

RESUMÉ

V této práci je zpracováno téma návrhu formy pro vstřikování pryžového dílu. Zabýváme se popisem návrhu a konstrukce formy, vlastnostmi a možnostmi kaučuku. V druhé části práce je popsán výrobek a konstrukční postupy použité u dané formy.

SUMMARY

In those work is processed subject proposal forms for injection rubber component. Deal with description proposal and construction forms, quality and possibility rubber. In second parts work is described product and one constructional progress using near given forms.

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD.....	7
1.STUDIJNÍ ČÁST	8
1.1 VLASTNOST PRYŽE.....	8
1.1.1 Změna vlastností kaučuků	Chyba! Záložka není definována.
1.1.2 Zpracovatelské podmínky kaučuků.....	9
1.1.6 Volba kaučuku při návrhu součástí	9
1.2 VSTŘÍKOVÁNÍ	10
1.2.4 Zpracování pryže vstřikováním.....	10
1.2.2 Průběh vstřikovacího cyklu.....	11
1.2.3 Konstrukce výstřiku	12
1.2.4 Optimální cyklus vstřikovacího stroje.....	13
1.2.5 Charakteristika vstřikovacího stroje	13
1.3 FORMY PRO VSTŘÍKOVÁNÍ KAUČUKŮ	14
1.3.1 Technické údaje potřebné pro výrobu forem.....	14
1.3.2 Konstrukce forem	16
1.3.3 Postup při konstrukci formy	17
1.3.4 Zaformování výstřiku	18
1.3.5 Dimenzování tvarové dutiny	19
1.3.6 Drsnost povrchu dutiny	20
1.3.7 Mechanické namáhání formy	20
1.3.8 Dovolené namáhání na otláčení.....	21
1.3.9 Namáhání opěrných desek.....	21
1.3.10 Vtokový systém.....	23
1.3.11 Studené vtokové systémy	24
1.3.12 Horké vtokové systémy	24
1.3.13 Volba rozměrů vtokového kanálu	25
1.3.14 Volba rozměrů rozváděcích kanálů.....	26
1.3.15 Typy vtoků a umístění ústí vtoků	27
1.3.16 Vyhazování výstřiku	28
1.3.17 Odvzdušnění formy	29
1.3.18 Temperace formy	29
1.3.19 Materiály používané při výrobě forem.....	31
1.3.20 Volba ocelí na formy.....	31
1.4 SHRUTÍ STUDIJNÍ ČÁSTI.....	33
2 DIPLOMOVÁ PRÁCE	34
2.1 ÚDAJE O VÝROBKU	34
2.2 KONSTRUKCE FORMY	344
2.2.1 Volba násobnosti formy	35
2.2.2 Zaformování výstřiku.....	35

2.2.3	Vyjmutí výstřiku	36
2.2.4	Výroba dutiny formy	36
2.2.5	Vtokový systém.....	36
2.2.6	Temperace formy	37
2.2.7	Výběr vulkanizačního lisu.....	37
ZÁVĚR.....		38
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		40
SEZNAM PŘÍLOH.....		41

ÚVOD

V dnešní je velké množství výrobků vyráběných z konvenčních druhů materiálů (kov, dřevo, keramika, vlna, bavlna, sklo..atd.) nahrazováno výrobky plastovými, vzrůstá tlak na kvalitu technologií zabývajících se zpracováním plastů. To platí i pro výrobky z pryže, kterých se používá nepřeberné množství, ať už v automobilovém nebo jiném průmyslu

Jednou z používaných technologií zpracování pryže je vstřikování. Provádí se na vstřikovacích strojích jejichž součástí je forma. Vstřikovací forma dává tavenině výsledný tvar, vzhled i povrchovou kvalitu konečného výrobku. Měla by zajistit jeho celkovou stabilitu a zachování požadované funkčnosti. Musí odolávat vysokým tlakům, umožnit snadné vyjmutí výstřiku. Jejich konstrukce je proto samozřejmě náročná a s rostoucími nároky na kvalitu a tvarové možnostmi výstřiků rostou i nároky na konstrukci forem.

Konstrukce vstřikovací formy se řeší pro každý výrobek jednotlivě. Konstruktor má k dispozici jednotlivé normalizované části formy. Části formy volí především podle druhu vstřikovaného materiálu a složitosti výrobku. Samozřejmě záleží na více aspektech jako je například velikost výrobní série a možnostech vulkanizačního lisu stanoveného pro danou formu.

Pro urychlení, zkvalitnění a zjednodušení konstrukce forem se používají nejrůznější softwarová zařízení. Ty umožňují kreslení a následné zkoušení již zkonstruované formy. Tím se zamezuje výrobě chybných, nebo dokonce nefungujících součástí forem.

1 STUDIJNÍ ČÁST

1.1 Vlastnosti pryže

Pryže jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. Patří do skupiny reaktoplastů. Reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování neboli vytvrzování. Při nadměrném ohřevu se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tomuto procesu říkáme degradace. Je nevratný a další zpracování takto degradované hmoty je bezpředmětné.

1.1.1 Změna vlastností kaučuků

Kaučuky se zpravidla nezpracovávají samotné, ale takřka vždy s přísadami. Přísady upravují jak vlastnosti zpracovatelské tak také užité.

Patří k nim:

- Plniva prášková nebo vláknitá: Svým charakterem mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastu.
- Stabilizátory: Zlepšují některé vlastnosti plastu jako např. odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod.;
- Nadouvadla: Uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi.
- Změkčovadla: Přidávají se k některým tvrdým polymerům pro získání měkkosti a ohebnosti.
- Barviva: Slouží pro dosažení požadované barvy.

Vlastnosti kaučuku a tím i jeho použití můžeme hodnotit ze dvou hledisek.

Ze zpracovatelského hlediska:

- Tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepci zaformování i velikost vtoků. Tím je také ovlivněna temperace formy.

- Velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku.
- Citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod.

Z hlediska funkčního se hodnotí především:

- Elektrické vlastnosti jako je dielektrická pevnost, vodivost atd.
- Mechanická pevnost při dlouhodobém nebo krátkodobém statickém i dynamickém zatížení.
- Chemická odolnost proti různým chemickým činidlům.
- Optické vlastnosti jako např. barva, lesk, apod.;

1.1.2 Zpracovatelské podmínky kaučuků

Technologické podmínky mají velký vliv na výsledné vlastnosti hotového výrobku. Zpracovatelské parametry (teplota, tlak, časové prodlevy) jsou určující pro některé rozměry a také pro mechanické a fyzikální vlastnosti. Při vstřikování kaučuků materiál teče i v povrchové vrstvě, protože teplota formy je vyšší než teplota vstřikovaného materiálu. To vyžaduje volbu dostatečných průřezů vtokových kanálů i dutiny formy.

1.1.3 Volba kaučuku při návrhu součástí

Při návrhu vhodného kaučuku pro konstruovanou součást, je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnými rozměry i jakostí povrchu.

Optimální volba kaučuku se pak posuzuje z následujících podmínek:

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

Zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér stanovit vhodný kaučuk nebo i více podobných materiálů. Je třeba si také uvědomit, že správná volba kaučuku může být degradována nesprávným technologickým postupem.

Obecně lze říci, že vlastnosti a tvar výrobku musí odpovídat použitému kaučuku a zvolené technologii.

1.2 Vstřikování

1.2.1 Zpracování pryže vstřikováním

Kaučukové směsi pro vstřikování se liší především průběhem vulkanizačních křivek. Požaduje se přiměřená indukční perioda s konstantní plasticitou a vysoká rychlost vulkanizace. Dosahuje se toho vhodnou kombinací urychlovačů a retardérů vulkanizace ve zvoleném vulkanizačním systému.

Vstřikování kaučuku je tepelně - mechanický proces tváření, na kterém se podílí :

- Výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást.
- Forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást .
- Výrobní cyklus, který se skládá ze vstřikovacího stroje, zařízení které umožňuje přípravu taveniny a její dopravu do formy.

Uvedené faktory ovlivňují užité vlastnosti a kvalitu výstřiku. Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací kaučukové směsi ve vstřikovacím stroji . Poté se dopravuje za určitého tlaku a teploty do dutiny formy. Po ochlazení a zesíťování kaučuku se vyjme z formy hotový výrobek

1.2.2 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Připravený granulovaný kaučuk nebo pásek, se ve vstřikovacím stroji roztaví, zhomogenizuje a vstříkne do dutiny formy. Forma se musí před vstupem taveniny připravit.

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

Temperace formy závisí na typu zpracovávaného kaučuku, tvaru a tloušťce stěn výrobku. Vytemperovaná a upnutá forma ve stroji je uzavřena uzavírací silou. Její velikost je volena tak, aby byla forma zajištěna proti pootevření při vstřikovacím tlaku. Průběh uzavírání formy je rychlý, jen před stykem obou polovin formy se zpomalí. Po uzavření formy dojde k přísunu vstřikovací jednotky a vstřiku taveniny do formy. Po jeho skončení se vstřikovací jednotka vrátí do výchozí polohy.

V průběhu vstřikování se musí zvolit celá řada parametrů:

- Velikost dávky taveniny.
- Teplota taveniny.
- Velikost a doba působení vstřikovacího tlaku.
- Vstřikovací rychlost.
- Dotlak formy.
- Otáčky šneku a jeho zpětný odpor.
- Čas na zesíťování.
- Chladicí čas.

Jednotlivé zpracovatelské parametry se při zkušebním provozu nastaví podle kaučukem požadované hodnoty s korekcemi získaných zkušenostmi a s ohledem na tvar výstřiku, formy i celého vstřikovacího cyklu.

1.2.3 Konstrukce výstřiku

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

Pro konstrukci pryžových součástí nejsme tak omezeni jako u plastových výrobků, ale i zde jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou problémy při výrobě. Bez potřebných znalostí se jim lze jen obtížně vyhnout a docílit tak toho, aby vzniklá součást vyhovovala podmínkám výroby.

Všeobecně platí: Čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a tím i jednodušší výroba výstřiků. Ve skutečnosti je však vždy třeba hledat kompromis mezi vznášenými požadavky.

Součásti z kaučuku nelze vyrobit v takových jakostech jako kovové. Je to proto, že na kaučukové výrobky působí během zpracování, ale i dodatečně množství nejrozumnějších činitelů. Je to materiál, výrobní technologie, forma a její kvalita. Vlivem těchto činitelů se pak vyrobí výstřik jen určité kvality.

Činitelé, kteří ovlivňují jakost výrobku:

- Smrštění při zpracování, které ovlivní především přesnost výrobku.
- Tečení (krip) vznikne při větším dlouhodobém silovém zatížení součásti.
- Teplotní roztažnost. Je přibližně o řád větší než u kovů. Je však změnou vratnou.
- Dodatečné smrštění. Bývá několikanásobně menší, než smrštění při ochlazení ve formě. Probíhá delší dobu a jeho příčinou je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí vzniklého při vstřikování.
- Navlhavost. Změní se rozměry podle sorbce vody z okolí. Při vysušení se rozměry opět změní.

Velikost vlivů jednotlivých činitelů je velmi obtížné stanovit. Ovlivňují jej druh kaučuku, tvar součásti i zpracovatelské podmínky.

1.2.4 Optimální cyklus vstřikovacího stroje

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

Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při

částečném ochlazení kaučuku ve formě. Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. Po očištění a přípravě formy následuje další cyklus.

Časy jednotlivých technologických faktorů jsou ovlivněny nastavením stroje obsluhou.

1.2.5 Charakteristika vstřikovacího stroje

Existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou.

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- Vstřikovací jednotky.
- Uzavírací jednotky.
- Ovládání a řízení stroje.

Vstřikovací jednotka: Připraví a dopraví požadované množství roztaveného kaučuku s předepsanými technologickými parametry do formy. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80%.

Uzavírací jednotka: Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění.

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

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- Opěrná deska pevná
- Upínací deska
- Vodící sloupky
- Uzavírací mechanismus

Ovládání a řízení stroje: Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality.

Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se proto musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

1.3 Formy pro vstřikování kaučuků

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Na formu jsou kladeny tyto požadavky:

Technické, které musí zaručit správnou funkci formy a zajistit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace a obsluhy při výrobě součástí.

Ekonomické, které mají zaručit její co nejnižší pořizovací cenu, snadnou a rychlou výrobu dílů při vysoké produktivitě práce.

Společensko - estetické, které vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

1.3.1 Technické údaje potřebné pro výrobu forem

Pro zhotovení formy je nutné znát celou řadu technických údajů, tak aby realizace výroby byla úspěšná.

Musíme znát tyto technické údaje potřebné pro výrobu a konstrukci formy.

KONSTRUKCE

- VÝKRES SOUČÁSTI
- NÁSOBNOST FORMY
- TYP VSTŘIKOVACÍHO STROJE
- ZVLÁŠTNÍ POŽADAVKY

VÝROBA

- PŘÍPRAVÝROBY

- VLASNÍ VÝROBA
- TERMÍN ZHOTOVENÍ
- ODZKOUŠENÍ

– Výkres součásti musí definovat

Její tvar, rozměry, stupeň přesnosti a úchylek rozměrů, jakost povrchu, materiál součásti.

– Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují.

Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výstřiku
- požadovaného množství výrobků
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje
- ekonomiky výroby

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí aby násobnost byla co nejmenší. Výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další faktor chyb. Další rozměrové nepřesnosti způsobuje nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod.

Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit bezpečně uzavřenou formu (dutiny i kanály). Požadovaná rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca 20%.

– Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňují:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiku
- velikost formy

- Navržený stroj proto musí mít tyto parametry:
- dostatečnou vstřikovací kapacitu
- dostatečnou uzavírací sílu
- vhodnou koncepci stroje

Celková hmotnost výstřiku = hmotnost výstřiku x násobnost + hmotnost vtoků. Jakost a rozměry výstřiků jsou ovlivněny kvalitou vstřikovacího stroje. Kvalita stroje je pak dána jeho konstrukcí, reprodukovatelností a stálostí parametrů. Každý výrobce má jinou kvalitu stroje, proto je třeba volit vhodný stroj.

Nevhodnost nebo rozdíly v nedodržení potřebných parametrů snižují kvalitu výstřiku. To se projeví vznikem napětí ovlivňující rozměry, pevnost a životnost výstřiku.

– Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Konstrukce a celá koncepce formy je dána požadavkem dobré funkce v podmínkách stanovení výroby. Záleží především na:

- požadavcích na jakost výstřiku
- ekonomice výroby
- požadovaném termínu výroby

Pokud pro zákazníka běžné požadavky nejsou vhodné, doplní je svými speciálními požadavky. Obvykle mají urychlit zlepšit, případně zlevnit výrobu. Takovým zvláštním příslušenstvím bývá využití typizovaného rámu forem, nasazení vyhřívané trysky, vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště apod.

1.3.2 Konstrukce forem

Vlastní konstrukci formy předchází konstrukční návrh formy. Je často vyžadován nejen jako podklad pro konstrukci, ale také pro posouzení pracnosti a stanovení nákladů na formu.

U formy se vyžaduje:

Vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů.

Maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celku, pro zachycení potřebných tlaků.

Správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.

Optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě.

1.3.3 Postup při konstrukci formy

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce má pak následující postup:

Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Nezanedbat úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny.

Určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.

Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku a ústí vtoku.

Stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutiny formy.

Navržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet dutin, systém vyhazování i temperaci formy.

Vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků.

Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na použitý stroj.

Celá koncepce konstrukce vstřikovacích formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků.

1.3.4 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

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

- Umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy.
- Měla jednoduchý geometrický tvar, byla snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná.
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad
- u více dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet
- aby probíhala hranami výrobku
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů

Je třeba přihlídnout také k tomu, že dělicí plocha hraje roli při odvzdušňování formy.

1.5.5 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování tvoří důležitou etapu konstrukčního řešení. Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů

výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměrů formy.

Povrch a rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé.

- Smrštění kaučuku (provozní)
- Výrobní tolerance
- Opotřebení dutiny formy

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměru je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tavení kaučuku. Správný odhad velikosti (tzv. provozního) smrštění pro konkrétní rozměry dílů, je někdy obtížné určit, neboť výpočetní smrštění se u složitějších výstřiků jen zřídka kdy kryje s hodnotou uváděnou v tabulkách výrobců kaučuku. Konstrukér je většinou odkázán na vlastní zkušenosti. Velikost smrštění ovlivňuje:

- Tvar výstřiku (tloušťka a rozměry stěn)
- Technologie vstřikování (tlak, teplota taveniny)
- Konstrukce formy (vtokový systém, poloha ústí vtoku, velikost jeho průřezu, temperace formy)

Způsob výroby formy, především dutiny určuje její přesnost i výrobní toleranci. Opotřebení dutiny se odhaduje na 10 až 40 % z celkové tolerance výrobku.

1.3.6 Drsnost povrchu dutiny

Vedle rozměrů dutiny je význačným znakem i zhotovená jakost povrchu, která určuje i vzhled výstřiku. Vysoké požadavky na jakost povrchu ovlivňují pracnost i funkci formy. Funkční plochy v dutině formy se vyrábějí jako:

- matné, jsou výrobně nejjednodušší. Výhodně překryjí některé vzhledové nedostatky jak při výrobě formy, tak i při vstřikování

(studené spoje, tokové čáry...). Jsou obvykle výchozí plochou po elektroerozivním obrábění;

- lesklé, vyžadují nákladnou a náročnou technologii opracování dílů, které musí být z kvalitního materiálu. Na lesklém povrchu jsou zvýrazněny veškeré nedostatky výroby formy i výstřiku;
- dezénované, po celé dutině formy nebo jen její některé části, jde o speciální úpravu. Uvedená technologie vyžaduje také zhotovení součást z kvalitního materiálu, s vhodným opracováním před dezénem.

1.3.7 Mechanické namáhání formy

Dobrá funkce formy vyžaduje mimo všeobecných konstrukčních zásad pro zaformování výstřiku i dostatečnou pevnost a tuhost. Při vstřikování je forma uzavřena uzavírací jednotkou vstřikovacího stroje silou F' . V dutině této formy působí vstřikovací tlak P_v . Konstrukce, materiál i dimenze formy musí zachytit vyvozené síly s dostatečnou pevností a tuhostí.

Některé funkční součásti formy se kontrolují v místech, kde by mohly nastat větší deformace než se připouští. Z hodnot získaných při kontrole je možné rozměry upřesnit. Vzorce a výpočty nejsou úplně přesné, ale pro požadovanou funkci dostatečné.

Taková nebezpečná místa mohou být u:

- slabostěnných tvárnic a tvárnků (kontrola pevnosti, průhybu..)
- u opěrných funkčních desek
- při vysokých vstřikovacích tlacích na styčných plochách

1.3.8 Dovolené namáhání na otláčení

Styčné plochy jednotlivých dílů formy jsou zatíženy uzavírací silou vstřikovacího stroje. Díly v dutině formy a její povrch zase vstřikovacím tlakem. Na silně namáhaných místech vznikne v materiálu napětí, které může překročit dovolenou mez.

Takovými místy bývají styčné plochy tvárníků, vyhazovačů, rozpěrek, dělicí rovina apod. Pro zjištění takových hodnot napětí platí následující vztahy:

Pro díly namáhané uzavírací silou vstřikovacího stroje:

$$\sigma_o = \frac{F'}{S_o} \leq \sigma_o \text{dov.} \quad [\text{MPa}]$$

Pro díly namáhané vstřikovacím tlakem:

$$\sigma_o = \frac{P_v}{S_o} \leq \sigma_o \text{dov.} \quad [\text{MPa}]$$

$\sigma_o \dots$ zjištěné namáhání na otláčení [MPa]

$\sigma_o \text{dov.} \dots$ dovolené namáhání na otláčení [MPa]

pro nekalené materiály s pevností do 600 MPa je $\sigma_o \text{dov.} = 60 \text{ MPa}$

$S_o \dots$ zjišťovaná styčná plocha dílu [cm^2]

1.3.9 Namáhání opěrných desek

Forma je sestavena z řady desek. Některé jsou podepřeny v celé ploše, a jsou namáhány na otláčení, jiné jsou však opřené jen z části a působící síly v nich ještě vyvolávají ohybový moment. Velikost napětí vyvolané tímto zatížením se zjistí ze vztahů, stanovené pro výpočet tenkých desek ($h > 0,1D$).

a) U kruhové desky:

ohybové napětí
$$\sigma_{0\text{max}} = \frac{3}{4} p \left(\frac{D}{t} \right)^2 \quad [\text{MPa}]$$

velikost průhybu
$$f_p \approx 0,01 \frac{p \cdot D^4}{E \cdot t^3} \quad [\text{m}]$$

pokud je zatížení na rozměru D_1 bude velikost průhybu

$$f_p \approx 0,01 \frac{p \cdot D^4}{E \cdot t^3} \left[\left(\frac{D}{D_1} \right)^2 + \ln \frac{D_1}{D} - 0,75 \right] \quad [\text{m}]$$

b) U obdélníkové desky:

podepřené dvěma podložkami bude:

ohybové napětí $\sigma_{0\max} = 0,308p \left(\frac{b}{t} \right)^2 \quad [\text{MPa}]$

velikost průhybu $f_p \approx 0,026 \frac{p \cdot b^4}{E \cdot t^3} \quad [\text{m}]$

pokud je deska podepřena na čtyřech stranách bude velikost průhybu $f_p \approx K \frac{p \cdot b^4}{E \cdot t^3}$
[m]

Kde K je koeficient určující poměr stran

p... zatížení při vstřikování [MPa]

E ...modul pružnosti [MPa]

D, D_1 .. průměr desek [m]

b...délka zatížené plochy [m]

l...šířka zatížené plochy [m]

t...tloušťka zatížené plochy [m]

1.3.10 Vtokový systém

Vtokový systém zprostředkuje průtok taveniny ze vstřikovací trysky do dutiny formy. Ztuhlý materiál ve vtokovém systému se pak nazývá vtokový zbytek. Obecná tendence je tento vtokový zbytek minimalizovat, případně úplně odstranit.

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku
- spotřebu kaučuku
- náročnost opracování na začištění výstřiku
- energetickou náročnost výroby.

Zásadní rozdíly v celkovém uspořádání vtokového systému jsou dány především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem musí tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky).

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému (40 až 200 MPa). Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. V dutině formy nastává postupné tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy.

Další doplňování taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. V ústí dochází ještě v tomto okamžiku k vývinu tepla vlivem tlaku a tím k oddálení ztuhnutí taveniny.

1.3.11 Studené vtokové systémy

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit, aby:

- Dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší.
- Dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnoměrné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Proto je účelné plnit dutinu jen jedním vtokem, aby tak nevznikli studené spoje.

- Průřez vtokových kanálů dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku.
- U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost proudění taveniny.

1.3.12 Horké vtokové systémy

Horké vtokové systémy představují velice rozsáhlou technologickou část z obvyklých vtokových systémů, které bývají instalovány. K jejich vývoji přispívají nejen konstruktéři, formaři, producenti standardizovaných dílů forem, ale dodavatelé materiálů.

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

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

Horké vtokové systémy nabízí mnoho výhod ve srovnání s konvenčními systémy. Jsou to výhody technologické i ekonomické.

Technologické výhody:

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

Technologické nevýhody:

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

Ekonomické výhody:

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

Ekonomické nevýhody:

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

1.3.13 Volba rozměrů vtokového kanálu

Nejobvyklejším je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, nebo přímo do výstřiku. Vtokové vložky s vypracovaným vtokovým kanálem se vyrábí z kvalitní oceli a je tepelně zpracována (tvrdost 58 HRC). Je velmi tepelně i mechanicky namáhána. Vyrábí se z materiálu (19 435, 19 581, 19 572...).

Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně má být největší průměr kanálu větší o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný se šířkou rozváděcího kanálu. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkosem $1,5^\circ$. Hrana vložky v oblasti dosedu stroje je poloměr křivosti trysky stroje.

1.3.14 Volba rozměrů rozváděcích kanálů

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost jejich průřezů určuje řada činitelů, kteří se vzájemně ovlivňují. Volí se s ohledem na:

- Charakter výstřiku, především tloušťku jeho stěn a předpokládanou dobu dotlaku.
- Tepelné a reologické vlastnosti taveniny, hlavně její viskozitu, tepelnou vodivost apod.
- Parametry vstřikovacího stroje, vstřikovací tlak, rychlost...

1.3.15 Typy vtoků a umístění ústí vtoků

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin, lunek u velkoobjemových dílů). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem 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, kaučuku i technologii vstřikování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Tvar ústí bývá šterbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné díly. Tloušťka, nebo celý průřez se určí podle objemu výstřiku. Při konstrukci se doporučuje volit menší vtokové ústí, které se může při zkouškách formy případně upravit.

Důležité je umístění vtokového ústí na výstřiku.

Pro snížení nedostatků na výstřiku je třeba respektovat následující zásady umístění ústí vtoků:

- Při plnění výstřiku z jedné strany, by nemělo být čelo taveniny přímkové. Toho lze dosáhnout volbou filmového vtoku, nebo jiným provedením bočních, případně tunelových vtoků.

- U obdélníkového tvaru výstřiku se umístí do kratší hrany. Tak dosáhneme požadované pevnosti u výstřiku. Při umístění vtokového ústí středu součásti dochází k nepravidelnému uspořádání makromolekul, případně vláknitého plniva. To způsobuje značnou deformaci výstřiku.

Vtokové ústí bývá umístěno:

- Do nejširšího místa výstřiku. Tavenina má téci vždy z místa většího průřezu do místa s menším průřezem. To proto, aby tuhla nejdříve na vzdálenějším místě od vtokového ústí.

- Do geometrického středu dutiny, tak aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně. Při velkých nárocích na přesnost je třeba vzít v úvahu rozdíly v podélném a příčném smrštění, především u semikrystalických plastů.

- U výstřiku se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace
- Mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch výstřiku
- U výstřiku z otvory se umísťuje ústí do těchto otvorů, nebo v jejich blízkosti. U obdélníkových otvorů nebo tvarů se musí zajistit proudění ve směru delší strany.
- S ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny
- Aby stopa po odstranění výstřiku nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku.

Aby se splnily všechny požadavky kladené na výrobek, používá se pro vstřikování několik typů vtoků závislých zpravidla na tvaru výstřiku. Rozlišujeme tyto základní typy vtoků:

Plný kuželový vtok, bodový vtok, tunelový vtok, boční vtok, filmový vtok a plnění dutiny více vtoky.

1.3.16 Vyhazování výstřiku

Vyhazování výstřiku z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. Vyhazování výstřiku má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací.

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

$$F_v = p \cdot f \cdot S \quad [\text{N}] \quad \text{kde} \quad f - \text{koeficient tření}$$

$$S - \text{plocha ve směru vyhazování} \quad [\text{m}^2]$$

Vyhazovací systémy:

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

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků
- Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů
- Šikmé vyhazování
- Postupné vyhazování

U pryžových výlisků se často používá pneumatické vyhazování s ohledem na vysokou pružnost a malou pevnost výlisku.

1.3.17 Odvzdušnění formy

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Navíc, tento vzduch může být v důsledku stlačení horký a způsobit spáleniny na materiálu. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), nebo vůlí mezi pohyblivými částmi. Tak tomu je pokud jsou vyhazovače umístěny tam, kde může být vzduch uzavřen. Odvzdušnění může být ulehčeno vytvořením větších děr pro vyhazovače. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky, které bývají umístěny v rozích a místech předpokládaného zavzdušnění.

Viskozita vstřikované taveniny, která vystupuje do dutiny formy, bývá proměnlivá. Závisí na jejím druhu, nastavených technologických parametrech a délce toku kaučuku. Zhotovené odvzdušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání kaučuku.

V praxi se zhotovují hloubky odvzdušňovacích mezer dle tabulek pro jednotlivé druhy kaučuků. Šířka se upravuje většinou dle potřeby (při zkoušení).

1.3.18 Temperace formy

Temperací forem rozumíme jejich udržování na požadované teplotě. Teplota formy při vstřikování termoplastů bývá zpravidla v rozmezí 30 až 120 °C, ve speciálních případech se může tento interval rozšířit od –5 do +250 °C. Správně navržený temperační systém umožňuje:

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

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

- Druh vstřikovaného materiálu

- Velikost a tvar výstřiku, případně dráhu toku a tloušťku stěn výstřiku
- Požadavky na jakost a přesnost stěn výstřiku
- Druh a rozměry vtokového systému

Tokové a tepelné vlastnosti pryže uplatňují svůj vliv na způsob temperace formy. Množství tepla, které je třeba při chlazení odvést, závisí na rozdílu entalpií při teplotě vstřikování a při teplotě vyhazování z formy. Teplotu vyhazování výstřiku z formy určuje do značné míry teplota formy.

Na průběh chlazení má vliv dále tepelná vodivost vstřikovacích hmot. Dalším faktorem je tekutost pryže a její závislost na teplotě. Pro materiál hodně závislí na teplotě je nutné volit vyšší teploty formy. Například tlustostěnné výstřiky vyžadují intenzivní chlazení. Pro dlouhé dráhy toku je třeba teplotu formy naopak zvýšit.

Problém sdílení tepla je třeba chápat ve dvou aspektech. Jednak jde o přestup tepla z plastu do formy, jednak z formy do temperačního média.

V prvním případě bude sdílení tepla záviset:

- Na hmotnosti výstřiku
- Na teplotě taveniny a teplotě formy
- Na teplotě vyjímání výstřiku z formy

Stejně jako u krystalických materiálů, je třeba počítat se skupenským teplem tuhnutí.

1.3.19 Materiály používané při výrobě forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významným činitelem pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného kaučuku
- přesností a jakostí výstřiku

- podmínkami vstřikování
- vstřikovacím strojem

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí a rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Takové druhy představují:

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

Oceli jsou daleko nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit.

1.3.20 Volba ocelí na formy

Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást záleží na její funkci. Úspěšným předpokladem dostatečné životnosti a funkční vhodnosti je také účelná konstrukce, dostatečné rozměry, správné zacházení a údržba. I způsob výroby a tepelné zpracování materiálu ovlivňuje celkový výsledek. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi, atd. Z těchto požadavků vyplývají i nároky na čistotu oceli.

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost.

Od používaných materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost
- dobrá obrobiteľnosť

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

- dobrou leštitelností a obrusitelností

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

Z výše uvedených podmínek je zřejmé, že některé požadavky se vzájemně vylučují. Je tedy nutné vybrat oceli, které se těmto podmínkám co nejvíce přibližují.

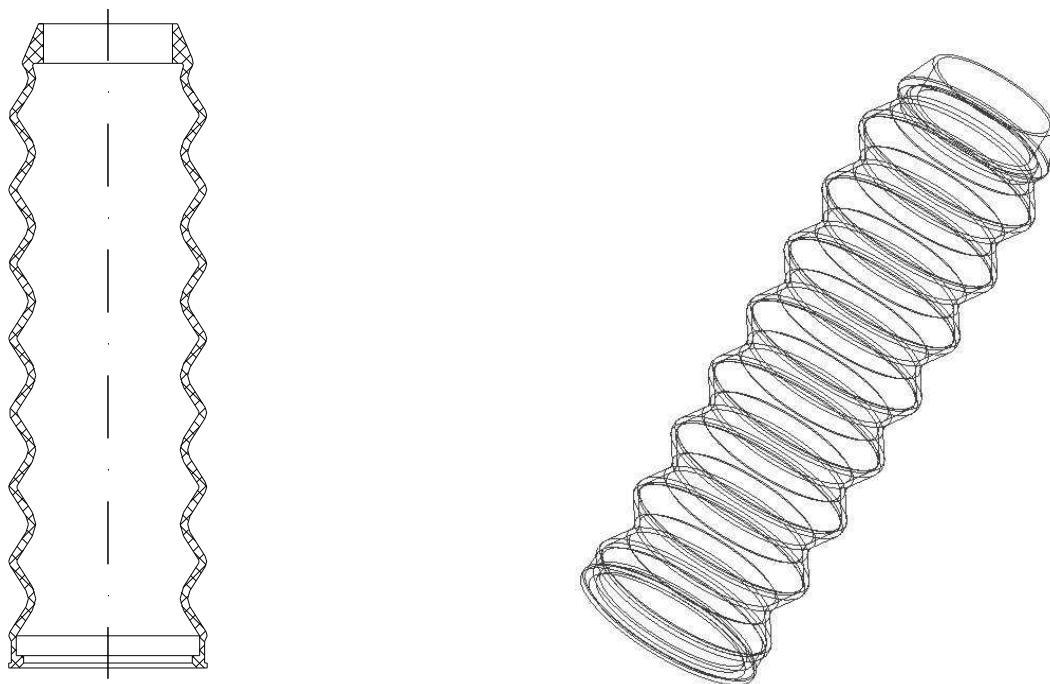
1.4 Shrnutí studijní části

Ve studijní části jsou uvedeny teoretické poznatky, které potřebujeme, abychom byli schopni navrhnout vstřikovací formu. Z uvedených poznatků vyplývá, že existuje více možností jak můžeme pro danou součást navrhnout vhodnou vstřikovací formu. Je tedy potřeba dobře znát pokudmožno co nejvíce způsobů řešení vstřikovací formy, abychom se byli schopni rozhodnout pro neoptimálnější řešení. Naším cílem by mělo být navrhnout formu tak, aby splňovala požadavky, nejen z hlediska ekonomické výroby formy, ale i z hlediska dobrého technologického zpracování.

2 DIPLOMOVÁ PRÁCE

2.1 Údaje o výrobku

Vstřikovaným výrobkem je krycí prachovka na odpruženou vidlici pro horská kola se zdvihem 100 mm.



Materiál výrobku je kaučuk EPDM. Jedná se o kaučuk s nasyceným řetězcem na bázi terpolymeru etylén-propylén-dien, který má nenasyčené vazby v bočních větvích řetězce.

Smrštění výstřiku v dutině je asi 2%. Při konstrukci dílce má být minimální tloušťka stěny výstřiku 1,5 mm.

2.2 Konstrukce formy

Konstrukce formy by měla být řešena s ohledem na složitost a přesnost výstřiku co nejjednodušeji. Snahou je použít co nejvíce normalizovaných dílů. Výroba formy se tím zjednoduší a také zlevní.

2.2.1 Volba násobnosti formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Existuje několik činitelů podle kterých se dá určit výsledná násobnost formy. Jsou to:

- složitost a přesnost výstřiku
- požadované množství výrobku
- kapacita vstřikovacího stroje
- ekonomika výroby

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. S přihlédnutím k těmto činitelům byla určena dvanáctinásobná forma.

2.2.2 Zaformování výstřiku

K hlavním zásadám konstrukce formy je určení dělicí roviny. Tato rovina je zvolena rovnoběžně s upínáním formy a to tak, že probíhá po ose výstřiku. Je to z toho důvodu, že výstřik je rotační, čili není možnost vést rovinu po hraně výstřiku a eliminovat tím stopy po dělicí rovině..

Dutina formy je zvolena tak, aby se výstřik po otevření formy oddělil od horní a dolní části formy a zůstal na jádru, dokud nebude z jádra pomocí hubice a stlačeného vzduchu.

Při vstřikování kaučuku do formy dochází ke stlačení vzduchu ve formě čelem taveniny. Tento vzduch se ohřívá na teplotu, při které může kaučuk degradovat. To má za

následek tvarové a vzhledové vady výstřiku. Proto je třeba při návrhu formy pamatovat na odvodu vzduchu z tvarových částí formy. Pro odvedení vzduchu jsme formu u každého výstřiku opatřili kavernami. Forma samotná bude pak napojena na odvodušňovací zařízení stroje.

2.2.3 Vyjmutí výstřiku

Po rozevření formy zůstanou výstřiky na jádře. Pomocí hubice napojené na stlačený vzduch výstřiky sejmeme. Hubici nasadíme na vrchol jádra tak, abychom lehce podebrali výstřik. Poté pustíme stlačený vzduch, který se dostane pod výstřik a lehce jej nafoukne. Pak není problém výstřik z jádra stáhnout.

2.2.4 Výroba dutiny formy

Pro svoji tvarovou složitost je nutné zvážit způsob obrábění při výrobě dutin formy držáku. Z tohoto důvodu se tvar dutiny bude vyrábět elektroerosivní metodou. Elektrickou erozí nazýváme fyzikální jev založený na obrábění částíček povrchových vrstev materiálu účinkem tepelného a tlakového působení elektrických výbojů. Doprava těchto částíček z místa řezu se děje prouděním elektrolytu.

Tvar dutiny se nejprve nahrubo vyfrézuje aby se odebralo co největší množství materiálu a poté se povrch elektroerosivně obrobí. Norma pro elektrojiskrové obrábění určuje přímo drsnost povrchu po tomto obrábění.

Tvarové díly formy na sebe musí dobře dosedat proto se jejich dosedací plochy musí ještě přebrousit.

2.2.5 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje při výstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory.

Existují dva druhy vtokových soustav :

- Studená vtoková soustava s odpadem

- Horká bezodpadová soustava

Z těchto dvou soustav byla vybrána studená vtoková soustava. Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší bez zbytečných tlakových a časových ztrát. Průřez vtokových kanálů musí být dostatečně velký aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Ve vtokovém systému by se měli vyloučit místa s velkým nahromaděním materiálu. Musí se také dodržet zaoblení všech hran vtokových kanálů minimálně $R = 1 \text{ mm}$.

2.2.6 Temperace formy

Ohřívání, případně ochlazování formy na předepsanou teplotu záleží na energetické bilanci formy a okolního prostředí. Teplota forem není během vstřikování konstantní. Po výstřiku nejprve stoupá potom klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot má být co nejmenší. Musíme proto optimalizovat temperační proces. To znamená volit správné rozmístění a velikosti kanálů. Zvolit správné médium a jeho rychlost.

Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. V našem případě jsou provozní teploty vstřikování dostatečně nízké na to aby jako temperační médium byla použita voda. Temperační systém je umístěn ve střední desce.

2.2.7 Výběr vulkanizačního lisu

Vhodný vulkanizační lis volíme dle charakteristiky formy. Rozhodujícími faktory jsou šířka, délka formy a potřebný zdvih. Záleží také na vstřikovacím objemu stroje.

Pro náš případ byl zvolen vulkanizační lis SUB 2510-116, jehož základní charakteristiky jsou:

- Vstřikovací objem: 1000 ccm
- Svírací síla: 2500 kN

- Vstřikovací tlak: 150 Mpa
- Rozevření formy: 450 mm
- Maximální světlost: 800 mm
- Maximální rozměr formy: 630 x 630 mm

ZÁVĚR

Návrh a konstrukce vstřikovací formy podléhá množství zásad a pravidel, kterými by se konstruktér, chce-li formu zkonstruovat co nejefektivněji a ekonomicky, měl pokud možno co nejvíce držet.

Při návrhu formy prachovky byla maximální snaha co nejvíce se těmito pravidly a zásadami, které byly vyhledány v odborné literatuře a firemních návodech držet. Jedná se například o návrh vtokového, chladicího a odvzdušňovacího systému. Výkresová dokumentace Formy byla zhotovena v programu AutoCAD 2002. Trojrozměrný model prachovky pak v programu Autodesk Inventor 6.

Forma byla zvolena dvanáctinásobná s umístěním tvarových jader na centrální páteři, která je uchycena na výsuvném rameni. Vtokový systém byl zvolen studený. Jako vulkanizační lis byl zvolen lis SUB 2510-116.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ing. TOMIS, František, CSc., Ing. MAŇAS, Miroslav, CSc. *Formy a přípravky*, Brno: VUT , 1985
- [2] Ing. TOMIS, František, CSc. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*, Brno: VUT , 1980
- [3] Firemní katalog normálií HASCO a CECHO
- [4] Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc. : *Konstrukční materiály a technologie*, Brno: VUT 1992
- [5] Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc. : *Technické kreslení*, Brno: VUT 1988

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

p	zatížení při vstřikování [MPa]
E	modul pružnosti [MPa]
b	délka zatížené plochy [m]
l	šířka zatížené plochy [m]
t	tloušťka zatížené plochy [m]
y_D	maximální dovolený průhyb desky [m]
$\sigma_{0\max}$	maximální ohybové napětí [MPa]
T_g	teplota skelného přechodu [°C]
p_v	vstřikovací tlak [MPa]
HRC	tvrdost [Rockwell]
Ra	drsnost povrchu
S	plocha [m^2]
f	koeficient tření
F_v	vyhazovací síla [N]
EPDM	kaučuk na bázi terpolymeru etylén-propylén-dien

SEZNAM PŘÍLOH

P I Výkresová dokumentace vstřikovací formy pro prachovku. Tato dokumentace obsahuje:

- Sestavu formy
- Rozpisu sestavy formy
- Výrobní výkresy horní, spodní a střední desky formy
- Výrobní výkresy tvarové formy a tvarového jádra

P II CD disk obsahující

- Kompletní výkresová dokumentace
- Bakalářská práce – textovou část