutý kužel naznačuje pozici vtoku)

Vstřikovací čas dle obr.31 bude přibližně 1,27 sekundy



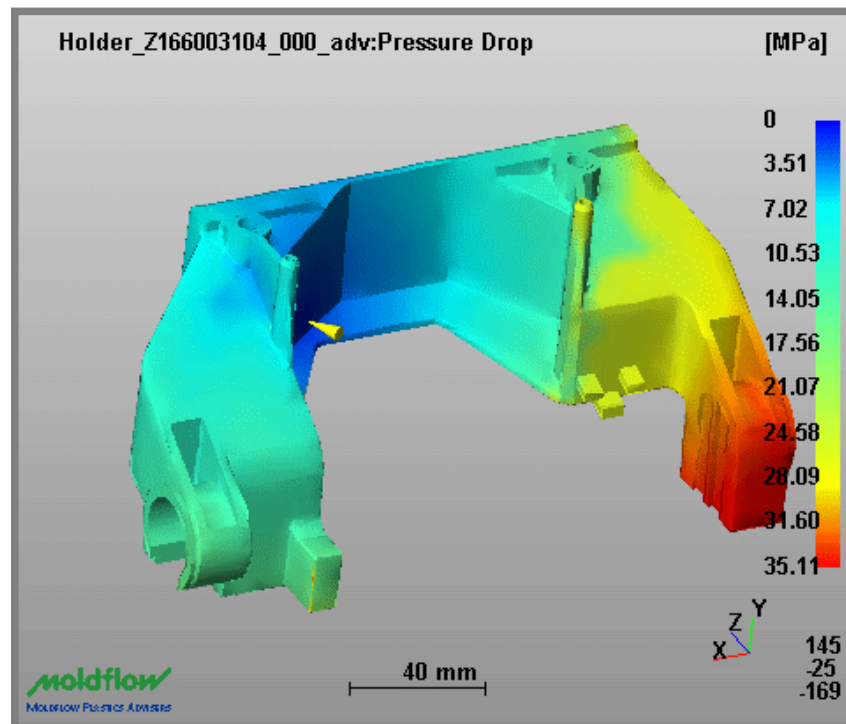
Obr.31 Vstřikovací čas

Jistota naplnění dutiny vyšla podle obr. 32 velmi dobrá. Nejistota vznikla pouze na některých vzdálenějších hranách od vtoku. Tyto místa jsou ale velmi malá, riziko nehrozí.



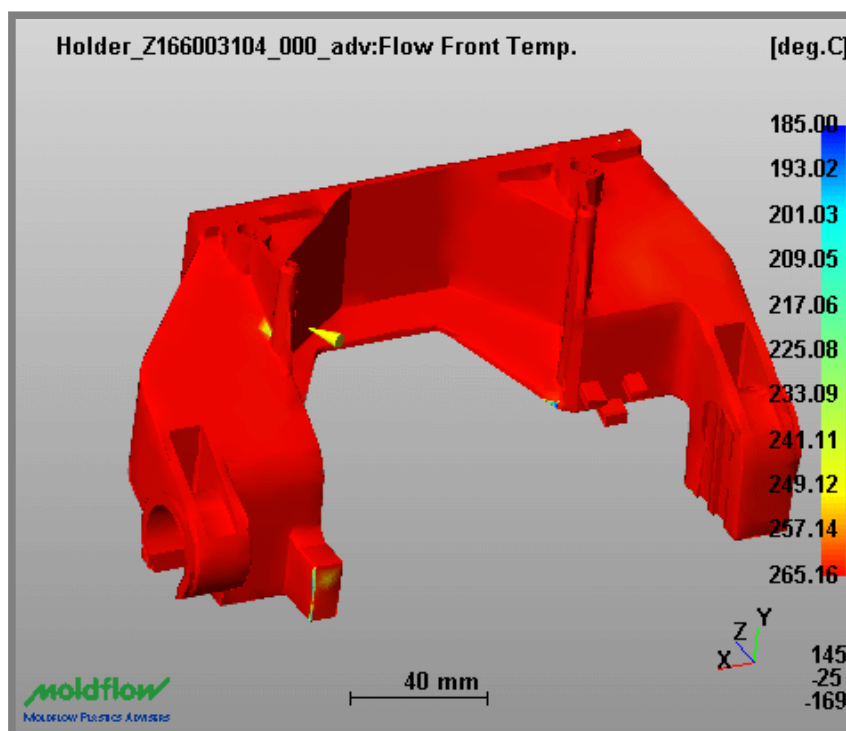
Obr.32 Jistota plnění

Potřebný vstřikovací tlak bude 35,11 MPa, aby se naplnila celá dutina formy.



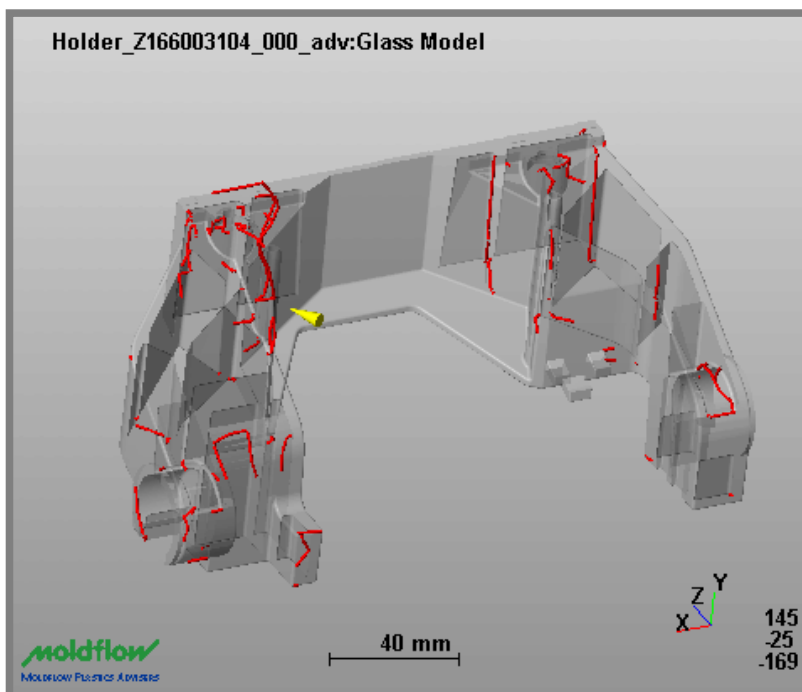
Obr.33 Vstřikovací tlak

Teplota materiálu, který prochází dutinou, nijak rapidně neklesá.



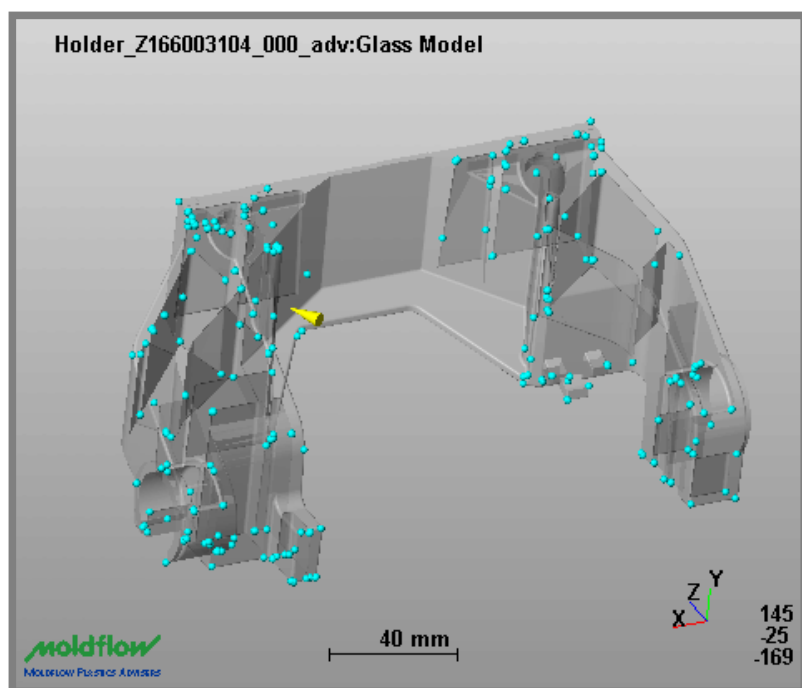
Obr.34 Teplota materiálu

Místa spojení na obr.35 naznačují, kde bude docházet ke spojení materiálu, tzv. studeného spoje, mohlo by v těchto místech dojít k prasknutí. Z obr.34 ale plyne, že teplota prvotního materiálu procházejícího formou bude dostatečná, tyto místa proto nebudou považována za hrozbu místní destrukce materiálu.



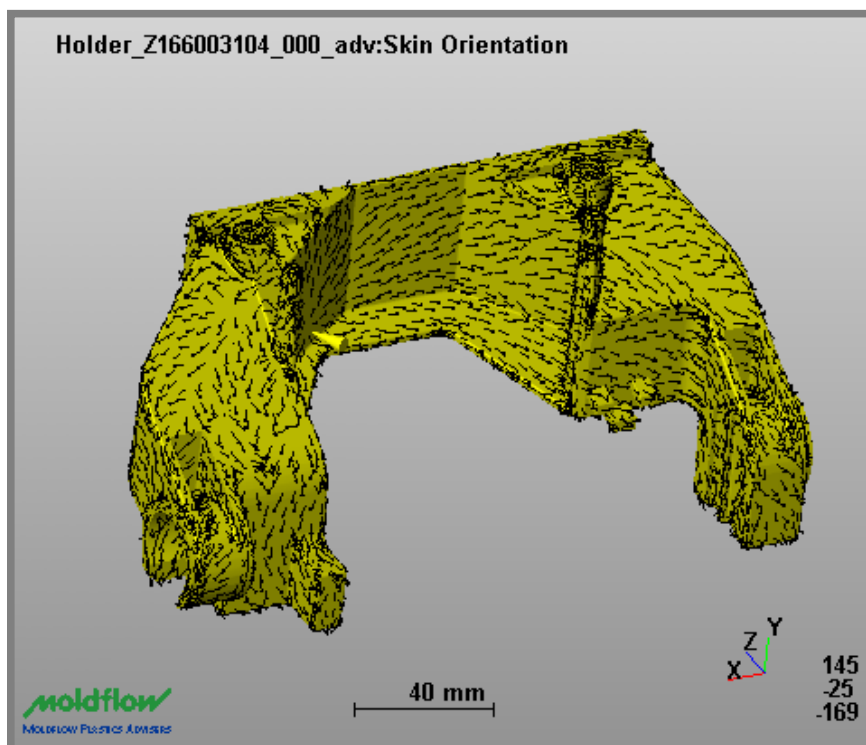
Obr.35 Místa spojení

Místa se zvýšeným rizikem pálení materiálu v důsledku stlačování uvězněného vzduchu průchozím vstřikovaným materiálem jsou naznačena na obr.35.



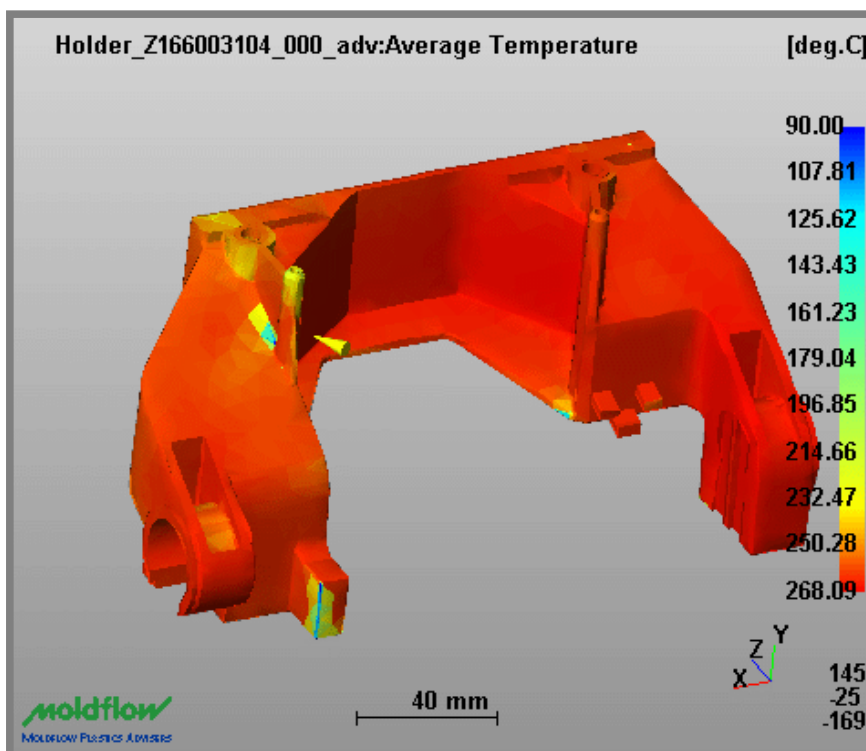
Obr.36 Místa uvězněného vzduchu

Na obr.37 je naznačen směr průtoku materiálu skrz vylisek.



Obr.37 Orientace vláken

Průměrná teplota vstřikovaného dílce je naznačena na obr.38.



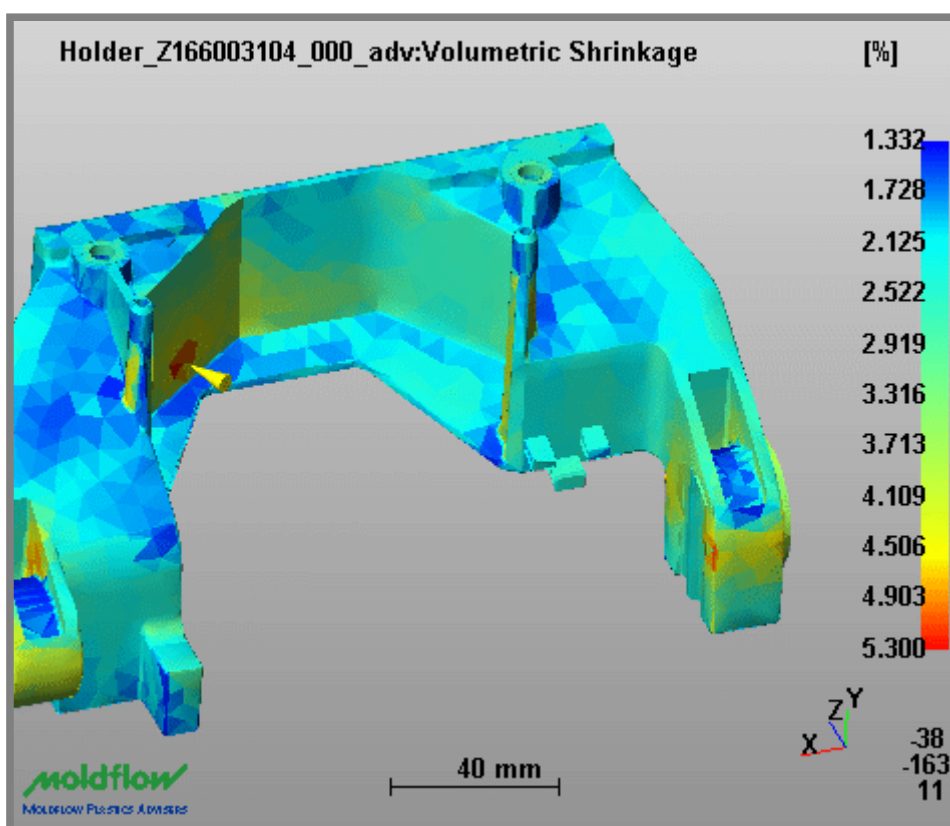
Obr.38 Průměrná teplota

Dále program Moldflow spočítal tyto hodnoty:

- množství vstříkovaného materiálu 133,36 cm³
- potřebná uzavírací síla 72,38 tun
- hmotnost vylisku 168,26g
- vyhazovací čas 23,58 sekund
- čas chlazení 12,25 sekund
- maximální vnitř. smykové napětí 0,75 MPa

Z analýzy vyplývá, že volené místo vtoku je dobře umístěné. Nebudou vznikat studené spoje, materiál doteče do všech míst ještě roztavený.

Na závěr analýzy je uvedený graf smrštění materiálu (obr.39)



Obr.39 Smrštění materiálu

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

V úvodu je třeba provést analýzu úkosů ke zjištění již vymodelovaných úkosů. Vytváření formy začne zaformováním modelu výlisku. První model bude tvárník a tvárnice, dále šupáky. Bude třeba spočítat úhel a délku šikmých kolíků, aby šupáky dostatečně vyjely z výlisku. Dále se vloží vyhazovače. K šupákům se vytvoří vedení pomocí bočních lišt podložky. Také se zajistí poloha šupáků pomocí normalizovaných svěrek. Vyřeší se vtoková soustava, a to vtoková vložka, rozvodový kanál a vtok. Z katalogu se vyberou rozměry formovacích, upínacích desek, vyhazovacích, kotevnických desek a izolačních desek. Na závěr se vytvoří výkresy pro výrobu formy.

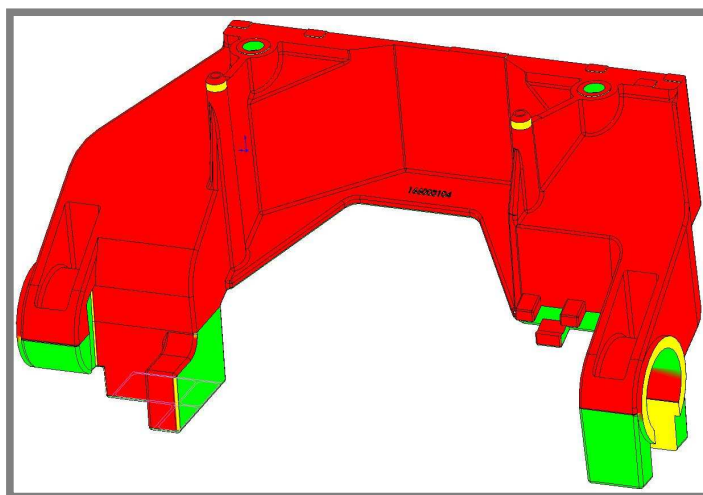
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4

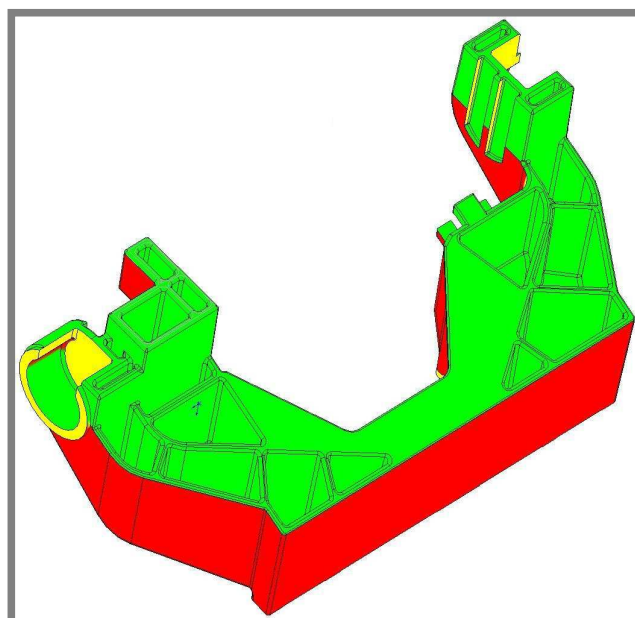
4.1 Výlisek

4.1

Je nutné zjistit, zda je u vymodelovaného výlisku nějaká dělicí křivka, která by jej rozdělila na části zúkosované vůči sobě. Proto se analyzují úkosy. Na obrázcích 40 – 45 představuje zelená a červená barva odklonění úkosu od kolmice zadané roviny o více jak $0,5^\circ$, žlutá barva ukazuje odklon menší než $0,5^\circ$, na těchto plochách vzniká ořez při odformování.

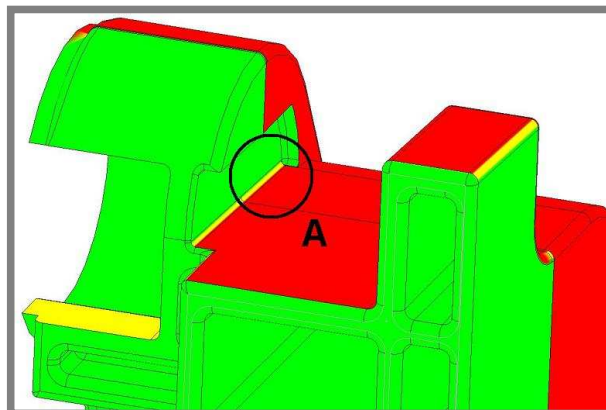


Obr.40 Analyzované povrchy modelu zvrchu



Obr.41 Analyzované povrchy modelu zespodu

Byly odhaleny dvě místa, které budou potřebovat úpravy tvaru, jsou to tvary na obrázcích 42 a 43, detail A a B.

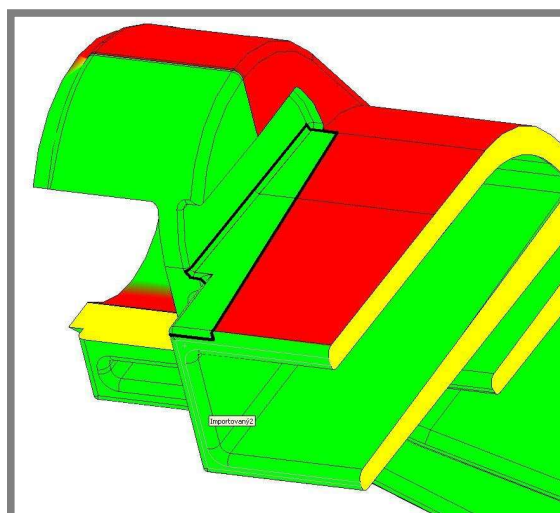


Obr.42 Detail A

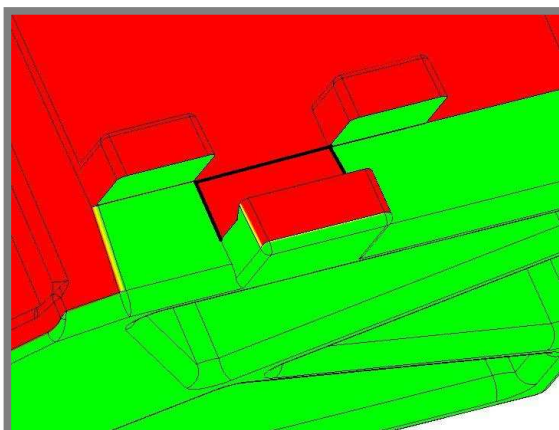


Obr.43 Detail B

Tyto místa bude potřeba opravit tak, aby se při otevírání formy výlisek nepoškodil. Zároveň je nutné příliš nezměnit původní tvar. V místě A byl z modelu výlisku odstraněn kus objemu, nová telená plocha je pod úhlem 1° , viz obr.44. Místo B bylo opraveno prodloužením stěny až po výstupek, viz obr.45.



Obr.44 Oprava místa A



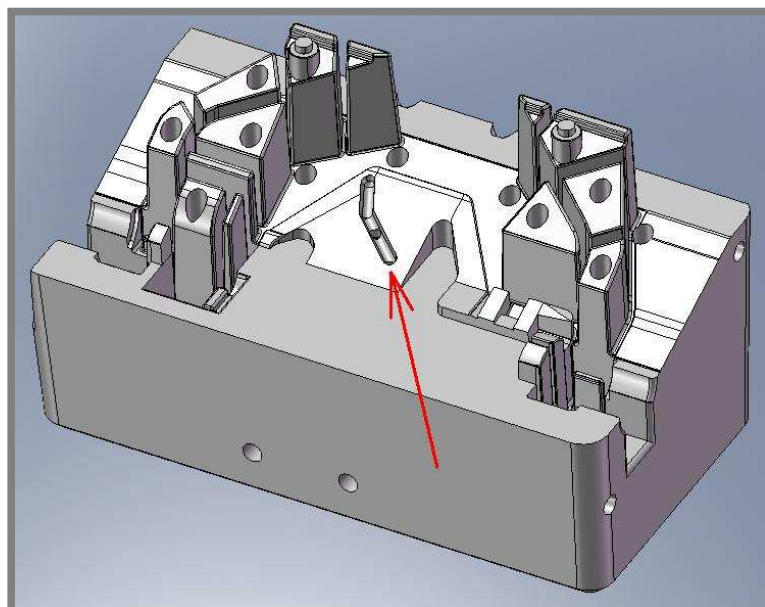
Obr.45 Oprava místa B

Takto opravený model výlisku je již připravený k zaformování

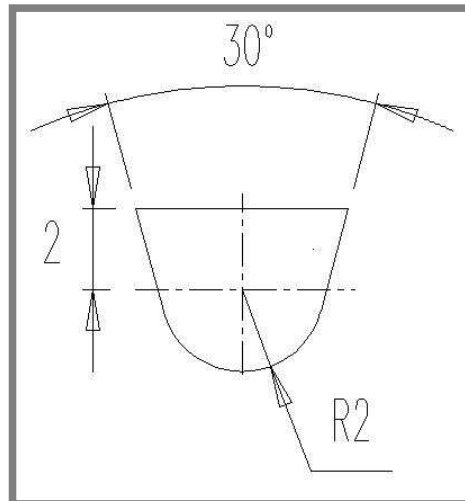
4.2 Tvárník

4.2

Do kostky o rozměrech podstavy 126x240mm se pomocí odečtení modelem výlisku vytvořil charakteristický negativ. Podle dělicí křivky se odstranily okraje a vznikne dělicí rovina. Uprostřed se vytvoří uzavírací plocha pro rozvodový kanál. Dvě boční sousední stěny tvárníku se vymodelují s úkosem 5. Do tvárníku se vytvoří díry pro šupáky, proto v boční stěně, která je zúkosovaná, se musí vytvořit rovnoběžná plocha pro snazší dolícování šupáku. Vyhadzovače jsou použity kulaté a ploché, více viz kapitola Vyhadzovače. Poloha vyhadzovačů (obr.59) je volená podle tvaru výlisku a podle odhadu nebezpečí přichycení k plochám tvárníku. Pro dopravení vstřikovaného materiálu je potřeba vytvořit kanály, budou vyfrézovány na dělicí ploše ze středu tvárníku k jedné straně podle obr.46.

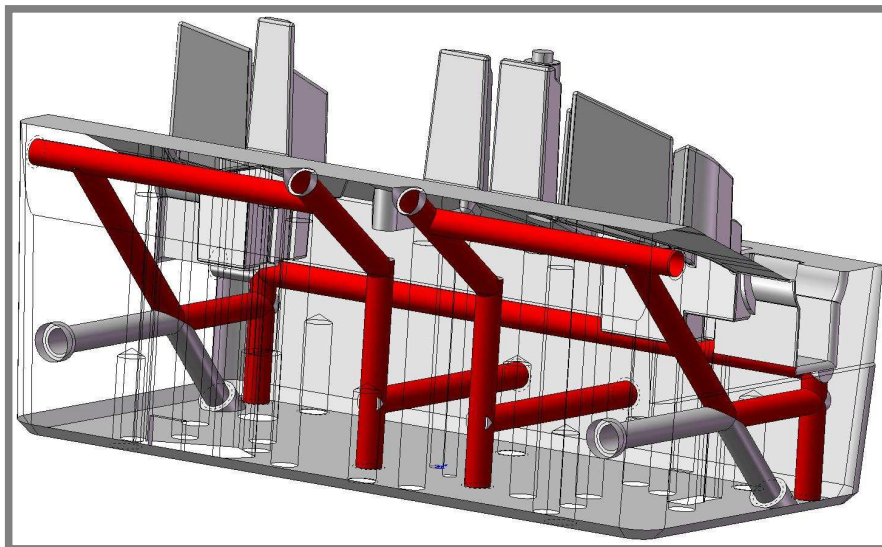


Obr.46 Dráha rozváděcího kanálu



Obr.47 Profil rozváděcího kanálu

V tvárníku se vytvoří temperační kanály průměru 8mm. Budou vedené tak, aby co nejlépe pokryly plochu tvárníku a efektivně odváděly nežádoucí teplo z tvárníku. Konce děr nevyužitých jako připojení temperačních okruhů se utěsní normalizovanou zátkou s jemným závitem M10x1 a těsnícím silikonem. Jeden tenký výstupek (obr.56) bude nahrazen materiálem AmpColoy kvůli hrozícímu přehřívání, viz kapitola Vložky.

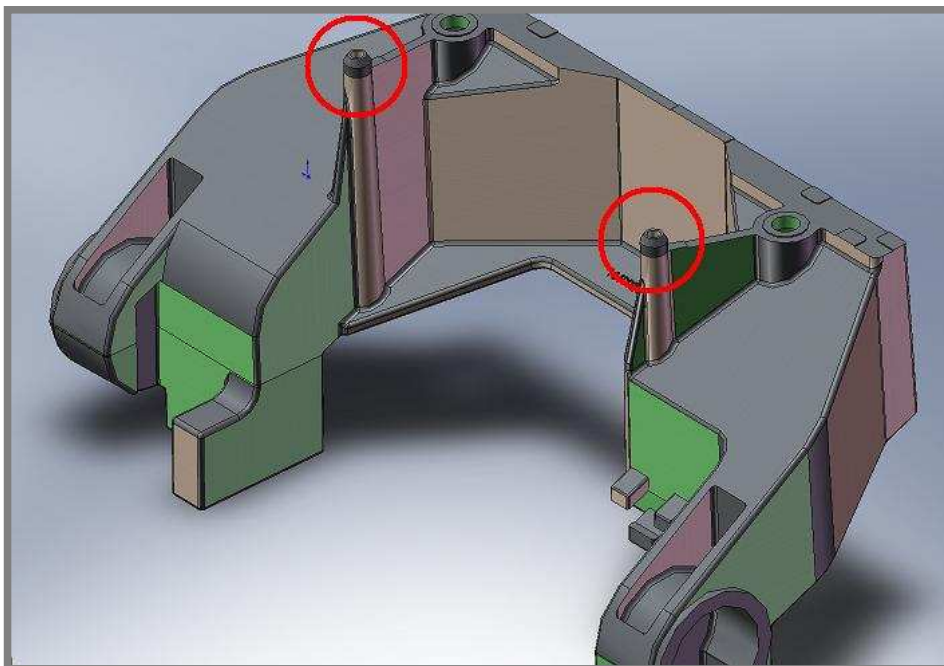


Obr.48 Vedení temperačních kanálů uvnitř tvárníku

Lícování vložek v dírách, šupáků s tvárníkem a všech ostatních rozměrů, které jsou potřeba vyrobit přesně, se použije tolerance $\pm 0,01$ mm. U vyhazovačů se volí tolerance H7/h6. Teoretický problém s uzavřeným vzduchem v dutině formy se tak vyřeší právě těmito tolerancemi, které mají dostatečnou vůli k propuštění stlačeného uzavřeného vzduchu a zároveň zadrží vstříkovaný materiál uvnitř dutiny formy.

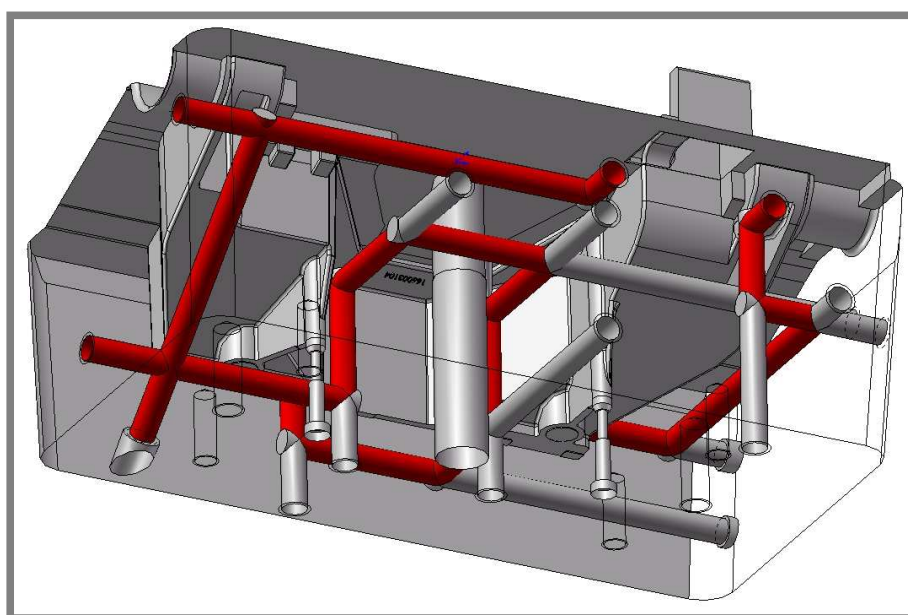
4.3 Tvárnice

Tvárnice je velice podobná tvárníku, vymodelování je provedeno stejným principem, a to odečtením modelu výlisku od kvádrů a následné vytvoření dělicí roviny. Bude mít stejné rozměry podstavy jako tvárník. Boků tvárnice se šupák dotýkat nebude, není nutné tyto plochy lícovat k sobě. Do tvárnice se vsadí trny do míst označených na obr. 49, a to z důvodu předpokládané budoucí opravy tvaru na požadovaný rozměr dle přiloženého výkresu.



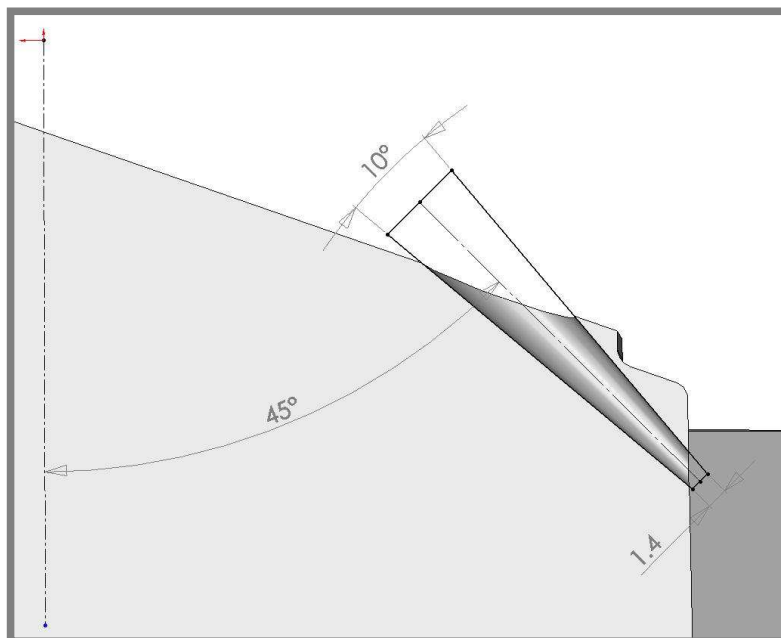
Obr.49 Místa trnů tvárnice na výlisku

Temparační kanály mají také průměr 8mm. Z důvodu efektivnosti jsou vedené v blízkosti stěn tvořících výlisk. Budou lépe a rychleji odvádět teplo z formy.



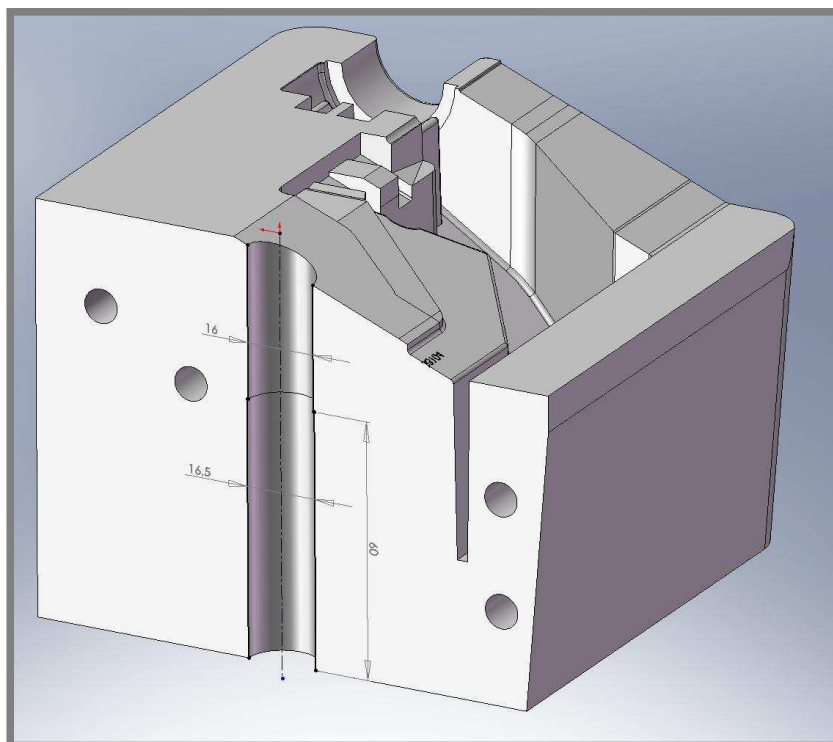
Obr.50 Vedení temperačních kanálů uvnitř tvárnice

Pozice tunelového vtoku je ověřena pomocí programu Moldflow. Tunelový vtok musí mít kuželový tvar, aby šel ztuhlý materiál uvnitř snadno vytáhnout. Rozměry jsou na obr.51.



Obr.51 Rozměry tunelového vtoku

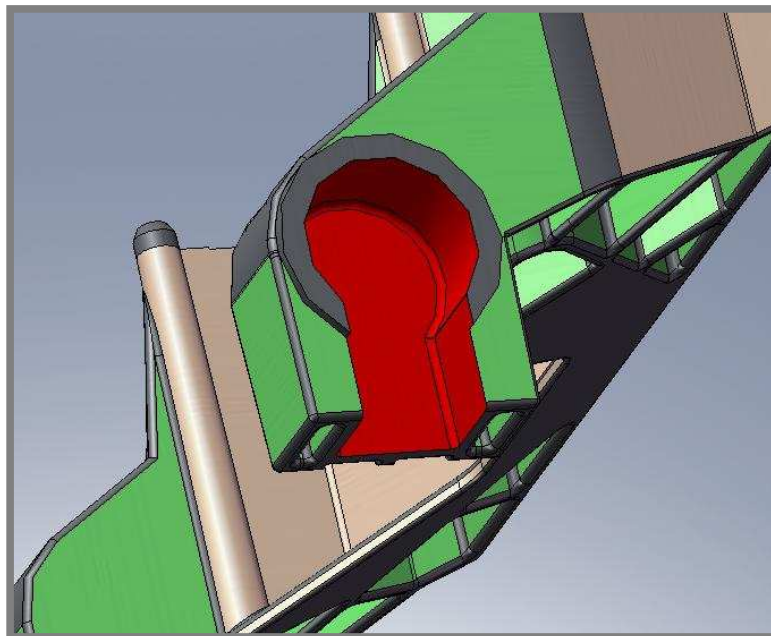
Vtoková vložka je lícovaná s tvárnici jen v horní části díry, spodní část je s vůlí 0,5mm. Přesné rozměry jsou na obr.52.



Obr.52 Tvar díry pro vtokovou vložku

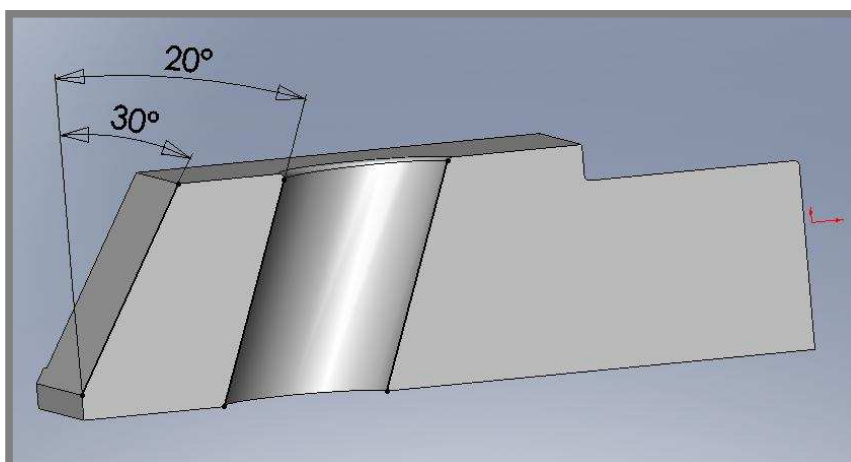
4.4 Šupák

Tento díl je důležitý k vytvoření bočních dutin ve výlisku v místech podle obr.53 vyznačených červenou barvou.



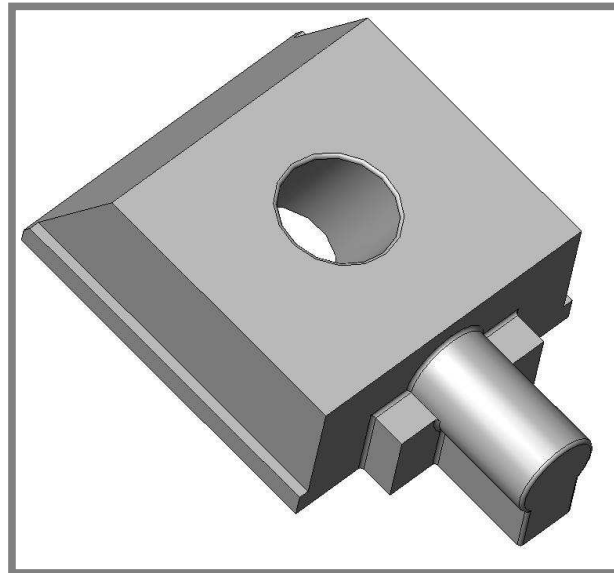
Obr.53 Plochy výlisku vytvořené šupákem

Samotný tvar šupáku je tvaru kvádru s výstupkem, který bude vytvářet dutinu výlisku. Šupák bude stejný pro obě strany. Aby se dodržela přesná poloha v uzavřené formě, zadní stěna se vyrobí pod úkošem. Bude na ni dosedat kalená přitlačovací destička přišroubovaná k formovací desce. Uprostřed šupáku bude vyvrtaná díra pod úhlem menším než zadní stěna. Kdyby tomu bylo naopak, z kinematického rozboru vzájemného pohybu šupáku a formovací desky vyplyne situace, že kalená destička nestihne dostatečně rychle uvolňovat místo šupáku, se kterým bude pohybovat trn, forma by po uzavření nešla otevřít. Proto jsou voleny úhly 20° a 30° .



Obr.54 Úhly na šupáku

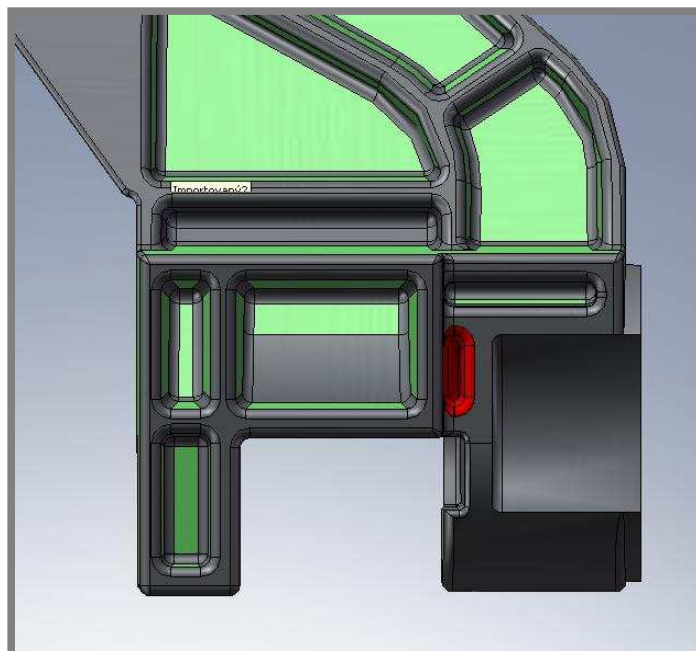
Dále musí mít přesné vedení ve formě. Je to zajištěno kalenou destičkou zespodu a vodícími lištami z boku. Forma bude v lisu situovaná na výšku, na šupák bude působit tíhová síla, která jej bude při otevření formy táhnout dolů. Proto je zaveden systém přidržení – do šupáku je zasunut kolík, který při otevřené poloze zapadne do kleštiny, ta jej podrží v žádané pozici. Obrázek šupáku je na obr.55.



Obr.55 Konečný tvar šupáku

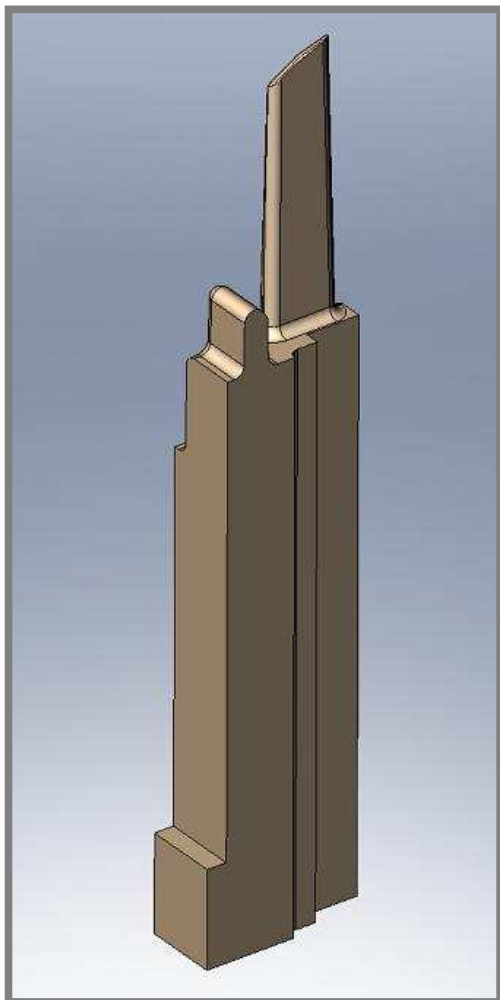
4.5 Vložky

Jediné místo, které bude v tvárníku nahrazené vložkou, je na obr.56, značeno červenou barvou. U ostatních výstupků by nemělo dojít k přehřívání kalené oceli a nedostatečnému chlazení vylisku.



Obr.56 Poloha vložky tvárníku

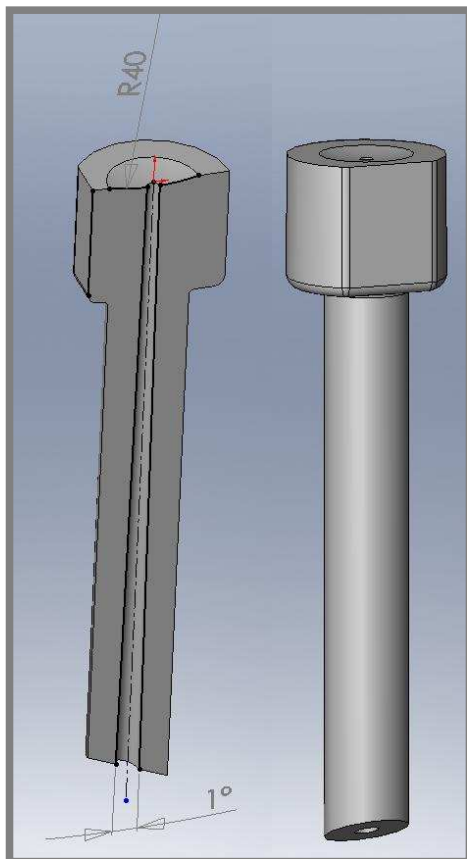
Tato vložka bude vyrobena ze speciálního materiálu AmpColoy, který má výbornou tepelnou vodivost. Zamezí se tak riziku přehřívání. Vložka bude mít osazení, aby v tvárníku držela. Boční tvar se musí také vyrobit přesně, aby z dutiny formy neunikal materiál. Zároveň a je vymodelován tak, aby kopíroval hrany výlisku.



Obr.57 Vložka tvárníku

4.6 Vtoková soustava

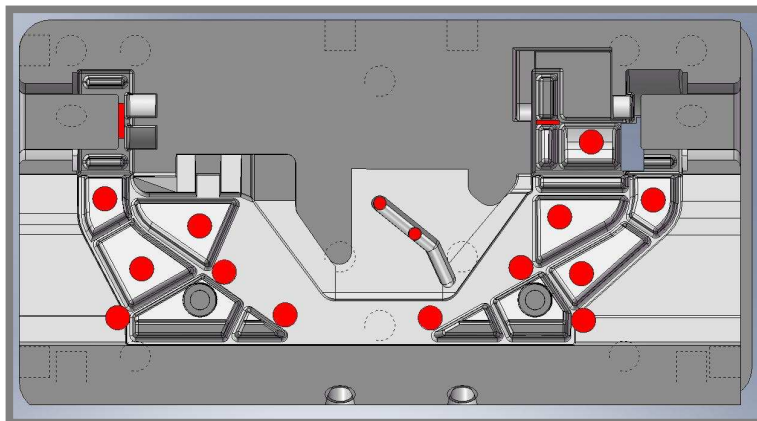
Soustava je tvořena vtokovou vložkou, jejíž dutina ústí do vyfrézovaného kanálu v tvárníku a ten vede k tunelovému vtoku v tvárnici. Vtoková vložka je rotační součást, dosedá na její konec vstříkovací pistole lisu. Musí mít proto stejný kulovitý tvar. Pokud bude rádius kulové dutiny menší, vznikne prostor, který vyplní vstříkovací materiál, ztuhne tam a z vtokové soustavy nevypadne při vyhození výlisku. To vede k opravě vtokové vložky. Pokud bude rádius vložky větší, vstříkovací pistole postupem času zdeformuje ústí vtokové vložky a zmenší se průřez, kterým vstříkovaný materiál proudí. Materiál nebude moci dobře vyplnit dutinu formy, což vede k opravě vložky a nežádoucímu odstavení formy. Je třeba zajistit stálou polohu proti otočení, což zajistí vyfrézovaná ploška v hlavě vložky. Vnitřní dutina bude kuželovitá, aby se materiál při otevírání uvolnil.



Obr.58 Vtoková vložka

4.7 Vyhazovače

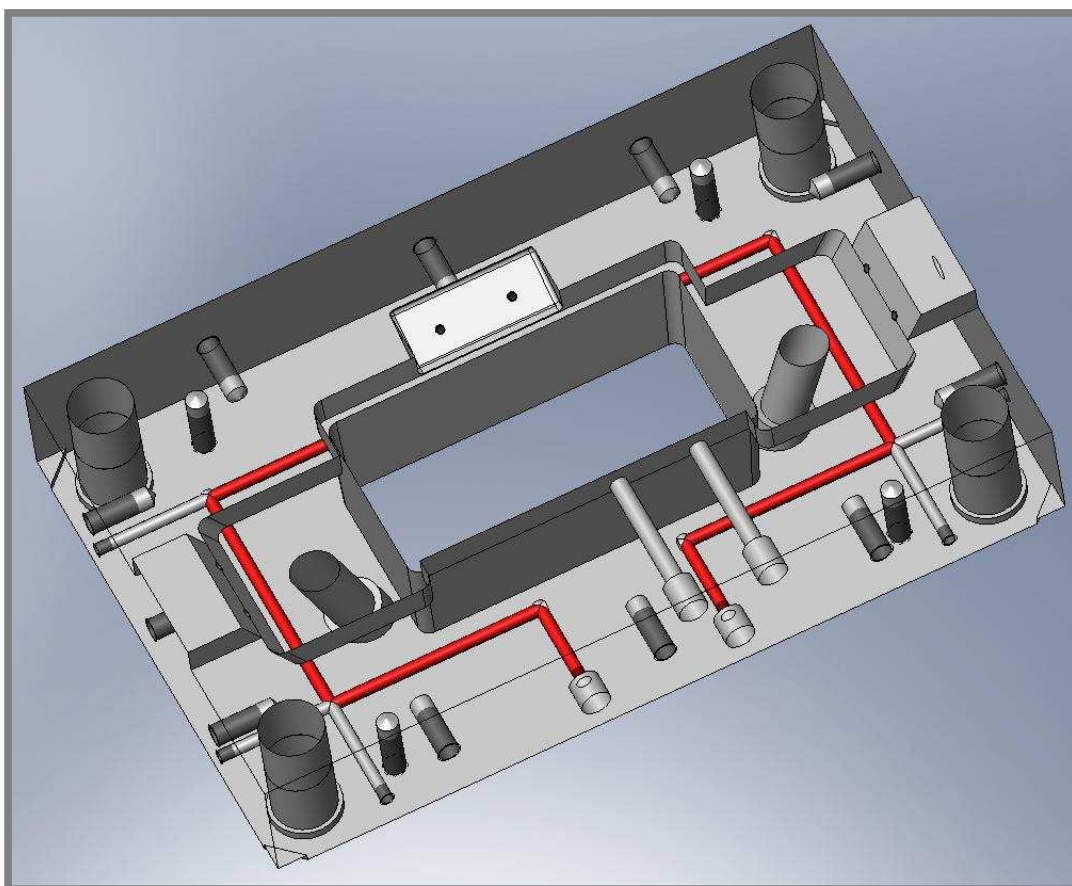
V této formě jsou použity kulaté a ploché vyhazovače, a to 13 kulatých o $\text{Ø}8\text{mm}$, dva kulaté $\text{Ø}4\text{mm}$ a dva ploché s rozměry $7,5 \times 1,5\text{mm}$ a $11,5 \times 2\text{mm}$. Jejich pozice je volena tak, aby byl výlisek snadno vyhozen z formy. Pozice je naznačena na obr.59 červenou barvou. Dále forma obsahuje 4 pojistné vyhazovače ($\text{Ø}10\text{mm}$), které brání procesu vyhození výlisku, pokud je zavřená forma. Předejde se tak poničení tvarových ploch uvnitř dutiny formy. Pojistné vyhazovače se v případě nutnosti opřou o levou formovací desku. Pro případ nevysunutí šupáků z výlisku jsou ještě umístěny 2 pojistné vyhazovače $\text{Ø}8\text{mm}$, které by zabránily procesu vyhození.



Obr.59 Pozice vyhazovačů

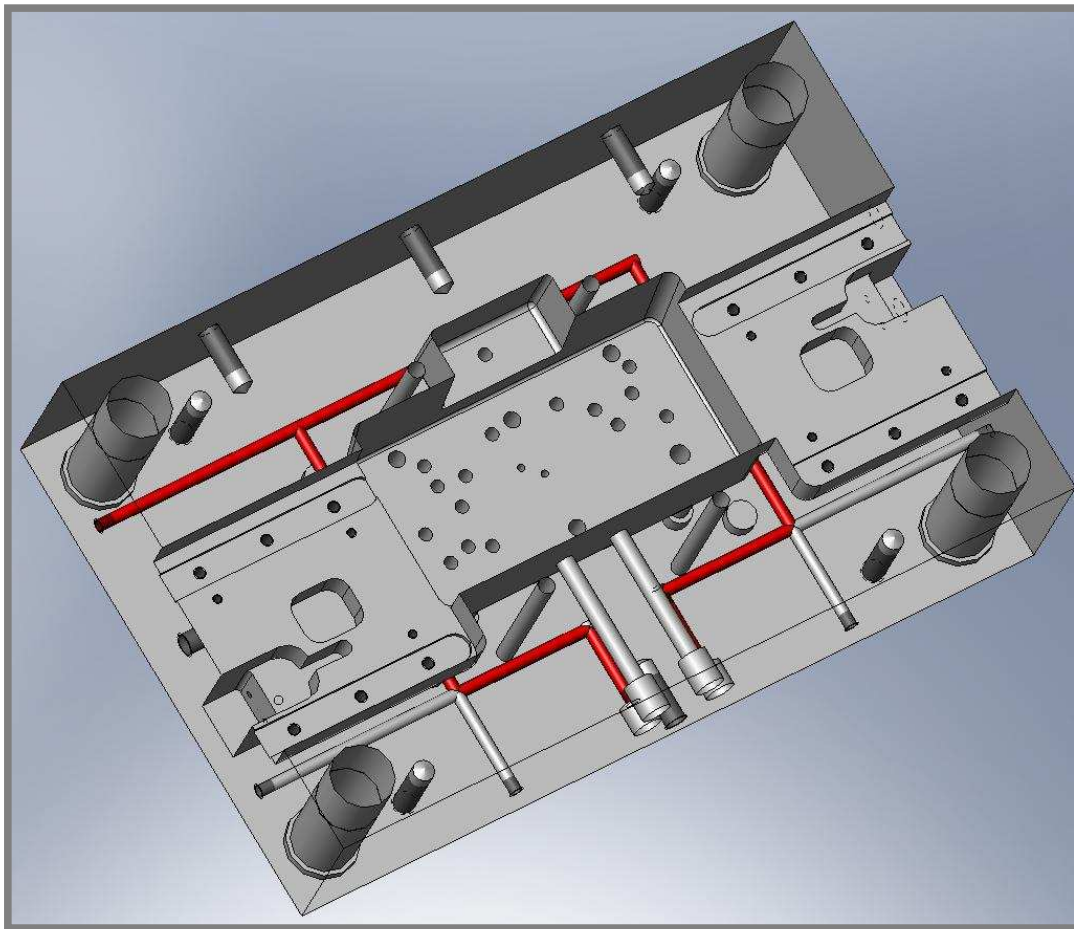
4.8 Formovací desky

Pravá formovací deska obsahuje kapsu, která je souhlasná s tvarem tvárnice. Rozměry desky jsou 546x346mm, tloušťka 90mm, resp. 110mm. Díl obsahuje díry pro vodící sloupky v rozích, díry pro vsunutí šikmých kolíků, vyfrézovanou plochu připravenou pro kalenou destičku pro uzamknutí tvárníku a tvárnice do prizmatu, dále plochy pro destičky, které budou přitlačovat šupáky k tvárníku, temperační okruh pro zlepšení regulace teploty formy, díry pro vsunutí náustků do tvárnice a montážní díry se závity. Šikmý kolík je průměru 30mm, s hlavičkou průměru 40mm, která má vrch tvaru jehlanu. Hlavička se při sestavení dotýká upínací desky, nemůže tak měnit svoji pozici. Díry pro vodící sloupky mají průměr 42mm, je to voleno podle katalogu výrobce FCPK Bytów s ohledem na rozměry desky. Temperační okruh je volený s průměrem 8mm. Montážní závity mají závit M16 se standardním stoupáním.



Obr.60 Temperační okruh pravé formovací desky

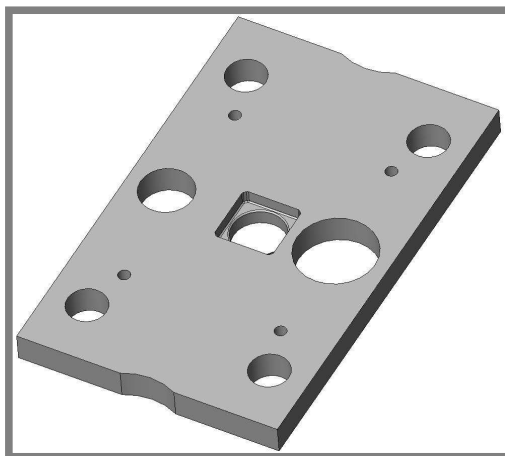
Levá formovací deska je odlišná od pravé. Nemá průchozí kapsu, ale přesně vyfrézovanou kapsu s tvarem shodným s tvárníkem. Obsahuje připravené dutiny pro vodící lišty i se závity M6, díry pro průchozí vyhazovače, kapsy pro systém zachycení šupáků, díry pro umístění prodloužených náustků pro tvárník, díry pro vodící sloupky (volené opět z katalogu FCPK Bytów) a díry pro přišroubování tvárníku k upínací desce. Levá formovací deska také obsahuje temperační okruh průměru 8mm. Montážní závity jsou velikosti M16.



Obr.61 Temperační okruh uvnitř levé formovací desky

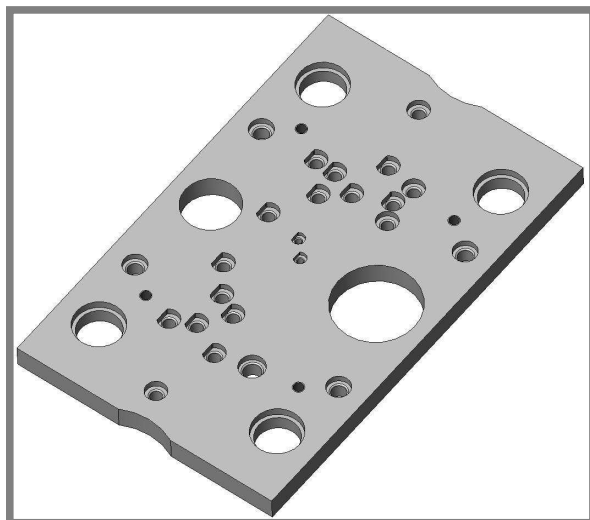
4.9 Vyhazovací a kotevní deska

Vyhazovací deska s rozměry 320x200x22mm obsahuje díry pro rozpěrky, šrouby a kapsu pro vyhazovací člen. Rohové díry jsou voleny podle katalogu FCPK Bytów. Vedení vyhazovací a kotevní desky bude kuličkové s klecí.



Obr.62 Vyhazovací deska

Kotevní deska s rozměry 320x200x17mm obsahuje stejné díry jako deska vyhazovací, navíc ještě další díry pro všechny vyhazovače. Některé díry pro hlavičky vyhazovačů, které budou muset být zajištěny proti pootočení, budou mít válcovitý tvar s plochou částí.

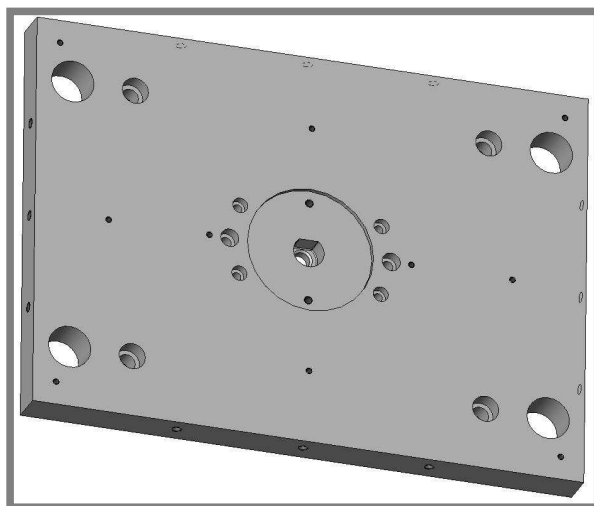


Obr.63 Kotevní deska

4.10 Upínací desky

4.10

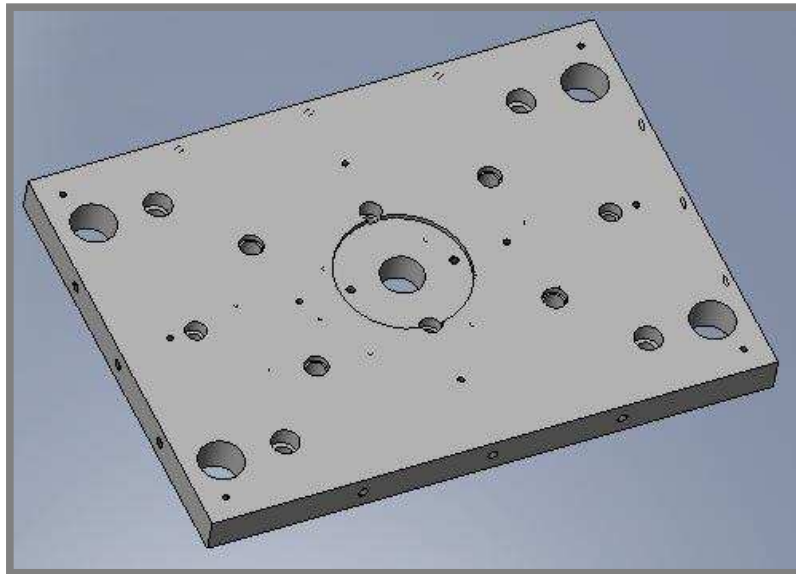
Pravá upínací deska má rozměry 546x396x36mm. Jsou v ní vytvořeny díry pro vodící sloupky, díry pro šrouby ke spojení tvárnice a pravé formovací desky, díra pro vtokovou vložku, díry s montážními závity a pro přišroubování izolačních desek. Uprostřed desky bude kapsa pro středící kroužek průměru 125mm. Je to díl, který vystředí formu vůči vstřikovací pistoli a vyhazovací tyči.



Obr.64 Pravá upínací deska

Levá upínací deska má stejné rozměry jako pravá. Uprostřed je vytvořena díra pro vyhazovací tyč od lisu s dostatečnou vůlí. Také obsahuje výše zmíněné díry pro

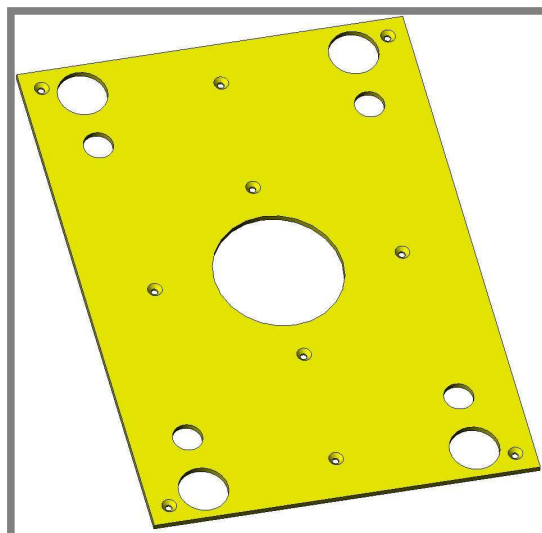
vodící sloupky, díry pro šrouby k přichycení upínací desky k formovací desce, pro uchycení rozpěrek a kapsu pro středící kroužek o průměru 125mm.



Obr.65 Levá upínací deska

4.11 Izolační desky

Izolační deska s rozměry 540x390x6mm je přišroubována k oběma upínacím deskám. Je vyrobena ze sklotextitového materiálu.



Obr.66 Izolační deska

4.12 Rozpěrky

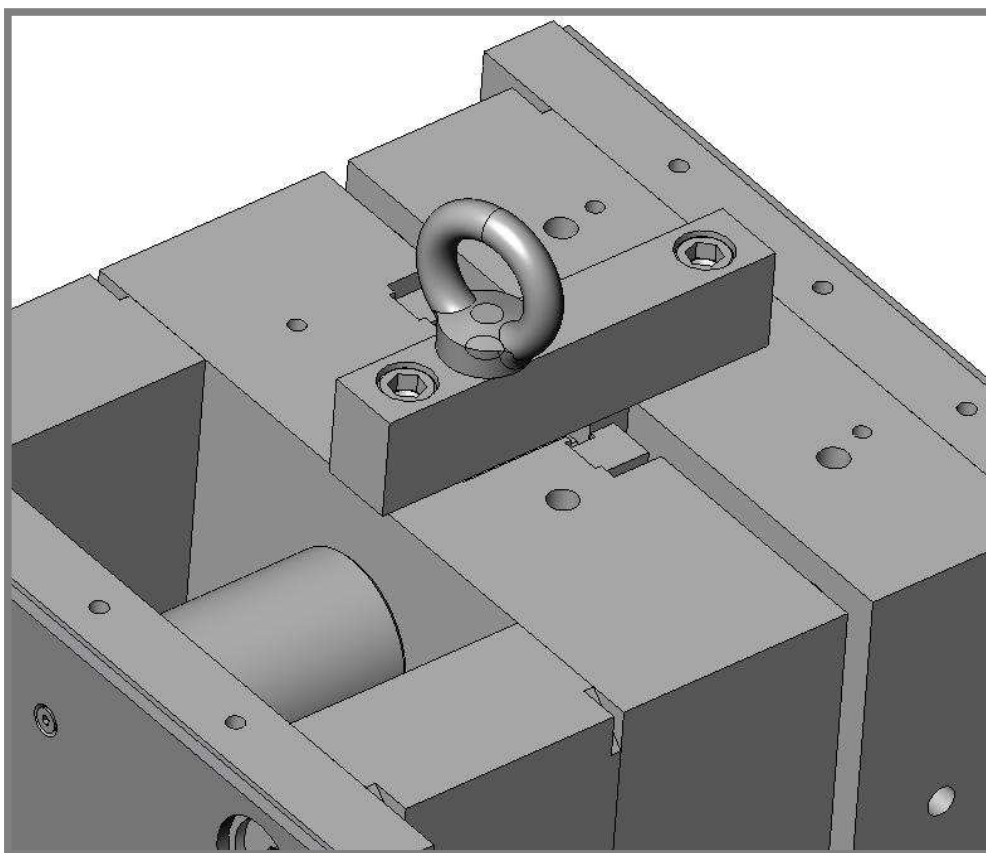
Ve formě jsou situovány dvě boční a čtyři kulaté rozpěrky. Boční rozpěrky plní funkci vytvoření prostoru pro vyhazovací a kotevní desku. S rozměry 546x70x118 vytvoří přibližně 45mm velký vyhazovací krok. Obsahují dvě díry o průměru

42,2mm pro vedení a dvě díry o průměru 18mm pro průchozí šrouby. Také má na bocích montážní závity pro lepší manipulaci. Kulaté rozpěrky mají stejnou délku 118mm, pouze různé průměry. A to $\varnothing 76\text{mm}$, $\varnothing 56\text{mm}$ a $\varnothing 36\text{mm}$. Zabraňují prohýbání levé upínací desky. Z vrchu je závit pro přichycení k upínací desce.

4.13 Transportní pojistka a oko

4.13

Nosič formy je přišroubován dvěma šrouby M16 do obou formovacích desek. Je navržen tak, aby unesl hmotnost formy. Pomocí programu SolidWorks byla zjištěna poloha těžiště celé formy a přesně na svislici je umístěné transportní oko. Nosič zároveň funguje i jako transportní pojistka proti otevření formy.



Obr.67 Nosič a transportní oko

5 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ

Modely jsou vytvářené tak, aby byly snadno obrobitelné při minimálním počtu výrobních strojů. K výrobě dílů formy byla zapotřebí CNC frézka pro hrubé opracování MAS MCV 1000, čisté opracování Mikron VCP 600. Průchozí díry složitějšího tvaru se vyrobí na elektrodjiskřovací stroji, typ CHARMILLES ROBOFIL 440. Vnitřní rohy a těžko dostupná místa se vytvoří pomocí elektroerozivního obrábění (měděná nebo grafitová elektroda vytvořená jako negativ, který pomocí elektrického výboje odpařuje materiál z povrchu), typ CHARMILLES ROBOFORM 550. Temperační kanály budou vrtány na radiální vrtačce s dlouhými dělovými vrtáky. Plochy s drsností menší než Ra 1,6 budou broušeny na NC brusce typ G+H FS 640 Z CB. Vše bude kontrolováno pomocí 3D měřicího centra WENZEL LH 65.

Výdaje na jednotlivé díly jsou uvedeny v tab.1. Třetí sloupec udává cenu nákupu materiálu, čtvrtý sloupec fakturovanou cenu jednotlivých firem, které se podílely na vzniku dílu. Pátý sloupec obsahuje mzdu dělníků. V šestém sloupci se zahrnují náklady za energie, opotřebení strojů apod. Poslední sedmý sloupec je součtem předchozích čtyř sloupců.

Tab. 1 Cenový rozbor výroby formy

Hodnoty v Kč

Reg. číslo	Název součásti	Materiál	Koop.	Mzda	Režie (S)	Celkem
1864-001	Formovací deska PP	7920.00	44550	535.00	187.25	53192.25
1864-002	Formovací deska PP	8235.00	44550	137.50	48.13	52970.63
1864-003	Upínací deska PP	2472.50	29200	50.00	17.50	31740.00
1864-004	Upínací deska LP	2472.50	28550	25.00	8.75	31056.25
1864-005	Vyhaz. deska op.	459.00	0	75.00	26.25	560.25
1864-006	Vyhaz. deska kot.	494.73	0	294.00	102.90	891.63
1864-007	Izolační deska	0.00	0	210.00	73.50	283.50
1864-008	Rozpěrka	3326.48	0	634.00	221.90	4182.38
1864-009	Kulatá rozpěrka	257.51	0	106.25	37.19	400.95
1864-010	Kulatá rozpěrka	60.35	0	63.75	22.31	146.42
1864-011	Kulatá rozpěrka	27.87	0	351.25	122.94	502.06
1864-012	Ustavovací kamen	273.82	0	1368.80	479.08	2121.70
1864-013	Tvárník	3774.00	17200	18417.00	6445.95	45836.95
1864-014	Tvárnice	3162.16	800	9997.00	3498.95	17458.11
1864-015	Vložka tvárníku	0.00	0	1349.75	472.41	1822.16
1864-016	Čelist	838.58	500	4672.05	1635.22	7645.85
1864-017	Šikmý kolík	0.00	350	337.50	118.13	805.63
1864-018	Vtokova vložka	41.17	0	802.52	280.88	1124.56
1864-019	Vyhazovací čep	26.41	0	88.75	31.06	146.22
1864-020	Lišta	547.63	0	1089.80	381.43	2018.87
1864-021	Středící kroužek PP	67.68	0	173.50	60.73	301.91
1864-022	Středící kroužek LP	67.68	0	131.00	45.85	244.53
1864-023	Držák svěrky	52.57	0	178.77	62.57	293.90
1864-024	Nosič formy	210.27	0	1490.07	521.52	2221.87
1864-025	Podložka čelisti	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1864-026	Příložka	91.27	0	272.03	95.21	458.52

1864-027	Příložka kamene	45.64	0	131.53	46.04	223.21
1864-028	Trn kulatý	89.49	0	246.77	86.37	422.62
1864-029	Vyhazovač 1	151.49	0	488.75	171.06	811.30
1864-030	Vyhazovač 2	151.49	0	0.00	0.00	151.49
1864-031	Vyhazovač 3	151.49	0	0.00	0.00	151.49
1864-032	Vyhazovač 4	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-033	Vyhazovač 5	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-034	Vyhazovač 6	151.49	0	0.00	0.00	151.49
1864-035	Vyhazovač 7	151.49	0	0.00	0.00	151.49
1864-036	Vyhazovač 8	151.49	0	0.00	0.00	151.49
1864-037	Vyhazovač 9	65.69	0	0.00	0.00	65.69
1864-038	Vyhazovač 10	65.69	0	0.00	0.00	65.69
1864-039	Vyhazovač plochý 11	1339.15	0	0.00	0.00	1339.15
1864-040	Vyhazovač plochý 12	0.00	0	0.00	0.00	889.60
1864-041	Vyhazovač plochý 13	0.00	0	0.00	0.00	889.60
1864-042	Vyhazovač 14	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-043	Vyhazovač 15	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-044	Vyhazovač 16	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-045	Vyhazovač 17	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-046	Vyhazovač 18	106.53	0	0.00	0.00	106.53
1864-047	Vyhazovač kontrolní	484.83	0	0.00	0.00	484.83
1864-048	Vyhazovač pojistný	165.07	0	0.00	0.00	165.07
1864-058	Prodloužený náústek	175.75	0	0.00	0.00	175.75
1864-000	Holder 166003104	17497.6	0	18075.18	6326.31	41899.14
1864-901	Elektroda	0.00	0	4287.35	1500.57	5787.92
1864-902	Elektroda	0.00	0	174.33	61.01	235.34
1864-903	Elektroda	159.53	0	145.60	50.96	356.08
1864-904	Elektroda	398.81	0	393.69	137.79	930.30
1864-905	Elektroda	162.74	0	179.35	62.77	404.86
1864-906	Elektroda	478.58	0	214.94	75.23	768.75
1864-907	Elektroda	159.53	0	166.85	58.40	384.77
1864-908	Elektroda	159.53	0	190.60	66.71	416.83
1864-909	Elektroda	0.00	0	37.50	13.13	50.63
1864-910	Elektroda	0.00	0	262.40	91.84	354.24
1864-911	Elektroda	162.74	0	114.49	40.07	317.31
1864-912	Elektroda	398.81	0	592.50	207.38	1198.69
1864-913	Elektroda	3250.50	0	2094.90	733.22	6078.62
1864-914	Elektroda	0.00	0	201.85	70.65	272.49
1864-915	Elektroda	162.74	0	105.60	36.96	305.29
1864-916	Elektroda	325.48	0	170.60	59.71	555.78
1864-917	Elektroda	0.00	0	144.33	50.51	194.84
1864-918	Elektroda	478.58	0	181.83	63.64	724.04
1864-919	Elektroda	0.00	0	237.74	83.21	320.95
1864-920	Elektroda	478.58	0	436.83	152.89	1068.29
1864-921	Elektroda	0.00	0	312.44	109.35	421.79
1864-922	Elektroda	239.29	0	145.60	50.96	435.84
1864-923	Elektroda	0.00	0	168.69	59.04	227.73
1864-924	Elektroda	0.00	0	175.60	61.46	237.05
1864-925	Elektroda	49.81	0	177.44	62.10	289.35
1864-926	Elektroda	0.00	0	258.99	90.65	349.63
1864-927	Elektroda	0.00	0	209.49	73.32	282.82
1864-928	Elektroda	319.05	0	356.15	124.65	799.85
1864-900	Elektrody	0.00	0	0.00	0.00	0.00

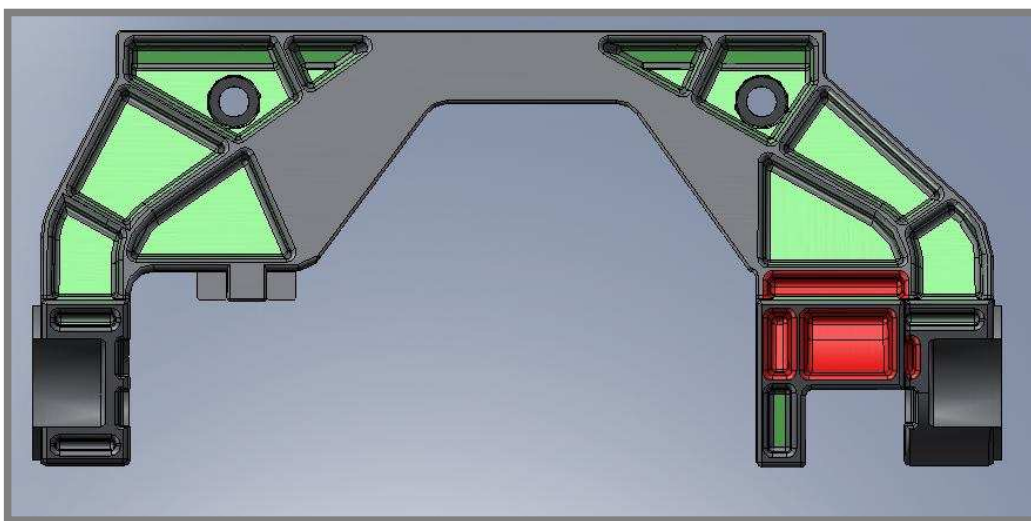
1864-929	Elektroda	558.34	0	202.50	70.88	831.71
1864-930	Elektroda	558.34	0	423.99	148.40	1130.72
1864-931	Elektroda	159.53	0	243.10	85.08	487.70
1864-932	Elektroda	0.00	0	215.30	75.35	290.65
1864-933	Elektroda	0.00	0	35.00	12.25	47.25
1864-934	Elektroda	0.00	0	79.49	27.82	107.32
1864-085	Vložka 1 tvárníku 13	0.00	0	1392.75	487.46	1880.21
1864-086	Vložka 2 tvárníku 13	0.00	0	445.50	155.93	601.43
1864-087	Vložka 3 tvárníku 13	0.00	0	310.75	108.76	419.51
1864-088	Vložka 4 tvárníku 13	0.00	0	268.25	93.89	362.14

(tabulku poskytl firma Formplast Purkert s.r.o.)

Tabulka č.2 udává součty jednotlivých sloupců z tab.1 a celkovou cenu formy.

Tab. 2 Celková cena	Hodnoty v Kč
Materiál celkem Kč	65123.31
Kooperace celkem Kč	165700
Mzda celkem Kč	77546.76
Režie celkem Kč	27141.37
Celkem Kč	337290.6

Po odzkoušení formy a vytvoření prvních vylisků bylo zjištěno, že forma pracuje bez vážných potíží, pouze v oblasti výstupků (obr.71) tvárníku se špatně chladí vstříkovaný materiál a tím se prodlužuje doba lisování. Výstupky budou nahrazeny vložkami z materiálu AmpColoy. Předpokládá se, že by se tím měl zlepšit tepelný průchod z vylisku do formy k temperačním kanálům a následně lisovací čas. To se po opravě potvrdilo.



Obr.68 Výstupky nahrazené vložkami po opravě formy

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ARBURG GmbH + Co KG,
<<http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/index.jsp>>
- [2] Battenfeld Deutschland, Innovative injection moulding,
<<http://www.battenfeld-imt.com/en/maschinen/baureihen.html>>
- [3] FCPK Bytów Sp. z o.o.,
<<http://www.fcpk.pl/en/produkty.html>>
- [4] Technická univerzita v Liberci, katedra strojírenské technologie, oddělení tváření kovů a plastů, <<http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/vip.htm>>
- [5] Řehulka Z, Základní a technické polymery, Sekurkon 2006
- [6] Formplast Purkert s.r.o.
<http://www.formplast.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=64>
- [7] Řehulka Z, Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů, Sekurkon 2006
- [8] HASCO Hasenclever GmbH + Co KG,
<<http://www.hasco.com/www-gb/main.html>>
- [9] Technický Týdeník Springer Media CZ,
<<http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=2201&mark=>>
- [10] Ampco Metal S.A., <<http://www.ampcometal.com/en/index.php?page=a8ext>>
- [11] SolidWorks corporation,
<<http://www.solidworks.com/pages/products/swofficepro/SWOfficePremium.html>>
- [12] Moldflow corporation,
<http://www.moldflow.com/stp/pdf/mms/MS_wp.pdf>
- [13] 3D Praha engineering,
<http://www.3epraha.cz/surfcam/cam_moduly.php>
- [14] Maguire Products Inc.,
<<http://www.maguire.com/browse.php/8a6c3a1658cf16ca9d1d376f847c213b.htm>>
- [15] Engel injection moulding technology
<http://www.engelsa.co.za/engel_machines.html>

- [16] Ferromatik milacron manufacturing technologies,
<<http://www.ferromatik.com/en/produkte/index.php?navid=17>>
- [17] Kraussmaffei Technologies GmbH
<http://www.kraussmaffei.de/index.php?itid=171&st_id=773&artikel=3&produkte_finden=1&artikel_finden_button=1>
- [18] Synventive molding solutions GmbH,
<<http://www.synventive.com/>>
- [19] Mold-Masters Europa GmbH,
<<http://www.en.moldmasters.com/product/product/>>
- [20] Hendrych J., Weber A., Doležel J., Standardizace rámců a součástí forem pro vstřikování termoplastů, SNTL 1986, L13-B2-IV-41/22879
- [21] William A., Handbook of plastics joining, 579s., ISBN: 1-884207-17-0
- [22] Menges G., Michaeli W., Mohren P., How to make injection molds, 601s., ISBN: 1-56990-282-8
- [23] Bryce D. M., Plastic injection molding, 187s., ISBN: 0-87263-495-7;

SEZNAM PŘÍLOH

Výkres sestavy – 1864-000 Sestava formy

Výkres tvárníku – 1864-013 Tvárník

Výkres tvárnice – 1864-014 Tvárnice