

Údržba a opravy vstřikovacích forem pro elastomery

Marek Pranjić

Bakalářská práce
2018-2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Pranjic**

Osobní číslo: **T16104**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Údržba a opravy vstřikovacích forem pro elastomery**

Zásady pro vypracování:

- 1. Technický popis procesu vstřikování elastomerů (vlastnosti a vulkanizace elastomerních materiálů; popis stroje, výrobní linky a jednotlivých fází procesu)**
- 2. Konstrukce forem (základní konstrukční pravidla a materiály pro výrobu forem)**
- 3. Metody čištění a údržby forem**
- 4. Metody opravy forem**

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh: **dle pokynů VDP**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Literární zdroje dostupné v rámci knihovny UTB

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 19. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Obor:

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 pokud je 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

.....

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 nevydělečně 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 užít 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 výdělku 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 přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá opravou a údržbou elastomerních vstřikovacích forem. Teoretická část popisuje problematiku vstřikování, zmiňuje se o vstřikovacích strojích a konstrukčních zásadách při navrhování vstřikovací formy, to vše se zaměřením na elastomery. Dále popisuje čisticí a údržbové metody vstřikovacích forem. V praktické části jsou pak navrženy prostory a seznam s na ceněním zařízení nutných pro vybudování nové údržby.

Klíčová slova: elastomer, konstrukce, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, opravy a čištění forem, prostory údržby

ABSTRACT

This thesis deals with maintenance and repair of injection molds for elastomers. The theoretical part describes the injection, refers to the injection molding machines and structural principles in the design of injection molds, all focusing on elastomers. Further describes cleaning and maintenance methods of injection molds. In the practical part, there are designed spaces and price list of equipment necessary for building new maintenance.

Keywords: elastomer, construction, injection mold, injection molding machine, mold repair and cleaning, maintenance premises

Děkuji všem, kteří mi při psaní této práce přispěli svými cennými radami. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Michal Sedláčik, Ph.D. za odborné rady, milou spolupráci a čas, který mi po dobu vytváření této bakalářské práce věnoval.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 ELASTOMERY	11
1.1.1 Vlastnosti elastomerů	11
1.1.2 Vulkanizace.....	12
2 VSTŘIKOVÁNÍ	13
2.1.1 Vstřikovací cyklus.....	13
2.1.1.1 Přisun materiálu	14
2.1.1.2 Plastifikace.....	14
2.1.1.3 Uzavření formy	16
2.1.1.4 Vstřikování.....	19
2.1.1.5 Vulkanizace ve formě	22
2.1.1.6 Vyhození výrobku z formy	24
2.1.2 Moderní způsoby vstřikování elastomerů	24
2.1.2.1 Systém firmy LWB.....	24
2.1.2.2 Systém firmy Desma.....	25
2.1.2.3 Systém firmy REP	26
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	27
3.1 KONSTRUKCE FOREM	27
3.1.1 Složení vstřikovací formy	28
3.1.2 Volba dělicí roviny.....	28
3.1.3 Násobnost formy	29
3.1.4 Návrh dutiny vstřikovací formy	30
3.1.4.1 Stanovení rozměrů dutiny formy	31
3.1.4.2 Smrštění	31
3.1.4.3 Tloušťka stěn pryžových výrobků	32
3.1.4.4 Různé tloušťky stěny a jejich přechody.....	32
3.1.4.5 Zaoblení hran	33
3.1.4.6 Okraje pryžových výrobků	34
3.1.5 Vstřikovací tryska a vtoková vložka	34
3.1.6 Studený vtokový systém	35
3.1.7 Vtokové ústí	36
3.1.8 Odvzdušnění dutiny formy.....	37
3.1.9 Temperace forem	37
3.1.10 Materiály forem.....	38
4 ÚDRŽBA	40
4.1 ČIŠTĚNÍ FOREM	40
4.1.1 Tryskání plastovými částicemi.....	40
4.1.2 Tryskání suchým ledem	41
4.1.3 Ultrazvukové čištění povrchů	42
4.1.4 Termální čištění forem	43
4.1.5 Laserové čištění forem	43
5 OPRAVY FOREM	45

5.1	OPRAVY NAVAŘOVÁNÍM	46
5.1.1	Navařování TIG/WIG	46
5.1.2	Navařování laserem.....	46
5.1.3	Navařování plazmatem a mikroplazmatem.....	47
5.1.4	Impulzní navařování.....	48
II	PRAKTICKÁ ČÁST	49
6	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	50
7	NÁVRH PROSTORŮ PRO ÚDRŽBU	51
7.1	POPIS POSTUPU PRÁCE NA ÚDRŽBĚ	52
7.2	SEZNAM PŘEDMĚTŮ KE KOUPI	54
ZÁVĚR		60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		64
SEZNAM OBRÁZKŮ		66
SEZNAM TABULEK.....		68
SEZNAM PŘÍLOH.....		69

ÚVOD

Eleastomery patří do skupiny polymerů a jsou významným konstrukčním materiálem, se kterým je možné se setkat snad v každém výrobním oboru, stroji, přístroji či zařízení. Jejich významnost potvrzuje i ta skutečnost, že se mohou stát v součástkové základně stroje rozhodující z hlediska jeho životnosti a spolehlivosti. Stejně jako jiné konstrukční materiály, je možné vhodnou skladbou kaučukové směsi a použitím gumárenských surovin získat materiály o potřebných, nebo speciálních vlastnostech.

Technologie vstřikování se v posledních letech ukazuje jako velmi produktivní výrobní proces. Je velkou snahou tuto technologii dále zdokonalovat a aplikovat na výrobky nejen z plastů, ale i z elastomerních materiálů.

V dnešní době je kladen velký důraz na ekonomičnost a efektivnost procesu. Proto pro většinu výstřiků se realizuje prototypová forma, aby se ověřilo, že výrobek není špatně navržen anebo zda není samotná forma s vadami. Ovšem během své životnosti dochází k znečištění nebo poškození formy a proto by měl výrobní závod obsahovat oddělení údržby.

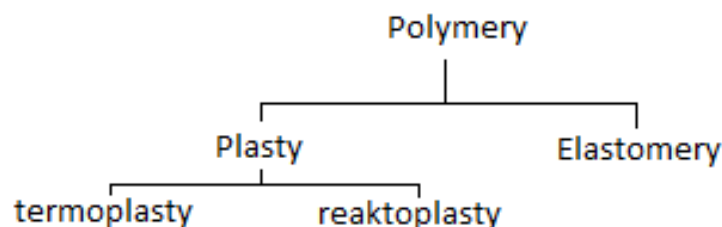
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou makromolekulární látky složené z více skupin atomů spojených navzájem v tak velkém počtu, že řada fyzikálních a chemických vlastností této látky je již neměnná. Makromolekuly jsou tvořeny vázáním monomerů dohromady díky chemickým reakcím, tenhle proces je znám jako polymerace. [1]

Polymery obsahují většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často také dusíku, chloru i jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se nacházejí v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku, jenž pak slouží v prakticky tuhém stavu.

Polymery jsou děleny do dvou skupin. První skupina jsou plasty a druhá elastomery. Plasty jsou dále děleny na termoplasty a reaktoplasty. [1]



Obr. 1 Rozdělení polymerů [1]

1.1 Elastomery

Elastomer (pryž) je polymer (makromolekulární látka), který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná (když síla přestane působit, deformované těleso se rychle navrácí téměř ke svým původním rozměrům a tvaru). Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí vulkanizací pryže. [1]

1.1.1 Vlastnosti elastomerů

Elastomery (přírodní a syntetická pryž) jsou směsí amorfních polymerů a dalších přísad. Tyto materiály nejsou jen pružné, ale díky své viskoelastické povaze jsou schopny pohlcovat kinetickou energii. V tlaku a smyku vykazují relativně vysokou pevnost. Stejně jako u jiných materiálů může u nich dojít k materiálové únavě a jejich následnému porušení.

Vlastnosti konstrukčních elastomerních materiálů se v mnoha směrech liší od ostatních konstrukčních materiálů. Rozdíly jsou ve fyzikálních i chemických vlastnostech, omezeném teplotním intervalu jejich použití, vlivu času na změny vlastností apod. Proti těmto omezujícím vlastnostem stojí řada předností. Jsou to zejména vysoká elasticita (hyperelasticita), schopnost snášet opakovaně značnou deformaci při dlouhé životnosti, schopnost tlumení (přeměňovat energii mechanickou na tepelnou), chemická stabilita v řadě prostředí, elektrické vlastnosti, nepropustnost pro tekutiny atd.

Pro elastomery je důležitý tvar distribuční křivky molekulových hmotností. Čím širší je distribuce molekulových hmotností, tím méně je plasticita elastomeru ovlivnitelná teplotou (schopnost tuhé látky zachovat tvarové změny způsobené napětím po uvolnění napětí). Nízkomolekulární části elastomerní kaučukové směsi vulkanizují pomalu a tím ovlivňují vulkanizační proces. Vysokomolekulární části elastomerní směsi jsou naopak houževnaté a zhoršují její zpracovatelnost při přípravě polotovarů. [1]

1.1.2 Vulkanizace

Vulkanizace je chemický proces, při kterém se plastická kaučuková směs mění v pryž vlivem příčných (chemických) vazeb, které se působením vulkanizačních činidel mezi kaučukovými makromolekulami vytvářejí. Vulkanizací se v kaučukové hmotě vytvoří prostorová síť, v níž jsou makromolekuly pomocí příčných vazeb vzájemně spojeny. Vlivem vnější síly se makromolekuly sice vzájemně posunují a tvar pryžového vzorku se mění, ale po uvolnění síly se původní tvar rychle obnoví.

Optimum vulkanizace má velký význam pro efektivnost vulkanizace, a je proto třeba ho znát. Obvykle je vyjádřené v minutách, je to oblast, ve které jsou sledované vlastnosti vulkanizátu optimální. Optimum vulkanizace se stanovuje z vulkanizační křivky a je základním údajem pro stanovení vulkanizační doby. Optimum vulkanizace závisí na řadě faktorů, z nichž nejdůležitější je teplota vulkanizace. Zvyšováním teploty se čas potřebný k dosažení optima vulkanizace zkracuje, čímž se zvyšuje produktivita. Po překročení optima vulkanizace nastává reverze a fyzikální vlastnosti pryže se opět zhoršují.

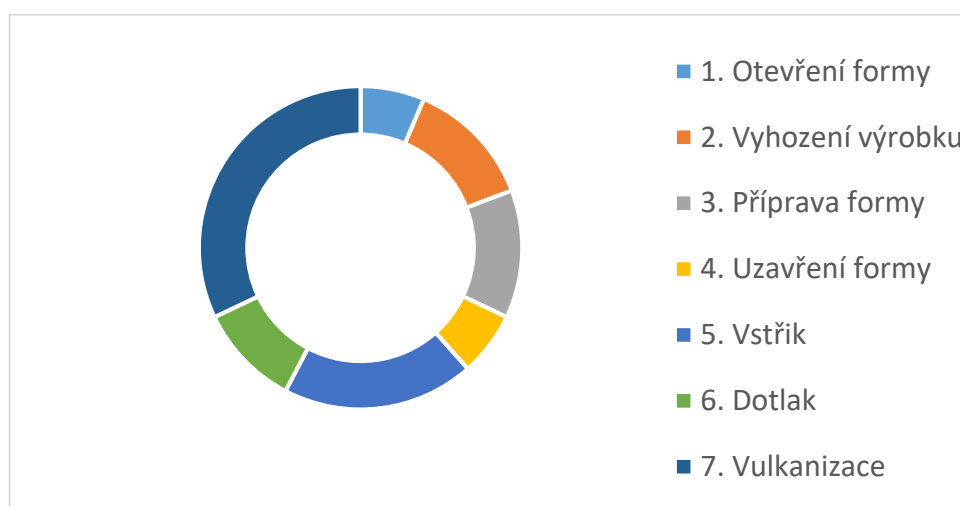
Vlastnosti výrobku jsou tedy ovlivněny vlastnostmi směsi, vulkanizačními podmínkami, jeho tvarem a rozměry a použitou výrobní technologií. [1]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikováním se označuje takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se zplastikovaný materiál plní (vstřikuje) vysokou rychlostí do uzavřené dutiny formy, která je temperovaná. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací rozumíme převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. [6]

2.1.1 Vstřikovací cyklus

K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka, ze které se vstříkne zplastikovaný materiál do dutiny formy. Doba, po kterou se plní dutina formy se nazývá doba plnění. Po zaplnění dutiny formy se působí na materiál dále tlakem, který je označován jako dotlak. Dotlak bývá stejný nebo nižší než vstřikovací tlak redukovaný za dutinu formy. Dotlak má za účel částečně vyrovnat vliv smrštění a zabránit unikání materiálu z dutiny formy. Časová prodleva před zahájením nového cyklu slouží pro uložení vložek do formy. [6]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus elastomerů [6]

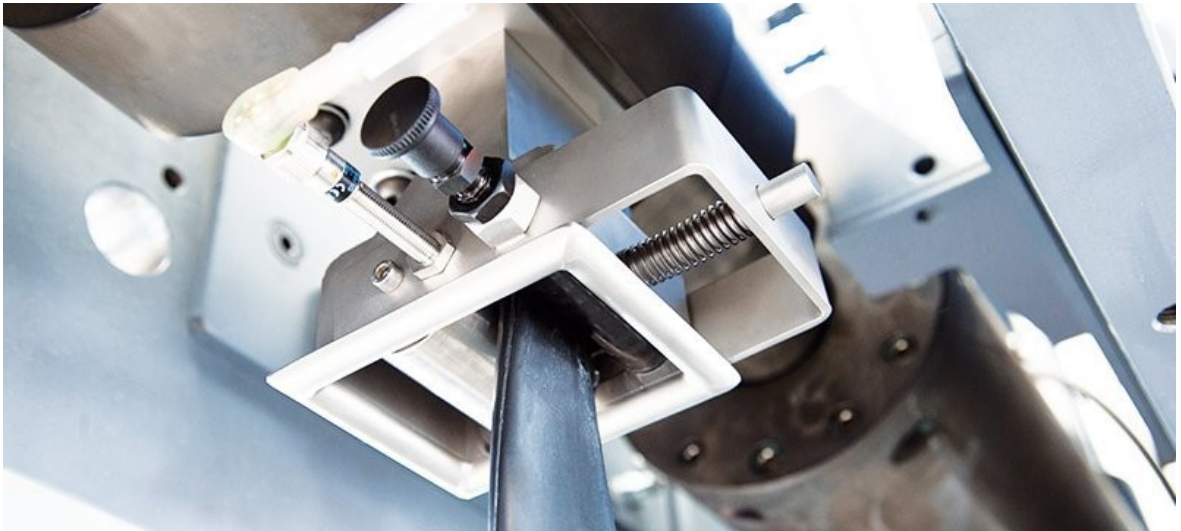
Podle materiálu se určuje teplota a tlak vstřikování, pro elastomerní směsi udává orientační hodnoty tabulka:

Tabulka 1 – Orientační hodnoty pro vstřikování elastomerních směsí [6]

Vstřikovací teplota	80 – 100 °C
Vstřikovací tlak	80 – 100 MPa
Teplota formy	160 – 200 °C

2.1.1.1 Přísun materiálu

Přísun probíhá navíjením pásu kaučukové směsi do šneku. Šnek je rozdělený na dvě teplotní pásma a to na část chlazenou a část s ohřevem. Chlazená část je zde z toho důvodu, že by jinak nebylo možné zajistit přísun materiálu takovým způsobem. Aby vstřikování probíhalo bez problémů, musí být zajištěn konstantní přísun materiálu. O to se v dnešní době stará série kontrolních čidel, které kontrolují rychlost navíjení a šířku navíjeného pásu. [6]



Obr. 3 Vertikální plnění plastifikační jednotky

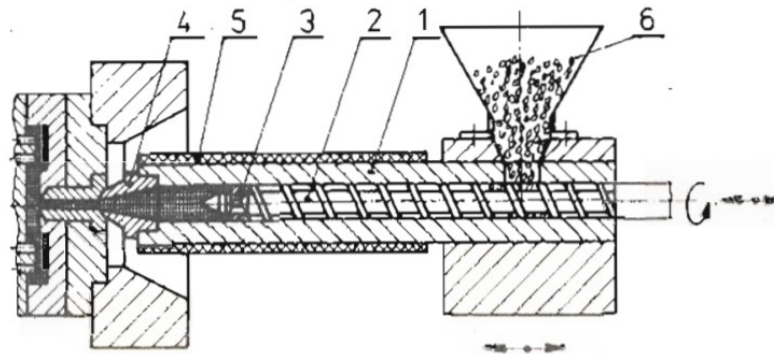
2.1.1.2 Plastifikace

Šnek při vstřikování má funkci jak vytlačovací, tak vstřikovací jako píst. Při vstřikování elastomerů se směs ohřívá a plastifikuje téměř na celé délce šneku. Je nutné, aby se potřebné množství nahromadilo před čelem šneku a pak vstříklo dopředným pohybem šneku. S tímto systémem se dosahuje lepší kontroly nad množstvím plnění materiálu, taktéž s lepším ohříváním materiálu, což je způsobeno mechanickým třením při otáčení šneku. Ovšem během vstřikovací fáze, když šnek funguje jako píst, dochází k úniku materiálu zpět a to limituje velikost vstřikovacího tlaku. [6]

- Úkoly šneku
- transport materiálu,
 - ohřev materiálu,
 - homogenizace materiálu.

Šneky pro vstřikování elastomerů mají rozdílnou geometrii ve srovnání se standardními třízónovými šneky používanými pro zpracování termoplastů. Jsou u nich použity nižší závit, které tvoří velmi mělké kanály. Šnek musí zajistit pouze dostatečnou homogenizaci materiálu a jsou proto kratší (L/D 12 – 15:1). [7]

Plastifikací je rozuměno převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla. Princip plastifikačních jednotek s pístovou a šnekovou plastikací zobrazuje obrázek 7. [6]



Obr. 7 Šneková plastifikace [6]

1 - pracovní válec, 2 - šnek, 3 - zpětný uzávěr, 4 - vstřikovací uzávěr, 5 - topné těleso, 6 - násypka (U elastomerů není násypka)

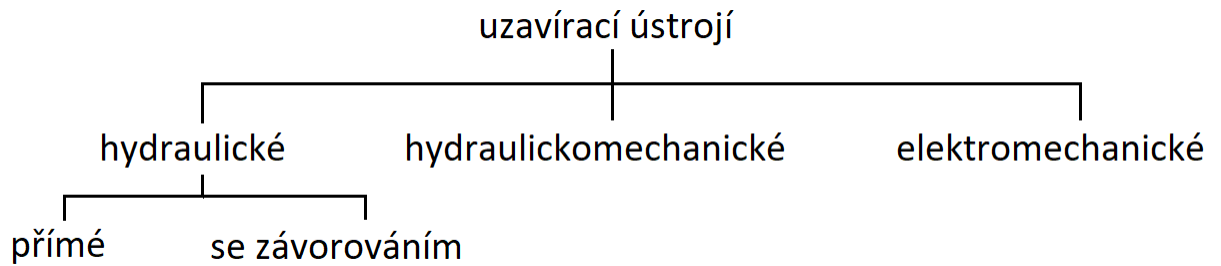
Tento způsob se používal pro zpracování polymerních materiálů. Gumárenský průmysl si upravil teplotní režimy se zřetelem na pryž a její vulkanizační schopnost.

Základem pro optimální plnění tvarové dutiny formy je zajištění teplotní a viskozitní homogenity taveniny před čelem šneku. [7]

2.1.1.3 Uzavření formy

Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, neboli na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovaného tlaku.

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektro-mechanickou.



Obr. 8 Rozdělení uzavíracích jednotek [7]

Nejjednodušší způsob provedení uzavíracího ústrojí je hydraulické přímé, u kterého dochází k uzavření formy, pokud platí:

$$p_P \cdot S_P > p_V \cdot S_V \quad (1)$$

$$p_P \cdot S_P = k \cdot p_V \cdot S_V \quad (2)$$

Kde:

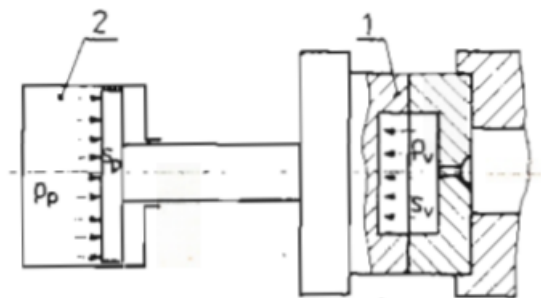
p_P – tlak hydraulické kapaliny,

S_P – plocha hydraulického pístu,

p_V – vstřikovací tlak,

S_V – plocha výstřiku v dělicí rovině,

k – koeficient bezpečnosti, $k = 1,2 - 1,5$.



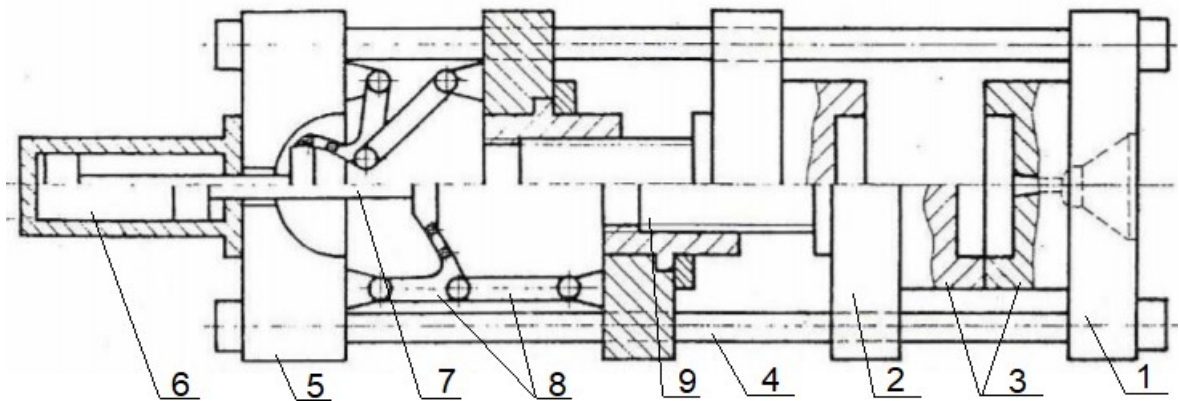
Obr. 9 Hydraulická uzavírací jednotka:

1 – forma, 2 – hydraulický válec [6]

Výhoda této metody je v jednoduchosti. Avšak k dosažení velkých uzavíracích sil je potřeba velkých hydraulických válců a k zajištění dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značná množství hydraulické kapaliny.

Z toho důvodu se začalo využívat uspořádání hydraulicko-mechanické, protože pro vyvození velkých uzavíracích sil je potřeba velkých rozměrů hydraulických válců, což přináší

řadu problémů. Tohle uspořádání využívá malého hydraulického válce a přes vhodný systém pákových převodů je schopen vykonat velké uzavírací síly. Kinematickými mechanismy získáme velmi příznivé jak síly, tak i rychlostní poměry. Hydraulicko-mechanické ústrojí dělíme na – s válcem v ose stroje a s válcem mimo osu.

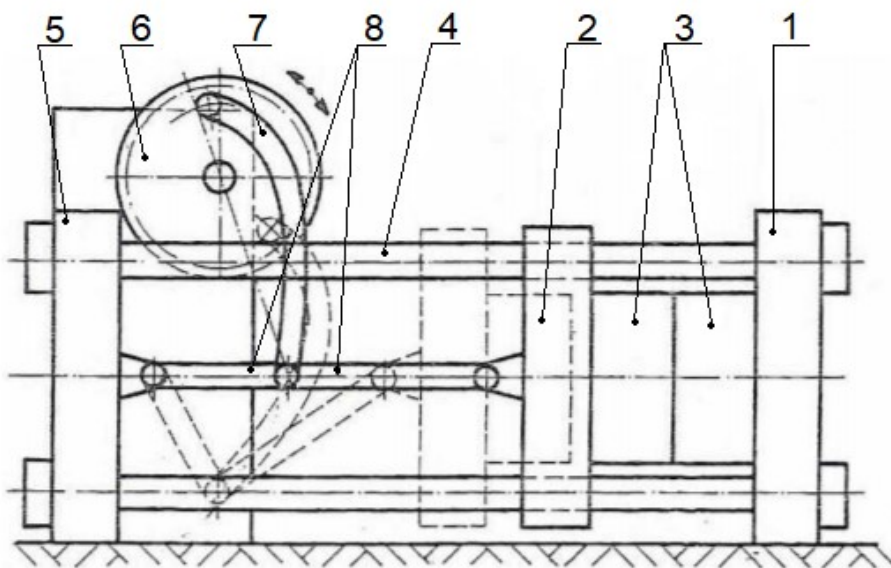


Obr. 10 Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje [6]

1- přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstříkovací forma, 4 – nosné sloupky, 5 – nosný třmen, 6 – hydraulický válec, 7 – pístní tyč, 8 – kloubový mechanismus, 9 – seřizovací šroubový mechanismus

Výhodou je, vzhledem k malým rozměrům hydraulického válce, malá spotřeba hydraulické kapaliny a nejsou takové nároky na čerpadla.

Obdobně jako hydraulicko-mechanické řešení se používá taktéž elektro-mechanické uspořádání.



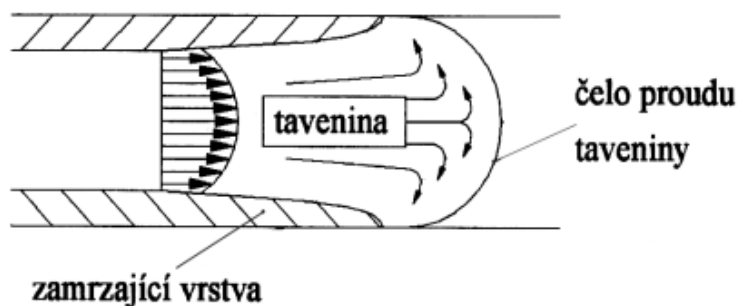
Obr. 11 – Elektro-mechanické uzavírací ústrojí [6]

1 – pevná upínací deska, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – dělená vstřikovací forma, 4 – nosné sloupky, 5 – rám stroje, 6 – klínový kotouč, 7 – ojnice, 8 – pákový mechanismus

Výhodou tohoto uspořádání je jeho jednoduchost a oproti přímočarému hydraulickému motoru je zde zajištěna vysoká uzavírací rychlost a jednoduchost automatizace. [6]

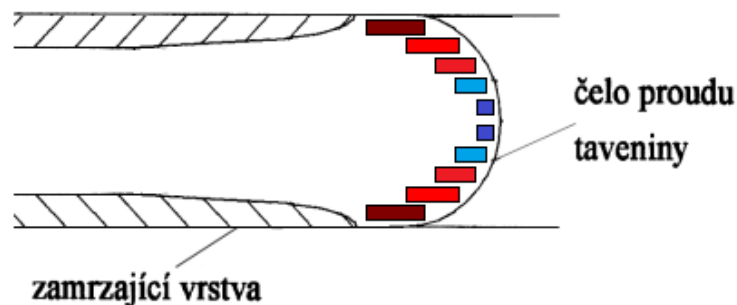
2.1.1.4 Vstřikování

při této fázi dochází k plnění dutiny formy plastifikovaným materiálem pod určitým tlakem v závislosti na vlastnostech materiálu a parametrech vstřikování. Při vstřikování se šnek neotáčí, ale funguje jako píst a provádí dopředný pohyb. Zásadní parametry jsou rychlost vstřikování a vstřikovací tlak. Jednou z hlavních zásad je vyvážený poměr mezi rychlostí vstřikování a velikostí tlaku, protože nelze dosáhnout velké vstřikovací rychlosti při nízkém tlaku. Naopak ani vysoká vstřikovací rychlost není správně, protože vzniká nebezpečí přehřátí materiálu, a to by mohlo zapříčinit brzkou vulkanizaci (tvorbu zamrzající vrstvy). [3]



Obr. 12 Profil toku taveniny [3]

U elastomerů na rozdíl od plastů má forma vyšší teplotu než vstřikovaný materiál a proto je zde mnohem větší riziko vzniku „zamrzající vrstvy“. Z teplotního hlediska je materiál ve středu toku nejchladnější a naopak u stěny je nejteplejší. [3]

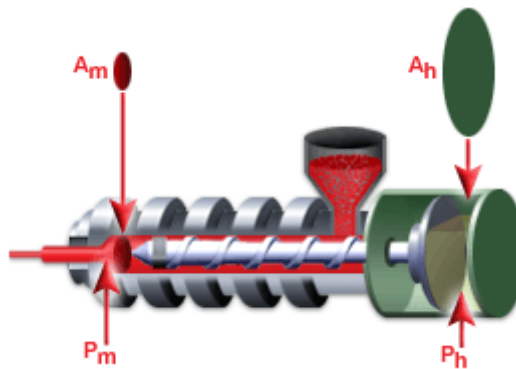


Obr. 13 Teplota proudu vstřikovaného materiálu [3]

Rychlost vstřikování ovlivňuje vstřikovací tlak, který se také hůře stanovuje. Vstřikovací tlak ovlivňuje intenzifikační poměr, který udává závislost vstřikovacího tlaku na tlak, který vytvoří hydraulický válec. Je to poměr tlaku vstřikovaného materiálu na čele vstřikovacího šneku ve srovnání s tlakem oleje v hydraulickém válci vstřikovacího stroje.

Vstřikovací tlak a hydraulický tlak se značně liší ve vstřikovacím stroji. Vstřikovací tlak je aplikován přímo na materiál čelem šneku, který způsobuje, že materiál proudí. Vstřikovací tlak může být měřen, například umístěním snímače přímo v trysce. Hydraulický tlak je tlak, který je schopno zajistit olejové čerpadlo. Typický poměr zesílení je v rozsahu 7 – 15.

Pro výpočet intenzifikační intenzity stroje je plochu pístu (A_h) rozdělena oblastí šroubu (A_m).



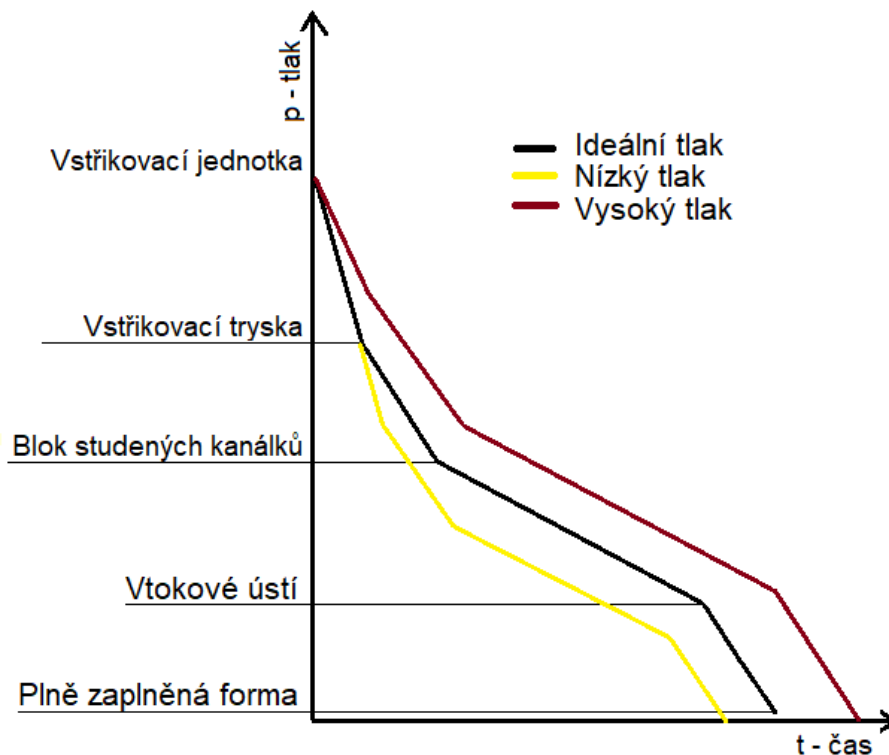
Obr. 14 Vstřikovací ústrojí [8]

Kde:

- A_h – plocha pístu,
- A_m – plocha čela šneku,
- P_h – tlak hydraulického oleje,
- P_m – tlak taveniny.

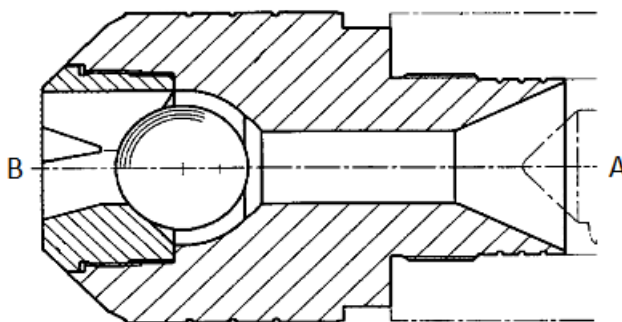
$$P_m = P_h \cdot \left(\frac{A_h}{A_m} \right) \quad (3)$$

Tlak při vstřikování klesá, protože prochází různými profily, a tím dochází k podstatným ztrátám. A proto zvolení správného tlaku je velice podstatná věc, protože zvolí-li se tlak nízký, tak nedojde k plnému zaplnění dutiny formy, avšak při vyšším tlaku materiál jde cestou nejnižšího odporu a může se dostat i do „temparačního okruhu“ ve formě, což vede k závadám a ovlivnění následné produktivity stroje. [8]



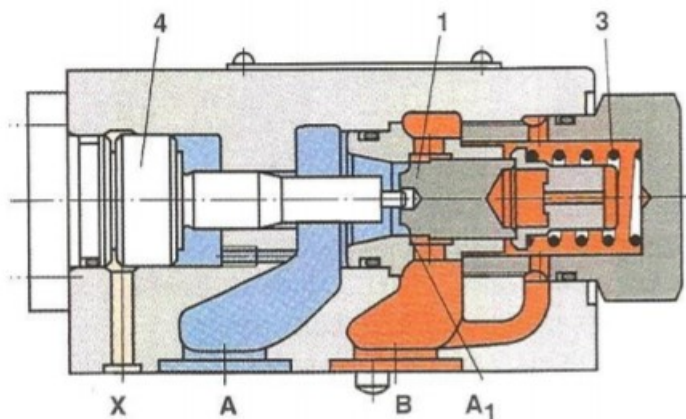
Obr. 15 Tlakový průběh vstřikování

Po vstříknutí materiálu se musí zajistit i to, aby nedošlo k návratu materiálu zpět do šneku. To se řeší přidáním zpětného ventilu za vstřikovací trysku. Nejčastěji je využíván zpětný ventil s kuličkou, kdy je volný proud z A do B. Při proudu B do A kulička dosedá na tvarovou plochu a tím dojde k utěsnění a znemožnění proudění v uvedeném směru. [9]



Obr. 16 Zpětný ventil s provedením kuličky [9]

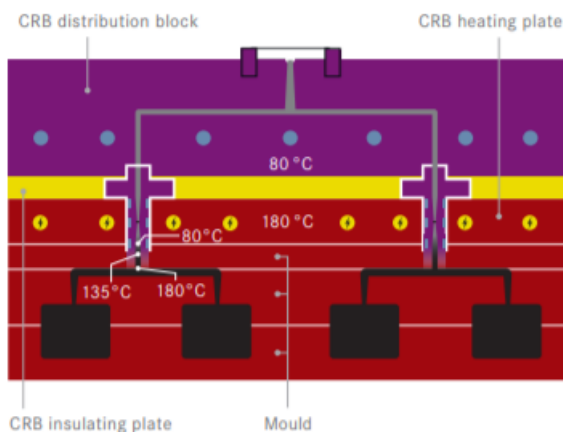
Výhoda dané metody je v jednoduchosti (nízká cena) a spolehlivosti. Dnes se využívají i ovládané ventily. Tyto ventily se využívají, protože umožňují i průtok ve směru, který byl předtím hrazen. Princip takového ventilu popisuje obr. 23. V tomhle případě je volný průtok z A do B. V případě proudu z B do A je průtok zamezen kuželkou, princip stejný jako zpětný ventil s kuličkou. Kuželka se otevírá až pomocí řízeného šoupátka, které se přesouvá doprava a tím otevírá kuželku, a umožní průtok B do A. [9]



Obr. 17 Řízený jednosměrný ventil s ovládanou kuželkou [9]

2.1.1.5 Vulkanizace ve formě

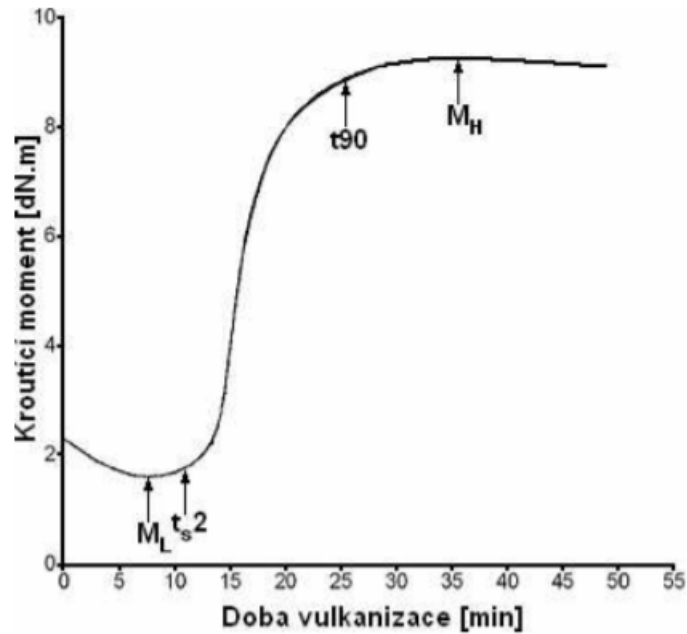
Při vstřikování elastomeru musí být kladen důraz na teplotní průběh vstřikování. Z důvodu vulkanizace se nejčastěji využívají studené vtokové kanály, které jsou odděleny izolační vrstvou od zbytku formy.



Obr. 18 Teplotní pole formy pro elastomery [10]

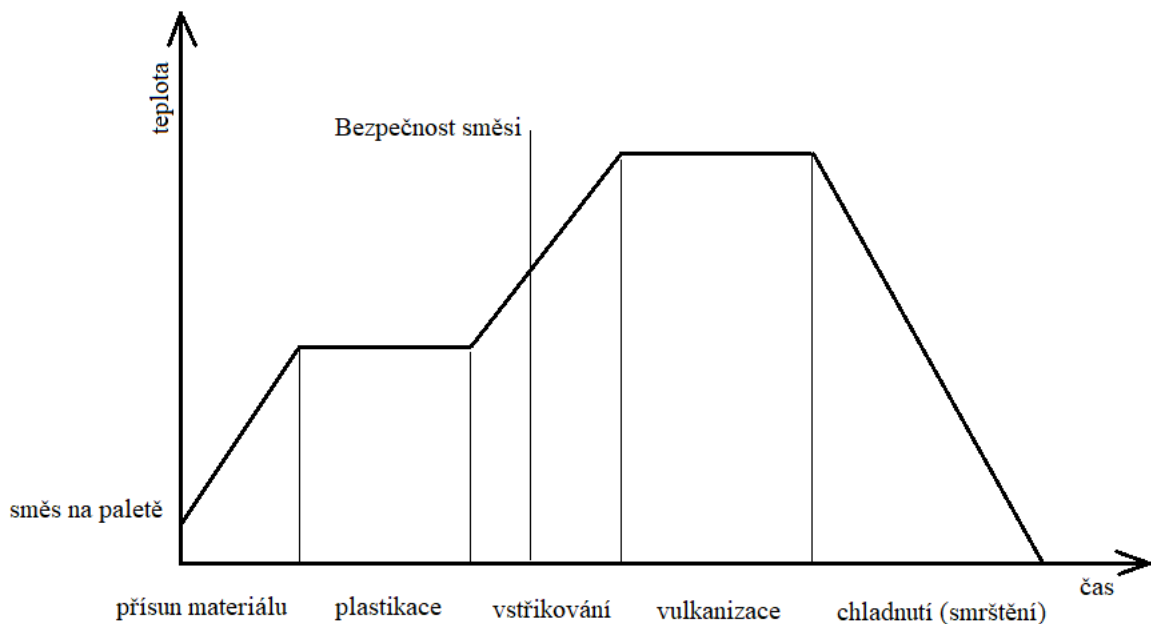
Dobu vstříknutí ovlivňuje čas, za který začne elastomer vulkanizovat. Tento čas udává reologická křivka vulkanizace. Křivka zobrazuje základní vulkanizační charakteristiky, které jsou:

- M_L – minimální kroučící moment, který odpovídá kaučukovité směsi,
- M_H – maximální kroučící moment, určující tuhost vulkanizátu,
- t_{s2} – zpracovatelská bezpečnost, je to doba, do kdy probíhá vstřikování,
- t_{s90} – je to čas, potřebný k dosažení 90% rozdílu maximálního a minimálního kroučícího momentu a nazývá se optimum vulkanizace.



Obr. 19 Reologická křivka vulkanizace [11]

Při překročení doby optima vulkanizace dochází vlivem zvýšené teploty k destrukci vazeb a zhoršování fyzikálních vlastností. Naopak při nedostatečném čase neproběhne dostatečné zesíťování materiálu a tím dojde k nezpracovatelnosti směsi. [11]



Obr. 20 Tepelná historie materiálu při vstřikování

Bezpečnost směsi je doba, při které tvorba příčných vazeb dosáhne určitého stupně a mění se zpracovatelské vlastnosti, indikované změnou plasticity. V tuhle chvíli musí být dutina

formy plně zaplněna. Bezpečnost směsi přírodního kaučuku se určuje zpravidla při teplotě 120 °C a za ekonomické doby 15 – 20 min. [11]

2.1.1.6 Vyhození výrobku z formy

U horizontálních forem se využívá toho, že se zhotovují přímo ve formách vyhazovače, a to buď mechanické nebo pneumatické. Jedná se o zabudovaný sedlový ventil na jedné ze spodních částí tvarové dutiny. Při zaplňování dutiny vstříkovaným materiálem je ventil uzavřen. Po zvulkanizování kaučukového materiálu a otevření formy je ventil nadzvednut buď mechanicky nebo pneumaticky. Výhodou tohoto způsobu vyjímání je, že se vyhazovač zhotovuje přímo ve formě. Použití je hlavně u velkých sérií výrobků. Nevýhodou je požadavek na vysokou těsnost při zaplňování dutiny formy.

U vertikálních forem se výstřiky vyjímají mimo svírací jednotku. Výstřík zůstává po otevření formy ve středním dílu formy. Tento díl je pak vysunutý pod zařízení, kde pomocí trnu jsou jednotlivé výstřiky vytlačeny z dutiny. Nevýhoda je, že s vytlačáním výstříku musí zde být i systém, který zachytí vtok a následně jej vyhodí. [3]

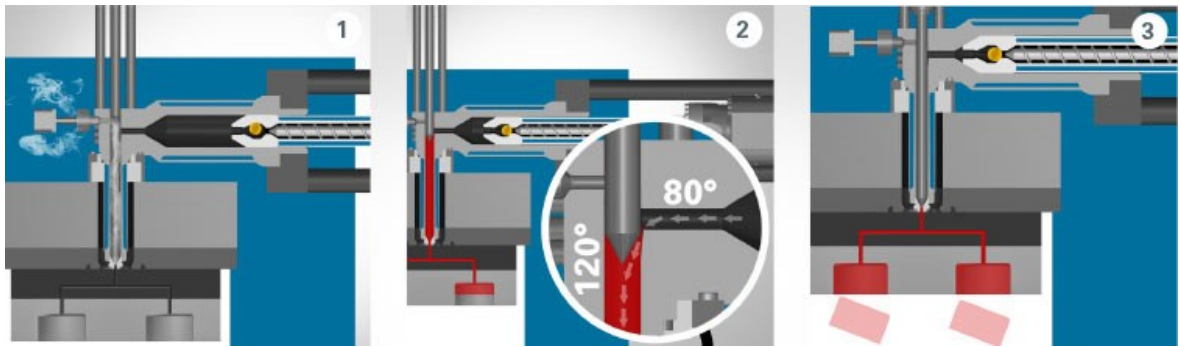
2.1.2 Moderní způsoby vstřikování elastomerů

2.1.2.1 Systém firmy LWB

Materiál je přiváděn do formy vstřikovací jednotkou EF (FIFO), sekundární, vertikálně umístěný vstřikovací válec E plně vstříkuje veškerou směs do formy. Protože ve vstřikovací jednotce nezůstává žádný materiál, je možné dosáhnout vyšších pracovních teplot a tím i kratších dob vulkanizace. Teplota směsi může být nastavena během provozu strojem a je uložena jako parametr specifického procesu pro formu jako každý jiný. V závislosti na použité směsi, geometrii součásti a procesu je možné dosáhnout optimálního nastavení.

Výhody:

- významně kratší doby vulkanizace,
- úplné vyprázdnění vstřikovací komory,
- snížená viskozita materiálu při vstřikování,
- výroba s obvyklými nebo zvýšenými teplotami zpracování,
- lze použít s chladicími systémy,
- ACC (Adaptive Cure Control) pro maximální řízení procesu. [12]



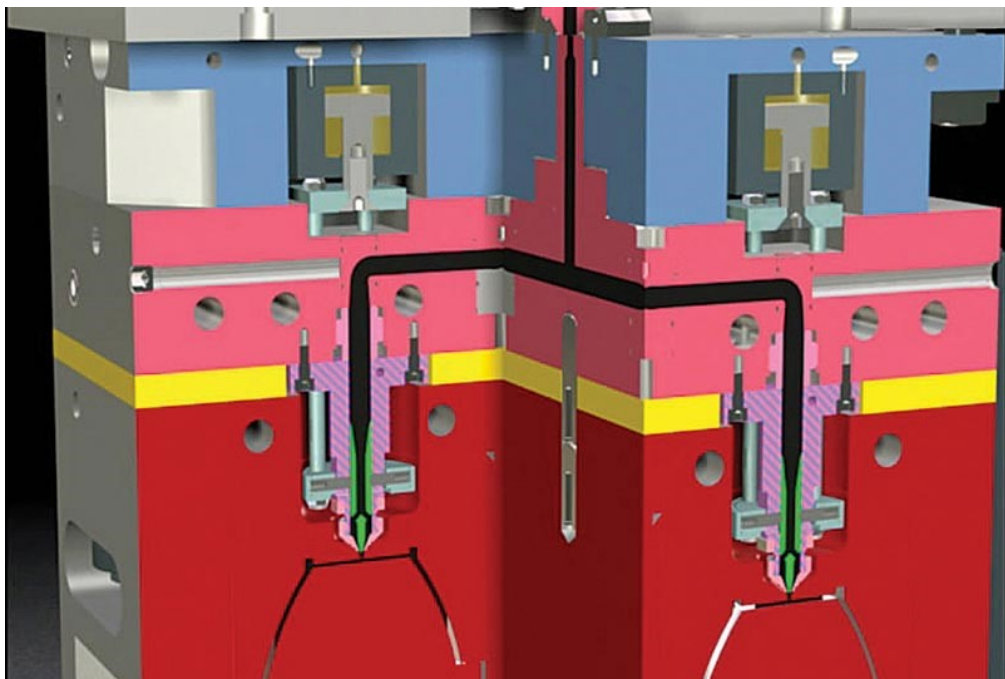
Obr. 21 Vstřikovací systém EFE od firmy LWB [12]

2.1.2.2 Systém firmy Desma

Jedná se o blok studených kanálů, kde jsou vtoková ústí osazena hydraulickými tryskami, které jsou samostatně ovládané. Díky možnosti regulace jednotlivých trysek se lépe řídí tok materiálu, je tak možné ovládat vstřikovací tlaky, rychlost plnění dutin apod. Tenhle systém umožňuje vstřikování vysoce viskózních elastomerů nebo vstřikování různě velikých výstříků do jedné formy. Ovšem tenhle systém je vysoce náročný na údržbu.

Výhody:

- nízké tlakové ztráty,
- možnost vstřikování výstříků s různými rozměry najednou,
- možnost vstřikování velikých výstříků pomocí více trysek. [13]



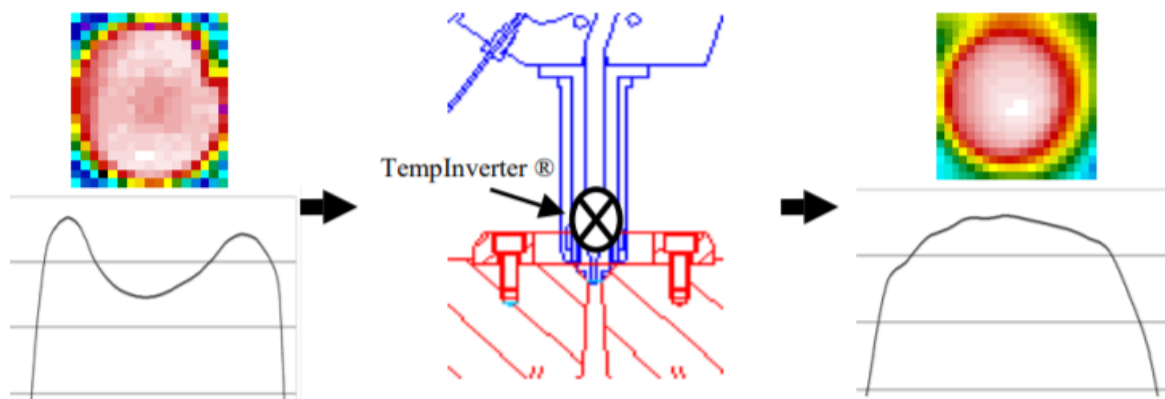
Obr. 22 Vstřikovací systém FlowControl od firmy Desma [13]

2.1.2.3 Systém firmy REP

Tento systém se dívá na základní problém toku taveniny, který je závislý na teplotě čela proudu taveniny. Po krajích je mnohem větší tření mezi taveninou a stěnou vtokového kanálku a proto střed proudu taveniny má nižší teplotu než kraje viz. Obr. 13. Řešení je zde v přesměrování toků, tím v průběhu vstřikování se střed přesune na kraje a kraje do středu, čímž dojde k vyrovnání teploty. [14]

2TempInverter®

Řešení spočívá v tom, že se nechá teplota u stěny zvýšit a potom se obrátí tok a střed se přesune na stěnu. Tento systém je umístěn těsně před tryskou, předpokládá se, že vnější teplota již vzrostla (ve spádu trysky) a bude umístěna ve středu průtoku. Tím se zvýší teplota ve středu o cca 10 °.



Obr. 23 Vstřikovací systém 2TempInverter od firmy REP [14]

Výhody:

- snižuje pracovní čas dotlaku, tím snižuje celkový čas cyklu,
- snadnější vyhazování,
- snižuje spotřebu materiálu (méně přetoků),
- zvyšuje množství cyklů mezi čištěním.

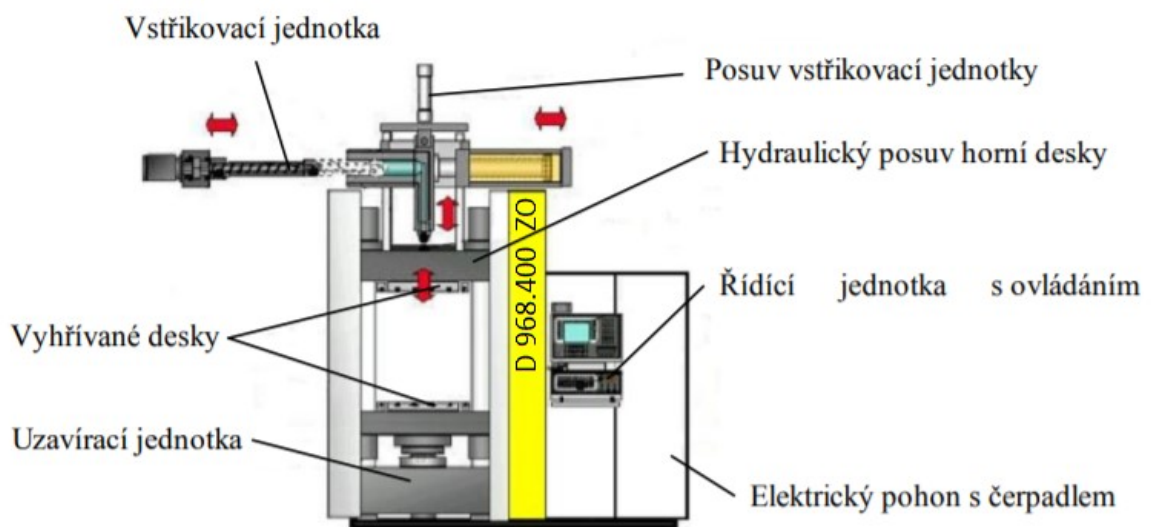
Celkově to zvýší produktivitu a zároveň sníží náklady na práci, energii, směs a údržbu. [14]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikování probíhá na moderních strojích většinou zcela automaticky, což umožňuje vysokou produktivitu práce. Ovšem nevýhoda je, že pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je vcelku vysoká. Proto je tento způsob výroby vhodný pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Na trhu je mnoho konstrukčně různých strojů, které se od sebe liší konstrukcí, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, obsluhou, velikostí vstřikovací jednotky, rozměry pro formu a pořizovací cenou. Konstrukce vstřikovacího stroje je charakterizována dle:

- způsobu provedení formy horizontální/vertikální,
- velikosti a typu vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [2]



Obr. 24 Schéma vertikálního vstřikovacího stroje [2]

3.1 Konstrukce forem

V dnešní době se formy využívají k výrobě mnoha druhů výrobků. Konstrukci forem ovlivňuje mnoho faktorů, jako například násobnost, počet dělicích rovin, velikost výrobku, materiál, vstřikovací stroj atd. Pro elastomery se volí forma se studenými vtoky, zatímco u plastů se většinou volí horké vtoky. Dutiny formy jsou udržovány na vulkanizační teplotě, která je vždy vyšší než vstřikovací.

- Pro konstrukci formy je potřeba znát
- výkres výrobku
 - násobnost formy
 - typ vstřikovacího stroje
 - zvláštní požadavky

Typy vstřikovacích forem jsou analogické jako pro vstřikování termoplastů. Využívají se dvoudílné i třídílné formy, jednonásobné i vícenásobné.

Životnost forem bývá 10^4 až 10^6 cyklů, pokud zpracovávané směsi neobsahují abrazivní plniva. [3]

3.1.1 Složení vstřikovací formy

Forma se skládá z mnoha funkčních částí. Nejčastěji se rozděluje v dělicí rovině na levou a pravou část. Nejdůležitější části formy:

- Upínací desky,
- Kotevní (tvarové) desky,
- Opěrná deska,
- Vyhazovací desky,
- Středící kroužky,
- Vodící součásti,
- Spojovací součásti,
- a další.

3.1.2 Volba dělicí roviny

Mezi důležité a rozhodující zásady konstrukce forem patří správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny, což pomáhá dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Při tomto se vychází z konstrukčního řešení vyráběné součásti.

Dělicí rovina bývá rovnoběžná s upínací plochou formy. Může být i šikmá nebo různě tvarovaná, popřípadě u výstřiků s bočními otvory tvoří hlavní a vedlejší boční dělicí roviny. Nepřesnosti v dělicí rovině může způsobit nedovření formy při plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy.

Proto je potřeba, aby dělicí rovina:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- měla jednoduchý geometrický tvar (snadno vyrobitelná a slícovatelná),
- probíhala v hranách výstřiku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- umožnila případné odvzdušnění formy. [1]

3.1.3 Násobnost formy

Násobnost formy je závislá na různých činitelích. Při vyhodnocování těchto činitelů posuzujeme:

- charakter a přesnost výstřiku,
- požadované množství výrobků,
- velikost a kapacitu vstřikovacího stroje,
- požadovaný termín dodávky,
- ekonomiku výroby.

Nejprve se posuzuje násobnost podle doby plnění:

$$n_1 = \frac{N \cdot t_c}{t_p \cdot k} \quad (4)$$

Kde:

N – celkový počet kusů (produkce),

t_c – doba cyklu,

t_p – doba produkce,

k – koeficient využití výrobního času (obvykle bývá 0,7 – 0,9).

Dále se posuzuje násobnost vstřikovací formy podle vstřikovací kapacity vstřikovacího stroje:

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot M}{A \cdot m} \quad (5)$$

Kde:

M – vstřikovací kapacita,

m – hmotnost výstřiku,

A – koeficient respektující vtokový zbytek.

Hmotnost výstřiku může být pouze 80 % vstřikovací kapacity stroje. Koeficient pro vstřikování bez vtokových zbytků bývá téměř 1, jinak se pohybuje od 1,05 do 2.

Násobnost formy se také řídí plastikačním výkonem použitého zařízení. Násobnost podle plastikačního výkonu, nebo objemu vstřikovací jednotky:

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot \dot{M}_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot m \cdot 3600} \quad (6)$$

Kde:

\dot{M}_p – plastikační výkon,

t_c – doba cyklu,

A – koeficient respektující vtokový zbytek,

m – hmotnost výstřiku.

Maximální využití plastikačního výkonu se počítá 80 %.

Násobnost formy podle uzavírací síly:

$$n_4 = \frac{0,8 \cdot F_U}{S \cdot p_v} \quad (7)$$

Kde:

F_U – uzavírací síla,

S – průmět ploch dutin a kanálů do dělicí roviny,

p_v – vstřikovací tlak.

Aby forma byla dokonale a spolehlivě uzavřena, tak počítáme pouze 80 % uzavírací síly.

Za nejlepší řešení se považuje nejmenší násobnost z posloupnosti n_2 až n_4 . Za předpokladu, že je násobnost stanovena větší než n_1 , je potřeba zvolit jiný vstřikovací stroj. [1]

3.1.4 Návrh dutiny vstřikovací formy

Návrh dutiny formy začíná od dělicí roviny. Poloha dělicí roviny musí vyhovovat požadavkům na zaformování výrobku. Rozměry dutiny formy se určují s ohledem na smrštění, které je větší než u lisování. Závisí na typu gumárenské směsi a může překročit i 3 % ve směru

toku. Nejmenší smrštění je ve směru kolmém na směr toku. Úkosy nejsou příliš důležité vzhledem k pružnosti materiálu. [1]

3.1.4.1 Stanovení rozměrů dutiny formy

Rozměry jsou dány funkcí a konstrukcí, ovšem dutina formy se od skutečných rozměrů liší, protože na ni má vliv:

- smrštění materiálu,
- tolerance na výrobek,
- opotřebení formy,
- přesnost výroby formy.

Nejvíce to bude ovlivňovat smrštění materiálu. Je to trvalá změna rozměrů výrobku, která nastává po vyjmutí z dutiny formy a následném chlazení. Závisí na materiálu, technologických parametrech, ale i na čase. [1]

3.1.4.2 Smrštění

Smrštění nastává u všech polymerů. Pro polymery platí, že rozměry výstřiku po jeho odformování nejsou shodné s rozměry formy. Tyhle rozměrové změny jsou uváděny za vinu smrštění nebo deformaci. Z tohoto důvodu je nutné rozlišovat uvedené dva pojmy, protože deformace je velmi často důsledkem smrštění:

Smrštění – objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce.

Deformace – změna tvaru při zachování konstantního objemu výstřiku.

Proto tvarové dutiny formy musí být o příslušné smrštění větší.

U elastomerů smrštění závisí na složení směsi, především na druhu kaučuku, obsahu plniv a změkčovadel, ale i na vulkanizačních podmínkách. Podle W. Hoffmanna platí pro smrštění vztah:

$$\frac{\Delta l}{l} = \Delta T \cdot \Delta \alpha_k \cdot K \cdot \alpha_p^l \cdot \alpha_\alpha^l \quad [\%] \quad (8)$$

Kde:

ΔT – rozdíl mezi vulkanizační a pokojovou teplotou,

$\Delta \alpha_k$ – rozdíl mezi teplotní roztažností kaučuku a materiálu formy,

K – objemový podíl kaučuku a látek rozpustných v acetonu,

α_p^I – poměr mezi teplotní roztažností plniv a materiálu formy,

α_a^I – poměr mezi teplotní roztažností látek rozpustných v acetonu a použitého kaučuku.

Protože plniva mají zhruba stejnou roztažnost jako běžný materiál formy, tudíž α_p^I lze zanedbat a pokud je zanedbán i vliv podílu složek rozpustných v acetonu, tak je získán jednoduchý vztah:

$$\frac{\Delta l}{l} = \Delta T \cdot \Delta \alpha_k \cdot K \quad [\%] \quad (9)$$

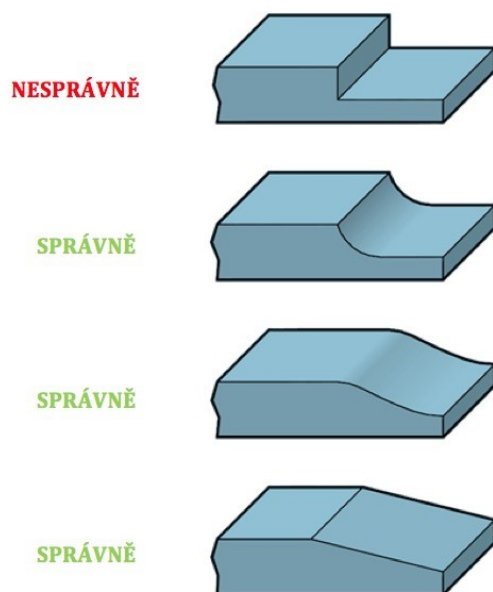
Smrštění elastomerních směsí se nejčastěji pohybuje mezi 0,8 – 2,5 %. Plniva smrštění snižují, ovšem změkčovadla smrštění zvětšují. U plnění elastomerních směsí je smrštění závislé i na směru toku ve formě, rozdíl se pak pohybuje až v desetinách %. [1]

3.1.4.3 Tloušťka stěn pryžových výrobků

Stejnomenosti základních vlastností pryže v různých místech výstřiku lze dosáhnout jen tehdy, je-li tloušťka všech průřezů stejná. Vulkanizace pak probíhá stejnoměrně a výroba je hospodárná. Tato zásada se musí dodržovat při konstrukci výstřiků z měkké pryže a je nezbytné ji dodržet při navrhování tvarů z tvrdé pryže. [1]

3.1.4.4 Různé tloušťky stěny a jejich přechody

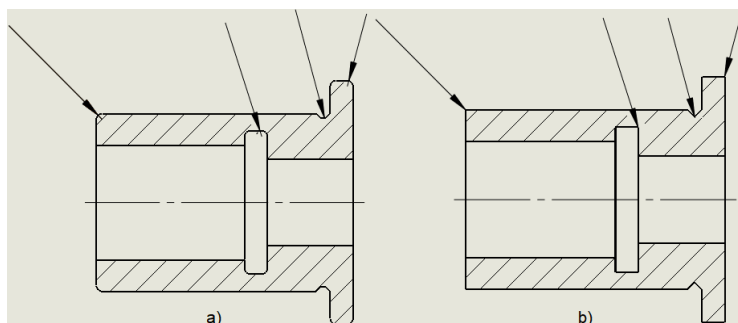
Kvůli konstrukčním důvodům není často možné dodržet stejnou tloušťku průřezu. V těchto případech se musí používat pozvolných přechodů mezi těmito různými průřezy. Při napojování několika stěn, kde je výstřik tlustější, se musí konstrukce upravit tak, aby tloušťka tohoto průřezu nebyla příliš rozdílná. [4]



Obr. 25 Přejechy různých tloušťek stěn [4]

3.1.4.5 Zaoblení hran

Ostré hrany, kouty, zářezy a vruby mají nepříznivý vliv na životnost pryžového výrobku. V ostrých hranách a zářezech se zvětšuje napětí vláken, čímž rychleji podléhají únavě. Kouty a hrany musí být zaobleny, tím se zvyšuje mechanická pevnost výrobku. Zaoblení bývá obvykle nejméně 1 mm. U dynamicky namáhaných součástí by mělo být zaoblení větší. Platí zásada čím větší jsou poloměry zaoblení, tím stejnoměrnější je zatížení všech povrchových vláken a tím menší je riziko vzniku trhlin. Ovšem hrany v dělicí rovině se nedoporučuje zaoblovat, protože to zdražuje výrobu formy a znesnadňuje odformování výstřiku z formy. [1]



Obr. 26 Konstrukce zaoblení a) správně, hrany jsou zaobleny b) špatně, hrany výrobku jsou ostré a obsahují zářezy [1]

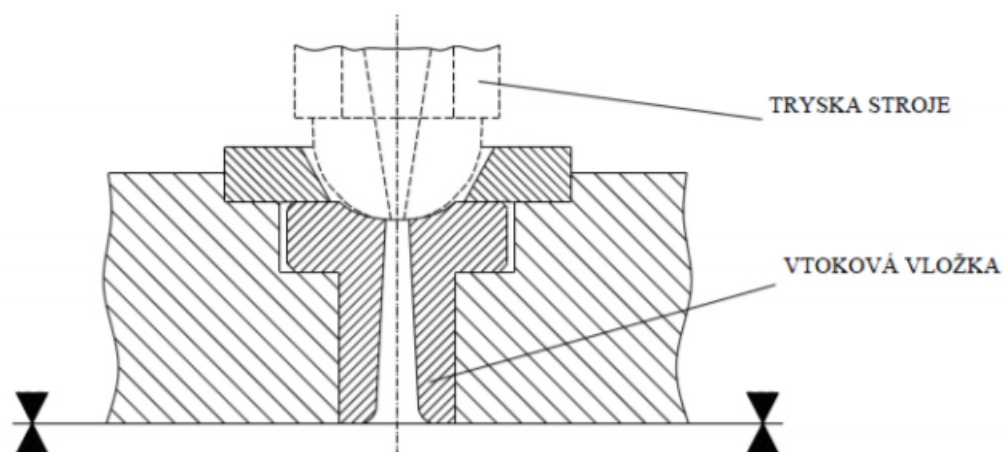
3.1.4.6 Okraje pryžových výrobků

Okraje tenkostěnných výrobků z pryže mají být pokud možno zesílené. Jednak se tím chrání okraj proti roztržení (vzhledem k malé strukturální pevnosti pryže dochází po nepatrném narušení okraje k postupnému trhání i působením malých sil), jednak se takový okraj nemůže zaměnit s přetokem, který se odděluje od výstřiku. [1]

3.1.5 Vstříkovací tryska a vtoková vložka

Vstříkovací stroj má na konci vstříkovacího válce vstříkovací trysku, která je buď pevně připojena nebo při každém pracovním cyklu dosedá na vtokovou vložku formy. Tvar a vnější rozměry vstříkovací trysky musí být takové, aby byly kompatibilní s každou vstříkovací formou. Se zvyšujícím se vnitřním průměrem trysky vstříkovací tlak, čas a teplota klesají. Průměry vstříkovacích trysky jsou voleny tak, aby teplota narostla o 25 °C během 5 – 10 s vstříkovacího času. Tenhle poměr se upravuje, pokud by docházelo k předčasné vulkanizaci během plnění dutiny formy. Trysky mohou být v rozsahu průměru od 3 mm (pro vstříkovaný objem až 500 cm³), do 10 mm (pro vstříkovaný objem až 4000 cm³).

Vtoková vložka umožňuje tok elastomerní směsi do vtokové soustavy formy. Dosednutí vstříkovací trysky na vtokovou vložku musí být souosé a musí zaručit těsnost i pro velké vstříkovací tlaky. Průměr vyústění vstříkovací trysky musí být nejméně o 0,5 mm menší než průměr vtokové vložky formy. Dosedací plocha vtokové vložky je závislá na tvaru vstříkovací trysky a daného typu stroje. [3]



Obr. 27 Dosednutí vstříkovací trysky na vtokovou vložku [3]

3.1.6 Studený vtokový systém

Vtokové a rozváděcí kanály přivádějí elastomerní směs k jednotlivým dutinám formy od trysky formy. Vtokový systém se volí co nejkratší, aby nenastávaly tlakové ztráty elastomerní směsi, který se zvětšuje v poměru k délce vtokového systému. Při konstrukci vtokové soustavy je nutné zvolit průřezy kanálů tak, aby odpor průchodu elastomerní směsi byl co nejmenší s tím, že průřezy kanálů musí být dostatečné, aby jimi protéklo potřebné množství vstříkované směsi během fáze vstříkování. [3]

Průřezy kanálů se volí kruhové nebo lichoběžníkové. Většinou se volí průměr 2 – 4 mm.

Tvar a rozměry vtokového systému spolu s umístěním ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstříku,
- spotřebu kaučukové směsi,
- energetickou náročnost výroby.

Obecně při řešení vtokového systému musí být zabezpečeno aby:

- dráha vtoku od vstříkovacího stroje po dutinu formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha byla ke všem dutinám stejně dlouhá a došlo k rovnoměrnému zaplnění všech dutin,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby po vyplnění tvarové dutiny bylo jádro ještě v plastickém stavu,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny.

Pro splnění těchto zásad je nutné splnit:

- zaoblit všechny ostré hrany vtokových kanálů minimálně $R = 1$ mm,
- stanovit úkosovitost vtoků pro jejich snadné odformování,
- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Drsnost nesmí klesnout pod $0,2 \mu\text{m}$,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem. [3]

3.1.7 Vtokové ústí

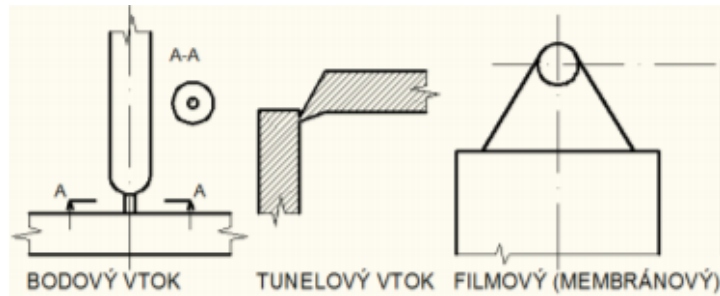
Vtokové ústí je část vtokového systému, která vede přímo do dutiny formy. Vtokové ústí by mělo zaručit co nejmenší tlakovou ztrátu. Zúženým průřezem proudí elastomerní směs rychleji, tím dochází ke zvýšení teploty směsi, což vede ke zkrácení vulkanizační doby. Vadou příliš krátkého vtokového ústí nebo vedeného úkosovitě až do tvarové dutiny formy je brzké rozšíření jeho profilu otěrem proudící směsi, což má za důsledek změny tlakových poměrů, a tím změny vulkanizačních časů, ale také nebezpečí zpětného toku elastomerní směsi, menší životnost formy.

Pozice vtokového ústí je důležitější než jeho velikost a typ. Vtokové ústí se umísťuje:

- do nejtlustšího místa výstřiku. Tavenina by měla téci vždy od největšího průřezu do nejmenšího,
- do geometrického středu dutiny tak, aby se dutina zaplňovala rovnoměrně,
- u výstřiků se žebry by měla tavenina proudit ve směru jejich orientace,
- mimo místa, která jsou vysoce namáhána nebo jsou to opticky činné plochy výstřiku,
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny formy,
- s ohledem na zamezení volného toku taveniny a tím turbulentního plnění dutiny,
- aby stopa po odstranění vtoků nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku.

Nejčastější druhy vtokových ústí:

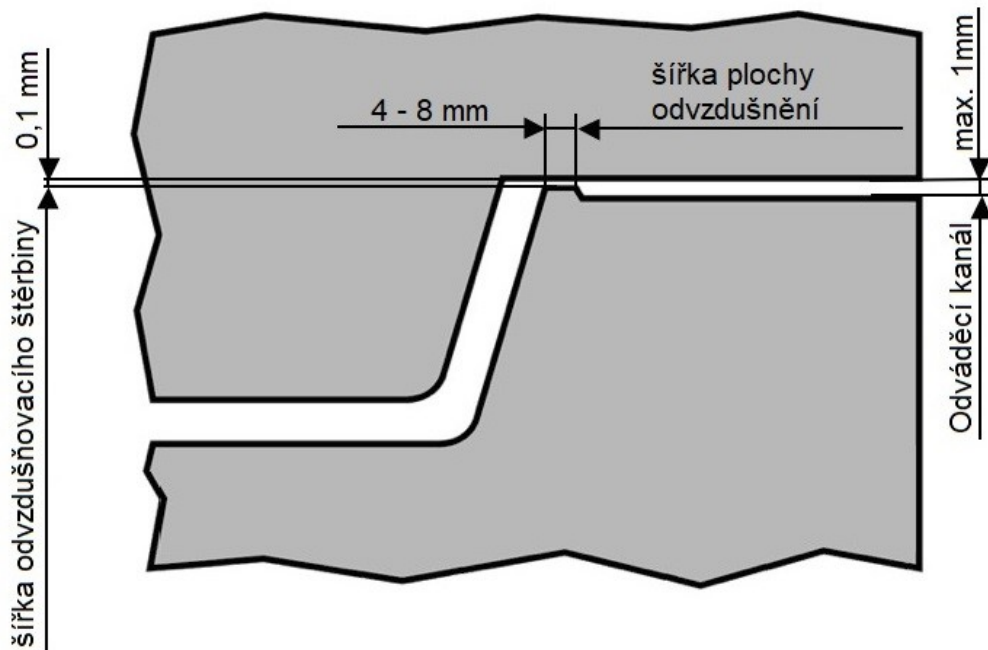
- Bodové vtokové ústí potřebuje zpravidla třetí desku formy. Výhoda tohoto provedení je v tom, že při otevření formy se automaticky oddělí vtokové ústí od výstřiku.
- Tunelové vtokové ústí se použije, když plnění tvarové dutiny nemůže být provedeno v dělicí rovině formy a to z důvodu funkčních nebo vzhledových. Výhodu si zachovává jako bodové vtokové ústí.
- Membránové vtokové ústí se používá pro kruhové výstřiky menších rozměrů. Výhodou je rychlé zaplnění dutiny vtokovým ústím, které je po celém obvodu výstřiku. Nevýhodou je větší vtokový zbytek.
- Vějířové ústí má výhodu při vstřikování malých tloušťek a elastomerních směsí s malou viskozitou. Výhody i nevýhody jsou obdobné jako u membránového vtokového ústí.
- Prstencové vtokové ústí má tvar mezikruží a využívá se pro vstřikování dutých rotačních výstřiků. [3]



Obr. 28 Typy vtokového ústí [3]

3.1.8 Odvzdušnění dutiny formy

Odvzdušnění dutiny formy je důležité hlavně u výstříků s členitým povrchem. Odvzdušňovací štěrba se umísťuje do míst, kde materiál zatéká naposled. U souměrných výstříků se odvzdušňovací štěrba umísťuje naproti vtokovému ústí. Odvzdušňovací štěrba má tloušťku 0,1 mm po přetokovou drážku a potom se rozšíří na 0,3 mm a vyústí do odlehčeného prostoru v dosedací ploše. [5]



Obr. 29 Odvzdušňovací štěrba [5]

3.1.9 Temperace forem

Formy se ohřívají zpravidla na teplotu 140 – 200 °C. Vyšší teplota zkracuje dobu vulkanizace. Teplota se udržuje s přesností ± 2 °C. Formy mívají vlastní zabudované topení nebo se vytápí od topných desek. [1]

3.1.10 Materiály forem

Forma musí splňovat hlavní kritérium a to je opakovatelnost výroby. Jsou na ni kladeny velké nároky a to jak na pevnost, houževnatost, opravitelnost, tepelnou odolnost tak i na životnost. Materiály, z nichž je forma vyrobena, závisí na vstřikovaném materiálu, přesnosti, zatěžování formy a povrchové úpravě formy. Forma se skládá z funkčních a pomocných dílů, proto se při výrobě forem volí různé materiály pro různé díly. Tvárník a tvárnice budou z nejlepších materiálů, protože budou vysoce vytěžovány, zatím co vyhazovací desky mohou být z klasické oceli, aby se snížily pořizovací náklady na vstřikovací formu.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Výběr těchto materiálů byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost univerzálním materiálům, to jsou takové, které mají široký rozsah užitečných vlastností. Takové druhy představují:

- Oceli vhodných jakostí,
- Neželezné slitiny kovu (Cu, Al apod.),
- Ostatní materiály (izolační apod.).

Oceli jsou nejvýznamnějším materiálem používaným na výrobu forem. Svoji pevností i dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit.

Optimální určení druhu oceli na konkrétní díl záleží na jeho funkci. Úspěšným předpokladem dostatečné životnosti a funkční vhodnosti je také účelná konstrukce, dostatečné rozměry, správné zacházení a údržba. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi.

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

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

- dobrou leštitelností a obrobitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům materiálu,
- vyhovující kalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,

- dobrou tepelnou vodivostí,
- houževnatostí,
- svařitelností,
- pevností v tlaku.

Z těchto podmínek plyne, že některé požadavky je nemožné dostat od jednoho druhu oceli. Je tedy nutností vybírat takové oceli, které se těmto podmínkám co nejvíce přibližují. Samotné materiály se dělí na několik tříd kvality materiálů. Pro formy s dlouhou životností se volí materiály třídy A, zatímco pro prototypové formy, které mají životnost pár cyklů, se volí materiály třídy C-E.

Převážnou část spotřeby ocelí pro výrobu forem tvoří oceli konstrukční třídy 11 dle ČSN. Vyrábí se z nich méně namáhané díly jako jsou desky forem. Jsou to především oceli 11 500, 11 600 a 11 700. Z třídy 12 jsou to především oceli 12 050, 12 060, 12 061, ty se používají pro desky forem s větší pevností a životností. Zušlechťují se na tvrdost 55 HRC. Pro části forem, jako jsou tvarové vložky, vtokové vložky a vodící prvky se používají oceli 14 220, 15 260, 19 015, 19 436, 19 437, 19 486, 19 550, 19 552, 19 786. Tyto materiály se používají ve stavu přírodním nebo zušlechtěném. Jako antikorozi ocel se nejčastěji používá 17 029 s výslednou tvrdostí po kalení až 51 HRC.

Pro prototypovou formu se běžně volí materiály nižší kvality, protože není požadován vysoký počet cyklů. Je možné si dovolit použít i slitiny hliníku, které jsou lehce zpracovatelné a samotné ceny slitin hliníku jsou nízké. Tvrdost dutiny formy by měla být vyšší než 22 HRC. [1]

4 ÚDRŽBA

4.1 Čištění forem

Usazeniny nečistot a separátorů způsobují vznik nežádoucích skvrn a otřepů na výsledných výrobcích. Také je obtížnější dodržet rozměrové tolerance dílů, což může vést ke zvýšení procenta výroby zmetků. Znečištěné formy mají negativní dopad nejen na kvalitu, ale i na produktivitu. Pryžové díly se přichycují k formám a jdou obtížně vyjmout, což prodlužuje trvání výrobního cyklu, a v některých případech může v důsledku nánosů ve formě dojít k jejímu přeplnění, což následně může způsobovat vnitřní deformace nástrojů.





Je prokázáno, že při použití technologie tryskání suchým ledem lze zkrátit dobu čištění forem v gumárenství až o 75 %, takže je více produktivního času. Při použití systému tryskání suchým ledem není nutno při čištění formy demontovat a pak je znovu instalovat, což výrazně zkracuje trvání odstávek. [6]

4.1.1 Tryskání plastovými částicemi

Tento způsob úpravy povrchu, při kterém se pod tlakem tryská neabrazivní materiál na čišťený povrch, je podstatně rychlejší a efektivnější než používané chemické procesy a podstatně šetrnější, než je čištění křemičitým pískem, drceným sklem, měkkým kovem nebo ostatními abrazivními materiály. Výhoda tohoto způsobu čištění je úprava bez poškození, bez změny povrchu při zachování tvaru a rozměru.

Plastové médium lze použít pro volné tryskání ale i pro tryskání v uzavřených kabinách. Při tryskání v uzavřených kabinách se používá stlačený vzduch o tlaku 4 barů. Efektivita čištění závisí na typu media, velikosti trysky, vzdálenosti trysky od dílu a typu odstraňovaného povlaku. Při tryskání dochází k opotřebení zrn media až do velikosti prachu. Pro optimální čištění je nutná směs velkých i malých zrn media. Výhodou je možnost volby tvrdosti a zrnitosti media, tedy optimální variantu čištění. [15]

Tabulka 2 – Druhy abraziv

Materiál	Polyester Reaktoplast	Melamin Termoplast	Poly allyl diglycol carbonate	Akryl Termoplast
Tvrдость	3.0 (Mohs)	4.0 (Mohs)	3.0 (Mohs)	3.5 (Mohs)
Hustota	1.15-1.25	1.47-1.52	1.28-1.33	1.10-1.20
Vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> • bezpečné pro měkké kovy • ideální pro tenké nebo jemné povrchy • odolný vůči statickým nábojům • nízká prašnost 	<ul style="list-style-type: none"> • ideální na oceli a chromované části • odstraňuje silné nánosy 	<ul style="list-style-type: none"> • rychlejší řezná rychlost, ale bezpečná pro citlivé kompozity • průhledný, čistý • dlouhá životnost abraziva 	<ul style="list-style-type: none"> • bezpečný pro kompozity
				

4.1.2 Tryskání suchým ledem

Suchý led je pevné skupenství CO_2 jeho teplota dosahuje $-78,5\text{ }^\circ\text{C}$ a za normální teploty netaje, ale sublimuje – přechází z pevného skupenství do plynného, aniž by zkapalnil. Dále při atmosférických podmínkách je oxid uhličitý bezbarvý, chemicky inertní plyn, který nevyvolává korozi.

Princip metody spočívá v tryskání částic suchého ledu pod vysokým tlakem, na povrch čistěného materiálu, kdy vrstva nečistot díky prudkému ochlazení křehne a následně pod tlakem dochází k snadnému odstranění nečistoty. Tlak se obvykle pohybuje mezi 12 – 20 bar. Suchý led se používá v podobě pelet (granulí). Pelety jsou malé kolíky z lisovaného sněhu suchého ledu. Tahle metoda je velice efektivní pro čištění různých druhů forem z důvodu vysokého teplotního rozdílu, v porovnání s čištěním vodou, nástroj nemusí být vychlazen nebo dokonce demontován. Hlavní výhodou této metody je, že jde o neabrazivní čištění.

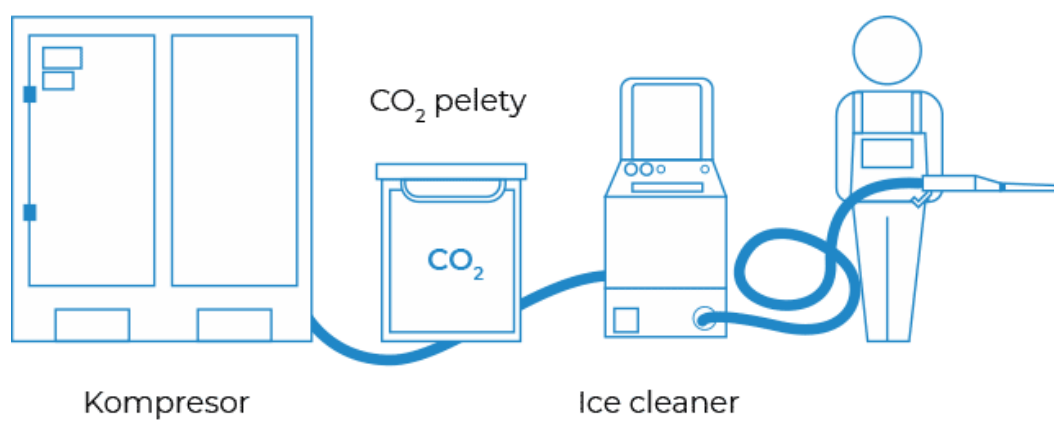
Výhody:

- neabrazivní metoda a elektricky nevodivá metoda čištění bez použití hořavin,
- neničí povrch,

- užitečná za jakékoliv teploty,
- není nutná demontáž,
- je šetrná vůči životnímu prostředí a není zdrojem žádných sekundárních odpadů, jako jsou rozpouštědla,
- je čistá technologie schválená k použití i v potravinářství.

Nevýhody:

- hlučnost,
- účinnost kompresoru. [16]



Obr. 30 Schéma stroje pro tryskání suchým ledem [17]

4.1.3 Ultrazvukové čištění povrchů

Čištění je prováděno na bázi kavitace – v čistícím médiu se vytváří miliony mikroskopických bublinek, které implodují (stahují se do sebe) a uvolněná energie strhává nečistoty a to jak z vnějších tak i vnitřních povrchů a to bez jakéhokoliv mechanického ovlivnění/poškození. Při správné volbě čistící lázně ve vaně čističky se nánosy nečistot odstraní bez jakékoliv rozměrové nebo tvarové změny, bez poškození desénů, leštěných ploch a to i při opakovaném čištění.

Doba čištění je v řádu minut, čistící lázně jsou na bázi organických rozpouštědel nebo na bázi vody. Ultrazvukové čistící zařízení se skládá z čistící vany, ultrazvukového generátoru a měniče. Ultrazvukový měnič, napájený z generátoru, transformuje vysokofrekvenční energii na akusticko-mechanické kmity. Absorpční látky (tedy medium a čištěné díly) v důsledku absorpce způsobují změnu ultrazvukové energie na tepelnou energii. To vyvolá zahřívání media při provozu. Vlivem změny teplot mezi čištěným předmětem a nečistotou dochází v místě jejich styku k částečnému oddělení, a tak se dostává čistící medium mezi styková místa

čištěného předmětu a nečistoty. Vniknutím čistícího media mezi nečistotu a plochu čištěného předmětu se rozrušují postupně síly vázící tyto dvě části k sobě až k úplnému oddělení. Vlivem podtlaku na místech s uvolněnou soudržností kapalných molekul dochází k porušení celistvosti kapaliny, následkem toho je, že vznikají v čistícím mediu bubliny. V následující půl periodě přechází okamžitá hodnota střídavého tlaku v kapalině přes nulovou hodnotu do kladných hodnot, čímž se vzniklé bubliny uzavřou a stlačí. Prudkým stlačením kulové bubliny vzniknou v jejím středu kulové vlny s vysokou mechanickou energií (několik tisíc atmosfér), které definitivně poruší vazbu mezi čištěným předmětem a nečistotou. Tento jev se nazývá kavitací. [18]

4.1.4 Termální čištění forem

Technologie teplotního čištění používá různé teplotní systémy k odstranění organických nečistot. Při odstraňování organických nečistot nedochází k poškození čištěných dílů. Nečistoty lze odstraňovat jak ze sestav, tak i z jednotlivých dílů o různých velikostech a geometriích.

Zařízení jsou šetrná k životnímu prostředí, mají vnitřní systémy čištění odpadních plynů, neznečišťují vodu, řídicí systémy minimalizují spotřebu elektrické energie.

V principu se používají zařízení, u nichž se k odstranění organických nečistot z teplotně odolných kovových dílů provádí jejich roztavením a rozkladem pod vakuem, teplotním rozkladem ve fluidním loži nebo termální oxidací.

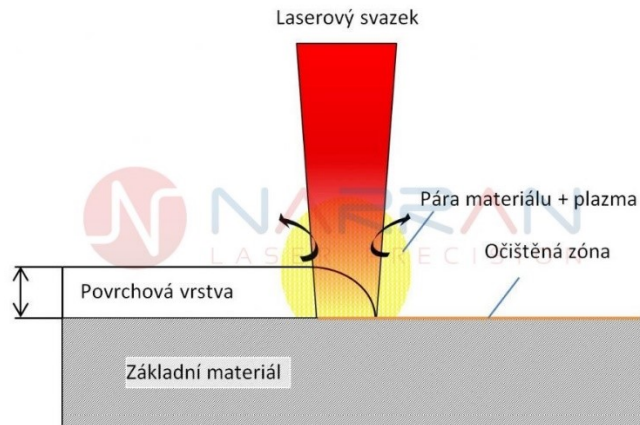
Největší využití má termální čištění v oblasti čištění plastikačních šneků všech zařízení využívajících šnekovou plastikaci - vstřikování, vytlačování. Při vstřikování se nejčastěji používá k čištění trysek vstřikovacích strojů, horkých systémů vstřikovacích forem, tedy pro díly znečištěné organickými látkami. [19]

4.1.5 Laserové čištění forem

Laserové čištění povrchů využívá laserové sublimace nežádoucích usazenin na čištěném povrchu. Tato technologie, kromě zdroje energie na provoz laseru nepotřebuje žádné další prostředky, jako například rozpouštědla nebo mechanické prostředky.

Laserové čistící systémy do čištěného povrchu vysílají za sekundu tisíce ultrakrátkých laserových pulzů, které jsou fokusovány do lineárního paprsku na šířku ústí čistící pistole. Vět-

šina energie laseru je absorbována povrchovou vrstvou a je okamžitě po absorbování přeměněna na energii tepelnou, která zajistí odpaření nečistot, a to při neporušení základního materiálu. Technologie je to velmi výkonná, rychlá, s výrazným potenciálem zejména ve vstříkovnách pracujících s leštěnými plochami forem – optický lesk, lesk výstřiků před galvanickým pokovením, před naprašováním odrazných ploch apod. Určitou nevýhodou je relativně vysoká pořizovací cena zařízení. [20]



Obr. 31 Laserové čištění - princip metody [20]

5 OPRAVY FOREM

Opravy opotřebovaných nebo mechanicky poškozených částí vstříkovacích forem lze, v zásadě, realizovat dvěma základními způsoby:

- nanášením kovu na poškozená místa,
- vložkováním opotřebovaných nebo porušených částí, respektive jejich výměnou.

Navařováním se nanáší kov na poškozená místa, návar se opracuje, a díl se dolícuje do sestavy vstříkovací formy. K opravám technologiemi navařování se používají navařovací metody, které v co nejmenší míře tepelně ovlivňují okolí návaru: laserové navařování, mikroplazmové navařování, impulzní svařování za studena, mikropulzní navařování elektrickým obloukem, vibračně pulzní navařování nebo robustnější metody navařování obloukem, obalovanou elektrodou typu WIG, MIG, MAG apod.

Navařování chybějícího objemu kovu z poškozených míst, odlomených nebo opotřebovaných hran, trhlin apod. se provádí dodáním přídavného materiálu ve formě drátů, pásků, prášků. Složení přídavných materiálů musí odpovídat složení a tepelnému zpracování (tvrdosti) základního, opravovaného materiálu dílu formy. Před navařováním je nutno opravované místo dobře očistit a odmastit, aby se předešlo nežádoucím defektům - bublinám, nedovařeným místům, trhlinám atd. Rychlé roztavení malého objemu přídavného navařovaného kovu i základního opravovaného materiálu zajistí i jejich rychlé ochlazení a zakalení do jemné struktury ve velmi malém, tepelně ovlivněném objemu.

Druhá, nejčastější, opravárenská metoda při opravě vstříkovacích forem je, již uvedené, vložkování nebo výměna dílů. Výroba vložek může probíhat klasicky metodami třískového obrábění s následným tepelným zpracováním a dolícováním do tvarů formy nebo je možno použít technologie DMLS-Direct Metal Laser Sintering. Tato aditivní metoda používá pro vstupní data formát .stl, materiál pro opravu – buď nanášení přímo na poškozený díl, nebo výrobu nové části formy - 1.2709, který se garantovaně spojí opět s 1.2709 nebo 1.2343. V případě, že se kovový prášek laserem nanáší přímo na opravovanou tvarovou část formy, musí tato být nejvyšším místem opravované části a musí být rovnoběžná se základnou nanášecího stroje (nutnost přejíždění ramene stroje nad dílem při stavbě poškozeného místa). Jakost povrchu nově vystavěného objemu je R_a 12,5 a dostavba se obvykle provádí s přídavkem na další obrobení - CNC, elektroerozivní (EDM), leštění atd. Nově vyrobenou část je možno tepelně zpracovat na tvrdost 32 – 54 HRC. [19]

5.1 Opravy navařováním

Obnova poškozené součásti z hlediska:

- tvarového (opravení odlomených částí, doplnění povrchových opotřebení),
- funkčního (odolnost proti opotřebení, třecí vlastnosti, odolnost proti vysokým teplotám),
- provozní schopnosti,
- bezpečnosti.

Poškození povrchových vrstev je hlavní příčinou vyřazování opotřebovaných součástí z provozu. Toto poškození lze přepokládat u přibližně 80 – 90 % vyřazených strojních dílů.

Navařování je významnou technologií renovací opotřebovaných součástí, při které se získávají původní rozměry a tvar součásti se stejnými, ale často lepšími vlastnostmi povrchu, a tím výrazně vyššími užitnými vlastnostmi. [19]

5.1.1 Navařování TIG/WIG

Svařování elektrickým obloukem se provádí netavicí se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu-obvykle argon nebo směs argonu a dalších plynů.

Výhody metody - velmi dobré možnosti dávkování množství svarového kovu-přidavný materiál ve tvaru drátu o různých průměrech, v kombinaci s dobrou regulovatelností elektrického oblouku dává možnost provádět velmi kvalitní spoje a návary. Kontrola svarové lázně, dobrá modelovatelnost svarové housenky = spolehlivý svár s minimální nutností dodatečného opracování. Svar a jeho okolí je bez rozstříku svarového kovu, svar je pevný s dobrou difuzí, bez závarů a s minimálními deformacemi.

Svařované materiály - oceli, bronz, hliník. Zkratky TIG a WIG vyjadřují v různých jazycích totéž:

TIG = WIG,

Tungsten Inert Gas = Wolfram Inert Gas. [19]

5.1.2 Navařování laserem

Metoda spočívá v soustředění elektromagnetického zařízení viditelného světla na malou plochu do místa svaru. Laser je generátor paprsků vysoké intenzity. Z generátoru, jehož zákla-

dem je xenonová výbojka a rubínový krystal, vychází mnohonásobně zesílený světelný paprsek, který je do místa svaru soustředěn čočkou. Přeměnou energie záření na energii tepelnou se místo dopadu ohřeje na teplotu značně převyšující teplotu svařování. Výhoda této metody spočívá v minimálně ovlivněné svarové ploše, dále schopnosti svářet mikro plochy a možnost svářet různé materiály, které nelze svařit jinými způsoby. [19]

5.1.3 Navařování plazmatem a mikroplazmatem

Svařování a navařování plazmou je metoda, která se již používá relativně dlouhou dobu. Plazmový paprsek dosahuje vysokých teplot až 15 000 °C a hustota energie plazmatu se pohybuje kolem 106 W.cm⁻². Rychlost ohřevu tímto zdrojem tepla je tedy velmi vysoká a vnesené teplo do základního materiálu je nízké. S tímto souvisí i malá tepelně ovlivněná oblast, nízká úroveň deformací, minimální natavení základního materiálu a velmi malé promísení návaru se základním materiálem. Vrstva promísení nad 10 % je maximálně do 0,5 mm od rozhraní základního materiálu – návar. Požadované vlastnosti návaru, které jsou dány složením přídavného materiálu, lze očekávat od tloušťky návaru cca 1 mm.

Výhody navařování plazmatem:

- návary bez pórů, bublin a ředin s metalurgickým spojením se základním materiálem,
- velmi malé přídavky na opracování návaru cca 0,5 mm,
- velmi vysoká výtěžnost práškových přídavných materiálů (nad 90 %),
- možnost automatizace.

Jako přídavné materiály se používají především slitiny kobaltu, niklu a vysokolegovaných ocelí s tvrdostí od 250 HB do 70 HRC a tepelnou odolností vybraných superslitin do 90 °C.

Plazma jde stabilně využívat i při nízkých proudech., kdy tzv. mikroplazma umožňuje svařování i při proudech 0,05 A a energií paprsku soustředěnou na malou plochu. Této možnosti se využívá pro navařování střížných hran a obráběcích nástrojů pomocí nástrojových ocelí, případně slitin, na bázi kobaltu nebo niklu. Mikroplazma lze také použít pro navařování plošných návarů například poškozených vtokových kanálků, erodovaných stěn forem nebo funkčních ploch při jejich poškození. [19]

5.1.4 Impulzní navařování

Princip impulzního navařování je založen na tavení přídavného materiálu elektrickými impulsy rotující elektrody. Zdroj dává krátký, ale velmi vysoký proudový impuls, proud je 20 – 1100 A, doba impulsu je v mikrosekundách.

Frekvence proudových impulsů je velmi malá (cca 0,5 s), takže nedochází k difúzi tepla do materiálu a teplota okolí svaru se udrží pod teplotou popouštění nástrojových ocelí. Tloušťka návaru se pohybuje mezi 0,1 – 0,4 mm a v případě požadavku větší tloušťky se navařuje několik vrstev. Požadovaný tvar povrchu se dosáhne použitím vhodného rozměru elektrody a regulací parametrů svařování (proud, taktová frekvence, impuls).

Přídavné materiály se dodávají ve formách:

- prášku zrnitosti 100 μm ,
- pásky o tloušťce 0,1 – 0,2 mm a šířce 5 – 30 mm,
- drátky o průměru 0,2 – 0,4 mm.

Pro tuto technologii je nabízeno velké množství přídavných materiálů. Proto lze snadno zajistit to, že pro opravu dílu se zvolí stejný materiál, jako je materiál opravovaného dílu.

Tato metoda se používá již od roku 1990 k opravám funkčních ploch forem na polymery.

[21]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

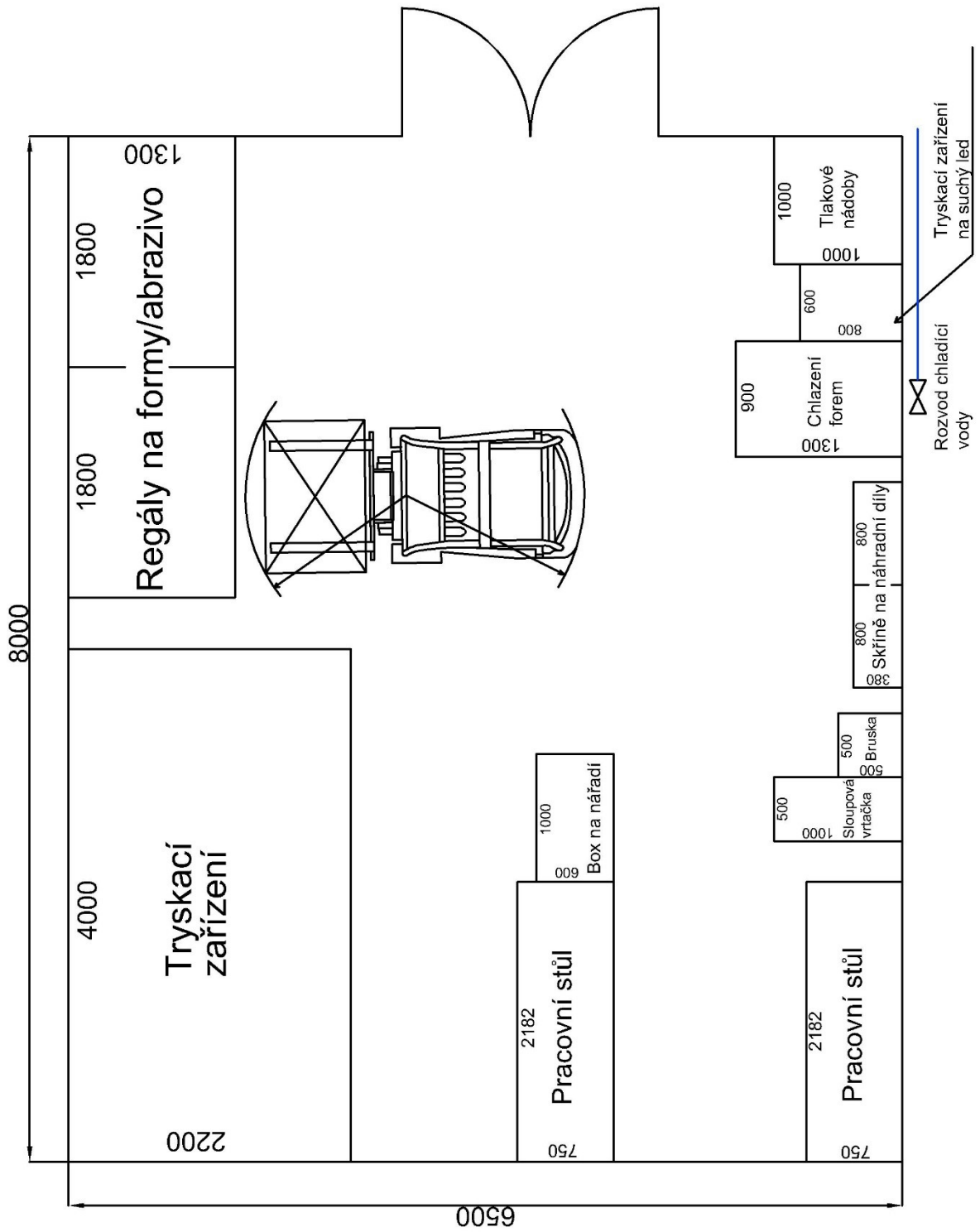
- navrhnout prostory nové údržby pro elastomerní vstřikovací formy,
- kalkulace investice.

Cílem bakalářské práce je návrh prostorů, aby byly dodrženy normy a bezpečnostní kritéria pro práci. Údržba je navrhována pro menší výrobní závod, kde se nachází maximálně pět vstřikovacích strojů. V prostorách se nachází skladovací místo na šest forem.

První část ukazuje prostory a popisuje zde postup práce. Nejdůležitější stoje, které jsou tryskače jsem zvolil nejlevnější z poptávkového řízení. Druhá část se zabývá kalkulací investice, s popisem nejdůležitějších věcí.

7 NÁVRH PROSTORŮ PRO ÚDRŽBU

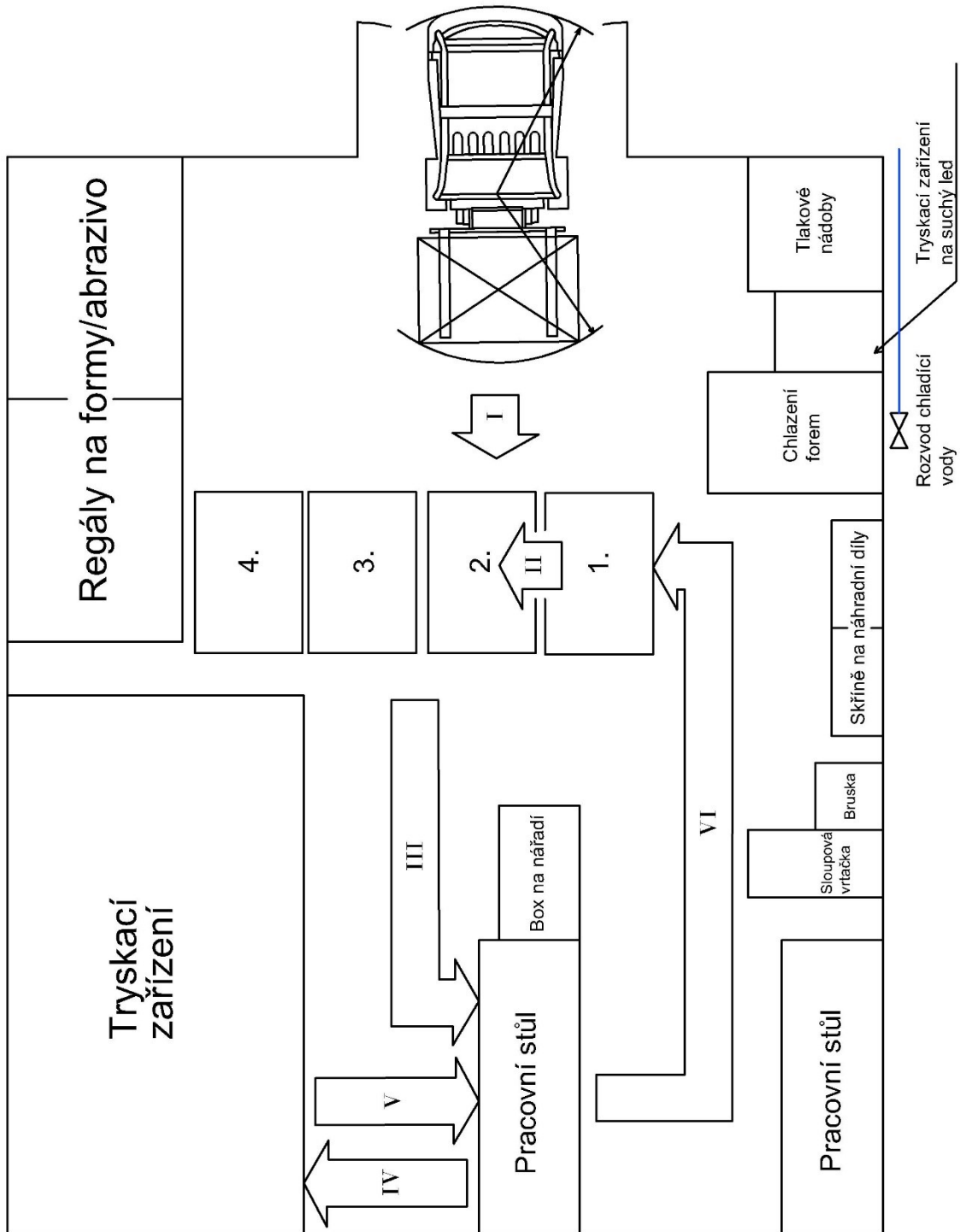
V prostorách celé údržby se nachází mostový jeřáb, který umožňuje manipulaci.



Obr. 32 Layout prostorů údržby pro elastomerní vstřikovací formy

7.1 Popis postupu práce na údržbě

Pracovní postup je pevně stanovený manuál vedením údržby, který musí operátor údržby striktně dodržovat.



Obr. 33 Layout s kroky postupu údržby

Po ukončení sériové produkce údržba demontuje celou formu ze stroje, avšak v některých případech blok studených kanálů zůstává osazen, protože může následovat výroba s formou kde jsou kanály navrženy stejně, aby se ušetřilo a stačí tedy jeden blok studených kanálů na více forem. Dále se práce dělí na několik kroků.

Krok I: Přivezení formy na paletě pomocí vysokozdvíhného vozíku do prostorů údržby. Dále se pokračuje v případě, že je forma vyhřátá chlazením a to z toho důvodu, aby nedošlo k zvlukanizování elastomeru v rozvodných kanálcích.



Obr. 34 Chlazení formy

Krok II: Po ochlazení, následuje rozložení formy na více částí (například 1. spodní část formy, 2. středový díl formy, 3. horní část formy, 4. blok studených vtokových kanálků). Rozložení se provádí pomocí mostového jeřábu.

Krok III: Následně podle potřeby je již možnost přesunu jednotlivých částí formy postupně na pracovní stoly. Zde proběhne příprava k otryskání plastovými částicemi.

Krok IV: Jeden z posledních kroků je samotné otryskání dílů formy.

Krok V: Po otryskání se forma zkontroluje. Kontrolu provádí operátor údržby, který postupuje podle stanoveného plánu údržby. Nalezené závady opraví a dokumentaci přiloží k formě. Všechny pohyblivé části jako jsou například vodící čepy musí být dostatečně promazány.

Krok VI: Posledním krokem je opětovná montáž formy.

Kompletní opravená forma se ukládá do skladu forem. Každá taková forma musí být viditelně označena a měla by obsahovat historii formy (kdy byla uložena, seznam opravených závad ...).

7.2 Seznam předmětů ke koupi

Tryskací zařízení na plast jsem zvolil od firmy Subter, typ zařízení MBT 4848 PC/DP850. Z poptávek vytvořených v rámci téhle bakalářské práce to byla nejlevnější a dostačující varianta. Stroj obsahuje pomocný otočný stůl pro usnadnění manipulace s formami. Taktéž obsahuje prachové kolektory, díky kterým nedochází k prašnosti v prostorách údržby.



Obr. 35 Tryskací zařízení na plast [22]

Tryskací zařízení na suchý led jsem zvolil od firmy Karcher, typ zařízení IB7/40. Tahle metoda se využívá pro čištění v provozu, jinak by forma musela být demontována, což přispívá k úspoře času.



Obr. 36 Tryskací zařízení na suchý led [23]

Tabulka 3 – Seznam zařízení pro čištění forem

Čištění		
Název	Výrobce	Cena [€]
Tryskací zařízení	Subster	30 452
Tryskací zařízení na suchý led	Karcher	17 500
Celkem		47 952 €

Svářečku, kterou jsem zvolil je od firmy Stamos power, typ S-ALU 220 PRO. Byla zvolena metoda svařování TIG/WIG, protože tato metoda je dostatečná pro většinu poškození forem. Svářečkou je možno navařit i malé hrany, kdy stržení těchto hran je nejčastější závadou v tvarových dutinách forem. Ke svářečce bude potřeba ochranný plyn. Doporučuje se používat inertní plyny, jako je argon a hélium.

Pro malé formy nebo závody s velkým množstvím vstřikovacích forem se doporučuje koupě laserové svářečky.



Obr. 37 Svářečka TIG/WIG [24]

Navařený materiál v dutině formy se musí mnohdykrát doupravit. K tomu používáme přímou brus-ku, která potřebuje takové nástavce, které odpovídají tvaru broušené plochy.

Tabulka 4 – Seznam zařízení pro opravy forem

Opravy				
Název	Výrobce	Typ	Ks	Cena
Svářečka	Stamos power	S-ALU 220 PRO	1	638
Sloupová vrtačka	Optimum	B 26 PRO	1	846
Stojanová bruska	Makita	GB 801	1	178
Vrtačka	Narex	EV 13 G-2	1	165
Aku vrtačka	Narex	ASP 18-2A (T-Loc)	1	409
Úhlová bruska	Narex	EBU 125-10	1	86
Přímá bruska	Narex	EBD 30-8 E	1	259
Sada leštících kartáčů pro přímou brusku	MoldShopTools		2	48
Brousící nástavce pro přímou brusku Velikost: 3/32 x 1/4	MoldShopTools		10	10
1/8 x 3/8			10	10
1/4 x 1/2			10	10
1/2 x 3/4			10	10
Celkem				2 669,00 €

Pro manipulaci v prostorech údržby jsem vybíral ze tří možností.

První: Manipulace pomocí ručních paletových zakladačů. Tahle varianta vycházela nejhůře, protože vyžaduje mnohem větší tolerance na prostor, ale z cenového hlediska nejlevnější. Ovšem důležitým kritériem je i čas, kdy tahle metoda je nejhorší.

Druhá: Manipulace pomocí mostového jeřábu. Tahle metoda nejvíce šetří čas a prostor, ale je to dražší metoda.

Třetí: Kombinace sloupového otočného jeřábu a ručního paletového zakladače. Tuhle variantu jsem bral v potaz taktéž, protože dle úvahy by měla být levnější a dostačující místo mostového jeřábu. Ovšem pro min nosnost 2,5t jsou ceny takřka srovnatelné s mostovými jeřáby.

Výsledná volba je mostový jeřáb. I k vyšší pořizovací ceně ušetří vysoce čas a mnohonásobně usnadní práci.

Tabulka 5 – Seznam zařízení údržby

Zařízení údržby				
Název	Výrobce	Typ	Ks	Cena
Mostový jeřáb	AZ-jeřáby		1	16 000
Zvedací magnet (nosnost - 2 tuny)	Walmag	NEOL2000	2	2 600
Paletový regál			2	1 944
Pracovní stůl	USAG	519 RD2 H1	2	5 499
Box na nářadí (nevybavený)	USAG	519 R6/4V	1	1 283
Skříň	Abstore		2	423
Celkem				27 749 €

Tabulka 6 – Seznam ručního nářadí údržby

Nářadí			
Název	Výrobce	Ks	Cena
Sada klíčů	PreciTool	2	166
Univerzální klíč	PROJAHN	2	48
L-klíče, imbus	Wera	2	46
Gola sada	Hazet	2	659
Šroubováky	Bahco	2	51
Půlkulaté kleště s břity	PreciTool	2	35
Kombinované kleště	PreciTool	2	36
Sika kleště	Knipex	2	32
Boční štípací kleště	PreciTool	2	35
Kleště na pojistné kroužky	Knipex	2	308
Svěrka s rovnými čelistmi	PreciTool	2	25
Páčidlo	Rennsteig	2	20
Důlčík	Rennsteig	2	12
Kladivo 500g	Stanley	2	49
Kladivo 1000g	Stanley	2	73
Gumová palice	PreciTool	2	80
Nylonové kladivo	Wera	2	45
Svěrák	PreciTool	2	725
Stojan svěráku	PreciTool	2	332
Prodlužka 220V 10m	AS	1	19
Prodlužka 220V 25m	AS	2	86
Prodlužka 400V 25m	AS	2	231
Světlo + nabíječka	Scangrip Lighting	2	146
Smetáček	NOLLE	2	3
Lopatka	NOLLE	2	7
Smeták	NOLLE	2	14
Násada na smeták	NOLLE	2	6
Maska na sváření	EWO	2	229
Ofukovací pistole	PreciTool	2	24
Vzduchová hadice	SANG-A	2	87
Vrtáky 1-13 klasické	PreciTool	2	255
Vrtáky 1-13 vyšší kvalita	PreciTool	2	699
Závitníky	ECO LINE	2	822
Celkem			5 403 €

Tabulka 7 – Seznam chemických prostředků

Chemické prostředky		
Název	Výrobce	Cena
Odmašťovač 400ml  Obr. 38 Odmašťovač [25]	Motul	4
Konzervační prostředky  Obr. 39 Konzervační prostředky [26]	Chem Trend	7
Maziva  Obr. 40 Maziva [27]	Chem Trend	20

I přesto, že jsou vstříkovací formy nástroje celokovové, je nutné s nimi zacházet velmi obezřetně. Z toho důvodu se pro čištění zásadně používají specializované chemické prostředky. Jejich účelem je odstranění olejových nánosů a konzervačních vrstev. Velmi účinné jsou zejména v kombinaci s brusnými rouny různých zrnitostí.

Konzervační prostředky slouží k ochraně povrchu před nežádoucími vlivy vnějšího prostředí. Používají se například při převážení forem ve venkovním prostředí, při dlouhodobé odstávce nástroje.

Mezi přední výrobce lze zařadit firmu Chem Trend (řada Protect).

Vstříkovací forma je vysoce namáhaný nástroj. Z toho důvodu je nutné u většiny kinematických vazeb použít velmi kvalitní maziva. Ta se proto, stejně jako čisticí prostředky, používají specializovaná pro nástrojařskou praxi. Mazivo musí zachovat své vlastnosti i při vysokých teplotách.

Lepidla	Loctite	14
 <p data-bbox="475 792 740 831">Obr. 41 Lepidla [28]</p>	<p data-bbox="900 300 1378 479">Průmyslová lepidla se v nástrojařské praxi používají velmi často a to hlavně pro upevňování a utěšňování spojů. Své uplatnění tak nachází například při utěšňování zátek a přepážek chladicích okruhů.</p> <p data-bbox="900 517 1378 636">Mezi přední výrobce lze jednoznačně zařadit firmu Loctite, jejíž lepidla jsou velmi kvalitní a nacházejí uplatnění snad ve všech průmyslových odvětvích.</p>	
Brusný olej	Lansky	4
 <p data-bbox="459 1256 772 1294">Obr. 42 Brusný olej [29]</p>	<p data-bbox="900 927 1378 1128">Při broušení pomocí brusných a leštících kamenů je velmi vhodné použít brusný olej. Tento olej zvyšuje brusný výkon, odplavuje nečistoty, čímž nedochází k zanášení brusného kamene a zajišťuje rovnoměrně lesklý broušený povrch.</p>	
Celkem		49 €

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést rešerši problematiky vstřikování, opravy a údržby elastomerů.

Teoretická část je rozdělena na několik částí. Jedna z částí je popis samotného vstřikování elastomerů, chování a vlastnosti materiálu v průběhu vstřikování. Následně jsou popsány zásady konstrukce vstřikovací formy pro elastomery se zaměřením na prototypové formy. Rovněž jsou v této části shrnuty nejčastější používané materiály pro formy a doporučené materiály pro prototypové formy. Hlavní část práce se zabývá čištěním a opravami forem. Nejčastější způsob opravy je navařování, kdy je popsáno několik metod, jelikož nejideálnější metoda je navařování laserem, ale je to i ta nejdražší a častokrát vzhledem k počtu forem v závodě se nevyplatí a volí se jiné metody, například navařování pomocí TIG/WIG.

V praktické části jsou navrženy nové prostory údržby pro elastomerní vstřikovací formy s orientační investicí při realizaci. Zařízení je voleno podle specifikací „firemní formy“. Pro opravy navařováním je zvolena metoda TIG/WIG, protože návrh je pro menší výrobní závod. Na čištění je zvoleno tryskací zařízení na plast s pomocným otočným stolem pro usnadnění práce, a pro čištění v provozu je zvoleno tryskací zařízení na suchý led.

Při návrhu prostorů jsem se řídil předpisy, ale i svou dlouhodobou zkušeností jako operátor údržby. Pro usnadnění manipulace s formami v prostorách údržby jsem volil mezi konzolovým a mostovým jeřábem. Zvolil jsem mostový jeřáb, protože je cenově levnější, ale i usnadní a urychlí několikanásobně práci v celém prostoru údržby. Celková navržená investice za zařízení a vybavení prostorů údržby je 85000 €.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DVOŘÁK, Zdeněk a Jakub JAVOŘÍK. Konstrukce výrobků: Konstrukční materiály elastomerní a formy na jejich výrobu. Zlín, 2011, 152 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. a II. díl – Vstřikování termoplastů. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s a 212 s.
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk. Nástroje pro zpracování polymerů, vulkanizační formy. Zlín, 2013.
- [4] Základní principy konstrukce plastových dílů. Publi.cz – platforma pro multimediální eBooky neboli mKnihy [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/10.html>
- [5] Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy. Publi.cz – platforma pro multimediální eBooky neboli mKnihy [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/11.html>
- [6] MAŇAS, Miroslav, František TOMIS a Josef HELŠTÝN. Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikářské stroje. Díl 2. Brno: VUT, 1990, 199 s. ISBN 802140213X.
- [7] Šneky vstřikovacích strojů. Publi.cz – platforma pro multimediální eBooky neboli mKnihy [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/04.html>
- [8] Machine intensification ratio, calculating | Moldflow Insight 2017 | Autodesk Knowledge Network. Home | Autodesk Knowledge Network [online]. Copyright © Copyright 2019 Autodesk Inc. All rights reserved [cit. 14.03.2019]. Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/support/moldflow-insight/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/MoldflowInsight/files/GUID-09D7459C-9C22-4883-9D1E-62C9B14DF97C-htm.html>
- [9] EXNER, H. Základy hydraulických systémů a základní hydraulické komponenty. 3. vyd. G.L. Rexroth GmbH, 2005
- [10] https://www.desma.biz/fileadmin/user_upload/Mediathek/DESMA-ManualVolume1_EN-part.pdf
- [11] MARCÍN, Jiří. Vulkanizace. 2. dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977, 165 s. Knižnice dělníka v chemickém průmyslu.
- [12] EFE. LWB - STEINL MACHINERY [online]. Dostupné z: <https://www.lwb-steinl.com/en/technology/row-1/injection-units-for-elastomer-processing/efe/>

- [13] FlowControl/FlowControl+ - DESMA. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <https://www.desma.biz/en/cold-runner-technology/flowcontrol-flowcontrolplus.html>
- [14] Home - Rubber Injection Molding Machines - REP International [online]. Copyright © [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: http://www.repinjection.com/images/pdf/Turbocuretechnicalarticle_gb.pdf
- [15] : TRIBOLÓGIA : Otryskávání neabrasivním plastovým mediem. : TRIBOLÓGIA : [online]. Copyright © 2008 [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/metoda-otryskavani-neabrasivnim-plastovym-mediumem.html>
- [16] Gumárenství | Tryskání suchým ledem a zařízení pro výrobu suchého ledu od společnosti Cold Jet. [online]. Copyright © 2019 Cold Jet [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <https://www.coldjet.com/cz/industries/rubber.php>
- [17] Princip metody < EcoStations. EcoStations Čištění suchým ledem < EcoStations [online]. Dostupné z: <https://www.eco-stations.eu/princip-metody/>
- [18] Princip čištění ultrazvukem. Ultrazvukové čističky - ULTRASOUND.CZ [online]. Copyright © 2015 [cit. 29.04.2019]. Dostupné z: <https://www.ultrasound.cz/princip-cistení>
- [19] <https://www.technickytydenik.cz/priloha/5ab7b3998309b/lubomirzeman-5ab7b6dc8d398.pdf>
- [20] Laserové čištění – Narran s.r.o. – servis a prodej laserů. Narran s.r.o. – servis a prodej laserů [online]. Dostupné z: <https://narran.cz/laserove-cistení/>
- [21] [online]. Dostupné z: http://www.ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/ctv_techologie_vyroby_I_svarovani_kubicek.pdf
- [22] Maxi-Blast Inc. - Tryskací kabiny/MBT 4848 PC/DP850 s jednotkou na čištění forem | Subter Plus. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2015 Subter Plus s.r.o. [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: <https://www.subterplus.cz/cs/menu/stroje/maxi-blast/tryskaci-kabiny/mbt-4848-pc-dp850-s-jednotkou-na-cistení-forem/>
- [23] IB 7/40 Adv | Kärcher International. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: <https://www.kaercher.com/int/professional/dry-ice-cleaning/ib-7-40-adv-15740020.html>

- [24] Vybavení pro gastro, řemeslníky a průmysl | expondo.cz [online]. Copyright © 2007 [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: https://www.expondo.cz/stamos-power-2-sva-recka-na-hlinik-tig-ac-dc-220-a-digitalni-230-v-puls-10021056?gclid=CjwKCAjwwZrmBRA7EiwA4iMzBPVDYgK0DvNTt0rFF-DnQp4vTklTVoBJk1dM5_kLA63JCE4yPPexIthoC2J4QAvD_BwE
- [25] Motul P2 Brake Clean, 400ml — Autodily PEMA. Autodily, náhradní díly, motorové oleje, autobaterie, výfuky, levně [online]. Dostupné z: https://www.autodily-pema.cz/motul-p2-brake-clean-400ml-1?gclid=EAIAIQobChMIxPOnooqg4gIVi-J3Ch3m6g8JEAkYAiABEgJM4fD_BwE
- [26] Lusin Alro OL202F - Mould Sprays - Mouldshop. Products - Mouldshop [online]. Dostupné z: <http://mouldshop.co.uk/products/29-mould-sprays/500261-lusin-alro-ol202f/>
- [27] HSK Cleaner and Lubricant Lusin Lub PM1001 400ml | DamenCNC B.V.. [online]. Dostupné z: <https://www.damencnc.com/en/hsk-cleaner-and-lubricant-lusin-lub-pm1001-400ml/a2206>
- [28] LOCTITE 243 10ML: Loctite 243 threadlocking adhesive, medium-strength at reichelt elektronik. [online]. Dostupné z: <https://www.reichelt.com/de/en/loctite-243-threadlocking-adhesive-medium-strength-loctite-243-10ml-p94948.html>
- [29] Lansky Nathan's Honing Oil - olej na broušení nožů | Affekt.cz. Affekt.cz - outdoorové vybavení, potřeby pro turisty, horolezce [online]. Copyright © 2019 Outdoorový obchod s.r.o. [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: https://www.affekt.cz/p/lansky-nathan-s-honing-oil/?gclid=EAIAIQobChMIhfHpqZug4gIVA53tCh2i2QOQEAQYA-yABEgKnrPD_BwE

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

L/D	Poměr délky ku průměru šneku
d_v	vůle mezi válcem a šroubovicí [mm]
A	úhel stoupání závitu [°]
D	průměr válce tavící komory [mm]
w_c	šířka závitu [mm]
w_t	šířka šnekovnice [mm]
p	rozteč závitu šroubovice [mm]
d_c	hloubka kanálu [mm]
p_p	tlak hydraulické kapaliny [MPa]
S_p	plocha hydraulického pístu [mm ²]
p_v	vstříkovací tlak [MPa]
S_v	plocha výstřiku v dělicí rovině [mm ²]
k	koeficient bezpečnosti
A_h	plocha pístu [mm ²]
A_m	plocha čela šneku [mm ²]
P_h	tlak hydraulického oleje [MPa]
P_m	tlak taveniny [MPa]
p	tlak [MPa]
t	čas [s]
M_L	minimální kroutící moment [N.m]
M_H	maximální kroutící moment [N.m]
t_{s2}	zpracovatelská bezpečnost [min]
t_{s90}	optimum vulkanizace [min]
N	celkový počet kusů

t_c	doba cyklu [s]
t_p	doba produkce [s]
M	vstřikovací kapacita
m	hmotnost výstřiku [kg]
M_p	plastikační výkon
F_U	uzavírací síla [N]
S	průmět ploch dutin a kanálů do dělicí roviny [mm ²]
ΔT	rozdíl mezi vulkanizační a pokojovou teplotou
$\Delta\alpha_k$	rozdíl mezi teplotní roztažností kaučuku a materiálu formy
α_p^I	poměr mezi teplotní roztažností plniv a materiálu formy
α_α^I	poměr mezi teplotní roztažností látek rozpustných v acetonu a použitého kaučuku
WIG	Wolfram Inert Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
DMLS	Direct Metal Laser Sintering

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení polymerů [1]	11
Obr. 2 Vstřikovací cyklus elastomerů [6]	13
Obr. 3 Vertikální plnění plastifikační jednotky	14
Obr. 4 Šnek [10].....	15
Obr. 5 Pouzdro šneku [10].....	15
Obr. 6 Základní geometrické parametry šneku a jeho uložení v tavicí komoře, (d_v) vůle mezi válcem a šroubovicí, (A) úhel stoupání závitu, (D) průměr válce tavicí komory, (w_c) šířka závitu, (w_t) šířka šnekovnice, (p) rozteč závitu šroubovice a (d_c) hloubka kanálu. [7]	15
Obr. 7 Šneková plastifikace [6]	16
Obr. 8 Rozdělení uzavíracích jednotek [7]	17
Obr. 9 Hydraulická uzavírací jednotka: 1 – forma, 2 – hydraulický válec.....	17
Obr. 10 Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje [6].....	18
Obr. 11 – Elektro-mechanické uzavírací ústrojí [6]	18
Obr. 12 Profil toku taveniny [3].....	19
Obr. 13 Teplota proudu vstřikovaného materiálu [3]	19
Obr. 14 Vstřikovací ústrojí [8].....	20
Obr. 15 Tlakový průběh vstřikování.....	21
Obr. 16 Zpětný ventil s provedením kuličky [9]	21
Obr. 17 Řízený jednosměrný ventil s ovládanou kuželkou [9].....	22
Obr. 18 Teplotní pole formy pro elastomery [10]	22
Obr. 19 Reologická křivka vulkanizace [11]	23
Obr. 20 Tepelná historie materiálu při vstřikování.....	23
Obr. 21 Vstřikovací systém EFE od firmy LWB [12].....	25
Obr. 22 Vstřikovací systém FlowControl od firmy Desma [13]	25
Obr. 23 Vstřikovací systém 2TempInverter od firmy REP [14].....	26
Obr. 24 Schéma vertikálního vstřikovacího stroje [2].....	27
Obr. 25 Přechody různých tloušťek stěn [4]	33
Obr. 26 Konstrukce zaoblení a) správně, hrany jsou zaobleny b) špatně, hrany výrobku jsou ostré a obsahují zářezy [1]	33
Obr. 27 Dosednutí vstřikovací trysky na vtokovou vložku [3].....	34
Obr. 28 Typy vtokového ústí [3]	37

Obr. 29 Odvzdušňovací štěrba [5]	37
Obr. 30 Schéma stroje pro tryskání suchým ledem [17].....	42
Obr. 31 Laserové čištění - princip metody [20].....	44
Obr. 32 Layout prostorů údržby pro elastomerní vstřikovací formy	51
Obr. 33 Layout s kroky postupu údržby	52
Obr. 34 Chlazení formy	53
Obr. 35 Tryskací zařízení na plast [22].....	54
Obr. 36 Tryskací zařízení na suchý led [23].....	54
Obr. 37 Svářečka TIG/WIG [24]	55
Obr. 38 Odmašťovač [25].....	58
Obr. 39 Konzervační prostředky [26]	58
Obr. 40 Maziva [27].....	58
Obr. 41 Lepidla [28]	59
Obr. 42 Brusný olej [29]	59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Orientační hodnoty pro vstřikování elastomerních směsí [6].....	13
Tabulka 2 – Druhy abraziv	41
Tabulka 3 – Seznam zařízení pro čištění forem.....	55
Tabulka 4 – Seznam zařízení pro opravy forem	56
Tabulka 5 – Seznam zařízení údržby	57
Tabulka 6 – Seznam ručního náradí údržby	57
Tabulka 7 – Seznam chemických prostředků	58

SEZNAM PŘÍLOH

P I CD-ROM obsahující:

- textovou část bakalářské práce.