

# Vířivý třídíč pro papírenský průmysl

Ivana Zaoralová

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivana ZAORALOVÁ**  
Osobní číslo: **T08221**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vířivý třídíč pro papírenský průmysl**

Zásady pro vypracování:

- 1. Současný stav třídění ve výrobní technologii papíru**
- 2. Návrh konstrukce vtokového tělesa z plastu**
- 3. Zhotovení technické dokumentace pro výrobu**
- 4. Ekonomické zhodnocení**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Lexikon technických materiálů**

**Katalog Papcel a. s.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. František Volek, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 5. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## 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 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 .....

.....

<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 nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí vířivého třídíče pro papírenský průmysl s aplikací polymerního materiálu PA6. Práce je rozdělena do dvou částí. Část první je teoretická a obsahuje informace o stávajících vířivých třídících, které se doposud vyráběly. Ve druhé, praktické části byl zkonstruován a vyroben vířivý třídíč z polymerního materiálu PA6, který je ekonomičtější a jednodušší na výrobu.

Klíčová slova: vířivý třídíč, polymerní materiál

## **ABSTRACT**

This Bachelor Thesis is dealing with a design and construction of a whirling selector for the paper industry with an application of polymeric material PA6. Thesis is divided into two parts. The first part is theoretical and includes information about current whirling selectors that were produced up to now. In the second practical part a whirling selector that is more economical and easier for the production was fabricated and produced.

Keywords: whirling selector, polymeric material

Poděkování:

Tímto chci poděkovat panu Ing. Františku Volkovi CSc., který byl mým vedoucím práce, za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala firmě Papcel a. s., ve které jsem bakalářskou práci realizovala a panu Ing. Michalu Weissovi, který byl mým konzultantem.

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>12</b>
<b>1 TŘÍDIČE V TECHNOLOGII VÝROBY V PAPIRENSKÉM PRŮMYSLU ....</b>	<b>13</b>
1.1 VÍŘIVÉ TŘÍDIČE OTEVŘENÉ VO, SVO, SHL, SVS .....	14
1.1.1 Vířivý separátor SVS.....	15
1.1.2 Třidič husté látky SHL .....	16
1.1.3 Vířivý třidič otevřený VO, SVO .....	16
1.2 VÍŘIVÉ TŘÍDIČE UZAVŘENÉ VU, SVU, SHL, SVS.....	19
1.2.1 Vířivý separátor SVS.....	20
1.2.2 Třidič husté látky SHL .....	21
1.2.3 Vířivý třidič uzavřený VU, SVU.....	21
1.3 VÍŘIVÉ TŘÍDIČE KOMBINOVANÉ MOVI VO (SVO), MOVI VU (SVU).....	24
1.3.1 Vířivý třidič otevřený MOVI VO (SVO) .....	25
1.3.2 Vířivý třidič uzavřený MOVI VU (SVU).....	26
1.4 PRINCIP ČINNOSTI TŘÍDIČŮ .....	29
1.5 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY .....	30
1.5.1 Polyamid PA 6 .....	30
1.5.2 Ocel 42 2933 .....	31
1.5.3 Keramický materiál .....	32
1.5.4 Polyuretan litý .....	32
1.6 DOSAVADNÍ PROVEDENÍ VÍŘIVÉHO TŘÍDIČE SVO - 25 .....	33
1.6.1 Použité materiály na jednotlivé části.....	33
1.6.2 Nevýhody tohoto provedení .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b>	<b>36</b>
<b>2 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
2.1 NÁVRH KONSTRUKCE VTOKOVÉHO TĚLESA Z PLASTU.....	38
2.2 AUTODESK INVENTOR SUITE 2009 .....	38
2.3 VTOKOVÉ TĚLESO Z PLASTU .....	39
2.4 KUŽELOVÁ ČÁST .....	40
2.5 ZPŮSOB VÝROBY PLASTOVÝCH DÍLŮ ODLÉVÁNÍM .....	40
2.6 ZHOTOVENÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE PRO VÝROBU .....	40
2.6.1 Výkresy.....	40
2.6.2 Rozpisky.....	41
2.6.3 Technologické postupy.....	41
2.6.4 Pokyny pro montáž a zkoušku.....	43



2.7	METODIKA ZKOUŠEK VÍŘIVÝCH TŘÍDIČŮ SVO – 25 S PLASTOVOU HLAVOU.....	44
2.8	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	48
2.9	CENY JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ SVO-25 Z POLYAMIDU .....	50
<b>3</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>56</b>

## ÚVOD

Průmysl papíru a celulózy patří k malým, ale významným odvětvím, které je konkurence schopným a perspektivním oborem zpracovatelského průmyslu ČR s dobrou environmentální výkonností. Jeho výrobky nacházejí uplatnění ve všech ostatních odvětvích zpracovatelského průmyslu, především polygrafickém.

Je založen na obnovitelných surovinách, převážně tuzemského původu (dřevo), a recyklovatelných surovinách (sběrový papír). Řadu let realizuje strategii trvale udržitelného rozvoje.

Odvětví patří k investičně velmi náročným, a to i s využitím investičních pobídek. Výroba vlákniny je značně náročná na energii, která je však z významné části kryta z vlastních zdrojů na bázi obnovitelných surovin.

Český papírenský průmysl se stal po vstupu ČR do EU nedílnou součástí celoevropského papírenského průmyslu. Došlo k tomu po dvanácti letech od jeho vyčlenění ze společného fungování se Slovenskem v Československé republice. Tato skutečnost je poměrně důležitá, protože významně ovlivňuje současné výrobní možnosti (výstavba papírenských výrobních kapacit byla v minulosti koncipována pro celé Československo) a především krytí reálné potřeby z tuzemských zdrojů. Z těchto důvodů totiž bohužel musí být větší část spotřeby papíru a lepenek v tuzemsku pokrývána importy.

Trendem ve výrobě papíru je vyrábět stále větší množství papíru za kratší čas, což vyžaduje investice do modernizace strojů. Proto je velký důraz kladen na použité technologie, pokud chce firma Papcel uspět v těžkém konkurenčním boji a zajistit tak odbyt pro své výrobky na tuzemském či zahraničním trhu, musí rozvíjet kvalitu svých výrobků a to tím, že zvyšuje výrobní kapacity strojů a snaží se minimalizovat režijní náklady na provoz strojů a snižovat množství použitých vstupních surovin, které nejsou obnovitelné nebo nejsou příliš šetrné k životnímu prostředí.

Hlavním úkolem při činnosti firem a organizací je dosahovat co nejvyšší kvality a jakosti výrobků a služeb. Současně se však firmy musí snažit dosáhnout těchto požadavků při vynaložení co nejmenších nákladů. To je jediná možnost, jak obstát v těžkém konkurenčním boji a zajistit tak odbyt pro své výrobky na tuzemském či zahraničním trhu.

Ke zvyšování kvality přispívá velkou měrou zavádění nových technologií výroby a využívání nových strojů a nástrojů. Důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu finálního výrobku je vhodně zvolený materiál, z něhož je součást vyrobena. Jsou objevovány nové materiály, které mají lepší vlastnosti a splňují požadavky kladené na výrobek zákazníkem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TŘÍDIČE V TECHNOLOGII VÝROBY V PAPIRENSKÉM PRŮMYSLU

Vířivé třídiče patří do skupiny odstředivých třídičů (hydrocyklon) s volným vírem a odvodem nečistot.

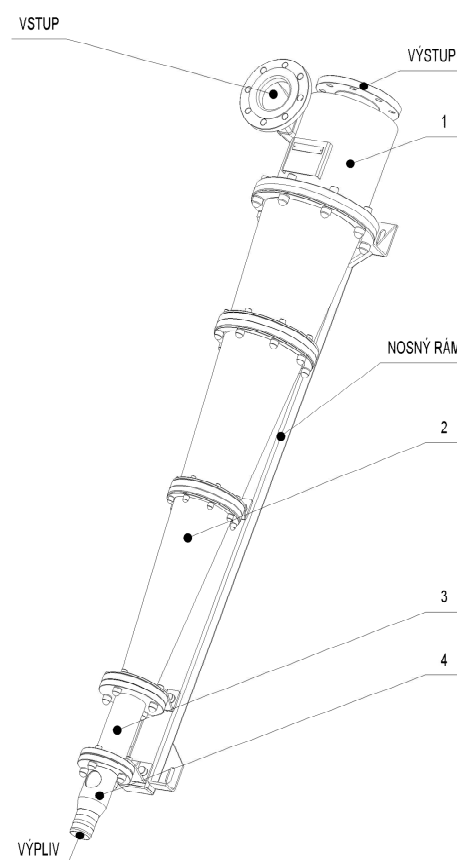
Třídiče umožňují účinné a přitom ekonomické třídění specificky těžkých i lehkých nečistot z rozvlákněných papírenských látek, kde běžné typy vířivých třídičů selhávají.

Uplatnění naleznou zejména v linkách sběrového papíru, kde zbavují papírenskou látku nečistot (fólie, písek, střepy, sponky) a chrání následující strojní zařízení před poškozením tvrdými nečistotami.

Mohou pracovat samostatně nebo ve stanicích. Jsou nedílnou součástí papírenské linky. [1]

### Popis vířivého třídiče:

1. Vtokové těleso
2. Kuželová část
3. Pracovní kužel
4. Oddělovací těleso

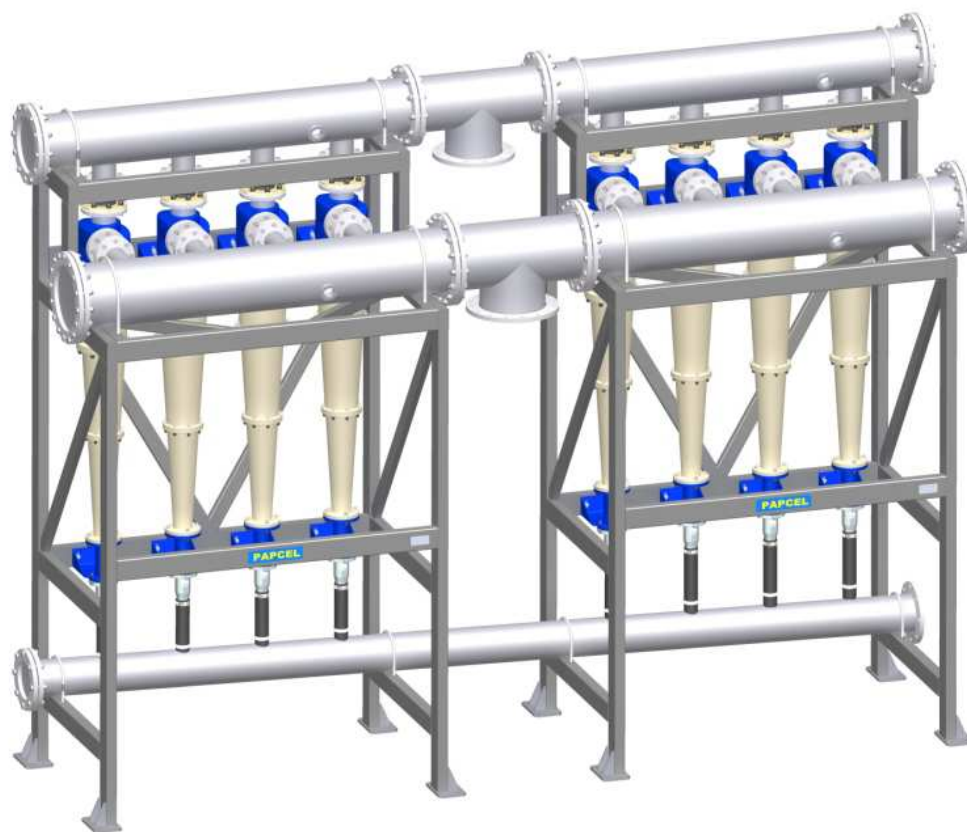


Obr. 1. Popis vířivého třídiče

## 1.1 Vířivé třídiče otevřené VO, SVO, SHL, SVS

Patří do skupiny odstředivých vířivých třídičů s volným vírem a kontinuálním odvodem vytříděných nečistot. Uplatnění nacházejí při třídění specificky těžkých nečistot z papírenské látky.

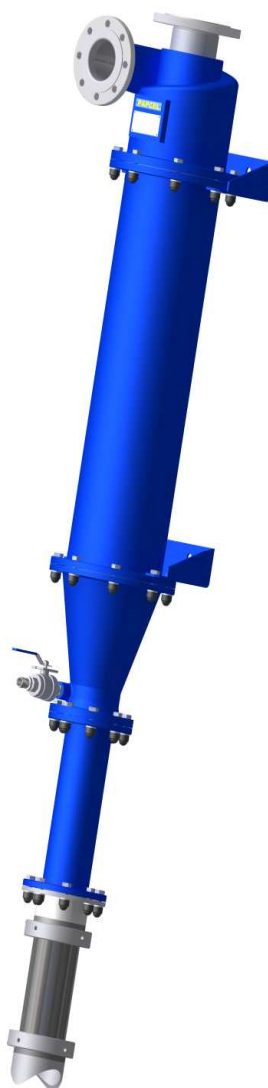
Navzájem rozdílné jsou provedením, velikostí a výkonem. Spolehlivě obstojí při třídění hrubých (SVS), středních (SHL) i velmi jemných nečistot (VO, SVO). Třídiče pracují zpravidla v několika stupňových stanicích sestavených podle konkrétních provozních podmínek. [1]



*Obr. 2. Stanice třídičů SVO 25*

### 1.1.1 Vířivý separátor SVS

Používá se jako primární třídič nejrozměrnějších těžkých nečistot v linkách silně znečištěného sběrového papíru. Zcela spolehlivě třídí těžké nečistoty i z velmi hrubě rozvlákněných hustých látek, přičemž akceptuje i značné kolísání vstupních parametrů. Třídič zároveň chrání i následná strojní zařízení před poškozením rozměrnějšími tvrdými nečistotami. Výhodou je velmi nízká energetická náročnost prezentovaná velmi nízkou tlakovou ztrátou a možností provozu až do 5% hustoty tříděné látky. Výplivová vložka má průměr 100 mm.[1]



Obr. 3. Vířivý separátor SVS 25-O

### 1.1.2 Třídič husté látky SHL

Umožňuje účinné a ekonomické třídění těžkých nečistot z hustých i řídkých papírenských látek. Uplatnění nalezne zejména na vstupu linek jemného třídění sběrového papíru nebo na vstupu mlecích linek jako ochrana všech následujících zařízení před vniknutím tvrdých abrazivních nečistot. Výhodou je vysoká provozní spolehlivost, nízká spotřeba energie a možnost provozu až do 4,5% hustoty tříděné látky. Výplivová vložka má průměr 50 mm. [1]

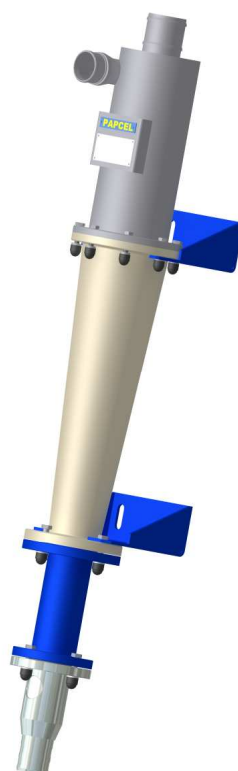
### 1.1.3 Vířivý třídič otevřený VO, SVO

Slouží pro vysoce účinné jemné třídění specificky těžkých, lepivých a bodových nečistot v konstantní části papírenského stroje, v dřevobrusárnách a linkách sběrového papíru. Mimoto spolehlivě vytřídí písek i náhodné větší nečistoty s možností provozu až do 2% hustoty tříděné látky. Výplivová vložka má průměr 30 mm. [1]



Obr. 4. Vířivý třídič otevřený SVO – 25





*Obr. 5. Vířivý třídič otevřený VO – 15*

### **Provedení třídičů otevřených:**

Třídiče jsou vyráběny v několika velikostech, vždy jednotné koncepce s vysokou unifikací dílů. Modifikací spodní (výplivové) části je možné přeměnit je na třídiče uzavřené (se sběrnou skříní). [1]

### **Základní části stroje:**

- vlastní třídič: vtokové těleso – hlava, pracovní těleso – kužel
- oddělovací těleso s průhledítkem
- ocelový nosný stojan stanice – pokud je třídič dodáván ve stanici
- rozdělovací potrubí vstupu, výstupu, výplivu ukončené na obou koncích přírubou (v případě stanice)
- návarky pro připevnění tlakových čidel (v případě stanice)

**Materiál:**

Materiálové provedení třídičů VO, SVO je standardně tvořeno kombinací nerez – keramika – plast. Třídiče SHL jsou vyráběny v kombinaci nerez – plast. Třídiče SVS jsou celonerezové.

**Přednosti:**

- nízká energetická náročnost
- nízká tlaková ztráta
- nízké nároky na obsluhu
- vysoká životnost všech dílů
- odolnost vůči ucpávání
- vysoká účinnost třídění, provozní flexibilita, spolehlivost
- unifikované stavebnicové řešení

*Tab. 1. Technické parametry třídičů VO, SVO*

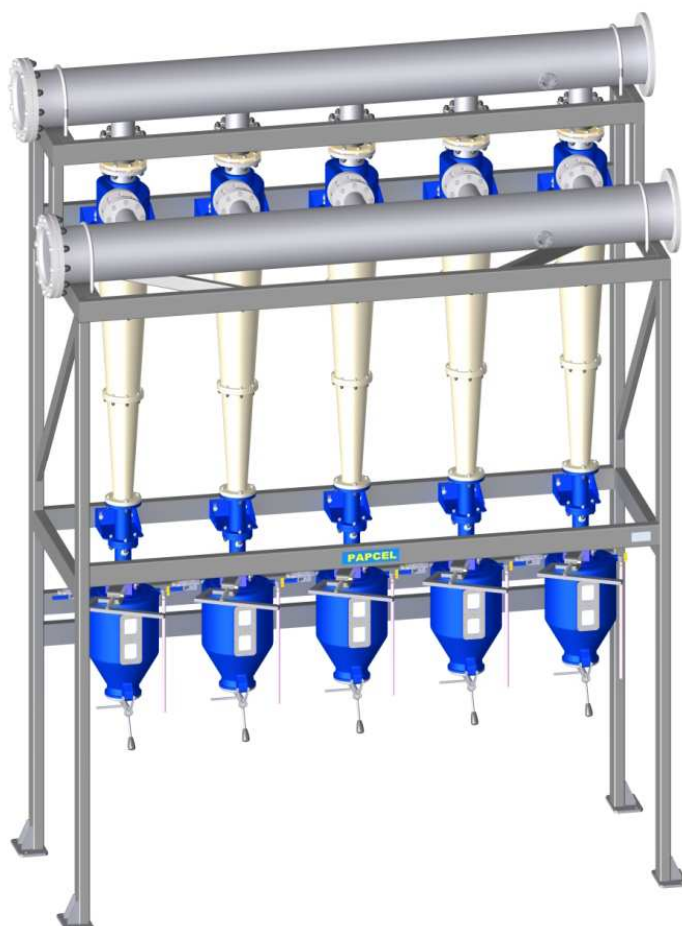
Typ	Optimální hltnost (l/min.)	Konzistence (max. %)	V x Š x H	Připojovací rozměry v mm						Hmotnost (kg)
				D	D1	D2	D3	A1	B1	
SVS 25-O	1800 - 2300	4,5	2645 x 385 x 485	260	DN100	DN125	100	960	200	200
SHL 25-O	1700 - 2000	4,5	2460 x 385 x 485	260	DN100	DN125	55	1515	210	120
VO 15-21	570 - 690	1,6	1490 x 220 x 350	150	63*)	80*)	63*)	560	160	40
SVO 25	1800 - 2100	2,0	2340 x 385 x 485	260	DN100	DN125	63*)	1700	210	100

\* vnitřní průměr hadice

## 1.2 Vířivé třídíče uzavřené VU, SVU, SHL, SVS

Patří do skupiny odstředivých vířivých třídíčů s volným vírem a odvodem vytříděných nečistot do sběrné skříně. Uplatnění nacházejí při třídění specificky těžkých nečistot z papírenské látky. Navzájem jsou rozdílné provedením, velikostí a výkonem. Spolehlivě obstojí při třídění hrubých (SVS), středních (SHL) i velmi jemných nečistot (VU, SVU). Třídíče pracují zpravidla samostatně.

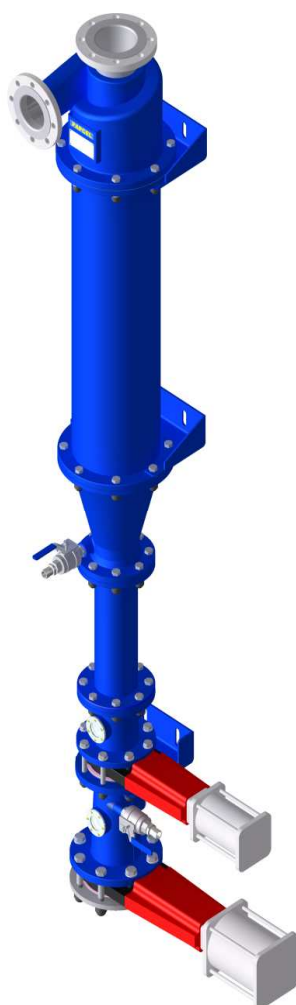
Podle provedení sběrné skříně rozlišujeme vyprazdňování ruční nebo automatické. Modulární systém konstrukce navíc zaručuje snadnou konverzi jednotlivých provedení. Záměnou sběrné skříně za výplivovou trysku je možno třídíč změnit na otevřený. [1]



Obr. 6. Třídící stanice SVU – 25 M

### 1.2.1 Vířivý separátor SVS

Používá se jako primární třídič nejrozměrnějších těžkých nečistot v linkách silně znečištěného sběrového papíru. Zcela spolehlivě třídí těžké nečistoty i z velmi hrubě rozvlákněných hustých látek, přičemž akceptuje i značné kolísání vstupních parametrů. Třídič zároveň chrání i následná strojní zařízení před poškozením rozměrnějšími nečistotami. Výhodou je velmi nízká energetická náročnost prezentovaná nízkou tlakovou ztrátou a možností provozu až do 4,5% hustoty tříděné látky. Třídič je zhotovován pouze v celonerezovém provedení. Výplivová vložka má průměr 100 mm. [1]



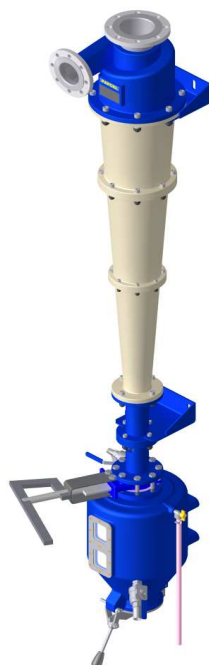
Obr. 7. Vířivý separátor SVS – 25 A

### 1.2.2 Třídič husté látky SHL

Umožňuje účinné a ekonomické třídění těžkých nečistot z hustých i řídkých papírenských látek. Uplatnění nalezne na vstupu mlecích linek jako ochrana všech následujících zařízení před vniknutím tvrdých abrazivních nečistot. Výhodou je vysoká provozní spolehlivost, nízká spotřeba energie a možnost provozu až do 4,5% hustoty tříděné látky. Výplivová vložka má průměr 50 mm. [1]

### 1.2.3 Vířivý třídič uzavřený VU, SVU

Slouží pro vysoce účinné jemné třídění specificky těžkých lepivých a bodových nečistot z řídkých látek, zejména jako koncový stupeň dotříd'ování výplivu ve víceetapových stanicích větších vířivých třídičů v celulózkách, linkách sběrového papíru a v konstantní části papírenských strojů. Mimoto spolehlivě vytřídí písek i náhodně větší nečistoty s možností provozu až do 2% hustoty tříděné látky. Výplivová vložka má průměr 30 mm. Skříň MK umožňuje u těchto třídičů volit jak periodické, tak i kontinuální vypouštění výplivů. [1]



Obr. 8. Vířivý třídič uzavřený SVU – 25 MK

**Provedení:**

Podle provedení sběrné skříňe rozlišujeme vyprazdňování ruční (MK nebo M) nebo automatické (A). Modulární systém konstrukce navíc zaručuje snadnou konverzi jednotlivých provedení. Záměnou sběrné skříňe za výplivovou trysku je možno třídič změnit na otevřený. [1]

**Základní části stroje:**

- vtokové těleso – hlava, pracovní těleso – kužel
- oddělovací těleso s průhledítkem
- sběrná skříň s pneušoupátky (automatické ovládání)
- sběrná skříň – (manuální ovládání)
- ocelový nosný stojan stanice
- rozdělovací potrubí – vstup, výstup

**Materiál:**

Materiálové provedení třídičů VU, SVU je standardně tvořeno kombinací nerez – keramika – plast. Třídiče SHL jsou vyráběny v kombinaci nerez – plast., třídiče SVS jsou celonerezové. Sběrná skříň v provedení M, MK je ze šedé litiny, v provedení A je z nerezí.

**Přednosti:**

- nízká energetická náročnost a tlaková ztráta
- nízké nároky na obsluhu
- vysoká životnost všech dílů
- odolnost vůči ucpávání
- vysoká účinnost třídění, provozní flexibilita, spolehlivost
- unifikované stavebnicové řešení

Tab. 2. Technické parametry VU, SVU

Typ	Optimální hltnost (l/min.)	Proplachová voda (l/min.)	Konzistence (max. %)	Max. vstupní tlak (kPa)	Připojovací rozměry v mm				Hmotnost (kg) Provedení A / M
					LA / LM x ŠA x H	D	D1	D2*	
SVS 20	1300 - 1800	10 - 60	4,5	300	2720 / 3080 x 885 x 460	210	DN80	∅ 100	230 / 240
SVS 25	2000 - 2500	10 - 60	4,5	300	2850 / 3100 x 885 x 485	260	DN100	DN125	290 / 295
SHL 20	1300 - 1700	5 - 15	4,5	350	- / 2550 x 710 x 460	210	DN80	∅ 100	155 / 165
SHL 25	1800 - 2100	5 - 15	4,5	350	- / 2800 x 710 x 485	260	DN100	DN125	170 / 180
VU 15-21(20)	590 - 680	8 - 12	1,6	400	2110 / 2260 x 710 x 350	150	63	80	120 / 130
SVU 20	1400 - 1700	10 - 15	1,8	400	- / 2930 x 710 x 460	210	DN80	DN80	160 / 170
SVU 25	1800 - 2100	10 - 15	1,8	400	2800 / 3200 x 710 x 485	260	DN100	DN100	175 / 185

\* vnitřní průměr hadice

### 1.3 Vířivé třídiče kombinované MOVI VO (SVO), MOVI VU (SVU)

Patří do skupiny odstředivých vířivých třídičů s volným vírem a odvodem vytříděných nečistot do sběrné skříně nebo sběrného potrubí. Spolehlivě obstojí při současném třídění specificky těžkých a lehkých nečistot, jakož i při odvzdušňování papírenské látky. [2]



Obr. 9. Stanice třídičů MOVI SVO-20



### 1.3.1 Vířivý třídíč otevřený MOVI VO (SVO)

Slouží pro vysoce účinné jemné třídění specificky těžkých, lehkých, lepivých a bodových nečistot z řídkých látek. Třídění lehkých nečistot (polystyren apod.) probíhá za současného odvzdušnění látky. Mimoto spolehlivě vytřídí písek i náhodné větší nečistoty s možností provozu až do 1,5% hustoty tříděné látky.

Třídíče MOVI VO (SVO) obvykle pracují v několikastupňových stanicích sestavených podle konkrétních provozních podmínek. [1]



*Obr. 10. Vířivý třídíč MOVI SVO-20*

### 1.3.2 Vířivý třídíč uzavřený MOVI VU (SVU)

Uzavřené třídíče MOVI VU (SVU) se používají zejména jako koncový stupeň dotřídování výplivu ve víceúrovňových stanicích otevřených vířivých třídíčů, v linkách sběrového papíru, v konstantní části papírenských strojů, v dřevobrusárnách a všude tam, kde je nutno minimalizovat množství výplivu. [1]



*Obr. 11. Vířivý třídíč MOVI SVU-20*

**Provedení:**

Navzájem rozdílné jsou provedením, velikostí a výkonem. Třídíče mohou pracovat samostatně nebo ve vícestupňových stanicích. Dle zakončení výstupní komory těžkých nečistot jsou v provedení otevřením (VO) – odvod nečistot je kontinuální do sběrného potrubí – a uzavřeném (VU) – opatřeném sběrnou skříní, odkud je výpliv periodicky vypouštěn ručně (M) nebo automaticky (A). Provedení MK umožňuje volit periodický nebo kontinuální výpliv. Modulární systém konstrukce navíc zaručuje snadnou konverzi jednotlivých provedení. [1]

**Materiál:**

Třídíče jsou vyráběny v několika velikostech, vždy jednotné koncepce s vysokou unifikací dílů. Materiálové provedení třídíčů MOVI VO (SVO), MOVI VU (SVU) je standardně tvořeno kombinací nerez – keramika – plast. [1]

**Základní části stoje:**

- vlastní třídíč: hlava a kužel
- oddělovací těleso s průhledítkem
- sběrná skřín s pneušoupátky (automatické ovládání)
- sběrná skřín (mechanické ovládání)
- ocelový nosný stojan stanice, pokud je třídíč dodáván ve stanici
- rozdělovací potrubí vstupu, výstupu, výplivu ukončené na obou koncích přírubou (v případě stanice)

**Přednosti:**

- nízká energetická náročnost
- nízká tlaková ztráta
- nízké nároky na obsluhu

- vysoká životnost všech dílů
- odolnost vůči ucpávání
- vysoká účinnost třídění, provozní flexibilita, spolehlivost
- unifikované stavebnicové řešení

Tab. 3. Technické parametry MOVI VU (SVU)

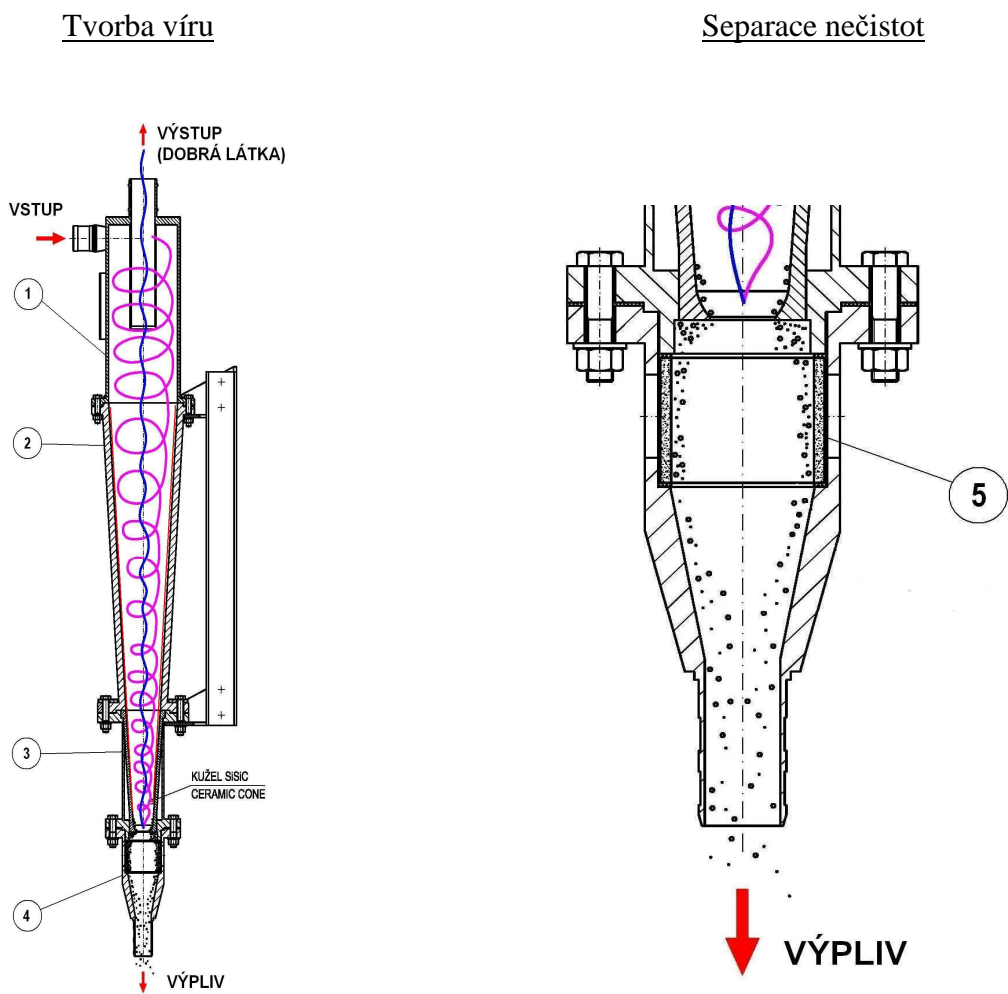
Typ	Optimální hltnost (l/min.)	Konzistence (max. %)	Připojovací rozměry v mm								Hmotnost (kg)
			LO	LA	LM	D	D1	D2	D3*)	D4	
MOVI VO-15-22	520 - 650	1,5	1650	-	-	150	63	80	63	G1"	45
MOVI VU-15-22	520 - 650	1,5	-	2210	2260	150	63	80	-	G1"	130
MOVI SVO-20	1400 - 1700	1,6	2210	-	-	210	DN80	Ø 100	63	G1 1/4"	90
MOVI SVU-20	1400 - 1700	1,6	-	-	3000	210	DN80	Ø 100	-	G1 1/4"	170

\* vnitřní průměr hadice

## 1.4 Princip činnosti třídičů

Tříděná látka vstupuje pod tlakem tangenciálním vtokovým hrdlem do vstupní válcové komory (1). Zde se přímočarý pohyb látky mění na rotační. Látka postupuje dále do kuželové části třídiče (2) a působením odstředivých sil dosahujících přetížení několik set „g“ se nečistoty obsažené v látce postupně shromažďují na vnitřním povrchu kužele, kde klesají směrem dolů.

Vlivem zúžení průtočného průřezu v kuželové části třídiče, je vytříděná látka v místě pracovního kužele (3) vrácena středem zpět k axiálnímu výtokovému hrdlu. Těžké nečistoty se zbytkem vláken pak pronikají přes oddělovací těleso (4) výplivovým hrdlem ven z třídiče, zpravidla do sběrného potrubí (varianta otevřená ozn. „O“). Skleněné průhledítko (5) zabudované do oddělovacího tělesa slouží k vizuální kontrole funkce třídiče. [1]



Obr. 12. Tok látky uvnitř třídiče VO

## 1.5 Používané materiály

### 1.5.1 Polyamid PA 6

Je tuhý plast snášející vysokou zátěž, velmi dobře obrobitelný. Výrobní technologie extrudace nebo lití garantuje výrobek o vysoké houževnatosti, s dobrými kluznými vlastnostmi, s vysokou odolností proti otěru a dobrou chemickou stálostí proti mnoha typům olejů, tuků, benzínů, atd. [2]

Tab. 4. Vlastnosti PA6

<b>Mechanické vlastnosti</b>			
Napětí na mezi kluzu	ISO 527	80/45	MPa
Tažnost	ISO 527	70/200	%
E-Modul pružnosti v tahu	ISO 527	3000/100 0	MPa
Tvrdost podle Brinella	ISO 2039	1 150/70	MPa
Norma pro Tvrdost podle Brinella		H358/30	
Tvrdost Shore (A/D) nebo Rockwell (R/L/M)	ISO 868, ISO 2039-2	D82/D68	
Izod-vrubová houževnatost při 23 °C	ISO 180/1A	5,5/NB	KJ/m <sup>2</sup>
Charpy-vrubová houževnatost při 23 °C	ISO 179/1eA	Mai 35	KJ/m <sup>2</sup>
<b>Elektrické vlastnosti</b>			
Permitivita při 50 Hz	IEC 60250	3,4/15	
Permitivita při 1 MHz	IEC 60250	3,1/4,7	
Dialektrický faktor ztrát při 50 Hz	IEC 60250	65/3900	1E - 04
Dialektrický faktor ztrát při 1 MHz	IEC 60250	165/1300	1E - 04
Průrazová pevnost	IEC 60243	1 15	kV/mm
Síla pro průrazovou pevnost		1	mm
Specifický průrazový odpor	IEC 60093	1013/101 0	Ohm · m
Povrchový odpor	IEC 60093	1013/101 0	Ohm
Odolnost vůči plazivým proudům	CTI IEC 60112	600	
<b>Teplotní vlastnosti</b>			
Tepelná vodivost	DIN 52 612	0,23	W/K m
Koeficient délkové roztažnosti - příčný	ISO 11359	70 100	10 <sup>-6</sup> /K
Teplota tavení popř. zesklotvení	ISO 11357	220	°C
<b>Jiné vlastnosti</b>			
Nasákavost při norm. podmínkách	ISO 62	300	%
Nasákavost při vlhkosti	ISO 62	9,5	%
Průsvitnost (průhledný/průsvitný/průhledný)		průhledný	

**Korozní vlastnosti:**

Odolný proti alifatickým a aromatickým uhlovodíkům, olejům, pohonným hmotám, mazivům, hydraulickým kapalinám, esterům, ketonům, slabým alkaliím a vodě (23 °C).

Neodolný kyselinám a silným alkaliím, oxidačním látkám, chlorovaným uhlovodíkům a horké vodě. Náchylný k praskání korozí za napětí – roztoky halogenidů kovů (ZnCl<sub>2</sub>), za sucha v prostředí alkoholů a chlorovaných uhlovodíků. Při dobré stabilizaci (zejména proti fotooxidaci povrchové vrstvy) střední odolnost proti povětrnostnímu stárnutí. Ve srovnání s ostatními termoplasty je odolnost PA6 proti záření o vysoké energii nízká, při vyšších dávkách záření výrazné křehnutí. [2]

**1.5.2 Ocel 42 2933**

- žárupevná a korozivzdorná [2]

*Tab. 5. Vlastnosti oceli*

<b>Mechanické vlastnosti:</b>		
Mez kluzu Rp	196	MPa
Mez pevnosti Rm	441	MPa
Tažnost A <sub>5</sub>	25	%
Kontrakce Z	30	%
Vrubová houževnatost KCU 3	49	J/cm <sup>2</sup>
Tvrhost HB	130 - 190	
Modul pružnosti E	179,5	GPa
<b>Technologické údaje:</b>		
Tepelné zpracování - rozpouštěcí žhání	1050 - 1100	°C
Svažitelnost	podle ČSN 05 1310	zaručená

### 1.5.3 Keramický materiál

#### Karbid křemíku infiltrovaný křemíkem - SiSiC

SiSiC je mnohostranně využitelnou surovinou v oblasti inženýrské keramiky. Keramické díly se vyrábějí lisováním ze směsi karbidu křemíku a uhlíku a mechanickým opracováním. V následném silicizačním procesu se infiltrují roztaveným tekutým křemíkem, přičemž uhlík původně obsažený v součástkách reaguje s křemíkem za silného uvolňování energie na karbid křemíku. Tím se již existující zrna karbidu křemíku propojují do trojrozměrné kosterní struktury, která propůjčuje materiálu vynikající mechanické vlastnosti a odolnost vůči korozi a oxidaci. Při procesu jsou také kovovým křemíkem zaplněny všechny póry a dutiny kostry, čímž vzniká naprosto těsný nenasákavý materiál. Velmi nízké smrštění při výpalu navíc umožňuje vyrábět velké a tvarově komplikované součásti v úzkých tolerancích. [2]

### 1.5.4 Polyuretan litý

Polyuretany mají v nevypěněném stavu následující výborné vlastnosti a přednosti: chemickou odolnost, odolnost proti mikroorganismům, odolnost za tepla, vysokou houževnatost s dobrou pevností ( $E = 1500 \text{ Mpa}$ ).

Polyuretan-litý, určený k výrobě masivních velkých dílů se vyznačuje vynikajícími vlastnostmi a přednostmi vysoce hodnotných konstrukčních materiálů.

Tab. 6. Vlastnosti PUR

Hustota	1,17	$\text{g/cm}^3$
Mechanické vlastnosti:		
Napětí na mezi kluzu	45	Mpa
Tažnost	23	%
E - Modul pružnosti v tahu	1300	MPa
Tvrdość Shore	D74	
Teplotní vlastnosti:		
Tepelná vodivost	0,245	W/K m
Koef. dél. roztaž. příčný	110	$10^{-6} \text{ K}$
Tvarová stálost za tepla	55	$^{\circ}\text{C}$
max. teplota krátkodobá	120	$^{\circ}\text{C}$
max. teplota dlouhodobá	80	$^{\circ}\text{C}$
min. teplota použití	-40	$^{\circ}\text{C}$
Jiné vlastnosti		
Nasákavost při vlhkosti	3,3	%



## 1.6 Dosavadní provedení vířivého třídiče SVO - 25

### 1.6.1 Použité materiály na jednotlivé části:

Vtokové těleso – zhotoveno z nerezové litiny ČSN 422933

Kuželová část třídiče – kužele velikosti 25, 20, 15 byly zhotoveny z polymerního materiálu PUR (polyuretan)

Spodní kužel – ocelové tělo s keramickou vložkou

Oddělovací těleso – nerezová ocel

Nosný rám a držáky – zhotoveny z běžné konstrukční oceli

### 1.6.2 Nevýhody tohoto provedení:

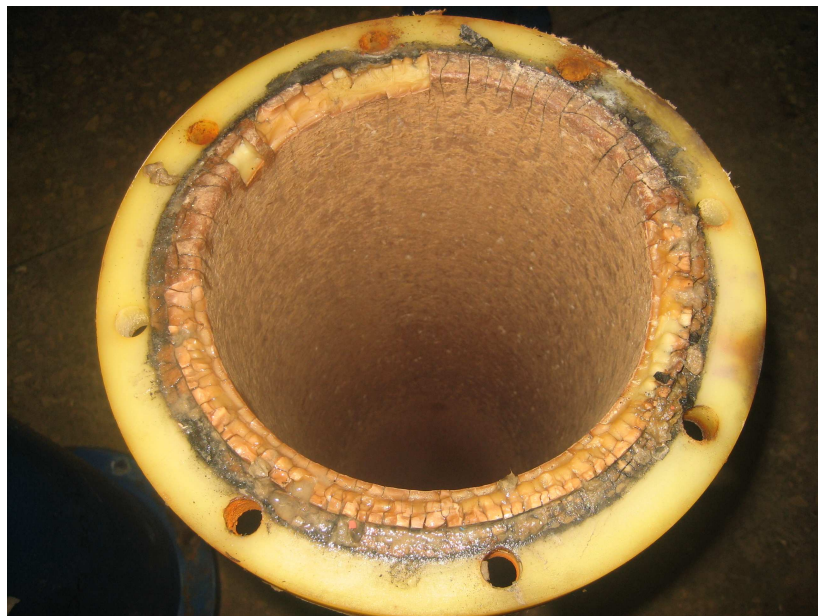
- Vtokové těleso – velká hmotnost, velká pracnost při finálním obrábění, vysoká cena a časté závady v provozu (pórovitost odlitku, vznik děr)
- Polyuretanové kužele – tvarová nestabilita, nasákavost, hydrolýza (která má za následek destrukci celého kužele cca po provozní době delší jak 8 měsíců). U těchto kuželů nutná laminace vnějšího povrchu pro stabilizaci rozměrů zejména při teplotách nad 45 °C.

Při spojování PUR kuželů byla nutnost použít spojovacího rámu z důvodu vibrací.

- Spodní kužel je tvořen ocelovým tělesem do kterého se vkládá keramická vložka SiSiC. Vysoká pořizovací cena a hmotnost.



*Obr. 13. Vířivý třídič SVO – 25 \_ provedení před inovací*



*Obr. 14. PUR kužel po 6-ti měsíčním provozu – na vnitřním povrchu patrné trhliny které vedou k postupnému vydrolování*



Obr. 15. Vydrolený PUR kužel

Ve snaze předejít těmto problémům byl navržen nový materiál Polyamid 6, který jak se ukázalo při zkouškách, bude pro danou problematiku plně dostačující.

Tab. 7. Porovnávací tabulka vlastností =&gt; PA 6/PUR

	Hustota	Napětí na mezi kluzu	Tažnost	E-Modul pružnosti v tahu	Tvrdost Shore (A/D)	Koeficient délkové roztažnosti - příčný	Tvarová stálost za tepla	Max. teplota krátkodobá	Min. teplota dlouhodobá	Nasákavost při vlhkosti	
<b>Polyuretan (PUR)</b>	1,17 g/cm <sup>3</sup>	45 MPa	0,23%	1300 MPa	D74	110 [10 <sup>-6</sup> /K]	55 °C	120 °C	80 °C	-40 °C	3,3
<b>Polyamid 6 (PA 6)</b>	1,15 g/cm <sup>3</sup>	80/45 MPa	70/200 %	1000/3000 MPa	D82/D68	70 - 100 [10 <sup>-6</sup> /K]	65 °C	180 °C	120 °C	-40 °C	2,2

Pozn.: hodnoty u PA 6 jsou udány v rozmezích

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 2 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo navrzení vířivého tříděče pro papírenský průmysl z polymerního materiálu PA6, o stejných parametrech jako zmíněný tříděč v kapitole 1.1. Vířivé tříděče otevřené. Dále vypracování technické dokumentace pro výrobu, provedení požadovaných zkoušek a ekonomické zhodnocení.

Tyto tříděče mají při konzistenci 1 – 2% průtok tříděné látky  $Q_1 = 1800$  [l/min] a výpliv (vytříděných nečistot) 50 – 100 [l/min].

Řešením se předpokládají tyto přednosti vůči stávajícímu SVO-25 z nerezové litiny:

- Výrazné snížení výrobních nákladů – tzn. značné zvýšení konkurenceschopnosti na trhu (viz. ekonomické zhodnocení)
- Snížení hmotnosti
- Snížení pracnosti při výrobě => nákup hotových odlitků od firmy Schwartz Technical Plastics (zabývající se výrobou a prodejem strojních součástí z technických plastů)



Obr. 16 Vířivý tříděč SVO - 25

## 2.1 Návrh konstrukce vtokového tělesa z plastu

Veškerá konstrukce tohoto třídiče se odvíjela od již navržených ocelových zpracování, která jsou požadována zákazníkem. Namodelování jednotlivých částí sestavy a příprava výkresů pro výrobu byla provedena v programu Autodesk Inventor Suite 2009.

Vířivý třídič se skládá ze čtyř hlavních částí, kde nejdůležitějším elementem je vtokové těleso. Jeho konstrukce má důležitou funkci na činnost separátoru.

## 2.2 Autodesk Inventor Suite 2009

3D modelovací systém Autodesk Inventor vyniká jednoduchostí a rychlostí ovládání. Parametričnost celého modelu umožňuje kdykoliv změnit jakoukoliv zadanou hodnotu, upravovat skici nebo entity skic a případně měnit historii tvorby modelu. Po každé změně je celý model přepočítán a upraven podle nového zadání. Výkres se generuje na základě 3D modelu a je s ním provázán. Dojde-li ke změně 3D modelu, je výkres automaticky aktualizován se zachováním všeho, co už bylo vytvořeno.

Autodesk Inventor umožňuje modelovat sestavy výrobků, tak jak budou montovány ve skutečnosti. Poskytuje nástroje, které umožňují jednoduchým způsobem definovat polohu jednotlivých komponent a vazbu mezi nimi. Uvedené vazby mezi jednotlivými komponentami nám zajistí, že změna dílu se projeví nejen na výkrese, ale i v sestavách, kde je tento díl použit.

Užitečnou funkcí je automatická tvorba a aktualizace kusovníků a rozpisek. Tyto nástroje také umožňují sestavu rozpohybovat nebo určit, zda má sestava stupně volnosti. Prostředí pro modelování sestav obsahuje i speciální nástroje pro automatické generování rámových konstrukcí, svařenců, trubek, hadic a kabelových svazků, což ještě více zvyšuje efektivitu práce konstruktéra. [4]

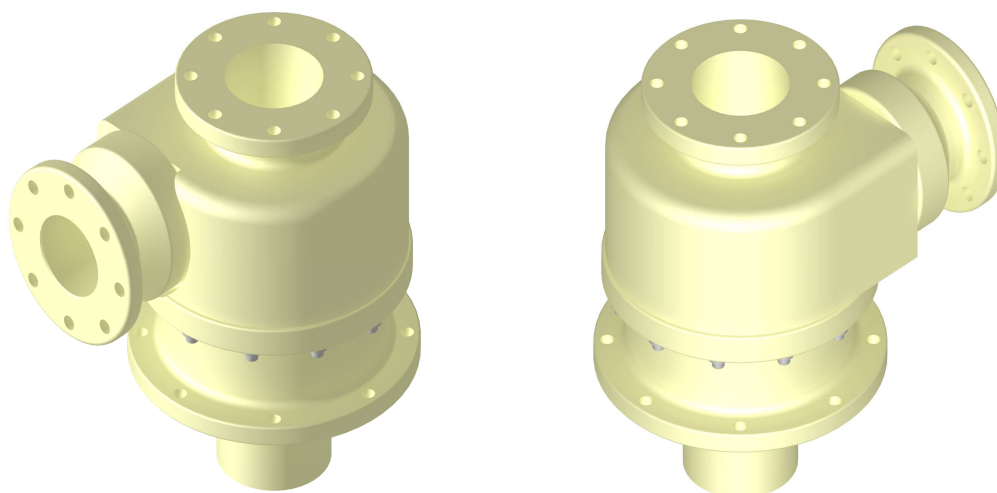
### 2.3 Vtokové těleso z plastu

Namodelované vtokové těleso obr. 17 se skládá z několika částí, které jsou k sobě spojeny speciálním lepícím materiálem na bázi kyseliny mravenčí. Dochází k naleptání povrchu a obě části se musí okamžitě spojit. Tento spoj zaručuje dokonalou pevnost a těsnost. Pevnost každého dílu se při výrobě ověřuje tlakovou zkouškou při níž je vtokové těleso namáháno vnitřním přetlakem vody o velikosti 600 kPa. Běžné provozní podmínky však nepřekračují hodnotu 400 kPa. Šrouby slouží už jen jako pojistka.

Středová trubka pro vytříděná vlákna papíru je nalisovaná za tepla při teplotě 100 °C.

Spirála uvnitř vtokového tělesa byla navržena z důvodu usnadnění vzniku víru uvnitř třídíče.

Příruby slouží ke spojení vířivého třídíče s potrubím.



Obr. 17. Vtokové těleso z PA6

## 2.4 Kuželová část

Konstrukce kuželové části byla prováděna empiricky na základě provozních zkušeností. Kužel byl zkonstruován a testován na zkušebnách, podle toho se pak několikrát upravoval než se dospělo ke konečné vyhovující verzi.

## 2.5 Způsob výroby plastových dílů odléváním

Základem této technologie je převedení polymeru do stavu, kdy je hmota velmi dobře tekutá. Výhodou odlévání je výroba dílů bez vnitřního pnutí, výroba tvarově rozdílných dílů najednou, minimální odpad, konstrukční jednoduchost a nízké náklady na formy a stroje. Nevýhodou je omezení počtem vhodných plastů, nízká rozměrová přesnost, dlouhé pracovní cykly.

Gravitační lití je technologicky nejjednodušším způsobem, neboť na materiál působí pouze hydrostatický tlak, a proto musí mít hmota velmi dobrou tekutost. Formy které mohou být jak kovové, tak i skleněné nebo z plastů, se během procesu nepohybují a jsou ohřívány na teplotu, která je závislá na druhu odlévaného plastu. [5]

## 2.6 Zhotovení technické dokumentace pro výrobu

Technická dokumentace pro výrobu a montáž obsahuje:

- Výkresy
- Rozpisky
- Technologické postupy
- Pokyny pro montáž a zkoušku

### 2.6.1 Výkresy

Výkresy pro výrobu obsahují hlavní sestavu, podsestavy a jednotlivé díly.



Příloha č. 1.

Výkresová dokumentace - Vířivý třídič SVO-25 celoplastový č.v. 4412.364.000.V2

- Těleso třídiče SVO-25 č.v. 4412.360.000.V2
- Vtokové těleso č.v. S-626-II-BG1 S
- Kužel 25 č.v. 2982.039.000.D3
- Kužel 20 č.v. 2982.038.000.D3
- Kužel 15 č.v. 2982.037.000.D3
- Držák horní SVO-25 č.v. 1022.100.000.S2
- Držák spodní SVO-25 č.v. 1022.101.000.S2
- Oddělovací těleso VO č.v. 4412.280.000.S2
- Průhledítko č.v. 4412.058.010.D4

## 2.6.2 Rozpisky

Příloha č. 2

## 2.6.3 Technologické postupy

Náhradou ocelového odlitku vtokového tělesa za polymerní dojde k úplnému odbourání strojních operací, svářečských operací a povrchových úprav.

Na ocelovém odlitku je nutné provést opracování na soustruhu a horizontální vyvrtávače. Soustružnická operace zahrnuje tyto úkony: zarovnat čelo příruby, začistit  $\emptyset$  370, soustružit osazení  $\emptyset$  299H9 do hloubky 7, které slouží jako vodící průměr při montáži horního kužele. Soustružit výběh pod úhlem  $2 - 3^\circ$  k průměru 260, tento výběh slouží jako náběhová hrana pro plynulou návaznost k hornímu kuželu. Dále je nutno vytočit otvor  $\emptyset$  133H9 pro středovou trubku pro vytríděná vlákna.

Po soustružnické operaci se musí dokončit obrábění hlavy vtokového tělesa na horizontální vyvrtávače. Tato operace obsahuje tyto úkony: zarovnání čela výstupního hrdla na rozměr 258 od osy otvoru pro středovou trubku. Začištění  $\emptyset$  100 v délce 18 na výstupním hrdle a sražení hrany  $3 \times 45^\circ$  pro navaření lemového kroužku se spojo-

vací přírubou. Jako poslední vyvrtat 8 x Ø18 do příruby. Tyto otvory slouží ke šroubovému spojení s horním kuželem.

Na takto vytvořený obrobek se pomocí přípravku navaří lemové kroužky se spojovacími přírubami. Do připraveného otvoru 133H9 nasuneme středovou trubku a svaříme s obrobkem. Veškeré svary musejí být vodotěsné a odpovídají jakosti svaru „C“ dle ČSN EN 5718.

Po svaření se provede povrchová úpravu vtokového tělesa odstínem RAL 5010. Tato povrchová úprava má pouze estetický význam.

Nákupem polymerního vtokového tělesa z PA6 odpadnou veškeré výše zmíněné strojní operace, svářečské operace a povrchové úpravy. Z těchto důvodů lze provést velmi rychlou finální montáž třídiče.

Příloha č. 3: Technologické postupy stávajícího SVO-25

Příloha č. 4. Technologické postupy SVO-25 z PA6

2.6.4 Pokyny pro montáž a zkoušku

Montáž se provádí dle schématu, v kterém jsou uvedeny i jednotlivé parametry pro zkoušení.

Obr. 18. Pokyny pro montáž a zkoušku

SVO-25 Č.V. 4412.364.000.V2 (starý 4412.339.000.V3 s ocelovou hlavou)  
 TĚLESO SEPARATORU SVO/SVU-25 Č.V. 4412.360.000.V3 (4412.338.000.V3)  
 (BEZ RÁMU)

1 DN125  
 SO-626-II -Schwartz  
 (2956.182.000.S2 -původně ocelové)  
 VTOKOVÉ TĚLESO

2 2982.039.000.D3  
 KUŽEL-25

3 2982.038.000.D3  
 KUŽEL-20

4 2982.037.000.D3  
 KUŽEL-15

5 SO-662-KONUS -Schwartz  
 (4412.269.000.S3 -původně keramika)  
 SPODNÍ KUŽEL

ODDĚLOVACÍ TĚLESO Č.V. 4412.280.000.S2

Hltnost(Q1) l/min.	1 700 - 2 200
Hltnost optimální(Q1) l/min.	1 800 - 2 100
Vstupní tlak optimál. (p1) kPa	max.400
Výstupní tlak min.(p2) kPa	50
Tlaková ztráta optimální (p)=(p1-p2) kPa	70 - 140
Konzistence max.(k1)%	2
Konzistence opt. (k2)%	0,5 - 1,2
Účinnost třídění %	70 - 90
Spotřeba proplachové vody l/min.	-
Tlak poplachové vody kPa	-
Užitný obsah sběrné skříně "M" dm	-
Hmotnost kg	100

## 2.7 Metodika zkoušek vířivých třídíčů SVO – 25 s plastovou hlavou

### Definování vstupní suroviny:

- Vstupní látka

125 kg OFW (kancelářský odpad) vstupního materiálu o 92 % sušiny rozvlákníme a přečerpáme do 6 m<sup>3</sup> míchací nádrže

Dobře promícháme pro nastavení konstantních podmínek.

- Množství nečistot zanesených do látky

5 kg písku pro zvýšení a lepší viditelnost těžkých nečistot v suspenzi a následně přehlednější vyhodnocení

- Zkoušky třídíče

Pomocí regulace vstupního, výstupního tlaku jsme pokryli celý předpokládaný rozsah zkoušeného třídíče a mapovali hodnoty ze zkoušek s litými hlavami. Cílem je zjištění parametrů a porovnání výsledků se zkouškami třídíčů s litými hlavami.

Měříme hodnoty uvedené v tabulkách.

### Průběh zkoušek

Zkoušku časově omezíme na 45 min., po tomto časovém horizontu dojde k zastavení zkoušek a při opakování zkoušky k zahuštění látky na původní konzistenci. Poté naředíme látku 450-675 litry vody, tzn., že konzistence poklesne z 2% na 1,8%. To je únosná hodnota kolísání konzistence. Vliv na parametry stroje je minimální.

Vzorky odebereme vždy na začátku a na konci zkoušky, pro laboratorní vyhodnocení konzistence.

Po zkoušce látku naředíme na 1% konzistence (vliv nabobtnání látky a účinky čerpadla na látku zanedbáme).

Zkoušku budeme opakovat s touto konzistencí a pokryjeme všechny nastavení předchozí zkoušky. Opět odebereme vzorky pro stanovení konzistence na začátku a na konci zkoušky.

Po zkoušce látku naředíme na 0,75 % konzistence (vliv nabobtnání látky a účinky čerpadla na látku zanedbáme).

Zkoušku budeme opakovat s touto konzistencí a pokryjeme všechny nastavení první zkoušky. Opět odebereme vzorky pro stanovení konzistence na začátku a na konci zkoušky.

Před zkouškami vytiskneme hodnoty naměřené při zkouškách s litými hlavami a parametry a nastavení třídiče přizpůsobíme těmto zkouškám pro porovnání možných rozdílů s plastovými hlavami.

**Měřeno:**

- průtok tříděné látky (l/min)
- vstupní tlak (Pa)
- výstupní tlak (Pa)
- kontrola kvality víru v průhledítku

**Při zkoušce měníme a sledujeme:**

- měníme: - průtok tříděné látky v závislosti na tlakové ztrátě  $Q_1$  [l/min]
- sledujeme: - vstupní a výstupní tlak - měřeno
  - kvalitu víření – vizuálně

Tab. 8. Tabulka naměřených hodnot SVO – 25

Měřené hodnoty	Počet měření					
	1	2	3	4	5	6
<b>Konzistence = 2%</b>						
$p_1$ [kPa]	90	110	150	180	205	240
$p_2$ [kPa]	20	30	50	60	65	80
$\Delta p_{1,2}$ [kPa]	60	80	100	120	140	160
$Q_1$ [l/min]	1270	1480	1660	1780	1960	2100
<b>Konzistence = 1%</b>						
$p_1$ [kPa]	90	110	130	160	190	220
$p_2$ [kPa]	20	30	30	40	60	60
$\Delta p_{1,2}$ [kPa]	70	80	100	120	130	160
$Q_1$ [l/min]	1265	1485	1675	1785	1970	2115
<b>Konzistence = 0,75%</b>						
$p_1$ [kPa]	110	150	190	225	260	295
$p_2$ [kPa]	30	50	70	85	100	115
$\Delta p_{1,2}$ [kPa]	80	100	120	140	160	180
$Q_1$ [l/min]	1280	1495	1680	1790	1965	2120

$p_1$  – vstupní tlak;  $p_2$  – výstupní tlak;  $\Delta p_{1,2}$  – rozdíl tlaků;  $Q_1$  – průtok tříděné látky

### Závěr zkoušek:

SVO - 25 byl odzkoušen na standardním zkušebním stojanu s upevněním pod hlavou a spodním kuzelem. Třídíč prokázal dostatečnou tuhost, nevibroval při žádných provozních podmínkách. Není nutné použít nosný rám jako u kovové konstrukce a několikrát upevnění kuželu.

Třídíč vykázal vysokou flexibilitu akceptovatelných provozních parametrů. Pracuje dobře při nízkých a vysokých tlacích.

Důležité je zohlednění požadavku na dodržení minimálního výstupního tlaku závislého na tlakové ztrátě.

Výsledky zkoušek jsou uvedeny na obrázcích 19 a 20.



*Obr. 19. Vzorek vytříděných nečistot při zkoušce*



*Obr. 20. Vytříděná látka (dobrá)*

## 2.8 Ekonomické zhodnocení

V následující tabulce č. 9 je ekonomické zhodnocení vířivých třídičů, které se v posledních třech letech vyráběly v různých materiálových provedeních:

- rok 2009 – nerezová litina, polyuretanový kužel + laminát
- rok 2010 – polyamidový kužel, vtokové těleso – nerezová litina
- rok 2011 – kužel i vtokové těleso z polyamidu

ÚVN (úplné vlastní náklady) jsou stanoveny na 1 kus třídiče při výrobě 5 – 10 ks třídičů, kdy je konečná cena výhodnější. Při snížení počtu odebíraných kusů se cena zvyšuje.

### Komentář k tabulce:

- Spodní kužel – v roce 2009, 2010 byl vyráběn v ocelovém provedení s keramickou vložkou (jedná se o nejvíce namáhanou část třídiče na otěr), v novém provedení je z polymerního materiálu PA6, který nemá takovou životnost, ale je několikanásobně levnější
- Rám 025, držák spodní – cena těchto položek se snížila z důvodu odstranění nosného rámu, který byl nahrazen pouze horním a spodním držákem z důvodu větší pevnosti polyamidového kužele (nevibruje)
- Položky u kterých se v roce 2010 a 2011 objevila 0,-, jsou díky polyamidovému kuželu úplně odstraněny
- Oddělovací těleso – zatím je stále vyráběno z nerezové litiny, do budoucna realizace z PA6 – cenová nabídka od firmy Schwartz činí 3840,- Kč

V roce 2009 a 2010 byly vířivé třídiče prodávány pod jejich skutečnou cenou, z toho důvodu, že jejich cena byla příliš vysoká a nebylo možné konkurovat ostatním dodavatelům.

V roce 2009 činily ztráty na výrobě vířivých třídičů 25 788,- Kč a v roce 2010 3 262,- Kč.



Tyto ztráty se ovšem kompenzovaly tím, že jsou vířivé třídiče dodávány většími k celé papírenské lince nebo k její části. Cena se tedy vyrovná s prodejem dalších dílů papírenské linky.

Tab. 9. Ekonomické zhodnocení

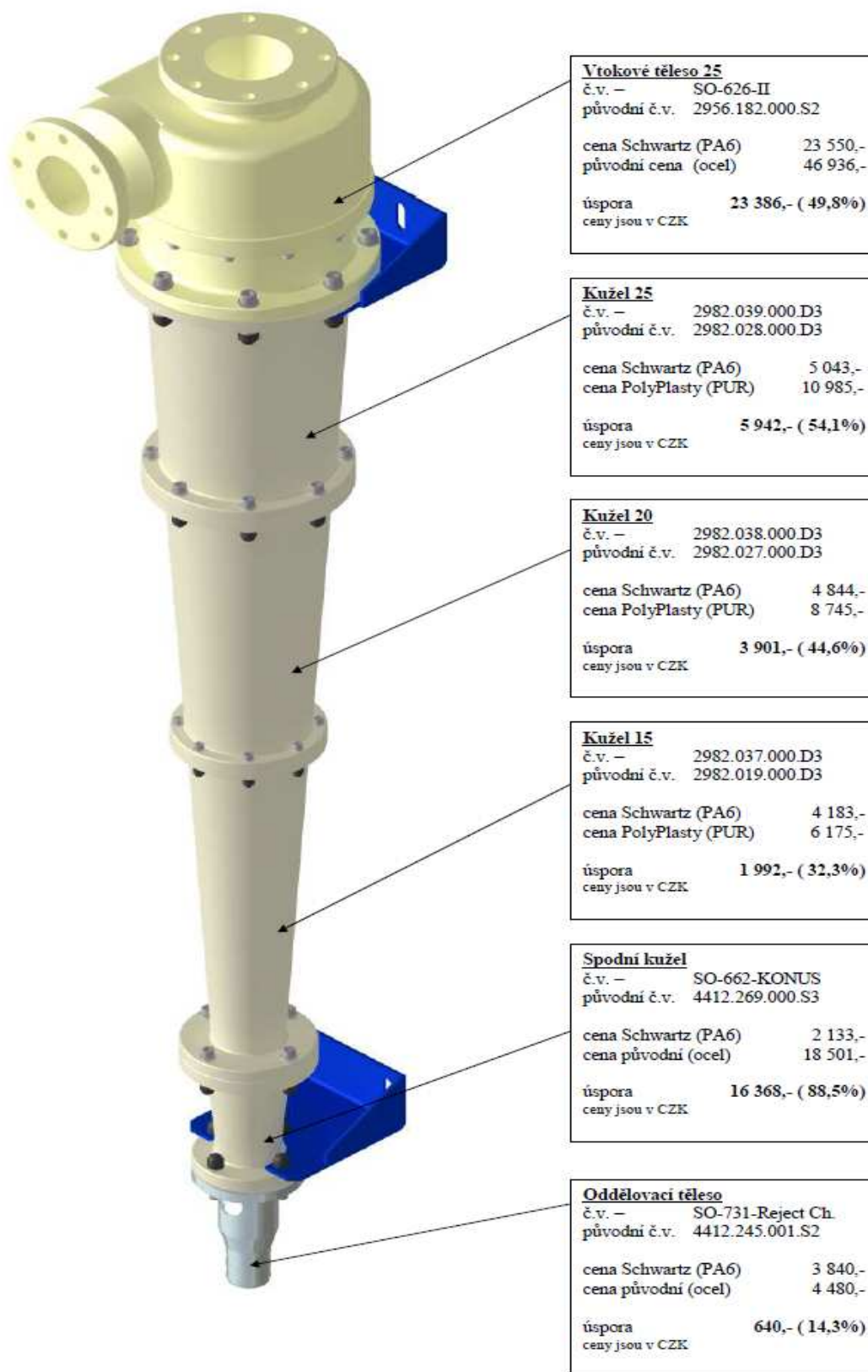
mn.	jedn.	Název	Číslo výkresu	NL+ PUR 2009	Schwartz 2010	Schwartz 2011
<b>ÚVN stanoveny na 1 ks třídiče při výrobě 5-10 ks třídičů</b>						
1	ks	vtkové těleso (hlava třídiče)	2956.182.000.S2	46 936	46 936	23 550
1	ks	kužel 25 - PUR / PA6		10 985	5043	5043
1	ks	kužel 20 - PUR / PA6		8 745	4844	4844
1	ks	kužel 15 - PUR / PA 6		6 175	4183	4183
1	ks	spodní kužel	4412.269.000.S3	18 501	18 501	2 133
1	ks	rám 025	1022.079.000.S2	3 950	1500	1500
1	ks	držák 20	1022.080.000.S3	1 214	0	0
1	ks	držák horní	1022.077.000.S3	1 542	0	0
1	ks	držák spodní	1022.086.000.S3	1 824	1000	1000
1	ks	držák	1022.081.000.S3	1 528	0	0
1	ks	kroužek horní	2210.084.000.D4	1 695	0	0
3	ks	kroužek 25	2210.085.000.D4	542	0	0
3	ks	kroužek 20	2210.086.000.D4	422	0	0
1	ks	kroužek 15	2210.087.000.D4	396	0	0
1	ks	plech DN 125	D4.131301.0.008	63	63	63
1	ks	plech DN 100	D4.131301.0.007	62	62	62
8	ks	trubička	4412.184.022.D4	76	0	0
1	sd	mont. a spoj. materiál		827	827	827
1	ks	kompletace tělesa třídiče		2 104	2 104	2 104
1	ks	<b>těleso třídiče celkem</b>	4412.324.000.V2	<b>107 587</b>	<b>85 063</b>	<b>45 309</b>
1	ks	oddělovací těleso	4412.280.000.S2	6 674	6 674	6 674
1	ks	štítek	S4.1920.875.000	509	509	509
1	ks	průhledítko jako ND - nákup. díl	4412.058.010.D4	46	46	46
1	sd	mont. a spoj. materiál		72	72	72
1	ks	kompletace třídiče		3 230	3 230	3 230
1	ks	konstrukční zprac. zak. - odhad 5 Nh/5 třídičů		770	770	770
		<b>ÚVN (úplně vlastní náklady) celkem</b>		<b>118 888</b>	<b>96 364</b>	<b>56 610</b>
		<b>ceníková cena / ks</b>		<b>93 100</b>		
		<b>+ zisk / - ztráta v Kč</b>		<b>-25 788</b>	<b>-3 262</b>	<b>36 490</b>
		<b>+ zisk / - ztráta v % z ceny</b>		<b>-27,7%</b>	<b>-3,5%</b>	<b>39,2%</b>
		<b>+ zisk / - ztráta v % z ÚVN</b>		<b>-21,7%</b>	<b>-3,4%</b>	<b>47,6%</b>
				<b>Úspora</b>	<b>Úspora</b>	
				<b>22 524</b>	<b>62 278</b>	
				<b>19%</b>	<b>52%</b>	

Pozn.: ceny jsou uvedeny v CZK

V porovnání s rokem 2009, činí úspora v roce 2010 = 22 524,- Kč a v roce

2011 = 62 278,- Kč. Tohoto výrazného snížení nákladů se dosáhlo díky polymernímu materiálu PA6. V roce 2011 je zisk na třídiči 36 490,- Kč.

## 2.9 Ceny jednotlivých dílů SVO-25 z polyamidu



Obr. 21. Ceny jednotlivých dílů

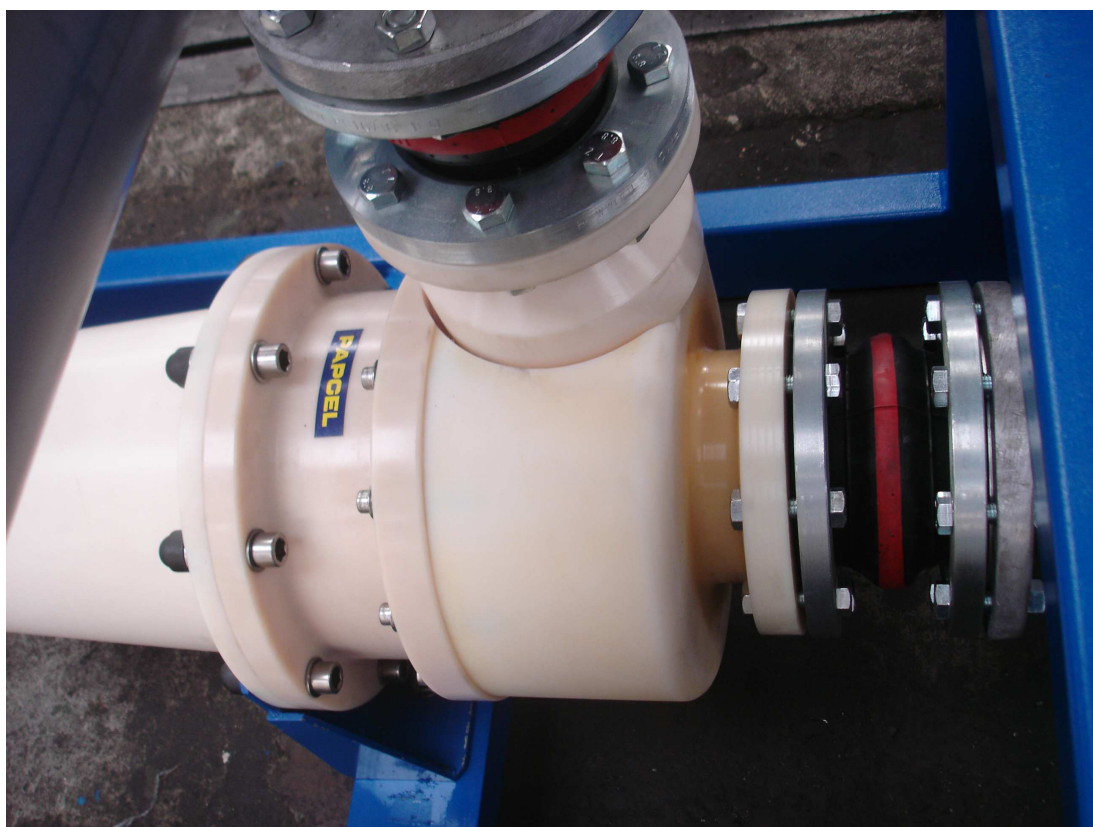
### 3 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byla inovace vířivého třídiče SVO – 25, v původním provedení z nerezového odlitku vtokového tělesa a polyuretanového kužele, novým materiálem polyamidem 6, viz. obrázek 22.

Touto inovací bylo dosaženo snížení pracnosti při výrobě nákupem hotových odlitků z PA6, které se již nemusí dále obrábět ani jinak upravovat a jsou připraveny rovnou k montáži.

Dále se díky novému materiálu PA6 zvýšila odolnost kuželů a vtokového tělesa proti abrazi, jsou odolnější při vyšších teplotách, jsou méně nasákavé a mnohem tužší, čímž byl odstraněn nosný rám, který byl u původního provedení nezbytný.

Nejpodstatnější je snížení výrobních nákladů, díky kterým se výroba vířivého třídiče stala ziskovou.



*Obr. 22. Celoplastový SVO - 25*

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Zpracováno Papcel, a.s.: Technické materiály vřívých třídičů, 2008
- [2] FÜRBAKER I.: *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty: kovy, plasty, keramika, kompozity*, Nakladatelství Praha, 2002, ISBN 80-86229-02-5
- [3] LPM – vlastnosti plastů [online]. Dostupný z www:  
[http://www.lpm.cz/index\\_polyurethane.html?http://www.lpm.cz/kunststoff/herstellung/polyurethan/polyurethane.htm](http://www.lpm.cz/index_polyurethane.html?http://www.lpm.cz/kunststoff/herstellung/polyurethan/polyurethane.htm)
- [4] Autodesk Inventor [online]. Dostupný z www:  
<http://www.caxmix.cz/2011/01/11/10-duvodu-proc-zvolit-autodesk-inventor/>
- [5] Technická univerzita Liberec, Odlévání plastů [online]. Dostupný z www:  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/11.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/11.htm)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PA 6	Polyamid 6
PUR	Polyuretan
SVS	Vřířivý separátor
SHL	Třídič husté látky
VO, SVO	Vřířivý třídič otevřený (separátor výplivu otevřený)
VU, SVU	Vřířivý třídič uzavřený (separátor výplivu uzavřený)
MK, M	Vyprazdňování ruční
A	Vyprazdňování automatické
ÚVN	Úplné vlastní náklady

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Popis vířivého třídíče.....	13
Obr. 2. Stanice třídíčů SVO – 25.....	14
Obr. 3. Vířivý separátor SVS 25 – O.....	15
Obr. 4. Vířivý třídíč otevřený SVO – 25.....	16
Obr. 5. Vířivý třídíč otevřený VO – 15.....	17
Obr. 6. Třídící stanice SVU – 25 M.....	19
Obr. 7. Vířivý separátor SVS – 25A.....	20
Obr. 8. Vířivý třídíč uzavřený SVU – 25 MK.....	21
Obr. 9. Stanice třídíčů MOVI SVO – 20.....	24
Obr. 10. Vířivý třídíč MOVI SVO – 20.....	25
Obr. 11. Vířivý třídíč MOVI SVU - 20.....	26
Obr. 12. Tok látky uvnitř třídíče VO.....	29
Obr. 13. Vířivý třídíč SVO – 25 _ provedení před inovací .....	34
Obr. 14. PUR kužel po 6-ti měsíčním provozu.....	34
Obr. 15. Vydrolený PUR kužel.....	35
Obr. 16. Vířivý třídíč SVO – 25.....	37
Obr. 17. Vtokové těleso z PA6.....	39
Obr. 18. Pokyny pro montáž a zkoušku.....	43
Obr. 19. Vzorek vytríděných nečistot.....	47
Obr. 20. Vytríděná látka (dobrá).....	47
Obr. 21. Ceny jednotlivých dílů.....	50
Obr. 22. Celoplastový SVO-25.....	51

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Technické parametry třídičů VO, SVO.....	18
Tab. 2. Technické parametry VU, SVU.....	23
Tab. 3. Technické parametry MOVI VU (SVU).....	28
Tab. 4. Vlastnosti PA6.....	30
Tab. 5. Vlastnosti oceli.....	31
Tab. 6. Vlastnosti PUR.....	32
Tab. 7. Porovnávací tabulka vlastností PA6/PUR.....	35
Tab. 8. Tabulka naměřených hodnot SVO – 25.....	46
Tab. 9. Ekonomické zhodnocení.....	49

## SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace - Vířivý tříděč SVO-25 celoplastový

PII Rozpisky

PIII Technologické postupy stávajícího SVO-25

PIV Technologické postupy SVO-25 z PA 6

PV CD disk

- bakalářská práce v PDF

- výkresová dokumentace v PDF

- technologické postupy v PDF

- rozpisky v PDF