

Technologické aspekty vstřikování elastomerů

Nela Řehulková

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Nela ŘEHULKOVÁ
Osobní číslo: T10880
Studijní program: B2808 Chemie a technologie materiálů
Studijní obor: Chemie a technologie materiálů
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Technologické aspekty vstřikování elastomerů

Zásady pro vypracování:

Popište technologii vstřikování elastomerů z hlediska toho, jak se liší od klasického vstřikování termoplastů – technologické vybavení a procesní podmínky. Dále popište zastřikování termoplastů a kovových dílů elastomery – uveďte příklady. V další části stručně popište materiály, které se takto zpracovávají (zpracovatelské teploty, materiálové vlastnosti a aplikační použití). Uveďte konkrétní příklad výrobku, který se takto vyrábí a ukažte na něm specifika výrobního procesu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Sommer, John G.; **Engineered Rubber Products – Introduction to Design, Manufacture and Testing**; ISBN: 978-1-56990-433-6; 2009 Hanser Publishing
2. Drobny, Jiri George; **Handbook of Thermoplastic Elastomers**; ISBN: 978-0-8155-1549-4; 2007 William Andrew Publishing/Plastics Design Library
3. Sborníky ANTEC

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

16. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2015

Ve Zlíně dne 7. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Nela Řehulková

Obor: Chemie a technologie materiálů

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 14.5.2015


.....

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 už nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny v nahlašovací veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kam se má konat obhajoba práce. Žadký) a může se zveřejněné práce počítávat na své náklady výtisky, onyly nebo rozmnoženiny.

(3) Písi) Je odevzdaním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

⁴ 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, § 33 odst. 3.

(3) Na právo autorské také nezávažuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li náhod) 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 průběhu učení ke škole nebo školnému či vzdělávacímu zařízení (škola) dílo).

⁵ 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, § 66 Škola) dílo).

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 33 odst. 3). Odpírá-li autor takovému dílu užití) svobod) bez vádného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jana vde u soudu. Ustanovení § 33 odst. 3 zůstává nezářena.

(2) Není-li ujednáno jinak, může autor školního díla své dílo užití) poskytnout jánmu 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) splněku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla) poskytnul licenci podle odstavce 2 přiměřeně) přispel) na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k) výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje současné technologické možnosti vstřikování elastomerních směsí, a to od vstřikování jednoduchých dílů, až po náročné zastřikování kovových a termoplastických zálisků. V práci jsou zobrazeny a popsány konkrétní výrobky, které se takto vyrábí. Významnou část práce tvoří také zhodnocení rozdílnosti výrobního procesu a strojního vybavení určeného pro vstřikování termoplastických materiálů.

Klíčová slova:

elastomer, pryž, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, vulkanizace, zálisky,

ABSTRACT

Bachelor's thesis describes the current technological possibilities of injection moulding of elastomeric compositions, ranging from simple injection parts to the demanding back injection of thermoplastic and metal inserts. In this work are shown and described specific products that are produced in this manner follows. An important part is focused on the evaluation of differences of the production process and machineries required for injection moulding of thermoplastic material.

Keywords:

elastomer, rubber, injection mold, injection moulding machine, vulcanization, insert parts

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Lubomíru Beníčkoví, Ph.D a kolektivu firmy GM Plast s.r.o. za odborné vedení a konzultaci při tvorbě této BP.

Motto

„Život je škola pravděpodobnosti.“

Walter Bagehot

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ	12
1.1 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VSTŘIKOVÁNÍ	12
Výhody vstřikování	13
Nevýhody vstřikování	13
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	14
1.2.1 Uzavírací jednotka	15
Kloubový mechanismus.....	15
Hydraulický mechanismus.....	16
Vodící tyče	17
Upínací desky	17
Vyhazovací systém	18
1.2.2 Vstřikovací jednotka	19
Jednostupňový šnekový píst	19
Tavící komora	22
EUROMAP	22
1.2.3 Pohonný systém	23
1.2.4 Řídící jednotka	23
1.3 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	24
1.3.1 Návrh dutiny formy	24
1.3.2 Vtokový systém.....	24
1.3.3 Temperace forem	26
1.4 VULKANIZACE.....	26
1.4.1 Průběh vulkanizace	27
1.5 VÝROBCI VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ	28
2 VSTŘIKOVANÉ ELASTOMERY	29
2.1 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	29
2.1.1 Styren – butadien – styren SBS.....	29
2.1.2 Termoplastický polyuretan TPU	29
2.1.3 Ethylen – propylen – dien –monomer EPDM.....	29
2.2 KAUČUKY A SMĚSI	30
2.2.1 Přírodní kaučuk – NR.....	30
2.2.2 Syntetický kaučuk	31
2.2.3 Butadien – styrenové kaučuky – SBR.....	31
2.2.4 Butylkaučuky – IIR, BIIR, CIIR	32
2.2.5 Chloroprenové kaučuky – CR.....	32
2.2.6 Butadien – akrylonitrilové kaučuky – NBR	33
2.2.7 Etylen – propylen – dien –monomer EPDM.....	33
3 APLIKAČNÍ POUŽITÍ	34
3.1 ZASTŘIKOVÁNÍ KOVOVÝCH DÍLŮ A TERMOPLASTŮ ELASTOMERY.....	34
3.1.1 Opracování dílu	34
Odmašťování	35
Mechanické opracování.....	36

Chemické opracování	37
Spojovací prostředky	38
Způsob nanášení spojovacího prostředku.....	39
3.1.2 Zastříkování kovových a termoplastických dílů	39
3.1.3 Přísavky	41
3.1.4 Škrťící klapka	42
3.2 VSTŘIKOVÁNÍ PODEŠVÍ	43
3.3 TĚSNĚNÍ	46
3.3.1 O-kroužky	46
3.3.2 Gufera.....	47
3.3.3 Těsnění pro kanalizační systémy	48
3.4 DALŠÍ VÝROBKY.....	49
3.4.1 Kompenzátory	49
3.4.2 Silentbloky	49
II PRAKTICKÁ ČÁST	50
4 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTMORŮ – KRYT TLUMIČE	51
4.1.1 Pryžová směs.....	51
4.1.2 Technologický postup	53
4.1.3 Pracovní postup	54
4.1.4 Kontrola a měření.....	55
ZÁVĚR	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK.....	66
SEZNAM PŘÍLOH.....	67

ÚVOD

Polymerní materiály a výrobky z nich zhotovené vytvářejí nejvýznamnější část výrobního a spotřebního objemu, a to v důsledku jednoduchosti zpracování, finanční dostupnosti a užitkových vlastností. Obecně jsou polymery děleny dle jejich původu na polymery přírodní a syntetické, dále pak dle jejich složení a tepelných vlastností na termoplasty, reaktoplasty a elastomery. Navzdory převaze termoplastických výrobků se pryž stává nenahraditelným materiálem, zejména pro své nezaměnitelné vlastnosti, jako jsou jejich elasticita, ozónuvzdornost, mechanická, tepelná a deformační odolnost, plynová nepropustnost apod. Tato práce je zaměřena na zpracování elastomerních směsí, konkrétně na jejich vstřikování, které se stává v posledních letech oblíbeným způsobem tváření jak pro elastomerní, tak i termoplastické materiály.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Záměrem teoretické části je objasnění principu procesu vstřikování, zhodnocení rozdílnosti vstřikování elastomerních směsí oproti vstřikování termoplastů, a to z hlediska strojního vybavení a procesních podmínek, dále pak odhalení vlastností vstřikovaných elastomerních směsí, jako jsou jejich zpracovatelské vlastnosti, konkrétní možnosti využití, nebo tepelná použitelnost. Poslední kapitola teoretické části pak charakterizuje aplikační možnosti výrobků, od jednoduchých vstřikovaných těsnění, až po konstrukčně a výrobně náročné produkty zhotovené vstřikováním termoplastických a kovových dílů elastomerních směsí.

Cílem praktické části je poskytnutí specifik výrobního procesu vstřikování elastomerních krytů tlumičů, a to především vlastností elastomerní směsi, technologický postup výroby, způsoby kontroly a měření, apod.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ

1.1 Technologický postup vstřikování

Pomocí procesu vstřikování je zpracováváno značné množství termoplastických, elastomerních a jiných výrobků. Při použití této technologie je možné získávat již kompletní finální díly v jediné operaci a právě v tomto ohledu se vstřikování nejvíce liší od ostatních výrobních procesů.

Vstřikovací cyklus lze popsat velmi jednoduše. Obecně řečeno jde o převedení pevného materiálu za pomoci teploty a hnětení ve vstřikovací stroji na taveninu, která je poté vstřikována do dutiny formy, jež udává tvar výrobku. [1]

Směs určená ke vstřikování se do stroje dodává buď ve formě pásků, nebo granulátů a i tato metoda má kladný vliv na rychlost výrobního procesu např. oproti lisování. Teplotu potřebnou k plastifikaci získáváme jak vyhříváním plastikační komory, tak hnětením směsi. [2]

Materiál se tedy nad jeho bodem tání stává taveninou s relativně nízkou viskozitou, jež při vstříknutí do dutiny formy umožňuje její úplné zaplnění. [1]

Směs zůstává v uzavřené formě po takovou dobu, dokud u termoplastů a TPE nedojde k zafixování tvaru ochlazením, u kaučukových elastomerů k vulkanizaci. Při dostatečném ochlazení/zahřátí výrobku se forma otevírá a dochází k vyhození dílu, obecně nazývaného jako výstřiku, za pomoci vyhazovačů. Poté se celý cyklus vstřikování opakuje. [3]

Avšak v praxi dochází k mnoha složitým dílčím operacím, jež se ve vstřikovacím stroji odehrávají, což se odráží i na pořizovací ceně strojního vybavení. Ale i přes tento handicap se vstřikování stává ekonomicky výhodným procesem tváření a to zejména pro možnost utváření finálních výrobků, které nepotřebují žádné další dokončovací operace, rychlost výrobního cyklu a v neposlední řadě možnost násobnosti otisků formy.

Základním strojním vybavením pro vstřikování jsou vstřikovací stroj a nástroj (forma).

Strojní vybavení je pak rozděleno na plastifikační/vstřikovací část, uzavírací jednotku, řídicí systém, nástroj včetně vtokových systémů a temperační systém formy.

Vstřikovací forma musí být utvořena ze dvou dílů, z nichž jeden je pevně připevněn na vstřikovací stroji a druhý je pohyblivý. Právě díky tomuto mechanismu dochází k vyhození tvarovaného dílu (výstřiku).

Důležité parametry pro vstřikování pak tvoří přenos tepla a tlak průtoku.

Pro jednoduchý přehled dělíme vstřikování do šesti etap:

1. Začátek plastikace – směs je přiváděna do zásobníku, kde je zahřívána.
2. Ukončení plastikace – dochází k ukončení rotace šneku při zaplnění tavicí komory.
3. Uzavření formy – nastává uzavírání formy za pomoci uzavírací jednotky.
4. Začátek vstřikování – šnek se tlačí dopředu a dochází tak k toku taveniny do formy.
5. Chlazení formy a ukončení vstřikování – forma se začíná ochlazovat, následuje vstříknutí taveniny do částí smrštění.
6. Vyhození výrobku z nástroje – díl je vyhozen z nástroje, a šnek ustupuje dozadu, začíná nový cyklus. [1]

Výhody vstřikování

Efektivním se stává jednoduché dávkování materiálu, který je do stroje dodáván za pomoci pásků nebo granulátů a není tedy potřeba neustálého doplňování materiálu při jednotlivých výrobních cyklech. Dále pak výroba konečného produktu, kde obvykle není potřeba dalších dokončovacích operací, jako je tomu např. u lisování. Další předností je poměrně vysoká automatizovatelnost procesu, nebo také schopnost utváření produktů vysokou rychlostí (zkrácení výrobního cyklu) např. oproti lisování, což má za následek vyrovnání pořizovacích nákladů. Rozměrová a tvarová přesnost konečného výrobku je samozřejmostí. Pozitivní jsou také možnosti vícesložkového vstřikování – možnost vstřikování dvou druhů materiálu, vícebarevné vstřikování, ale i poměrně jednoduché pojení taveniny s jinými konstrukčními materiály jako jsou např. termoplasty a kovy. Neméně důležitou výhodou je nízká zmetkovitost.

Nevýhody vstřikování

Vysoké náklady na pořízení nástroje z důvodu vysokých požadovaných nároků, jako jsou přesnost provedení nástroje, schopnost a rychlost ochlazování/zahřívání, robustní provedení pro zvládnutí vstřikovací a upínací síly, automatizace při vysoké rychlosti, jsou značně omezující. Nežádoucími se také stávají vysoké náklady na pořízení vstřikovací stroje, které plynou z požadavků na stroj - vysoká automatizovatelnost, vstřikovací jednotka, upínací jednotka a řídicí systém. Negativní se stává i možné vnitřní pnutí výrobku.

1.2 Vstřikovací stroj

V současné době existuje nespočet vstřikovacích strojů mnoha výrobců, avšak jejich princip zůstává stále stejný. Vstřikovací stroj musí tavit dodávaný materiál, vstřikovat taveninu do dutiny formy, uzavírat a ochlazovat, popřípadě zahřívat nástroj (u kaučukových směsí).

Vstřikovací stroj se skládá ze dvou hlavních částí. Jsou to:

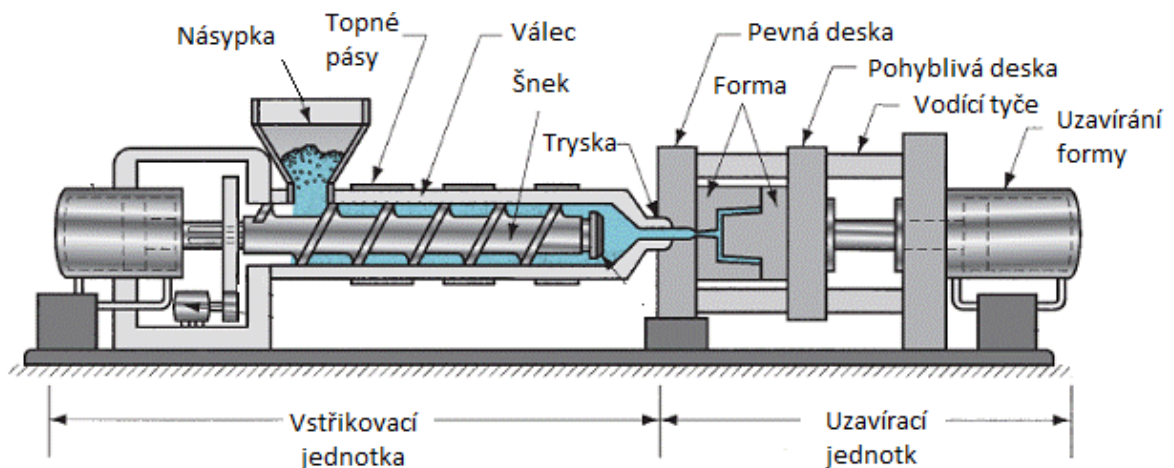
1. Vstřikovací jednotka, která musí dosahovat dostatečných plastifikačních a vstřikovacích požadavků,
2. Upínací jednotka, jejímž cílem je manipulace s formou.

Tyto dvě jednotky jsou montované na rám stroje a dále integrovány do řídicích a napájecích systémů. [1]

Obecně pak vstřikovací stroje rozlišujeme:

1. Dle schopnosti vyvození uzavírací síly na hydraulické, kloubové a elektrické.
2. Dle typu uzavírání na horizontální a vertikální.
3. Dle druhu vstřikovací jednotky na pístové a šnekové.

Základní parametry vstřikovacího stroje jsou uzavírací síla, množství vstřikovaného materiálu, plastifikační výkon apod. [3]

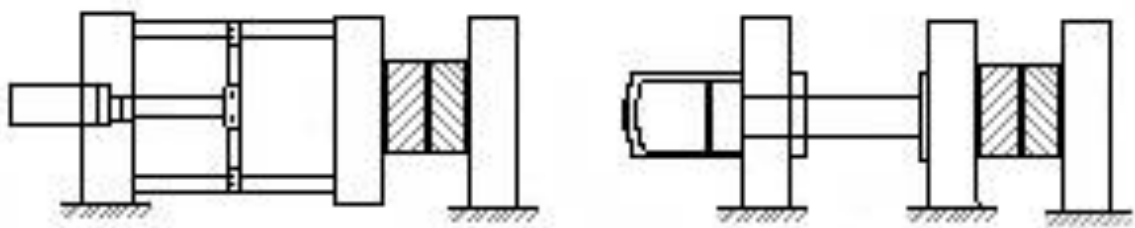


Obrázek 1: Hlavní části vstřikovacího stroje [4]

1.2.1 Uzavírací jednotka

Jedná se o mechanismus, který zajišťuje otevírání a zavírání formy a také schopnost udržet tento nástroj uzavřený při procesu vstříknutí taveniny za vysokých tlaků a vysoké rychlosti. Po vstříknutí materiálu do dutiny formy dochází k fázi dotlaku, která určí nejen konečnou hmotnost výrobku, ale také kvalitu jeho povrchu. Dotlakové fáze se využívá pro předcházení fáze smrštění, které negativně ovlivňuje výrobek. Ke smrštění dochází především ve fázi ochlazování výrobku, a je nutno použít správné velikosti tlaku, aby se na dílu neobjevovaly přílišné přetoky nebo naopak propadliny. Velikost dotlaku je určována z tlaku v hydraulice, kdy dochází k naplnění formy do cca 95-ti %. Pro elastomery se užívá dotlakové síly nižší, tedy 12-35 MPa, zatímco u některých termoplastů může maximální dotlaková síla činit až 150 MPa. Dalším důležitým parametrem uzavírací jednotky jsou uzavírací a uzamykací síla. Úkolem uzavírací síly je překonání sil působících na pohyblivou část stroje, zatímco uzamykací síla překonává síly působící na vodící sloupky. Uzavírací síla silikonových elastomerů většinou dosahuje rozmezí 0,8 – 2,5 kN/cm², termoplasty pak 2 – 10 kN/cm². [5]

Pod pojmem uzavírací jednotka rozumíme více základních součástí, jako jsou vodící sloupky, pevná a pohyblivá upínací deska, upínací systém a další. Takováto jednotka je pak dle pohonu dělena na elektrickou nebo hydraulickou a dle mechanismu na hydraulickou nebo kloubovou.[1]



Obrázek 2: Rozdíl mezi kloubovým a hydraulickým mechanismem [1]

Kloubový mechanismus

Takovýto systém je schopen umožňovat přijatelnou regulovatelnou rychlost pohybů při nízké spotřebě energie. U menších vstříkovacích strojů tzn. do 500 kN se využívá především hydraulicky řízeného kloubového mechanismu a úspornější konstrukce. Při použití tohoto systému je snížena spotřeba oleje, ale také hydraulický píst nedosahuje tak značných rozměrů, jelikož pracuje na krátkém zdvihu, a s tím souvisí i poměrně vysoká rych-

lost systému. Větší stroje tzn. s uzavírací silou okolo 1.000 – 50.000 kN využívají principu vícebodového kloubového mechanismu, kdy je rozjezd pohyblivé části pomalý, následuje vysoké zrychlení, a poté opět pomalé dojíždění pohyblivé části formy k její pevné části. Proces je tedy rychlý a zároveň umožňuje ochranu formy před nabouráním.

Hydraulický mechanismus

Součástí hydraulického mechanismu je hydraulický válec, který může být v některých případech připojen přímo na pohyblivou upínací desku. Stroje s vyšší uzavírací silou pak mohou disponovat kromě hlavního pístu také písty podpůrnými, které jsou souměrně rozmístěny. Kromě tohoto se též objevuje hydraulická uzavírací jednotka bez hlavního pístu, který je nahrazen čtyřmi menšími, symetricky rozloženými písty, které jsou využity také jako vodící tyče. Maximální rychlost zde nedosahuje takové rychlosti jako u mechanismu kloubového. [5]

Tabulka 1: Vyhodnocení rozdílů kloubového a hydraulického mechanismu [5]

	Kloubový uzavírací systém	Přímý hydraulický systém
Mechanismus	Malý hydraulický válec řídí pohyb kloubového systému, který pákovým mechanismem znásobuje vstupní hydraulická energie.	Uzavírací síla je vytvářena hydraulickým válcem, který přímo působí na pohyblivou desku.
Maximální uzamykací síla	Propnutí kloubů pákovým mechanismem umožňuje navýšení uzamykací síly až o 20% síly uzavírací.	Uzamykací síla je zde shodná se silou uzavírací.
Proměnlivost uzavírací síly	Vlivem tepelného roztažení kovových prvků kloubového mechanismu může docházet k rozdílům v dosažených uzamykacích silách v průběhu výroby.	Pokud není výrazně změněna teplota a viskozita hydraulické kapaliny, proměnlivost vyvozené síly dosahuje minima.
Rozložení síly	Síla je rozložena do bodů, ve kterých dochází ke kontaktu kloubového mechanismu s pohyblivou upínací deskou.	Ideální rozložení, síla je koncentrována do středu pohyblivé desky.
Nastavení výšky formy	Nutné mechanické nastavení.	Nastavení polohy pístu je automatické.
Údržba	Nutné promazávání mechanismu.	Bez nutnosti údržby.

Existují i tzv. kombinované mechanismy uzavírací jednotky, kdy k posuvu pohyblivé desky dochází za pomoci mechanismu kloubového, ale uzamykací síla je realizována hydraulickým válcem mechanickým zajištěním. Při této kombinaci je docíleno rychlých pohybů posuvné desky.

Vodící tyče

Vodící tyče, neboli sloupky, jsou určeny pro rovnoběžnost povrchů upínacích desek. Běžně se využívá 2-4 vodících tyčí v závislosti na velikosti stroje. Zatímco u malých strojů stačí dvě vodící tyče, u středních a velkých strojů se využívají tyče čtyři. Tyto vodící tyče velkých strojů mohou být dále doplněny o tzv. botičky, které plní jejich podpůrnou funkci. Základním parametrem sloupek je tzv. světlost mezi sloupky. Ta určuje jejich maximální vzdálenost, tzn., že čím větší je vzdálenost mezi sloupky, tím větší nástroj lze na vstřikovací stroj použít.

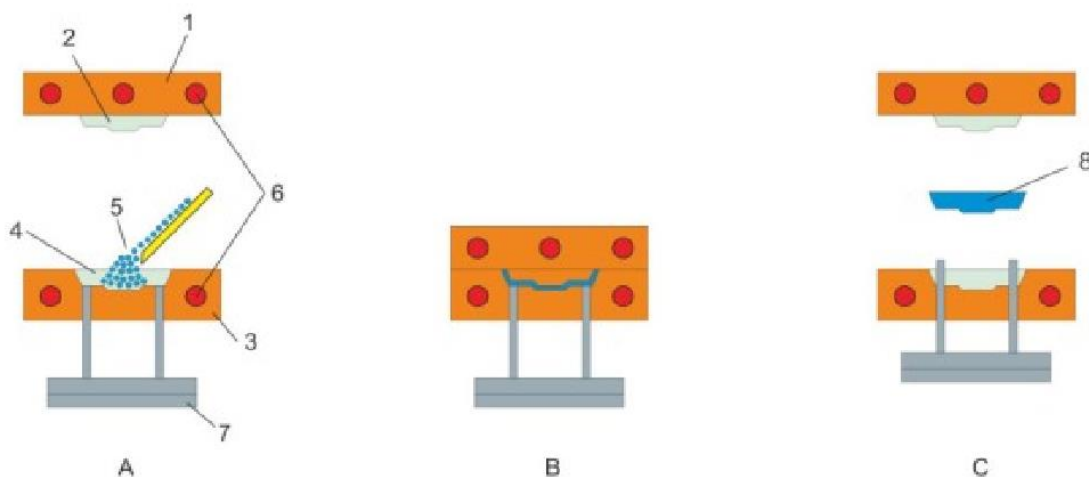
Upínací desky

Nedílnou součástí vstřikovacího stroje jsou upínací desky, jejichž principem je fixace vstřikovací formy. Na stroji rozeznáváme dva typy těchto desek, a to pohyblivou a pevnou. Pohyblivá deska se nachází na posuvném mechanismu stroje, pevná je pak součástí jeho rámu. Pro upevnění forem se nejčastěji využívá upevnění za pomoci přítlačného mechanismu, jež využívá několika upínek, dále pak bajonetového systému, kdy je využito již integrovaného systému v upínacích deskách, nebo systému magnetického.

Vyhazovací systém

Součástí upínací jednotky mohou být také vyhazovací systémy, které jsou určeny pro jednodušší vyjmutí výrobku z dutiny formy. Ty jsou pak odlišné pro různé materiály. Pro termoplasty se využívá především vyhazovačů za pomoci hydraulického systému, kdy jsou tyto elementy připevněny k pohyblivé desce, a za pomoci samostatného hydraulického válce dochází k jejich vytlačení a současnému vyhození výrobku. Starším způsobem vyhazovacího systému je jeho umístění na pohyblivé části stroje, kdy při otevírání formy pohyblivá část ustupuje směrem dozadu, dochází ke kontaktu beranu s vyhazovacím systémem a tím i k vyhození výrobku. Tento systém se pak vrací do původní polohy při uzavírání formy přes vraccí kolíky.

Pro kaučukové elastomery je typické vyhození výrobku za pomoci stlačeného vzduchu, jelikož by při použití hydraulického systému vyhazovačů mohlo docházet k značným deformacím výrobku. [5]



Obrázek 3: Vyhazovací systém pro TPE a termoplasty [6]

1.2.2 Vstřikovací jednotka

Základní funkcí vstřikovací jednotky je jednak přeměna pevného materiálu na taveninu, ale také jeho doprava (vstříknutí) do dutiny vstřikovací formy, a to za přítomnosti vysokého tlaku a průtoku. [7]

Například pro TPE materiály jsou tyto procesy poměrně náročné z důvodu vysoké viskozity taveniny, nízké tepelné vodivosti a vysokému měrnému teplu. Vstřikovací jednotky tak prošly značným vývojem a dnes je dělíme na tyto čtyři typy:

1. Jednostupňový píst, který je v současnosti již zastaralý. Z dnešního pohledu se stává vysoce neefektivním pro jeho nedostačující procesy míchání a přenosu tepla, avšak stále se využívá pro svou jednoduchost a nízké pořizovací náklady.
2. Dvoustupňový píst byl navrhnut s oddělenými funkcemi vytápění a průtoku, ale i tak nebylo dosaženo dostačujícího hnětení a zahřívání materiálu.
3. Dvoustupňový šnek/píst také kombinoval možnost oddělení procesu vytápění a hnětení, které provádí šnek, vstřikování pak probíhalo za pomoci pístu, ale byl již finančně velmi nákladný, a proto jeho využití v průmyslu bylo minimální.
4. Jednostupňový šnek se stal nejpopulárnější vstřikovací jednotkou, jelikož umožňuje jak rotaci, což má za následek zahřívání a hnětení směsi, tak jeho zastavení a tlačení se vpřed, čímž dochází ke vstříknutí směsi do dutiny formy. Jednostupňový šnek je také označován jako šnek pístový.

Jednostupňový šnekový píst

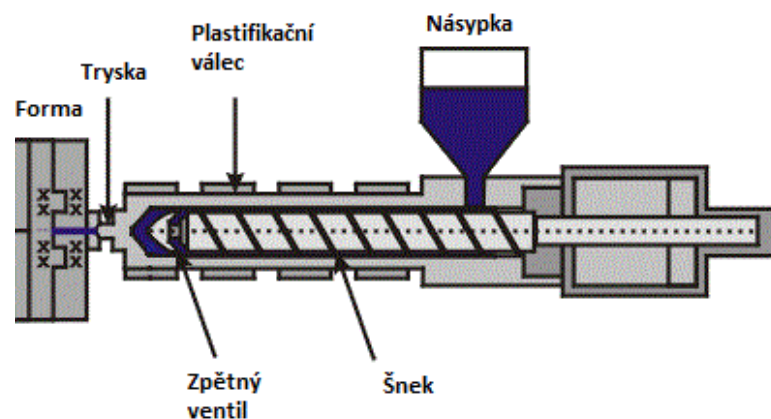
Jednostupňový šnekový píst vstřikovací jednotky prošel značným vývojem, jelikož různé termoplastické elastomery vyžadují různé specifikace šneku. Byl proto vyvinut tzv. univerzální šnek, s jehož pomocí je možno zpracovávat velké množství TPE. Tento je dodáván prakticky ke všem vstřikovacím strojům, avšak samozřejmostí je možnost použití i šneku specifikovanějšího, který může být navrhnut např. s dekompresní zónou a výfukovými otvory pro vodní páry nebo těkavé látky.

Vstřikovací šnek se pak nachází ve čtyřech výrobních cyklech:

1. Příprava taveniny – šnek zahřívá a taví materiál, zároveň zajišťuje jeho transport do tavící komory, ke kterému dochází jeho otáčivým pohybem. Tryska je v této fázi uzavřena buď mechanickým, nebo tepelným ventilem, nebo za pomoci předchozího

výlisku. Směs je do tavicí komory dodávána do té doby, dokud není dosaženo potřebného objemu. Poté nastává zastavení otáčení šneku.

2. Vstřikovací fáze – dochází k otevření trysky a šnek se následně tlačí vpřed do tavicí komory, přičemž dochází k vstřikování směsi tryskou do vstřikovací formy.
3. Dotlak, díky němuž se předchází smrštění výrobku při ochlazování materiálu.
4. Na konci fáze dotlaku nastává obnovení rotace šneku a následná příprava taveniny pro další cyklus. [1]



Obrázek 4 Vstřikovací jednotka [8]

Pro dosažení požadovaných vlastností výrobků jsou vyžadovány různé parametry vstřikovací jednotky, jež výrobu ovlivňují. Řadí se sem průměr šneku D , délka šneku L/D (poměr délky a průměru šneku), kompresní poměr, který je vyjádřen jako rozdíl výšky závitů mezi dopravní a kompresní zónou, plastifikační výkon, jež je jedním z nejdůležitějších parametrů vstřikovací jednotky a je udáván v $[g \cdot s^{-1}]$, možné otáčky šneku, nebo i velikost vstřikovací jednotky. [1]

Poměr délky a průměru šneku jsou odlišné pro různé materiály. Například šnek určený pro elastomerní směsi využívá kratších rozměrů a to v poměru 14:1, aby se předcházelo přílišnému zahřívání směsi, a tím k jejímu zvučkování. Průměr šneku se nachází v rozmezí 30-100 mm, kompresní poměr pak dosahuje hodnot 1 až 1,5:1. U větších šneků je standardem duté jádro, kterým proudí kapalina, a je tedy užito jako chladicí systém. U termoplastů je ideální L/D poměr 20:1, kompresní poměr pak činí 2:1.

Součástí šneku je jeho špička, někdy nazývána také jako čelo šneku, která má za úkol vstříknutí směsi do dutiny formy. Pro zabránění unikání taveniny zpět do tavicí komory se

využívá tzv. zpětných ventilů. Toto dříve zajišťovalo samo čelo šneku díky minimální mezeře mezi stěnou tavicí komory a hranou čela. [5]

Standardní šnek pro zpracování termoplastů



Typická délka (L/D) 20:1
 Kompresní poměr 2:1
 Materiály Široké použití pro amorfní a semikrystalické materiály

Šnek pro zpracování elastomerů



Typická délka (L/D) 14:1
 Kompresní poměr 1 až 1,5:1
 Poznámka Možná mírná komprese materiálu
 Materiály Elastomery

Obrázek 5: Typy šneků pro různé druhy materiálů [5]

Vstřikovací tlak je tlak taveniny působící na čelo šneku. Zatímco u elastomerů se využívá vstřikovacího tlaku poměrně nízkého 30-80 MPa, u termoplastů nacházíme rozmezí 45-200 MPa v závislosti na vstřikovaný materiál.

Protitlak je pak takový tlak, který vyvíjí stlačená tavenina nacházející se před čelem šneku, aby byla schopna odtláčit rotující šnek směrem dozadu. Tento tlak je opět odlišný pro různé materiály. U elastomerů může dosahovat i záporných hodnot z důvodu nežádoucího zahřívání materiálu, zatímco počáteční hodnoty u termoplastů se pohybují okolo 4 MPa. [5]

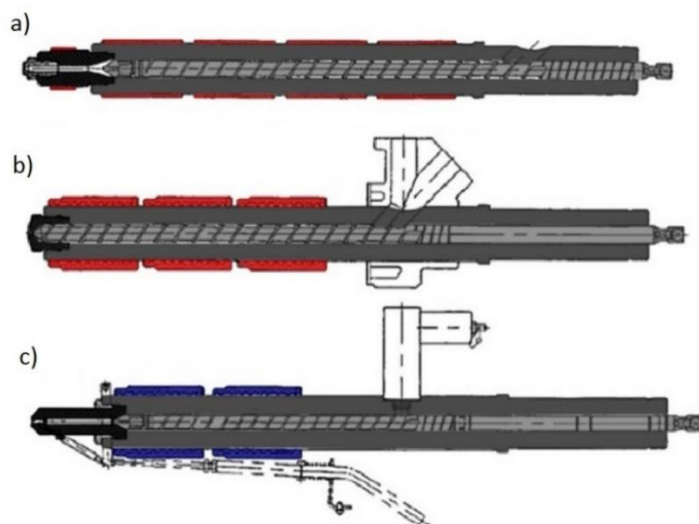
Tabulka 2: Porovnání vstřikovacího tlaku a protitlaku pro různé materiály [5]

		Vstřikovací tlak [MPa]	Protitlak [MPa]
Amorfní termoplasty	PS	65-115	4-8
	ABS	65-115	4-8
	PMMA	100-140	8-12
Semikrystalické termoplasty	PE vysokohustotní	60-135	6-9
	PP	80-140	6-9
	POM	80-200	4-8
	PET	80-150	6-9
Elastomery		30-80	1-6

Tavící komora

Součástí vstřikovací jednotky je tavící komora, jejíž dutinou prochází šnek. Pro správnou funkci šneku je zapotřebí její přesné obrobení, kdy mezera mezi stěnou tavící komory a šroubovnicí dosahuje 0,1 až 0,2 mm. Další podmínkou je hladký povrch zajišťující dobrý tok taveniny. Tavící komora je pak zakončena vstřikovací tryskou.

Tavící komora určená pro vstřikování elastomerů je značně odlišná od tavící komory určené pro termoplasty. Zatímco pro termoplasty se užívá topných desek, které zajišťují vyšší teploty směsi za pomoci sálavého tepla, u kaučukových elastomerů je teplota regulována kapalným systémem. Regulaci teploty zajišťuje kapalina v podobě vody nebo oleje na povrchu válce tavící komory. Nejvyšší přípustná teplota elastomerní směsi v tavící komoře se pohybuje okolo 80°C, u tekutých silikonů dokonce až okolo 25°C. Tato teplota je dána teplotou vulkanizace elastomerních materiálů. [5]



Obrázek 6: Tavící komora a) pro termoplasty, b) pro elastomery, c) pro tekuté silikonů [5]

EUROMAP

Evropská asociace výrobců strojů na zpracování plastů a pryže, známá jako EUROMAP zajišťuje standardní klasifikaci pro vstřikovací stroje. Obstarává tedy různé normy či doporučení, jako jsou vlastnosti vstřikovacích strojů, rozměry strojů, čas cyklů stroje bez vstřiku a chlazení apod. Mezinárodní klasifikaci velikosti stroje pak udává číselný kód ve formátu xxx/xxx, kde první trojčíslí označuje upínací sílu stroje v kiloNewtonech [kN], druhé

pak hodnocení vstřikovací jednotky, které se získá vynásobením maximálního vstřikovacího tlaku [bar] s objemem vstřiku [cm^3] vyděleného 1.000. [1]

1.2.3 Pohonný systém

Vstřikovací stroj musí umožnit mnohé operace, jako je schopnost vyvíjet za malé síly vysokou rychlost otevírání formy a značnou sílu společně s nízkou rychlostí při uzavírání formy, vysoký točivý moment a nízké otáčky u plastifikace, nebo vysokou rychlost a střední sílu při vstřikování. Toto je možno i díky pohonnému systému, jehož zdroj je v moderních podnicích součástí stroje. Dříve se užívalo centrálního zdroje, do kterého bylo zapojeno celé strojní vybavení továrny. Rovněž se využívalo jako pohonu olejové hydrauliky a vstřikovací stroj tak obsahoval nádrž na hydraulický olej, který byl čerpán při vysokém tlaku za pomoci elektricky poháněného čerpadla. Hydraulické válce tak prováděly lineární pohyb za nízkých a vysokých tlaků, rotační pohyb šneku pak zajišťovaly hydraulické motory. Avšak objevovaly se i hybridní stroje, kde k pohánění šneku docházelo za pomoci elektrických motorů.

1.2.4 Řídící jednotka

Řídící jednotky jsou schopny jak vyhodnocování jednoduchých kontrol, tak i plně centralizované ovládání stroje, ale také umožňují sledování a zadávání dat vstřikovacího procesu, jako jsou množství vstřikované taveniny, rychlost vstřikování a teplotu taveniny. Moderní řídicí jednotky zaznamenávají historii změn parametrů na vstřikovacím stroji, nebo jsou dokonce schopny vyhodnotit vadný výrobek a provést jeho opravu. Využívá se tzv. uzavřené smyčky, která řídí opakovatelnost a přesnost vstřikování, měření rychlosti vstřikování a jeho tlaku. [1]

1.3 Vstřikovací forma

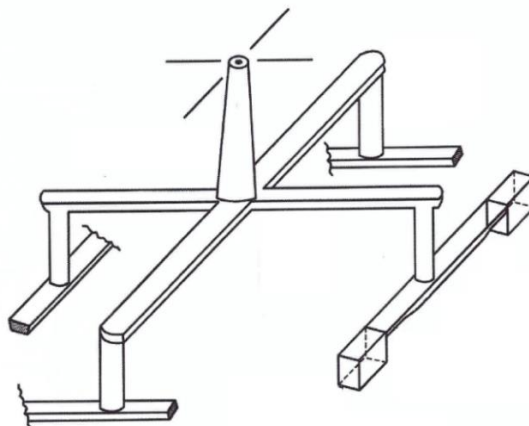
Vstřikovací forma je složena ze dvou základních částí, z nichž jedna je upnuta na pevnou a druhá na pohyblivou upínací desku vstřikovacího stroje. Při uzavření formy dochází ke vstříknutí taveniny do její dutiny, a tím k zformování výrobku, tedy udáním jeho tvaru. Vstřikovací formy jsou běžně děleny dle násobnosti na jednonásobné nebo vícenásobné, dále dle konstrukčního řešení na dvoudeskou, tříděskové či etážové vytáčeční, nebo dle konstrukce stroje na formy se vstřikem do dělicí roviny, nebo kolmo na dělicí rovinu.

1.3.1 Návrh dutiny formy

Při návrhu dutiny formy pro vstřikovací stroj je zapotřebí počítat se smrštěním výrobku, které může u některých materiálů dosahovat až 3%, a je tedy při technologii vstřikování vyšší než např. u lisování. Návrh dutiny formy začíná od dělicí roviny a je nutné, aby poloha dělicí roviny vyhovovala požadavkům uvedeným v zaformování výrobku. Dutina formy může být zhotovena buď přímo do desek formy, nebo do tvarových desek, jež se do desek formy vsazují. Životnost formy určuje její materiál a tepelné zpracování funkčních částí.

1.3.2 Vtokový systém

Vtokový systém vždy vede pevnou upínací deskou a využívá se nejkratší možné cesty taveniny do dutiny formy. Průměry průřezů kanálků se běžně pohybují okolo 2 až 4 mm a mají nejčastěji kruhový nebo lichoběžníkový tvar. U vícenásobných forem jsou průměry průřezů kanálků sestaveny rozdílně tak, aby docházelo k stejnoměrnému zaplnění formy taveninou. Ústí vtoku je pak umístěno do nejmenšího průřezu výstřiku. [1]



Obrázek 7: Vtokový systém [9]

Vtokový systém pro termoplastické materiály

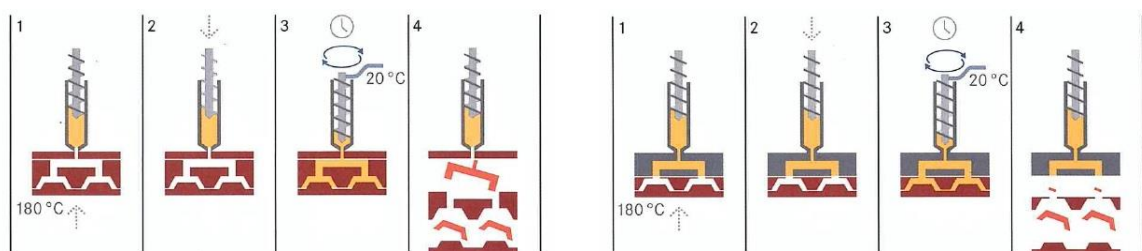
Pro termoplastické materiály se využívá studeného nebo vyhřívaného systému. Při použití studeného vtokového systému dochází ke zvýšení viskozity taveniny na jejích okrajích, které jsou v kontaktu se studenými kanálky. V takovém případě je třeba použití vyšších tlaků a to 40 až 200 MPa pro zajištění optimálního vstříknutí taveniny do dutiny formy. Výhodou tohoto systému je finanční dostupnost.

Vyhřívané vtokové soustavy využívají tepelných čidel, která zaznamenávají teplotu vtokového systému, a na základě jejich vyhodnocení stroj tuto teplotu reguluje. Tento systém zajišťuje tepelnou stabilitu v celém objemu taveniny, a kromě konstantní viskozity se dosahuje zkráceného výrobního cyklu a snížení množství potřebného materiálu. Oproti studeným vtokovým systémům zde narůstají finanční náklady.

Vtokový systém forem určených pro vstřikování TPE může být obohacena o odvodušňovací systém, jehož účelem je odvod plynů vznikajících při vstřikování termoplastické elastomerní taveniny. [10]

Vtokový systém pro kaučukové materiály

Pro moderní vstřikování kaučukových směsí se s oblibou aplikuje tzv. studený kanál, jehož podstatou je ochlazování vtokových kanálků, které pak znemožňují zvlukanizování směsi v těchto místech, a tím snižují množství odpadního materiálu, ale také zkracují výrobní cyklus. K ochlazení vtokových kanálků dochází cirkulací kapaliny, nejčastěji oleje nebo vody. Nevýhodou tohoto systému je možnost proniknutí taveniny do dělicí roviny při použití vysokých tlaků, nebo také znesnadněná demontáž desek formy. Na obrázku č. 8 je vlevo znázorněn vstřikovací proces bez použití studeného kanálu, napravo pak s použitím studeného kanálu. [11]

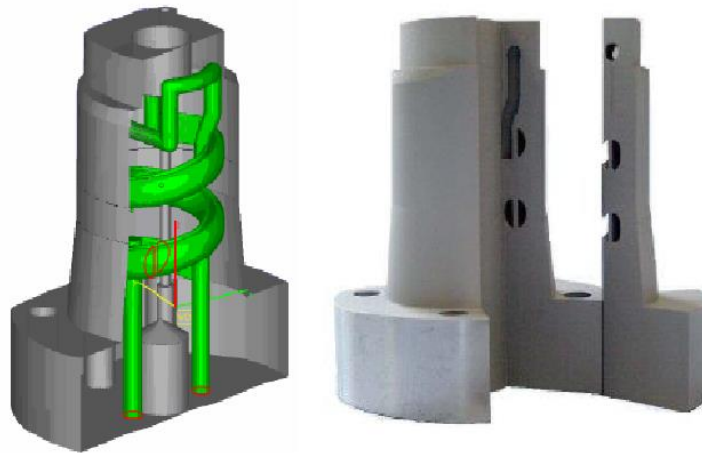


Obrázek 8: Použití zahřívaného kanálu a studeného kanálu pro elastomerní směsi [11]

1.3.3 Temperace forem

Temperace forem je takový proces, při kterém dochází k ochlazování nebo naopak zahřívání tvarových částí formy a to za pomoci tzv. temperačního media. Temperační systém musí být navrhnout tak, aby zajišťoval dostatečný ohřev formy, ale také udržoval požadovanou teplotu během vstřikovacího cyklu. Tato teplota musí být rovnoměrně rozložena do všech částí povrchu dutiny formy, aby docházelo ke kompletnímu prohřátí/ochlazení výrobku. [12]

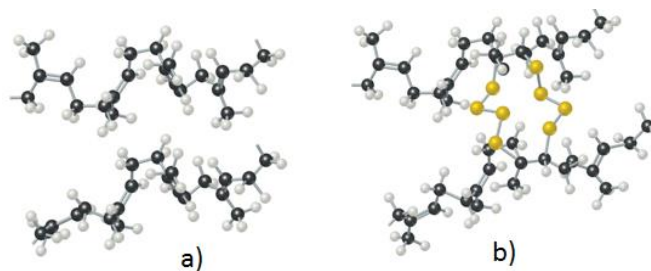
Forma pro vstřikování kaučukových elastomerů musí být vyhřívána na vulkanizační teplotu, a tato teplota musí být udržována s přesností na ± 2 °C. Běžná vulkanizační teplota se pohybuje okolo 140 až 200 °C dle použitého materiálu, a je tedy vyšší než teplota v tavicí komoře. Při vstřikování TPE je forma naopak ochlazována, a dochází tak k zafixování tvaru výrobku. Teplota formy je tedy nižší, než teplota směsi v tavicí komoře. [13]



Obrázek 9: Temperační systém formy [12]

1.4 Vulkanizace

Obecně se vulkanizací označuje proces, při němž dochází k přeměně kaučuku na pevnější materiál – pryž. Díky tomuto procesu získává materiál požadované vlastnosti, jako např. tvrdost, oděruvzdornost apod., a stává se tudíž použitelným. Jedná se tedy o chemickou reakci, při níž se molekuly syntetických nebo přírodních kaučuků síťují. [14]



Obrázek 10: Vulkanizace a) *Nezvulkanizovaná směs*, b) *Zvulkanizovaná směs* [15]

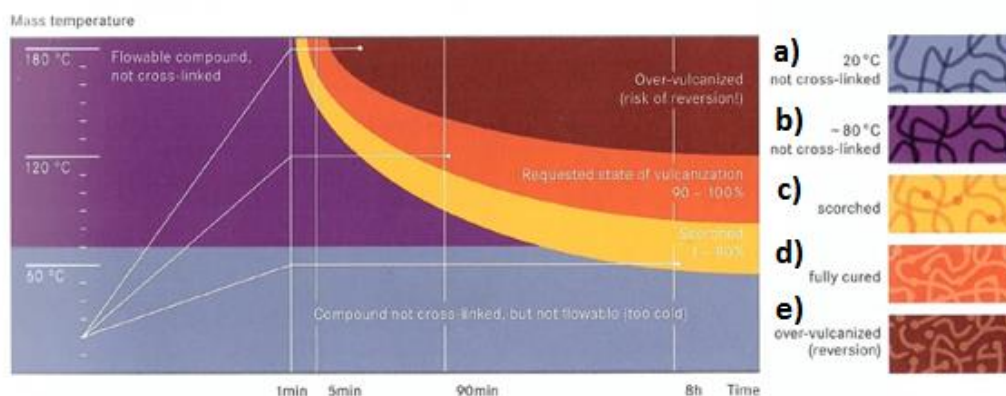
1.4.1 Průběh vulkanizace

V současné době je vulkanizace popisována jako řetězová reakce. [14]

Její průběh nastává při reakci vulkanizačních činidel s urychlovači, aktivátory a dalšími podpurnými složkami směsi.

Nejčastěji je jako vulkanizačního činidla využito síry, ale může být nahrazena také peroxidy, oxidy, donory síry apod. V první části dochází k tvorbě meziprojektu, jež je předchůdcem příčných vazeb vulkanizátu. Prvotně vzniklé příčné vazby se dále účastní mnoha dalších reakcí, jež označujeme jako zrání sítě.

Po dosažení pevné sítě dochází k zamezení pohybu makromolekul kaučukového uhlovodíku a také k toku ve hmotě. Průběh vulkanizace je pak možno sledovat pomocí vulkanizační křivky, kterou získáme při použití vulkametru. [3]



Obrázek 11: Teplotní závislost vulkanizace a) *nezvulkanizovaný materiál*, b) *nezvulkanizovaný materiál* c) *začátek vulkanizace* d) *vulkanizace*, e) *převulkanizování – znehodnocení výrobku* [16]

1.5 Výrobci vstřikovacích strojů

Společnosti, zabývající se výrobou vstřikovacích strojů pro elastomerní směsi, jsou rozloženy téměř po celém světě. Mezi Evropské lídry v tomto oboru patří DESMA, MAPLAN, ale i ENGEL. Výrobou vstřikovacích strojů pro elastomery se v České republice v minulosti zabývala firma TOS Rakovník, mezi jejíž zákazníky patřily Baťovy závody ve Zlíně, ale nedokázala udržet své tempo a finanční podporu. Roku 1992 byla skupinkou techniků z TOS Rakovník založena nová firma INVERA Technic, která se již ale nezabývá výrobou vstřikovacích strojů pro kaučukové elastomerní směsi. [17]

Tato práce obsahuje přílohy I až V, kde je možné srovnat nabídky vstřikovacích strojů společností DESMA a MAPLAN, nebo možnost jejich srovnání se vstřikovacím strojem určeným pro termoplastické materiály.

DESMA

Celosvětově známá firma DESMA byla založena v Německu v roce 1945, a tehdy vystupovala pod obchodním názvem DESCO. Dnes nabízí mnoho typů vstřikovacích strojů pro zpracování technické pryže a elastomerních silikonů. Stroje jsou nabízeny s možností upínací síly od 500 kN do 40 000 kN, vstřikovaným objemem od 80 cm³ do 25 000 cm³ a systémem FIFO. Mimo Německo se podnik DESMA objevuje po celém světě a pro své zákazníky nabízí záruku kvality dle certifikátu ISO 9001:2008. [18]

ENGEL

Společnost ENGEL působí na trhu již od roku 1945, kdy byla založena v Rakousku. Společnost je zaměřena na výrobu vstřikovacích strojů pro termoplastické materiály, je však jednou z mála vyjímek, kdy ve svém sortimentu nabízí i vstřikovací stroje určené pro vstřikování elastomerů. Tato řada nese název Engel elast a nabízí vysokou tuhost desek, uzavírací sílu od 450 kN do 6 000 kN, homogenní přípravu materiálu za použití systému FIFO nebo šnekových agregátů. [19]

MAPLAN

Tato společnost byla založena v Rakousku roku 1970. Její podnikání spočívá v elastomerním strojírenství a to především prodejem vstřikovacích a lisovacích strojů. Prodejní a servisní místa se objevují po celém světě. [20]

2 VSTŘIKOVANÉ ELASTOMERY

2.1 Termoplastické elastomery

Termoplastickým elastomerem nazýváme takový polymer, jehož vlastnosti jsou podobné jako u pryže, avšak zásadní rozdíl je nalezen u opakované možnosti zpracování. Zatímco u pryže nelze dosáhnout opětovné zpracovatelnosti z důvodu vulkanizace, TPE se zde podobají termoplastům, jejichž zpracování je při správném dodržení podmínek opakovatelně možné. TPE jsou tvořeny tvrdými a měkkými doménami, které jsou charakterizovány svými různými teplotami zeskenění T_g a teplotami tání T_m , a tyto domény spolu pak tvoří při pokojové teplotě pevnou trojrozměrnou síť. [21]

2.1.1 Styren – butadien – styren SBS

Jedná se o tříblokový kopolymer, vyznačující se dobrou odolností vůči olejům a rozpouštědlům způsobenou přidávkem krystalických polymerů (PE), nebo kopolymerů. Často se pro SBS používá jako přísada samotný polystyren, který působí jako ztužovadlo, ale může docházet k mísitelnosti i s mnoha jinými polymery, a to jak s termoplastickými, tak reaktoplastickými. Rozsah použití SBS je možný od -70 do $+60^\circ\text{C}$, kdy při těchto teplotách mají výrobky stejné vlastnosti jako skutečný elastomer. Nejčastěji se s ním setkáváme v podobě podrážek nebo těsnění, ale je vhodný také jako mazivo.

2.1.2 Termoplastický polyuretan TPU

Termoplastické polyuretany jsou oproti SBS tvrdší, pevnější a dolnější vůči olejům a rozpouštědlům, ale právě s těmito vlastnostmi souvisí i vyšší cena materiálu. Pro konečné výrobky je velice důležité vysušení materiálu před jeho zpracováním. V opačném případě by se na výrobku mohli objevovat nechtěné póry. TPU mohou být použity jak samostatně, tak i v různých směsích, z nichž nejvhodnějšími polymerními materiály, se kterými můžou být polyuretanové kopolymery míchány, jsou elastomery a termoplasty. Nejrozšířenějším typem blokových polyuretanových kopolymeru je měkčený PVC, ale TPU nachází své využití také pro výrobu hadic nebo podrážek. Jejich použití je možné až do 120°C . [22]

2.1.3 Ethylen – propylen – dien – monomer EPDM

Tento termoplastický elastomer je složen ze směsi EPDM a PP, a to nejčastěji v poměru 70:30. Uskutečnily se však studie, které tvrdí, že možnost nahrazení EPDM polypropylenem je možné až do 45%, aniž by byly zásadně ovlivněny mechanické či zpracovatelské

vlastnosti. Takový materiál vykazuje vysokou odolnost proti dynamickému namáhání, ale je asi dvakrát dražší než styrenové termoplastické elastomery. Rozsah použití je možný od -40 do 125°C, a proto se s ním setkáváme v podobě nejrůznějších součástí pro automobilový průmysl, ale také jako izolace vodičů. [1]

Tabulka 3: Zpracovatelské vlastnosti termoplastických elastomerů [1]

	SBS	TPU	EPDM
Teplota taveniny [°C]	190-200	175-205	190-230
Vstřikovací tlak [MPa]	1-5,5	1-7	1-10
Teplota nástroje [°C]	10-40	10-66	20-65
Smrštění [%]	0,5-2	0,5-2,5	0,5-4,7
Otáčky šneku [rpm]	25-75	20-80	20-75

2.2 Kaučuky a směsi

Elastomery jsou polymery vyznačující se jejich vysokou pružností a deformací při použití malé síly za běžných podmínek. Jejich deformace je převážně vratná a nedochází při ní k porušení materiálu.

Kaučuky jsou potom takové elastomery, které lze díky vulkanizaci převést na pryž. Přírodní kaučuk nejčastěji získáváme ze stromu *Hevea brasiliensis*.

2.2.1 Přírodní kaučuk – NR

Původní přirozenou oblastí, kde se kaučukovníky vyskytovaly, byla jižní Amerika. Později se však tento strom po značném úsilí aklimatizoval na Ceylonu a v Malajsii, a dnes je tak nejrozšířenější oblastí výskytu právě tropická Asie.

Kaučuk je získáván ze stromů formou latexu, a začal se průmyslově využívat v roce 1791, kdy se z něj vyráběly lodní plachty a pytle na přepravu pošty. Tehdy však ještě nebyla známa vulkanizace kaučuku sírou, a tak se při vyšších teplotách kaučuk lepil. Tyto nedostatky vymizely po objevení procesu vulkanizace Američanem Charlesem Goodyearem a Angličanem Thomasem Hancockem. Goodyear přišel se zjištěním, že při zahřívání směsi společně se sírou dochází k novým vlastnostem materiálů, zatímco Hancock tento princip

objevil zahříváním kaučukové směsi v roztavené síře. Zásadním vynálezem, vedoucím k rozvoji výroby z kaučukových směsí byla pneumatika. [14]

Přírodní kaučuk je nabízen v různých stupních dle čistoty, odolnosti vůči oxidaci, rychlosti vulkanizace nebo viskozity, a bývá peptidován pro zlepšení zpracovatelských vlastností, deproteinizován, upravován solemi hydroxylamu, které snižují tvrdnutí materiálu při jeho skladování, nebo nastavován 10-40% oleje. Výrobky se vyznačují dobrou odolností vůči dynamickému namáhání, oděru a vysoké pevnosti v tahu, avšak špatně odolávají vyšším teplotám či UV záření. Dlouhodobé použití je pak možné od -60 do 75°C, a využívá se především pro výrobu těsnění, bočních stěn pneumatik, hadic, dopravních pásů, tlumičů, rukavic, prezervativů, ale také pro výrobu lepidel nebo k pogumování textilií. [23]

2.2.2 Syntetický kaučuk

Historie syntetického kaučuku sahá do roku 1860, kdy se Granvilu Williamsovy podařilo za pomoci destilace přírodního kaučuku získat produkt zvaný izopren. O 19 let později tento produkt Francouz Bouchardat převedl zpět na kaučuk. V tomto období bylo také zjištěno, že izopren není jedinou látkou, která kaučukový produkt poskytuje. Tato schopnost se projevila i u dimethyl-butyl-butadienu. Roku 1909 bylo dokázáno, že se tato situace objevuje u všech konjugovaných dienu.

Aby se stal kaučuk použitelným, musí k němu být přimíchány různé přísady. Například přírodní kaučuk našel své využití pouze při výrobě lepidel. Pokud ke kaučuku přimícháme patřičné přísady, vznikne kaučuková směs, která může být dále zpracována vulkanizací za tvorby požadovaných vlastností výrobku. [14]

2.2.3 Butadien – styrenové kaučuky – SBR

SBR směsi jsou kopolymery butadienu a styrenu, a běžně jsou k dostání dva typy. Prvním typem jsou E-SBR směsi, jejichž obsah styrenu se může nacházet v rozmezí 15 až 45%, nejčastěji se však využívá směsi s 25% podílem. Tato směs může být zpracována buď za vysokých, nebo za nízkých teplot, což se odráží na rozdílných vlastnostech směsí. U E-SBR vyráběných při nízkých teplotách se tak dosahuje nejen lepších dynamických vlastností, ale také vyšší odolnosti vůči oděru. Druhým typem směsi je S-SBR, u nichž lze upravovat nejen podíl styrenu, ale také obsah vinylových skupin, které zvyšují jeho odolnost proti oděru, ale také adhezi k vozovce, což je žádoucí pro výrobu pneumatik.

Přestože způsob zpracování je obdobný jako u přírodních kaučuků, SBR vykazují vyšší pevnost a odolnost proti oděru a vyšším teplotám. Kromě pneumatik je vhodný také pro výrobu řemenů, hadic, izolaci drátů a kabelů, obuvi či pěnových výrobků.

2.2.4 Butylkaučuky – IIR, BIIR, CIIR

Butylkaučuky se skládají z kopolymerů izoprenu, jehož podíl tvoří 1 až 3% a izobutylenu. Tato směs vyniká svou odolností vůči vlhkosti, minerálním kyselinám, polárním oxidačním rozpouštědlům, nebo rostlinným olejům, ale také afinitou k alifatickým a cyklickým uhlovodíkům. Její tepelná stabilita při vulkanizaci sírou bývá snížena, a proto se využívá vulkanizace za pomoci fenol-formaldehydu, který tepelnou stabilitu zajišťuje a směs je tak možno využít pro výrobu pneumatik.

U IIR se využívá také bromace za vzniku BIIR, který je používán pro bezdušové pneumatiky, nebo chlorace za vzniku CIIR, který se vyznačuje vyšší tepelnou odolností a je tak vhodný pro výrobu dušící nákladních vozidel. Tyto halogenace jednak napomáhají k lepší odolnosti vůči vodě, kyselinám, zásadám a polárním i středně polárním rozpouštědlům, ale také zvyšují vzduchotěsnost a umožňují tlumení vibrací. Použití butylkaučukových vulkanizátů je možné při teplotách od -70 do 120°C , a je tak využíván pro výrobu hadic myček nádobí, nádrží, nebo farmaceutických uzávěrů. [23]

2.2.5 Chloroprenové kaučuky – CR

Chloroprenové kaučuky jsou rozlišeny dle jejich zpracování na dva typy. Typ G je modifikován sírou a tetramethylthiuramdisulfidem, a stává se vhodným materiálem pro díly dynamicky namáhané, a typ W modifikovaný thioly, jehož vulkanizáty vykazují dobrou odolnost vůči stárnutí za tepla. Výhody použití této směsi jsou jeho malá hořlavost a dobré mechanické vlastnosti, obsažený chlor pak napomáhá odolnosti vůči olejům a povětrnostním podmínkám. Směs je vulkanizována za pomoci kombinace oxidů kovů, konkrétně oxidu zinečnatého a hořečnatého, a dlouhodobé použití je doporučováno od -40 do 90°C . Využívá se hlavně pro výrobu izolace drátů a kabelů, těsnění potrubí, obuvi, ale i jako univerzálního lepidla. [24]

2.2.6 Butadien – akrylonitrilové kaučuky – NBR

Jak název napovídá, jedná se o kopolymery akrylonitrilu a butadienu, které obecně vykazují vyšší odolnost vůči olejům a rozpouštědlům, ale také plynovou nepropustnost a tepelnou stabilitu, která je u NBR vyšší než u NR nebo SBR. Akrylonitril může ve směsi dosahovat poměru od 18:22 až 45:55, a tím měnit vlastnosti vulkanizátu. Se zvýšeným obsahem akrylonitrilu souvisí zvýšená odolnost vůči olejům a rozpouštědlům, vyšší pevnost v tahu, tvrdost a odolnost vůči oděru, avšak snižuje se odolnost při nízkých teplotách. Pro zvýšení odolnosti vůči olejům a polárním kapalinám se běžně využívá mísení směsi s SBR. Rozsah použití je možný od -40 °C do 105 °C, a své uplatnění nachází při výrobě různých hadic nebo těsnění, potrubí, nebo nádob určených pro přepravu a skladování rozpouštědel. [1]

2.2.7 Etylen – propylen – dien – monomer EPDM

EPDM je kopolymerem etylenu a propylenu společně s nekonjugovaným dienem etyliden-nortornem. Etylen se ve směsi nachází v podílu 50 až 75%, kdy s rostoucím podílem souvisí také lepší fyzikální vlastnosti, avšak stává se hůře zpracovatelným. Většina EPDM směsí jsou neslučitelná s dienovými kaučuky, jako jsou NR, SBR nebo NBR. Vulkanizáty vykazují dobrou flexibilitu při nízkých teplotách a vysokou pevnost v tahu, vysokou odolnost vůči oděru a roztržení, ozonu, vodě a povětrnostním podmínkám. Jsou schopni dlouhodobě odolávat teplotám od -30 až po 140 °C, a využívají se pro výrobu bočnic pneumatik, střešních krytin, těsnění, hadic a různých součástí v automobilových vozidlech. [23]

Tabulka 4: Vlastnosti kaučukových směsí [23]

Materiál	Vulkanizační teplota [°C]	Tvrdost [ShA]	Pevnost v tahu [MPa]	Prodloužení při přetržení [%]
NR	150	39	24	750
SBR	150	65	25	500
IIR	171	62	16,3	530
CR	150	53	20	400
NBR	150	59	18,5	510
EPDM	166	64	15,5	410

3 APLIKAČNÍ POUŽITÍ

3.1 Zastříkování kovových dílů a termoplastů elastomery

V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na pryžové výrobky, ať už jde o jejich pevnost, či jinou mechanickou odolnost, a začalo se tedy využívat pojení různých druhů materiálu s pryží. Nejčastěji se setkáváme s pojením pryže s kovem nebo termoplastem. K tomuto spojení může docházet více způsoby jako je zastříkování, lisování a lepení. Před samotným spojením materiálu s elastomerem musí být tento díl důkladně očištěn a odmaštěn, musí na něj být nanesen spojovací prostředek apod. Jedná se tedy o celou řadu přípravy povrchu dílu před nanesením konečné vrstvy, tedy elastomeru na zálisek.

K zastříkování termoplastické vložky elastomerní směsi se využívá především termoplastů se zvýšenou odolností vůči vysokým teplotám, jako je PP nebo PA, a to z důvodu vysoké vulkanizační teploty elastomerní směsi, nacházející se v rozmezí 150 až 200 °C. Pro zvýšení této odolnosti se využívá různých plnidel, jako jsou skelná, křemenná nebo kovová vlákna, která jsou schopna zvýšit tvarovou stálost za tepla, a nedochází tak k rozpuštění termoplastického dílu při procesu zastříkování. [25]

3.1.1 Opracování dílu

Při pojení kovových a termoplastických dílů s pryží je nejdůležitější pevný spoj mezi těmito materiály. Při nanášení elastomeru na díl se jedná o spoj vulkanizační, který je vytvořen během vulkanizace elastomerní směsi, v případě zastříkování zálisku v temperované dutině formy vstřikovacího stroje.

Požadavky na takové výrobky jsou:

- Pevnost spojení výrobku musí mít vyšší hodnotu, než je pevnost použité pryže,
- Výrobek musí mít vysokou chemickou odolnost,
- Nesmí poškozovat životní prostředí,
- Musí dobře odolávat UV záření a působení tepla.

U vulkanizačního spoje dochází ke kvalitnímu spoji mezi záliskem a pryží v jediné operaci. Při použití vhodného opracování zálisku můžeme tuto technologii použít prakticky na každý kov, nejčastěji se však setkáváme s ocelí, nebo hliníkovými slitinami. Při použití velmi kvalitní oceli je třeba provést náročnější povrchovou úpravu než u oceli méně kvalitní.

Pod pojmem povrchová úprava se rozumí očištění výrobku od mastnot a odstranění chemických a mechanických nečistot. Mezi mechanické nečistoty se řadí ty, které na materiálu ulpívají za pomoci fyzikálních sil a mohou to být především zamaštění, prach a cizorodé částice. Chemické nečistoty jsou pak korozní zplodiny a okuje.

Odmašťování

Při odmašťování zálisku dochází k odstranění všech druhů nečistot z jeho povrchu. V praxi se tak setkáváme se způsobem odmašťování kovového dílu v alkalických roztocích, organických rozpouštědlech, parách, emulzi, nebo také za pomoci ultrazvuku nebo elektrolytu, avšak v gumárenské praxi se používají jen některé z těchto způsobů. Jsou to především: odmašťování v alkalických roztocích, v organických rozpouštědlech, nebo odmašťování parou. [26]

Pro odmašťování termoplastických dílů se nejčastěji využívá rychloschnoucích rozpouštědel, jejichž solvatační síla je vůči termoplastům poměrně nízká, nebo vodního odmašťování, které je však náročnější na dostatečné vysušení dílu. [27]

Odmašťování v alkalických roztocích je velmi rozšířené, jelikož dokáže odstranit tuky, oleje, vazelíny, ale i anorganické nečistoty. Aby bylo odmašťovadlo kvalitní, musí být schopno zbavit se těchto nečistot, a právě takového účinku se dosahuje smícháním více chemických látek v určitém vzájemném poměru. Samotné odmašťování pak může být provedeno několika způsoby, jako jsou odmašťování ponořením do lázní, postřikem, nebo potíráním zálisku. K odmašťování máčením většinou dochází v tzv. alkalických linkách, které obsahují několik van, kde jsou přední vany určeny pro máčení zálisků v odmašťovacích látkách, většinou fosforečnanech, křemičitanech a smáčedlech, a zadní vany pak slouží jako oplachovací lázně. Pro kvalitnější odmaštění se využívá pohybu zálisků, jež jsou vloženy do košů nebo bubnů, kudy odmašťovací látky proudí. Poté jsou zálisky převedeny právě do oplachovací lázně, kde jsou očištěny od zbytků alkalické lázně. Pokud by byl tento proces vynechán, mohly by na zálisku zůstat nečistoty, které by dále narušovaly výrobek. Například koloidní látky a smáčedla vytváří vrstvu mezi záliskem a spojovacím prostředkem, a tudíž snižují jejich přilnavost. Alkalické látky pak mohou způsobovat podkorodování spoje.

Organická rozpouštědla jsou schopna kromě mastnoty zbavovat zálisek také nečistot anorganického původu. Aby mohlo být rozpouštědlo označeno za opravdu kvalitní, musí splňovat náročné požadavky, jako jsou šetrnost vůči životnímu prostředí, finanční dostupnost,

stálost, nehořlavost a především schopnost rozpouštět široké množství mastných látek. Takové rozpouštědlo však do dnešního dne nebylo nalezeno a proto se využívá méně kvalitních rozpouštědel, jako je toluen, benzín, nebo perchloretylen. Použití toluenu nebo benzínu je vhodné pro menší množství kusů, jelikož se musí nanášet ručně. Pro velkopřemysl proto postrádá smysl. Zde se tedy hojně využívá perchloetylen, který je nehořlavým rozpouštědlem. Při jeho aplikaci však musí být dbáno na dodržování bezpečnostních pravidel, jelikož jeho inhalace může způsobovat zdravotní potíže.

Nevýhodou použití perchloretylenu je jeho nestálost. Pokud dojde ke kontaktu s určitými chemickými látkami, dochází ke vzniku HCl, což má za následek mimo zdravotní rizika také narušení povrchu odmašťovaného předmětu. Takovýmito situacím se předchází za pomoci mírně alkalických látek, jež PCE stabilizují.

Samotný proces odmašťování pak probíhá ponořením produktu do kapaliny, která odstraní hrubé nečistoty na povrchu zálisku. Ten je dále odmašťován v parách, kdy je využito kondenzace na povrchu dílu způsobenou odlišnou teplotou par a zálisku. Tento postup je vhodný i pro aplikaci na termoplastech.

U emulzního odmašťování je využita kombinace jak alkalického tak organického odmašťování. V gumárenském průmyslu se však díky vysoké ceně nepoužívá.

Odmašťování parou se využívá především u rozměrných produktů, které nelze odmastit žádným z výše popsaných způsobů. Za pomoci speciálního zařízení je pára společně s povrchově aktivní látkou hnána na povrch zálisku, mastnota se při zahřátí začíná sama uvolňovat a aktivní látka poté způsobuje její emulgaci. Ke konci procesu jsou zálisky oplachovány kondenzovanou vodou a následně očištěny samotnou parou, jež je díky uzavření přívodu aktivní látky na produkt nanášena.

Mechanické opracování

Jak již bylo zmíněno, na kovovém zálisku se mohou kromě mastnoty objevovat také znečištění chemická. Jedná se zejména o zplodiny koroze, které se vytváří chemickou přeměnou základního materiálu, především jeho zpracováním nebo vlivem prostředí. Mezi chemické nečistoty pak řadíme okuje, rez nebo oxidační látky. Tyto nečistoty mohou být odstraněny buď chemicky, nebo mechanicky. Při mechanickém očišťování se využívá vnější síly a dochází tak k odstranění povrchové vrstvy.

Jednou z možností mechanického opracování je zvětrávání. Jedná se o velmi zdlouhavý proces, kdy se výrobek vystaví působení povětrnostních podmínek, a přemění tak nežádoucí okuje na rez, a ta je dále odstraněna např. kartáčováním. Z důvodu dlouhé doby není zvětrávání vhodné pro velkopřmysl.

Dalším způsobem mechanického opracování může být oklepávání. Při této mechanické údržbě jsou využívány pneumaticky poháněné stroje, které za pomoci ocelových drátů, trnů apod. odstraňují právě korozní zplodiny. Nevýhodou tohoto postupu je možné zapracování nežádoucích zplodin do již opracovaného výrobku.

Broušení je pak takový způsob opracování, kdy se využívá brusiva (zrna či krystalické látky). Tento princip dokonale opracovává i velkorozměrné výrobky. Nevýhodou však může být poměrně vysoké zbroušení, což vede k vyššímu úbytku materiálu, a konečný výrobek pak nemusí splňovat požadované rozměry.

Nejčastěji se však setkáváme s otryskáváním povrchu, kdy je na výrobek vysokou rychlostí vrhán tryskací materiál. Jako tryskacího materiálu se využívá zrn, jejichž velikost a tvrdost záleží na druhu otryskávaného materiálu. Při této technologii dochází k zasekávání se těchto zrn do jeho povrchu, a přitom k vytrhávání korozních zplodin a částic materiálů. Této technologie se využívá také pro plasty a železné i neželezné kovy. Základním předpokladem pro co nejvyšší účinnost je tvrdost zrn vyšší než tvrdost materiálu, vhodná velikost zrn, jež nezpůsobují podkorodování spoje, dostatečná ostrost hran zrn a jiné. Jako tryskací materiál je nejčastěji použito ocelové drtě. [26]

Mechanické opracování termoplastického dílu je důležité především pro tzv. zdrsnění povrchu, které napomáhá kvalitnějšímu spojení. Pro zdrsnění výrobku se tak využívá způsobu otryskávání, jak již bylo zmíněno, zbroušení brusnými pásy, nebo obroušení ve vodní suspenzi. [27]

Chemické opracování

Při chemickém čištění povrchu materiálu se využívá chemických látek, do kterých je zálipek nejčastěji ponořen. Využívá se především technologie moření nebo fosfátování.

Způsob moření zajišťuje odstranění okují a korozních zplodin za pomoci minerálních kyselin, jako jsou kyselina sírová, solná nebo fosforečná. Díky účinku kyseliny dochází k rozpuštění těchto zplodin a následné možnosti jejich spláchnutí. V gumárenství se této technologii nejvíce využívá na nekovové materiály a všude tam, kde není možno využít

procesu otryskávání. K moření materiálů dochází ve speciálních linkách, které splňují bezpečnou likvidaci odpadních lázní.

Fosfátování je potom takový způsob chemického čištění, při němž je ocelový zálisek ponořen do vany obsahující roztok (fosforečnany). Po ponoření zálisku se na jeho povrchu začne za pomoci kyselin vytvářet tenká vrstva, která zvyšuje jeho odolnost vůči povětrnostním vlivům. Při ponoření dochází k reakci, při které je kyselina schopna ocel rozpouštět. Tato reakce se sama zastaví, ale je zdlouhavá, a proto se začalo využívat urychlovačů, kdy je tento proces výrazně zkrácen na několik minut. Většinou jsou produkty ponořovány do van ve speciálních linkách se zvýšenými teplotami. Pro další použití zálisku je třeba jeho řádné vysušení. Fosfátování je ekonomicky výhodnější než mechanické otryskávání. [26]

K chemickému opracování termoplastického dílu se nejčastěji využívá moření v kyselinách, alkalického moření, nebo chlorace. [27]

Spojovací prostředky

Spojovací prostředek je látka nanášená na zálisek pro umožnění kvalitního spoje mezi pryží a záliskem. Ačkoliv mnoho firem využívá vlastních směsí, které si patřičně chrání, obecně se jako spojovacího prostředku používá tvrdé pryže, termoprenového pojiva, izokyanátového pojidla či halogenových derivátů kaučuku.

Historicky první použitý materiál pro techniku spojování dvou různých materiálů byla tvrdá pryž. Využívá se tzv. ebonitu, který má vysoký obsah síry a je v nezvulkanizovaném stavu. Ebonit může být na kov nanášen buď ve formě fólie, nebo gumárenského cementu a následně je vulkanizován ve vyhřívaných kotlích. Nevýhodou jeho použití je omezené teplotní rozhraní (do 70 °C) a jeho křehkost.

Obdobně jako u ebonitu termoprenová pojiva vynikají svou tvrdostí a křehkostí, ale jsou značně termoplastická. Vznikají však působením různých kyselin na přírodní kaučuk.

Díky použití roztoků izokyanátu výrobek dosahuje kvalitních spojů, které jsou odolné jak vysokým teplotám, tak i chemikáliím. Nevýhodou těchto rozpouštědel je pak jejich reaktivita. Produkt s naneseným pojivem by tedy měl být zpracován v co nejkratší době, nebo by měl být opatřen ochrannou vrstvou sazové kaučukové směsi, aby byla zajištěna jeho odolnost vůči vlhkosti. Izokyanatanová pojiva jsou díky svým kladným vlastnostem vhodné snad pro všechny druhy zálisků.

Další možností je nanášení halogenových derivátů kaučuku, jejichž vznik je zajištěn působením halogenu na roztok kaučuku, následuje přimíchání polymerní matrice a nakonec se ředí v rozpouštědle. Výhodou těchto derivátů kaučuku je odolnost vůči stárnutí, mořské vodě a různým chemikáliím.

Způsob nanášení spojovacího prostředku

Rozeznáváme tři způsoby nanášení spojovacího materiálu a to štětcem, stříkáním, nebo máčením. Způsob nanášení štětcem je velmi pracný a nerovnoměrný, a proto se pro velkovýrobny běžně nevyužívá. Nanáší se především na členité povrchy, kde není možno nanést spojovací prostředek jiným způsobem. Výhodou je kvalita spoje.

Při nástřiku spojovacího prostředku se dosahuje hladké vrstvy na povrchu zálisku, která vyrovnává všechny nerovnosti. Toho je docíleno za pomoci speciálních strojů, které jsou schopny nejen nanést více nánosů, ale také zajistit jejich kvalitní vysušení. Tento postup je v současnosti nejvyužívanějším způsobem nanášení spojovacího prostředku.

K máčení zálisků se využívá automatických linek, kdy jsou výrobky zavěšeny např. na háčcích, jež se pohybují, a zálisek ponořují do lázně. Nevýhodou těchto linek jsou kapky tvořící se na spodní části zálisku a nemožnost vytvoření stejnosilné vrstvy. Jde o metodu běžně využívanou a to především díky vysoké produktivitě. [26]

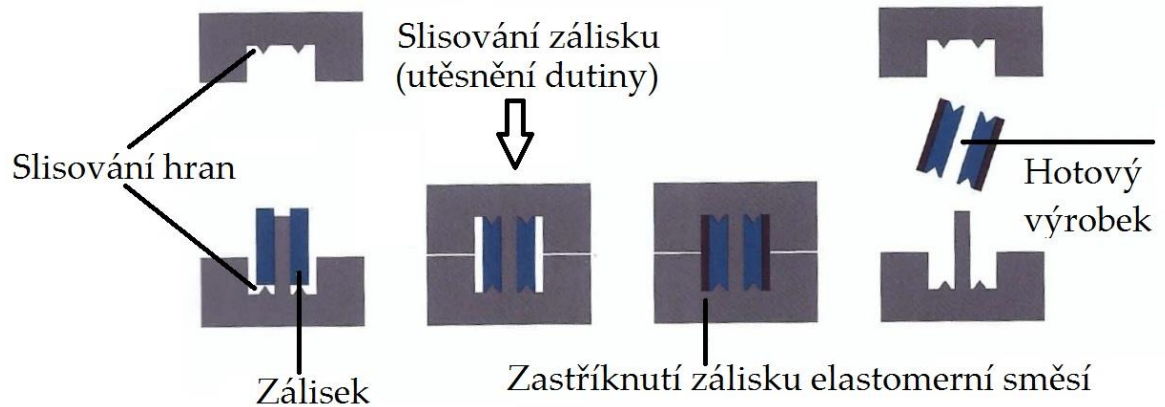
3.1.2 Zastříkávání kovových a termoplastických dílů

Zastříknutí zálisku elastomerem je poslení fáze, již přecházelo důkladné opracování a byla provedena dostatečná povrchová úprava. Zálisek je vložen do dutiny formy vstříkovacího stroje, a při vstříkování taveniny dochází k jeho zastříknutí, někdy také známého jako obstříkávání. Vstříkovací cyklus je pak analogický jako u klasického vstříkování elastomerů. Při vstříknutí směsi do dutiny nástroje dochází nejprve k jeho kompletnímu obstříknutí a následuje uzamknutí vylisku procesem smrštění.

Na vstříkovací formy pro zastříkávání zálisků jsou kladeny vyšší nároky, jako přítomnost fixačních bodů, jež zajišťují požadovanou pozici zálisku, nebo vyhazovačů, které tlačí přímo na zálisek dílu. Populární se stává kombinace tohoto mechanismu, kdy jsou fixační body použity také jako vyhazovací systém. Samozřejmostí vstříkovací formy je její teplotní odolnost na vysoké teploty pro zajištění procesu vulkanizace.

Pro obstříkávání zálisku může být použito klasického vstříkovacího stroje. Proces zastříkávání je finančně náročnější oproti klasickému vstříkování z důvodu prodlouženého procesu

vulkanizace, nižší produkce, neboť je nutno jednotlivého vkládání zálisku do forem a v neposlední řadě pořízením dražšího kovového nebo termoplastického dílu. Další nevýhodou je vysoká pravděpodobnost poškození formy v důsledku nesprávného umístění zálisku.



Obrázek 12: Postup pro zastříknutí zálisku elastomerní směsí [15]

3.1.3 Přísavky

Přísavky jsou kompozity, zajišťující jednoduchou manipulaci předmětů, jako je zvedání betonových a plechových desek, ale také třeba etiketování výrobků. Přísavky nejsou na předmět přisávány, nýbrž jsou přitlačeny okolním tlakem vzduchu, jestliže je mezi přísavkou a manipulovaným předmětem vakuum. Vakua se dosahuje za pomoci vakuové pumpy, která je našroubována na tzv. přípoj, jež se objevuje jak v kovovém, tak termoplastovém provedení. Aby bylo docíleno optimálního spojení přípoje s elastomerem, je nutné přípoj dokonale odmastit za pomoci odmašťovacích prostředků. Samotný proces odmašťování pak probíhá ponořením produktu do kapaliny, která odstraní nečistoty na povrchu přípoje. Na již odmaštěný povrch je za použití štětce nanesen polymer na bázi rozpouštědla, aby bylo docíleno kvalitního spoje. [28]

Nedílnou součástí pro výrobu přísavek je elastomerní směs, která zajišťuje vynikající odolnost vůči olejům, dlouhou životnost, odolnost k oděru, pevnost v tahu a odolnost až do 100 °C. Takové vlastnosti vykazuje například elastomerní směs NBR. [29]

Na trhu je nespočetné množství přísavek různých tvarů, velikostí a stupňů tvrdosti použitého elastomeru. Jedinečná je také kombinace materiálů různých stupňů tvrdosti v jedné přísavce, např. měkkí spodní část zajistí spolehlivé přilnutí k manipulovanému předmětu a tvrdší horní část tuhost a stabilitu. [28]

Ploché přísavky s opěrnými žebry

Tento typ přísavek je vhodný především pro rovné plochy kde zajišťují jejich dobrou stabilitu, minimální pohyb předmětu při manipulaci a přesnost. [29]



Obrázek 13: Přísavky s opěrnými žebry [29]

3.1.4 Škrťící klapka

Škrťící klapka je součástí automobilových motorů, kde reguluje množství nasávaného vzduchu a tím také výkon motoru. K regulaci dochází přes řídicí jednotku, která dle polohy plynového pedálu vyhodnotí potřebné množství nasávaného vzduchu, tzn. vhodnou polohu klapky. Škrťící klapky jsou běžně vyráběny z oceli, ale jejich výrobní náklady jsou příliš vysoké. Je to dáno jednak výrobním materiálem, ale také výrobním procesem, který zahrnuje složité lisování a svařování. [30]

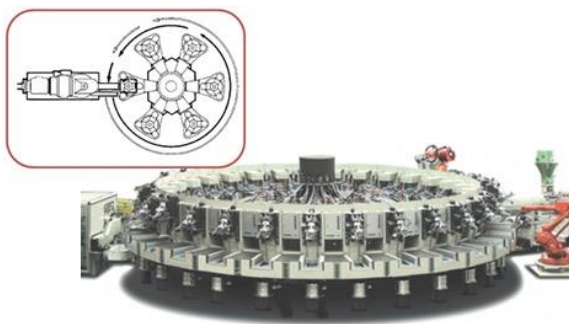
Inovace výrobku spočívá v možnosti zastříkování termoplastických zálisků elastomerní směsí, které jsou schopny dlouhodobě odolávat teplotám okolo 90°C, spolehlivě pracovat po stovky tisíc cyklů, ale také snižují komplikovanost výroby a náklady na výrobu dílů až o 80%. Zároveň tento dvoukomponentní díl snížil váhu o 25%, a umožnil vynechání chlazení přes modul škrťící klapky, díky jeho nízké tepelné vodivosti. [31]



Obrázek 14: Inovovaná škrťící klapka [31]

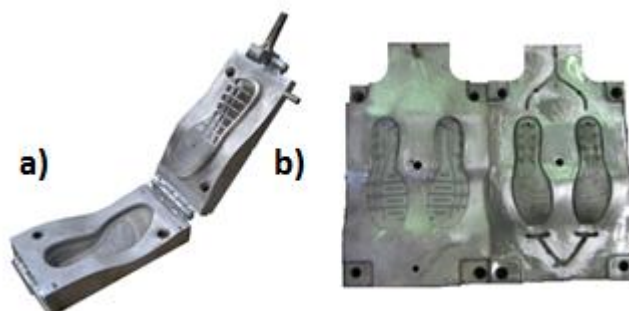
3.2 Vstřikování podešví

Vstřikování podešví se těší své oblibě zejména pro čistotu a jednoduchost procesu, ale také vysokou produktivitu oproti lisování. Využívá se kaučukových elastomerů, termoplastických elastomerů, nebo reaktoplastů, a to v jednom, dvou, nebo více krocích. Vícekrokové vstřikování umožňuje nejen kombinaci materiálů různých vrstev podešví, ale také jejich barevnou různorodost. Vícekrokové vstřikování je umožněno více vstřikovacemi jednotkami nacházejícími se na vstřikovacím stroji. Pro tuto výrobu se využívá tzv. vícepolohových strojů, které využívají několika forem upnutých na posuvném stole, nebo na rotačním karuselu. Tyto formy se pak přesunují před vstřikovací jednotky, a jsou plněny elastomerní směsí. [32]



Obrázek 15: Vícepolohový vstřikovací stroj [5]

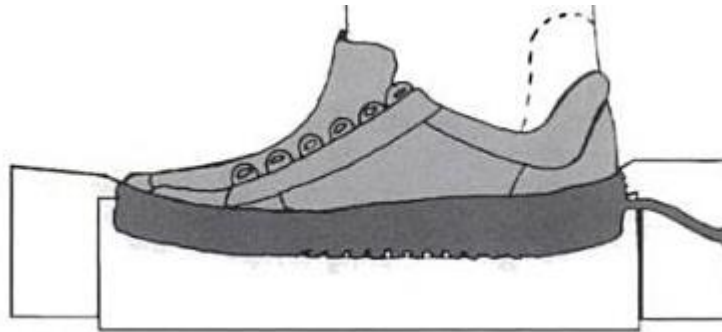
Kaučukové směsi, jako jsou SBR, CR nebo EPDM, jsou vstřikovány do hliníkových uzavřených forem a to za vysokého tlaku. Formy mohou být půlpárové, nebo párové, jak je ukázáno na obrázku č. 17. Pro vstřikování se využívá vstřikovacích jednotek s objemem tavicí komory o 20 až 80% větším, než jaká je hmotnost dílu i s rozváděcími kanálky. Kompresní poměr šneku se pohybuje okolo 2,5:1, poměr délky pak 20:1. [33]



Obrázek 16: Formy pro vstřikování podešví

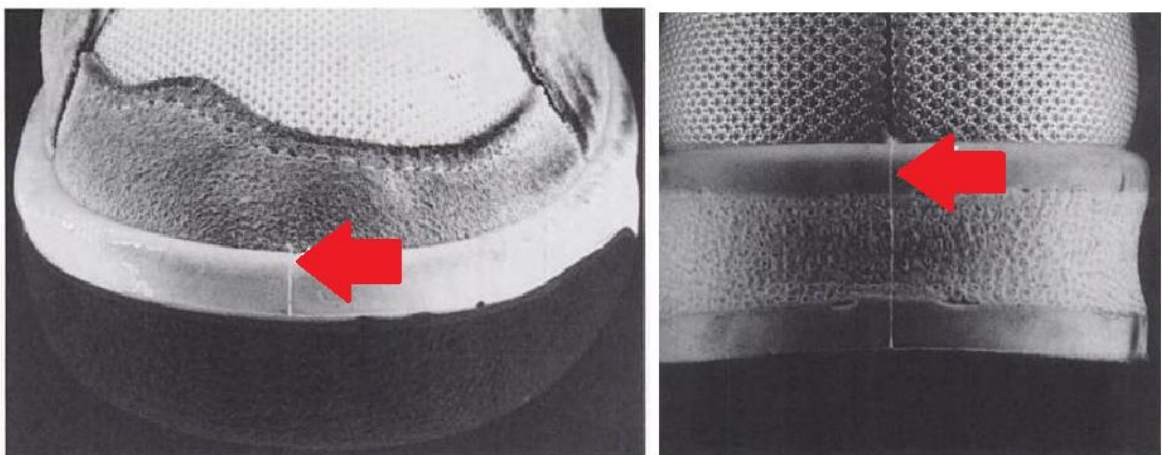
a) půlpár, b) pár [34]

Vstříkovat se mohou buď jednotkové podešve, nebo se využívá přímého zastříkávání svršku boty. U jednotkových podešví je vstříknuta pouze podešev, která musí být dále připevněna k svrchní části obuvi, a to nejčastěji lepením či šitím. K zastříknutí tkaniny dochází vstříknutím elastomerní směsi do dělicí roviny formy obsahující svršek, a dochází tak k výrobě finálního výrobku, který není nutno dále kompletovat.



Obrázek 17: Přímé zastříknutí svršku obuvi [32]

Při zastříkování svršku boty, jsou na podešvi patrné nejen spoje, objevující se v důsledku uzavírání forem v oblasti paty a prstů, ale také kulatá stopa v místě vtoku taveniny, a tyto prvky pak umožňují odlišení podrážek tvářených vstříkováním od lisovaných. Pro skrytí těchto vad se používají formy, které v těchto oblastech obsahují místo pro vytvoření štítku, který pak prodejce opatří vlastním logem. [32]



Obrázek 18: Viditelné spoje po vstříkování podešví [32]

Jiným způsobem je vstřikování PUR podešví. Základním předpokladem pro vstřikování PUR podešví je možnost přívodu dvou různých složek, a to izokyanátu a polyolu, které jsou smíchány až před samotným vstříknutím směsi do dutiny formy. Ke smísení složek dochází ve směšovací komoře, která se nachází před vstřikovací tryskou. Toto je umožněno speciálním sestavením stroje, jež je svařen ze dvou rámu. Na prvním rámu se objevuje směšovací hlava společně s pohonem pro míchadlo, a posouvání míchací hlavy je pak umožněno pneumatickým válcem, který je uložen společně se směšovací hlavou na vertikálně nastavitelném vozíku. Na druhém rámu stroje jsou umístěna zubová dávkovací čerpadla s pneumatickými rozvaděči, pohonný systém a ovládací panel.

Využívá se ochlazování vstřikovací hlavy a proplachovacího systému, jehož odlučování se nachází na prvním rámu stroje. Úkolem proplachovací kapaliny je zachytit zbytky polyuretanové směsi z předchozího cyklu. [35]

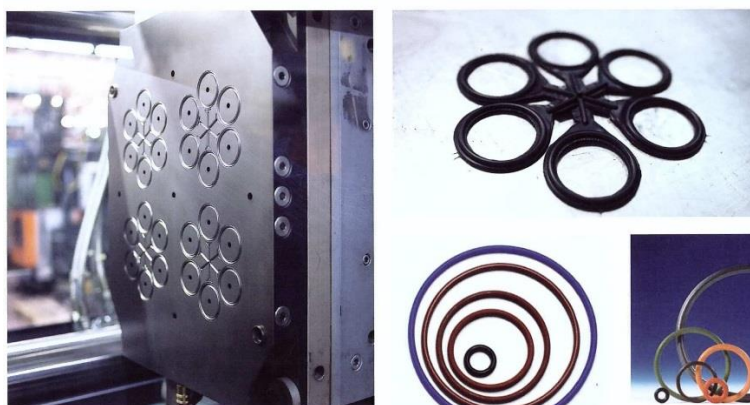
Formy pro rotační karusel jsou využívány především pro velkovýrobu. Vstřikovací jednotka je upevněna na rám, zatímco formy před ní pomocí otočného systému přijíždějí a jsou tak plněny materiálem. Pro vstřikování podešví se využívá blokového kopolymeru polyuretanu, a to při nízkotlakém vstřikování. Pro zpracování takovéto směsi je důležité její sušení, které zabraňuje vzniku pórů a snižuje rizika degradace výrobku. Sušení je doporučováno při 100°C a to po dobu až dvou hodin. Vstřikovaný materiál by měl být zahřát na teplotu 25 až 30 °C. Konečný výrobek vyniká svou tvrdostí, pevností a zvýšenou odolností vůči olejům a rozpouštědlům. [36]

3.3 Těsnění

S rozvojem průmyslového odvětví rostla nutnost použití těsnících součástí, která zabraňují propustnosti kapalin a plynů. Pro jejich úspěšné použití bylo nutno využít takového materiálu, který výborně odolává širokému okruhu kapalin a nepříznivým teplotním a chemickým podmínkám. Tato těsnění mají své využití v nesčetném množství aplikací v automobilovém nebo strojním průmyslu, v domácnostech ale i mnoha dalších odvětvích.

3.3.1 O-kroužky

O-kroužky patří mezi nejrozšířenější typ těsnění, jehož rozmach se datuje k roku 1940. Principem použití tohoto druhu těsnění je jeho vložení do prostoru, jehož vnitřní průměr dosahuje menších rozměrů, než jaký je rozměr kroužku. Vlivem těchto podmínek je kroužek trvale deformován a dochází tak ke vzniku kolmého tlaku na utěšňovaný povrch, jehož důsledkem je snaha kroužku zaujmout původní tvar a tím vznik kvalitně utěšněného prostoru. [37]



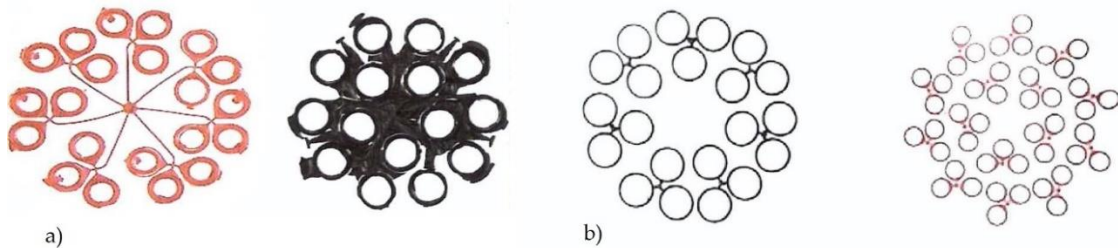
Obrázek 19: O-kroužky [11]

Pro vyvození kolmého tlaku musí být použitý materiál značně elastický. Obecně platí, že čím je materiál měkčí, tím snadnější je jeho deformace. Tvrdost aplikovaných materiálů pak dosahuje hodnot 50-90 ShA. [38]

Tabulka 5: Vlastnosti O-kroužků [38]

Materiál	Odolnost	Tvrdost [ShA]
NBR	Odolný olejům	70-90
CR	Odolný extrémním teplotám	50-70
EPDM	Odolnost vůči stárnutí, ozonu, kyselinám	70-90
VMQ/MVQ	Odolný brzdovým kapalinám na glykolové bázi	70-80

Na obrázku č. 21 je znázorněn rozdíl při vstřikování O-kroužků za použití vyhřívaného a studeného vtokového systému. Nalevo je využito vyhřívaného vtokového systému, jehož předností jsou příznivé náklady související s pořízením formy, zatímco napravo je využito studeného vtokového systému, s jehož použitím lze dosáhnout až 22%-tní úspory odpadního materiálu, avšak pořizovací náklady jsou značně navýšeny. [11]

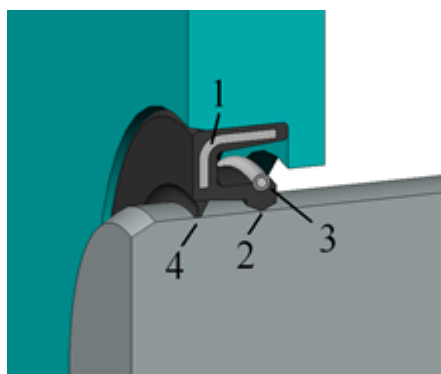


Obrázek 20: Vstřikování O-kroužků, a) za použití zahřívání vtokového systému, b) za použití studeného vtokového systému [11]

3.3.2 Gufera

Gufero, známé také jako hřídelové těsnění, je určeno k utěsnění pohyblivých hřídelí strojních zařízení, tzn. přizpůsobují pohyb rotující hřídeli. Na rozdíl od těsnících o-kroužků nedosedají k hřídeli celým povrchem, ale pouze těsníci břity. Kromě výroby vstřikováním, může být i lisováno. [9]

Základním provedením je gufero, obsahující jeden těsnící břit, ale může být obohaceno o prachovku, nacházející se před těsnícím břitem, levotočivým nebo pravotočivým žebrováním, které lépe přispívá těsnosti u jednosměrně rotující hřídele, vlnovkou, nacházející se na vnějším obvodu těsnění, vyztužujícím kovovým kroužkem nebo tažnou pružinou. [39]



Obrázek 21: Gufero 1) vyztužující kovový kroužek, 2) těsnící břit, 3) tažná pružina, 4) prachovka [40]

Tabulka 6: Vlastnosti gufera [38]

Materiál	Odolnost	Aplikační teplota	Maximální otáčky hřídele
NBR	Odolný minerálním olejům, tukům, vodě, pracím roztokům, benzínu	-40 až +70 °C	3.000 ot/min
MVQ	Odolný automobilovým olejům a tukům	-40 až +70 °C	10.000 ot/min
FKM	Odolný minerálním olejům, tukům, vodě, pracím roztokům, benzínu	-40 až +70 °C	10.000 ot/min

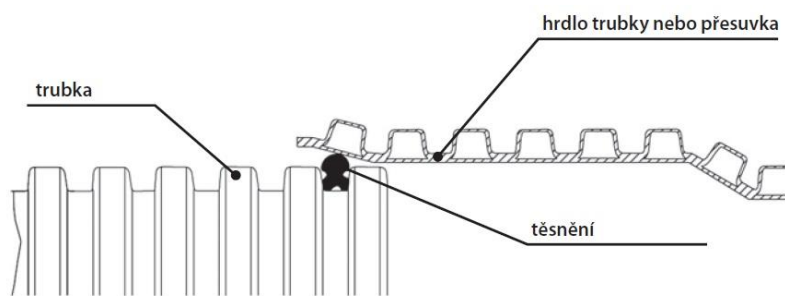
3.3.3 Těsnění pro kanalizační systémy

Těsnění pro kanalizační systémy slouží nejen k zamezení průniku kapaliny, ale také pro napojení kanalizačních trubek.



Obrázek 22: Těsnění pro kanalizační systémy [41]

Při tomto napojení se využívá jednoho těsnícího kroužku s těsníci bříty, usazeného v posledním žlabu kanalizační trubky. Aby se dosáhlo kvalitních a spolehlivých napojení trubek, musí být provedeno dostatečné očištění povrchu těsnění a spojovaných trub. Po dostatečném očištění je nanášen kluzný prostředek. Pro tento materiál se využívá kluzného mýdla. [41]

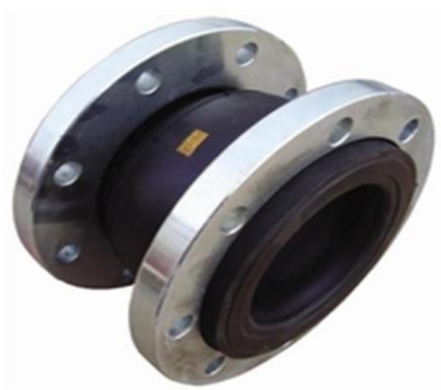


Obrázek 23: Schéma usazení těsnění kanalizačního systému [41]

3.4 Další výrobky

3.4.1 Kompenzátory

Kompenzátory jsou součástí potrubních systémů, kde zajišťují odstranění tlakového napětí vznikajícího tepelnou roztažností, odstraňují kmity čerpadla, nebo prodlouží propojení trub jak ve vodorovném, tak úhlovém směru. Pro lepší mechanické vlastnosti je pryžový kompenzátor vyztužován tkaninou, a jeho použití je doporučováno do teploty 121 °C. [9]



Obrázek 24: Kompenzátor [42]

3.4.2 Silentbloky

Využití silentbloků se nachází především v automobilovém průmyslu, kde jsou schopny tlumit hluk a vibrace, zaručují tlumení nárazů nebo přenos sil, ale také ochranné uložení částí podvozku. Jsou složeny z dutého pryžového válce, na jehož vnější straně je umístěn kovový prstenec, uvnitř pak většinou kovový střed pro upevňovací šroub. Dříve byly silentbloky produkovány především technologií lisování, dnes se však objevují silentbloky vstříkované. Pro jejich výrobu se využívá především NR, IR, NBR a SBR. [38]

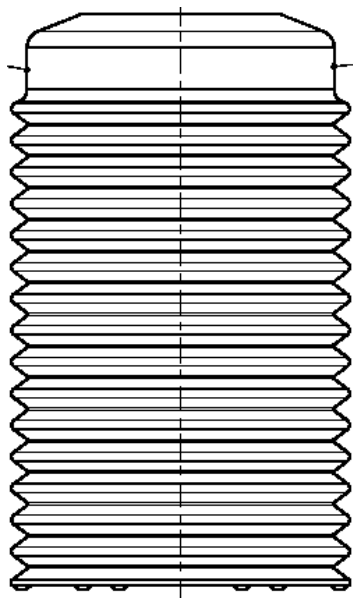


Obrázek 25: Silentblok pro přední rameno nápravy [43]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTMORŮ – KRYT TLUMIČE

Díky výborným vlastnostem elastomerních výrobků, jako je mrazuvzdornost a ozónuvzdornost, bylo mnoho stávajících výrobků modifikováno, a došlo tak ke změně materiálu z termoplastu na elastomer. Příkladem můžou být kryty tlumičů v automobilovém průmyslu, které se vyráběly výlučně z PP a PVC. Jejich technické vlastnosti však neodpovídaly náročnějším požadavkům. Produkt vyrobený z PP a PVC nedosahoval dobrých výsledků zejména v odolnosti proti dynamickému namáhání při zachování mrazuvzdornosti a ozónuvzdornosti, a zároveň dosahoval větších rozměrů a hmotnosti. Tento kryt tlumiče se začal vyrábět z pryže a produkt tak začal vykazovat lepší odolnost při velkém dynamickém namáhání. Přestalo tedy docházet k praskání zejména při nízkých vnějších teplotách.



Obrázek 26: Kryt tlumiče [44]

4.1.1 Pryžová směs

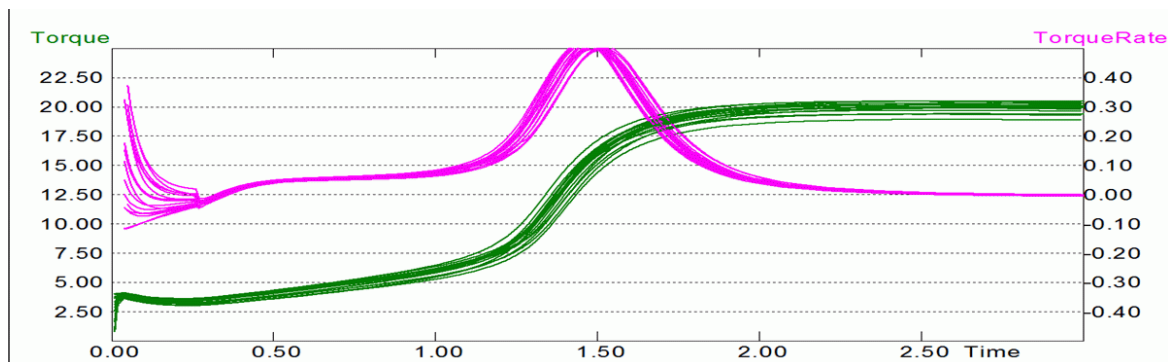
Základním předpokladem pro vytvoření kvalitního výrobku je správný výběr elastomerní směsi, z níž se bude díl vyrábět. Volba tohoto materiálu je hodnocena dle jeho využití a požadavků odběratele na jeho mechanické a chemické vlastnosti. Na základě těchto informací může začít testování směsi za různých podmínek. Problematikou plastových krytů tlumičů byla nízká odolnost vůči dynamickému namáhání při zachování mrazuvzdornosti. Bylo tedy nutné vyhledat směs, která by tomuto namáhání odolávala. Vybraná směs byla

laboratorně testována na odolnost proti tepelnému stárnutí, odolnost nízkým teplotám, byla zjišťována vulkanizační křivka apod.

Tabulka 7: Naměřené hodnoty testované pryžové směsi

Měrná veličina	Jednotka	Výsledek měření
Tvrдость IRHD/N		
- původní	°IRHD/N	83,5
- po tepelném stárnutí	°IRHD/N	91,5
- změna původní hodnoty	°IRHD/N	+ 8,0
Tvrдость Shore A/3s:		
- původní	°ShA/3s	78
- po tepelném stárnutí	°ShA/3s	86
- změna původní hodnoty	°ShA/3s	+8,0
Pevnost v tahu při přetržení		
- původní	MPa	16,2
- po tepelném stárnutí	MPa	13,1
- změna původní hodnoty	%	-19,1
Tažnost při přetržení		
- původní	%	241
- po tepelném stárnutí	%	121
- změna původní hodnoty	%	-50
Odolnost vůči nízkým teplotám	-	
-35°C/6h		bez lomu

Z tabulky vyplývá, že zvolený materiál byl vyhodnocen jako vhodný materiál pro velkovýrobu krytů tlumičů, a jeho odolnostní vlastnosti vykazují lepší možnosti, než původní PP materiál.



Obrázek 27: Vulkanizační křivka směsi

4.1.2 Technologický postup

Dodržování technologického postupu výroby je nejdůležitějším předpokladem pro vytvoření použitelného dílu. Při jeho nedodržování může na výrobku docházet k trhlinám, nedolití, nezvulkanizování a dalším fatálním kazům, díky nimž se výrobek stává nepoužitelným. Mezi složky technologického postupu se řadí teplota taveniny, teplota formy, vstřikovací tlak, vstřikované množství, čas vulkanizace a jiné.

Tabulka 8: Technologický postup pro výrobu krytů tlumičů

Teplota	
- Deska horní zóna 1	156 ± 5 °C
- Deska horní zóna 2	156 ± 5 °C
- Deska horní zóna 3	156 ± 5 °C
- Deska spodní zóna 1	178 ± 5 °C
- Deska spodní zóna 2	156 ± 5 °C
- Deska spodní zóna 3	156 ± 5 °C
- Šnekový válec	75 ± 10 °C
- Chlazený kanál	85 ± 10 °C
- Vstupní zóna	50 ± 10 °C
- Vstřikovací válec	75 ± 10 °C
Tlak	
- Vstřikovací tlak	150 MPa po celou dráhu vstřiku
Čas	
- Doba vulkanizace	115 s

4.1.3 Pracovní postup

Obsluha vstřikovacího stroje přistoupí k uzavřenému zahřátému stroji a pomocí tlačítka umožní otevření upínacího systému, na kterém jsou připevněny vstřikovací nástroje. Dále je provedena vizuální kontrola, která zabraňuje zastříknutí cizorodých částic do výrobku.



Obrázek 28: Nástroj pro vstřikování krytů tlumičů

Po očištění desek a jádra nástroje umožní stroji uzavření upínacího systému, a tím vstříknutí požadovaného množství materiálu do dutiny formy. Po uplynutí doby cyklu, zde 115 vteřin dochází k automatickému otevření, a je nutno vyjmout hotové výrobky. Z důvodu značně členitého povrchu se zde využívá vyjmutí výrobků za pomoci stlačeného vzduchu.



Obrázek 29: Nástroj s hotovými výrobky

Po vyjmutí výrobku se celý cyklus opakuje. Během doby tváření obsluha vykonává dodatečnou úpravu výrobku, kde odstraňuje nežádoucí přetoky, kontroluje kvalitu spoje výrobku a celkový povrch dílu.



Obrázek 30: Neopracovaný kryt tlumiče

4.1.4 Kontrola a měření

Poté, co jsou díly převezeny do skladu podniku, dochází ke kontrolám náhodně vybraných výrobků. Takto vybraný výrobek je následně vizuálně kontrolován, přeměřován, jsou prováděny jeho pevnostní zkoušky apod.

Trhačka

Trhačka, je jedním z deformačních zařízení, která měří především pevnost materiálu. Běžně se využívá na mnohé druhy materiálů, a to od elastomerů, termoplastů až po kovy. Principem tohoto deformačního zařízení je upevnění vzorku materiálu do tzv. čelistí, které mohou být dodány v různých provedeních. Využívá se např. hákových čelistí, vláknitých čelistí nebo tlakových čelistí. Pokud je vzorek dostatečně upevněn, a všechna potřebná data jsou nastavena, pomocí tlačítka v počítači, nebo zakomponovaného v trhacím zařízení začíná proces deformační zkoušky, který může být reálně sledován na displeji počítače. Horní čelist ustupuje směrem nahoru, zatímco spodní čelist je pevně upnuta dole. Dochází k protažení výrobku a v určitém okamžiku k narušení jeho povrchu, a tím k jeho přetržení. Software pak vyhodnotí naměřená data a určí tak pevnost dílu.

Rázová zkouška pádem

Rázová zkouška pádem, je takovým způsobem měření deformace, který využívá principu padajícího tělesa na zkušební díl. Váha padající tělesa je regulována vloženou zátěží a zkouška je prováděna do té doby, dokud nedojde k deformaci výrobku nejméně o 50%. [45]

Odrázová pružnost

Při zkoušce odrazové pružnosti je použito kyvadlové kladivo, které padá na zkoušený vzorek, a určuje tak velikost odrazu kyvadla od zkušebního vzorku. Určuje tedy schopnost tělesa odrážet mechanickou energii. Odrázovou pružnost pak udává poměr výšky, ze které kladivo dopadá a velikost odrazu. [45]

ZÁVĚR

Vstřikování umožňuje vytváření finálních výrobků, a není tak překvapením, že se tímto způsobem zabývá stále více podniků. Tato práce popisuje průběh procesu vstřikování elastomerních směsí, a zároveň vyhodnocuje jeho rozdílnosti oproti vstřikování termoplastických materiálů. Zde byly popsány jednotlivé části vstřikovacího stroje a jejich specifika. U vstřikovací jednotky je zásadní rozdíl velikosti šneku, jehož kompresní poměr pro kaučukové elastomery dosahuje hodnot okolo 1-1,5:1, a poměr délky 14:1. U šneků určených pro termoplastické materiály se pak využívá kompresního poměru 2:1 a poměru délky 20:1. Součástí vstřikovací jednotky je také tavicí komora, která je u kaučukových směsí regulována kapalným systémem na maximální přípustnou teplotu 80°C, zatímco pro termoplasty se využívá tavicích komor, jejichž součástí jsou topné desky zajišťující zahřívání směsi až na 200°C. Nejen vstřikovací jednotky, ale také vstřikovací nástroje využívají značně odlišných systémů. Pro elastomery je vhodnější použití studeného kanálu a vstřikování do vyhřívané formy, zatímco pro termoplasty je výhodnější použití zahříváných kanálů a vstřikování do ochlazovaných forem. Kromě rozdílnosti procesu vstřikování pro různé materiály, bylo nutno vyhodnotit rozdíly oproti lisování, a tím přiblížit potenciál tohoto způsobu tváření elastomerů. Nedílnou součástí práce je také porovnání vstřikovaných materiálů, která poskytla informace o možnostech úpravy směsí, a tím zvýšení požadovaných odolností, nebo také tepelný rozsah použití vulkanizátů. Aplikační část odhalila možnosti zastřikování termoplastických a kovových zálistků, a to od podrobného postupu opracování povrchu zálistku, až po samotné zastříknutí. Tato část obsahuje kromě zastřikování také náhled na běžně používané výrobky, jako jsou těsnění, silanbloky, podešve, kompenzátory apod. V poslední, praktické části, byl pro dokonalou představu vytvořen krok od kroku kryt tlumiče. Tato část demonstruje nejen způsob výběru vhodného materiálu a výrobní proces, ale také náročnost jeho zkoušení a měření, kterým musí díl projít, než je zhodnocen jako vhodný pro použití.

Pryž má velký potenciál a věřím, že na trhu je ještě spousta místa pro nové, či inovované výrobky zhotovené právě těmito materiály a tímto způsobem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DROBNY, Jiri George. *Handbook of thermoplastic elastomers*. Norwich, NY: PDL(Plastics Design Library)/William Andrew Pub., c2007, xvii, 404 p. ISBN 08155154990-8155.
- [2] LINDSAY, J.A. *Rubber injection moulding :ba practical guide*. Shrewsbury, Shropshire: Rapra Technology, 2000. ISBN 1859571808.
- [3] DVOŘÁK, Zdeněk a Jakub JAVOŘÍK. *Elastomerní konstrukční materiály*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárneská skupina Zlín, 2009, 93 s. ISBN 978-80-02-02155-1.
- [4] *Mechanical Engineer's World* [online]. Mechanical Engineering © 2015 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.mechscience.com/4922-injection-moldinginjection-molding-machineinjection-molding-processinjection-molding-on-plastics/>
- [5] SEIDL Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*. [online]. Liberec, 2014 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [6] 14420 [online]. 14420.cz © 2014 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-i/>
- [7] MÉZL, Milan. *Základy technológie vstrekovania plastov*. Olomouc: Mapro, [2012], 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [8] MORRIS Andrew. Plastic injection moulding – An introduction, *AZO materials* 2001, [online]. AZoNetworks © 2015 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=265>
- [9] SOMMER, John G. *Engineered rubber products*. Cincinnati: Hanser, c2009, ix, 181 p. ISBN 1569904332.
- [10] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. 2. opr. vyd. Brno: Uniplast, 1999, 133 s.
- [11] © KLÖCKNER DESMA ELASTOMERTECHNIK GmbH. *Basics of cold runner technology*. 1. vydání. Fridingen, © Klöckner DESMA Elastomertechnik GmbH, 2014, 57 s,

- [12] *Katedra strojírenské technologie* [online]. Ksp © 2013 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/tzn/c6/TS.pdf
- [13] KUNDRATA, Lukáš. *Srovnání oceli a hliníkových slitin pro vulkanizační formy pneumatik* [online]. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Kopa
- [14] BÁBEK, Miroslav a Jozef STAŇO. *Gumárenská technologie a výroba technické pryže*. Upravil Stanislav Klibáni. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2012, 206 s.
- [15] *Media Library* [online]. Pearson Education © 2010 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z http://wpscms.pearsoncmg.com/au_hss_brown_chemistry_1/57/14650/3750473.cw/content/index.html
- [16] © KLÖCKNER DESMA ELASTOMERTECHNIK GmbH. *Basics of elastomer injection moulding*. 1. vydání. Fridingen, © Klöckner DESMA Elastomertechnik GmbH, 2014, 68 s,
- [17] *INVERA, Český výrobce strojů na plsaty a gumu a hydraulických lisů* [online]. INVERA s.r.o. © 2013 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.invera.cz/cz/historie-firmy.html>
- [18] *DESMA* [online]. Klöckner DESMA Elastomertechnik GmbH, © 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://desma.de/en/index.php>
- [19] *ENGEL* [online]. ENGEL AUSTRIA GmbH, © 2015 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.engelglobal.com/cs/cz/podnik/historie-spolecnosti.html>
- [20] *MAPLAN* [online].MAPLAN GmbH © 2014 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.maplan.at/en/intern:128/history>
- [21] DUCHÁČEK, Vratislav. *Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastomery*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2006, 158 s. ISBN 80-02-01784-6.
- [22] DUCHÁČEK Vratislav. *Termoplastické elastomery-Moderní polymerní materiály*. [online]. Praha: Ústav polymerů, Vysoká škola chemicko-technologická, 1997 [cit. 2015-02-14]. 7 s. Dostupné z WWW: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_23-29.pdf

- [23] GENT, Alan N a R CAMPION. *Engineering with rubber: how to design rubber components*. New York: Distributed in the United States of America and in Canada by Oxford University Press, c1992, vi, 334 p. ISBN 0195209508x.
- [24] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie – 2. Kaučuky* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015 © 2012 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: www.utb.cz/file/36214_1_1/
- [25] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 8085920727.
- [26] ŠŮLA, Miroslav. *Pojení pryže s kovem*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2007, 63 s. ISBN 978-80-02-01934-3.
- [27] HLAVA, Miroslav. *Spojování kovů a plastů s pryží – Spojovací prostředky* [online]. Zlín, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Jiří Maláč, CSc.
- [28] *Vakuum technik* [online]. Vakuum technik s.r.o., © 2011 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.vakuumtechnik.cz/download/piab/prisavky.pdf>
- [29] *BILSING AUTOMATION* [online]. BILSING AUTOMATION © 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.bilsing-automation.com/>
- [30] LÁNÍK, Ondřej. Bosch: první plastová škrťící klapka. *Auto.cz*, 2005, Praha [online]. Copyright CZECH NEWS CENTER a.s., © 2015 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bosch-prvni-plastova-skrtrici-klapka-15865>
- [31] TOENSMEIER, Pat. *Plastics in Automotive, Shifting Into Overdrive*. *Plastics Engineering*, 2010, roč. 66, č. 8, s. 10-18. ISSN 0091-9578
- [32] BODZIAK, William J. *Footwear impression evidence: detection, recovery, and examination*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2000, xxi, 497 p. ISBN 0849310458.
- [33] *ENPLAST* [online]. ENPLAST Plastik Kimya San. Ve Tic.A.S © 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z <http://enplast.com.tr/en/injection-moulding-of-thermoplastics-elastomer-thermoplastic-vulcanizates/>
- [34] *XIELI MOULD, Quanzhou Xieli Mould Co., Ltd* [online]. Xieli mould © 2015 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z <http://www.shoe-mould.com>

- [35] *Pronext*, [online]. Pronext, a.s. © 2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.pronext.cz/cs/stroje/stroje-pro-zpracovani-pur/18-vstrikovaci-pur.html>
- [36] SVOBODA, Lukáš a Jan KLABAL. *Studijní stáž na procesu tváření*. [online]. Střední průmyslová škola polytechnická - COP Zlín, © 2014 [cit. 2015-02-08]. Dostupné z: http://novepraxe.spspzlin.cz/wp-content/uploads/protokol_2rocnik.pdf
- [37] HOLUB, Josef. *Pryž jako konstrukční materiál*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1967, 265 s.
- [38] *Gufero* [online]. GUFERO © 2014 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://www.gufero.com/eshop-kategorie-o-krouzky.html>
- [39] *K&F technická guma* [online]. K&F technická guma © 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://guma.cz/>
- [40] Gufero. *Wikipedia: the free encyclopedia*. [online]. 2001- [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Gufero>
- [41] *Elmo-plast* [online]. ELMO-PLAST, a.s. © 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.elmoplast.cz/>
- [42] *Pumpa a.s.* [online]. Pumpa, a.s. © 2015 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.pumpa.cz/cz/kompenzator-gumovy-prirubovy-priruba-z-galvanizovane-oceli-vlnovec-z-epdm>
- [43] Škoda díly [online]. Škoda-díly.cz © 2015 [cit. 2015-05-16]. dostupné z: <http://www.skoda-dily.cz/eshop/8n0407181b-silentblok-ramene.html>
- [44] Propagační a prezentační materiály firmy GM Plast s.r.o.
- [45] *Dynamické zkoušky* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, © 2012 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_11.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitril – butadien – styren
BIIR	Brombutyl
CIIR	Chlorbutyl
CR	Chloroprenový kaučuk
EPDM	Etylen – propylen – dien – monomer
E-SBR	Butadien – styrenový kaučuk vyráběný emulzí
FKM	Fluorový kaučuk
HCl	Kyselina chlorovodíková
IIR	Butylkaučuk
MVQ	Metyl – silikonový kaučuk s vinylovými skupinami
NBR	Butadien – akrylonitrilový kaučuk
NR	Přírodní kaučuk
PA	Polyamid
PCE	Polykarbonát
PE	Polyetylen
PET	Polyethyltereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
SBR	Butadien – styrenový kaučuk
SBS	Styren – butadien – styren

S-SBR	Butadien – styrenový kaučuk vyráběný v roztoku
TPE	Termoplastický elastomer
TPU	Termoplastický polyuretan

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Hlavní části vstřikovacího stroje [4]	14
Obrázek 2: Rozdíl mezi kloubovým a hydraulickým mechanismem [1]	15
Obrázek 3: Vyhadzovací systém pro TPE a termoplasty [6]	18
Obrázek 4 Vstřikovací jednotka [8]	20
Obrázek 5: Typy šneků pro různé druhy materiálů [5]	21
Obrázek 6: Tavicí komora <i>a) pro termoplasty, b) pro elastomery, c) pro tekuté silikony</i> [5]	22
Obrázek 7: Vtokový systém [9]	24
Obrázek 8: Použití zahřívaného kanálu a studeného kanálu pro elastomerní směsi [11]	25
Obrázek 9: Temperační systém formy [12]	26
Obrázek 10: Vulkanizace <i>a) Nevulkanizovaná směs, b) Zvulkanizovaná směs</i> [15]	27
Obrázek 11: Teplotní závislost vulkanizace <i>a) nevulkanizovaný materiál, b) nevulkanizovaný materiál c) začátek vulkanizace d) vulkanizace, e) převulkanizování – znehodnocení výrobku</i> [16]	27
Obrázek 12: Postup pro zastříknutí zálisku elastomerní směsí [15]	40
Obrázek 13: Přísavky s opěrnými žebry [29]	41
Obrázek 15: Inovovaná škrťící klapka [31]	42
Obrázek 16: Vícepolohový vstřikovací stroj [5]	43
Obrázek 17: Formy pro vstřikování podešví <i>a) pŕlpár, b) pár</i> [34]	43
Obrázek 18: Přímé zastříknutí svršku obuvi [32]	44
Obrázek 19: Viditelné spoje po vstřikování podešví [32]	44
Obrázek 20: O-kroužky [11]	46
Obrázek 21: Vstřikování O-kroužků, <i>a) za použití zahřívaného vtokového systému, b) za použití studeného vtokového systému</i> [11]	47
Obrázek 22: Gufero 1) vyztužující kovový kroužek, 2) těsnící břit, 3) tažná pružina, 4) prachovka [40]	47
Obrázek 23: Těsnění pro kanalizační systémy [41]	48
Obrázek 24: Schéma usazení těsnění kanalizačního systému [41]	48
Obrázek 25: Kompenzátor [42]	49
Obrázek 26: Silentblok pro přední rameno nápravy [43]	49
Obrázek 27: Kryt tlumiče [44]	51

Obrázek 28: Vulkanizační křivka směsi	53
Obrázek 29: Nástroj pro vstřikování krytů tlumičů	54
Obrázek 30: Nástroj s hotovými výrobky	54
Obrázek 31: Neopracovaný kryt tlumiče	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vyhodnocení rozdílů kloubového a hydraulického mechanismu [5].....	16
Tabulka 2: Porovnání vstřikovacího tlaku a protitlaku pro různé materiály [5].....	21
Tabulka 3: Zpracovatelské vlastnosti termoplastických elastomerů [1].....	30
Tabulka 4: Vlastnosti kaučukových směsí [23].....	33
Tabulka 5: Vlastnosti O-kroužků [38].....	46
Tabulka 6: Vlastnosti gufera [38]	48
Tabulka 7: Naměřené hodnoty testované pryžové směsi.....	52
Tabulka 8: Technologický postup pro výrobu krytů tlumičů	53

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Parametry vstřikovacího stroje DESMA 956.050 ZO
- P II Vstřikovací stroj DESMA 956.050 ZO
- P III Parametry vstřikovacího stroje MTF 250/40c
- P IV Parametry vstřikovacího stroje MTF 250/40c
- P V Parametry vstřikovacího stroje Victory

PŘÍLOHA P I: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE DESMA 956.050 ZO

DESMA

Technical Data

956.050 ZO

0050.70.010.1d

02.08.2004

Machine Type	956.050 ZO		
EUROMAP size indication	500 - 200	500 - 510	500 - 850

Injection Unit System		C1		C1		C	
Injection piston diameter	mm	32	40	45	55	55	65
Injection pressure	bar	2430	1550	2340	1570	2900	2080
Injection volume	cm ³	85	130	220	330	350	500
Piston stroke	mm	105		140		150	
Injection force	kN	195		373		691	
Injection volume, calc.	cm ³ /s	45	70	52	75	48	68
Screw diameter	mm	25		35		25	
Screw lenght	L : D	12:1		11:1		12:1	
Screw speed	U/min.	20 - 200		20 - 180		20 - 220	
Screw, torque, max.	Nm	380		540		380	
Heating capacity temp.control	kW	1x4,5		1x4,5		1x4,5	
Injection unit contact force	kN	-		-		-	
Strip width	mm	40x6		40x6		40x6	

Clamping Unit		
Clamping force	kN	500
Transfer force	kN	500
Transfer stroke	mm	fully hydraulic
Opening force	kN	20
Opening stroke	mm	350
Opening speed	mm/s	110
Closing speed	mm/s	240
Mould height, min.	mm	130 (100)
Space betw.heating plat. max.	mm	480
Clearance betw. tie bars	mm	C - Joch
Heating platens, standard	mm	320x400
Hydraulic core lifting device		
Lifting force	kN	15,7
Stroke	mm	150
Central ejector		
Lifting force	kN	-
Stroke	mm	-

General Data		
Pump drive	bar	296
	l/min.	28
	kW	7,5
Total connected load	kW	20
Machine dimensions LxWxH	mm	1410x1490x2700 1410x1490x3070 1450x1550x3100
Oil tank capacity	l	180
Weight	kg	3400 3400 3400

PŘÍLOHA P II: VSTŘIKOVACÍ STROJ DESMA 956.050 ZO

DESMA

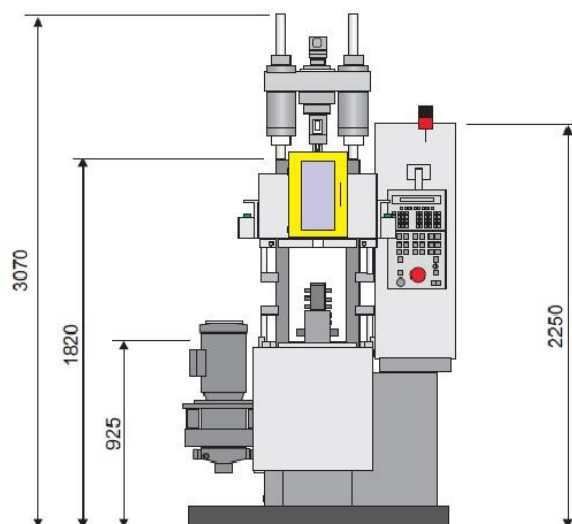
500 - 1 000, 2910bar/350cm³,FIFO-C

956.050 ZO

0050.70.100.1d

07.02.2007

Deinhardt



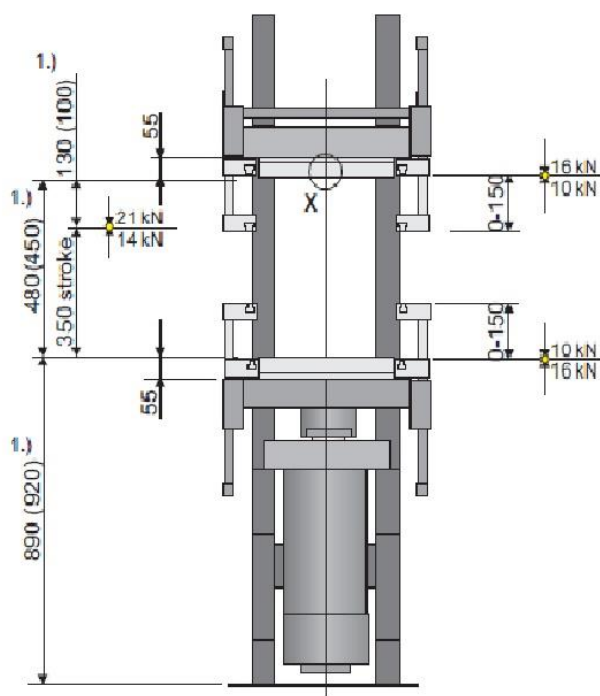
DESMA

Uzavírací jednotka

956.050 ZO

0050.70.030.e

05.07.2004



PŘÍLOHA P III: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE MAPLAN MTF 250/40C



rubber injection technology

max. Schließgeschwindigkeit:	70 mm/s
max. Öffnungsgeschwindigkeit:	57 mm/s
Öffnungskraft:	25 kN
Arbeitshöhe (ohne Schiebeplatte):	1194 mm
Breite der Heizplatten:	300* mm
Länge der Heizplatten:	300* mm
max. Betriebstemperatur:	230 °C
Heizleistung:	4,64 kW
Werkzeugeinbausituation:	MAPLAN Standard
Zeichnung Werkzeugeinbausituation:	xxx*
Aufstellungsplan:	xxx*
Systemdruck (Hydraulik):	280 bar
Ölfüllung:	80 l
Motorleistung (Hydr. Pumpe):	4,0 kW
Volumenstrom (Hydr. Pumpe):	27 l/min
Anschlusswert (ohne Optionen):	10 kW
Spannungsversorgung:	3 x 400 V, 50 Hz (mit* Neutralleiter)
Steuerspannung:	24 V =
Abmessungen:	
Gesamtlänge:	1250 mm
Gesamtbreite:	1075 mm
Gesamthöhe:	2650 mm
Gesamtgewicht (ohne Optionen) ca.:	1800 kg
Position v. Energiezuführung:	@@SE[bitte auswählen] => -) von oben (Schaltschrankdach) -) von unten

Die Schließeinheit in C-Rahmen-Bauweise zeichnet sich besonders durch freie Zugänglichkeit zu den Heizplatten aus. Die Konzeption und Auslegung dieser Baureihe erlaubt auch hier eine weitgehend gratfreie Produktion Ihrer Formteile. Weiters sind Wartungsfreundlichkeit und Zuverlässigkeit selbstverständlich.

Elektrisch beheizte Platten, mit selbstoptimierendem Regelkreis und hochwertigen Heizelementen, ausgestattet mit mehreren Gewindebohrungen M10 zur einfachen und schnellen Montage der Formen sind ebenso wie hochwertige Isolierplatten ein integrierter Bestandteil des Schließsystems.

PŘÍLOHA P IV: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE MAPLAN MTF 250/40C



rubber injection technology

1.1 1 Stück MAPLAN Standard-Farbschema

Standard-Maschinenlackierung ausgeführt in:
Verkleidung: RAL 7035 - Lichtgrau
E-Schrank: RAL 7035 - Lichtgrau
Grundkörper: RAL 7035 - Lichtgrau
Spritzeinheit: RAL 7035 - Lichtgrau
Hydraulik: RAL 7021 - Schwarzgrau
Designfarbe***: RAL 2008 - Hellrotorange
Lackoberfläche: glatt
Zusatzinformation:
***C-Rahmen Maschinen = bewegliches Schutzgitter (entfällt bei Standardmaschinen, da diese Maschinen standardmäßig mit 2-Hand Bedienung ausgeführt sind).
Horizontal Maschinen = Blech zwischen Spritzeinheit und Schließeinheit, bedienseitig.
Vertikal Holm (Edition, Bottom und Ergonomic) Maschinen = Blech zwischen E-Schrank und Maschine, bedienseitig.

1.2 1 Stück FIFO 250ccm Spritzeinheit, 2000 bar, kurze Düse

Basis Spritzeinheit:	
Spritzeinheit Type:	FF
max. Spritzvolumen:	250 cm ³
spezifischer Spritzdruck:	1980 bar
max. Einspritzleistung:	98 cm ³ /sek
Streifeneinzug-Öffnungshöhe:	45 mm
Streifeneinzug-Öffnungsbreite:	14 mm
Schneckendurchmesser:	27 mm
Schneckentype:	M1
Schneckenlänge:	10:1
Spritzkolben Durchmesser:	46 mm
Einspritzhub:	150 mm

Diese Maschine ist mit der unübertroffen Original MAPLAN FIFO-Gummispritzeinheit ausgestattet. Die entscheidenden Vorzüge liegen in der Einfachheit, der Leistungsfähigkeit und der Genauigkeit des Systems. Enorm hohe Spritzkräfte im Werkzeug werden durch die kurze, flache Düse erzielt. Alle relevanten Teile sind nitriert, um den hohen Anforderungen zu entsprechen.

PŘÍLOHA P V: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE ENGEL VICTORY

Technická data victory .../90,110,120 e-victory .../90,110,120

		Uzavírací jednotka		
		victory 90 e-victory 90	victory 110 e-victory 110	victory 120 e-victory 120
Uzavírací síla	to/kN	90 / 900	110 / 1100	120 / 1200
Otevírací síla	kN	38	38	38
Max. dráha otevření	mm	500	500	500
Min. vestavná výška formy	mm	300	300	300
Odstup desek max.	mm	800	800	800
Standardní velikost upínacích desek h x v	mm	740 x 680	740 x 680	740 x 680
Zvětšené upínací desky / Wide-Platen h x v	mm	790 x 680	790 x 680	790 x 680
Šířka vypadávací šachty Standard	mm	500	500	500
Šířka vypadávací šachty Wide-Platen	mm	550	550	550
Dráha vyhazovače	mm	130	130	130
Síla vyhazovače vpřed / zpět	kN	40 / 14	40 / 14	40 / 14
Max. hmotnost formy na BAP/Těžiště ¹	kg / mm	800 / 183	800 / 183	800 / 183
Počet chladičích okruhů nástroje	nxl/min	4x10	4x10	4x10
Doba běhu naprázdno	sec @ mm	1.6 @ 200	1.6 @ 200	1.6 @ 200

1. Bez přidavných vodičích botek

victory 90, 110, 120		Vstřikovací jednotka			
		200	330	500	650
Hmotnost	to	6.6 / 7.0	6.7 / 7.1	6.8 / 7.2	7.0 / 7.4
Standard / Wide-Platen	US tons	7.3 / 7.7	7.4 / 7.8	7.5 / 7.9	7.7 / 8.2
Olejevá náplň ¹	gal	300	300	300	300
	gal	79.3	79.3	79.3	79.3
výkonu pohonu	kW	15 / 18.5	15 / 18.5	18.5 / 18.5	22 / 22
HV1 / HV2	hp	20.1 / 24.8	20.1 / 24.8	24.8 / 24.8	29.5 / 29.5
výkonu pohonu	kW	17.1 / 18.3	18.3 / 20.9	19.8 / 24.8	21.3 / 22.2
SHV1 / SHV2	hp	22.9 / 24.5	24.5 / 28.0	26.6 / 33.3	28.6 / 29.8
Topný výkon vstřikovací jednotky (max. výkon / max. zón)	kW / n	6.8 / 4	9.2 / 4	12.2 / 5	13.4 / 5
Přivedený příkon	kW	23 / 27	26 / 29	32 / 32	37 / 37
HV1 / HV2					
Přivedený příkon	kW	26 / 26	28 / 31	33 / 38	36 / 37
SHV1 / SHV2					
Proud připojení ²	A	41 / 47	44 / 51	53 / 53	65 / 65
HV1 / HV2					
Proud připojení ²	A	37 / 39	42 / 46	44 / 52	54 / 56
SHV1 / SHV2					
Spotřeba chladičí vody ³	m ³ /h	0.5 / 0.25	0.5 / 0.25	0.5 / 0.25	0.6 / 0.3
HVx / SHVx	gal/h	132 / 66	132 / 66	132 / 66	158 / 79

1. Při objednání oleje pro uvádění do provozu ve výr. závodě ENGEL +15%

2. Při napětí 3 x 380V - 400V + N + PE, 50/60 Hz

3. Při teplotě okolního prostředí max. 35° C / 95° F

e-victory 90, 110, 120		Vstřikovací jednotka		
		200	310	440
Hmotnost	to	6.9 / 7.3	7.1 / 7.5	7.5 / 7.9
Standard / Wide-Platen	US tons	7.6 / 8.0	7.8 / 8.3	8.3 / 8.7
Olejevá náplň ¹	l	300	300	300
	gal	79.3	79.3	79.3
výkonu pohonu	kW	18 / 18	22.7 / 22.7	22.7 / 22.7
SHV1 / SHV2	hp	24.1 / 24.1	30.4 / 30.4	30.4 / 30.4
Topný výkon vstřikovací jednotky (max. výkon / max. zón)	kW / n	6.8 / 4	9.2 / 4	12.2 / 5
Přivedený příkon ²	kW	26 / 26 / 33	33 / 33 / 37	36 / 36 / -
SHV1 / SHV2				
Proud připojení ^{2,3}	A	38 / 38 / 48	49 / 49 / 54	48 / 48 / -
SHV1 / SHV2				
Spotřeba chladičí vody ⁴	m ³ /h	-	-	-
SHVx	gal/h	-	-	-

1. Při objednání oleje pro uvádění do provozu ve výr. závodě ENGEL +15%

2. Při použití kompenzačních zařízení pro korekci účinniku stroje resp. zařízení nebo částí zařízení je nutno použít kompenzaci jalového proudu s kondenzátory s tlumivkami.

3. Při napětí 3 x 380V - 400V + N + PE, 50/60 Hz

4. Při teplotě okolního prostředí max. 35° C / 95° F

