

Návrh konstrukce míchacího zařízení

Ladislav Fojtl

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ladislav FOJTL**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Návrh konstrukce míchacího zařízení**

Zásady pro vypracování:

Tématem bakalářské práce je návrh a konstrukce laboratorního zařízení pro míchání směsí termoplastů.

Teoretická část práce je zaměřena na popis rozdělení polymerních materiálů, přípravné procesy před zpracováním, způsoby míchání sypkých směsí a jejich vyhodnocování.

Praktická část bakalářské práce obsahuje popis použitých materiálů a míchacího zařízení, jeho výkresovou dokumentaci a zhodnocení navrhnutého konstrukčního řešení.



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Romana Lamborová**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2010**

Ve Zlíně dne 22. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

Příjmení a jméno: FOJTL LADISLAV

Obor: TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17.5.2010



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

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

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

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

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh a následná konstrukce míchacího zařízení pro míchání směsí polymerních materiálů ve formě granulátu či prášku.

Součástí studie je teoretická část zabývající se problematikou polymerních materiálů, přísadami do plastů upravujícími jejich vlastnosti a popisem jednotlivých druhů míchacích zařízení včetně jejich konstrukce a nejvhodnějšího použití. Praktická část je zaměřena na samotnou konstrukci navrženého míchacího zařízení, jeho popis, výrobu a v neposlední řadě vyhodnocování jeho funkčních vlastností.

Klíčová slova: polymerní materiály, přísady do plastů, konstrukce, míchací zařízení, fluidní míchání

ABSTRACT

The objective of this bachelor's thesis is design and subsequent construction of a mixing device for mixing of polymer mixtures in the form of granulate or powder.

The theoretical part deals with the polymeric materials issue, additives for plastics regulating their properties and description of the different types of mixing devices including their construction, design and optimal use. The practical part focuses on the construction of projected mixing device itself, description, manufacture and finally the evaluation of its functional properties.

Keywords: Polymer, Additives for Plastics, Construction, Mixing Device, Fluidized Mixing

Rád bych poděkoval své vedoucí Ing. Romaně Lamborové, za odborné vedení, rady a čas, který mi po dobu tvorby této práce i zařízení věnovala. Dále bych poděkovat Ing. Jiřímu Šálkovi za pomoc při výrobě dílů k zařízení, Ing. Zdeňku Holíkovi za jeho odborné rady a připomínky a doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za pomoc při zpracovávání výsledků.

Tajemství úspěchu v životě není dělat,

co se nám líbí,

ale nalézt zalíbení v tom, co děláme.

(Edison Thomas Alva)

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ÚVOD DO POLYMERŮ	12
1.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	14
1.2 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	17
1.2.1 Polyolefiny	17
1.2.2 Fluoroplasty	17
1.2.3 Polystyrenové plasty	17
1.2.4 Vinylové polymery	18
1.2.5 Akrylové polymery	18
1.2.6 Polyacetyly, Polyétery	18
1.2.7 Polyestery	19
1.2.8 Polyamidy	19
1.2.9 Polyuretany	19
2 PŘÍPRAVNÉ ZPRACOVÁNÍ SMĚSÍ	20
2.1 PŘÍSADY DO TERMOPLASTŮ	20
2.1.1 Změkčovadla	21
2.1.2 Maziva	22
2.1.3 Separální činidla	23
2.1.4 Tepelné stabilizátory	24
2.1.5 Světelné stabilizátory	25
2.1.6 Antioxidanty	26
2.1.7 Plniva	26
2.1.8 Vyztužovadla	27
2.1.9 Nadouvadla	28
2.1.10 Barviva a pigmenty	29
2.1.11 Opticky zjasňující látky	30
2.1.12 Antistatické prostředky	30
2.1.13 Prostředky snižující hořlavost	31
2.2 MÍCHÁNÍ	32
2.3 MÍCHACÍ STROJE PRO SYPKÉ MATERIÁLY	33
2.3.1 Mísiče s rotující komorou	34
2.3.2 Mísiče s pevnou (stacionární) komorou	36
2.3.3 Ramenové mísiče (beztlakové)	39
2.3.4 Mísiče typu Gelimat (Plastomat)	41
2.3.5 Fluidní mísiče	42
2.3.6 Statické směšovače	44
3 PŘÍPRAVA SMĚSÍ	46
3.1 TYPY SMĚSÍ	46
3.2 STUPEŇ HOMOGENITY	47
3.2.1 Stupeň promíchání	47
3.2.2 Stupeň dispergace	48

II	PRAKTICKÁ ČÁST	49
4	KONSTRUKCE MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ	50
4.1	NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE.....	51
4.2	MÍCHACÍ ČÁST MÍSIČE	53
4.2.1	Úprava pohybu granulí v dílu ústí.....	55
4.2.2	Odvedení statického náboje	56
5	ZKOUŠKA MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ	57
5.1	METODIKA VYHODNOCOVÁNÍ	57
5.2	NAMĚŘENÉ PARAMETRY.....	59
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

Míchacích zařízení je potřeba v mnoha odvětvích, nejvíce však v plastikářském, farmaceutickém, kosmetickém a chemickém průmyslu. Na celém světě čítá produkce práškových a sypkých směsí okolo tří triliónů kilogramů ročně, kde mnoho z těchto směsí musí být dokonale promícháno na požadovanou kvalitu.

Existuje celá řada různých konstrukčních řešení míchacích zařízení vhodných pro míchání jednoho druhu materiálu, schopných míchat různé druhy materiálů, malé laboratorní míchací zařízení, velké míchače používané v průmyslu, apod.

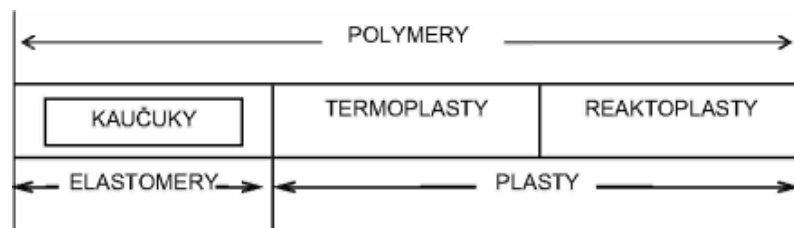
Důvodem využití míchacích zařízení v plastikářském průmyslu je použití polymerních materiálů v praxi společně s různými typy přísad, upravujících různé vlastnosti těchto materiálů podle jejich konkrétního použití, od přísad pozměňujících barvu plastů až po přísady sloužící jako retardéry hoření.

Při určování kvality připravované směsi je potřeba posuzovat tuto směs z mnoha hledisek, kde mezi nejdůležitější bezpochyby patří promíchání jednotlivých přísad a jejich rozptýlení v měřeném objemu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO POLYMERŮ

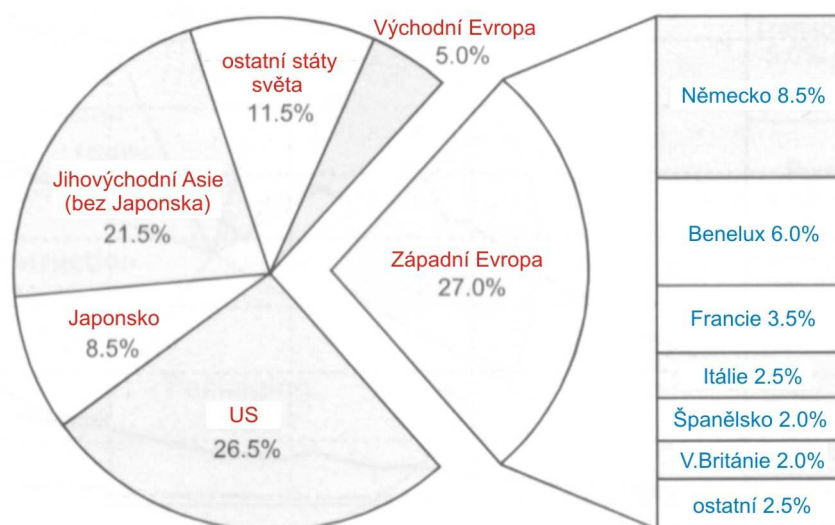
Polymery jsou chemické látky neobvyklé šíře vlastností, obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru i jiných prvků. Polymery jsou ve formě výrobku prakticky v tuhém stavu, ale v určitém stádiu zpracování ve stavu v podstatě kapalném, dovolujícím, většinou za zvýšené teploty a tlaku, udělit budoucímu výrobku nejrůznější tvar, podle předpokládaného použití. Dělíme je na elastomery a plasty. [13]



Obr. 1: Základní rozdělení polymerů [13]

Elastomery jsou polymery, které rychle obnovují původní tvar, který měli před deformací malým napětím. Plastomery neboli plasty jsou polymery, které zůstávají deformovány, i když deformující napětí přestane působit. [1]

Speciálními polymery jsou termoplastické elastomery, které při pokojové teplotě mají vlastnosti elastomeru, respektive pryže, ale tyto materiály se dají zpracovávat jako termoplasty.



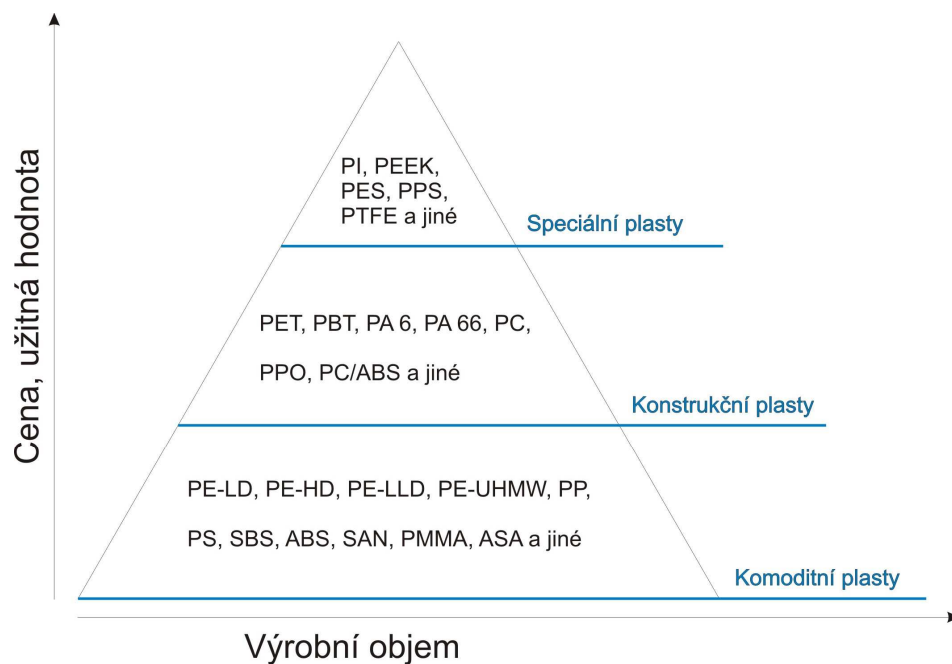
Obr. 2: Celosvětová produkce plastů (cca rok 2000)

Plasty se podle toho, jak se chovají při zahřívání dělí na:

- **Termoplasty** – které působením tepla měknou a lze je opakovaně roztavit a ochlazením převést zpět do tuhého stavu;
- **Reaktoplasty** – které zahříváním nevratně přecházejí do netavitelného a nerozpustného stavu (dříve byly označovány jako termosety). [1]

Dále se plasty podle uplatnění dělí na:

- **Komoditní plasty** = materiály vyráběné ve velkých objemech;
- **Konstrukční plasty** = materiály schopné vydržet namáhání v konstrukčních aplikacích;
- **Speciální plasty** = konstrukční plasty s vysokou odolností vůči teplotě. [4]



Obr. 3: Rozdělení polymerů dle ceny a aplikace

Neobyčejně rychlé a všestranné rozšíření výroby a zpracování polymerů má několik hlavních příčin:

- Polymery jednak mohou nahrazovat klasické materiály (kovy, keramiku, sklo, dřevo, kůži, vlnu, přírodní kaučuk aj.), jednak mohou mít vlastnosti zcela odlišné od těchto klasických surovin, takže umožní zcela nové aplikace a nová řešení materiálových problémů.

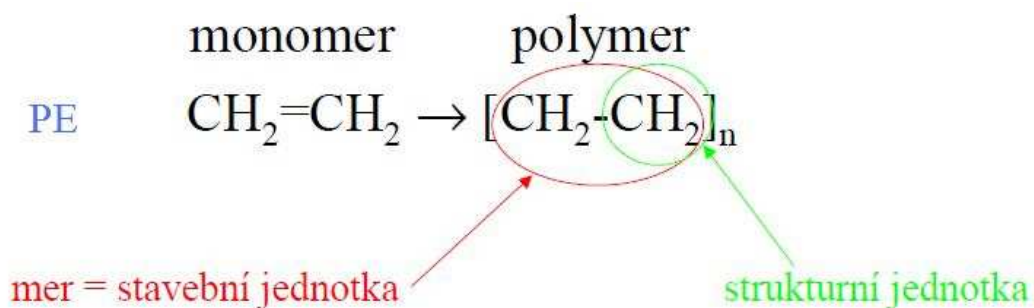
- b) Řada polymerů se vyrábí z relativně levných a dostupných surovin, může tedy nahradit nedostatkové a drahé materiály.
- c) Polymery lze velmi snadno zpracovávat tvářením z taveniny nebo roztoku, a proto umožňují rychlou a levnou výrobu předmětů hromadné spotřeby.
- d) Polymery mají nízkou hustotu, často dobré elektroizolační vlastnosti a relativně vysokou odolnost proti korozi.
- e) Polymery mají velmi variabilní vlastnosti (zvláště vícefázové systémy – kompozitní materiály, houževnaté plasty aj.)

Ovšem i u polymerů existují vedle výhod některé nedostatky, např.:

- a) Použitelnost je omezena teplotou a tvarovou neformovatelností.
- b) Vznikají potíže s regenerací odpadu.
- c) Polymery mají sklon k elektrostatickému nabíjení
- d) Eventuální oprava výrobků je obtížná.
- e) Polymery mají zpravidla nízkou tuhost. [1]

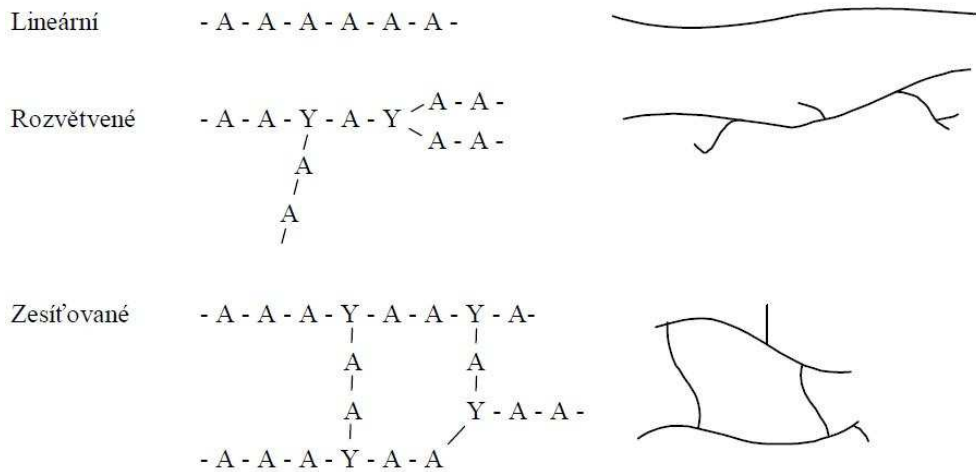
1.1 Základní vlastnosti polymerních materiálů

Polymery jsou látky vyznačující se tím, že jejich základními jednotkami jsou extrémně velké molekuly – makromolekuly. Kde poly = mnoho; meros = část; monos = jediný; oligo = několik. Makromolekuly přitom vznikají spojením velkého počtu opakujících se částí – merů. Mery jsou zůstatky ze spojujících se výchozích molekul – monomerů. Malé množství spojených merů se označuje jako – oligomer, velké množství pak jako – polymer. Podle způsobu vzniku může být ještě blíže označen jako polykondenzát, polyadukt či polymerát. [14]



Obr. 4: Schéma makromolekulární látky [4]

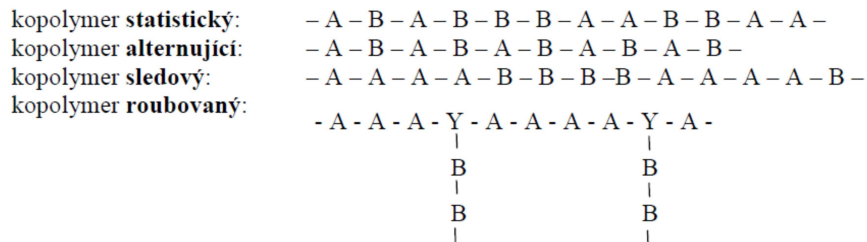
Makromolekuly mohou být v nejjednodušším případě lineární, obecněji rozvětvené a ve speciálních případech zesíťované – jak ukazuje schéma:



Obr. 5: Tvary polymerních řetězců [14]

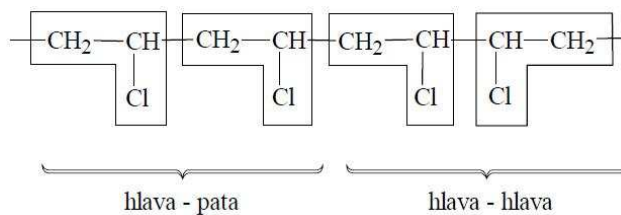
(A – je dvoufunkční jednotka (monomer), Y – je trojfunkční jednotka.)

Při použití dvou druhů jednotek (monomerů) – A – a – B – vznikají kopolymery s následujícím možným uspořádáním:



Obr. 6: Struktura kopolymerů [14]

Kromě toho ještě v případě nesymetrické dvojfunkční jednotky (u níž nacházíme hlavu a patu) rozeznáváme spojení dvojfunkčních jednotek:

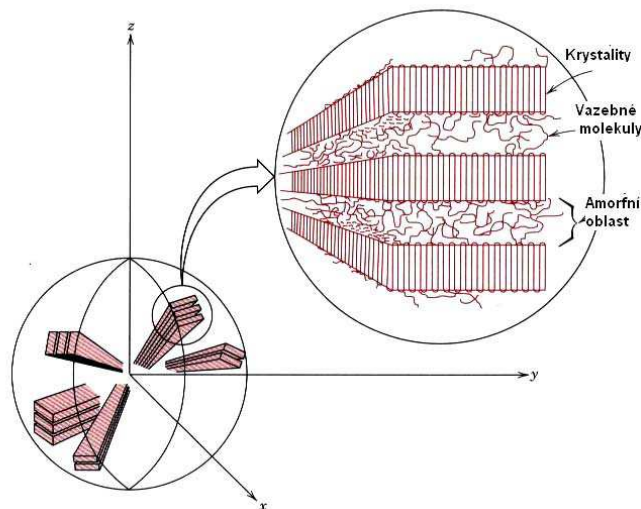


Obr. 7: Konstituce makromolekul [14]

Zcela zesíťované polymery jsou nerozpustné a netavitelné. Částečně zesíťované frakce polymeru jen botnají a vytvářejí gely. Vytváří-li zesíťované frakce jen malé útvary do 1 mm tvoří mikrogely. Efekt síťování může vykazovat i fyzikální zauzlení řetězců a iontové páry mezi sousedními řetězci. [14]

Velká délka makromolekul je na překážku úplné krystalizaci. Přesto i u polymerů pozorujeme krystalický stav takový, že makromolekuly jsou pravidelně uspořádány v omezeném objemu. Plasty vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %) a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními. Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m . Mnohé polymery, krystalizující z taveniny, vytvářejí tzv. sférolity, které mají, jak zní jejich název, kulovitý tvar.

Amorfní plasty jsou takové, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. PS, PMMA, PC, apod. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní anebo průsvitné (60 % propustnosti světla). Součinitel teplotní roztažnosti α je menší, než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesílnění T_g . [8]



Obr. 8: Vzhled sférolitu [8]

1.2 Rozdělení plastů

1.2.1 Polyolefiny

Polyolefiny představují kvantitativně největší skupinu syntetických polymerů, což je způsobeno hlavně snadnou dostupností surovin pro výrobu monomerů a tím, že jde o výrobu relativně levnou. Polyolefiny jsou tedy cenově nejvýhodnější polymery. Dalším důvodem pro jejich široké rozšíření je dobrá zpracovatelnost nejproduktivnějšími technologickými postupy i velmi dobré a široce využitelné vlastnosti. Největší význam mají polyethylen a polypropylen. [1]

- *Polyethylen (PE)* – LD-PE, HD-PE, MD-PE, UHMW-PE, LLD-PE
- *Polypropylen (PP)*
- *Kopolymer etylenu s vinylacetátem (EVA)*
- *Poly-1-Buten (PB)*

1.2.2 Fluoroplasty

Fluoroplasty jsou strukturními analogy polyolefinů, v jejichž makromolekulách jsou vodíkové atomy nahrazeny fluorovými nebo částečně fluorovými a částečně chlorovými. [13]

- *Polytetrafluorethylen (PTFE)*
- *Polyvinylfluorid (PVF)*
- *Polyvinyldefluorid (PVDF)*

1.2.3 Polystyrenové plasty

Skupina polystyrenových plastů zaujímá objemem výroby třetí místo na světě za polyolefiny a polyvinylchloridem. Na světové kapacitě výroby se podílí asi 12 až 14%. Velký rozvoj výroby a spotřeby polystyrenových plastů byl vyvolán nízkou cenou monomerního styrenu, dobrou zpracovatelností těchto polymerů a jejich výhodnými vlastnostmi.

- *Standardní polystyren (PS)*

- *Zpěňovatelný polystyren (EPS)*
- *Houževnatý polystyren (HIPS)*
- *Kopolymery styren-akrylonitril (SAN)*
- *Akrylonitril-butadien-styren (ABS)*
- *Akrylonitril-styren-akrylát (ASA)*

1.2.4 Vinylové polymery

Vinylové polymery patří k nejdůležitějším plastům. Mají velmi širokou oblast použití a relativně nízkou cenu. Jejich podíl na celkové výrobě plastů v jednotlivých technicky vyspělých státech se pohybuje okolo 20%.

- *Polyvinylchlorid (PVC)*
- *Polyvinylacetát (PVAC)*
- *Polyvinylalkohol (PVAL)*
- *Polyvinylbutyral (PVB)*

1.2.5 Akrylové polymery

Význam akrylových polymerů stále více narůstá. Všechny s vyznačují vynikající transparentí a odolností vůči povětrnosti.

- *Polymethylmethakrylát (PMMA)*
- *Polyakrylonitril (PAN)*

1.2.6 Polyacetal, Polyétery

Z polyacetalů mají technický význam pouze polymery a kopolymery formaldehydu. Jako polyethery se označují polymery, u nichž jsou kyslíkové atomy řetězce odděleny aromatickými, cykloalifatickými nebo alifatickými zbytky s nejméně dvěma atomy uhlíku.

- *Polyoxymethylen (POM)*
- *Polyfenylenoxid (POP)*
- *Polyetheretherketon (PEEK)*

- *Epoxidové pryskyřice (EP)*

1.2.7 Polyestery

Polyestery představují velkou skupinu polymerů, jejichž charakteristickým znakem je přítomnost esterových vazeb v hlavních řetězcích.

- *Polyethylentereftalát (PETP)*
- *Polybutylentereftalát (PBTP)*
- *Polykarbonát (PC)*
- *Nenasycené polyesterové pryskyřice (UP)*

1.2.8 Polyamidy

Nejvýznamnější a nejrozšířenější jsou polyamidy s alifatickými řetězci, na trhu jsou však i typy aromatické. Vlastnosti polyamidů se mění v závislosti na výchozích monomerech. [1]

- *Polyamid 6 (PA 6)*
- *Polyamid 66 (PA 66)*
- *Polyamid 610 (PA 6.10)*
- *Polyamid 11 (PA 11)*
- *Polyamid 12 (PA 12)*
- *Polyarylamidy*

1.2.9 Polyuretany

Polyuretany patří do rozsáhlé skupiny polyesteramidů, tedy polymerů, které jsou z chemického hlediska kombinací polyesterů a polyamidů. Lze je připravit z různých vícefunkčních izokyanátů a látek obsahujících hydroxylové skupiny. [13]

- *Polyuretan (PUR)*

2 PŘÍPRAVNÉ ZPRACOVÁNÍ SMĚSÍ

Plasty obecně nelze bezprostředně zpracovávat v hotové výrobky, nejdříve musí projít technologiemi přípravného zpracování, kdy se do plastů přidají různé přísady, nebo se odstraňují těkavé podíly, voda, apod. Dochází k ovlivnění fyzikální a chemické struktury plastů. Polymerům musí být také dán tvar pro další zpracování (granulát, prášek, kaše, atd.) Tyto technologie se potom označují jako technologie přípravného zpracování a představují mezistupeň mezi výrobou polymeru a vlastním zpracováním. Patří sem technologie míchání a hnětení, granulace, tabletování, recyklace a sušení a doprava materiálu. [15]

2.1 Přísady do termoplastů

Pojmem přísady rozumíme látky, které jsou v polymerech fyzikálně dispergované bez toho, aby významně ovlivňovali jejich strukturu a přidávají se do polymerů s cílem zlepšit vlastnosti nebo snížit cenu výrobků z plastů. Z chemického hlediska jde o sloučeniny rozličných typů, které se často rozdělují podle účinků na vlastnosti plastů, např. na přísady ovlivňující zpracovatelské vlastnosti a na přísady ovlivňující užitkové vlastnosti. Zpravidla však není ostrá hranice mezi jednotlivými skupinami, protože jedna přísada může ovlivňovat současně zpracovatelské i užitkové vlastnosti plastu.

- Pro úpravu zpracovatelských vlastností:
 - změkčovadla
 - maziva
 - separační prostředky
 - tepelné stabilizátory
- Pro úpravu užitkových vlastností:
 - světelné stabilizátory
 - antioxidanty
 - antiozonanty
 - plniva
 - vyztužovala

- nadouvadla
- pigmenty
- opticky zjasňující látky
- antistatické prostředky
- prostředky snižující hořlavost
- brusné prostředky

Výběr vhodné přísady, případně kombinaci přísad, je náročný. Vyžaduje mnoho poznatků a zkušeností. Je třeba zohledňovat více faktorů: vlastnosti polymeru, způsob a podmínky zpracování, požadavky na výrobu z hlediska zpracování a používání, vlastnosti jednotlivých přísad a jejich možné vzájemné interakce.

Všeobecně se vyžaduje, aby přísady měli tyto vlastnosti:

- co nejvyšší účinnost,
- přiměřenou snášlivost s polymerem,
- dobrou odolnost proti zpracovatelským teplotám,
- vhodnou konzistenci a finální úpravu,
- přísady nesmí negativně ovlivňovat vlastnosti polymeru,
- v případě speciálních aplikací se vyžadují i dobré organoleptické a fyziologické vlastnosti,
- přijatelná cena a dostupnost. [6]

2.1.1 Změkčovadla

Změkčovadla jsou látky většinou organického původu, přídavkem kterých u polymerů můžeme dosáhnout snížení zpracovatelských teplot na úroveň podstatně nižší, jak je teplota jejich degradace. Kromě toho přídavkem změkčovadel můžeme výrazně ovlivňovat a regulovat fyzikálně-mechanické vlastnosti polymerních směsí a výrobků z nich. Z fyzikálně-mechanických vlastností jsou to především zvýšená ohebnost, lepší mrazuvzdornost, lepší tvarovatelnost, snížená teplota skelného přechodu, atd.

Principem působení změkčovadel je zvýšení pohyblivosti makromolekul při běžné, respektive snížené teplotě. Jak se pohyb segmentů makromolekuly, či celých makromolekul celkově zastaví, je polymer v tzv. sklovitém stavu, je tuhý a křehký.

Účinnost změkčovadla můžeme definovat jako množství změkčovadla potřebného na dosažení vyžadovaných vlastností polymerní směsi. Jsou-li k dispozici dvě změkčovadla A a B a je třeba využít vyšší koncentraci změkčovadla A jak B na dosažení určité vyžadované změny vlastností, pak je změkčovadlo B účinnější. Účinnost se dá posuzovat například z hlediska vztahu mezi působením změkčovadla a vlastností polymerních směsí, schopnosti změkčovadla snížit teplotu skelného přechodu T_g polymerní směsi, či vztahu mezi hodnotou teploty tání T_m a koncentrací změkčovadla.

Životnost účinků změkčovadla znamená, že si změkčovadlo v směsi s polymerem zachová svoji účinnost při různých podmínkách aplikace. Změna životnosti účinků změkčovadla souvisí většinou s fyzikálními procesy, ale v některých případech je třeba brát v úvahu i možné vlivy produktů chemických přeměn změkčovadla. [6]

Druhy změkčovadel:

- Estery kyseliny ftalové
- Estery kyseliny fosforečné
- Estery kyseliny adipové, azelaínové, sebacínové
- Estery mastných kyselin
- Epoxidované mastné kyseliny
- Estery kyseliny citronové
- Estery kyseliny glykolové
- Polyestery
- Uhlovodíky, chlorované uhlovodíky
- Alkoholy, étery, ketony

2.1.2 Maziva

Maziva jsou pomocné látky, které ulehčují zpracování termoplastů tím, že zlepšují tokové vlastnosti a adhezi na povrchu těch částí stroje, které přicházejí do styku s taveninou.

Mohou také působit na urychlení tvorby taveniny, na zlepšení lesku, jako antibloková a separační činidla, antistatika a také zlepšovat zbarvení a i mechanické vlastnosti. Maziva jsou látky organické nebo částečně organického původu, jako jsou produkty ropy, živočišné a rostlinné tuky, či částečně syntetické produkty, nízkomolekulové a voskovité polymery.

Po čas zpracování a míchaní plastů obalí maziva nánosem zrnka plastu. Takto promazaná zrnka potom jednodušeji tečou v ještě poměrně chladné části stroje. Se zvyšující se teplotou začíná polymer měknout a mazivo, jak je v tuhém stavu se taví a proniká do plastu. [6]

Rozdělení maziv podle účinku:

- a) Maziva s vnějším účinkem – látky, které jsou relativně nepatrně rozpustné v polymeru, částečně vystupují na povrch směsi a vytvářejí tak separační mezivrstvu mezi polymerem a pracovním povrchem zpracovatelského zařízení;
- b) Maziva s vnitřním účinkem- jsou dobře snášitelná a mísitelná s polymerem, a tedy lépe rozpustná v polymeru, čímž snižují viskozitu taveniny polymeru a navíc do určité míry zabraňují uvolňování tepla, vznikajícího účinkem třecích sil v hněteném polymeru.

Rozdělení maziv podle chemického složení:

- Uhlovodíky
- Mastné kyseliny
- Vyšší alkoholy
- Organická mýdla
- Vosky
- Jednoduché estery mastných kyselin
- Vícesytné alkoholy
- Amidy mastných kyselin [3]

2.1.3 Separační činidla

Používají se k usnadnění vyjímání výrobků (výlisků, výstřiků, laminátů) z forem a mnohdy tak přispívají ke zvýšení produktivity tvářecího zařízení (lisu, vstřikovacího stroje).

Jako separační činidla se kromě vnějších maziv osvědčují silikonové oleje nebo polytetrafluorethylenové disperze ve formě nátěru nebo nástřiku tvářecích ploch. Mají vynikající tepelnou stabilitu (do 300°C). Nesnáze však mohou vzniknout při následujícím potiskování nebo pokovování povrchu výrobku. Tiskové barvy nebo kokové vrstvy pak někdy totiž na polymeru špatně drží.

Z těchto i jiných důvodů se proto mnohdy pro snazší vyjímání výrobků z tvářecích forem používá separačních fólií, např. z celofánu nebo PVAL. [13]

2.1.4 Tepelné stabilizátory

Tepelné stabilizátory jsou látky umožňující tvarování za tepla a tváření polymerů, jejich teploty měknutí a rozkladu leží v úzkém rozmezí. Patří k nim především homopolymery a kopolymery vinylchloridu.

Tepelná a světelná stabilizace polyvinylchloridu je důležitým problémem již vzhledem k jeho širokému použití. Poněvadž při tepelné destrukci nedochází k tak zásadním změnám mechanických vlastností jako vlivem UV-záření a znehodnocování materiálu se projeví nejnápadněji ve změně jeho barvy, posuzují se tepelné stabilizátory PVC především podle jejich schopnosti zabraňovat tomuto zbarvování.

Při volbě vhodných stabilizátorů je třeba mít na zřeteli i další přísady v polymerních směsích, zejména změkčovadla a plniva, které mnohdy destrukční a zbarvovací proces urychlují.

Na tepelný stabilizátor jsou kladeny následující požadavky:

- **zamezit odštěpování** chlorovodíku, nebo odštěpený chlorovodík alespoň odstraňovat a zabraňovat tím korozi zpracovatelských zařízení,
- **zabraňovat vzniku barevných struktur**, nebo tyto struktury vzniklé tepelnou destrukcí alespoň rozrušovat,
- **být snášelivý s polymerem**, nevyluhovat se vodou, nezhoršovat mechanické a elektroizolační vlastnosti polymeru,
- **být netoxický**.

Pokrok v oblasti tepelné stabilizace polymerů umožnil jejich bezpečné zpracování i takovými technologickými způsoby, při nichž zpracovatelská teplota dokonce převyšuje teplotu rozkladu čistého polymeru (např. při vstřikováním nebo výrobě neměkčených fólií vyfukováním).

Tepelné stabilizátory lze rozdělit do dvou základních tříd:

- stabilizátory založené na solích anorganických i organických kyselin
- stabilizátory organické

Tepelné stabilizátory se přidávají do polymerů při přípravě polymerních směsí spolu se změkčovadly a dalšími přísadami, obvykle v množství od 0,5 dsp do 5 dsp. [13]

2.1.5 Světelné stabilizátory

Jako světelné stabilizátory se uplatňují přísady, které absorbují ultrafialové záření, tj. tu část světelného spektra, jejíž energie je dostatečně velká, aby způsobovala degradaci polymeru. Proto je také někdy nazýváme **absorbéry ultrafialového záření**. Klademe na ně následující požadavky:

- nesmějí propouštět ultrafialové světlo, tj. elektromagnetické záření o vlnových délkách od 300 nm do 400 nm, ale musejí je naopak absorbovat;
- přijaté (absorbované) ultrafialové záření musejí přeměnit na energeticky chudší, pro polymery neškodné, tj. dlouho vlnné, např. tepelné záření, jehož energie musí ležet pod hodnotou potřebnou k degradaci polymeru;
- samy musejí být vůči ultrafialovému záření odolné, tj. přijatou energii musejí přeměňovat bez jakékoli další změny;
- mezi nimi, polymerem a dalšími přísadami ve směsi nesmí docházet k žádné chemické reakci. Mohla by se totiž projevit minimálně změnou barvy výrobku.

Látky, které tyto požadavky převážně splňují, jsou bezbarvé a podle jejich chemické struktury je lze rozdělit na:

- deriváty benzofenolu,
- deriváty kyseliny salicylové,
- deriváty benzotriazolu,

- tzv. sféricky (prostorově) stíněné aminy. [13]

2.1.6 Antioxidanty

Vzdušný kyslík způsobuje degradaci polymeru. Za běžné teploty se toto tzv. oxidační stárnutí projeví až po velmi dlouhé době, např. po deseti a více letech. Za zvýšené teploty se však významně urychluje a mluvíme o tzv. tepelně-oxidačním stárnutí. Ochrana polymerů proti stárnutí spočívá hlavně v zabránění řetězovému průběhu oxidace, která má v nechráněném polymeru autokatalytický průběh (je katalyzována vlastními reakčními produkty). Proto látky, které zpomalují tepelně-oxidační stárnutí polymeru, právem nazýváme antioxidanty.

Podle jejich chemického účinku můžeme antioxidanty rozdělit do dvou skupin na:

- **látky, které přerušují řetězovou autooxidaci reakcí** tím, že ukončují (inhibují) buď radikály vzniklé rozpadem hydroperoxidu nebo radikály vzniklé reakcí primárně vytvořených radikálů s makromolekulami polymeru. (např. deriváty aminů a fenolů),
- **látky, které zabraňují vzniku (iniciaci) řetězové reakci** tím, že rozkládají (desaktivují) hydroperoxydy. (např. thioly a sulfidy).

Antioxidanty se při svém ochranném působení mění v produkty, které jsou buď bezbarvé nebo různě, většinou tmavě, zbarvené. Podle toho pak rozeznáváme antioxidanty nebarvící, barvící a zbarvující. [13]

2.1.7 Plniva

Plniva tvoří skupinu přísad do plastů, která se svojí strukturou, složením, chemickými a fyzikálními vlastnostmi podstatně liší od vlastností polymerní matrice.

Podle základního členění se plniva rozdělují na anorganická a organická, podle výskytu na přírodní a syntetická. Podle tvaru částic na vláknitá a nevláknitá. Z hlediska vlivu plniv na rozhodující fyzikálně-chemické vlastnosti směsí se plniva rozdělují na neaktivní a aktivní.

Aplikací neaktivních plniv se ovlivňuje ekonomická sféra výroby => snižuje se cena výrobků, respektive polymeru při stejné spotřebě základní suroviny. Vhodnou volbou aktivních plniv můžeme záměrně upravovat a regulovat zvolené vlastnosti původního polymeru. Aktivní plniva se všeobecně nazývají ztužovadla.

Vlastnosti „ideálního“ plniva můžeme definovat takto:

- výrazně zlepšuje vyžadované vlastnosti (fyzikálně-chemické) polymeru,
- nízká navlhavost,
- přiměřená hustota,
- nízký obsah nečistot,
- zanedbatelný vliv na opotřebení materiálů zpracovatelských zařízení,
- dostupnost a nízká cena,
- chemická stabilita,
- tepelná stabilita a nehořlavost,
- dobrá dispergovatelnost.

Žádné reálné plnivo nespĺňuje v celém rozsahu všechny uvedené požadavky na vlastnosti a při jeho výběru a aplikaci je nevyhnutelné zvolit kompromis mezi jeho vlastnostmi a požadovanými vlastnostmi plněného polymerního materiálu.

Základní typy plniv:

- Minerálně disperzní plniva
- Kovová plniva
- Plniva se souběžným účinkem retardace hoření
- Organická plniva a plniva na speciální aplikace
- Sférická (mikrosférická) plniva – plniva s kuličkovým tvarem částic
- Plniva s šupinkovým a lamelárním tvarem částic
- Krátkovláknitá plniva
- Dlouhovláknitá plniva [6]

2.1.8 Vyztužovadla

Jsou to látky, které svým tvarem a strukturou zpevňují polymerní výrobky. Jsou to vláknité a textilní materiály hlavně na základě bavlny, celulózy, polyamidů a polyesterů, skla, kovů,

papíru, dřeva a dalších látek. Ztužujícího účinku skelných vláken se stále více využívá pro vyztužování termoplastů, např. polyolefinů a vinylových plastů.

Pro zvýšení adheze textilních a skleněných vláken i kovů k polymerním materiálům se vyztužovalo většinou opatřuje vrstvičkou látky, která je schopna vytvářet vazby mezi ním a vyztužovaným polymerem. Tyto adhezivní prostředky jsou nazývány pojmem apretační činidla. [13]

2.1.9 Nadouvadla

Jednou z modifikací vyráběných polymerů je jejich lehčení. Lehčením získávají polymerní materiály nové užitkové vlastnosti, například nízkou hmotnost, dobré tepelně izolační a zvuko izolační vlastnosti. Důležitým faktorem z ekonomického hlediska je nahrazení polymerního materiálu plynem.

Lehčené polymery představují skupinu materiálů, u kterých hustota byla snížena vytvořením dutinek různých tvarů a velikostí.

Na objasnění vzniku pěnové struktury v polymerech obsahujících nadouvadlo existuje vícero teorií. Základem těchto teorií je předpoklad, že se nadouvadlo úplně rozloží a uvolněný plyn je dokonale dispergován v tavenině polymeru.

Na nadouvadlo se kladou následující požadavky:

- plyn se musí uvolňovat v úzkém definovaném rozmezí teplot,
- plyn se musí uvolňovat kontrolovatelně a přiměřenou rychlostí,
- nadouvadlo a jeho rozkladné produkty nesmí být korozivní,
- nadouvadlo má být stabilní při uskladnění,
- rozklad nadouvadla nesmí být příliš izotermický,
- nadouvadlo nesmí působit na rychlost tavení polymeru a má být snášenlivé s polymerem a se všemi složkami směsi,
- tuhé rozkladné produkty nesmí zhoršovat fyzikální, mechanické a chemické vlastnosti lehčeného polymer. [6]

Pro termoplasty je nejrozšířenějším nadouvadlem azobisformamid neboli azodikarbonamid. [13]

2.1.10 Barviva a pigmenty

Barviva jsou barevná tělíška, která jsou rozpustná v polymerech. Barevné disperze, pokud nejsou kapalné, se dodávají nejčastěji ve formě granulí, drtě, perliček nebo prášků. Barviva vytvářejí v plastech transparentní roztoky, což zabezpečuje velkou brilantnost vybarvení, respektive průhlednost. Tyto vlastnosti se vyžadují zejména při výrobě mnoha výrobků, nejvíce však při výrobě fólií. Jejich rozpustnost zlepšuje také zpracovatelnost, což je důležité při barvení jemně profilovaných výrobků (vláken, fólií), protože nevznikají problémy s dispergovatelností. Z rozpustnosti vyplývají také některé snížené stálosti vybarvení, včetně těch, které souvisejí s migrací barviv nebo s jejich molekulovým rozložením ve hmotě. [6]

Pigmenty (práškové barvy) jsou barevné prášky nerozpustné v polymerech, kterým se jako přísada propůjčuje příslušný barevný odstín a kryvost. Rozdělujeme je podle původu na anorganické, organické a bronze (práškové kovy).

- Přírodní anorganické pigmenty:
 - Pro barvu bílou: křída, sádrovec,
 - Pro barvu černou: grafit.
- Synteticky připravené pigmenty:
 - Pro barvu bílou: litopon, zinková běloba, titanová běloba,
 - Pro barvu žlutou: citrónová žluť,
 - Pro barvu červenou: červeň H,
 - Pro barvu modrou: ultramarín,
 - Pro barvu černou: saze.

Anorganické pigmenty jsou levné, většinou dobře snášejí podmínky zpracování polymerních směsí, ale nedávají polymerním výrobkům požadované živé (pastelové) odstíny. Zboží, které má mít atraktivní vzhled, se vybarvuje odstíny dražšími organickými pigmenty, zejména na základě azobenzenu. Při použití organických pigmentů je vždy nutno mít jako podkladovou bílou barvu. [13]

2.1.11 Opticky zjasňující látky

Do této skupiny přísad patří látky které absorbují část ultrafialového světla. Pohlčenou energii pak vyzařují během osvětlování ve formě tzv. fluorescence, tj. záření o větších vlnových délkách. Tím vytvářejí v lidském oku dojem, že sledovaná barva je jasnější.

U polymerů slouží zejména k odstraňování nažloutlosti některých polymerů, která brání jejich jasnému vybarvení. Jejich účinek je největší na denním světle.

Použití opticky zjasňujících látek je problematické v polymerních směsích obsahující světelné stabilizátory nebo pigmenty absorbující ultrafialové záření, k jakým patří např. titanová běloba. Ty totiž zmenšují nebo zcela ruší účinek opticky zjasňujících přípravků. Z chemického hlediska jsou to převážně organické sloučeniny obsahující systém nejméně čtyř konjugovaných dvojných vazeb, např. deriváty stilbenu. [13]

2.1.12 Antistatické prostředky

Antistatická úprava polymerů je chemický nebo fyzikální postup modifikace jejich vlastností, zabezpečující eliminaci náboje. Nejdůležitějšími jsou antistatika povrchovoaktivního charakteru, které patří do organických antistatik.

Antistatická úprava se může zabezpečit:

- povrchovou úpravou polymerních výrobků,
- vnitřní úpravou hmoty polymeru.

Antistatika můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:

- organická antistatika
- anorganická antistatika

Významným faktorem, ovlivňujícím použití antistatik je vliv dalších přísad, které musíme do polymerů přidávat. Typ a množství antistatika bude záviset na druhu ostatních aditiv.[13]

2.1.13 Prostředky snižující hořlavost

Úlohou retardérů hoření je zpomalit proces hoření, nebo ho přerušit. Retardéry hoření mohou působit při zahřívání, rozkladu nebo hoření plastů.

Po dobu hoření se vlivy retardérů projevují komplexně za současného působení různých faktorů. Retardace hoření plastů nastává v plynné a kondenzované fázi.

V podstatě existují dva způsoby úpravy plastů na snížení jejich hořlavosti:

- úprava povrchu,
- úprava v hmotě.

Při povrchové ochraně plastů můžeme použít buď ochranné nátěry s obsahem aditivních retardérů hoření nebo vytvoření radikálů na povrchu výrobku radiací, chemickou a termickou iniciací nebo pomocí nízkoteplotní plazmy a následným očkovaním reaktivních retardérů.

Retardéry hoření musí splňovat tyto vlastnosti:

- rozkladné teploty plastu a retardéru by měli být přibližně shodné,
- při zpracování plastu nesmí vznikat korozivní plyny,
- při zpracování plastů by se neměli uvolňovat toxické zplodiny.

Jako retardéry hoření se používají:

- halogenové sloučeniny,
- sloučeniny fosforu,
- anorganické retardéry hoření. [6]

2.2 Míchání

V gumárenském a plastikářském průmyslu patří míchání mezi hlavní technologické postupy, související s přípravou a úpravou polymeru. Touto technologií lze homogenizovat nejen směsi tuhých látek, ale i směsi tuhých a kapalných látek. Příkladem takového postupu může být např. příprava homogenní směsi polymeru s pomocnými surovinami jako jsou maziva, plniva, pigmenty, tepelné a světelné stabilizátory, atd. Mícháním se navíc zintenzivňuje výměna tepla a hmoty, což je z hlediska kontinuální technologického pochodu nezbytné.

Vzhledem ke složitosti hydromechanického děje s rozmanitostí technologických postupů bylo vyvinuto velké množství míchacích strojů nejrůznějších konstrukcí. Většinou jsou však tyto stroje málo univerzální a jsou schopny realizovat jen úzký okruh technologických operací.

Způsob a podmínky míchání jsou ovlivňovány jednak skupenstvím promíchávaných surovin, jednak sledem technologických operací. Podmínky, při kterých je směs připravována jsou posuzovány především podle teploty. Některé suroviny, jakými jsou například základní polymer, pigmenty a změkčovadla, se mohou smíchávat jak za normální teploty, tak i za teploty zvýšené (50 až 60°C), čímž se doba potřebného zrání směsi snižuje. Má-li dojít v průběhu směřování i k částečné želatinaci polymerů, pak se míchací proces uskutečňuje při teplotách 130 až 150°C. Takto připravované směsi se mohou ihned dále zpracovávat např. na ohřívacím a míchacím dvouválci.

Teoreticky je možno míchací proces suchých a viskózních hmot uskutečňovat na libovolných míchacích strojích. Je však věcí ekonomické úvahy a požadovaných homogenizačních účinků, zda je ten či onen míchací stroj vhodný. Z tohoto důvodu je třeba výběru míchacího stroje věnovat nemalou pozornost.

Podle druhu zpracovávaného materiálu se míchací stroje dělí na:

1. Míchací stroje pro přípravu sypkých materiálů.
2. Míchací stroje pro přípravu nízkoviskózních kapalných směsí.
3. Míchací stroje pro přípravu past.
4. Míchací stroje pro přípravu viskozních těstovitých směsí.

Na přípravu sypkých směsí jsou v plastikářské technologii používány míchací stroje:

- a) Bubnové
- b) Ramenové (s míchadly pásovými)
- c) Kuželové
- d) Fluidní
- e) Planetové

Pro přípravu kapalných, nízkoviskózních směsí se používají nejrůznější typy míchacích strojů s míchadly:

- a) Lopatkovými
- b) Vrtulovými
- c) Turbinovými
- d) Šnekovými

K přípravě past se často používají stroje:

- a) Ramenové
- b) Planetové
- c) Turbinové

K homogenizaci vysoceviskózních těstovitých materiálů, za současné plastikace či želatinace, se používá:

- a) Tlakových hnětičů
- b) Rychloběžných míchacích strojů
- c) Šnekových strojů normální a speciální konstrukce [9]

2.3 Míchací stroje pro sypké materiály

Mísení zrnitých látek je zvláštním případem míchání. Od míchání v kapalném prostředí se odlišuje výrazně rozdílnými vlastnostmi směřovaných komponentů a výsledných směsí. Zrnité látky mohou být konglomerátem několika chemických látek.

Z tohoto důvodu obvykle bývá za složku směsí považován soubor částic, které mají při dynamických operacích stejné chování. K jejich charakteristice patří rozměry, tvar, kvalita povrchu a hmotnost částic. Za homogenní je považována taková zrnitá směs, kde jsou částice různého chování rovnoměrně rozděleny v celkovém objemu směsi. [5]



Obr. 9: Konstrukční rozdělení základních typů mechanických mísičů sypkých hmot

2.3.1 Mísiče s rotující komorou

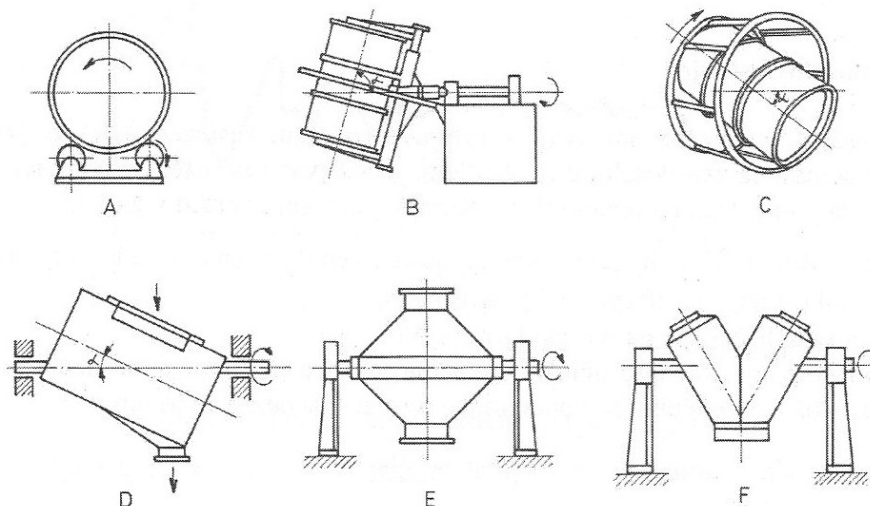
Společným znakem těchto mísičů je způsob práce, spočívající v tom, že celý mísič je uveden do otáčivého pohybu, který způsobuje přesypání a tedy – homogenizaci vsádky. Jelikož tento způsob mísení není komplikovaný, používá se nejčastěji při výzkumných pracích, které se týkají mechanismu mísení a to kvůli tomu, že je nejlépe teoreticky popsán. Do této skupiny můžeme zařadit několik typů mísičů. [16]

- **Bubnové mísiče**

Bubnové mísiče slouží k míchání kapalin a sypkých látek, např. pro suché barvení, přípravu suchých směsí (dry blend) apod. Míchacího účinku se zde dosáhne pohybem míchací nádoby a uplatněním tíhových sil. Nejjednoduššími typy bubnových míchaček jsou sudy zčásti naplněné míchaným materiálem, které se otáčejí kolem vlastní osy nebo kolem osy, která je různoběžná k ní a skloněná pod úhlem α . Na míchaný materiál v bubnových míchačkách působí jen nepatrné smykové síly. Proto se tímto způsobem obtížně míchají materiály, které mají sklon k tvorbě hrudek (vlhkost, statický náboj). Také se v nich obtížně připravují viskózní roztoky. Intenzita míchání se zvyšuje vnitřní vestavbou, nebo se zabudovává míchadlo. Vestavbu zpravidla tvoří příčky a žebra, která usměrňují tok materiálu při pohybu bubnu.

Bubny se zaplňují asi z 1/4 až 1/3 celkového jejich objemu. Pohyb materiálu je v podstatě určován silami tíhovými a odstředivými. Buben se vyprazdňuje prostým sklopením a otočením vyprazdňovacího otvoru. [12]

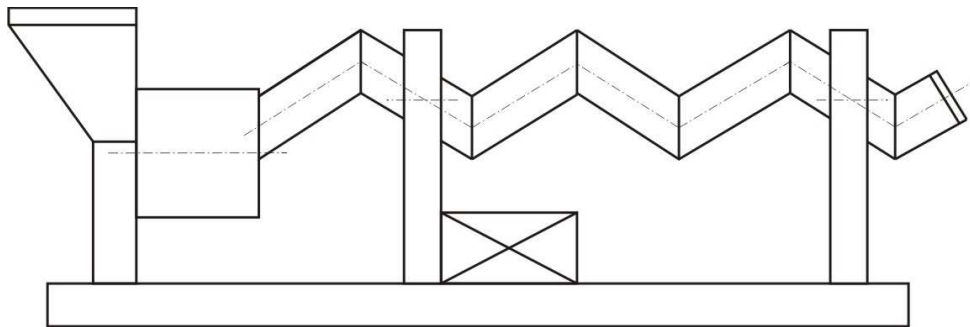
Také lze upravovat tvar nádoby. U mísičů s upraveným tvarem lze získat kvalitnější produkt (s vyšším stupněm homogenity) než u jednoduchých bubnových mísičů. Dráha jednotlivých částic materiálu v průběhu přesypávání je složitější vlivem tvaru těchto zařízení, takže je mísení účinnější. [16]



Obr. 10: Typy bubnových mísičů [12]

(A – C – míchání v sudu, D – šikmý válec, E – dvoukužel, F – dvouválec – typ V)

Tyto typy mísičů mohou pracovat i kontinuálně, příkladem může být kontinuální mísič typu V.



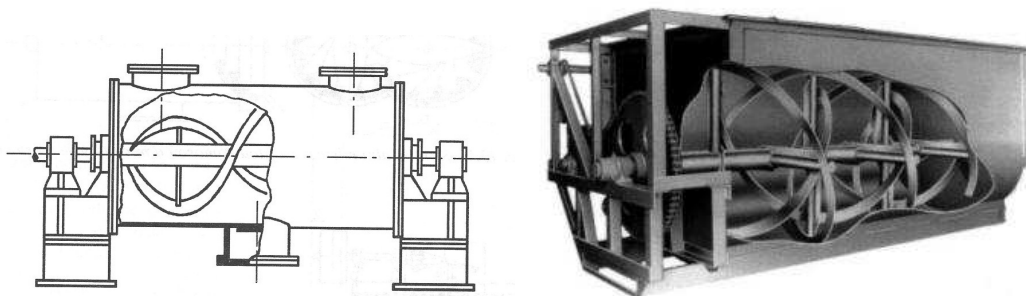
Obr. 11: Schéma kontinuálního mísiče typu V

2.3.2 Mísiče s pevnou (stacionární) komorou

U zařízení tohoto typu je samotný mísič nehybný a vsádka se uvádí do pohybu zvláštním mísicím ústrojím. Konstrukční uspořádání jsou různá jak pokud jde o tvar mísičů, tak pokud jde o způsob mísení. Konkrétní typ zařízení se musí volit podle druhu a vlastností míseného materiálu tak, aby účinnost mísení byla co největší. [16]

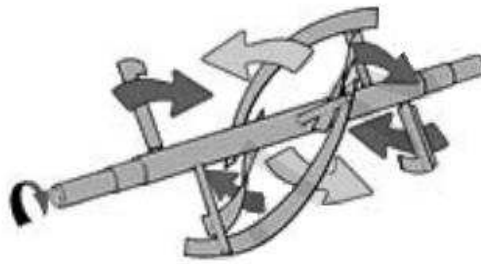
- **Pásové mísiče**

Pásové mísiče se mohou užívat pro mísení materiálů v širokém rozmezí vlastností – od nesoudržných zrněk s velkou mezerovitostí, až po vláknité substance a husté pasty. Není však vhodný pro mísení lepivých materiálů. Podle charakteru mísených materiálů se používané mísiče mohou lišit šířkou pásu, vzdáleností pásu od povrchu mísicího bubnu, počtem závitů, frekvencí otáčení, způsobem plnění a vyprazdňování atd. Hodí se pro periodický i kontinuální provoz. [16]



Obr. 12: Mísiče s pásovými míchadly [5], [7]

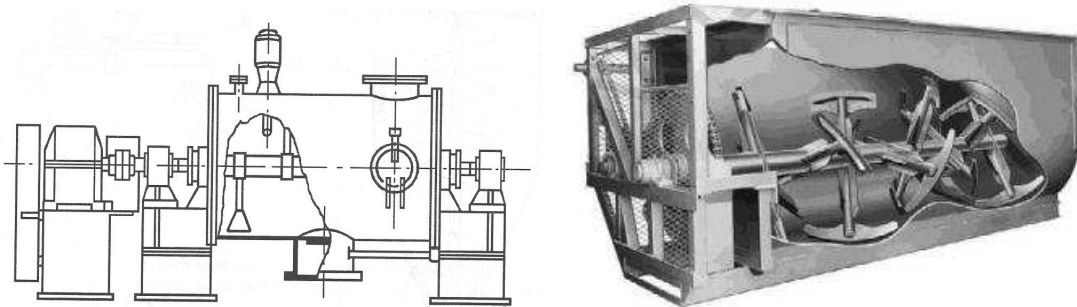
Materiál v korytě je posouván podél osy zařízení v obou směrech a přemísťuje se vlivem odstředivé síly. [7]



Obr. 13: Směry pohybu materiálu v pásovém mísiči [7]

- **Lopátkové mísiče**

Lopátkové mísiče se liší od pásových tím, že hřídel je opatřen vhodně tvarovanými lopatkami, které prořezávají materiál a uvádějí ho do posuvně otáčivého pohybu. Používají se hlavně pro velmi viskózní a soudržné materiály se zřetelem k dobrým dezintegračním účinkům lopatek. Podobně jako pásové mísiče mohou pracovat šaržově i kontinuálně. [16]



Obr. 14: Lopátkové mísiče [5], [7]

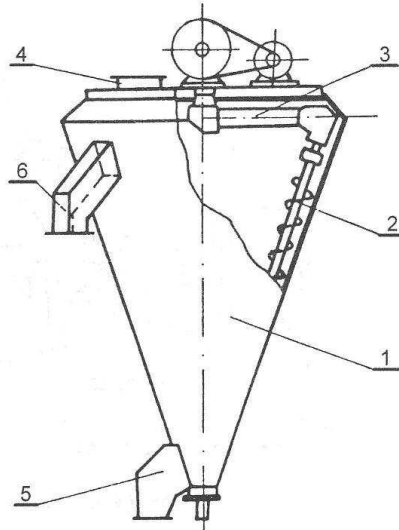
Lopatky pomáhají zdvihat směs, díky čemuž nastává její chaotický pohyb, který způsobí smykové napětí ve připravované směsi. [7]



Obr. 15: Směry pohybu materiálu v lopátkovém mísiči [7]

- **Planetové mísiče**

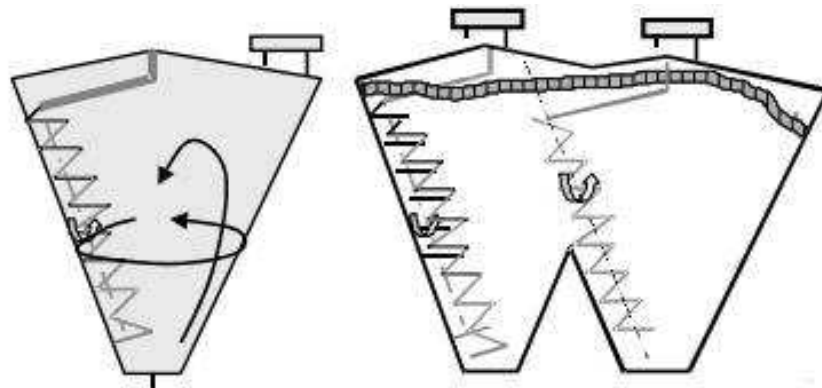
Planetové mísiče mají hřídel mísicího šneku uloženou excentricky vzhledem k svislé ose kuželové komory. Šnek tedy koná dvojí rotační pohyb – otáčí se kolem vlastní osy a současně kolem svislé osy mísiče. Planetové mísiče se hodí pro sypké materiály s malou soudržností i kapané látky. [16]



Obr. 16: Planetový mísič [5]

(1 - nádoba, 2 - šnek, 3 - pohon, 4 - vstupní hrdlo, 5 - výstupní hrdlo, 6 - odvzdušňovací hrdlo)

Materiál je zároveň mísen lokálně a přesouván podél stěny kuželové komory. Je vynášen šnekem směrem ke hladině vsádky a potom se přesypává dolů ve směru osy mísiče. Tento složitý pohyb částic zabezpečuje dobré promísení vsádky. [16]

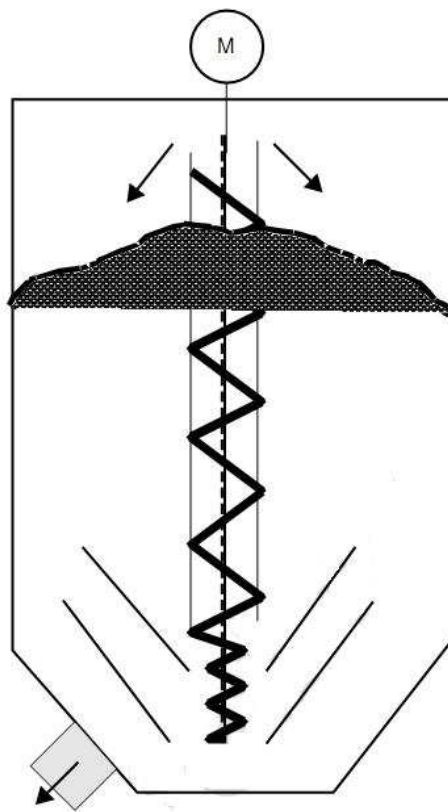


Obr. 17: Ukázka pohybu směsi v planetovém mísiči [7]

Při tomto složitém pohybu může docházet ke vzniku smykových napětí, což není vhodné pro křehké materiály. [7]

- **Mísiče se zdvihacím šnekem**

Tyto mísiče se skládají ze dvou soustředných válcových nádob se šnekem umístěným ve svislé ose. Šnek unáší materiál vzhůru podél osy nádoby, načež se přesypává a klesá do prostoru mezi oběma válci a klesá dolů. Tato zařízení mají objem řádově několika krychlových metrů, se někdy používají při skladování materiálů vyznačujících se sklonem ke spékání, takže je třeba udržovat vsádku ve stálém pohybu. [16]

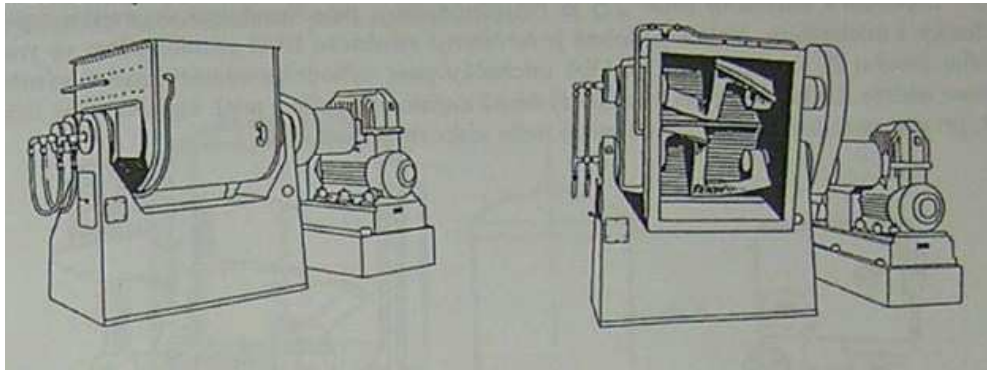


Obr. 18: Schéma mísiče se zdvihacím šnekem [7]

2.3.3 Ramenové mísiče (beztlakové)

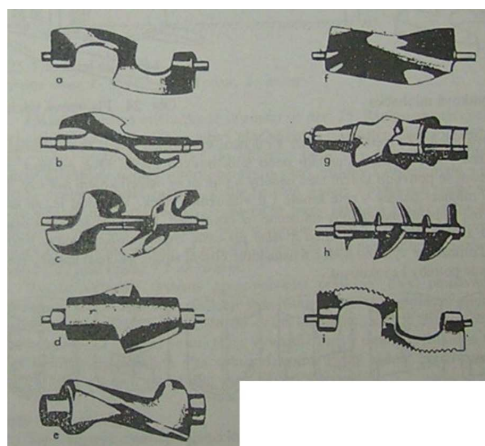
Ramenové mísiče patří mezi těžké míchací stroje se dvěma proti sobě se točícími míchadly ve vodorovné rovině. Mají velmi široké použití, neboť různě tvarovanými míchadly jsou přizpůsobeny vlastnostem té či oné zpracovávané hmoty. Používají se hlavně pro přípravu sypkých, těstovitých směsí a lepidel. Čím větší je viskozita kapaliny, tím musí mít stroj pevnější konstrukci, robustnější míchadla a výkonnější hnací jednotku.

Nejtěžší stroje tohoto druhu jsou již beztlakové hnětací stroje. Označení „bez tlakové“ je tu proto, že zpracovávaná hmota není do hnětacího prostoru vtlačována vnější silou.[2]



Obr. 19: Ramenový mísič [11]

Půdorysný tvar míchací nádoby je obdélníkový se dnem tvořeným dvěma půlválci tak, aby mezera mezi horizontálně se otáčejícími ramenovými míchadly a vnitřním pláštěm nádoby byla konstantní. Mísicí nádoba, která bývá zhotovena z nerezového materiálu, mívá velmi často dvojitý plášť za účelem vytápění, popř. chlazení. K vlastnímu míchání směsi dochází především v mezeře mezi ramenovými míchadly a vnitřním pláštěm nádoby. Vyprazdňování ramenového mísiče se děje sklopením míchací nádoby.



a – standardní

b – dvoulopatkové lehké

c - dvoulopatkové těžké

d, e, f, g – pro viskózní hmoty

h, i – pro vláknité materiály

Obr. 20: Typy míchadel a hnětadel [11]

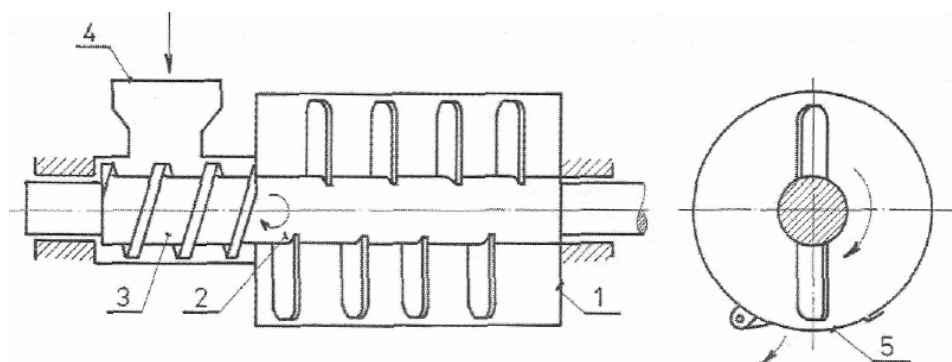
Termín „hnětadla“ se používá v těch případech, kdy klasická ramenová míchadla jsou nahrazena míchadly robustnějšími (hnětadly) ve tvaru profilovaných válců, majících na svém povrchu žebra nebo výstupky tvořené částmi šroubových ploch.

Hnětadel se hlavně používá při zpracování vysoceviskózních směsí. Hnětací stroje jsou již stroje tlakové. [9]

2.3.4 Mísiče typu Gelimat (Plastomat)

Mísiče typu Gelimat (nebo také Plastomat) jsou v podstatě rychloběžné míchačky s lopatkovými míchadly. Míchadlo je tvořeno dvěma řadami lopatek natočených tak, aby se míchaný materiál přemísťoval od čel nádoby k jejímu středu. Materiál se dopravuje z násypky do míchací nádoby dopravním šnekem. Nádoba se zaplňuje jen asi z 1/3. Materiál se při míchání rychle prohřívá intenzivním vířením. Doba míchání je velmi krátká, řádově jen v sekundách. Míchačku není třeba vyhřívat, ale naopak chladit. K tomu účelu je hřídel míchadla provrtán pro cirkulaci chladicí vody. Zamíchaná směs se vyprazdňuje výpustí, která je ovládána pneumaticky. Při vyprazdňování se vypíná spojka a míchadlo se přibrzdí. Vzhledem ke krátkým míchacím cyklům je proces zcela automatizován. Automatizací se zajišťuje reprodukovatelnost podmínek přípravy směsí a dodržení teploty jednotlivých šarží.

Stroje popsaného typu se používají k míchání sypkých materiálů, a to nejen k přípravě směsí, ale též k želatinaci a plastikaci materiálů pro další zpracování. Míchadlo i nádoba jsou silně namáhány, a musí se proto zhotovovat z materiálů odolných proti korozi a erozi. Stavějí se s objemem míchací nádoby (provozní typy) 25 - 400 dm³. [12]

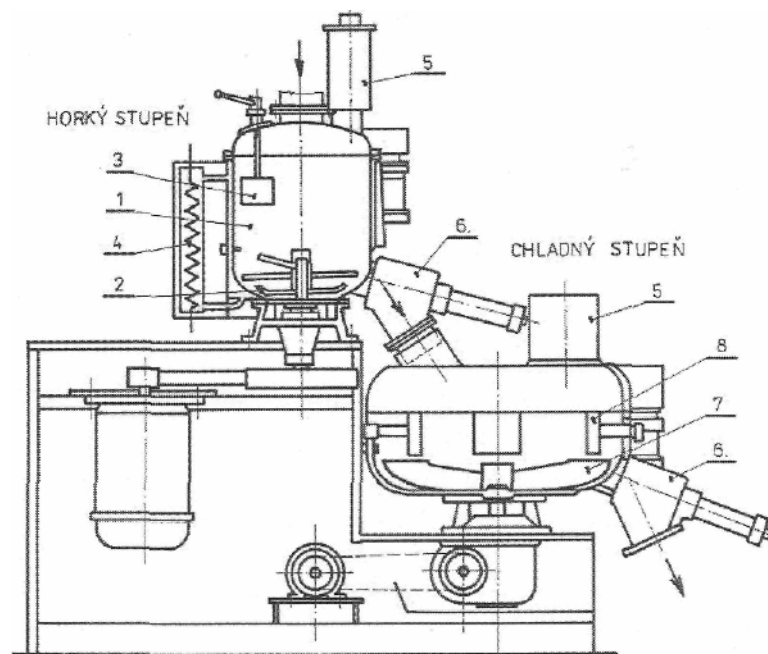


Obr. 21: Schéma míchačky Gelimat [12]

(1 – nádoba, 2 – míchadlo, 3 – šnek, 4 – násypka, 5 – výpust')

2.3.5 Fluidní mísiče

Fluidní míchačky se používají k přípravě sypkých směsí. Sypký materiál se intenzívním mícháním provzdušní natolik, že se chová jako kapalina, a lze do něho dávkovat i kapalné složky, např. změkčovadla. Při míchání se materiál zahřívá a původní práškový materiál vytváří hrubší částice, označované také jako hrudky. Zamíchaná směs je horká a může se přímo zpracovat na granulát či fólie; má-li se však skladovat, musí se směs přiměřeně ochladit. V takovém případě je třeba zařadit za sebou dva stupně, z nichž první se označuje jako horký a druhý jako chladný stupeň.



Obr. 22: Schéma dvojstupňové fluidní míchačky [12]

(1 - nádoba, 2 - míchadlo, 3 - stavitelná narážka, 4 - topení, 5 - vzduchový filtr,

6 - výpust', 7 - chlazené míchadlo, 8 - chladičí segmenty)

Nádoba je opatřena topným pláštěm a tepelnou izolací. Ve spodní části nádoby je umístěno míchadlo zpravidla turbinového typu, které uvádí navážku do vířivého pohybu (do vznosu). Nádoba se vyprazdňuje výpustí, která se uzavírá pneumaticky.

Míchadla jsou řešena v různém provedení podle druhu míchaného materiálu. Často se umísťuje několik míchadel na společném hřídeli nad sebou. Míchadla mají lopatky natočené tak, aby střídavě usměřňovaly tok materiálu nahoru a dolů.

První lopatky u dna usměřují tok materiálu nahoru. Odstředivé síly z rotace ženou částice ke stěnám nádoby. Podél nich pak stoupají nahoru, aby se axiálním pohybem vracely zpátky k míchadlům. Tak se vytvoří typicky vířivý pohyb v celém objemu náplně.

Velikost nádoby bývá v dosti širokých rozmezích. Laboratorní míchačky bývají s objemem 6-25 dm³, zatímco provozní s objemem 200 - 600 dm³. Větší objemy se dělí do dvou menších, uspořádaných vedle sebe tak, že se míchané objemy spolu poněkud překrývají. Sníží se tím výška náplně a příkonové špičky při rozběhu. Nádoby se plní na 20-70%. [12]

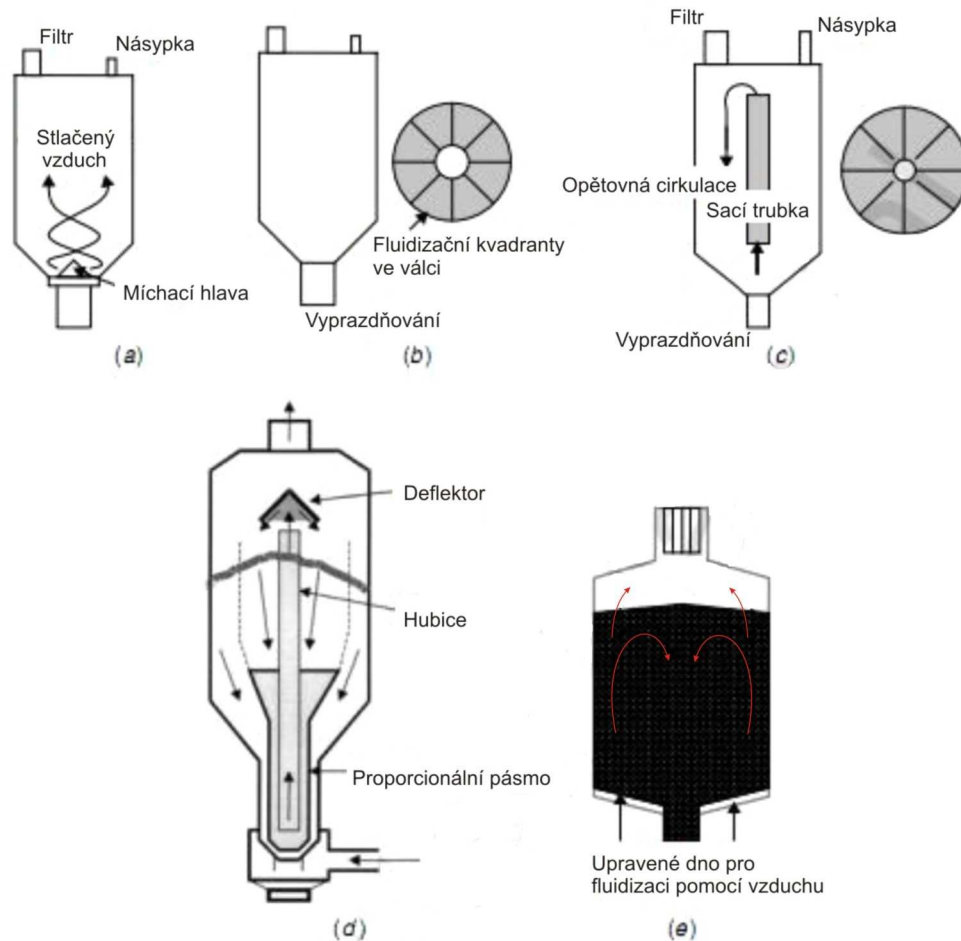
Existuje několik konstrukčních řešení pneumatických mísičů. Mísič s rotační hlavou využívá ventilátoru či kompresoru k vyvinutí toku vzduchu, kde regulační ventil reguluje rychlost proudění. Tento typ může pracovat v uzavřeném cyklu. Plyn je veden přes směšovací hlavu. Tento typ vytváří uvnitř nádoby po dobu 15 až 30s turbulentní víry, kde stejnou dobu potřebují částice, aby se dostatečně promíchaly.

Naproti tomu mísič s rozděleným dnem má násypku rozdělenou do několika segmentů, kde každý z nich může být fluidizován. Fluidizaci v těchto kvadrantech nebo segmentech můžeme kontrolovat.

Upravenou verzí typu s rozděleným dnem je mísič se sací trubicí, umístěnou ve středu nádoby. Prostřednictvím trubice mohou prášky volně plynout, což přispívá ke zvýšení efektivnosti procesu míchání. Mísící oblast se nachází přímo v centru nádoby. Předpokládá se, že míchaný materiál proudí vzhůru trubicí, na vrcholu přepadává a pokračuje směrem dolů okolo trubice, kde na spodu nádoby dochází k recirkulaci zpět trubicí. Při vyprazdňování těchto mísičů musí být rychlost plynu nižší, než je minimální rychlost pro fluidizaci, což je tzv. odvzdušňovací rychlost, jinak bude docházet k segregaci.

Fluidní mísič s hubicí a deflektorem má ústřední plnicí hubici pro lepší šíření směsi na konci kuželovitě rozšířenou. V průběhu plnění je výpust uzavřena a ventil brání ucpání přívodu směsi. Jakmile je nádoba zaplněna, vzduch spolu s granulátem je veden přes hubici, dopadá na deflektor a putuje zpět. Tento proces se provádí po dobu potřebnou k promíchání. [7]

Poslední úpravou mísiče je, že dno bude propouštět vzduch po celé své ploše, jak ukazuje obrázek níže.



Obr. 23: Konstrukční řešení fluidních mísičů [7]

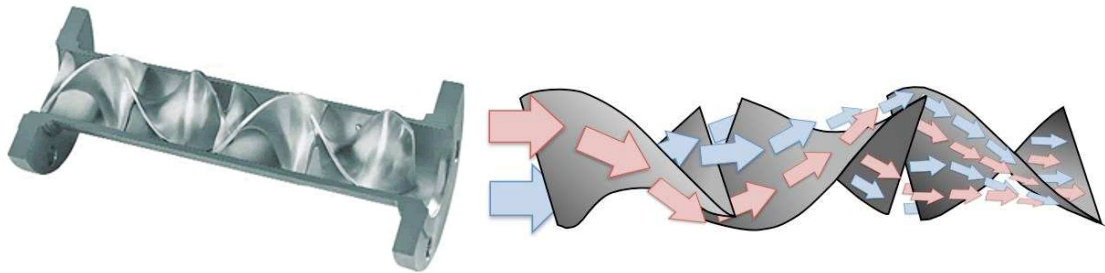
(a – s rotační hlavou, b – s rozděleným dnem, c – se sací trubicí,

d – s hubicí a deflektorem, e – s upraveným (síťovaným, látkovým, aj. dnem)

2.3.6 Statické směšovače

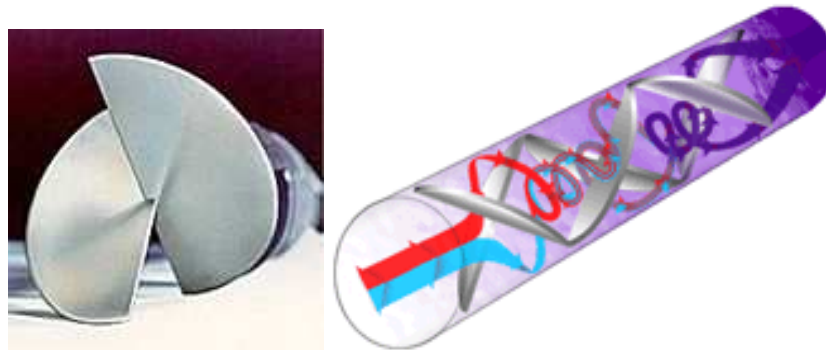
Tato zařízení dosahují míchacího účinku bez pomoci pohybujících se součástí. Jejich účinek spočívá v rozdělování tekoucí taveniny na řadu proudů, jejich přeskupování, směšování a opětovné rozdělení. Obvykle obsahují jednu nebo několik jednotek různě složitěho tvaru.

Z celé řady dnes využívaných konstrukcí je pravděpodobně nejjednodušší typ Kenics, který obsahuje krátké levotočivé a pravotočivé spirálově stočené kovové pásy. [11]



Obr. 24: Statický mixer Kenics a ukázka pohybu částic v něm

Dalším hojně používaným statickým mísičem je mísič Ross, který se skládá z křížených půloblouků zakleslých do sebe.



Obr. 25: Statický mixer Ross a ukázka pohybu částic v něm

3 PŘÍPRAVA SMĚSÍ

Příprava směsí tvoří důležitý úsek pro zpracování polymerů, neboť většina z nich se doplňuje přísadami, ať už s ohledem na zpracování či dosažení požadovaných vlastností finálních výrobků. Předpis pro složení směsi se nazývá receptura.

Tab. 1: Příklad receptury na bílou fólii z měkčeného PVC

PVC (Hostalit MVP 4071)	67 dílů	100 dílů	65,05%
Změkčovadlo (dioktyftalát, DOP)	31 dílů	46,1 dílů	30,10%
Stabilizátor (Advastab 17 M)	2 díly	3,0 díly	1,94%
Pigment (TiO ₂ RN 56)	2,5 dílů	5,2 dílu	2,43%
Mazivo (OP Machs)	0,5 dílů	0,7 dílů	0,48%
CELKEM	103 díly	155 dílu	100%

Jak patrně, koncentrace složky se udává buď jako podíl vztažený na řídicí složku nebo jako podíl složky v celé směsi. Bývá zvykem, že obsah stabilizátorů a změkčovadel se udává na polymer, zatímco např. obsah plniv se udává na celou směs.

Směsi polymerů a přísad se připravují mícháním. Míchání je souhrn procesů používaných při přípravě směsí. Směšování je děj probíhající během tvorby směsi. Směs je útvar složený ze dvou a více složek. Přirozeným požadavkem je, aby směs měla vyhovující homogenitu. [10]

3.1 Typy směsí

Směs může obsahovat kteroukoli kombinaci složek tuhých, kapalných i plyných. Např. do PVC se přidávají změkčovadla, která jsou většinou kapalná. Vzniká tedy kombinace tuhá látka – kapalina. Do kaučukového latexu se šlehá vzduch, vzniká tedy v jisté fázi výroby kombinace tuhá látka – kapalina – plyn. Systém, v němž je alespoň jedna složka je kapalná nebo plynná se nazývá disperze. [10]

Podle druhu zúčastněných látek se dvousložkové směsi rozdělují na:

- Suspenze – tuhá látka v kapalině (polymer ve vodě = latex)
- Emulze – kapalina v kapalině (olej ve vodě)
- Pěna – plyn v kapalině
- Mlha – kapalina v plynu

- Dým – tuhá látka v plynu

3.2 Stupeň homogenity

Stupněm homogenity se obecně rozumí poměr skutečného rozmíchání dvou nebo více složek k ideálnímu rozmíchání, kterého by se dosáhlo při dokonalém promíchání systému. Stupeň homogenity je tedy mírou účinku míchání a může se jím také hodnotit intenzita míchání.

Pro výpočet stupně homogenity na základě analýzy odebraných vzorků slouží různé vzorce. Nejčastěji se používá Hixsonovy a Tenneyovy rovnice:

$$I = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

(n – počet odebraných vzorků, X_1, X_2, \dots, X_n – relativní koncentrace odebraných vzorků)

Relativní koncentrace odebraných vzorků se vypočítá ze vztahů:

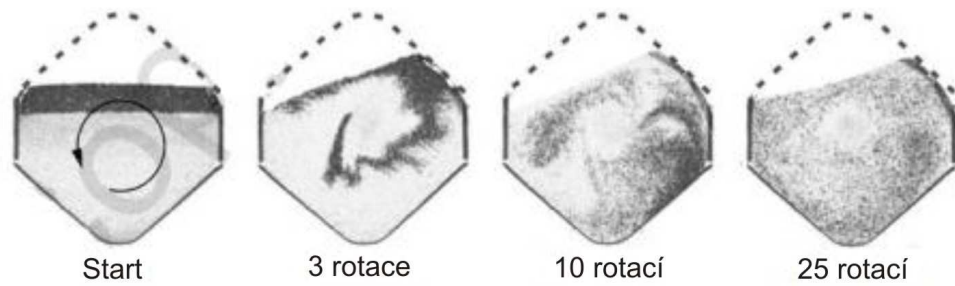
$$X_i = \frac{\phi_i}{\phi_{io}} \dots \text{pro } \phi_i < \phi_{io} \quad \text{nebo} \quad X_i = \frac{1 - \phi_i}{1 - \phi_{io}} \dots \text{pro } \phi_i > \phi_{io}$$

(Φ_i, Φ_{io} – objemové podíly (zlomky) analyzované složky v i -tém vzorku a v celém zařízení)

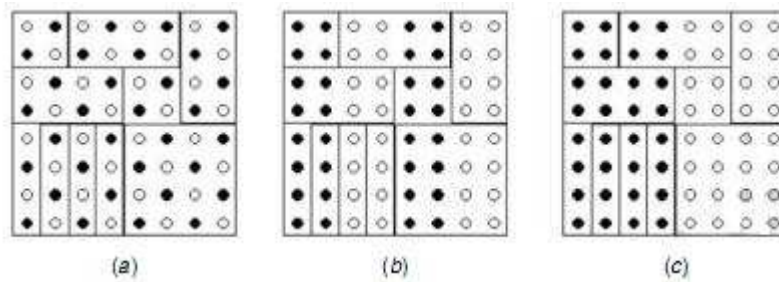
Kromě toho existuje mnoho statických testů pro vyhodnocování stupně homogenity dané směsi na základě analýz odebraných vzorků. [16]

3.2.1 Stupeň promíchání

Stupeň promíchání určuje rozdělení koncentrace částic ve sledovaném objemu a je mírou makrostruktury směsi. Význam stupně promíchání může být vysvětlen na příkladu dvousložkové směsi, kde složky mají částice o stejných rozměrech a navzájem zcela netečné. Na počátku směřování jsou složky od sebe odděleny, čili pravděpodobnost výskytu první složky v druhé je nulová. V průběhu směřování se pravděpodobnost společného výskytu složek vedle sebe ve sledovaném objemu bude zvětšovat. Snadno se o tom můžeme přesvědčit odběrem vzorků. Odběrem se nesmí výrazně ovlivnit ani objem celé směsi ani koncentrace sledované složky. [10]



Obr. 26: Postupného promíchání dvousložkové směsi v bubnovém mísiči typu V [7]

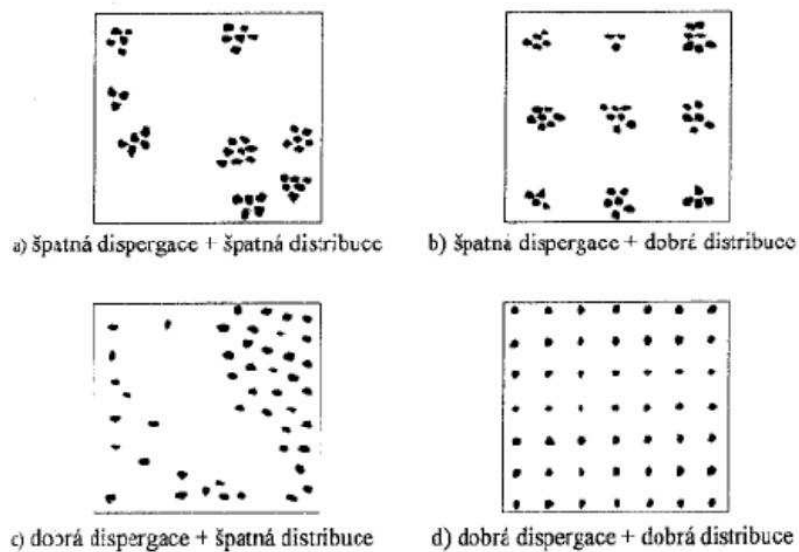


Obr. 27: Ukázky promíchání dvousložkové směsi [7]

(a- dobře promíchaná směs, b – složky ve směsi uloženy v pruzích, c – oddělené směsi)

3.2.2 Stupeň dispergace

Stupeň dispergace je mírou rozdělení částic ve směsi a určuje tedy mikrostrukturu směsi. Stupeň dispergace lze stanovit jako střední rozměr částic obsažených v sledovaném objemu. Nutno poznamenat, že opět jde o statistickou veličinu. [10]

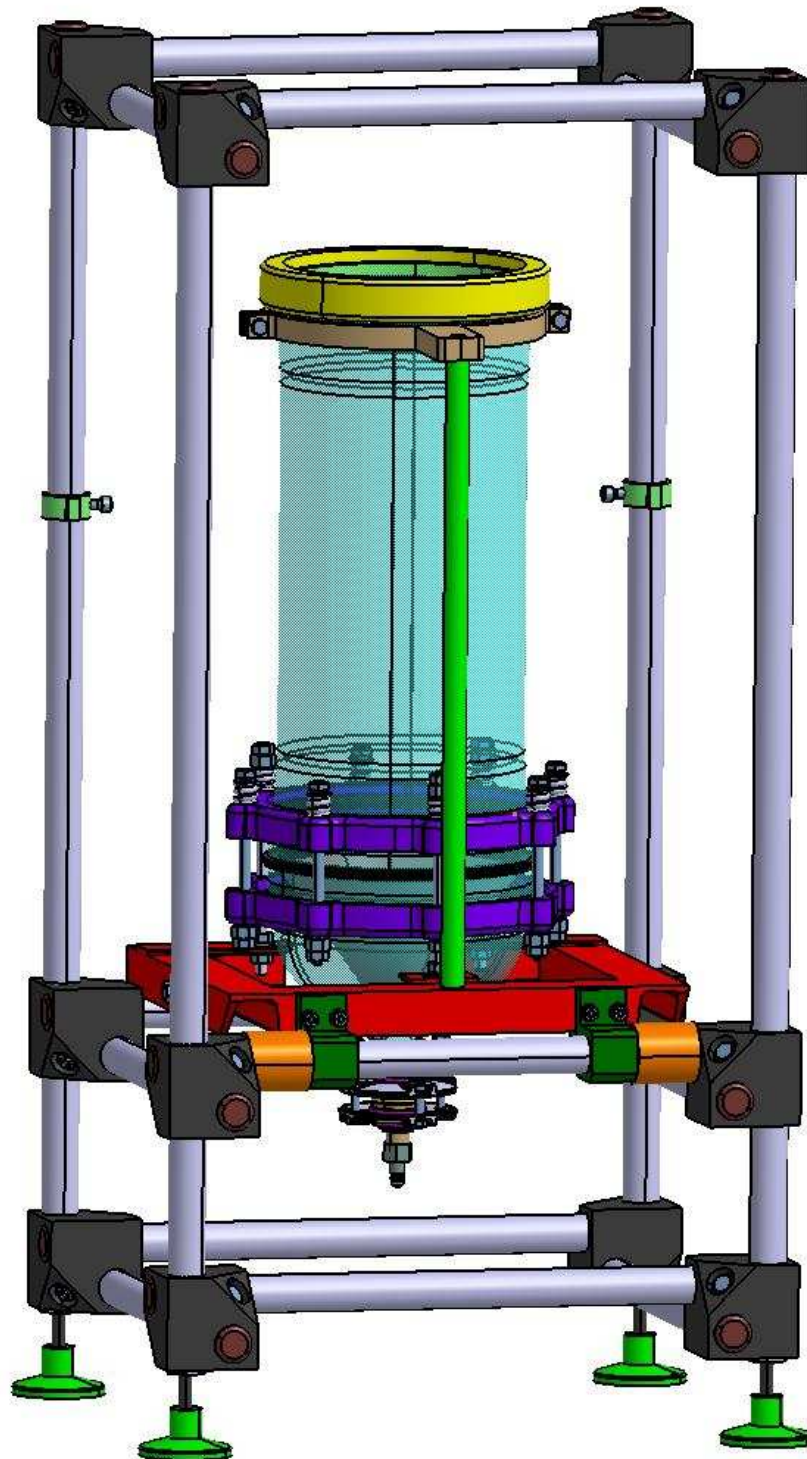


Obr. 28: Schematické znázornění distribučního a dispergačního míchání [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 KONSTRUKCE MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ

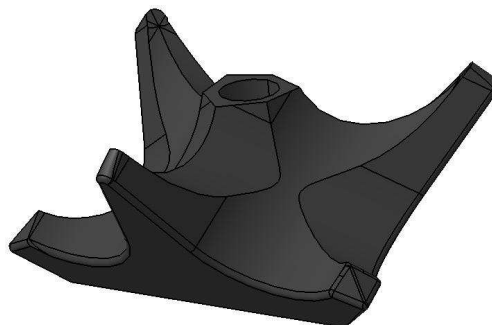
Podle zadání byl navržen a pro konstrukci zvolen fluidní typ míchacího zařízení. Přívod vzduchu je zajištěn z jeho spodní části. Uložení míchací nádoby zajišťuje nosná konstrukce.



Obr. 29: 3D model fluidního míšiče

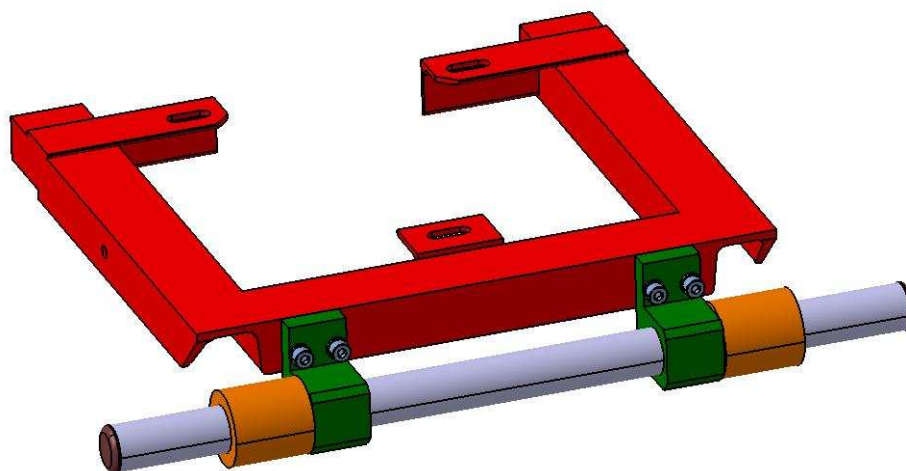
4.1 Návrh nosné konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena trubkami průměru 32 mm o tloušťce 2 mm. Trubky jsou povrchově upraveny protikorozním povlakem. Jejich spojení zajišťují FH spojky, které umožňují spojení konstrukčních trubek ve třech na sebe kolmých osách procházejících mimoběžně. Spojení dvou protilehlých FH spojek je zajišťováno jediným šroubem M10 s maticí.



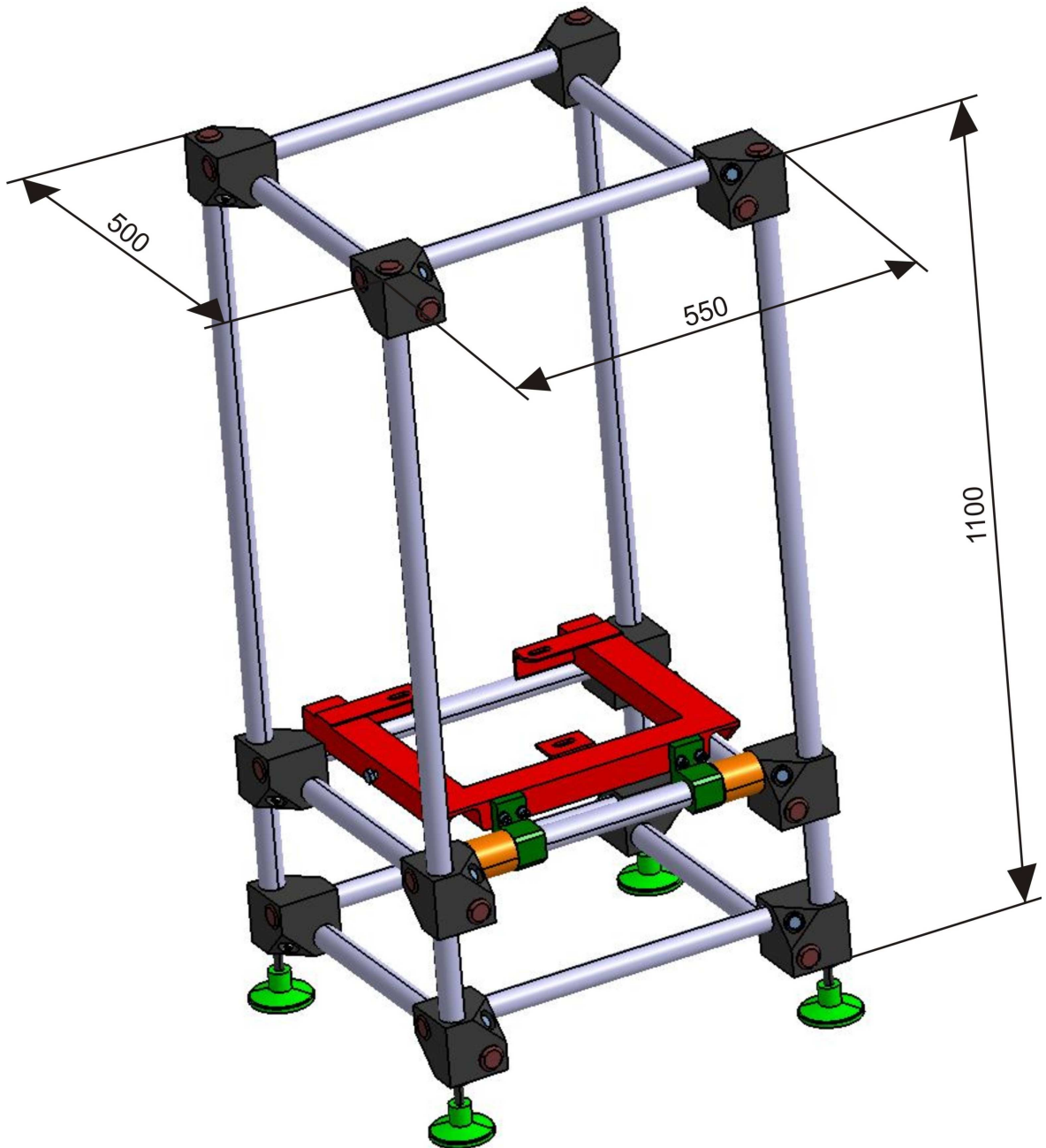
Obr. 30: Model FH spojky

K vyklápní míchací části mísiče slouží rám ve tvaru U, svařený z U profilů. Jeho rozměry jsou 360x405x38 mm. Pro uchycení míchací části pomocí šroubů jsou ke konstrukci přivařeny patky z L profilu. Rám je vyklápněn pomocí dvou pantů, jež se otáčejí kolem jedné z konstrukčních trubek. Poloha pantů je pevně dána pomocí distančních kroužků z polyamidu. Maximální možný výklopný úhel je zajištěn pomocí řetězů.



Obr. 31: Vyklápečí část nosného rámu

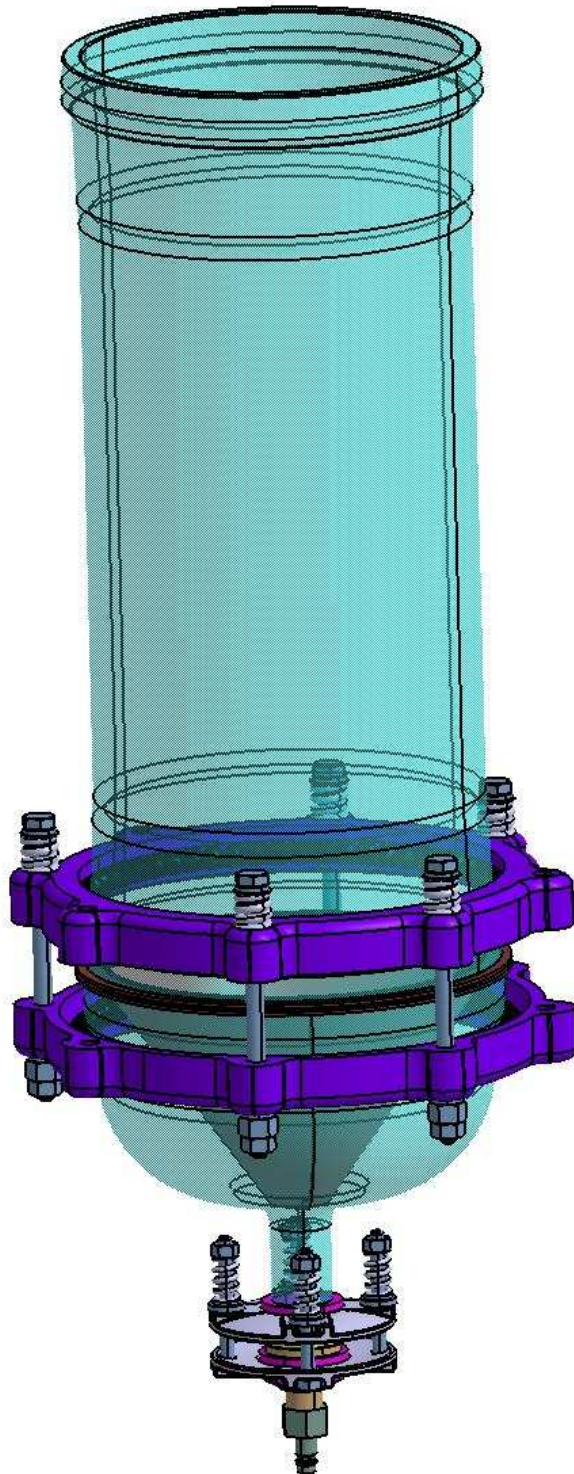
Celkové nosná konstrukce zařízení zabírá prostor přibližně o rozměrech 500x550x1100 mm. K vyrovnání nerovného podkladu jsou u konstrukce použity patky s výškově nastavitelnou maticí.



Obr. 32: Celkový pohled na nosnou konstrukci

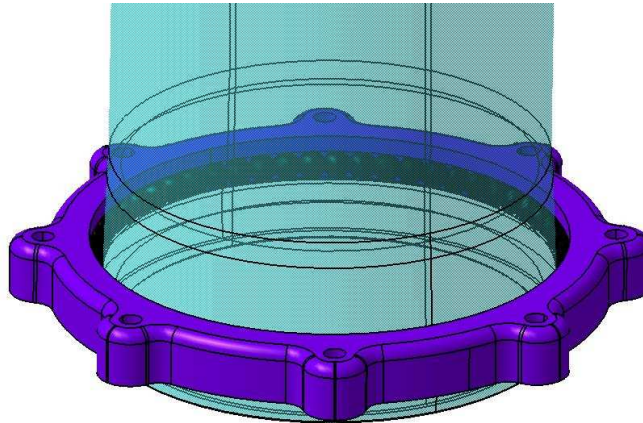
4.2 Míchací část mísiče

Míchací nádoba se skládá ze dvou základních částí, z hlavního válce a ústí. Pro názornost a možnost sledování procesu míchání jsou obě tyto části vyrobeny ze skla.



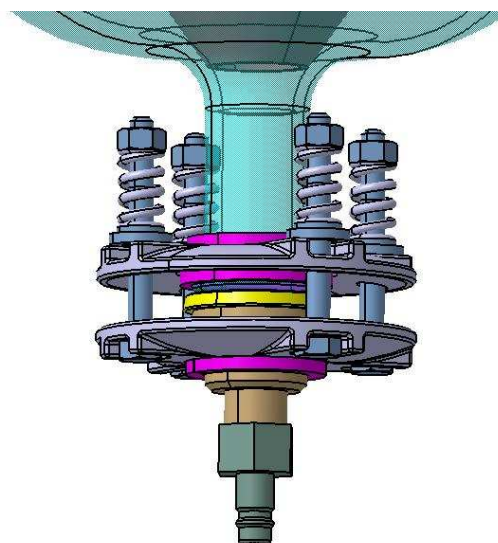
Obr. 33: Model míchací části

Spoj válce s ústím je řešen pomocí ocelových obručí, kde jejich styk s válcem, respektive s ústím zprostředkovávají pryžové kuličky o průměru 14 mm. Ocelové obruče jsou spojeny přes tlačné pružiny šroubovými spoji.



Obr. 34: Detail spojení obruče s válcem pomocí kuliček

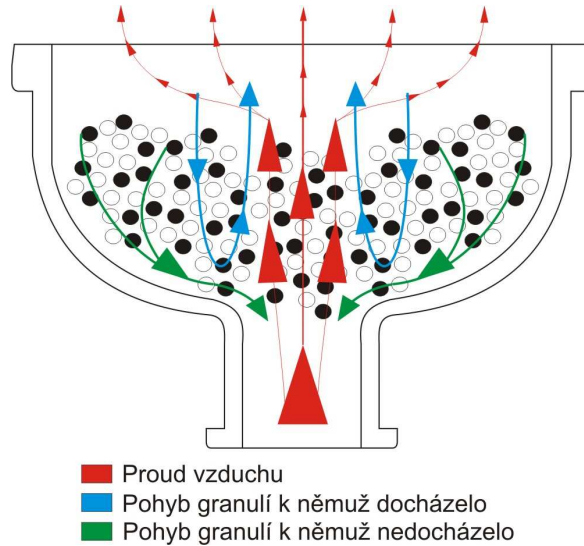
Vzduch je přiváděn pomocí hadice o průměru 10 mm, která je připojena pomocí rychlospojky k ocelové násadě. Mezi ocelovou násadou a skleněným ústím je umístěno teflonové těsnění. Spojení této násady s ústím je realizováno pomocí dvou menších obručí s vnitřní polyamidovou vložkou. Tyto obruče jsou přes tlačné pružiny spojeny šroubovým spojem.



Obr. 35: Spojení ústí se vzduchovou násadou

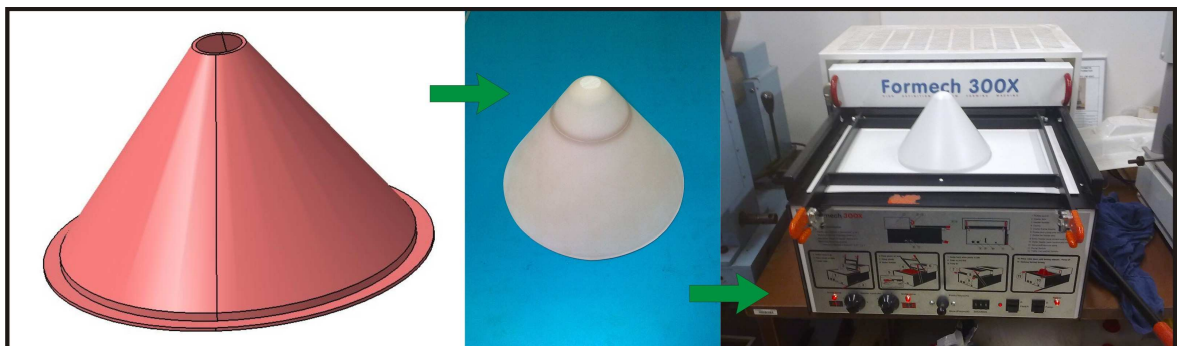
4.2.1 Úprava pohybu granulí v dílu ústí

Při procesu míchání docházelo k nežádoucímu jevu, kdy granule dopadající u krajní stěny válce nesestupovali níže k proudu vzduchu, nedocházelo tedy k promíchávání celého objemu materiálu v míchacím prostoru.



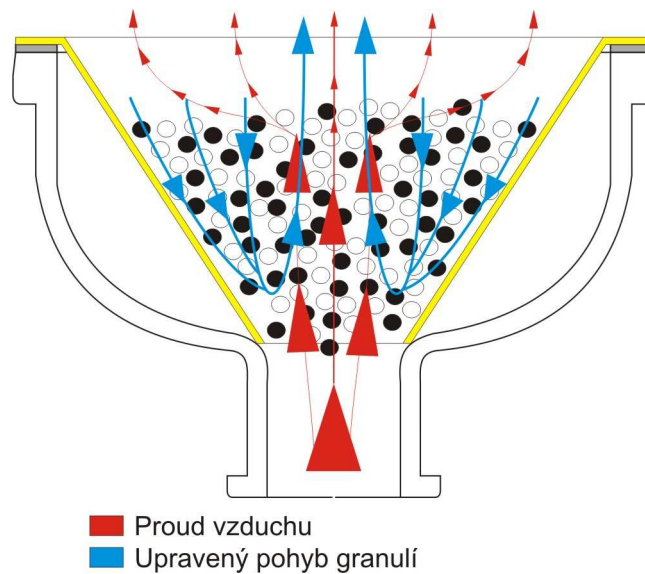
Obr. 36: Nedokonalý pohyb granulí

K odstranění tohoto jevu byl navržen model redukčního kužele v softwaru Catia, který byl následně převeden do programu Surfcam, v němž byl vytvořen výrobní program. Poté byl vyroben pozitivní model z polyuretanu na CNC frézce HWT 442. Konečnou operací bylo vytvarování dílu na vakuovacím stroji Formech 300x.



Obr. 37: Postup výroby redukčního kužele

Redukční kužel byl umístěn mezi skleněný válec a ústí, vymezen pryžovým těsněním. Touto úpravou došlo k odstranění výše zmíněného problému s pohybem granulí.



Obr. 38: Dokonalý pohyb granulí

4.2.2 Odvedení statického náboje

Dalším problémem, který při míchání směsi vznikl byl statický náboj. Vlivem tohoto náboje se bílé granule držely u stěn válce a nedocházelo k jejich promíchání s granulemi černými. Naopak černé granule, obsahující zřejmě jako barvivo grafit, nebyly tímto nábojem ovlivněny. Tento problém byl vyřešen vložením měděného drátku do míchaného prostoru a vyvedení jeho druhého konce ven z mísiče, kde došlo k jeho uzemnění.



Obr. 39: Ukázka ulpívání bílých granulí na boku kyblíku

5 ZKOUŠKA MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ

Pro zjištění funkčních vlastností fluidního míšiče byly zvoleny použity následující materiály:

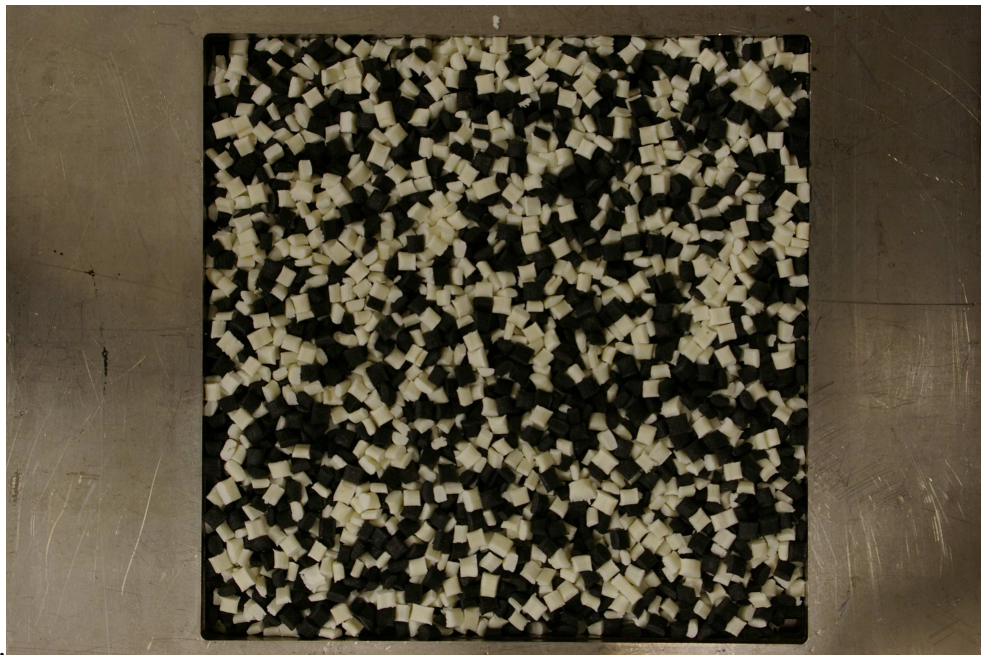
- PA 6, 30% skelných vláken, firma FRISSETTA, barva černá
- PA 6, 30% skelných vláken, firma FRISSETTA, barva bílá

Doba míchání byla stanovena na 5 minut, neboť za kratší dobu nedocházelo k tak dokonalému promíchání a s rostoucím časem docházelo až k opětovnému oddělování složek dané směsi. Na jeden cyklus míchání byl použit 1 kg bílého PA6 a 1 kg černého PA6. Zkouška probíhala při počátečním tlaku 7,4 barr, jehož hodnota ke konci pětiminutového cyklu poklesla na 6 barr.

5.1 Metodika vyhodnocování

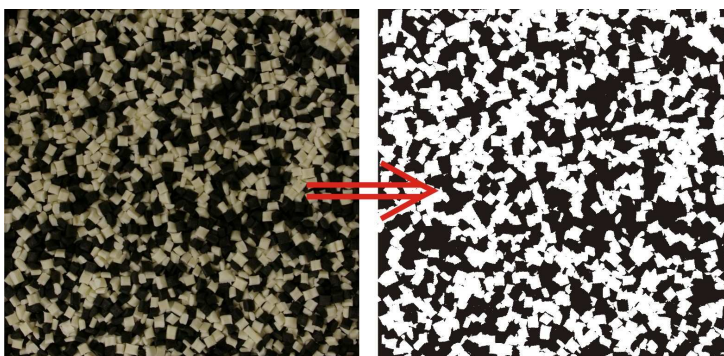
K vyhodnocování směsi existují dva druhy metod. A to metoda numerická(početní) či optická. Pro naši zkoušku byla použita metoda optická.

Pomocí fotoaparátu umístěného na podstavci, při režimu MAKRO, bez blesku, byly v ocelovém rámečku o rozměrech 10x10 cm , do nějž byly vzorky přesypány, pořízeny fotografie směsi.



Obr. 40: Fotografie směsi použitá při vyhodnocení

Poté následovalo oříznutí fotografie a její úprava v grafickém programu Corel PHOTO-PAIN, kde byla pomocí metody „Line Art“, s citlivostí nastavenou na hodnotu 55, snížena její barevná hloubka na 2 barvy, černou a bílou. Hodnota citlivosti byla volena v závislosti na porovnání výsledku se skutečnou fotografií tak, aby bylo co nejvíce zabráněno možnému zkreslení vlivem stínů, vzniklých při focení. Při snížení barevné hloubky dochází v programu k přiřazení každému jednomu pixelu na obrázku, buď černé, nebo bílé barvy.



Obr. 41: Ukázka převodu fotografie

Takto upravený obrázek byl následně otevřen v programu IrfanView, kde bylo pomocí funkce „Histogram“ zjištěno procentuální zastoupení barvy černé, respektive bílé. Histogram spočítá množství černých či bílých pixelů a vynese je do grafu.



Obr. 42: Histogram z programu IrfanView

5.2 Naměřené parametry

Hodnoty procentuálního zastoupení byly z programu IrfanView přepsány do tabulky:

Tab. 2: Tabulka naměřených hodnot

Vzorek č.	Černé granule [%]	Bílé granule [%]
1	56,4	43,6
2	52,7	47,3
3	54,8	45,2
4	54,6	45,4
5	53,5	46,5
6	56,0	44,0
7	55,9	44,1
8	52,6	47,4
9	49,7	50,3
10	52,0	48,0
11	51,8	48,2
12	50,4	49,6
13	53,3	46,7
14	56,4	43,6
15	54,9	45,1
16	52,4	47,6
17	52,9	47,1
18	55,3	44,7
19	51,6	48,4
20	51,1	48,9
21	54,5	45,5
22	51,2	48,8
23	52,9	47,1
24	52,2	47,8
25	47,0	53,0
26	52,3	47,7
27	51,0	49,0
28	54,2	45,8
29	57,0	43,0
30	54,5	45,5

Naměřené hodnoty byly překontrolovány ve statistickém programu Minitab, pomocí bodového diagramu a boxplotového diagramu, za účelem zjištění, zdali se v souboru nenachází odlehlé hodnoty. Díky této kontrole bylo zjištěno, že hodnota vzorku číslo 25 je větší, než hodnota $\frac{1}{2}$ interkvartilového rozpětí, tudíž je s vysokou pravděpodobností hodnotou odlehlou.

Z programu Minitab byly odečteny následující hodnoty:

Tab. 3: Hodnoty měření včetně hodnoty odlehlé

	Průměr	Směr.odch.	Nejistota A	Min.	Max.	Q1	Medián	Q3	IQR
Černé gr. [%]	53,17	2,25	0,41	47,00	57,00	51,75	52,90	52,90	3,08
Bílé gr. [%]	46,83	2,25	0,41	43,00	53,00	45,18	47,10	47,10	3,08

Pokud ze souboru odstraníme odlehlou hodnotu číslo 25, dostaneme tyto hodnoty:

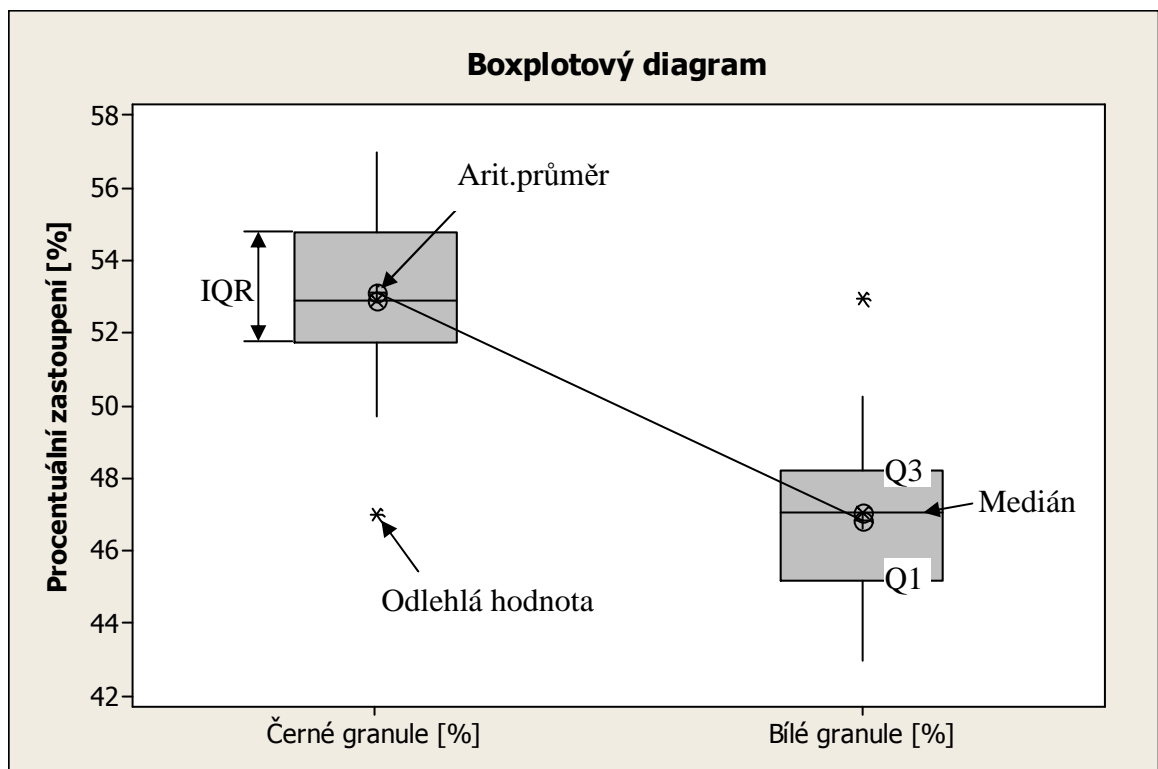
Tab. 4: Hodnoty měření po odstranění odlehlé hodnoty

	Průměr	Směr.odch.	Nejistota A	Min.	Max.	Q1	Medián	Q3	IQR
Černé gr. [%]	53,38	1,96	0,37	49,70	57,00	51,90	52,90	54,85	2,95
Bílé gr. [%]	46,62	1,96	0,37	43,00	50,30	45,15	47,10	48,10	2,95

Q1.....první kvartil

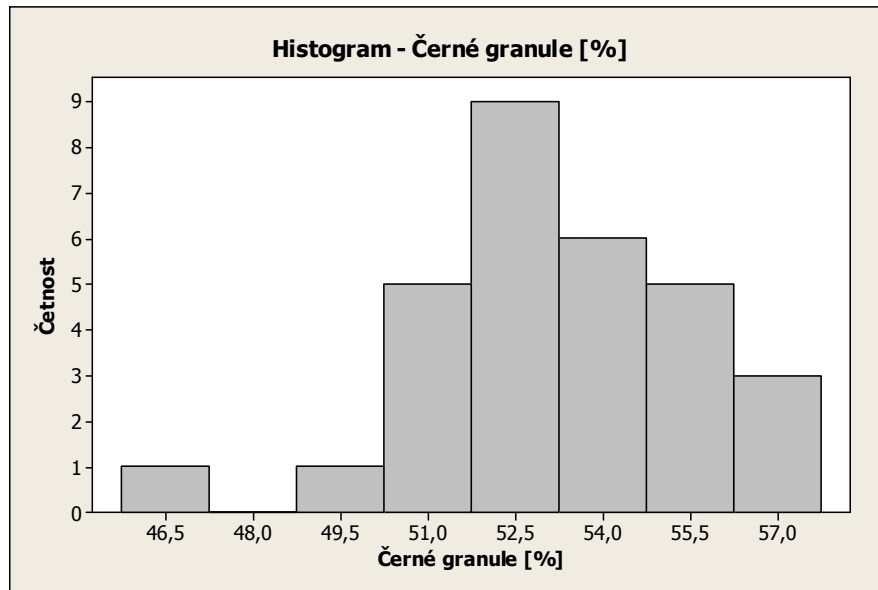
Q3.....třetí kvartil

IQR...interkvartilové rozpětí

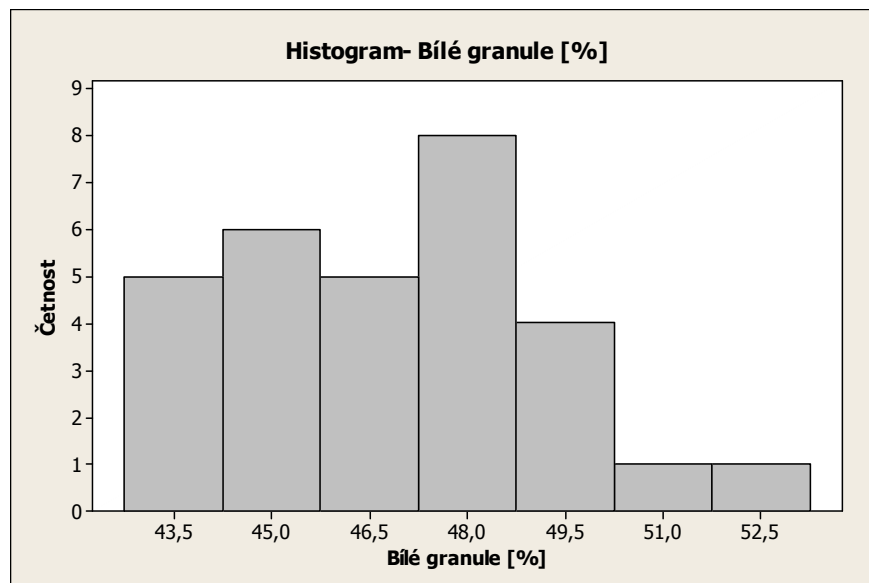


Obr. 43: Boxplotový diagram

Z boxplotového diagramu je zřejmé, že hodnoty mediánu a aritmetického průměru se téměř překrývají, což svědčí o symetrii výběrového souboru. Maximální hodnota směrodatné odchylky, pokud ponecháme odlehlou hodnotu, nepřekročí hodnotu 2,25 %, dále pak hodnota nejistoty je $53,17 \pm 0,41$ %. Pokud dojde k jejímu odstranění dostaneme hodnotu směrodatné odchylky 1,96 % a hodnotu nejistoty měření $53,38 \pm 0,37$ %. Odlehlá hodnota vznikla zřejmě špatným převodem vzorku do počítačové podoby.



Obr. 44: Histogram pro černé granule



Obr. 45: Histogram pro bílé granule

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh konstrukce míchacího zařízení pro míchání směsí z materiálu jak ve formě granulátu, tak prášku.

Teoretická část je rozdělena do tří částí. První část práce popisuje stavbu a strukturu polymerních materiálů, dále obsahuje seznam nejpoužívanějších plastových materiálů a jejich význam. V následující části jsou vypsány přísady do plastů, které jsou rozděleny na jednotlivé druhy, popsány jejich vlastnosti, které upravují a sepsány požadavky na polymer, ke kterému mají být přimíchány. Poslední část se zabývá průřezem druhů míchacích zařízení, jejich použitím pro dané typy směsí a konstrukcí. Více informací je napsáno k fluidnímu míchacímu zařízení, z důvodu jeho konstrukce v praktické části práce.

V praktické části byl navržen a zkonstruován fluidní typ laboratorního míšiče a vytvořen jeho 3D model v programu CATIA V5. Pro větší názornost byla míchací část zařízení navržena ze skla, proto bylo nutné řešit spoje všech částí ve styku se sklem pomocí obručí s pryžovými, popřípadě plastovými vložkami. U míchacího zařízení bylo využito množství komponentů od firmy Kavalierglass, a.s., jež se zabývá výrobou laboratorních aparatur. Dále bylo použito normalizovaných součástí dle norem ISO.

Byla sestavena potřebná výkresová dokumentace, včetně 2D a 3D sestavy. Veškerá potřebná dokumentace je součástí příloh.

Po zkonstruování zařízení následovala série testů k vyhodnocení funkčnosti navrženého laboratorního zařízení. Pro tyto testy byly vybrány vhodné materiály a to PA 6 s 30 % skelných vláken, lišící se barvou, kde jeden byl bílý a druhý černý. Těchto barev bylo použito z důvodu jednoduššího vyhodnocování. Po zamíchání směsi bylo odebráno celkem 30 vzorků, které byly vyfoceny a převedeny do počítačové podoby, kde byly následně vyhodnoceny grafickým programem, který zobrazil procentuální zastoupení jednotlivých barev. Přesný postup vyhodnocování je popsán v praktické části práce. Nakonec pomocí statistického programu Minitab 15 bylo zjištěno, že směrodatná odchylka po vynechání odlehlé hodnoty, která při měření vznikla, je 1,96 %. Pokud tuto odlehlou hodnotu ponecháme, je směrodatná odchylka rovna 2,25 %. Aritmetický průměr při ponechání odlehlé hodnoty je roven 53,17 % ± hodnota nejistoty měření 0,41 %. Pokud odlehlou hodnotu odstraníme, je tento průměr roven 53,38 ± 0,37 %. Dále jsou v práci uvedeny histogramy zobrazující četnost jednotlivých hodnot.

Z výsledků tedy vyplývá, že zkonstruované zařízení je schopno zamíchat požadovanou směs s velmi malou odchylkou, což bylo také dále odzkoušeno na míchání práškových směsí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mlezina, J.: *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha, Sobotáles, 1993.
- [2] Jahelka, M.: *Gumárenské a plastikářské stroje*. Praha, SNTL, 1965.
- [3] Štěpek, J. – kol.: *Polymery v obalové technice*. Praha, SNTL, 1981.
- [4] Čermák, R.: *Konstruktivní polymery I (přednáška)*. Zlín, UTB Zlín, 2009.
- [5] Rieger, F., Novák, V., Jirout, T.: *Hydromechanické procesy II*. 1. vydání, Praha, ČVUT Praha, 2005.
- [6] Čaučík, P. – kol.: *Prísady do plastov*. Bratislava, Alfa, 1985.
- [7] Kresta, S. M., Atiemo-Obeng, V. A., Paul, E. L.: *Handbook of industrial mixing – science and practice*. New Jersey, John Eley & Sons, 2004.
- [8] Lamborová, R.: *Bakalářská práce – E-learning výrobních procesů*. Zlín, UTB Zlín, 2007.
- [9] Ott, R.: *Stroje a zařízení v gumárenské a plastikářské technologii I*. Praha, SNTL, 1975.
- [10] Tomis, F.: *Gumárenská a plastikářská technologie, zpracovatelské procesy*. 2. vydání, Brno, VUT Brno, 1987.
- [11] Kuta, A.: *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Praha, VŠCHT Praha, 1999.
- [12] Maňas, M., Staňek, M., Maňas, D.: *Výrobní stroje a zařízení I. stroje gumárenské a plastikářské*. Zlín, UTB Zlín, 2007.
- [13] Ducháček, V.: *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha, VŠCHT Praha, 2006.
- [14] Stoklasa, K.: *Makromolekulární chemie I*. Zlín, UTB Zlín, 2005.
- [15] *Technologie II: Fakulta strojní*. [online]. [cit. 2009-16-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.ksp.tul.cz>>
- [16] Strek, F.: *Míchání a míchací zařízení*. Praha, SNTL, 1977.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_g teplota skelného přechodu [$^{\circ}\text{C}$]

T_m teplota tání [$^{\circ}\text{C}$]

n počet odebraných vzorků [-]

X_n relativní koncentrace [-]

Φ_i objemový podíl [-]

I stupeň homogenity [-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Základní rozdělení polymerů [13]	12
Obr. 2: Celosvětová produkce plastů (cca rok 2000).....	12
Obr. 3: Rozdělení polymerů dle ceny a aplikace	13
Obr. 4: Schéma makromolekulární látky [4]	14
Obr. 5: Tvary polymerních řetězců [14]	15
Obr. 6: Struktura kopolymerů [14]	15
Obr. 7: Konstituce makromolekul [14].....	15
Obr. 8: Vzhled sférolitu [8].....	16
Obr. 9: Konstrukční rozdělení základních typů mechanických mísičů sypkých hmot	34
Obr. 10: Typy bubnových mísičů [12].....	35
Obr. 11: Schéma kontinuálního mísiče typu V	36
Obr. 12: Mísiče s pásovými míchadly [5], [7]	36
Obr. 13: Směry pohybu materiálu v pásovém mísiči [7]	37
Obr. 14: Lopatkové mísiče [5], [7]	37
Obr. 15: Směry pohybu materiálu v lopatkovém mísiči [7]	37
Obr. 16: Planetový mísič [5].....	38
Obr. 17: Ukázka pohybu směsi v planetovém mísiči [7].....	38
Obr. 18: Schéma mísiče se zdvihacím šnekem [7]	39
Obr. 19: Ramenový mísič [11].....	40
Obr. 20: Typy míchadel a hnětadel [11]	40
Obr. 21: Schéma míchačky Gelimat [12]	41
Obr. 22: Schéma dvojstupňové fluidní míchačky [12]	42
Obr. 23: Konstrukční řešení fluidních mísičů [7]	44
Obr. 24: Statický mixer Kenics a ukázka pohybu částic v něm.....	45
Obr. 25: Statický mixer Ross a ukázka pohybu částic v něm	45
Obr. 26: Postupného promíchání dvousložkové směsi v bubnovém mísiči typu V [7].....	48
Obr. 27: Ukázky promíchání dvousložkové směsi [7].....	48
Obr. 28: Schematické znázornění distribučního a dispergačního míchání [16]	48
Obr. 29: 3D model fluidního mísiče	50
Obr. 30: Model FH spojky	51
Obr. 31: Vyklápěcí část nosného rámu	51

Obr. 32: Celkový pohled na nosnou konstrukci.....	52
Obr. 33: Model míchací části.....	53
Obr. 34: Detail spojení obruče s válcem pomocí kuliček.....	54
Obr. 35: Spojení ústí se vzduchovou násadou.....	54
Obr. 36: Nedokonalý pohyb granulí.....	55
Obr. 37: Postup výroby redukčního kužele.....	55
Obr. 38: Dokonalý pohyb granulí.....	56
Obr. 39: Ukázka ulpívání bílých granulí na boku kyblíku.....	56
Obr. 40: Fotografie směsi použítá při vyhodnocení.....	57
Obr. 41: Ukázka převodu fotografie.....	58
Obr. 42: Histogram z programu IrfanView.....	58
Obr. 43: Boxplotový diagram.....	60
Obr. 44: Histogram pro černé granule.....	61
Obr. 45: Histogram pro bílé granule.....	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Příklad receptury na bílou fólii z měkčeného PVC	46
Tab. 2: Tabulka naměřených hodnot.....	59
Tab. 3: Hodnoty měření včetně hodnoty podezřelé	60
Tab. 4: Hodnoty měření po odstranění podezřelé hodnoty	60

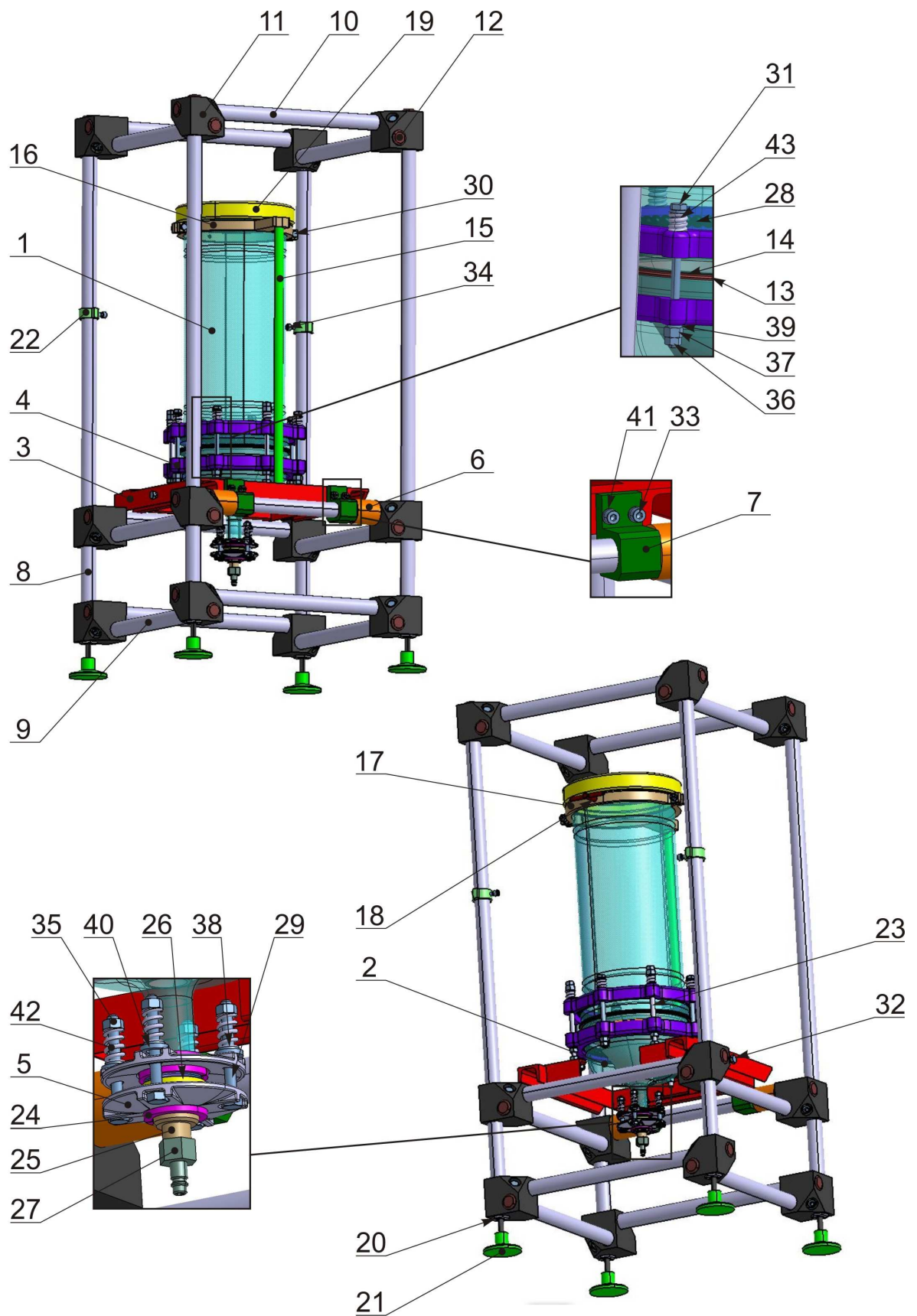
SEZNAM PŘÍLOH

- P I Fotografie vyrobeného fluidního míchacího zařízení
- P II 3D sestava fluidního mísiče
- P III 2D sestava fluidního mísiče – list 4/1, 4/2, 4/3, 4/4
- P IVA Kusovník – ČÁST A
- P IVB Kusovník – ČÁST B
- P V CD disk s bakalářskou prací ve formátu .pdf a .doc, dále obsahuje 3D modely všech částí mísiče z programu CATIA V5 + výkresy ve formátu .CATDrawing a .pdf

PŘÍLOHA PI: FOTOGRAFIE VYROBENÉHO FLUIDNÍHO MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ

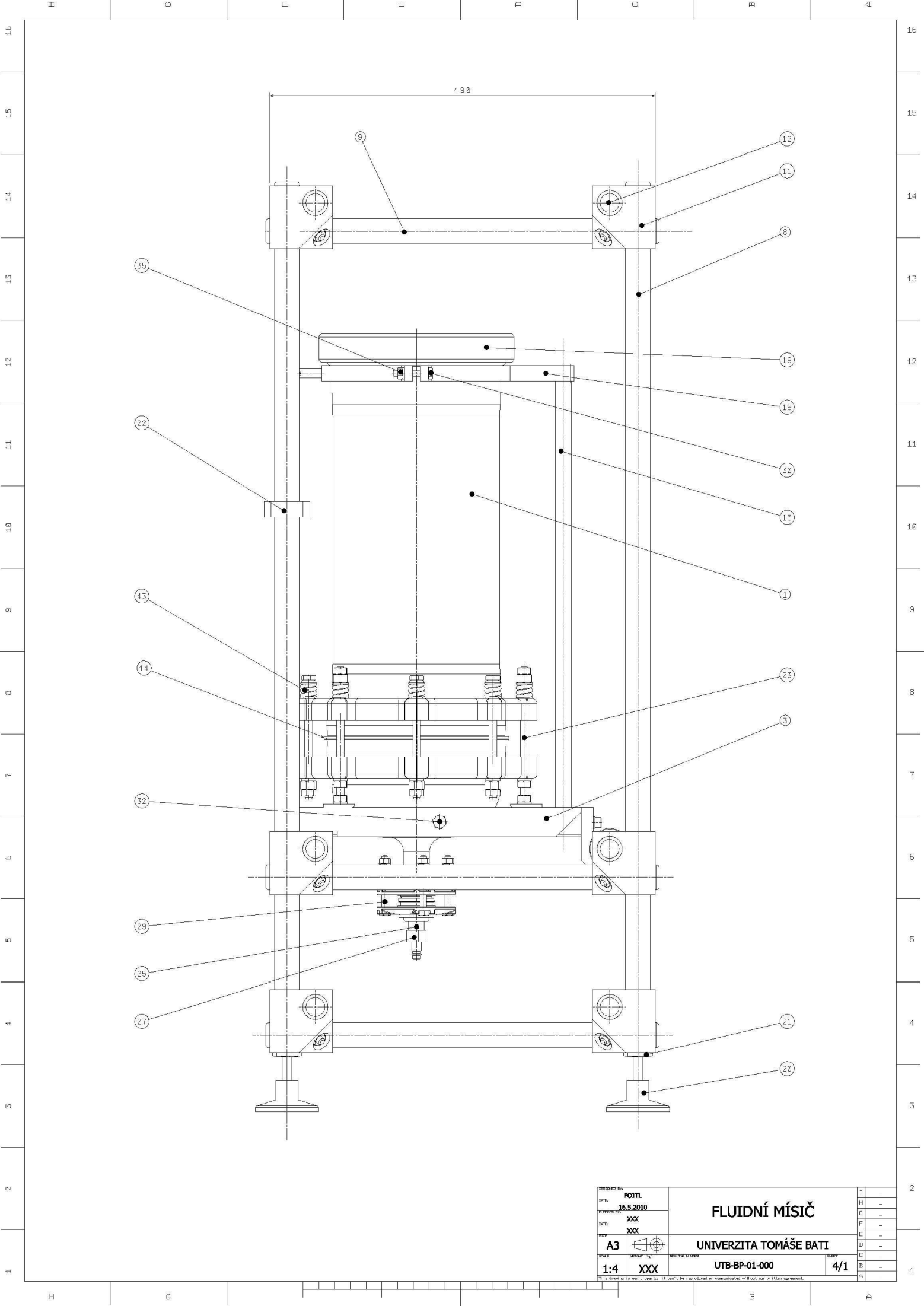


PŘÍLOHA P II: 3D SESTAVA FLUDNÍHO MÍSIČE

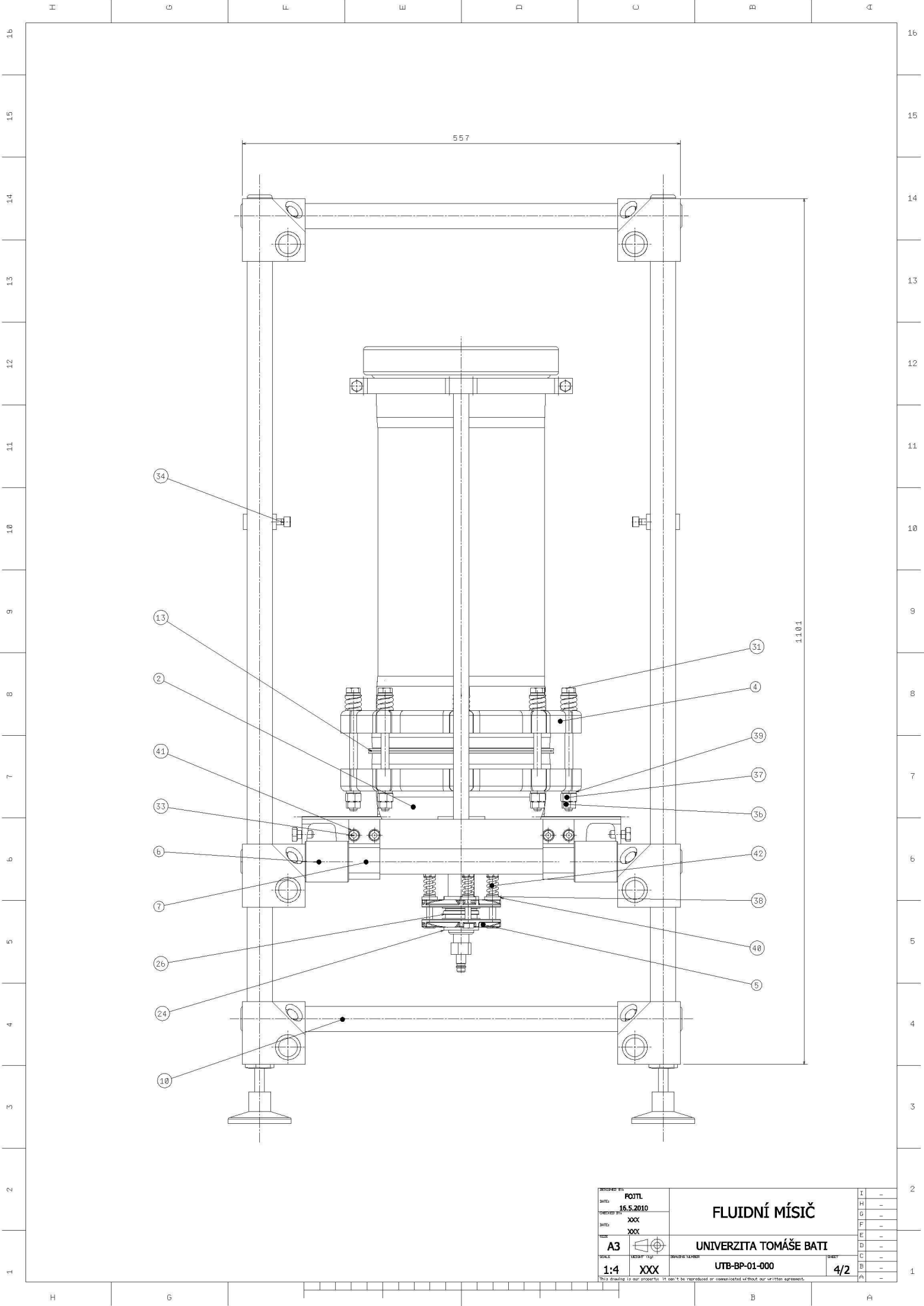


PŘÍLOHA P III: 2D SESTAVA FLUDNÍHO MÍSIČE

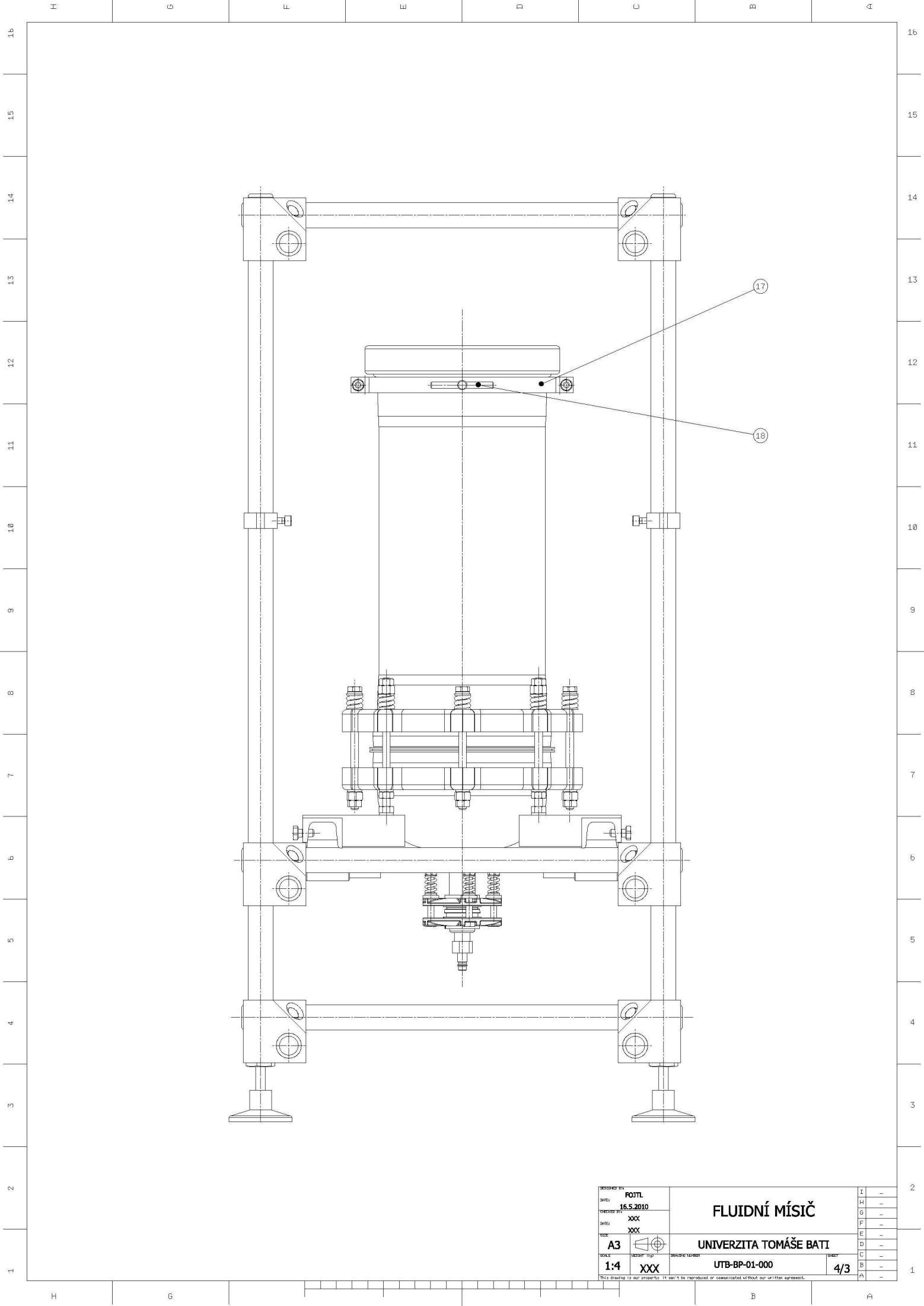
Viz. výkresová dokumentace: list 4/1, 4/2, 4/3, 4/4



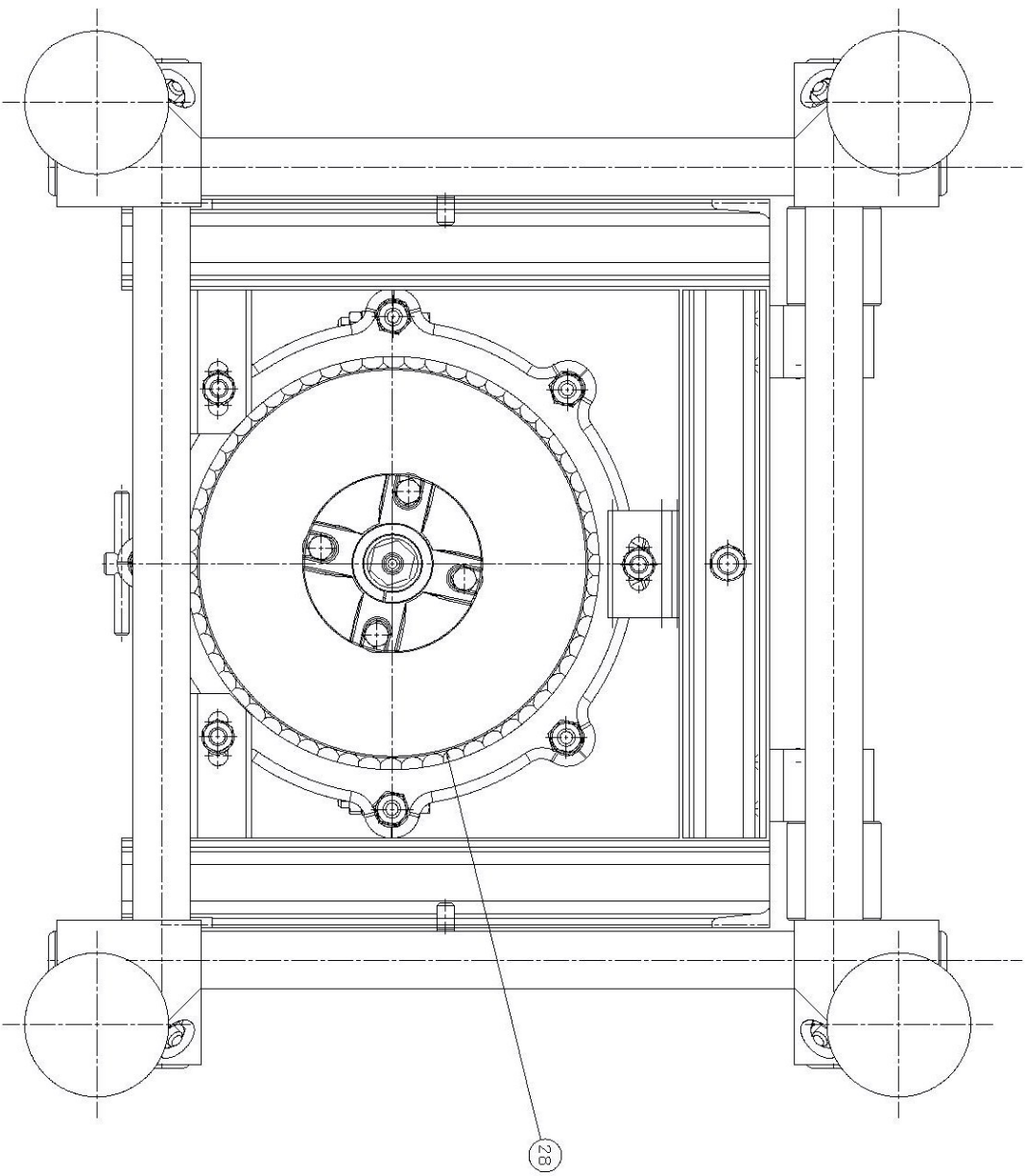
DESIGNER: FOJTL		FLUIDNÍ MÍŠIČ UNIVERZITA TOMÁŠE BATI	I	-
DATE: 16.5.2010			H	-
DESIGNER: XXX			G	-
DATE: XXX	F	-	E	-
SCALE: A3	D	-	C	-
1:4	B	-	A	-
XXX	UTB-BP-01-000		4/1	



DESIGNED BY FOJTL	FLUIDNÍ MÍŠIČ	I	-
DATE 16.5.2010		H	-
CHECKED BY XXX	UNIVERZITA TOMÁŠE BATI	G	-
DATE XXX		F	-
SCALE A3	UTB-BP-01-000	E	-
GRAPHIC SYMBOL		D	-
SCALE 1:4	4/2	C	-
GRAPHIC SYMBOL		B	-
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		A	-



PROJEKTOVÁCI ÚSTAV FOJTL	FLUIDNÍ MÍSIČ UNIVERZITA TOMÁŠE BATI	I	-
DATE: 16.5.2010		H	-
DESIGNER: XXX		G	-
DATE: XXX	F	-	
DATE: XXX	E	-	
A3		D	-
SCALE: 1:4		C	-
DATE: XXX		B	-
<small>This drawing is our property. It can't be reproduced or copied without our written agreement.</small>		A	-
<small>UTB-BP-01-000</small>		4/3	



DESIGNED BY:		FOJTL	
DATE:	16.5.2010		
DESIGNED BY:	XXX		
DATE:	XXX		
TITLE:	XXX		
SCALE:	1:2		
HEIGHT (G ⁰):	XXX		
PROJECT NUMBER:		UNIVERZITA TOMÁŠE BATTI	
UTB-BP-01-000		SHEET	
		4/4	
H	-		
H	-		
G	-		
F	-		
E	-		
D	-		
C	-		
B	-		
A	-		

PŘÍLOHA P IVA: KUSOVNÍK – ČÁST A

Poz.	Název	Polotovary/ Norma	Materiál	ks
1.	MÍCHACÍ VÁLEC	Kavalier DN200-500	B/Si sklo	1
2.	REDUKČNÍ ÚSTÍ	Kavalier DN200PZ/DN25KZA	B/Si sklo	1
3.	VYKLÁPĚCÍ RÁM	U 50/B ČSN 42 5570 L 40 x 4 ČSN 42 5541	11 373	1
4.	STAHOVACÍ OBRUČ V	Kavalier Type no.4 DN200		2
5.	STAHOVACÍ OBRUČ M	Kavalier Type no.3 DN25		2
6.	DISTANČNÍ KROUŽEK	ø50 – 60	PA	2
7.	PANT	PLO 60x40 – 80 ČSN 42 5522	11 600	2
8.	TRUBKA 1100	TR ø31,8x2,6 – 1100 ČSN 42 5715	11 523	4
9.	TRUBKA 500	TR ø31,8x2,6 – 500 ČSN 42 5715	11 523	6
10.	TRUBKA 550	TR ø31,8x2,6 – 550 ČSN 42 5715	11 523	6
11.	FH SPOJKA	Kavalier		12
12.	ZÁTKA			32
13.	REDUKČNÍ KUŽEL		PP	1
14.	TĚSNĚNÍ - G		Pryž	2
15.	DRŽÁK I	ø20 – 590 ČSN 42 5510	11 600	1
16.	OBJÍMKA č.1	PLO 20x10 ČSN 5522	11 373	1
17.	OBJÍMKA č.2	PLO 20x10 ČSN 5522	11 500	1
18.	DRŽÁK T	ø12 – 55 ČSN 42 5510 ø8 – 85 ČSN 42 5510	11 500	1
19.	VÍKO			1
20.	PATICE			4
21.	PATICOVÁ MATICE			4
22.	OČKO			2
23.	ŠROUB BEZ HLAVY	ø11 – 200 ČSN 42 5510	11 600	3
24.	VLOŽKA – OBRUČ M	Kavalier		2
25.	VZDUCH. KONCOVKA			1
26.	TĚSNĚNÍ PTFE	Kavalier	PTFE	1
27.	KONCOVKA ES 12NI			1
28.	KULIČKA 14	Kavalier	Pryž	110
29.	ŠROUB M8x70	ISO 4016		4
30.	ŠROUB M8x45	ISO 4016		2
31.	ŠROUB M10x150	ISO 4014		5
32.	ŠROUB M10x20	ISO 4014		2
33.	ŠROUB M8x25	ISO 4762		4
34.	ŠROUB M8x16	ISO 4762		2
35.	MATICE M8	ISO 4032		6

PŘÍLOHA P IVB: KUSOVNÍK – ČÁST B

36.	MATICE M10	ISO 4032		16
37.	MATICE M12	ISO 4032		4
38.	PODLOŽKA 8	ISO 7089		6
39.	PODLOŽKA 10	ISO 7089		19
40.	PODLOŽKA 12	ISO 7089		5
41.	PODLOŽKA 8	ČSN 02 1741		4
42.	PRUŽINA M8	ČSN 02 6001		4
43.	PRUŽINA M10	ČSN 02 6001		8
XX.	ŘETĚZ	L 40		2

UTB-BP-01-000	15.5.2010	FOJTL Ladislav
---------------	-----------	----------------