

Konstrukce vstřikovací formy pro pryžový výrobek

Bc. Jiří Matušík

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Matušík**

Osobní číslo: **T13623**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro pryžový výrobek**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma.**
- 2. 3D návrh modelu vstřikované součásti.**
- 3. Návrh vstřikovací formu pro zadaný výrobek, včetně výrobní dokumentace.**
- 4. Provedte analýzu vstřikovacího procesu.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Adam Škrobák

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2016

Ve Zlíně dne 8. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: MATUŠÍK JIŘÍ

Obor: PRŮBŮBNÍ INŽENÝRSTVÍ

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 11.5.2015


.....

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 též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

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

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

¹⁹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro pryžové pneumatiky RC modelu auta. Teoretická část popisuje problematiku vstřikování kaučukových směsí. Dále popisuje vstřikovací stroje a konstrukční zásady při navrhování vstřikovací formy. To vše se zaměřením na kaučukové směsi. Praktická část popisuje konstrukční návrh vstřikovací formy a výsledky simulací vstřikovacího procesu v programu Cadmould Rubber. Součástí konstrukčního návrhu je i výrobní dokumentace k možné výrobě formy.

Klíčová slova: konstrukce, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, kaučuková směs, analýza

ABSTRACT

Diploma thesis deal with injected mold design for RC model cars rubber tyres. Theoretic part describes issues regards by natural rubber compound injecting. Next part describes injected machines and design principles during injected mold designing with regard on them. All this with a view to the rubber mixture. The practical part describes the structural design of injection mould and injected simulation process results in the program Cadmould Rubber. Part of the design is manufacturing documentation for the possible mold production.

Keywords: design, injection mold, injection molding machine, rubber compound, analysis

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Adamu Škrobákovvi, za ochotu, odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování diplomové práce.

*„Největší chyba,
kterou v životě můžete udělat,
je mít pořád strach,
že nějakou uděláte.“*
(Elbert Hubbard)

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	13
1.1 ELASTOMERY	13
1.2 KAUČUKY	13
2 KAUČUKOVÉ SMĚSI	15
2.1 ZÁKLADNÍ SKLADBY SMĚSÍ	15
2.1.1 Regeneráty.....	15
2.1.2 Vulkanizační činidla.....	16
2.1.3 Urychlovače	16
2.1.4 Aktivátory	16
2.1.5 Prostředky proti stárnutí.....	17
2.1.6 Změkčovadla	17
2.1.7 Plniva.....	17
2.1.8 Pigmenty	17
2.1.9 Zvláštní přísady	18
2.2 KAUČUKOVÉ SMĚSI PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	18
3 VULKANIZACE	20
4 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	22
4.1 VSTŘIKOVÁNÍ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ	22
4.1.1 Vstřikovací cyklus.....	22
4.1.2 Vstřikování kaučukových směsí	23
4.1.3 Výhody a nevýhody vstřikování elastomerů.....	23
4.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ PRO GUMÁRENSKÉ SMĚSI.....	23
4.2.1 Vstřikovací jednotka	25
4.2.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací	26
4.2.3 Vstřikovací jednotka bez předplastikace.....	27
4.2.4 Uzavírací jednotka	27
4.2.5 Ovládání a řízení stroje	28
5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	30
5.1 VSTŘIKOVACÍ FORMY	30
5.2 VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO KAUČUKOVÉ SMĚSI.....	31
5.2.1 Násobnost vstřikovací formy	31
5.2.2 Návrh dutiny formy.....	32
5.2.3 Dělicí rovina.....	32
5.2.4 Vtokový systém.....	33
5.2.5 Vtokové ústí	34
5.2.6 Plnění tvarové dutiny	36
5.2.7 Přetoky v dělicí rovině	37
5.2.8 Odvzdušnění dutiny formy.....	38
5.2.9 Vytápění forem.....	38
5.2.10 Středění forem	39
5.2.11 Vyhazování výstřiků z formy.....	40
5.2.12 Konstrukční materiály forem	43

6	NAVRHOVÁNÍ PRYŽOVÝCH VÝROBKŮ	44
6.1	TLOUŠŤKA STĚN	44
6.2	ZAOBLENÍ HRAN	45
6.3	ÚKOSY,PODKOSY,ZÁPICHY	46
7	PROBLÉMY PŘI VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ	47
7.1	SOUDRŽNOST A PŘILNAVOST	47
7.2	PROPADLINY	47
7.3	PŘEDČASNÁ VULKANIZACE	47
7.4	DLOUHÉ VULKANIZAČNÍ CYKLY	48
7.5	SMRŠTĚNÍ A ROZMĚROVÁ STÁLOST VÝSTŘIKU	48
7.6	PÓROVITOST	48
7.7	VZDUCHOVÉ BUBLINY	48
7.8	OXIDACE	48
7.9	NEROVNÝ POVRCH	48
II	PRAKTICKÁ ČÁST	49
8	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	50
9	POUŽITÉ APLIKACE	51
9.1	SOLIDWORKS 2012	51
9.2	CADMOULDRUBBER 4.5	51
9.3	MEUSBURGER KATALOG 5.8.1	51
10	SPECIFIKACE VÝROBKU	52
10.1	POUŽITÝ MATERIÁL	53
11	VSTŘIKOVACÍ STROJ	54
12	KONSTRUKCE FORMY	56
12.1	NÁSOBNOST FORMY	57
12.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	57
12.3	VTKOVÝ SYSTÉM	58
12.4	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	59
12.5	ODFORMOVÁNÍ DUTINY FORMY	60
12.6	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU	62
12.7	ODVZDUŠNĚNÍ	62
12.8	TEMPERACE FORMY	63
13	ANALÝZA VSTŘIKOVACÍHO PROCESU	64
13.1	PROCESNÍ PODMÍNKY	64
13.2	METODA KONEČNÝCH PRVKŮ	64
13.3	VÝSLEDKY ANALÝZ	66
13.3.1	Plnění dutiny	66
13.3.2	Tlaková analýza	67
13.3.3	Průběh teplotního pole	69
13.3.4	Průběh vulkanizace	72
13.3.5	Studené spoje	75
13.3.6	Vzduchové kapsy	75

DISKUZE VÝSLEDKŮ	77
ZÁVĚR	78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	81
SEZNAM OBRÁZKŮ	82
SEZNAM TABULEK.....	84
SEZNAM PŘÍLOH.....	85

ÚVOD

Technologie vstřikování plastových nebo elastomerních materiálů je v poslední době neodmyslitelný a velmi produktivní výrobní proces. Vyskytuje se v mnoha výrobních průmyslech, jako jsou: automobilový, letecký, potravinářský nebo obalový.

Vstřikování je poměrně složitý tepelně-mechanický proces, který se provádí na vstřikovací stroji. Nedílnou součástí vstřikovacího procesu je nástroj (vstřikovací forma), která určuje konečný tvar výrobku. Konstrukci vstřikovací formy musí být věnována nemalá pozornost, jelikož jde o velmi složitý nástroj, který se skládá z mnoha částí a dílů. To vyžaduje značné znalosti z oblasti konstrukce forem, strojírenské výroby, materiálového inženýrství a dalších příbuzných oborů.

Předmětem diplomové práce je konstrukční návrh vstřikovací formy pro elastomerní (pryžový) výrobek. Jedná se o návrh pneumatiky s jednotnou tuhostí pro rádiově řízený model auta.

Vstřikovanou elastomerní směs tvoří různé přísady o rozdílném množství, každá směs je tedy originálem s různými tokovými vlastnostmi. Proto je dobré znát chování elastomerní směsi uvnitř formy během plnění a vulkanizace ještě před samotným konstrukčním návrhem formy. K této analýze a následné optimalizaci formy byl použit program Autodesk Moldflow 2016.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery jsou rozděleny do dvou skupin. Na skupinu elastomerů a na skupinu plastů. Plasty jsou dále děleny na termoplasty a termosety (dříve reaktoplasty). Jsou to látky tvořené makromolekulami s převážným obsahem uhlíku C, vodíku H, kyslíku O, dusíku N, a jiných chemických prvků. Zpracováváný polymer obvykle prochází kapalným, nebo pastovitým stavem. Tvar budoucího výrobku určuje zejména technologické zařízení a to většinou za zpracovatelské teploty a tlaku, někdy i v průběhu časového intervalu. [3,14]

1.1 Elastomery

Vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se pomocí vulkanizace vyrábí pryže. [11]

Elastomery lze považovat za vysoce kondenzované plyny, protože velká část dílčích monomerů se vyskytuje v plynném skupenství. Polymerizací vznikají řetězce dlouhých molekul. Molekulová struktura elastomerů může být amorfní, semikrystalická, nebo krystalická. [3]

1.2 Kaučuky

Kaučuk je charakterizován neobvyklou skladbou fyzikálních vlastností. Má vysokou elasticitu při vysoké tvrdosti a mimořádně velkou tažnost. Jsou nedílnou složkou gumárenských směsí. Kaučuky se dělí na kaučuky přírodní a syntetické. [15]

Přírodní kaučuky

Získává se z tropického stromu kaučukovníku brazilského (*Hevea brasiliensis*). Po nařezání jeho kůry vytéká ze stromu míza zvaná latex (surový kaučuk). Ten se upravuje srážením např. kyselinou mravenčí. Poté se pere vodou a suší na materiál zvaný krepa. Dalšími úpravami (přídavkem plniv, aditiv a vulkanizací) se vyrábí "přírodní kaučuk" nazývaný přírodní pryž. [15]

Syntetické kaučuky

Vyrábí se polymerací nebo kopolymerací nenasycených uhlovodíků. Mezi nejběžnější patří polybutadienové kaučuky, kopolymerní butadien- styrenové kaučuky, ethylen-

propylenové kaučuky a isoprenové kaučuky. Z kaučuků na bázi uhlovodíků se pryž získává přidáním plniv, vulkanizačních činidel, antioxidantů a samotnou vulkanizací.[15]

2 KAUKUKOVÉ SMĚSI

I když jsou kaučuky základním materiálem pro přípravu pryžových výrobků, nejsou samy o sobě vhodné pro praktické použití. Teprve kombinací s dalšími přísadami se stávají průmyslově upotřebitelnými. [9]

Rozmanitost požadavků kladených na výrobky vede k používání značného počtu směsí. Při masové výrobě (výroba pneumatik, obuvi, hraček apod.) používáme směsi šité na míru budoucímu výrobku. Tyto přesně zaměřené směsi se nazývají recepty.

Recepty je z různých důvodů nutno často předělávat. Příčinami jsou:

- nedostatek některé suroviny;
- změna požadavků na výrobek;
- změna nebo racionalizace výrobního postupu.[11]

2.1 Základní skladby směsí

Především to jsou vulkanizační přísady, které umožňují připravit směs schopnou vulkanizace. Zpracovatelnost směsí a ostatní vlastnosti se upraví dalšími přísadami, a to zejména změkčovadly, ztužovadly a plnivy. Plniva mají také značný ekonomický význam. Z toho plyne základní rozdělení směsí na:

- plniva (saze světlá plniva)
- zpracovatelské přísady (změkčovadla, antidegradanty, antiozonanty, pigmenty, zvláštní přísady)
- vulkanizační přísady (vulkanizační činidla, urychlovače, aktivátory, retardéry, inhibitory) [9, 14]

2.1.1 Regeneráty

Regenerát se vyrábí z vytríděných pryžových odpadů. Ty se nejdříve rozřežou, rozdrtí, odstraní se z nich kovové předměty a poté se podrobí vlastní regeneraci, po které následuje propírání, ždímání a sušení. Vlastní regeneraci rozdělujeme na parní (vodní pára), kyselou (kyselina sírová), alkalickou (louh draselný) a neutrální (chlorid zinečnatý). Regenerát je důležitou přísadou v kaučukových směsích. Zlepšuje jejich zpracovatelnost a tudíž i zmenšuje spotřebu energie při míchání. V neposlední řadě také zlevňuje výrobky.[9]

2.1.2 Vulkanizační činidla

Do této skupiny patří všechny látky, které mají schopnost chemickou reakcí vytvářet příčné vazby mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Tuto schopnost má větší množství látek, ale osvědčily se jen některé. Nejpoužívanějším vulkanizačním činidlem je elementární síra.

Síra se používá jako vulkanizační činidlo pro řadu nenasycených kaučuků. Jsou to zejména kaučuky: přírodní, butadienstyrenový, butadienakrylonitrilový, butadienový, butylkaučuk a další syntetické kaučuky. Pro měkkou pryž se přidává v množství 0,5 dsk až 4 dsk, pro přírodní kaučuk od 2 dsk do 2,5 dsk. Pro tvrdou pryž se přidává 35 dsk až 50 dsk síry.

Jako doplňující vulkanizační činidlo se současně se sírou někdy používá též selen nebo telur v množství 0,5 dsk pro zlepšení odolnosti pryže vůči zvýšené teplotě.[11]

2.1.3 Urychlovače

Anorganické a organické látky, které urychlují průběh vulkanizace a zkracují vulkanizační dobu. Příznivě ovlivňují stárnutí pryže a zmenšují potřebné množství síry. Mají podstatný vliv na některé fyzikální vlastnosti vulkanizátu, a to zejména na pevnost, odolnost proti prolamování atd.

Podle účinku na kaučuk lze urychlovače rozdělit do čtyř skupin:

- Pomalu působící
- Středně rychle působící
- Rychle působící
- Ultraurychlovače

Nejobvyklejší jsou urychlovače středně rychle působící, a to proto, že se pomocí nich dosáhne vulkanizátu s žádoucí plochou vulkanizační křivky.[9]

2.1.4 Aktivátory

Jsou to látky anorganické (kysličníky kovů) a organické (sterín). Aktivátory se přidávají do kaučukové směsi, aby zlepšily činnost urychlovačů. Některé urychlovače jsou pak samy aktivátory urychlovačů jiného typu. [9]

2.1.5 Prostředky proti stárnutí

Jsou to antioxydanty. Přidávají se do směsí proto, aby se prodloužila životnost vulkanizátu z přírodního i syntetického kaučuku. Jsou to většinou organické látky a dávkuje se v množství 1-2% na množství kaučuku. Antioxydanty mají různé vlastnosti: chrání vulkanizát proti teplu, účinkům povětrnosti, ozónu, únavy a světla. Nevýhodou je že zbarvují světlé vulkanizáty. [9]

2.1.6 Změkčovadla

Jsou to látky, které se přidávají do kaučukových směsí, aby se zlepšily jejich zpracovatelnost a ovlivnily některé vlastnosti vulkanizátu. Změkčovadla zvyšují lepihost kaučukových směsí, zlepšují disperzi práškových přísad, snižují teplotu při míchání směsí a vylepšují některé vlastnosti vulkanizátu (odolnost proti stárnutí, proti slunečnímu záření, prostupu plynů apod.). Vedle těchto výhod mají i některé nevýhody. Při větším změkčení nastává např. lepení směsí, roztékání surového materiálu a k zhoršení fyzikálně mechanických vlastností hotového výrobku. Změkčovadla jsou různého původu:

- minerální (parafín, minerální oleje, asfalty a cerezín),
- rostlinného (smrkový dehet, kalafuna),
- živočišného (sterín)
- synteticky vyrobená (kumaronové pryskyřice, dibutylftalát apod.). [9,14]

2.1.7 Plniva

Plniva se všeobecně rozdělují na neaktivní, což jsou plniva s malým nebo žádným ztužujícím účinkem, a plniva aktivní neboli ztužovadla. Mezi plnivy a ztužovadly nelze vymezit přesné hranice, neboť některá plniva mají současně i ztužující účinek. Plniva zvětšují především objem kaučukové směsi a snižují její cenu. Současně ovlivňují tvrdost a tuhost směsi. Mezi nejpoužívanější plniva patří:

- saze;
- světlá plniva(křída, kaolín a těživec, popřípadě uměle sražený síran barnatý). [9]

2.1.8 Pigmenty

Na pigmenty a barviva, používané v gumárenství, jsou přísné požadavky, a to:

- musí se dobře míchat s kaučukem,
- v kaučuku se nesmějí rozpouštět a vykvétat na povrch směsi,
- nemají ovlivňovat průběh vulkanizace
- nesmějí obsahovat kaučukové jedy (měď, mangan)
- musí snášet vulkanizační teplotu,
- nesmějí nepříznivě ovlivňovat vlastnosti vulkanizátu.

Pigmenty se vmíchávají přímo do směsí nebo do předsměsí. Je to zejména proto, že se směs stejnoměrně vybarví a že nedochází ke ztrátám barviv při míchání.[9]

2.1.9 Zvláštní přísady

- Nadouvadla - přidávají se do směsí pro houbovou a mechovou pryž. Jsou to látky, které se při vulkanizaci vlivem teploty rozloží na plynné složky a tím vytvoří ve směsi póry.
- Retardéry neboli zpoždovače - Zpožďují účinek urychlovačů a zabraňují tím vulkanizování směsí. Retardérů je mnoho druhů, ale nepoužívá se jich často, neboť mnohem výhodnější je vhodná kombinace urychlovačů.
- Hnědý faktis- Při větších dávkách způsobuje měkkost a vláčnost pryže. Používá se ho též do směsí nanášených na textil, aby se dosáhlo dobrého povrchu pogumované tkaniny.
- Ebonitový prach - Uplatňuje se výhradně jako plnivo vynikajících vlastností pro tvrdou pryž. Omezuje zvyšování teploty uvnitř výrobku během vulkanizace, zmenšuje smršťování výlisku po vulkanizaci a zkracuje částečně i vulkanizační dobu.
- Vlákňité přísady - Přidávají se do směsí pro částečné zlepšení propustnosti vzduchu a plynů. Nejčastěji se jedná o rozemletý textilní odpad, který činí pryž tuhou a lépe odolnou proti opotřebení.
- Azbest s krátkými vlákny - přidává se do směsí odolných proti teplotě.
- Rozpustná plniva - Jsou to látky dobře rozpustné ve vodě. Přidávají se do směsí, když je třeba vytvořit ve vulkanizátu velmi jemné póry. Po vulkanizaci se vypírají buď přímo vodou, anebo zředěnou kyselinou či zásadou.[9,14]

2.2 Kaučukové směsi pro vstřikování

Kaučukové směsi se od sebe liší zejména průběhem vulkanizačních křivek. Požaduje se vysoká rychlost vulkanizace s konstantní plasticitou a přiměřenou indukční periodou.

Těchto parametrů se docílí vhodnou kombinací urychlovačů a retardérů ve vulkanizačním systému.[10]

Tab. 1. Příklad složení kaučukové směsi ke vstřikování

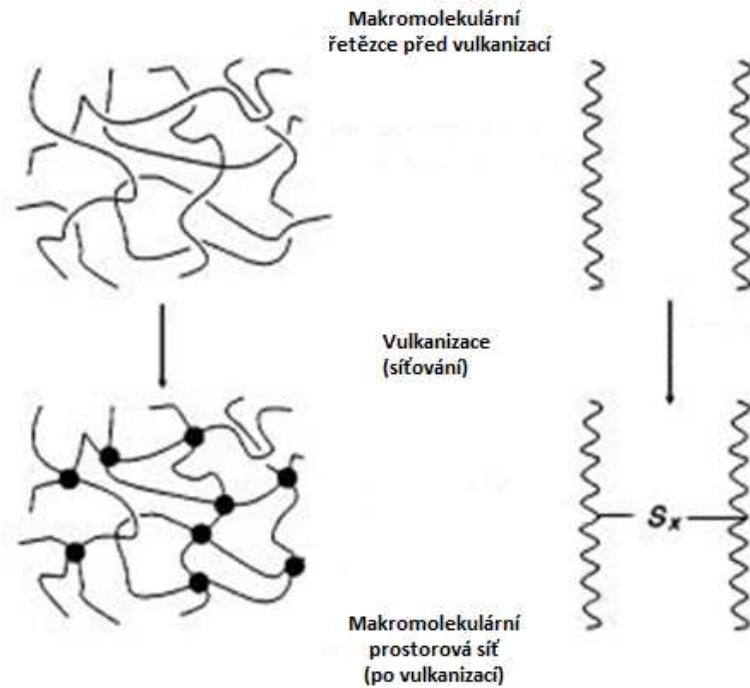
Složka směsi	Obsah složky (dsk)
Přírodní kaučuk	100
Vysrážený oxid křemičitý SiO ₂ (silika)	40
Diethylenglykol (DEG)	2
Oxid tinaničitý TiO ₂	5
Oxid zinečnatý ZnO	5
Kyselina Sterová	2
Antioxidant (Wingstay L)	1
Ochranné vosky	5
Vulkanizační činidlo - síra	3
Urychlovač MBTS	1
Urychlovač TMTM	0,3

3 VULKANIZACE

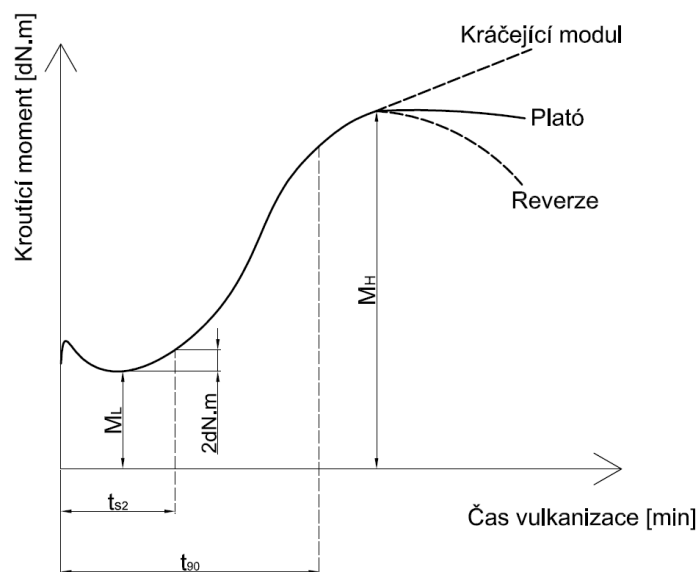
Vlivem síry působící na kaučuk při vulkanizaci vzniká síťová struktura (obr.1). Ze síťováním (vulkanizací) se stává z kaučukové směsi technicky perspektivní materiál – pryž. Vulkanizační systém ovlivňující průběh a stav vulkanizace, se zpravidla skládá z vulkanizačního činidla, urychlovače a aktivátoru. Vulkanizační činidlo umožňuje samotnou vulkanizaci, urychlovač a aktivátor upravují její průběh a do značné míry i mechanické vlastnosti vulkanizátu.[3]

Nejčastěji užívaným vulkanizačním činidlem je síra. Používají se však i jiné látky, např. peroxidy, oxidy kovů, pryskyřice aj. Tyto činidla se ale používají převážně pro speciální kaučuky. Všechny urychlovače lze rozdělit do několika skupin, které definují jejich obecné vlastnosti a použití. Jejich vhodnou volbou a správným dávkováním lze splnit prakticky všechny požadavky. Při volbě urychlovače se musí zvažovat jak vlastnosti pryže, tak také výrobní technologie. Po přidání všech složek do směsi za dostatečného přívodu tepla nastává jeho působení. Nejdříve se vytváří aktivní meziproduct, později vynikají příčné vazby. Jakmile tvorba příčných vazeb dosáhne požadovaného stupně, mění se zpracovatelské vlastnosti, vyvolané změnou plasticity. Čas potřebný k dosažení této změny se nazývá bezpečnost směsi. Nejčastěji se měří vulkanometrem Mooney. Bezpečnost směsi z přírodního kaučuku se určuje zpravidla při teplotě 120°C, pro směsi z butadienstyrenového kaučuku je vhodnější teplota 140°C. V praxi se považuje hodnota 20 min. při 120°C za spolehlivě bezpečnou.[3,14]

Změna indikovaná zvýšením viskozity se téměř shoduje se začátkem vulkanizace. Setrváním v zahřívání se vyvíjí příčné vazby a nastává vulkanizace. Průběh vulkanizace znázorňuje vulkanizační křivka. Vulkanizační křivka (Obr. 2) se skládá z úseku bezpečnosti směsi a z úseku vulkanizační křivky. Bezpečnost je uvedena jako celková doba t_{s2} , po které dojde ke změně zpracovatelnosti směsi.[3]



Obr.1. Vznik síťové struktury



Obr.2. Vulkanizační křivka

- M_L – minimální krouťicímoment, který odpovídá viskozitě kaučukové směsi;
- M_H - maximální krouťicí moment, charakterizující tuhost vulkanizátu;
- t_{s2} - zpracovatelská bezpečnost, je to doba, kdy začíná růst krouťicí moment;
- t_{90} - čas, potřebný k dosažení 90% rozdílu mezi maximálním a minimálním krouťicímomentem ($M_H \cdot M_L$) tzv. optimum vulkanizace.

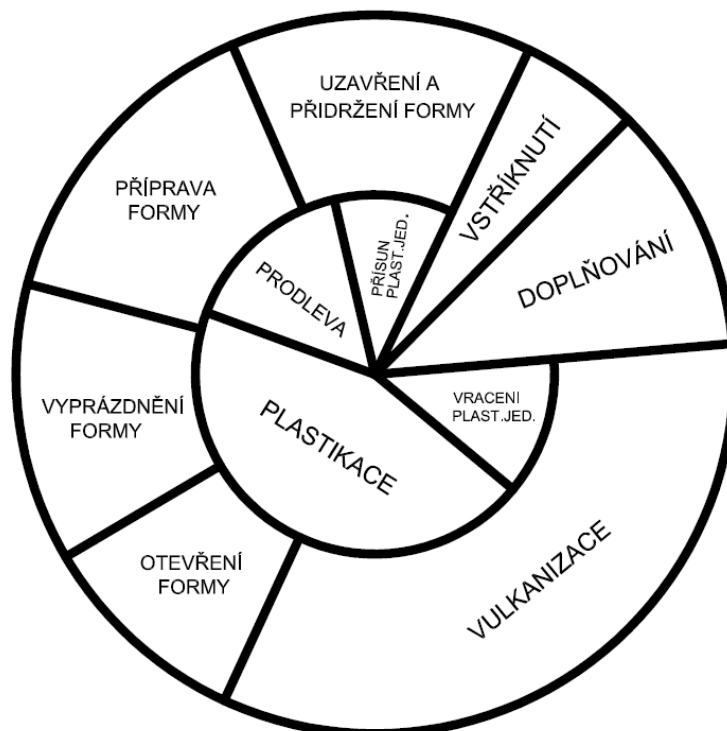
4 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

4.1 Vstřikování kaučukových směsí

Nejproduktivnější technologie výroby tvarových výrobků z pryže. Cílem vstřikování je dosažení co nejkvalitnější a reprodukovatelné kvality výstřiku při ekonomicky nejvýhodnějších cyklech. Vstřikováním lze vyrábět výstřiky (výstřik - výrobek zhotovený vstřikováním) tenkostěnné, masivní, miniaturní i rozměrově náročné a to za použití běžných kaučukových směsí. Vstřikování kaučukových směsí do forem dává možnost celou výrobu plně automatizovat. [4,19]

4.1.1 Vstřikovací cyklus

Skládá se ze dvou oblastí. První se vztahuje k plastikaci kaučukové směsi a druhá k formě. Z toho plyne velká produktivita vstřikování polymerních a gumárenských směsí.[4]



Obr. 3. Vstřikovací cyklus elastomeru[3]

V prvním kroku se k formě přisune vstřikovací jednotka, která vstříkne dávku zplastikované kaučukové směsi do dutiny formy. Doba, po kterou plní plastikační jednotka

dutinu formy, se nazývá doba plnění. Po naplnění dutiny formy se někdy ještě působí na materiál tlakem, který se nazývá doplňování. Po doplňování následuje vulkanizace. Během vulkanizace se ze syrové kaučukové směsi, za pomoci činidla, zvýšené teploty a tlaku, stává vulkanizát. Zvulkanizovaný výstřik je následně vyhozen a chlazen na vzduchu. [4]

Před zahájením nového cyklu je časová prodleva. Ta slouží k přípravě formy, vložení tvarových vložek do formy, nebo k odstranění zbytku materiálu či kontrole formy před dalším cyklem. Pryž má tendenci přilepit se na stěny formy, a proto se zde často používá separačního prvku, který se nanáší na tvarové části formy.[4]

4.1.2 Vstřikování kaučukových směsí

Kaučukové směsi se od sebe liší zejména průběhem vulkanizačních křivek. Požaduje se vysoká rychlost vulkanizace s konstantní plasticitou a přiměřenou indukční periodou. Těchto parametrů se docílí vhodnou kombinací urychlovačů a retardérů ve vulkanizačním systému. Při vstřikování elastomeru se volí šnekové plastikační jednotky. Forma musí mít dokonalé odvzdušnění a vyhazování z formy se musí pečlivě zvolit s ohledem na malou pevnost a značnou pružnost vyhazovaných výstřiků.[3,19]

4.1.3 Výhody a nevýhody vstřikování elastomerů

Výhody:

- jednoduché dávkování směsi (rychlejší, přesnější),
- poměrně velká produktivita,
- menší materiálové ztráty než při přetlačování, nebo při běžném lisování
- snadná automatizace procesu.

Nevýhody:

- složitější a náročnější výroba formy,
- složitější a dražší zařízení - vstřikovací stroj,
- možné vnitřní pnutí ve výrobku. [3]

4.2 Vstřikovací stroj pro gumárenské směsi

Vstřikovací stroj je jeden z hlavních činitelů výroby a má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něj, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením zajišťoval výrobu kvalitních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů. Liší

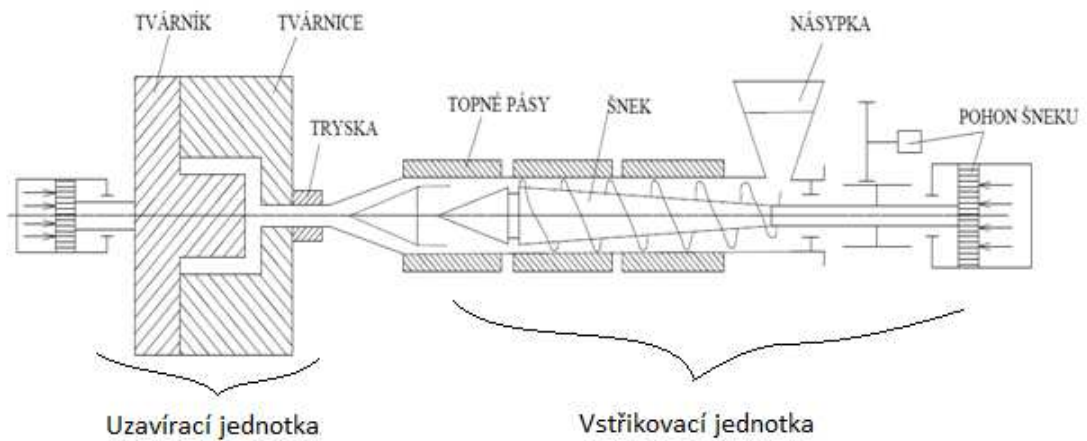
se od sebe svým provedením, stupněm řízení, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle [2]:

- vstřikovací jednotky;
- uzavírací jednotky;
- ovládání a řízení stroje.

V dnešní době se vyrábějí vstřikovací stroje různých provedení: hydraulické, elektrické, hybridní. Většina strojů má stavebnicové uspořádání. Ovládací a řídicí prvky bývají umístěny na panelu vstřikovacího stroje, nebo v elektrorozvodné skříni vybavené zásuvkami a vypínači. To umožňuje připojení některých přídavných a pomocných zařízení (teparační jednotky, sušárny, roboty, aj.). K zvláštnímu vybavení stroje patří jeřáb pro manipulaci s formou na stroji, vyhřívaná násypka apod. [2]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby [2]:

- byl tuhý a pevný při vstřiku;
- uměl udržet konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování;
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů.



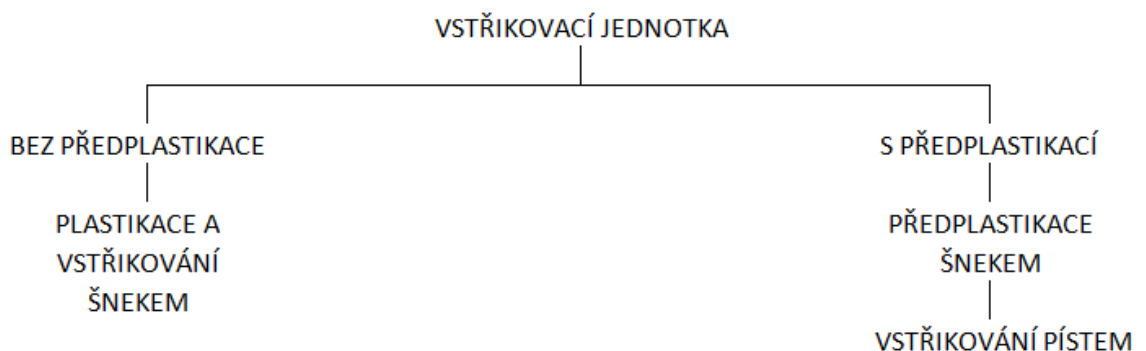
Obr.4. Schéma vstřikovacího stroje [8]

4.2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství materiálu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovaném množství zase setrvává kaučuková směs ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho vulkanizace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby nebo bezpečností směsi. [1,10]

Topení vstřikovací jednotky je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. [2]

Vstřikovací jednotka je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [8]



Obr.5. Vstřikovací jednotky

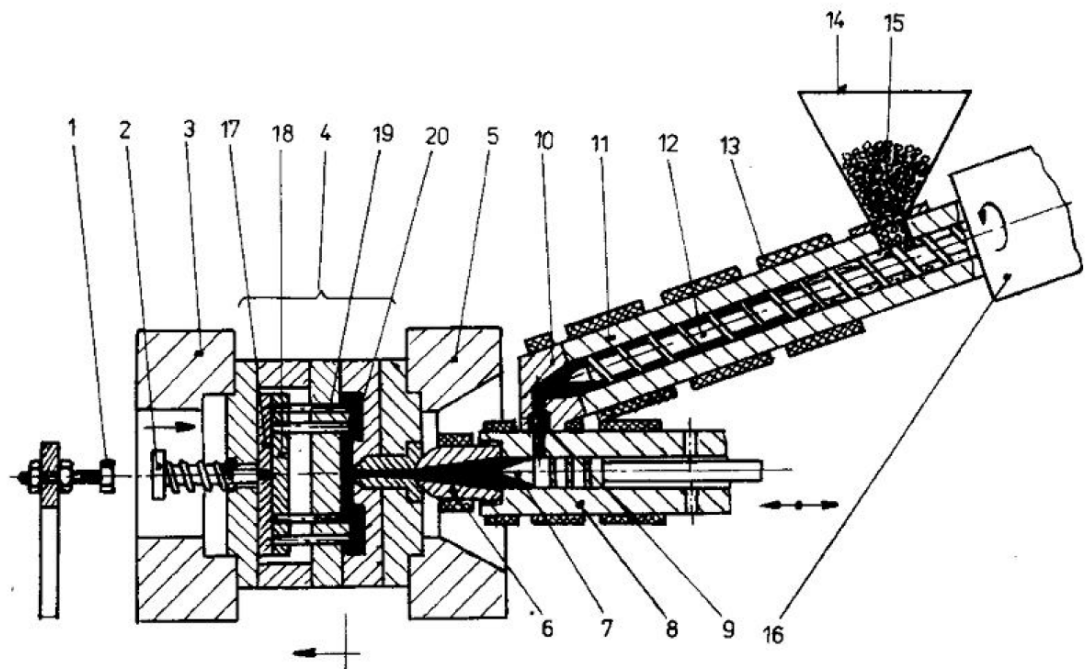
4.2.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací

Zpracovávaný materiál se plastikuje v oddělené plastikační jednotce. Připravená ta-venina se dopravuje do vstřikovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy. Toto uspořádání umožňuje výrazné zkrácení vstřikovacího cyklu. [5,18]

Plastikace může probíhat v plastikační komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace). Vstřikování je v obou případech zajištěno vstřikovacím pístem. [5,16]

Šneková předplastikace

Je častější než pístová plastikace, ale je složitější. Toto uspořádání spojuje výhody šnekové plastikace s výhodami vstřikování pístem. Dosahuje se tak rychlé plastikace materiálu a vysokých vstřikovacích tlaků i rychlostí. Nevýhodou tohoto uspořádání je složitost a vyšší nároky na seřizování a údržbu. Uplatnění nacházejí zejména při vstřikování objemových výrobků. [5]



Obr. 6. Pístová vstřikovací jednotka se šnekovou plastikací[9]

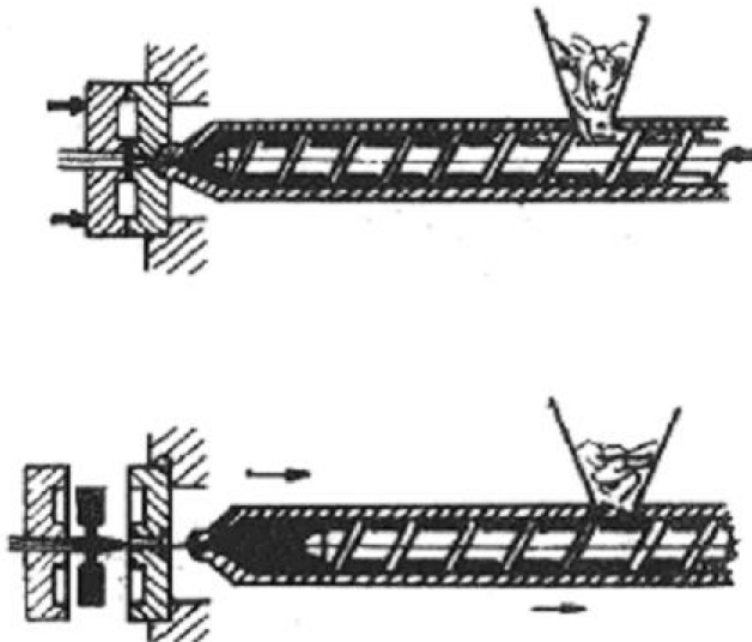
1 - doraz, 2 - tyč vyhazovače, 3 - zadní upínací deska, 4 - forma, 5 - přední upínací deska, 6 - vstřikovací tryska, 7 - vstřikovací píst, 8 - vstřikovací válec, 9 - zpětný ventil, 10 - hlava plastikační komory, 11 - pracovní válec, 12 - plastikační šnek, 13 - topné těleso, 14 - násypka, 15 - materiál, 16 - pohon šneku, 17 - deska vyhazovače, 18 - kotevní deska, 19 - vyhazovač, 20 - výstřík

4.2.3 Vstřikovací jednotka bez předplastikace

Ve vstřikovací jednotce bez předplastikace probíhá plastikace v pracovním válci tv. šneková plastikace.[5]

Šneková plastikace

Zpracovávaný materiál ve tvaru pásku vstupuje dutinou do pracovního válce. V pracovním válci se šnekem plastikuje a dopravuje před čelo šneku. Šnek se otáčí a posouvá dozadu, čímž vytváří prostor pro taveninu. Po homogenizaci dostatečného množství materiálu se tavenina axiálním pohybem šneku vstříkne přes vstřikovací trysku do formy.[5]



Obr. 7. Vstřikovací jednotka bez předplastikace[3]

4.2.4 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá formu a zajišťuje její uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Forma musí být dokonale těsná během celého vstřikovacího cyklu. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní části uzavírací jednotky [1,10]:

- opěrná deska pevná;
- upínací deska;

- vodící sloupky;
- uzavírací mechanismus.

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky a má nejrůznější provedení:

- **Hydraulické** - Umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje.
- **Hydraulicko-mechanické** - Nejčastěji se používá u malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání, potřebné zpomalení před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruováno jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem.
- **Elektro-mechanické** - Výhodou těchto uzavíracích ústrojí patří konstrukční jednoduchost, nižší energetická náročnost, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Rozdíl je pouze v tom, že potřebnou energii dodává elektromotor a nikoliv hydromotor.[1,6,10]

4.2.5 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a jednoduchá obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výstřiků. Řízení stroje se zajišťuje vhodnými řídicími a regulačními prvky. [8]

Novější koncepce vstřikovaných strojů se v současnosti bez výkonné procesorové techniky neobejdou. K nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznějších grafických forem řízení pracovního cyklu se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný. Koncepčně je toto seřízení rozděleno na [8]:

- definice a nastavení parametrů;
- kontrola procesu.

Nastavení stroje je řídicím systémem kontrolováno (zpětná vazba). Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje zásadní vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost [8]:

- nastavení vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku.
- nastavení teploty taveniny a její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Vedle stroje a materiálu ovlivňuje tyto hodnoty i vstřikovací forma, její teplota a doba chlazení. [8]

5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

Konstrukce a výroba vstřikovací formy je zdlouhavá a náročná činnost vyžadující zkušenosti konstruktéra a zručnost technologa. U formy se vyžaduje:

- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou;
- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů;
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků;
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odzdušnění, teploty apod.; [1]

Vyšší nároky na tuhost, přesnost a jakost formy se projeví ve zvýšené pracnosti při konstrukci i výrobě. Robustnost forem, kterou nutně vyžadují použité materiály při vstřikování, často vede ke špatnému a méně citlivému zacházení. To může mít vliv na funkci formy, snížení přesnosti i životnosti. Proto je velmi nutné dbát na zvýšenou opatrnost při výrobě i obsluze.[12]

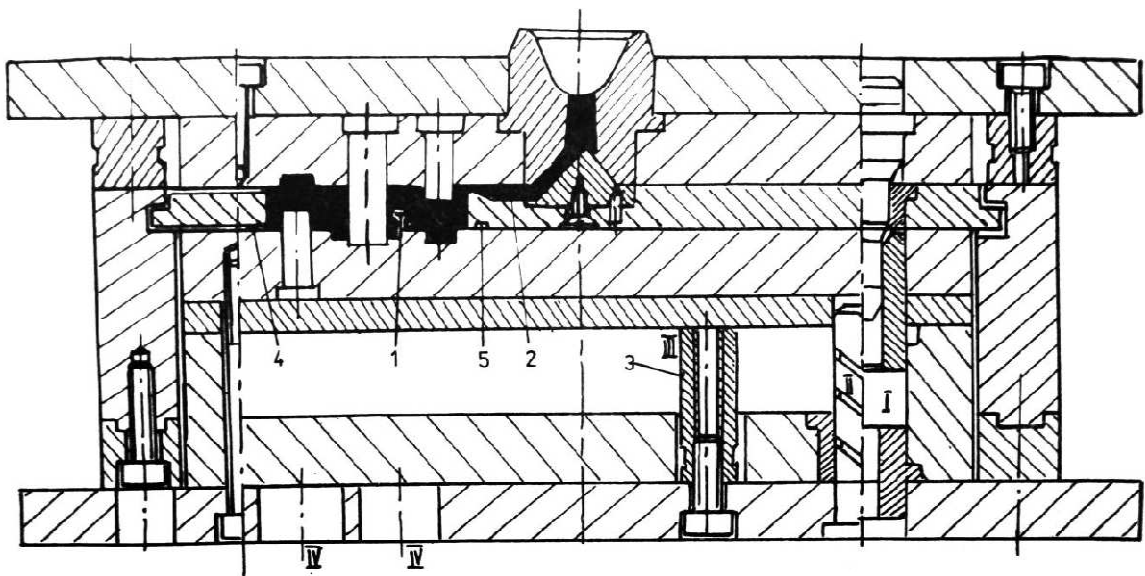
5.1 Vstřikovací formy

Existuje mnoho variant vstřikovacích forem, které je možné rozdělit do následujících skupin:

- s ohledem na konstrukci vstřikovacích strojů: s vtokem kolmo na dělicí rovinu, s vtokem do dělicí roviny;
- s ohledem na způsobu zaformování a konstrukčního řešení: dvoudeskové, třideskové, etážové, čelist'ové, vytáček;
- s ohledem na násobnost formy: jednonásobné, vícenásobné;
- s ohledem na způsob vyhazování výstřiků: s mechanickým vyhazováním, s pneumatickým vyhazováním, se stírací deskou, s kombinovaným vyhazováním.[5,12]

5.2 Vstřikovací formy pro kaučukové směsi

Vstřikovací formy pro kaučukové směsi se realizují podobně jako formy na reaktoplasty s ohledem na poměrně vysoké pružnosti vulkanizátů. Forma je udržována na teplotě vulkanizace, která je vyšší než teplota vstřikovací. To má zásadní vliv na temperaci formy. Formy na kaučukové směsi mohou být: dvoudílné nebo třídílné, jednonásobné nebo vícenásobné. Návrh budoucí formy vychází zásadně z technologického postupu., jehož součástí je výkres budoucího výrobku a technické podmínky. Příklad vstřikovací formy na kaučukové směsi je na obr. 10. [12,18]



Obr. 8. Příklad formy pro vstřikování kaučuku[12]

1- dutina formy, 2- rozváděcí kanál, 3- podpěra, 4- odzdušňovací drážka, 5- přetoková drážka

5.2.1 Násobnost vstřikovací formy

Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost vstřikovací formy co nejmenší, protože se tím zjednoduší konstrukce formy, eliminují rozdíly v rozměrech jednotlivých tvarových dutin a vyloučí rozdíly v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Faktory, které ovlivňují rozhodování o optimální násobnosti, jsou:

- rozměry a hmotnost výstřiků;
- kvalita a přesnost výstřiků;
- typ vstřikovacího stroje;
- rozsah výroby;

- dodací lhůty;
- cenový limit.[7]

5.2.2 Návrh dutiny formy

Rozměry výrobků, jsou většinou určeny jejich funkcí a konstrukcí. Při zaformování se rozměry dutiny budou lišit od hotového výrobku, protože na rozměr dutiny formy mají vliv:

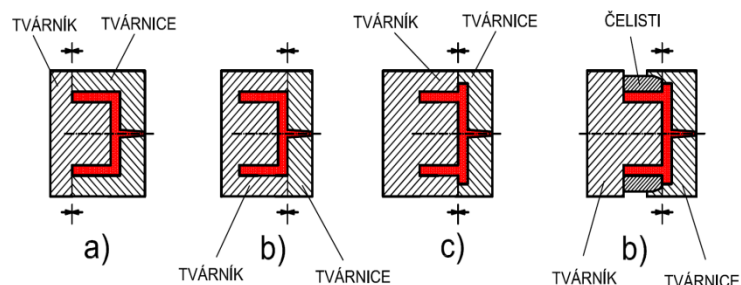
- smrštění zpracovávaného materiálu;
- tolerance a mezní úchylky jednotlivých rozměrů tvářeného výrobku;
- opotřebení činných částí formy;
- přesnost výroby formy a jejich činných částí.

Nejvýznamnějším faktorem je zpravidla smrštění.[2]

5.2.3 Dělicí rovina

Vhodná volba dělicí roviny patří k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [1]

Dělicí plocha je místo, kde na sebe dosedají části formy při uzavírání dutiny formy. Volí se tak aby, stopa po dělicí rovině nezpůsobovala vady na výrobku a aby se výstřik dobře odformoval. Existují obecné zásady, které je třeba respektovat. Obrázek (obr. 9) znázorňuje nejčastější varianty zaformování výstřiku. [1,8]



Obr. 9. Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [8]

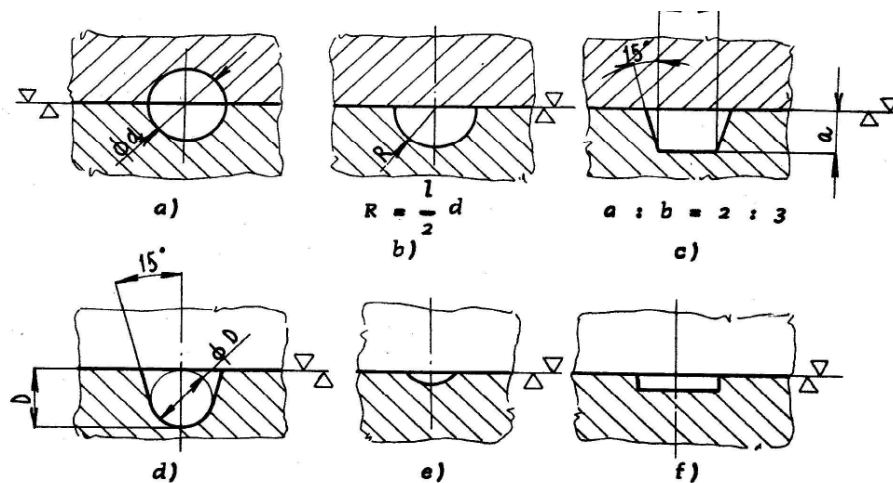
a - tvárnice vytváří vnější a tvárník vnitřní tvar výstřiku

b, c - tvárník vytváří vnitřní i vnější tvar, tvárnice jen část vnějšího tvaru výstřiku

d - tvárník formuje vnitřní, tvárnice a čelisti vnější tvar výstřiku

5.2.4 Vtokový systém

Kaučuková směs v plastikační jednotce proudí tryskou do vtokové soustavy vstříkovací formy, kterou tvoří systém vtokových kanálů různého tvaru. Tyto kanály vedou k jedné nebo více dutinám formy, které mají být naplněny taveninou. Vtokový a rozváděcí kanál má být co nejkratší z důvodu tlakových ztrát kaučukové směsi, která se zvětšuje v poměru k jejich délce. Pro nižší vstříkovací tlaky je nutno volit kanály větších průřezů, pro vyšší vstříkovací tlaky můžeme volit kanálky delší a s menším průřezem. Nejpoužívanější tvary průřezů vtokových kanálů jsou znázorněny na obr.[10,17]



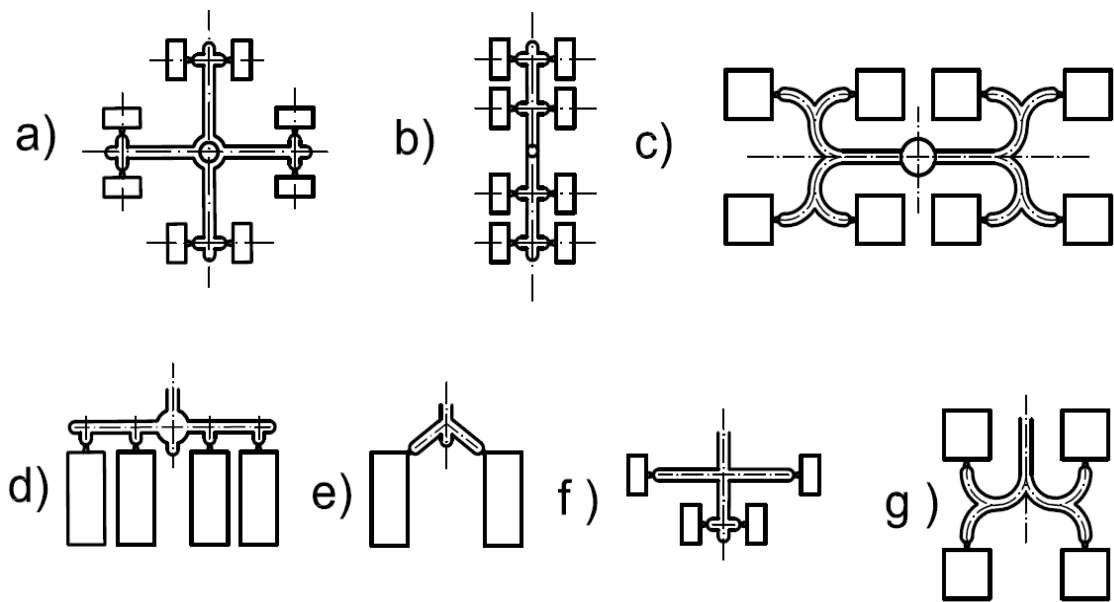
Obr.10. Druhy vtokových kanálků[10]

- a) kruhový, b) půlkruhový, c) lichoběžníkový, d) kombinovaný (půlkruhový a lichoběžníkový),
 c - nedoporučovaný tvar kanálku
 e,f - nevhodný tvar kanálku

Rozdíly v uspořádání vtokové soustavy jsou dány v první řadě konstrukcí formy (její násobností).

Tvar, umístění a rozměry vtokového systému ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku;
- spotřebu materiálu (studené vtokové systémy = odpad);
- náročnost opracování a začištění výrobku;
- energetickou náročnost výroby.[2]



Obr. 11. Ukázky vtokových systémů[8]

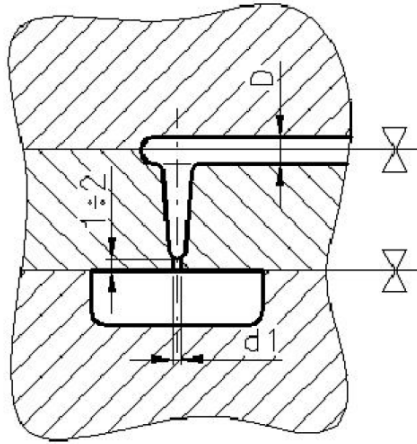
a, c, e, f, g – vhodná řešení; b, d – nutná korekce vtokových ústí

5.2.5 Vtokové ústí

Část vtokové soustavy ústící přímo do tvarové dutiny formy. Má zaručit pokud možno co nejmenší ztrátu vstřikovacího tlaku.[10]

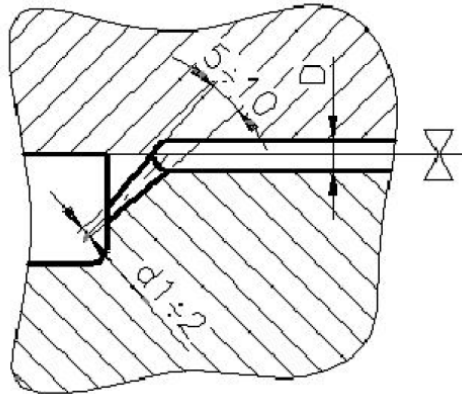
Zmenšením průřezu se dosahuje, podle hydraulických zákonů, vyšší rychlosti proudění kaučukové směsi. V úseku se zmenšeným průřezem, dochází k přeměně mechanické práce na teplo, které má vliv na zkrácení vulkanizační doby. Nejčastěji používaná vtoková ústí [10] :

- *Bodová* - vyžaduje zpravidla třetí desku formy. Výhoda provedení je v tom, že se při rozevření formy automaticky oddělí vtokový zbytek od výstřiku.



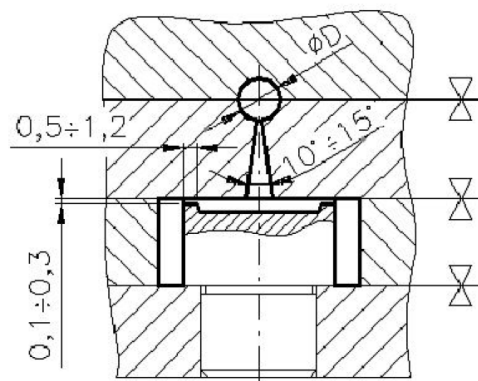
Obr. 12. Bodové vtokové ústí[10]

- *Tunelová* - používá se tam, kde plnění tvarové dutiny nemůže být realizováno v dělicí rovině a to z důvod funkčních nebo vzhledových.



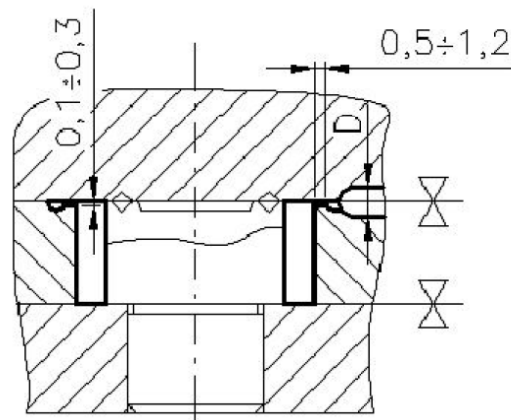
Obr. 13. Tunelové vtokové ústí[10]

- *Membránová* - používá se u kruhových výstřiků menších rozměrů. Výhodou je rychlé zaplnění dutiny vtokovým ústím vytvořeným po celém obvodu výstříku. Nevýhodou je zvětšení vtokového zbytku.



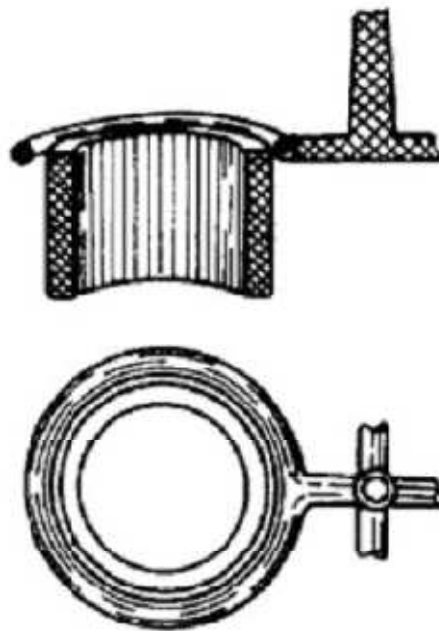
Obr. 14. Membránové vtokové ústí[10]

- *Vějířovitá* - používá se u výstřiků male tloušťky a pro směsi s nízkou viskozitou. Výhody i nevýhody jsou obdobné jako u membránového vtokového ústí.



Obr.15. Vějířovité vtokové ústí[10]

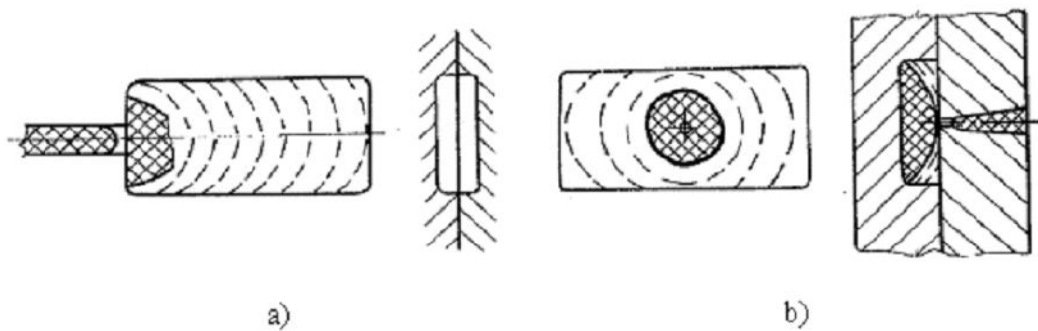
- *Prstencová*- ústí vtoku má tvar mezikruží. Používá se u dutých rotačních výstřiků.



Obr. 16. Prstencovité vtokové ústí[10]

5.2.6 Plnění tvarové dutiny

Kaučuková směs dopravena vtokovým ústím do dutiny formy vyplňuje dutinu všemi směry za předpokladu, že dutina formy je naprosto symetrická, tzn. průřez tvarové dutiny je ve všech místech stejný. [10]

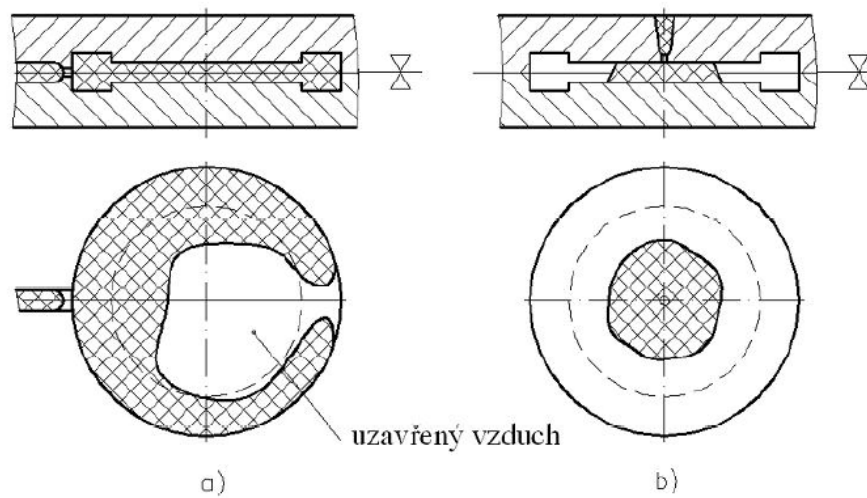


Obr. 17. Postup vyplňování dutiny taveninou [10]

a) boční vtokové ústí, b) středové bodové ústí

Tato zásada pozbývá platnost se změnou průřezu tvarové dutiny. V takovém případě postupuje směs dutinou formy místem nejmenšího odporu, tj. největším průřezem. [10]

Za těchto podmínek je nutno umístit vtokové ústí do místa nejužšího průřezu dutiny, aby směs vytlačela vzduch z dutiny před sebou do největšího průřezu a do dělicí roviny. [10]



Obr. 18. Vyplňování dutiny s různým průřezem [10]

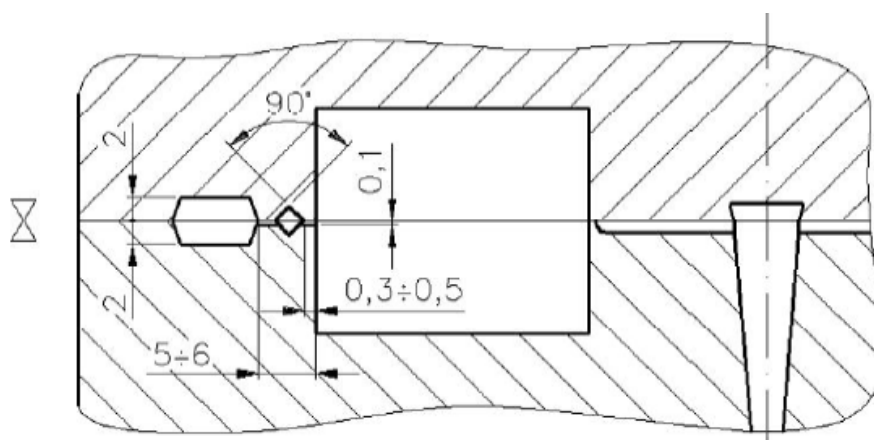
a) boční vtokové ústí, b) středové bodové ústí

5.2.7 Přetoky v dělicí rovině

Při nepřesném dávkování vstřikované kaučukové směsi a vstřikovacích tlacích nad 100MPa může dojít k tzv. přeplnění. To má za následek zatečení vstřikované směsi do dělicí roviny formy. Za takového stavu vznikají výstřiky s velkými přetoky, které je nutno pracně oddělovat od budoucího výstřiku a to vede k vyšší pracnosti a ekonomické náročnosti. [10]

Přeplnění formy lze předejít dostatečným vylehčením dosedacích ploch v dělicí rovině formy a zpřesněním dávkovaného objemu kaučukové směsi. Konstruktivní řešení dosedacích ploch v dělicí rovině formy můžeme provést následovně:

- kolem celé tvarové dutiny se odlehčí dosedací plocha ve vzdálenosti 5mm od zaskřípavací drážky, vtokových kanálů a dosedacích ploch na obvodu formy;
- do míst kolem tvarové dutiny se zhotoví zaskřípavací a přetoková drážka, která usnadní odstraňování možných přetoků od výstřiku. Vzdálenost zaskřípavací drážky od okraje dutiny formy se volí 03-05 mm.[10,17]



Obr. 19. Konstruktivní řešení zaskřípavací drážky[10]

5.2.8 Odvzdušnění dutiny formy

Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy je konstruktivně technologické opatření, které má usnadnit a někdy vůbec umožnit vzduchu, který před sebou v dutině formy stlačuje proudící tavenina, aby unikl z dutiny a nebránil tak jejímu úplnému naplnění. [10]

Nemůže-li vzduch včas uniknout, dojde vlivem vysokého tlaku a teploty k jeho silnému zahřátí, což se na výstřiku projeví jako spálené místo. Uniká-li vzduch pomalu, může vzniknout také nedostříknutý výrobek. [10]

5.2.9 Vytápění forem

Vytápění forem je realizováno většinou elektricky a dosahované teploty jsou (140-200)°C. Tyto teploty bývají regulovány pomocí termostatických přístrojů. Většinou se vytápění realizuje pro stroje:

- vertikální - topné desky;
- horizontální - tepelná tělíska.[10]

Vytápění slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy, ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, zajišťuje vulkanizaci v dutině formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Před zahájením výroby se musí forma vyhřát na požadovanou teplotu. V průběhu vstřikování se do formy přivádí kaučuková směs, která se v její dutině zahřívá na teplotu vulkanizace materiálu. [2]

Úkolem temperance je zajistit co nejrovnoměrnější teplotu na celém funkčním povrchu dutiny formy.[10]

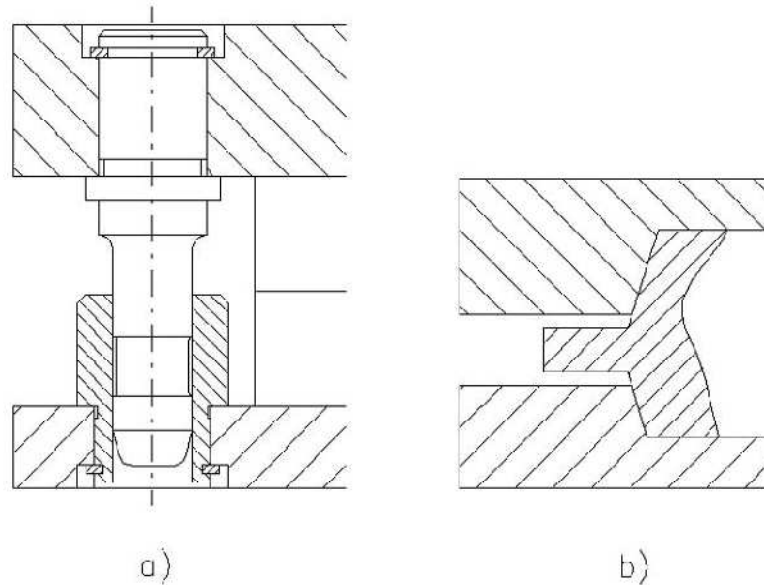
Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperanční systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace při vysokých vstřikovacích tlacích. Lokální nerovnoměrné rozložení teplot má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. [2]

5.2.10 Středění forem

Slouží k zajištění soustřednosti dutin zhotovených v jednotlivých deskách formy. Ke středění se nejčastěji používají vodící čepy. Jejich rozmístění na ploše formy se provádí tak, že alespoň jeden z čepů je umístěn asymetricky nebo má větší průměr než ostatní čepy. To nám zabraňuje v otočení desky a případnému poškození tvarových částí formy.

Středění je realizováno čtyřmi čepy. Ty jsou umístěny v pevné polovině formy. V pohyblivé polovině formy jsou umístěny vodící pouzdra, do kterých čepy při zavírání formy zajíždějí a tím středí formu.

Středění kruhových dělených dílců u tří a vícedílných forem je prováděno středěním na kužel. Pro ustavení polohy dělených dílců se provádí kombinace středění na kužel a vodící kolík. Vodící čepy i pouzdra se zhotovují z materiálů tepelně zpracovatelných.



Obr. 20. Příklady středění formy[10]

a) středění vodícími čepy b) středění na kužel

5.2.11 Vyhazování výstřiků z formy

Jedná se o plně automatizovanou činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy odformuje vysunutím, nebo vytlačení zhotovený výstřík. K tomuto účelu slouží vyhazovací zařízení, které má svou funkcí zabezpečit plynulý automatický výrobní cyklus. [2,10]

Vyhazování se dělí na dvě fáze:

- dopředný pohyb (vlastní vyhazování);
- zpětný pohyb (návrat do původní polohy).

Důležitou podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch stěn a úkosovitost ve směru odformování. Výstřík se musí z dutiny formy vysouvat rovnoměrně, aby zde nedocházelo ke vzniku deformací nebo jiným poškozením. Rozložení vyhazovačů a jejich tvar může být rozmanité. Využívají se i k vytváření funkční dutiny nebo jako části tvárníku. Spolu s výstříkem se odformuje i vtokový zbytek. [2]

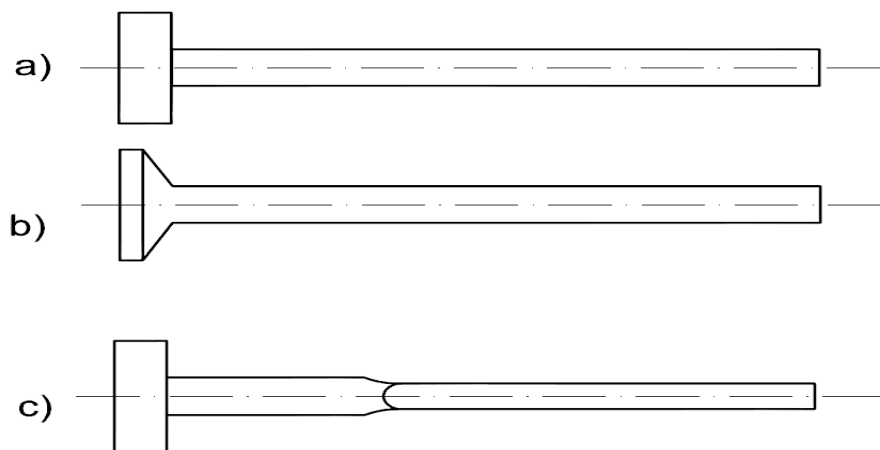
Vyhazování výstřiku z dutiny formy je rozmanité. Může se realizovat vyhazovacími kolíky, stírací deskou, stlačeným vzduchem, hydraulikou, nebo kombinací uvedených prvků. [6]

Vyhazování dělíme na:

- mechanické;
- pneumatické;
- hydraulické.[2]

Mechanické vyhazování

Základní prvek mechanického vyhazování tvoří vyhazovací kolíky. Ty musí být snadno vyrobitelné a dostatečně tuhé. Jsou nejčastěji válcové, ale mohou mít jakýkoliv jiný tvar. Do formy se ukládají v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 podle požadované funkce a vlastnosti plastu. Vůle mezi kolíkem a rámem formy se využívá i jako odvzdušnění. [5]

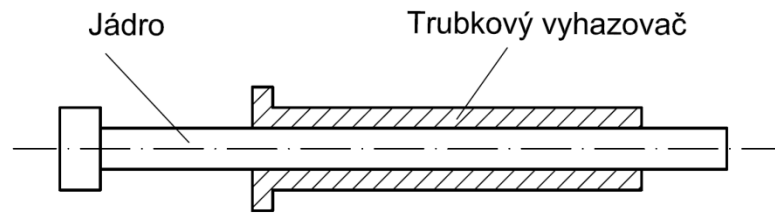


Obr. 21. Vyhazovací kolíky [2]

a) s válcovou hlavou, b) s kuželovou hlavou, c) prizmatické

Dalším způsobem mechanického vyhazování je za pomoci stírací desky. Uplatňuje se především u tenkostěnných výstřiků, zde hrozí nebezpečí nežádoucí deformace, nebo u rozměrných, vyžadující velkou vyhazovací sílu. Stírání za pomoci desky je vhodné jen, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině. Z důvodu velké styčné plochy nezanechává na výstřiku žádné stopy po vyhazování.

Zvláštním druhem stírací desky je trubkový vyhazovač. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky, ale pracuje i jako vyhazovací kolík. Vlastní vyhazovací kolík je uložen v pevné desce, nepohybuje se, ale tvoří jádro v dutině formy. [8]

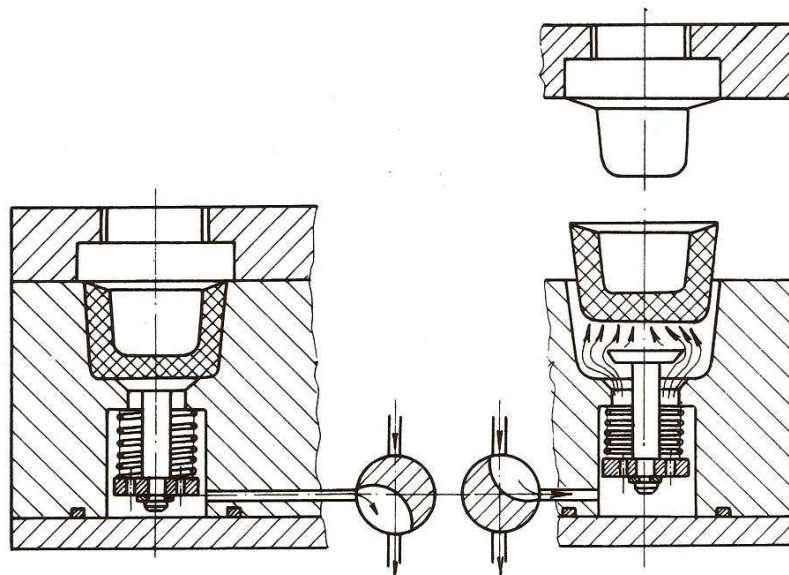


Obr. 22. Trubkový vyhazovač [2]

Pneumatické vyhazování

Používá se pro vyhazování slabostěnných výstříků větších rozměrů, které se musí v průběhu vyhazování zavzdušnit, aby nedocházelo k deformaci. Pneumatické vyhazování se často nevyužívá, ale pro výstříky ve tvaru nádob (např. kbelík) je velmi výhodné. [8]

Při vyhazování se vhání stlačený vzduch mezi výstřík z pryže a líc formy. To umožní rovnoměrné odformování výstříku od tvárníku a nevzniknou tak na výstříku stopy po vyhazovačích. Použití pneumatického vyhazování je omezeno tvarem budoucího výstříku. [8]



Obr. 23. Pneumatické vyhazování výstříku [10]

Hydraulické vyhazování

Je součástí vstřikovacího stroje a používá se k ovládní mechanických vyhazovačů. Hydraulické ovládní zabezpečuje pružnějším pohyb a velkou flexibilitou vyhazovačů. Nejvíce se používá k ovládní bočních posuvných čelistí. Hydraulické vyhazovače se vyrábějí jako uzavřená hydraulická jednotka, která je zabudována přímo do vyhrazeného místa ve formě. S její pomocí se ovládají vyhazovací kolíky, stírací desky apod. Hydraulické vyhazování se vyznačuje velkou silou na úkor kratšího a pomalejšího zdvihu. [8]

5.2.12 Konstrukční materiály forem

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

- druhem vstřikovaného plastu;
- přesností a jakostí výstřiku;
- podmínkami vstřikování;
- vstřikovacím strojem.[8]

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Patří sem:

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

Oceli jsou daleko nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. [2]

6 NAVRHOVÁNÍ PRYŽOVÝCH VÝROBKŮ

Výrobek z pryže musí splňovat všechny konstrukční a technologické parametry. Tyto parametry vyplývají z jeho funkce v daném zařízení a také se musí co nejjednodušeji vyrábět. Musí se myslet na to, aby konstrukce odpovídala zásadám gumárenských technologických postupů a zároveň aby spotřeba výrobních surovin byla co nejmenší. Z toho plyne možnost snížení nákladů, ale také možnost zvýšení výskytu neshodných výrobků. [3]

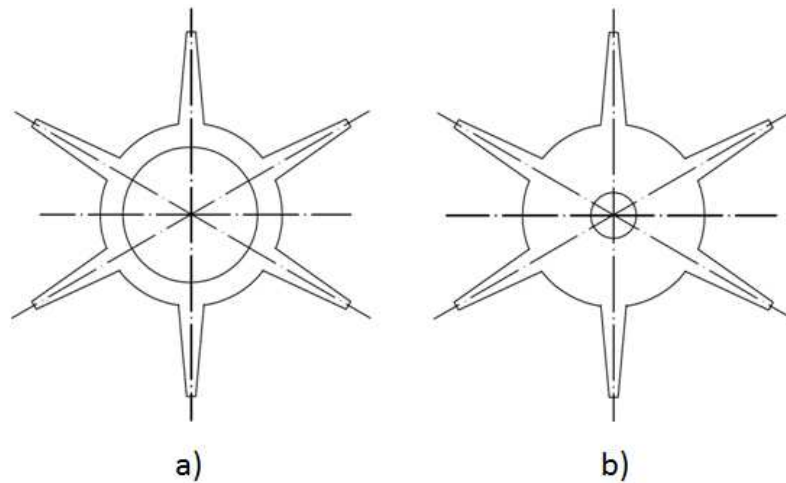
Konstrukce musí splňovat základní parametry[3]:

- volit nejjednodušší tvary
- součásti co nejmenší hmotnost při zachování potřebné pevnosti a dalších mechanických a dynamických vlastností
- volit konstrukci tak aby nevznikaly zmetky převulkanizováním nebo nedovulkanizováním rozdílných tloušťek stěn
- upravit plochy kokových součástí tak, aby byla zaručena vyrobiteľnost a správná funkce
- co nejvíce omezit míru dokončovacích prací

6.1 Tloušťka stěn

Stejnomenosti základních vlastností pryže v různých místech výstřiku lze dosáhnout jen tehdy, je-li tloušťka všech průřezů stejná. Vulkanizace pak probíhá stejnoměrně a výroba je hospodárná. Tato zásada je nezbytná při navrhování tvarů z tvrdé a doporučená u měkké pryže.[3]

Konstrukční důvody často neumožňují dodržet stejnou tloušťku průřezu. V těchto případech se musí použít mezi různými průřezy pozvolných přechodů. V místech napojování několika stěn, kde je výstřik tlustější, musíme konstrukci upravit tak, aby tloušťka tohoto průřezu nebyla příliš rozdílná. V místech s rozdílnou tloušťkou hrozí možnost vzniku trhlin, v důsledku nestejnomeného smršťování.[10]

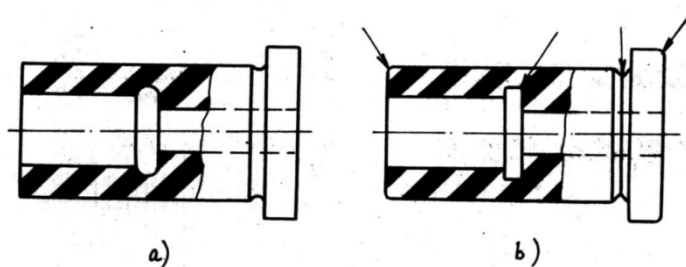


Obr. 24. Návrh tloušťky stěny[10]:

- a) dobře, tloušťka stěn je stejnoměrná, přechody pozvolné a zaoblení velké
 b) špatně, rozdílná tloušťka stěn, náhlý přechod

6.2 Zaoblení hran

Ostré hrany, vruby, zářezy a kouty mají neblahý vliv na životnost elastomerního výrobku. V zářezech a ostrých hranách se zvětšuje napětí vláken a ta pak rychleji podléhají únavě. Kouty a hrany musí být zaobleny. Zaoblení bývá obvykle 1 mm. U dynamicky namáhaných součástí se doporučuje zaoblení ještě větší. Zaoblením se zvětšuje mechanická pevnost výrobku, usnadňuje se tečení směsi, předchází se vzniku zmetků a zlepšuje se vzhled budoucího dílu. Hrany v dělicí rovině se nedoporučuje zaoblovat, protože pak dochází ke zdražení výroby samotné formy a komplikuje se vytahování vylisku z formy.[10]



Obr. 25. Konstrukce zaoblení[10]

- a) dobře, hrany jsou zaobleny
 b) špatně, hrany jsou ostré a výrobek obsahuje zářezy

6.3 Úkosy, podkosy, zápichy

Úkos (mírný sklon stěny v dutině formy) umožňuje snazší odformování výstřiku. Musí být na všech plochách v dělicí rovině, a to jak na vnitřních plochách, tak i na vnějších. S ohledem na smršťování elastomerů jsou úkosy na vnitřních plochách dvojnásobně větší než na plochách vnějších. Volba úkosu závisí na výšce výrobku a na jeho rozměrech. Zpravidla se zvětšuje se vzrůstající výškou. [4]

Podkosy (úkosy, které zabraňují vyjímání výrobku z formy) mají stejný účinek jako různé nálitky, výstupky, zápichy apod., které jsou v dělicí rovině a jejich osy nejsou rovnoběžné se směrem vyhazování. V případě výrobku se zápichem lze výrobek dělit. Všechny části se poté spojí, např. lepením.[4]

7 PROBLÉMY PŘI VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ

Při vstřikování mohou nastat různé problémy technologické, ekonomické a celá řada problémů, které se ukáží až po prvním otevření formy. Některé z problémů jsou popsány níže. [4]

7.1 Soudržnost a přilnavost

Přilnavost kaučuků k povrchu dutiny formy není žádná, ale soudržnost budoucího výrobku je nutná. Proti přilnavosti kaučukové směsi k povrchu dutiny formy se používá vhodný separační přípravek. Tyto přípravky jsou většinou založeny na silikonové bázi a nanášejí se na problémová místa. [4]

7.2 Propadliny

Vady na povrchu výrobku, které vypadají jako trhliny, nebo jako propadlé dutiny. Způsobuje je teplotní roztažnost pryže po zesíťování. Pryž se, během vulkanizace, může vlivem změny objemu dostat do dělicí roviny nebo do vtokových kanálů a to způsobí prasknutí (propadliny). Velmi záleží na tvaru výrobku (tloušťce stěn). Propadliny se redukují mnoha způsoby, jako jsou: velikost dotlaku, zvětšením vtoku, retardéry vulkanizace či úpravou povrchu. [11]

7.3 Předčasná vulkanizace

Výrazně zhoršuje vtokové vlastnosti elastomeru. Slabý tok taveniny vede k nedotečení nebo k deformaci výstřiku.

Předčasnou vulkanizaci může způsobovat:

- vysoká teplota formy,
- dlouhá vstřikovací doba,
- vysoká viskozita směsi,
- vysoká vstřikovací teplota.

K odstranění předčasné vulkanizace je nutné, aby byla forma zcela zaplněna elastomerem před tím, než začne samotná vulkanizace. Jednu z nejdůležitějších rolí zde hraje teplota formy, která formu rovnoměrně vyhřívá. [11]

7.4 Dlouhé vulkanizační cykly

Je opakem předčasné vulkanizace:

- nízká teplota formy,
- vysoká bezpečnost směsi způsobená retardéry,
- nízká vstřikovací teplota.[11]

7.5 Smrštění a rozměrová stálost výstřiku

Smrštění je definováno jako rozdíl mezi rozměry dutiny formy a konečného výrobku měřeného za pokojové teploty. Smrštění se dělí na smrštění okamžité (během chlazení) a dodatečné (projevuje se postupem času).[4]

7.6 Pórovitost

Bývá způsobena přítomností těkavých látek (vody) a nedostatečnou vulkanizací. Tento problém se obvykle řeší vyšší vstřikovací teplotou, vyšší teplotou formy či delší dobou vulkanizace. [4]

7.7 Vzduchové bubliny

Vzduchové bubliny vznikají zachycením vzduchu na povrchu formy. Nejčastějším místem výskytu vzduchové bubliny je nejvzdálenější místo nebo roh od vtokového ústí. [10]

7.8 Oxidace

Kaučuk často podléhá v místech zadržení vzduchu silné oxidaci, což vede k lepka-
vosti povrchu. [4]

7.9 Nerovný povrch

Je způsoben prvním kontaktem vstříknuté vrstvy s horkým povrchem formy. Tato vrstva (tzv. pomerančová kůra) začíná síťovat před tím, než je dutina formy zcela zaplněna. Nerovný povrch vzniká smísením dříve a později zvulkanizovaným kaučukem. [10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci jsou stanoveny tyto cíle:

- Vypracování literární studie na dané téma.
- 3D návrh modelu vstřikované součásti.
- Návrh vstřikovací formy pro zadaný výrobek, včetně výrobní dokumentace.
- Proved'te analýzu vstřikovacího procesu.

Cílem diplomové práce je konstrukční 3D návrh vstřikovací formy na pneumatiky rádiově řízeného modelu auta - RC modelu. Forma je speciálně navržena na vstřikovací stroj REP 27 / Y125, který se nachází v dílnách ústavu výrobního inženýrství. Součástí diplomové práce je i kusovník se všemi normalizovanými díly a kompletní výkresová dokumentace všech nenormalizovaných částí formy. Tato dokumentace může sloužit k budoucímu zhotovení formy.

První část se zabývá samotnou konstrukcí vstřikovací formy a popisem jednotlivých částí formy. Ke konstrukci 3D modelu vstřikovací formy byl použit program Solidworks 2012. Druhá část se zabývá analýzami vstřikovacího procesu a jejich vyhodnocením. K analýzám vstřikovacího a vulkanizačního procesu byl použit program CadmouldRubber 4.5.

9 POUŽITÉ APLIKACE

9.1 SolidWorks 2012

Solidworks je vyvíjen společností Dassault Systèmes. Je to inovativní a osvědčený software mezi 3D CAD systémy. Obsahuje nástroje pro 3D modelování, nástroje pro sestavy, výkresy, plechové součásti a mnoho dalšího. Umožňuje importovat celou řadu 2D a 3D datových formátů.

9.2 Cadmould Rubber 4.5

Cadmould Rubber je software sloužící k simulaci vstřikovacího procesu. Počítá v závislosti na použitém materiálu a technologických parametrech dobu plnění, rychlost a dobu vulkanizace ve formě a také následnou dobu dovulkanizování. Konečná simulace vstřikovacího procesu nabízí mnoho výsledků, které pomáhají při návrhu vstřikovaných dílů a jejich forem. Použitím simulací v raném stádiu výroby formy můžeme předejít možným vadám na vstřikovaném dílu a optimalizovat vstřikovací proces.[4]

9.3 Meusburger katalog 5.8.1

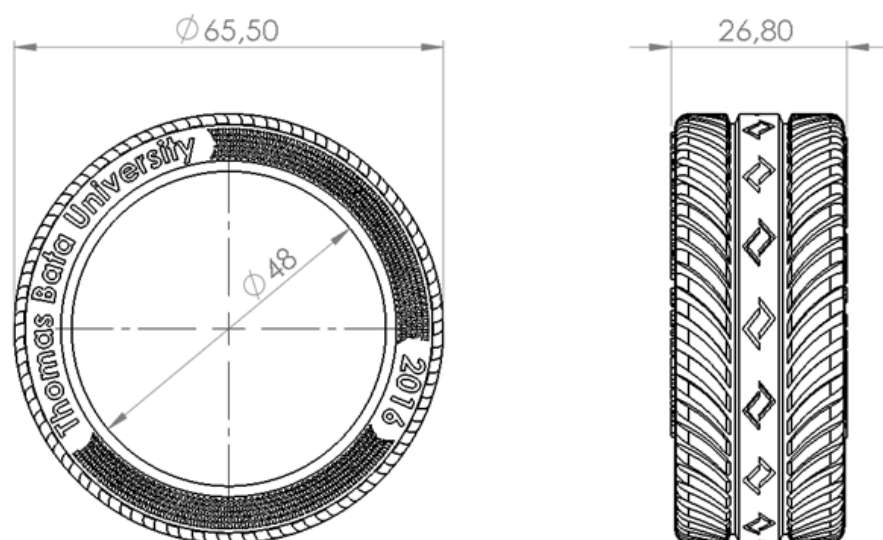
Jedná se o software firmy Meusburge. Obsahuje všechny normalizované díly ke konstrukci převážně vstřikovacích forem vyráběné touto firmou. Katalog dále umožňuje exportovat jednotlivé normalizované díly buď ve formátech STEP, IGES, anebo exportuje díl přímo do používaného 3D softwaru. Tím značně napomáhá konstruktérům, kteří již daný normalizovaný díl nemusí modelovat.

10 SPECIFIKACE VÝROBKU

Jedná se o silniční pneumatiku, s jednotnou tuhostí, na rádiově řízený model auta tzv. RC model. Budoucí pneumatika se na ráfek kola přilepí pomocí kyanoakrylátového lepidla. Po opotřebení vzorku pneumatiky stačí kolo ponořit do vroucí vody a pneumatika se od ráfku oddělí.



Obr. 26. Pneumatika na RC model



Obr. 27. Základní rozměry pneumatiky

10.1 Použitý materiál

Materiál ke vstřikování byl zvolen NR o tvrdosti 65 Sh. Materiál obsahuje vyšší podíl plniv, proto vykazuje menší hodnoty smrštění, okolo 1,5%. Optimální vulkanizační teplota pro tento materiál je 160°C a doporučená teplota taveniny je 100 °C.

Vulkanizáty z přírodního kaučuku (NR) mají vysokou mechanickou pevnost, vysokou elasticitu a velmi dobrou odolnost proti oděru. Vykazují velmi dobré dynamické vlastnosti, jako např. nízké zahřívání při opakovaných deformacích. Proto jsou často používány v pneumatikách, pružinách a vibračních uloženích. Dlouhodobé používání vulkanizátů z přírodního kaučuku je obvykle možné od -57 do + 75 °C. Přírodní kaučuk je schopen krystalizace za napětí a vulkanizáty proto dávají vysoké pevnosti i bez přítomnosti plniv. Jsou však málo odolné proti UV záření, proto se do směsí přidávají saze, které odolnost proti UV záření zlepšují.

11 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Návrh vstřikovací formy je realizován pro vertikální vstřikovací stroj Rep V27/Y125, který slouží ke zpracování elastomerech směsí. Materiál se dávkuje do šnekové plastikační jednotky ve formě pásu. Zde je zplastikován a dopraven do vstřikovací jednotky. Poté je materiál za pomoci pístu vstříknut do tvarové dutiny formy.



Obr. 28 Vstřikovací stroj Rep V27/Y125

Technické parametry stroje:

Tab. 2. Parametry uzavírací jednotky [13]

Uzavírací jednotka	Jednotky	Hodnota
Max. rozměr formy	mm	300 x 300
Výška formy	mm	115 až 495
Přísouvací síla	kN	57
Uzavírací síla	max.kN	502

Tab. 3. Parametry vstřikovací jednotky [13]

Vstřikovací jednotka	Jednotky	Hodnota
Vstřikovací tlak	max.bar	250
Objem vstřikované dávky	max.cm ³	125
Průměr pístu	mm	40
Průměr šneku	mm	20
Otáčky šneku	max. ot/min	460
Účinná délka šneku	L/D	15

Tab. 4. Všeobecné parametry stroje [13]

Všeobecné parametry	Jednotky	Hodnota
Výkon topných desek	kW	2,21
Rozměry stroje	mm	900x1340x2675

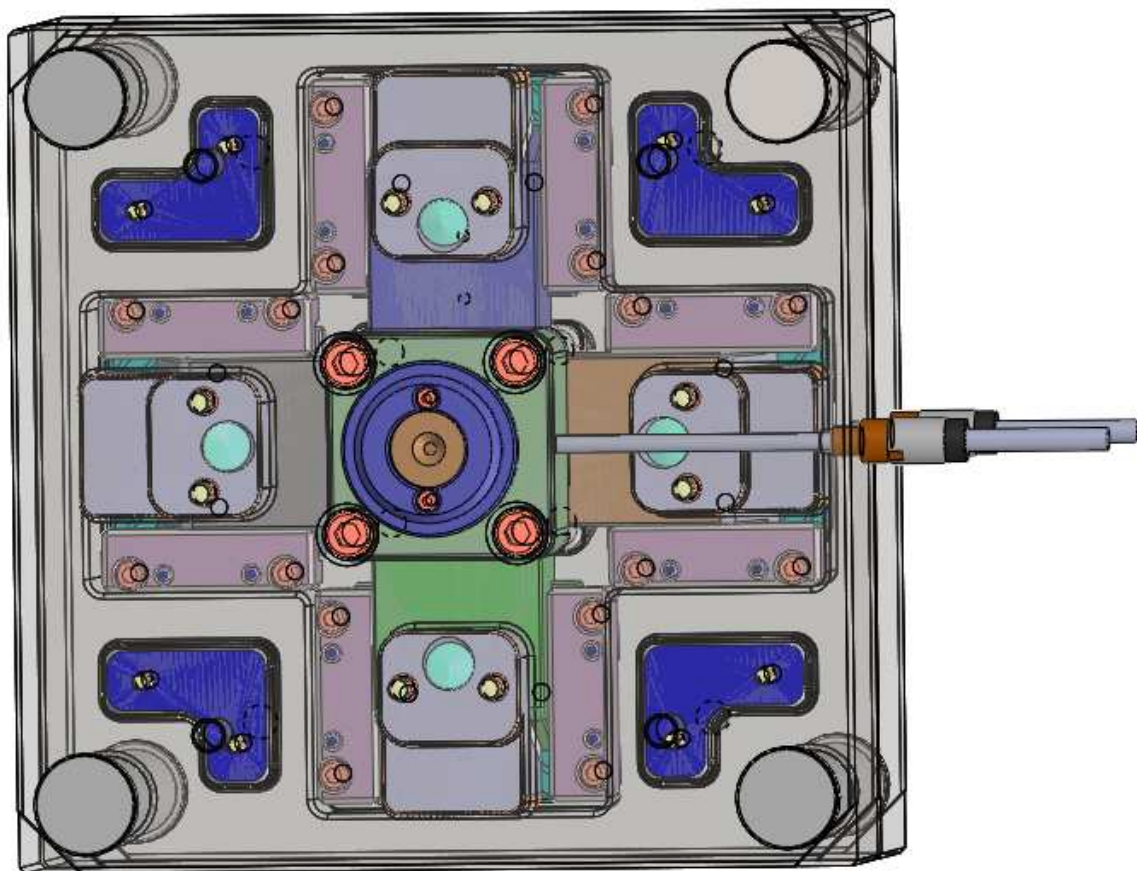
Základní technické parametry formy:

Tab. 5. Parametry vstřikovací formy [13]

Vstřikovací forma	Jednotky	Hodnota
Šířka	mm	296
Hloubka	mm	296
Výška	mm	142
Max. objem vstřikované dávky	cm ³	41,25

12 KONSTRUKCE FORMY

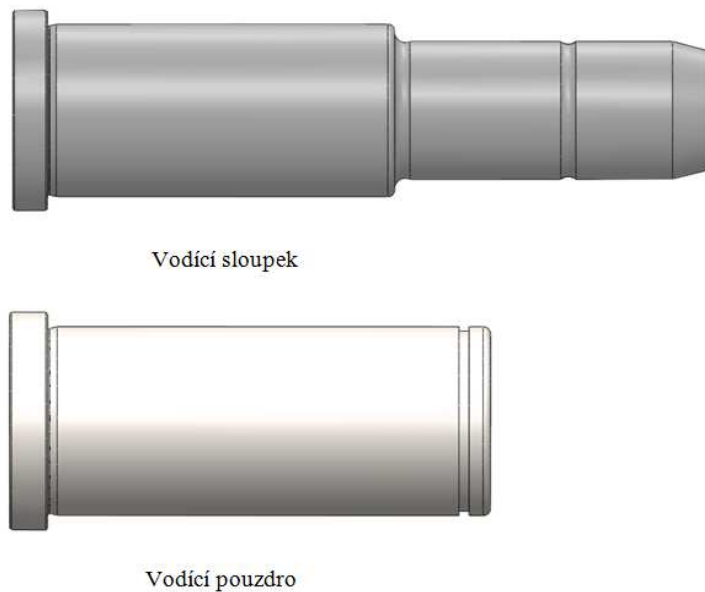
Složnost formy se odvíjí od složitosti a přesnosti budoucího výrobku. Je snahou dosáhnout co nejjednoduššího a nejlevnějšího návrhu. Jelikož požadovaný vstřikovací stroj-Rep V27/Y125 nedisponuje vyhazovacím zařízením, není ani u formy (Obr. 29) navržen vyhazovací systém. Forma se skládá ze dvou desek, tvárníku, tvárnice a z posuvných komponentů. Při konstrukci se využívalo normálií od firmy Meusburger.



Obr. 29. Vstřikovací forma

Vstřikovací formu tvoří pravá a levá část. Na pravé části je uložena vtoková tryska, tvárnice, uzavírací klíny se šikmými kolíky, dosedací podložky a vodící sloupky. Na levé části formy je uložen tvárník, jádro tvárníku, tvarové segmenty, vodící lišty, kluzné desky, dosedací podložky a vodící pouzdra. Aby se předešlo nežádoucímu poškození formy, vlivem vyosení některých z částí formy, musí být forma dokonale vystředěna za pomoci vo-

dících součástí. Tyto komponenty (Obr. 30) slouží k opakovanému přesnému vystředění jednotlivých desek formy v průběhu otevírání a uzavírání formy.



Obr. 30. Vodící komponenty

12.1 Násobnost formy

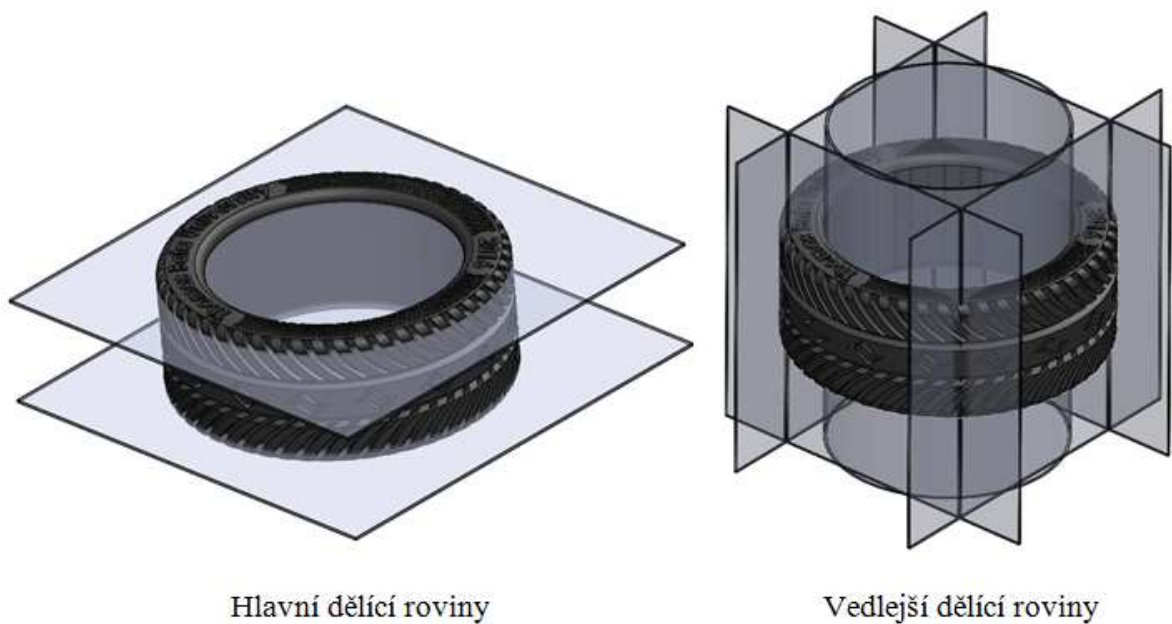
Při určování násobnosti vstřikovací formy se musí přihlídnout k několika důležitým činitelům, které ji ovlivňují. Jako jsou:

- přesnost daného výrobku,
- jakost výrobku,
- celková produkce,
- kapacita vstřikovacího stroje,
- cena formy.

S ohledem na kapacitu vstřikovacího stroje, požadovanou přesnost výstřiku a na cenu formy byla zvolena forma jednonásobná.

12.2 Zaformování výstřiku

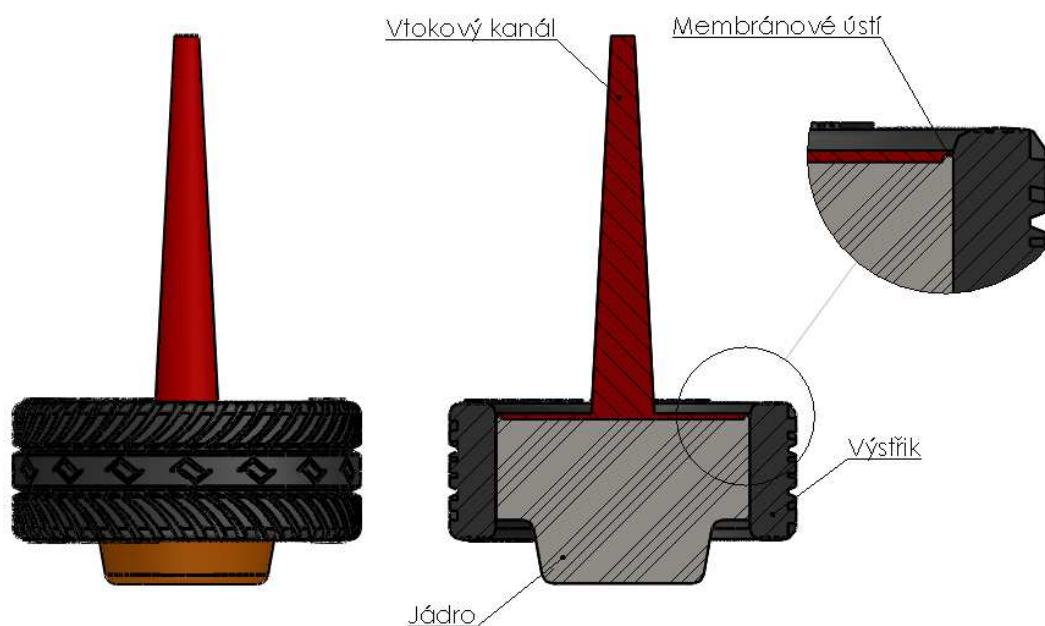
Vhodné zaformování výstřiku se volí podle konstrukční náročnosti vyráběného dílu. V daném případě budou hlavní dělicí roviny horní plochy tvárníku a tvárnice. Vedlejší dělicí rovinu tvoří každý ze čtyř tvarových segmentů a jádro tvárníku.



Obr. 31. Hlavní a vedlejší dělicí roviny

12.3 Vtokový systém

Pro vstřikování výrobku byl zvolen kuželový vtokový kanál, který přechází do membránového ústí vtoku (Obr. 32). Vnitřní membránové ústí bylo navrženo z důvodu rovnoměrnějšího plnění a minimalizaci studených spojů.



Obr. 32. Vtokový systém

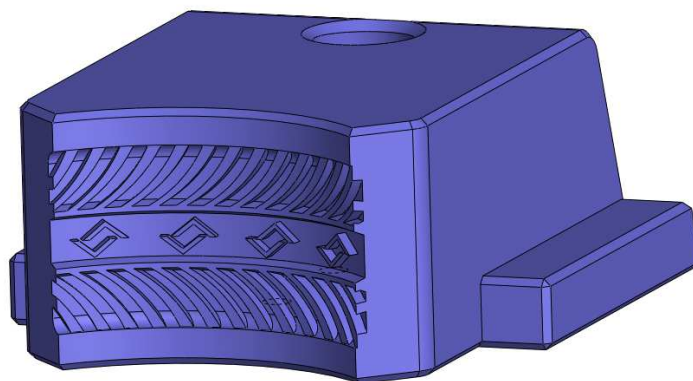
12.4 Tvarové části formy

Základ tvarové dutiny formy tvoří tvárník a tvárnice spolu se čtyřmi tvarovými segmenty a jádrem, které tvoří vnitřní dutinu výstřiku. Tvárník a tvárnice slouží k vytvoření popisů a šrafování na obou stranách výstřiku.



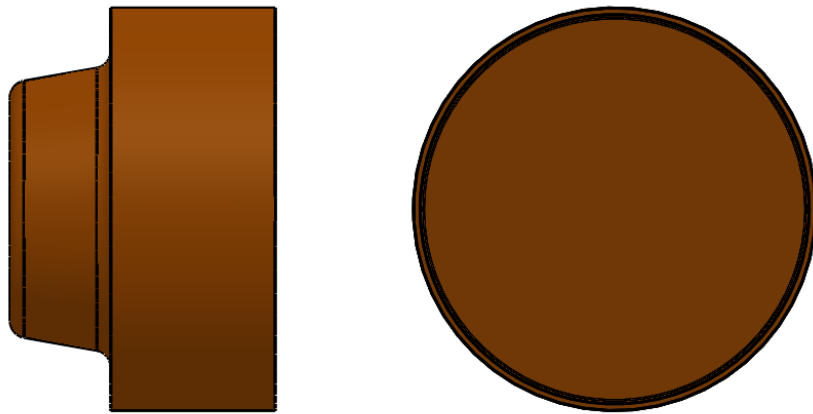
Obr. 33. Tvárník a tvárnice

Čtyři tvarové segmenty (Obr. 34) zajišťují vytvoření dezénu po celém obvodu výstřiku a udávají výstřiku budoucí kruhový tvar.



Obr. 34. Tvarový segment

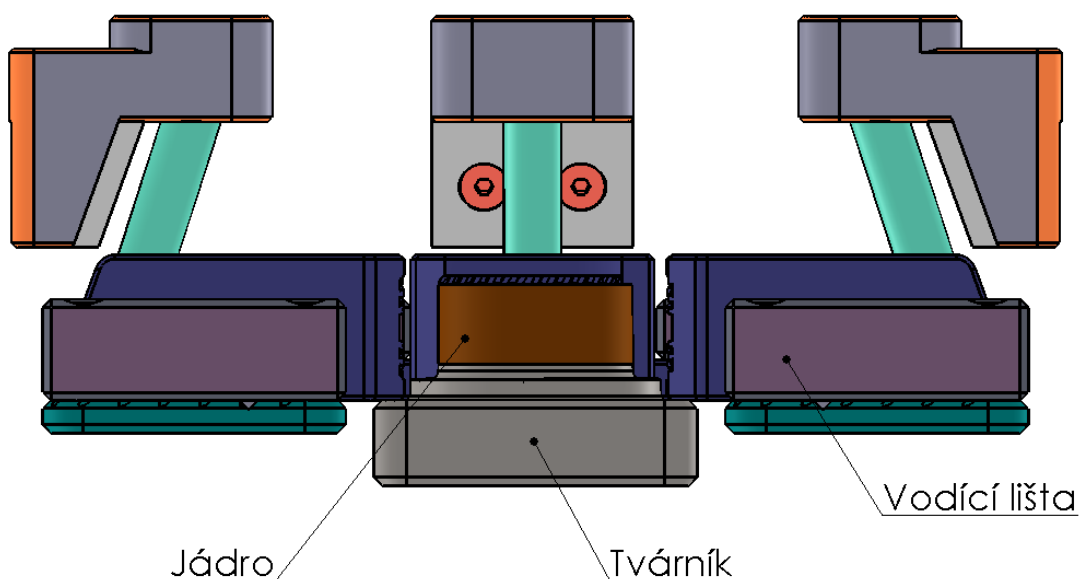
Jádro (Obr. 35) uložené do tvárníku zajišťuje dutinu uvnitř výstřiku a slouží také k vytvoření membránového vtoku při vstřikování.



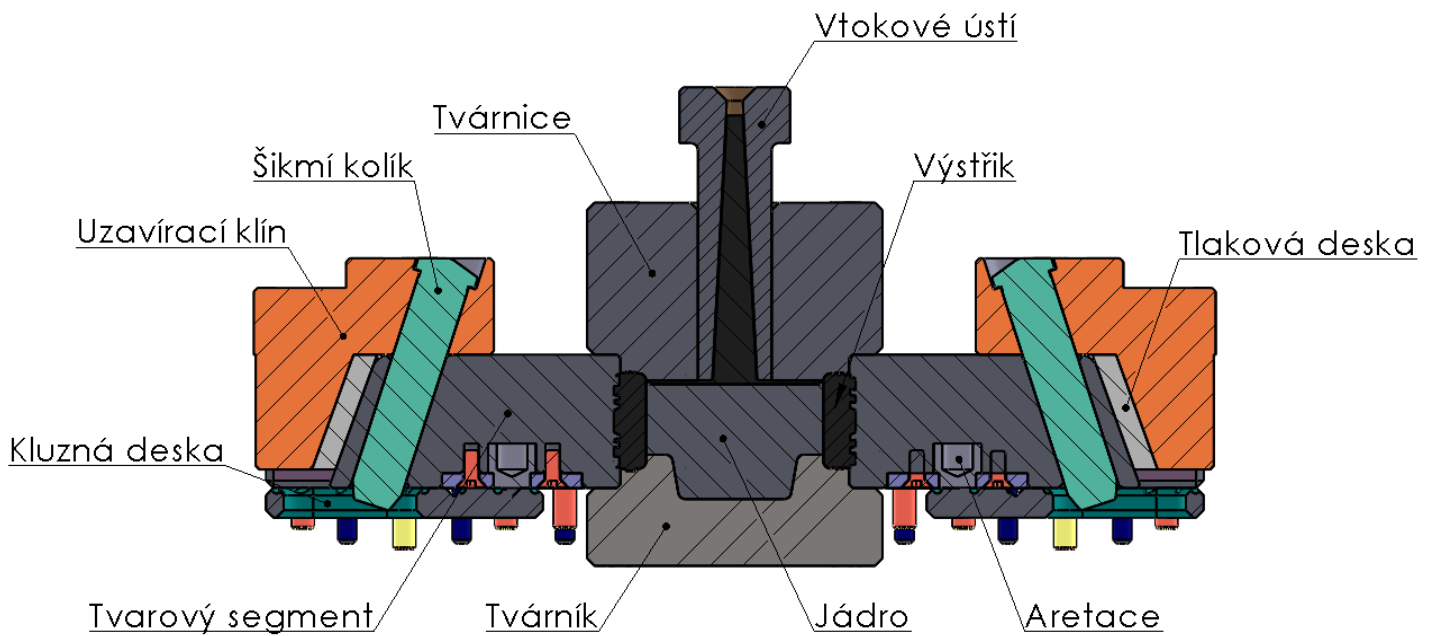
Obr. 35. Jádro tvárníku

12.5 Odformování dutiny formy

Při otvírání nebo při uzavírání formy dochází k posuvu tvarových segmentů vlivem šikmých čepů, umístěných v pravé polovině formy. Současně se pohybují všechny čtyři tvarové segmenty, které udávají budoucímu výstřiku jeho tvar. Tvarové segmenty se pohybují po kluzných deskách a jsou vedeny pomocí vodících lišt. Kluzné desky jsou uchyceny dvěma šrouby k desce tvárníku a zamezují zadrhávání při pohybu tvarových segmentů. Vodící lišty jsou vystředěny kolíky a přišroubovány k desce tvárníku. Tvarové segmenty musí lícovat s vodící lištou nejméně ve dvou místech, aby nedocházelo k nežádoucímu pohybu tvarového segmentu.

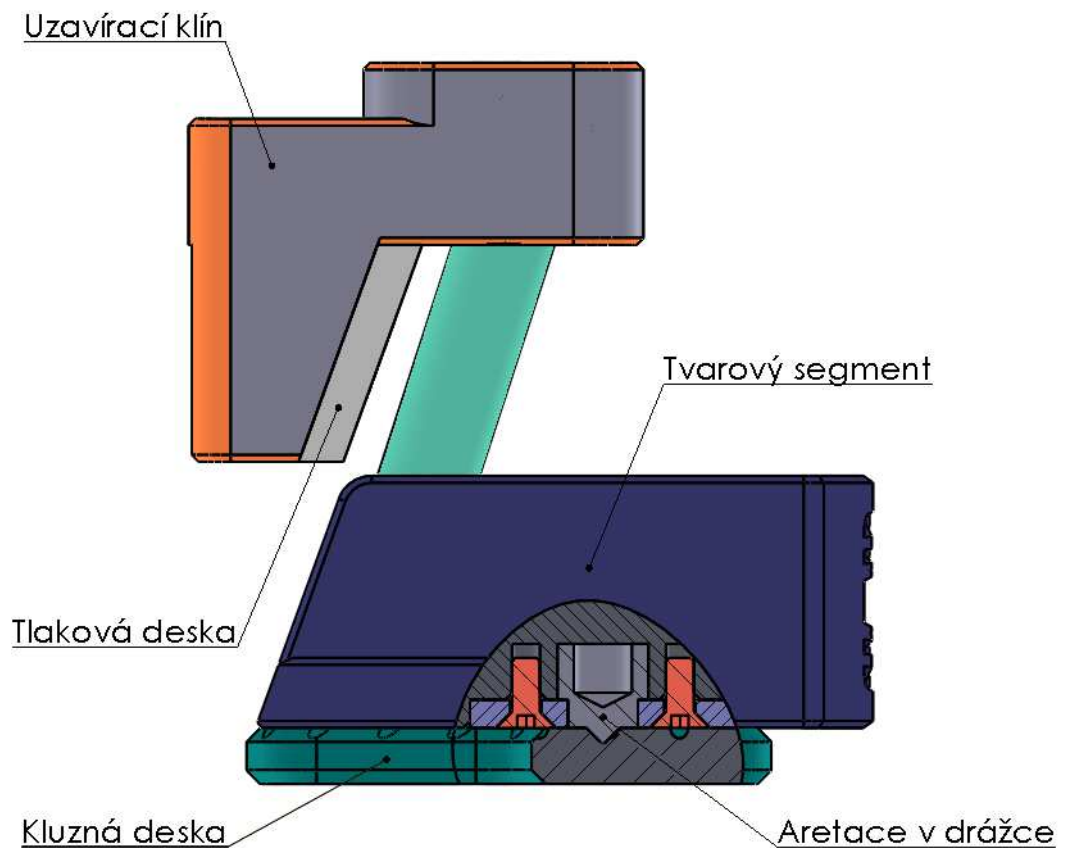


Obr. 36. Otevřená dutina formy



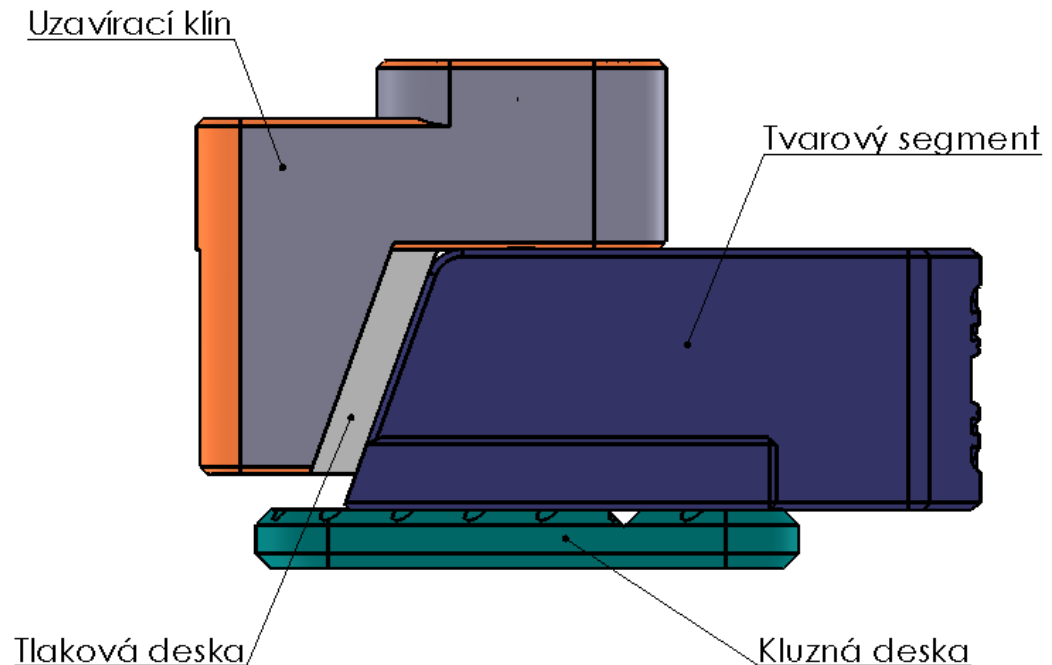
Obr. 37. Dutina formy během vstřikování

K zajištění tvarového segmentu v otevřené poloze slouží pružinová aretace. Aretace je uchycena na spodní části tvarového segmentu za pomoci dvou šroubů. Po dosažení maximálního posuvu tvarového segmentu zapadne aretace do drážky v kluzné desce a zajistí ji v otevřené poloze (Obr. 38).



Obr. 38. Tvarová kostka v otevřeném stavu

K zajištění tvarového segmentu v uzavřeném stavu formy slouží tlaková deska na uzavíracím klínu. Po uzavření formy a v průběhu vstřikování zajišťují tvarový segment proti pohybu (Obr. 39).



Obr. 39. Tvarová kostka v uzavřeném stavu

12.6 Vyhazování výstřiku

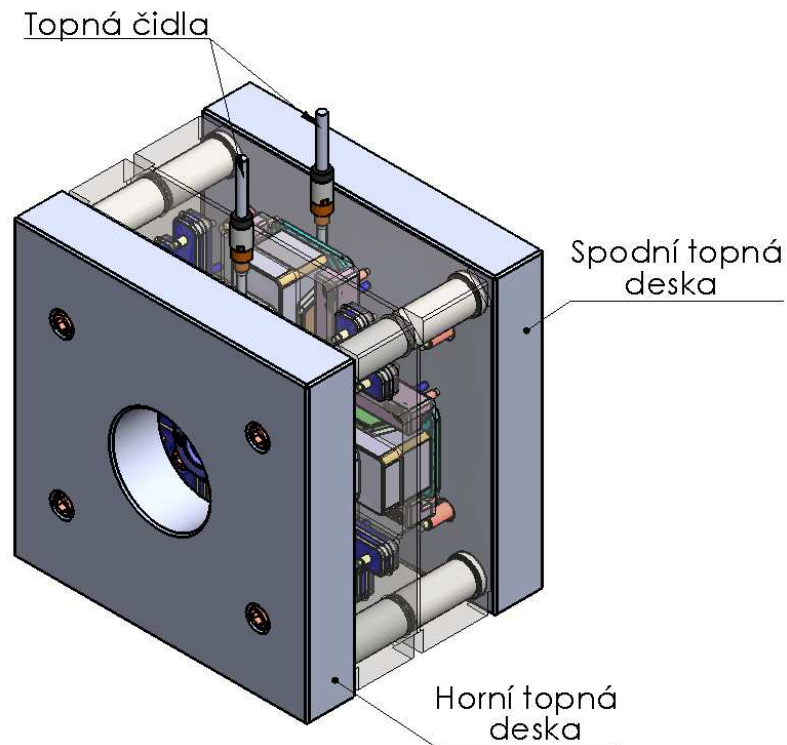
Vyhození výstřiku z formy je prováděno ručně, jelikož vstřikovací stroj Rep V27/Y125 nemá vyhazovací zařízení. Po otevření formy se výstřik vytáhne spolu s jádrem. Jádro se z výstřiku odstraní a vrátí zpět do dutiny formy.

12.7 Odvzdušnění

Před vstřikováním je dutina formy zaplněna vzduchem. Při samotném procesu vstřikování dochází ke stlačování vzduchu čelem taveniny a může dojít k tzv. Dieselovu efektu. Celková problematika odvzdušnění je popsána v teoretické části této práce. V navrhované formě je uvažován únik vzduchu vůlemi v dělicích rovinách. V případě nedostatečného odvzdušnění odhaleného při zkouškách musí být forma dodatečně opatřena přetokovými drážkami, kterými vzduch unikne.

12.8 Temperace formy

Forma je vyhřívána topnými deskami, které jsou součástí vstřikovacího stroje. Teplota formy je řízena za pomoci dvou odporových teplotních čidel. Odporové čidla jsou umístěny co nejbližší k tvarové dutině. Čidla jsou uchycena pomocí bajonetu na šroubovatelném adaptéru.



Obr. 40. Temperace formy



Obr. 41. Upevnění teplotního čidla

13 ANALÝZA VSTŘIKOVACÍHO PROCESU

Simulační analýzy jsou dnes již běžným jevem v mnoha průmyslových odvětvích. Dokáží bez vyšších nákladů odhalit problémové místa navrhovaných výrobků, nebo odhalit budoucí vady na výrobku. Tím značnou měrou šetří peníze i čas nutný na pozdější úpravy forem nebo výrobních postupů. Pro analýzu vstřikovacího procesu a vulkanizace byl zvolen program Cadmould Rubber 4.5. V této kapitole jsou popsány výsledky jednotlivých analýz.

13.1 Procesní podmínky

Pro správné nastavení vstřikovacího procesu u kaučukových směsí je důležité znát rozložení a průběh teplot u vstřikovaného dílu. Díky tomu lze bezpečně nastavit dobu a rychlost vulkanizace. Pro vstřikovaný výrobek byly nastaveny procesní podmínky podle následující tabulky. Analýza byla provedena za působení dvou různých tlaků a výsledky jsou rozebrány v části diskuze výsledků. Materiál výrobku je NR o tvrdosti 65 Sh.

Tab. 6. Procesní podmínky vstřikování

	Jednotka	Hodnota
Teplota taveniny	°C	100
Teplota stěny dutiny formy	°C	180
Čas plnění	s	15
Přepnutí na dotlak	%	99
Vstřikovací tlak	bar	200 / 250

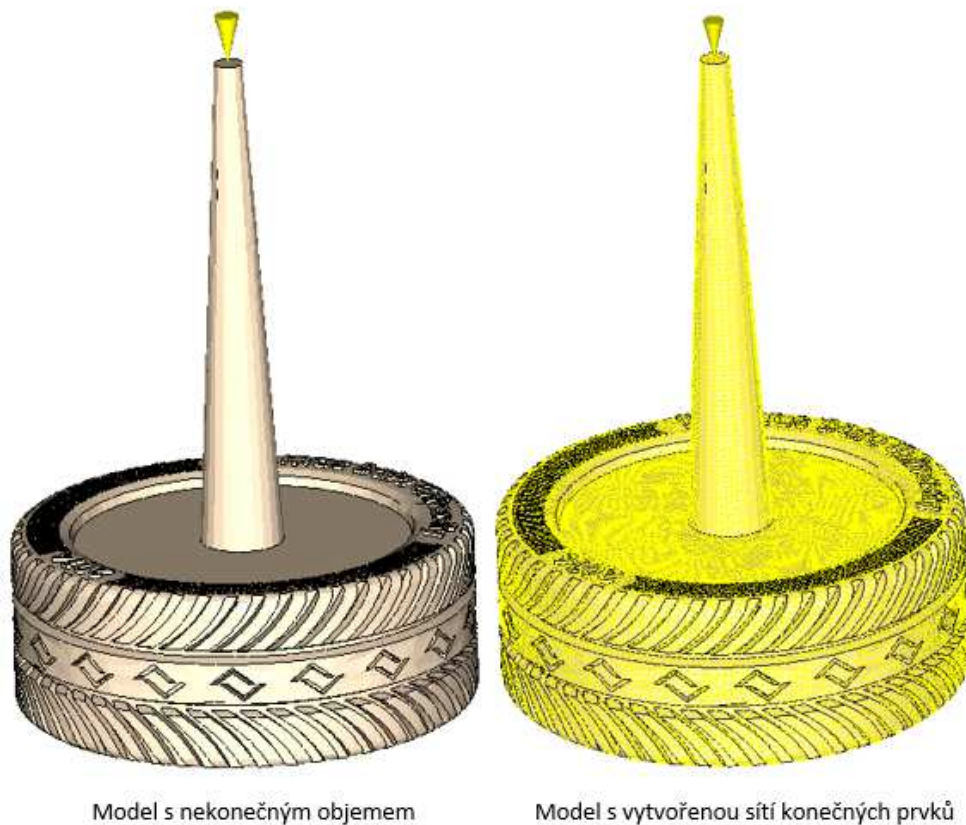
13.2 Metoda konečných prvků

Do programu Cadmould Rubber byla vložena vstřikovaná součástka spolu s vtokovým systémem. Vše ve formátu stl. Byly zadány procesní podmínky vstřikování a prove-

den výpočet analýz. Před spuštěním první analýzy se musí nahradit nekonečný objem modelu konečným počtem prvků, resp. uzlových bodů. To umožní vizualizaci deformací v každém místě modelu.



Obr. 42. Metoda konečných prvků



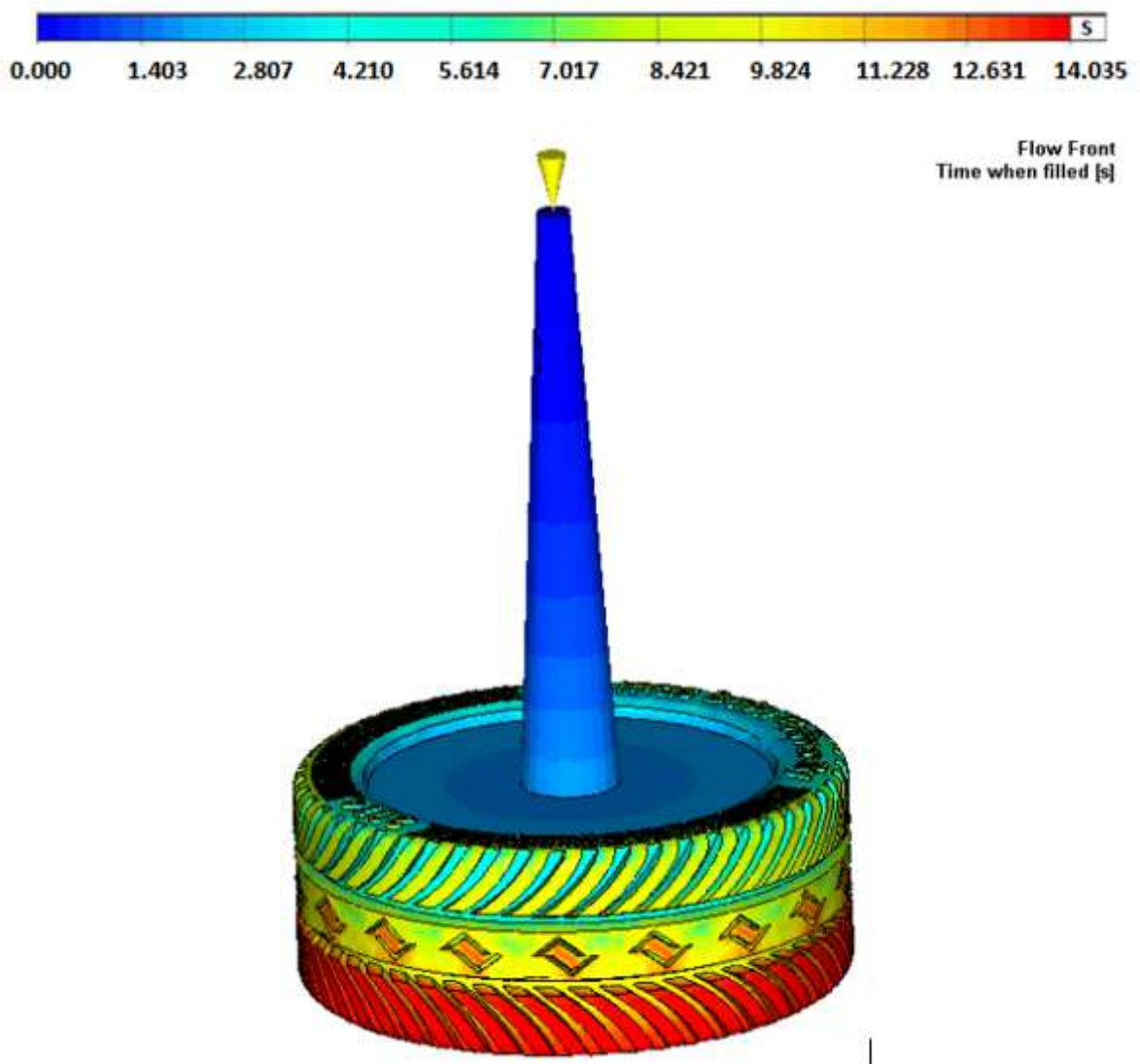
Obr. 43. Model s nekonečným objemem a model se sítí konečných prvků

13.3 Výsledky analýz

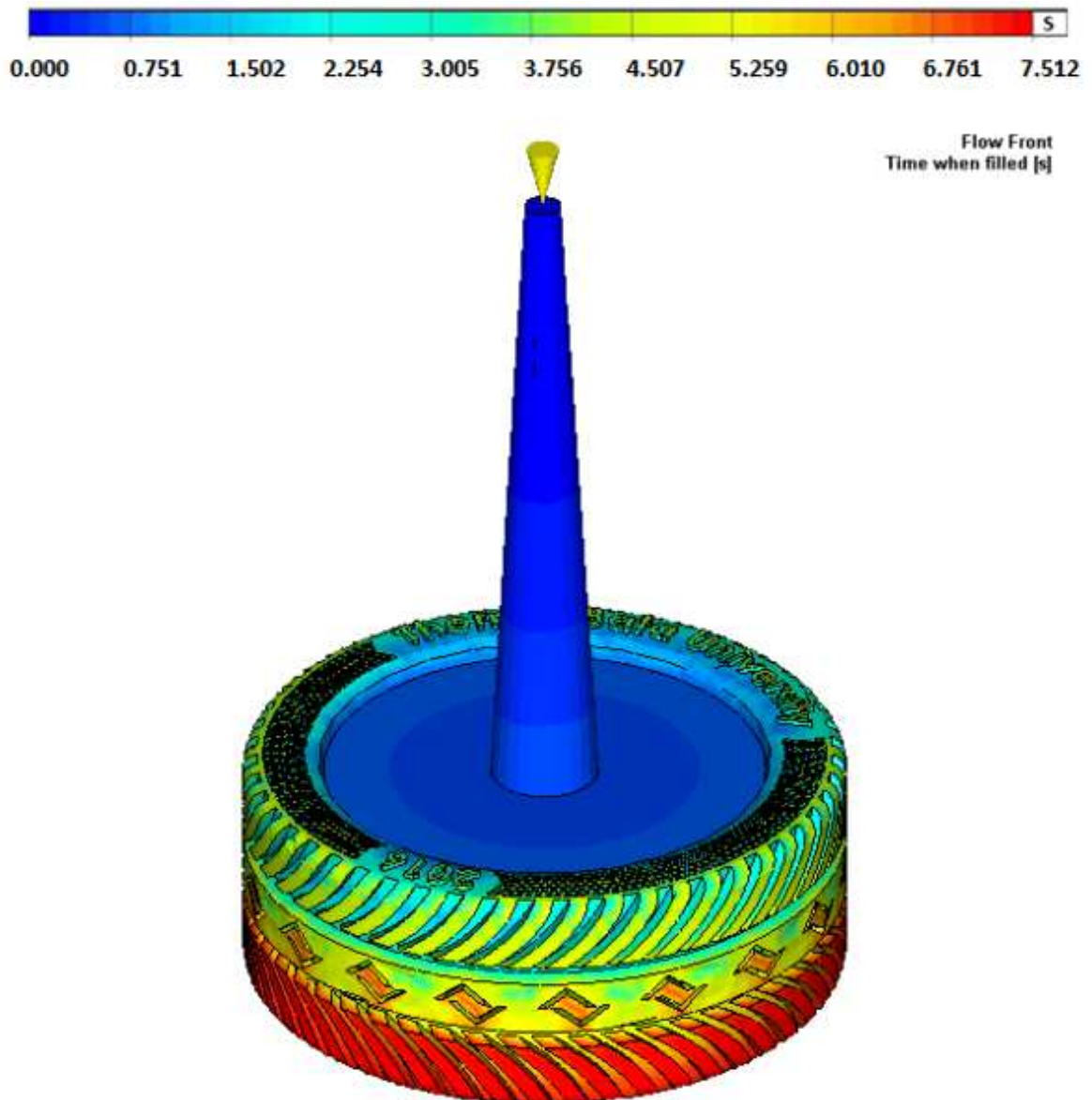
Byly provedeny dvě analýzy s rozdílným vstřikovacím tlakem. Výsledky analýz zobrazují vliv tlaku na vstřikování kaučukových směsí a do jaké míry ovlivňuje výše tlaku rychlost vulkanizace. První výsledky analýz jsou vždy s hodnotou vstřikovacího tlaku 200 barů. Druhé výsledky s hodnotou 250 barů což je, vstřikovací maximum stroje.

13.3.1 Plnění dutiny

Analýza zobrazuje dobu, po kterou tavenina kaučukové směsi plní dutinu formy. Průběh doby plnění znázorňuje barevné spektrum. Doba plnění dutiny formy koresponduje s nastavenou dobou 15 sekund.



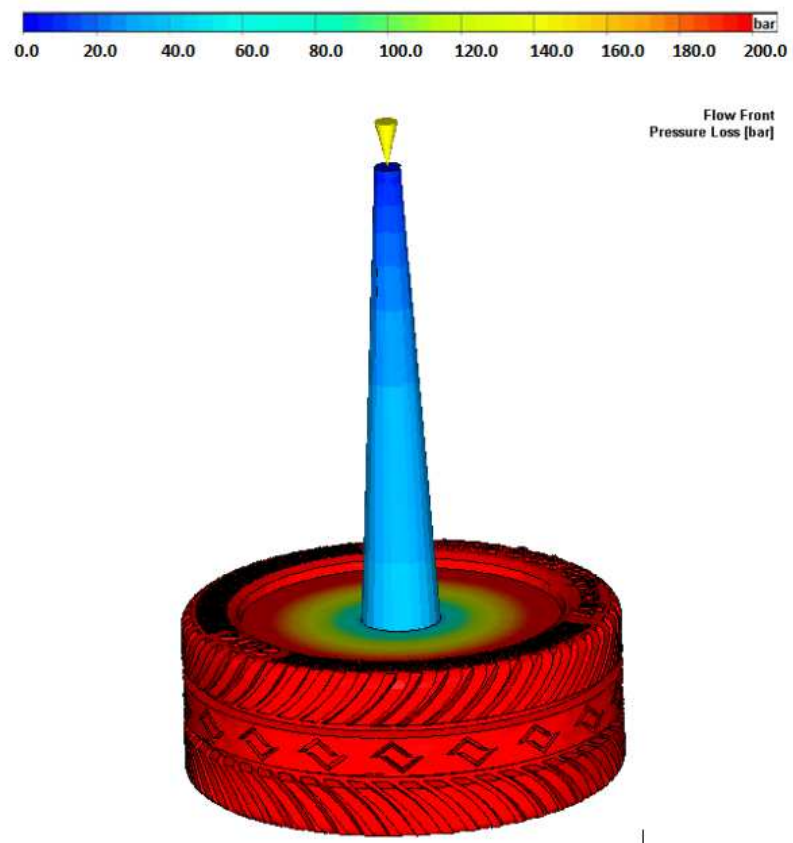
Obr.44. Čas plnění dutiny formy při tlaku 200 barů



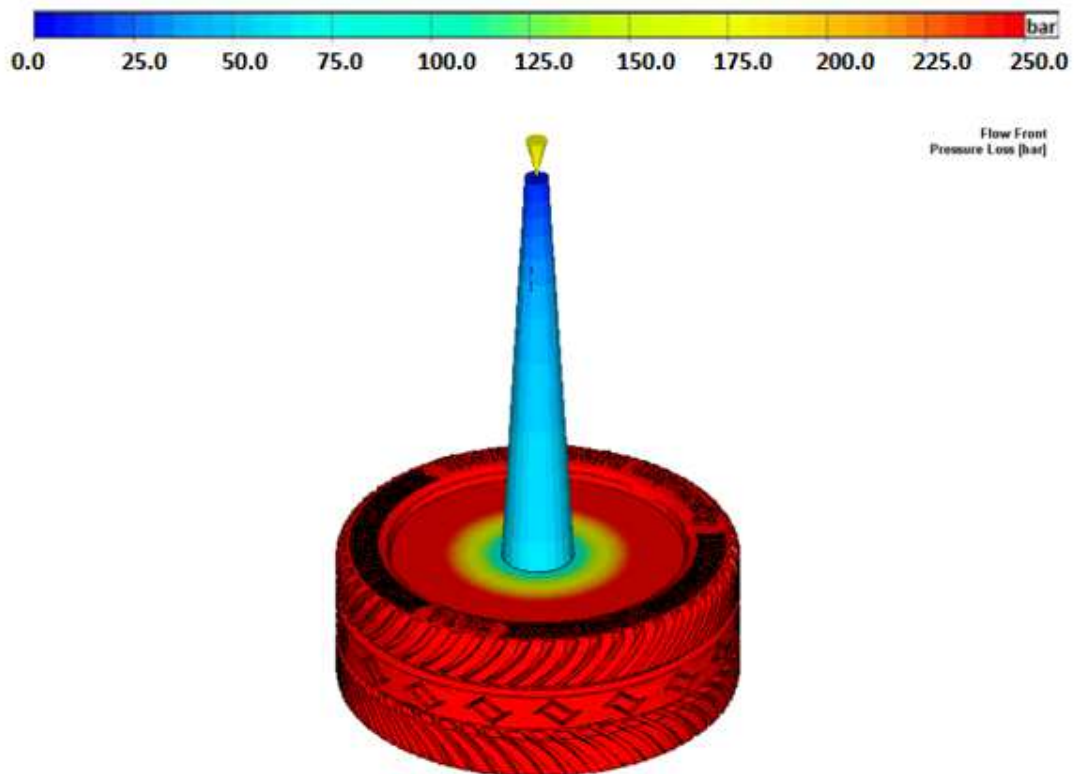
Obr. 45. Čas plnění dutiny formy při tlaku 250 barů

13.3.2 Tlaková analýza

Tlaková analýza popisuje působení tlaku na taveninu v průběhu plnění dutiny formy. Po zaplnění dutiny formy vstříkovanou směsí se hodnota tlaku ustálí na 40,3 baru. Tento dodatečný tlak působí na vstříkované těleso během celého vstříkovacího procesu.



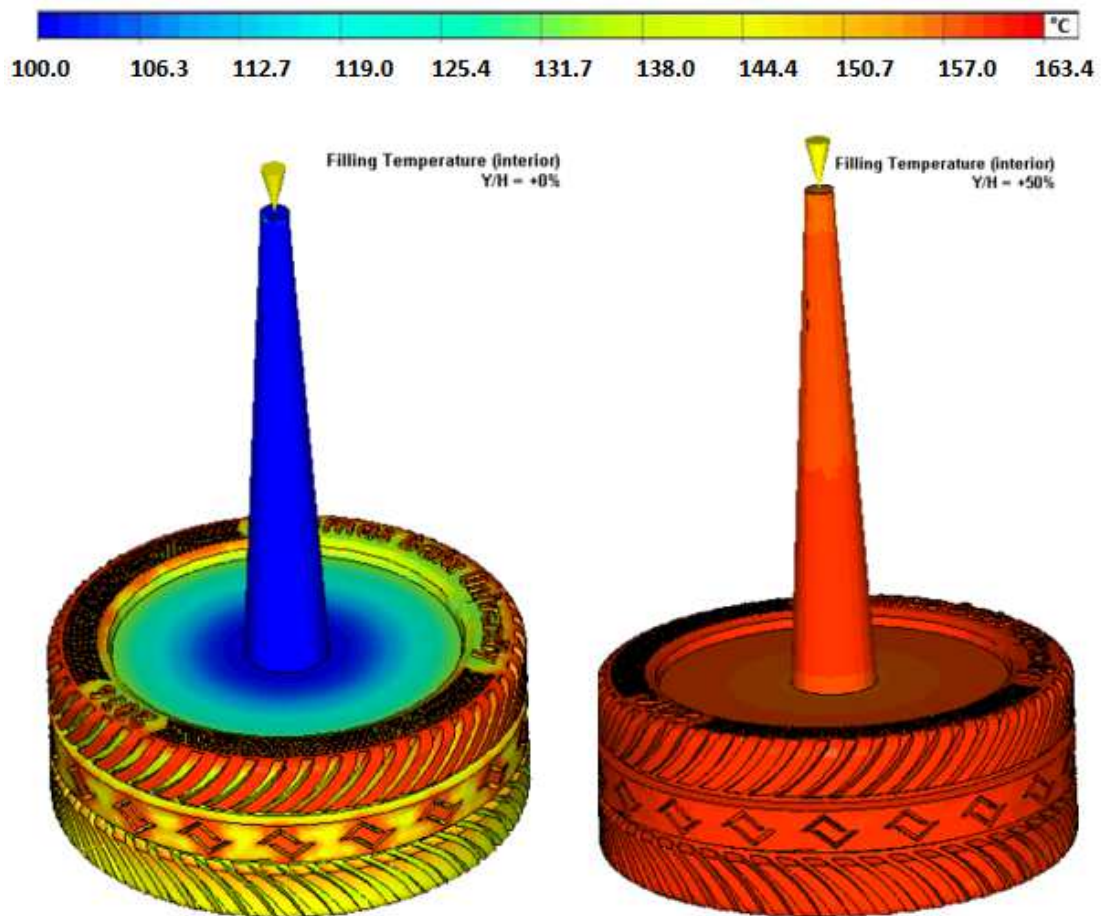
Obr. 46. Tlaková analýza - 200 barů



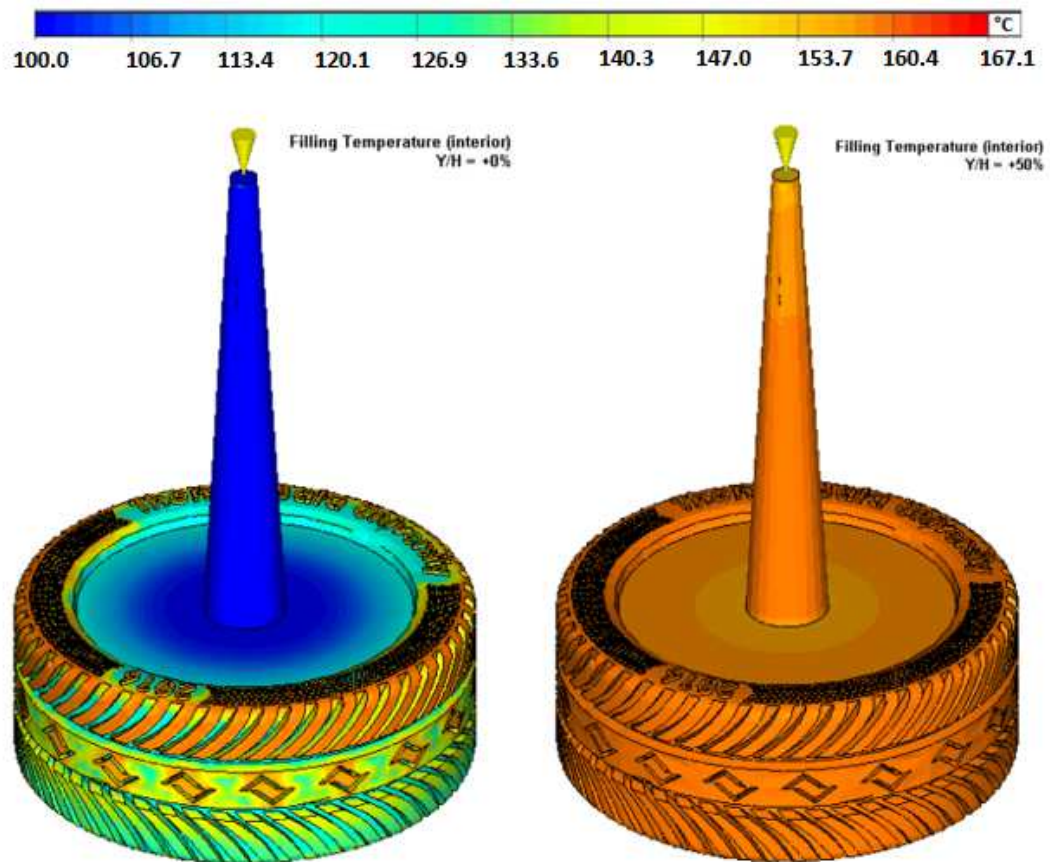
Obr. 47. Tlaková analýza - 250 barů

13.3.3 Průběh teplotního pole

Na obrázku je zobrazena teplota v čase 15s, tedy v čase kdy končí plnění a nastává ohřev. Při nastavení výpočtu analýz byl výrobek rozdělen do 21 vrstev. Vrstva rozdělující výrobek přesně na dvě poloviny se nazývá vrstva střednicová. Střednicová vrstva je označena jako $Y/H = +0\%$ a znázorňuje teplotní pole uprostřed výrobku. Naopak, vrstva označena jako $Y/H = +50\%$ znázorňuje teplotní pole na povrchu výrobku.

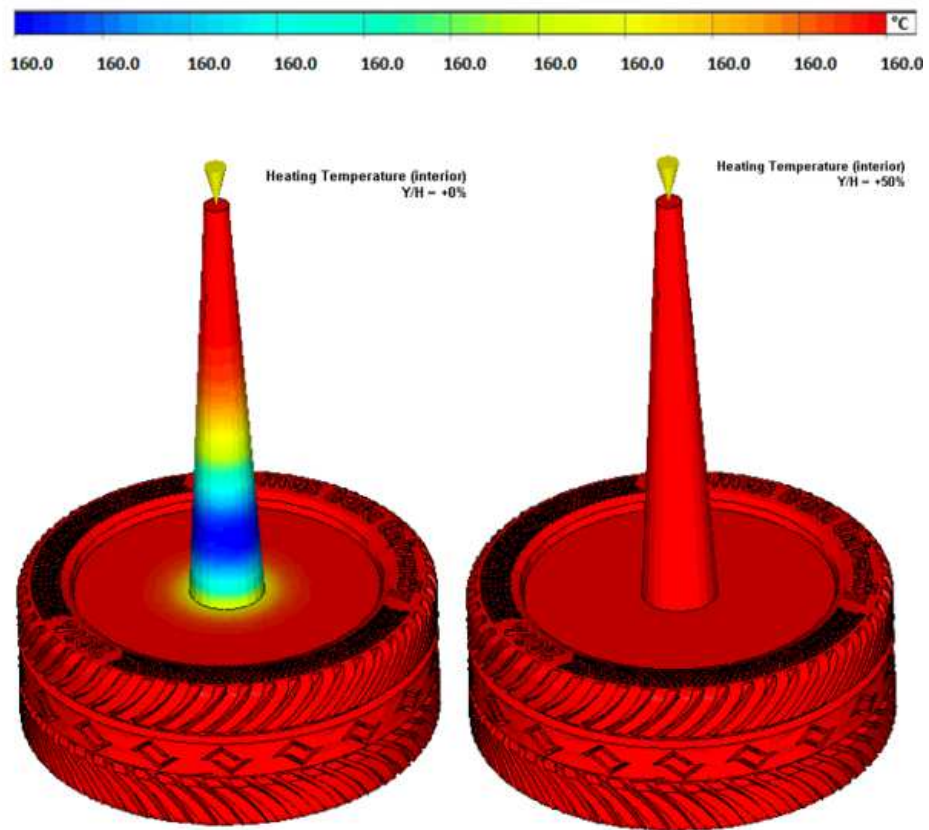


Obr. 48. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 15s - 200 barů

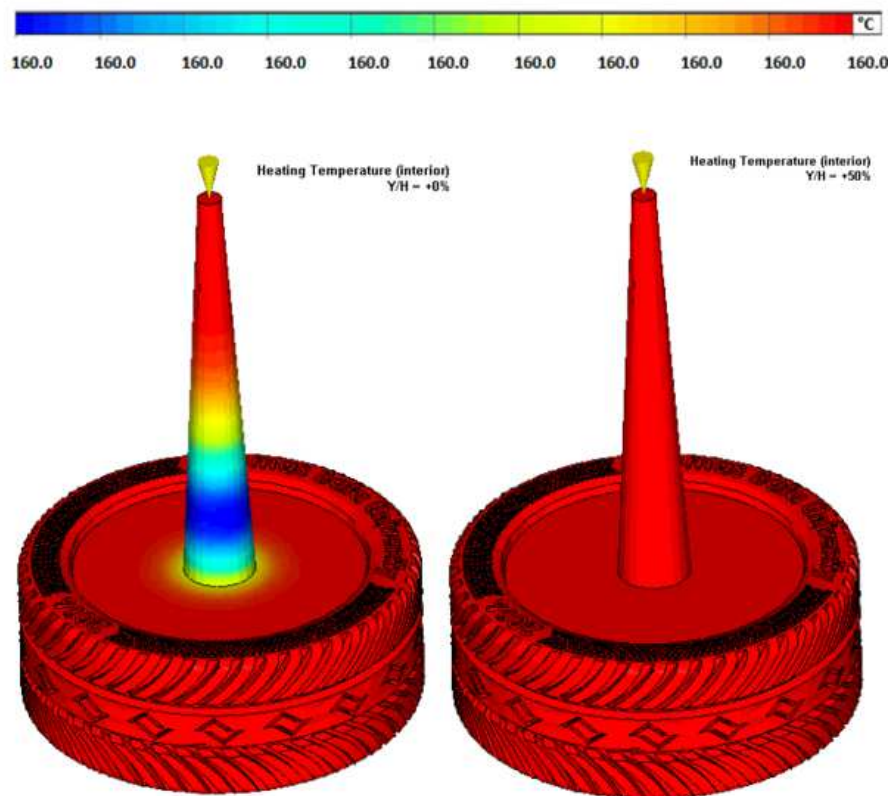


Obr. 49 Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 15s - 250 barů

Na obrázku (Obr. 50) je zobrazena teplota v čase 742,6 s (15 s - doba vstřikování, 727,6 s - doba vulkanizace), tedy v čase kdy dojde k otevření formy a následnému vyjmutí výrobku. Další obrázek (Obr. 51) popisuje teplotu v čase 742,3 s (15 s - doba vstřikování, 727,3 s - doba vulkanizace). Teplota je v celém výrobku ustálena na 160 °C.



Obr. 50. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 742,6 s- 200 barů

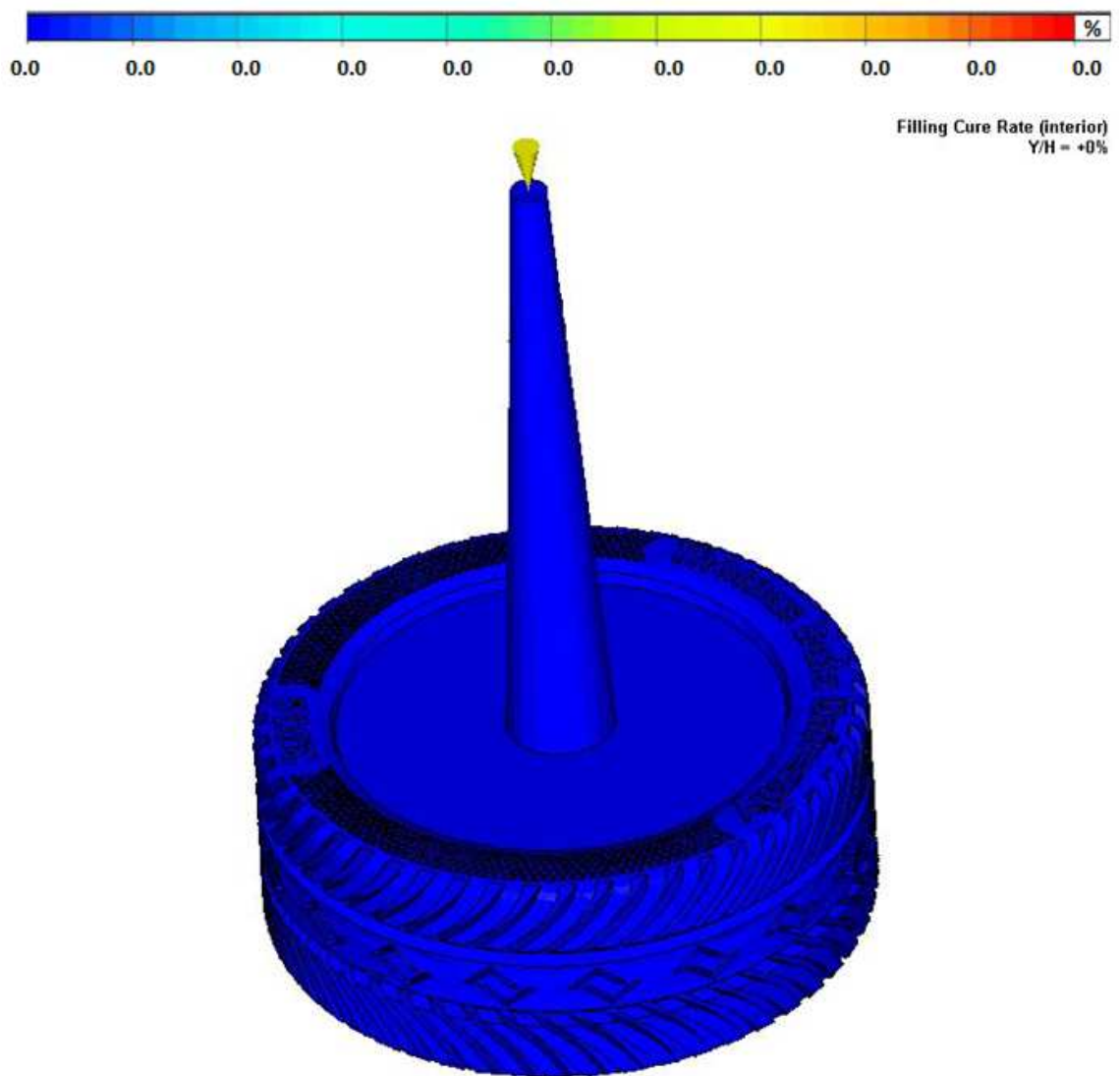


Obr. 51. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 742,3 s- 250 barů

13.3.4 Průběh vulkanizace

Tato analýza zobrazuje dosažené procento vulkanizace výrobku v době jeho ohřevu. Nejdůležitější jsou výsledky ze středních vrstev výrobku. V této vrstvě totiž zesíťení trvá déle vlivem pomalejšího prohřevu než na samotném povrchu. Proto následující výsledky zobrazují průběh vulkanizace ve středních vrstvách výrobku ($Y/H=+0\%$)

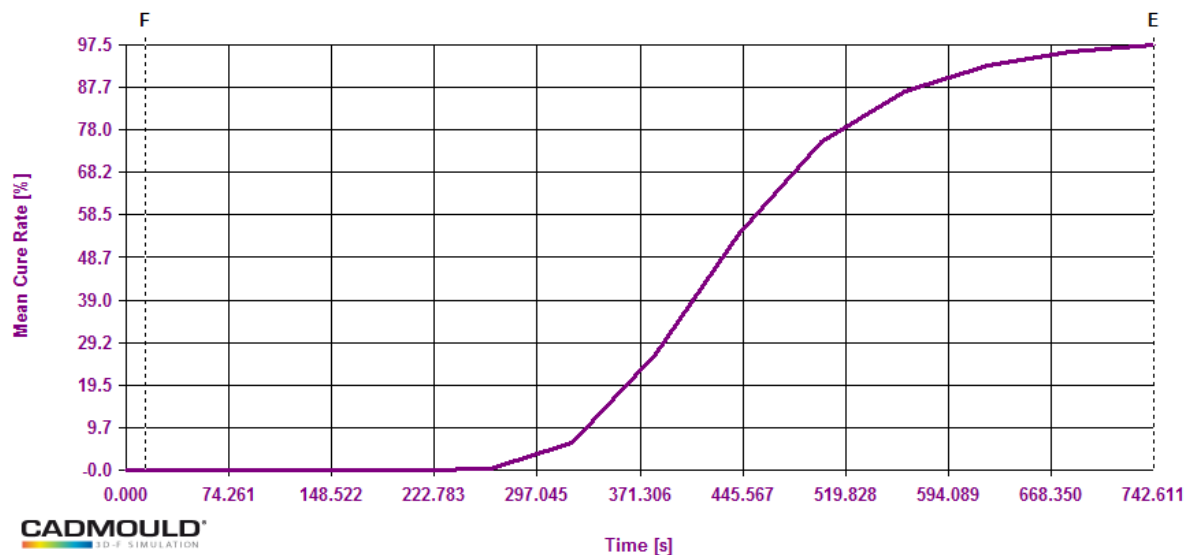
Na prvním obrázku (Obr. 52) tohoto typu analýz je zobrazeno procento vulkanizace v době 15s, tedy v době, kdy byla zcela zaplněna dutina formy vstříkovanou směsí. Jak lze vidět v tomto čase ještě vůbec nedochází k vulkanizaci uvnitř výrobku.



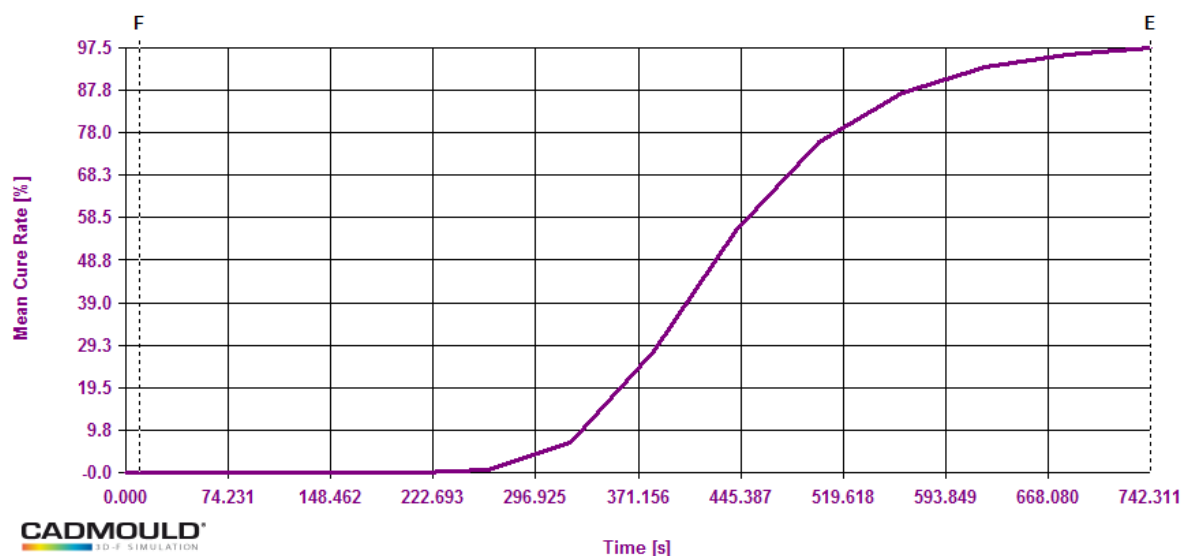
Obr. 52 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě v čase 15 s

Grafické znázornění průběhu vulkanizace zobrazuje procento strukturních změn vstřikovaného dílu v určitém čase.

Čas ohřevu byl nastaven tak, aby ve vstřikovaném dílu proběhlo více jak 96% všech strukturních změn. Čím delší dobu setrvá vstřikovaný díl na vulkanizační teplotě, tím větší procento zesítní, (příčných vazeb) u něj proběhne. To vede k lepším vlastnostem, ale značně prodlužuje vstřikovací cyklus, což vede k vyšším nákladům na výrobu. Doba setrvání vstřikovaného dílu na vulkanizační teplotě nesmí překročit dobu, kdy začne docházet k reverzi. Reverze je oblast, za vulkanizačním optimem, kde se fyzikální vlastnosti vstřikovaného dílu naopak zhoršují.

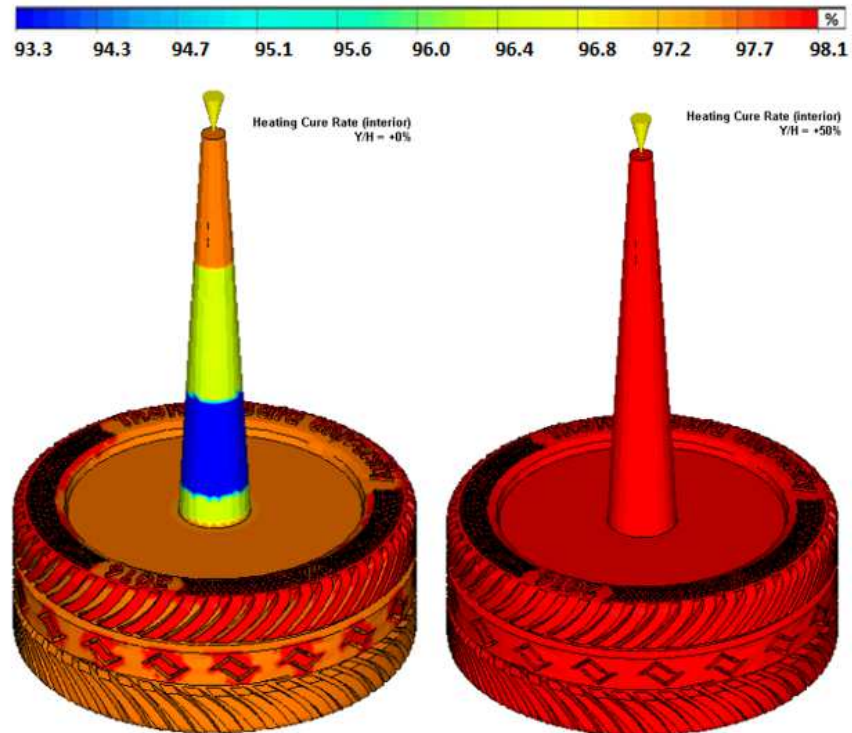


Obr. 53. Grafické znázornění průběhu vulkanizace při působení tlaku 200 barů

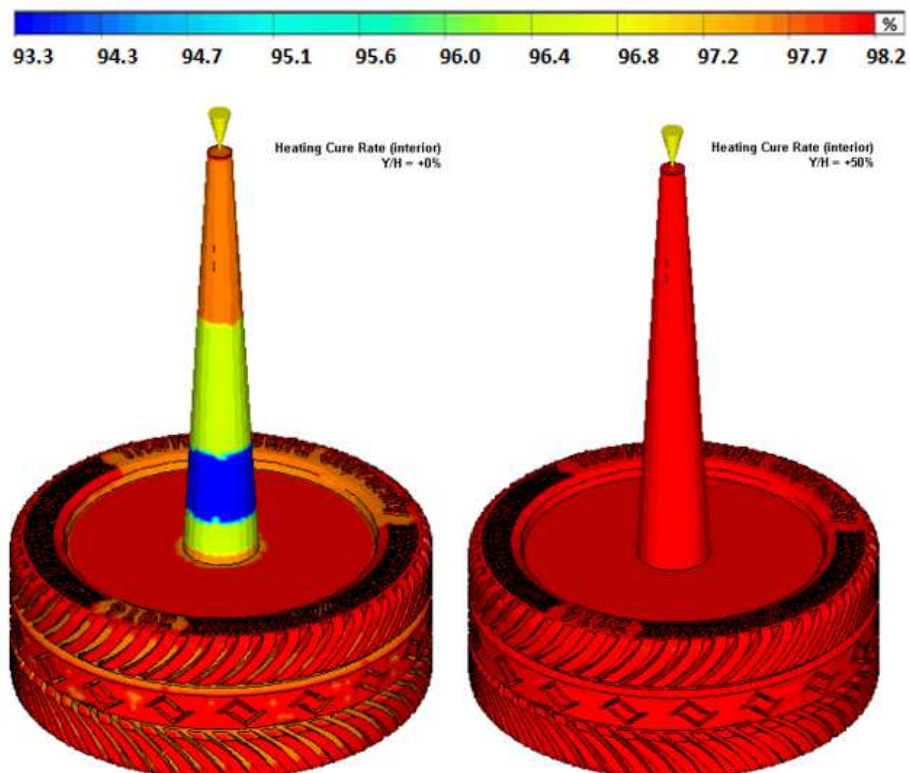


Obr. 54. Grafické znázornění průběhu vulkanizace při působení tlaku 250 barů

Další obrázky (Obr. 55, 56) zobrazují vulkanizaci vstřikovaného dílu v časech 742.6 s a 742.3 s (v čase otevření formy). V tomto čase již v dílu proběhlo více než 98% strukturálních změn.



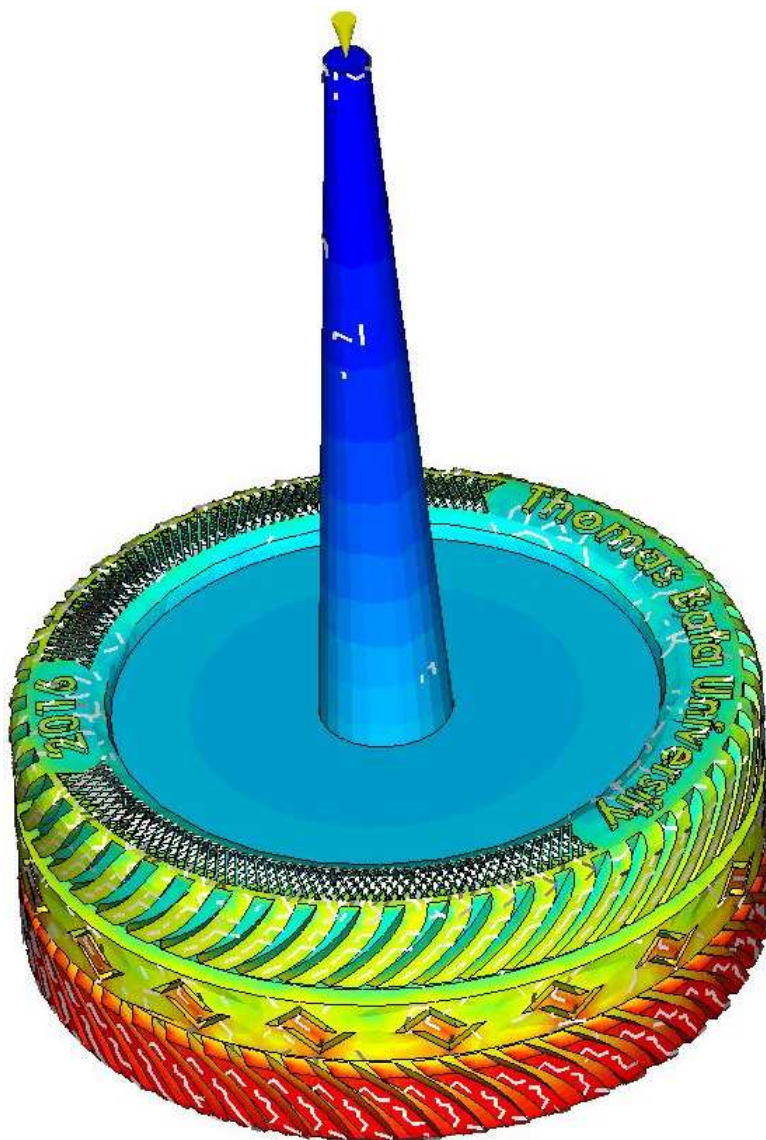
Obr. 55. Průběh vulkanizace v čase 742.6 s -200 barů



Obr. 56. Průběh vulkanizace v čase 742.3 s -250 barů

13.3.5 Studené spoje

Analýza zobrazuje na výstřiku místa potenciálního výskytu studených spojů. Tato místa nejsou ovlivněna výší vstřikovacího tlaku. Studený spoj je místo, kde se setkávají dvě čela taveniny s vyšším stupněm vulkanizace. Jedná se o pohledovou i mechanickou chybu. Studené spoje lze eliminovat vhodným umístěním vtoku, nebo změnou technologických podmínek. U výstřiku se studené spoje vyskytují převážně po obvodu, v místech, kde se při plnění setkávají čela tavenin v různých časech.

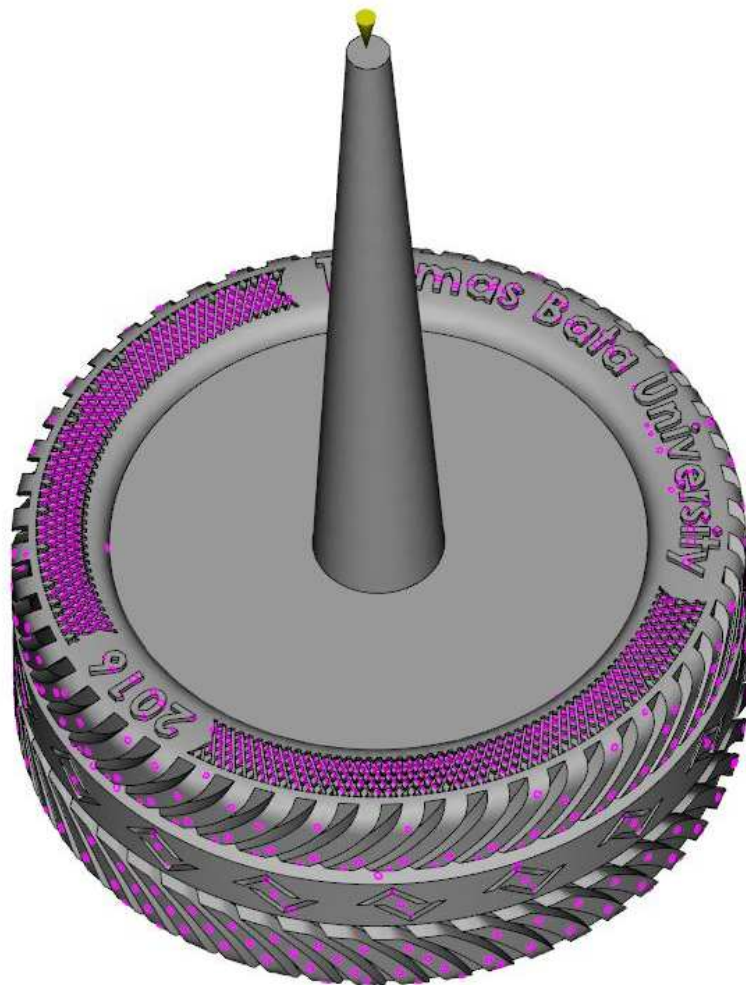


Obr. 57. Studené spoje

13.3.6 Vzduchové kapsy

Analýza zobrazuje místa, ve kterých se vlivem vstřikované taveniny nejspíše bude uzavírat vzduch. Na tuto analýzu nemá velký vliv vstřikovací tlak, spíše ji ovlivňuje kon-

strukční řešení formy. Během vstřikování je vzduch tlačěn před taveninou a postupně uzavírán. V daném případě se nejvíce vzduchových kapes vyskytuje v místech nad horní dělicí rovinou. Do těchto míst tavenina proudí jako poslední a tlačí před sebou všechny vzduch, co nestačil uniknout z celé dutiny formy. Také v těchto místech přechází tavenina z velkého prostoru do prostoru malých výstupků. Vzduchové kapsy lze eliminovat za pomoci přetokových drážek popsanych v teoretické části.



Obr. 58. Vzduchové kapsy

DISKUZE VÝSLEDKŮ

V diplomové práci byla navržena vstřikovací forma pro vstřikování pryžového dílu. Materiál byl zvolen přírodní kaučuk o tvrdosti 65 Sh. Vstřikovací forma je koncipována pro vstřikovací stroj Rep V27/Y125.

K samému závěru se diplomová práce zabývala analýzami vstřikovacího procesu a do jaké míry ovlivňuje vstřikovací tlak vulkanizaci. Analýzy probíhaly za stejných podmínek, na stejném dílu, ale za jiných vstřikovacích tlaků.

Při vstřikovacím tlaku 200 barů se dutina formy plní taveninou po dobu 14,035 sekundy. Tavenina dosahuje v okrajových místech teploty 163,4 °C. Vulkanizace probíhá po dobu 742,6 s (12, 376 minut) a dosahuje zesíťování 98,1%.

Za použití vstřikovacího tlaku 250 barů se dutina formy plní pod dobu 7,512 sekundy. Vstřikovaná tavenina dosahuje v okrajových místech až 167,1 °C. Vulkanizace probíhá po dobu 742,3 s (12, 371 minut) a dosahuje zesíťování 98,2%.

Z analýz vyplívá že za použití vyššího vstřikovacího tlaku o 50 barů se dosáhne zkrácení doby plnění formy téměř o polovinu. Tavenina v okrajových místech vykazuje teplotu necelé 4 °C vyšší. Hodnota zesíťování se vlivem vyšší teploty zvýší o 0,1%. Ovšem vyšší vstřikovací tlak o 50 barů se s ohledem na vulkanizaci zdá zanedbatelný. Celková vulkanizace se urychlí pouze o 0,3 sekundy.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh pneumatiky s jednotnou tuhostí pro rádiově řízený model auta. Návrh vstřikovací formy na tento díl a její kompletní výkresová dokumentace. Materiál výrobku byl zvolen přírodní kaučuk NR4230 dodávaný firmou Kurashiki Kako. Forma je navržena na vstřikovací stroj od francouzské firmy Rep, typ V27/Y125 Mono Digit.

Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byla popsána technologie vstřikování kaučukových směsí, vulkanizace a vstřikovací forma. V praktické části byl navržen 3D model pneumatiky a zkonstruován 3D návrh vstřikovací formy na tento díl. Modely byly realizovány v programu Solidworks 2012. Při návrhu formy bylo využíváno katalogu od firmy Meusburger.

Parametry formy byly zvoleny podle vertikálního vstřikovacího stroje Rep V27/Y125 na nějž je celá vstřikovací forma koncipována. Tento vstřikovací stroj se nachází v dílnách ústavu výrobního inženýrství. Při návrhu formy byl kladen důraz především na funkčnost, jednoduchost a nízké náklady spojené s její výrobou. Výrobek byl zaformován tak, aby bylo možné bez větších nákladů korigovat kritické rozměry. Odvzdušnění je u navrhované formy zajištěno dělicími rovinami. Temperace formy je realizována za pomoci dvou topných desek, které jsou součástí vstřikovacího stroje.

Pro vstřikovaný díl z přírodního kaučuku byly provedeny analýzy, které určily potřebné časy plnění a vulkanizace. Analýzy proběhly za rozdílných vstřikovacích tlaků. Výsledkem analýz bylo zjištění že vstřikovací tlak má největší vliv na dobu plnění dutiny formy, ale už jen zanedbatelný vliv na samotnou vulkanizaci. Pro případnou výrobu formy byla zhotovena kompletní výkresová dokumentace, která je součástí přílohy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1975. 374 s. ISBN 414-33580
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. a II. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s a 212 s.
- [3] DVOŘÁK, Z., JAVOŘÍK, J. *Konstrukce výrobků, konstrukční materiály elastomerní a formy pro jejich výrobu*. 1. vyd. Zlín, 2009. 145 s.
- [4] ŠKROBÁK, A. *Konstrukce vstřikovací formy pro vstřikování elastomerů*, 2010. 102 s., Diplomová práce.
- [5] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [6] TOMIS, F., RULÍK, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT, 1981. 216 s. ISBN 414-33206
- [7] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 1. vyd. Brno: VUT, 1979. 278 s. ISBN 55-635-79
- [8] MATUŠÍK, J. *Konstrukce vstřikovací formy*, 2013. 57s., *Bakalářská práce*
- [9] Drobný, J., Komárek, Z., Schindler, J. *Přehled technologie pryže*. 1. vyd. Praha 1. 1962. 272 s.
- [10] Růžička, K., Pospíšil, L. *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*. Zlín: VÚGPT. 1979. 202 s.
- [11] Franta, I. a kol., *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. Praha: SNTL, 1969. 537 s. ISBN 04-626-69
- [12] PAVLÍČEK, J., *Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu pryžového dílu*, 2013. 59s., *Bakalářská práce*
- [13] *Parametry vstřikovacího stroje REP V27/Y125*.
- [14] JOHNSON, Peter S. *Rubberprocessing: an introduction*. Cincinnati, OH: Hanser, 2001. ISBN 34-462-1578-6.
- [15] KUTA, Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999, 203 s. ISBN 80-7080-367-3.
- [16] OSSWALD, Tim A, Lih-Sheng TURNG a Paul J GRAMANN. *Injectionmolding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6.

- [17] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 1st ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2004, xvi, 286 s. ISBN 34-462-2672-9.
- [18] SOMMER, John G. *Elastomer molding technology: a comprehensive and unified approach to materials, methods, and mold design for elastomers*. Hudson, OH: Elastech, 2003, vi, 471 s. ISBN 09-723-0910-1.
- [19] BEAUMONT, John P, Robert F. NAGEL a Robert SHERMAN. *Successful injection molding: Process, Design, and Simulation*. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2002, xiii, 362 s. ISBN 1-56990-291-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Al	Hliník
CAD	Počítačové projektování
CAE	Počítačová podpora konstrukce
CAM	Počítačová podpora výroby
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvojměrný prostor
Cu	Měď
ČSN	Česká technická norma
D	Mezinárodní organizace pro normalizaci
D.R.	Průměr [mm]
E	Dělicí rovina
G	Tvrdost podle Shorea
ISO	Poissonova konstanta
Sh	Modul pružnosti [MPa]
v	Smykový modul [MPa]
L	Délka plastikačního šneku [mm]
R	Rádus [mm]
T	Teplota [K]
n	Jednotkový objem
PLM	Počítačové řízení průběhu výroby
RC	“RadioControl“ rádiově řízený
dsk	Množství přísad na 100 dílů kaučuku
STEP	UV záření
UV	Univerzální soubor k výměně informací mezi CAD systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr.1. Vznik síťové struktury</i>	21
<i>Obr.2. Vulkanizační křivka</i>	21
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus elastomeru[3]</i>	22
<i>Obr.4. Schéma vstřikovacího stroje [8]</i>	25
<i>Obr.5. Vstřikovací jednotky</i>	25
<i>Obr. 6. Pístová vstřikovací jednotka se šnekovou plastikací[9]</i>	26
<i>Obr. 7. Vstřikovací jednotka bez předplastikace[3]</i>	27
<i>Obr. 8. Příklad formy pro vstřikování kaučuku[12]</i>	31
<i>Obr. 9. Nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku [8]</i>	32
<i>Obr.10. Druhy vtokových kanálků[10]</i>	33
<i>Obr. 11. Ukázky vtokových systémů[8]</i>	34
<i>Obr. 12. Bodové vtokové ústí[10]</i>	35
<i>Obr. 13. Tunelové vtokové ústí[10]</i>	35
<i>Obr. 14. Membránové vtokové ústí[10]</i>	35
<i>Obr.15. Vějířovité vtokové ústí[10]</i>	36
<i>Obr. 16. Prstencovité vtokové ústí[10]</i>	36
<i>Obr. 17. Postup vyplňování dutiny taveninou[10]</i>	37
<i>Obr. 18. Vyplňování dutiny s různým průřezem[10]</i>	37
<i>Obr. 19. Konstrukční řešení zaskřípavací drážky[10]</i>	38
<i>Obr. 20. Příklad středění formy[10]</i>	40
<i>Obr. 21. Vyhazovací kolíky [2]</i>	41
<i>Obr. 22. Trubkový vyhazovač [2]</i>	42
<i>Obr. 23. Pneumatické vyhazování výstřiku[10]</i>	42
<i>Obr. 24. Návrh tloušťky stěny[10]:</i>	45
<i>Obr. 25. Konstrukce zaoblení[10]</i>	45
<i>Obr. 26. Pneumatika na RC model</i>	52
<i>Obr. 27. Základní rozměry pneumatiky</i>	52
<i>Obr. 28 Vstřikovací stroj Rep V27/Y125</i>	54
<i>Obr. 29. Vstřikovací forma</i>	56
<i>Obr. 30. Vodící komponenty</i>	57
<i>Obr. 31. Hlavní a vedlejší dělicí roviny</i>	58
<i>Obr. 32. Vtokový systém</i>	58

<i>Obr. 34. Tvarový segment</i>	59
<i>Obr. 33. Tvárník a tvárnice</i>	59
<i>Obr. 35. Jádro tvárníku</i>	60
<i>Obr. 36. Otevřená dutina formy</i>	60
<i>Obr. 38. Tvarová kostka v otevřeném stavu</i>	61
<i>Obr. 37. Dutina formy během vstřikování</i>	61
<i>Obr. 39. Tvarová kostka v uzavřeném stavu</i>	62
<i>Obr. 40. Temperace formy</i>	63
<i>Obr. 41. Upevnění teplotního čidla</i>	63
<i>Obr. 42. Metoda konečných prvků</i>	65
<i>Obr. 43. Model s nekonečným objemem a model se sítí konečných prvků</i>	65
<i>Obr.44. Čas plnění dutiny formy při tlaku 200 barů</i>	66
<i>Obr. 45. Čas plnění dutiny formy při tlaku 250 barů</i>	67
<i>Obr. 46. Tlaková analýza - 200 barů</i>	68
<i>Obr. 47. Tlaková analýza - 250 barů</i>	68
<i>Obr. 48. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 15s - 200 barů</i>	69
<i>Obr. 49 Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 15s - 250 barů</i>	70
<i>Obr. 50. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 742,6 s- 200 barů</i>	71
<i>Obr. 51. Teplotní pole ve střední vrstvě v čase 742,3 s- 250 barů</i>	71
<i>Obr. 52 Průběh vulkanizace ve střední vrstvě v čase 15 s</i>	72
<i>Obr. 53. Grafické znázornění průběhu vulkanizace při působení tlaku 200 barů</i>	73
<i>Obr. 54. Grafické znázornění průběhu vulkanizace při působení tlaku 250 barů</i>	73
<i>Obr. 55. Průběh vulkanizace v čase 742.6 s -200 barů</i>	74
<i>Obr. 56. Průběh vulkanizace v čase 742.3 s -250 barů</i>	74
<i>Obr. 57. Studené spoje</i>	75
<i>Obr. 58. Vzduchové kapsy</i>	76

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Příklad složení kaučukové směsi ke vstřikování</i>	19
<i>Tab. 2. Parametry uzavírací jednotky [13]</i>	54
<i>Tab. 3. Parametry vstřikovací jednotky [13]</i>	55
<i>Tab. 4. Všeobecné parametry stroje [13]</i>	55
<i>Tab. 5. Parametry vstřikovací formy[13]</i>	55
<i>Tab. 6. Procesní podmínky vstřikování</i>	64

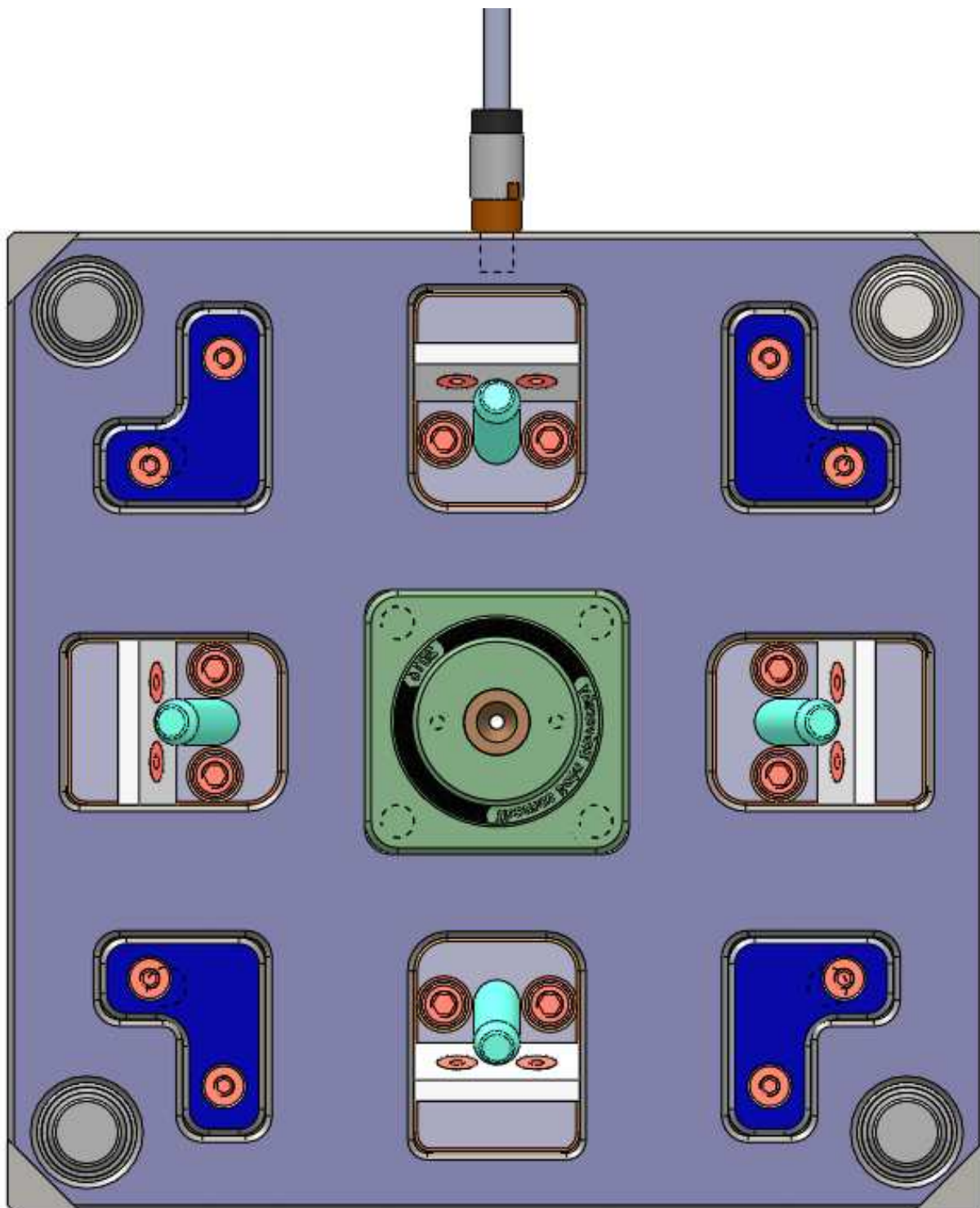
SEZNAM PŘÍLOH

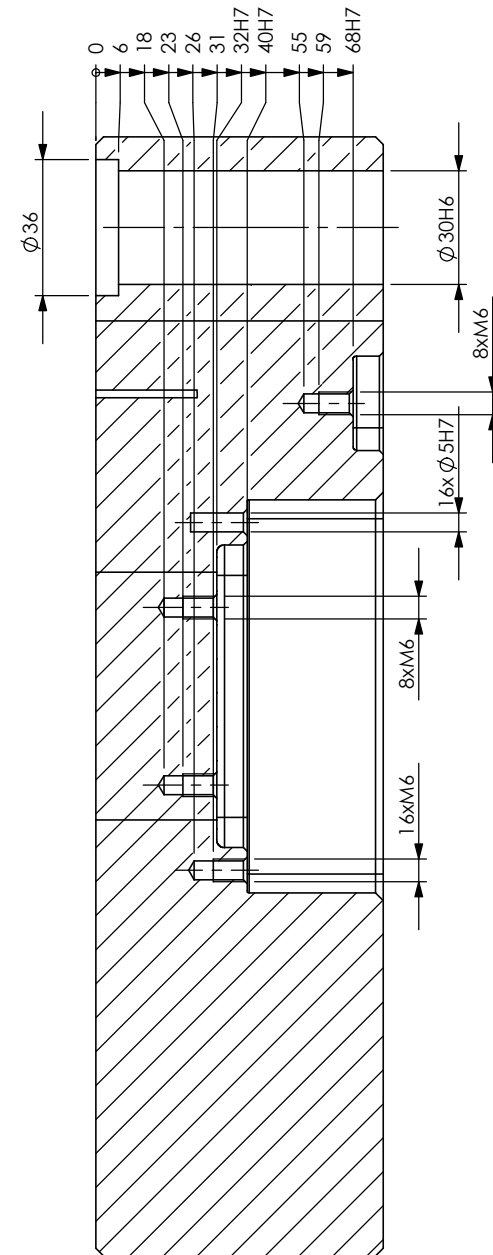
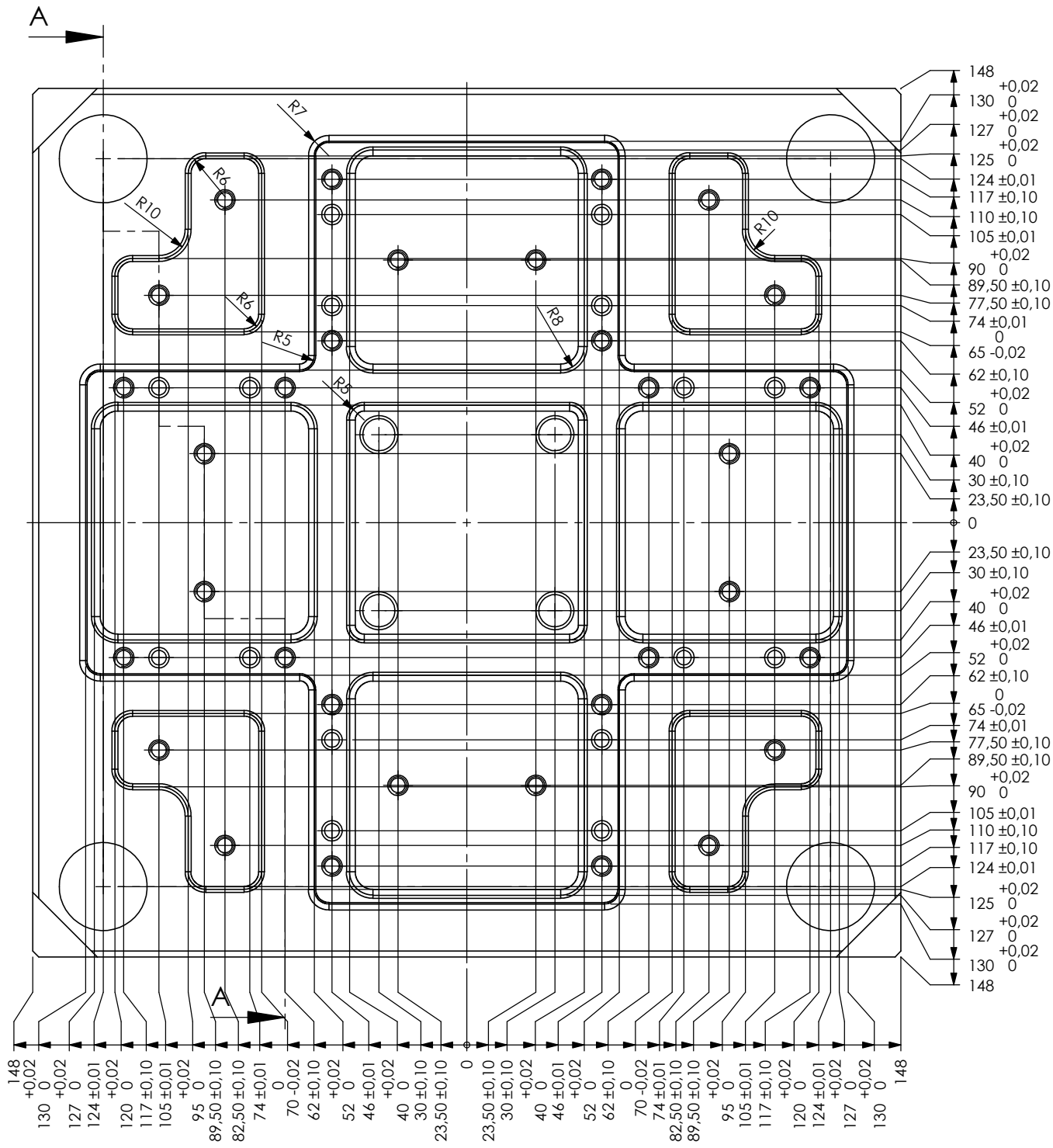
- P I. Vstřikovaná pneumatika
- P II. Levá a pravá část formy
- P III. Výrobní výkresy s kusovníkem
- P IV. CD disk obsahující : - Výkresovou dokumentaci
- Sestavu formy a její jednotlivé části ve 3D
- Diplomovou práci v elektronické podobě

PŘÍLOHA PI: VSTŘIKOVANÁ PNEUMATIKA



PŘÍLOHA P II: FORMA - LEVÁ A PRAVÁ ČÁST

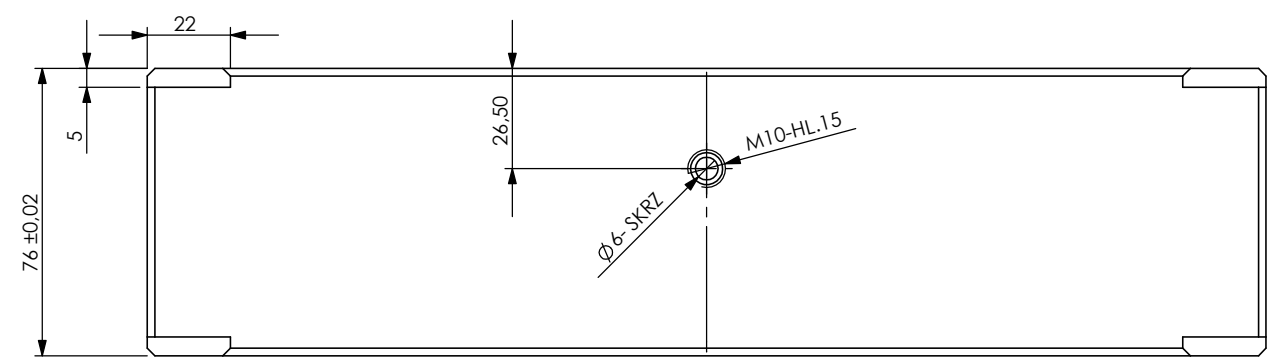
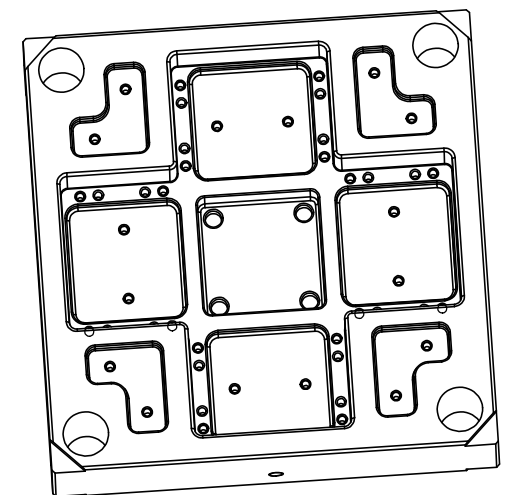
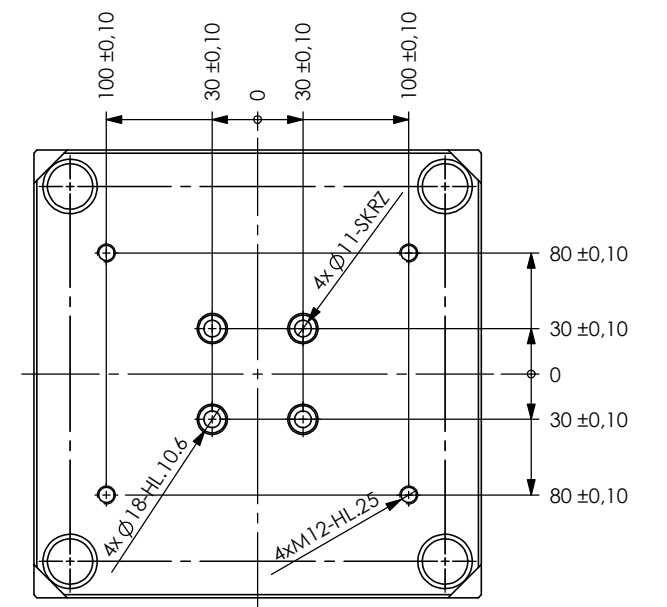




ŘEZ A-A
MĚŘITKO 1 : 2

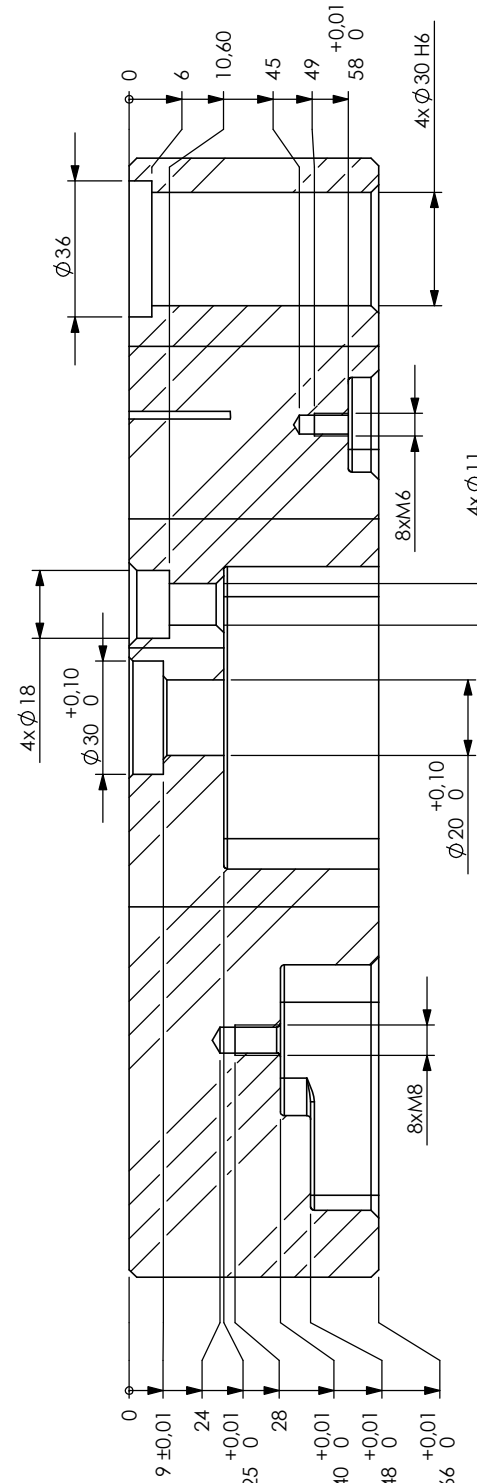
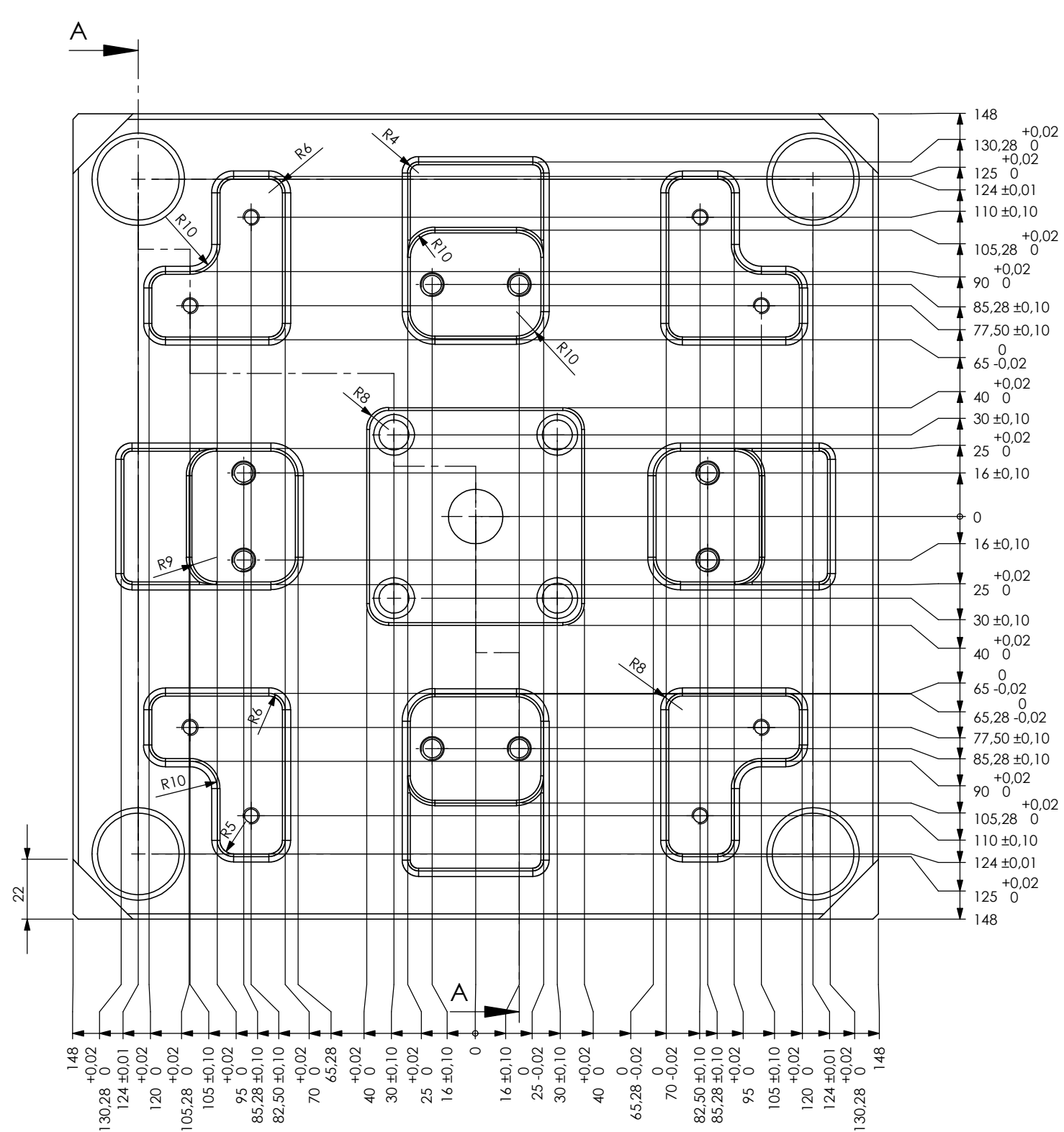
∇ Ra 0,8 ∇ Ra 3,2

1 : 5

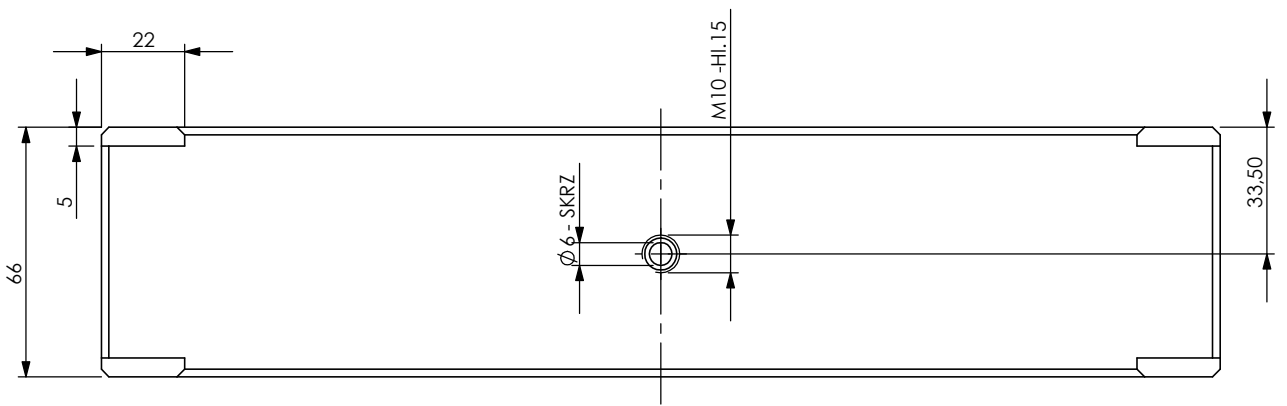
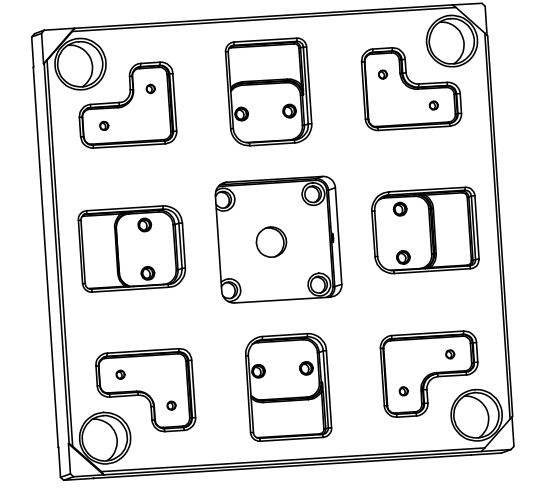
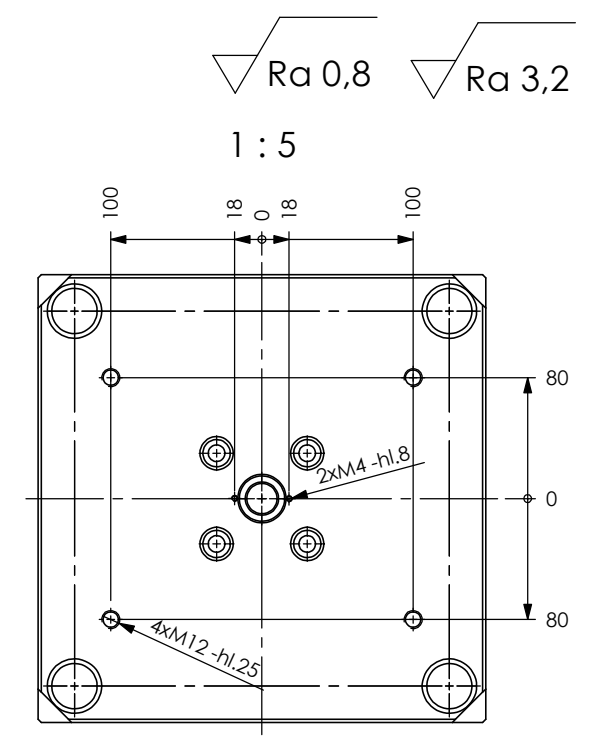


OBVODOVÉ HRANY A HRANY OTVORŮ SRAZIT 1x45°

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY : 296x296x76	POČET KUSŮ : 1	POZICE : 001
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	NÁZEV: Deska tvárníku
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
		MATERIÁL: 1.2312	Č. VÝKRESU DP-VF-001	A3
		HMOTNOST (kg): 34.783	MĚŘITKO: 1 : 2	LIST 1 Z 1 LISTŮ



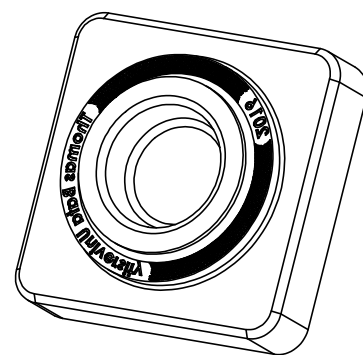
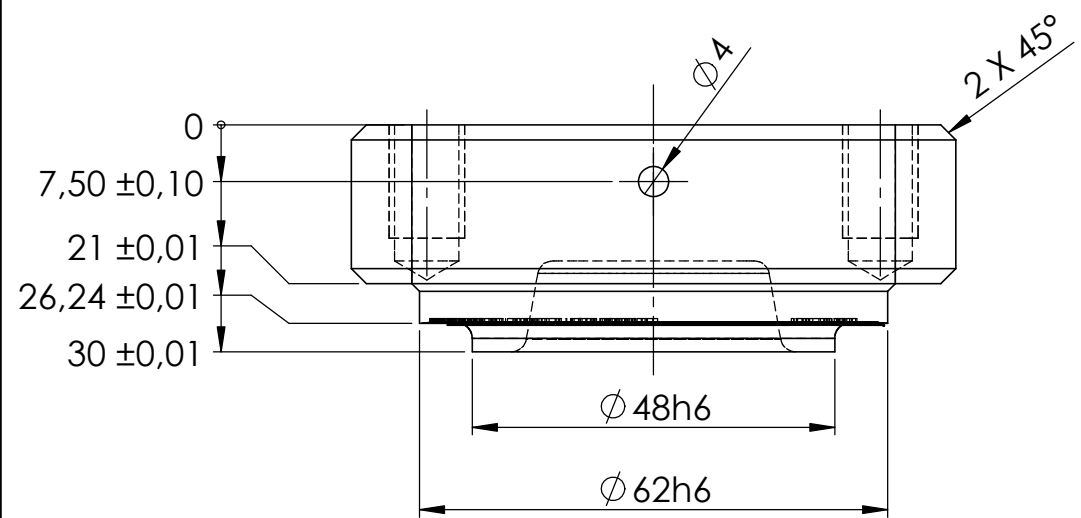
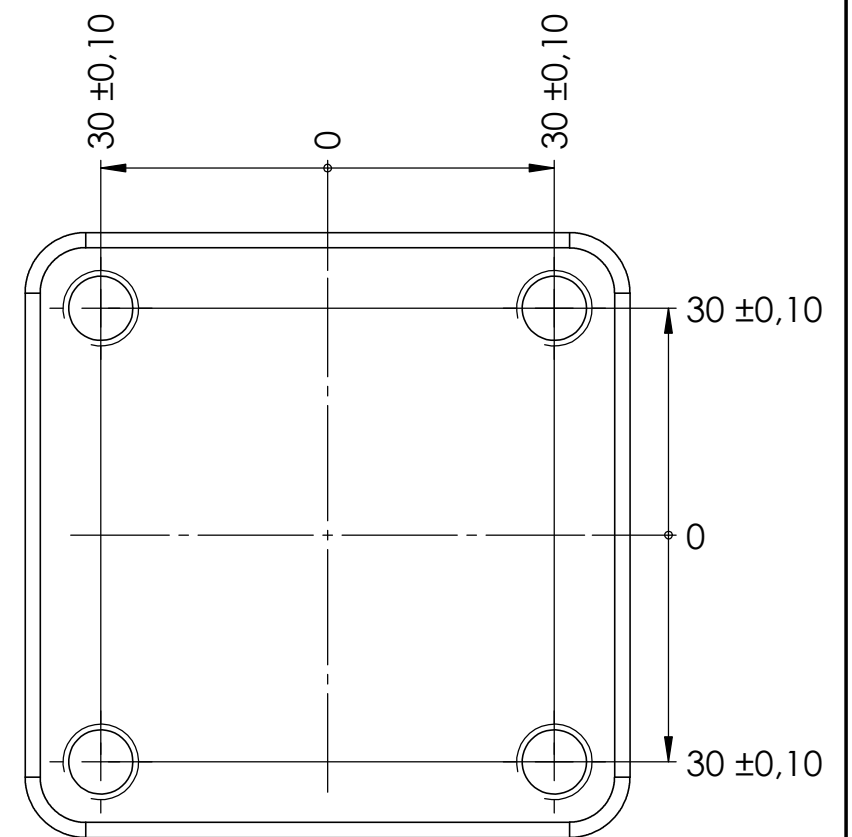
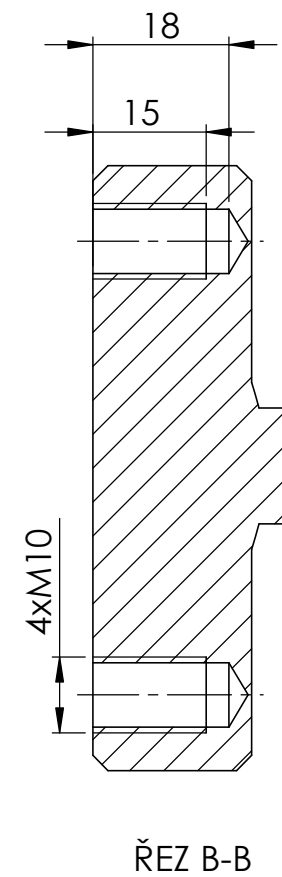
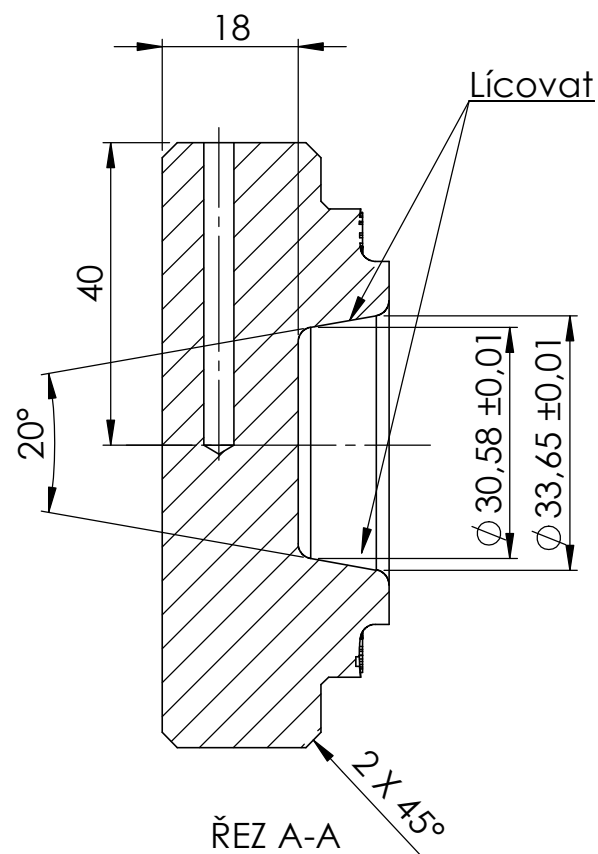
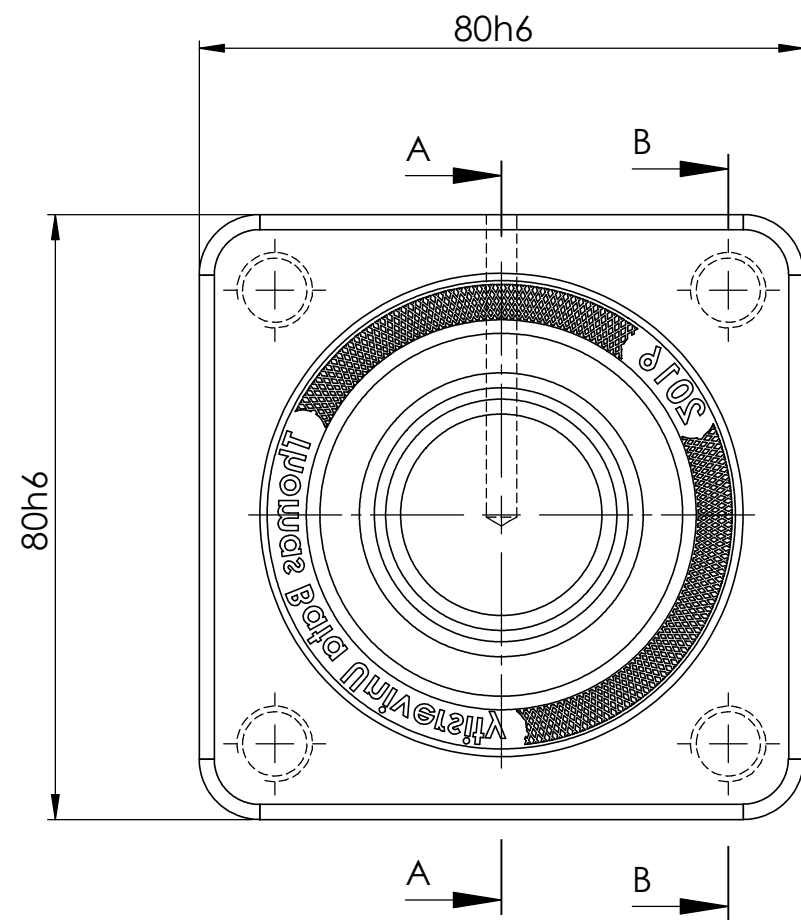
ŘEZ A-A
MĚŘITKO 1 : 2



OBVODOVÉ HRANY A HRANY OTVORŮ SRAZIT 1x45°

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY : 296x296x66	POČET KUSŮ : 1	POZICE : 002
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	NÁZEV: Deska tvárnice
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
		MATERIÁL: 1.1730	Č. VÝKRESU DP-VF-002	A3
		HMOTNOST (kg): 38.004	MĚŘITKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ

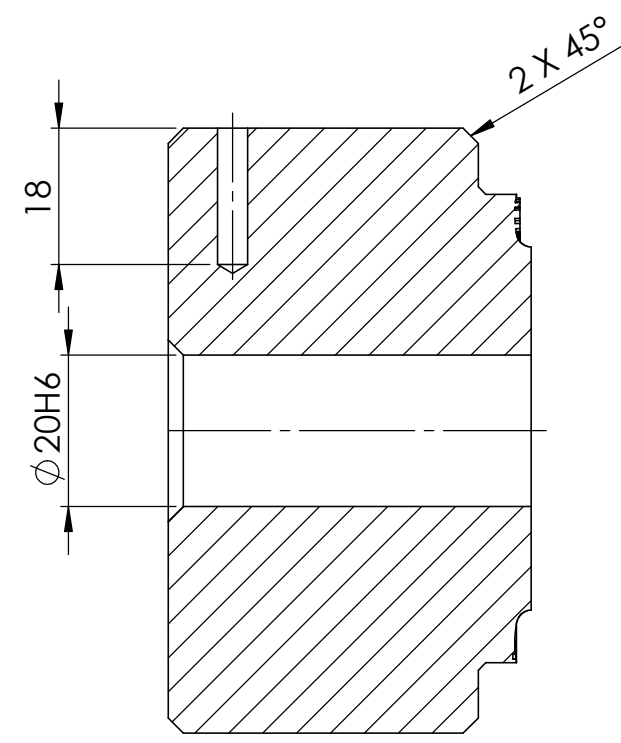
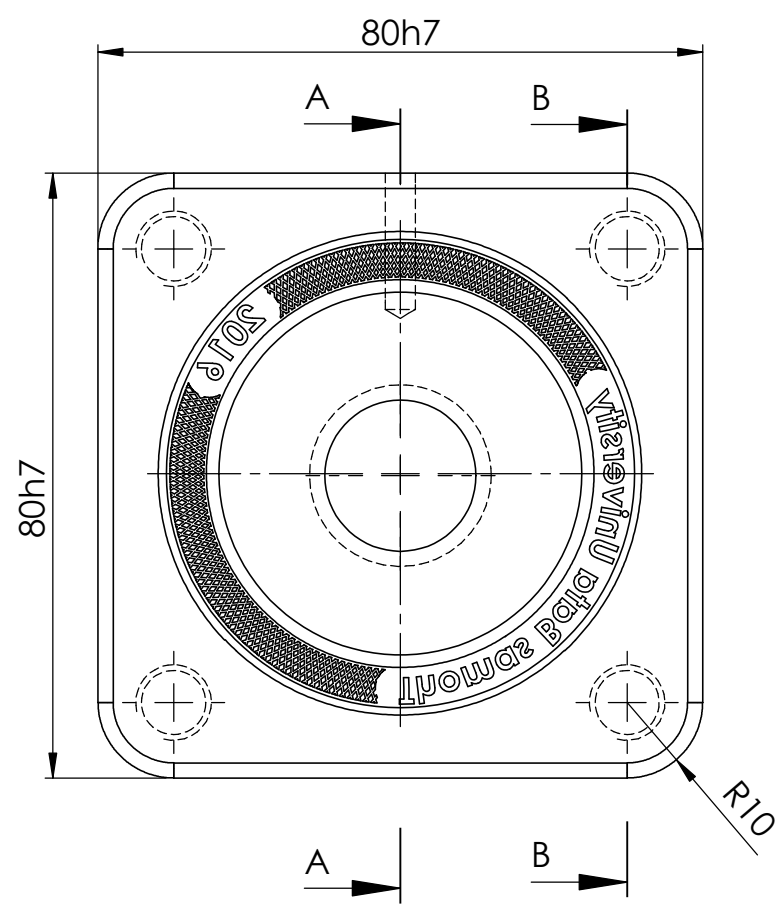
▽ Ra 0,8 ▽ Ra 3,2



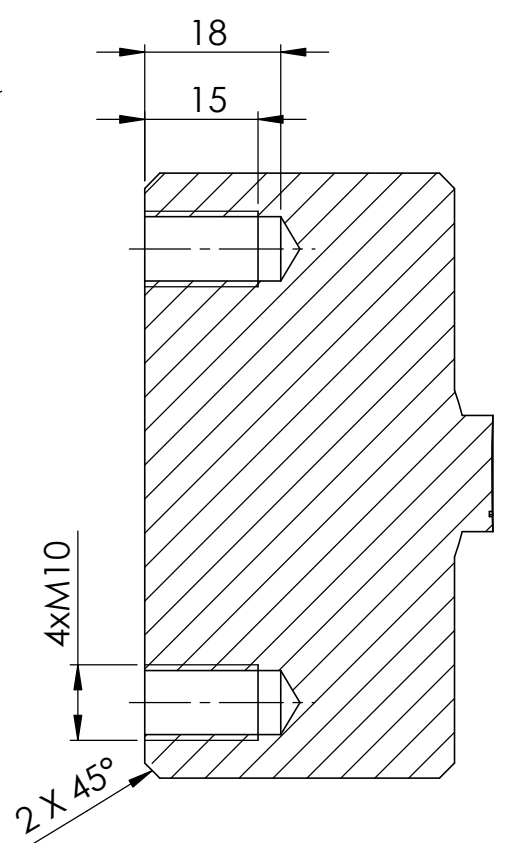
LÍCOVAT S DÍLEM - DP-VF-005

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY : 80x80x30	POČET KUSŮ : 1	POZICE : 003
		KALENO HRC 54+2		
		NÁZEV: Tvárník		
		MATERIÁL: 1.2343	Č. VÝKRESU DP-VF-003	A3
		HMOTNOST (kg): 1.096	MĚŘÍTKO:1:1	LIST 1 Z 1 LISTŮ

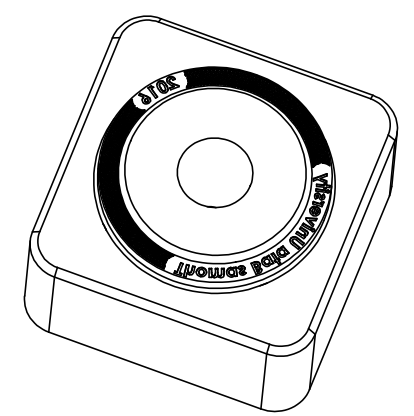
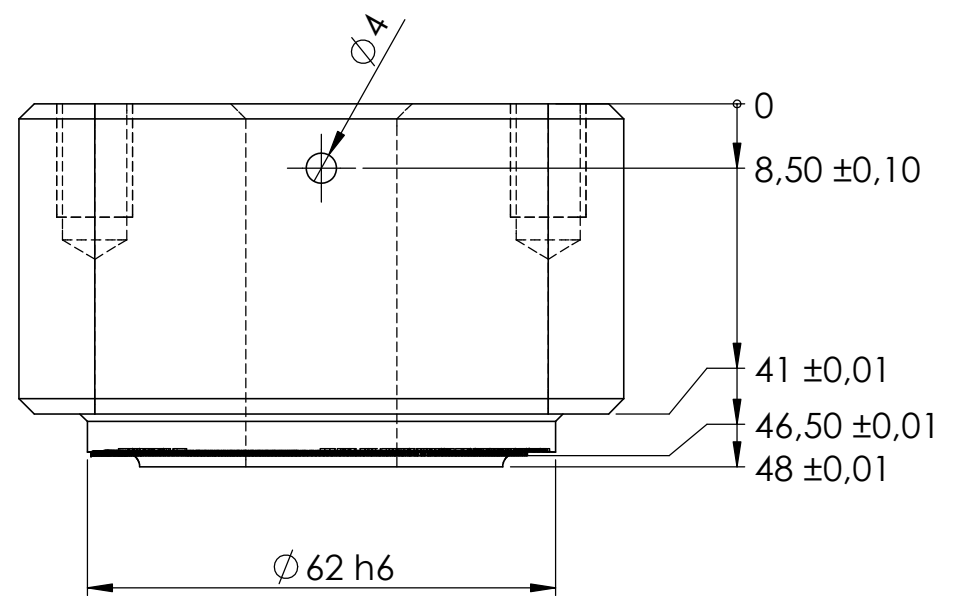
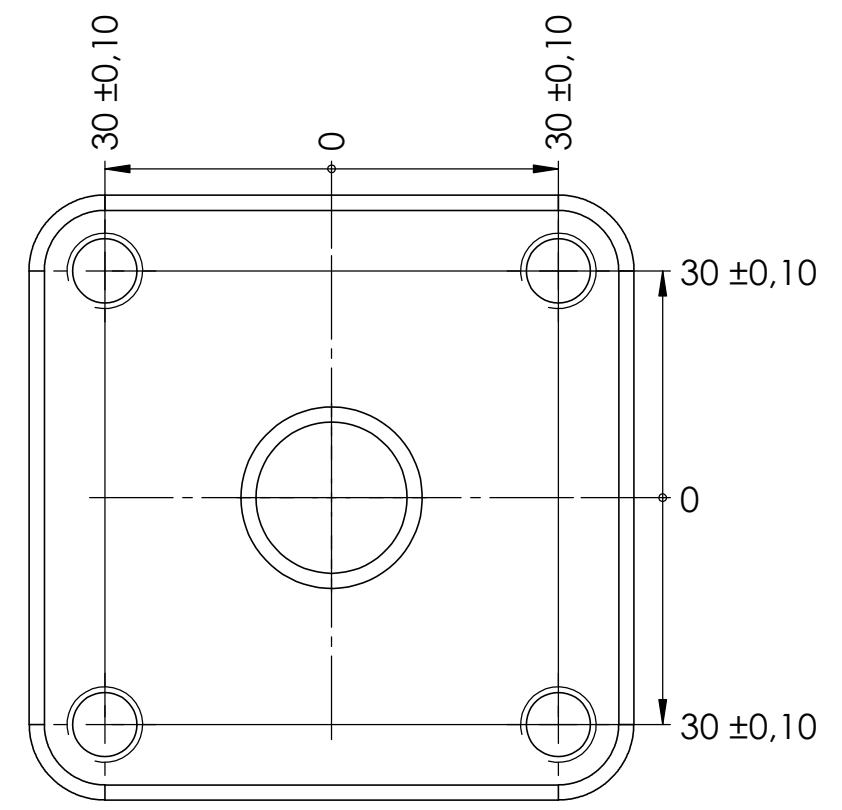
▽ Ra 0,8 ▽ Ra 3,2



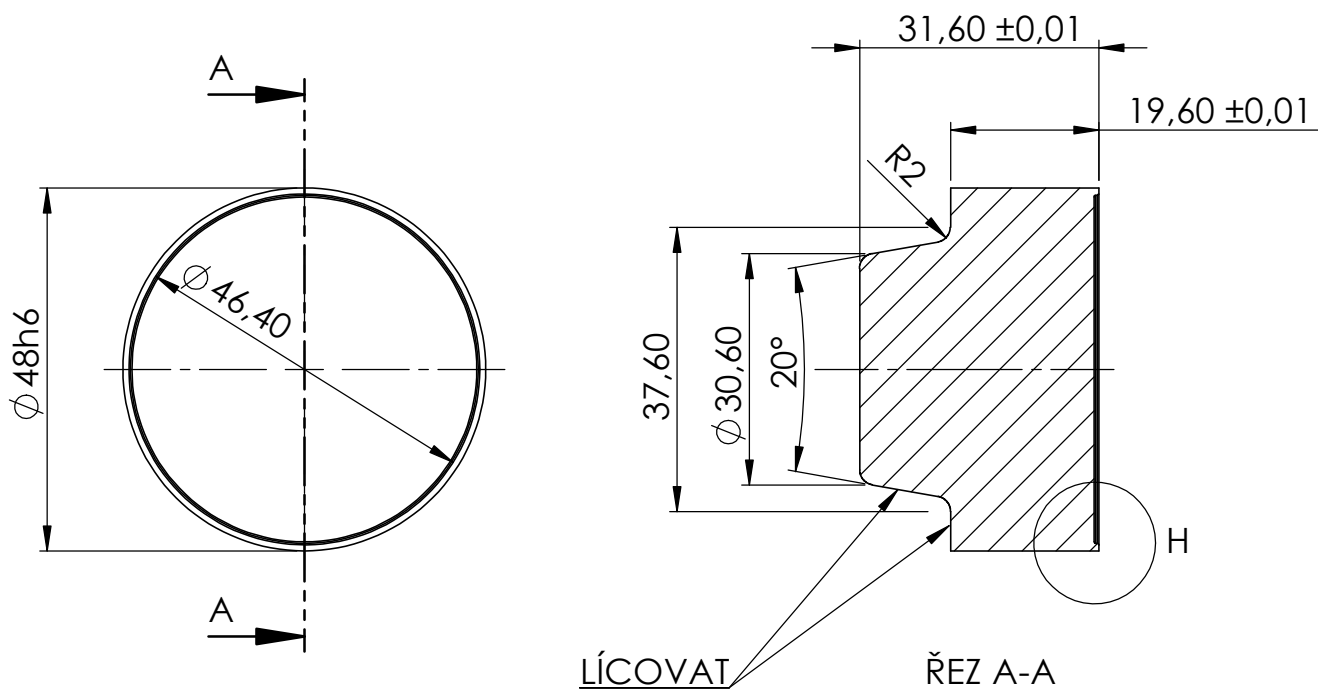
ŘEZ A-A



ŘEZ B-B

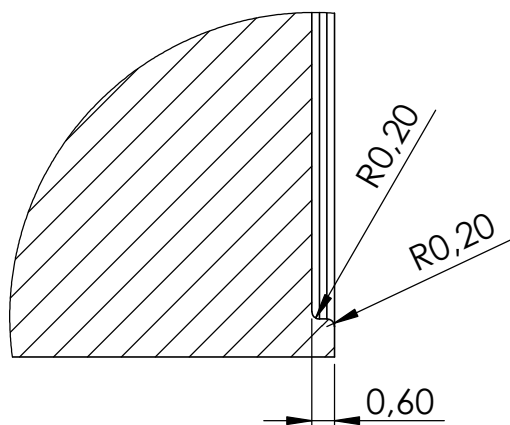


UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY : 80x80x48	POČET KUSŮ : 1	POZICE : 004
NAVRHL Bc. Jiří Matušík 7.5.2016		DATUM 7.5.2016		NÁZEV: Tvárnice
NAKRESLIL Bc. Jiří Matušík 7.5.2016				
SCHVÁLIL				
VÝROBA		MATERIÁL: 1.2343	Č. VÝKRESU DP-VF-004	A3
		HMOTNOST (kg): 2.004	MĚŘÍTKO: 1:1	LIST 1 Z 1 LISTŮ

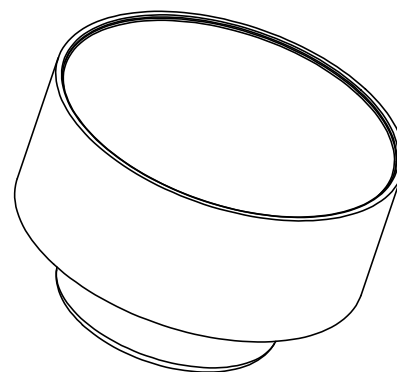


LÍCOVAT

ŘEZ A-A



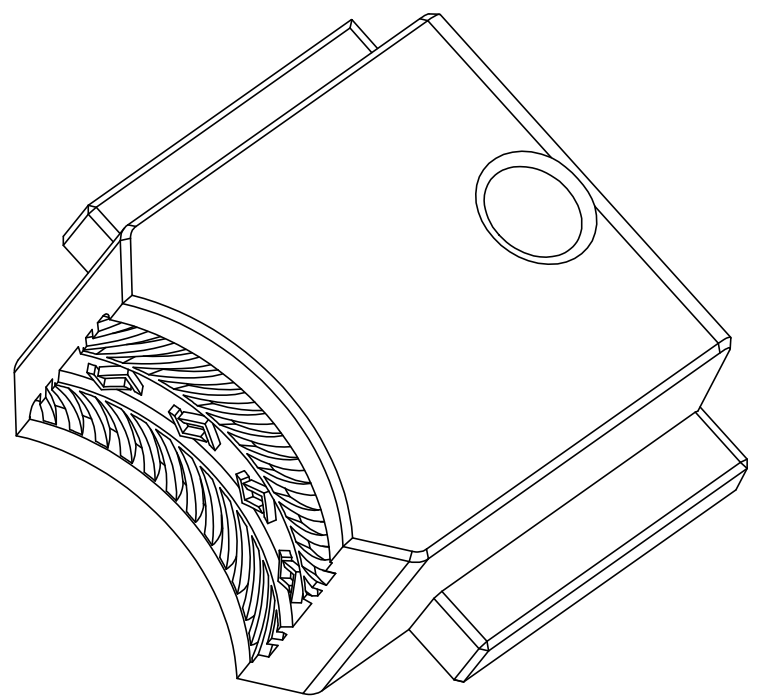
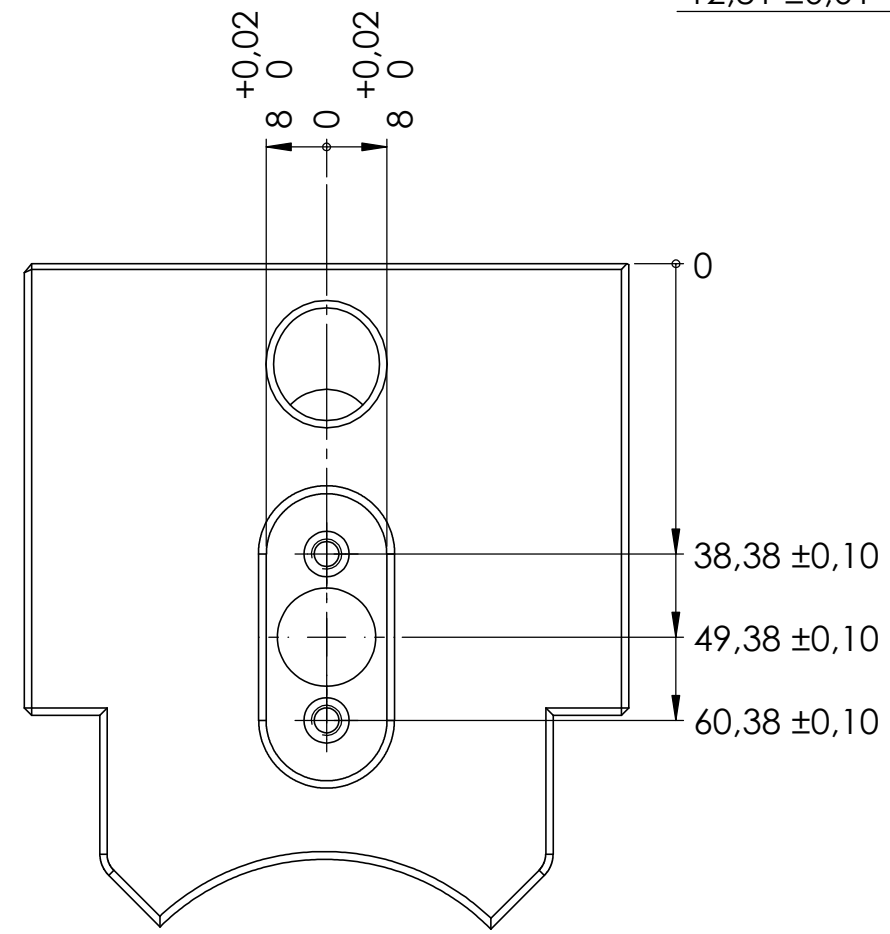
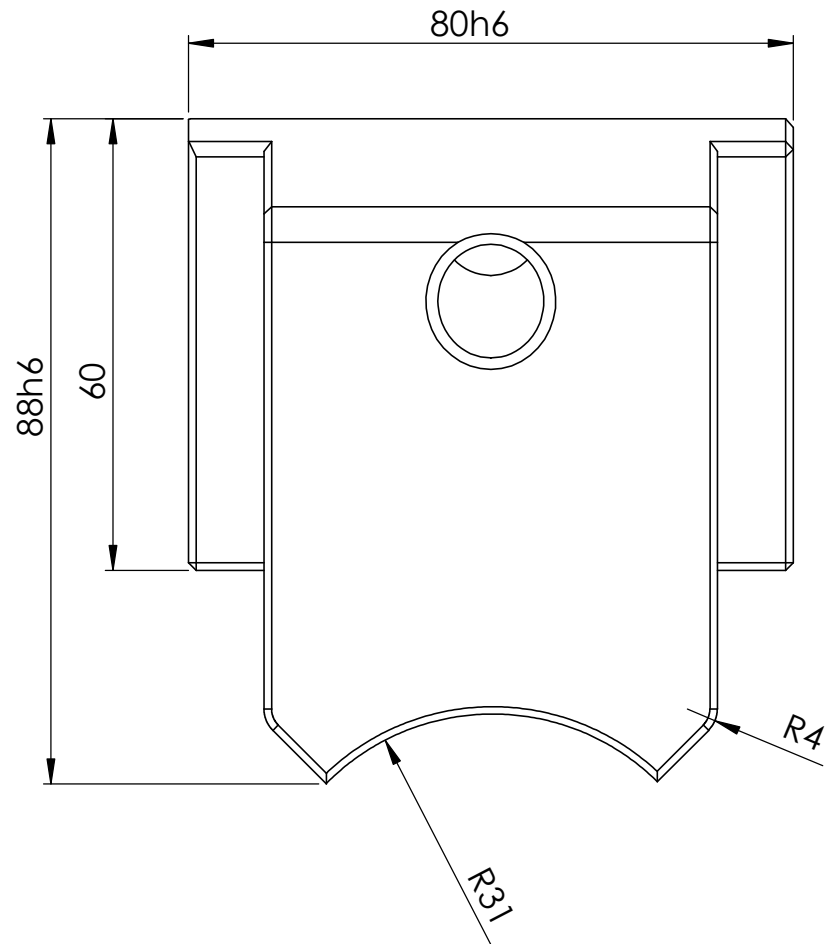
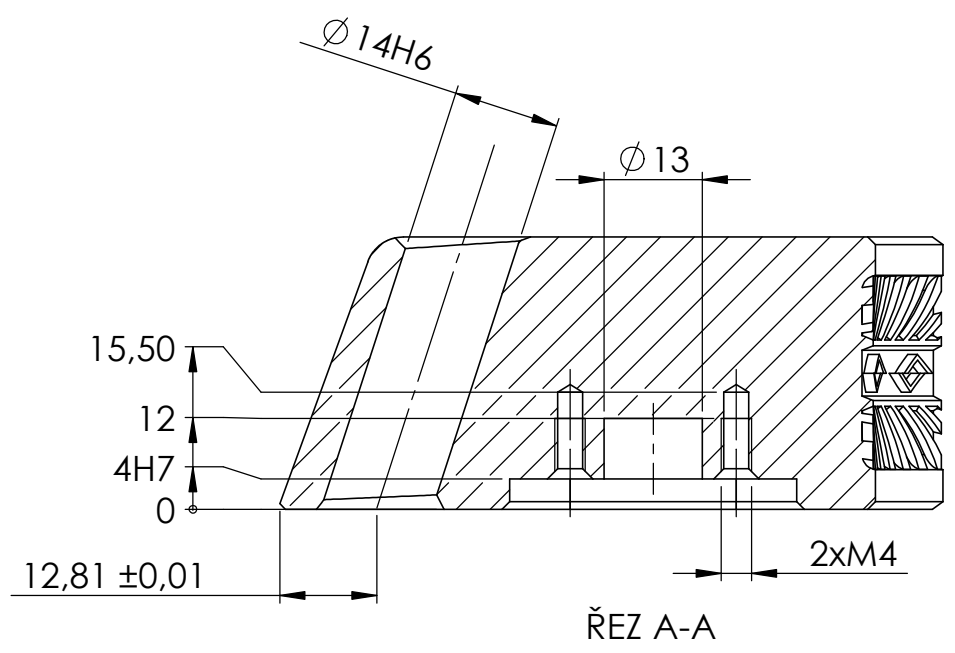
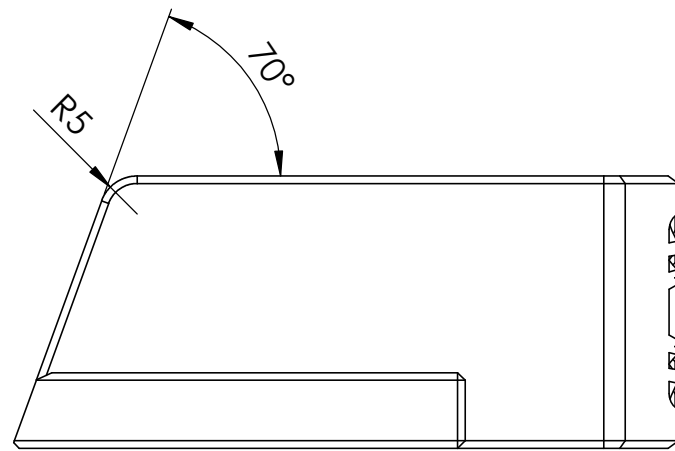
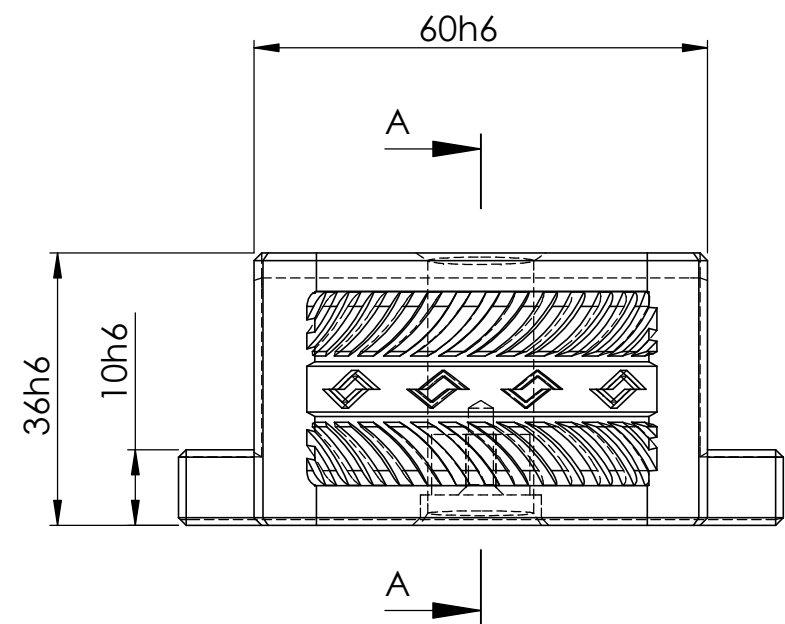
DETAIL H
MĚŘITKO 5 : 1



LÍCOVAT S DÍLEM DP-VF-003

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:	POČET KUSŮ	POZICE
		D48x31,6	1	005
				Kaleno na 54+2 HRC
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	NÁZEV:	
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	7.5.2016	Jádro	
SCHVÁLIL		7.5.2016		
VÝROBA			Č. VÝKRESU	A4
		MATERIÁL:	DP_VF_005	
		1.2343		
		HMOTNOST (kg):	MĚŘITKO:1:1	
		0.344	0.117	LIST 1 Z 1 LISTŮ

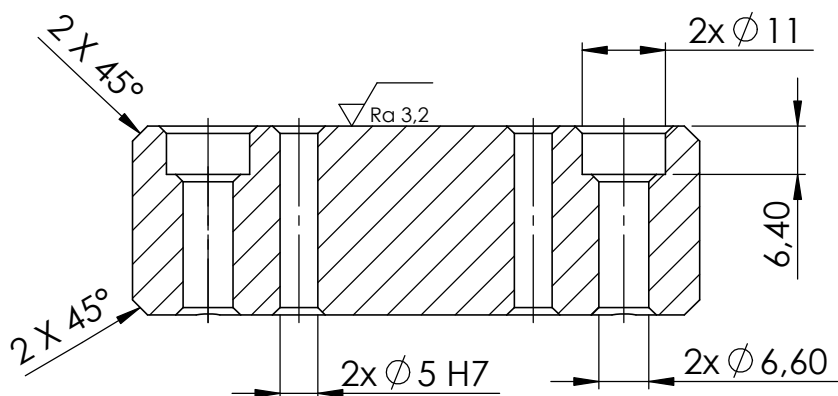
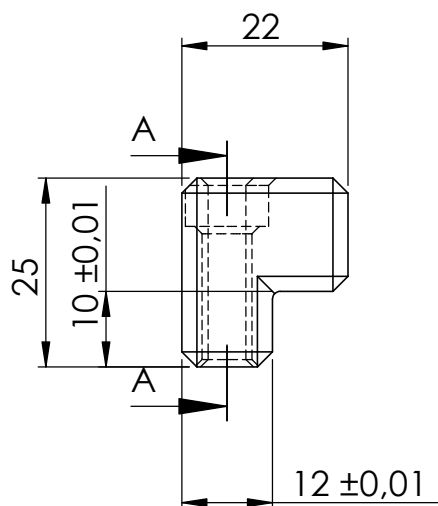
Ra 0,8



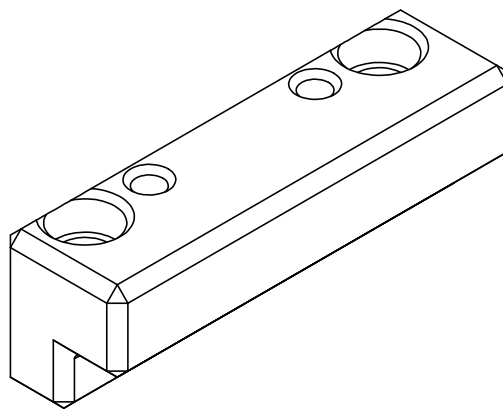
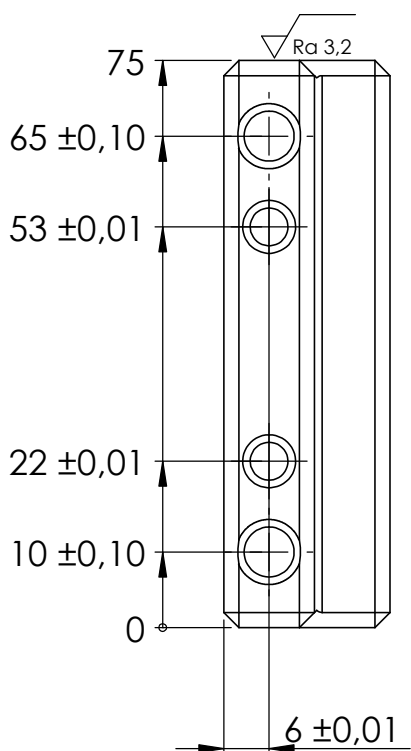
ZKOSIT OBVODOVÉ HRANY 1x45°

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY : 88x60x36	POČET KUSŮ : 4	POZICE : 006
		KALENO HRC 54 + 2		
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	NÁZEV: Tvarový segment
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
		MATERIÁL: 1.2343	Č. VÝKRESU DP-VF-006	A3
		HMOTNOST (kg):	MĚŘÍTKO: 1:1	1.279 LIST 1 Z 1 LISTŮ

$\sqrt{Ra\ 0,8}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$)



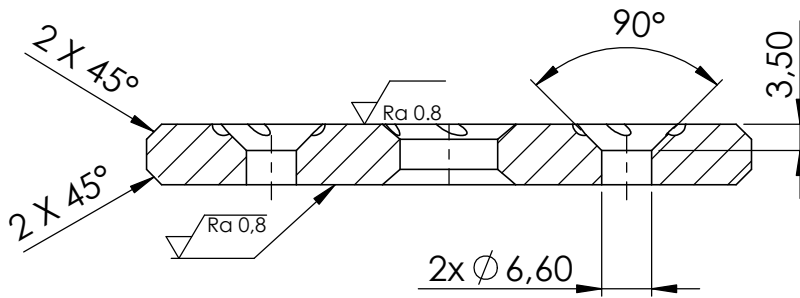
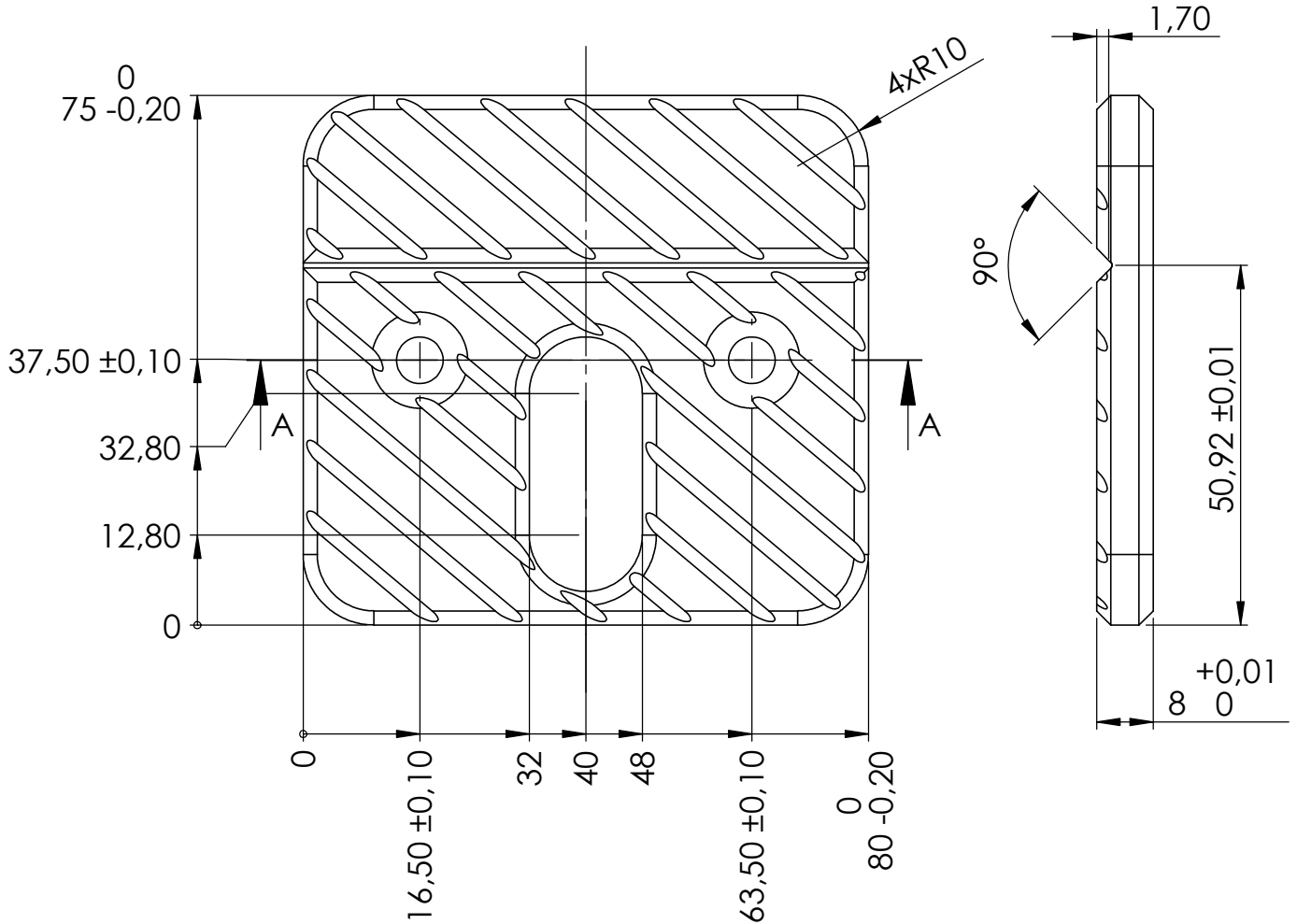
ŘEZ A-A



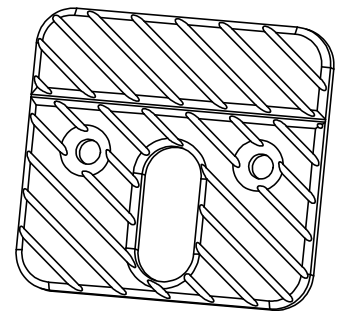
HRANY OTVORŮ SRAZIT 1x45°

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:	POČET KUSŮ	POZICE
		75x22x25	8	007
				NITRIDOVAT
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	NÁZEV: <h1>Vodící lišta</h1>
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	7.5.2016	
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
		MATERIÁL:	1.8550	Č. VÝKRESU
				DP_VF_007
		HMOTNOST (kg):	0.227	MĚŘÍTKO:1:1
				0.117
				LIST 1 Z 1 LISTŮ
				A4

Ra 3.2 (Ra 08)

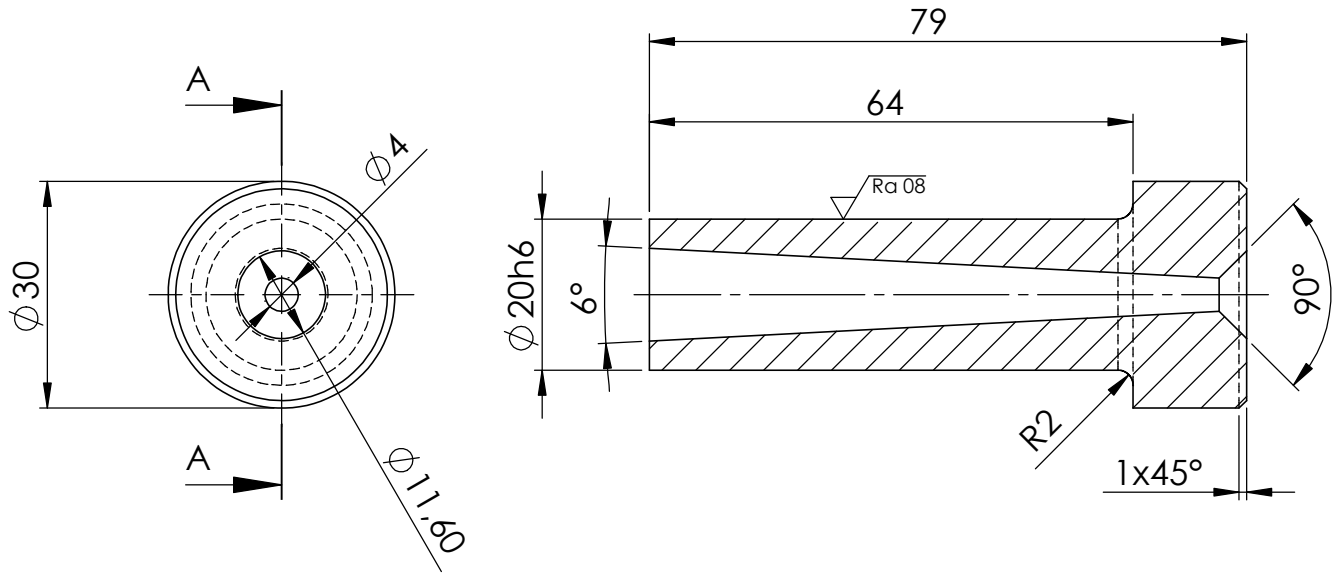


ŘEZ A-A

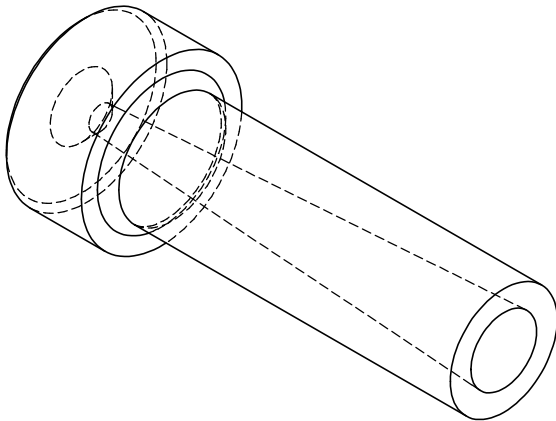


UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:		POČET KUSŮ		POZICE	
		80x75x8		4		008	
		DATUM		NÁZEV:			
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	7.5.2016		KALENO 60 HRC Kluzná deska			
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	7.5.2016					
SCHVÁLIL							
VÝROBA							
		MATERIÁL:		Č. VÝKRESU		A4	
		1.2162		DP_VF_008			
		HMOTNOST (kg):		MĚŘÍTKO:1:1		LIST 1 Z 1 LISTŮ	
		0.307		0.117			

$\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 08}$)

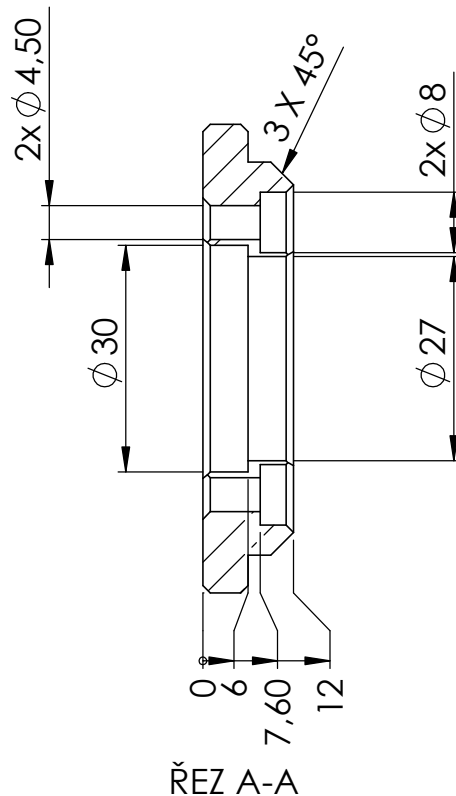
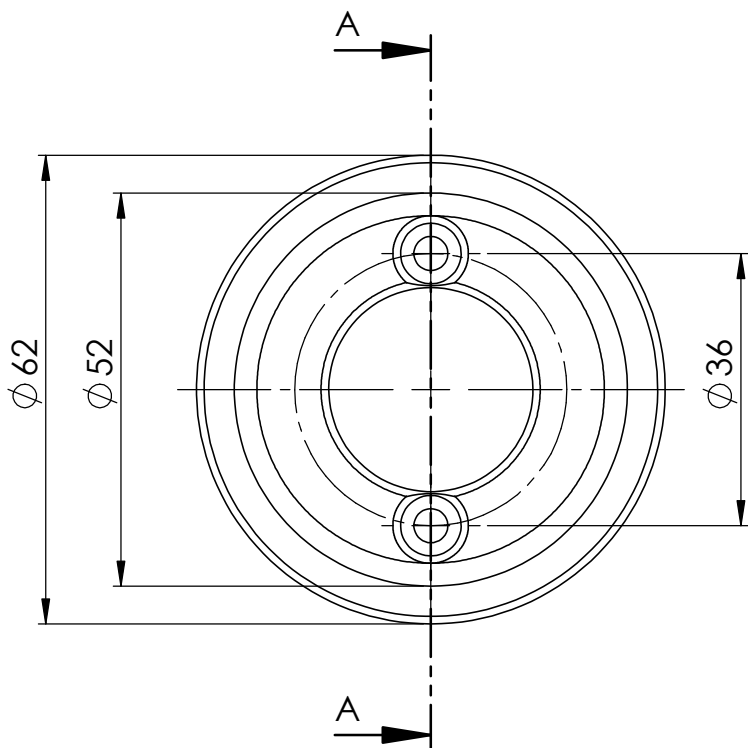


ŘEZ A-A

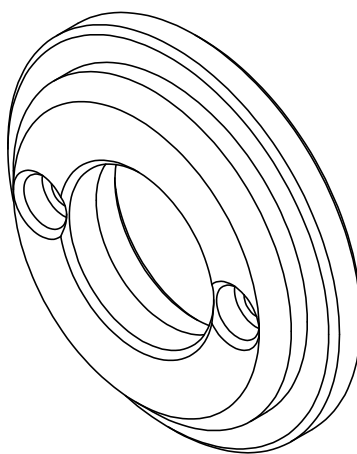


UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:		POČET KUSŮ		POZICE	
		D30 x 79		1		009	
						KALENO 56 + 2 HRC	
NAVRHL		Bc. Jiří Matušík		DATUM		NÁZEV:	
NAKRESLIL		Bc. Jiří Matušík		7.5.2016		<h1>Vtoková vložka</h1>	
SCHVÁLIL							
VÝROBA						Č. VÝKRESU	
		MATERIÁL:		1.2826		DP_VF_009	
		HMOTNOST (kg):		0.198		MĚŘÍTKO:1:1	
						LIST 1 Z 1 LISTŮ	
						A4	

Ra 3,2



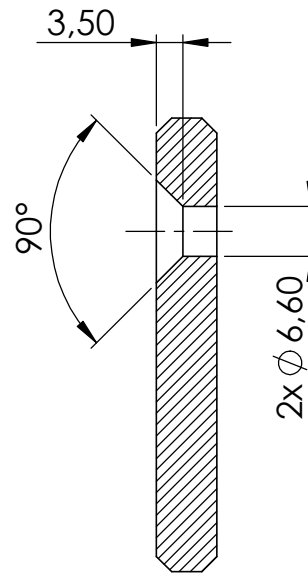
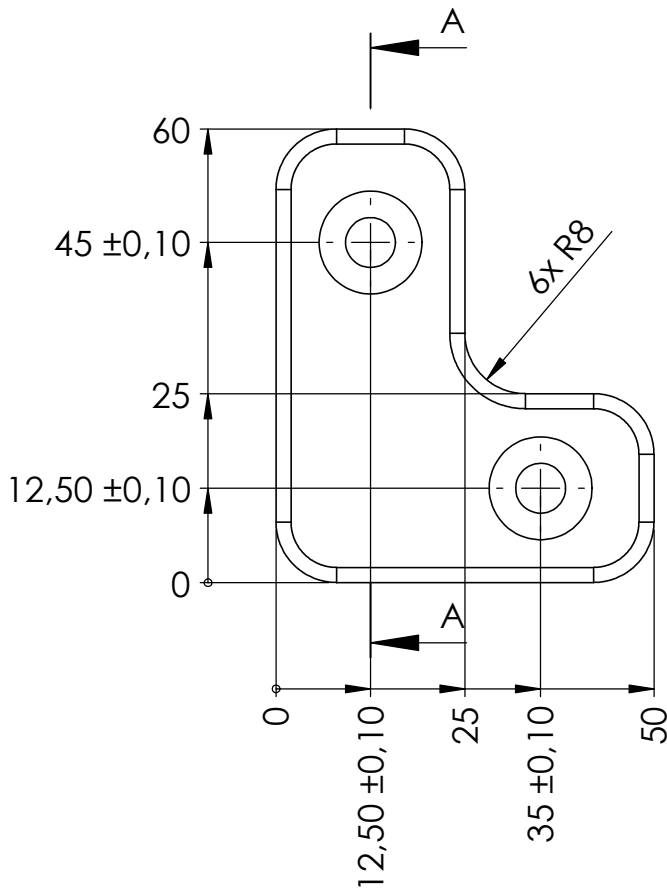
ŘEZ A-A



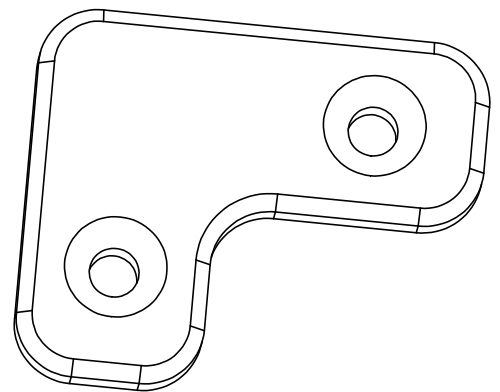
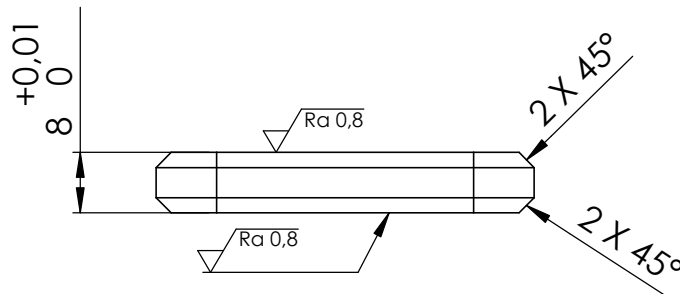
OBVODOVÉ HRANY ZKOSIT 1x45°
HRANY OTVORŮ PRO ŠROUBY ZKOSIT 1x45°

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:	POČET KUSŮ	POZICE
		D62 x 20	1	010
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	NÁZEV: <h1 style="text-align: center;">Středící kroužek</h1>	
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	7.5.2016		
SCHVÁLIL				
VÝROBA				
		MATERIÁL:	Č. VÝKRESU	A4
		1.1730	DP_VF_010	
		HMOTNOST (kg):	MĚŘÍTKO:1:1	LIST 1 Z 1 LISTŮ
		0.167		

$\sqrt{\text{Ra } 3.2}$ ($\sqrt{\text{Ra } 0.8}$)



ŘEZ A-A



UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství		ROZMĚRY:	POČET KUSŮ	POZICE	011
		60x50x8	4+4	KALENO 60 HRC	
NAVRHL	Bc. Jiří Matušík	DATUM	NÁZEV:		
NAKRESLIL	Bc. Jiří Matušík	7.5.2016	Dosedací podložka		
SCHVÁLIL		7.5.2016			
VÝROBA			Č. VÝKRESU	DP_VF_011	A4
		MATERIÁL:	MĚŘÍTKO:1:1		
		1.2162	0.117		
		HMOTNOST (kg):	0.198	LIST 1 Z 1 LISTŮ	