

Konstrukce pryžového dílce včetně nástroje

Jan Ondřej

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ONDŘEJ**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce pryžového dílce včetně nástroje**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma**
- 2. Provedte návrh pryžového výrobku**
- 3. Pro navržený díl provedte konstrukci vstřikovací formy ve 3D**
- 4. Zhotovte výkresovou dokumentaci**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle zadání vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

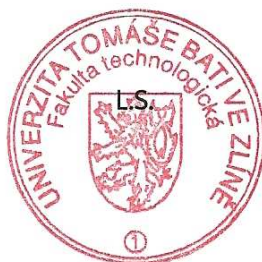
2. června 2010

Ve Zlíně dne 21. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.

vedoucí katedry

Příjmení a jméno: ONDŘEJ JAN

TECHNOLOGICKÁ
Obor: ZARÍŽENÍ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 28.5.2010


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem průchodky kabeláže a konstrukcí formy pro vstřikování daného výrobku z pryže. V teoretické části práce jsou základní údaje o elastomerním materiálu, jeho zpracování a zásadách pro konstrukci forem. Praktická část popisuje návrh dílce, požadavky na něj a postup konstrukce formy pro jeho vstřikování. Ke konstrukci dílu a formy byl použit program CATIA V5R19.

Klíčová slova:

vstřikování, forma, pryž, průchodka

ABSTRACT

Bachelor work deals with the cable grommet design and construction of tool for injection molding production. The basic data of elastomer's material, production and methods for mold design has written out in theoretical part. In practical part of work was described part design, design requirements and steps for mold design. For part design and tool construction has been used program CATIA V5R19.

Keywords:

injection molding, rubber, grommet

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady, za čas a trpělivost, kterou mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VÝROBA PRYŽOVÝCH DÍLŮ	13
1.1 ZPRACOVÁNÍ ELASTOMERNÍCH SMĚSÍ.....	13
1.1.1 Lisování.....	13
1.1.2 Studený transfer – lisování s přetlačováním.....	14
1.1.3 Vstřikování.....	15
2 CYKLUS VSTŘIKOVÁNÍ	17
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	18
3.1 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ.....	18
4 PRYŽ JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL	21
4.1 CHARAKTERISTIKA ELASTOMERŮ A JEJICH VLASTNOSTÍ	21
4.2 KAUČUK.....	21
4.2.1 Složky kaučukové směsi	22
4.2.2 Elastomer.....	22
4.2.3 Regeneráty.....	22
4.2.4 Vulkanizační činidla.....	23
4.2.5 Urychlovače.....	23
4.2.6 Aktivátor	23
4.2.7 Prostředky proti stárnutí	23
4.2.8 Změkčovaadla	23
4.2.9 Plniva.....	24
4.2.10 Pigmenty.....	24
4.3 DRUHY KAUČUKOVÝCH ELASTOMERŮ.....	24
5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO PRYŽOVÉHO DÍLCE	25
5.1 METODIKA KONSTRUKCE PRYŽOVÝCH DÍLŮ	25
5.2 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY	25
5.2.1 Zaoblení hran.....	25
5.2.2 Úkopy	25
5.2.3 Smrštění.....	25
5.2.4 Tloušťka stěn.....	25
6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM NA VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERNÍCH SMĚSÍ	26

6.1	POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY	26
6.2	TVAROVÁ DUTINA FORMY A JEJÍ NÁVRH.....	26
6.3	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	28
6.4	NÁVRH VTOKOVÝCH A ROZVÁDĚCÍCH KANÁLKŮ.....	28
6.5	VOLBA VTOKOVÉHO ÚSTÍ	29
6.6	UMÍSTĚNÍ VTOKOVÉHO ÚSTÍ	31
6.7	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU Z FORMY	32
6.8	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	33
6.9	TEMPEROVÁNÍ FOREM	34
6.10	MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
7	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	36
8	VSTŘIKOVANÝ DÍL	37
8.1	POŽADAVKY NA VÝROBEK	37
8.1.1	Požadavky na materiál.....	37
8.1.2	Požadavky na mechanické vlastnosti výrobku	37
8.1.3	Požadavky na funkci dílu	38
8.2	PARAMETRY VÝROBKU.....	39
8.2.1	Parametry pryžového výstřiku.....	39
8.2.2	Parametry plastové výztuhy.....	39
9	NÁVRH DÍLU	40
9.1	ZADÁNÍ A VSTUPNÍ DATA.....	40
9.2	NÁVRH DÍLU DLE PRVOTNÍHO ZADÁNÍ.....	41
9.3	OVĚŘENÍ NÁVRHU	43
9.4	OPTIMALIZACE NA ZÁKLADĚ OVĚŘOVACÍ SÉRIE	44
10	NÁVRH VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	45
11	NÁVRH FORMY	47

11.1	NÁSOBNOST FORMY	47
11.2	NÁVRH DĚLÍCÍ ROVINY	47
11.3	VTKOVÝ SYSTÉM.....	48
11.4	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	49
11.5	STŘEDĚNÍ FORMY	50
11.6	TEMPERACE FORMY.....	52
11.7	ODFORMOVÁNÍ VÝSTRÍKU	52
11.8	SESTAVA FORMY	54
11.9	DISKUZE VÝSLEDKŮ	55
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	61

ÚVOD

Specifické vlastnosti přírodního kaučuku a následné zdokonalování mechanických vlastností jeho derivátů předurčilo tento materiál k využití v oblastech, kde se stal výjimečný a nenahraditelný. Tento elastomerní materiál poskytoval vysokou míru pružné deformace jak při namáhání tahem a tlakem a díky přísadám směsi se podařilo zlepšit i takové mechanické vlastnosti jako je otěruvzdornost, odolnost vůči vysokým teplotám či minerálnímu oleji. Jsou to vlastnosti, které i přes prudký rozvoj dalších nekonvenčních materiálů ze skupiny polymerů, jako jsou například termoplasty, pomohly pryži udržet si v oblasti nejčastěji používaných materiálů, kam spadá i automobilový průmysl, výhradní postavení.

V současné době, kdy je kladen důraz na co nejmenší energetickou náročnost výroby a na nízké zatěžování ekologie po skončení životnosti výrobku, se jeví klasické výrobní postupy málo produktivní. Z tohoto pohledu je velkým konkurentem pryže termoplastický kopolymer TPE, který při kratším výrobním cyklu umožňuje 100% recyklaci a dokáže nahradit výrobky z pryže v mechanicky a teplotně méně exponovaných oblastech. Pomocí zlepšování zpracovatelských technologií elastomerních materiálů, mezi něž patří i technologie vstřikování, dochází ke snižování výrobních nákladů, zkracování vulkanizačních časů ve výrobním cyklu a tím i k vyšší produktivitě a proto se s pryžovými díly budeme setkávat i v budoucnu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA PRYŽOVÝCH DÍLŮ

Všechny výrobky z pryže musí projít vulkanizací, která patří k finálním operacím technologického postupu výroby, a která zajišťuje jejich tvar a jakost. Vulkanizací se vytvářejí pevné chemické vazby mezi jednotlivými řetězovými molekulami kaučuku, dochází k tzv. síťování, a mění se podstatně všechny vlastnosti kaučuku. Výsledný výrobek získává stabilní tvar, dobré mechanické vlastnosti a ztrácí rozpustnost v rozpouštědlech, ve kterých pouze bobtná. Optimální hustota takto vytvářené prostorové síťové struktury je zajišťována na sobě nepřímo závislými parametry – teplotou a doby, po kterou teplota působí. [1]

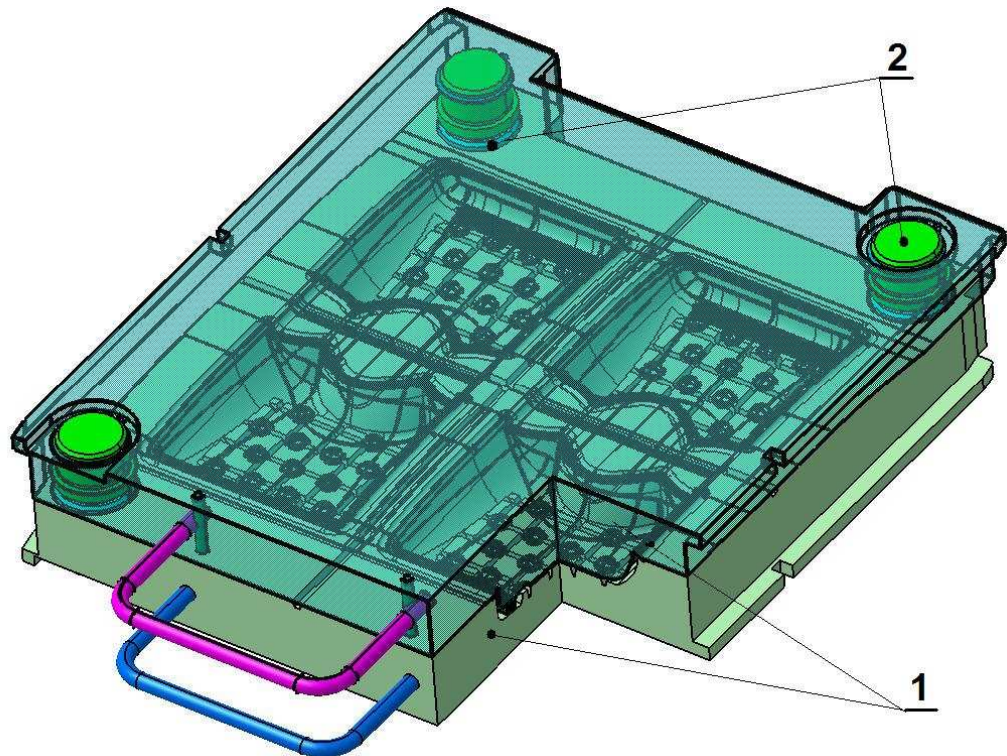
1.1 Zpracování elastomerních směsí

Výrobní proces, při kterém dochází k vulkanizaci kaučukových směsí, může probíhat kontinuálně nebo v pracovních cyklech. Ke kontinuální vulkanizaci patří např. vytlačování a k procesům opakujících se v cyklech např. lisování, studený transfer a vstřikování. Dále budou popsány pouze procesy probíhající v pracovních cyklech a to především technologií vstřikováním.

1.1.1 Lisování

Patří k nejstarším metodám tváření kaučukových směsí, proto bývá označováno jako klasické a provádí se za pomoci hydraulických strojů. Hydraulické stroje – lisy patří k základním strojům ke zpracování kaučuku. Síla potřebná k tváření zpracovávaného materiálu je u nich vyvozována tlakem kapaliny na píst ve válci. Tato provozní kapalina je médiem přenášejícím energii. Energie kapaliny se pak ve stroji mění jednoduchým zařízením v mechanickou práci pracovního ústrojí stroje. Tento hydraulický převod umožňuje rozvádět energii z jednoho zdroje i k několika strojům. Výslednou tvářecí sílu každého stroje lze řídit buď tlakem kapaliny, nebo průměrem pracovního pístu.

Tvářecí stroje se rozdělují na jednoetážové a víceetážové. Lisovacím ústrojím je jeden pracovní válec s jednočinným či dvojčinným pístem. Etáže lisu jsou vyhřívány odporovými elektrickými spirálami na požadovanou lisovací teplotu výrobku. Ovládání lisu je pomocí přepouštěcích pák, přes které je vhnán tlak oleje do hydraulického válce. Tyto páky se po zalisování výrobku uzavřou a tím dojde k vymezení pohybu pístu. [2]



Obr. 1. Lisovací forma - výřez

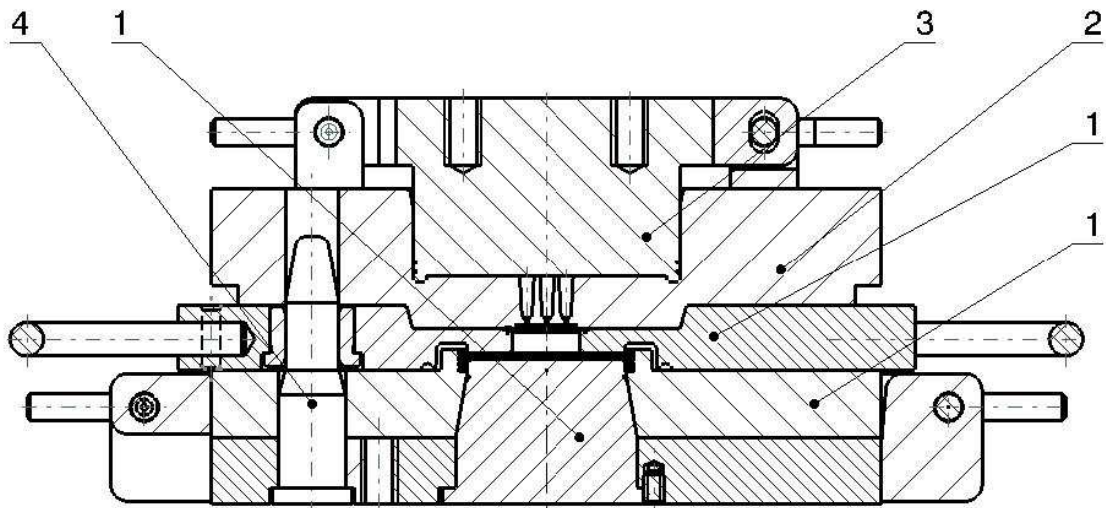
1- tvarové díly formy, 2 - středící prvky

1.1.2 Studený transfer – lisování s přetlačováním

Studený transfer se provádí na klasických hydraulických strojích a vývojově jej lze zařadit jako mezistupeň technologie lisování a vstřikování. Materiál se neobsazuje do jednotlivých otisků v hlavní dělicí rovině formy, ale vkládá se do přetlačovací komory, v pomocné dělicí rovině, která bývá nejčastěji jako dutina v horním tvarovém díle formy. Působením pístu se přes otvory v pístnici přetlačí do dutiny formy.

Pro konstrukci plnicích kanálků platí, že rychlost hmoty protékající kanálkem se musí ve směru od přetlačovací komory do tvarové dutiny formy zvětšovat. K dosažení nejmenší ztráty tekutosti hmoty, které jím musí protéct. Dále platí, že plocha průřezu vtoků v ústí do tvarové dutiny musí být tak velká, aby se dosáhlo vyhovující plnicí doby formy při dokonalém prohrátí hmoty v průběhu jejího protékání kanálkem. [3]

Výlisky jsou pak odformovány v jiném kroku než vtokový zbytek, který je v podobě propojených trysek a materiálového zbytku vyjímán z pístitnice. Pro tuto technologii se využívá strojů s velkou zavírací silou, aby bylo zaručeno naplnění všech tvarových dutin formy a nedocházelo k velké úniku zbytkového materiálu, tzv. přetoku, do dělicí roviny.



Obr. 2. Řez přetlačovací formou

1- tvarové díly formy, 2 – pístitnice, 3 – přetlačovací píst, 4 – středící prvky

1.1.3 Vstříkování

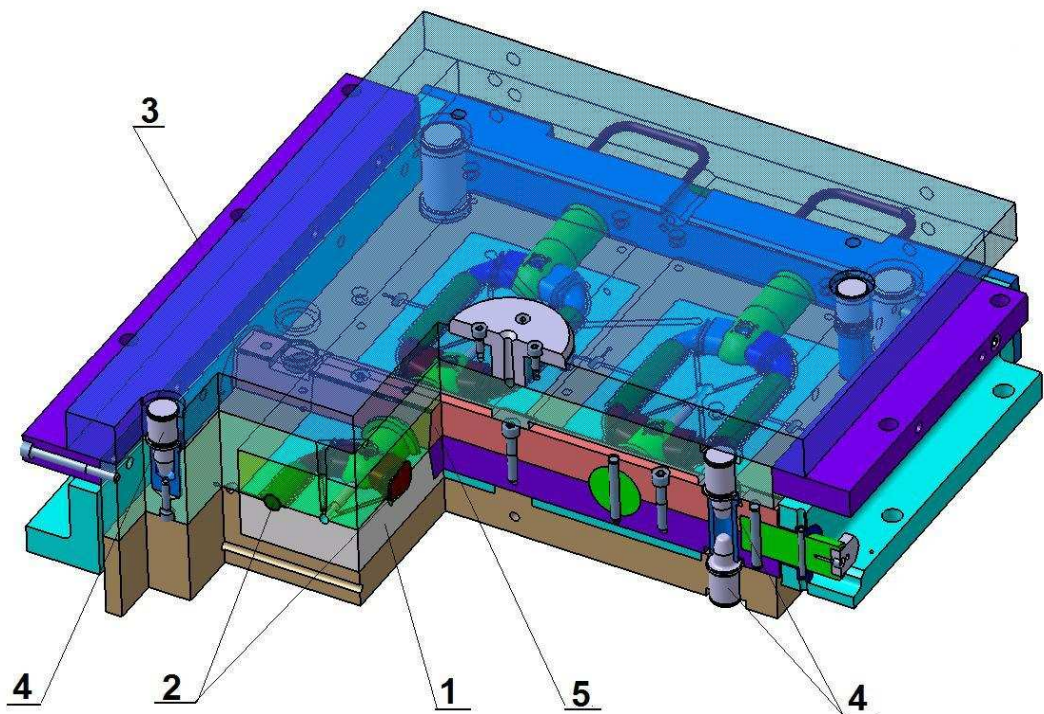
Vstříkování elastomerů je mechanicko-tepelný proces tváření, při kterém dochází vlivem tepla ke změně skupenství výchozího materiálu na kaučukovou směs. Ta se pomocí vstříkovacího stroje se zařízením umožňující přípravu a dopravu kaučukové směsi dostává pod vysokým tlakem do dutiny formy, která jí dodá konečný tvar. Po uplynutí určité doby, kdy elastomer z vulkanizuje, se získá hotový výrobek. [4]

Tento technologický postup v současnosti představuje trend vývoje zpracování kaučukových směsí. Cena výroby jednoho kusu je nízká, nicméně vstříkovací stroj a formy jsou velmi drahé. Vstříkovací proces obsahuje uzavřenou formu s nezvulkanizovanou kaučukovou směsí, dopravovanou za vysoké rychlosti ze vstříkovacího zásobníku. Z této vysoké rychlosti plyne několik výhod. Pryž má zvýšenou teplotu při vstupu do dutiny, což umožňuje krátké vulkanizační časy. Toto je především výhodné u tlustých příčně křížených částí.

Viskozita pryžové směsi je snížena, což umožňuje značný termoplastický tok. Všechny tyto faktory mají vliv na konečný tvar, vlastnosti a kvalitu výrobku. [4]

Při vstřikování je neztvrdlá směs vedena přes vstřikovací trysku do vtokového kanálu a odtud je vtokovým systémem rozvedena k jednotlivým dutinám formy, tzv. otiskům. Nejdůležitější je, aby tok směsi a tepelná historie nebyli stejnoměrné. Proto se vyžaduje symetrický nebo vyvážený vtokový systém. Když je forma uzavřena a pryž je při vstřikování zahřátá, je dosažena přesná výrobní tolerance s minimem přetoků.

Přes převládající pozitiva této technologie jsou zde i nevýhody, jako je například velký odpad materiálu ve vtokových systémech. K redukci tohoto problému byly vyvinuty chlazené vtokové systémy, které pomocí chlazených trysek, přivedených co nejbližší k dělicí rovině, zkracují rozvodný systém a tím snižují množství odpadu ve vtokovém zbytku. Dalším požadavkem této technologie je velká výrobní přesnost, která zvyšuje cenu nástroje a použití tepelně či chemicky zušlechťených materiálů odolávajícím velkým rázům.

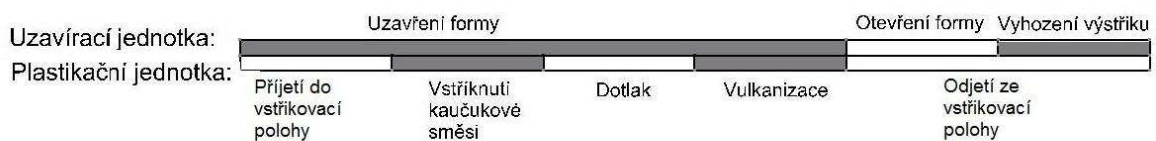


Obr. 3. Vstřikovací forma - výřez

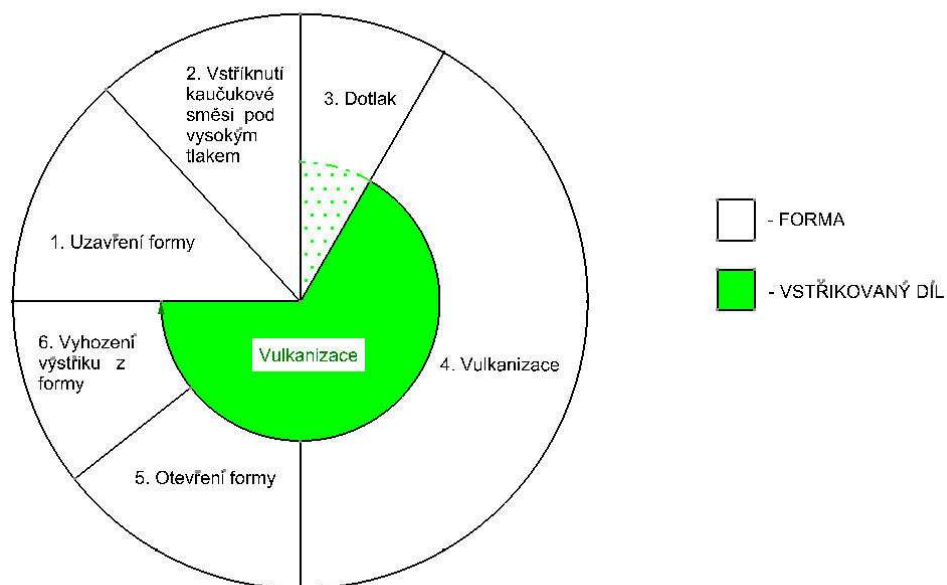
1 - tvarové vložky formy, 2 – dělená jádra, 3 - upínací díly rámu, 4 - středící prvky, 5 – páteř rámu s uchycenými jádry

2 CYKLUS VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací cyklus zahrnuje dvě oblasti, jedna se vztahuje k plastikační jednotce, druhá k formě a uzavírací jednotce. K uzavřené formě se přisune plastikační a vstřikovací jednotka, ze které se plastikovaný materiál vstříkne pod tlakem do dutiny formy. Doba, po kterou se plní dutina formy, se nazývá doba plnění. Po naplnění dutiny formy se na částečně zvlukanizovanou směs působí tlakem, který se označuje jako dotlak a bývá stejný nebo nižší než tlak vstřikovací. Řízení dotlaku se odvozuje od tlaku dosaženého v dutině formy nebo od polohy vstřikovacího pístu. Dotlak má částečně vyrovnávat vliv smrštění a zabránit unikání materiálu z dutiny formy zpět do vstřikovací komory. Doba dotlaku je omezena zatuhnutím materiálu ve vtokovém systému. Poslední fáze vyjmutí výstřiku z formy zahrnuje i chlazení výstřik, které může probíhat ve volném prostoru nebo ve speciálních chladičkách.



Obr. 4. Uzavírací a plastikační jednotka v průběhu cyklu vstřikovacího stroje



Obr. 5. Cyklus vstřikovacího stroje

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroje pro zpracování kaučuků mohou být instalovány samostatně nebo uspořádané do výrobních linek. Častým doplňkem bývají formy a přípravky, které tvoří výrobní zařízení. Tyto stroje můžeme dělit například dle velikosti, provedení, rychlosti, stupně řízení, reprodukovatelnosti, stálosti svých parametrů, obsluhy a ceny.

Základní prvky vstřikovacího stroje jsou:

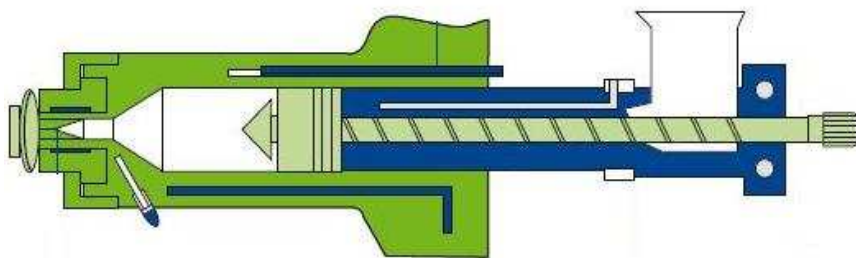
- vstřikovací jednotka,
- uzavírací jednotka,
- ovládání a řízení stroje.

V dnešní době se především staví hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje, většinou stavebnicového charakteru s různým stupněm elektronického řízení, které je možno přizpůsobit konkrétním požadavkům výroby. Ovládací a řídicí prvky bývají zpravidla umístěny na panelu vstřikovacího stroje, popřípadě v elektrorozvodné skříni.

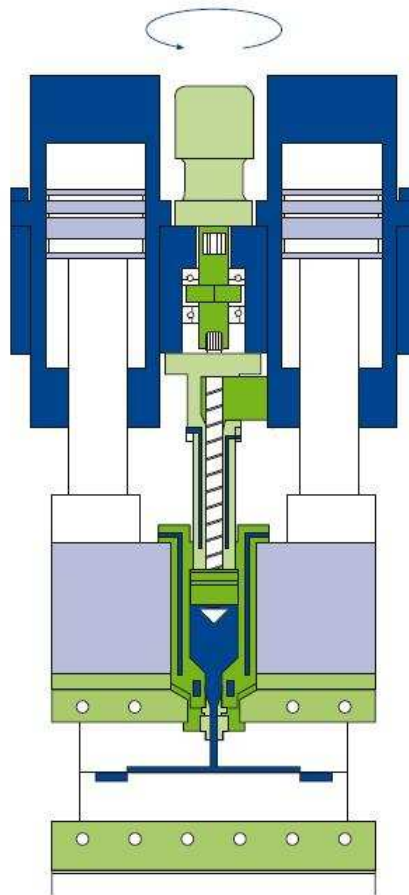
3.1 Rozdělení vstřikovacích strojů

Základní dělení vstřikovacích lisů dle uspořádání uzavírací a vstřikovací jednotky:

- horizontální,
- vertikální. [2]



Obr 6. Vstřikovací jednotka horizontální [5]

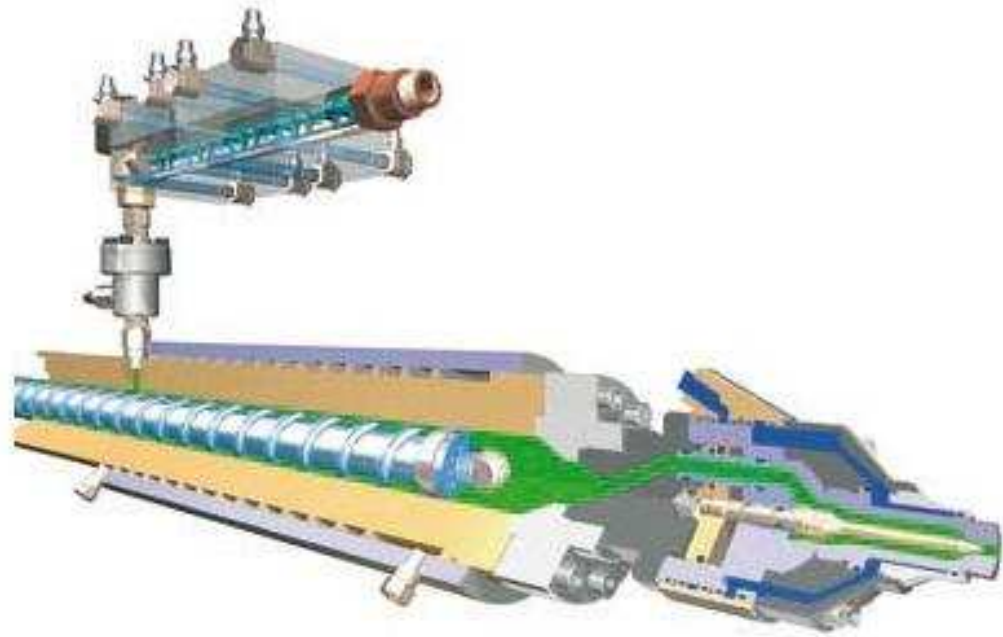


Obr. 7. Vstřikovací jednotka vertikální [5]

Dělení vstřikovacích strojů dle způsobu vstřikování:

- vstřikování pístem (zastaralé),
- předplastikace šnekem a vstřikování pístem,
- vstřikování šnekem a axiálním posuvem (tzv. šnekopíst).

Pomocí pístu nebo šneku dochází k plastikaci a dopravě neztvrdlé směsi do formy. Recipročné šneky směs lépe hnětou a udržují teplotu, ale velikost dávky je limitována. U strojů pístových může být dávka větší, ovšem na úkor stejnoměrné plastikace a teploty. Z tohoto důvodu byly vyvinuty hybridní metody se vzájemnou kombinací pístu a šneku. V těchto případech jsou šneky použity pouze pro plastikaci směsi, zatímco píst je určen pouze pro vstřikování.



Obr. 8. Vstřikování pomocí šneku s axiálním posuvem [5]

Rozdělení s ohledem na délku vulkanizační doby. Pro delší než 2 minuty lze použít:

- vstřikovací stroj se dvěma formami a jednou vstřikovací jednotkou,
- karuselový typ vstřikovacího stroje s pevnou plastikační a plnicí jednotkou a více stanicemi v kruhovém uspořádání,
- uzavírací jednotky jsou pevně v řadě a nástřiková jednotka se přesouvá mezi stanicemi,
- dvě sady jader v přesuvném rámu s jednou formou a jednou vstřikovací jednotkou, kdy v době vulkanizace jedné sady, probíhá odformování druhé sady.

4 PRYŽ JAKO KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

4.1 Charakteristika elastomerů a jejich vlastností

Elastomery jsou polymery, které mají ve svém makromolekulárním řetězci volná místa jako např. dvojný vazby, umožňující chemickou síťovou reakci nazývanou vulkanizace. Reakcí vulkanizačního činidla za vhodných reakčních podmínek se vytváří prostorová síť, ve které jsou původně lineární makromolekulární řetězce kaučuku pospojovány chemickými vazbami, které se nazývají příčné.

Koncentrace příčných vazeb a chemická struktura při vulkanizaci určují vlastnosti pryže, kdy se tvárný kaučuk mění na pryž, jejíž základní vlastností je schopnost velké elastické deformace při zátěži v tahu. [6]

Pryž má rozdílné spektrum vlastností oproti klasickým konstrukčním materiálům, a proto se v mnoha směrech od těchto materiálů, především od kovů a slitin, odlišuje. Kromě toho lze její vlastnosti v neobyčejně širokých mezích měnit skladbou kaučukové směsi, volbou rozměrů dílce a dalšími postupy. Je proto vhodným materiálem pro výrobky, jejichž funkce je podmíněna právě vlastnostmi pro pryž typickými.

Tyto charakteristické vlastnosti pryže jsou:

- odrazová pružnost,
- schopnost přeměňovat mechanickou energii v tepelnou (tlumení),
- odolnost proti opotřebení a cyklickým deformacím,
- závislost vlastností pryže na čase (např. stárnutí, ztráta pružnosti),
- chemická odolnost,
- nepropustnost pro plyny a vodu,
- elektroizolační vlastnosti. [1]

4.2 Kaučuk

Kaučuk jako surovina je charakterizován neobvyklou kombinací fyzikálních vlastností: vysokou elasticitou při nepatrné tvrdosti a mimořádně velkou tažností. Pod pojmem kaučukovitý stav bývá chápána schopnost hmoty vracet se po uvolnění síly působící deformaci

tahem, tlakem nebo torzí rychle do původního geometrického tvaru. Látky, které vykazují kaučukovité vlastnosti při normální teplotě, se označují jako elastomery. Nepatří sem tedy plasty, které vykazují kaučukovitý stav za zvýšené teploty. [7]

Kaučuky jsou makromolekulární látky schopné přecházet vulkanizací ze stavu převážně plastického do stavu převážně elastického.

Kaučuky jsou nejdůležitější složkou gumárenských směsí. V rámci každého typu kaučuku často existuje řada druhů s poněkud odlišnými vlastnostmi. Některé vlastnosti kaučuku mohou být ovlivněny pomocí přísad. Přísady mohou ovlivňovat více vlastností současně.

4.2.1 Složky kaučukové směsi

Kaučuková směs obsahuje zpravidla tyto složky:

- elastomer – kaučuk přírodní nebo syntetický,
- vulkanizační činidlo – nejčastěji používané vulkanizační činidlo je síra,
- urychlovač vulkanizace,
- aktivátor vulkanizace,
- inhibitor navulkanizace,
- plniva – aktivní nebo neaktivní,
- změkčovadla,
- pigmenty,
- ochranné látky proti stárnutí a únavě (např. anitoxidanty). [1]

4.2.2 Elastomer

Kaučuk je základní složkou směsi a určuje její charakteristické vlastnosti. Jeho správná volba je založena na srovnání požadavků specifikovaných zákazníkem, aplikačních podmínkách, ve kterých výrobek používán a vlastnostech kaučuku.

4.2.3 Regeneráty

Regenerát ve směsích často doplňuje elastomer, zřídka se ho používá samotného jako základu směsi. Přídavek regenerátu urychluje vulkanizaci, usnadňuje vytlačování a válčování.

4.2.4 Vulkanizační činidla

Zasíťováním při vulkanizaci se vzniká z kaučuku resp. z kaučukové směsi technicky použitelný materiál - pryž. Látky schopné vytvářet chemickou reakcí příčné vazby mezi řetězci kaučukového uhlovodíku se nazývají vulkanizační činidla. [1]

4.2.5 Urychlovače

Urychlovače podstatně zvětšují rychlost vulkanizace a umožňují upravovat vulkanizační průběh, čímž je možno ovlivňovat vlastnosti pryže. Zmenšují také závislost rychlosti vulkanizace na teplotě a tím snižují její aktivační energii. [1]

4.2.6 Aktivátor

K plnému využití síry a urychlovače je nutná přítomnost aktivátorů, které jsou součástí vulkanizačního systému. Aktivátory vulkanizace zajišťují účinnost zasíťování tím, že za stejných podmínek vulkanizace zvyšují koncentrace příčných vazeb. Jako aktivátor se používá oxid zinečnatý.

4.2.7 Prostředky proti stárnutí

Kaučuky jsou běžně stabilizovány proti degradaci během skladování a zpracování přísadou chemikálií, které v nich působí jako *stabilizátory*. Také vulkanizovaný kaučuk (pryž) je potřeba chránit proti škodlivému vlivu prostředí, v němž je používán. Proto se do kaučukových směsí přidávají sloučeniny, tzv. antidegradanty, které jsou schopny chránit výrobek po dlouhou dobu před degradací. Pro ochranu pryže před účinkem ozonu jsou přidávány do kaučukových směsí antiozonanty a pro ochranu před degradací kyslíkem antioxidanty. [1]

4.2.8 Změkčovadla

Ke snížení mezimolekulární síly mezi řetězci a zvýšení míry deformace se používají změkčovadla, což jsou kapaliny nebo nízkomolekulární pryskyřice, které se rozpouštějí v daném kaučuku. Při vyšším dávkování pomáhají snižovat viskozitu a elasticitu směsi a tím snižují spotřebu energie při zpracování.

4.2.9 Plniva

Základní vlastnosti směsi se upravují plněním, tj. přidavkem většího množství práškových přísad. Tím se mění prakticky všechny vlastnosti: hustota, tvrdost, modul, elasticita, tažnost, strukturní pevnost, dále zpracovatelnost, ale především cena pryže, neboť plniva se používají především k její snížení. S plněním klesá plasticita a směs se hůře hněte.

Plniva mohou být aktivní, které přechodně zlepšují pevnost, pružnost, tvrdost, odolnost proti otěru nebo pasivní, které zpravidla zvětšují objem, zlevňují výrobek, ale zhoršují pevnost. V praxi se nejvíce jako aktivní používají saze a jako pasivní kaolin a křída.

4.2.10 Pigmenty

Slouží k vybarvení pryží. U bílých nebo světlých se musí použít elastomerů a antioxidantů na světle nebarvících. Jako základního pigmentu se využívá litoponu, titanové běloby, řidčeji zinkové běloby, která je drahá a stopy olova v ní obsaženého způsobují při vulkanizaci zšednutí pryže. [6]

4.3 Druhy kaučukových elastomerů

- Přírodní kaučuk (Natural rubber – NR),
- butadienový kaučuk (BR),
- polyisopren (IR),
- chloroprénový kaučuk (CR),
- butadienstyrenové kaučuky (SBR),
- butadienakrilonitrylové kaučuky (SBR),
- etylenpropylenové kaučuky (EPM, EPDM),
- chlorsulfonovaný polyetylen (CSN),
- polyizobutylen (PIB),
- fluorouhlíkový kaučuk (FKM),
- silikonový kaučuk.

5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO PRYŽOVÉHO DÍLCE

5.1 Metodika konstrukce pryžových dílů

Konstrukce výrobku je ve většině případů kompromisem mezi představou designéra, vývojáře, konstruktéra zástavby či konkrétního dílu a mezi požadavky výrobní technologie. Dalším požadavkem je nízká cena výrobku.

Výkres vyráběného dílce zpravidla ještě neobsahuje tvar výrobku se všemi prvky potřebnými z hlediska optimální technologie výroby. Konstruktor dílce respektive formy proto musí tyto prvky doplnit a při návrhu výstřiku dodržovat metodiku pro správnou konstrukci, aby bylo možné daný výrobek dobře vyrobit a snadno vyjmout z formy.

5.2 Základní technologické požadavky

5.2.1 Zaoblení hran

Ostré hrany, kouty, zářezy a vruby mají nepříznivý vliv na životnost výrobku, protože se v ostrých hranách a zářezech zvyšuje napětí vláken a rychleji podléhají únavě a navíc v těchto místech špatně zatéká kaučuková směs.

5.2.2 Úkosy

Pro snadné vyjmutí výstřiku z formy se musí zhotovit technologický úkosy, který je závislý především na druhu vstřikovaného materiálu. Pro pryž je obvyklá velikost úkosu 3° .

5.2.3 Smrštění

Při vulkanizaci kaučukové směsi ve formě a následném vyjmutí dochází ke zchladnutí, které je doprovázeno zmenšením objemu, které může být o několik procent menší než je dutina formy. Dutinu formy je potřeba navrhnout o toto smrštění větší

5.2.4 Tloušťka stěn

U vstřikovaných výrobků je potřeba dodržovat co nejmenší možnou tloušťku stěn, protože v místech s většími tloušťkami stěn vznikají výrobní vady, jako propadliny, zborcení, apod. [4]

6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM NA VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERNÍCH SMĚSÍ

6.1 Postup při konstrukci formy

Výkresová dokumentace spolu s konstrukčním návrhem a dalšími údaji jsou podkladem pro konstrukci formy. Při její konstrukci se postupuje následovně:

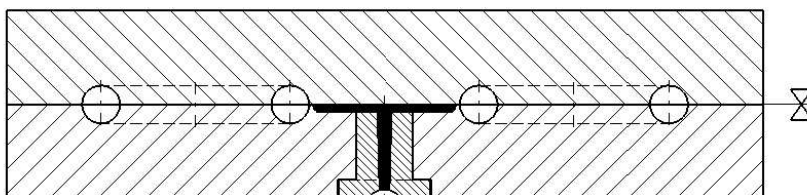
- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru a rozměrů, úprava ostrých hran a rohů, které mají vliv na pnutí a tok směsi při plnění dutin formy,
- určení dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na vzhled a funkci,
- kontrola jednotlivých parametrů, jako jsou hmotnosti výstřiku, vstřikovacích objemů, tlaků a uzavíracích tlaků,
- navržení tvarové dutiny a její uspořádání ve formě, volba vhodného vtokového systému,
- velikosti průřezů, délek a umístění hlavního a rozváděcích kanálků,
- určení systému odformování výstřiků, teploty a odvodu vzduchu z tvarových dutin,
- návrh rámu formy z hlediska typizace, počtu dutin a odformování výstřiků,
- navržení vhodného uspořádání středění a upnutí formy na vstřikovacím stroji,
- koncepce vstřikovací formy musí být navržena s ohledem na cenu a výrobní složitost.

6.2 Tvarová dutina formy a její návrh

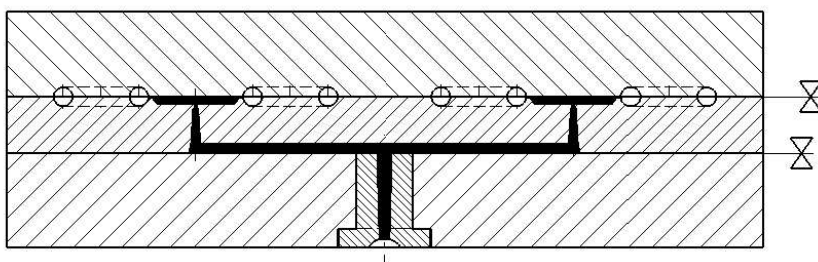
Zhotovení tvarové dutiny formy se provádí především třískovým obráběním na CNC strojích. Tvarově složitější dutiny se mohou vyrábět také speciálními technologiemi jako je např. elektroerozivní obrábění pomocí tvarových elektrod z mědi či uhlíku. Dutiny formy jsou zhotovovány buď přímo do desek formy anebo do tvarových vložek, které jsou pak vsazeny do desek. Podle počtu jednotlivých desek formy jsou dvoudílné, třídílné a vícedílné. V některých případech je nutné rozdělit tvarovou dutinu dvěma dělicími rovinami, aby bylo dosaženo snadného vyjímání výstřiku, popřípadě odvedení uzavřeného vzduchu při zaplňování dutiny vstřikovanou kaučukovou směsí.

Základní podmínkou z hlediska snadného vyjmutí výstříku je, aby výstříky při otevření formy zůstaly vždy v jednom dílu formy. U zavírací jednotky s vertikálním uspořádáním a s dvoudílnou formou je to ve spodním dílu a u jednotky s horizontálním uspořádáním v levém dílu. U třídílných forem to bývá zpravidla ve středním dílu formy.

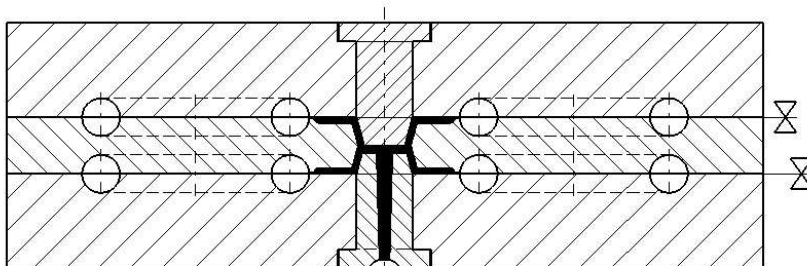
DVODÍLNÁ FORMA - VÝSTŘIKY V JEDNÉ DĚLÍCI ROVINĚ



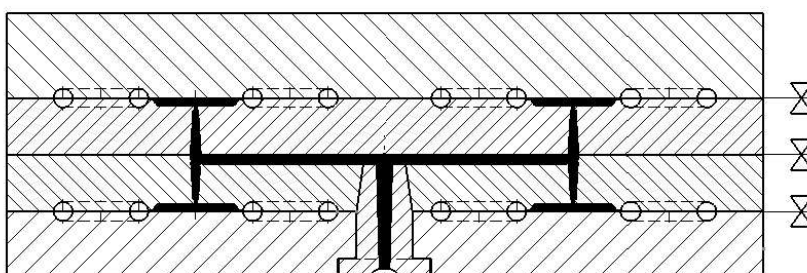
TŘÍDÍLNÁ FORMA - VÝSTŘIKY V JEDNÉ DĚLÍCI ROVINĚ



TŘÍDÍLNÁ FORMA - VÝSTŘIKY VE DVOU DĚLÍCÍCH ROVINÁCH



ČTYŘDÍLNÁ FORMA - VÝSTŘIKY V JEDNÉ DĚLÍCI ROVINĚ



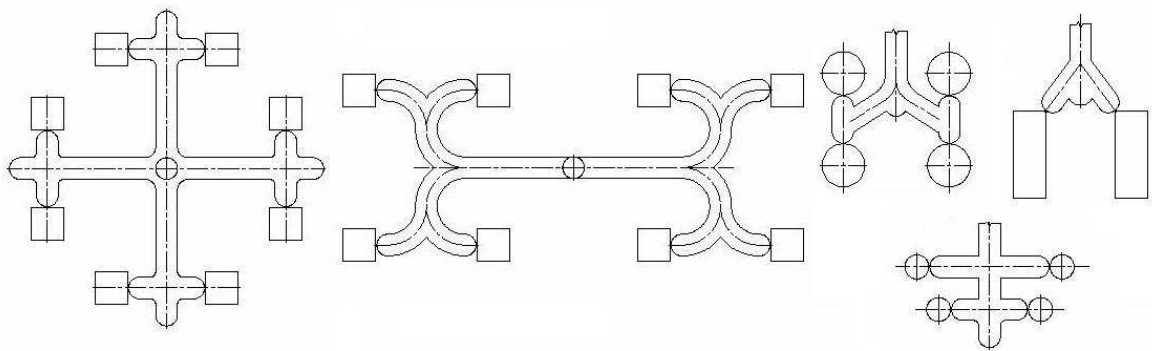
Obr. 9. Příklady rozvodů vstřikovacích forem

6.3 Vtokový systém

Vtoková soustava se skládá z hlavního vtokového kanálu, rozváděcích vtokových kanálků a ústí vtoku do tvarové dutiny formy. Stanovit přesné chování směsi v rozvodném systému je obtížné a to i přes možnost využití počítačové simulace plnění na základě reologických vlastností vstříkovaného materiálu. Příčinou jsou složité poměry při vyplňování dutiny formy, především otázka změny viskozity kaučukové směsi v průběhu plnění, zúžení profilu průtoku, změna teploty. Velký význam pro návrh vtokového systému proto mají poznatky nabyté v praxi.

Vtoková soustava bývá navržena s přihlédnutím k:

- dosažení rovnoměrného plnění jednotlivých tvarových dutin formy,
- správné volbě vtokového ústí tak, aby usnadňovalo vyjmutí výstřiku včetně vtokové soustavy, aby nedocházelo k akumulaci a uzavírání vzduchu v dutině formy a aby oddělení vtoku od výstřiku bylo co nejsnazší,
- druhu použité kaučukové směsi (reologické vlastnosti), potřebného vstříkovacího tlaku a profilu vtokových a rozváděcích kanálků.



Obr. 10. Příklady rozváděcích vtokových kanálků – vyvážený systém

6.4 Návrh vtokových a rozváděcích kanálků

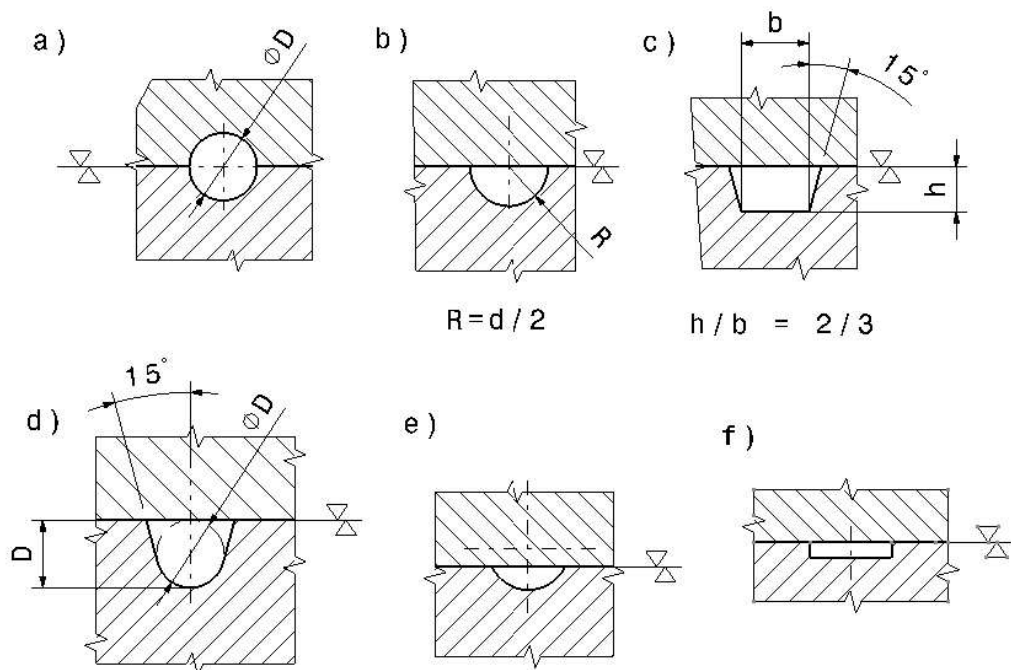
Tyto kanálky přivádějí kaučukovou směs k jednotlivým tvarovým dutinám formy. Vtokové zbytky tvoří tzv. nevratný odpad. Jejich podíl k vlastním výstřikům (obzvláště u váhově menších) může vyčerpat několik procent vstříkovací kapacity vstříkovacího stroje. Vtokový a rozváděcí kanálky mají být co nejkratší nejen z tohoto důvodu, ale také pro tlakové ztráty kaučukové směsi, která se zvětšuje v poměru k jejich délce. Povrch průřezu

kanálků má být co nejmenší, aby bylo dosaženo co nejmenšího odporu při toku kaučukové směsi. [8]

Pro nižší vstřikovací tlaky je nutno volit kanálky větších průřezů, pro vyšší vstřikovací tlaky lze volit kanálky delší a s menším průřezem. [8]

Doba plnění formy je závislá na rozměrech kanálků a reologickými vlastnostmi kaučukové směsi. Jsou-li tyto kanálky malých průřezů, tvoří se vysoké tlakové ztráty s následujícím přehřátím kaučukové směsi a nebezpečím jejího následného navulkanizování.

Při konstrukci vtokové soustavy je nutno zvolit takové průřezy, aby odpor průchodu kaučukové směsi byl co nejmenší s tím, že průřezy kanálků budou dostatečné, aby jimi proteklo potřebné množství kaučukové směsi po dobu nástřiku.



Obr. 11. Profily vtokových a rozváděcích kanálků

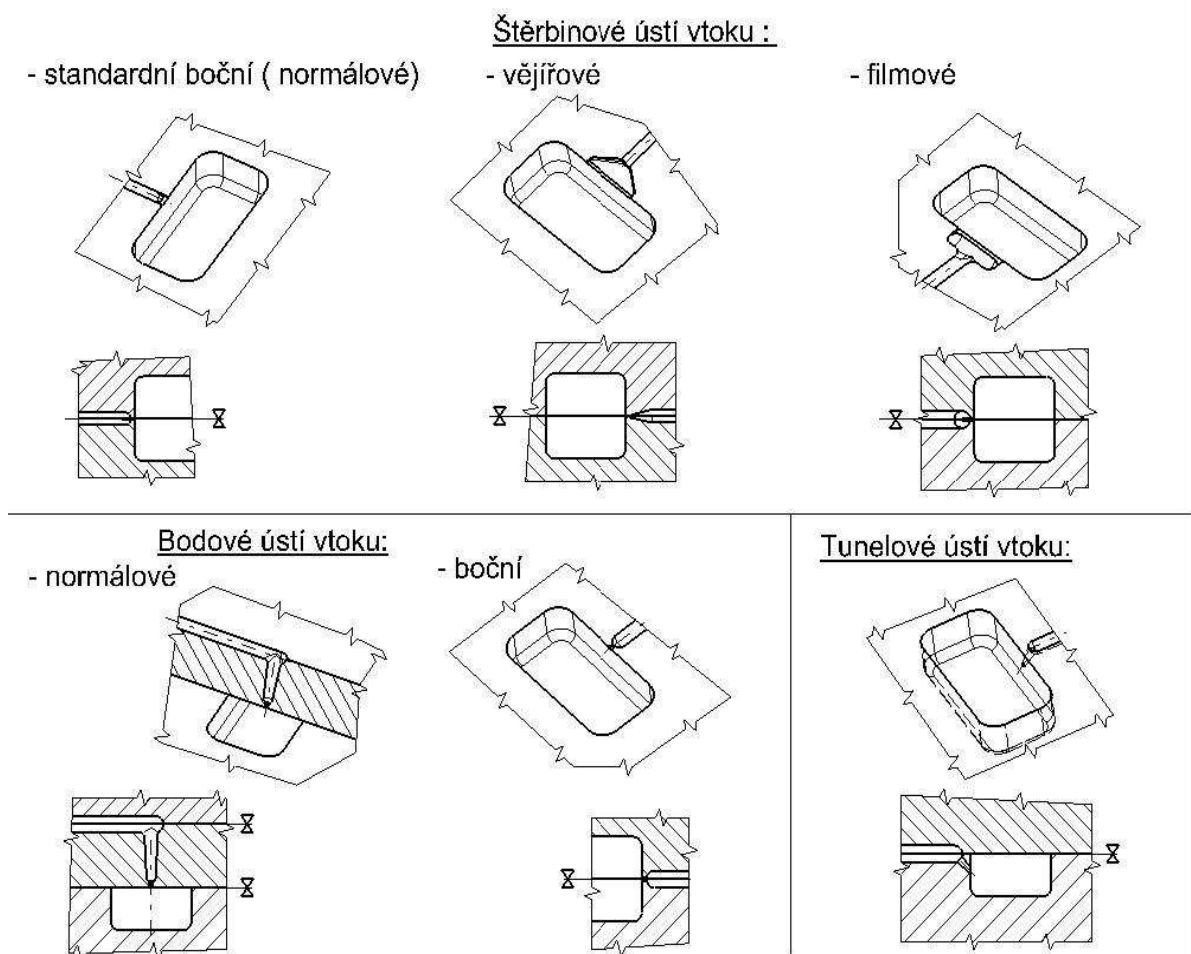
a) kruhový, b) půlkruhový – nevhodný, c) lichoběžníkový – nedoporučený, d) kombinovaný (půlkruhový+lichoběžníkový), e, f) – nevhodný tvar kanálku. [8]

6.5 Volba vtokového ústí

Je to část vtokové soustavy, která ústí přímo do tvarové dutiny formy. Vtokové ústí má zaručit pokud možno nejmenší ztrátu vstřikovacího tlaku.

Nejužším průřezem proudí kaučuková směs podle hydraulických zákonů rychleji, čímž dochází také v této části k přeměně mechanické práce k užitečnému zvýšení teploty směsi, která má vliv na zkrácení vulkanizační doby. Vadou krátkého ústí nebo vedeného pod úkosem do tvarové dutiny je brzké rozšíření jeho profilu otěrem proudící směsi, což má za následek změny tlakových poměrů, a tím změny vulkanizačních časů, ale také nebezpečí zpětného toku kaučukové směsi a menší životnost formy.

Nejčastěji používané provedení vtokového ústí je tzv. obdélníkové, protože je nejnadhěji vyrobiteľné a dobře se upravuje a zanechává na ploše výstřiku minimální stopy.



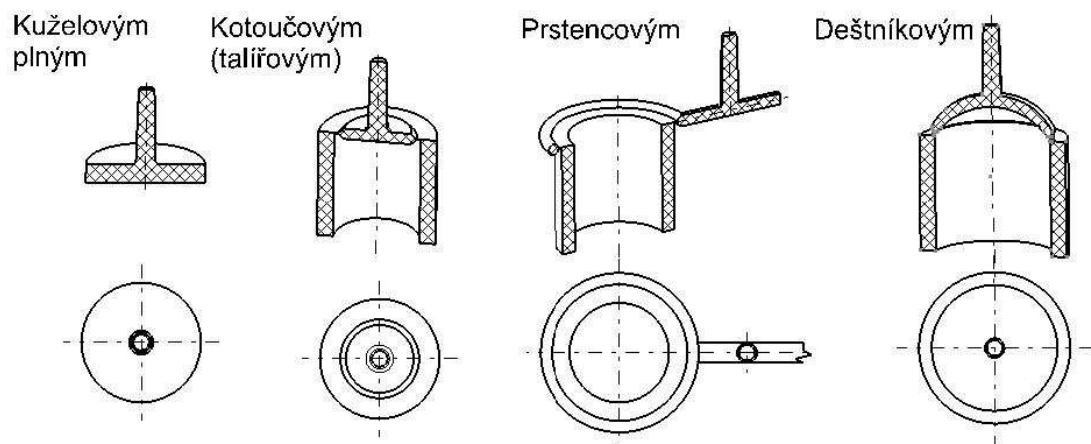
Obr. 12. Typy vtokových ústí

Mezi další typy patří bodový, které zpravidla vyžaduje třetí desku, ale má výhodu v automatickém oddělování vtokových zbytků od výstřiku při rozevření formy. Tunelové ústí, s plněním tvarové dutiny mimo dělicí rovinu, má rovněž automatické oddělování zbytků. Membránové ústí, pro kruhové výstřiky menších rozměrů. Vějířové ústí, pro výstřiky malé

tloušťky a pro kaučukové směsi s nízkou viskozitou. Prstencové ústí, které má tvar mezikruží a používá se u dutých rotačních výstřiků.

U výrobků, jejichž tvarová dutina je zhotovena jen na jedné tvářecí ploše formy, se provádí plnění dutiny tzv. sníženou dělicí rovinou. Výhodou je vtokové ústí společné pro všechny dutiny na tvářecí ploše formy přímo od vtokové trysky snížením dělicí roviny o (0,3 – 0,4) mm soustředně v kruhovém tvaru bez rozváděcích kanálků.

Dále jsou zobrazeny výstřiky s vtokovým ústím :



Obr. 13. Další typy vtokových ústí

Plný nezúžený vtok může být použit jen ve výjimečných případech. Jeho zúžením lze zvýšit klesající teplotu směsi před vstříknutím do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, vstříkované směsi a technologii vstříkování. Velikost zúženého průřezu však zajistit naplnění dutiny formy a zároveň také umožnit případný působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Tvar ústí bývá štěrbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné díly. Tloušťka, nebo celý průřez se určí podle objemu výstřiku.

6.6 Umístění vtokového ústí

Důležité je umístění vtokového ústí na výstřiku. Pro snížení nedostatků na výstřiku je třeba respektovat následující zásady umístění ústí a typu vtokových ústí:

- umístění do nejširšího průřezu výstřiku, aby se dutina plnila z místa většího průřezu do místa s menším průřezem a tím došlo k zasíťování na vzdálenějším místě od vtokového ústí,

- při plnění dutin z jedné strany, nevolit přímé čelo směsi, čehož lze dosáhnout volbou filmového vtoku, jiným provedením bočních, případně tunelových vtoků,
- u obdélníkového tvaru výstřiku umístit do kratší hrany, aby bylo u výstřiku dosaženo požadované jakosti,
- do geometrického středu dutiny, tak aby směs plnila všechna místa dutiny rovnoměrně, jelikož se zde může projevit rozdíl v podélném a příčném smrštění,
- žebry se musí plnit v podélném směru,
- mimo funkční plochy a místa na pohledových plochách výstřiku.

6.7 Vyhazování výstřiku z formy

Mechanizované vyjímání výstřiků je prováděno vyhazovacím mechanismem, který je příslušenstvím stroje nebo zařízením, které je součástí formy, a které je závislé na zdvihu při otevření formy. Vyhazovací mechanismy ve formě využívají přímočarých pohybů rozevírání formy k posunu vyhazovacích kolíků, stíracích desek nebo roštů. [8]

Vyhazování může být i nezávislé na otvírání formy a to buď jako mechanické anebo pneumatické. U pneumatického vyhazování se jedná se o zabudovaný sedlový ventil na jedné ze spodních částí tvarové dutiny. Při zaplňování dutiny vstřikovaným materiálem je ventil uzavřen. Po zvučkanizování kaučukového materiálu a otevření formy je ventil nadzvednut buď mechanicky anebo pneumaticky. Mechanizované vyjímání se používá hlavně u vysokých výstřiků s větší tvrdostí nebo u výrobků s kovovým zástřikem, kdy se plocha ventilu opírá o kovovou výztuhu výrobku.

Pro snímání nebo vyjímání tenkých nebo měkkých pryžových výstřiků se častěji používá pneumatického vyjímání výstřiků. V tomto případě se ventil nadzvedne po otevření formy jen minimálně a současně je puštěn pod ventil tlakový vzduch, který pak vytlačí nebo stáhne výstřik. Výhodou tohoto způsobu vyjímání je, že se vyhazovač zhotovuje přímo ve formě. Využívá se hlavně u velkých sérií výrobků. Nevýhodou je požadavek na těsnost dosedacích ploch ventilu při plnění dutiny materiálem.

Další možností vyjímání výstřiku je vyjímání mimo zavírací jednotku a využívá se především u forem, kdy výstřik po otevření formy zůstává v průchozí dutině ve středním dílu formy. Tento je pak vysunut pod, či nad zařízení, kde pomocí trnů jsou jednotlivé výstřiky

vytačeny z dutiny. Vyrážecí trny mají rozdílnou výšku, aby došlo ke snížení potřebné vyrážecí síly.

6.8 Odvzdušnění forem

Při vstřikování tlačí vstřikovaná kaučuková směs před sebou vzduch, jenž zůstal v dutině formy po zavření a je potřeba jej odvést, aby se předešlo nedostatkům výstřiků, které nám uzavřený vzduch může způsobit. Při vstřikování kaučukových směsí má tendenci materiál zatékat nejprve do míst nejmenšího odporu proti toku směsi, což znamená, že se nejprve zaplní místa v dutině formy s největší plochou v řezu budoucího výstřiku. Pokud může stlačovaný vzduch uniknout, například dělicí rovinou výstřiku, pak kaučuková směs vyplní bez potíží všechny průřezy dutiny formy. V opačném případě, kdy vzduch nemůže z dutiny formy uniknout a je směsí uzavřen a stlačován ze všech stran, nastává při vysokém vstřikovacím tlaku ke stlačení vzduchu, jeho následnému zahřívání, a to i na několik set °C. Tím dojde k degradaci směsi na povrchu výstřiku, což se může projevit jako vzhledová vada výstřiku anebo to může vést ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností výrobku. Také může dojít k uzavření vzduchu uvnitř nebo pod povrchem výstřiků. Tyto mohou být také jako následek vlhkosti obsažené ve směsi při nedodržení technologického postupu přípravy kaučukových směsí.

U symetrických tvarů výstřiků lze zhotovit přesně naproti vtokovému ústí odvzdušňovací kanálek, kterým může vzduch uniknout do odvzdušňovací jímky nebo přímo mimo tvářecí plochu formy. Pro nesymetrické výstřiky a při absenci programu simulujícího plnění tvarové dutiny je nutné umístění odvzdušňovacího kanálku ověřit podle výsledků zkušebního nástřiku formy, a to většinou v místě soutoku dvou čel proudů kaučukové směsi.

Účinnější způsobem odvzdušnění je vakuování, kdy pomocí vývěvy, je vzduch odváděn z dutin formy evakuačním kanálem. [8]

V pracovních cyklech některých vstřikovacích strojů lze použít několikeré pootevření formy při nástřiku nebo těsně po zaplnění dutiny formy a tím k odvedení vzduchu dělicí rovinou formy. [8]

6.9 Temperování forem

Vytápění forem se provádí většinou pomocí elektrických odporových těles a dosažitelné teploty jsou 140 až 200 °C. Regulace teploty je pomocí termostatických přístrojů.

Uvažuje-li se o konstrukci formy z hlediska vytápění, je důležité zabezpečit především rovnoměrnost rozdělení tepla a vyvarovat se umístění topných prvků příliš blízko k tvarovým dutinám, protože by tím vznikala místa zahřívána nežádoucí měrou.

U forem určených pro stroje s vertikálními uzavíracími jednotkami je zpravidla teplo dodáváno z topných podložných desek, dodávaných se strojem a formy jsou na tyto topné desky upínány. Formy pro horizontální vstřikovací stroje jsou obvykle konstruovány s tepelnými tělisky, vhodnými pro konstrukci formy. [8]

Při návrhu temperačního systému je potřeba zohlednit druh vstřikovaného materiálu, tvar a rozměry výstřiku, požadovaná jakost a přesnost stěn výstřiku, druh a rozměry vtokového systému.

6.10 Materiály vstřikovacích forem

Forma musí zajistit opakovanou, věrnou a mnohonásobnou reprodukci pryžového výrobku. Proto jsou na ni kladeny velké požadavky co do pevnosti, houževnatosti, stability, životnosti a dobré vodivosti tepla. Povrch otisku musí být lesklý, tvrdý, bez defektů, nesmí podléhat korozi agresivních látek, které obsahuje vstřikovaná směs. [8]

Tab. 1. Oceli využívané pro konstrukci forem

Materiál	Tepelné zpracování	Oblast použití
11 373	0	Desky (rám formy), podpůrné elementy.
11 523	0	Desky (rám formy), táhla.
11 600	0	Desky (rám formy), spojovací součásti.
12 050	6	Desky (rám formy).
14 220	4, 8	Středící a vodící elementy, vtokové a tavrové vložky, tvarové desky.
17 029	0	Tvarové vložky, tvarové desky.
19 436	4	Tvarové vložky, tvarové desky.
19 437	0	Tvarové vložky, tvarové desky.

Pro zlepšení mechanických vlastností a zvýšení chemické odolnosti vůči některým druhům kaučukových směsí, např. peroxidických směsí, se materiál zušlechťuje kalením, cementováním, nitridací nebo elektrolytickým nanesením vrstvy tvrdého kovu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zásady pro vypracování:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést návrh pryžového výrobku,
- pro navržený díl provést konstrukci vstřikovací formy ve 3D,
- zhotovit výkresovou dokumentaci.

Při tvorbě literární studie bude nejdůležitější nástin problematiky vstřikovacích forem pro kaučukovou směs. Jednotlivé funkční celky nástřikové formy budou popsány v samostatných kapitolách.

Návrh výrobku vychází z představ designéra výrobku, z požadavku na funkci výrobku v zástavbě, např. v automobilu, dále z konstrukčních vlastností zpracovávaného materiálu a s ohledem na technologii výroby.

Pro návrh formy budou vstupními parametry rozměry výrobku, zpracovatelské vlastnosti směsi, pracovní parametry vstřikovacího stroje, cena formy a v neposlední řadě cena vstřikovaného dílu s ohledem na návratnost výrobních nákladů.

Pro tvorbu výkresové dokumentace bude využit 3D návrh formy s upřesňujícími údaji potřebnými pro její zhotovení. Pro celý proces od návrhu dílu, přes konstrukci formy až po výrobní dokumentaci bude použit CAD systém CATIA V5R19.

8 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vstřikovaným dílem je pružná část průchodky kabelového svazku 3. 4. a 5. dveří automobilu. Slouží k optickému zakrytí kabelového svazku mezi karosérií a dveřmi vozu a k ochraně dutin karoserie před proniknutím kapalin, nečistot.

Průchodka kabelového svazku se skládá z pružné části, vyrobené z elastomerního materiálu EPDM a ze dvou plastových rámečků vyrobených z Polyamidu PA 6.6. Tyto rámečky se vkládají dodatečně a slouží k montáži a fixaci dílu v zástavbě. Tento třídílný komplet je součástí podstavy kabelového svazky, jenž je skládá mimo jiné z vodičů elektroinstalace vozu, přívodu kapaliny ostřikovače zadního skla apod.

8.1 Požadavky na výrobek

8.1.1 Požadavky na materiál

- Směs EPDM,
- barva černá ,
- odolnost proti oleji,
- odolnost proti povětrnostním podmínkám (bližší specifikace dle zákazníka),
- teplotní stárnutí (bližší specifikace jako rozdíl tvrdosti, pevnosti a tažnosti),
- odolnost proti ozonu – bez povrchového porušení,
- mrazuvzdornost – bez změny vlastností
- recyklace (označení materiálů).

8.1.2 Požadavky na mechanické vlastnosti výrobku

- Tvrdost 60 ± 5 ShA,
- pevnost 10,3 MPa,
- tažnost 250 až 550%.

8.1.3 Požadavky na funkci dílu

- Voděodolnost (ověření těsnosti laboratorní zkouškou v době trvání 20 minut při hydrostatickém tlaku 30 mm vodního sloupce a hydrodynamická dle bližších specifikací zákazníka),
- flexibilita (dána mezními stavy dílce v zavřené a otevřené poloze dveří),
- rozměrová přesnost dle ČSN ISO 3302- Tab. 1/ M3.



Obr. 14. CAD modely pryžového výstřiku a konečného dílu



Obr. 15. Reálný výrobek

8.2 Parametry výrobku

8.2.1 Parametry pryžového výstřiku

- Objem - 19 cm^3 ,
- měrná hmotnost směsi – $1,19 \text{ g/ cm}^3$,
- hmotnost dílce – 22, 6 g,
- směs – EPDM (bližší specifikace dle výrobce směsi),
- barva – černá.

8.2.2 Parametry plastové výztuhy

- Objem - 2 cm^3 ,
- měrná hmotnost materiálu – $1,14 \text{ g/ cm}^3$,
- hmotnost dílce – 2,3 g,
- materiál – polyamid PA 6.6 – Ultramid,
- houževnatost od -40 °C do 101 °C ,
- barva – přírodní.

9 NÁVRH DÍLU

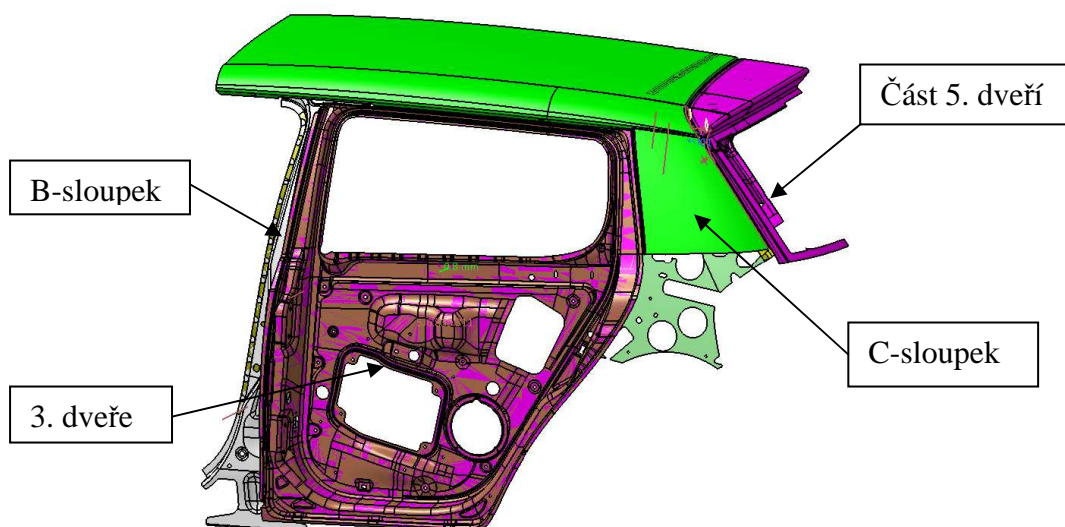
9.1 Zadání a vstupní data

Požadavky na funkci dílu vycházejí z umístění na vozidle a z provozních podmínek. Požadavek na vodotěsnost je dán umístěním průchod v tzv. mokrém prostoru automobilu a vytvoření přechodu mezi dvěma suchými prostory vozu.

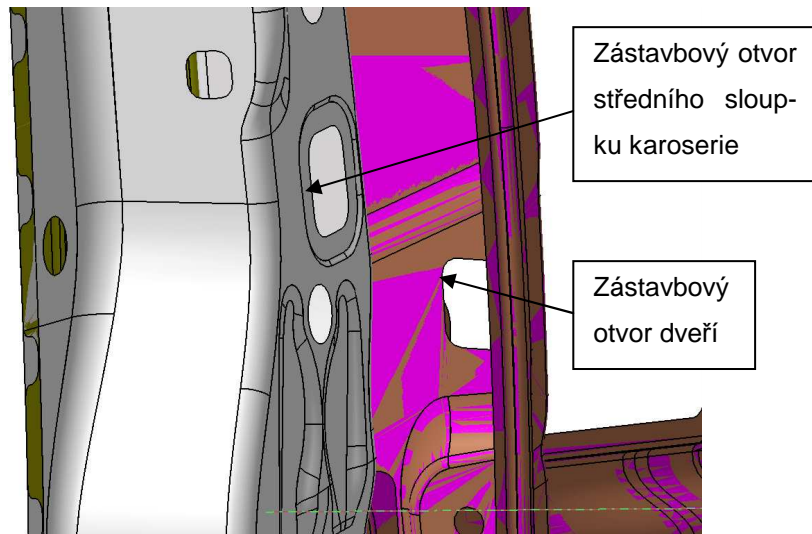
Vstupními parametry jsou otvory v zástavbě a jejich mezní stavy poloh při otevření 3., 4. nebo 5. dveří. Jedná se o otvory v B a C sloupeku a jim odpovídající otvory ve dveřích automobilu, kterými prochází kabeláž elektroinstalace.

Velikost deformace a tím i rozdílů délek v otevřeném stavu, což je maximální délka průchodky, a v zavřeném stavu, což je minimální délka, je v tomto případě komplikována použitím dílu na více místech v zástavbě s rozdílnými mezními stavy. To vyplývá z požadavku zákazníka na snižování nákladů při vícenásobném použití v rámci jednoho projektu, tzn. na více místech v zástavbě vozu, či, při konstrukční podobnosti i u více vozů.

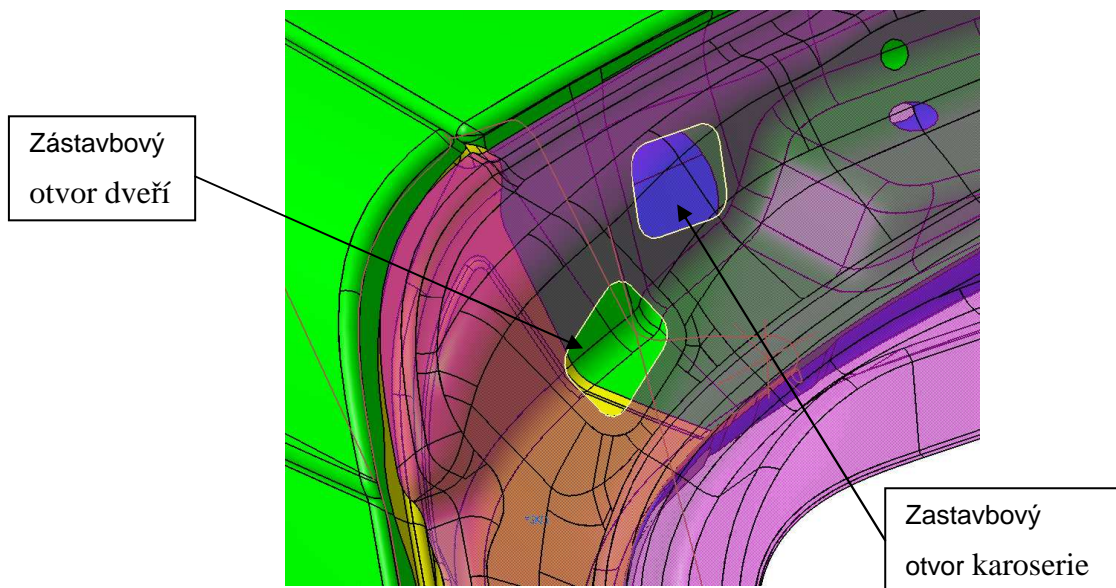
Tento díl se používá pro čtyři modely vozů a na více místech v zástavbě. Zde to jsou 3. a 4. dveře s podobnými mezními stavy a v 5. dveřích. Požadovaná univerzálnost může negativně ovlivnit těsnost dílu, která je závislá na velikosti deformace. Díl musí být dostatečně dlouhý pro stav otevřených dveří, aby nedocházelo k nedokonalému dosednutí těsnícího břitu, ale zároveň nesmí docházet ke kontaktu deformační části vlnovce s okolními díly.



Obr. 16. Díly zástavby bez kabelového svazku



Obr. 17. Otvory pro zástavbu dílu (3.dveře)

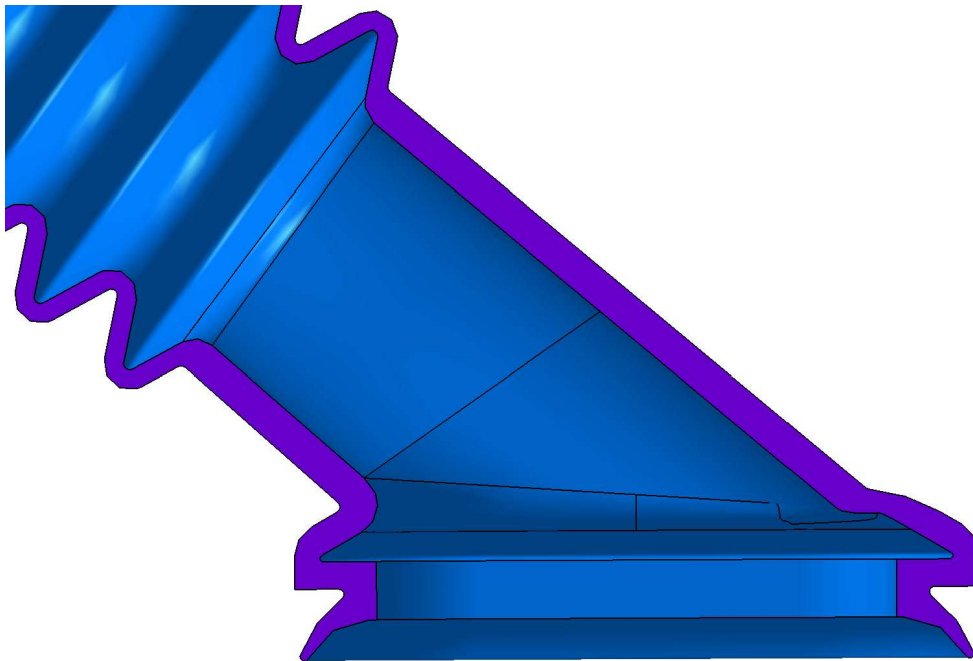


Obr. 18. Otvory pro zástavbu dílu (5. dveře)

9.2 Návrh dílu dle prvotního zadání

Vývoj dílu probíhá s ohledem na požadavky zákazníka dle vstupních dat a dle funkce dílu v provozních podmínkách. Do návrhu jsou zároveň zanášeny zkušenosti (know-how) firmy z již dříve ověřených výrobků podobného charakteru. Dále lze už ve fázi návrhu počítat s výrobními možnostmi výrobce formy nebo technologickými požadavky na výrobu vstřikovaného dílu.

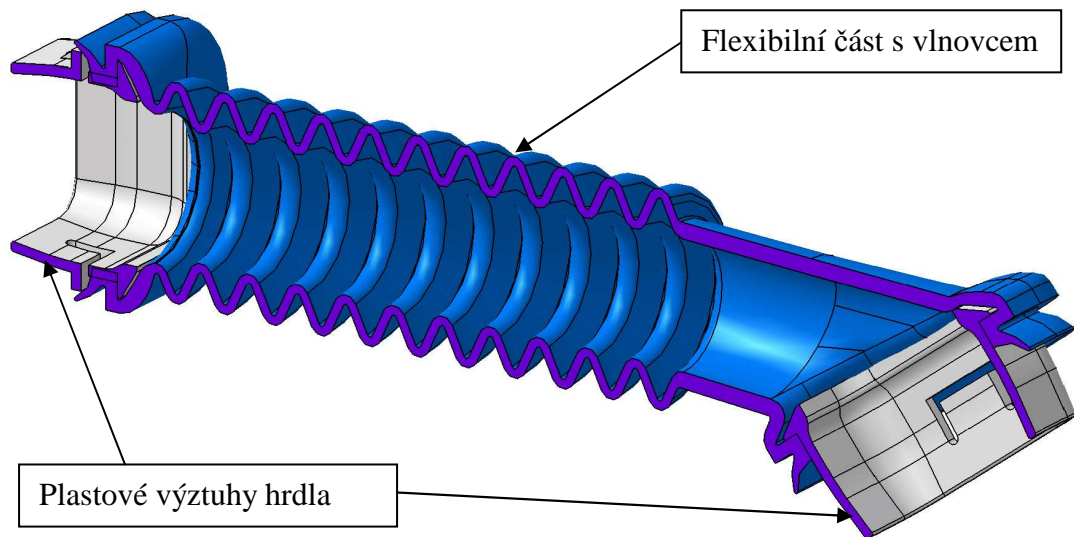
Díl musí zajistit dokonalou těsnost vůči vodě a to i za předpokladu, že by na něj mohla působit deformační síla vyvolaná ohybem kabelového svazku. Těsnící břit by měl mít dostatečnou délku, aby byl neustále v mírném předpětí vůči dosedací ploše a tím vytvářel těsné spojení, ale zároveň nemůže být délka břitu zbytečně předimenzovaná, jelikož to má negativní dopad na montáž. Při montáži je potřeba vyvinout větší sílu pro zafixování vývodů v karoserii. Pro rovnoměrné napětí je ideální konstantní profil po kruhové dráze tažení. Tento navrhovaný díl má bohužel obdélníkový zástavbový otvor a proto v rozích bude větší předpětí, než na podélné hraně, kde pak může dojít ke vzniku kapilární vzlínivosti. Řešením problému by bylo prodloužení břitu v těchto místech, což by, ale mělo za následek prodražení výroby formy, jelikož pro snadné zaformování požadován průběh břitu podél rovinné křivky. Z těchto důvodů bude výsledný břit navržen v maximální délce potřebné pro těsnost a přípustné pro montáž, přičemž napětí působící v břitu v provozních podmínkách nebude působit rovnoměrně.



Obr. 19. Řez těsnícím hrdlem průchodky

Kabelový svazek se deformuje při pohybu dveří a průchodka by měla vytvářet soustřednou ochrannou obalovou plochu ve všech jeho polohách, pokud si svazek aproximujeme do střednicové křivky. Vrapová část průchodky s vlnovcem slouží ke kompenzaci rozdílných délek průchodky v mezních stavech, tzn. při otevřené a zavřené poloze dveří a

kteřá jsou závislé na kinematice otevírání dveří. Dále usnadňuje deformaci při ohybu a také, aby se předešlo případným ostrým zlomům v mezních stavech.



Obr. 20. Řez sestavou průchodky

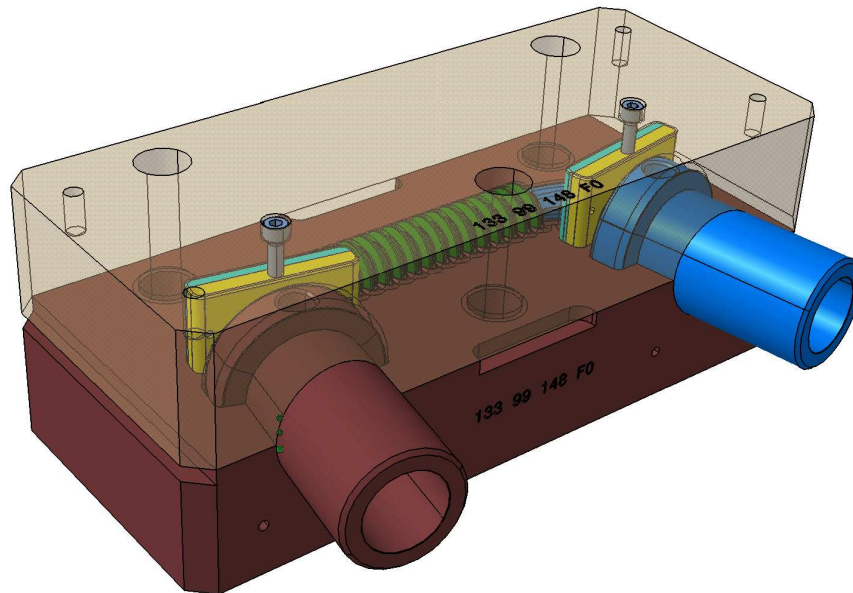
Třetí oblastí návrhu byla fixace vývodu průchodky na karoserii, To je prováděno pomocí fixační výztuhy v podobě rámečku se dvěma pružnými náběhy, které po přetlačení otvorem uchyť díl v karoserii. Výztuha se vyvíjela paralelně s průchodkou. Z technologických možností výroby vyplynul požadavek na sestavení kompletního dílu průchodky se dvěma výztuhami vloženými do vývodů při dodatečné montáži. Tvar průchodky byl doplněn o dutinu pro výztuhu. Celá sestava musí zajistit optimální polohu, přítlak a soudržnost montáže.

9.3 Ověření návrhu

Ověření návrhu probíhá ve virtuální zástavbě vozu včetně kontroly kolize s okolními díly zástavby.

Při kladném ověření ve virtuální zástavbě se může zhotovit fyzicky prototypový díl. Pro dílce z elastomerních materiálů to lze docílit buď jako PUR odlitek z formy vyrobené metodou rapid prototyping, nebo jako výrobek z prototypové formy. Tato forma se nejčastěji vyrábí jako jednotlivá a nástroj může být řešen jako forma lisovací, vstřikovací nebo jako forma na přetlačování kaučukové směsi. Poslední dvě jmenované technologie mohou částečně simulovat výsledek ze sériové formy a mohou ověřit navrženou směs pro vstřikování. Výhodou odlitků z PUR materiálu je rychlost zhotovení a ověření rozměrů, ale nevý-

hodou je, že si na takto zhotoveném dílu nelze ověřit funkci těsnosti a mechanické vlastnosti. Doba potřebná pro získání PUR dílů je řádově ve dnech, zhotovení formy, včetně návrhu konstrukce prototypové formy, vyžaduje řádově týdny.



Obr. 21. Prototypová forma pro ověření tvaru

9.4 Optimalizace na základě ověřovací série

Na základě prototypových dílů byla ověřena konstrukce výrobku a jeho správná funkce. To bylo ověřeno v první fázi ve statických zkouškách, zástavbových zkouškách a nakonec v dynamických zkouškách při cyklickém namáhání a na tekoucí vodu.

Všechny poznatky a změny na základě optimalizace výrobku z ověřovací série byly zaneseny do výkresu výrobku a výrobní dokumentace sériového dílce.

10 NÁVRH VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Návrh stroje pro vstřikování vychází z parametrů aktuálních výrobních prostředků výrobce a jeho aktuálních výrobních kapacit. Při speciálních požadavcích na způsob výroby může vyvstat i požadavek na investici do nových vstřikovacích strojů.

Navrženým vstřikovacím strojem pro výrobu tohoto dílce je stroj ENGEL ES 1500T/250V elast.



Obr. 22. ENGEL ES 1500T/250V elast

Tab. 2. Parametry vstřikovacího stroje ENGEL ES 1500/250V elast

VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA		UZAVÍRACÍ JEDNOTKA		VŠEOBECNÁ DATA	
Vstřikovaný objem	750-1000 cm ³	Uzavírací síla	2500 kN	Váha stroje	8900 kg
Vstřikovací tlak	200-150 MPa	Světlost stroje	580 mm	Výkon pohonné jednotky	22 kW
Velikost plnicího otvoru (šxv)	60 x 16 mm	Max. otevírací rychlost	520 mm.sec ⁻¹	Rozměry stroje (dxšxv)	2570 x 1360 x 3600 mm
Maximální plastikační výkon	600 cm ³ .min ⁻¹	Minimální výška formy	100 mm	Tlak v hydraulickém rozvodu	25 Mpa
Průměr šneku - D	30 mm	Zdvih desek	550 mm	Objem oleje	180 l
Délka šneku - l	10 l/D	Otevírací síla	170 kN	Celkový jmenovitý příkon	60 kW
Max.otáčky šneku	200 ot.min ⁻¹	Výkon topných desek	(2x11)W	Max. půdorysná velikost formy	550x 650 mm

Tento vstřikovací stroj je navíc vybaven přesuvným hydraulickým zařízením. To umožňuje využívat pracovní cyklus se dvěma sadami jader v samostatných rámech, kdy v průběhu vulkanizace jedné sady probíhá odformování druhé sady přesuvných jader. Významně se tak zvýší výrobní kapacita stroje.



Obr. 23. Vysouvání rámu formy

Parametry stroje, jako jsou maximální rozměry formy, maximální světlost stroje, maximální vstřikovaný objem a uzavírací síla, jsou vstupními parametry pro konstrukci formy. Rozměrové parametry stroje jsou limitní, pro vstřikovací parametry je vhodné využít 80% maximálního výkonu.

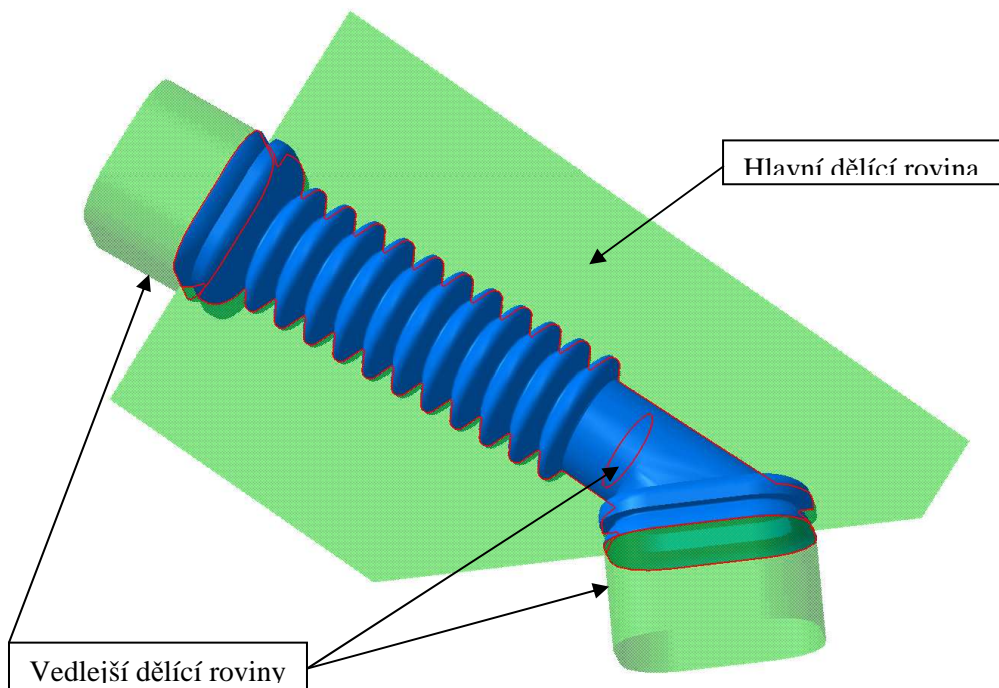
11 NÁVRH FORMY

11.1 Násobnost formy

Pro určení násobnosti formy se vycházelo z požadovaného množství vyrobených kusů, z rozměru a tvaru výrobku, požadavků na přesnost, rozměrů vstřikovacího stroje a ceny vyráběného dílu. Na základě rozměrů určeného stroje byla forma navržena s dvanácti otisků. S ohledem na ekonomiku výroby bylo využito automatické výsuvné zařízení na výměnu dvou rámu, tzn. rámu s výstřiky za již odformovaný rám.

11.2 Návrh dělicí roviny

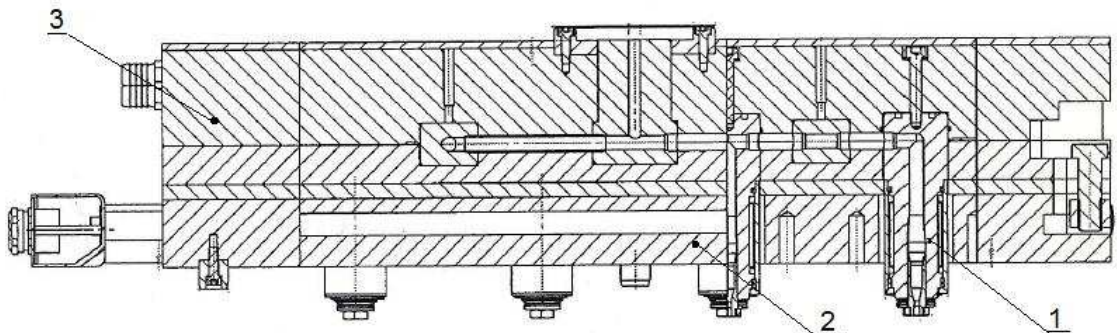
Návrh dělicí roviny zohlednil funkční prvky tím, že dělení na břitech bylo mimo těsnící plochy. V dutině výstřiku vznikla dělicí rovina na základě děleného jádra pro snadnější stahování výrobku. V běžné praxi je vhodné se umístění dělicí roviny uvnitř dutiny vyhnout, jelikož je obtížné oddělení přetoků a vizuální kontrola průchodnosti, což může být příčinou špatné funkce dílu. V části s vlnovcem byla navržena planární dělicí rovina rovnoběžná s horizontální rovinou.



Obr. 24. Dělicí roviny

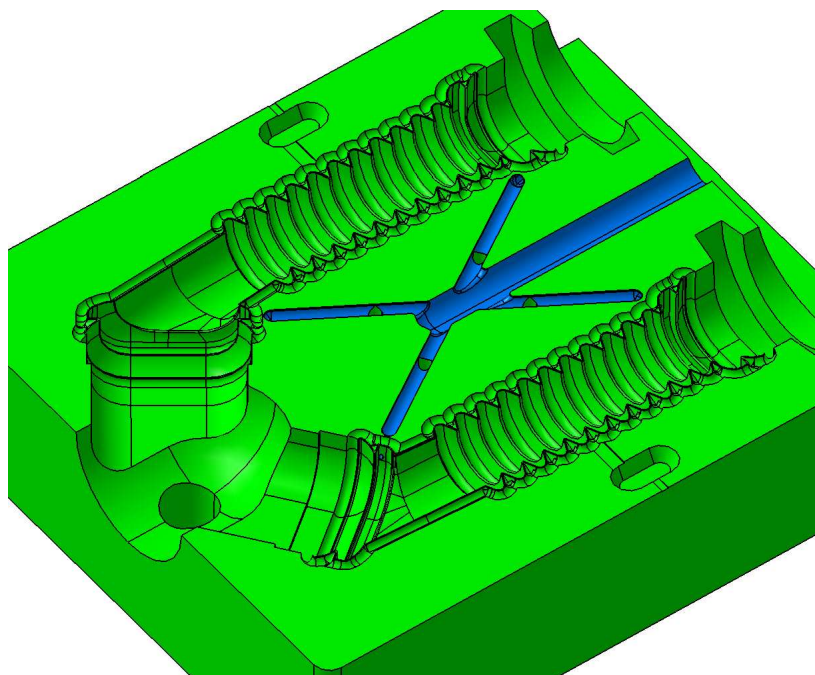
11.3 Vtokový systém

Z ekonomického hlediska je vhodné u velkých sérií vyrobených kusů zhotovit blok chlazených kanálů, který nahrazuje hlavní vtokový kanál a část dráhy v rozvodných kanálech. Jedná se sice o investici, která může navýšit pořizovací náklady forma až o 30%, ale při produkci dochází k úspoře z vulkanizované směsi, která by zůstala jako vtokový zbytek v rozvodu. Blok chlazených kanálů se skládá z vrtaných či frézovaných desek s rozvodem chladicího média a směsi, z topné desky, která nahrazuje topnou desku vstřikovacího stroje při teplotě formy a chlazených trysek, které přivádí nevulkanizovanou směs co nejbližší k otisku, aby objem z vulkanizovaného zbytku v rozvodných kanálech byl co nejmenší.



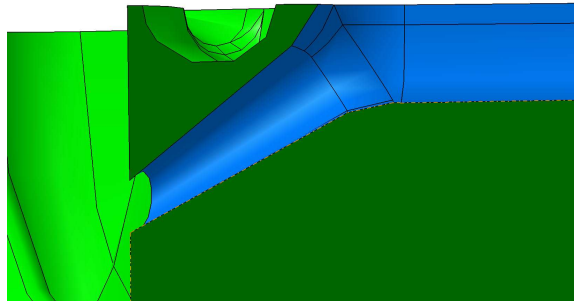
Obr. 25. Schéma bloku chlazených kanálů

1 - chlazená tryska, 2 – topná deska, 3 – blok s rozvodem chladicího média



Obr. 26. Část vtokového systému

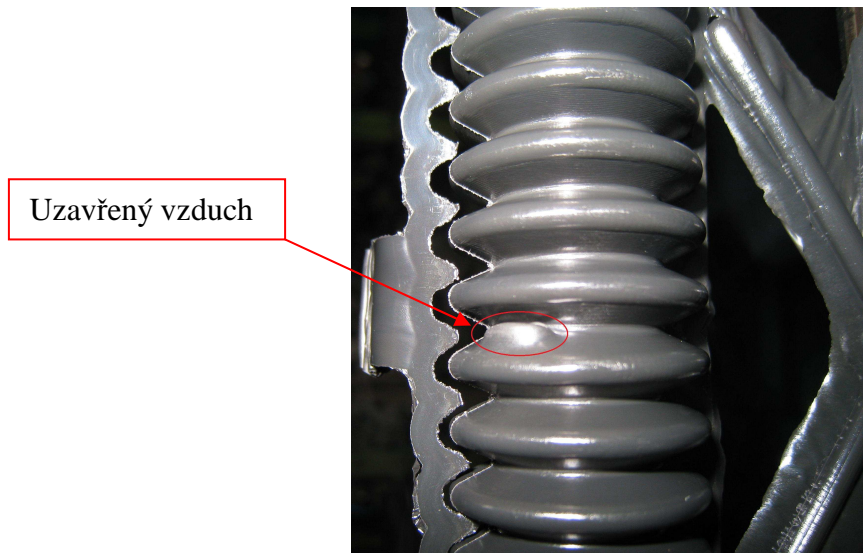
Pro oddělení vtokového zbytku od výrobku při otevření formy bylo použito tunelové vtokové ústí. Plnění dutiny bylo navrženo do dvou míst, což sice přináší riziko uzavírání vzduchu nebo tvorbu studených spojů v místě soutoku dvou čel zplastikované vstříkované směsi, ale tyto závady lze eliminovat doplněním odvzdušňovacího systému. Plnění dutiny více místy má výhodu v kratší době při plnění formy.



Obr. 27. Tunelové vtokové ústí

11.4 Odvzdušnění formy

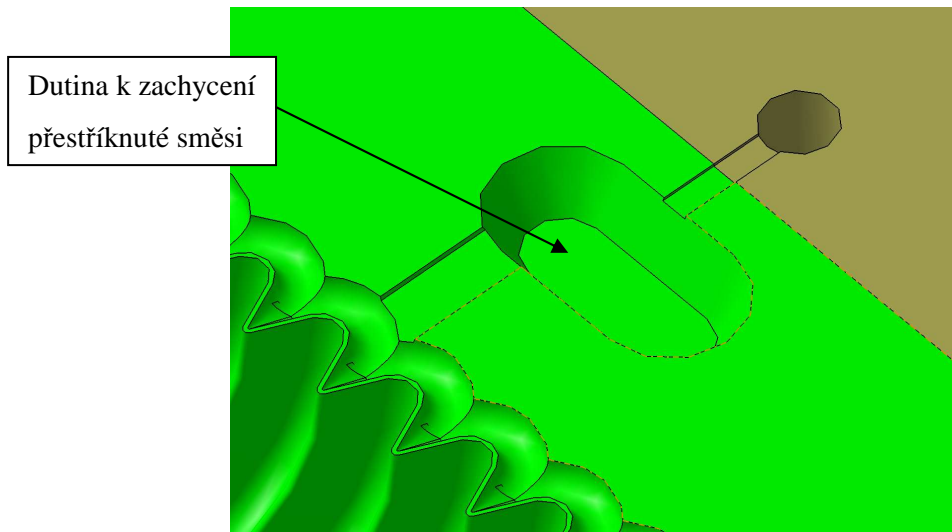
Vzduch vytlačovaný vstříkovanou směsí je potřeba z dutiny formy odvést, neboť jinak hrozí jeho uzavření do výrobku. Tato vada se může projevit jako vzduchový puchýř na výstřiku.



Uzavřený vzduch

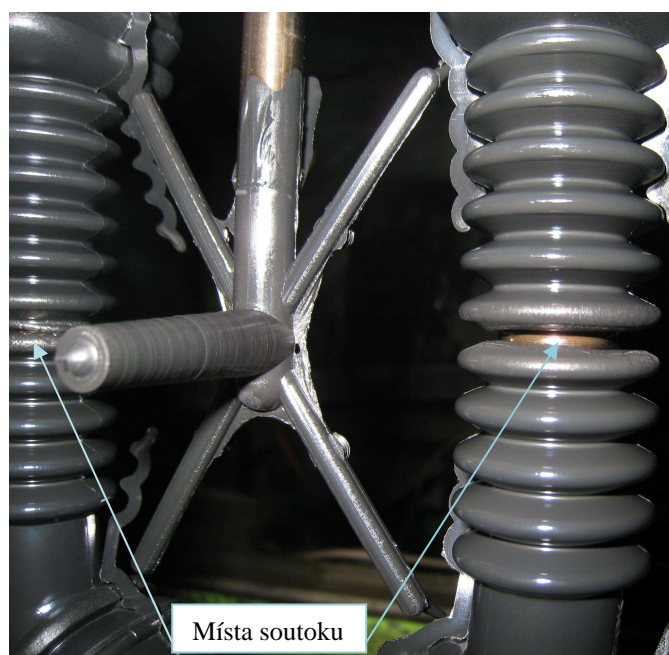
Obr. 28. Uzavřený vzduch ve výstřiku

Pro odvod vzduchu vytlačovaného vstříkovanou směsí byly zhotoveny odvzdušňovací kanálky. Vzduch je vývěvou odsáván drážkou přes dutinu, která slouží k zachycení přestříknuté směsi, aby nedošlo k ucpání soustavy propojených vrtaných děr.



Obr. 29. Drážky na odvod vzduchu z dutiny formy

Pro umístění odvodu vzduchu je vhodné znát místo soutoku, které lze předpokládat uprostřed symetrického tvaru, ale může být také přesně určeno pomocí postupného nástřiku a samotné propojení dutiny s odvodní soustavou zhotovit dodatečně drážkou mezi dutinou formy a přetokovou drážkou.



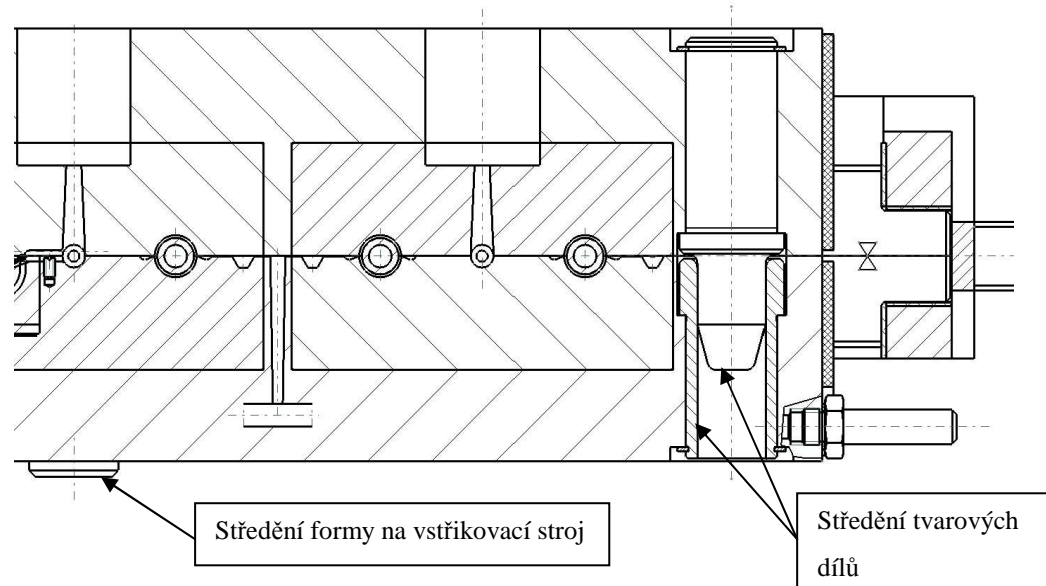
Obr. 30. Metoda postupného nástřiku

11.5 Středění formy

K přesnému usazení a ke správné funkci formy slouží několik úrovní středících prvků. Forma s blokem chlazených kanálů je vystředěna vůči deskám vstřikovacího stroje pomocí

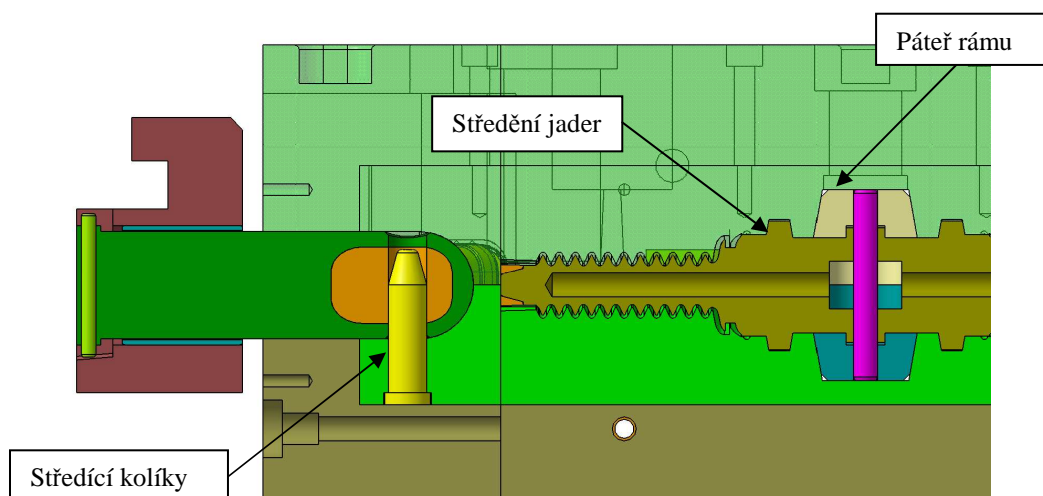
středících kroužků. Dalším středícím prvkem jsou kolíky topné desky bloku chlazených kanálů, které slouží k montáži s formou před upnutím formy ve vstřikovacím stroji.

Desky rámu s tvarovými vložkami a s hlavní dělicí rovinou jsou vůči sobě vystředěny čtveřicí vodících sloupků a pouzder.



Obr. 31. Středění formy

Střední díl formy je tvořen přesuvným rámem a na jeho přesném vystředění závisí životnost formy. Do spodního dílu formy dosedá rám na středící čepy páteře rámu a na středící kolíky jader, které zároveň zajišťují zavřenou polohu dělených jader. Po dosednutí rámu dojde k dostředění pomocí lichoběžníkových ploch páteře a pomocí středících prstenců na jádrech.

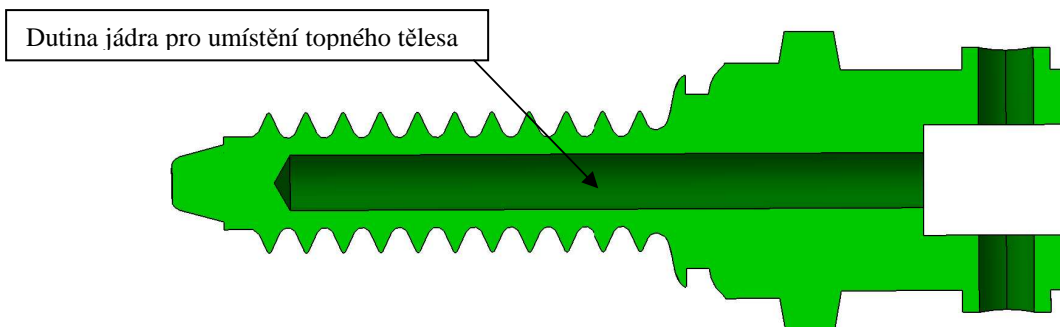


Obr. 32. Středění přesuvného rámu

11.6 Temperace formy

Forma je vyhřívána na pracovní teplotu 180 °C, při níž je dutina plněna vstříkovanou směsí. Tato vulkanizační teplota vychází ze zpracovatelských podmínek vstříkované směsi a její dodržení v určité toleranci je potřebné ke stabilitě výrobního procesu. Forma je vyhřívána spodní topnou deskou stroje a topnou deskou, která je součástí bloku chlazených kanálů. Regulaci teploty zajišťují snímače teploty.

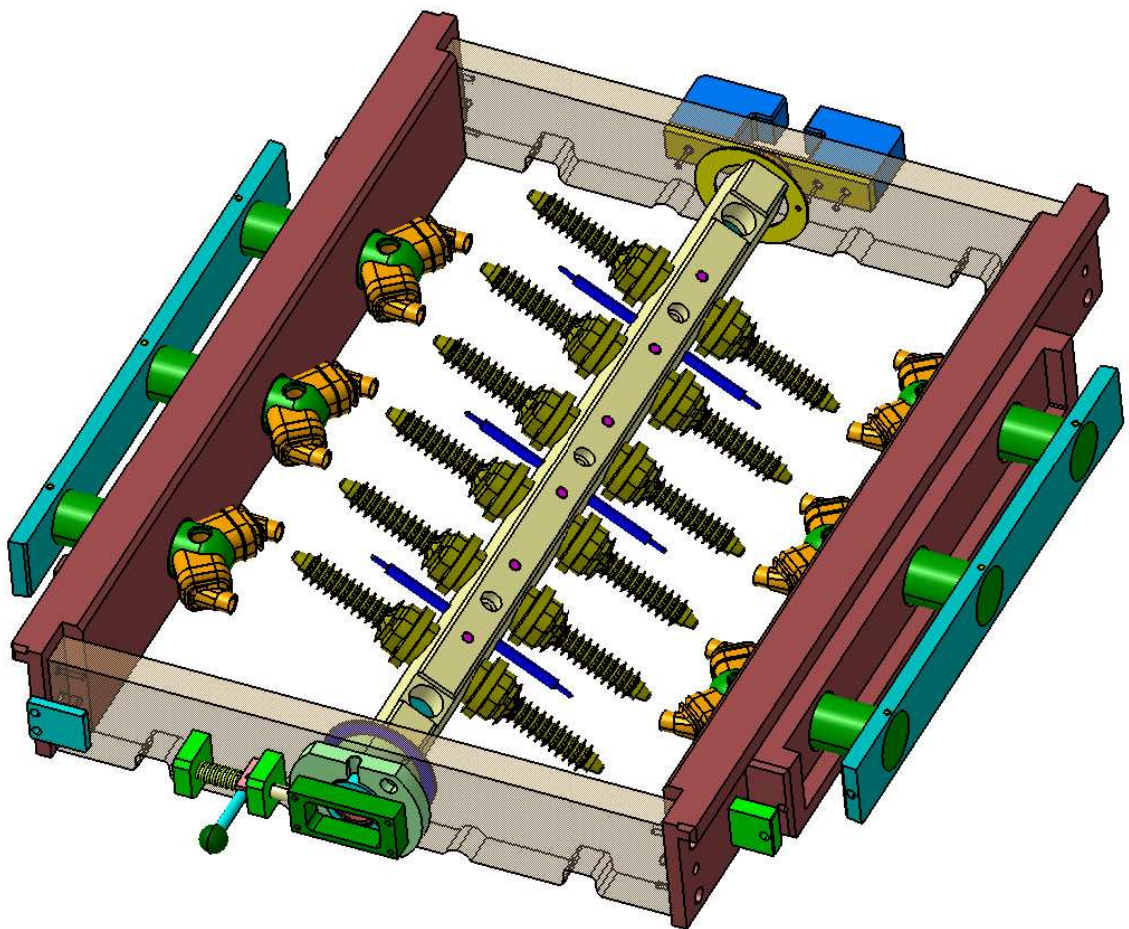
Z důvodu výměny rámu a jejich přesunu mimo topnou desku stroje, kdy by mohlo dojít k poklesu teploty, je potřeba samostatného okruhu s topnými tělesy a snímači teploty k temperanci rámu.



Obr. 33. Řez jádrem

11.7 Odformování výstřiku

Odformování se provádí přesunem rámu do polohy mimo topnou desku vstříkovacího stroje a v průběhu vulkanizace, probíhající na druhém rámu. Výstřiky jsou stahovány pomocí speciální vzduchové hubice a s pomocí stlačeného vzduchu po odjetí vnějších dílů jader a pootočení páteře s výstřiky pro snadnější přístup. Jelikož se poloha pro odformování obou rámu liší, je i úhel pootočení rozdílný. Vtokový zbytek rozvodného vtokového kanálu je odformován vytahovákem vtoku, aby byla zaručena čistota rozvodných kanálů a vtokového ústí.

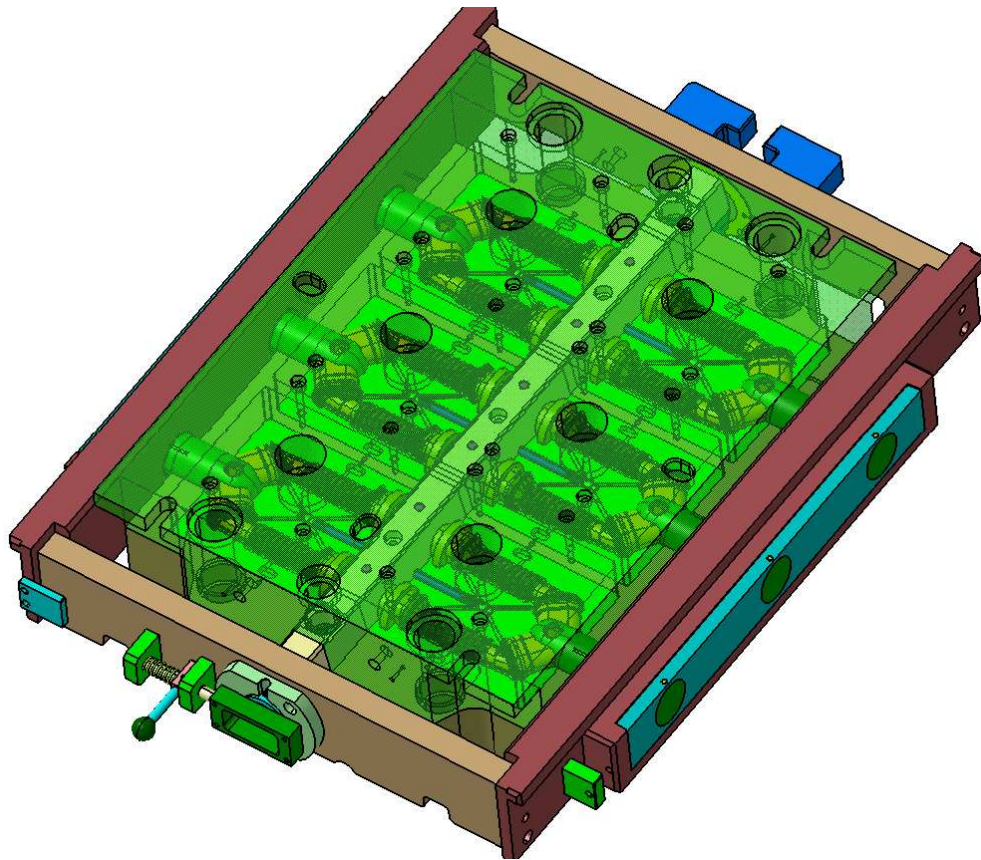


Obr. 34. Rám formy poloze pro odformování

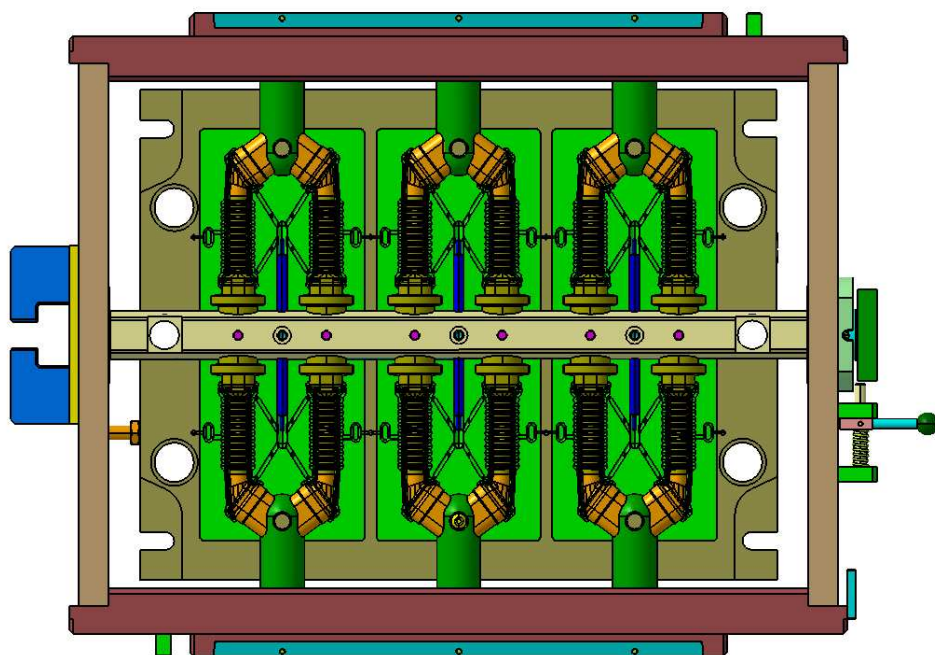


Obr. 35. Rám formy v sériové produkci před odformováním

11.8 Sestava formy



Obr. 36. Forma v zavřeném stavu



Obr. 37. Forma v zavřeném stavu- pohled shora

11.9 Diskuze výsledků

Při návrhu výrobku byly řešeny problémy týkající se správné funkce výrobku s pomocí následujících opatření:

- dokonalá těsnost byla dosažena vhodným tvarem a délkou těsnícího břitu,
- spolehlivost montáže je zajištěna použitím plastové výztuhy,
- snadnost montáže pomocí optimální délky těsnícího břitu,
- světlý průřez stanoven na základě maximálního průřezu kabelového svazku,
- délka části s vlnovcem byla definována na základě mezních poloh dveří,
- sklon a orientace vývodu vycházel z kinematiky dveří.

U konstrukce formy se vyskytla a následně byla řešena problematika:

- násobnost formy byla stanovena na základě ekonomiky výroby a z parametrů vstřikovacího stroje na 12 výstřiků v jednom vstřikovacím cyklu s výměnou dvou přesuvných rámu,
- dělení formy zohlednilo funkci výrobku,
- značení dílu dle specifikace zákazníka,
- vtokový systém byl navržen s ohledem na úsporu materiálu a snadné odformování,
- hrozící uzavření vzduchu bylo eliminováno odvzdušňovací soustavou formy,
- životnost a přesnost formy je zajištěna středěním formy pro přesné navedení tvarových dílů,
- pokles teploty na přesuvném rámu je řešen temperací pomocí topných článků,
- vyjímání výstřiku navrženo s ohledem na složitost tvaru a pro snadné odformování,
- oddělení vtokového zbytku od výstřiku probíhá při otevření formy.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh vstříkovací formy na pryžovou průchodku kabeláže použitou ve dveřích automobilu.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části jsou popsány zásady pro konstrukci forem ke vstříkování kaučukových směsí. Praktická část je zaměřena na návrh a konstrukci vstříkovaného dílce včetně formy. Požadavkem na konstrukci byla co největší míra automatizace výrobního procesu, což však omezeno obtížností odformování členitého tvaru. Automatizace je využita při výměně jader mezi pracovními cykly, kde díky tunelovému ústí vtoku a unášeči vtokového zbytku odpadá nutnost zasahovat v průběhu cyklu do pracovního prostoru uzavírací jednotky vstříkovacího stroje. Správnou funkci výrobku a správnost konstrukce formy je v praxi možné ověřit na výrobcích ze dvou sériových forem, které již byla na základě této dokumentace zhotoveny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990.
- [2] TOMIS, František, RULÍK, František. *Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1981.
- [3] KULHÁNEK, Jan. *Formy pro tváření plastických hmot*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [4] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno: Vysoké učení technické, 1984.
- [5] *Engel AUSTRIA GmbH* [online] c2006, [cit.2010-05-17]. Dostupné z: <http://www.engelglobal.com>
- [6] DVOŘÁK, Zdeněk. *Elastomerní materiály*. Zlín: Ústav výrobního inženýrství Fakulta technologická UTB, 2005.
- [7] Mleziva, Josef. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 1993.
- [8] RŮŽIČKA, Karel, POSPÍŠIL, Ladislav, BOBOVSKÝ, Jaroslav. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Zlín: VÚGPT, 1979.
- [9] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1*. Brno: Uniplast, 1999.
- [10] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2*. Brno: Uniplast, 1999.
- [11] AVERY, Jack. *Injection molding alternatives: a guide for designers and product engineers*. Munich: Hanser, 1998.
- [12] HARPER, Charles A.. *Handbook of plastics and elastomers*. New York: McGraw-Hill, 1975.
- [13] FUH, J.Y.H. et al. *Computer-aided injection mold design and manufacture*. New York: Marcel Dekker, 2004.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- CNC Computer Numeric Control -číslicově řízené stroje.
- CAD Computer Aided Design – projektování s pomocí počítače.
- CAE Computer Aided Engineering – výpočty s pomocí počítače.
- PA Polyamid.
- ShA Stupnice tvrdosti typu A dle Shoreho.
- MPa Megapascal.
- ČSN Česká soustava norem, původně Československá státní norma.
- ISO International Organization for Standardisation – Mezinárodní organizace pro normalizaci.
- PUR Polyuretan.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Lisovací forma - výřez</i>	14
<i>Obr. 2. Řez přetlačovací formou</i>	15
<i>Obr. 3. Vstřikovací forma - výřez</i>	16
<i>Obr. 4. Uzavírací a plastikační jednotka v průběhu cyklu vstřikovacího stroje</i>	17
<i>Obr. 5. Cyklus vstřikovacího stroje</i>	17
<i>Obr. 6. Vstřikovací jednotka horizontální [5]</i>	18
<i>Obr. 7. Vstřikovací jednotka vertikální [5]</i>	19
<i>Obr. 8. Vstřikování pomocí šneku s axiálním posuvem [5]</i>	20
<i>Obr. 10. Příklady rozvodů vstřikovacích forem</i>	27
<i>Obr. 11. Příklady rozváděcích vtokových kanálků – vyvážený systém</i>	28
<i>Obr. 12. Profily vtokových a rozváděcích kanálků</i>	29
<i>Obr. 13. Typy vtokových ústí</i>	30
<i>Obr. 14. Další typy vtokových ústí</i>	31
<i>Obr. 15. CAD modely pryžového výstřiku a konečného dílu</i>	38
<i>Obr. 16. Reálný výrobek</i>	38
<i>Obr. 17. Díly zástavby bez kabelového svazku</i>	40
<i>Obr. 18. Otvory pro zástavbu dílu (3.dveře)</i>	41
<i>Obr. 19. Otvory pro zástavbu dílu (5. dveře)</i>	41
<i>Obr. 20. Řez těsnícím hrdlem průchodky</i>	42
<i>Obr. 21. Řez sestavou průchodky</i>	43
<i>Obr. 22. Prototypová forma pro ověření tvaru</i>	44
<i>Obr. 23. ENGEL ES 1500T/250V elast</i>	45
<i>Obr. 24. Vysouvání rámu formy</i>	46
<i>Obr. 25. Dělicí roviny</i>	47
<i>Obr. 26. Schéma bloku chlazených kanálů</i>	48
<i>Obr. 27. Část vtokového systému</i>	48
<i>Obr. 28. Tunelové vtokové ústí</i>	49
<i>Obr. 29. Uzavřený vzduch ve výstřiku</i>	49
<i>Obr. 30. Drážky na odvod vzduchu z dutiny formy</i>	50
<i>Obr. 31. Metoda postupného nástřiku</i>	50
<i>Obr. 32. Středění formy</i>	51

<i>Obr. 33. Středění přesuvného rámu</i>	51
<i>Obr. 34. Řez jádrem</i>	52
<i>Obr. 35. Rám formy poloze pro odformování</i>	53
<i>Obr. 36. Rám formy v sériové produkci před odformováním</i>	53
<i>Obr. 37. Forma v zavřeném stavu</i>	54
<i>Obr. 38. Forma v zavřeném stavu- pohled shora</i>	54

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Oceli využívané pro konstrukci forem</i>	34
<i>Tab. 2. Parametry vstříkovacího stroje ENGEL ES 1500/250V elast</i>	45