

Modernizace filtrační stanice obráběcího stroje

Modernization of filter unit used for manufacturing machine

Bc. Pavel Velčovský



ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi modernizace filtračních stanic určených pro obráběcí stroj. Teoretická část se věnuje možnostem dopravy třísek, filtrace řezné kapaliny a celkovým uspořádáním filtrační stanice. V praktické části jsou navrženy hodná řešení filtrační stanice, zvolený typ je pak podrobněji popsán a proveden jeho ekonomický rozbor.

Klíčová slova:

Filtrace, filtrační stanice, třísky, procesní kapaliny

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the possibilities of upgrading filter unit for manufacturing machine. The theoretical part solves problems of transport of chips, filtration of coolant and overall arrangement of the filter unit. The practical part of the proposed solutions to the most appropriate filter unit, for the selected filter unit and the type of design documentation is prepared and conducted the economic analysis of selected variants.

Keywords:

Filtration, filter unit, chip, coolant

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří přispěli k dokončení mé bakalářské práce. Především děkuji svému vedoucímu panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a pomoc při vypracování této práce.

Motto:

V životě nemá cenu nic, snad kromě těch mála věcí, které si sami vyrobíte.

Daisuke Ido

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	6
I TEORETICKÁ ČÁST.....	7
1 PRŮVODNÍ JEVY PROCESU OBRÁBĚNÍ.....	8
1.1 ŘEZNÉ KAPALINY A JEJICH VÝZNAM	8
1.2 TYPY ŘEZNÝCH KAPALIN	9
1.3 TŘÍSKA A JEJÍ UTVÁŘENÍ	10
1.4 TYPY TŘÍSEK.....	11
2 FILTRACE ŘEZNÝCH KAPALIN	14
2.1 MECHANICKÉ SEPARÁTORY	15
2.2 MAGNETICKÉ SEPARÁTORY	17
2.3 Odstředivé separátory	18
2.4 SEPARÁTOR OLEJŮ Z EMULZÍ	19
3 POHONY	21
3.1 ELEKTROMOTORY	21
3.2 PŘEVODY	24
4 DOPRAVNÍKY TŘÍSEK.....	26
4.1 ČLÁNKOVÝ DOPRAVNÍK	26
4.2 HRABLOVÝ	27
4.3 MAGNETICKÝ DOPRAVNÍK.....	28
4.4 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK	29
5 ČERPADLA	30
5.1 HYDROSTATICKÁ.....	30
5.2 HYDRODYNAMICKÁ.....	31
6 ZÁSObNÍKY KAPALIN.....	34
6.1 ZÁSObNÍKY	34
6.2 POMOCNÁ A OVLÁDACÍ ZAŘÍZENÍ	34
7 STANOVENÍ CÍLŮ PRO PRAKTICKOU ČÁST	38
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	39
8 VYHODNOCENÍ STAVU FILTRAČNÍCH STANIC NA TRHU	40
8.1 TECNIMETAL	41
8.2 LOSMA.....	42
8.3 ASTOS.....	44
8.4 GREEN-TECH M+H	45
8.5 KNOLL	46
9 VARIANTY FILTRAČNÍCH STANIC K FRÉZOVACÍMU STROJI.....	47
9.1 NAVRŽENÉ KONSTRUKCE FILTRAČNÍ STANICE, VARIANTA 1	47
9.2 NAVRŽENÉ KONSTRUKCE FILTRAČNÍ STANICE, VARIANTA 2	51
9.3 NAVRŽENÉ KONSTRUKCE FILTRAČNÍ STANICE, VARIANTA 3	54
9.4 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH FILTRAČNÍCH STANIC.....	56
10 NAVRŽENÉ KONSTRUKCE DOPRAVNÍKU TŘÍSEK.....	60

11	SESTAVA FILTRAČNÍ STANICE.....	63
11.1	DOPRAVNÍK	64
11.2	ZÁSOBNÍK KAPALIN	65
11.3	FILTRAČNÍ STANICE	66
12	EKONOMICKÝ ROZBOR FILTRAČNÍ STANICE.....	77
	ZÁVĚR.....	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK.....	93

ÚVOD

Obráběcí stroj prošel během 20. století velkým konstrukčním vývojem. Současné obráběcí stroje jsou schopny za krátký čas odebrat poměrně velké množství materiálu, který je ve formě třísek nutno rychle odvést z prostoru obrábění. K tomuto účelu se ve velké míře používá dopravníků třísek. Velký objem odebraného materiálu je dán především velkou řeznou rychlostí, která má za následek vznik velkého množství tepla v místě řezání. K účinnému odvodu vzniklého tepla se používá procesních kapalin, které se dopravují do místa řezání.

Moderní obráběcí stroj musí zajišťovat řadu úkonů. Kromě základních funkcí, jako jsou pohyby vřetene a posuvů, musí mimo jiné také plynulý odvádět třísky, dopravovat procesní kapalinu do místa řezání a zbavovat ji nečistot. Všechny doprovodné úkony by měli probíhat plynule a automaticky tak, aby se jimi obsluha obráběcího stroje nemusela zabývat. Dosáhne se tak nejen úspory finanční, ale v důsledku zkrácení vedlejších časů a prodloužení životnosti procesní kapaliny také zlepšení pracovního prostředí a snížení rizika zranění.

Chlazení při obrábění se používá pro účinné odvádění tepla z místa obrábění, ke snadnějšímu odvodu třísek od obrobené plochy, k její ochraně před korozivními účinky ovzduší a také pro zvýšení mazacího účinku v průběhu řezání. Filtrace řezné kapaliny má bezesporu velký přínos. Nečistoty v řezné kapalině nepříznivě ovlivňují nejen životnost čerpadel, rozvodného systému, ale také životnost nástroje a jakost obrobené plochy. S rostoucí cenou zařízení, nástrojů, provozních kapalin a energií roste také význam a používání filtračních stanic. Moderní filtrační stanice je vybavena řadou ovládacích prvků, které jí umožňují pracovat dlouhou dobu v bez nutnosti zásahu obsluhy.

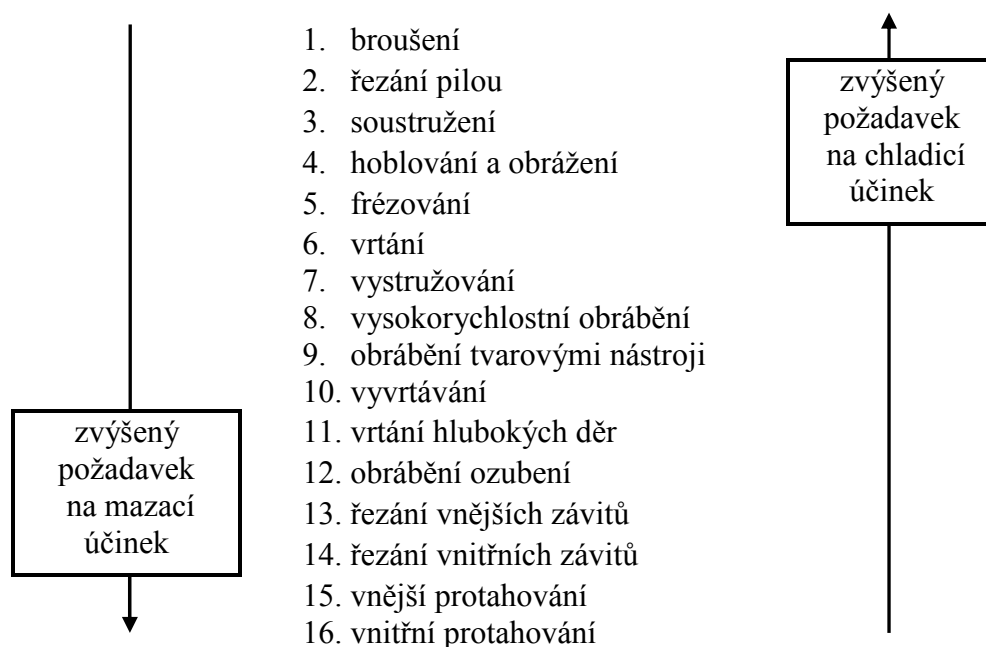
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮVODNÍ JEVY PROCESU OBRÁBĚNÍ

Obrábění lze definovat jako technologický proces, při kterém je požadovaný tvar a rozměr součásti utvářen postupným odebíráním materiálu z výchozího polotovaru. Materiál může být odebírán mechanickým pochodem, odtavováním částic materiálu nebo chemickým rozpouštěním částic materiálu. Charakteristickým rysem všech metod obrábění je oddělování materiálu ve formě třísek za současného vzniku tepla. [1]

1.1 Řezné kapaliny a jejich význam

Většina energie dodaná do procesu řezání se přemění na teplo, které je z místa řezu odváděno obrobkem, nástrojem, třískou a řezným prostředím. Poměr tepla odvedeného řeznými prostředím můžeme výrazně zvýšit použitím řezných médií, především procesní kapaliny. Procesní kapalina, někdy také nazývaná řezná kapalina, má kromě již zmíněného chladicího účinku také mazací účinek, který snižuje vývin tepla a vyplachuje třísky z místa řezu. Zároveň by řezná kapalina měla být provozně stálá a zdravotně nezávadná a chránit materiál před korozí. Požadavky jednotlivých metod obrábění na chladicí a mazací účinek řezného média jsou znázorněny na obr. 1.



Obr. 1. Požadavky na chlazení a mazání z hlediska metod obrábění [1]

Nejběžnějším řezným médiem je řezná kapalina. Dělíme je do dvou skupin na kapaliny s převážně chladicím účinkem tj. chladicí kapaliny a na kapaliny převážně s mazacím účinkem, tj. řezné oleje. Chladicí kapaliny mají jako základní složku vodu, která dobře vede teplo, její další výhodou je její nízká cena. Jako řezné oleje se používají minerální oleje, oleje živočišného a rostlinného původu, nebo syntetické oleje [3].

1.2 Typy řezných kapalin

Vodní roztoky jsou nejjednodušší řezné kapaliny, ale nejsou příliš vhodné z hlediska aplikace. Jejich základem je voda, která vyžaduje řadu úprav, jako je změkčování, přidávání antikorozních přísad, přísad pro zlepšení smáčivosti a proti pěnivosti. U těchto kapalin vzniká nebezpečí rozmnožování anaerobních bakterií, které způsobují nepříjemný zápach. [2]

Emulzní kapaliny jsou složeny ze dvou v sobě vzájemně nerozpustných kapalin. Obvykle jsou mikroskopické kapky oleje rozptýleny ve vodě s využitím další složky tzv. emulgátorů. Koncentrace oleje ve vodě se pohybuje v rozmezí 2 až 10%, v závislosti na typu obrábění a materiálu nástroje a obrobku. Emulzní řezné kapaliny mají široké uplatnění, především díky relativně nízké ceně a dobrým užitným vlastnostem. Je to dáno dobrým odvodem tepla pomocí vody a mazacími schopnostmi oleje. Do emulze se také s výhodou přidávají prostředky zabraňující jejímu předčasnému stárnutí a také prostředky ochrany proti korozi.

Mezi **masné oleje** používané při obrábění patří především řepkový olej, ricinový olej a olej lněný. Oproti olejům minerálním mají lepší smáčivost a tím i lepší odvod tepla, jejich velkou nevýhodou je značný sklon ke stárnutí.

Minerální oleje se vyrábějí z ropy. Mají dobrou mazací a horší chladicí schopnost, jejich velkou výhodou je dobrá odolnost proti stárnutí provozní stálost, proto tvoří základ běžně používaných řezných olejů.

Řezné oleje jsou zušlechtěné minerální oleje. Jako přísady se používají masné látky, které zlepšují mazací schopnost za nízkých tlaků, dále se používají organické sloučeniny na bázi síry fosforu a chlóru, které za vysokých tlaků zabraňují kovovým mikrosvarům na třecích plochách a také se používají pevná maziva jako sgrafit nebo sirník molybdenu, které vytvářejí vrstvu odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje.

Syntetické oleje mají lepší chladicí a mazací účinky než oleje minerální, dobrou provozní stálost a ochranný účinek. Nevýhodou je však jejich cena.

Řezná média konzistentní, jako jsou tuky, nebo pevná, převážně prášková maziva jsou při obrábění využívána jen zřídka. Snižují sice tření mezi nástrojem a obrobkem, ale neumožňují intenzivní odvod tepla z místa řezu. Uplatňují se např. při řezání závitů nebo při speciálním obrábění. Chlazení plynem zatím není rozšířeno, zejména kvůli komplikovanosti řešení. Vhodně zvolený plyn však může nejen odvádět teplo z místa řezu, ale také svými chemickými účinky také snižovat tření. V současnosti se často využívá jemně rozptýlených kapiček oleje ve vzduchu, tzv. olejové mlhy.[2]

Důležitou vlastností procesních kapalin je její viskozita. Její význam je jak při filtraci procesní kapaliny tak při její dopravě do místa řezání. Vyšší viskozita značně zpomaluje proces filtrace a zvyšuje energetickou náročnost dopravy kapaliny. Zatímco kinematická viskozita vody je $0,658 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při teplotě 40°C , tak se kinematická viskozita řezných olejů při stejné teplotě běžně pohybuje okolo $30 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Ekonomické hledisko volby řezné kapaliny je určeno nejen její cenou, ale také její životností a vlivem řezné kapaliny na proces obrábění. Řezné oleje mají oproti emulzím značně vyšší pořizovací náklady, které jsou však částečně kompenzovány větší provozní stálostí a tím pádem i životností. Při jejich užití vzniká v prostoru obráběcího stroje olejová mlha, která jednak zhoršuje pracovní prostředí obsluhy, ale u které může dojít za určitých okolností ke vznícení. I když se bod vzplanutí u většiny řezných olejů pohybuje až kolem 400°C , při obrábění vyššími řeznými rychlostmi a při vylomení břitu nástroje k požáru může dojít. Tomu lze předejít odsáváním olejové mlhy a její následnou filtrací a zároveň je vhodné vybavit obráběcí stroj automatickým hasicím systémem.

V technické praxi se jako procesní kapaliny nejčastěji používá emulzních směsí vody a oleje. Je to především díky poměrně nízké ceně, prodloužení životnosti nástroje a zlepšením kvality obráběného povrchu.

1.3 Tříska a její utváření

Tříska je jedním z charakteristických produktů procesu obrábění. [1] Vzniká při působení nástroje na obrobek. V důsledku plastických deformací při jejím tvoření dochází k přechování třísky, tzn., že průřez třísky je větší než průřez odřezávaného materiálu a

třísky se zkracuje. Velikost této deformace můžeme vyjádřit pomocí součinitele přechování třísky. Pro výpočet vycházíme z představy rovnosti objemů odřezávané vrstvy a realizované třísky. [3]

$$A_D \times v_c = A_{Dc} \times v_t \quad (1)$$

A_D - jmenovitý průřez třísky

A_{Dc} – plocha průřezu třísky

v_c – řezná rychlost

v_t – rychlost třísky

Součinitel přechování třísky Λ se vyjádří na základě úpravy předchozího vztahu [2]

$$\Lambda = \frac{A_{Dc}}{A_D} = \frac{v_c}{v_t} \quad (2)$$

1.4 Typy třísek

Důležitou vlastností třísek pro následnou manipulaci je tvar a velikost třísky. Podle tvaru ji můžeme rozdělit na třísku plynulou (stuhovitou, spirálovou), článkovitou a drobenou třísku (elementární). Tvar třísky je dán materiálem nástroje a obrobku, geometrií nástroje, technologií obrábění a řeznými podmínkami. Z hlediska kvality obráběného povrchu a životnosti nástroje je nejlepší tříska plynulá, z hlediska následné manipulace tříska drobená. Abychom mohli kvalifikovat vhodnost třísky z hlediska její následné manipulace, zavádíme objemový součinitel třísek W , který lze určit ze vztahu 3.

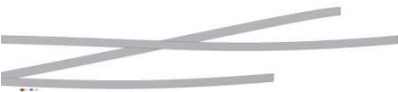






$$W = \frac{V_t}{V_m} \quad (3)$$

V_t - objem volně ložených třísek

V_m – objem odebraného materiálu

Tvar třísky lze pozitivně ovlivnit vhodnými technologickými podmínkami a také tvarem nástroje. Na nástroj se umísťují tzv. tvarovače nebo lamače třísek, taktéž se používá lomené ostří. Tab. 1 ukazuje objemový součinitel třísek v závislosti na jejich tvaru.

Tab. 1. Objemový součinitel dle druhu třísek

Tvary třísek		W
Stuhové dlouhé		Více než 400
Stuhové smotané		300 - 400
Vinuté dlouhé		80 - 150
Vinuté krátké		40 - 60
Spirálové ploché		10 - 20
Obloukovité spojené		8 - 10
Drobená		4 - 6

U dokončovacích metod vzniká tříska mnohanásobně menší než u konvenčních. Při broušení jsou třísky nejčastěji o rozměrech $0,0001$ až $0,002 \text{ mm}^2$, u dalších dokončovacích metod ještě menší. Tříska obdobě malých rozměrů vzniká u elektroerozivního obrábění a u většiny ostatních nekonvenčních metod. Takovéto třísky jsou přímo odplavány kapalinou a její celkové odebrané množství je malé, proto není potřeba používat dopravníky.

2 FILTRACE PROCESNÍCH KAPALIN

Filtrace procesní kapaliny je důležitou součástí jejího pracovního cyklu. Hlavním úkolem filtrace je odstranit cizorodé látky, jako například třísky, otěry, popřípadě ztrátový olej. Správnou filtrací můžeme dosáhnout nejenom prodloužení intervalu výměny řezné kapaliny, ale také zmenšit opotřebení nástroje, zlepšit povrch obrobku a eliminovat znečištění oběhového systému stroje. Typ použité filtrace závisí na použité řezné kapalině, filtrovaném množství za časovou jednotku a typu filtrovaných nečistot.

Tab. 2. Použití filtrů dle velikosti nečistot

Použitelnost filtrů	Odlučovací komora						
	Cyklony						
	Mokrý filtr						
	Mechanické filtry vlhčené olejem						
	Vláknové filtry hrubé						
	Vláknové filtry jemné						
	Látkový filtr						
	Elektrofiltry						
	Velikost příměsí	Viditelné pouhým okem			Mikroskopem		Elektronovým mikroskopem
[μm]		1,0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵

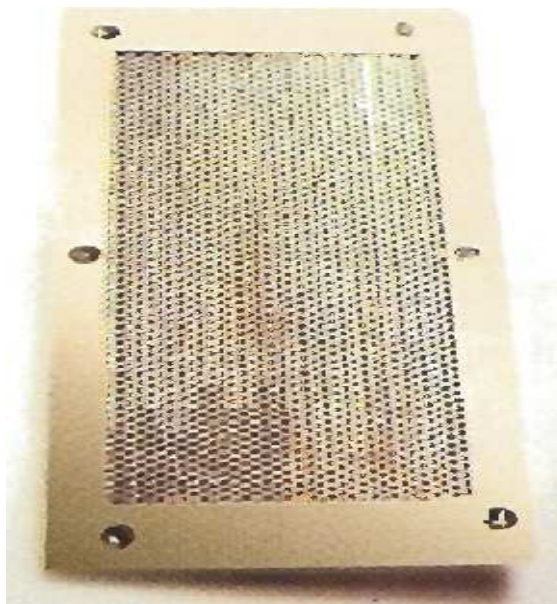
Oddělit nečistoty od řezné kapaliny lze buď dlouhodobým usazováním, nebo filtrací. Usazování je nejjednodušší způsob čištění procesní kapaliny. Usazování však probíhá nerovnoměrně a pomalu, pro dokonalé usazení je nutný jeden den. [2] Používá se především u menších strojů v kombinaci se sítí pro odstranění hrubých nečistot. Proces usazování je možné vhodně usměrnit rozdělením zásobníku řezné kapaliny. Nevýhodou je komplikované odstranění usazených nečistot. Většího účinku při usazování lze dosáhnout uplatněním odstředivek, které jsou popsány v kapitole 2.3.

Filtrační zařízení lze rozdělit podle fyzikálního principu na usazovací, mechanické a magnetické, podle konstrukce např. na pásové, bubnové, podle hnací síly filtrace na odstředivé, gravitační, přetlakové. Volba vhodného zařízení závisí na požadované množství přefiltrované kapaliny, na znečištění kapaliny, na požadované velikosti odfiltrovaných částic a na stupni automatizace.

2.1 Mechanické separátory

Specifickým rysem mechanické filtrace je využití polopropustné membrány jako základního separačního elementu. Zpracovávaná kapalina je přiváděna tak, aby byla v kontaktu s aktivní filtrační vrstvou membrány, přičemž některé komponenty kapaliny membránou procházejí (permeát), jiné jsou membránou zadržovány (retentát).[4]

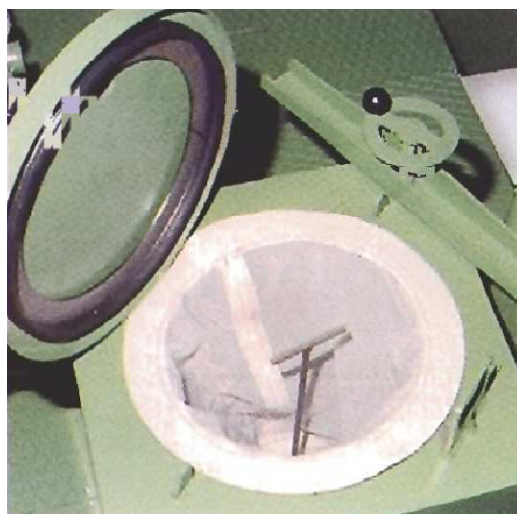
Princip filtrace je založen na zachycování nečistot porézní vrstvou. Na jemnosti filtru závisí velikost odfiltrovaných částic a také množství kapaliny přefiltrované na jednotku plochy filtru. Pro filtraci hrubých nečistot se používá děrovaná deska vyrobená nejčastěji v nerez oceli, popřípadě hrubé síto. Průměr děr se pohybuje z rozmezí 1-3 mm.



Obr. 2. Děrovaná deska

Bubnový filtr obvykle filtruje částice od 50 až 250 μm . Velkou předností jsou kompaktní rozměry, naopak nevýhodou je polokontinuální provoz a obtížná manipulace s filtrační přepážkou. Pro správnou funkci je nezbytná pravidelná kontrola. Děj je možno sledovat a

řídít pomocí ukazatele rozdílu tlaků před a za filtrem. Filtrační přepážka bývá obvykle vyrobena z netkané textilie, nebo speciálního papíru.



Obr. 3. Bubnový filtr

Pásový filtr umožňuje filtrovat nečistoty o velikosti od 10 μm . Jako filtrační přepážky se používá papírových nebo textilních filtrů navinutých v rolích, ze kterých jsou při provozu postupně odvíjeny. Porézní tkanina má zásadní význam pro na velikost částic, které mohou být odstraněny.[5]

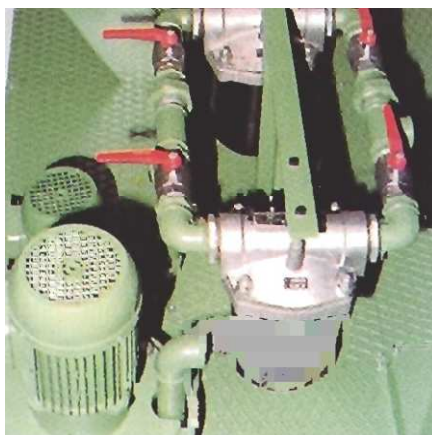


Obr. 4. Pásový filtr

Kapalina určená k filtraci je přiváděná na filtrační tkaninu, která je rozvinuta na rošt prostoru v určeného pro filtraci. Filtrovaná kapalina protéká přes tkaninu a zbavuje se nečistot. Pokud je Nečistoty zachycené na filtrační tkanině snižují postupně její

propustnost s tím, že hladina kapaliny na tkanině postupně stoupá. Po zanesení je nutno filtr odvinout ručně nebo automaticky. Automatické řízení samo sleduje výšku hladiny pomocí plováku. V případě zanesení filtrační tkaniny přes válec se stíracím nožem vytahuje tkaninu, až do okamžiku kdy může kapalina určená k filtraci opět volně odtékat a plovák po snížení hladiny vypne pohonnou jednotku. Filtrační tkaniny pro pásové filtry vyrábějí v šířkách 400 až 2040 mm, gramáž se nejčastěji pohybuje od 18 do 70 g/m², délka návinu bývá 100 až 200 metrů.

Kazetový filtr se principiálně podobá bubnovému filtru, má však kompaktnější tvar. Na rozdíl od něj je filtrační vložka opatřena rámem, který fixuje její tvar a usnadňuje tak manipulaci při výměně. S výhodou bývá povrch filtru zvětšován skládáním a dosahujeme tak velkého povrchu filtru při malých rozměrech. Zařízení také může pracovat s přetlakem filtrované kapaliny a urychlit tak filtraci.



Obr. 5. Kazetový filtr

Mezi další typy filtrů, které se používají pro filtraci suspenzí, patří filtrační nuč a kalolis. Hnací silou filtrace ve filtračním nuči je podtlak vyvolaný vývěvou. V případě kalolisu se urychluje proces filtrace tím, že kapalina se protlačuje zvýšeným tlakem, obvykle 0,3 až 0,5 MPa. [6]

2.2 Magnetické separátory

Magnetické separátory zaručují odstranění všech kovových nečistot. Při broušení jsou často spojovány s filtry mechanickými, protože nezaručují vyčištění kapaliny od uvolněných zrn brousícího kotouče. Vyrábí se jako průtokové nebo rotační, především rotační elektromagnetické filtry dosahují velkých výkonů. [1] Magnetický separátor se

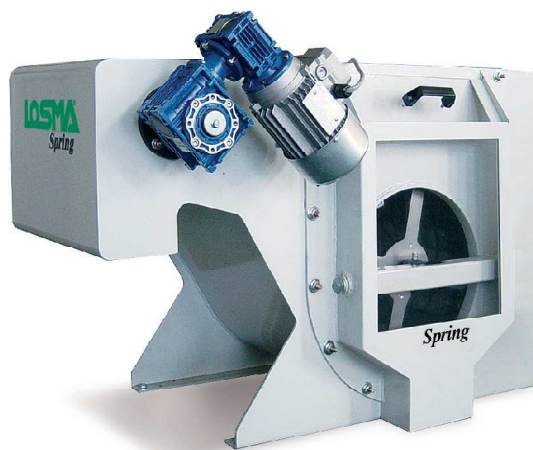
skládá z několika magnetických disků, na kterých se zachycují pevné magnetické nečistoty, obsažené v chladicí kapalině. Provoz tohoto filtru je prakticky bez dalších nákladů na pomocné materiály. Nevýhodou je nemožnost použití pro separátori nemagnetických nečistot, jako např. neželezných kovů, většiny nerez ocelí a vylomených zrn brusného kotouče. Velikost odfiltrovaných částic je od 100 μ m výše, často bývá spojen s pásovým filtrem pro důkladnější filtraci.



Obr. 6. Magnetický filtr

2.3 Odstředivé separátory

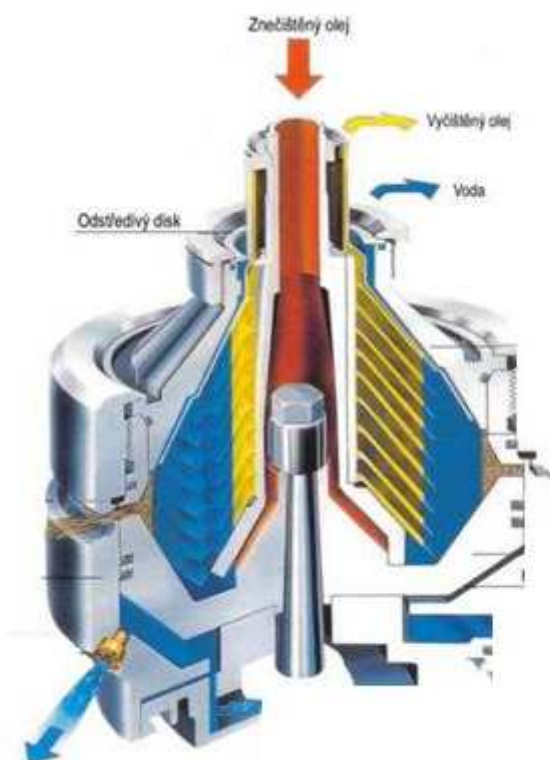
Odstředivé separátory využívají pro separaci řezné kapaliny odstředivé síly. Rychlost procesu filtrace je velká, protože odstředivá síla je větší než gravitační, rychlost závisí na rychlosti otáčení bubnu a jeho průměru. Principiálně mohou být jak usazovací tak filtrační. Často se používají pro dodatečnou separaci řezné kapaliny z třísek. Prostým odtékáním může být vrácena méně než polovina řezné kapaliny ulpěné na šponách, oproti až 90% vrácených pomocí odstředování. Řezná kapalina může být obnovena a vrácena zpět do procesu obrábění přímo, nebo přes filtrační jednotku. Odstředování, filtrace řezných kapalin a přemístění suchých třísek může být dosaženo průběžnou činností systému třískové manipulace, kde ruční práce může často být zcela eliminována.



Obr. 7. Příklad odstředivého separátoru

2.4 Separátor olejů z emulzí

Po uplynutí doby životnosti řezné emulze je nutné ji zlikvidovat. I když obsahuje minimálně 90 % vody, je nutno s ní zacházet jako s nebezpečným odpadem. Kvůli obsahu oleje je nutno dát emulzi k likvidaci specializované firmě nebo vhodným způsobem odseparovat složky emulze. Pro oddělování olejů z emulzí se nejčastěji používají talířové odstředivky. V této odstředivce se kapalina rozdělí na vrstvy, a tím dosáhneme účinnějšího oddělování. Emulze se přivádí střední trubkou do dolní části bubnu a otvory v talířích se rozděluje na tenké vrstvy. Těžší kapalina postupuje dolů, hromadí se na obvodu bubnu, odkud se odvádí. Lehčí kapalina zase postupuje nahoru ke středu a odvádí se prstencovým kanálem. Otvory talířů jsou přibližně v místech, kde je rozhraní lehké a těžké frakce.



Obr. 8. Odstředivý separátor

3 POHONY

Pohony strojů se skládají z hnacího motoru, převodovek, případně dalších převodových mechanismů. Rozhodující jsou požadavky na druh pohybu a stupeň rozvětvení. Pro pohony zpracovatelských strojů se jako zdroj pohybu používají nejčastěji elektromotory.[6]

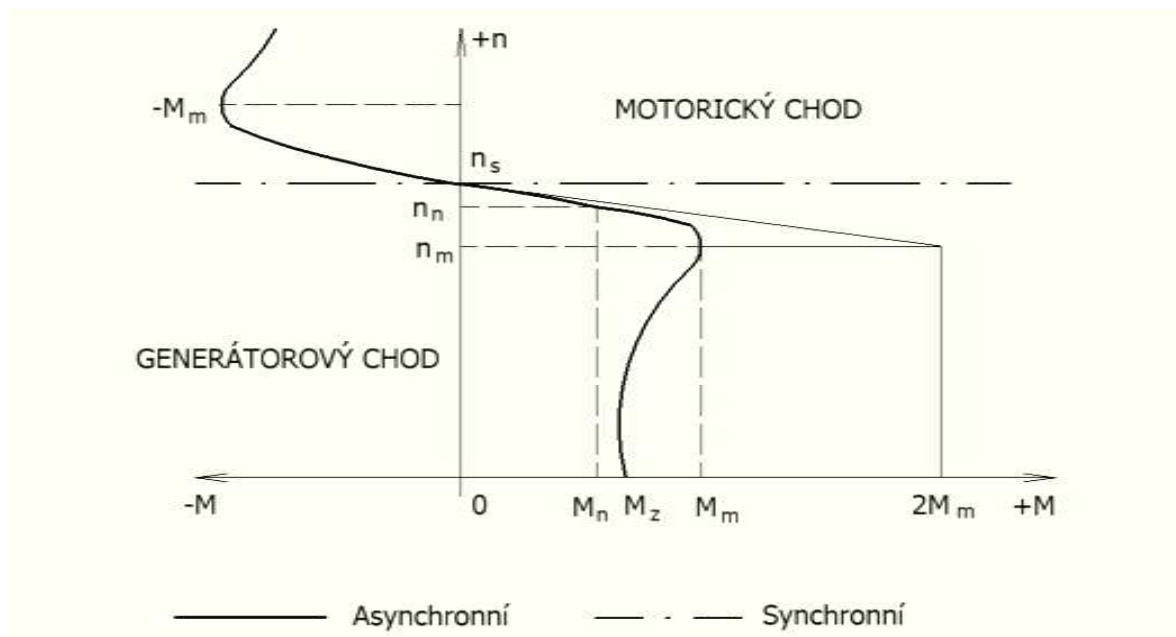
3.1 Elektromotory

Asynchronní motory jsou střídavé motory, které se vyznačují jednoduchou konstrukcí, vysokou spolehlivostí a životností. Jejich konstrukční uspořádání může být s kotvou nakrátko a kotvou kroužkovou. Fyzikálním principem obou konstrukcí je, že satorové vinutí vytváří točivé magnetické pole. Rychlost otáčení magnetického pole závisí na frekvenci střídavého proudu a počtu pólových dvojic satoru.

Tab. 3. Synchronní otáčky při frekvenci 50 Hz pro různý počet pólů

Počet pólů	1	2	3	4	5	6
Otáčky satoru	3000	1500	1000	750	600	500

Otáčky rotoru jsou u asynchronního motoru nižší než otáčky magnetického pole. Je to způsobeno brzdícím účinkem vlastních ztrát v ložiskách rotoru, ventilačních ztrát apod. Lze je vyjádřit pomocí jmenovitého skluzu. Skluz se u asynchronních motorů pohybuje nejčastěji v rozmezí 1 až 10%, v závislosti na velikosti motoru, jeho konstrukci a zatížení.



Obr. 9. Momentová charakteristiky střídavých motorů

Změnu otáček lze zajistit změnou počtu pólů, změnou frekvence napájecího proudu a změnou skluzu. Změnou počtu pólů se otáčky rotoru dají měnit pouze stupňovitě. Změnu otáček skluzem lze realizovat pouze u motorů s kroužkovou kotvou a to buď zařazením odporu do obvodu rotoru, což je značně ne hospodárný způsob, nebo podsynchronní kaskádou, kdy se část skluzového výkonu vrací zpět do sítě. [7] K regulaci otáček změnou frekvence se používají rotační nebo statické měniče frekvence. Rotační měniče jsou tvořeny střídavými a stejnosměrnými motory a generátory, proto pro svou složitost je jejich užití značně omezeno. Častěji používané jsou měniče statické, které mohou být tyristorové nebo transistorové. Otáčky nižší než synchronní lze realizovat od frekvence asi 20 Hz, při konstantním točivém momentu a nadsynchronní otáčky do 150 Hz, ale moment s otáčkami hyperbolicky klesá. [6]

Synchronní střídavé motory se užívají tam, kde se vyžadují stálé otáčky nezávisle na zatížení (momentu), nebo je třeba zajistit konstantní rychlost navazujících článků linky. Otáčky motoru jsou závislé jen na frekvenci sítě, jak znázorňuje Obr.9. Maximální moment je přibližně o 80% větší než jmenovitý a při přetížení se motor zastaví. [6]

Stejnoseměrné motory se používají především k pohonu takových zařízení, od nichž se vyžaduje plynulá změna otáček při stálém výkonu. Konstrukčně se skládají ze statoru s póly, na nichž je navinuto budicí vlnutí, a z drážkového vlnutí rotoru, který je připojený na komutátor. Přes kartáče (uhlíky) je komutátor spojen se svorkami stejnosměrného

napětí. Podle zapojení budícího vinutí je rozdělujeme na stejnosměrné motory s cizím buzením, na derivační, sériové a smíšené.

Krokové motory umožňují jednoduché řízení rychlosti pohybu. Jejich velkou předností je, že pracují bez nákladných snímačů otáček nebo polohy, jsou jednodušší a tím i provozně spolehlivější a levnější. Ovšem se zvyšujícím počtem pulsů klesá jejich točivý moment, proto jsou vhodná jen pro menší strojní zařízení.

Mezi další elektrické pohony patří **elektromagnety**. Vzhledem ke svému charakteru se hodí jako součást ventilů a rozvaděčů. Výhodou tohoto řešení je, že dané prvky můžeme snadno ovládat elektrickým signálem.

3.2 Převody

Převodové mechanismy umožňují přenos sil, krouticího momentu, energie, případně rozdělují energii přiváděnou z hnacího stroje na pracovní zařízení. Hlavním důvodem pro užití převodů v praxi je změna otáček motoru na otáčky potřebné pro pracovní stroj, popřípadě změnu otáčivého pohybu na pohyb posuvný. Podle přenosu energie lze převody rozdělit na mechanické, elektrické, hydraulické, pneumatické, magnetické. [8]

Pro svou jednoduchost a spolehlivost jsou nejpoužívanější převody mechanické. Podle typu vazby lze rozdělit na tvarové, u nichž je počet otáček hnaného členu dán přímo převodovým poměrem a třecí, které pracují se skluzem. Dále lze mechanické převody dělit na přímé tj. kontaktní a nepřímé, u kterých je druhý člen např. řetěz. Nejznámějším představitelem tvarových převodů s přímým stykem jsou ozubené převody, s nepřímým pak řetězové převody nebo převody ozubeným řemenem. Třecí nebo tzv. silová spojení mohou být také přímé, do této skupiny zařazujeme třecí převody, nebo nepřímé, kde zařazujeme řemenové a lanové převody.

Převody mění přenášené síly, momenty a frekvenci otáčení. Velikost převodu vyjadřujeme pomocí převodového poměru, tj. poměrem úhlové rychlosti hnacího členu k úhlové rychlosti členu hnaného.[7]

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{k2}}{M_{k1}} \quad (4)$$

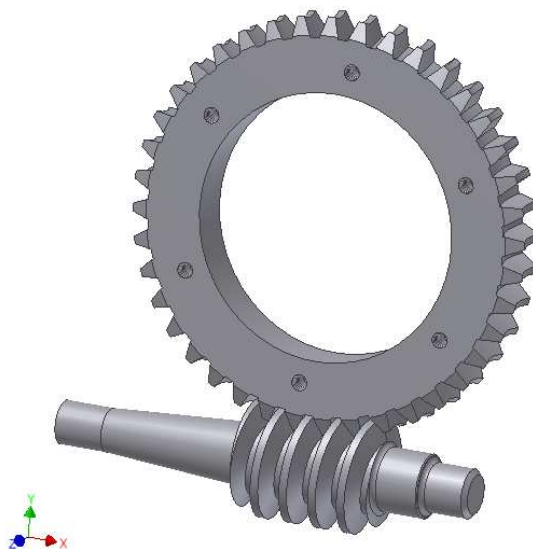
Převod může být do pomala $i > 1$ nebo do rychla $i < 1$. Převodovky pak nazýváme reduktory respektive multiplikátory, převodovky s plynule měnitelným převodem variátory. U převodů se skluzem se převodový poměr mění podle zatížení, proto se pro rozlišení zavádí pojem převodové číslo. Volba převodu je dána mnoha faktory, jako např. cena, hmotnost, hlučnost a také jsme limitováni maximální velikostí převodu, doporučené hodnoty vybraných převodů jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4. Převodová čísla pro různé převody

Převod	Převodové číslo
Ozubenými koly	1:6 (max. 1:15)
Šnekové převody	1:50 (max. 1:100)
Řetězy	1:6 (max. 1:10)
Ploché řemeny	1:10 (max. 1:15)
Klínové řemeny	1:8 (max. 1:15)

Ozubené převody patří mezi nejpoužívanější převody. Přenos krouticího momentu z hnacího na hnané kolo se děje tlakem v zubech zabírajících kol. Tvar ozubených kol a jejich zubů závisí na vzájemné poloze hřídelů, z čehož také vycházíme při klasifikaci podle pohybu kol. Podle relativního pohybu základních těles, jestli se po sobě odvalují nebo smýkají, rozdělujeme ozubená kola na valivá a šroubová. Mezi valivá ozubení patří především čelní a hřebenová ozubení, mezi šroubová patří hyperbolická šroubová nebo šneková soukolí.

Šnekový ozubený převod není tak častý jako čelní ozubená soukolí. Umožňují dosáhnout velkého převodového poměru, proto se používají jako spojovací články mezi asynchronním motorem a dopravníkem třísek. Průměr jednoho kola je vzhledem ke druhému kolu malý, proto jeho zuby tvoří celistvé závity a kolo má podobu šroubu – šneku. Šnek bývá jednochodý nebo vícechodý. Se zvyšujícím se počtem chodu stoupá účinnost převodu, bohužel také rozměry ozubení.



Obr. 10. Šnekový převod

Řetězový převod se skládá z řetězových kol a řetězu, který přenáší tahem obvodovou sílu. Výhodou je, že pracují bez skluzu a nevyžadují předpětí zatěžující ložiska, nevýhodou je nutnost souososti hřídelů a přenos rázů a kmitů. Řetězy také často bývají tažným a nosným orgánem článkového dopravníku nebo řetězového dopravníku, které budou blíže popsány v kapitole 4.

4 DOPRAVNÍKY TŘÍSEK

U strojů s velkým řezným výkonem je třeba se postarat o včasné odstraňování třísek. Teplem obsaženým v třískách se oteplují části obráběcího stroje a porušuje se tak přesnost práce. S ohledem na tento požadavek je třeba konstruovat i hlavní nosné části (lože, stoly, stojany apod.) obráběcích strojů a uzpůsobit je tak, aby třísky mohly volně procházet rámem stroje do příslušné nádoby nebo na vynášecí dopravník. [8]

U menších strojů, a pokud při procesu obrábění vznikají malé třísky např. u broušení, jsou třísky odplavovány z prostoru řezání spolu s řeznou kapalinou. Pracovní stůl a dno obráběcího stroje pak musí vhodně upraveno, např. spádováním.

Dopravníky třísek mají za úkol odvádět odpad, který vzniká při procesu obrábění různorodých materiálů, z pracovních prostorů do vhodných vyměnitelných nádob. Dopravníky třísek mají celokovovou konstrukci, kvůli teplotě odváděných třísek. Obvykle je do dopravníku třísek odváděna spolu s třískami i chladicí kapalina, proto je k dopravníku připojen filtrační systém spolu s nádrží na chladicí kapalinu.

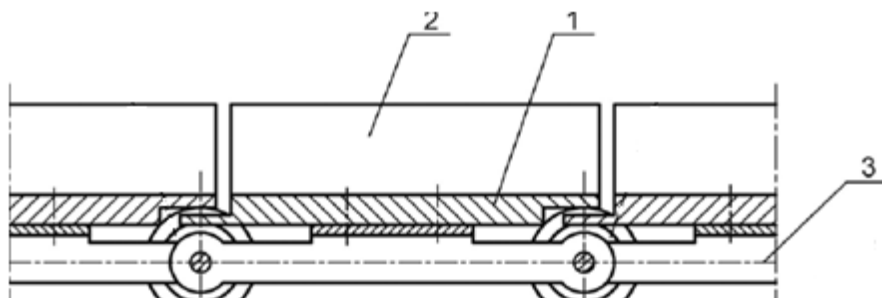
4.1 Článekový dopravník

První patent ocelového článkového dopravníku pochází z roku 1952. [9] Článekové dopravníky třísek jsou vhodné k přepravě většiny druhů třísek, od drobných až po chuchvalce třísek. [10] Článekové dopravníky jsou vybaveny ocelovým článkovým dopravníkovým pásem, na který třísky padají a jsou vynášeny do připravené sběrné nádoby. [11]



Obr. 11. Článekový dopravní pás

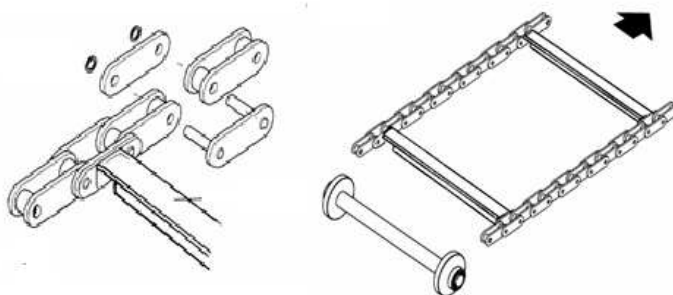
Článkový pás je vytvořen z ocelových článků, který je unášen jedním nebo dvěma řetězy, k nimž jsou články připevněny. Je složen z desky 1, postranice 2 a článkového řetězu 3. Deska může být děrovaná, pro lepší odvod řezné kapaliny, výška postranic závisí na rozměrech a konstrukci dopravníku. Hlavním úkolem postranic je zamezit znečištění řetězu a zajistit tak jeho bezproblémový chod.



Obr. 12. Náčrt článkového dopravního pásu

4.2 Hrablový

Hrablový dopravník třísek je vhodný zejména pro velmi malé nebo práškové třísky. U hrablových dopravníků však používáme místo článkového dopravníkového pásu hrablový řetěz. U hrablových dopravníků tedy drobné třísky dopadají na dno dopravníku a jsou seškrabovány jednotlivými hrably po dně, až k místu kde vypadnou do připravené sběrné nádoby. Základem tohoto typu dopravníku jsou dva řetězy, které jsou spojeny ocelovou spojkou - hrablem.



Obr. 13. Hrablový dopravník

Třísky nebo kal, který se usazuje na dně celého zařízení, je pomocí hrabel vynášen ode dna zařízení a následně přes výsypku umístěn do přepravního kontejneru. Úhel vynášení třísek se nejčastěji volí 45° nebo 60°. Tento úhel lze však nastavit dle potřeb aplikace. [12] Skříň dopravníku i pohony dopravníku zůstávají u hrablových dopravníků stejné jako u článkových dopravníků.

4.3 Magnetický dopravník

Magnetické dopravníky se používají pouze pro dopravu třísek z magnetických materiálů. Povrch dopravníku je utěsněný a pod povrchem se pohybují magnety připevněné na řetězu. Třísky jsou přitahovány k magnetu a následují ho, dokud se magnet nevzdálí od povrchu. Výhodou toho řešení je, že pohyblivé části nejsou vystaveny účinkům řezné kapaliny a třísek. Další z výhod je, že chladicí kapalina je snadno odvedena z povrchu dopravníku.[13] Nejsou vhodné pro přepravu velmi dlouhých třísek, rozměrnějších nebo těžkých předmětů, přesto dosahují přepravní výkon až 240kg/hod.[10]



Obr. 14. Magnetický dopravník

4.4 Šnekový dopravník

Dopravují materiál pomocí šneku. Skládají se ze žlabu ve tvaru „U“, ve kterém se otáčí šnek uložený v ložiskách, popřípadě letmo v jednom ložisku. Pohon šneku se uskutečňuje asynchronním elektromotorem přes převodovku. [14] S výhodou se používá pro přemísťování malých třísek vyráběných v menším množství a všude tam kde je k dispozici pouze omezený prostor. [15]



Obr. 15. Šnekový dopravník

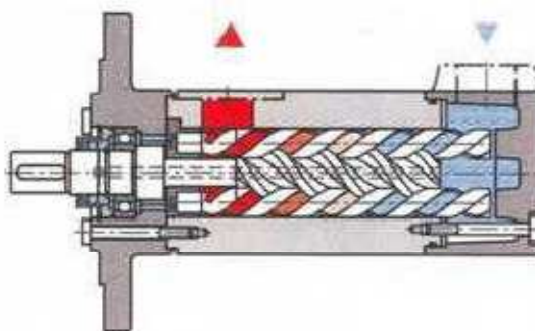
Mezi další dopravníky, které je možno užít pro odvod třísek z pracovního prostoru slouží sací dopravníky. Užívají se pro menší objemy třísek malých rozměru, např. upři broušení, popřípadě při obrábění lehkých materiálů jako plastů nebo dřeva. Zlepšují tak pracovní prostředí obsluhy a eliminují vedlejší časy na úklid.

5 ČERPADLA

Doprava chladicí kapaliny do místa řezání se uskutečňuje nejčastěji pomocí čerpadel. Čerpadlo musí být schopno zajistit plynulou dodávku kapaliny v požadovaném množství. Při výběru čerpadla musíme taktéž přihlédnout k viskozitě kapaliny a k dispozičnímu řešení stroje. Dle konstrukce čerpadla dělíme na hydrostatická (objemová), hydrodynamická (lopatková) a proudová.

5.1 Hydrostatická

Hydrostatická čerpadla mění mechanickou energii na potenciální energii tlakovou přímo nuceným vyprazdňováním vymezeného objemu. Podle vykonávaného pohybu je lze rozdělit na čerpadla s kmitavým pohybem (pístová, membránová, plunžrová) a rotační čerpadla (zubová, vřetenová, lamelová, rotační pístová). V porovnání s čerpadly hydrodynamickými mají vyšší účinnost, menší počet otáček a proto větší hmotnost i cenu, při konstantních otáčkách dodávají stejný průtok prakticky nezávislý na tlaku a viskozita čerpané kapaliny prakticky neovlivňuje dodávaný objemový průtok. [16] Jsou vhodné všude tam, kde je potřeba vysoký tlak kapaliny při malém objemovém průtoku. V této skupině čerpadel jsou v průmyslu nejběžnější čerpadla pístová s vratným přímočarým pohybem a ventilovým rozvodem. K dopravě procesních kapalin se často používají šnekových čerpadel, jeho hlavní výhodou je konstantní průtok a vysoký tlak kapaliny.



Obr. 16. Šnekové objemové čerpadlo

5.2 Hydrodynamická

Hydrodynamická čerpadla, někdy také nazývaná lopatková nebo odstředivá, dosahují čerpacího účinku dynamickým působením oběžného kola na kapalinu. Oproti hydrostatickým čerpadlům mají nižší účinnost, avšak proud kapaliny je rovnoměrný. Pracují s vyšším počtem otáček, proto je možný přímý pohon elektromotorem. [6] Podle směru proudění kapaliny v kanálech oběžného kola je rozdělujeme na čerpadla radiální, diagonální a axiální, podle polohy rotoru je dále možno je rozdělit na vodorovná a svislá.

Pro dopravu řezné kapaliny se u obráběcích strojů používají buď ponorná, nebo samonasávací čerpadla.[8] Hlavní části ponorného čerpadla jsou znázorněny a popsány na obrázku 16. U samonasávacího čerpadla je oběžné kolo umístěno nad hladinou kapaliny v nádrži, je vhodné především pro čerpání kapalin z hlubokých zásobníků, protože hloubka nemá vliv na konstrukční části čerpadla.



Obr. 17. Vertikální vícestupňové čerpadlo

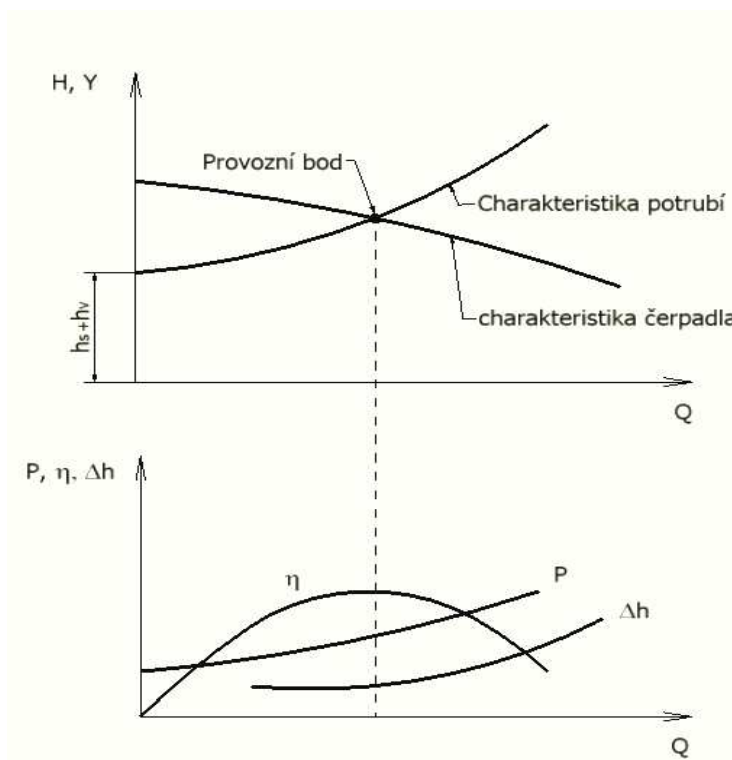
Na obr. 17 je vertikální vícestupňové čerpadlo s mechanickou ucpávkou. Čerpadla pozůstávají ze dvou hlavních částí, tj. motoru a vlastní čerpací jednotky. Hlavní části čerpací jednotky tvoří oběžné kolo, které uděluje kapalině kinetickou energii, která se pak mění na tlakovou. Mezi oběžným kolem a tělesem čerpadla je určitá vůle (několik desetin

mm), která má sice nepříznivý vliv na objemnou účinnost čerpadla, ale umožňuje drobným částem třísek a nečistotám obsaženým v kapalinách volně projít. Proto jsou tato čerpadla vhodná pro většinu obráběcích strojů, u kterých není možné se zcela zbavit drobných částic třísek a nečistot.[8]

Pro nízkotlakou dopravu postačí, aby čerpadlo mělo pouze jeden stupeň. Pro různé specifické hloubky nádrží může být stavební délka čerpadla upraveno a použitím prázdných článků.

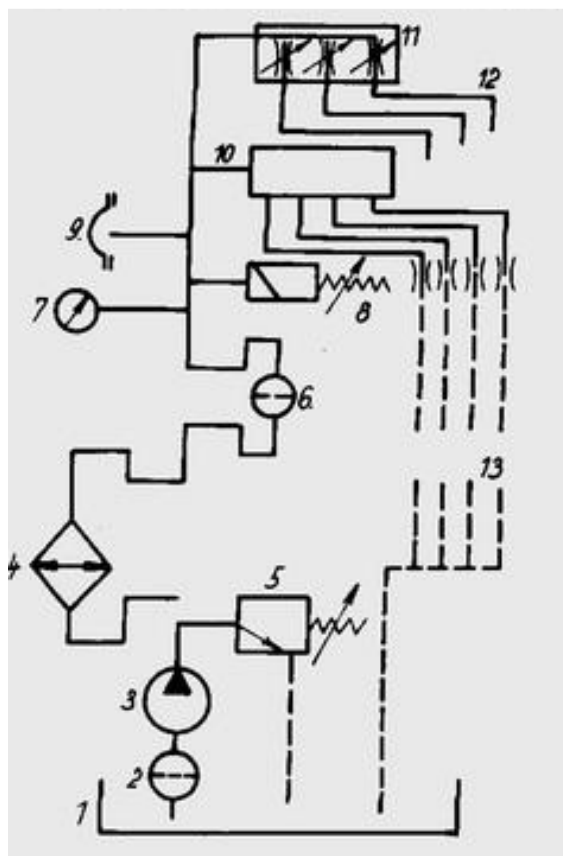
Při čerpání kapalin s vyšší hustotou nebo kinematickou viskozitou než jakou má voda dochází k velkému poklesu tlaku, k poklesu hydraulického výkonu a ke zvýšení spotřeby energie. Při dimenzování čerpadla je třeba brát do úvahy, požadovaný průtok a tlak v odběrném místě, tlakové ztráty v důsledku výškových rozdílů, ztráty třením v potrubí. Může být také žádoucí zohlednit nejlepší účinnost čerpadla v odhadovaném provozním bodě.[17]

Charakteristika čerpadla vyjadřuje závislost jeho dopravní výšky H na dopravovaném průtoku jeho čerpací možnosti. Je rozhodujícím údajem dodávaným výrobcem pro volbu čerpadla splňujícího nároky na dopravu kapalin.



Obr. 18. Charakteristika hydrodynamického čerpadla

Pro hydraulickou dopravu se ukazuje velmi výhodné použití také proudových čerpadel - ejektorů, hlavně v těch případech, kdy je zapotřebí pouze malá dopravní výška. Samotný ejektor je zařízení velmi jednoduché, spolehlivé a nenáročné na obsluhu.[18]



Obr. 19. Schéma dopravy řezné kapaliny

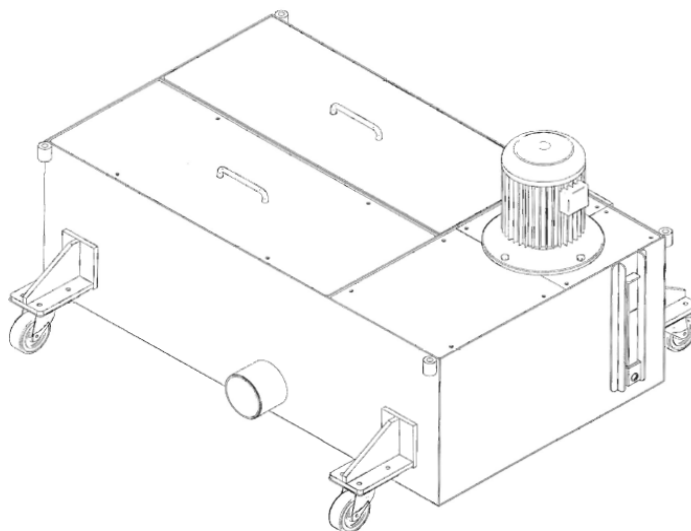
V technické praxi lze užít společně pracujících čerpadel zařazených buď sériově, nebo paralelně, podle požadovaných parametrů. Toto řešení ovšem není obvyklé při dopravě řezné kapaliny.

6 ZÁSOBNÍKY KAPALIN

Zásobník tvoří nosnou část zařízení pro rozvod a čištění chladicí kapaliny, jsou na něm umístěna čerpadla, stavoznak, popřípadě filtrační stanice. Často jsou nádrže chladicí kapaliny integrovány s dopravníkem třísek, kvůli úspoře materiálu a kompaktnějším rozměrům sestavy.

6.1 Zásobníky

Aby byla zaručena plynulá doprava kapaliny do místa řezání, je potřeba zajistit dostatečnou rezervu řezné kapaliny. K tomu slouží zásobníky kapalin. Objem nádrže na řeznou kapalinu je pěti až deseti násobek minutového objemu dodávaného čerpadlem. U běžných strojů se pohybuje obvykle v rozmezí 100 až 500 l, u velkých obráběcích center popřípadě při užití tlakového chlazení s velkým průtokem může být objem zásobníku i více než 2000 l.[19] Rozdělení zásobníku přepážkami způsobuje usazování drobných nečistot, a napomáhá tak při čištění řezné kapaliny.



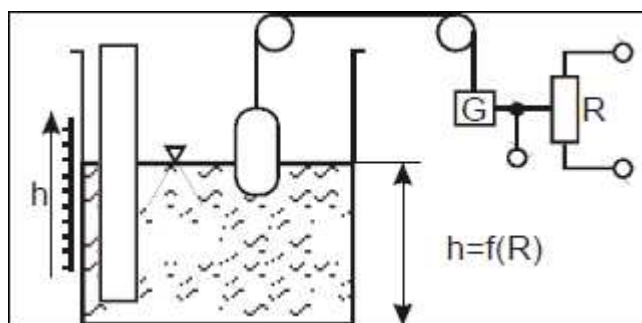
Obr. 20. Zásobník kapalin

6.2 Pomocná a ovládací zařízení

Během pracovního cyklu obráběcího stroje dochází k úbytku a kolísání řezné kapaliny, proto je nutno její stav kontrolovat, nejčastěji měřením výšky hladiny. Podle výšky hladiny v zásobníku pak snadno můžeme určit aktuální množství kapaliny v zásobníku. Měření výšky hladiny se dá rozdělit do dvou skupin. Jednak přímé, kdy kontrolujeme stav hladiny

a nepřímé, kdy je stav zjišťován pomocí jiné veličiny. Pro automatické řízení procesu bývá výška převáděna na elektrický signál, který řídicí systém snadno zpracuje.

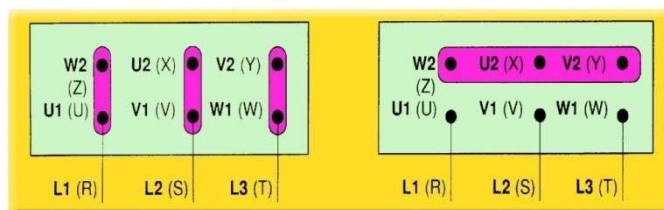
Mezi přímé metody měření výšky hladiny patří průhledové stavoznaky. Výška hladiny se sleduje v průhledovém okénku na boku nádrže. Pro zviditelnění hladiny může být sklo z vnitřní strany rýhováno a voda se pak z vnitřní strany jeví jako černá.[20] Obvykle na něm také bývá vyznačena minimální a maximální výška hladiny. Dalším používaným zařízením jsou plovákové stavoznaky. Plovák stavoznaku plave na hladině kapaliny a jeho pohyb je přenášen na indikační zařízení, umožňuje jak přímý odečet, tak je možný převod na elektrický signál. V praxi se používají také vztakové stavoznaky. Vztakové těleso je částečně ponořené v kapalině a měří se síla vyvolaná tělesem. Do kategorie nepřímých měřičů výšky hladiny patří hydrostatické, které měří tlak u dna nádoby, z elektrických pak kapacitní a odporové, výšku hladiny lze také měřit pomocí ultrazvuku, radaru a pomocí izotopů.



Obr. 21. Přímé metody měření výšky hladiny

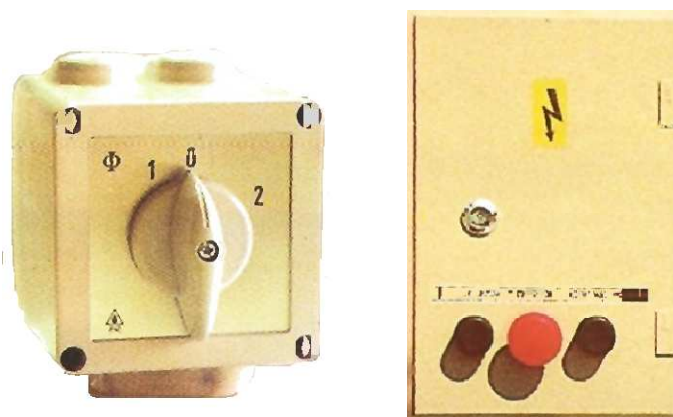
Vzhledem k tomu, že celá sestava filtrační stanice, popřípadě samostatný dopravník a zásobník kapalin, jsou poměrně rozměrná a těžká zařízení, je nutno je vybavit vhodným zařízením pro manipulaci. Vyměnitelné čepy, oka se využívají při přemísťování zařízení pomocí jeřábu, zajišťují snadnou manipulaci a stabilitu při zavěšení. Řeznou kapalinu je také nutné v pravidelných intervalech měnit. Z důvodu úspory půdorysné plochy jsou často zásobníky umístěny na nepřístupných místech a také dopravníky jsou umístěny v prostoru pod pracovním prostorem stroje, proto se tyto zařízení vybavují pojezdovými koly, která díky svému uložení umožňují manipulaci do všech směrů. Pro zajištění stability při provozu jsou pak zajištěny stavěcími šrouby, jež zároveň slouží k nastavení do vodorovné polohy.

Aby mohl obráběcí stroj pracovat v automatickém provozu, musí být řídicí systém schopen plně ovládat nejen posuvy a otáčky vřetene, ale také dopravu řezné kapaliny do místa řezání, popřípadě pracovní dopravník. Na obrázku 22 je příklad zásuvky určené pro komunikaci dopravníku s CNC řídicím systémem.



Obr. 22. Komunikace s obráběcím strojem

Ovládání dopravníku musí být nejen automatické ale i ruční. Ruční řízení slouží pro ovládání dopravníku např. při čištění a údržbě stroje, musí umožňovat chod dopravníku oběma směry. Ovládání bývá nejčastěji realizováno pomocí třípolohového přepínače nebo tří tlačítek viz Obr. 23.

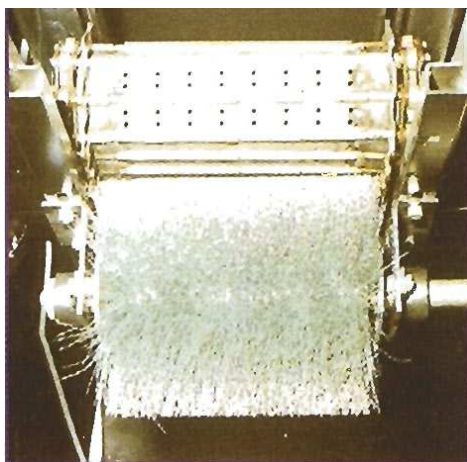


Obr. 23. Ruční ovládání dopravníku

Vodiče a kabely jednotlivých částí elektrického rozvodu musí být dimenzovány tak, aby při předpokládaném zatížení nezpůsobily nedovolený pokles napětí na svorkách spotřebičů. Konkrétní požadavky jsou obsaženy v technických normách, např. ČSN 332190.

Vzhledem k podmínkám, ve kterých zařízení pracuje, je žádoucí kabely chránit, aby nedošlo k jejich poškození, případně zranění obsluhy. Kabely je vhodné umístit tak, aby bylo zamezeno jejich kontaktu s třískami a pohyblivými částmi zařízení a také zamezili jejich možnému poškození při manipulaci s materiálem v okolí stroje. Jako další možné řešení je použití plastových ohebných hadiček vyztužených ocelovou spirálou. Jejich výhodou je velká ohebnost a odolnost proti mechanickému poškození.

Článekové dopravníky třísek je také možno vybavit rotačním kartáčem pro čištění dopravního pásu, jak ukazuje Obr. 24. Třísky se totiž mohou zachytit na pásu, nespadnout do připravené nádoby a putují zpět do dopravníku třísek, kde znečistí řeznou kapalinu. U třísek které tvoří chuchvalce, může pak dojít i k zablokování dopravního pásu. Všem těmto negativním jevům je rotační kartáč schopen zabránit.



Obr. 24. Čištění dopravního pásu

7 STANOVENÍ CÍLŮ PRO PRAKTICKOU ČÁST

Hlavním cílem praktické části je navrhnout sestavu filtrační stanice k obráběcímu stroji, zvolit vhodný typ filtrace, pohonu, dopravních elementů a krytování. Z několika navržených řešení bude vybráno optimální řešení a k němu vypracována výkresová dokumentace. Filtrační stanice se bude navrhovat pro zvolený stroj, tak aby byla schopna zajistit všechny potřebné vedlejší pochody.

Zařízení bude navrženo jako trojrozměrný model ve studentské verzi programu Autodesk Inventor 2010. Vypracovaná dokumentace se bude skládat se katalogových listů, které budou obsahovat rozpis jednotlivých dílů pro následnou ekonomickou studii a z trojrozměrných naznačení dílu. Typ dokumentace byl zvolen především díky své názornosti.

Při navrhování filtrační stanice bude brán zřetel nejen na technické hledisko projektu, ale také na ekonomické. Všechny parametry filtrační stanice by měli vyhovovat požadavkům stroje. V současné době je kladen velký důraz na minimální půdorysnou plochu stroje, ke které dopravník třísek a filtrační stanice přispívá významnou měrou, proto při návrhu zařízení se bude dbát také na toto hledisko.

Součástí praktické části také bude ekonomický rozbor navržené varianty a porovnání parametrů s výrobcí obdobných zařízení. Do ceny filtrační stanice vstupuje celá řada faktorů, jako je objem zásobníku kapaliny, typ použité filtrace, typ a výkonové parametry čerpadel.

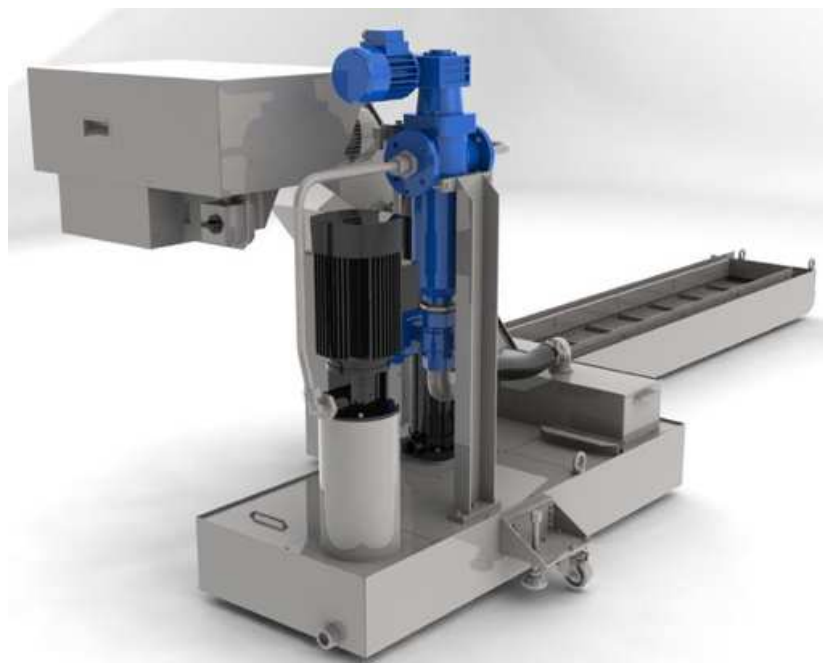
II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 VYHODNOCENÍ STAVU FILTRAČNÍCH STANIC NA TRHU

Hlavním úkolem filtrační stanice je odstraňování nečistot z procesní kapaliny. Je tvořena především vhodným separátorem nečistot, zásobníkem kapalin. Odstraňovat nečistoty z procesních kapalin lze mnoha způsoby. Pro čištění kapalin od drobných nečistot o velikosti 10 až 100 μm se používá nejčastěji filtrace. Existuje spousta technických řešení filtračních zařízení, mezi ně patří například pásový nebo bubnový filtr.

Nejpoužívanějším filtračním zařízením je pásový filtr, především pro dlouhý interval výměny filtračního média. Vyrábějí se v několika rozměrových provedeních, jejich velikost spolu s typem filtračního média určuje filtrační výkon zařízení, které se nejčastěji se udává v litrech za minutu.

Výrobci nabízí širokou škálu možností přizpůsobení filtrační stanice. Dle požadavků a potřeb zákazníka je možné volit objem zásobníku kapaliny filtrační stanice, charakteristiky čerpadel, popřípadě další doplňkové vybavení. Všechny vyráběné pásové filtry umožňují čistit všechny typy procesních kapalin od upravené vody až po řezné oleje.



Obr. 25. Článekový dopravník s příslušenstvím[21]

Výrobou filtračních zařízení se zabývá poměrně velké množství firem, jejich rozmístění často kopíruje výrobce obráběcích strojů. Mezi přední evropské výrobce filtračních

zařízení patří italské firmy Losma a Tecnimetal, německá firma Knoll. U nás se zabývají výrobou filtračních stanic firmy Astos a Green-tech M+H. Kromě zmíněných firem se výrobou filtračních stanic zabývá také řada dalších firem, jejich produkce je zaměřena na výrobu pro konkrétní firmu a jejich obráběcí stroje, proto je obtížné zjistit jejich výrobní program, kvůli jejich špatné propagaci.

Většina výrobců filtračních stanic vyrábí kompletní sortiment zařízení pro nakládání s třískami a procesní kapalinou, tzn., že vyrábějí také dopravníky třísek. Dopravníky třísek lze rozdělit podle typu a také podle jejich rozměru. Všechny typy dopravníků se vyrábějí v rozměrových řadách a pokrývají tak veškeré potřeby obráběcích strojů.

8.1 Tecnimetal

Je předním evropským výrobcem příslušenství k obráběcím strojům s výrobním závodem v České republice. Firma vyrábí příslušenství k obráběcím strojům, hlavními produkty jsou pohyblivé kryty strojů, chladicí a filtrační stanice a dopravníky třísek. Jejich výrobní program je schopen pokrýt požadavky výrobců obráběcích strojů v oblasti manipulace s procesní kapalinou a třískami.[15]



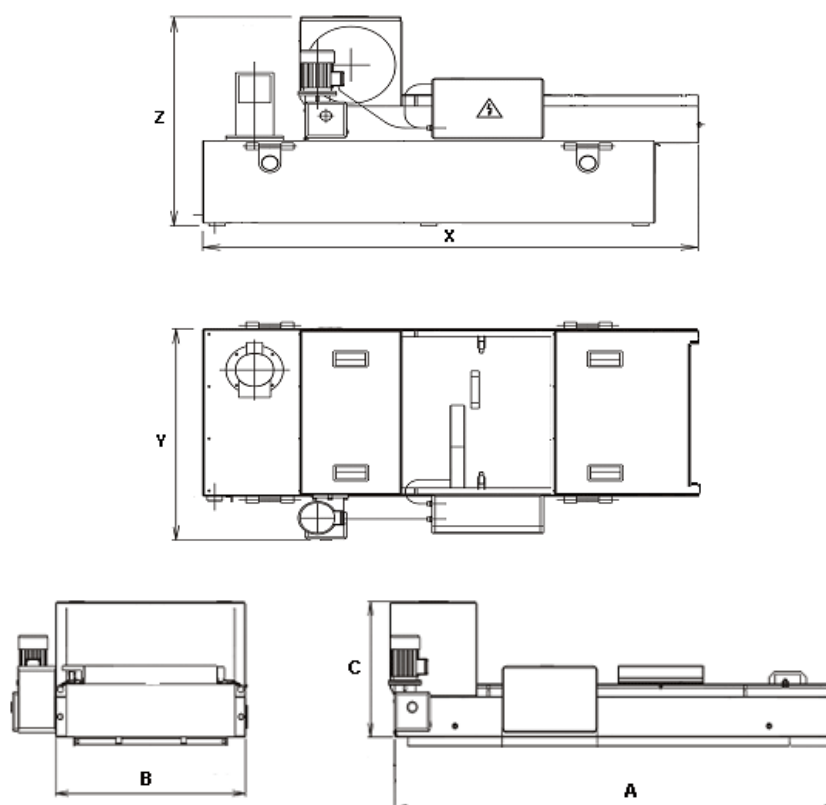
Obr. 26. Filtrační stanice společnosti Tecnimetal

Filtrační stanice společnosti Tecnimetal jsou určeny především pro osové chlazení nástroje, jsou schopny zajišťovat filtraci v čistotě kapaliny 10 – 100 μm . Agregáty jsou dodávány včetně elektroinstalace s komponenty firmy moeller.

Tab. 5. Parametry filtračních stanic společnosti Tecnimetal

Objem zásobníku kapalin [l]	Rozměry pásového filtru AxBxC [mm]	Rozměry filtrační stanice XxYxZ [mm]	Cena pásového filtru [Kč]
287	1300x600x480	1700x678x1055	154 000

Rozměry filtrační stanice a pásového filtru uvedené v Tab. 5. jsou zakótovány na obr. 27.

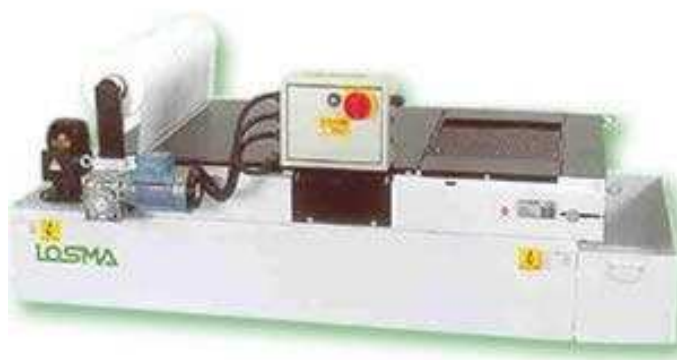


Obr. 27. Základní rozměry filtračních stanic a pásových filtrů

viz. Tab. 5, 6, 7, 8

8.2 Losma

Italská společnost s obchodním zastoupením v České republice zabývající se výrobou průmyslových filtračních zařízení určených nejen k filtraci procesních kapalin, ale také filtrací par a mlhovin ze vzduchu. V oblasti filtrace patří mezi významné a progresivní evropské firmy.[22]



Obr. 28. Filtrační stanice společnosti Losma

V oblasti filtrace procesních kapalin firma vyrábí široký sortiment filtrů. Kromě pásových filtrů také magnetické, bubnové a odlučovače oleje z hladiny nádrže. Všechny filtry jsou plně automatizovány a umožňují tak dlouhý bezobslužný provoz. Pásové filtry firmy Losma mají stavebnicové provedení a umožňují tak vyhovět všem potřebám požadavkům zákazníka. V tab. 6. Jsou uvedeny rozměry pásových filtrů pro různé průtoky procesních kapalin. [23]

Tab. 6. Parametry filtračních stanic společnosti Losma [24]

Filtrační výkon [l/min]	Objem zásobníku kapalin [l]	Rozměry pásového filtru AxBxC [mm]	Rozměry filtrační stanice XxYxZ [mm]	Cena pásového filtru [Kč]
50	170	1000x593x470	1350x773x750	-*
100	300	1350x793x470	1700x973x750	-*
150	460	1550x1093x470	1900x1280x750	-*
200	570	2000x1093x470	2350x1280x750	-*
250	700	2500x1093x470	2850x1280x750	-*
300	820	3000x1093x470	3350x1280x750	-*
400	1080	4000x1093x470	4350x1280x750	-*

* Firma nesděljuje informace o cenách mimo své obchodní záležitosti.

Filtrační výkon je maximální uváděn pro běžné řezné emulze a pro filtrační tkaniny s gramáží 20 g.m⁻² a odpovídající velikostí přefiltrovaných částic přibližně 50 µm. Rozměry filtrační stanice a pásového filtru uvedené v Tab. 6. jsou zakótovány na obr. 28.

8.3 Astos

Společnost ASTOS se sídlem v Aši je výrobcem dopravníků třísek (článekových, hrablových, magnetických) a filtračních stanic. Výrobní program je schopen pokrýt celé třískové hospodářství. [21]



Obr. 29. Filtrační stanice společnosti Astos

Pásové filtry firmy Astos jsou vyráběny ve třech základních rozměrových řadách určených množstvím průtoku viz Tab. 7. Vyrábějí se v levém i pravém provedení. Celou sestavu filtrační stanice je možno vybavit dle individuálních potřeb zákazníka (čerpadla, odlučovače oleje, hladinoměry, atd.)

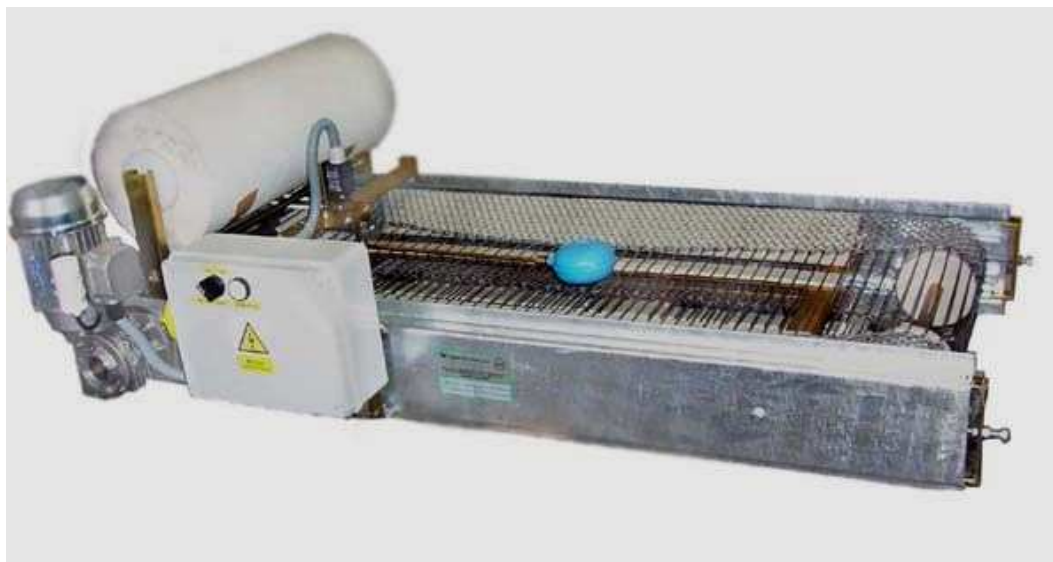
Tab. 7. Parametry filtračních stanic společnosti Astos[25]

Filtrační výkon [l/min]	Objem zásobníku kapalin [l]	Rozměry pásového filtru AxBxC [mm]	Rozměry filtrační stanice XxYxZ [mm]	Cena filtrační stanice [Kč]
63	200	1230x600x452	1420x780x734	-*
100	300	1630x700x452	1820x880x790	-*
150	-	1805x1060x452	-	-*

* Firma určuje cenu na základě předběžné objednávky.

8.4 Green–tech M+H

Firma Green–tech M+H se zabývá výrobou zařízení pro regeneraci a likvidaci průmyslových kapalin. Pro filtraci procesních kapalin od kovových třísek a ostatních mechanických nečistot vyrábějí pásové filtry znázorněné na obr. 30. [26]



Obr. 30. Filtrační stanice společnosti Green–tech M+H[26]

Tab. 8. Parametry filtračních stanic společnosti Green–tech M+H[27]

Typ	Objem zásobníku kapalin [l]	Rozměry pásového filtru AxBxC [mm]	Rozměry filtrační stanice XxYxZ [mm]	Cena pásového filtru [Kč]
PF-500/A	170	750x580x440	1350x630x710	35 000
PF-500/b	300	1200x580x440	1700x630x710	36 000
PF-750	460	1200x820x440	1900x970x710	49 000
PF-1000	570	1300x1100x450	2350x1270x730	58 800
PF-1000/A	700	1500x1100x460	2850x1270x740	68 750
PF-1000/B	820	1600x1100x470	3350x1280x750	90 000

Uvedené ceny platí pro samotný pásový filtr a jsou bez DPH.

Na jednotlivých typech pásových filtrů je možno použít různých typů netkaných filtračních textilií. Ceny těchto materiálů se pohybují od 12,- Kč do 28,- Kč za 1 m². Základním materiálem z viskózních vláken je typ PR 45 za cenu 16 ,- Kč / 1m². [27]

8.5 Knoll

Německá společnost Knoll Maschinenbau GmbH se mimo jiné zabývá výrobou dopravníků, filtračních zařízení a vysokotlakých čerpadel. Patří mezi progresivní firmy, svým výrobním programem nabízí komplexní řešení manipulace s třískami a procesní kapalinou. [29]



*Obr. 31. Filtrační stanice společnosti
Knoll*

V tab. 9 jsou uvedeny parametry nabízených filtračních stanic Knoll vybavených pásovým filtrem. Uvedený filtrační výkon platí pro kapaliny s kinematickou viskozitou $1 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 9. Parametry filtračních stanic společnosti Knoll [30]

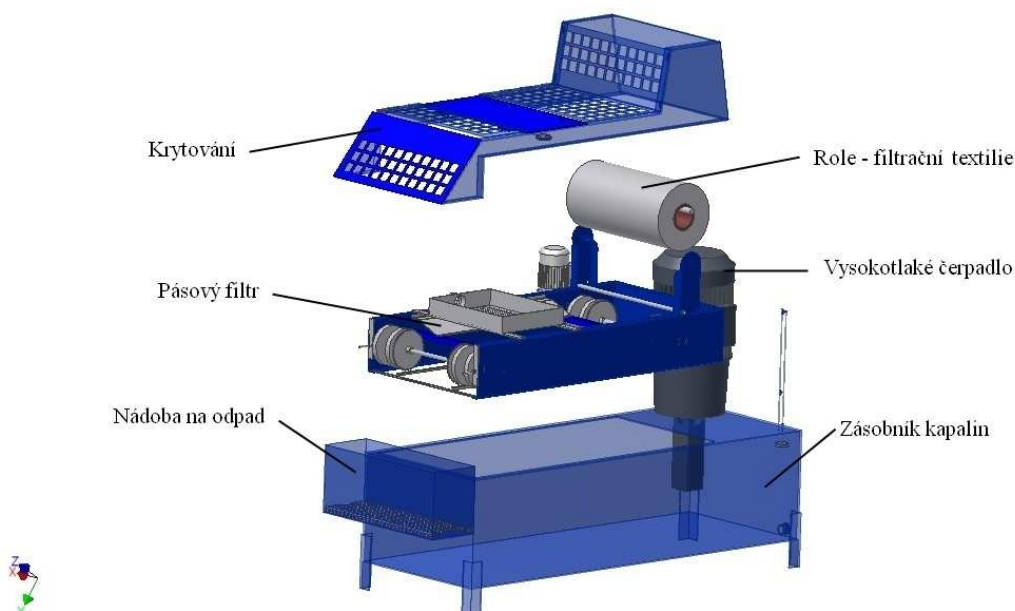
Filtrační výkon [l/min]	Objem zásobníku kapalin [l]	Rozměry pásového filtru AxBxC [mm]	Rozměry filtrační stanice XxYxZ [mm]	Cena pásového filtru [Kč]
70	280	1200x630x500	1780x630x900	-
100	400	1350x830x500	2030x830x900	-
160	640	1750x830x500	2430x830x980	-
210	850	1850x1100x500	2390x1100x990	-
350	1420	3000x1100x500	3530x1100x1020	-
650	2620	3000x1616x540	3540x1616x1120	-

9 VARIANTY FILTRAČNÍCH STANIC K FRÉZOVACÍMU STROJI

Hlavními znaky všech navržených variant je jednoduchá konstrukce, především se zaměřením na spolehlivost zařízení. V oblasti řídicích prvků jsou použity nové typy snímačů hladiny, které namísto klasických plováků s mechanickým převodem měří přímo elektrickou veličinu. Mimo byl navržen nový typ pás ve filtru, z výrobních programů firem Knoll a Seim navrženy vhodné vysokotlaké čerpadla. V následujících kapitolách jsou popsány a vyobrazeny možné varianty filtračních stanic.

9.1 Navržené konstrukce filtrační stanice, varianta 1

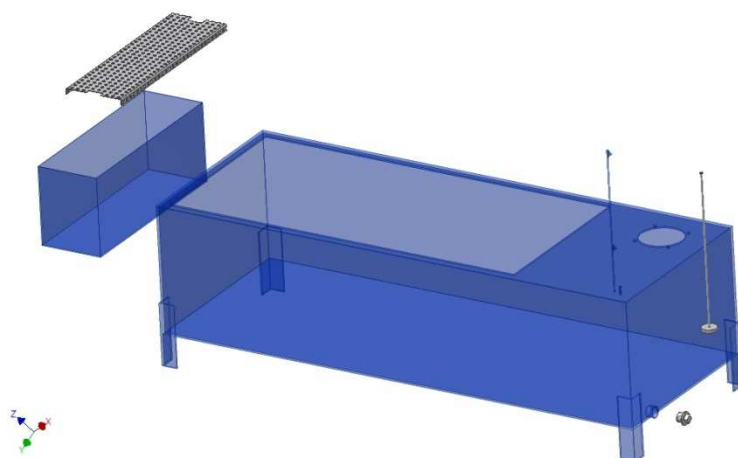
Čištěním procesní kapaliny můžeme jednak výrazně prodloužit její životnost ale také pro čerpání čistých kapalin je možno použít čerpadel s vyšší účinností. Často se této skutečnosti využívá pro vysokotlaká čerpadla určená pro chlazení osou vřetene. Na obr. 32. Je znázorněna navržená filtrační stanice rozložená do jednotlivých konstrukčních celků.



Obr. 32. Navržená sestava filtrační stanice

Zásobník kapaliny má za úkol zadržovat přefiltrovanou procesní kapalinu, která je dále čerpadly odváděna do obráběcího stroje. Při návrhu rozměrů je nutné dbát na objemové výkony čerpadel, aby bylo zajištěno jejich plynulé zásobování. Objem se obvykle volí 5 až 10 násobek objemového průtoku za minutu. Při návrhu je nutno také dbát na rozměry

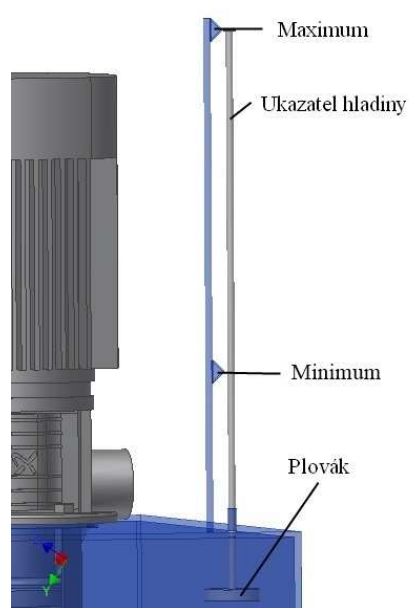
filtru, čerpadel, a konstrukční celky uspořádat tak, aby celkové uspořádání zabíralo minimální půdorysnou plochu.



Obr. 33. Zásobník kapalin s příslušenstvím

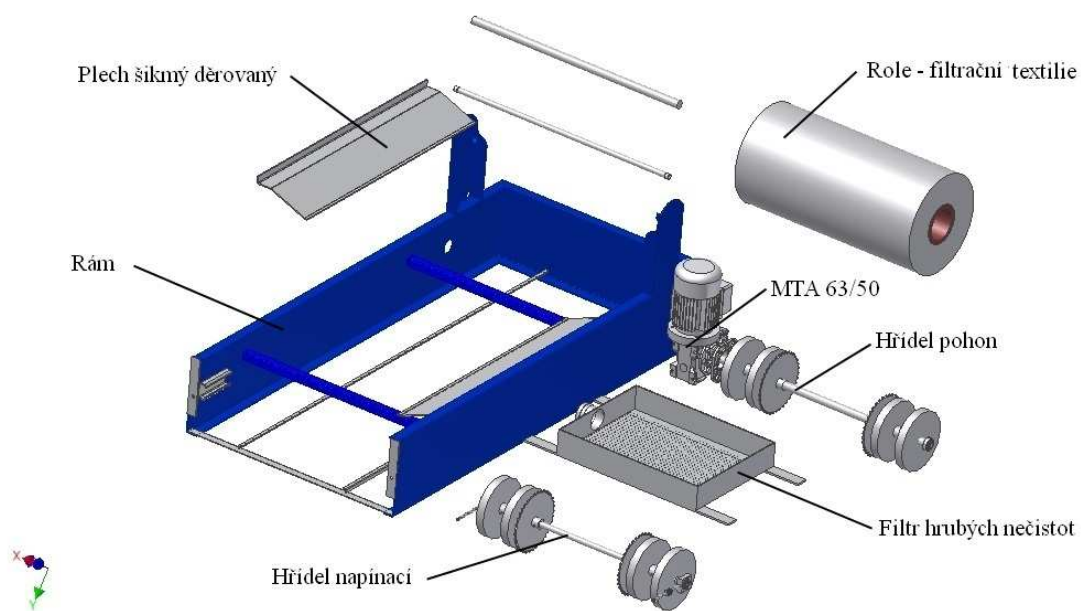
Půdorysná plocha zásobníku kapalin je dle obr. 27. XxY 1600x596 mm, nádrž je pro snadnější manipulaci postavena na nožky o výšce 100 mm. Zásobník pojme 300 l procesní kapaliny. Celková půdorysná plocha filtrační stanice je navýšena o nádobu na odpad a také o pohon pásu.

Důležitou součástí zásobníku kapalin jsou zařízení pro měření výšky hladiny a to jak elektrické určené k automatickému ovládání čerpadla zásobujícího filtrační stanici, tak vizuální určené pro obsluhující pracovníky.



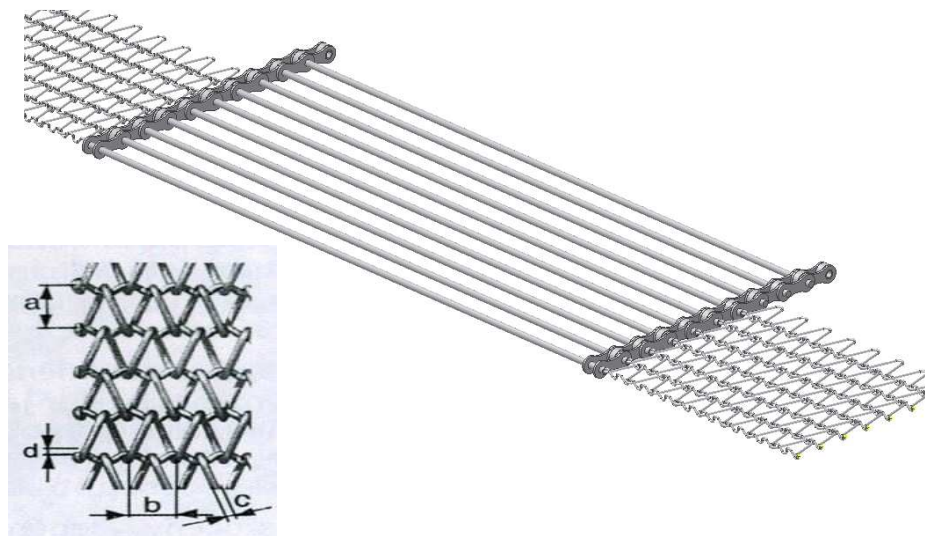
Obr. 34. Optický hladinoměr

Na obr. 34. je znázorněno zařízení pro vizuální kontrolu výšky hladiny. Pohyblivá tyčka je spojena s plovákem a tak reaguje na momentální výšku hladiny. K zásobníku je pak pevně přichycena tyč s naznačenou minimální a maximální výškou hladiny. Oproti klasickému průhledovému hladinoměru je více ve vizuálním poli obsluhy a je viditelné z více stran.

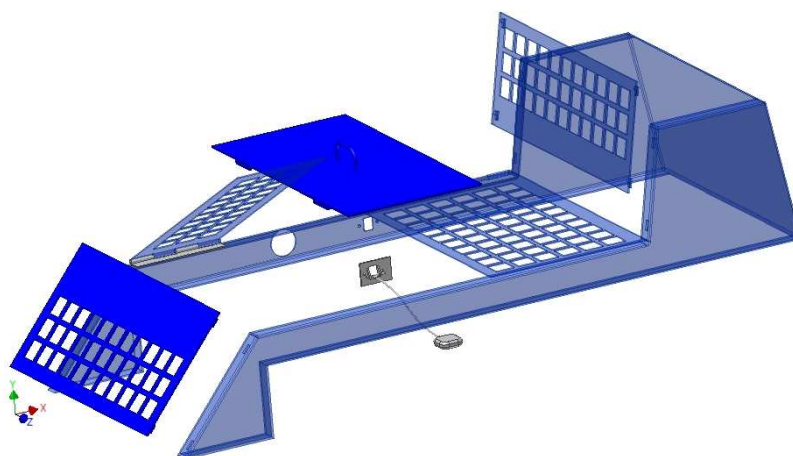


Obr. 35. Pásový filtr

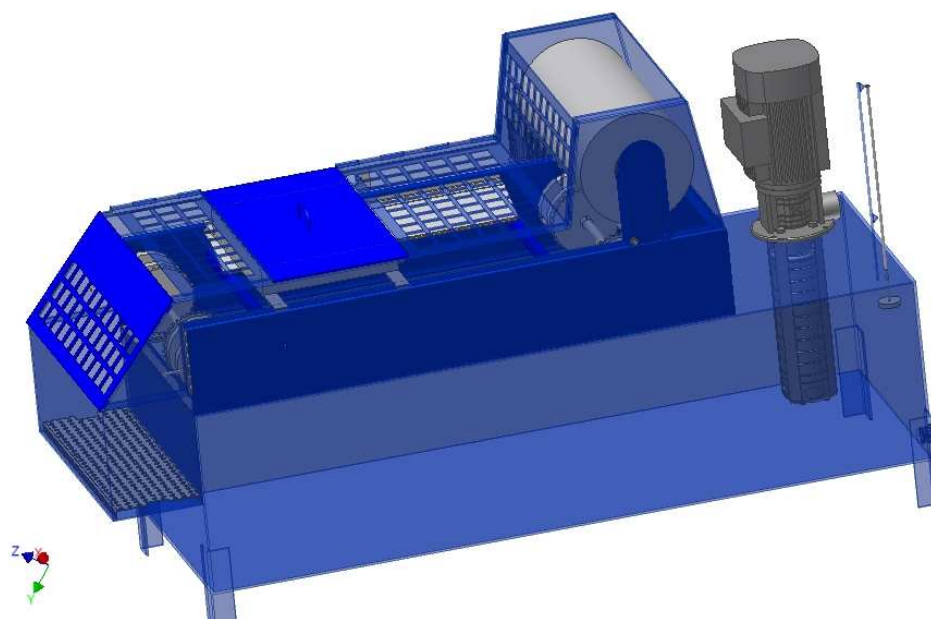
Hlavní částí pásového filtru je filtrační rouno, které je navinuté na roli. Konstrukce pásového filtru vytváří na pásu prohlubeň, ve které dochází k filtraci přes filtrační tkaninu. Během filtrace dochází k zanášení filtrační tkaniny, tím se snižuje rychlost filtrace a stoupá hladina. Plovák s elektrickým čidlem v případě zvýšení hladiny zapne pohon pásu a tím dojde k výměně filtrační tkaniny. Rozměry pásového filtru jsou dle obr. 27. $A \times B \times C$ 1200x596x500 mm. Teoretická filtrační plocha 900x500 maximální výška 40 mm.

*Obr. 36. Pás*

Prostřední část pásu je široká 300 mm a je tvořena příčnými tyčkami. Každý okraj je široký 120 mm a je vyroben z drátu zapleteného do vzoru zobrazeného v detailu na obr. 36. Šířka pásu je tedy 540 mm a rozteč článků řetězu je 12,7 mm.

*Obr. 37. Krytování pásového filtru*

Krytování má za úkol zajistit bezpečnost filtrační stanice, především zamezit dotyku s pohyblivými částmi, zároveň by mělo vylepšit vzhled filtrační stanice. Mezi další požadavky kladené na krytování je snadná vizuální kontrola a dostupnost funkčních částí. Navržené krytování kopíruje pásový dopravník, pro snadnou manipulaci jsou odnímatelné části rozčleněny, popřípadě vybaveny úchyty.

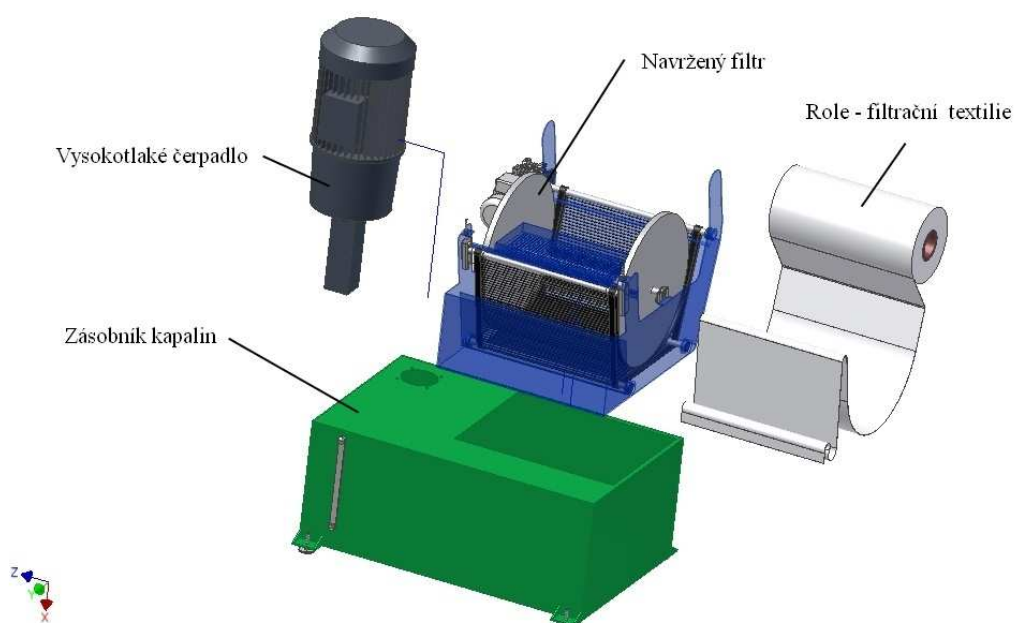


Obr. 38. Filtrační stanice

Celkové rozměry filtrační stanice jsou $X \times Y \times Z = 1800 \times 750 \times 1000$ mm.

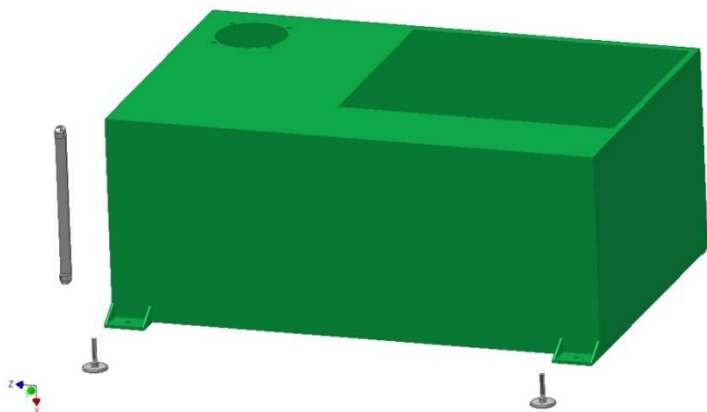
9.2 Navržené konstrukce filtrační stanice, varianta 2

Celkové rozměry filtrační stanice jsou $X \times Y \times Z = 990 \times 690 \times 1130$ mm. Oproti předchozímu návrhu se zmenšila půdorysná plocha stanice při srovnatelném filtračním výkonu.

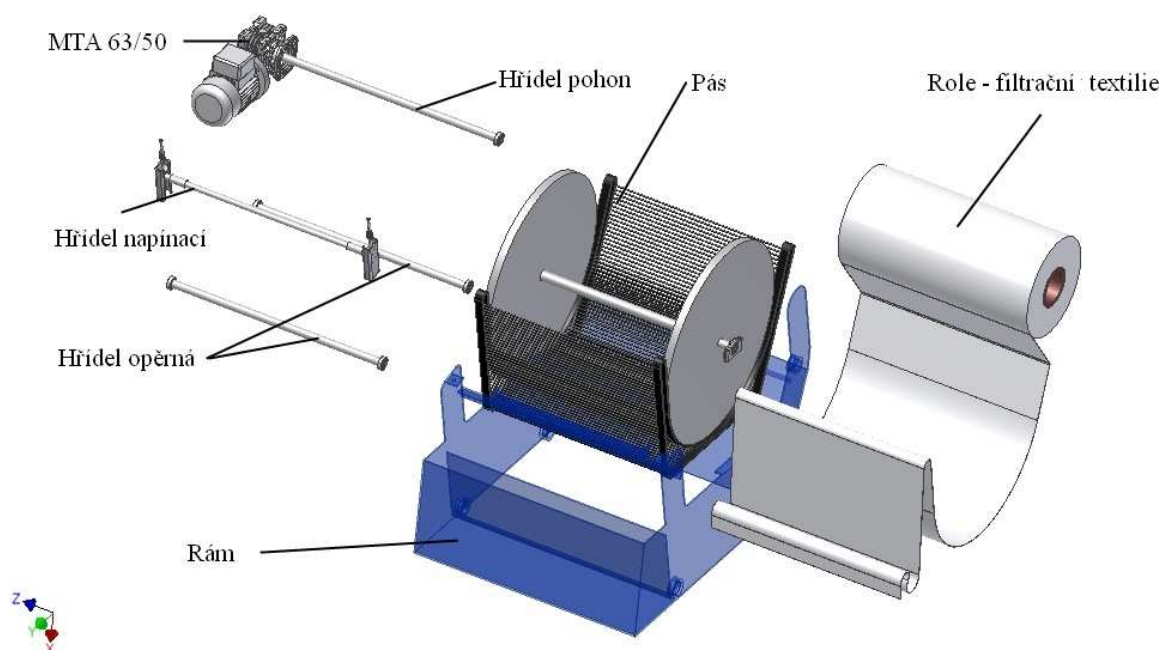


Obr. 39. Navržená sestava filtrační stanice

Objem zásobníku kapalin je 230l. Pro vizuální měření výšky je jako možné řešení navržen průhledový olejznak. Styk s podlahou zajišťují stavěcí šrouby upevněné na vyčnívajících konzolách. Pro snadnější manipulaci mohou být na konzoly také umístěny kolečka.

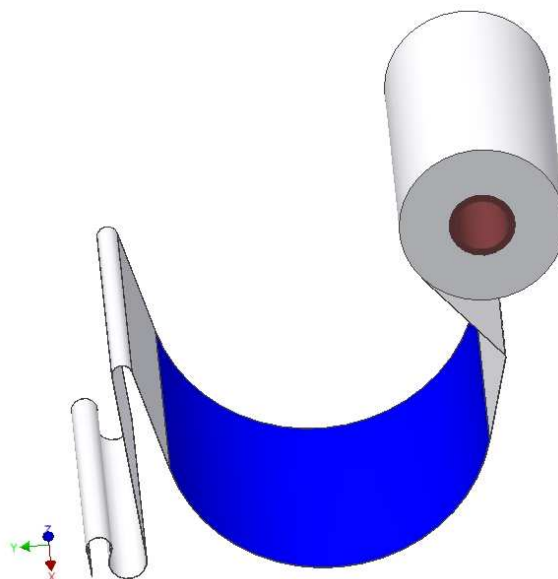


Obr. 40. Zásobník kapalin s příslušenstvím



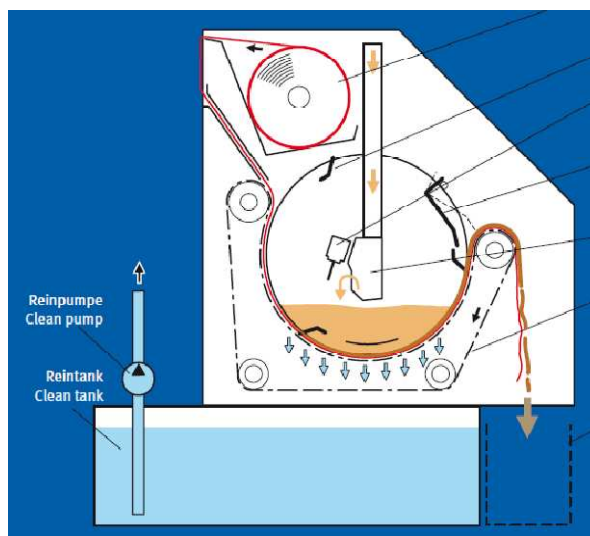
Obr. 41. Navržený filtr s filtračním roumem

Oproti předchozímu návrhu má navržený filtr kompaktnější rozměry, především půdorysnou plochu. Rozměry filtru jsou $A \times B \times C$ 590x690x700 mm. Nevýhodou je složitější konstrukce, horší přístup k jednotlivým prvkům, především při výměně filtračního rouna.



Obr. 42. Tvar filtračního rouna ve filtru

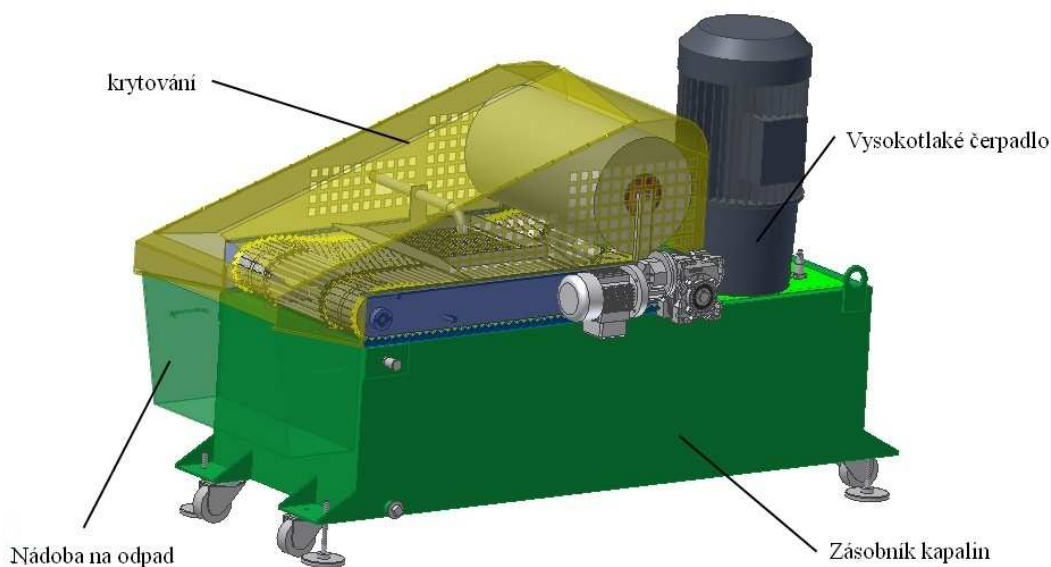
Na obr. 42. je naznačen tvar filtračního rouna ve filtru. Modře je naznačena oblast, ve které dochází k filtraci. Teoretická filtrační plocha 460x650 mm.



Obr. 43. Obdobné řešení firmy Knoll

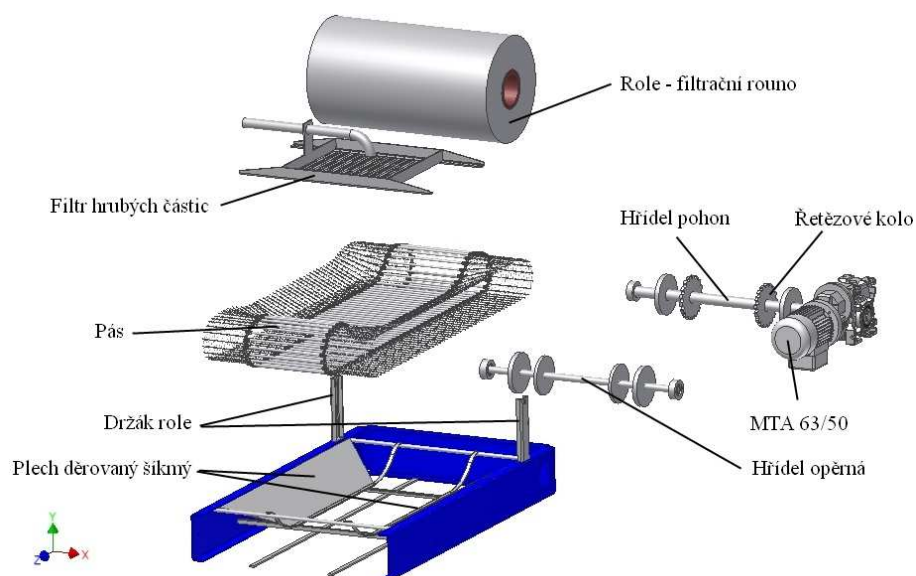
9.3 Navržené konstrukce filtrační stanice, varianta 3

Navržená filtrační stanice se podobá variantě číslo 1. Oproti ní má změněnou konstrukci pásu, na kterém probíhá filtrace přes filtrační rouno, zvětšil se úhel spádu šikmých děrovaných plechů, čímž změnil tvar filtračního prostoru.



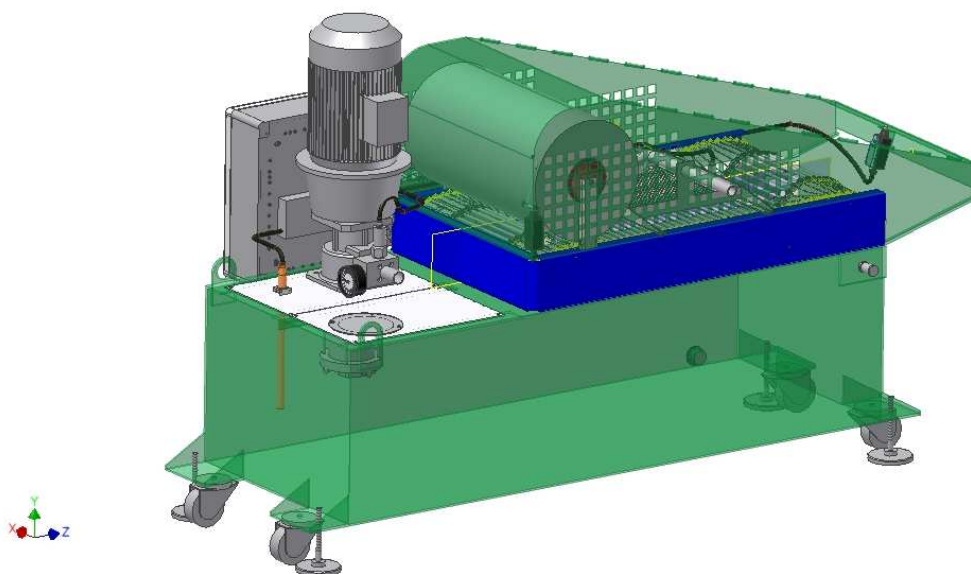
Obr. 44. Navržená sestava filtrační stanice

Filtrační stanice je pro snadnější manipulaci vybavena kolečky a pro fixaci polohy stavěcími šrouby. Krytování bylo navrženo tak, aby filtrační stanice tvořila kompaktní celek, s ohledem na snadnou dostupnost funkčních prvků a snadnou vyrobiteľnost. Celkové rozměry filtrační stanice jsou $X \times Y \times Z = 1650 \times 660 \times 950$ mm.



Obr. 45. Pásový filtr

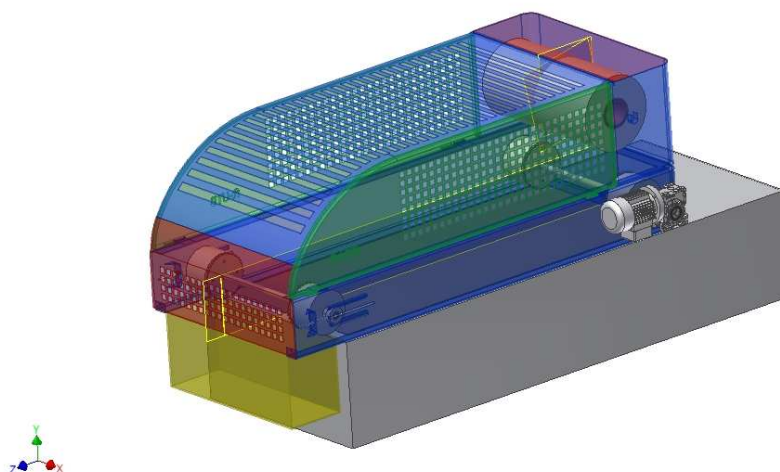
Teoretická filtrační plocha 460x650 mm. Oproti variantě jedna je filtrační plocha menší, ovšem filtrační výkon by měl být zachován díky zvětšené hloubce filtračního prostoru. Rozměry pásového filtru jsou $A \times B \times C = 925 \times 550 \times 405$.



Obr. 46. Filtrační stanice pohled 2

9.4 Navržené konstrukce filtrační stanice, varianta 4

U varianty číslo 4 je oproti předchozím řešení přepracováno krytování a pásový filtr. Pásová filtr je navržen s ohledem na poměr filtrační a půdorysné plochy. Rozměry filtru jsou $A \times B \times C$ 590x690x700 mm.

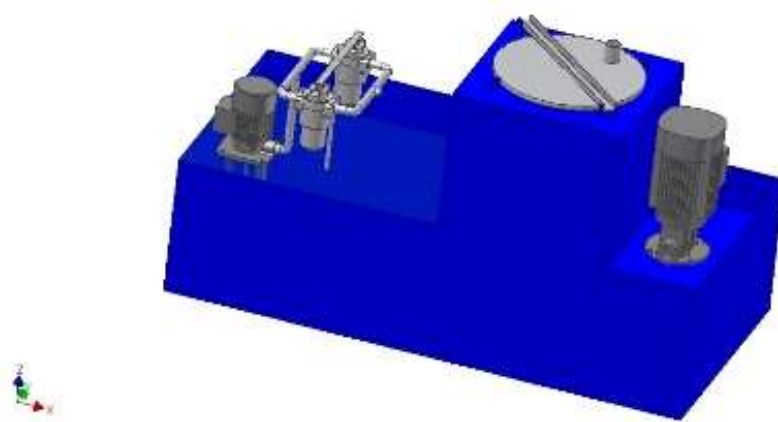


Obr. 47. Navržená sestava filtrační stanice

Krytování umožňuje snadný přístup díky bočním krytům uloženým na pantech. Objem zásobníku kapalin je 230l. Celkové rozměry filtrační stanice jsou $X \times Y \times Z$ = 1800x750x1000 mm.

9.5 Navržené konstrukce filtrační stanice, varianta 5

Varianta číslo 5 se oproti předešlým řešením liší celkovou koncepcí. Zásobník kapalin je navržen jako velkoobjemový, je schopen plynně zásobovat všechna čerpadla určená pro dopravu procesních kapalin. Je rozdělen do dvou částí, do první přitéká znečištěná kapalina z prostoru obráběcího stroje, která je pak přečerpávána přes bubnový filtr do druhé části, kde se shromažďuje přefiltrovaná procesní kapalina.



Obr. 48. Navržená sestava filtrační stanice

V bubnovém filtru je filtrační textilie ve tvaru sáčku, přítoková strana filtru je pevně uzavřená a díky tomu lze dosáhnout vyššího filtračního výkonu zvýšeným tlakem, jemnost filtrace je 25 μm . Za čerpadlem určeným pro chlazení osou vřetene jsou umístěny kazetové filtry s jemností filtrace 10 μm . Navržené řešení umožňuje výměnu kazetových filtrů bez nutnosti přerušení dodávky procesní kapaliny.

9.6 Porovnání navržených filtračních stanic

Při výběru s navržených variant bylo nutno porovnat několik faktorů, mezi ně patří především poměr mezi filtrační a celkovou půdorysnou plochou filtrační stanice, komplikovanost navrženého řešení, předpokládané náklady na zařízení.

Tab. 10. Porovnání navržených filtračních stanic

	Objem zásobníku kapalin [l]	Filtrační plocha [mm]	Rozměry pásového filtru [mm]	Rozměry filtrační stanice [mm]
Varianta 1	300	900x500	1200x596x500	1800x750x1000
Varianta 2	230	460x650	590x690x700	990x690x1130
Varianta 3	280	800x500	925x550x405	1650x660x950

Z hlediska poměru mezi půdorysnou a filtrační plochou vychází jako nejlepší řešení varianta 2. Navržené řešení je poměrně komplikovanější než ostatní, proto je vhodné jej použít až pro objemové průtoky nad 100 l/min. Největší filtrační plochu má varianta 1, filtrační výkon je ale přibližně stejný díky větší hloubce pomyslné filtrační nádoby.

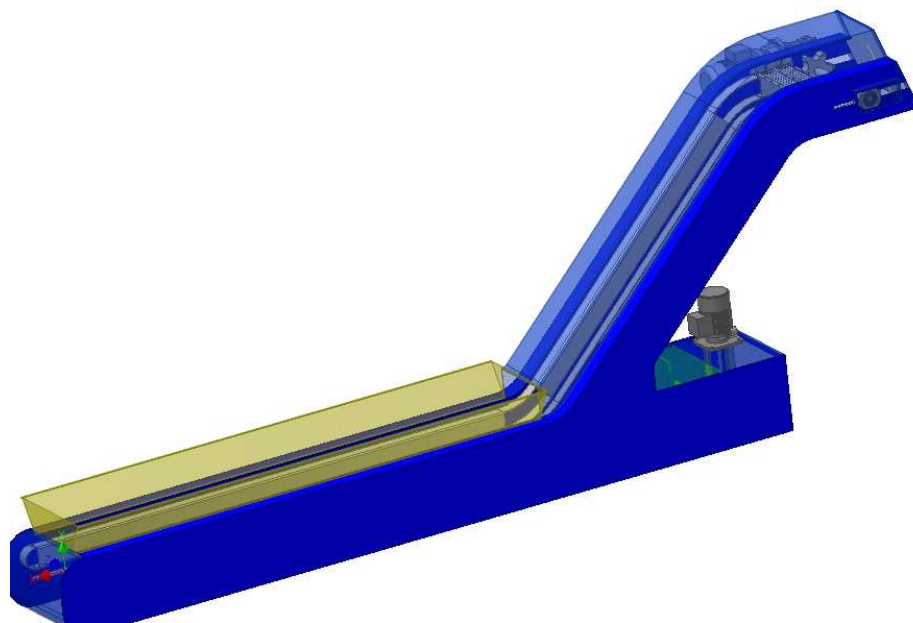


Obr. 49. Zvolená varianta filtrační stanice

Jako optimální řešení byla vybrána 3. varianta filtrační stanice. Navržené řešení vyhovuje všem parametrům, které jsou kladeny na filtrační zařízení, jak z hlediska snadné vyrobitelnosti, tak z hlediska užitných vlastností.

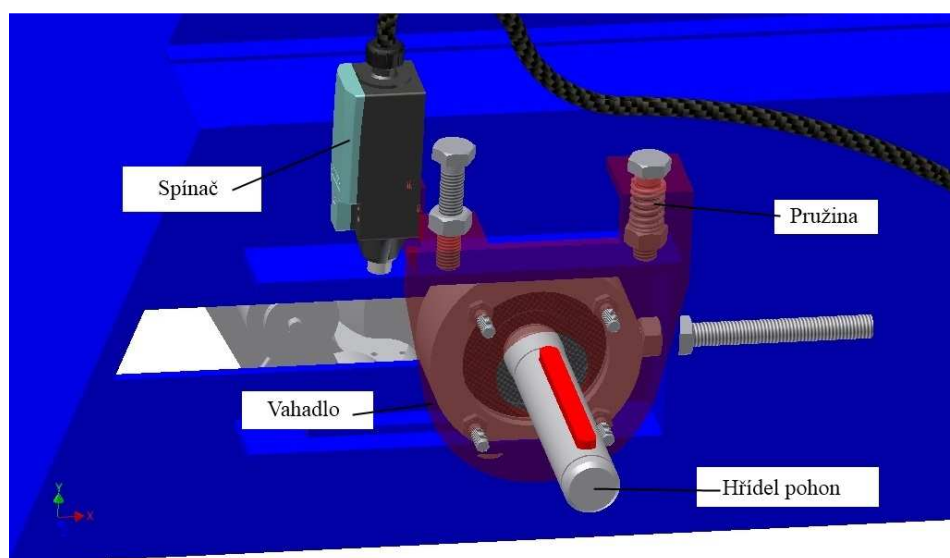
10 NAVRŽENÉ KONSTRUKCE DOPRAVNÍKU TŘÍSEK

Článekový dopravník je vzhledem ke své univerzálnosti nejrozšířenějším zařízením pro odstranění třísek z prostoru obráběcího stroje. Je vhodný pro použití u frézovacích center díky své velké přepravní kapacitě.



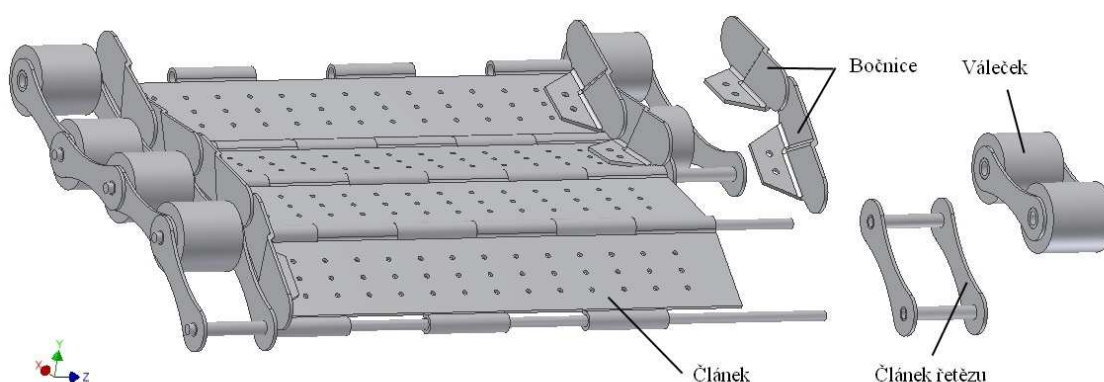
Obr. 50. Článekový dopravník

Dopravní pás je poháněn elektromotorem s reduktorem přes řetězová kola. Dopravník je konstruován jako dvakrát lomený, pás se pohybuje po vedení tvořeném především U profily.



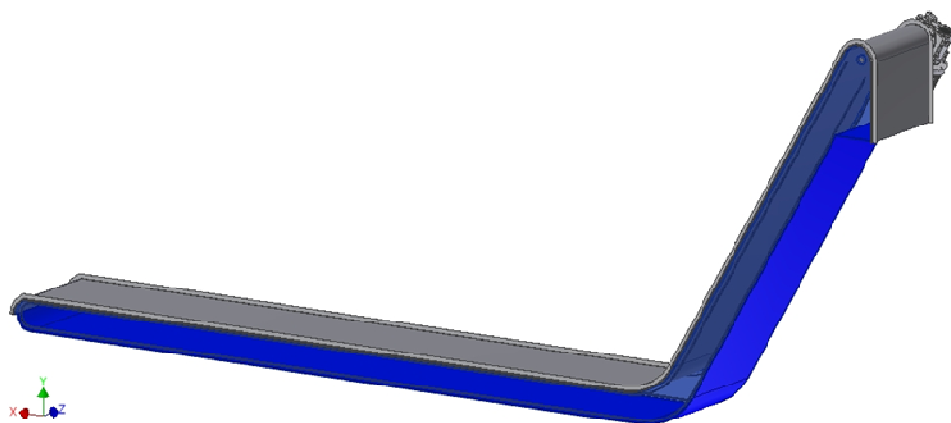
Obr. 51. Konstrukce vypínání pohonu

Při konstrukci pohonu je nutné dbát na možnost zaseknutí článkového pásu. Tento problém vzniká nejčastěji, pokud se při obrábění vytvářejí chuchvalce třísek. Tento problém je typický u soustružení, ovšem může nastat i u frézovacích center, např. při vrtání měkkých materiálů velkými posuvy. Obvyklé řešení vypínání pohonu při přetížení je na obr. 49. Při zaseknutí pásu dojde ke stlačení pružiny a vypnutí motoru spínačem. Obdobné řešení je také u hrablového dopravníku ovšem mechanismus vypínání je přizpůsoben opačnému otáčení pohonu hrablového dopravníku.



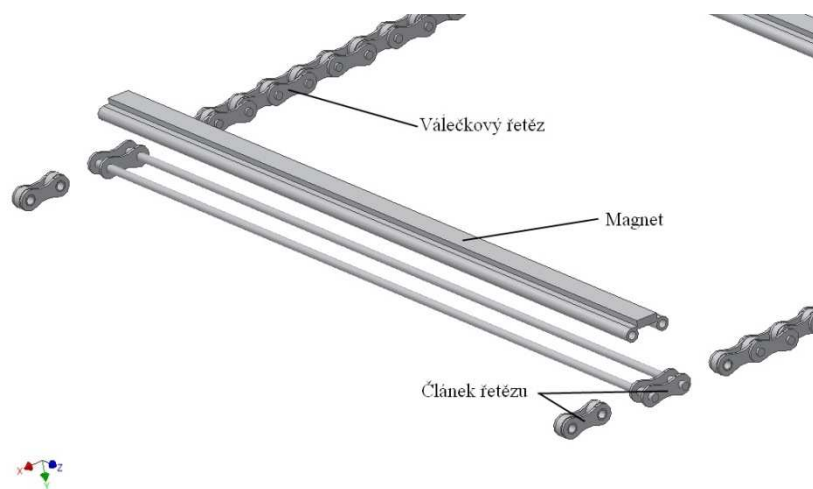
Obr. 52. Pás článkového dopravníku

Pás dopravníku je tvořen články poháněné řetězy umístěnými po obou stranách pásu. Rozteč článků navrženého pásu je 63,5 mm a funkční šířka pásu je 300 mm. Rozměry řetězu odpovídají normě ISO 606. Na pásu dochází k oddělení procesní kapaliny a třísek, dírami v člancích volně prochází procesní kapalina, naopak třísky jsou pásem vynášeny do připravené kapaliny. Na člancích jsou navařeny bočnice, které zabraňují třískám, aby se dostaly do řetězu.



Obr. 53. Magnetický dopravník

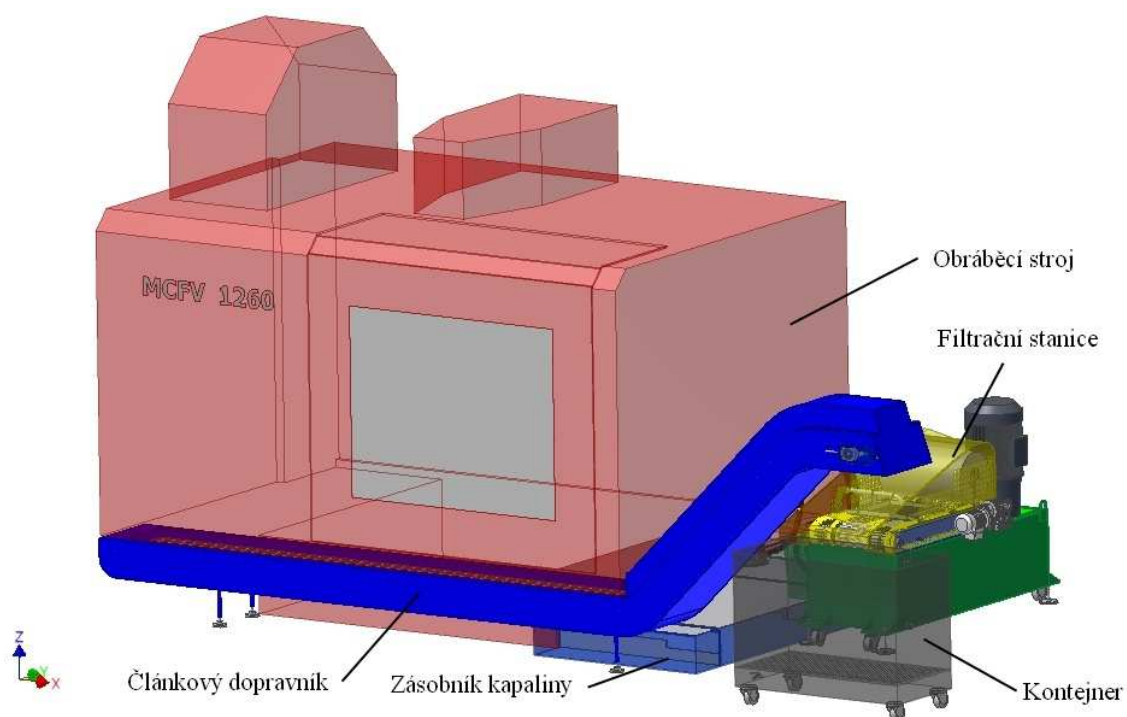
Výhodou magnetického dopravníku je, že pohyblivé části stroje nepřichází do styku s třískami ani s procesní kapalinou. To umožňuje dopravník konstruovat poněkud subtilněji. Jeho velkou nevýhodou je možnost dopravovat třísky pouze s magnetických materiálů, což velmi limituje jeho použití.



Obr. 54. Pás magnetického dopravníku

11 SESTAVA FILTRAČNÍ STANICE

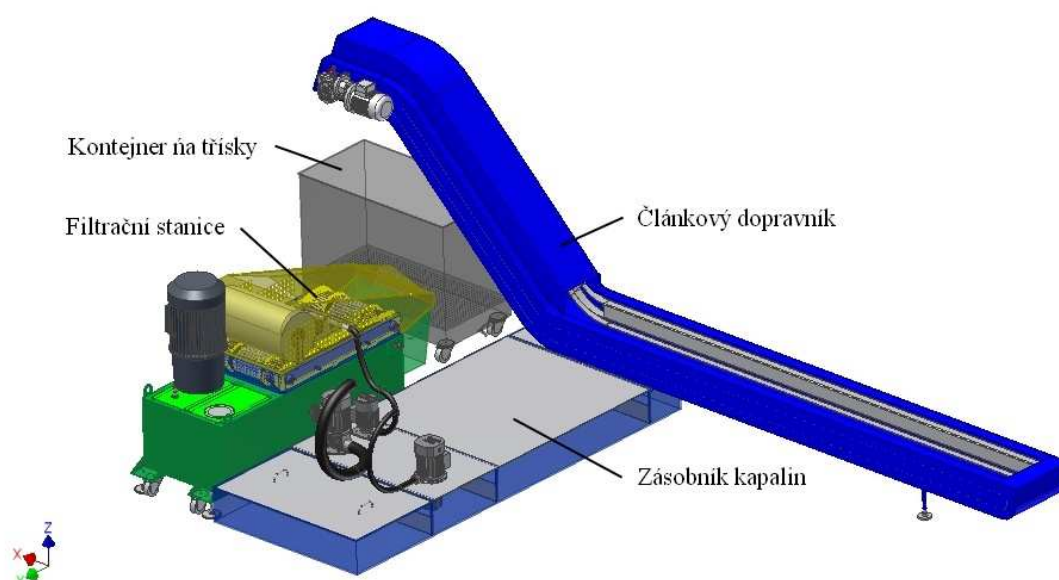
Sestava pro manipulaci s třískami a procesní kapalinou byla navržena pro vertikální obráběcí centrum MCFV 1260. Stroj je vyráběn společností Tajmac – ZPS a.s, která sídlí v našem regionu. Obráběcí centrum je vysoce produktivní stroj pro komplexní třískové obrábění, je vybaveno elektronickou kompenzací teplotních dilatací, pohony Siemens, v základním provedení řídicím systémem Sinumeric, který je na přání možno zaměnit za Heidenhain. Výrobce nabízí možnost vybavení stroje různými vřeteny a přizpůsobit tak stroj individuálním požadavkům zákazníka, mimo jiné také vysokootáčkovou vřetenovou jednotkou dosahující $50\,000\text{ ot.min}^{-1}$. Obráběcí centrum lze dovybavit otočným a naklápěcím stolem, sondami pro kontrolu rozměrů nástroje a obrobku, chlazením nástroje osou vřetena vzduchem nebo kapalinou, oplachováním pracovního prostoru.[28]



Obr. 55. Sestava pro manipulaci s procesní kapalinou a třískami

Filtreační stanice vybavena je pásovým filtrem, pro manipulaci s třískovým odpadem je jako optimální varianta navržen člankový dopravník. Zařízení byla navržena především kvůli jejich širokému uplatnění. Pásový filtr umožňuje filtrovat většinu typů filtrační kapaliny, od upravené vody až po řezné oleje. Člankový dopravník umožňuje přepravu

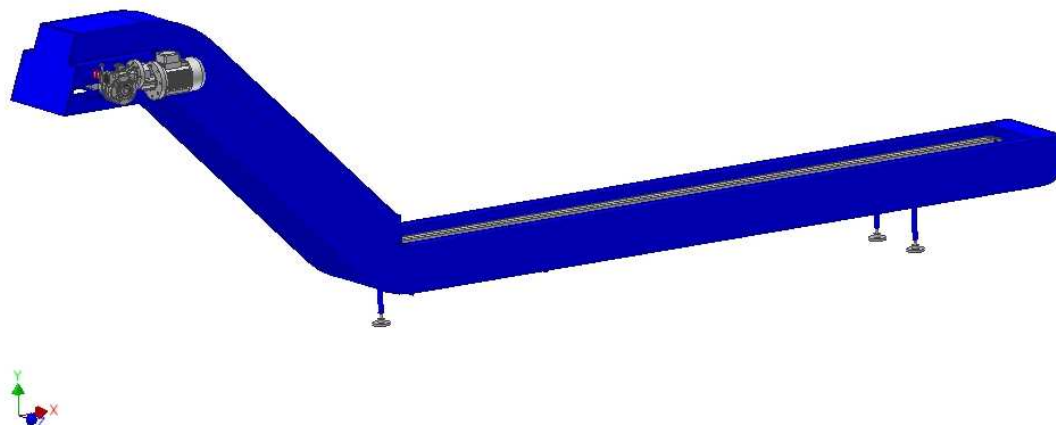
všech druhů třísek ze všech druhů materiálů. Celá sestava je dostatečně dimenzována, šířka pásu dopravníku zajišťuje dostatečný výkon při odvádění třísek. Objem nádrže obráběcího stroje má objem 500 l, objem nádrže filtrační stanice je 280l, sestava je tak schopna bez problémů pokrýt kolísání hladiny v důsledku zadržování kapaliny v prostoru obráběcího stroje a je tím také prodloužený interval doplňování procesní kapaliny.



Obr. 56. Sestava k obráběcímu stroji

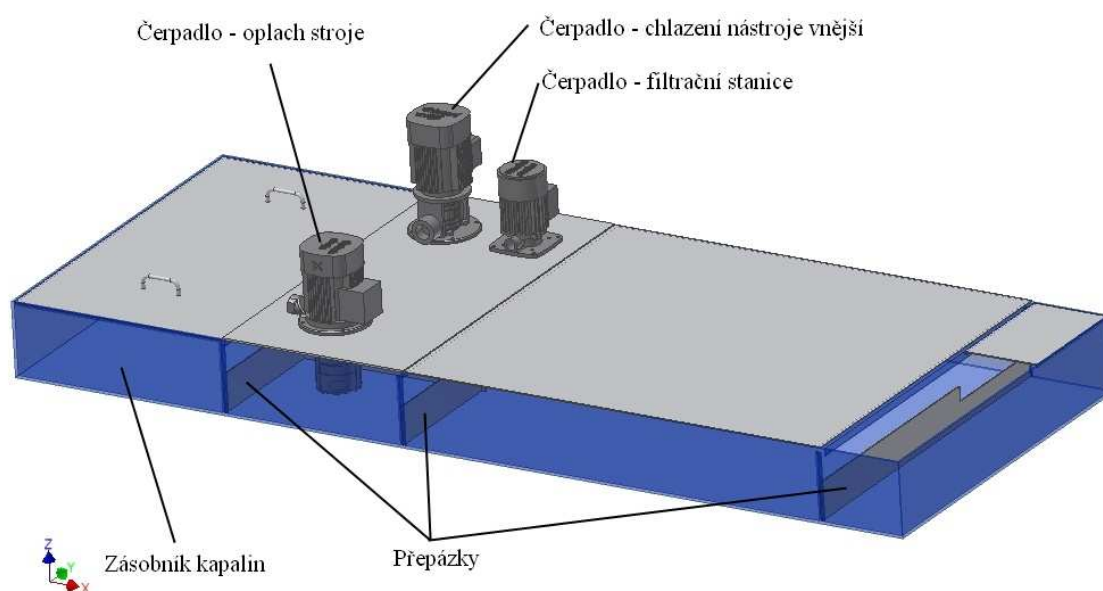
11.1 Dopravník

Navržený dopravník je dvakrát lomený, šířka dopravního pásu je 300 mm. O pohon se stará elektromotor s reduktorem značky Varvel MTA 63/60 0,37 kW.[29] Proti přetížení je dopravník chráněn polohovým snímačem Siemens, popřípadě může být kapacitním senzorem Balluff. V dopravníku není zadržována žádná procesní kapalina, jenom jím protéká. Navržené řešení tak umožňuje zaměnit dopravník třísek za kazety na třísky. [28]



Obr. 57. Článekový dopravník

11.2 Zásobník kapalin



Obr. 58. Zásobník kapalin

Objem nádrže je 500 l a je rozdělena přepážkami do několika sekcí. Přes přepážky se kapalina postupně přelévá, dosáhneme tak rychlejšího usazování nečistot než u nádrže bez

přepážek. Zásobník kapalin je z větší části schován pod krytováním stroje, nezabírá proto další půdorysnou plochu.

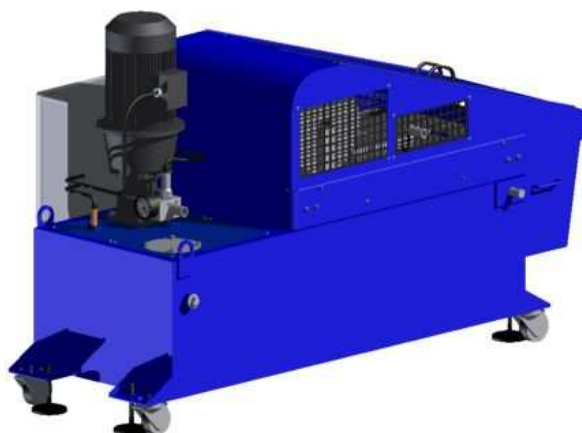
Do nádrže obráběcího stroje se procesní kapalina dostává samospádem přes dopravník třísek, odtud se čerpadly dále rozvádí. Dříve se používala jednoho či dvou velkých čerpadel s řadou ventilů, které se zapínaly podle požadované funkce. V současné době se pro jednu funkci používá jedno čerpadlo. V našem případě je nádrž vybavena třemi čerpadly, jmenovitě čerpadlem pro vnější chlazení nástroje, čerpadlem oplachování pracovního prostoru, a čerpadlem pro přečerpávání kapaliny do filtrační stanice.[30] Pro vnější chlazení bylo navrženo čerpadlo o tlaku 2,5 MPa. Oproti klasickým nízkotlakým čerpadlům vyšší tlak zaručí lepší průnik procesní kapaliny do místa řezu. Další parametry čerpadel jsou uvedeny v tab. 11.

Tab. 11. Navržená čerpadla[31], [17]

Typ	Princip	Použití	Jmenovitý průtok [l/min]	Tlak [MPa]	Výkon motoru [kW]
Seim PO025 6B (filtrační stanice)	Šnekové	Vnitřní chlazení	27	5,5	3,8
Grundfos MTR 3	Odstředivé	Vnější chlazení	50	2,5	1,1
Grundfos MTH 4	Odstředivé	Oplach stroje	67	0,5	0,55
Grundfos MTA 3	Odstředivé	Podávací čerpadlo Filtrační stanice	30	0,08	0,22

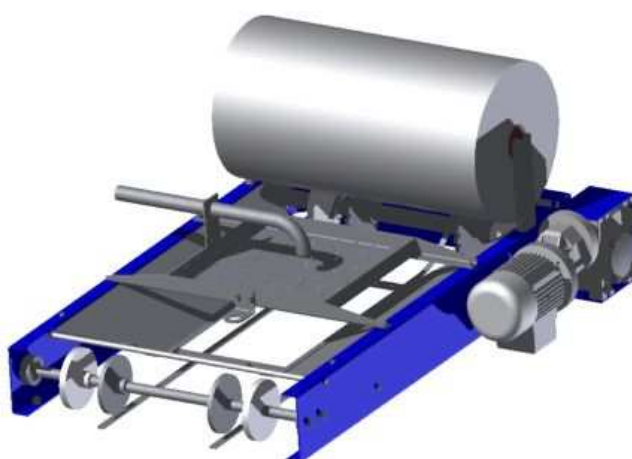
11.3 Filtrační stanice

Vysokotlaká čerpadla se používají pro osové chlazení nástroje, hlavně při vrtání hlubokých děr. Tím se značně zvyšuje produktivita (vyšší posuv do řezu) a kvalita obrobené díry. Pro nižší tlaky se používají odstředivá vícestupňová čerpadla. Tato čerpadla mohou čerpat znečištěnou kapalinu. Filtr nutný pro správnou funkci a životnost velice choulostivého rotačního přívodu, který je součástí vřetenové jednotky, je až za tímto čerpadlem. Jedná se tedy o jednodušší a tím i levnější variantu agregátu pro osové chlazení. Pro vyšší tlaky se na strojích používají šneková čerpadla. Tato čerpadla mohou nasávat pouze přefiltrovanou kapalinu. V tomto případě bývá tedy obvod poněkud složitější a předpokládá použití filtrační stanice.[30]



Obr. 59. Filtrační stanice

Pásový filtr tvoří hlavní část filtrační stanice. Pomocí filtračního rouna z netkané textilie se v něm filtruje procesní kapalina. Při návrhu byla snaha využít především normalizovaných součástí s ohledem na nízké celkové výrobní náklady.

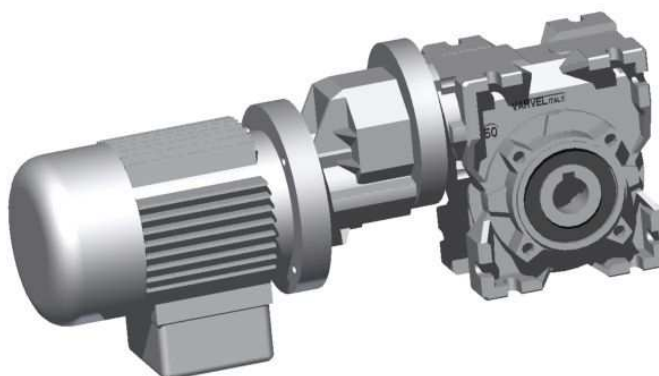


Obr. 60. Pásový filtr



Obr. 61. Pás

Při filtraci je filtrační rouno rozvinuto na pás. Toto řešení umožňuje v případě zanesení filtračního rouna zapnout pohon pásu a umožní tak obměnu pásu. Střed pásu je tvořen tyčkami, jejich délka je 200 mm, na krajích jsou válečky, celé řešení se podobá se válečkovému řetězu. Boky jsou široké 160 mm, jsou tvořeny pásy z drátového materiálu, který se podobá pletivu. Jejich oporu tvoří šikmé děrované plechy.



Obr. 62. VARVEL MTA 63/50

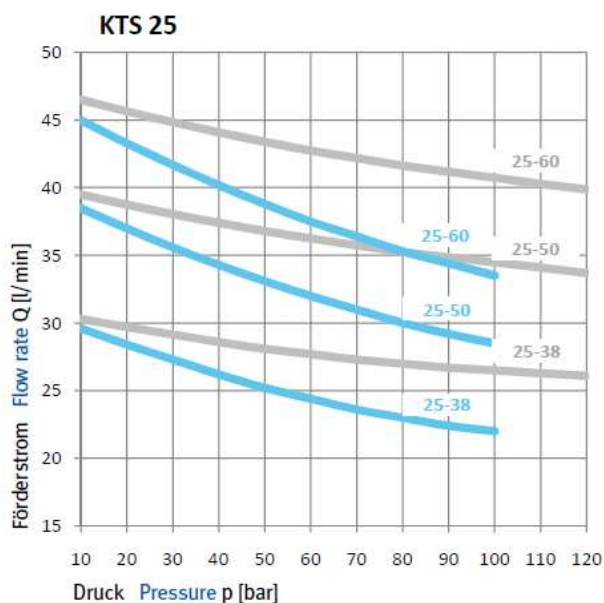
Pohon pásu je opatřen elektromotorem se dvoustupňovým reduktorem tvořeným přímým válcovým a šnekovým ozubením. Navrhnutá sestava pohonu má dvoupólový asynchronní motor o výkonu 0,09 kW, převodový poměr reduktoru je $i=443$. Těmto parametrům odpovídá výrobek firmy VARVEL, s výrobním označením MTA 63/50. [29]

Čerpadlo umístěné na filtrační stanici je určeno pro čerpání přefiltrované kapaliny. Obvykle bývá vysokotlaké určené k chlazení osou vřetene. U těchto čerpadel jsou požadovány parametry, jichž nelze dosáhnout u čerpadel s možností čerpání znečištěných kapalin. Všechny čerpadla pro čerpání znečištěných kapalin dosahují nižší účinnosti než čerpadla pro čisté kapaliny. To je dáno větší mezerou mezi tělesem čerpadla a lopatkami.



Obr. 63. Šnekové čerpadlo značky Knoll [31]

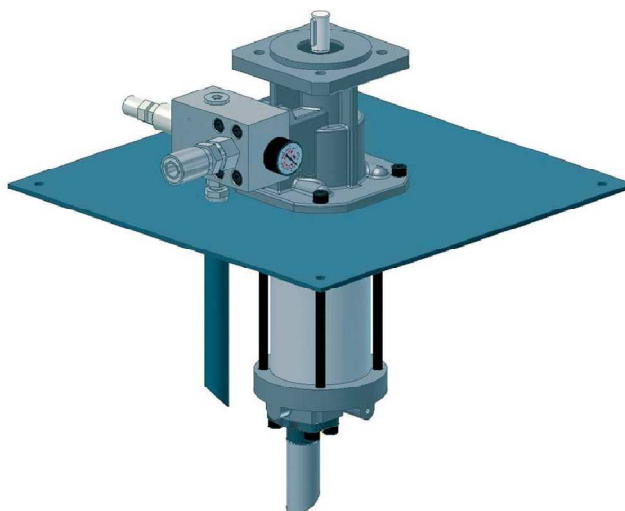
Pro vysoké tlaky je vhodné použít šnekových čerpadel. Navržené vysokotlaké čerpadlo je značky KNOLL, typ KTS 25-50. Jeho parametry jsou na Obr. 62.



Obr. 64. Parametry šnekových čerpadel

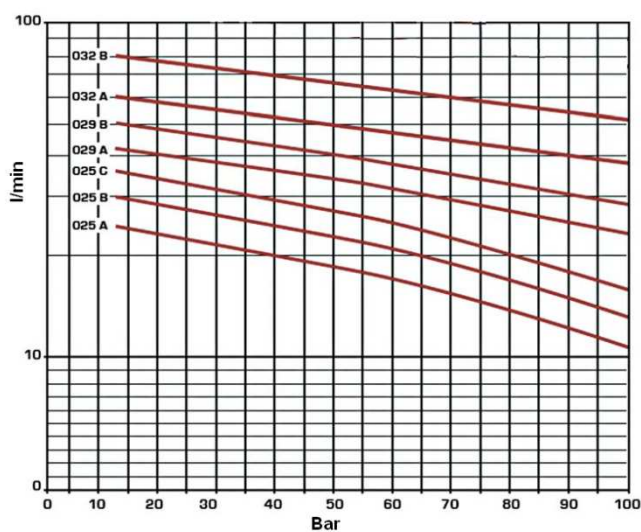
Knoll [31]

Další navrženou variantou je vysokotlaké čerpadlo je od italského společnosti Seim. Firma se zabývá výrobou vysokotlakých čerpadel, rozváděcích ventilů a chladících jednotek, významná část produkce je určena pro obráběcí stroje. Pro naše určení nejlépe vyhovuje vysokotlaké čerpadlo Seim PO025 6B.



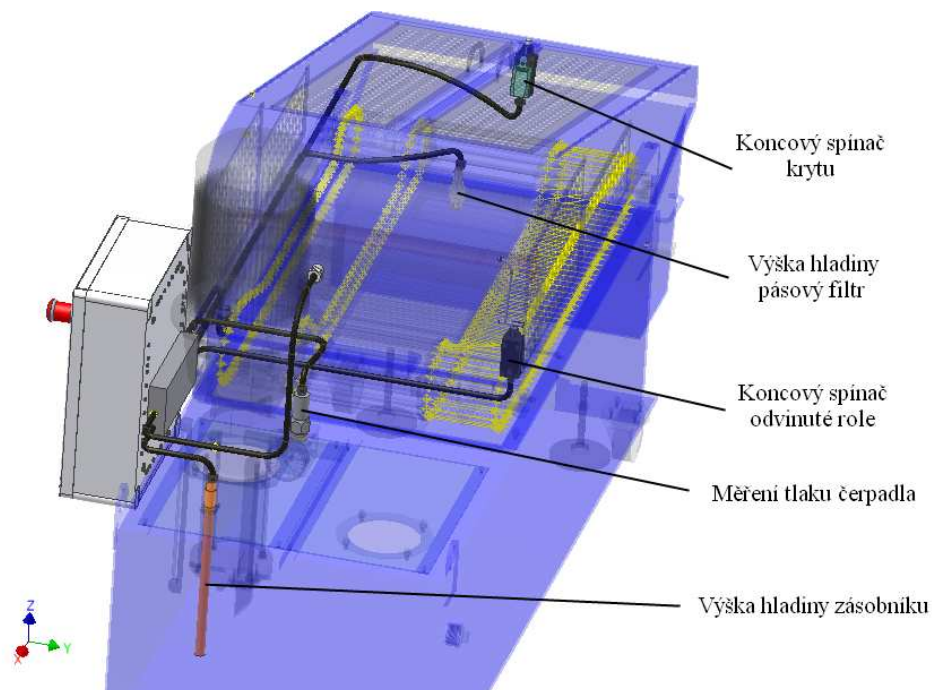
Obr. 65. Čerpadlo Seim s příslušenstvím

Navržené vysokotlaké čerpadlo je šnekové konstrukce, potřebným parametrům vyhovuje vysokotlaké čerpadlo Seim PO025 6B. Při osazení čerpadla dvoupólovým asynchronním motorem o výkonu 3,8 kW je objemový průtok 26,8 l/min při výstupním tlaku 6 MPa.



Obr. 66. Parametry šnekových čerpadel Seim

Pro automatický provoz je filtrační stanice využita senzory, které snímají výšku hladin, tlak na výstupu z vysokotlakého čerpadla a čidla které detekují uzavření víka a odvinutí role filtračního rouna.



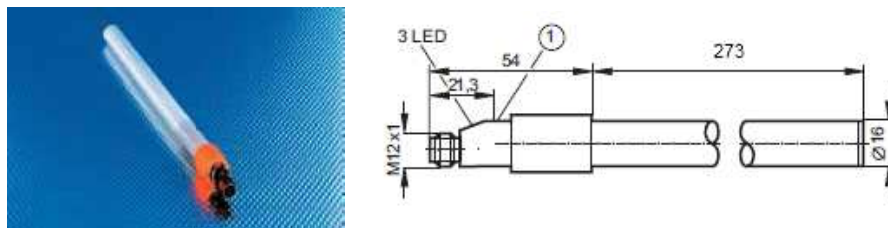
Obr. 67. Ovládací a regulační prvky filtrační stanice

Tab. 12. Ovládací a regulační prvky filtrační stanice

Měřidlo	Typ	Rozsah
Výška hladiny zásobníku	Ifm LI 5042	273 mm
Výška hladiny pásový filtr	Ifm KN 5113	77 mm
Měření tlaku výstup čerpadla	Ifm PA 3022	Max. 10 MPa
Koncový spínač odvinuté role	Siemens 3S 880305	-
Koncový spínač uzavřený kryt	Siemens 3S 880305	-

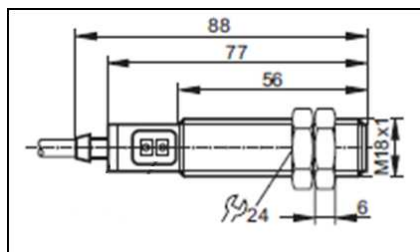
Pro snímání hladiny v zásobníku s elektrickým výstupem byl zvolen tyčový hladinový senzor značky IFM, je hlavní výhodami jsou vysoká dlouhodobá spolehlivost díky odstranění mechanických částí, možnost naprogramovat 3 polohy, ve kterých dojde k sepnutí zvolených funkcí filtrační stanice. Na zásobníku je upnut pomocí upevňovací spony za $\varnothing 16$ mm.[32] Zařízení s obdobnými parametry vyrábí také firma Siemens.

Senzor má nastavené snímací polohy tak, aby při minimální výšce hladiny vyslal signál k obráběcímu stroji a zastavil vysokotlaké čerpadlo, aby nedošlo k jeho poškození. Před dosažením minimální hladiny vyšle signál k zapnutí podávacího čerpadla. V případě maximální výšky zastaví podávací čerpadlo, aby nedošlo k přetečení zásobníku.



Obr. 68. Tyčový senzor LK

Výška hladiny v pásovém filtru je měřena kapacitním hladinovým limitním senzorem. Senzor snímá výšku hladiny tak, aby při zanesení filtračního rouna nestoupala hladina nad přípustnou mez a nedošlo k úniku nepřefiltrované kapaliny do nádrže filtrační stanice. Navržený senzor vyrábí firma Ifm, jeho náčrtek se zakótovanými základními rozměry je vyobrazen na obr. 66.



Obr. 69. Kapacitní hladinový limitní senzor IFM

Měření tlaku na výstup čerpadla je realizováno tlakovým senzorem Ifm, rozsah měřené veličiny je 0-10 MPa. Změna tlaku pomáhá indikovat případné problémy s čerpadlem a kolísáním chladicí kapalin. V případě poklesu tlaku je vyslán signál řídicímu systému stroje.



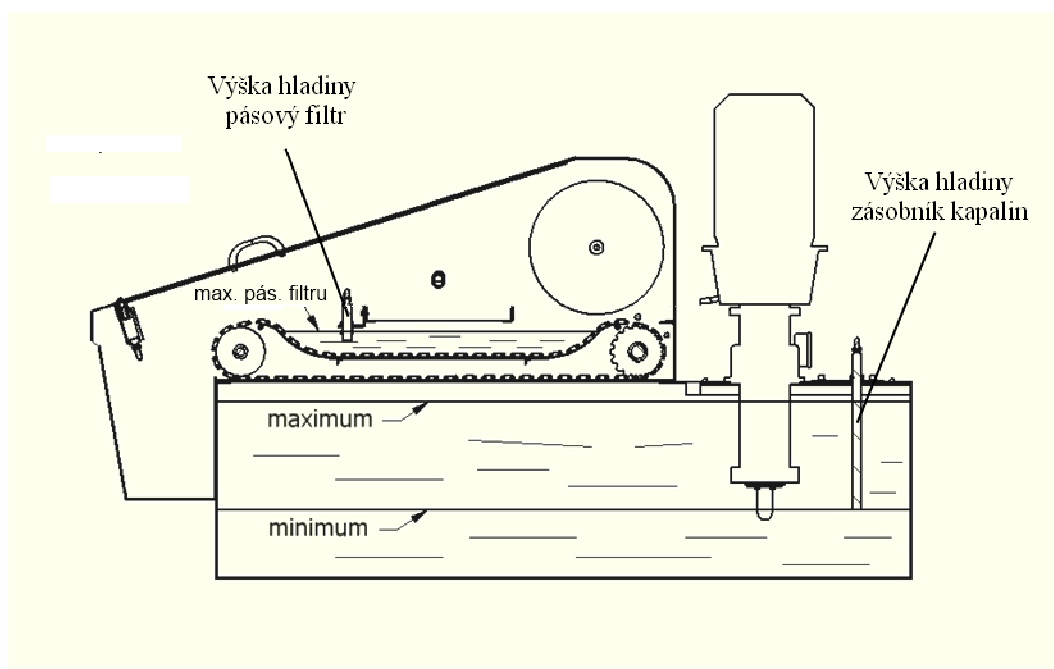
Obr. 70. Tlakový senzor Ifm

Polohový spínač Siemens detekuje uzavření krytu filtrační stanice, v případě otevření je zamezeno spuštění pohybu pásu. Druhý spínač detekuje množství odvité role, ještě před jejím koncem upozorní obsluhu na její stav. Zařízení s obdobnými parametry vyrábí také firma Balluff.

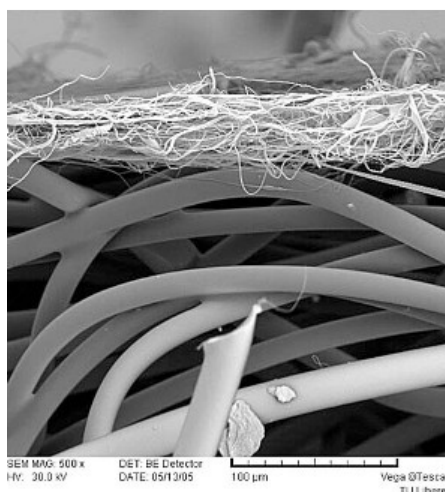


Obr. 71. Polohový snímač Siemens 3S

Na obr. 70 jsou znázorněny mezní stavy hladin v zásobníku. U pásového filtru je při maximální výšce hladiny sepnut pohon pásu, senzor u zásobníku kapalin filtrační stanice ovládá podávací čerpadlo filtrační stanice, případně zastaví vysokotlaké čerpadlo.



Obr. 72. Mezní stavy hladin v zásobníku



Obr. 73. Struktura netkané textilie

Filtrační rouna jsou vyráběna z netkané textilie, obvykle z polypropylenu, polyesteru, nebo viskózy. Filtrační rouna používané například při filtraci procesních kapalin, výrobci dodávají v šířce obvykle od 400mm do 2300mm a libovolné délce návinu. Uvedené materiály jsou vhodné pro použití při filtraci procesních kapalin, nereagují s většinou používaných rezných emulzí a olejů, vhodnost jejich použití v agresivních podmínkách je uvedena v Tab. 13. Schopnost filtrace a velikost odfiltrovaných částic nejlépe charakterizuje počet gramu na metr čtvereční, obvykle se pohybuje od 20 g.m⁻² do 130 g.m⁻² [33]

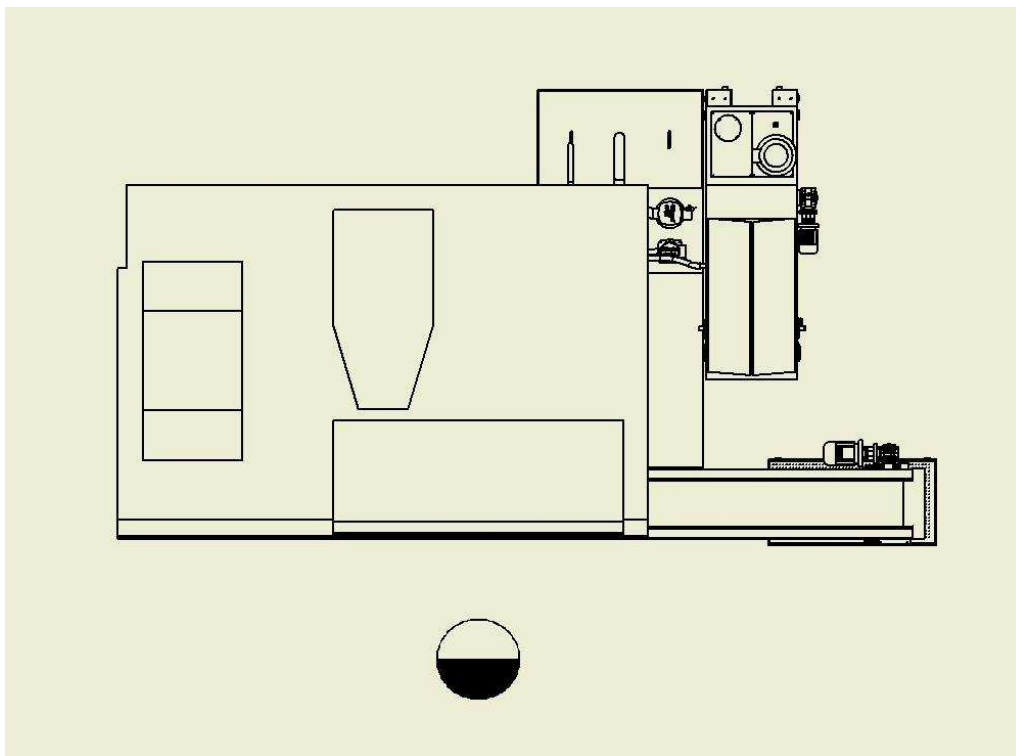
Tab. 13. Vlastnosti materiálů používaný při výrobě filtračních textilií

Material	Teplota Provozní [°C]	Odolnost proti hydrolyze	Odolnost proti kyselinám	Odolnost proti alkáliím	Odolnost proti oxidaci	Odolnost proti rozpouštědlům
Polypropylen PP	90	1	1	1	4	2
Polyester PES	150	4	3	4	2	3
Polyvinylchlorid PVC	75	1	1	1	3	3
Polyamid PA	110	4	3	2	3	2
Sklo	250	2	2	3	1	1

Vlastnosti filtračních materiálů jsou hodnoceny od 1 do 4, přičemž 1 znamená výbornou odolnost a 4 velmi špatnou.

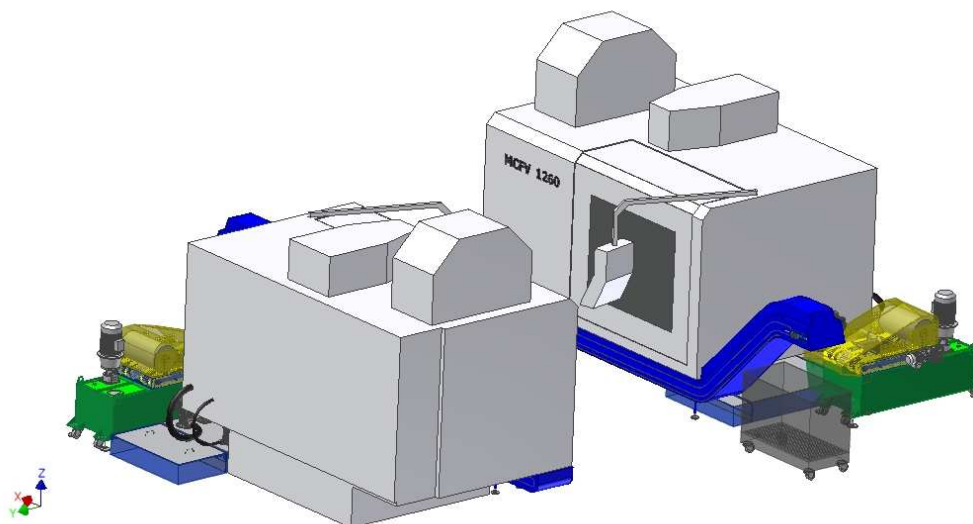
11.4 Návrh pracoviště obráběcího centra

V okolí obráběcího centra musí být dostatek místa pro snadný přístup ke všem prvkům obráběcího stroje, pro jeho snadnou a rychlou údržbu. Navržený dopravník třísek a jeho umístění nepřekáží při obsluze obráběcího centra a zároveň umožňuje dobrý přístup ke kontejneru na třísky. Filtrační stanice je vybavena všesměrovými kolečky a díky tomu se dá rychle přemístit. Na obr. 71. Je půdorys pracoviště stroje MCFV 1260 s naznačeným rozmístěním jednotlivých prvků.



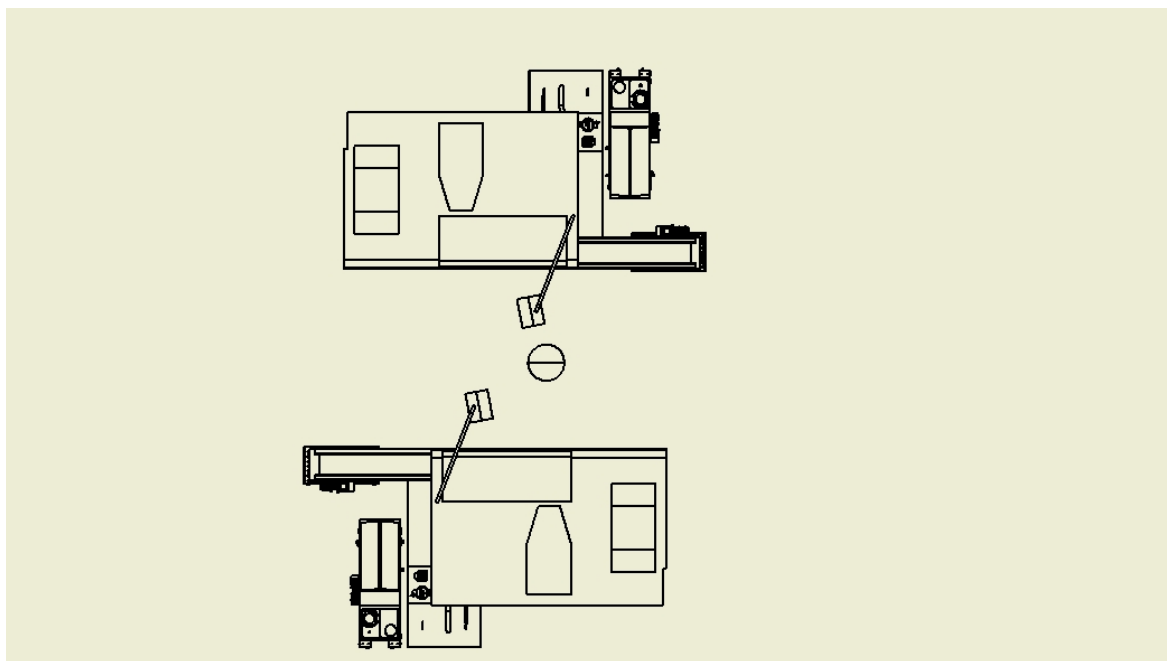
Obr. 74. Pracoviště MCFV 1260

Na obr. 72. je znázorněn návrh pracoviště s víceobsluhou. Jeho výhodou je nejen ovládání dvou strojů jedním pracovníkem, ale umožňuje také použít jedno nářadí a nástroje pro oba stroje a úsporu půdorysné plochy.



Obr. 75. Pracoviště MCFV 1260 s víceobsluhou

Na obr. 73. je znázorněn půdorys pracoviště s víceobsluhou. Navržené uspořádání bylo navrženo především s ohledem na snadnou obsluhu. Vstupy do pracovních prostorů obráběcích center jsou umístěny přímo naproti sobě a tím je zajištěna nejlepší možná obslužnost strojů.



Obr. 76. Pracoviště MCFV 1260 s víceobsluhou

12 EKONOMICKÝ ROZBOR FILTRAČNÍ STANICE

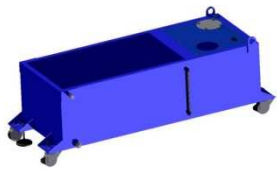
Cenu vyráběných dílů tvoří materiálové náklady a náklady na zpracování nakoupených hutních polotovarů na výrobek. Cenu polotovarů lze poměrně přesně určit, při návrhu je nutné pečlivě zvážit druh materiálu, protože ceny materiálu výrazně stoupají se zvyšující se jakostí. Cenu za konečné zpracování výrobku ovlivňuje nejen složitost výroby, ale také jejich vyráběné množství. Proto nelze cenu konečného výrobku přesně určit. Cenu lze upřesnit při implementaci výroby filtrační stanice na konkrétní podnik, jeho výrobní možnosti a předpokládaný objem produkce.

Pro přehlednost je filtrační stanice rozdělena do konstrukčních celků podle jejich účelu, ve kterých jsou rozepsány jednotlivé položky, konečná kalkulace filtrační stanice je pak v kapitole 12.7.

12.1 Ekonomický rozbor zásobníku kapalin

V tab. 14 je proveden výpočet ceny zásobníku kapalin s příslušenstvím.


Tab. 14. Seznam a ceny dílů zásobníku kapalin

	Ekonomický rozbor – Zásobník kapalin		
Název	Kusů	Cena kus	Cena celkem
Nádrž	1	3125	3125
Kolečko	4	550	2200
Šroub stavěcí M12	4	80	320
Zátka G 2"	2	30	60
Kryt zásob. levý	1	150	150
Kryt zásob. pravý	1	150	150
Víko zásobníku	1	80	80
Válec manipulace	2	50	100
Upev spona Ø 16 mm	2	300	600
Optický hladinoměr	1	1900	1900
Spojovací materiál			75
Ceklem			8760

12.2 Ekonomický rozbor pásového filtru

Pásový filtr tvoří významnou položku v ceně filtrační stanice. Součástí pásového filtru je filtrační rouno, které ve filtrační stanici spotřebním materiálem.


Tab. 15. Seznam a ceny dílů pásového filtru

	Ekonomický rozbor – pásový filtr		
Název	Kusů	Cena kus	Cena celkem
Rám filtru	1	1200	1200
Pouzdro ložisko	2	200	400
Hřídel podpěrná	1	210	210
Ložisko 6002	3	116	348
Kolo podpěrné	2	160	320
Kolo pletivo podpěrné	2	170	340
Pouzdro s drážkou	1	250	250
Hřídel pohonu	1	375	375
Pohon pásu	1	12000	12000
Pohon mezikus	1	250	250
Kolo pohon	2	360	720
Kolo pás pohon	2	170	340
Plech šikmý děrovaný	2	500	1000
Vzpěra	2	75	150
Vzpěra tyčová	2	75	150
Vedení pásu	2	300	600
Filtr hrubých nečistot	1	500	500
Vtok	1	300	300
Držák hladinoměru IFM	1	35	35
Držák role	2	75	150
Držák role tyč	2	75	150
Ložisko 6001	2	117	234
Vedení pásu spodní	2	150	300
Kryt pohonu	1	200	200
Víko pohonu	1	200	200
Filtrační rouno návin	1	1200	1200
Spojovací materiál			269,1
Celkem			22191

12.3 Ekonomický rozbor pásu

Cena pásu lze ovlivnit nejen volbou materiálu, ale také vhodnou volbou polotovaru a technologie výroby. Navržený pás je vyroben s korozivzdorné oceli, především s ohledem na nutnost dlouhé životnosti ve vlhkém prostředí.


Tab. 16. Seznam a ceny dílů pásu filtru

<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Ekonomický rozbor – pás</p> </div> </div>			
Název	Kusů	Cena kus	Cena celkem
Tyč	104	25	2600
Váleček	208	10	2080
Spoj rozteč 19,05 mm	206	5	1030
Pletivo	2	400	800
Háček pletivo	20	3	60
Celkem			5670

12.4 Ekonomický rozbor čerpadla s příslušenstvím

Vysokotlaké čerpadlo tvoří významnou položku v ceně filtrační stanice. Cena čerpadla závisí na požadovaných parametrech výrobců obráběcích strojů, zvolené čerpadlo vyhovuje jejich běžným požadavkům.

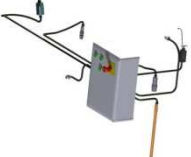
Tab. 17. Seznam a ceny dílů čerpadla s příslušenstvím

<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Ekonomický rozbor – čerpadlo s příslušenstvím</p> </div> </div>			
Název	Kusů	Cena kus	Cena celkem
Čerpadlo Seim	1	24000	24000
Filtrace 35 um	1	1000	1000
Vývod G1"	1	300	300
Manometr	1	320	320
Spojovací materiál			53
Celkem			25673

12.5 Ekonomický rozbor ovládacích a regulačních prvků

Navržené elektrické prvky byly zvoleny především s ohledem na jejich funkční spolehlivost a odpovídají současným standardům v oblasti řízení a regulace. Snímače mohou být nahrazeny levnější variantou s plovákem a mechanickým převodem a snímačem.


Tab. 18. Seznam a ceny dílů regulačních prvků

	Ekonomický rozbor – ovládací a regulační prvky		
Název	Kusů	cena kus	Cena celkem
Polohový spínač	2	400	800
Převodka	1	120	120
Ložisko 4x7x2	1	90	90
Kabely pro spínače	1	50	50
Průchodka spínače	4	15	60
Ochrana kabelů	1	200	200
El skříň 360x270x124 mm	1	800	800
Hlad. senzor 273 mm IFM	1	6000	6000
Tlakový senzor IFM	1	4 607	4607
Stykače relé ostatní	1	500	1500
Průchodka M20	2	30	60
Kabely pro motory	1	200	200
Hladin.senzor 55 mm IFM	1	3800	3800
Celkem			18287

12.6 Ekonomický rozbor krytování

Krytování zamezuje možnému kontaktu obsluhy s částmi stroje, jsou-li v pohybu. Víka umožňují snadný přístup ke všem prvkům a rychlou vizuální kontrolu. Pro odlehčení je krytování tvořeno PVC deskami s otvory. Nádoba na znečištěnou filtrační textilií je vybavena úchyty a je zavěšena na krytování filtrační stanice.

Tab. 19. Seznam a ceny dílů krytování

	Ekonomický rozbor – krytování		
Název	Kusů	Cena kus	Cena celkem
Kryt svařenec	1	1800	1800
Víko levé	1	300	300
Víko pravé	1	350	350
Kryt víko	2	150	300
Rukojeť víko	2	270	540
Pant	2	150	300
Kryt bok malý	2	30	60
Kryt bok velký	2	50	100
Nádoba odpad	1	500	500
Spojovací materiál			33
celkem			4283

12.7 Ekonomický rozbor filtrační stanice

Filtrační stanice je navržena s ohledem na možnost přizpůsobení filtrační stanice individuálním požadavkům zákazníka. Lze ji vybavit výkonnějším čerpadlem, změnit ovládací a regulační prvky a tím značně ovlivnit cenu. Při návrhu materiálu byl kladen důraz na dlouhou životnost, díly které jsou vystaveny účinkům procesní kapaliny a otěru, jako např. pás a šikmé boční plechy, jsou vyrobeny z nerezavějící oceli, ostatní části konstrukce jsou chráněny antikoročním nátěrem.

Tab. 20. Seznam částí a cena filtrační stanice

Název	Hmotnost	Kusů	Cena [Kč]
Zásobník	75,783 kg	1	8 759
Pásový filtr	78,334 kg	1	22 191
Čerpadlo Seim	44,192 kg	1	25 673
Pás	26,015 kg	1	6 570
Krytování	23,891 kg	1	4 283
El. a reg. prvky	8,737 kg	1	18 287
Celkem			85 764

Kromě uvedených komponentů je nutné k ceně připočítat montáž, lakování, instalaci produktu a následný servis. Náklady na výsledný produkt by se tak měly pohybovat kolem 100 000 Kč.

Pro ekonomickou analýzu byly mimo jiné využity ceníky spojovacího materiálu firem Bmkco[34] a Akros[35], ceník hutního materiálu firmy Feron [36], ceníky plastových profilů firem Řempe [37] a ceníky elektrických regulačních prvků firem Technoline [38] a Marinfo [39].

ZÁVĚR

V současné době roste automatizace v oblasti konstrukce a řízení obráběcích strojů obrovským tempem. Je patrný přechod k obráběcím strojům, u kterých jejich obsluha tvoří jen kontrolní článek, a jsou schopny pracovat bez obsluhy po dlouhou dobu. Dílny s takovými stroji bývají vybavovány centrálními dopravníky třísek, zařízeními pro jejich dokonalé oddělení od řezné kapaliny, jejich granulaci a v neposlední řadě také centrální rozvodem kapaliny.

V současné době je patrný přechod od silového obrábění na HSC obrábění. I přesto, že například u frézování není potřeba nástroj chladit, je nutné vybavit obráběcí stroj zařízením pro přípravu chladicí kapaliny, především kvůli vrtání a odvodu třísek z obrobku. V tomto případě je také žádoucí, aby stroj byl vybaven zařízením pro chlazení středem nástroje, u kterého je filtrace řezné kapaliny nutností.

Cílem této práce bylo zlepšit užité vlastnosti filtrační stanice a snížit její výrobní náklady. Návrh se týká nejen mechanických prvků filtrační stanice, ale také byly navrženy nové regulační prvky a čerpadlo. Při návrhu byl kladen důraz především na funkční spolehlivost, které je dána především jednoduchou konstrukcí funkčních dílů, u regulačních prvků k tomu přispělo odstranění všech mechanických částí.

Bylo navrženo několik variant filtračních stanic tak, aby vyhovovaly současným požadavkům filtrace procesní kapaliny u obráběcích center. Při výběru optimální varianty rozhodoval poměr půdorysné a filtrační plochy, komplikovanost konstrukce a předpokládané výrobní náklady. Vybraná varianta vyhovuje nejlépe požadovanému filtračnímu výkonu, který je potřebný pro zásobování vysokotlakého čerpadla určeného pro vnitřní chlazení.

Filtrační stanice je navržena tak, že její rozměry a rozměry pásového filtru lze měnit bez nutnosti zásahů do její konstrukce. Díky tomu je možno z návrhu vytvořit celou rozměrovou řadu s různými výkony pásového filtru a různými objemy zásobníku kapalin.

Celá sestava pro manipulaci s třískami a procesní kapalinou byla navržena na obráběcí centrum MCFV 1620. Navrhnuté řešení umožňuje variabilně měnit prvky, dopravník třísek lze zaměnit za kazety na třísky, při absenci chlazení osou vřetena lze filtrační stanici jednoduše vynechat. Návrh kapacitně vyhovuje jak z hlediska dopravy třísek, tak z hlediska plynulého zásobování čerpadel procesní kapalinou.

Nejnovějším trendem v oblasti třískového hospodářství a rozvodu procesní kapaliny je centrální řešení v rámci celé obráběcí dílny. Nutnou podmínkou pro tohle řešení je při návrhu uspořádání dílny dbát na instalaci centrálních rozvodu. Kromě úspory času, prostoru a energie, má význam také ekologický. Do centrálního rozvodu třísek se často zapojuje odstředivka třísek, která je zbavuje zbytků rezné kapaliny, co zabraňuje plýtvání a zvýší se hodnota třísek jako recyklovatelného odpadu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]**Kocman, Karel.** *Speciální technologie. obrábění.* Brno : Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2004.
- [2]**Kocman, Karel a Prokop, Jaroslav.** *Technologie Obrábění.* Brno : Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2003.
- [3]**Lukovics, Imrich.** *Konstrukční materiály a technologie.* Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0399-3.
- [4] Regenerace a likvidace průmyslových kapalin. *MM Průmyslové spektrum.* [Online] 10 2001. [Citace: 11. 12 2009.] <http://www.mmspektrum.com/clanek/regenerace-a-likvidace-prumyslovych-kapalin>.
- [5]**Silliman, Jeffrey D.** Cutting and grinding fluids: selection and application. [Online] [Citace: 27. 11 2009.] http://books.google.cz/books?id=N_qiLCPh20wC&pg=PA132&dq=machine+tool+filtration+unit&ei=azEMS775D6PeyATBxsjwAg#v=onepage&q=machine%20tool%20filtration%20unit&f=false.
- [6]**Mañas, Miroslav, Staněk, Michal a Mañas, David.** *Výrobní stroje a zařízení I.* Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-596-1.
- [7]**Lukovics, Imrich, Sýkorová, Libuše a Volek, František.** *Části a mechanismy strojů.* Brno : Vysoké učení technické. Technologická fakulta ve Zlíně, 2000. ISBN 080-214-1566-5.
- [8]**Kopecký, Miloslav a Houša, Jaromír.** *Základy stavby výrobních strojů.* Praha : ČVUT, 1986.
- [9] Dopravníky třísek pro obráběcí stroje. *mayfran.* [Online] [Citace: 4. 12 2009.] http://www.mayfran.cz/cz/00025_00000.htm.
- [10] katalog. *Astos.* [Online] Astos. [Citace: 23. 11 2009.] <http://www.astos.cz/dokumenty/katalog1.pdf>.
- [11] Dopravníky třísek článkové. *BROXTEC.* [Online] [Citace: 23. 11 2009.] http://www.broxtec.cz/cz/dopravniky_clankove.htm.
- [12] Hennlich - Dopravníky třísek . *Hennlich.* [Online] [Citace: 5. 12 2009.] <http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=10007>.

- [13] **McGuire, Patrick M.** Conveyors: Application, Selection, and Integration. [Online] 2009. [Citace: 4. 12 2009.] <http://books.google.cz/books?id=558193ERNU4C&pg=PT165&dq=conveyor+chip&lr=&ei=4-4LS5mYNJPKywTrz6WEAw#v=onepage&q=conveyor%20chip&f=false>. 978-1-4398-0388-2.
- [14] Šnekové-dopravníky. [Online] TTR,s.r.o. [Citace: 6. 12 2009.] <http://www.ttr.cz/%C5%A0nekov%C3%A9-dopravn%C3%ADky,screw,worm,spiral-conveyors.html>.
- [15] Catalogue Tecnimetal Chip Conveyors. [Online] Tecnimetal. [Citace: 26. 10 2009.] http://www.tecnimetal.com/TECNIMETaL_Convogliatori%20di%20Trucioli.pdf.
- [16] **Janalík, Jaroslav.** *Hydrodynamika a hydrodynamické stroje*. Ostrava : VŠB TU, 2008.
- [17] mtr(e)_mth_mta. *grundfos*. [Online] [Citace: 6. 12 2009.] [http://www.grundfos.com/web/homecz.nsf/GrafikOpslag/technicke_katalogy_pdf/\\$File/mtr\(e\)_mth_mta.pdf](http://www.grundfos.com/web/homecz.nsf/GrafikOpslag/technicke_katalogy_pdf/$File/mtr(e)_mth_mta.pdf).
- [18] **Janalík, Jaroslav.** *Potrubní hydraulická a pneumatická doprava*. Ostrava : VŠB TU, 1998. ISBN 80-7078-595-0.
- [19] **Pokorný, P.** Výrobní stroje I. *Technická univerzita v Liberci*. [Online] [Citace: 16. 11 2009.] http://www.kvs.tul.cz/download/obor/skripta_stroje/obrabeci.pdf.
- [20] Přehled metod měření výšky hladiny. *www.odbornecasopisy.cz*. [Online] 2001. [Citace: 17. 11 2009.] www.odbornecasopisy.cz/download/au050105.pdf.
- [21] ASTOS Aš, a.s. [Online] ASTOS Aš, a.s. [Citace: 12. 1 2010.] <http://www.astos.cz/>.
- [22] Coolant filtration, air and coolant filtration for Machine Tools Losma. *Losma*. [Online] Losma. [Citace: 10. 1 2010.] <http://losma.com/>.
- [23] BELMET s.r.o. - součásti strojů. *BELMET s.r.o.* [Online] BELMET s.r.o. [Citace: 11. 1 2010.] <http://www.belmet.cz/index.php?id=vyrobky&typ=2>.
- [24] DETEX. *Losma.com*. [Online] [Citace: 11. 1 2010.] <http://losma.com/upload/prodotti/files/detex.pdf>.
- [25] Katalog1. *ASTOS Aš a.s.* [Online] [Citace: 12. 1 2010.] <http://www.astos.cz/images/phocadownload/katalog1.pdf>.

- [26]GREEN-TECH M+H, s.r.o. ®. [Online] GREEN-TECH M+H, s.r.o. [Citace: 12. 1 2010.] <http://www.green-tech.cz/pasovefiltry.html>.
- [27]PÁSOVÉ TKANINOVÉ FILTRY ceník 2010. Velké Mezeříčí : GREEN-TECH M+H, s.r.o.®, 2010.
- [28]MCFV_1260_CZ. TAJMAC-ZPS, a.s. [Online] [Citace: 3. 3 2010.] http://www.tajmac-zps.cz/pdf/MCFV_1260_CZ.pdf.
- [29]Varvel SpA - Products - Worm speed reducers. *Varvel SpA*. [Online] [Citace: 2. 2 2010.] <http://www.varvel.com/en/products/product-types/worm-speed-reducers/>.
- [30]Aplikace čerpadel na NC frézovací centra. *MM Průmyslové spektrum*. [Online] [Citace: 15. 3 2010.] <http://www.mmspektrum.com/clanek/aplikace-cerpadel-na-nc-frezovaci-centra>.
- [31]KNOLL Maschinenbau GmbH: pumps. *KNOLL Maschinenbau GmbH*. [Online] [Citace: 5. 2 2010.] http://www.contentman.de/customer/K3255/html/Bilder/731_doc_1092.pdf.
- [32]ifm_catalogue_08_CZ. *ifm.com*. [Online] [Citace: 1. 20 2010.] http://www.ifm-electronic.com/obj/ifm_catalogue_08_CZ.pdf.
- [33]Amafilter - Filtrační rouna. [Online] Amafilter. [Citace: 10. 3 2010.] <http://www.amafilter.cz/filtracni-rouna>.
- [34]BMKco., s.r.o. velkoobchod spojovací materiál. [Online] [Citace: 20. 3 2010.] <http://www.bmkco.cz/>.
- [35]Spojovací materiál a hutní materiál nerez | *Akros.cz*. [Online] [Citace: 20. 3 2010.] <http://www.akros.cz>.
- [36]ceník hutního materiálu. *Ferona, a.s.* [Online] [Citace: 20. 3 2010.] <http://www.ferona.cz/file.php?id=73>.
- [37]Hansanet - Řempe na Internetu. [Online] [Citace: 21. 3 2010.] <http://www.rempo.cz/>.
- [38]Prodej průmyslové automatizace, snímače, zdroje, svorky, fitinky. [Online] TECHNOLINE. [Citace: 21. 3 2010.] <http://eshop.technoline.cz/>.
- [39]Hladina Snímání a spínání . [Online] Marinfo. [Citace: 22. 3 2010.] <http://www.marinfo.cz/>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HSC	vysokorychlostní obrábění, z anglického High Speed Cutting.
A_D	Jmenovitá plocha řezu [mm^2].
A_{Dc}	plocha průřezu třísky [mm^2].
v_c	řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$].
v_t	rychlost třísky [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$].
A	součinitel přechování třísky.
W	objemový součinitel třísek
V_t	objem volně ložených třísek [m^3].
V_m	objem odebraného materiálu [m^3].
i	převodový poměr.
ω	úhlová rychlost [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$].
n	otáčky [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$].
M_k	moment kroutící [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$].
P	Výkon [W].
H	dosažená dopravní výška [m].
η	účinnost.
h_s	sací výška [m].
h_v	výtlačná výška [m].

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Požadavky na chlazení a mazání z hlediska metod obrábění [1]</i>	8
<i>Obr. 2. Děrovaná deska</i>	15
<i>Obr. 3. Bubnový filtr</i>	16
<i>Obr. 4. Pásový filtr</i>	16
<i>Obr. 5. Kazetový filtr</i>	17
<i>Obr. 6. Magnetický filtr</i>	18
<i>Obr. 7. Příklad odstředivého separátoru</i>	19
<i>Obr. 8. Odstředivý separátor</i>	20
<i>Obr. 9. Momentová charakteristiky střídavých motorů</i>	22
<i>Obr. 10. Šnekový převod</i>	25
<i>Obr. 11. Článekový dopravní pás</i>	26
<i>Obr. 12. Náčrt článekového dopravního pásu</i>	27
<i>Obr. 13. Hrablový dopravník</i>	27
<i>Obr. 14. Magnetický dopravník</i>	28
<i>Obr. 15. Šnekový dopravník</i>	29
<i>Obr. 16. Objemová čerpadla</i>	30
<i>Obr. 17. Vertikální vícestupňové čerpadlo</i>	31
<i>Obr. 18. Charakteristika hydrodynamického čerpadla</i>	32
<i>Obr. 19. Schéma dopravy řezné kapaliny</i>	33
<i>Obr. 20. Zásobník kapalin</i>	34
<i>Obr. 21. Přímé metody měření výšky hladiny</i>	35
<i>Obr. 22. Komunikace s obráběcím strojem</i>	36
<i>Obr. 23. Ruční ovládání dopravníku</i>	36
<i>Obr. 24. Čištění dopravního pásu</i>	37
<i>Obr. 25. Článekový dopravník s příslušenstvím[21]</i>	40
<i>Obr. 26. Filtrační stanice společnosti Tecnimetal</i>	41
<i>Obr. 27. Filtrační stanice společnosti Losma</i>	43
<i>Obr. 28. Základní rozměry filtračních stanic a pásových filtrů</i>	42
<i>Obr. 29. Filtrační stanice společnosti Astos</i>	44
<i>Obr. 30. Filtrační stanice společnosti Green-tech M+H[26]</i>	45
<i>Obr. 31. Navržená sestava filtrační stanice</i>	47
<i>Obr. 32. Zásobník kapalin s příslušenstvím</i>	48

<i>Obr. 33. Optický hladinoměr</i>	48
<i>Obr. 34. Pásový filtr</i>	49
<i>Obr. 35. Pás</i>	50
<i>Obr. 36. Krytování pásového filtru</i>	50
<i>Obr. 37. Filtrační stanice</i>	51
<i>Obr. 38. Navržená sestava filtrační stanice</i>	51
<i>Obr. 39. Zásobník kapalin s příslušenstvím</i>	52
<i>Obr. 40. Navržený filtr s filtračním rounem</i>	52
<i>Obr. 41. Tvar filtračního rouna ve filtru</i>	53
<i>Obr. 42. Obdobné řešení firmy Knoll</i>	53
<i>Obr. 43. Navržená sestava filtrační stanice</i>	54
<i>Obr. 44. Pásový filtr</i>	55
<i>Obr. 45. Filtrační stanice pohled 2</i>	55
<i>Obr. 46. Zvolená varianta filtrační stanice</i>	58
<i>Obr. 47. Článekový dopravník</i>	60
<i>Obr. 48. Konstrukce vypínání pohonu</i>	60
<i>Obr. 49. Pás článekového dopravníku</i>	61
<i>Obr. 50. Magnetický dopravník</i>	62
<i>Obr. 51. Pás magnetického dopravníku</i>	62
<i>Obr. 52. Sestava pro manipulaci s procesní kapalinou a třískami</i>	63
<i>Obr. 53. Sestava k obráběcímu stroji</i>	64
<i>Obr. 54. Článekový dopravník</i>	65
<i>Obr. 55. Zásobník kapalin</i>	65
<i>Obr. 56. Filtrační stanice</i>	67
<i>Obr. 57. Pásový filtr</i>	67
<i>Obr. 58. Pás</i>	68
<i>Obr. 59. VARVEL MTA 63/50</i>	68
<i>Obr. 60. Šnekové čerpadlo značky Knoll [31]</i>	69
<i>Obr. 61. Parametry šnekových čerpadel Knoll [31]</i>	69
<i>Obr. 62. Čerpadlo Seim s příslušenstvím</i>	70
<i>Obr. 63. Parametry šnekových čerpadel Seim</i>	70
<i>Obr. 64. Ovládací a regulační prvky filtrační stanice</i>	71
<i>Obr. 65. Tyčový senzor LK</i>	72

<i>Obr. 66. Kapacitní hladinový limitní senzor IFM.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 67. Tlakový senzor Ifm.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 68. Polohový snímač Siemens 3S.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 69. Pracoviště MCFV 1260</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 70. Pracoviště MCFV 1260 s víceobsluhou.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 71. Pracoviště MCFV 1260 s víceobsluhou.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 72. Dílna vybavená obráběcími centry MCFV 1260 ...</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>Obr. 73. Struktura netkané textilie</i>	<i>74</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Objemový součinitel dle druhu třísek</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 2. Použití filtrů dle velikosti nečistot.....</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 3. Synchronní otáčky při frekvenci 50 Hz pro různý počet pólů</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4. Převodová čísla pro různé převody</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 5. Parametry filtračních stanic společnosti Tecnimatal</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 6. Parametry filtračních stanic společnosti Losma [24].....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 7. Parametry filtračních stanic společnosti Astos[25].....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 8. Parametry filtračních stanic společnosti Green-tech M+H[27]</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 9. Porovnání navržených filtračních stanic</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 10. Navržená čerpadla[31], [17].....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 11. Ovládací a regulační prvky filtrační stanice</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 12. Vlastnosti materiálů používaný při výrobě filtračních textilií</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 13. Seznam a ceny dílů zásobníku kapalin.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 14. Seznam a ceny dílů pásového filtru.....</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 15. Seznam a ceny dílů pásu filtru</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 16. Seznam a ceny dílů krytování.....</i>	<i>81</i>
<i>Tab. 17. Seznam a ceny dílů čerpadla s příslušenstvím</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 18. Seznam a ceny dílů regulačních prvků.....</i>	<i>80</i>
<i>Tab. 19. Seznam částí a cena filtrační stanice</i>	<i>82</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Katalogový list - filtrační stanice, základní rozměry
- P II Katalogový list - filtrační stanice, rozpiska
- P III Katalogový list – nádrž sestava
- P IV Katalogový list - pásový filtr
- P V Katalogový list – čerpadlo Seim
- P VI Katalogový list - pás
- P VII Katalogový list - krytování
- P VIII Katalogový list – elektrické a regulační prvky