

# Konstrukce míchacího zařízení pro míchání nátěrových hmot

Bc. Pavel Nevrlka

---

Diplomová práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

**Fakulta technologická**

**Ústav výrobního inženýrství**

**akademický rok: 2012/2013**

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

**Jméno a příjmení: Bc. Pavel Nevrlka**  
**Osobní číslo: T11794**  
**Studijní program: N3909 Procesní inženýrství**  
**Studijní obor: Konstrukce technologických zařízení**  
**Forma studia: prezenční**

**Téma práce: Návrh technologického zařízení pro výrobu vodou ředitelných nátěrových hmot**

**Zásady pro vypracování:**

- 1. Vypracujte literární rešerši na zadané téma**
- 2. Navrhněte možnou konstrukci technologického zařízení**
- 3. Vytvořte 3D model zařízení**
- 4. Analyzujte výsledky**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle doporučení vedoucí diplomové práce**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martina Hřibová, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

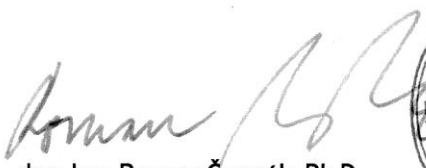
Datum zadání diplomové práce:

**8. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**10. května 2013**

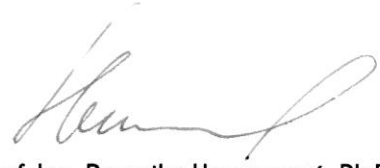
Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

*děkan*





prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Nertlka Pavel

Obor: KTZ

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit 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 30.4.2013

.....  


<sup>1)</sup> 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 nevýdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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**

Úkolem této diplomové práce je vypracovat návrh zařízení pro míchání nátěrových hmot ve firmě ROKOSPOL a.s. V teoretické části jsou zmíněna konvenční míchací zařízení, jejich rozdělení. V praktické sekci je navrhována konstrukce nekonvenčního míchacího stroje.

Klíčová slova: nátěrové hmoty, míchací zařízení, mlýn, hnětač

## **ABSTRACT**

The aim of this diploma work is to design equipment for mixing paints in company ROKOSPOL a.s. In the theoretical part conventional mixing devices and their distribution are described. In a practical section a design of an unconventional mixer is proposed.

Keywords: Paints, mixing equipment, mill

Rád bych poděkoval vedoucí mé práce Ing. Martině Hříbové, Ph.D., za odborné vedení, rady a připomínky, které mi věnovala během vypracování. Chtěl bych také poděkovat prof. Ing. Františku Rybníkovi, CSc. a doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za cenné rady a také Ing. Petrovi Ratajskému za odborné rady a pomoc při návrhu konstrukce míchacího zařízení.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 NÁTĚROVÝ SYSTÉM</b> .....	<b>12</b>
1.1 DISPERGACE.....	12
1.2 DISPERGACE Z HLEDISKA FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉHO .....	12
1.2.1 Smáčení .....	13
1.2.2 Rozrušování.....	13
1.2.3 Stabilizace .....	15
1.3 POVRCHOVÁ ENERGIE .....	16
1.4 FUNKCE NÁTĚROVÝCH HMOT .....	17
1.4.1 Ochrana proti korozi .....	17
1.5 KOROZE .....	18
1.6 VÝVOJ NÁTĚROVÉ HMOTY.....	19
1.7 VÝROBA NÁTĚRŮ - POSTUP.....	20
1.8 DĚLENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT DLE UŽITÝCH LÁTEK .....	22
1.8.1 Podle chemického složení .....	22
1.8.2 Podle obsahu pigmentu a plniv .....	22
1.8.3 Podle pořadí nanášení jednotlivých vrstev nátěrů.....	22
1.8.4 Podle způsobu zasychání nátěru.....	22
1.8.5 Podle způsobu sušení a vytvrzování .....	23
1.8.6 Podle počtu složek.....	23
1.8.7 Podle způsobu nanášení .....	23
1.8.8 Podle odolnosti nátěrů.....	23
1.8.9 Podle účelu použití .....	24
1.9 DĚLENÍ NÁTĚROVÝCH HMOT DLE HLAVNÍ SLOŽKY .....	24
1.9.1 Asfaltové nátěrové hmoty .....	24
1.9.2 Polystyrenové nátěrové hmoty .....	24
1.9.3 Silikonové nátěrové hmoty .....	24
1.9.4 Lihové nátěrové hmoty .....	24
1.9.5 Olejové nátěrové hmoty .....	24
1.9.6 Práškové nátěrové hmoty .....	25
1.9.7 Syntetické nátěrové hmoty .....	25
1.9.8 Vodové a emulzní nátěrové hmoty .....	25
<b>2 ZAŘÍZENÍ PRO MÍCHÁNÍ NÁTĚROVÝCH HMOT</b> .....	<b>26</b>
2.1 ROZDĚLENÍ MÍCHACÍCH ZAŘÍZENÍ .....	26
2.2 DISPERGAČNÍ POCHODY A ZAŘÍZENÍ PRO JEDNOTLIVÉ OPERACE.....	28
2.2.1 Disolvery .....	28
2.2.1.1 Složení vsádky .....	30
2.2.1.2 Geometrie a proces míchání .....	30
2.2.1.3 Použití: .....	31
2.2.2 Submill .....	32
2.2.3 Perlový mlýn .....	34
2.2.3.1 Řešení perlového mlýnu .....	36
2.2.3.2 Mlecí tělíska typu perel.....	36



2.2.4	Turbomill.....	39
2.3	ČIŠTĚNÍ ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU NÁTĚRŮ .....	40
<b>3</b>	<b>METODY ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ POVLAKŮ A NÁTĚROVÝCH HMOT .....</b>	<b>41</b>
3.1	HISTORIE ZKOUŠENÍ .....	41
3.2	DĚLENÍ ZKOUŠENÝCH VLASTNOSTÍ: .....	41
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>44</b>
4.1	PŮVODNÍ ZAŘÍZENÍ SUBMILL.....	44
4.2	MÍCHACÍ STROJ .....	45
4.2.1	Nádoba pro míchanou směs .....	46
<b>5</b>	<b>NÁVRH MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>47</b>
5.1	PŘEDPOKLÁDANÉ PROUDĚNÍ MÍCHANÉ SMĚSI .....	48
5.2	MLECÍ TĚLÍSKA .....	51
5.2.1	Obecné využití .....	51
5.2.2	Výroba.....	52
5.3	POUŽITÁ SÍTA .....	52
5.4	MÍCHACÍ KOLO .....	56
5.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	57
5.6	POUŽITÉ TĚSNÍCÍ PRVKY .....	59
5.7	ŘEŠENÍ UCPÁVKY MLECÍHO PROSTORU.....	60
5.8	VOLBA MATERIÁLU .....	63
5.9	VÝROBA PROTOTYPU .....	65
5.10	SHRNUTÍ.....	65
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>74</b>

## ÚVOD

Nátěrové hmoty slouží pro povrchové úpravy ve stavebnictví, v průmyslu a nesčetně dalších výrobních odvětvích. Úpravy povrchů nejenom strojů a zařízení jsou důležité z hlediska ochrany před vlivy prostředí a také z hlediska estetického. Je jasné, že stroj bez povrchové úpravy by velmi rychle podlehl korozi a také, že stroj bez nátěru by stěží zaujal potenciálního kupce.

V průmyslovém odvětví výroby nátěrových hmot je značně důležitý pojem dispergace, jedná se zde o proces směšování pigmentů, plniv a pojiv. Mísení se děje s použitím mechanických sil vyvíjených míchacími stroji. Účelem dispergace je tedy smísení složek ve stabilní systém s dostatečně malými částicemi.

Jak již bylo zmíněno, dispergace se provádí ve speciálních, k tomu určených, míchacích strojích a zařízeních. Těchto strojů je celá řada, počínaje jednoduchými míchačkami až speciální druhy mlýnů např. mlýn perlový.

Vzhledem k rychlému vývoji nátěrových hmot již některá míchací zařízení nezvládají dispergovat nátěrové hmoty v požadované kvalitě a je nutné se zabývat modifikacemi a konstrukcí výkonnějších zařízení, což je úkolem této diplomové práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 NÁTĚROVÝ SYSTÉM

Nátěrový systém je obecný výraz pro směs pigmentů a plniv obsaženými v tekutém stavu. Pigmenty a plniva jsou pevné částice organických či anorganických látek. Pigmenty, plniva a tekutá plniva musí být smíseny, v praxi se pro tento proces užívá pojem dispergace.

Při dispergaci se většina shluků rozdužuje na částice o velikosti řádově stejné, jako jsou rozměry primárních částic. Současně s tím dochází ke tvorbě fázového rozhraní na povrchu pigmentu, v němž jsou absorbovány plyny, které následně vytlačují kapalnou médium.

Změna fázového rozhraní je doprovázena snížením volné povrchové energie pigmentových částic v důsledku absorpce kapalnou fází. [1]

## 1.1 Dispergace

Dispergace je rovnoměrné rozptýlení pevné nebo kapalnou látky zejména v kapalnou prostředí. Účelem dispergace v oboru výroby nátěrových hmot je napojit pigmenty a plniva na kapalnou fázi. Získáme disperzi, která obsahuje částice, které jsou jemné a dostatečně malé. To vše se děje za použití mechanických sil. Význam dispergace spočívá v množství užívaných pigmentovaných nátěrů, které se pohybuje nad 90 % podílem mezi veškerými vyráběnými nátěrovými systémy. Pigmentace má vliv nejen na barevný odstín nátěru, ale i na jeho další užité vlastnosti. Především vylepšuje ochranný účinek nátěrové hmoty. [2]

Výrobní postup při procesu dispergace se skládá z následujících operací:

- **předdispergace** – mísení pojiva a pigmentu
- **dispergace** – jde o smočení pigmentových částic a rozbití jejich hrudek či shluků
- **dořed'ování** – jemná dispergace koncentrátu v určitém množství rozpouštědel a pojiv
- **filtrace** – odstranění nečistot a hrubých zbytků pigmentu

## 1.2 Dispergace z hlediska fyzikálně-chemického

Základní fyzikálně-chemické děje při dispergaci jsou následující:

- **smáčení**
- **rozdělování shluků**
- **stabilizace**

Všechny tři děje se ve výrobě vzájemně propojují, jejich rozpoznání v praxi je obtížné.

### 1.2.1 Smáčení

Proces smáčení je popsán jako kontakt povrchu pigmentu s kapalinou. Povrch pigmentu vykazuje určité absorpční vlastnosti, které jsou mu uděleny obsahem volné energie. Tento druh energie vyvozují valenční síly. [1]

Výše zmíněné síly mají za následek vznik absorpční vrstvy na povrchu pigmentové částičky. Látky, které se v této vrstvě nachází, jsou dány prostředím, v němž se tato částice nachází. V atmosférickém prostředí to jsou molekuly plynů a vodní páry. [1]

Smáčivost pigmentu je omezena povahou fází použitých složek. Dá se říci, že čím menší je hodnota rozdílu polárnosti, tím lépe bude absorbována kapalná fáze, neboli budou složky vykazovat dobrou smáčivost. V nejlepším případě mají kapalina i pigment stejnou polaritu a dojde k samovolnému smáčení pigmentového povrchu.

Dělení smáčivosti pigmentů je následující:

- **Hydrofilní** – smáčení je nejlepší s polárním rozpouštědlem
- **Hydrofobní** – smáčení je nejlepší s nepolárním rozpouštědlem

Zástupci látek s nízkou polaritou jsou z pojiv lněný olej, syntetické alkydové vypalovací pryskyřice. Rozpouštědla pro tuto oblast zastupuje benzen, xylen aj. Vysokou polaritu vykazují nitrocelulózo-  
vá pojiva. Z rozpouštědel vykazují vyšší polaritu aceton, butylacetát, velmi polární metylalkohol a též etylalkohol. Voda je nejpolárnější rozpouštědlo. Polární konec molekuly smáčedla, který obsahuje hydrofilní skupinu, je vázán vodíkovými můstky s polární povrchovou vrstvou pigmentu. Nepolární konec molekuly obsahuje uhlovodíkový zbytek, který je vázán k molekulám nepolárních pojiv.[1]

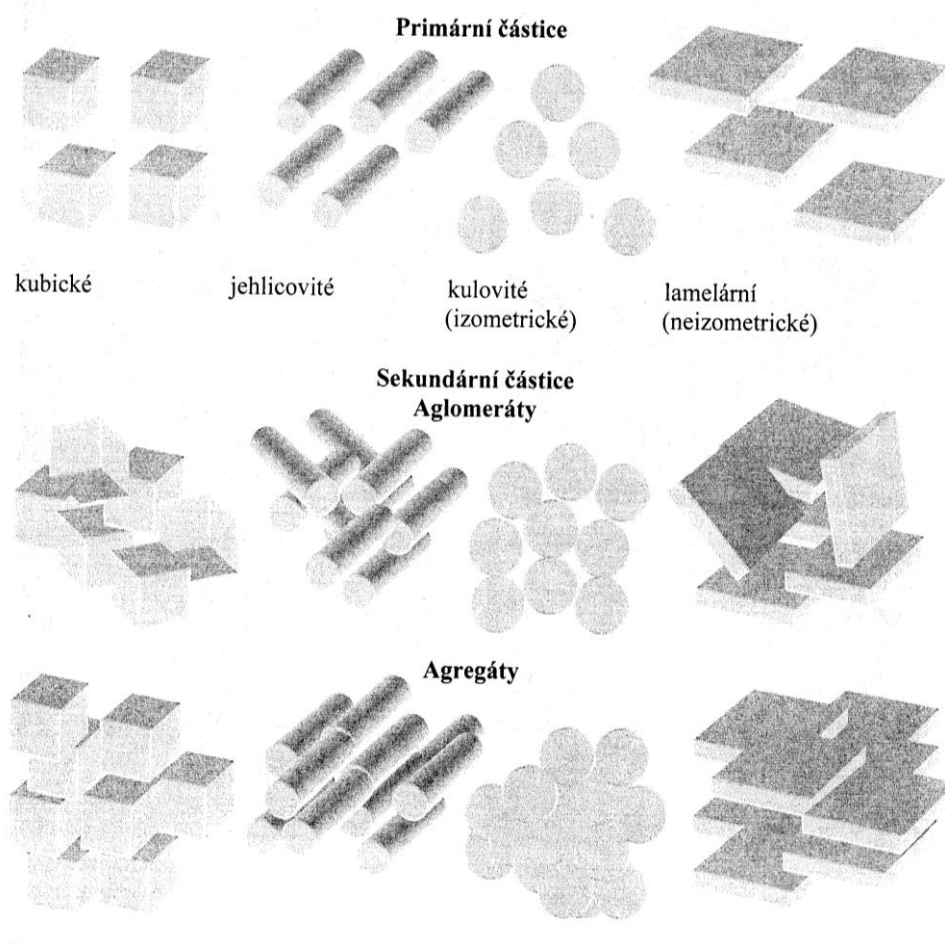
Smáčení povrchu roztoky pojiv, představující složité roztoky, se děje postupně. Nejprve jsou vytěsněny prvně absorbované látky, nejčastěji plyny a vodní páry molekulami rozpouštědel, ty později střídají molekuly pojiva.[2]

### 1.2.2 Rozrušování

Pojmem rozrušování myslíme dělení shluků pigmentových částic. Tyto shluky jsou rozdílné svými velikostmi a vzájemnými vazbami.

Pigmentové částice dělíme na:

- **Primární** – velikost těchto částic je v rozmezí několika desetin až několika  $\mu\text{m}$ , jsou to krystalky nepravidelných tvarů. Vznikají při výrobě pigmentů pomocí mokrého způsobu a vlivem následného sušení se utváří jejich shluky. [1]
- **Sekundární** – jedná se o shluky primárních částic, které se dále dělí na:
  - a) **Agregáty** – tento typ shluků je spojen chemickými vazbami, jejich rozrušování je složité a lze ho provádět pouze mletím při samotné výrobě pigmentu.[1]
  - b) **Aglomeráty** – jedná se o shluky primárních částic a částečně i agregáty. Vazbami, které částice drží ve shlucích, jsou zde fyzikální síly. Při samotném procesu dispergace se shluky dělí stříhovými silami a po ukončení mechanického dělení setrvávají v rozrušeném stavu.[1]
  - c) **Flokuláty** – síly, které zadržují shluky v kupě, jsou velmi malé, tudíž nemusíme k rozrušení vynaložit tolik síly jako u aglomerátů. Po ukončení působení dispergace na shluky primárních částic, se ovšem snadno tvoří nové. [1]



Obr. 1. Schematické vyobrazení pigmentových částic [2]

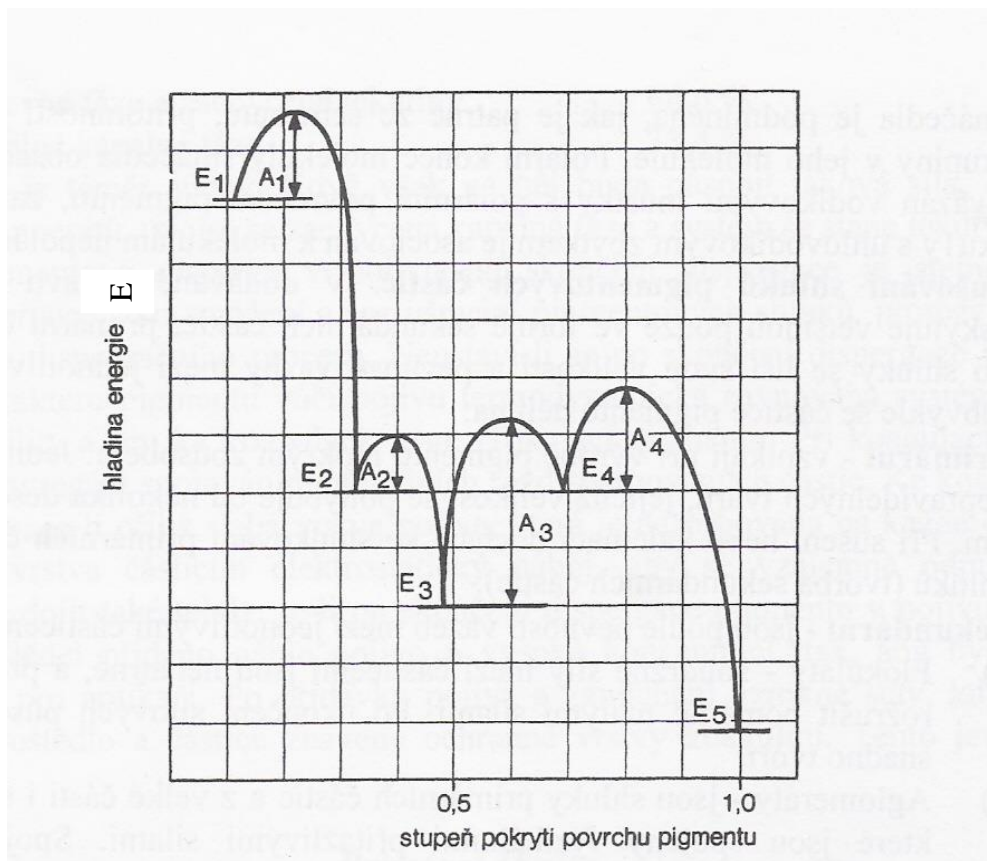
Urychlit celý proces dispergace lze pomocí přísavky rozpouštědel. Dojde k poklesu viskozity systému, lze tedy zvýšit koncentraci pigmentů, čímž zvýšíme rychlost dispergace neboť se nám dotýká větší počet pigmentových částic.[2]

### 1.2.3 Stabilizace

Jedná se o poslední stádium dispergačního procesu, úkolem je optimální rozložení částic pigmentu v disperzním systému pojivo – pigment. V praxi se upravuje konečné složení nátěru doředováním nebo naopak zahuštěním, případně přísavkou pojiva na stroji dispergator.[1]

### 1.3 Povrchová energie

Povrchová energie je množství práce, které shromažďuje na svém povrchu pigmentová částice. Na této částici ulpívá jemná vrstva vody a plynu. K odstranění této jemné vrstvy je třeba využít určité množství volné povrchové energie. [1]



Obr. 2. Změna volné povrchové energie v procesu dispergace [2]

Celková hodnota povrchové energie je na obrázku 1. poznačena jako  $E_1$ . Vynaložená práce  $A_1$  je obstarána vlivem energie pohybu, díky které se rozdroľují aglomeráty. To má za následek zlepšení difuzního procesu kapaliny a přilnutí k volnému povrchu pigmentové částice. Pokles hodnoty energie  $E_1$  k hodnotě  $E_2$  má na svědomí smáčení povrchu rozpouštědlem. Uvolněná energie se projeví jako tzv. smáčecí teplo. Práce  $A_2$  je vložena do systému mícháním a zahříváním. Následuje absorpce aktivních látek na povrchu s pojivem. Absorbci se poté pokryje zhruba poloviční množství pigmentu, následně klesá hodnota energie k linii  $E_3$ . Vznikají nové můstkové vazby a tuhost pasty se zvyšuje. Práce  $A_3$  je zastoupena v procesu dispergace mechanickým mícháním, kterým se rozrušují vzniklé shluky, následovně se zvyšuje disperzní stav systému, s čímž koresponduje zvýšení energie na



hladinu  $E_4$ . Další pohybová síla je označena jako  $A_4$ , vede k tomu, že se pigment znatelně lépe rozdělí v pojivě látce a povrch pigmentů se plně obsadí absorbovanými molekulami. Po dosažení tzv. absorpční rovnováhy klesá energie celého systému na hodnotu  $E_5$ .

Důležitá informace spočívá v možnosti urychlení dispergačního procesu využitím pojiv s vysokým obsahem rozpouštědla, načež snížíme vloženou práci  $A_3$  a  $A_4$ . [1]

## 1.4 Funkce nátěrových hmot

Základní funkce je následující:

- Ochrana proti korozi (případně dalším vnějším jevům způsobujících stárnutí).
- Zlepšení vlastností výrobku (odolnost proti vysokým teplotám).
- Odolnost proti poškrábání výrobku.
- Účinnější ochrana proti sprejerům (sprej se nanese na ochrannou vrstvu a nepoškodí omítku - snadnější čištění).
- Estetické aspekty

### 1.4.1 Ochrana proti korozi

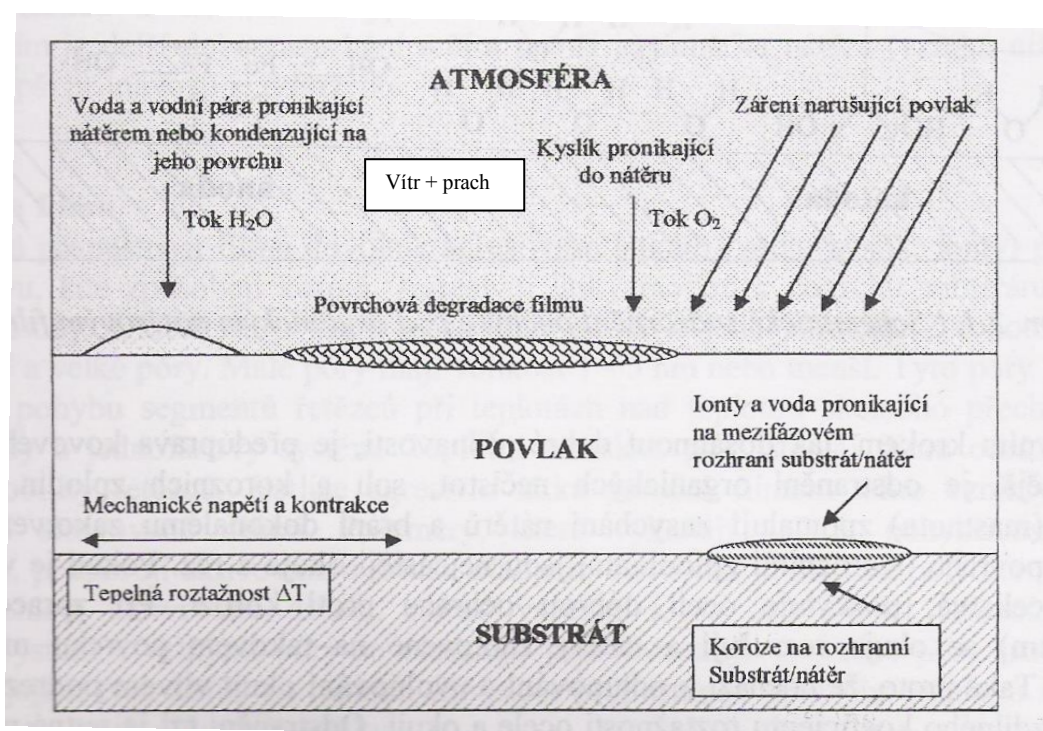
Koroze materiálu má za následek nepříznivý vliv na funkčnost výrobku. Aby funkce předmětu nebyla po dobu životnosti nepřipustně zhoršována působením korozního prostředí, používá se k omezení rychlosti koroze kovů jejich protikorozní ochrana. Povrchová ochrana výrazně mění vlastnosti povrchu. Jejím cílem je zmírnit korodování základního materiálu.

Korozní agresivita (korozivita) je dle ČSN EN ISO 8044 schopnost prostředí vyvolávat korozi v daném korozním systému.

Atmosférické prostředí je klasifikováno dle ČSN EN ISO 12500 do pěti stupňů korozní agresivity pro kovové materiály, označených C-1 až C-5.[17]

## 1.5 Koroze

Jako koroze se značí postupné celkové nebo částečné znehodnocení materiálů, dějící se v plynném či kapalném prostředí. Korozi nepodléhají pouze kovové materiály, ale i nekovy, kupříkladu sklo, polymery, dřevo, stavební hmoty, textilie aj. Prakticky každý materiál podléhá korozi, otázkou je pouze čas. Prostedí, v němž ke korozi dochází, je povětšinou zemská atmosféra. Význam je ovšem věnován i ostatním prostředím, v nichž k tomuto jevu dochází. Jsou to vodní plochy, zemina a prostředí vyskytující se například ve výrobních závodech, soli, kyseliny a celkově agresivní prostředí. [17]



Obr. 3. Schéma vlivu okolí na korozi [2]

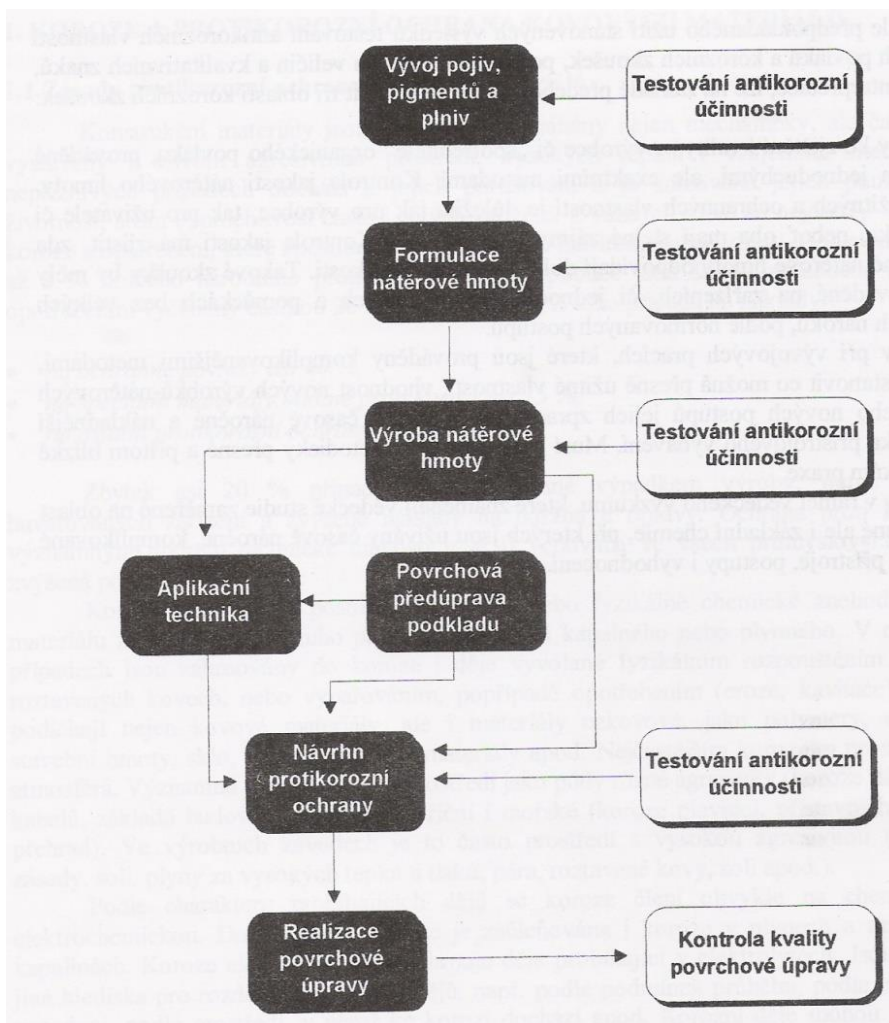
Dnešní znalosti v oboru průběhu korozních dějů dovolují postup koroze brzdít, či jí nedovolit zapůsobit. Neexistuje ovšem jednotný systém, který by byl funkční ve všech případech zamezení tohoto děje. Vzhledem k rozmanitosti výskytu konstrukčních materiálů je nutno zvolit pro každý případ nejvhodnější způsob ochrany. Opatření zabraňující vzniku koroze se dělí následujícím způsobem:[14]

- Opatření ovlivňující samotný materiál. (Zde patří tepelné zpracování, legování, užití ochranných povlaků, antidegradanty aj.)

- Opatření, jež ovlivňují prostředí koroze. (Do této skupiny řadíme především snížení agresivity prostředí tj. odstranění vzdušné vlhkosti, prachu, plynů, zpracování v ochranné atmosféře, u průmyslových vod se jedná o odstranění kyslíku.)[15]
- Opatření ovlivňující konstrukci. (Týká se problematiky konstrukce samotného zařízení, zdůrazňuje se především zamezení kontaktu dvou a více kovů o různém elektrochemickém potenciálu, zamezení hromadění vlhkosti, výběr vhodných technologických postupů...)[15]

## 1.6 Vývoj nátěrové hmoty

Vývoj nátěrové hmoty a její výrobní formulace čerpá ze znalostí chemie. Díky této znalosti chemických vlastností provádíme výběr pojiv a pigmentů. Zřetel je brán na pozdější využití vyvíjeného produktu. Podstatné je nalezení optimálních poměrů mezi jednotlivými složkami. Dalším aspektem spojeným s vývojem nátěrové hmoty je samotná výroba první šarže, která se nese v duchu hledání vhodného dispergačního činidla a převedení laboratorního postupu výroby na výrobní postup dějící se za pomoci strojů výrobních, nikoliv laboratorních. Schéma na obrázku č. 3 zobrazuje strukturu vývoje nátěrové hmoty a s ní spojené testování. Zde antikorozní účinnosti. [2]



Obr. 4. Vývoj nátěrových hmot [3]

## 1.7 Výroba nátěrů - postup

### Přesné měření složek

Složení se obvykle měří na hmotnostní díly, v některých případech v objemových procentech. U šarží větších než 4000 litrů jsou kádě vloženy na podložky připojené k přesné elektronické váze. Váhy umožňují přidávání přísad s přesností měření na  $\pm 5$  kg při maximální hmotnosti 20000 kg. Pokud je nutná větší přesnost malých dávek, používají se malé, přesné elektronické váhy. [2]

### **Příprava pigmentové disperze**

Pigmenty jsou prášky obvykle malé velikosti, které mají tendenci se držet pohromadě, jako shluky nebo aglomeráty. Ty musí být rozděleny do samostatných částic, které pak musí být v kontaktu s přísadami. To je proces dispergace. [1]

Pigmenty jsou přidávány do míchacích strojů pozvolna, z nádob o hmotnostech nákladu od 10 do 1000 kg, aby se kapalné komponenty a ostatní činidla míchaly společně.

Některé pigmenty se obtížněji rozmílají a míchají, aby se docílilo dobré dispergace je nutno využít více míchacích a dispergačních zařízení za sebou. [2]

Kulové mlýny se používají pro směsi s obtížně rozptýlitelnými složkami. V kulových mlýnech se nachází mlecí prvky – kovové či skleněné kuličky- o velikostech golfových míčků.

Perlové mlýny se používají ve velkých sériích v záběhu polo-kontinuálního výstupu. Systém je podobný kulovým mlýnům, ale nádoba je menší a kuličky jsou velké v průměru 3 mm.

### **Přidání ostatních složek**

V další fázi se přidávají další složky barvy (pryskyřice, rozpouštědla a aditiva). V této fázi, pokud to vyžaduje přesný postup výroby, jsou všechny konečné složky přimíchány.

### **Hotový výrobek a proces laboratorních zkoušek**

Kvalita produktu je sledována v průběhu výrobního procesu v laboratořích a kontrolních sekcích výroby. Některé ze složek mohou být testovány i před zahájením výroby.

Při dokončení výrobní série se ověřuje výsledná kvalita výrobku. Tyto závěrečné zkoušky hodnotí vlastnosti, jako je stupeň disperze, viskozita (konzistence), hustota, krytí, odstín barvy, vhodnost aplikace, čas zasychání, lesk a vzhled filmu nátěru. [3]

### **Balení a skladování**

Po dokončení testování šarže je předána k naplnění do nádob. Většinou se uschovává vzorek z dané šarže pro případné další nutné kontroly. Závěrečné testování se týká zkoumání shody s příslušnými normami, šetrnosti k životnímu prostředí a jiné. Po této závěrečné fázi testování je kompletní dávka předána do skladu, kde je připravena k odeslání spotřebitelům.

## 1.8 Dělení nátěrových hmot dle užitých látek

### 1.8.1 Podle chemického složení

Dle použitého rozpouštědla, jinak řečeno dispergačního prostředí, se nátěrové hmoty dělí na dvě skupiny:

- Rozpouštědlové: zahrnující především směsi organických rozpouštědel.
- Vodou ředitelné: což je nevhodné a nesprávné značení pro nátěrové hmoty dispergovatelné ve vodním prostředí

### 1.8.2 Podle obsahu pigmentu a plniv

- Transparentní nátěrové hmoty: jsou směsi filmotvorných složek bez obsahu pigmentu a plniv. Vytvářejí průhledný někdy až průsvitný nátěr, který může být bezbarvý, či mírně transparentně obarvený. Výjimkou jsou asfaltové laky, které mají neprůhledný film. Do této skupiny patří fermeže, syntetické laky a emulze. [44]
- Pigmentované nátěrové hmoty: jsou to směsi filmotvorných složek, v nichž jsou dispergovány pigmenty a plniva, případně další látky. Po zaschnutí vytváří neprůhledné nátěrové hmoty s různými stupni krytí a barevnosti. Podle obsahů pigmentů a plniv se tyto nátěrové hmoty dělí na emaily a tmely, barvy a plniče. [54]

### 1.8.3 Podle pořadí nanášení jednotlivých vrstev nátěrů

- Napouštěcí: užívají se k napuštění podkladů s vysokým stupněm savosti (dřeva, zdiva, papíru, textilu, keramiky, betonu a jiných materiálů).
- Základní: první vrstva obnovovacího nátěru nebo první vrstva napuštěného podkladu.
- Vyrovnávací: užívají se pro vyrovnání povrchu podkladu, případně vytmelených vrstev.
- Podkladové: používají se jako výchozí podklad pro nátěr.
- Vrchní: poslední vrstva celého nátěrového systému.

### 1.8.4 Podle způsobu zasychání nátěru

- Zasychající díky fyzikálním pochodům: zasychání probíhá skrze odpaření rozpouštědel nebo ztuhnutím hmoty, jež byla před použitím rozpuštěna. Výhodou je, že se při tvorbě filmu složka tvořící vrchní vrstvičku nijak chemicky nemění.

- Zasychající díky chemickým pochodům: pro vznik filmu musí probíhat chemické pochody (oxidace, polymerace, polykondenzace, polyadice apod.), díky kterým se stávají z původních nízkomolekulárních látek látky vysokomolekulární. Do této skupiny řadíme fermeže, nátěrové hmoty neobsahující rozpouštědlo apod. [13]
- Zasychající za pomoci fyzikálního nebo chemického pochodu: film nátěrové hmoty vznikne odpařením použitých rozpouštědel a chemickou reakcí. Patří sem nátěrové epoxidové, polyuretanové aj.[13]

### 1.8.5 Podle způsobu sušení a vytvrzování

- Zasychající na vzduchu: zasychají za podmínek okolního prostředí.
- Vypalovací: vytvrzení nátěru při zvýšené teplotě za pomoci chemické reakce.
- Vytvrzované jinými způsoby: nátěr vytvrzuje působením záření (UV, IR, aj.).

### 1.8.6 Podle počtu složek

Standardní značení jednosložkové nebo dvousložkové nátěrové hmoty (příležitostně označované jako 1- K (jednokomponentní) a 2-K (dvoukomponentní)).

- Jednosložkové: není nutno k zasychání nebo vytvrzení užít další složku.
- Dvousložkové: potřebují k zasychání či vytvrzení další složku, která se dle typu nátěru označuje jako iniciátor, katalyzátor nebo tužidlo.

### 1.8.7 Podle způsobu nanášení

Různé způsoby nanášení zdůrazňují zvláštní složení nátěrových hmot, případně ředidel. Dělí se na nátěrové hmoty k nanášení štětcem, stříkáním, máčením, válečkováním, elektrochemickým nanášením aj.

### 1.8.8 Podle odolnosti nátěrů

- Vnitřní: interiérové nátěrové hmoty.
- Venkovní: pro venkovní použití, odolávají atmosférickým vlivům, slunečnímu záření a vlhku. [4]
- Speciální: nátěrové hmoty, které se vyznačují vysokou chemickou odolností, nátěry odolávající vysoké teplotě, odolné vůči abrazi, vodivé a elektroizolační nebo nátěry tzv. teplosměnné apod.

### 1.8.9 Podle účelu použití

- Na ocelové konstrukce (mosty, apod.).
- Na dřevo: nábytek, okna, dveře apod.
- Na omítky, apod.
- Na kůži
- Elektroizolační

## 1.9 Dělení nátěrových hmot dle hlavní složky

### 1.9.1 Asfaltové nátěrové hmoty

Většinou roztoky asfaltu, olejů a plniv. Složí např. jako vrchní nátěry kovových konstrukcí ve vodě, ponorných částí lodí a jiným předmětům, které jsou vystaveny vysoké vzdušné vlhkosti.[3]

### 1.9.2 Polystyrenové nátěrové hmoty

Jedná se o disperze pigmentů a plniv v roztocích nenasycených polystyrenových pryskyřic. Dále buď s přísadami aditiv, urychlovačů a ostatních látek. Použití k výrobě skelných laminátů a tmelení dřeva a hrubých nerovností.[3]

### 1.9.3 Silikonové nátěrové hmoty

Roztoky a disperze pigmentů v roztoku silikonové pryskyřice a organických rozpouštědlech. Pro ocelové a litinové předměty, které jsou namáhány vyššími teplotami (do 400 °C) např. výfukové soustavy automobilů, části troub, hlavy motorů.[3]

### 1.9.4 Lihové nátěrové hmoty

Směsi pryskyřic ve vysokoprocentních alkoholech. Laky, málo odolné povětrnostním vlivům.[3]

### 1.9.5 Olejové nátěrové hmoty

Většinou směsi polovysychavých olejů s pigmenty, plnivy a dalšími složkami. Využívá se zejména jako základní nátěry, jako impregnační pojivo, písmomalířské laky.[3]



### **1.9.6 Práškové nátěrové hmoty**

Jedná se o směsi epoxidových pryskyřic, tvrdidla, urychlovačů, pigmentů atd. Použití: elektroizolační povlaky, exteriérové i interiérové nátěry odolávající korozi a otěru.[3]

### **1.9.7 Syntetické nátěrové hmoty**

Syntetické nátěrové hmoty obsahují většinou pryskyřice, rozpouštědla, plniva a další přísady. Oblast použití a výrobní sortiment je u tohoto druhu hmot velmi obsáhlý. Používají se jako základní i vrchní barvy, bezbarvé laky, mořidla, aj.[3]

### **1.9.8 Vodové a emulzní nátěrové hmoty**

Směsi plniv, speciálních aditiv, fungicidních látek, pigmentů a vodné disperze. Slouží k nátěrům zdiva, dřeva i kovu.[3]

## 2 ZAŘÍZENÍ PRO MÍCHÁNÍ NÁTĚROVÝCH HMOT

Abychom dosáhli požadovaných vlastností vyráběné nátěrové hmoty je nutno řádného rozmíchání – dispergace složek v nátěrové hmotě. Pro tento účel se využívají míchací stroje. [2]

### 2.1 Rozdělení míchacích zařízení

- **Hnětáky a pomaloběžné míchačky** – využívají se k míchání hrubých suspenzí i suchých práškových směsí. Vyznačují se pomaloběžnými míchacími elementy, které pracují v celém objemu. [2]
- **Planetární míchačka** – mícháme s ní středně viskózní pasty. Míchacím elementem jsou dvě svislá zdvojená ramena, která se otáčí jednak kolem středové osy ale také kolem své vlastní osy. Vykonnávají tzv. planetový pohyb. [2]
- **Šnekový kuželový mísič** – je vhodný pro zpracovávání hůře tekoucích, případně i tmelových materiálů. Míchací element šnekového tvaru se odvaluje podél stěny kuželové nádoby.
- **Horizontální bubnový mísič** - určen pro mísení sypkých hmot, přípravu past a další. U bubnového mísiče je spektrum materiálů široké – dáno proměnlivými otáčkami zařízení. [6]
- **Disolvery** – rychloběžná míchačka detailně popsána v kapitole 2.4.1.
- **Submill** – modifikovaný disolver detailně popsán v kapitole 2.4.2.
- **Kinetické dispergátory se štěrbinovitým statorem**—jedná se o rychloběžné dispergační zařízení, skládající se turbinového míchadla a kolem něj se nacházejícího nepohyblivého pláště. Zařízení je vhodné pro míchání nízkoviskózních směsí. [7]

- **Válcové třecí stroje** – stroj se skládá z několika souose uložených válců. K míchání materiálu dochází průchodem štěrbinou mezi jednotlivými válci.
- **Koloidní a kamenné třecí mlýny** – jejich základními členy jsou kuželový rotor a v těsné blízkosti uložený stator. K míchání dochází ve štěrbině mezi těmito prvky.
- **Ultrazvukový dispergátor** – dispergovaný materiál je nutné pro použití v ultrazvukovém dispergátoru dobře předmíchat. Principem je vysokorychlostní proudění míchané směsi trubkou, na jejímž konci se nachází speciálně konstruovaný břit, který je vlivem proudu směsi rozechvíván. Vznikne vysokofrekvenční oscilace, která se přenáší i do míchané směsi. [8]
- **Kulové mlýny** – bývá to válcová nádoba, otáčející se kolem vodorovné osy. Je částečně naplněna mlecími tělisky, její plášť má povětšinou možnost temperace. [2]
- **Šaržovité kuličkové mlýny** – jedná se o další vývojové stádium kulového mlýnu. Pohyb míchané směsi a mlecích tělísek zajišťuje rotující disk vně válcové nádoby.
- **Turbomill** – zařízení pro nejjemnější stupeň mletí viz kapitola 2.4.4.
- **Pískový mlýn** – jedná se o vertikální válec, který je do určité výšky naplněn mlecími částicemi. Míchací účinek zajišťují míchací ramena umístěna horizontálně na ose míchadla. Míchacími částicemi jsou zrnka písku o rozměrech 0,6 až 1,2 mm.
- **Perlový mlýn** – od předešlého zařízení se liší použitými mlecími tělisky, viz kapitola 2.4.3

## 2.2 Dispergační pochody a zařízení pro jednotlivé operace

Varianta A:

Každá z jednotlivých operací se děje na jednotlivých zařízeních.

- Předdispergace - disolver
- tření - perlový mlýn
- dokončování - míchací nádrž
- čištění - tlakový svíčkový filtr

Varianta B:

Více operací na jednotlivých strojích.

- předdispergace, tření, dokončování - kulový mlýn
- čištění - tlakový pytlový filtr

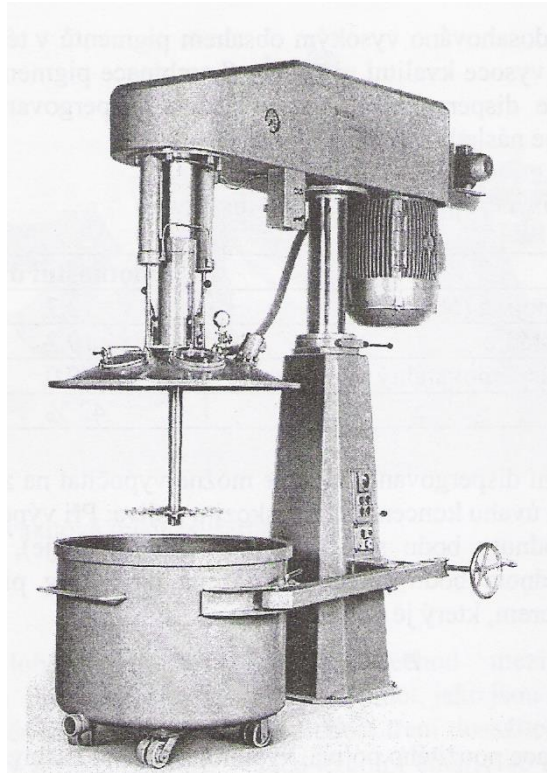
Varianta C:

Některé ze zařízení se může používat pro různé operace.

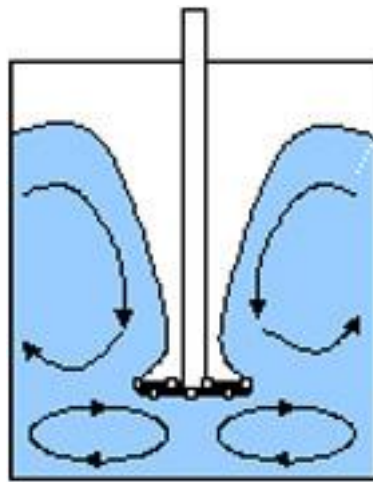
- předdispergace- disolver
- tření - tříválcový třecí stroj
- dokončování - disolver

### 2.2.1 Disolvery

Disolver jinak nazývaný též rychloběžná míchačka, je zařízení které je možno využít pro předdispergační procesy i pro procesy dispergační. Míchací element tohoto zařízení má tvar disku, který je po obvodu opatřen zuby, případně dalšími zářezy, které vylepšují účinnost tohoto zařízení. Vlivem vysokých rychlostí míchadla je nucena pigmentová pasta vytvářet různé rychlosti proudění v různých částech nádoby, to vede ke vzniku střižných sil.



Obr. 5. Disolver [1]



Obr. 6. Geometrie disolveru – proudění [1]

Podstatou disolveru je tedy využití smykových sřížných sil, které vznikají mezi vrstvami míchané kapaliny pohybující se různými rychlostmi. Pohybová energie se udílí míchanému materiálu díky rotujícímu míchacímu elementu. V principiálním pohledu se jedná o

modifikované rychloběžné diskové míchadlo. Míchací kotouče dosahují obvodové rychlosti mezi 20 až 30 m/s. Součástí pohonného ústrojí disolveru je variátor, jím je mechanicky měnitelný převod klínovými řemeny.[9]

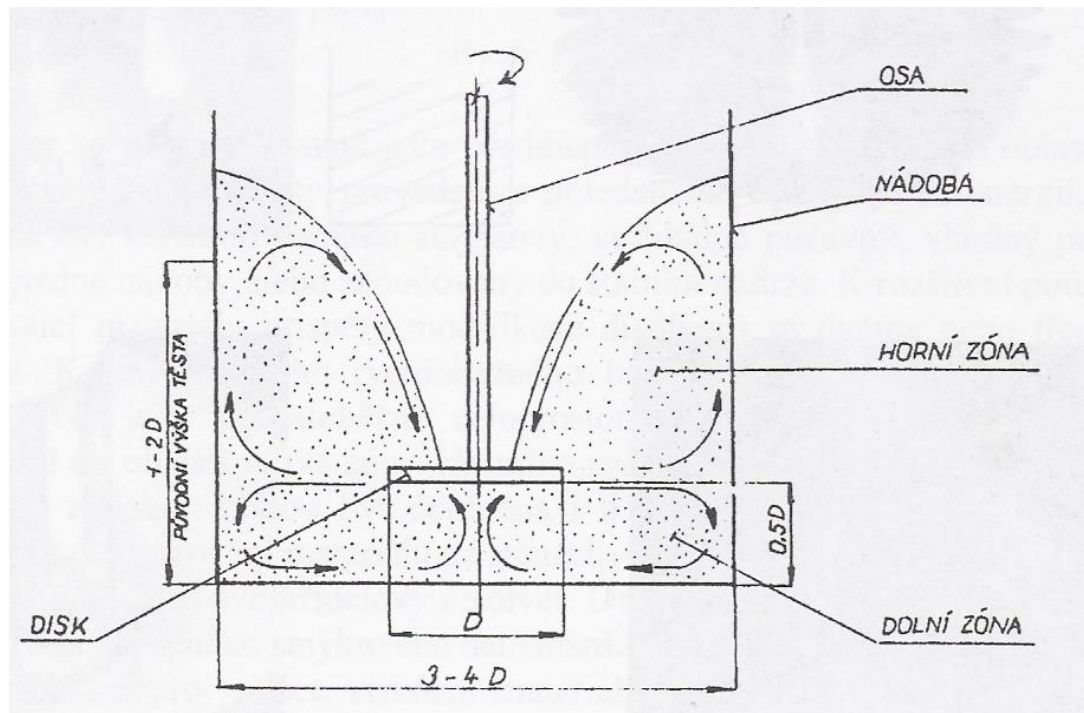
Abychom získali výkonný disolver jsou důležité vhodně vybrané reologické vlastnosti násady, správné složení násady a vhodná geometrie celého míchacího ústrojí včetně nádoby. Po procesu vytvoření dostatečně velkých smykových sil, které jsou nutné pro dispergaci, je nutné, aby vsádka dosahovala dostatečně viskózního chování. Podmínkou ovšem zůstává i zachování přiměřené tekutosti vsádky. Pro zpracování v disolveru jsou materiály výrazného plastického neneutonského chování nevhodné, nejvýhodnější ke zpracování jsou materiály o viskozitě 5-20 Pa.s. Příkon potřebný pro práci disolveru se přivádí dle viskozity vložené hmoty.[1]

#### **2.2.1.1 Složení vsádky**

Pro získání optimálního pracovního účinku disolveru je nutné zajistit co největší poměr pigment versus pojivo. Důraz ovšem klademe na dodržení tekutosti vsádky. [1]

#### **2.2.1.2 Geometrie a proces míchání**

Geometrie disolveru byla navržena experimentálně a upravována po zkušenostech z praxe. Tvar míchací nádrže bývá válcová, přechod válcového pláště do dna bývá zpravidla zaoblen, případně s klenutým. Průměr míchací nádrže musí být 3-4 násobkem průměru míchacího kotouče.[1]



Obr. 7. Geometrie disolveru – optimální případ [1]

Výška hladiny má být maximálně 1-2  $D$  míchané hmoty v nádrži. Hřídel je umístěna ve středu válce. Míchací kotouč má být 0,25-0,75  $D$  nad dnem. Obvodová rychlost míchacího zařízení by měla dosahovat v maximu zhruba 27 m/s. Výška zubů se má pohybovat v rozmezí 0,05-0,1  $D$ . Tato hodnota podstatně ovlivňuje hydrodynamický režim ve vsádce, má velký vliv na příkon a také na cirkulaci míchané hmoty. [1]

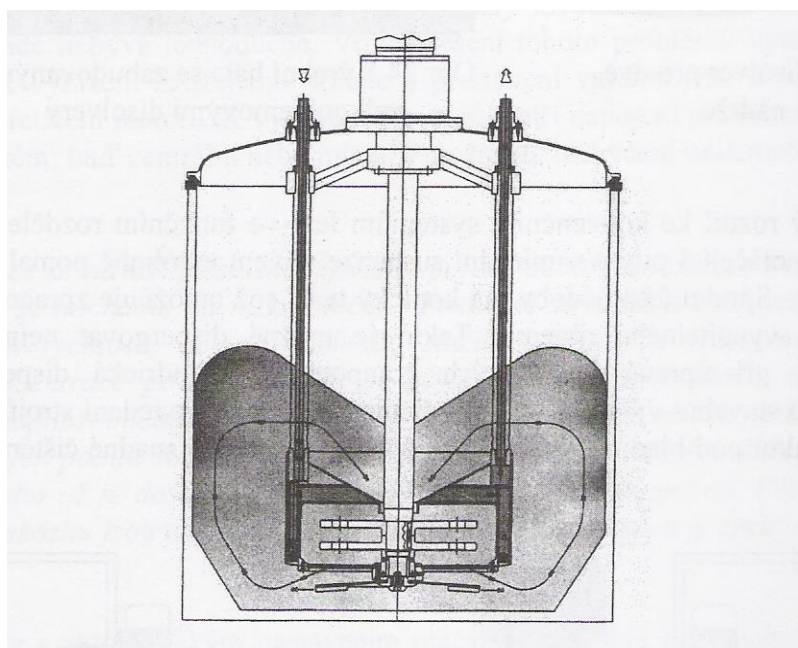
### 2.2.1.3 Použití:

Disolver se používá hlavně jako předdispergační zařízení. V této oblasti dispergace nemá, co do rychlosti a kvality provedení s ohledem na vynaloženou energii, konkurenci. Disolver může být konstruován jako stojanový, vertikálně posuvný, vhodný pro měnitelné, popřípadě pojízdné nádoby, nebo zabudovaný do stabilní nádrže. K rozšíření použití disolverů pro hůře tekoucí materiály přispěly modifikace disolveru se dvěma nebo třemi míchadly různého typu. Kromě vlastního rychloběžného hřídele se zubovým kotoučem má tento upravený disolver ještě pomaloběžné celoprostorové míchadlo, které přemísťuje špatně tekoucí materiál do oblasti vířivé zóny vlastního rychloběžného zubového předdispergačního míchadla. Tato zařízení mohou být doplněna i o pomaloběžnou stěrku,

kteřá otírá stěny nádoby a zabraňuje usazování materiálu na stěnách. [10]

### 2.2.2 Submill

Toto míchací zařízení lze uvažovat jako modifikovanou verzi předešlého zařízení typu disolver. Podstatná změna je především v míchadle, které je zde využito speciální ve tvaru nálevky – nerotující, pevně upevněno a ponořeno v pastě -, uvnitř kterého rotují disky nožového míchadla. Stacionární míchadlo tvaru nálevky je nazýváno jako koš nebo košové zařízení. Pod košem se nachází míchadlo pomocné, jehož devizou je nasměrování proudu míchané směsi protečené košem ke stěnám nádoby. Na obrázku č. 8. je viditelný směr toku proudu míchané pasty, která je nasávána vrchním otvorem koše, poté směřována pomocným míchadlem ke stěně a znovu nasávána. Plášť koše je dvojitý, prostor mezi pláští slouží jako kanál pro chladicí médium, které je přiváděno a odváděno nosnými tyčemi držícími koš. Jako chladicí médium se využívá voda. Ve srovnání s disolverem dosahuje submill účinnější dispergace míchaných směsí.[10]

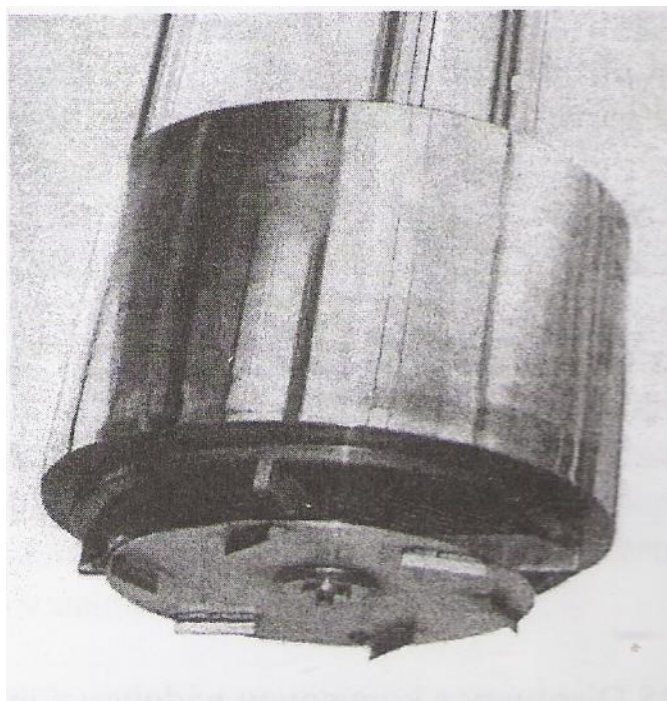


Obr. 8. Schéma dispergace [1]





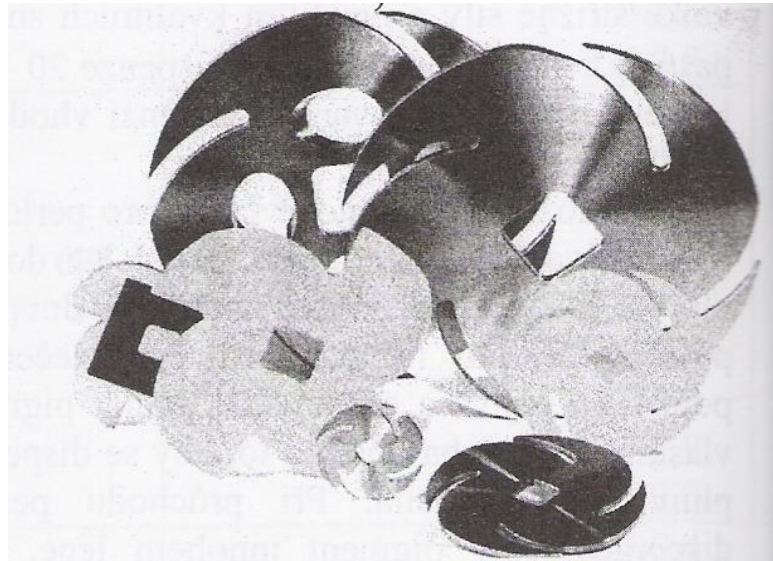
Obr. 9. Submill [12]



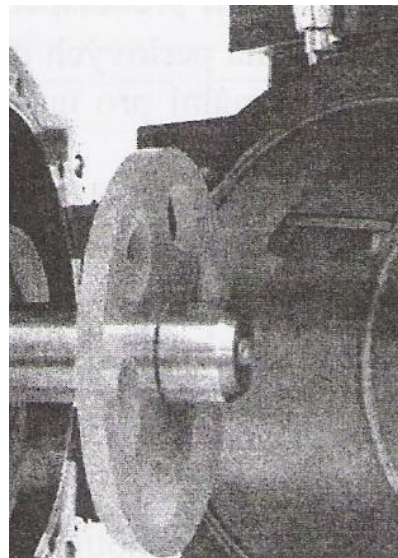
Obr. 10. Detail koše [1]

### 2.2.3 Perlový mlýn

Jedná se o válcovou nádobu, do které je vloženo určité množství třecí náplně, což jsou kuličky malého průměru připomínající perly, proto název perlový mlýn, a pasty k míchání. Jako míchadlo se užívají disky různých tvarů připevněné na rotační hřídeli ve středu nádoby. Ukázky tvarů uvádím na obrázku 10. Perlové mlýny jsou konstruovány jako horizontální i vertikální, avšak horizontální jsou rozšířenější.[11]



Obr. 11. Vrtulovité disky [1]



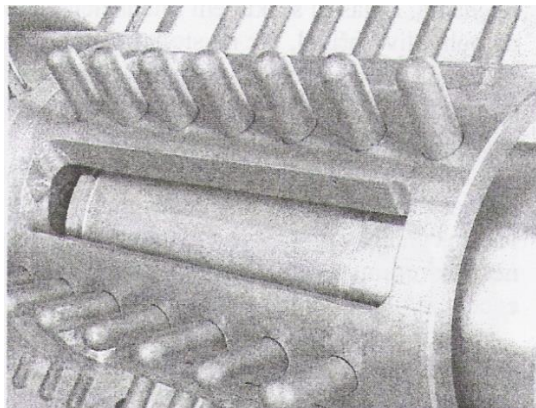
Obr. 12. Děrovaný disk [1]

Geometrie míchadel:

- vrtulové mlecí prvky
- kombinace děrovaného mlecího disku a vrtulového disku
- turbínové mlecí prvky
- kolíkové mlecí prvky (speciální řešení zvyšující účinek dispergace a snižuje otěr kuliček) [9]



Obr. 13. Turbínový disk [9]



Obr. 14. Kolíkové mlecí prvky [1]

Účinnost dispergace u perlových mlýnu je ovlivněna velkým množstvím faktorů:

- typ třecí náplně
- objem třecí náplně v nádobě
- reologické vlastnosti pigmentové pasty
- konstrukce rotační soustavy
- obvodová rychlost soustavy
- konstrukce nádrže
- poměr průměru nádrže a průměru rotoru
- průměr a výška samotné nádrže

### **2.2.3.1 Řešení perlového mlýnu**

Nádoba, ve které dispergujeme směs, může být uložena vodorovně či svisle, v praxi se užívají následující:

- vertikální
- horizontální

Hřídel s míchacími elementy je uloženo letmo, tzn. jednostranně. Důležitým úkolem je je dosáhnout vysoké obvodové rychlostí mlecích kuliček. U hřídele bývá tato rychlost nízká, řešením je zvětšit průměr hřídele a tím docílit co nejmenší plochy mezi hřídelí a stěnou nádoby. [10]

### **2.2.3.2 Mlecí tělíska typu perel**

Z celkového hlediska se v rychloběžných míchacích zařízení používají různé tvary mlecích tělísek. Za zástupce nepravidelného tvaru považujeme písek, pravidelný tvar reprezentují tělíska tvaru koulí. Perlová tělíska mají absolutně pravidelný kulový tvar, jejich výhodou je horší vyplavování z mlýnů a měrná hmotnost, která je proti písku vyšší.[11]

Pro výrobu perlových kuliček se využívá velká škála materiálů. Podmínkou je snášenlivost s mletou pastou. Důležitou roli hraje pevnost v tlaku, otěruvzdornost a v neposlední řadě vliv na barevný odstín výsledného produktu.[11]

Velikost mlecích kuliček závisí na druhu systému, který potřebujeme dispergovat. Roli hraje především velikost pevných částic pigmentu. U jemných částic je dispergace snažší, proto postačí mlecí kuličky o malé velikosti. Např. 3 mm průměr kuliček se užívá v pigmentů obsahující aglomeráty, tudíž větší částice, které způsobují obtížnější disperga-

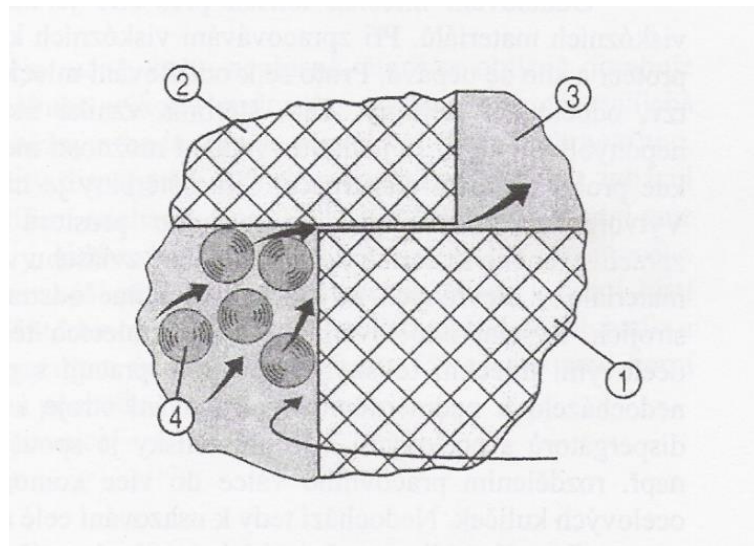
ci. Dalším faktorem ovlivňujícím proces dispergace v perlovém mlýnu je množství perlových kuliček v mlecí nádobě. Je doporučeno využít co největší množství mlecích tělísek, avšak jako největší stupeň zaplnění 80% z celkového objemu nádoby.[11]

Není doporučeno používat v perlových mlýnech kuličky o různých velikostech, neboť dochází k nadměrnému opotřebení malých kuliček.

Tab. 1. Přehled mlecích perel [2]

Materiál	Složení	Obsah [%]	Hustota [kg.l <sup>-1</sup> ]	Sypná hmotnost	Tvrдость	Velikost [mm]
Bezolovnaté sklo	SiO <sub>2</sub>	67	2,5	1,5	7	0,3-0,4
	Na <sub>2</sub> O	10				0,4-0,6
	K <sub>2</sub> O	7				0,8-1,0
	CaO	5				1,2-1,4
	BaO	6				1,8-2,2
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1				2,8-3,2
	MgO	1				
	ostatní	1				
Aluminium oxid	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	86,50	3,4	2,1	8	0,7-1,0
	SiO <sub>2</sub>	10,50				1,0-1,6
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,29				1,6-2,5
	TiO <sub>2</sub>	0,15				2,5-3,5
	MgO	0,57				3,5-4,5
	CaO	0,12				
	Na <sub>2</sub> O	0,26				
	K <sub>2</sub> O	1,50				
Zirkon-silikát	ZrO <sub>2</sub>	68	3,8	2,3	7	0,3-0,4
	SiO <sub>2</sub>	31				0,4-0,6
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1				0,6-1,0
	TiO <sub>2</sub>	0,1				1,0-1,6
Zirkonoxid stabilizovaný yttriem	ZrO <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	94,5 5,5	6,0	3,6	9	0,3-0,4
						0,4-0,6
						0,7-0,9
						0,9-1,1
						1,1-1,4
						1,7
						2,5
						2,7
3,0						
Ocel	Uhlíkatá ocel		7,4	4,4	-	0,3-0,4
						0,4-0,6
						0,6-1,0
						1,2-1,6
						1,6-2,5
Legovaná ocel	C Si Mn Cr	0,95-1,10 0,15-0,35 0,20-0,50 1,30-1,60	7,9	4,7	-	1,5
						2,0
						3,0
						4,0
						6,0
8,0						
10,0						

Při kontinuálním běhu perlového mlýnu využíváme k dopravě směsi k mletí zubových čerpadel. V přívodním potrubí je instalován zpětný ventil z důvodu, aby se zde nedostaly mlecí perly do přívodního traktu. K zabránění úniku perel s odváděnou dispergovanou směsí se používají separační síta a úzké štěrby, kterými míchaná směs pronikne, avšak mlecí perla nikoliv. Nejběžnější použití sít však nelze realizovat u viskozních vysoce koncentrovaných směsí. Hrozí zde vysoké riziko ucpání síta, proto se v těchto případech hojně využívá tzv. oddělovací štěrby viz. obrázek č. 15. Tato štěrbina je umístěna mezi rotující kotouč a stěnu nádoby a je jediným místem kudy je možné vyplavení mletého systému. Šírku štěrby bývá možné měnit dle velikostí perlových kuliček. Problémy se většinou vyskytují při rozbíhání perlových mlýnu, neboť perly jsou usazené na dně nádoby a značně ztěžují rozběh hřídele s diskami. Jako řešení tohoto problému se uplatnil systém komor, kde každá z nich obsáhne část mlecích kuliček nebo systém pohyblivého dna. U pohyblivého dva se při rozběhu spustí dno a na něm ulpívající kuličkové mlecí prvky níže, tak aby neznemožňovali plynulý rozjezd motoru míchadla. Tedy aby kuličky nenaráželi do míchadel.[1]



Obr. 15. Přehled mlecích perel [1]

( 1 - pevná část zařízení, 2- rotující část, 3- odváděná  
dispergovaná směs, 4- perlové kuličky)

#### 2.2.4 Turbomill

Zařízení typu turbomill je určeno k mletí nejjemnějších směsí. Princip zařízení spočívá v použití mlecího ústrojí perlového mlýnu, jež ponoříme do nádoby s míchaným médiem. Z hlediska konstrukčního provedení rotuje disk stejně jako u disolveru. Disk je zde navíc ukryt k síťové koši a dispergaci umocňuje obsah mlecích tělísek – kuliček. Pro urychlení pohybu míchané směsi, lze upevnit míchací lopatky. Míchaný materiál je umístěn v míchací nádobě, která bývá často dvouplášťová a umožňuje jednodušší temperaci celého míchacího systému. [12]

Z hlediska použití ve výrobě je turbomill vhodný pro míchání menších šarží, většinou doplňuje řadu kontinuálních míchacích zařízení, povětšinou perlových mlýnů. Ekonomický význam spočívá v možnosti míchat vsázky v menším množství, jejich rychlou výměnu a minimální náklady na čištění a taktéž velmi malou časovou náročnost při čištění a přípravných operacích. Dalším podstatným plusem je manipulace se vsázkou v pracovní nádobě lze snadno manipulovat. Převoz v jedné nádobě se praktikuje např. od předdispergačních zařízení až po jemné mletí v turbomillu. V tomto případě odpadá nutnost použití čerpadel a transportních potrubí, což má za pozitivní následek ušetření finančních prostředků. [1]



Obr. 16. Pracovní nádoba [10]

### 2.3 Čištění zařízení pro výrobu nátěrů

Při distribuci výrobku typu nátěrových hmot je vždy předepsána čistota výrobku, proto se během celého výrobního postupu provádí čištění, které je nejintenzivnější v samotném jeho závěru. Chceme-li mít čistý finální produkt je logicky nutné vést v čistotě výrobní stroje a zařízení, které s ním přijdou do styku. Budeme-li stroj čistit denně, po každé operaci nebo v jiných intervalech závisí na typu zařízení a jím vykonávaných operacích. [2]

Jako velmi účinný systém se v praxi využívá vysokotlaké čištění rozpouštědly. Jedná se buď o čištění nádob, potrubí či míchacích elementů. V případě čištění nádoby se do ní namontuje rozstříkovací zařízení napojené na čistící agregát. Čistící agregát se skládá z vysokotlakého čerpadla, zásobníku s čistícím médiem, v našem případě rozpouštědlem. Čerpadlo je zapojeno na rozstříkovací zařízení a dosahuje tlaku pracovní kapaliny až 16 MPa. Při samotném čištění je rozpouštědlo postupně se hromadící na dně nádoby odváděno vývodem zpět do zásobníku vysokotlakého čistícího agregátu, jehož součástí je i filtrace. Zde popsaným způsobem cirkuluje čistící prostředek do doby, než nedosáhne nádoba požadovaného stavu. [2]

U zařízeních typu disolver, turbomill a jim podobných se v praxi čištění mlecích disků, případně košů provádí pomocí přistavené nádoby s rozpouštědlem. Do ní se míchací element ponoří a spustí se motor na nižší otáčky.

Po operaci nazývané předdispergace se obvykle k čištění míchané směsi využívá síta. Bývají to vložky přímo v potrubí mezi zásobníkem a čerpadlem. Síto bývá hrubé, velikost oka odpovídá asi 2mm, slouží k zachycení větších nečistot. Dalšími separačními součástmi jsou síta za zařízeními, u kterých se používají třecí tělíska např. kuličky či jiné. Vlivem vzájemných opotřebovácích postupů se ze zařízení dostává nejen míchaná směs, ale občas i úlomky třecích tělísek. Důležitou informací pro upřesnění je, že nelze využít filtrace k separaci částec plniv a pigmentů místo dispergace!



### 3 METODY ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ POVLAKŮ A NÁTĚROVÝCH HMOT

#### 3.1 Historie zkoušení

Laboratorní testování vlastností nátěrových hmot se vždy konalo na zařízeních, která simulovala vlivy počasí. Simulovalo se za pomoci vodních sprch, působením světelného záření vyvozeného např. rtuťovou výbojkou nebo střídání teplotních režimů. Testy korozivzdornosti požadoval převážně automobilový průmysl. Aplikovali se korozní testy na 100 % vlhkosti vzduchu, v solném prostředí či v solné mlze. [15]

V průběhu let byl vývoj testovacích postupů vždy o krok nazpět vůči vývoji nátěrových hmot. Mohla za to ekonomická stránka věci, složitost konstrukce zkušebních přístrojů ale možná i interpretace výsledků, která nebyla vždy správně pochopena. Samotné testování mělo vždy dva směry. Prvním vždy bylo zkoušení nátěrů z hlediska užitých vlastností, druhým přírodní testy.[15]

Vývoj testování nátěrových hmot probíhá již více než 80 let.

V současné době jsou postupy, způsoby testů a zkoušek normalizovány.

#### 3.2 Dělení zkoušených vlastností:

- A) Ztráta adhezně-bariérových vlastností – jedná se o stanovení odolnosti nátěrového systému k atmosférickým a povětrnostním vlivům.
  - a. Fyzikálně mechanické vlastnosti, mezi které řadíme adhezi filmu nátěru k podkladu, tvorba nerovností na povrchu nátěru, trhliny vrstvy nátěru a celkové zhoršení adhezně bariérových vlastností.
  - b. Ztráta barevného odstínu povlaku nebo jeho změna (zesvětlení, žloutnutí aj.)
  - c. Pokles lesku nátěru aj.
- B) Stupeň zachování antikorozní ochrany, neboli stanovení korozně- inhibiční účinnosti nátěrových hmot.
  - a. Vznik koroze pod povlakem, rozšíření plošné koroze.
  - b. Výskyt puchýřů.
  - c. Výskyt korozních přeměn především na povrchu nátěrového filmu. Prokorodování nátěru vliv selhání korozně-inhibičních vlastností.

- d. Rozšíření koroze vlivem selhání základního nátěru.
- C) Stanovení odolnosti nátěrových hmot vůči působení chemických látek.
- D) Stanovení odolnosti nátěrového systému vůči nízkým či naopak vysokým teplotám, odolnosti vůči změnám teplot, biologické korozi a jiným těžkým podmínkám.
- E) Určení optimálního složení nátěrové hmoty pro daný účel.
- F) Stanovení vlastností a optimální účinnosti pro nové typy nátěrových hmot stanovené a srovnané se zavedenými standardy.

Posledním bodem je optimální složení a dávkování nátěrových hmot při zkoušení nových složek (plniv, aditiv...), kterými se pokoušíme zajistit optimální fyzikálně-mechanické, antikorozi a chemické vlastnosti nátěrové hmoty.[15]

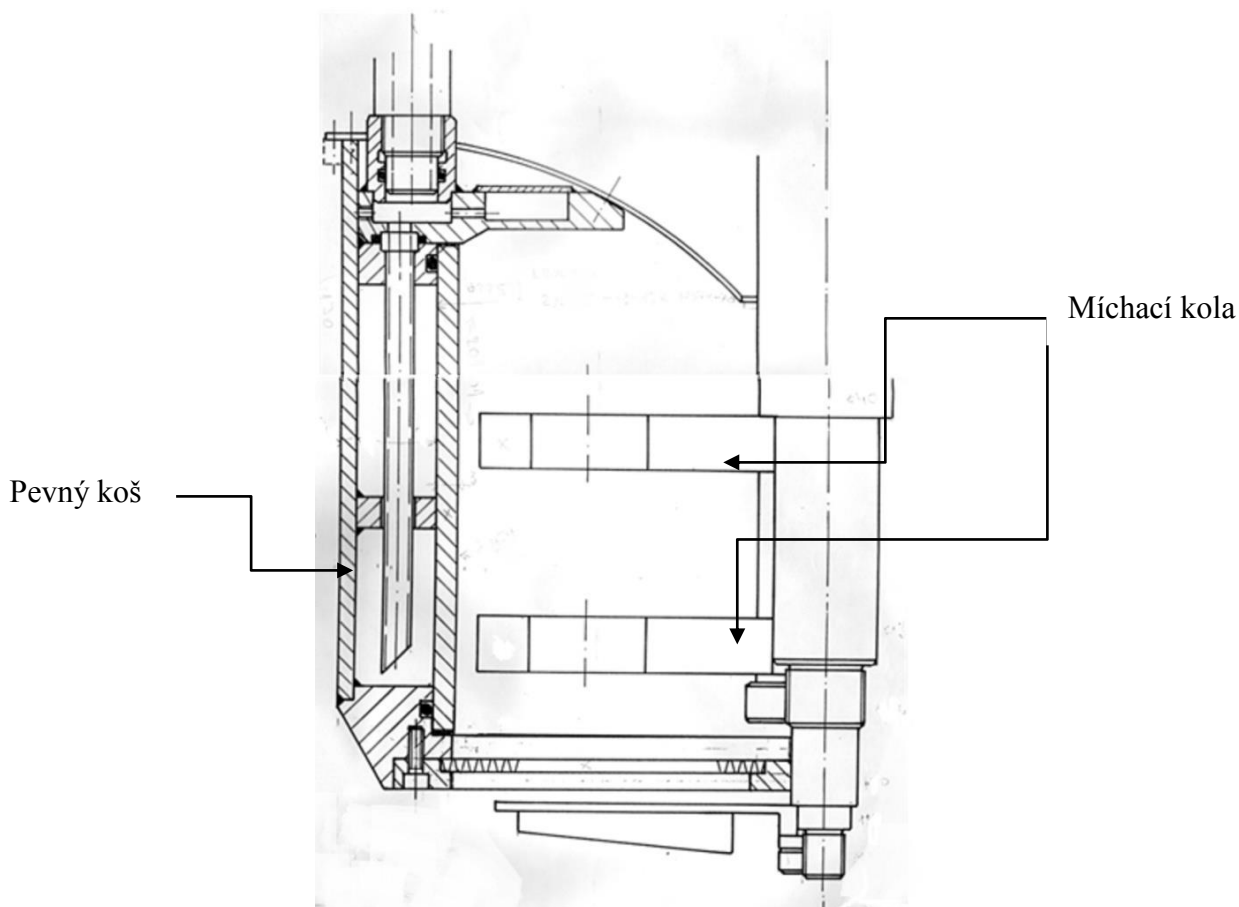
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem této diplomové práce je návrh konstrukce 3D modelu míchacího zařízení, určeného k míchání nátěrových hmot. Výkon zařízení a jeho technické řešení je doporučeno navrhnout podle současných výkonů obdobných strojů s přínosem zlepšení funkčních parametrů, zejména homogenity barev, jemnosti plniv a stability nátěrových hmot. Jako novum řešení bude využitý princip tandemu vířivého proudu a mechanického působení keramických mlecích elementů. Konstrukce je provedena v software CATIA v5R18 výrobce Dassault Systèmes.

### 4.1 Původní zařízení Submill

V průběhu práce bylo vycházeno z konstrukce zařízení Submill. Byly zachovány jeho výkonnostní a specifické rozměry, obecné technické řešení a prvky dílů, které se v praxi již osvědčily.



Obr. 17. Řez sestavy původního zařízení typu Submill [24]

Zařízení typu submill, jehož zjednodušený řez je uveden na obrázku 17., je navržen a zkonstruován firmou Rokospol a.s. V praxi dosahuje velmi dobrých výsledků, má dobrou míchací schopnost a vzhledem k použitým materiálům vyhovující životnost.

## 4.2 Míchací stroj

Jako stojan s pohonem navrhovaného míchacího zařízení bude sloužit zařízení typu Dissolver DSL 200-209-Ex vyráběné firmou Wondress, s.r.o. Míchací stroj disponuje výkonem 18 kW a jeho hmotnost činí 650 kg.



Obr. 18. Dissolver DSL 200-209-Ex

#### 4.2.1 Nádoba pro míchanou směs

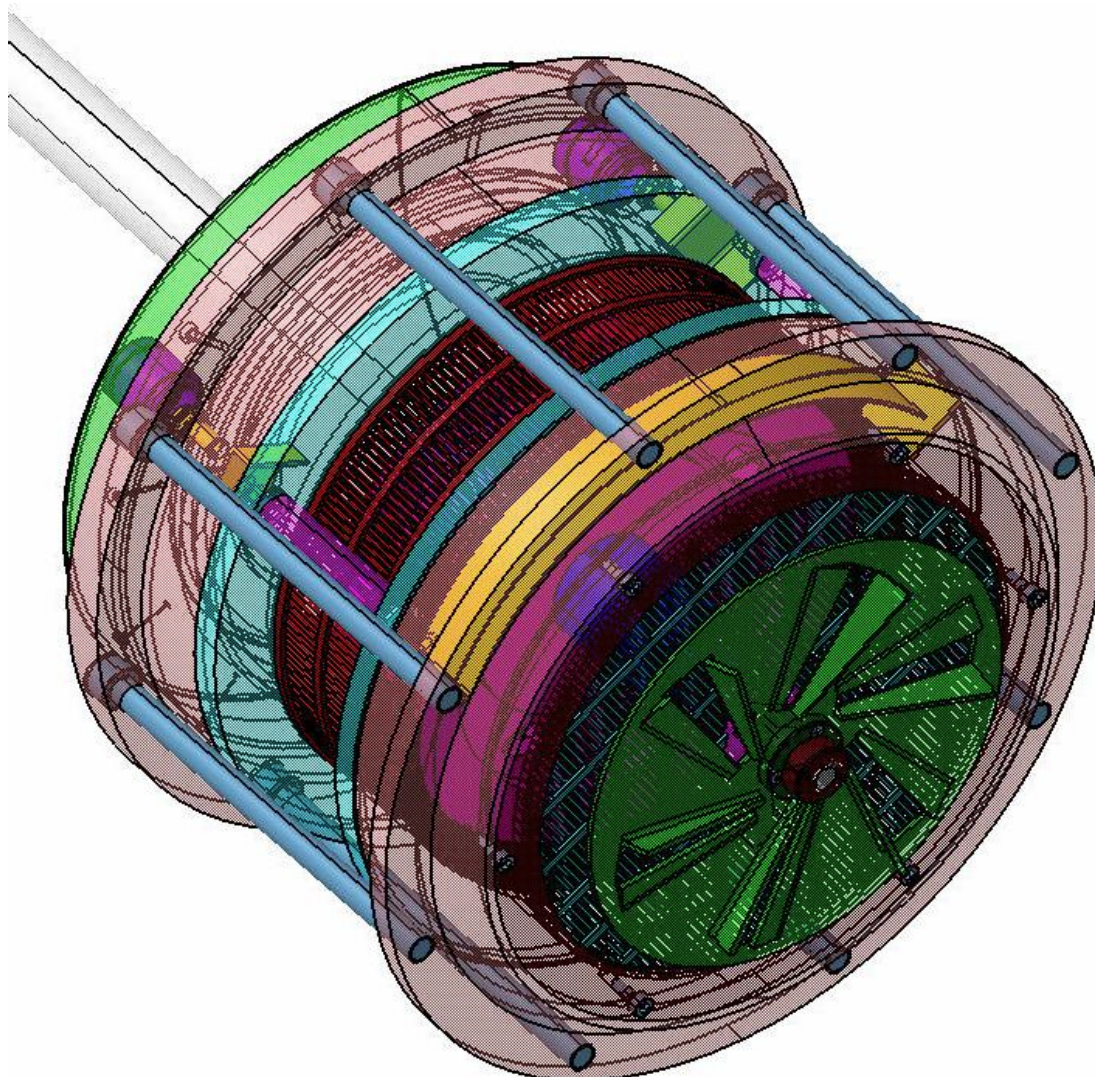
Nádoba pro míchanou směs je vlastní konstrukce firmy Rokospol a.s. Jedná se o dvouplášťovou válcovou nádobu, jejíž pracovní plochy jsou vyráběny z nerezavějící oceli, s možností připojení přívodu temperačního média. Nádoba je usazena na jednoduchém podvozku se čtveřicí brzděných koleček, které umožňují jednoduchou manipulaci.



Obr. 19. Nádoba pro míchanou směs

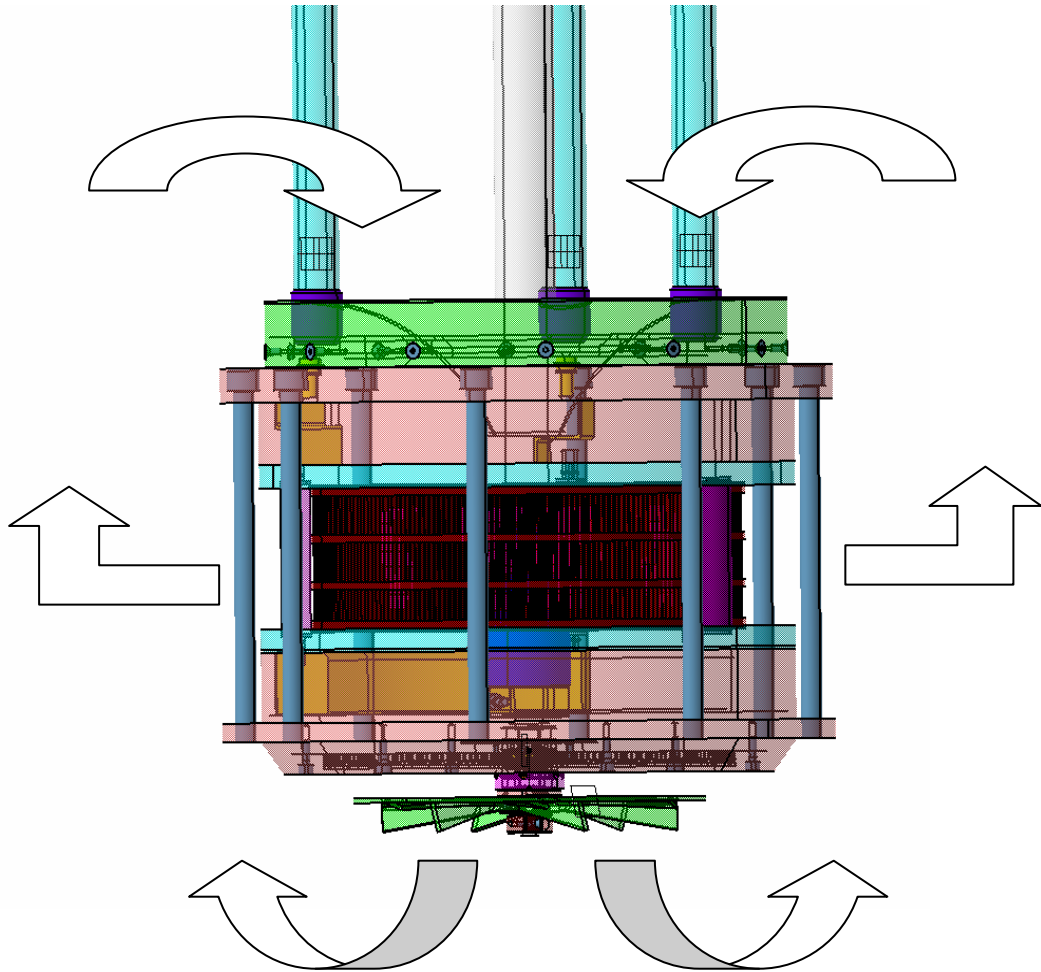
Tento typ nádob je ve firmě Rokospol a.s. využíván ve více rozměrových variantách.

## 5 NÁVRH MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ



Obr. 20. 3D model míchacího zařízení

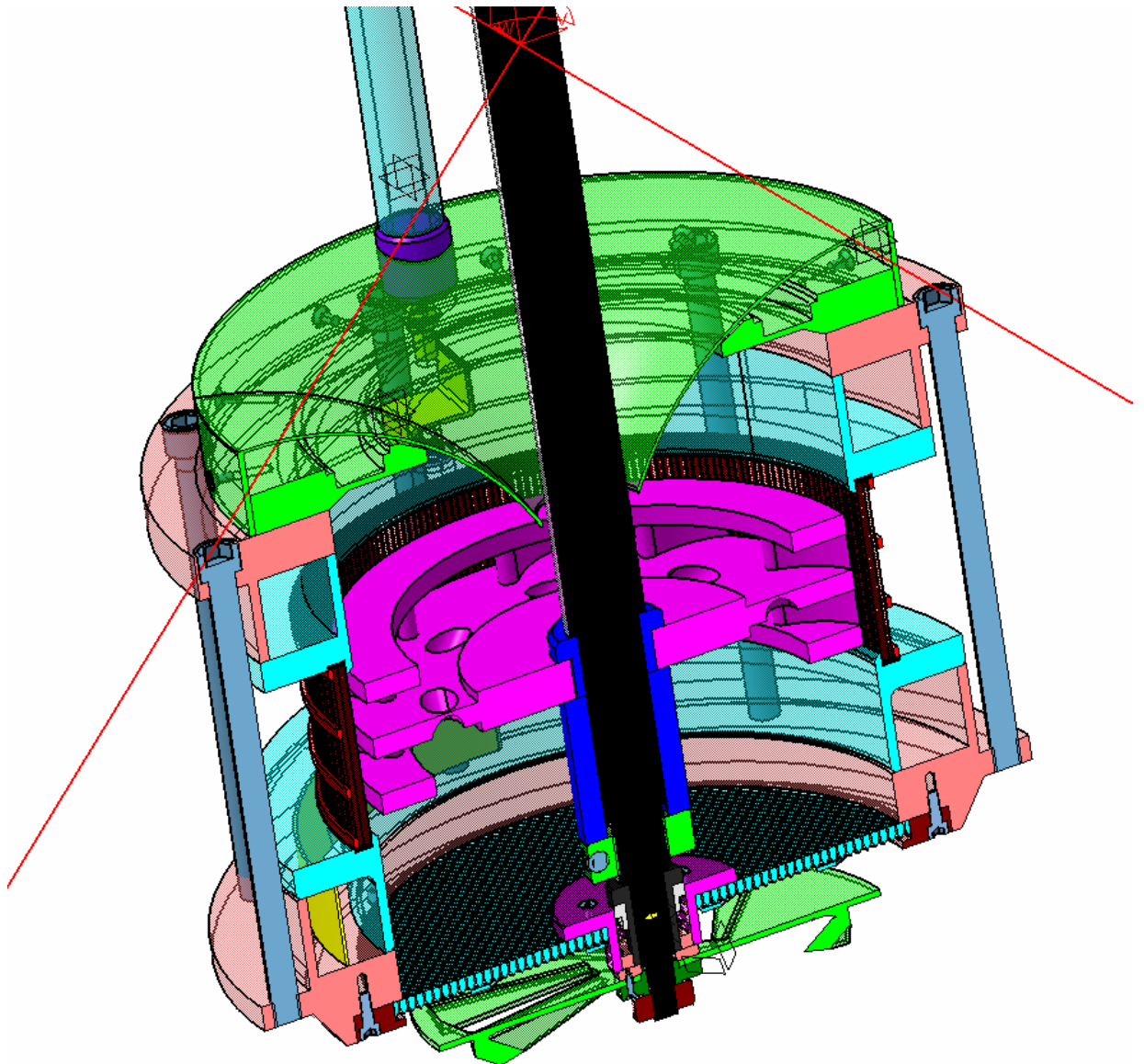
## 5.1 Předpokládané proudění míchané směsi



Obr. 21. 3D Schéma vířivých proudů

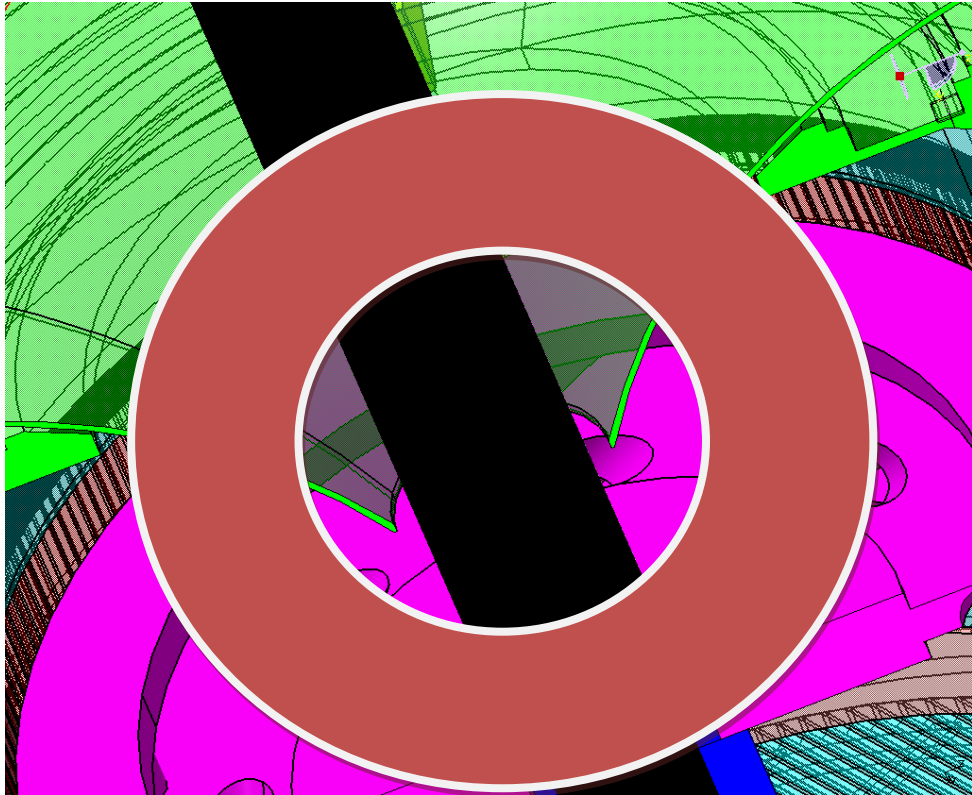
Na obrázku 21. je schematicky zobrazen předpokládaný směr proudů míchané směsi. V horní části je směs nasávána díky míchacímu kolu do vnitřního prostoru koše. Míchací kolo vytváří silný proud, díky kterému větší část nasáté směsi směřuje skrze boční síto kolmo ke stěně nádoby. Zbytek směsi uvnitř koše směřuje skrze spodní síto do míst, kde vytváří vrtule proud, díky kterému míchaná směs začne směřovat nahoru. Vznikne cirkulační okruh nutný pro ideální funkčnost zařízení.





Obr. 22. Řez zařízením

Na předchozím obrázku 22. je pro názornost umístěn řez 3D modelu míchacího zařízení. Vnitřní prostor mlecího koše je od volného prostoru míchací nádoby oddělen sítí, jejichž mezerami mlecí perly neprojdou. Jediné místo, kde je možnost uniknutí perel z mlecího koše, je prostor mezi nálevkou a hřídelí, kterým by mělo zařízení nasávat míchanou směs (viz obrázek 23).

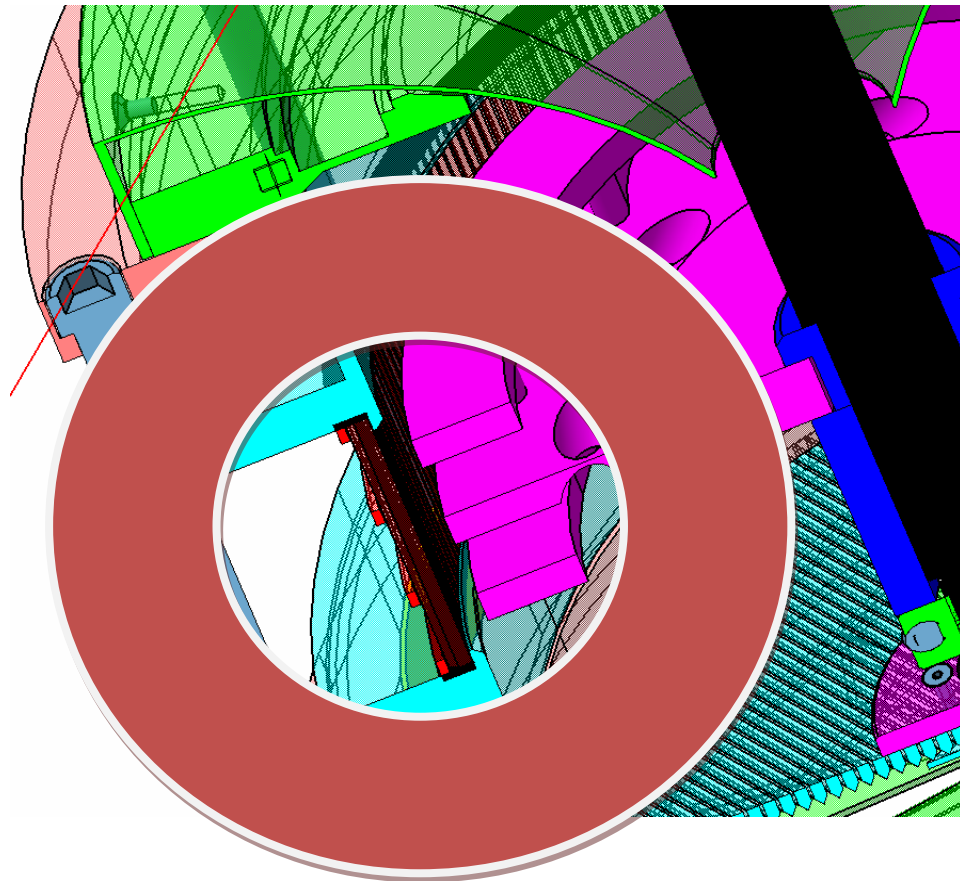


Obr. 23. Řez zařízením – detail mezery

V praxi je však zjištěno, že k úniku mlecích perel může dojít pouze při spouštění míchacího zařízení do nádoby se směsí. Při rychlém ponoření se může část perel vyplavit z prostoru koše ven. Je-li ovšem ponor dostatečně pomalý, k úniku nedochází.

Při samotném procesu mletí k úniku perel z pravidla nedochází. Vlivem silného proudu vytvářeného míchacím kolem jsou perly tlačeny na boční síto.

Z původního zařízení Submill byl zanechán rozměr mezery mezi stěnou síta (u Submillu stěnou nepropustnou) a venkovním průměrem míchacího kola. Tato zvolená vzdálenost se již na původním zařízení osvědčila. Detail mezery zobrazen na následujícím obrázku 24.



Obr. 24. Řez zařízením – detail

## 5.2 Mlecí tělíska

Jako mlecí tělesa byly zvoleny mlecí perly – kuličky - o průměru 2 mm. Keramické kuličky zirkon-oxidové jsou velmi těžké s měrnou hmotností  $0,006 \text{ g/cm}^3$ . Tyto keramické kuličky se používají v nejmodernějších mlecích zařízeních a mají vynikající mlecí efekt.

### 5.2.1 Obecné využití

Keramické zirkon-oxidové mlecí kuličky se používají v mnoha možných oborech. Velmi užívané jsou v kosmetickém průmyslu. Zde se užívají pro mletí jemný krémů používaných na obličej nebo např. pro hmotu pro regenerační tyčinku na rty; v chemickém průmyslu se keramické kuličky užívají při mletí např. pesticidů, herbicidů a insekticidů. [25]

### 5.2.2 Výroba

Výroba keramických zirkon - oxidových kuliček se provádí pomocí slinování, kdy kulička je vytvarována za studena a pak zahřátím ztvrdne. U námi použitých zirkon - oxidových kuliček je stabilizačním prvkem ytrium. Mlecí keramické kuličky stabilizované ytriem jsou na trhu jedny z nejkvalitnějších, reprezentuje je velmi vysoká odolnost proti šíření prasklin a vysoká houževnatost při lomu. [25]

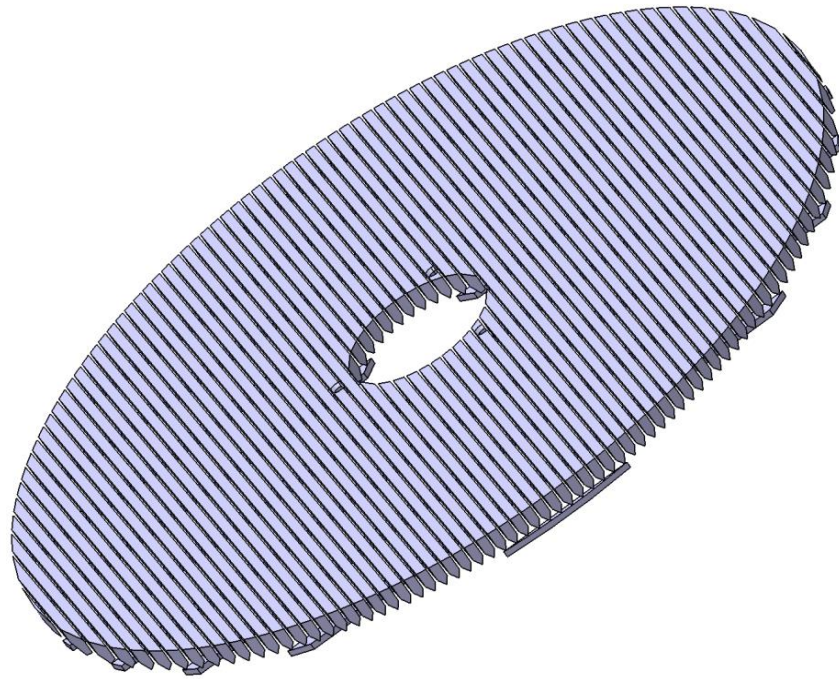


Obr. 25. Keramické mlecí kuličky

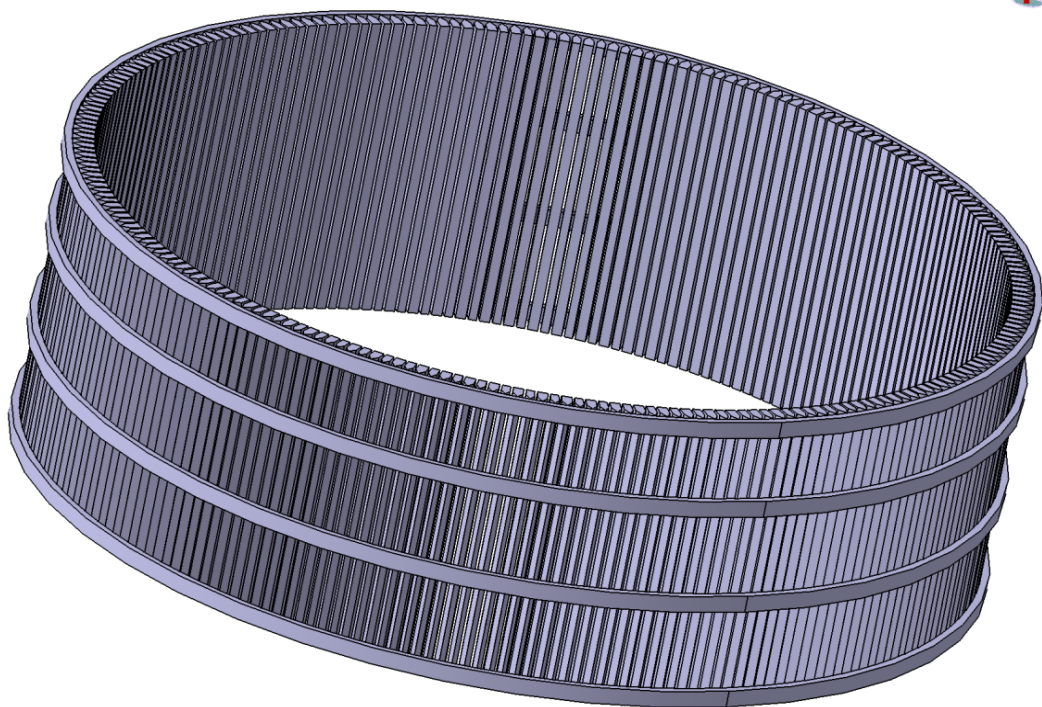
### 5.3 Použitá síta

V sestavě míchacího zařízení jsou použita dvě síta. Spodní síto umístěné na dně míchacího zařízení nebude extrémně namáháno rázy a otěrem mlecích perel, jeho funkčnost spočívá v průtoku míchané směsi. Proti původnímu záměru nepropustného dna je vhodné umístění síta z důvodu snazšího pohybu míchané směsi a též výtoku směsi po dispergačním procesu. (Nepropustné dno by muselo mít umístěn výtokový otvor se zátkou, kterou by bylo nutno vždy před čištěním uvolnit)

Boční síto je navrženo v podélném šterbinovém provedení. Slouží k filtraci z vnitřku ven. V tomto typu provedení je směr profilů šterbin souběžný (paralelní) s délkou šterbinového válce. Vnitřní pracovní plocha je hladká. Nosné dráty jsou navinuté z venku kolem profilových drátů a jsou k nim napojeny tlakovým svařováním. Boční síto bude namáháno vlivem nárazů a otěru perlových mlecích tělísek. [26]

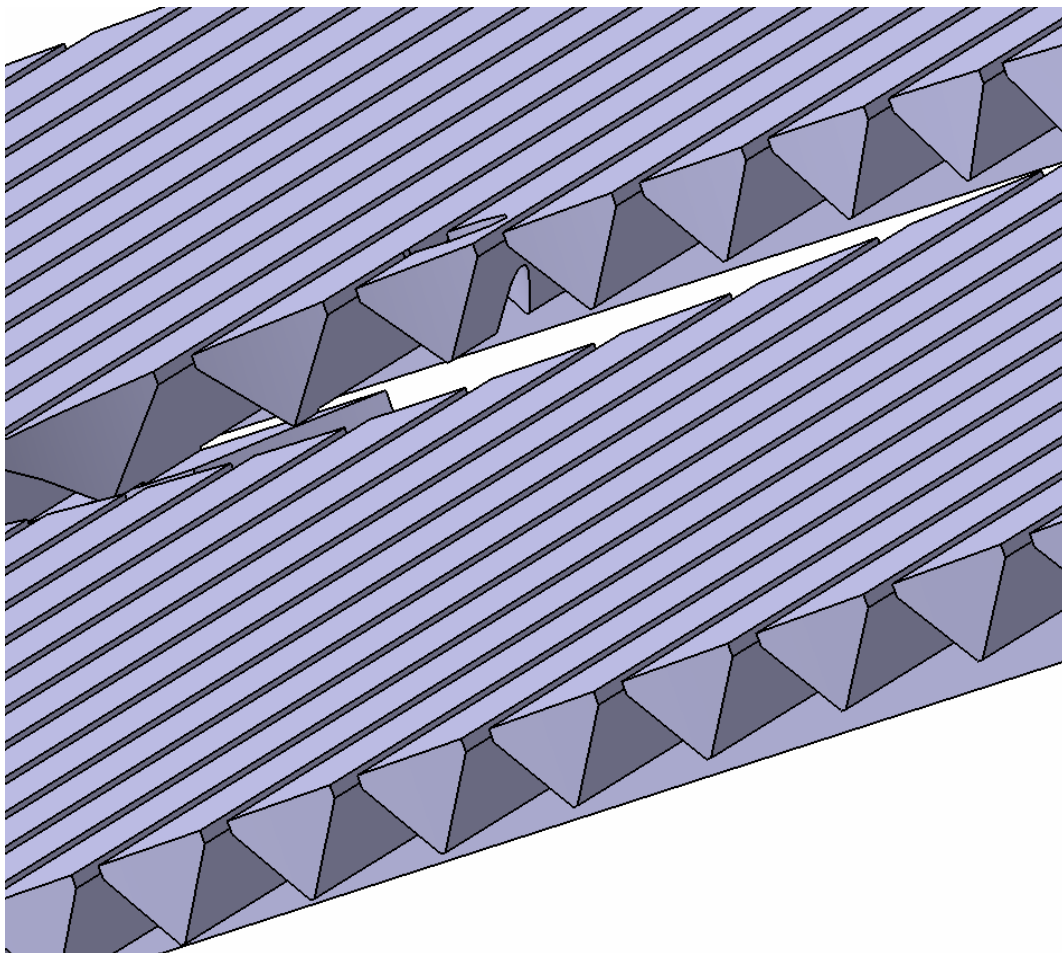


Obr. 26. Síto spodní

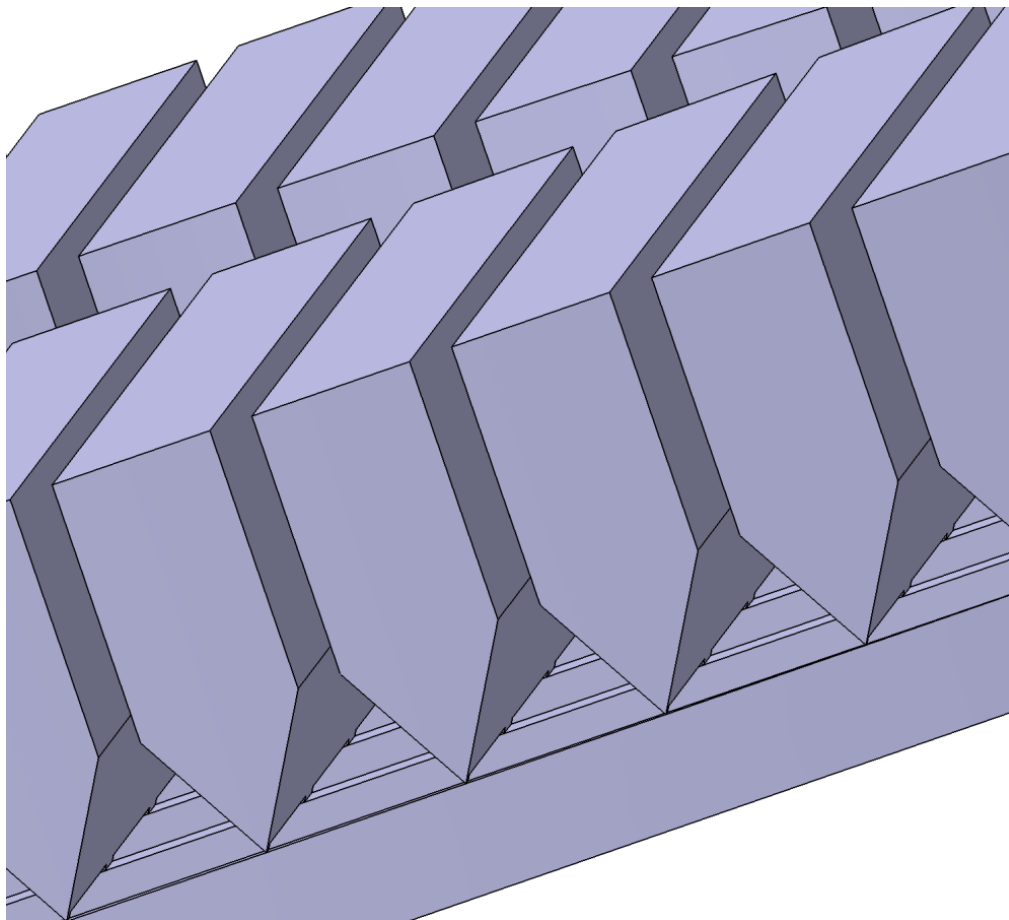


Obr. 27. Provedení bočního síta

Mezera mezi jednotlivými elementy síta byla zvolena 0,8 mm, Síla jednotlivých elementů 3 mm. Tvar elementů vychází z původního klínového tvaru konvenčně užívaných prvků sít. Za delší stranou klínu následuje obdélníkový profil, jehož užitím několikanásobně zvýšíme životnost sít.

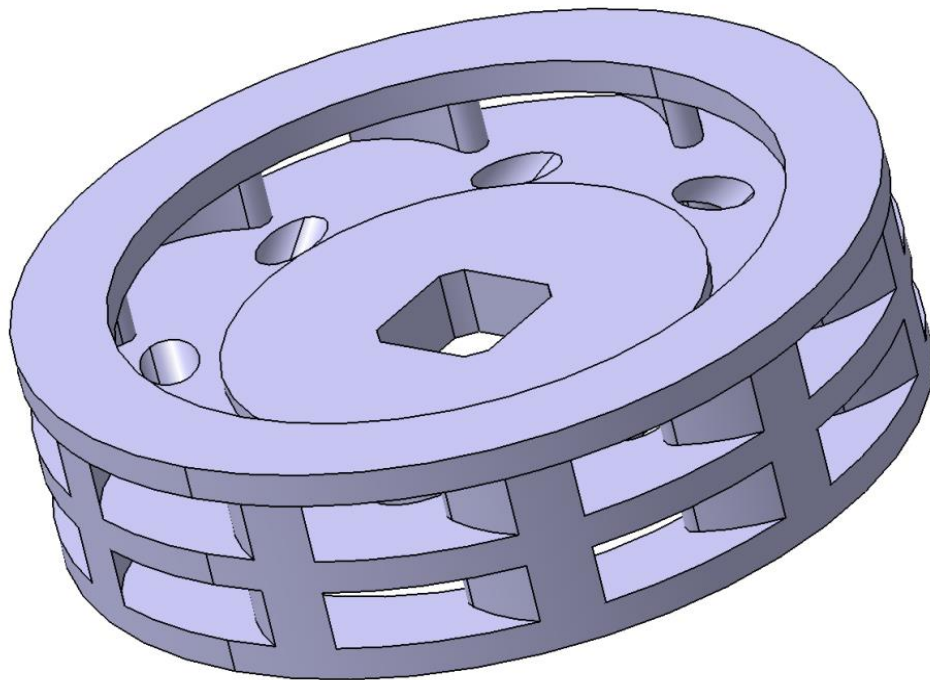


Obr. 28. Konvenční klínový tvar sít



Obr. 29. Modifikovaný tvar sít

## 5.4 Míchací kolo

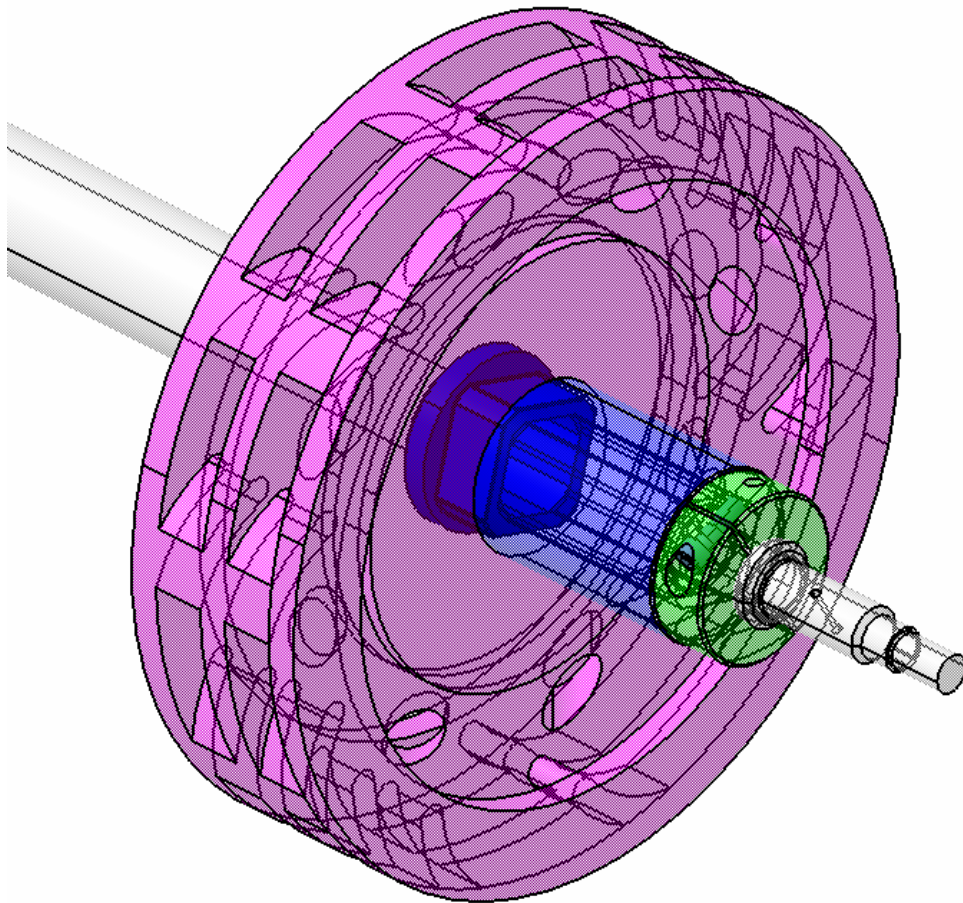


Obr. 30. Míchací kolo

Míchací disk turbínového tvaru je původně určen pro perlové mlýny. Disk je keramický, použitý materiál karbid křemíku obchodně označován SISIC je tentýž jako v případě sít. Tento typ disku se již ve výrobě velmi osvědčil, využíván je též v původním zařízení sub-mill.

V návrhu byl umístěn jeden kus míchacího kola, v případné další modifikaci je možno využít kola dvě. Stačilo by pouze upravit uložení míchacího kola a prodloužil prostor mezi chladicími částmi využitím vyššího síta a upravit délky použitých vzpěr.

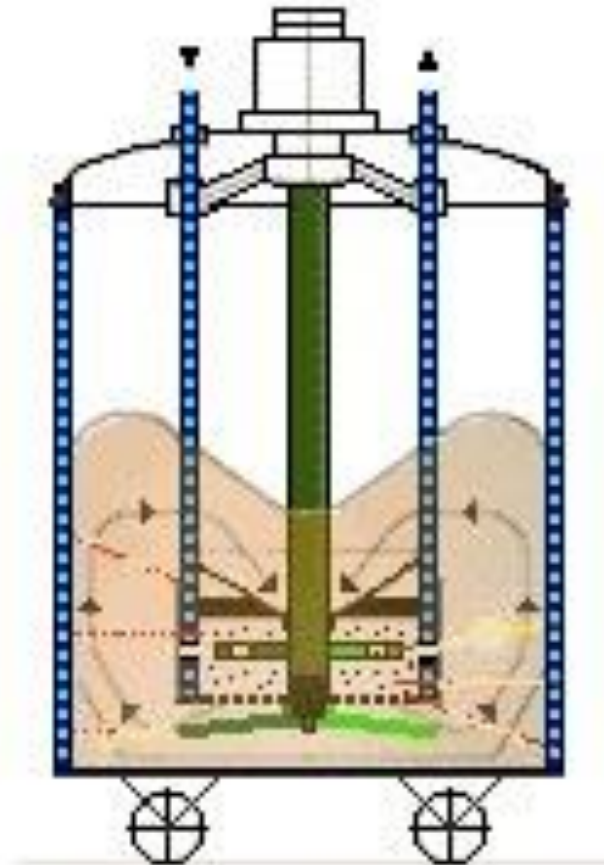




Obr. 31. Detail uložení míchacího kola

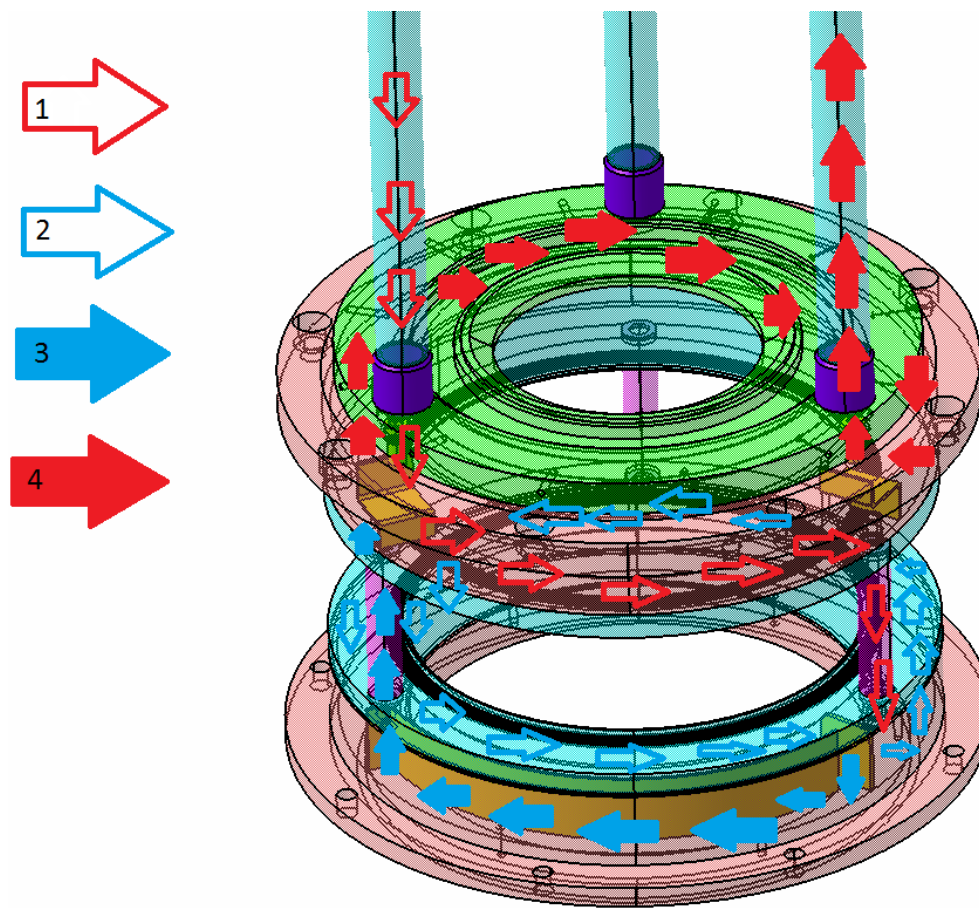
## 5.5 Temperační systém

Temperační systém se skládá z temperované dvouplášťové nádoby pro míchanou směs a z temperovaného koše, do nějž je přiváděno temperační médium dvěma ze tří nosných trubek. Jako chladicí médium je navržena voda. Na obrázku 24. jsou modrou barvou znázorněny temperační okruhy.



Obr. 32. Schéma celkového chlazení [24]

Na následujícím obrázku číslo 33. je znázorněn systém chlazení navrhnutý pro koš míchacího zařízení. Levá tyč je navržena jako přívod temperačního média. Směr proudění z vrchního do spodního kanálu je označen šipkou 1. Šipkou 2 je označeno obtečení celého spodního kanálu a šipka 3 značí proud média obtékající podlouhlou přepážku a směřující zpět do vrchního kanálu. Temperační kapalina obtékající zbytek horního kanálu a mířící do druhé výstupní tyče je označena šipkou číslo 4.



Obr. 33. Schéma chlazení koše

## 5.6 Použité těsnící prvky

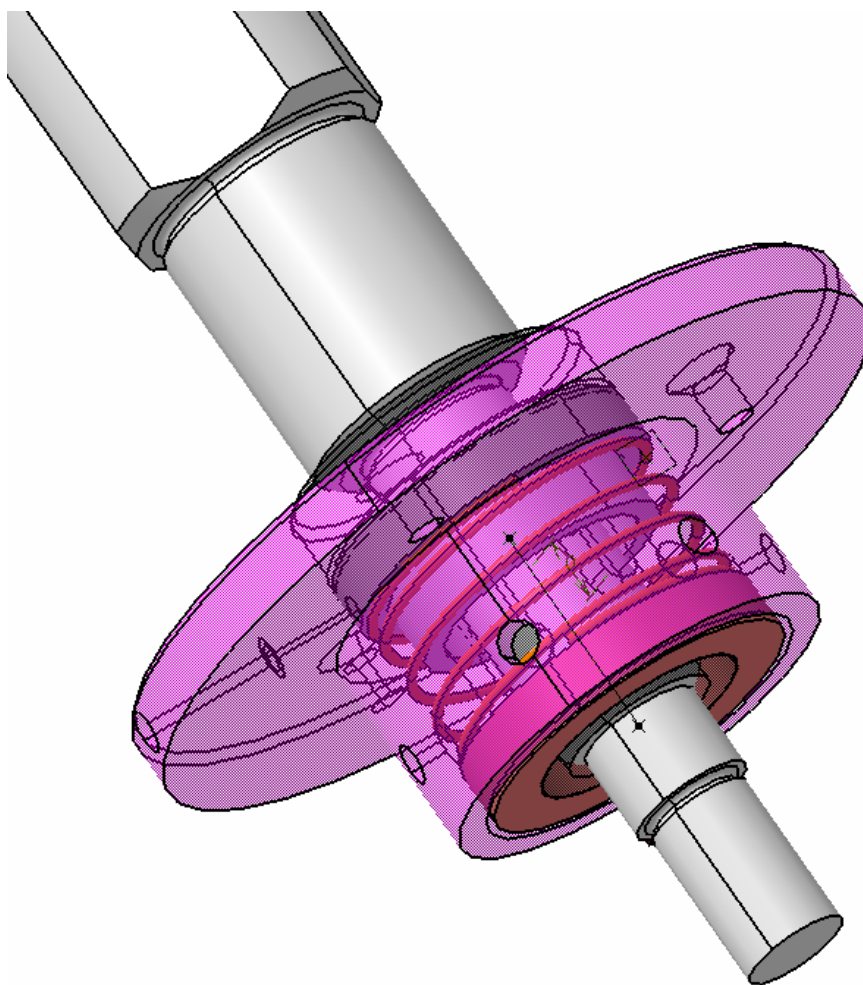
K utěsnění temperačního okruhu byly zvoleny pryžové těsnící kroužky kruhového průřezu. Použité těsnící kroužky byly vybrány z online katalogu firmy Rubena s.r.o. [22]

Materiál kroužků NBR (Nitril-Butadien kaučuk) je kaučuk s dobrou odolností ve styku s tuky, minerálními i živočišnými oleji při teplotě prostředí. Tato vlastnost by hrála roli v případě volby jiného temperačního média než použité vody.

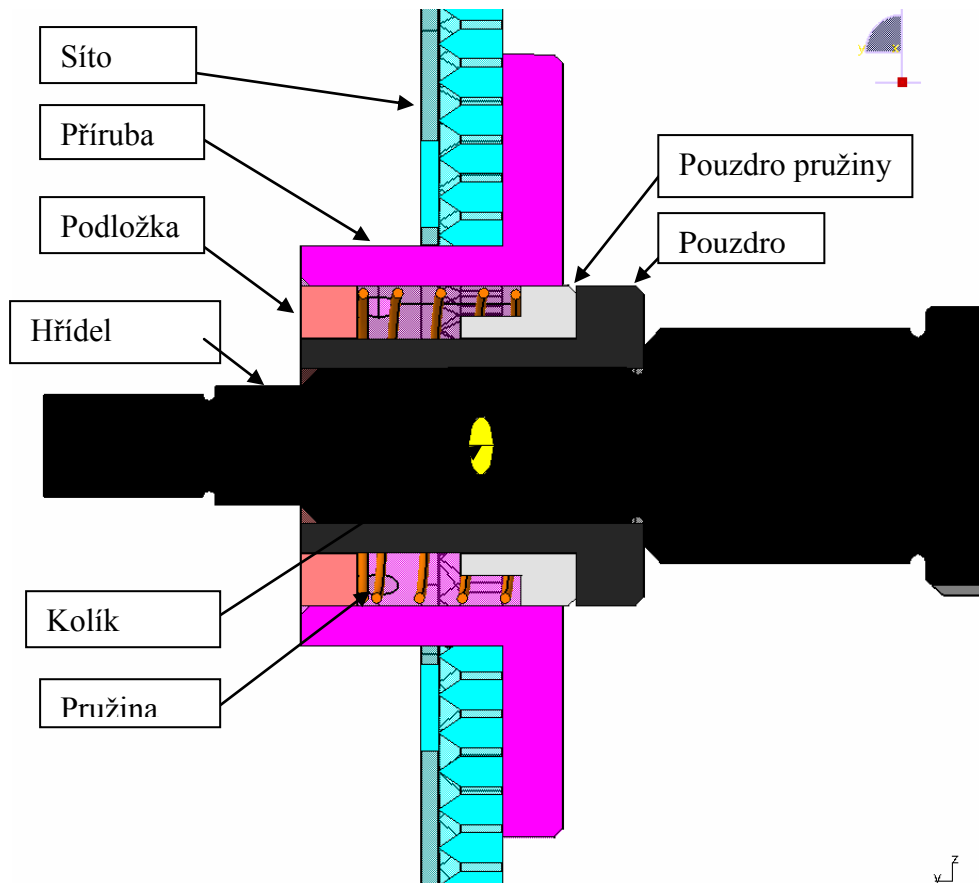
Použité pryžové těsnící kroužky nejsou ovšem odolné proti rozpouštědlům, které se používají pro čištění míchacích zařízení. Bylo tedy nutno zamezit styku s nimi. Jako vhodné řešení bylo shledáno užití plochých kroužků vyrobených z fluoroelastomeru s obchodním označením Viton, které zároveň využijeme jako těsnící prvky a dosedací podložky.

## 5.7 Řešení ucpávky mlecího prostoru

Ucpávka mlecího prostoru má za úkol zamezit úniku mlecích perel z prostoru uvnitř mlecího koše do prostoru nádoby s míchanou směsí za síty. Toto řešení bylo doporučeno jako v praxi osvědčené.



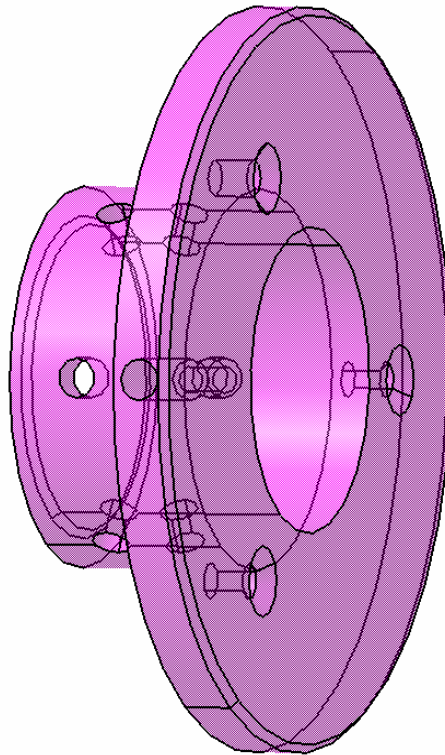
Obr. 34. Ucpávka koše



Obr. 35. Řez ucpávky

Na obrázku 35. je znázorněn řez sestavou ucpávky s popisy jednotlivých dílců. Spolu s hřídelí vykonává rotační pohyb i pouzdro, kroutící moment je přenášen pomocí kolíku. Ostatní komponenty jsou stacionární. Na síto je přišroubovaná příruba, k jejímu spodnímu čelu je přivařena podložka. Vně příruby je uložena pružina, která dotlačí pouzdro pružiny.

Samotná příruba (Obr. 36) je opatřena šesti otvory na válcové ploše, které slouží k vytékání nahromaděné míchané směsi, třemi otvory na čele příruby je upevněna ke spodnímu sítu. Opatřena je jednou axiálně umístěnou vrtanou dírou, která má montážní funkci. Důležitou skutečností při návrhu bylo použití rozdílných kovových materiálů u rotačních a stacionárních prvků, které jsou ve vzájemné blízkosti, případně styku a to z důvodu zamezení případného zakousnutí dílů.



Obr. 36. Příruba

Při prvotním návrhu zařízení byla uvedena jako jedna z variant konstrukčního řešení spodní části koše možnost umístění plného dna. Při tomto řešení by odpadla spodní ucpávka mlecího prostoru, neboť by již hřídel neprocházela dnem koše. Nepočítalo se tudíž ani s umístěním vrtule.

Výše popsaný konstrukční návrh by poměrně značně zjednodušil spodní část míchacího zařízení a byl by i ekonomicky výhodný. Po konzultacích ovšem vyplynulo několik závažných problémů, které by mohly nastat.

Prvním závažným mínusem je neumístění spodní vrtule, což by mohlo mít za následek přerušování či nevytvoření vířivého proudu, díky kterému dochází k rotaci míchané směsi. S dalším problémem by se potýkala obsluha stroje při čištění zařízení. Jelikož se počítalo s nepropustným plným dnem, část míchané směsi by zůstala v dutině koše. Bylo by nutné v konstrukčním řešení počítat s vypouštěním. To by mělo za následek prodloužení času určeného čistícímu procesu.

## 5.8 Volba materiálu

Z hlediska požadavků na odolnosti vůči vlivům pracovního prostředí byly zvoleny následující materiály dílů.

Ocelové díly jsou vystaveny mechanickému namáhání a musí mít zvýšenou odolnost vůči chemickému prostředí. Těmto požadavkům odpovídá austenitická chromnikmolybdenová ocel 17349. Má použití v chemickém, papírenském nebo textilním průmyslu. Tato ocel se vyznačuje zvýšenou odolností proti korozi v chemickém prostředí. Při dlouhodobém vystavení teplotám do 350°C je odolná proti mezikrystalické korozi. Vhodná je ocel i z důvodu dobré svařitelnosti, jelikož se obružové díly budou při montáži svařovat, aby byly vytvořeny temperační okruhy. Tato ocel se rovněž vyznačuje dobrou obrobitelností.

Keramické díly (síta, míchací kolo, mlecí perly) jsou vystaveny vysokým hodnotám mechanického namáhání a rovněž vystaveny působení chemického prostředí. K výrobě těchto dílců byla zvolena neoxidovaná keramika na bázi karbidu křemíku označovaná jako SiSiC.

### Vlastnosti karbidu křemíku (SSiC / SiSiC)

- Nízká hustota (3,07 až 3,15 g/cm<sup>3</sup>)
- Vysoká tvrdost (HV10 ≥ 2200 GPa)
- Vysoký Youngův modul (380 až 430 MPa)
- Maximální provozní teplota SSiC pod inertním plynem: 1 800 °C
- Erodatelné
- Odolné proti korozi a opotřebení i při vysokých teplotách
- Toxikologicky bezpečné
- Dobré kluzné vlastnosti [26]

### Kontrolní výpočty:

Výpočet kroučícího momentu:

$$M_K = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 22000}{\pi \cdot 1460} = 143,9 \text{ Nm} \quad (1)$$

Kontrola pera na stříh:

Použitý materiál: nerezová ocel 17 349

Pero:  $b = 14 \text{ mm}$

$h = 9 \text{ mm}$

$l_1 = 90 \text{ mm}$

$$F_t = \frac{2 \cdot M_k}{d} = \frac{2 \cdot 2143900}{48} = 5995,8 \text{ N} \quad (2)$$

$$\tau_s = \frac{F_t}{b \cdot l_1} = \frac{5995,8}{14 \cdot 90} = 10,96 \text{ MPa} \quad (3)$$

$$\tau_s \leq \tau_{DS}$$

$$10,96 \text{ MPa} \leq 200 \text{ MPa} \quad (4)$$

Kontrola pera na stříh vyhovuje.

Kontrola pera na otláčení:

$$p = \frac{F_t}{h \cdot l_1} = \frac{5995,8}{9 \cdot 90} = 7,4 \text{ MPa} \quad (5)$$

$$p \leq p_d$$

$$7,4 \text{ MPa} \leq 210 \text{ MPa} \quad (6)$$

Kontrola pera na otláčení vyhovuje.



## 5.9 Výroba prototypu

V příloze této diplomové práce jsou umístěny výrobní výkresy celého zařízení, výkres sestavy a kusovník položek. S konzultantem ve společnosti Rokospol a.s. Ing. Petrem Ratajským byly probrány možní dodavatelé součástek, případně firmy, které jsou schopny požadované součástky vyrobit. Finální kompletace a zkušební provoz by měl probíhat přímo ve firmě Rokospol a.s.

## 5.10 Shrnutí

V této práci bylo navrženo míchací zařízení pro míchání nátěrových hmot. Po konzultacích s odborníky z praxe kroky návrhu směřovaly k výkonným míchacím zařízením typu submill a turbomill. V praxi osvědčené a užívané míchací nástroje vykazovaly každý určité rezervy. U turbomillu se jedná o absenci temperačního okruhu, konstrukce submillu a jeho temperovaná boční stěna neumožní umístění bočního síta. Z poznatku těchto rezerv bylo rozhodnuto o návrhu zařízení, které bude mazat mínusy těchto míchacích nástrojů a pokusí se zachovat a zvýšit jejich kladný potenciál.

Nové řešení spočívalo v kombinaci dílů a technických řešení tří druhů míchacích zařízení. První součástí bylo míchací kolo turbínového charakteru, které bylo původně určeno pro perlové mlýny. Dalším řešením je stacionární temperovaný koš, jenž využívá zařízení submill. Posledním použitým prvkem je koncept bočního síta, který byl přejat z míchacího zařízení typu turbomill.

V další fázi návrhů řešení a konzultací s odborníky z praxe, bylo zvoleno užívané zařízení submill jako základ návrhu. Úkolem bylo zachování rozměrů, případně již osvědčených řešení.

V průběžných milnících návrhu bylo nutné upřednostňovat jednoduchá a funkční řešení, v návrhu počítat s použitím kvalitních a praxí již osvědčených keramických na míru vyráběných dílů, brát zřetel na prostředí, v němž bude zařízení pracovat. Chemická agresivita prostředí a nutnost maximálního udržení čistoty zařízení dalo impuls k použití nerezové oceli určené speciálně pro nástroje užívané chemickým průmyslem. Agresivita pracovního

prostředí též ovlivnila volbu pružných dílů. Po namodelování byl míchací nástroj rozkreslen ve výkresové dokumentaci, připraven na výrobu prototypu.

Z důvodů velké časové vytiženosti, časové a finanční náročnosti zařízení nebylo toto zařízení dosud vyrobeno. Tudíž nebylo možno v praxi ověřit vlastnosti zařízení. Můžeme však vzhledem k 3D modelu predikovat vylepšení některých vlastností míchacího zařízení, mezi které patří, zkrácení času dispergace, lepší promíchání směsi, ekonomická úspora energií.

## ZÁVĚR

Teoretická část mé diplomové práce měla za úkol uvést čtenáře do problematiky výroby nátěrových hmot. V jednotlivých sekcích byly popsány dispergační děje při výrobě nátěrových hmot, část textu byla věnována funkcím a rozdělení nátěrových hmot. Pozornost byla také věnována strojům, které se komerčně využívají v oblasti míchání nátěrových hmot. Zařízení, jejichž principy byly užity ve vlastním návrhu, jsou popsány detailně. V několika řádcích byl zmíněn způsob čištění míchacích zařízení a na konci teoretické části bylo popsáno zkušebnictví v oblasti vývoje a výroby nátěrových hmot.

Praktická část se věnuje návrhu vlastního konstrukčního řešení zařízení určeného k míchání nátěrových hmot. Konstrukční návrh vznikl v software Catia V5R18.

Navrhnuté zařízení rozměrově vychází z míchacího nástroje typu submill, který je užíván ve společnosti Rokospol a.s., s jejichž odborníky byl rovněž návrh konzultován. Míchací zařízení se skládá ze stacionárního temperovaného mlecího koše, který je opáren keramickými síty. Prostorem uvnitř koše prochází hnací hřídel, na níž je upevněno míchací kolo turbínového tvaru a vrtule, sloužící k zajištění cirkulace proudů míchané směsi. Rotující část zařízení je připojena k pohonu stroje typu disolver, pomocí redukce s temperačním okruhem je k pevné části uchycena část stacionární. Míchací koš je celý ponořen ve dvouplášťové, temperované, nerezové nádobě s míchanou směsí.

Další část předkládané práce se zabývá předpokládaným způsobem proudění míchané hmoty, jsou rozebrána konstrukční řešení a pojednáno o výběru míchacích elementů. Předložen je způsob výběru konstrukčních materiálů s ohledem na odolnost vůči mechanickému či chemickému namáhání, zmíněno je i řešení temperace.

Mezi předpokládaná zlepšení zařazují, v porovnání s konvenčními stroji, vyšší kvalitu dispergace míchané směsi, zrychlení dispergačního procesu, předpokládám úsporu energie a vzhledem k použitým materiálům i vyšší životnost.

V další fázi vývoje bude následovat výroba prototypu zařízení dle přiložené výkresové dokumentace a proces testování. Vyjde-li z testovacích procedur navrhnuté míchací zařízení s dobrými výsledky, nic nebude bránit k jeho využití ve výrobě nátěrových hmot.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KALEDOVA, A. KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I: Stroje a procesy ve výrobě nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-625-7
- [2] KANANDA, P. MILIČ, R. *Moderní nátěrové hmoty, technologie výroby a aplikace nátěrových hmot: DÍL III*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technická v Pardubicích, 1992.
- [3] LUKAVSKÝ, L. BOUŠKA, S. FIALA, V. *Nátěrové hmoty - 1. díl*. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-901-9.
- [4] LUKAVSKÝ, L. BOUŠKA, S. FIALA, V. *Nátěrové hmoty - 2. díl*. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-301-9.
- [5] TULKA, J. *Povrchové úpravy materiálů*. Brno: VUT, 2005. ISBN 80-214-3062-1.
- [6] KOČMAN, K., PROKOP, J.: *Technologie obrábění*. Brno. *Akademické nakladatelství CERM*, 2005. ISBN 80-214-3068-0
- [7] KUDLÁČEK, K. *Ekologie průmyslu*. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02495-4.
- [8] BIŇOVCOVÁ, L. *Studium chemické odolnosti PUR povlaku v prostředí acetalu*. Brno, 2009. BP. VUT Brno. Vedoucí práce TULKA, J.
- [9] *Web firmy Netzsch Feinmahltechnik GmbH* [online]. 2012 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://www.netzsch-grinding.com/>
- [10] *Materiály firmy Willy A. Bachofen AG* [online]. 2012 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://www.wab.ch/en/home.html>
- [11] *Materiály firmy Fryma - Maschinen AG* [online]. 2012 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://www.frymakoruma.com/de/home.html>
- [12] *Materiály firmy Diaf* [online]. 2012 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://pilvaddiaf.dk/dissolver-oversigt/>
- [13] HOŘEJŠ, V. *Speciální nátěry*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1988.
- [14] ZAHRADNÍK, M. *Barviva používaná v technické praxi*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986.
- [15] KALEDOVÁ, A. *Barviva používaná v technické praxi*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001. ISBN 80-7194-398-3.
- [16] KOČMAN, K. *Speciální technologie: Obrábění*. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8.
- [17] KALÁČ, P. TŘISKA, J. *Chemie životního prostředí*. České Budějovice: JU ZF České Budějovice, 1998. ISBN 80-7040-325-X.
- [18] MEISSNER, B., ZILVAR, V. *Fyzika polymerů: Struktura a vlastnosti polymerních materiálů*. Brno: Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [19] MCNAUGHT, A. D. a A. WILKINSON. *Compendium of Chemical Terminology: The Gold Book*. 2. vyd. Oxford: Blackwell Science, 1997. Dostupné z: <http://goldbook.iupac.org>
- [20] STOKLASA, Karel. *Makromolekulární Chemie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005.
- [21] LEJNVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albbra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [22] Těsnění Rubena. [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.rubena.cz/default.asp?CatID=1939&TYPTREE=1>

- [23] TĚSNĚNÍ DIMER - VITON. [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: [http://www.dimer.cz/tesneni/ecorubber-2-fpm-viton\\_MAT13.html](http://www.dimer.cz/tesneni/ecorubber-2-fpm-viton_MAT13.html)
- [24] *Materiály firmy Rokospol a.s.*
- [25] Mlecí perly: Zirkon-oxidové. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.ginzl.cz/cs/keramicke-kulicky/zirkon-oxidove/>
- [26] Materiál síť: SISIC. [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.ceramtec.cz/ceramic-materials/silicon-carbide/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

SiSic Obchodní označení karbidu křemíku

IR Infračervené záření

UV Ultrafialové záření

D Průměr (mm)

$M_K$  Kroutící moment (Nm)

P Výkon (W)

n Otáčky (ot/min)

b Šířka pera (mm)

h Výška pera (mm)

$l_1$  Délka pera (mm)

$F_t$  Tečná síla (N)

$\tau_s$  Napětí ve stříhu (MPa)

$\tau_{ds}$  Dovolené napětí ve stříhu (MPa)

p Tlak (MPa)

$p_D$  Dovolенý tlak (MPa)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Schematické vyobrazení pigmentových částic [2] .....	15
Obr. 2. Změna volné povrchové energie v procesu dispergace [2] .....	16
Obr. 3. Schéma vlivu okolí na korozi [2] .....	18
Obr. 4. Vývoj nátěrových hmot [3].....	20
Obr. 5. Disolver [1].....	29
Obr. 6. Geometrie disolveru – proudění [1].....	29
Obr. 7. Geometrie disolveru – optimální případ [1] .....	31
Obr. 8. Schéma dispergace [1].....	32
Obr. 9. Submill [12].....	33
Obr. 10. Detail koše [1] .....	33
Obr. 11. Vrtulovité disky [1] .....	34
Obr. 12. Děrovaný disk [1] .....	34
Obr. 13. Turbínový disk [9].....	35
Obr. 14. Kolíkové mlecí prvky [1] .....	35
Obr. 15. Přehled mlecích perel [1].....	38
Obr. 16. Pracovní nádoba [10].....	39
Obr. 17. Řez sestavy původního zařízení typu Submill [24] .....	44
Obr. 18. Disolver DSL 200-209-Ex.....	45
Obr. 19. Nádoba pro míchanou směs.....	46
Obr. 20. 3D model míchacího zařízení .....	47
Obr. 21. 3D Schéma vířivých proudů .....	48
Obr. 22. Řez zařízením .....	49
Obr. 23. Řez zařízením – detail mezery.....	50
Obr. 24. Řez zařízením – detail .....	51
Obr. 25. Keramické mlecí kuličky.....	52
Obr. 26. Síto spodní .....	53
Obr. 27. Provedení bočního síta.....	53
Obr. 28. Konvenční klínový tvar sít .....	54
Obr. 29. Modifikovaný tvar sít .....	55
Obr. 30. Míchací kolo .....	56
Obr. 31. Detail uložení míchacího kola .....	57
Obr. 32. Schéma celkového chlazení [24] .....	58

---

Obr. 33. Schéma chlazení koše .....	59
Obr. 34. Ucpávka koše.....	60
Obr. 35. Řez ucpávky .....	61
Obr. 36. Příruba .....	62



## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Přehled mlecích perel</i> .....	38
--	----

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**PI – Složka s kompletní výkresovou dokumentací**

**PII – CD-ROM s 3D modelem míchacího zařízení**