

Konstrukční řešení míchací komory

Martin Křůmal

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin KRŮMAL**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukční řešení míchací komory**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma

- principy míchání směsí

- míchání v hnětičích

- konstrukční řešení hnětičů

- konstrukční řešení míchacích komor

- konstrukční řešení laboratorních hnětičů

2. Stanovte a zdůvodněte řešení komory laboratorního hnětiče

3. Zpracujte konstrukční řešení laboratorního hnětiče

4. Zpracujte 3D model

5. Závěr

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] OTT, Rostislav. **Stroje a zařízení v gumárenské a plastikářské technologii I** [Skripta]. SNTL Praha 1975. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická se sídlem v Gottwaldově.

[2] ŠPAČEK, Josef. **Speciální gumárenská technologie** [Skripta]. Vysoké učení technické,

[3] FRANTA, Ivan. **Gumárenské suroviny I. : Gumárenské suroviny**. Praha : Státní pedagogické nakladatelství technické literatury, 1979.

[4] FRANTA, Ivan. **Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže**. 2. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1969. 606 s.

Fakulta technologická, Gottwaldov.

[5] DVOŘÁK, Zdeněk, SVOBODA, Ivan. **Vývoj spotřeby energií na přípravě gumárenských směsí : Nové směry v gumárenství**. Sborník přednášek. Zlín : Univerzita Tomáše Bati , 2003. s. 37. ISBN 80-7318-149-5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2007

Ve Zlíně dne 17. ledna 2007


prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Téma bakalářské práce bylo vypracovat konstrukční řešení míchací komory laboratorního hnětiče - strojní zařízení pro výzkum energetické náročnosti přípravy elastomerních směsí. Cílem bylo nahradit starou hnětací komoru komorou novou s možností uzavírání pomocí pneumaticky ovládaného klátu. Při inovaci hnětiče bylo třeba vypracovat vhodný návrh nového řešení, dimenzovat jej a vypracovat kompletní výkresovou dokumentaci součástí.

Klíčová slova: elastomerní směsi, hnětič, kaučuk, komora hnětiče

ABSTRACT

Subject of my bachelor work was to work up constructional solution masticating chest of laboratory kneader – machine for research of power heftiness of preparation elastomer mixture. The target was to replace old masticating chest by new masticating chest with possibility of closing with the help of pneumatic operated block. At innovation there was need to work up acceptable project for new solution, dimension it and work up complete production documentation components.

Keywords: elastomer mixture, kneader, rubber, masticating chest

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Zdeňku Dvořákovi CSc., vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení práce, poskytnuté zkušenosti, rady a čas, který mi věnoval při vypracování diplomové práce.

Tímto prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 20.05.2007

.....
podpis

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CÍLE STUDIJNÍ ČÁSTI	10
2 ELASTOMER	11
2.1 VLASTNOSTI ELASTOMERŮ	11
2.2 POŽADAVKY NA ELASTOMERY	11
2.3 DĚLENÍ ELASTOMERŮ	12
2.3.1 Přírodní kaučuk	12
2.3.1.1 Vlastnosti přírodního kaučuku	12
2.3.1.2 Vulkanizace přírodního kaučuku	12
2.3.2 Syntetické kaučuky	12
2.3.2.1 Některé druhy syntetických kaučuků	13
3 SLOŽENÍ KAUČUKOVÉ SMĚSI	15
3.1 VOLBA ELASTOMERU	15
3.2 PLASTIKAČNÍ ČINIDLA	16
3.3 VULKANIZAČNÍ ČINIDLA	16
3.4 URYCHLOVAČE VULKANIZACE	17
3.5 AKTIVÁTORY A RETARDÉRY VULKANIZACE	18
3.5.1 Aktivátory vulkanizace	18
3.5.2 Retardéry vulkanizace	18
3.6 OCHRANNÉ LÁTKY PROTI STÁRNUTÍ A ÚNAVĚ (ANTIDEGRADANTY)	18
3.7 PLNIVA	19
3.8 ZMĚKČOVADLA	19
3.9 PIGMENTY	21
3.10 NADOUVADLA	21
4 PŘÍPRAVA KAUČUKU	22
4.1 PLASTIKACE KAUČUKU	22
4.1.1 Hlavní faktory ovlivňující výslednou plasticitu kaučuku	22
4.2 MECHANISMUS PLASTIKACE	24
5 STROJE K PŘÍPRAVĚ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ	25
5.1 DVOUVÁLCE	25
5.2 HNĚTACÍ STROJE	27
5.2.1 Vývoj míchání v hnětičích	27
5.2.2 Zvýšení výkonu hnětičů	29
5.2.2.1 Rychlost otáčení rotorů	30
5.2.2.2 Tlak při míchání	31
5.2.2.3 Míchací postupy	31

5.2.2.4	Teplota při míchání.....	33
5.3	HNĚTACÍ STROJE PRACUJÍCÍ DISKONTINUÁLNĚ	34
5.3.1	Vybrané konstrukční řešení některých hnětacích strojů:.....	36
5.3.2	Konstrukční řešení hnětadel	40
5.3.3	Konstrukční řešení míchacích komor.....	41
5.4	HNĚTACÍ STROJE PRACUJÍCÍ KONTINUÁLNĚ	42
6	ZÁVĚRY VYPLÝVAJÍCÍ ZE STUDIJNÍ ČÁSTI	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
7	KONSTRUKČNÍ NÁVRH KOMORY HNĚTIČE	45
8	POPIS STÁVAJÍCÍHO STROJE A POUŽÍVANÉHO ZAŘÍZENÍ	47
8.1	MĚNIČ	48
8.2	TEMPERANČNÍ JEDNOTKA.....	49
9	POPIS NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	50
10	DIMENZOVÁNÍ A PEVNOSTNÍ KONTROLA.....	52
10.1	VOLBA PNEUMATICKÉHO VÁLCE	52
10.2	KONTROLA UPÍNACÍ ČÁSTI NA OHYB	53
10.3	KOMORA HNĚTIČE	56
10.3.1	Pevnostní kontrola komory hnětiče – zatížení spojitým tlakem.....	56
10.3.2	Temperace komory – bilance tepelného toku.....	58
10.4	SPOJENÍ KOMORY A UPÍNACÍ ČÁSTI.....	61
10.5	KONTROLA HNĚTADLA NA KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ.....	62
10.6	KONTROLA LOŽISKA NA OTLAČENÍ	65
10.7	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ KAPITOLY DIMENZOVÁNÍ A PEVNOSTNÍ KONTROLA	66
ZÁVĚR		67
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		69
SEZNAM OBRÁZKŮ		72
SEZNAM PŘÍLOH.....		73

ÚVOD

I přes nástup nejrůznějších modifikací silikonových a termoplastických materiálů s vlastnostmi blízkými pryži je v dnešní době, a zajisté bude i v budoucnu, pryž neodmyslitelnou součástí při navrhování různých systémů.

Cílem proto je vytvářet stále nové modifikace kaučukových směsí, aby výsledné produkty vykazovaly stále lepší mechanické, chemické či elektrické vlastnosti. Na pryžové výrobky jsou kladeny nejrůznorodější požadavky – vysoká pevnost, zaručená tvrdost, adheze k materiálům, odolnost vůči oděru, teplotní a chemická stálost, odolnost vůči působení kyslíku, ozónu apod. Kaučukové směsi jsou modifikovány přidáváním nejrůznějších chemických látek, ale nemalou měrou se na výsledných vlastnostech finálního produktu z pryže podílí právě technologie zpracování či zapracování chemických přísad do kaučuku. Správné rozložení přísad v kaučuku je ovlivněno jeho správnou plastikací. Tento proces je energeticky velmi náročný, proto je naší snahou, aby probíhal co nejefektivněji a po co nejkratší dobu, ale ne na úkor zhoršení jakosti finálního kaučukového systému.

Aby mohl být proces energetické náročnosti přípravy elastomerních směsí odpovídajícím způsobem zkoumán, je zapotřebí navrhnout novou komoru k laboratornímu hnětiči. Proto je nutno se ve studijní části práce zaměřit na nové i stávající principy přípravy směsí, zjistit současné trendy v řešení míchacích komor a navrhnout inovaci laboratorního zařízení, posoudit jeho výkon a pevnostní dimenze. Ze schváleného řešení zpracovat výrobní dokumentaci pro inovaci zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CÍLE STUDIJNÍ ČÁSTI

Cílem studijní části je získat komplexní přehled k problematice hnětacích strojů. Abychom lépe pochopili funkci strojů, jejich stavbu a specifika je nezbytné shrnout v několika kapitolách také skladbu směsí míchaných v těchto strojích. Právě povaha míchaného materiálu, počet míchaných složek, jejich fyzikální a chemické vlastnosti vypovídají o konstrukčním pojetí stroje. Dále bude popsán mechanismus přípravy kaučuku – plastikace. Rozčleníme zařízení používané v gumárenském průmyslu.

Nakonec shrneme jednotlivé vlivy, které při míchání v hnětacích strojích výraznou měrou ovlivňují energetickou stránku míchání, přispívají ke zkrácení míchacích dob a zvýšené homogenitě míchané směsi.

Získané znalosti poslouží jako podklad pro návrh nové komory laboratorního hnětiče, která bude sloužit jako strojní zařízení pro výzkum energetické náročnosti přípravy elastomerních směsí.

2 ELASTOMER

Elastomer, neboli kaučuk, je nezesíťovaná elastomerní polymerní látka, převoditelná síťovací chemickou reakcí (vulkanizací) účinkem tepla na pryž (vulkanizát). Kaučukem nebo kaučukovitým materiálem se rozumí látka, která je schopna deformovat se již malou silou nejméně o 100 % své původní délky a po uvolnění síly se rychle vrací do téměř původního stavu. Molekuly kaučuku jsou tvořeny opakováním jednoho nebo střídáním dvou (zřídka více) monomerů. Kaučuky po zesíťování dávají materiály s vysokou elasticitou při pokojové teplotě a z převážně plastického stavu přecházejí do převážně elastického stavu. Při vyšších teplotách a působení deformačních sil má kaučuk zvýšený viskózní tok, takže za vhodných podmínek může být zpracovaný do požadovaného tvaru. Vulkanizáty se vyznačují vysokou houževnatostí a také vysokou odolností proti oděru.

2.1 Vlastnosti elastomerů

1. Velká délka řetězců: $P > 1000$ (umožňuje dostatečné zapletení).

2. Amorfní struktura v nedeformovaném stavu v důsledku:

- snížení symetrie,
- zmenšení makromolekulárních sil, } velká pohyblivost segmentů.

3. $T_g < -40^\circ\text{C}$.

4. Musí mít možnost řídkého nasíťování → zábrana plastické deformace při zatížení → přechod od plastické deformace k elastické.

2.2 Požadavky na elastomery

- Odolnost vůči povětrnostním vlivům,
- odolnost vůči nízkým a vysokým teplotám,
- odolnost vůči určité skupině rozpouštědel,
- specifické fyzikální vlastnosti (odolnost vůči oděru, malý vznik tepla při cyklickém deformování).

2.3 Dělení elastomerů

- přírodní kaučuk
- syntetické kaučuky

2.3.1 Přírodní kaučuk

Získává se z rostlinné šťávy – latexu rostlin. Nejvýznamnější je amazonská rostlina *Hevea Brasiliensis*. Latex se čerpá ze zářezů na těchto stromech. Latex je koloidní roztok – mléčně bílá kapalná suspenze kaučukovitých částic ve vodném prostředí – séru (vedle vody jsou zde cukry, proteiny a minerální látky). Částice jsou chráněny proti slepení elektrickou dvojvrstvou s příslušným povrchovým potenciálem.

2.3.1.1 Vlastnosti přírodního kaučuku

Vlastnosti přírodního kaučuku:

- makromolekuly jsou dlouhé, pokroucené, hustě propletené a dobře drží pohromadě,
- $T_g = -73^\circ\text{C}$, měkne při 120°C , při 200°C přechází na hnědou kapalinu,
- dobrá pevnost v tahu, tuhost, tažnost, pružnost a odolnost v otěru,
- deformace i několik tisíc procent.

2.3.1.2 Vulkanizace přírodního kaučuku

Reakce kaučuku s vulkanizačním činidlem (např. sírou) – vznik příčných vazeb (sirných můstků). Dochází ke změně fyzikálních, fyzikálně mechanických i chemických vlastností.

2.3.2 Syntetické kaučuky

Průmyslově vyráběných syntetických kaučuků je již velký počet. Liší se druhem monomerů, jejich poměrem při kopolymeraci, způsobem a podmínkami polymerace, druhem použitého katalyzátoru polymerace, emulgátoru a stabilizátoru. Všechny tyto faktory mají vliv na molekulovou strukturu elastomerů, jejich molekulovou hmotnost a distribuci molekulových hmotností a tím i na zpracovatelnost a fyzikálně mechanické vlastnosti.

2.3.2.1 *Některé druhy syntetických kaučuků*

Butadienový kaučuk

Byl prvně vyráběným syntetickým kaučukem vůbec - za katalýzy kovovým sodíkem nebo draslíkem.

Izoprenové kaučuky

Jsou synteticky připravenými produkty, které se vlastnostmi blíží přírodnímu kaučuku.

Chloroprenový kaučuk

Má mezi kaučuky výjimečné postavení, protože spojuje důležité vlastnosti - velkou elasticitu s odolností proti olejům, malou hořlavostí a velmi dobrou odolností proti stárnutí.

Butadienstyrenové kaučuky

Jsou nejdůležitějším druhem syntetických kaučuků a toto postavení si udrží pravděpodobně i nadále. Hlavním spotřebitelem je pneumatikářský průmysl.

Butadiennitrilové kaučuky

Jsou to kaučuky pro speciální použití, kopolymery butadienu s akrylonitrilem.

Etylénpropylénové kaučuky

Tyto kopolymery etylénu s propylénem mají náhodné rozdělení jednotlivých merů v řetězcích, čímž se ruší jejich symetrie a tím schopnost krystalizace. Jsou to kaučukovité průhledné hmoty.

Butylkaučuk

Polymerací izobuténu na polymer o vysoké molekulové hmotnosti vzniká kaučukovitá hmota. Neobsahuje dvojně vazby a proto se pro získání možnosti vulkanizace sírou k izobuténu při polymeraci přidává malé množství (1 – 4 %) izoprénu.

Akrylátové kaučuky

Do skupiny těchto kaučuků patří polymery esterů kyseliny akrylové a její kopolymery s jinými monomery.

Polyesterové kaučuky

Jsou polymery nebo kopolymery derivátů etylénoxidu. Používají se v automobilovém a leteckém průmyslu k výrobě hadic, těsnění, membrán, klínových řemenů, pružných uložení apod.

Fluoruhlíkové kaučuky

Jsou speciálním druhem kaučuku s některými mimořádnými vlastnostmi. Jsou zcela odolné proti ozónu, povětrnosti a mikroorganismům, dobře odolávají také oděru a trhání, ve speciálních směsích odolávají i ostré páře.

Polysulfidové kaučuky

Synteticky vyráběné kaučuky, pro své speciální vlastnosti si svoje postavení udržují dodnes i když se jejich výroba nerozšiřuje. Polysulfidové kaučuky jsou zcela nasycené, a proto výborně odolávají ozónu a povětrnosti.

Silikonové kaučuky

Jsou rovněž speciálním druhem kaučuků, dnes již dosti rozšířený. Výchozí látkou pro jejich výrobu jsou dialkylchloridy, které se získají přímou syntézou.

3 SLOŽENÍ KAUČUKOVÉ SMĚSI

Při skladbě směsi je třeba vycházet především z technických požadavků aplikace, pro kterou je daná pryž určena. Musí se přitom zvážit reálné možnosti kaučuku, jeho vlastnosti, možnosti technologického zpracování, výběr přísad z hlediska zpracování a vulkanizačního systému. K těmto závažným hlediskům přistupuje ještě otázka životnosti při používání výrobků za působení kyslíku, ozónu, tepla a dynamického namáhání. Důležitý je také vztah mezi kaučukem a plnivem. Sladit často protichůdná hlediska, daná z jedné strany technickými požadavky aplikace a ze strany druhé reálnými možnostmi technologie je vždy složitý úkol, jehož řešení je někdy otázkou provozních zkušeností a teoretických znalostí, jindy složitým vývojem a vážným technickým problémem.

Kaučuková směs obsahuje zpravidla tyto složky:

- elastomer,
- vulkanizační činidlo,
- urychlovač vulkanizace,
- aktivátor vulkanizace,
- ochranné látky proti stárnutí a únavě,
- plniva,
- změkčovadla,
- pigmenty,
- nadouvadla.

3.1 Volba elastomeru

Základní složkou směsi je kaučuk, který dává směsi i pryži základní charakteristické vlastnosti. Existuje široká škála kaučuků (viz kapitola 2.3 Dělení elastomerů) s typickými vlastnostmi, podle nichž volíme vhodný kaučuk pro danou aplikaci.

Po zvolení základního elastomeru je třeba uvážit jeho gumovitost, tj. obsah ve směsi. Kaučuk jako základní složka směsi se někdy doplňuje regenerátem, popř. jiným polymerem. Ten mimo svou kaučukovitou hodnotu dává směsi i další vlastnosti, usnadňuje a zkracuje

míchání, což představuje úsporu energie a zvýšení kapacity zařízení. Dále ovlivňuje zpracovatelnost, tj. směs se snadno a dobře tváří, dotéká a vyplňuje formu při lisování. Je-li regenerát jemný, směs se dobře vytlačuje, méně sráží a narůstá a vytlačený profil se při volné vulkanizaci nedeformuje.

3.2 Plastikační činidla

Je známa celá řada sloučenin schopných urychlovat plastikaci kaučuku. Jsou to látky nejrůznějšího složení: aromatické merkaptany nebo jejich soli, disulfidy, fenoly, aromatické amíny, organické kyseliny a jejich soli, peroxidy, deriváty močoviny, guanidiny a kovy přechodné valence. Výběr je ztížen celou řadou požadavků. Od dokonalého plastikačního činidla se požadují tyto vlastnosti:

- zdravotní nezávadnost,
- nízká cena,
- nemá ovlivňovat průběh vulkanizace,
- nesmí zhoršovat vlastnosti vulkanizátů a průběh jejich stárnutí,
- účinnost při nízkých teplotách,
- musí se dobře vmíchat do kaučuku,
- nesmí zbarvovat vulkanizát,
- musí svou konzistencí vyhovovat navažování.

3.3 Vulkanizační činidla

Podstatou vulkanizace je vytváření chemických vazeb mezi molekulami kaučuku. K tomu, aby se zabránilo neomezenému toku molekul vzhledem k sousedním molekulám stačí poměrně malé množství příčných vazeb rozmístěných podél řetězce. Vlastnosti kaučuku se přitom podstatně mění. Z převážně plastického stavu přechází v elastickou pryž. Zlepšují se vlastnosti jako pevnost, odrazová pružnost, odolnost proti nízkým a vysokým teplotám, roste tvrdost a modul, snižuje se tažnost a trvalá deformace. Vulkanizační činidla jsou látky, které mají schopnost vytvářet chemickou reakcí příčné vazby mezi molekulami kaučuku. Nejběžnější vulkanizační činidla jsou: síra, donory síry, selen, telur, peroxidy, kovové kysličníky, reaktivní pryskyřice, diaminy a diizokyanáty.

3.4 Urychlovače vulkanizace

Význam urychlovačů vulkanizace spočívá nejen ve zrychlení procesu, ale i ve zvýšení efektivnosti vázání síry a tím ve zlepšení užitných vlastností pryže (teplovzdornosti, odolnost proti stárnutí). Spolu se sírou a aktivátory vulkanizace tvoří urychlovače vulkanizační systém.

Vyráběné urychlovače je možno rozdělit podle různých kritérií. Podle rychlosti vulkanizace je dělíme na:

- pomalé (aminy, guanidiny),
- rychlé (tiazoly, sulfonamidy),
- velmi rychlé (tiuramy a kombinace urychlovačů),
- ultraurychlovače (ditiokarbamáty, xantogenáty).

Všeobecně platí, že čím aktivnější je urychlovač, tím menší množství se ho přidává do směsi, tím menší množství síry vyžaduje a tím nižší teploty je třeba k dosažení optimálních vlastností pryže. Výběr urychlovače závisí na řadě okolností. Především na použitém eleastomeru, dále na složení směsi, uvažované technologii vulkanizace a na požadovaných vlastnostech pryže. Dobrý urychlovač musí mít následující vlastnosti:

- bezpečný při zpracování danou technologií,
- rychlý při vulkanizaci,
- musí příznivě upravovat vlastnosti kaučuku,
- nesmí být jedovatý nebo dráždivý,
- nemá zbarvovat vulkanizát,
- má být ekonomický.

3.5 Aktivátory a retardéry vulkanizace

3.5.1 Aktivátory vulkanizace

Bez přídavku aktivátoru by byla síra málo účinným vulkanizačním činidlem. K dosažení potřebné koncentrace příčných vazeb by bylo třeba ve směsích bez aktivátoru dávkovat podstatně více síry nebo donoru síry. Podstata aktivace při vulkanizaci sírou spočívá ve zvýšení síťovací účinnosti vulkanizačního systému. Jako aktivátorů se používá různých oxidů kovů: ZnO, MgO, CaO, PbO, aj.

3.5.2 Retardéry vulkanizace

Použití retardérů vulkanizace je nezbytné pro směsi obsahující vysoce aktivní vulkanizační přísady nebo urychlovače vulkanizace, mají-li se takové směsi zpracovávat při vyšších teplotách. Retardéry chrání směs před předčasným navulkanizováním při míchání a dalším zpracování.

Retardéry dělíme na:

- anorganické (MgO, PbO),
- organické (octan sodný, kalafuna, kyselina sebaková).

3.6 Ochranné látky proti stárnutí a únavě (antidegradanty)

Stárnutí elastomerů a vulkanizátů má řadu příčin. Úkolem stabilizace je zpomalit nebo dočasně úplně zastavit průběh stárnutí.

K tomu účelu se používá tří způsobů:

- volí se takový polymer, který v předpokládaných podmínkách nejméně stárne,
- polymer se modifikuje, případně se povrchově chrání,
- přidávají se stabilizační přísady – antidegradanty.

Antidegradenty je možno rozdělit do těchto hlavních skupin:

- antioxidanty a antiozonanty (nejdůležitější),
- činidla chránící proti účinkům světla (UV absorbéry),
- ochranné vosky,
- přísady potlačující hydrolyzu funkčních skupin,
- akceptory rozkladných produktů.

3.7 Plniva

Použití plniv v kaučukových směsích má obecně dva důvody. Prvořadým důvodem je úprava zpracovatelnosti směsí a fyzikálně mechanických vlastností vulkanizátů. Druhý důvod je ekonomický, použitím levných plniv se dosahuje podstatného snížení ceny výrobku. Při volbě plniva vycházíme z uvedených záměrů a z dalších technických požadavků.

Pro běžnou praxi vyhovuje rozdělení do tří skupin:

- saze,
- světlá plniva (aktivní a neaktivní),
- ostatní.

3.8 Změkčovadla

Při vyšším dávkování plniv do směsi dochází již v nevulkanizovaném stavu k takovému ztužení, že by zpracovatelnost byla velmi špatná. Z toho důvodu je třeba do směsi přidávat změkčovadla. Z hlediska takových vlastností nemá rozhodující vliv druh použitého změkčovadla, důležité je především jeho množství.

Další důvody pro použití změkčovadel jsou:

- zlepšení disperze plniv a přísad,
- snížení teploty a spotřeby energie při míchání,
- úprava fyzikálních a mechanických vlastností pryže.

Obecně můžeme rozdělit změkčovadla do následujících skupin:

- produkty ropného původu (minerální oleje, parafín, asfalty, vosky),
- produkty zpracování uhelných dehtů (oleje, pryskyřice, smoly),
- produkty zpracování dřeva (smrkový dehet, kalafuna),
- syntetická změkčovadla (estery, kapalné polymery, pryskyřice),
- látky rostlinného a živočišného původu (oleje, tuky, vosky).

Základní požadavky kladené na změkčovadla v gumárenském průmyslu jsou:

- dobrá mísitelnost s kaučukem,
- nízká viskozita a malá závislost viskozity na teplotě,
- chemická a tepelná stabilita při zpracování směsí,
- nízká těkavost,
- nejedovatost,
- nízká cena.

3.9 Pigmenty

Používají se k vybarvení směsí do různých odstínů. Původně byly pouze minerální pigmenty, které umožňovaly jen omezený rozsah barevných odstínů. Zavedením organických pigmentů necitlivých k vulkanizační teplotě a síře se možnosti vybarvování pryže rozšířily a zvýšila se účinnost vybarvování. Z toho důvodu moderní organické pigmenty, přestože jsou dražší, postupně vytlačují anorganické pigmenty.

Na pigmenty jsou kladeny značné požadavky:

- musí se v kaučuku dobře dispergovat,
- nesmějí se rozpouštět,
- musí snášet vulkanizační teplotu v přítomnosti síry a běžných přísad kaučukových směsí,
- nesmějí měnit odstín účinkem přímé páry,
- nesmějí ovlivňovat průběh vulkanizace,
- nesmějí nepříznivě ovlivňovat fyzikální vlastnosti a stárnutí pryže,
- musí být stálé na světle a odolávat povětrnostním vlivům.

3.10 Nadouvadla

Pro výrobu lehčené pryže se používá různých druhů nadouvadla, což jsou látky, které se při vyšších teplotách v průběhu vulkanizace rozkládají za vzniku většího objemu plynů. Teplota rozkladu a objem plynů závisí především na druhu použitého nadouvadla. Teplotu rozkladu je možno dále ovlivnit přísadami, které působí jako aktivátory rozkladu nadouvadla. Kaučukové směsi musí mít vysokou plasticitu a určitý průběh vulkanizace, aby nadouvání proběhlo v požadovaném rozsahu.

4 PŘÍPRAVA KAUČUKU

Surový kaučuk, který přichází do gumárenských závodů, je nutno před dalším zpracováním plastifikovat do určitého stupně, aby byl schopen přijímat přísady a byl dobře zpracovatelný danou technologií.

4.1 Plastikace kaučuku

V průběhu plastikace se snižuje molekulová hmotnost kaučuku, což umožňuje a zlepšuje průběh dalších technologických operací. Plastikaci je třeba vést jen do takového stupně, kterého je nevyhnutelně třeba pro úspěšné zpracování. Nadměrnou plastikací se zhoršují mechanické vlastnosti vulkanizátů a zhoršuje se i odolnost proti únavě a stárnutí. Plastikace na dvouválci, v hnětiči nebo ve šnekovém plastikačním stroji vyžaduje značné množství energie, nákladné strojní zařízení, velký počet pracovních sil.

Řešením jak odstranit tyto nároky je zpracovávat kaučuky regulované při polymeraci tak, aby byly přímo zpracovatelné či maximálně zkrátit dobu plastikace. To je umožněno zavedením plastikačních činidel.

4.1.1 Hlavní faktory ovlivňující výslednou plasticitu kaučuku

Při plastikaci na dvouválci:

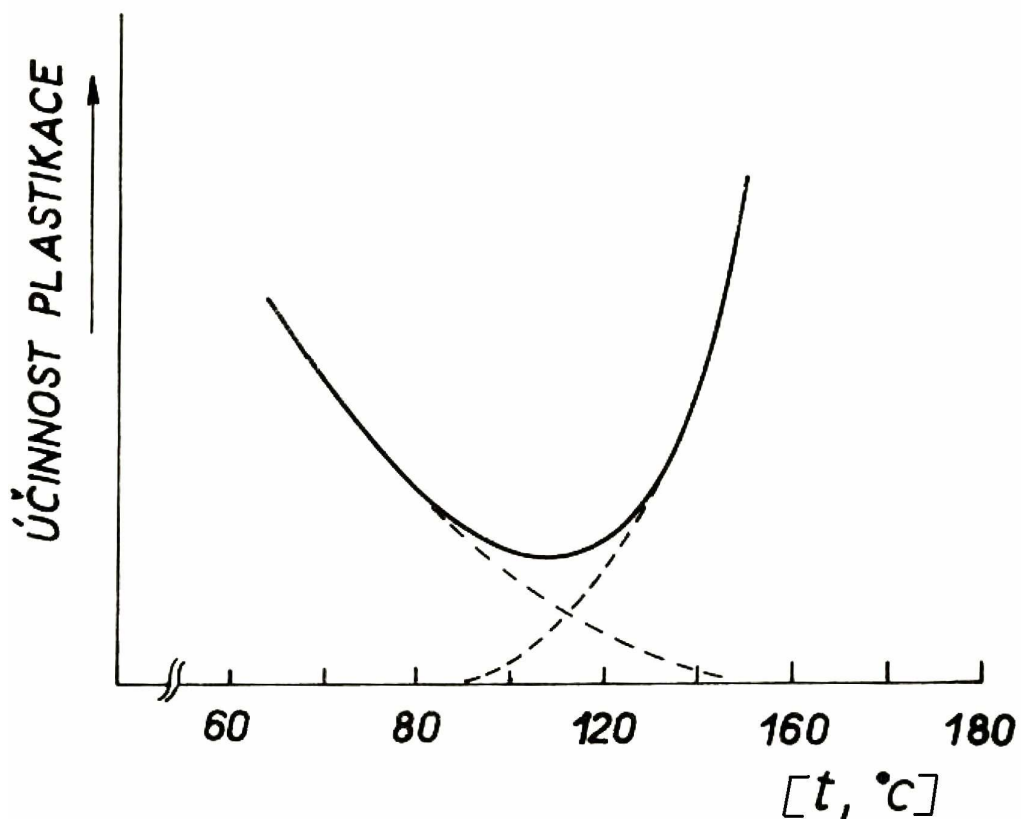
- množství kaučuku na válcích,
- průměr válců,
- obvodová rychlost válců,
- skluzový poměr,
- šířka štěrbin mezi válci,
- teplota kaučuku,
- druh a koncentrace plastikačního činidla,
- doba plastikace.

Při plastikaci v hnětiči:

- rozměry hnětiče,
- geometrie hnětadel,
- šířka štěrbin mezi hřbety rotorů a stěnou komory,
- stupeň zaplnění hnětiče,
- tlak na horní uzávěr,
- otáčky hnětadel,
- teplota kaučuku,
- druh a koncentrace plastikačního činidla,
- doba plastikace.

4.2 Mechanismus plastikace

Mechanismus plastikace závisí na tom, v které oblasti teplot se kaučuk plastikuje. Při teplotách do 115 °C převažuje mechanické trhání molekul kaučuku vlivem intenzivních smykových sil na dva volné radikály, které jsou velmi reaktivní a mohou se opět rekombinovat za vzniku stabilní molekuly. Toto platí v inertní atmosféře, kdy nedochází k plastikaci. V atmosféře obsahující kyslík dochází k rychlé reakci volných radikálů s molekulami kyslíku. Kyslík brání rekombinaci volných radikálů vzniklých přetržením molekul kaučuku. Účinnost mechanického trhání molekul kaučuku s teplotou klesá a tím se plastikace zpomaluje. Konce molekul se snáze vyvlékají z okolního sevření, takže při určité teplotě, smykových rychlostech a přístupu kyslíku odpovídá kritická molekulová hmotnost kaučuku, která se už dále nesnižuje ani prodloužením doby plastikace. Zvláštní průběh teplotní závislosti plastikace s minimem účinnosti v oblasti teplot 115 – 120°C je dán tím, že v levé větvi křivky se snižuje účinnost mechanického trhání molekul a v pravé větvi křivky se zvětšuje účinek tepelně oxidační degradace polyizoprenových řetězců.



Obr. 1. Vliv teploty na účinnost plastikace

5 STROJE K PŘÍPRAVĚ KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ

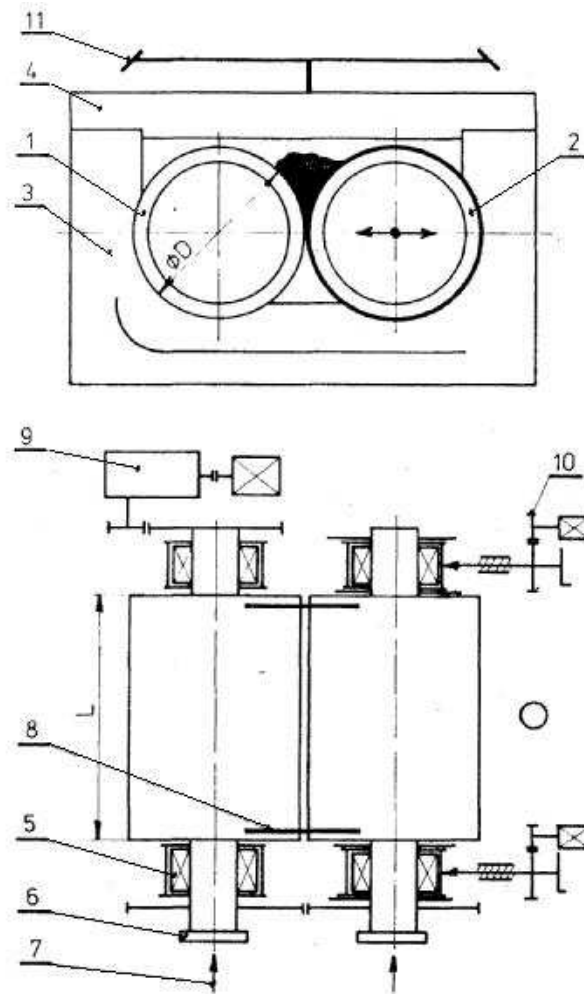
Míchání směsí je nejdůležitějším procesem v gumárenském průmyslu a na dokonalosti zamíchání závisí technologické vlastnosti směsí a fyzikální vlastnosti vulkanizátů. Životnost řady důležitých výrobků gumárenského průmyslu je vedle skladby směsí dána správným zamícháním.

Cílem míchání je rovnoměrné rozložení přísad v kaučuku. Zamíchaná kaučuková směs je mnohasložkovým systémem obsahujícím 5 - 15 a někdy i více různých komponent, z nichž každá vzájemně ovlivňuje druhou jak během procesu míchání, tak při vulkanizaci, přičemž dodává směsím a vulkanizátům potřebné vlastnosti. Závady při míchání se někdy projevují již během procesu samotného, nebo ve zhoršené zpracovatelnosti směsí a ve zhoršených vlastnostech hotových výrobků.

5.1 Dvouválce

Dnes patří k již překonaným technologiím. Používá se jen pro přípravu speciálních směsí v malém množství, pro barevné směsi s vysokými nároky na dodržení odstínu a směsí pro houbovou pryž.

Zařízení se skládá ze dvou ocelolitinových válců rovnoběžně horizontálně uložených, které se otáčejí různou rychlostí proti sobě. Skluz válců bývá 1:1,2 – 1:1,5. Pro syntetické kaučuky s malou pevností se používá menšího skluzu. Válce jsou duté nebo jinak uzpůsobené (např. mají navrtané otvory) pro chlazení vodou, popř. vyhřívání párou.



Obr. 2. Konstrukční řešení dvouválce

1 - zadní válec, 2 - přední válec, 3 - postranice, 4 - třmen, 5 - ložisko, 6 - topná hlava, 7 - přívod temperačního media, 8 - hradítko, 9 - pohon, 10 - stavění válce, 11 - bezpečnostní vypínání

Při míchání směsi obepíná kaučuková plást přední pracovní válec, zadní rychlejší válec zůstává volný. Dávka kaučuku zaujímá větší objem než je dán šířkou válce, jeho obvodem a šířkou štěrbinou mezi válci, proto přebytečné množství kaučuku nad štěrbinou mezi válci vytváří tzv. návalek.

Pro zlepšení míchání musí být splněny tyto předpoklady:

- Přítomnost návalku: částechy plniva přidávaného na plást kaučuku před návalek se uzavírají mezi vrstvy tvořící se v návalek a jsou částí návalku strhovány mezi štěrbinou válců. V důsledku skluzu se plnivo koncentruje ve vnější vrstvě kaučukového plástu. Příliš velký návalek není výhodný, protože většina jeho hmoty není stahována mezi válce.

- Prokrajováním a překládáním plástu: tím se dostává povrchově vtlačené plnivo, resp. vnější koncentrovaná vrstva plástu doprostřed přeloženého plástu a rychlost rovnoměrného dispergování složek směsi v celé tloušťce plástu se tím zvyšuje. V první fázi míchání se uplatňuje účinek návalku, přísady se hromadí ve větší koncentraci ve vnější vrstvě plástu. Dokud jsou na válcích v okolí návalku nezamíchané přísady, směs se neprořezává, aby se tlakem mezi obnaženými válci netvořily tvrdé shluky částic plniv, které se obtížně rozpracovávají. Teprve když jsou všechny přísady dobře vmíchány, přistoupí se k homogenizaci prořezáváním a překládáním.

Při míchání se vliv tření jak v samém kaučuku, tak v systému kaučuk – přísada, přísada – přísada vyvíjí poměrně značné množství tepla. Směs i kovový povrch válců se zahřívají. Růst teploty je ovlivněn složením směsi, obvodovou rychlostí pracovního válce, skluzem a šířkou štěrbin. Vysoká teplota negativně ovlivňuje míchání, zmenšuje se stříhové namáhání, vrůstá těkavost přísad, může nastat předčasné navulkanizování směsi, zhoršují se pracovní podmínky, a proto je třeba vznikající teplo odvádět intenzivním chlazením válců zevnitř vodou.

5.2 Hnětací stroje

Zavedením hnětacích stroje se sledovalo zvýšení produktivity při míchání. Obecně se hnětací stroje používají :

V plastikářském průmyslu:

- plastikaci a želatinaci PVC,
- homogenizace a probarvování termoplastů a některých duroplastů.

V gumárenském průmyslu pro:

- míchání směsí,
- plastikaci přírodního a syntetického kaučuku (lámání a mastikaci),
- mechanické regeneraci pryžového odpadu.

5.2.1 Vývoj míchání v hnětičích

V konstrukci míchacích strojů pokračoval vývoj poměrně zvolna. Od vzniku gumárenského průmyslu se stále používají dvouválce a teprve asi od roku 1920 se uplatňují hnětiče.

Požadavky průmyslu se postupně zvyšovaly a hnětiče musely těmto zvýšeným požadavkům vyhovět. Zvláště nástup syntetických kaučuků vyžadoval, aby stroje byly schopny míchat tužší směsi, které více hřály při míchání. Bylo třeba vyvinout nové způsoby chlazení. Zvyšovaly se výkony, zvyšovaly se otáčky, vznikaly problémy s rychlejším opotřebením. Výrobci strojů opět zdokonalili konstrukci a použili kvalitnějších materiálů. Zvýšením otáček a tlaků se postupně zkrátila doba potřebná pro zamíchání směsí. Moderní vysokotlaké hnětiče vykazují časovou úsporu až 70 % ve srovnání se staršími typy strojů. Dosahuje se toho tím, že je dostatečná rezerva síly, aby stroj po celou dobu míchání běžel při plném tlaku horního uzávěru na směs. Umožňuje to také, aby určité směsi byly míchány naráz ("one - shot - mixing"), zatímco u nízkotlakých standardních hnětičů je třeba přidávat přísady v několika stupních, aby nedošlo k přetížení motoru.

Při zkracování míchací doby byla také na závadu dlouhá doba vypouštění zamíchané směsi. Přibližně jednu minutu trvá, než se spodní uzávěr u starších typů hnětičů otevře, směs se vypustí a uzávěr se opět uzavře. To představuje značnou část celkové míchací doby. Výhodiskem z této situace bylo nahradit kluzný uzávěr nově vyvinutým výkyvným uzávěrem (drop door, Klappsattel), s kterým může být celý cyklus otevření, vypuštění a uzavření skončen za 10 - 20 sec.

Dalším konstrukčním zlepšením, které umožňuje zamíchání kvalitnějších směsí, je vstřikování změkčovadel přímo do komory hnětiče, pomocí vysokotlakých olejových čerpadel. Oleje jsou dopravovány potrubím ze zásobních tanků, ze kterých se objemově odměruje. Tím, že se olej přidává přímo do komory, klát a násypka zůstávají prosté oleje, tím je vyloučeno nalepování práškových přísad na části násypky a značně se zkracuje čas potřebný k čistění. Protože je olej přidáván do směsi stejnoměrně a při plném tlaku, je rychle dispergován. Účinnost míchání neklesá a nedochází ani k většímu prokluzování rotorů. Výrobní kapacity vysokotlakého hnětiče je třeba plně využít. Bylo by mylné se domnívat, že pro zvýšení kapacity válcovny stačí pouze instalovat hnětiče, který běží rychleji a kde míchání probíhá pod větším tlakem. Ve skutečnosti je třeba instalovat nezbytná zařízení, které vysoký výkon hnětiče umožňují. Tato zařízení musí zajišťovat rychlý a bezporuchový přísun materiálu a jeho navazování do hnětiče, jakož i odsun zamíchaných směsí - tj. zařízení pro chlazení, sekání, ukládání, podávání prázdných saní, případně umožnit peletizaci, chlazení, skladování a další dopravu palet.

Použitím větších tlaků na horní uzávěr a větších otáček je možno zkrátit doby míchání předsměsí i na 2 minuty a za těchto podmínek je nezbytně nutné, aby se doprava a plnění automatizovalo, protože ruční způsob by nestačil takovému tempu. Míchání směsí při působení velkého tlaku nebo síly je založeno na myšlence, že čím větším smykovým silám je směs během míchání podrobena, tím lepší disperze přísad se dosáhne. Základem pro tento způsob míchání směsí nebyla původně snaha o zvýšení produkce a zjednodušení výrobního postupu, ale hlavně snaha docílit lepší disperze přísad ve směsi. Zvýšení produkce při tomto způsobu míchání je pouze přidruženým jevem, kterého se však nyní velmi výhodně využívá.

5.2.2 Zvýšení výkonu hnětičů

Výkon hnětiče závisí na celé řadě konstrukčních parametrů stroje a technologických parametrů procesu, které určují podmínky míchání.

Jsou to:

- rychlost otáčení rotorů,
- světlost mezi hřbety rotorů a stěnami míchací komory (velikost štěrby),
- výkon elektromotoru a možnost jeho špičkového přetížení,
- tvar rotorů, počet křídel a jejich zakřivení,
- tlak na směs,
- celkové množství materiálu navažovaného do komory hnětiče,
- pořadí a časy plnění materiálů do hnětiče,
- délka míchacího cyklu,
- rychlost plnění a vyprazdňování hnětiče,
- teplota vnitřního povrchu míchací komory a vypouštěné směsi.

Změnou uvedených parametrů je možno značně intenzifikovat výrobu kaučukových směsí a zvýšit jejich kvalitu.

Základní cesty zvýšení intenzity procesu míchaní jsou:

- zvýšení rychlosti otáčení rotorů,
- změna konstrukce rotorů (použití čtyřkřídlových místo dvoukřídlových),
- zvýšení tlaku v míchací komoře,
- změna míchacích postupů.

Největší intenzifikace procesu a zvýšení kvality směsí se dosáhne při současném využití uvedených faktorů:

5.2.2.1 Rychlost otáčení rotorů

V průběhu vývoje hnětičů byla rychlost otáčení rotorů postupně zvyšována z $19,5 \text{ min}^{-1}$, na $30 - 40 \text{ min}^{-1}$ a někdy až na $50 - 80 \text{ min}^{-1}$. Použití té nebo jiné rychlosti rotorů závisí na velikosti hnětiče, stupni zavedené mechanizace a automatizace, na složení připravovaných směsí a na podmínkách chlazení.

Urychlování procesu míchaní při zvýšené rychlosti rotorů se vysvětluje intenzivnějším mechanickým působením vlivem zvýšení rychlostního gradientu smykových deformací směsi mezi rotory a stěnami komory. Častějším dělením míchané hmoty a obnovováním jejího povrchu, což napomáhá rychlému rozdělení přísad v kaučuku. Zvětšení rychlosti otáčení rotorů způsobuje zvýšení teploty kaučukové směsi, zdvojnásobením otáček se teplota zvyšuje přibližně o 30 %. Dále se zvyšováním rychlosti rotorů vzrůstají tlaky kaučukové směsi na stěny míchací komory. Zvýšení otáček rotorů při současném odpovídajícím zkrácení doby míchaní zvyšuje potřebný výkon, ale specifická spotřeba energie se prakticky nemění a v některých případech se poněkud snižuje.

Zvýšením teploty vlivem zvýšeného smykového namáhání se příkon poněkud snižuje, takže zkrácení doby míchaní jen na úkor zvýšení otáček rotorů nezpůsobuje větší spotřebu energie pro přípravu směsí.

Dosažené výsledky ukazují, že zvýšením otáček rotorů na $60 - 100 \text{ min}^{-1}$ je možno podstatně zkrátit míchací cyklus (při 60 min^{-1} o 20 - 30 %). Za předpokladu kontroly teploty je možno zvýšit produktivitu míchaní bez následků na vlastnosti pryže.

5.2.2.2 *Tlak při míchání*

Tlak v komoře hnětiče je jedním z nejdůležitějších faktorů při míchání směsí. Základní úlohou přítlačného klátu je uzavírání komory hnětiče po jejím zaplnění míchanými složkami a vyvozování tlaku na míchanou směs, aby nevystupovala nad rotory mimo oblast jejich otáčení a nezvedala se do hrdla plnicí násypky.

Používat větších tlaků při míchání se dříve nedoporučovalo z důvodu většího tření směsí a prášení sazí nebo jiných práškových přísad, netěsnostmi kolem rotorů a spodního uzávěru. Standardní hnětiče pracovaly při specifickém tlaku horního uzávěru 0,055 - 0,095 MPa. U moderních, vysoce výkonných hnětičů se nyní používá tlaků 0,4 - 0,7 MPa pro správný průběh míchání je třeba vyvodit takové tlaky, aby bylo dosaženo určité rovnováhy mezi tuhostí směsi, zaplněním komory hnětiče, otáčkami a tlakem. Pro tuhé směsi je důležitější tlak. Při nižším tlaku se tuhá směs zvedá nad rotory a dostává se tak do neúčinného prostoru. Zvláště při zvýšení rychlosti otáčení rotorů se zvětšuje síla působící proti vrchnímu uzávěru a jestliže tato síla není v rovnováze s přítlačnou silou, uzávěr se poněkud nazvedne, materiál zaujme volný prostor a zvětší se prokluzování ve štěrbině mezi rotory a stěnou komory v zónách největších deformací. Naproti tomu u měkkých směsí jsou důležitější otáčky. Směs snáze teče mezi stěnou komory a hřbety rotorů a stačí poměrně malá síla, aby se směs udržela v míchací komoře. Vyššími otáčkami se vyvozují takové smykové síly, které stačí rychle dispergovat přísady. Příliš velké tlaky jsou naopak u některých směsí nevýhodné, neboť směs přilne k rotorům, nedostatečně se převrací a míchá.

Má-li se využít velkých tlaků v komoře hnětiče, je nutno hřídele rotorů dokonale utěsnit účinnými prachovými ucpávkami, které zamezí znečišťování ovzduší sazemi a jinými práškovými přísadami. Rovněž násypka musí být vybavena účinným odsáváním.

5.2.2.3 *Míchací postupy*

Míchacím postupem se rozumí pořadí přidávání přísad do komory hnětiče, počet přídavek a délka časových intervalů mezi přídávky. U starších typů hnětičů se při míchání běžně používají dělené míchací postupy, kdy se postupně přidávají kaučuky, plniva a různé přísady v určitých časových intervalech. Tento způsob práce je nutný z toho důvodu, že hnětiče byly vybavovány poměrně slabými motory, které nemohou překonat náporů při vmíchávání většího množství plniv najednou a saze se pro svoji malou objemovou váhu nemohou vejít do komory hnětiče v celkovém množství najednou. Plní se proto do hnětiče v oddělených

dávkách. Později si ještě ukážeme, že je možno část sazí přidat ke kaučuku do komory hnětiče a zbytek nad přítlačný klát. Mezerami mezi klátem a stěnami násypky saze postupně propadávají do komory a zvolna se vmíchávají.

Na začátku vmíchávání určité dávky dochází k nejintenzivnějšímu míchání, neboť komora je zaplněna nebo mírně přeplněna. Potom se podíl sazí nevmíchaných do kaučuku postupně snižuje a celkový objem směsi v komoře se zmenšuje. V konečném stadiu míchání jedné dávky plniva, kdy je již v podstatě vmíchána, snižuje se účinek rotorů podobně jako při míchání bez tlaku.

Takový periodický proces míchání se opakuje tolikrát, kolik jednotlivých dávek se plní do hnětiče. Obvykle bývají dvě, ale někdy také tři nebo čtyři, což závisí na množství a druhu plniva. Aby se dosáhlo lepší disperze přísad v kaučuku a menšího shlukování při postupném plnění přísad do hnětiče, doporučuje se dodržovat následující zásady:

- antioxidanty a tuhá změkčovadla přidávat na začátku míchání,
- materiály, které mají sklon k aglomeraci přidávat odděleně od změkčovadel,
- dispergátory přidávat před saze,
- aktivní saze přidávat před neaktivními,
- kapalná změkčovadla přidávat po sazích.

Doba přípravy směsí v pomaloběžných hnětičích s nízkým tlakem na horní uzávěr je při děleném míchacím postupu 8 - 15 min podle druhu směsi. Vývoj výkonných hnětičů vybavených silnými motory umožnil změnit také míchací postupy, zkrátit časové intervaly mezi jednotlivými dávkami, spojit několik materiálů do jedné dávky a využít možnosti současného přidávání všech přísad.

Nejprogresivnější jsou takové postupy, při kterých se do komory hnětiče naplní najednou všechny složky směsi, případně předsměsi "one - shot - mixing" nebo se do komory hnětiče předloží všechny složky směsi, naposled se přidá kaučuk a hnětič se pod tlakem uzavře, obrácený míchací postup "up - side - down". Změkčovadla se vstřikují pod tlakem 2,5 – 5,0 MPa, aniž by se uvolňoval tlak na horní uzávěr. Tím se maximálně využije značných smykových sil na počátku míchacího cyklu, kdy je kaučuk tuhý a účinnost míchání se během cyklu nesnižuje zdvižením horního uzávěru. Takto je možno zkrátit doby míchání na 2 - 4

min (základového systému). Nároky na těsnost spodního uzávěru a ucpávek jsou ovšem značné. Jednak dochází k velkým ztrátám rozprášením a k znečištění válcovny.

Vysoké produktivity při míchání v hnětičích je možno dosáhnout jedině současným využíváním vysokých tlaků, vysokých otáček rotorů a zdokonalením míchacích postupů. Další možnost zkrácení doby míchání základů je v uplatnění olej - sazových předsměsí. Takovým způsobem je možno zkrátit dobu míchání základů na 0,5 - 1 min. Ovšem v tomto případě je nezbytný bohatě dimenzovaný hnětič. Naproti tomu odpadají potíže s prášením sazí a výroba může být velmi čistá.

5.2.2.4 Teplota při míchání

S nástupem syntetických kaučuků a vývojem hnětičů s vyššími otáčkami a tlaky neustále rostou průměrné teploty směsí při míchání. Vynucuje si to jednak ekonomika přípravy směsí, a pro některé typy kaučukových směsí, např. z butylkaučuku, je vyšší teplota při zpracování výhodná i z hlediska mechanických vlastností vulkanizátů. Hlavně však jsou vysoké teploty při míchání důsledkem potíží s odvodem velkého množství tepla.

Vzhledem k tomu, že se při zpracování v hnětičích běžně dosahuje teplot 130 - 150°C a někdy i 180°C, je nutno k této skutečnosti přihlížet a používat takových míchacích postupů a takových přísad, které by krátkodobě vydržely tak vysoké teploty bez následků na zpracovatelnost směsi. Vysoké teploty při zpracování syntetických kaučuků spolu se stále širším použitím retortových sazí si vynutily vývoj nových typů urychlovačů se zpožděným účinkem.

I při použití těchto urychlovačů však záleží na teplotách při míchání a na pořadí přidávání všech přísad. Vysoká teplota při zpracování může ovlivnit navulkanizování směsí. Některé urychlovače se částečně znehodnocují a jejich účinnost se snižuje. U jiných typů se opět projeví tepelné historie tím, že se "spotřebuje" část indukční periody. Přitom je velmi důležitý čas, ve kterém je přidáván ZnO. Nejhorších fyzikálních hodnot se dosáhne, přidá-li se urychlovač na počátku míchacího cyklu a ZnO na konci. Takové směsi však jsou poměrně bezpečné při zpracování. Naproti tomu přidáním ZnO na počátku míchacího cyklu se získávají směsi náchylné k navulkanizování, vulkanizáty však mají nejlepší fyzikální vlastnosti.

Zavedením výkonných hnětičů a s nimi krátkých míchacích dob ustoupila otázka vmíchávání přísad v určitém pořadí do pozadí, neboť se stále více uplatňuje plnění všech složek najednou kromě vulkanizačních přísad. V moderních hnětičích a velkých válcovnách, zvláště v pneumatikárnách, se téměř výhradně míchá dvoustupňově či třístupňově. To znamená, že je zamíchán základní systém, obsahující vedle elastomeru všechny další složky receptury, kromě vulkanizačního systému. Základní systém je následně zpracován do tvaru plástů nebo pelet, co nejrychleji ochlazen a vysušen. Dále jde do zásobníků pro druhý stupeň míchání. Pro druhý stupeň se obvykle volí nižší otáčky a doba cyklu je podstatně kratší, takže teplota obvykle nepřekročí 120°C. Po skončení druhého stupně se hotová směs vychladí a když proběhne kontrola její kvality, jde nejčastěji přímo k dalšímu zpracování v linkách.

Pokud se míchá jednostupňově, přidávají se urychlovače a síra buď na dvouválcí pod hnětičem nebo odděleně jedna složka v hnětiči a jedna na dvouválcí (obvykle síra). Jen v některých případech, kdy teplota v hnětiči není příliš vysoká a směs není silně urychlena, je možno míchat kompletní směs v hnětiči a potom ji na dvouválcí krátce předchladit, rychle sřezat a dochladit v chladicí jednotce nebo ve vodě.

Při teplotách nad 140°C se u dělených míchacích postupů projevuje určité zhoršení disperze při krátkých míchacích cyklech. Při dávkování všech přísad najednou, kdy proces míchání kaučuku se saze začíná intenzivně ihned po přitlačení horního uzávěru a při nižších teplotách, k zhoršení disperze vlivem vyšší teploty směsi nedochází, neboť teplota vzrůstá, až na konci cyklu, kdy saze jsou rozetřeny a směs je prakticky hotová. Kromě toho při tomto způsobu míchání vznikají na počátku cyklu poměrně velmi tuhé sazové koncentráty, které se postupně smíchávají s kaučukem bohatou matricí, takže není nebezpečí malého smykového zatížení.

5.3 Hnětací stroje pracující diskontinuálně

Míchání směsí je na rozdíl od dvouválce do jisté míry automatické. Válce jsou zde nahrazeny dvěma profilovanými tělesy - hnětadly, která se otáčejí obvykle nestejnou rychlostí. Hlavní míchací účinek nastává mezi hnětadly a stěnou komory, kde v důsledku sbíhavého tvaru hnětadla ke stěně dochází k největšímu stříhovému účinku. Šířka štěrbin bývá 3 – 12 mm. Určitá světlost mezi hnětadlem a komorou je předpokladem míchání, velká světlost zhoršuje výkon a kvalitu směsi. Rozdílná rychlost otáčení obou hnětadel a jejich profil

umožňují neustálé převracení míchané směsi uvnitř pracovního prostoru ve všech směrech, což urychluje její homogenizaci.

Lze-li během míchání působit na zpracovávanou směs tlakem, potom mluvíme o hnětacím stroji tlakovém. V opačném případě se jedná o hnětací stroje beztlakové, které nepoužívají horního uzávěru a svou koncepcí se blíží koncepci těžkých míchacích strojů ramenových. Předností hnětacích strojů je maximální bezpečnost práce, velká výkonnost, možnost mechanizace až úplné automatizace pracovního cyklu a nerozptylování přísad do okolí atd.

Diskontinuálně pracující hnětací stroje lze v zásadě rozdělit podle:

1. smyslu otáčení hnětadel na:

a) Hnětací stroje jejichž hnětadla se otáčejí proti sobě a navzájem do sebe:

- nezasahují (hnětadla pracují s různou obvodovou rychlostí, tak je tomu např. u strojů fy Banbury, Werner-Pfleiderer, Buzuluk apod.),
- zasahují (hnětadla pracují se stejnou obvodovou rychlostí, tak jak tomu je u strojů fy Shaw).

b) Hnětací stroje jejichž hnětadla se otáčejí ve stejném smyslu. Tohoto principu využívá např. fy Kraus-Maffei

2. velikosti teoretického obsahu hnětací komory V_t se hnětací stroje dále dělí na stroje řady :

a) lehké ($60 \leq V_t \leq 90$ l)

b) střední ($160 \leq V_t \leq 190$ l)

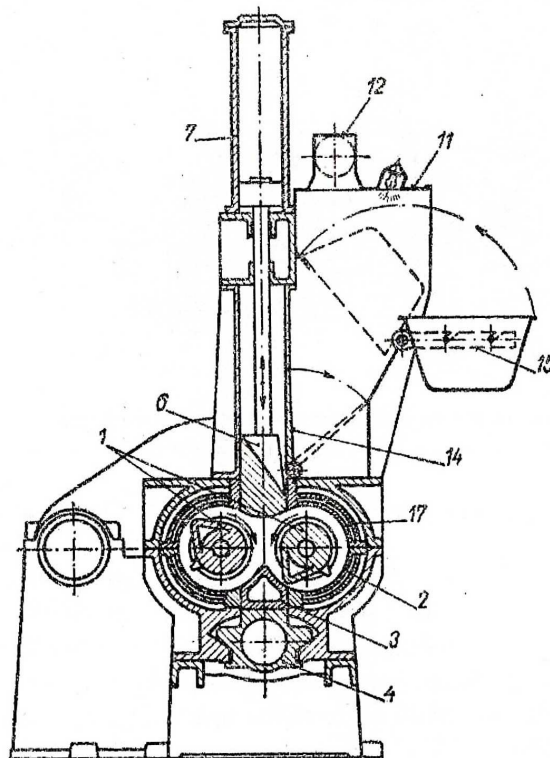
c) těžké ($250 \leq V_t \leq 600$ l)

V plastikářském průmyslu se plasty zpracovávají za vyšších teplot, hnětací stroje proto musí být vybaveny topným systémem. Naopak při zpracování kaučukových směsí musí být pracovní prostor intenzivně chlazen, při hnětení vzniká plasticou deformací tolik tepla, že by došlo k přehřátí gumárenské směsi až na vulkanizační teplotu. To by mělo za následek nastartování předčasné vulkanizace před potřebným technologickým zpracováním směsi.

5.3.1 Vybrané konstrukční řešení některých hnětacích strojů:

Konstrukční řešení stroje typu Banbury (Werner-Pfleiderer)

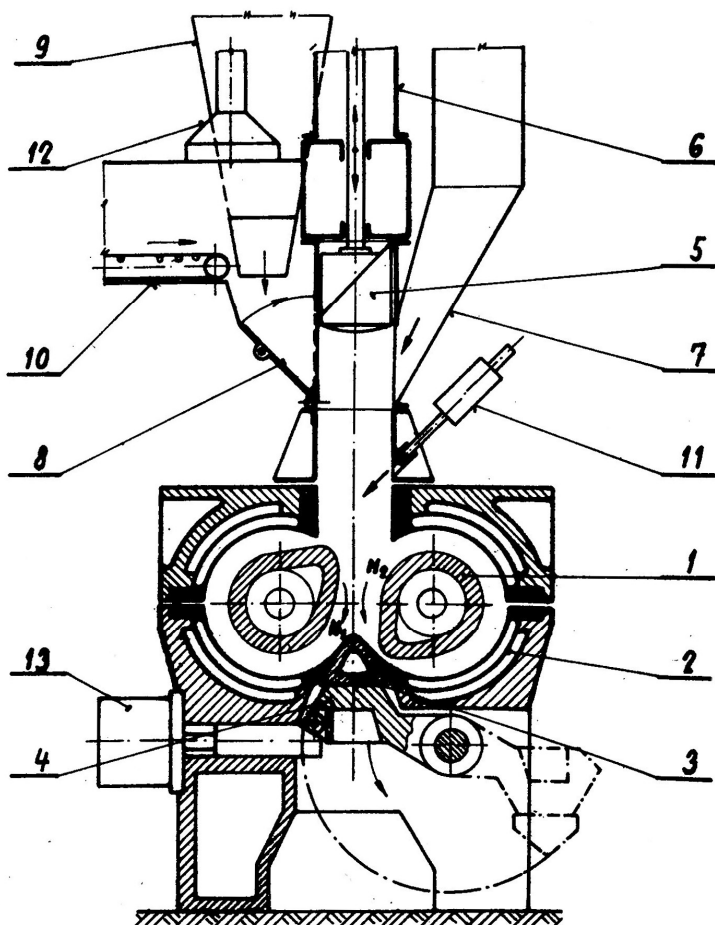
Hnětací komora je uzpůsobena pro přívod a odvod chladícího či topného média a je opatřena horním a spodním uzávěrem. Oba uzávěry jsou v daném případě ovládány pneumaticky. Horní uzávěr slouží k vyvozování potřebného přitlaku na zpracovávanou hmotu, který se pohybuje v rozmezí 0,5 - 1 MPa. Uvnitř hnětací komory se nachází hnětadla otáčející se proti sobě rychlostí 20 – 40 min⁻¹. Aby jedno z hnětadel vyhrnovalo v průběhu zpracovatelského cyklu hmotu z hnětadla druhého volí se poměr otáček $N_1:N_2 = 1:1,1$.



Obr. 3. Hnětací stroj typu Banbury (Werner-Pfleiderer)

1 – hnětadla, 2 – hnětací komora, 3 – spodní uzávěr, 4 – pneumatický válec, 6 – horní uzávěr, 7 – pneumatický válec, 11 – násypka, 12 – odsávací potrubí, 14 – klapka, 15 – výklopné, 17 – prostor pro temperovací médium

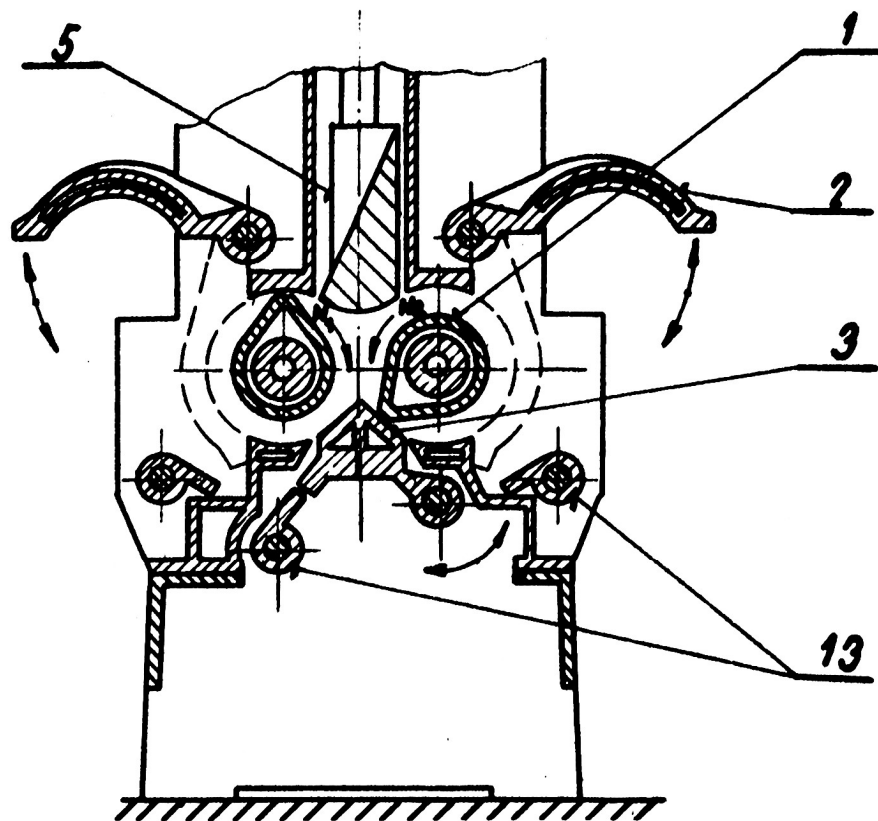
Konstrukční řešení hnětacího stroje typu Bandury se sklopným spodním uzávěrem



Obr. 4. Hnětací stroj typu Bandury se sklopným spodním uzávěrem

1 – hnětadla, 2 – hnětací komora, 3 – spodní sklopný uzávěr, 4 – rameno spodního sklopného uzávěru, 5 – horní uzávěr, 6 – pneumatický válec, 7, 9 – násypka, 8 – klapka, 10 – pásový dopravník, 11 – vstřikovací ústrojí, 12 – odsávání, 13 – hydraulický válec závory

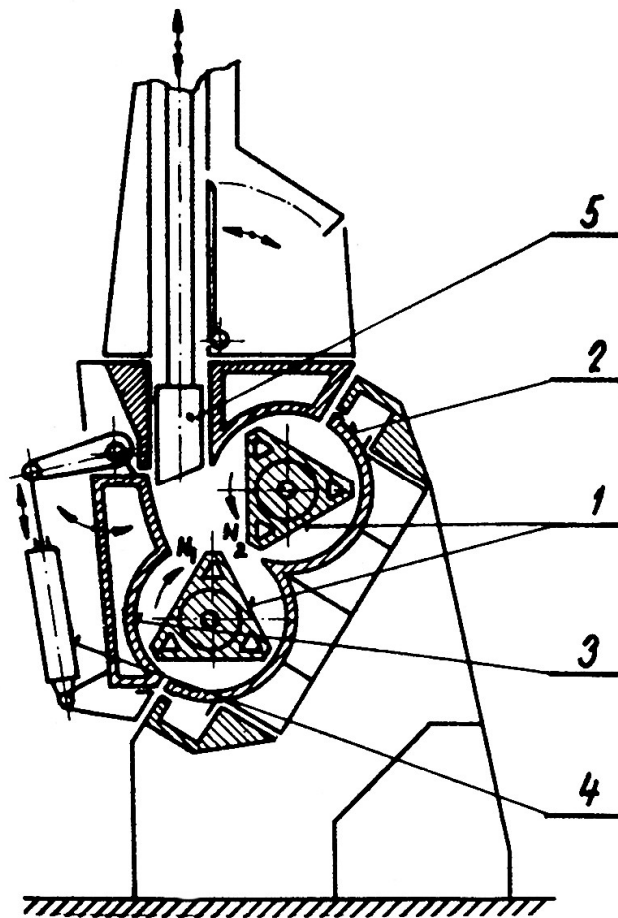
Konstrukční řešení hnětačího stroje se sklopným bočním uzávěrem



Obr. 5. Hnětačí stroj se sklopným bočním uzávěrem

1 – hnětačlá, 2 – hnětačí komora, 3 – boční sklopný uzávěr, 4 – hydraulický válec, 5 – horní uzávěr

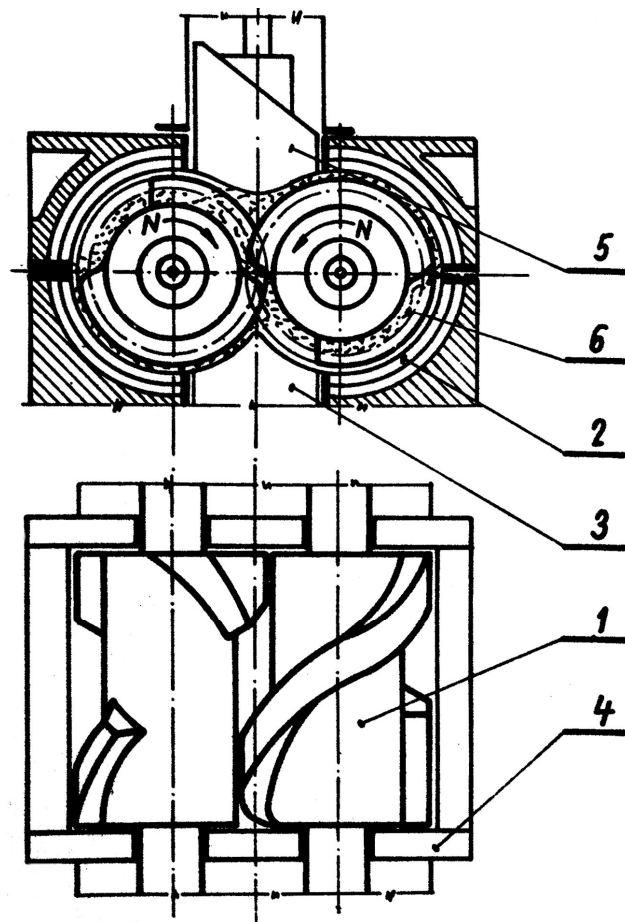
Konstrukční řešení hnětacího stroje se sklopným spodním uzávěrem a odklopnými stěnami (Comerio)



Obr. 6. Hnětací stroj se spodním uzávěrem a odklopnými stěnami (Comerio)

1 – hnětadla, 2 – odklopné části komory, 3 – spodní sklopný uzávěr, 4 – horní uzávěr, 13 – závory

Konstrukční řešení hnětacího stroje firmy Francis Shaw

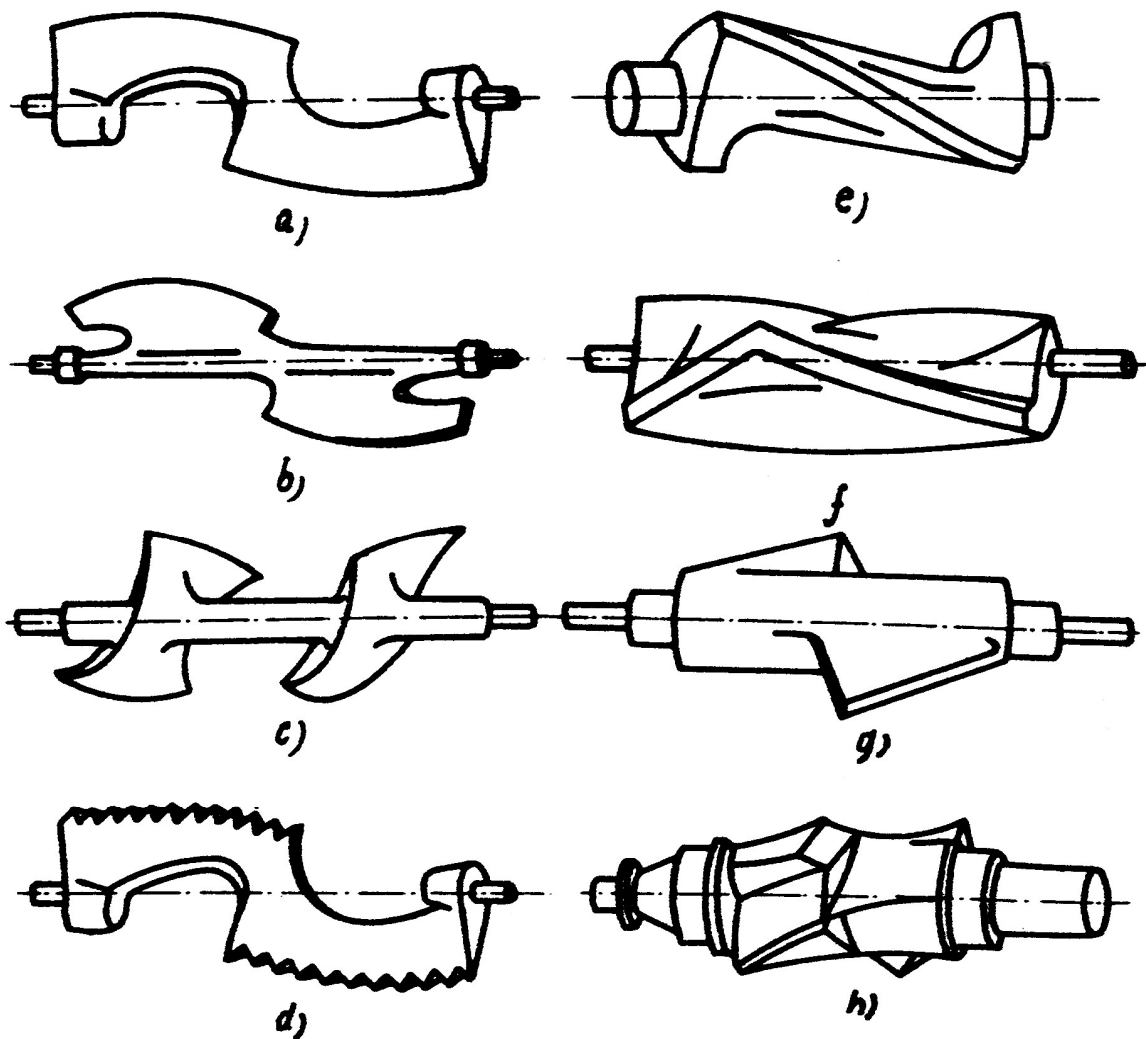


Obr. 7. Hnětací stroj firmy Francis Shaw

1 – hnětadla, 2 – hnětací komora, 3 – spodní uzávěr, 4 – bočnice, 5 – horní uzávěr, 6 – zpracovávaná směs

5.3.2 Konstrukční řešení hnětadel

Hnětadla bývají zhotovena ve tvaru šroubových ploch, jimiž je zpracovávaný materiál roztrán po vnitřním povrchu komory. Na každém hnětadle bývá jedna plocha pravochodá a druhá levochodá. Tím dochází k přemísťování materiálu i podél osy hnětadel. Na práci hnětadel má vliv jak vůle mezi hnětadly, tak vůle mezi stěnou hnětací komory a hnětadlem. Hnětadla jsou buď ocelová kovaná nebo litá z kokilové litiny. Za účelem zvýšení odolnosti proti opotřebení jsou mnohdy nejvíce namáhané hrany ocelových hnětadel navařovány tvrdým kovem - stelitem. Hnětadla jsou uložena pomocí kluzných nebo valivých ložisek, která jsou od hnětací komory oddělena ucpávkou.



Obr. 8. Typy míchadel a hnětadel

a, b, c, d, – míchadla

e, f, g, h, – obdobně hnětadla

a – jednoduché (standardní universální), b – dvoulopatkové, c – dvoulopatkové pro těžce zpracovatelné hmoty (u větších strojů), d – jednoduché pro zpracování vláknitých hmot

5.3.3 Konstrukční řešení míchacích komor

Míchací komory musí splňovat řadu kritérií, vyplývajících z jejich provozu. Míchací komora musí být dimenzována na pracovní tlaky vyvozené nejen od přítlačného klátu, ale i na tlaky vyvozené vlivem viskózně elastického chování míchaného materiálu, kterému je udílána energie od hnětadel. Vzhledem k povaze míchaného materiálu je kladena nemalá pozornost na povrchovou úpravu vně komory. Rám komory bývá odlit z ocelolity nebo bývá svařen z běžné oceli se zaručenou svařitelností.

Vnitřní část komory bývá vyvařována kvalitnějším materiálem, pro zvýšení odolnosti proti abrazi. Součástí komory je systém vrtaných nebo odlévaných kanálů sloužících k temperaci míchané směsi. Laboratorní hnětací komory bývají vzhledem ke svým menším rozměrům zhotoveny celé z kvalitnější tepelně zpracovatelné oceli a oceli tříd 17 nebo 19 (podle ČSN), tím odpadá problematika povrchových úprav v podobě vyvařování.

5.4 Hnětací stroje pracující kontinuálně

Snaha po zvýšení výkonů, automatizaci homogenizačního a plastikačního procesu, jakož i snaha po dosažení fyzikálně chemické jednotnosti poloproduktu vedla k návrhu hnětacích strojů pracujících kontinuálně. Jedná se o stroje pracující na principu vytlačovacích strojů šnekových, u nichž byly nejrůznějšími úpravami odstraněny některé nedostatky, jako např. nedostatečný hnětací výkon atd. Příčinu tohoto vývojového směru lze spatřovat zejména v jednoduchosti tvarování zamíchané směsi, prostřednictvím hubice, vytlačovací hlavy nebo možnosti peletizace při použití řezací hlavy.

Kontinuální hnětiče, zařazované do zpracovatelské linky, jsou většinou zásobovány diskontinuálně pracujícími míchačkami, např. fluidními, neboť dosud činí potíže přesné, rovnoměrné a kontrolovatelné dávkování malých množství práškovitých přísad.

6 ZÁVĚRY VYPLÝVAJÍCÍ ZE STUDIJNÍ ČÁSTI

Z prostudované literatury a získaných poznatků vyplývá, že navrhovaná komora hnětiče musí splňovat celou řadu technických podmínek. Hnětič je tedy zařízení k intenzivnímu míchání gumárenských surovin. Při intenzivním míchání dochází k otěru kontaktních ploch a disipaci tepla. Abychom mohli proces regulovat musíme mít možnost měnit hlavní vlivy podílející se na procesu míchání. Bylo zjištěno, že mezi tyto vlivy patří především: rychlost otáčení hnětadel, tlak při míchání, teplota při míchání, míchací postupy, celkové množství materiálu navažovaného do komory hnětiče, rychlost plnění a vyprazdňování hnětiče. Další vlivy, které jsou hůře regulovatelné a vážou se více k samotné koncepci stroje: světlost mezi hřbety rotorů a stěnami míchací komory (velikost štěrby), výkon elektromotoru a možnost jeho špičkového přetížení, tvar rotorů, počet křídel hnětadla a jejich zakřivení, apod.

Toto jsou základní předpoklady, které je nutno zvážit před samotným návrhem komory hnětiče.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 KONSTRUKČNÍ NÁVRH KOMORY HNĚTIČE

Konstrukce komory vychází z několika základních požadavků, které se odvíjí od jejího využití pro experimentální činnost v široké oblasti přípravy kaučukových směsí. V komoře se míchá vždy objem, potřebný pouze k vulkanizaci zkušební vzorku, není tedy potřeba míchat velké množství směsi. Aby bylo možno zkoumat všechny a nebo alespoň většinu vlivů podílejících se na výsledných vlastnostech zkušební vzorku z hlediska nejen chemického složení, ale také způsobu jeho přípravy, je nezbytné zvážit vlivy, které se přímo odvíjí od konstrukčního řešení komory.

Řešení komory také vychází ze základních funkčních rozměrů, které je nutno přejat z hnětiče, na který bude komora instalována.

Shrneme-li technické požadavky, dostaneme výchozí informace pro návrh komory:

a) Koncepce upínání komory

Hnětič má pevně danou rozteč hnětadel 60 mm. Přenos kroutícího momentu je realizován pomocí tvarového styku hnětadel a čtyřhranného pouzdra hnětiče. Upínání komory je zajištěno pomocí dvou šroubů M12 středěných na kolíky.

b) Délka komory 50mm

Budou-li použita hnětadla vyrobena na míru této komory, jejichž výrobu popisuje ve své bakalářské práci studentka Procesního inženýrství FT UTB Zlín, Zuzana Krečmerová, bude výsledný objem zamíchané směsi při šířce komory 50 mm cca 200 cm³. Tento objem by měl být dostatečný pro výrobu zkušebních vzorků a zároveň by měl splňovat nároky na výkon hnětiče.

c) Prosklená přední část komory

Vzhledem k požadavkům využití laboratorního hnětiče k různým experimentům a zkoumání procesu míchání je velmi výhodné, aby mohl být prostor komory vizuálně sledován. Proto byla přední část komory navržena z tvrzeného skla.

d) Temperace

Z důvodu nutnosti regulace teploty je nezbytné navrhnout účinný systém temperace. Míchaný materiál má při vstupu teplotu danou technologickým předpisem, teplota temperančního média bývá v našich podmínkách po celé míchání konstantní a je volena tak, aby se teplota míchané směsi po vstupu ustálila na optimální míchací teplotě.

e) Pneumaticky uzavíratelný klát

Původní řešení komory mělo klát upevněný pomocí dvou šroubů. Uzavírání a otevírání komory bude nyní řešeno pomocí dvojčinného pneumatického válce, na němž bude upevněn uzavírací klát. Díky tomuto řešení se stane otevírání a uzavírání rychlým a pohodlným. Další ještě důležitější předností tohoto řešení však bude jeho ochranná funkce, kdy takto uložený klát bude tlumit rázy a působit konstantním tlakem. Výhodou bude také jednoduchost regulace tlaku klátu seřízením regulačního ventilu válce.

8 POPIS STÁVAJÍCÍHO STROJE A POUŽÍVANÉHO ZAŘÍZENÍ

Používaný laboratorní míchací stroj Werner a Pfleiderer 1/0,5 s temperační jednotkou a přídatným měničem otáček slouží nyní k míchání směsí kaučuku. Naším úkolem bylo navrhnout k tomuto stroji vyměnitelnou část – komoru.

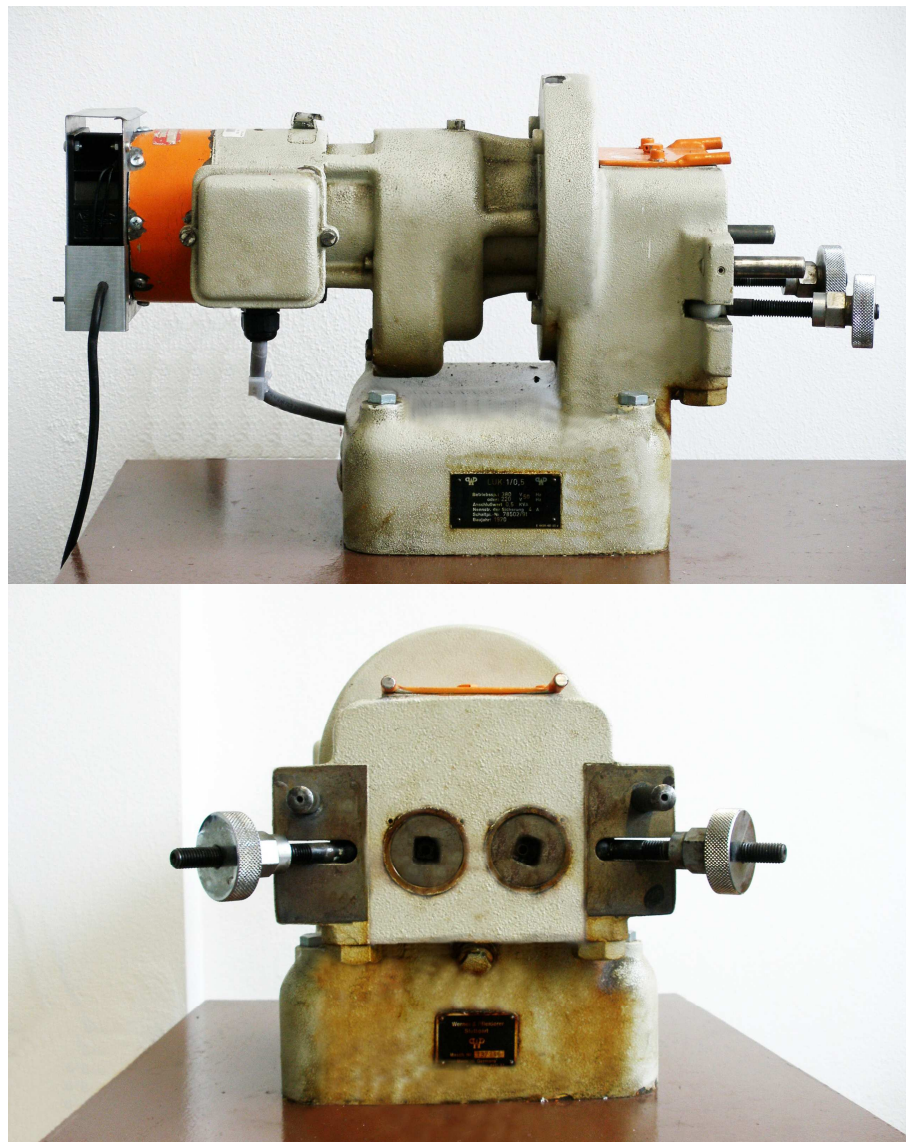
Charakteristické rozměry a výstupní parametry hnětiče:

Výkon : 500W

Výstupní otáčky bez el. regulace : 1 s^{-1}

Upínání hnětadla : čtyřhran 16x16

Upínání komory : Trny $\varnothing 15$, upínací šrouby M12



Obr. 9. Pohled na stroj Werner a Pfleiderer 1/0,5

8.1 Měnič

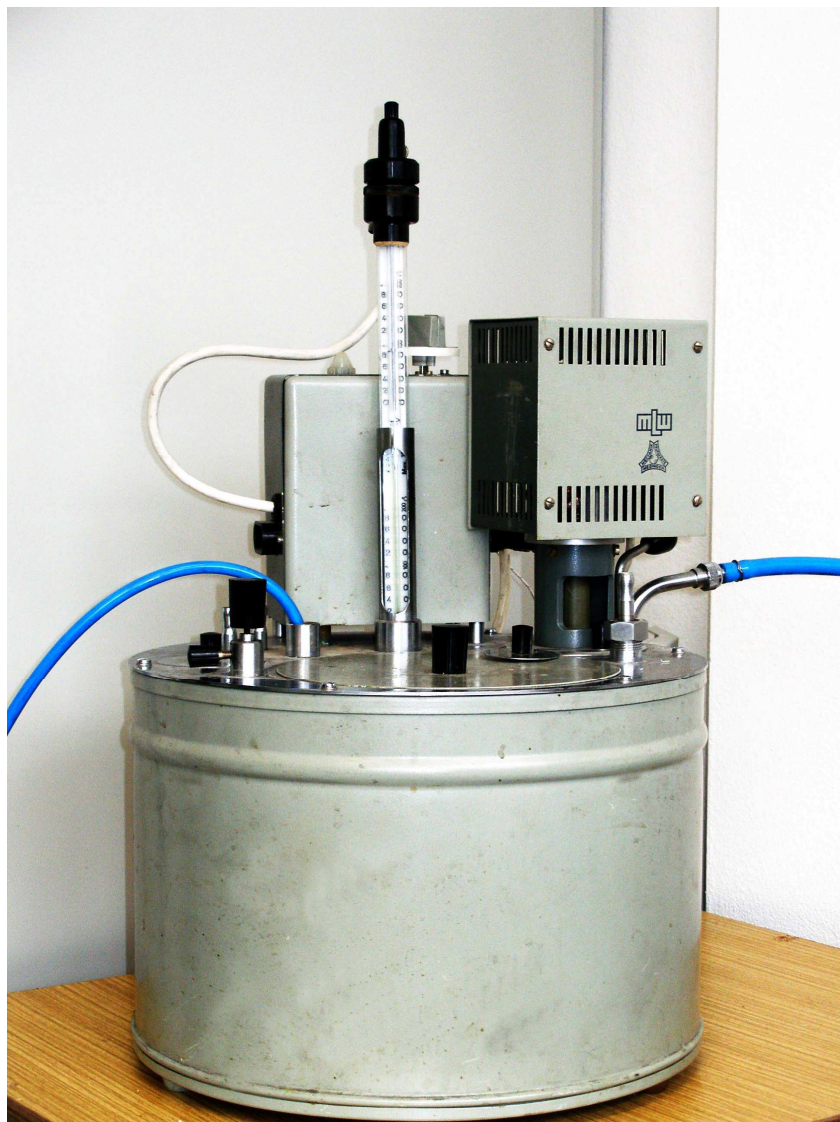
K laboratornímu míchacímu stroji je instalován frekvenční měnič firmy EDTS (electric drives & technology systems). Měnič je instalován v blízkosti laboratorního stroje. Umožňuje zapnout nebo vypnout motor a regulovat otáčky motoru.



Obr. 10. Frekvenční měnič firmy EDTS, spol. r.o.

8.2 Temperační jednotka

Je použita běžná laboratorní temperační jednotka, která se skládá z nádrže pro temperační medium, v našem případě je tímto médiem voda. Uvnitř nádrže je topná spirála, míchací zařízení a termostat sloužící k regulaci topné spirály. Daná jednotka tedy nemá chladicí zařízení a je s ní možno temperovat na nejnižší teploty, které jsou dány vlivem bilance odváděného tepla z komory hnětiče a ochlazování jednotky do okolí. Limitní je také teplota varu vody. Pro naše teplotní pásma je však tato temperační jednotka prozatím dostačující.



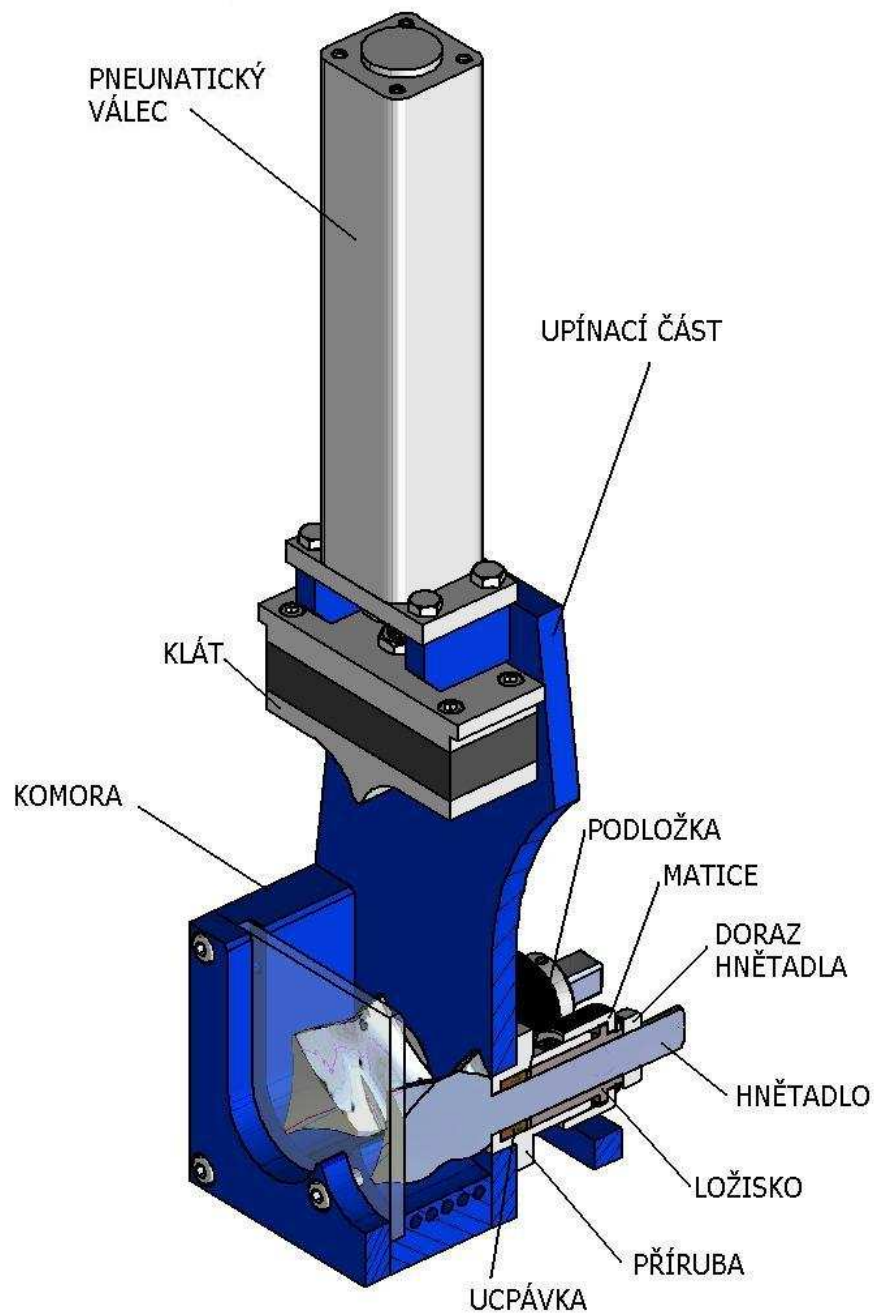
Obr. 11. Laboratorní temperační jednotka

9 POPIS NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Řešení nové míchací komory vychází z funkčních parametrů laboratorního hnětiče, návrh se také opírá o původní řešení míchací komory. Z tohoto řešení byl s drobnými úpravami přejat pouze systém uložení a utěsnění hnětadel. Tyto úpravy byly nezbytné, neboť původní hnětadla pro komoru délky 100mm byla uložena na dvou podporách. Čelo navržené komory bude prosklené. Z konstrukčních důvodů již není vhodné uložit ložiska do skleněné desky, proto volíme uložení hnětadel letmo. Toto řešení přináší i přes snížení vyložení hnětadel (komora pouze 50mm) vyšší nároky na únosnost ložisek, a proto byly upraveny jejich parametry.

Chlazení komory bude realizováno pomocí systému vrtaných chladících kanálů.

K uzavírání komory bude využito pracovní síly vyvozené pneumaticky. Vzhledem k dostupnosti tlakového vzduchu v dílnách i laboratořích je toto řešení ideální. Pneumatický pohon nabízí celou řadu již zmíněných předností. Jako nevýhodu můžeme považovat snad jen ekonomickou stránku a stránku bezpečnostní. Pro zvýšení bezpečnosti můžeme mezi pneumatický válec a zdroj tlakového vzduchu zapojit dva sériově řazené pružinou uzavírané ručně ovládané rozvaděče s logickou funkcí „a“, čímž zamezíme tomu, aby obsluha stroje nemohla při uzavírání vložit ruce do kritické zóny.



Obr. 12. Konstrukční řešení sestavy (s částečným řezem)

Při navrhování koncepce tvaru komory byl již návrh podroben jednoduchými pevnostními konstrukčními výpočty, takže v další části práce se již budeme zabývat pouze pevnostními kontrolami již navrženého řešení. Při pevnostní kontrole bude využito 3D modelu, který byl vytvořen v softwaru INVENTOR 6. Data budou importovány do softwaru SolidWorks 2006, ve kterém proběhne simulace zatížení daných součástí.

10 DIMENZOVÁNÍ A PEVNOSTNÍ KONTROLA

Tvar a použité materiály vychází z funkčních požadavků na zařízení (viz. kapitola 7. Konstrukční návrh komory hnětiče). Při dimenzování komory můžeme problematiku rozčlenit z hlediska tepelné bilance, mechanické napjatosti a teplotní napjatosti. Pro zjednodušení budeme ve výpočtech považovat komoru za teplotně homogenní těleso, kde teplotní difference mezi stěnou temperančního kanálu a stěnou komory bude zanedbatelná. Tímto odpadá problematika teplotní napjatosti. Mechanická napjatost dílů komory je závislá především na velikosti uzavírací síly klátu a na velikosti působícího kroutícího momentu hnětiče.

Zaměříme-li se na rotaci hnětadel a přenos kroutícího momentu, pak je zde několik problémů. Je třeba řešit uložení hnětadel, jejich utěsnění, přenos sil na komoru vlivem adheze míchané směsi, abrazivní účinky apod. Zdánlivě jednoduchou by se mohla zdát problematika dimenzování sil vzniklých od klátu, díváme-li se pouze na problém namáhání dílu „záda komory“. Jde zde o jednoduchý případ namáhání ohybem. Z pohledu namáhání dílu „komora“ je problém složitější - tlak na stěny komory není konstantní, neboť gumárenská směs není materiálem newtonským a její parametry se v průběhu míchání mění. Tyto vlivy budou zohledněny pouze součinitelem bezpečnosti. Dimenzování temperančního systému bude řešeno z pohledu jednoduché tepelné bilance.

Pevnostní analýzy byly zpracovány v softwaru Solid Works 2006

10.1 Volba pneumatického válce

Pro uzavírání komory použijeme běžný pneumatický válec z nabídky fy FESTO. S ohledem na uzavírací tlaky klátu používané v průmyslu volíme válec typu:

DNC-40-160-PPV

Základní parametry:

Zdvih : 160mm

Teoretická síla při ovládacím tlaku plynu 0,6 MPa, pohyb vpřed : 754 N

Teoretická síla při ovládacím tlaku plynu 0,6 MPa, pohyb vzad: 633 N

Pro pevnostní výpočty budeme uvažovat výpočtovou sílu $F = 1000\text{N}$, je to teoretická síla dána výrobcem při provozním tlaku zvětšená o 33% (součinitel bezpečnosti = 1,33).

10.2 Kontrola upínací části na ohyb

Z pohledu dimenzování se zde musíme zaměřit především na díl 02 ZÁDA KOMORY. Tato součást (jako celek svařence UPÍNACÍ ČÁST) bude namáhána především silou vyvozenou při uzavírání klátu pneumatickým válcem. Uchycení upínací části k rámu převodovky hnětiče (průměr upínacích čepů, upínací šrouby) není třeba kontrolovat, zjednodušeně řečeno je zatíženo pouze tíhou navrhovaného celku komory.

Vstupní parametry:

$$F = 1000\text{N}$$

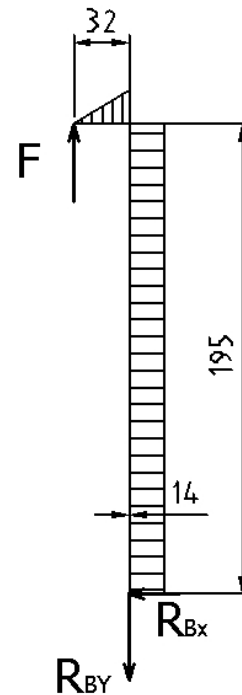
$$b = 120\text{mm}$$

$$h = 14\text{mm}$$

$$l = 195\text{mm}$$

$$v = 32\text{mm}$$

$$\text{mat.} = 15\ 230 \text{ dle } \check{C}\text{SN} (R_{e\ \min} = 835\text{MPa})$$



Obr. 13. Uvolněné těleso s vyznačeným působením sil, které vyvolávají zázorněný ohybový moment

Rovnice statické rovnováhy můžeme psát jako:

$$\sum_i^n F_{i,x} = 0 \rightarrow -R_{Bx} = 0 \quad (1)$$

$$\sum_i^n F_{i,y} = 0 \rightarrow R_{By} = F \quad (2)$$

$$\sum_i^n M_{i,r} = 0 \quad (3)$$

Pro velikost ohybového momentu platí:

$$M = F \cdot v \rightarrow M = 32000 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (4)$$

kde:

F – maximální výpočtová síla od pneumatického válce [N]

v – vyložení [mm]

l – výška [mm]

Velikost ohybového napětí stanovíme:

$$\sigma_{o \max} = \frac{M}{W_o} = \frac{M}{\frac{1}{6}bh^2} = \frac{32000}{\frac{1}{6} \cdot 120 \cdot 14^2} = 8,16 \text{ MPa} \leq \sigma_{Do} \quad (5)$$

kde:

M – ohybový moment [N.mm]

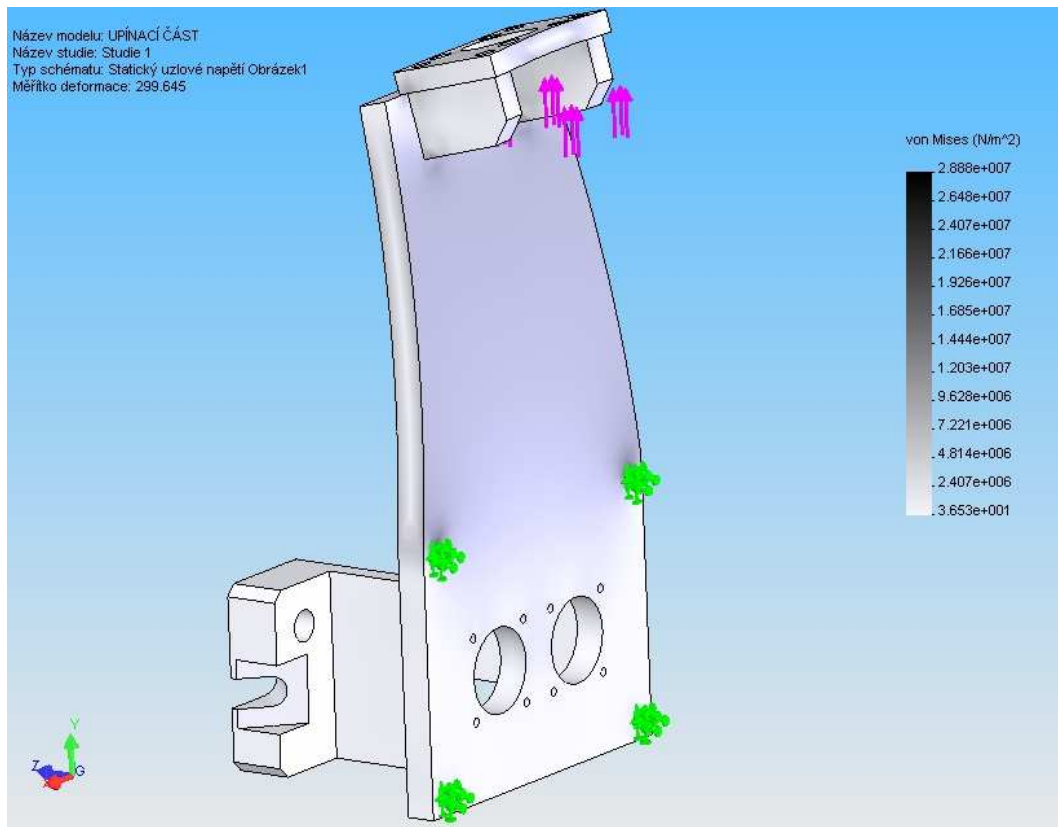
h – tloušťka profilu [mm]

b – šířka profilu [mm]

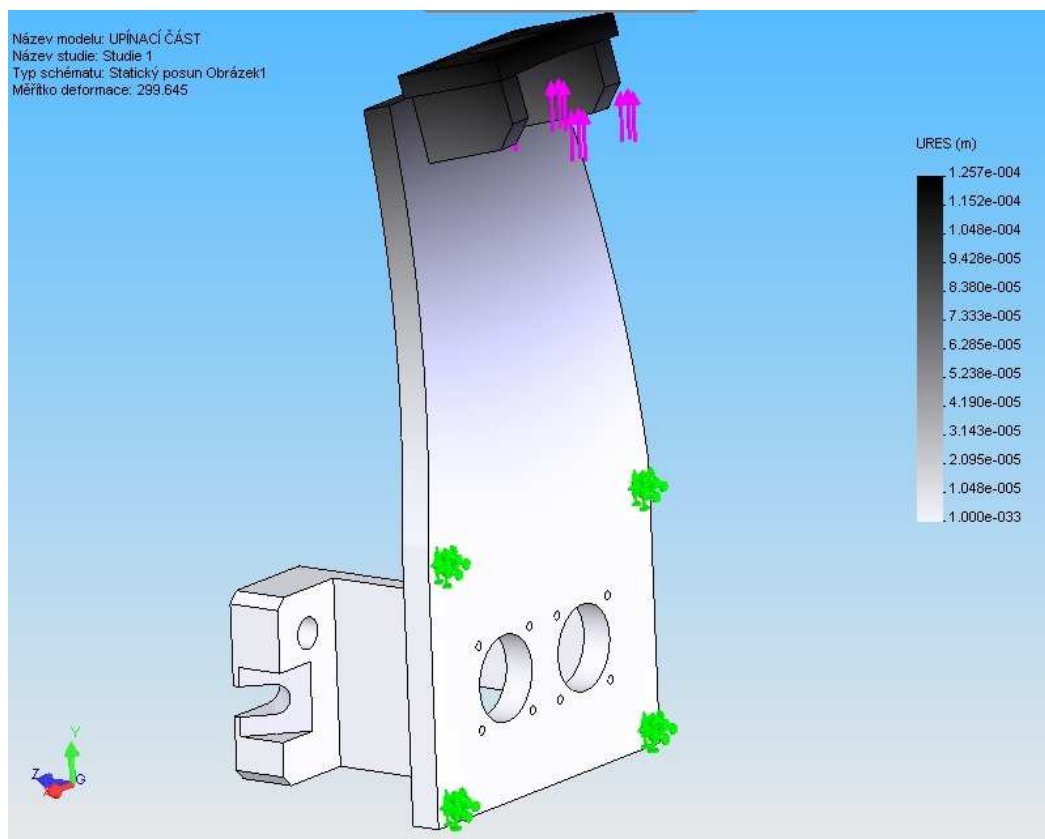
σ_o – ohybové napětí [MPa]

σ_{Do} – dovolené namáhání v ohybu

W_o – kvadratický moment průřezu v ohybu [mm³]



Obr. 14. Napětí vyvolané od uzavírací síly pneumatického válce



Obr. 15. Deformace vyvolaná uzavírací silou pneumatického válce

Po provedení simulace můžeme srovnat získané údaje s výsledky, kterých jsme dosáhli z jednoduchého výpočtu kontroly dílu záda komory na ohyb. Maximální simulací zjištěné srovnávací napětí je rovno 28,8 MPa, toto napětí působí v místech uložení. Při reálném uchycení by tato napěťová špička nevznikla. Podíváme-li se na průběh napětí po tělese, je patrné, že skutečné vypovídající napětí se pohybuje kolem 7,5 MPa, což je srovnatelné s vypočteným. Závěrem můžeme konstatovat, že dané těleso vyhovuje pevnostní podmínce.

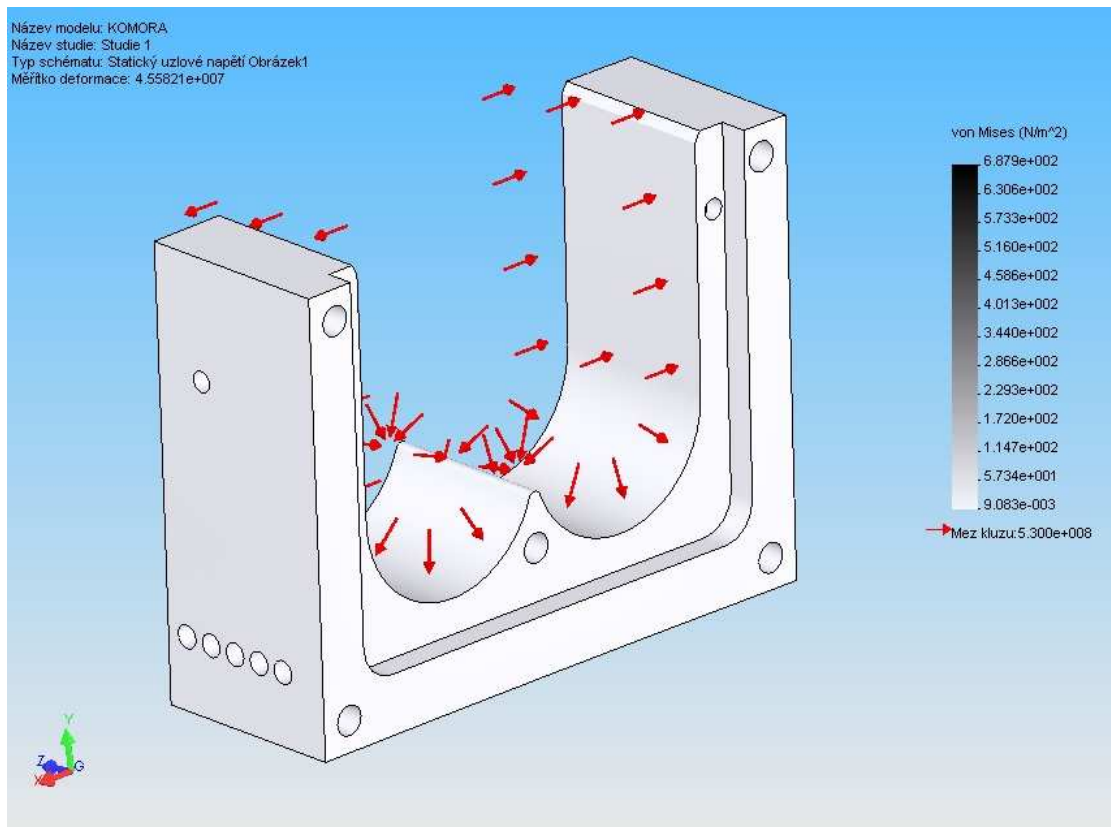
10.3 Komora hnětiče

Při návrhu jsme záměrně předimenzovali komoru hnětiče, abychom zabránili kolizi chladících kanálů s otvory pro upínací šrouby. Zvýšená mohutnost komory bude mít za následek stabilnější průběh teploty z důvodu zvýšené schopnosti akumulace.

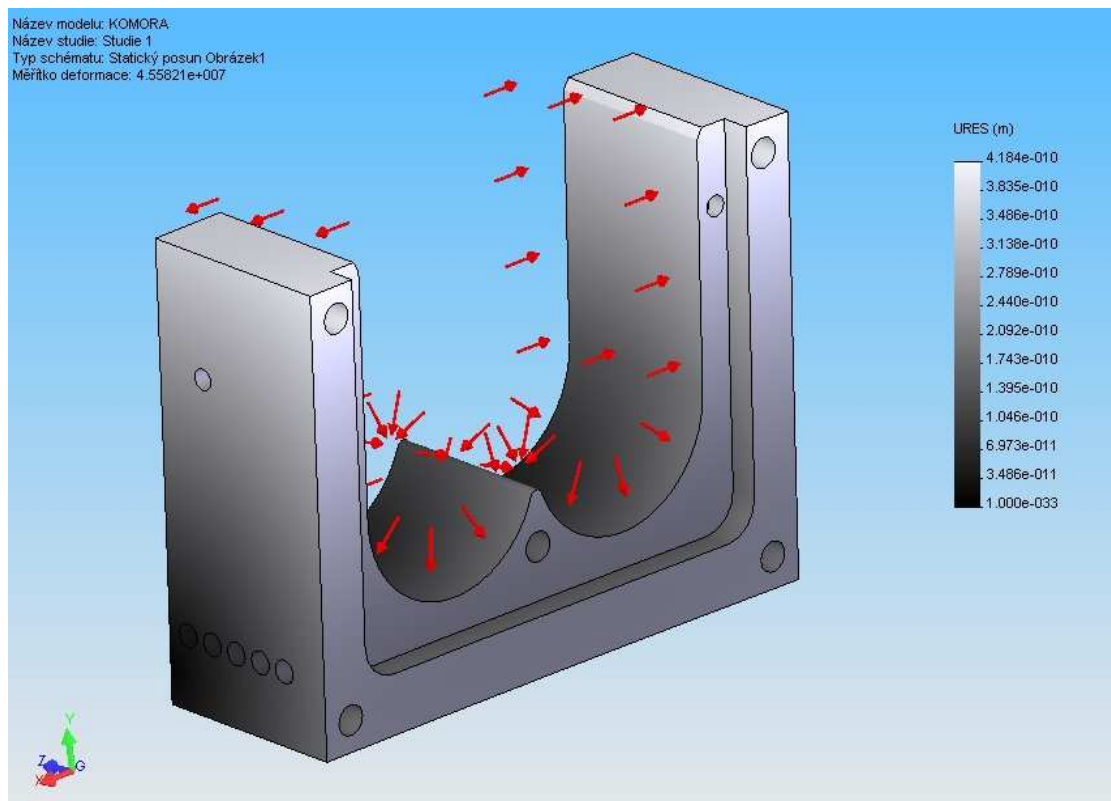
Pro výrobu komory bude použit materiál 17 024 (podle ČSN), tento materiál odolává korozi, otěru a některým zředěným organickým kyselinám. Jeho minimální pevnost v kluzu je 490 MPa, maximální tvrdost 229 HB.

10.3.1 Pevnostní kontrola komory hnětiče – zatížení spojitým tlakem

Pro kontrolu namáhání byla provedena simulace zatížení komory, kdy zatěžujícím parametrem byl spojitý tlak (0,167 MPa) vyvozen pneumatickým válcem na plochu klátu (v COSMOS Works 2006 zjednodušující předpoklad, komora zaplněna newtonskou kapalinou). Při simulaci modelu bylo bráno v úvahu pouze uložení pomocí válcových kolíků a model tedy ukazuje nejnepříznivější situaci, kdy jsou třecí síly od uložení pěti šrouby M8 nulové. Výsledky simulace nebyly nikterak překvapivé, komora vykazuje dostatečné pevnostní rezervy.



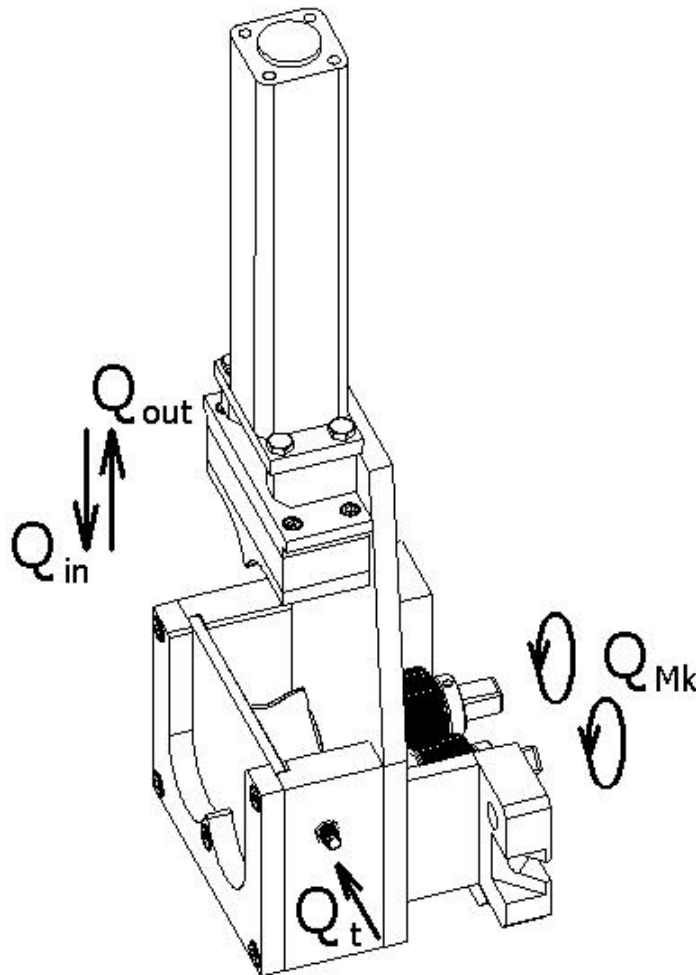
Obr. 16. Napětí vyvolané působením spojitého tlaku uvnitř komory



Obr. 17. Deformace vyvolaná působením spojitého tlaku uvnitř komory

10.3.2 Temperace komory – bilance tepelného toku

Zjednodušeně a bez velkého zkreslení můžeme definovat tepelnou bilanci hnětiče na základě známých principů (zachování energie) uvedených ve schématu. Do procesu vstupuje teplo akumulované v míchaných gumárenských surovinách a kaučucích, teplo vznikající v procesu míchání přeměnou mechanické energie pohonu a teplo z temperačního zařízení. Tyto tepelné toky se bilančně rovnají tepelnému toku odváděnému při chlazení zařízení na míchací teplotu a teplotu v namíchané gumárenské směsi.



Obr. 18. Bilancované tepla komory hnětiče

Bilanci tepelného toku $\Sigma \dot{Q} = 0$ lze popsat po úpravě následující rovnicí:

$$\dot{Q}_{in} + \dot{Q}_t + \dot{Q}_{Mk} = \dot{Q}_{out} + \frac{dQ}{d\tau} \quad (6)$$

kde:

\dot{Q}_{in} - tepelný tok ve zpracovávaném materiálu [W]

\dot{Q}_t - tepelný tok z temperančního zařízení [W]

\dot{Q}_{Mk} - tepelný tok vznikající při dynamickém namáhání materiálu (disipace) [W]

\dot{Q}_{out} - tepelný tok odvedený ve výrobcích (gumárenské směsi) [W]

$\frac{dQ}{d\tau}$ - tepelný gradient [W]

τ - čas [s]

Rozbor jednotlivých složek tepla pak lze popsat:

Pro teplotní tok v míchaných surovinách platí:

$$\dot{Q}_{in} = \sum c_i \cdot \dot{m}_i \cdot t_i \quad (7)$$

kde:

c_i – střední měrná tepelná kapacita surovin [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

\dot{m}_i – hmotnostní tok jednotlivých surovin [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

t_i – teplota surovin [K]

Tepelný tok pro temperaci hnětiče:

$$\dot{Q}_t = \dot{m} \cdot c_p \cdot \frac{dt}{\tau} \quad (8)$$

kde:

c_p – střední měrná tepelná kapacita temperačního média [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

\dot{m} – hmotnostní tok [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

$\frac{dt}{d\tau}$ – změna teploty temperačního média s časem [$\text{K} \cdot \text{s}^{-1}$]

Tepelný tok vznikající v hnětiči při míchání z kroutícího momentu pohonu hnětadel je úměrný výkonu hnětadel:

$$\dot{Q}_{Mk} = k \cdot P \quad (9)$$

$$\dot{Q}_{Mk} = k \cdot F_{Mk} \cdot r \cdot \omega \quad (10)$$

kde:

P – výkon pohonu hnětadel [W]

F_{Mk} – síla působící na hnětadla od kroutícího momentu [N]

r – těžiště sil hnětadel [m]

k – součinitel účinnosti [-]

ω – úhlová rychlost [s^{-1}]

Tepelný tok gumárenské směsi:

$$\dot{Q}_{out} = c_{es} \cdot \dot{m}_{es} \cdot t_{out} \quad (11)$$

kde:

c_{es} – střední měrná tepelná kapacita gumárenské směsi [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

\dot{m}_{es} – hmotnostní tok gumárenské směsi [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

t_{out} – teplota (vypouštěcí) gumárenské směsi [K]

System temperace komory je navržen na základě zkušeností a ověřen zjednodušenou úvahou, vycházející ze vztahu (8). Jako rozdíl teplot na vstupu a výstupu temperačního média budeme uvažovat pouhé 3°K, což by mohlo vypovídat o šířce pásma, ve kterém se bude v ustáleném čase pohybovat teplota komory.

$$P = 500 \text{ W}$$

$$\dot{m} = 0,05 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$c_p = 4,21 \cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Teplo předané či odebrané komoře se rovná:

$$\dot{Q}_t = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t = 0,05 \cdot 4210 \cdot 3 = 631,5 \text{ W} \quad (12)$$

kde:

Δt - rozdíl teplot [K]

\dot{m} – hmotnostní průtok [kg.s⁻¹]

c_p – měrná tepelná kapacita vody při 90°C [J.kg⁻¹.K⁻¹]

P – výkon hnětiče [W]

Z uvedených čísel je patrné, že i při minimálním rozdílu teplot média na vstupu a výstupu budeme disponovat dostatečným výkonem, který by například postačil na uchlazení maximální disipační práce vzniklé při míchání. Přesněji bychom mohli vypočítat výkon potřebný k temperaci jako prostup tepla z míchané směsi skrz stěnu komory do temperačního média, pro tento výpočet neznáme všechny parametry, a tak se do konkrétnějších výpočtů tepelné bilance nebudeme pouštět.

10.4 Spojení komory a upínací části

Co se spojení komory a upínací části týká, již na první pohled není třeba se pouštět do výpočtů. Můžeme tvrdit, že na spojení působí pouze síla od klátu (ve střižné rovině) a tlak směsi jím vyvozený (v normální rovině). Střižná síla, která namáhá ustavovací válcové kolíky na střiž, má maximální hodnotu i z bezpečností 1000 N pevnost kolíků je $\tau = 65 \text{ MPa}$, z čeho vyplývá, že by postačila plocha $15,4 \text{ mm}^2$ ($\tau = F/S$). Při kontrole pěti šroubů M8 bychom s výpočtem dopadli ještě lépe.

10.5 Kontrola hnětadla na kombinované namáhání

Při zatížení hnětadla budeme uvažovat celou výpočtovou sílu od pneumatického válce, neboť při uzavírání by mohlo dojít k tomuto krajnímu stavu, kdy veškerý tlak bude působit pouze na jedno z hnětadel. Normálové síly na hnětadlo vyvolané vlivem smykových sil při nerovnoměrném zaplnění komory, jsou závislé na vlastnostech míchaného materiálu a velikosti přítlačné síly klátu a jejich velikost je těžce stanovitelná. Ve výpočtu budou tyto síly pomyslně zahrnuty v nadsazeném zatížení jednoho hnětadla. Celkové napětí hnětadla je tedy vyvoláno působením výpočtové síly pouze na jedno z hnětadel a kroučícím momentem hnětiče, zmenšeným o účinnost převodovky, který působí taktéž na zatížené hnětadlo.

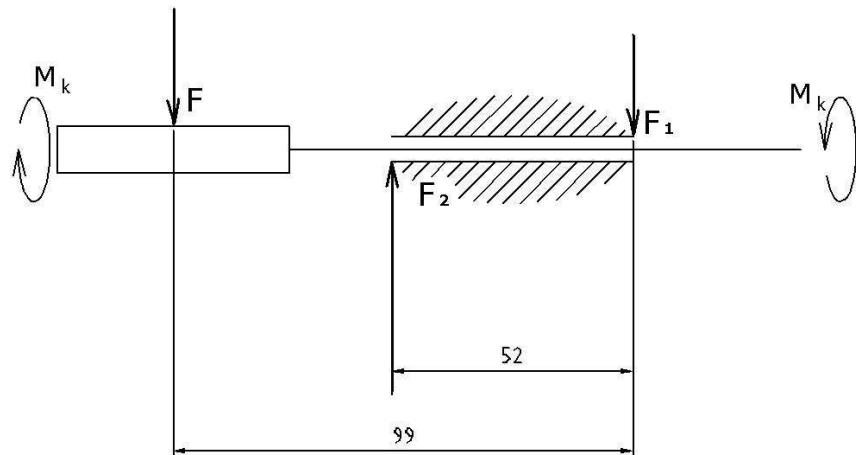
Vstupní parametry:

$$P = 500\text{W}$$

$$\xi = 0,96$$

$$n = 1\text{ s}^{-1}$$

$$F = 1000\text{N}$$



Obr. 19. Pohled na uvolněné hnětadlo

Rovnice statické rovnováhy můžeme psát jako:

$$\sum_i^n F_{i,y} = 0 \rightarrow F + F_1 - F_2 = 0 \quad (13)$$

$$\sum_i^n M_{i,x_1} = 0 \rightarrow M_1 = L \cdot F_2 - F \cdot x \quad (14)$$

Poté můžeme vyjádřit síly působící v reakcích:

$$F_2 = \frac{F \cdot x}{L} = \frac{1000 \cdot 99}{52} = 1903,85\text{N} \quad (15)$$

$$F + F_1 - F_2 = 0 \rightarrow F_1 = F_2 - F = 1903,85 - 1000 = 903,85\text{N} \quad (16)$$

kde:

F – maximální výpočtová síla od pneumatického válce [N]

F_1, F_2 – reakční síly v podporách [N]

L – šířka ložiska [mm]

x – vzdálenost mezi silou F a F_1 [mm]

Maximální ohybový moment se rovná:

$$M_{o\max} = F_2 \cdot L = 1903,85 \cdot 52 = 99000 \text{ Nmm} \quad (17)$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} = \frac{M_{o\max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{99000}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 126,1 \text{ MPa} \quad (18)$$

kde:

σ_o - ohybové napětí [MPa]

W_o – kvadratický moment průřezu v ohybu [mm^3]

Maximální kroutící moment můžeme spočítat z výkonu a otáček hnětiče:

$$M_k = \frac{P \cdot \xi}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{500 \cdot 0,96}{2 \pi \cdot 1} = 76,39 \text{ Nm} \approx 76390 \text{ Nmm} \quad (19)$$

kde:

P – výkon hnětiče [W]

ξ - účinnost hnětiče [-]

n – otáčky hnětiče [$\text{ot} \cdot \text{s}^{-1}$]

Napětí v krutu:

$$\tau_k = \frac{M_K}{W_K} = \frac{M_K}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{76390}{\frac{\pi \cdot 20^3}{16}} = 48,6 \text{ MPa} \quad (20)$$

kde:

τ_k – napětí v krutu [MPa]

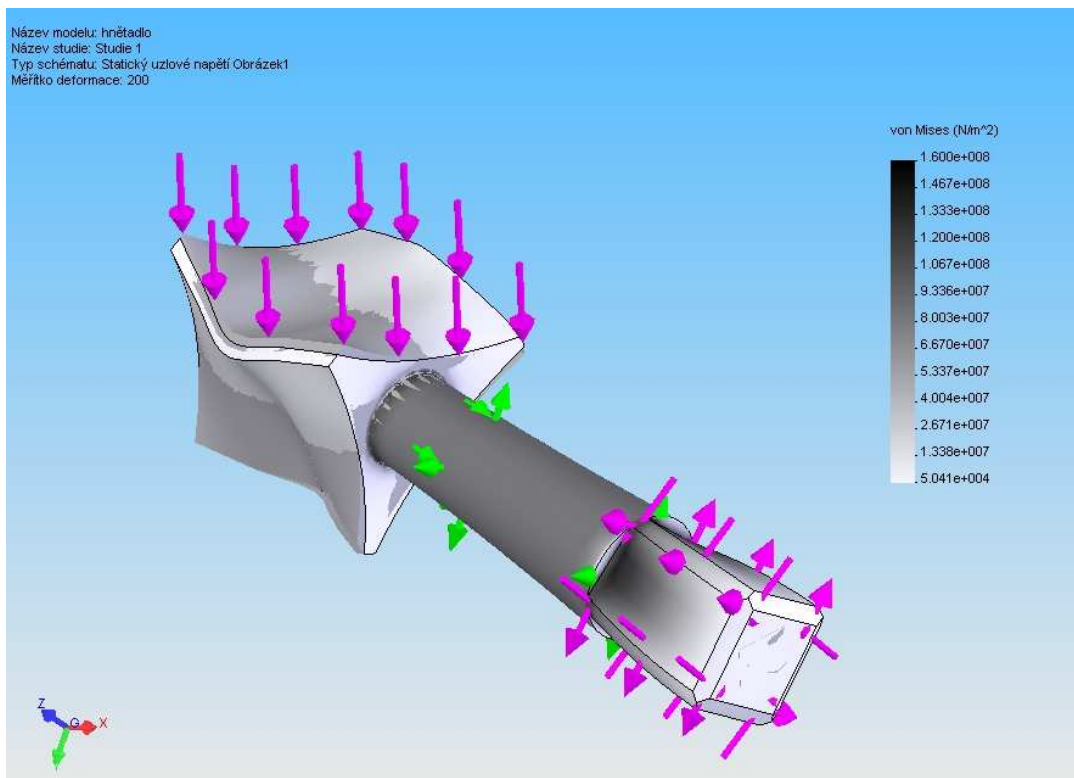
W_k – kvadratický moment průřezu v krutu [mm³]

d – průměr hnětadla [mm]

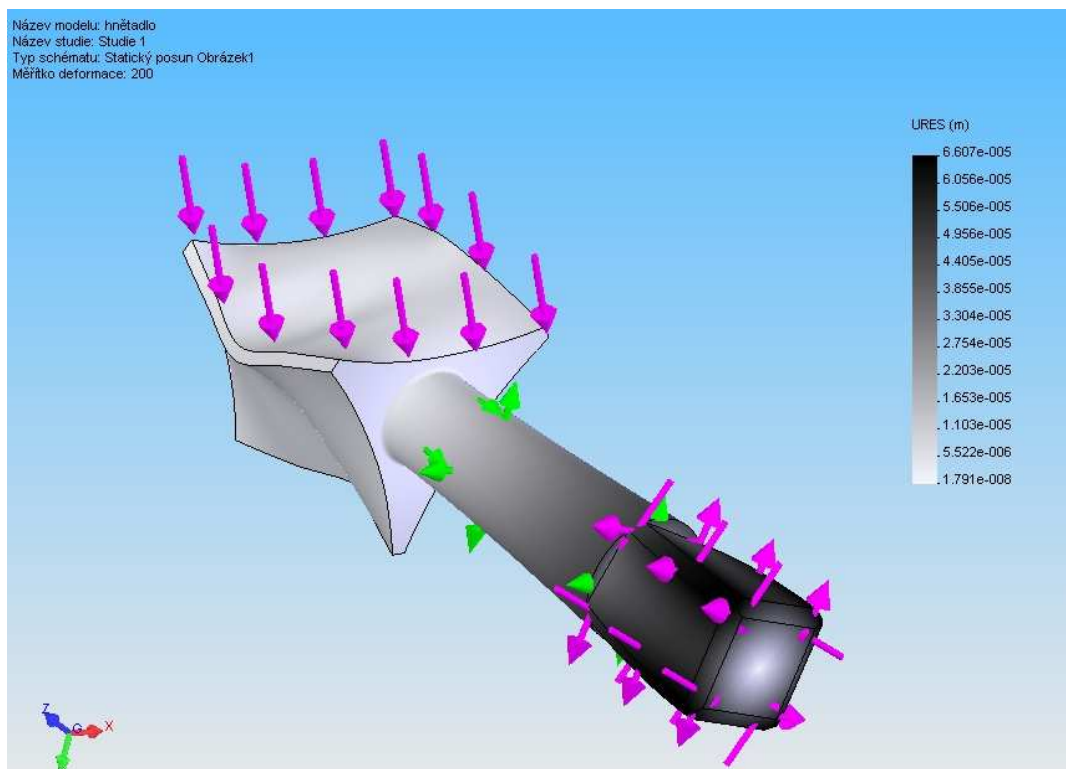
Redukované napětí je rovno:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{126,1^2 + 3 \cdot 48,6^2} = 151,6 \text{ MPa} \quad (21)$$

Vzhledem k používaným materiálům hnětadel s vysokou pevností v tahu lze toto mezní napětí 151,6 Mpa střídavým namáháním považovat za přípustné. V COSMOS Works vyšlo namáhání součásti velmi podobně.



Obr. 20. Napětí hnětadla



Obr. 21. Deformace hnětadla

10.6 Kontrola ložiska na otláčení

Na ložisko působí reakční síly hnětadla. Proto při kontrolním výpočtu použijeme jako zatěžující síly F_1 a F_2 .

Vstupní parametry:

$$L = 52\text{mm}$$

$$D = 20\text{mm}$$

$$x = 99\text{ mm}$$

$$F = 1000\text{N}$$

Ze statické rovnováhy (vycházející z výpočtu hnětadel rovnice 13, 14) :

$$F_1 = 903,85\text{N}$$

$$F_2 = 1903,85\text{N}$$

Zjednodušeně můžeme psát, že měrný tlak na ložisko je roven:

$$p_{\max} = \frac{F_1 + F_2}{S} = \frac{F_1 + F_2}{d \cdot L} = \frac{903,85 + 1903,85}{20,52} = 2,70 \text{ MPa} \quad (22)$$

kde:

d – průměr hnětadla [mm]

L – délka ložiska [mm]

S – nosná plocha ložiska [mm²]

10.7 Shrnutí výsledků kapitoly dimenzování a pevnostní kontrola

Navržené komponenty celku byly podrobeny výpočtům. Výpočty vycházely z maximálního zatížení, kterému by mohl být prvek vystaven při chodu hnětiče. Při výpočtu některých komponent bylo ještě pro kontrolu využito analýzy pomocí softwaru Solid Works 2006 (nástavba COSMOS Works 2006). Výsledky výpočtů se téměř shodují s analýzou a pohybují se v dovolených mezích.

Navržená temperace komory bude poskytovat dostatečnou možnost regulace teploty míchané směsi.

ZÁVĚR

Na základě parametrů stávajícího hnětiče byla navržena nová komora. Nová komora laboratorního hnětiče je konstruována pro míchání směsi o hmotnosti do 0,2 kg. Toto množství je dostačující pro výrobu zkušebních vzorků. Díky zmenšení míchaného objemu snižujeme nároky na výkon hnětiče. Původní komora byla konstruována na dvojnásobné množství směsi. Laboratorní hnětič je vybaven pevnou převodovkou, a za předpokladu využití plného výkonu motoru byl výkon pro hnětič dostatečný. Na původní hnětič je však použita elektronická regulace otáček, s klesajícími otáčkami i přes použití moderního měniče klesá i výkon na motoru. Díky tomuto způsobu regulace neplatí jako u klasických pevných převodů, že při snížení otáček dojde k úměrnému nárůstu kroutícího momentu, neboť klesá výkon.

Díky tomuto zmenšení komory by měl mít hnětič výkonovou rezervu. Tato rezerva bude využita právě při regulaci otáček, ale také při hledání optima uzavírací síly pneumatickým válcem. Tento způsob uzavírání by měl zefektivnit míchací proces, vést ke zkrácení míchacích časů a zvýšení homogenity míchaného vzorku.

Řešení ložisek a ucpávek bylo s drobnými úpravami převzato z původního odzkoušeného řešení, pozměněna byla délka ložisek, kdy byl lépe využit prostor pro nutné zvýšení jejich únosnosti.

Výsledkem bakalářské práce je tedy kompletní 3D model tohoto řešení a soubor výkresů, podle nichž je plánováno zadání požadavku pro výrobu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OTT, R., *Stroje a zařízení v gumárenské a plastikářské technologii I* [Skripta]. Praha: SNTL, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická se sídlem v Gottwaldově, 1975.
- [2] ŠPAČEK, J., *Speciální gumárenská technologie* [Skripta]. Praha: SNTL, VUT Brno, Fakulta technologická ve Zlíně, 1987.
- [3] ŠPAČEK, J., *Technologie gumárenská a plastikářská II.* [Skripta]. Praha: SNTL, VUT Brno, Fakulta technologická ve Zlíně, 1987.
- [4] FRANTA, I., *Gumárenská technologie I: Gumárenské suroviny.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství technické literatury, 1979.
- [5] FRANTA, I., *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže.* 2. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství technické literatury, 1969.
- [6] ZÁMORSKÝ, Z., *Nauka o polymerech II.* [Skripta]. 2. vyd. Praha: Vysoké učení v Brně, 1984.
- [7] DVOŘÁK, Z., SVOBODA, I., *Vývoj spotřeby energií na přípravě gumárenských směsí: Nové směry v gumárenství.* [Sborník přednášek]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2003. s. 37. ISBN 80-7318-149-5
- [8] FRANTA, I., *Skladba směsí.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství technické literatury, 1966.
- [9] KAMENEC, J., *Rekonstrukce strojního zařízení pro výzkum míchání elastomerních směsí.* [Bakalářská práce] Univerzita Tomáše Bati, 2006.
- [10] KUKUCZKOVÁ, M., *Ztužující účinek plniv v kaučukových směsích.* [Diplomová práce] Univerzita Tomáše Bati, 2005.
- [11] ŠUBA, O., *Mechanické chování těles.* [Učební texty]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2002. s. 96. ISBN 80-7318-101-0
- [12] LEINVEBER, J., VÁVRA, P., ŘASA, J. *Strojnické tabulky.* 3. vyd. Praha: Scientia, spol. s r.o. pedagogické nakladatelství, 1999. ISBN 80-7183-164-6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_g	teplota skelného přechodu [K]
P	polydisperzita
ZnO	oxid zinečnatý
MgO	oxid hořečnatý
CaO	oxid vápenatý
PbO	oxid olovnatý
PVC	polyvinylchlorid
SiCl ₄	chlorid křemičitý
V_t	velikost teoretického obsahu hnětací komory [m ³]
F	maximální výpočtová síla vzniklá působením pneumatického válce [N]
M	ohybový moment [N.m]
v	vyložení [m]
l	výška [m]
h	tloušťka profilu [m]
b	šířka profilu [m]
σ_o	ohybové napětí [MPa]
σ_{Do}	dovolené namáhání v ohybu [MPa]
W_o	kvadratický moment průřezu v ohybu [m ³]
\dot{Q}_{in}	tepelný tok ve zpracovávaném materiálu [W]
\dot{Q}_t	tepelný tok z temperačního zařízení [W]
\dot{Q}_{Mk}	tepelný tok vznikající při dynamickém namáhání materiálu (disipace) [W]
\dot{Q}_{out}	tepelný tok odvedený ve výrobcích (gumárenské směsi) [W]

$\frac{dQ}{d\tau}$	tepelný gradient [W]
τ	čas [s]
c_i	střední měrná tepelná kapacita surovin [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
\dot{m}_i	hmotnostní tok jednotlivých surovin [kg.s ⁻¹]
t_i	teplota surovin [K]
c_p	střední měrná tepelná kapacita temperančního média [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
\dot{m}	hmotnostní tok [kg .s ⁻¹]
$\frac{dt}{d\tau}$	změna teploty temperančního média s časem [K.s ⁻¹]
Δt	rozdíl teplot [K]
P	výkon pohonu hnětadel [W]
F _{Mk}	síla působící na hnětadla od kroutícího momentu [N]
r	těžiště sil hnětadel [m]
k	součinitel účinnosti [-]
ω	úhlová rychlost [s ⁻¹]
c_{es}	střední měrná tepelná kapacita gumárenské směsi [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
\dot{m}_{es}	hmotnostní tok gumárenské směsi [kg.s ⁻¹]
t_{out}	teplota (vypouštěcí) gumárenské směsi [K]
ξ	účinnost hnětiče [-]
M_k	kroutící moment [N.m]
n	otáčky hnětiče [s ⁻¹]
τ_k	napětí v krutu [MPa]
W _k	kvadratický moment průřezu v krutu [m ³]
d	průměr hnětadla [m]

σ_{red}	redukované napětí [MPa]
L	délka ložiska [m]
S	nosná plocha ložiska [m ²]
p_{max}	měrný tlak na ložisko [MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vliv teploty na účinnost plastikace.....	24
Obr. 2. Konstrukční řešení dvouválce.....	26
Obr. 3. Hnětací stroj typu Banbury (Werner-Pfleiderer)	36
Obr. 4. Hnětací stroj typu Bandury se sklopným spodním uzávěrem.....	37
Obr. 5. Hnětací stroj se sklopným bočním uzávěrem	38
Obr. 6. Hnětací stroj se spodním uzávěrem a odklopnými stěnami (Comerio).....	39
Obr. 7. Hnětací stroj firmy Francis Shaw	40
Obr. 8. Typy míchadel a hnětadel	41
Obr. 9. Pohled na stroj Werner a Pfleiderer 1/0,5.....	47
Obr. 10. Frekvenční měnič firmy EDTS, spol. r.o.....	48
Obr. 11. Laboratorní temperační jednotka	49
Obr. 12. Konstrukční řešení sestavy (s částečným řezem).....	51
Obr. 13. Uvolněné těleso s vyznačeným působením sil, které vyvolávají znázorněný ohybový moment	53
Obr. 14. Napětí vyvolané od uzavírací síly pneumatického válce	55
Obr. 15. Deformace vyvolaná uzavírací silou pneumatického válce.....	55
Obr. 16. Napětí vyvolané působením spojitého tlaku uvnitř komory.....	57
Obr. 17. Deformace vyvolaná působením spojitého tlaku uvnitř komory.....	57
Obr. 18. Bilancované tepla komory hnětiče.....	58
Obr. 19. Pohled na uvolněné hnětadlo	62
Obr. 20. Napětí hnětadla	65
Obr. 21. Deformace hnětadla	65

SEZNAM PŘÍLOH

Součástí bakalářské práce:

- P I. Výkres: Sestava
- P II. Výkres: Upínací část – 1/0) -list 1
-list 2
- CD Bakalářská práce ve formátu pdf a doc, kompletní 3D dokumentace +
výkresová dokumentace v softwaru INVENTOR 6

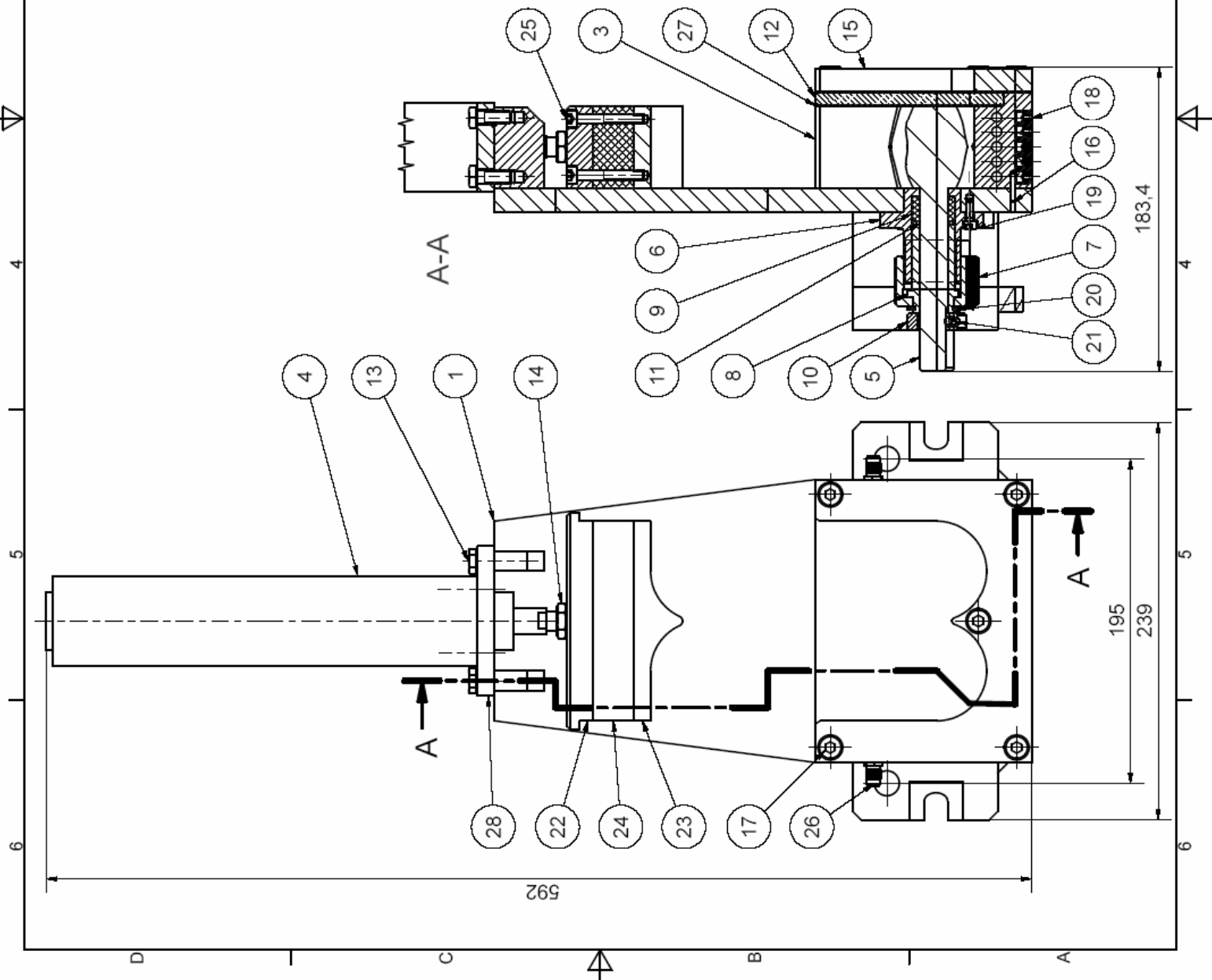
Volná příloha - výkresová dokumentace :

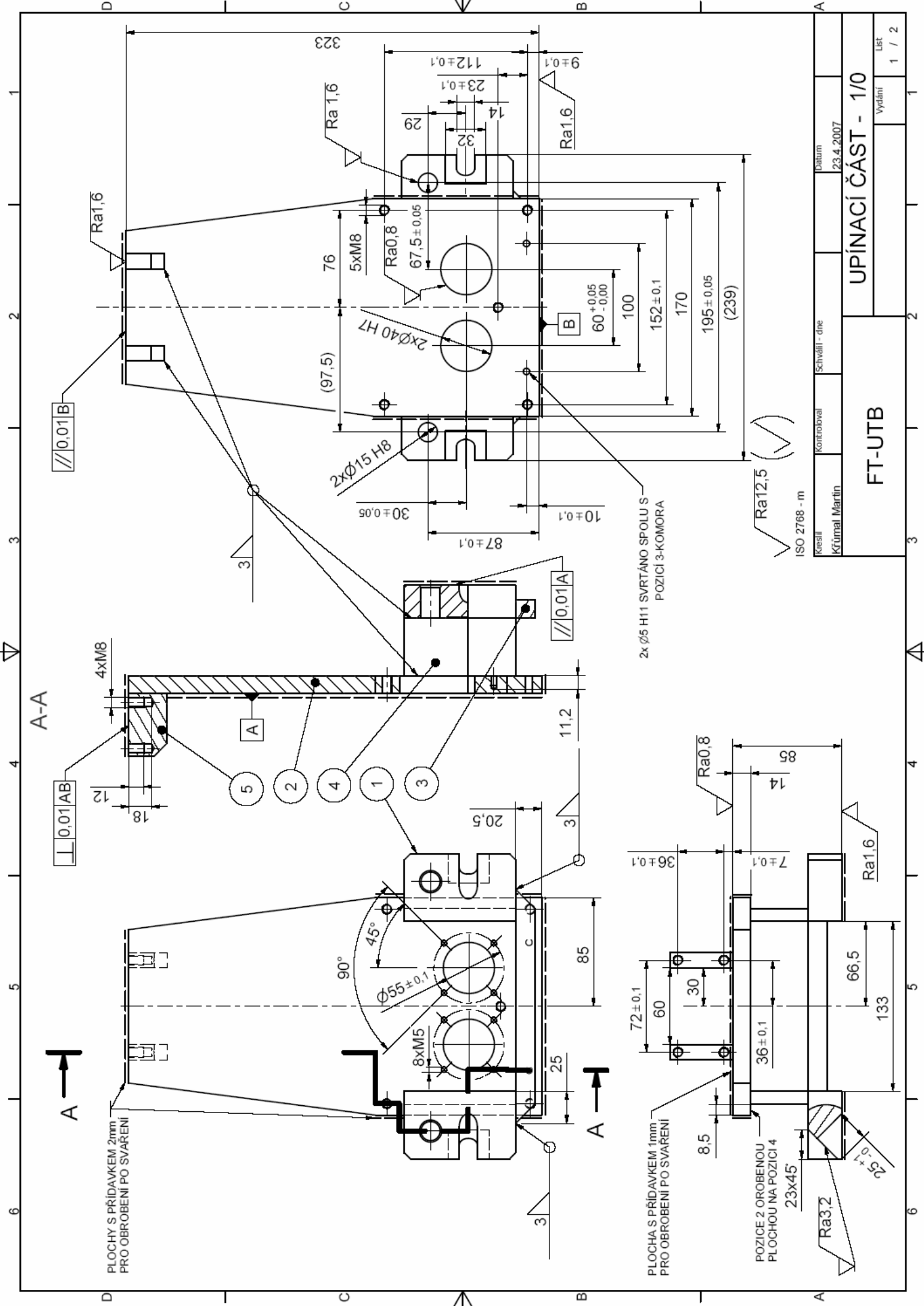
- P I. Výkres: Sestava
- P II. Výkres: Upínací část – 1/0) - list 1
- list 2
- P III. Výkres: Patka – 1/1
- P IV. Výkres: Záda komory 1/2
- P V. Výkres: Výztuha – 1/3
- P VI. Výkres: Žebro – 1/4
- P VII. Výkres: Rameno – 1/5
- P VIII. Výkres: Komora – 3
- P IX. Výkres: Vložka – 6
- P X. Výkres: Matice – 14
- P XI. Výkres: Ložisko – 8
- P XII. Výkres: Ucpávka – 9
- P XIII. Výkres: Doraz – 10

- P XIV. Výkres: Podložka – 11
- P XV. Výkres: Čelo komory – 12
- P XVI. Výkres: Příruba – 15
- P XVII. Výkres: Upínání klátu – 22
- P XVIII. Výkres: Tvarovka klátu – 23
- P XIX. Výkres: Těsnění klátu – 24
- P XX. Výkres: Těsnění – 27

POZ	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POLOTOVAR	MATERIÁL
1	1	UPINACÍ ČÁST		
3	1	KOMORA	PLO 180x60x140 ČSN 42 5526	17024
4	1	PNEU VÁLEC	FESTO - DNC-40-160-PPV	
5	2	HNĚTADLO		
6	2	VLOŽKA	Ø 70x62 ČSN 42 5510.1	11600
7	2	MATICE	Ø 55x35 ČSN 42 5510.1	11600
8	2	LOŽISKO	Ø 37x57 ČSN 4286	42 3018
9	2	UCPÁVKA	Ø 32x18	PTFE
10	2	DORAZ	Ø 38x15 ČSN 42 5510.1	11600
11	2	PODLOŽKA	Ø 32x6 ČSN 42 5510	11600
12	1	ČELO KOMORY	150x120x8	TVRZ. SKLO
13	4	ŠROUB	ISO 4017 - M8 x 20	
14	1	MATICE	ISO 8675 - M12 x 1.25	
15	1	PŘÍRUBA	PLO 140x16x176 ČSN 42 5522	11600
16	2	KOLÍK	ISO 2338 - 5 m6 x 18 - A	
17	5	ŠROUB	ISO 4762 - M8 x 80	
18	15	ŠROUB	ČSN 02 1191 - M8 x 10	
19	8	ŠROUB	ISO 4762 - M5 x 12	
20	2	POJISTNÝ KROUŽEK	28 ČSN 02 2930	
21	2	ŠROUB	ČSN 02 1191 - M6 x 8	
22	1	UPINACÍ KLÁTU	PLO 55x18x136 ČSN 42 5522	11600
23	1	TVAROVKA KLÁTU	PLO 130x35x55 ČSN 42 5526	17024
24	1	TĚSNĚNÍ KLÁTU	126x56x30	PRYŽ
25	4	ŠROUB	ISO 4762 - M6 x 40	
26	2	SPOJKA	FESTO	
27	2	TĚSNĚNÍ	175x135x0,3	TVRZ. PAPIR
28	1	PŘÍRUBOVÉ UPEVNĚNÍ	FESTO - FNC-40	

Kreslil		Schválil - dne		Datum	
Křímek Martin				4.5.2007	
Kontroloval		Schválil - dne		Datum	
				4.5.2007	
Kusovník			SESTAVA KOMORY		
FT-UTB			Vydání		
			1 / 1		





PLOCHY S PŘÍDAVKEM 2mm.
PRO OBROBENÍ PO SVARENÍ

PLOCHA S PŘÍDAVKEM 1mm.
PRO OBROBENÍ PO SVARENÍ

POZICE 2 OROBENOU
PLOCHOU NA POZICI 4

2x Ø5 H11 SVRTÁNO SPOLU S
POZICI 3-KOMORA

ISO 2768 - m

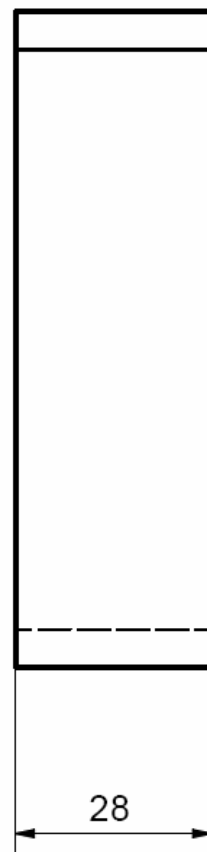
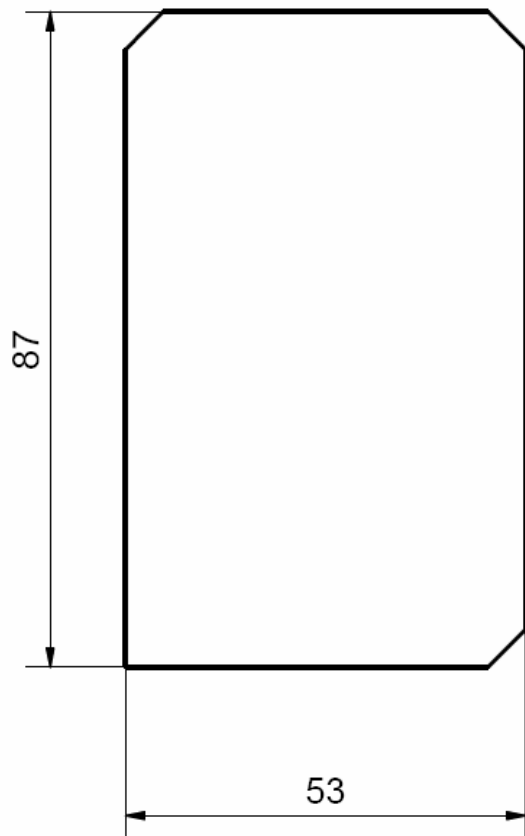
Kreslí Křůmal Martin	Kontroloval Schvälli - dre	Datum 23.4.2007
UPÍNAČÍ ČÁST - 1/0		
FT-UTB		Verze 1 / 2

1 / 2



Kusovník				
POZIC	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POLOTOVAR	MATERIÁL
1	1	PATKA	PLO - 55x30x93 Z ČSN 42 5522.01	11523
2	1	ZÁDA KOMORY	PL - 16 180x333 ČSN 42 5310.1	15230
3	1	VÝZTUHA	4HR 15x190 Z - ČSN 42 5520.01	11523
5	2	RAMENO	PLO - 55x12x38 Z ČSN 42 5522.01	11523
4	2	ŽEBRO	PLO - 50x10x93 Z ČSN 42 5522.01	11523
Kreslil Křůmal Martin		Kontroloval	Schválil - dne	Datum 23.4.2007
FT-UTB			UPÍNACÍ ČÁST - 1/0	
			Vydání	List 2 / 2



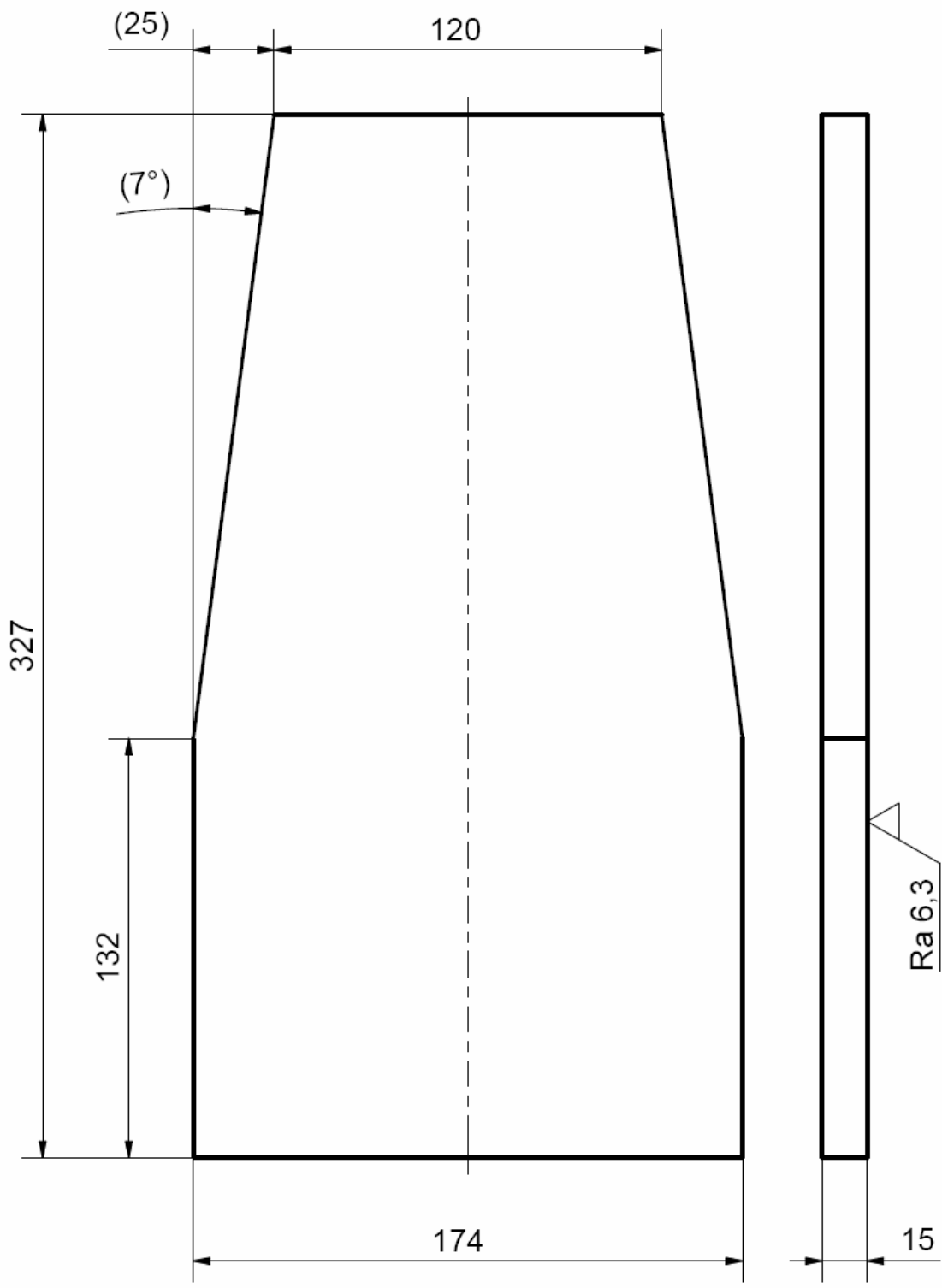


✓ Ra 12,5

SRAŽENÉ HRANY 5x45°

ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum
Křůmal Martin			13.4.2007
FT-UTB		PATKA - 1/1	
		Vydání	List
		1	1 / 1



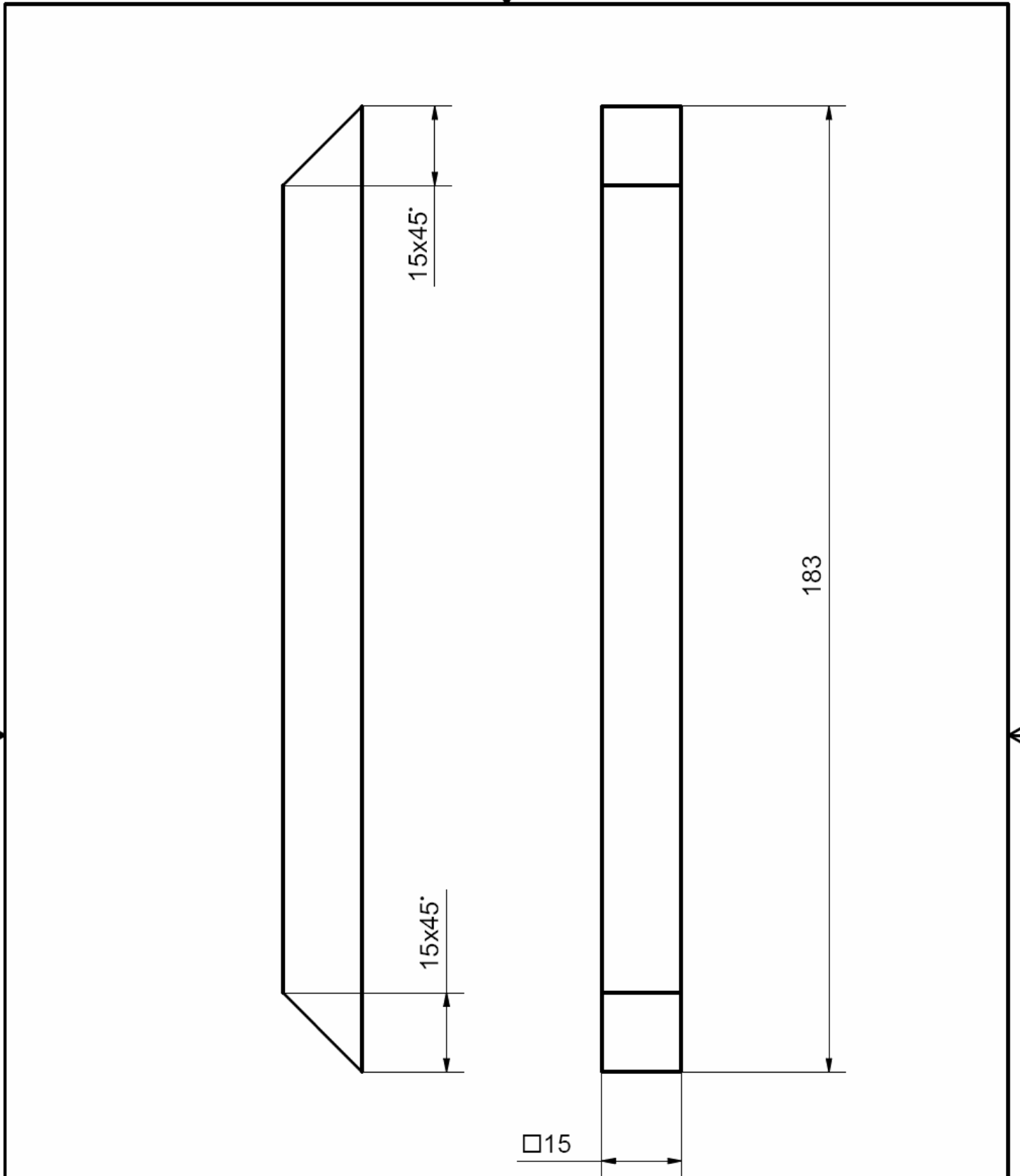
$\sqrt{\text{Ra}12,5}$ (✓)

ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum
Křůmal Martin			13.4.2007

FT-UTB
ZÁDA KOMORY - 1/2

	Vydání	List
	1	1 / 1

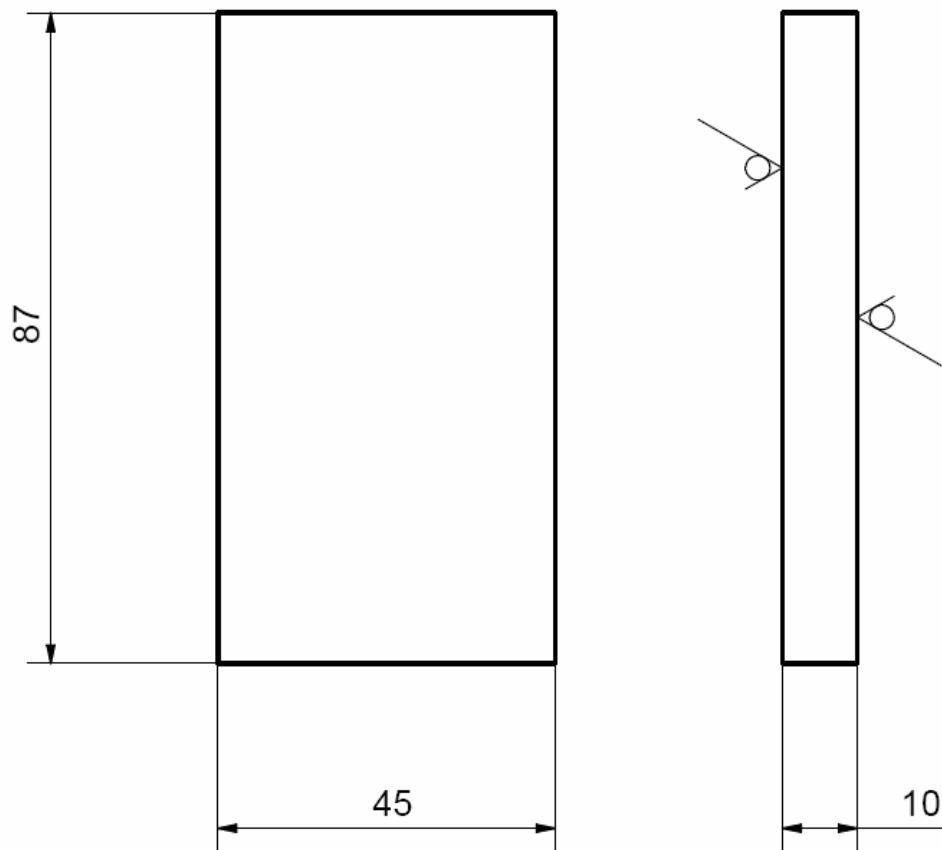


✓ Ra12,5

ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 13.4.2007
FT-UTB		VÝSTUHA - 1/3	
		Vydání	List 1 / 1

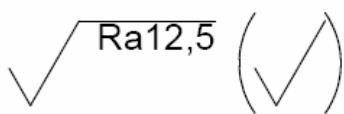
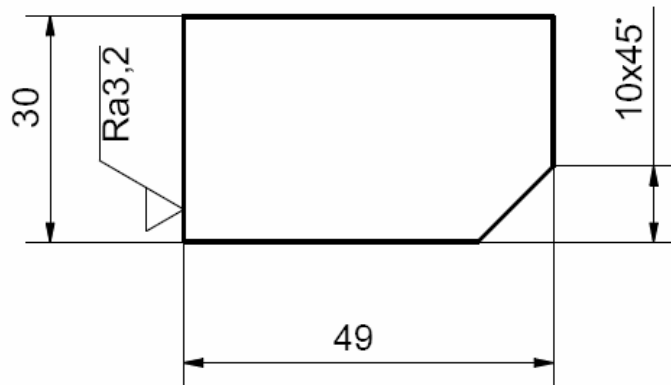
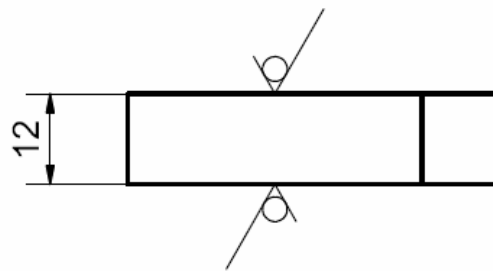




√ Ra6,3 (√)

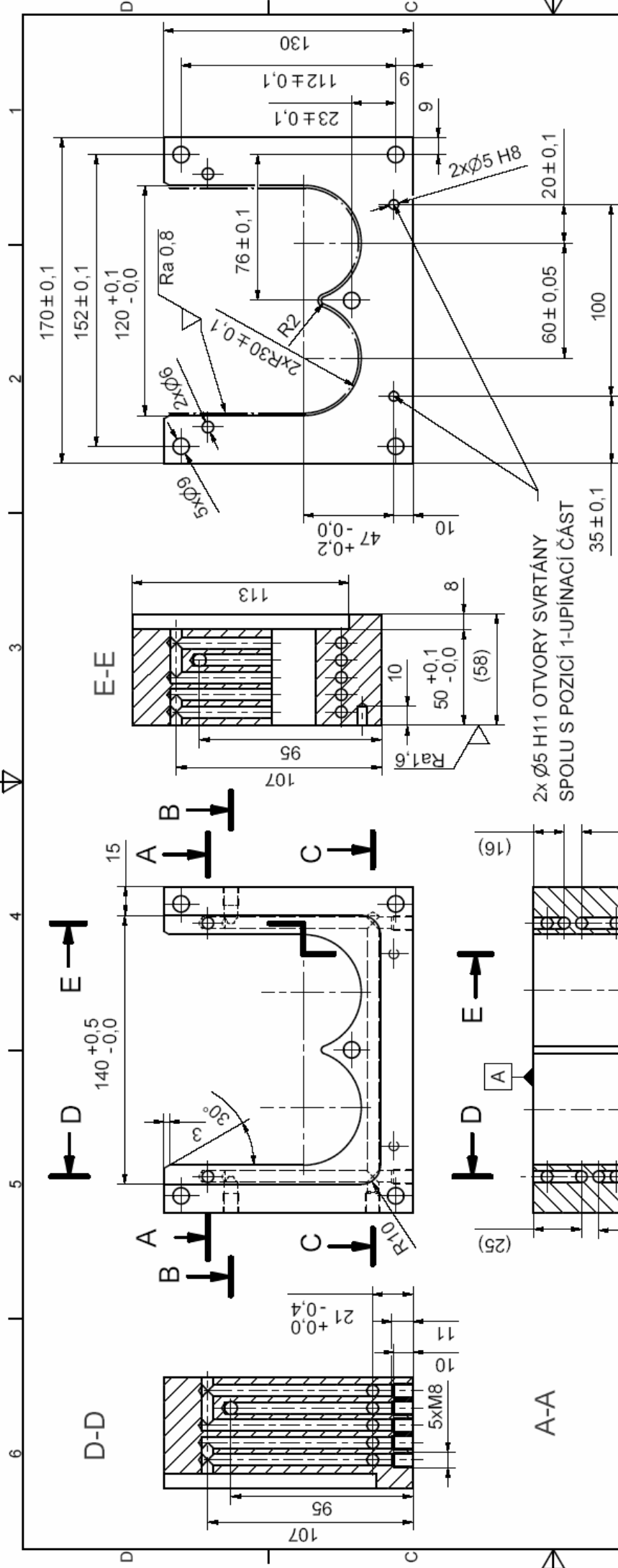
ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	
Křůmal Martin			13.4.2007	
FT-UTB		ŽEBRO - 1/4		
		Vydání	List	
			1 / 1	

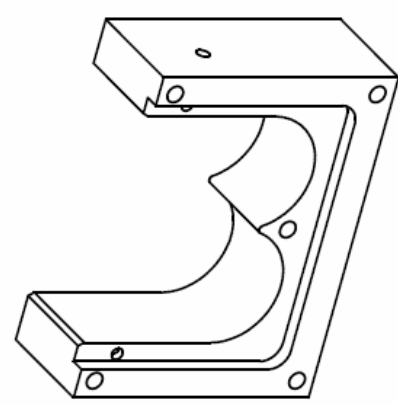


ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	
Křůmal Martin			13.4.2007	
FT-UTB		RAMENO - 1/5		
		Vydání	List	
			1 / 1	

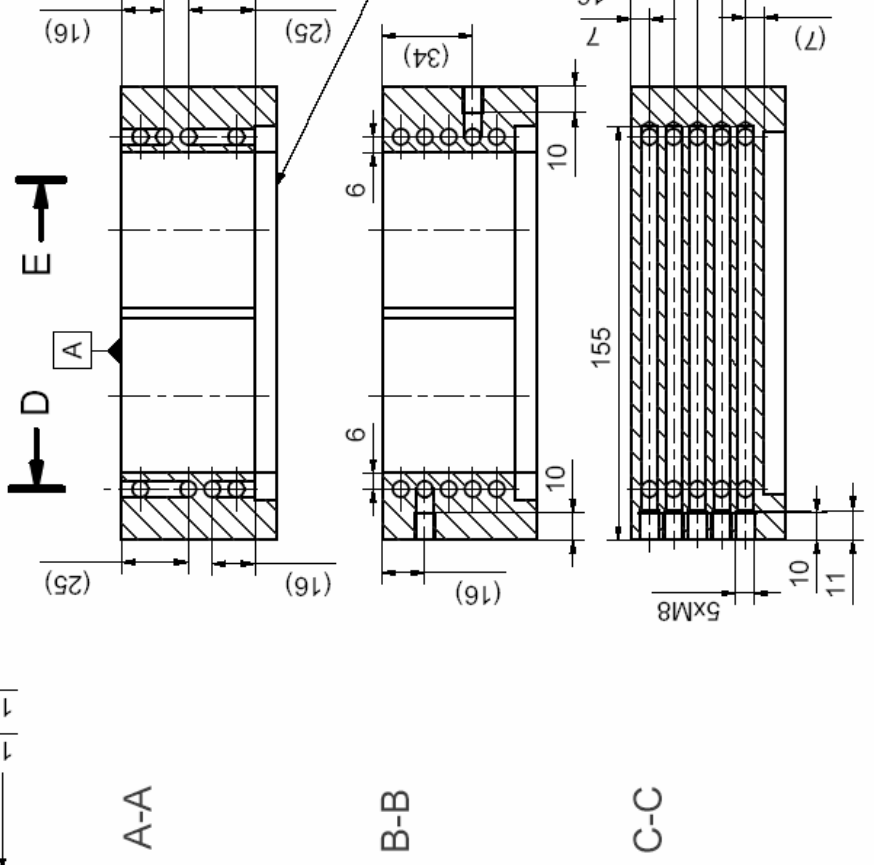


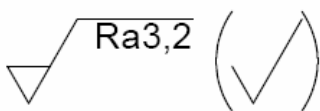
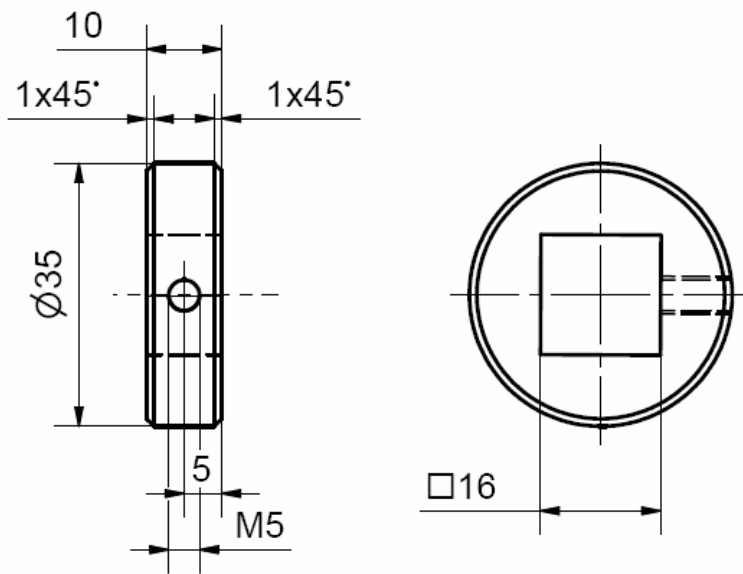
2x Ø5 H11 OTVORY SVRTÁNY
SPOLU S POZICIÍ 1-UPÍNACÍ ČÁSTÍ



CHLADICÍ KANÁLY Ø6
ISO 2768 - m

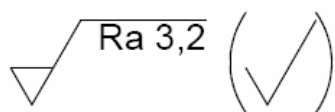
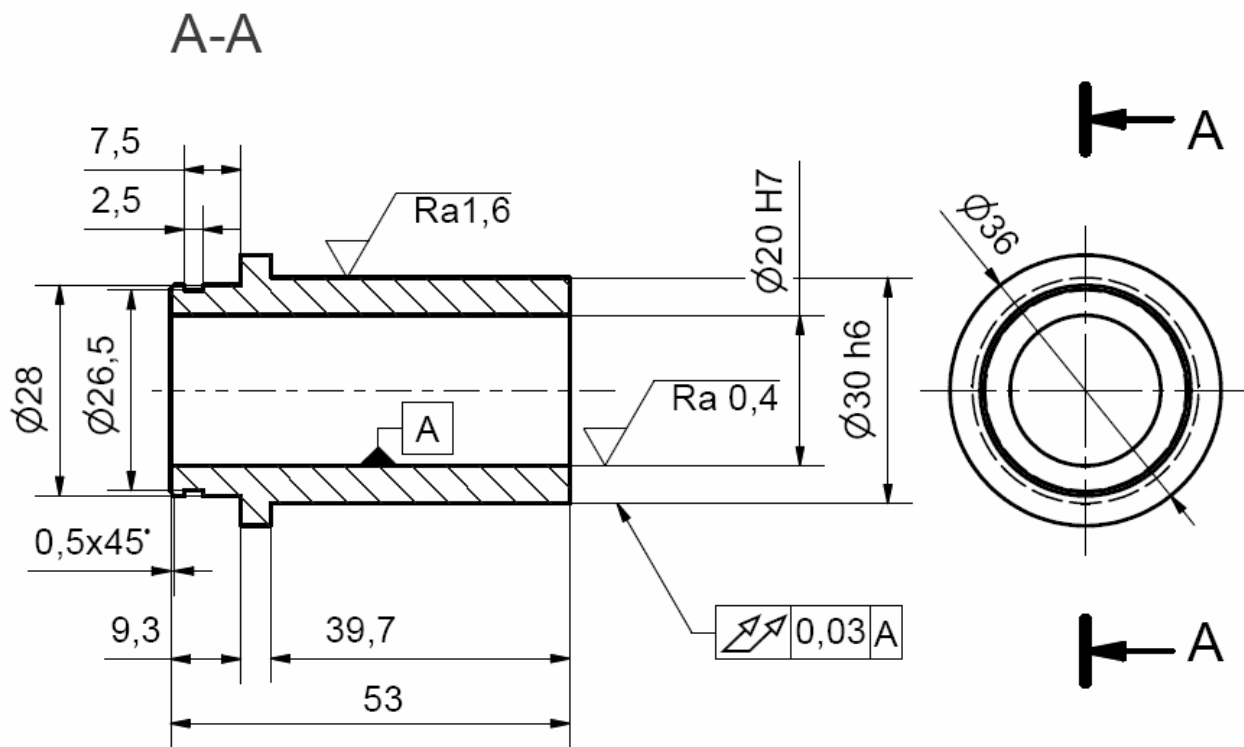
Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval Schvábil - dne	Datum 16.4.2007
KOMORA - 3		
FT-UTB		Verze 1 / 1





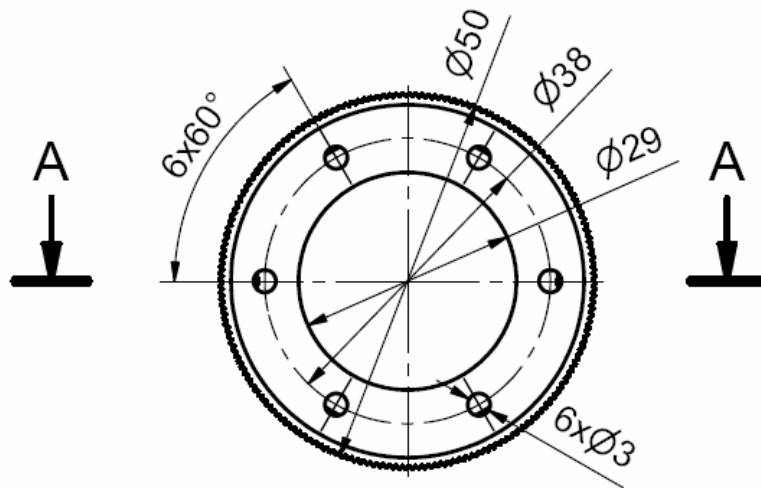
ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		DORAZ - 10	
		Vydání	List 1 / 1

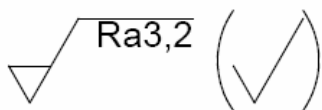
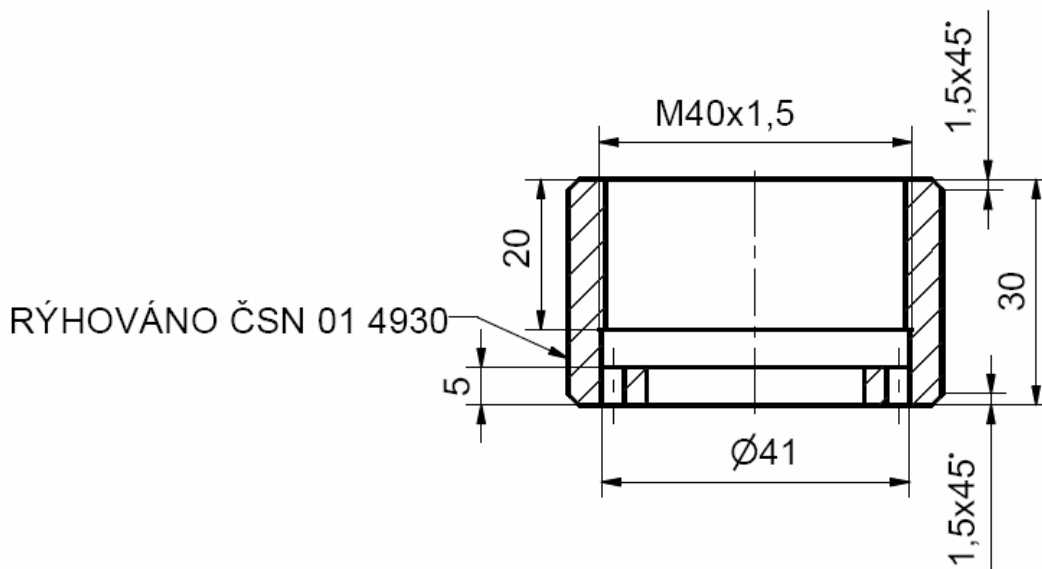


ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum
Křůmal Martin			16.4.2007
FT-UTB		LOŽISKO - 8	
		Vydání	List
			1 / 1



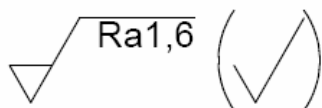
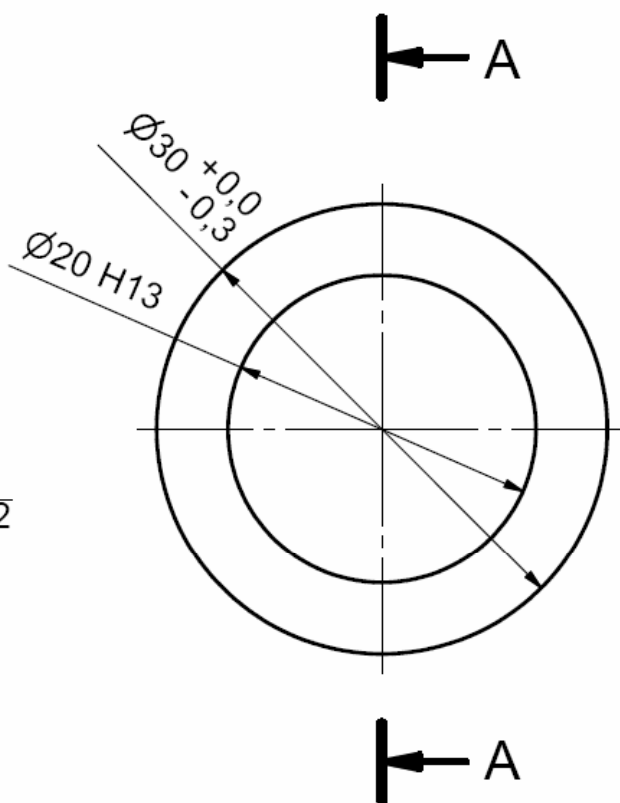
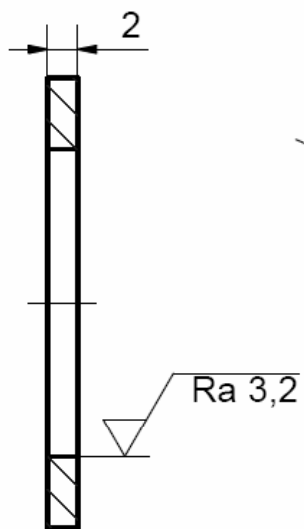
A-A



ISO 2768 - m

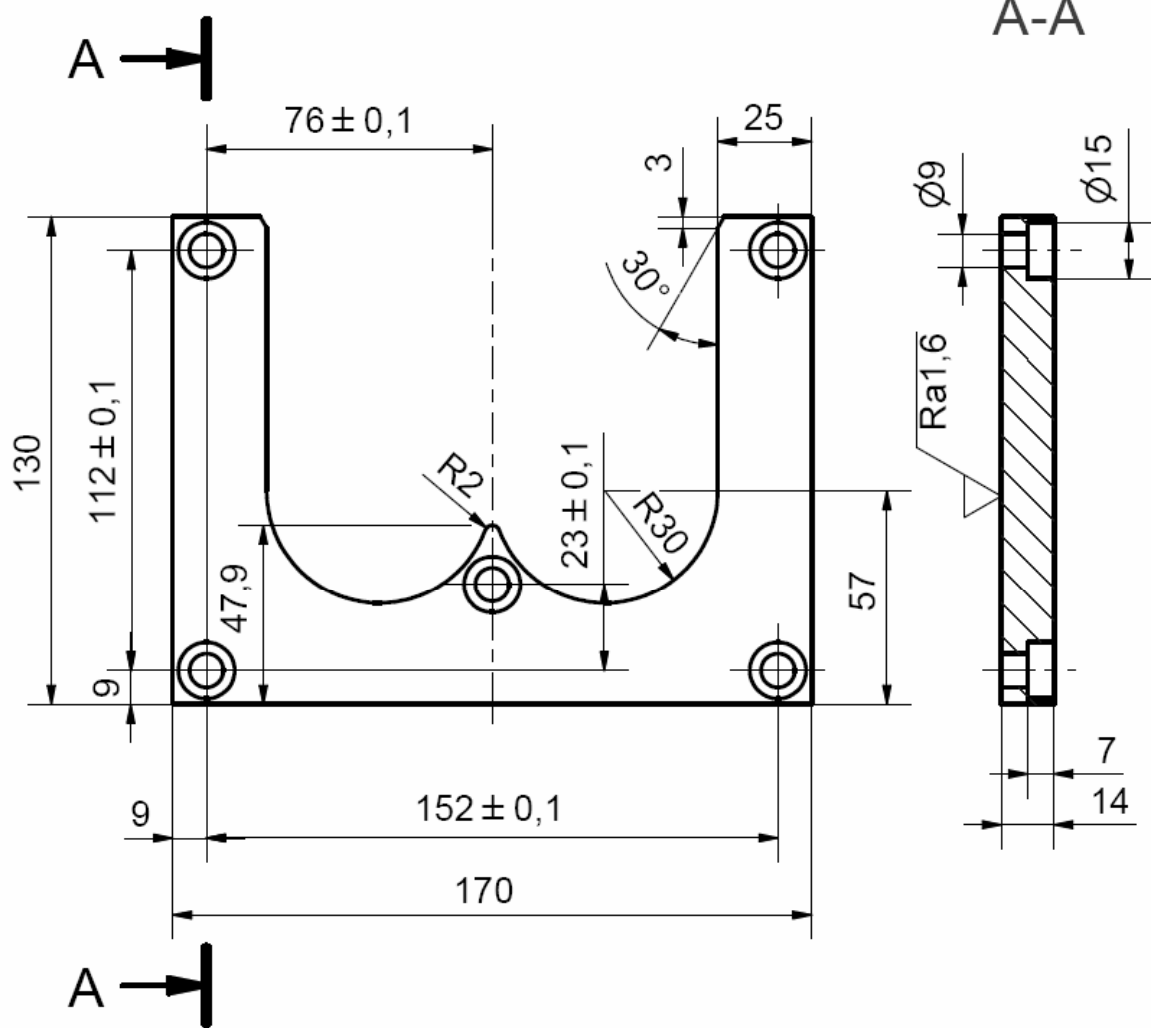
Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		MATICE - 14	
		Vydání	List 1 / 1

A-A



ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	
Křůmal Martin			5.5.2007	
FT-UTB		PODLOŽKA - 11		
		Vydání	List	
			1 / 1	



√ Ra3,2 (√)

ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		PŘÍRUBA - 15	
Vydání			List 1 / 1



120 ^{+0,0}_{-0,2}

50 ^{+0,0}_{-0,2}

4xØ7

34 ± 0,2

8

Ra 3,2

104 ± 0,2

8

25,5

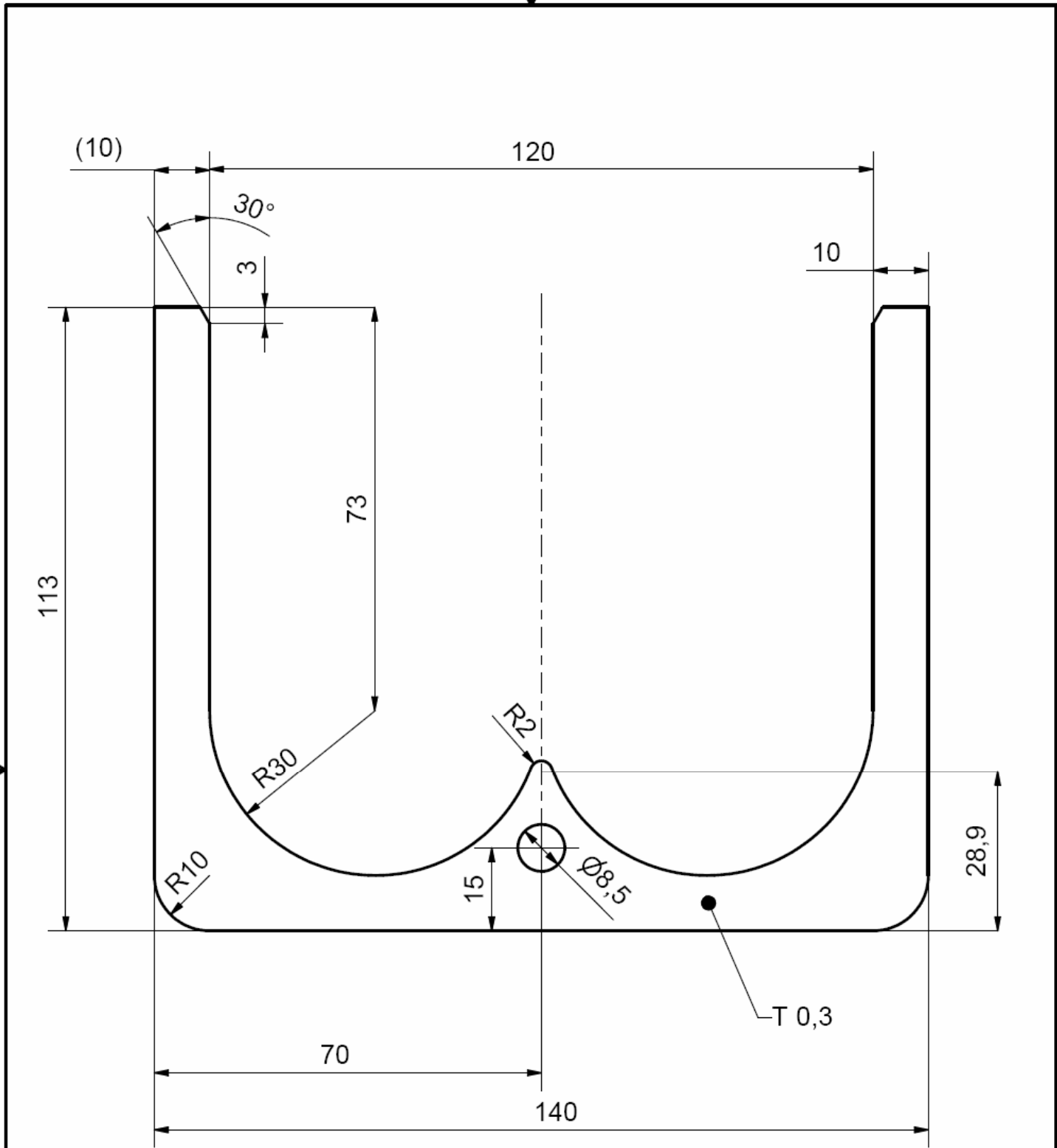
✓ Ra12,6

ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
--------------------------	-------------	----------------	--------------------

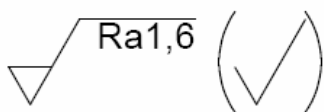
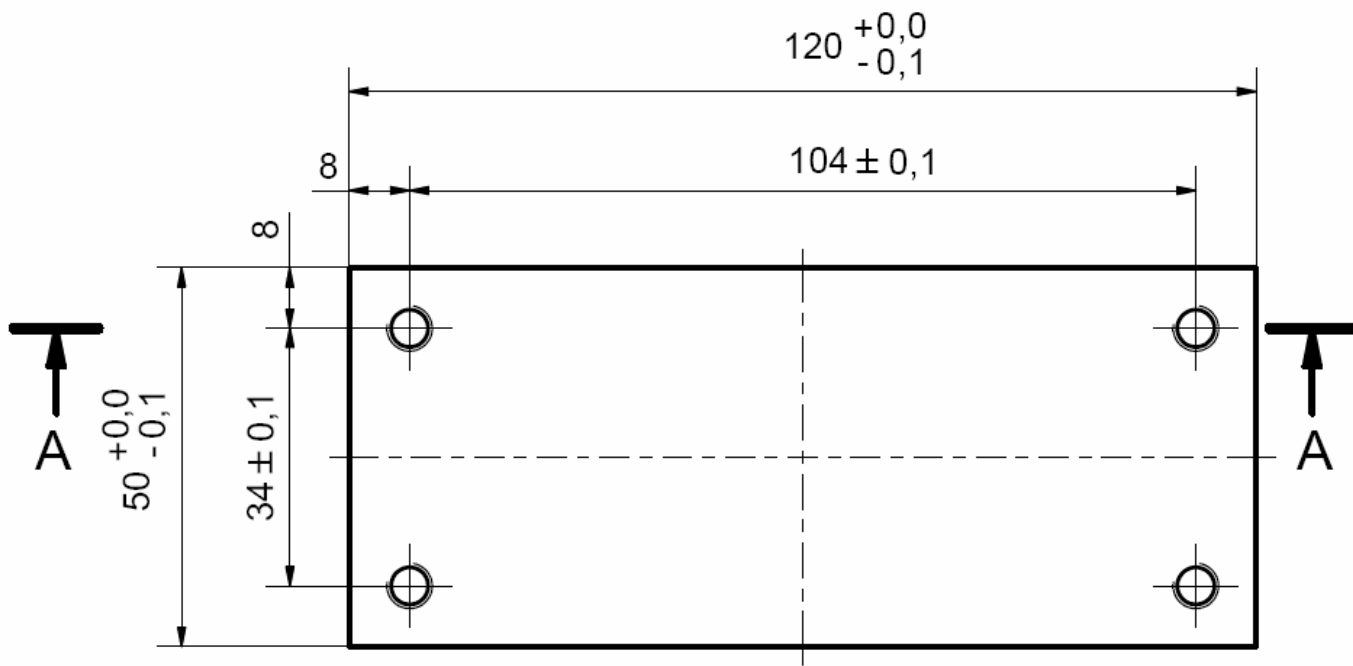
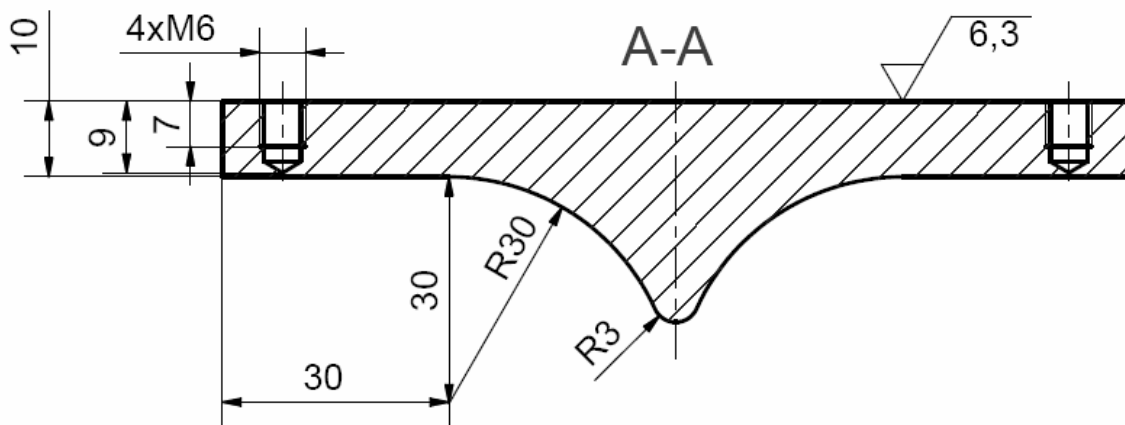
FT-UTB	TĚSNĚNÍ KLÁTU - 24	
	Vydání	List 1 / 1





ISO 2768 - c

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	
Křůmal Martin			16.4.2007	
FT-UTB		TĚSNĚNÍ- 27		
		Vydání	List	
		1	1 / 1	

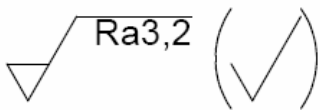
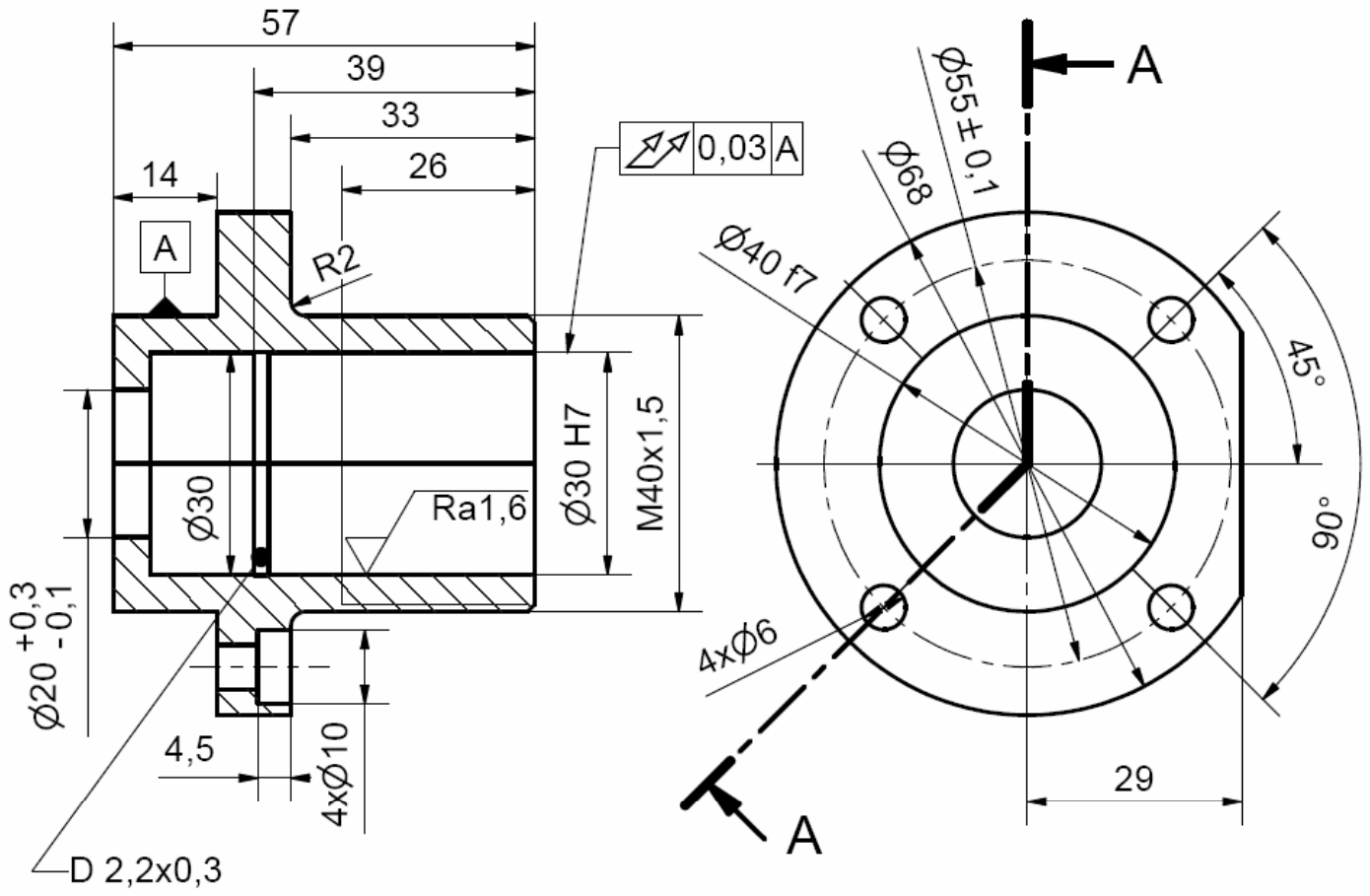


ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		TVAROVKA KLÁTU - 23	
		Vydání	List 1 / 1



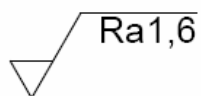
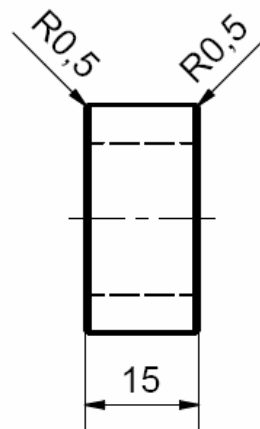
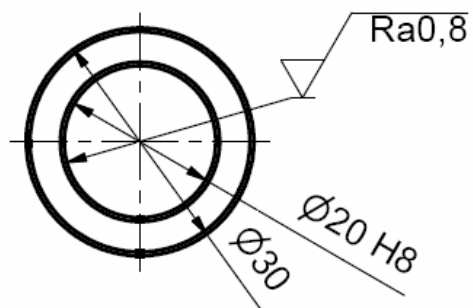
A-A



ISO 2768 - m

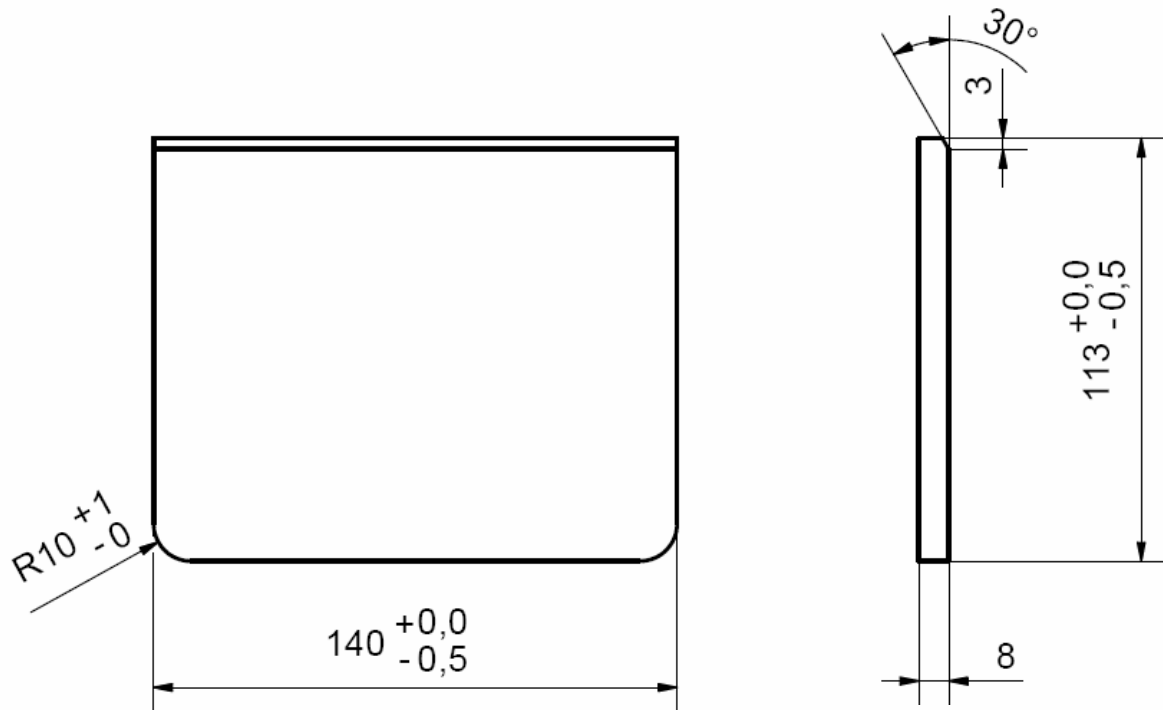
Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		VLOŽKA - 6	
		Vydání	List 1 / 1





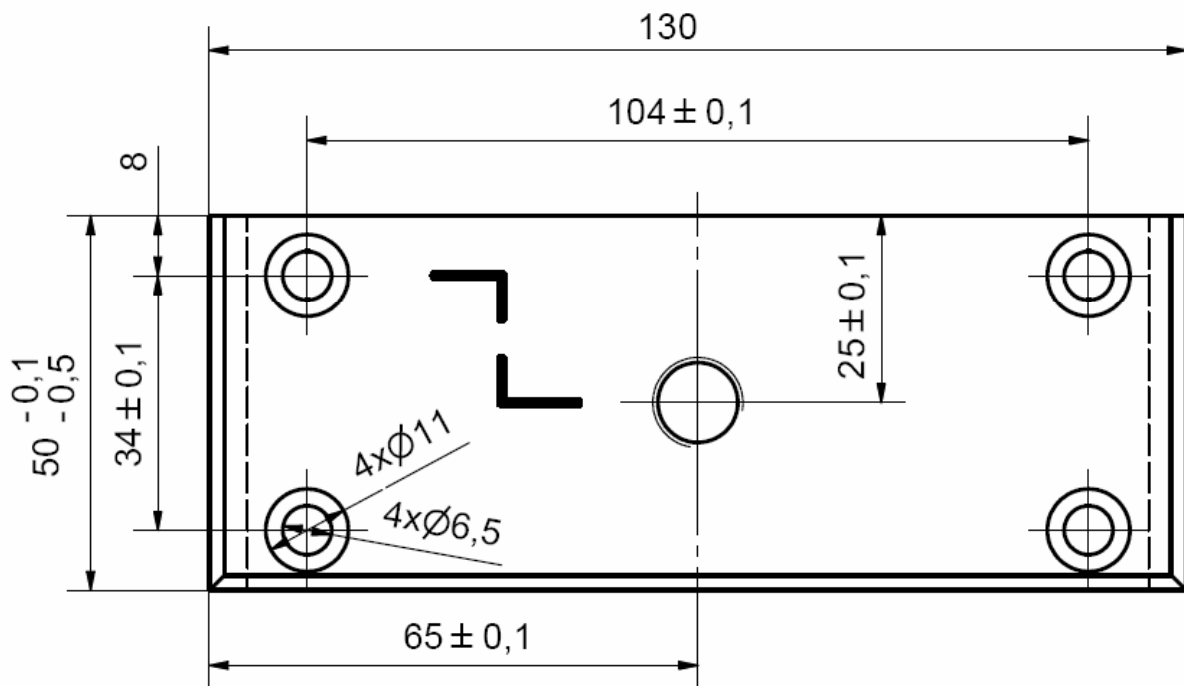
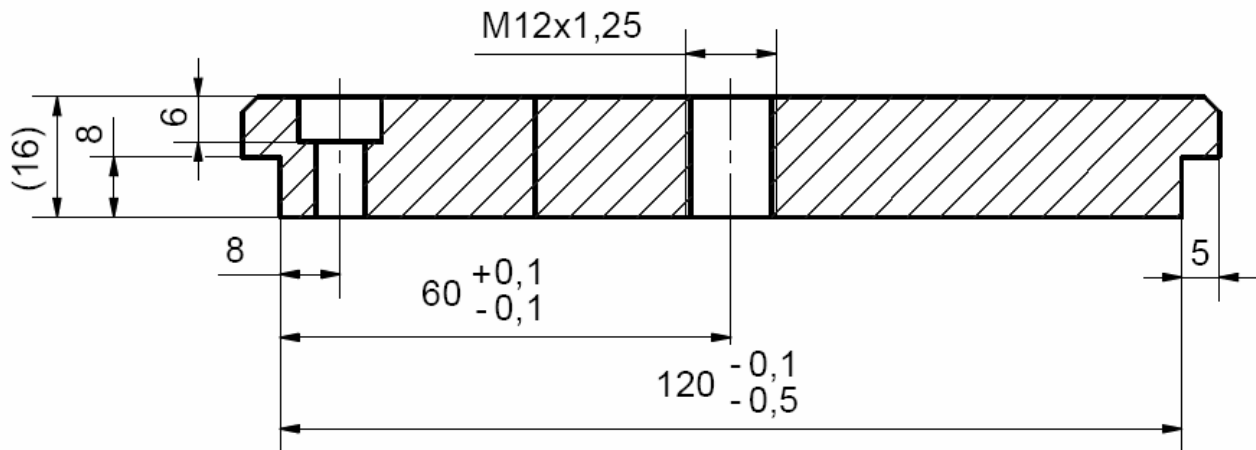
ISO 2768 - m

Kreslil	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	
Křůmal Martin			16.4.2007	
FT-UTB		UCPÁVKA - 9		
		Vydání	List	
			1 / 1	



MAT. TVRZENÉ ČIRÉ SKLO 8mm HRANY ZABROUŠENÉ
ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		ČELO KOMORY - 12	
		Vydání	List 1 / 1



Ra3,2

NEKÓTOVANÉ SRAŽENÍ HRANY 2x45°
ISO 2768 - m

Kreslil Křůmal Martin	Kontroloval	Schválil - dne	Datum 16.4.2007
FT-UTB		UPÍNÁNÍ KLÁTU - 22	
		Vydání	List 1 / 1