



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MAGNETICKÉ SEPARÁTORY FEROMAGNETICKÝCH MATERIÁLŮ

MAGNETIC SEPARATORS OF FERROMAGNETIC MATERIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Koumal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Adam Koumal**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Magnetické separátory feromagnetických materiálů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh magnetického separátoru pro separaci průmyslového odpadu.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování technické zprávy obsahující přehled těchto strojních zařízení, jejich různých principů a výrobců. Výběr vhodného konstrukčního řešení. Provedení důležitých technických výpočtů. Nakreslení sestavného výkresu zařízení a vybraných detailních výkresů.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KUĽKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je provést vypracování technické zprávy týkající se přehledu vybraných magnetických separátorů, jejich principů a výrobců. Návrh konstrukčního řešení magnetického separátoru pro průmyslový odpad. Dle posouzení jednotlivých konstrukcí separátorů je vybrána konkrétní konstrukční varianta. Následně jsou provedeny podstatné výpočty pro návrh separátoru. Součástí této práce je výkresová dokumentace sestavy stroje a vybraných dílců.

KLÍČOVÁ SLOVA

Magnetické separátory, magnetická separace, průmyslový odpad, návrh konstrukce

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is to prepare a technical report regarding an overview of selected magnetic separators, their principles and manufacturers. Design of a design solution for a magnetic separator for industrial waste. Based on the assessment of the individual constructions of the separators, a specific construction variant is selected. Subsequently, essential calculations for the design of the separator are carried out. Part of this work is the drawing documentation of the assembly of the machine and selected parts.

KEYWORDS

Magnetic separators, magnetic separation, industrial waste, construction design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOUMAL, Adam. *Magnetické separátory feromagnetických materiálů* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157060>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Malášek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiří Malásek Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 22. května 2024

.....

Adam Koumal

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Jirímu Maláškovi, Ph.D., za odborné vedení, rady a připomínky při vypracování této práce. Také děkuji firmám Sollau a Magsy za jejich odborné a cenné rady.

OBSAH

Úvod.....	10
1 Magnetické separátory.....	11
1.1 Využití magnetických separátorů	11
2 Druhy a využití magnetických separátorů	12
2.1 Deskové separátory	12
2.2 Deskové separátory závěsné	13
2.3 Separační rošty a tyče	13
2.4 Bubnové separátory	14
2.5 Válcové separátory	15
2.6 Kaskádové separátory	15
2.7 Průtokové separátory	16
2.8 Trubkové separátory	16
2.9 Závěsné pásové separátory	17
3 Výrobci magnetických separátorů	18
4 Konstrukce závěsných magnetických separátorů	21
4.1 Rám.....	21
4.2 Hnací a oběžný buben.....	21
4.3 Pohonné a převodové ústrojí.....	22
4.4 Dopravní pás	22
4.5 Magnety	23
5 Výběr vhodného konstrukčního řešení - Technická zpráva.....	27
5.1 Použité součásti.....	27
5.1.1 Magnet.....	28
5.1.2 Bočnice	29
5.1.3 Hnací a vratný buben.....	29
5.1.4 Dopravní pás.....	30
5.1.5 Ložiska	31
5.2 Výpočet konstrukčních uzlů magnetického separátoru	31
5.2.1 HLAVNÍ ODPORY	33
5.2.2 VEDLEJŠÍ ODPORY	34
5.2.3 NÁVRH POHONNÉHO A PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ.....	35
5.2.4 TAHOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ V PÁSU A PŘENOS OBVODOVÉ HNACÍ.....	38
5.2.5 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON PRO POHON SEPARÁTORU.....	41
Vizualizace.....	43
Závěr	44
Použité informační zdroje.....	45
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	49
Seznam příloh	51

ÚVOD

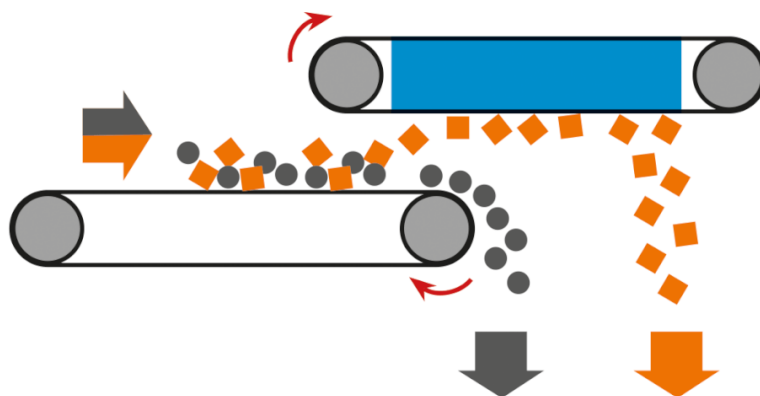
Magnetické separátory, jsou zařízení, které v dnešní době při použití v průmyslu umožňují optimalizovat proces separace feromagnetických materiálů. Zařízení využívá magnetické pole k oddělení feromagnetického materiálu od tříděné směsi.

Význam problematiky separace feromagnetických materiálu (železo, nikl, kobalt a jiné feromagnetické materiály), se uplatňuje v průmyslových procesech. Separace materiálu je podstatná pro kvalitu koncových produktů nebo ochranu zařízení před poškozením při styku magnetických částí se strojem. S rostoucím důrazem na recyklaci, udržitelnost a opětovné využití materiálů je hlavní výhodou tohoto procesu možnost dosáhnout značných úspor.

Cílem bakalářské práce je zpracování přehledu vybraných magnetických separátorů, které jsou určeny k separaci feromagnetických materiálu, popis jejich konstrukce a jak zařízení pracují, přehled výrobců. Konstrukční návrh závěsného magnetického separátoru pro separaci odpadu, který vzniká při výrobě ocelí. Odpad je upřesněn jako studená struska z vysokých pecí.

1 MAGNETICKÉ SEPARÁTORY

Magnetické separátory jsou zařízení, které využívají magnetickou sílu k odstranění feromagnetických částí z různého druhu materiálu. Mezi feromagnetické materiály patří Fe, Ni, Co, slitiny železa jako je například ocel. Určený materiál k separaci, který obsahuje magnetické částice je přiveden k silným magnetům. Částice, které jsou magnetické zůstanou přichyceny na magnetu a tím dojde k separaci a oddělení magnetických částic z daného typu materiálu (viz. Obr.1). [5]



Obr. 1 Schéma principu magnetické separace [6]

1.1 VYUŽITÍ MAGNETICKÝCH SEPARÁTORŮ

Magnetické separátory se využívají v různých průmyslových odvětvích a oblastech. Jejich využití je velice individuální a závisí na použití vhodného konstrukčního typu pro danou aplikaci. Tyto zařízení se využívají pro celkovou finanční úsporu v rámci tří základních principů.

Ochrana zařízení

Při různých výrobních a technologických procesech je zapotřebí předejít kontaktu feromagnetického materiálu se zařízením. Feromagnetické materiály by mohli vážně poškodit funkční části strojů či kompletně celý stroj, proto používáme magnetický separátor.

Recyklace

Magnetický separátor je používán při recyklaci téměř všech druhů odpadu. Je široce využíván pro recyklaci komunálního odpadu. Nebo v různých specializovaných sběrnách kovového odpadu, v tomto využití se málo kdy používají samostatně ale bývají součástí celých separačních linek.

Speciální účely

V průmyslech jako je farmaceutický, potravinářský, chemický apod. se magnetický separátor využívá k nálezům feromagnetických částí, které jsou nežádoucí a mají vliv na kvalitu finálního produktu. V těžebním průmyslu pro získání magnetických minerálů z nemagnetických hornin. [7], [8]

2 DRUHY A VYUŽITÍ MAGNETICKÝCH SEPARÁTORŮ

V minulé podkapitole (kap 1.1), jak již bylo zmíněno, volba konkrétního druhu nebo typu magnetického separátoru je závislá na specifickém použití. Při výběru vhodného magnetického separátoru je důležité brát v předpoklad jaký druh materiálu bude separován.

Sypké směsi

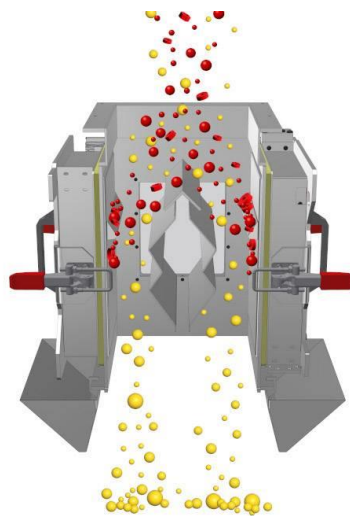
Při separaci sypkých směsí se separátor montuje nad pásový dopravní, nebo je součástí potrubí. Daná směs materiálu určená k separaci jako jsou například: třísky z obrábění, dřevotříska, odpad z hutního průmyslu, odpad z metalurgie nebo i obilí sklizené z pole. [17]

Tekuté směsi

Separace tekutých směsí je nejvíce využívána v potrubí, kterým tekutá směs určená k separaci protéká. Mezi příklady tekutých směsí určených k separaci patří: V potravinářském průmyslu tekutá čokoláda [9], farmaceutickém průmyslu roztok glukózy [10]. Ve strojírenství separace železných kontaminantů z chladicí emulze. [11]

2.1 DESKOVÉ SEPARÁTORY

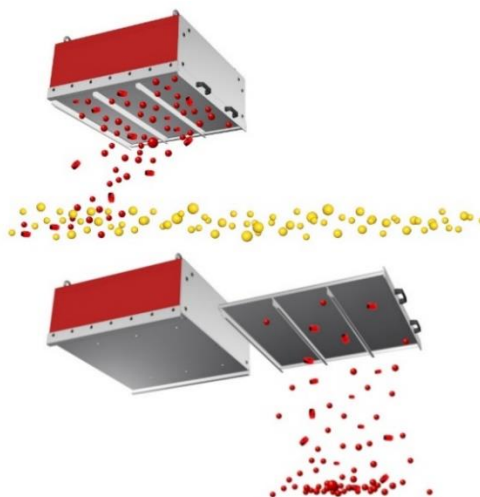
Magnetické deskové separátory jsou vyrobeny z nerezové oceli nebo jiného odolného materiálu. Tělo separátoru je montováno do potrubí a stává se jejím součástí. Při vstupu materiálu do separátoru je materiál za pomoci rozrážecího kužele nebo rozhrnovací střížky směrována přímo k magnetům (obr. 2). Rozhrnovací střížka má možnost nastavitelnosti úhlu, který je vhodný pro přizpůsobení na separovaný materiál. Magnety se u těchto separátorů používají převážně feritové zřídka i neodymové. Umístění magnetů v separátoru je na vnitřních stranách dvířek tomuto umístění se říká lucernové nebo je možné umístit magnety do středu pod rozrážecí kužel nebo střížku. Čištění separátorů je prováděno manuálně, kdy obsluha separátor otevře a magnety očistí. Magnetický deskový separátor se využívá k separaci materiálu o horších sypných vlastnostech: obilniny, krmiva, piliny a práškové materiály. [12], [13]



Obr. 2 Princip separace magnetických částic v deskovém separátoru [12]

2.2 DESKOVÉ SEPARÁTORY ZÁVĚSNÉ

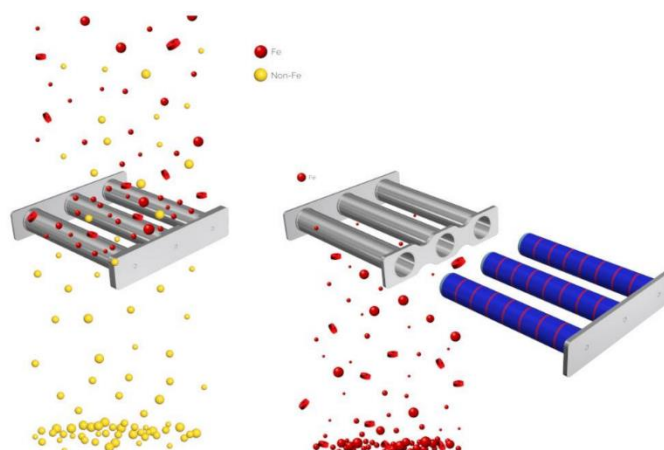
Závěsné deskové separátory tyto separátory jsou konstrukčně jednoduché. Jsou využívány pro menší výskyt feromagnetických nečistot. Separátor se umísťuje nad pásový dopravník nebo skluznou desku. Dopravovaný materiál, který obsahuje feromagnetické částice se přichytí k silnému magnetu, tím dojde k separaci. Separátor se skládá z magnetického jádra, které je složeno z magnetů feritových nebo neodymových, a je zabaleno v nerezovém obalu. Magnetická deska je čistěna manuálně, součástí obalu je výsuvný čistící plech, který slouží k odstranění nasbíraných feromagnetických částic (obr. 3). [14], [15]



Obr. 3 Princip separace závěsného deskového separátoru [16]

2.3 SEPARAČNÍ ROŠTY A TYČE

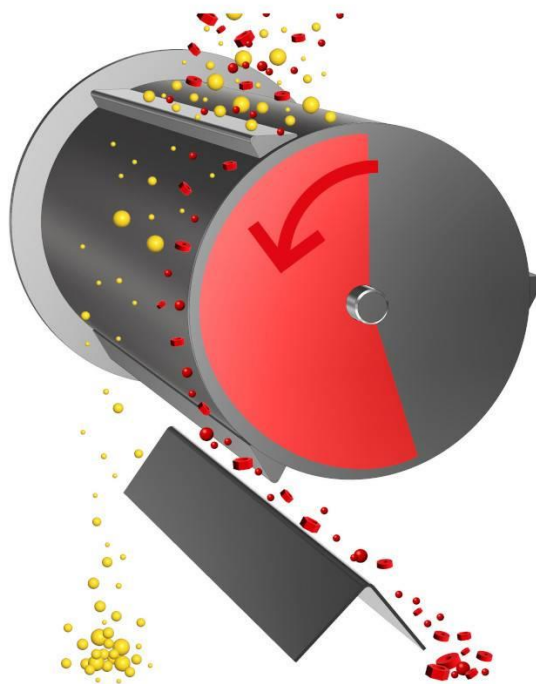
Magnetické rošty a tyče jsou konstrukčně jednoduché separátory. Skládají se ze dvou částí magnetů a pouzder ve kterých jsou uloženy. Jejich čištění je manuální a provádí se vysunutím magnetů (obr. 4). Tím se feromagnetické částičky odtrhnou. Tyto typy separátorů využívají silné typy neodymových magnetů, které jsou schopny zachytit i velice málo magnetické částice. Jejich všestranné využití je hlavní výhodou. Magnetické rošty a tyče se umísťují do stávajících násypek nebo potrubí. Tyto separátory se využívají v potravinářském, farmaceutickém nebo chemickém průmyslu. [18], [19]



Obr. 4 Princip magnetického roštu [18]

2.4 BUBNOVÉ SEPARÁTORY

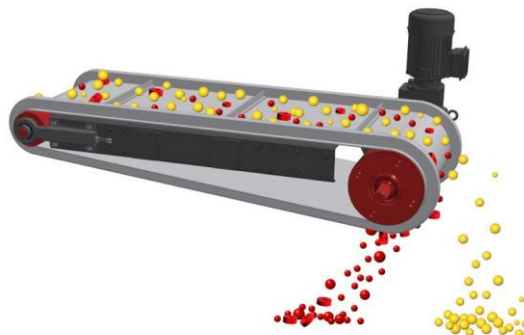
Bubnové separátory (magnetické bubny) jsou separátory, které jsou určeny k separaci velkého objemového množství materiálu. Separátor je složen z magnetického jádra, ve kterém se nachází magnety. Magnety jsou v bubnu uloženy stacionárně (nerotují). Plášť bubnu je pohyblivou součástí separátoru a otáčí se kolem magnetického jádra. Odolný nemagnetický materiál nejčastěji nerezová ocel, ze kterého je plášť vyroben. Plášť může být vybaven unášecími lištami nebo pryžovým povrchem. Materiál určený k separaci dopadá přímo na bubnu. Nemagnetický materiál samovolně odpadává. Feromagnetické částice se přichytávají k bubnu a vlivem rotačního pohybu jsou odnášeny až do pole, kde nepůsobí magnetické pole (obr. 5). V daném místě feromagnetické části odpadávají. [20], [21]



Obr. 5 Princip funkce bubnového separátoru [20]

2.5 VÁLCOVÉ SEPARÁTORY

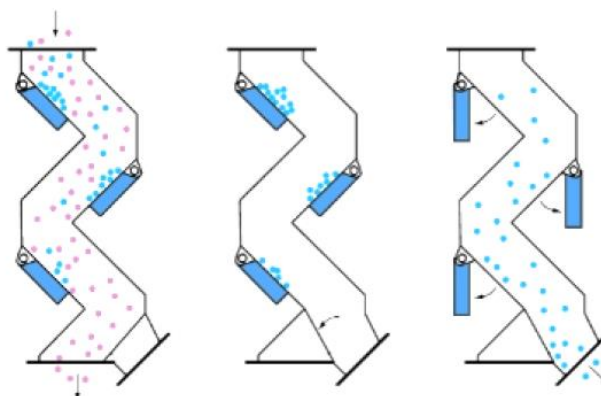
Válcové separátory jsou svojí konstrukcí velice podobné magnetickým bubnům. Magnetické válce se využívají v pásových dopravnících nebo závěsných magnetických separátorech. Dopravovaný materiál na pásovém dopravníku určen k separaci jede po pásu, kovové částice jsou přitahovány k magnetu válce. Ty jsou odneseny za osu válce (obr. 6). Tím dochází k oddělení feromagnetických částí od nemagnetických. Jejich využití je vhodné na pásových dopravnících, nebo na závěsných pásových separátorech. [22]



Obr. 6 Princip separace na válcovém separátoru [23]

2.6 KASKÁDOVÉ SEPARÁTORY

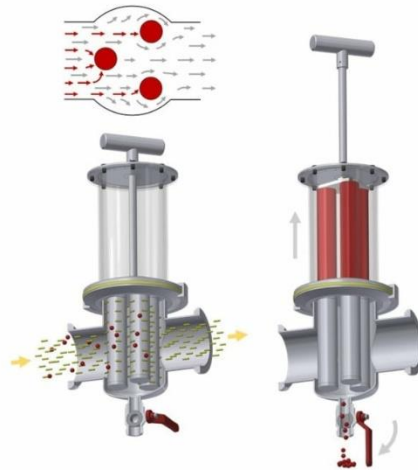
Kaskádové separátory se využívají pro separaci velké množství materiálu, jsou vhodné pro systémy na potrubním nebo gravitačním principu. Kaskádový separátor je vybaven magnetickými deskami, které jsou umístěny ve stěnách separátoru a neomezují tok materiálu. V průběhu cesty separovaného materiálu se zachycují feromagnetické částice. Kaskádový tvar separátoru zpomaluje a usměrňuje tok na magnetické desky. Čištění magnetických desek se provádí při zastavení toku materiálu. Magnetické desky se odklopí a feromagnetická částice se samovolně uvolní (obr.7). Tento proces čištění může být prováděn manuálně nebo může být zautomatizován. [24], [25]



Obr. 7 Kaskádový magnetický separátor [24]

2.7 PRŮTOKOVÉ SEPARÁTORY

Průtokové separátory jsou určeny pro separaci feromagnetických částic v tekuté směsi. Separátory jsou součástí potrubí, tělo je tvořeno soustavou magnetických trubic, ty jsou uloženy v obalu z nerezové oceli. Umístění trubic tvoří síto přes které materiál určen k separaci protéká. Magnetické trubice mohou být osazeny feritovými nebo neodymovými magnety. Magnety vytváří silné magnetické pole a separátor je schopen zachytit i velice drobné kovové nečistoty. Při čištění separátoru je vyjmuto tělo, které obsahuje magnetické trubice a feromagnetické částice samovolně odpadnou (obr.8). [26]



Obr. 8 Schéma čištění průtokového separátoru [26]

2.8 TRUBKOVÉ SEPARÁTORY

Trubkové separátory se využívají k ochraně strojů a dalších zařízení nebo k vylepšení kvality finálních produktů před feromagnetickými částicemi. Separátor se skládá z těla, které je vyrobeno z nerezové oceli. Uvnitř se nachází magnet, který má válcový tvar se špicí. Ten je umístěn uprostřed separátoru, tak aby ho materiál obtékal. Magnet je připevněn na dveřích separátoru. Tato konstrukce umožňuje velice jednoduché čištění. Separátor se otevře a vyklopí se dveře s magnetem, ten je očištěn a separátor opět uzavřen (obr. 9). Tento druh separátorů je používán v zemědělství potravinářství nebo ve farmaceutickém průmyslu. [27]



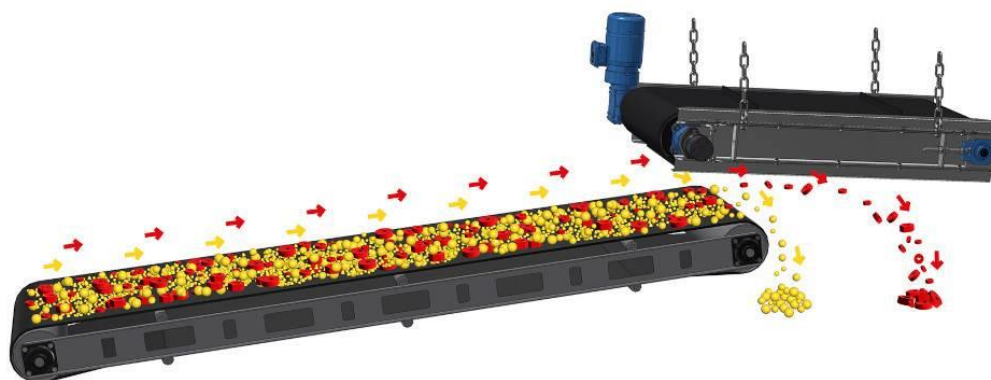
Obr. 9 Trubkový magnetický separátor [28]

2.9 ZÁVĚSNÉ PÁSOVÉ SEPARÁTORŮ

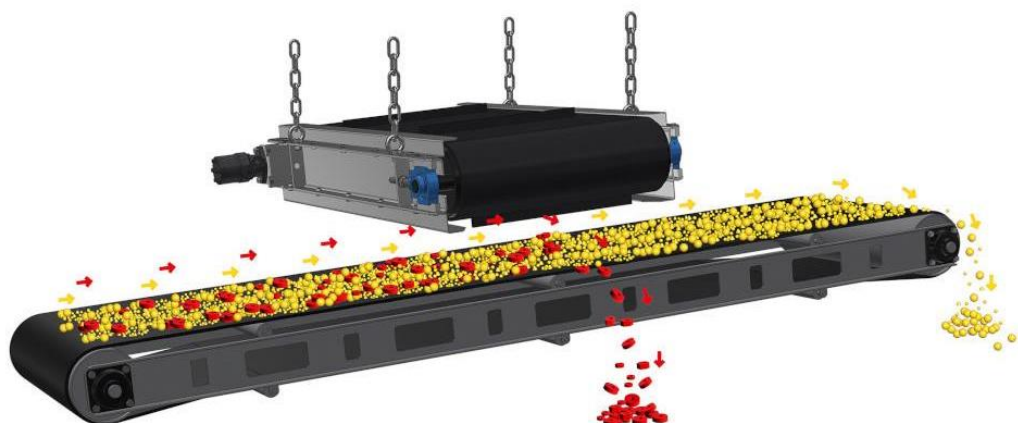
Závěsné pásové separátory se využívají k separaci feromagnetických částic ze sypkých a prostupných materiálů z dopravníku. Konstrukce separátoru je tvořena magnetem, který je vložený v rámu separátoru. Rám separátorů je přimontovaný na magnet a nese celou konstrukci. Na rámu jsou přimontovány bubny, na kterých je pryžový pás. Ten je roztáčen elektromotorem. Separátor je tedy bez údržbový a čištění je prováděno automaticky za pomoci otáčejícího pásu.

Separátory mohou být osazeny feritovými nebo neodymovými magnety. V určitých případech a aplikacích je možné separátor osadit elektromagnetem. Nejčastěji se dnes stále u tohoto typu separátoru využívají feritové magnety.

Závěsný pásový separátor se umísťuje nad pásový dopravník jeho výška nad dopravovaným materiálem je stanovena podle druhu materiálu a síle magnetu. Jedním z dalších aspektů je, ale jak bude orientován vůči pásu. Separátory se umísťují kolmo varianta B (obr.11), nebo rovnoběžně varianta A (obr.10) nad pásový dopravník. [29]



Obr. 10 Zavěšení separátoru typu A [29]



Obr. 11 Zavěšení separátoru typu B [29]

3 VÝROBCI MAGNETICKÝCH SEPARÁTORŮ

Tato kapitola je zaměřena na přehled českých a světových výrobců magnetických separátorů. Vybrané firmy a jejich druhy a modely zařízení které se používají k separaci feromagnetických materiálů.

Do českých firem byly vybrány dvě z největších výrobců separátorů v České republice. Tyto firmy (SOLLAU, MAGSY) poskytli velice cenné rady a zkušenosti, které byly využity pro návrh konstrukce závěsného magnetického separátoru.

SOLLAU s.r.o

Česká firma Sollau je jednou z největších českých výrobců magnetických separátorů. Specializuje se na veškeré druhy magnetických separátorů (obr. 12 a 13), a to již přes 20let. Firma Sollau dodává separátory do téměř všech odvětví průmyslu. [30]

- webové stránky: <https://www.sollau.cz/>



Obr. 12 Průtokový separátor [31]



Obr. 13 Závěsný deskový separátor [16]

MAGSY s.r.o

Firma MagSY se 23 let specializuje na výrobu a servis magnetických separátorů. Nabídka jejich produktů je velice široká (obr. 14 a 15). Firma nabízí i magnetické metly, rohože a magnetické manipulační pomůcky. [5]

- webové stránky: <https://www.magsy.cz/>



Obr. 14 Magnetický válec [22]



Obr. 15 Deskový separátor [13]

Goudsmit Magnetics

Nizozemská firma založená v roce 1959 zabývající se magnetickými systémy pro recyklaci, filtraci a separaci kovů (obr. 16). Spolupracuje s českou firmou Wamag. [32]

- webové stránky: <https://www.goudsmitmagnets.com/>

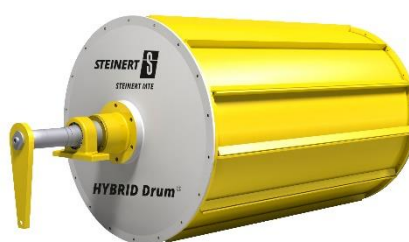


Obr. 16 Roštový separátor [33]

STEINERT

Firma Steinert se zabývá recyklací kovů, automobilový průmysl, domácí odpady, odpady z výroby kovů a dalších druhů odpadů. Společností, která působí v Austrálii, USA a Brazílii. [34]

- webové stránky: <https://steinertglobal.com/>



Obr. 17 Bubnový separátor [35]



Obr. 18 Závěsný pásový separátor [36]

ERGA Global

ERGA Global je výrobce magnetických zařízení (obr. 19 a 20) a zaměřuje se na zpracování nerostných surovin, vzduchové a gravitační separace. V oboru hutnictví, těžba, recyklace, strojírenství. Firma sídlí v Turecku a disponuje širokou sítí distributorů po celém světě. [37]

- webové stránky: <https://ergaglobal.com/>



Obr. 19 Magnetický buben pro mokré směsi [38]



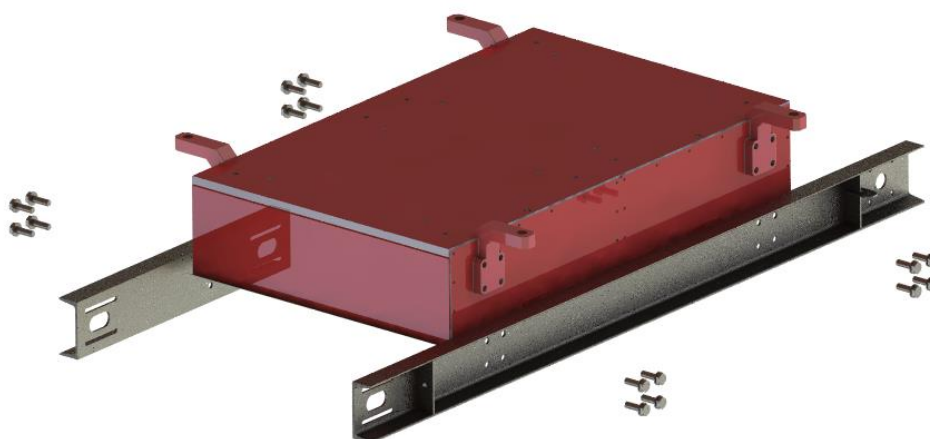
Obr. 20 Magnetický válec v pásovém dopravníku [39]

4 KONSTRUKCE ZÁVĚSNÝCH MAGNETICKÝCH SEPARÁTORŮ

Tato kapitola se věnuje jednotlivým částem závěsných magnetických separátorů. Vhodných druhů součástí a konstrukčních řešení, které se používají pro závěsný magnetický separátor.

4.1 RÁM

Ke konstrukce rámu separátoru se dnes používají boční profily tvar U jejich výhodou je odolnost vůči vysokému zatížení a jejich finanční stránka. V dnešních dnech výrobci začínají používat i ohýbaný plech do stejného tvaru jako je profil U. Tento plech je ve většině případů v tloušťce 4,6,8 mm. Samotný rám je tvořen závěsným deskovým magnetem, ke kterému jsou připevněny profily za pomoci šroubů (obr. 21).



Obr. 21 Montáž rámu k magnetu

4.2 HNACÍ A OBĚŽNÝ BUBEN

Závěsný pásový magnetický separátor má stejnou koncepci uspořádání bubnů jako standardní pásové dopravníky. Je možné použít stejné bubny (obr. 22), které jsou pro to určeny. Separátor se skládá ze dvou bubnů jednoho hnacího, který je hnán elektromotorem a druhý je napínací zajišťuje napnutí pásu. Pro závěsné pásové dopravníky je možné použít dodatečné podpůrné válečky. Toto řešení se využívá při osazení separátoru elektromagnetem, vzhledem velikosti zástavby nebo vyšší osové vzdálenosti hnacího a oběžného bubnu.

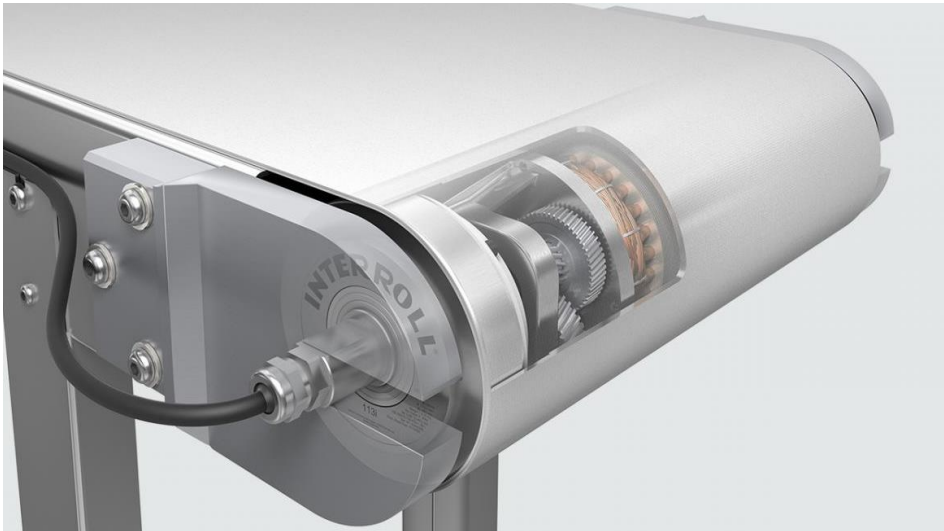


Obr. 22 Hnací a oběžný bubny [40]

4.3 POHONNÉ A PŘEVODOVÉ ÚSTROJÍ

Pro pohon magnetických závěsných separátorů se dříve používal elektromotor s řetězovým nebo řemenovým převodem. Vzhledem k snaze potlačení nákladů a důrazem na dlouhodobou spolehlivost se používají motory s převodovkou. Mezi nejčastěji používané pohonné ústrojí patří asynchronní motory s kuželovou nebo šnekovou převodovkou.

Další možností pro pohon separátorů jsou bubny s integrovaným motorem uvnitř bubnu. Konstrukční řešení je nákladnější, ale má své výhody při zástavbě separátoru např. na separační linku zabírá méně místa vzhledem k standartnímu motoru s převodovkou. [41]



Obr. 23 Motor s předovkou integrovaný v bubnu [41]

4.4 DOPRAVNÍ PÁS

Jak bylo v dřívější kapitole zmíněno magnetický závěsný separátor je téměř totožný konstrukcí s pásovým dopravníkem. Pásky jsou voleny podle konkrétního užití kde separátor bude pracovat a co bude separovat. Pás je opásán kolem hnacího a napínacího bubnu. Během provozu separátoru dochází ke kontaktu magnetu s dopravním pásem.

Zpracováno dle: [3]

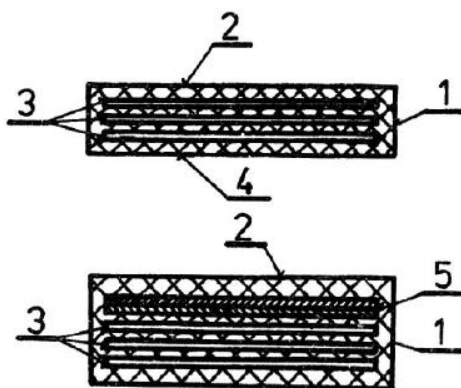
„Pásky jsou složeny z několika ti vrstev základní prvkem je nosná kostra, která je tvořena textilními vložkami z bavlny nebo polyamidu, může být i jejich kombinace. Textilní vložky jsou spojené tenkými vrstvami z měkké pryže. Horní krycí vrstva má za účel chránit textilní kostru před vlivem dopravovaného materiálu, nebo jiným mechanickým namáháním během provozu. Dolní krycí vrstva chrání při kontaktu ve styku s magnetem a bubnem. Boční vrstvy ji chrání před odíráním od vodících lišt nebo krajních komponentů. Tloušťka horních krycí vrstvy je v rozsahu 1,5 - 5 mm, dolní 1,5 – 2 mm boční okraje 5 – 20 mm. Pásky mohou být osazené unášeči, které jsou lepeny nebo vulkanizovány přímo na pás. “

Rozdělení pásů dle konstrukce:

krycí: jejich textilní kostra je kryta ochrannými vrstvami gumy ze všech stran

řezané: vybavené pouze horní a dolní krycí vrstvou gumy

nekryté: bez ochranných vrstev měkké gumy



Obr. 24 Řez dopravním pásem [3]

- 1 - boční ochranný okraj
- 2 - horní krycí vrstva
- 3 - pogumované textilní vložky
- 4 - dolní krycí vrstva
- 5 - ochranné vložky z pogumované tkaniny

4.5 MAGNETY

Magnet je hlavní součástí separátoru, konstrukce magnetu je stejná jako deskový závěsný magnetický separátor (viz. kap. 2.2). K magnetu jsou přimontovány rámové bočnice, separátor visí za integrovaná prvky k zavěšení, které jsou součástí těla magnetu. Do magnetu může být namontované závěsné oko, nebo jakýkoliv normalizovaný závěsný prvek. V dnešní době se u závěsných pásových separátorů využívají nejvíce feritové ale i neodymové, zřídka se využívá elektromagnet.

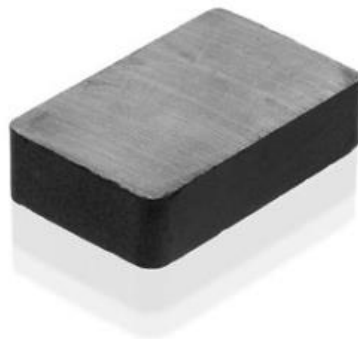
Feritové magnety

„Feritové magnety obsahují přibližně 80 % oxidu železa a 20 % oxidu baria ($\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) nebo stroncia ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$), ale v posledních letech se baryum z ekologických a zdravotních důvodů již při výrobě nepoužívá. Vzhledem k tomu, že tyto suroviny jsou k dispozici ve velkých množstvích, také magnety z nich vyrobené jsou cenově příznivé. Tvarování se vykonává lisováním. Při výrobě izotropních feritů se využívá tzv. suchá cesta, zatím co anizotropní ferity se vyrábějí mokrou cestou.

Izotropní magnety mají ve všech směrech stejné magnetické hodnoty. Magnetizace probíhá ve všech směrech. Energetická hustota je minimální.

Anizotropní magnety jsou lisované v magnetickém poli a zachovávají si směr magnetizace. Tím se dosahuje značného zlepšené remanence. Magnetizace se vykonává současně se směřováním.

Feritové magnety (obr.25) jsou tvrdé, křehké a choulostivé na rozbití. Opracování se nejčastěji vykonává broušením za pomoci diamantových nástrojů. Novou technikou je dělení vodním paprskem. Feritové magnety jsou odolné vůči vlivům počasí a neoxidují. Nejsou citlivé na odmagnetizování a za normálních podmínek si udržují permanentní magnetizmus. Jsou odolné vůči většině chemikálií a rozpouštědel. Drobnému odlupování materiálu a trhlinkám se nedá vždy vyhnout. Takovéto opotřebení však nemá žádný vliv na magnetické hodnoty, funkci a přídržnost. Rozsah pracovních teplot je od $-40\text{ }^\circ\text{C}$ do $+250\text{ }^\circ\text{C}$.“ [42]



Obr. 25 Feritový blok [42]

Neodymové magnety

„Neodymové magnety jsou v současnosti nejsilnějším typem magnetů s vynikajícími magnetickými vlastnostmi, jako je remanence a energetická hustota. Patří do skupiny magnetů založených na bázi vzácných zemin (lanthanoidy). Jejich hlavní složkou je železo s příměsí neodymu (Nd) a boru (B). Dalšími prvky, které se přidávají do finální slitiny jsou hlavně kobalt (Co), dysprosium (Dy) - tyto složky slouží k vylepšení magnetických vlastností (remanence, koercitivní síla) a teplotní odolnosti (maximální pracovní teplota) magnetů.

Vyrábějí se lisováním v magnetickém poli a následným spékáním. Při vysoké vlhkosti vzduchu oxidují, a proto se v závěrečné fázi výroby galvanizují - nejčastěji zinkem nebo niklem. Proto jsou vzhledově velmi pěkné, lesklé a hladké. Další možnosti povrchových úprav jsou například pozlacení, chromování, epoxidace, pasivace a mezi nejnovější technologie patří povlakování hliníkem a nitridem titánu.

Neodymové magnety jsou dodávány nejčastěji v anizotropním provedení. Provozní teplota je max. +60 až +240 °C podle třídy materiálu. Neodymové magnety (obr.26) jsou tvrdé, křehké a choulostivé na rozbití. Opracování je problematické, protože je při něm nutné porušit ochrannou galvanickou vrstvu.

Neodymy je možné opracovat broušením pomocí diamantových nástrojů, avšak hned po opracování je nutné vytvořit novou ochrannou vrstvu. Neodymové magnety výborně odolávají vnějším demagnetizačním vlivům a za normálních podmínek si udržují permanentní magnetismus.“ [43]



Obr. 26 Neodymový blok [43]

SMCO magnety

„Samarium-kobaltové magnety jsou druhým nejsilnějším typem permanentních magnetů po neodymech. Patří také k magnetickým vzácným zeminám (lantanoidy). Hlavní složku tvoří samarium (Sm) a kobalt (Co). Tyto dvě hlavní složky mohou být v poměru 1:5 (SmCo5) nebo 2:17 (Sm₂Co₁₇). Poměr těchto dvou složek poté určuje jejich výsledné magnetické vlastnosti a maximální pracovní teplotu.

Výroba sestává z lisování v magnetickém poli a následného spékání. SmCo je křehký a tvrdý materiál s vysokým energetickým produktem. Proto mohou být SmCo magnety (obr. 27) menší, než jsou feritové nebo AlNiCo magnety. Jsou dodávány pouze v anizotropním provedení. Magnetizované jsou výlučně v jednom směru. Tyto magnety jsou velmi odolné vůči působení demagnetizačního pole. Nevýhodou SmCo magnetů je vysoký obsah kobaltu, což značně prodražuje konečnou cenu magnetu. Proto se využívají hlavně v aplikacích, kde je potřebné nasadit miniaturní magnet s vysokou energií a zároveň je v tom prostředí vysoká teplota. Provozní teplota je do +250 °C (SmCo5) a +300 °C (Sm₂Co₁₇). Nejsou odolné vůči anorganickým kyselinám a rozpouštědlům.“ [44]



Obr. 27 SMCO Bloky [44]

ALNICO magnety

„AlNiCo magnety jsou směsí hliníku, niklu, kobaltu, železa, mědi a titanu. Vyrábějí se sléváním nebo spékáním. Magnetované mohou být pouze v axiálním směru. Mají vysokou remanenci, avšak malou koeritivitu. To určuje velkou délku magnetizačního směru. Optimální poměr průměru magnetu k jeho délce je 1:4. Magnetické pole AlNiCo magnetů může být vlivem demagnetizace oslabené. AlNiCo je tvrdý materiál a opracovává se pouze broušením. Provozní teplota je od -270 °C do +500 °C. Mají vysokou odolnost vůči kyselinám a rozpouštědlům.“ [45]

5 VÝBĚR VHODNÉHO KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ - TECHNICKÁ ZPRÁVA

Při navrhování magnetického separátoru je hlavním, a to nejpodstatnějším bodem, druh separovaného materiálu. Pro konstrukci magnetického separátoru byl zvolen průmyslový odpad, který vzniká z výroby oceli. Jedná se o studenou strusku z vysokých a pánvových pecí. Tento materiál obsahuje množství feromagnetického materiálu od 5 % - 30 %. [46] Separátor bude pracovat v prašném prostředí je zapotřebí krytování vnitřních komponent včetně ochrany magnetu.

Byl zvolen závěsný magnetický separátor, který je zavěšen nad pásovým dopravníkem. Separátor je umístěn příčně (kolmo na pás). Závěsné magnetické separátory jsou používány na různých typech třídících linek. Tento rozsáhlý komplex má více stupňů separace. Závěsný magnetický pásový separátor se na třídících linkách nejčastěji používá jako druhý stupeň separace.



Obr. 28 Pánvová struska [46]

5.1 POUŽITÉ SOUČÁSTI

Magnetický separátor se skládá s nakoupených součástí, které jsou normalizované nebo vyráběné. Mezi tyto komponenty patří elektromotor s převodovkou, magnet, bubny, dopravníkový pás, bočnice z profilu U, spojovací materiál a příslušenství. Výkresová dokumentace se skládá z výkresu dané sestavy magnetického separátoru a krycích plechů.

5.1.1 MAGNET

Magnet je hlavním konstrukčním dílem separátoru. Pro separátor byla zvolena závěsná magnetická deska, která umožňuje montáž bočnic. Magnet je nosným prvkem celého separátoru, pomocí závěsných ok je zavěšen na pracovní místo. Byl zvolen permanentní feritový magnet (obr. 29) od značky Goudmit Magnetics. [47]



Obr. 29 Magnetická deska

Rozměry magnetu:

Délka magnetu	$L_m = 1560 \text{ mm}$
Šířka magnetu	$\check{s}_m = 990 \text{ mm}$
Výška magnetu	$h_m = 314 \text{ mm}$
Celková hmotnost magnetů	$m_{mcelk} = 1960 \text{ kg}$
Maximální síla přitahu magnetu	$F_{NM} = 2500 \text{ N}$

5.1.2 BOČNICE

Pro separátor byly zvoleny bočnice (obr.30), které jsou vyrobeny z polotovaru tyčí průřezu tvaru U 180 (EN 10365) zvoleny dle [1]. Materiál bočnic je z S235JR zaručuje dobrou obrobiteľnosť a svařitelnost. Bočnice jsou připevněny k magnetu pomocí šroubů. K bočnicím je přivařené příslušenství pro uložení elektromotoru a napínacího zařízení. Na bočnicích jsou připevněné ložiska ve, kterých jsou uložené bubny.



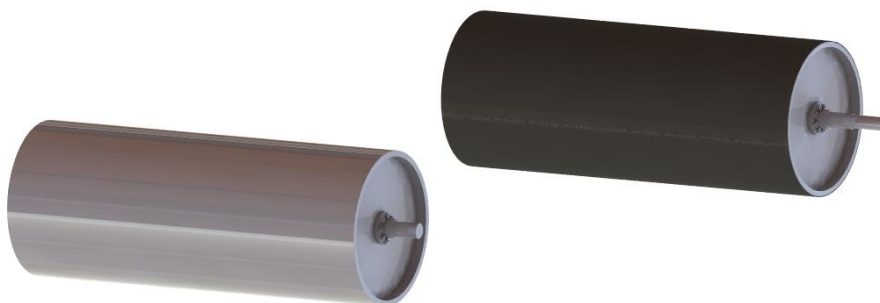
Obr. 30 Bočnice separátoru

5.1.3 HNACÍ A VRATNÝ BUBEN

Hnací a vratný buben (obr.31) byly zvoleny bubny od české firmy GTK s.r.o [40] tyto bubny jsou určeny pro pásové dopravníky. Bubny jsou spojeny pomocí svěrných pouzder s hřídeli. Během provozu separátoru je podstatné, aby nedošlo k prokluzu pásu, vratný buben je napínán pomocí napínacího zařízení, které je umístěné na obou stranách bočnic.

Rozměry bubnu:

Průměr bubnů	$D_b = 400 \text{ mm}$
Šířka dopravního pásu	$B_p = 1000 \text{ mm}$
Délka bubnu	$L_b = 1010 \text{ mm}$
Hmotnost bubnu	$m_b = 64,5 \text{ kg}$



Obr. 31 Bubny od výrobce GTK

5.1.4 DOPRAVNÍ PÁS

Dopravní pás byl zvolen dle [48], jedná se o pryžový pás (obr. 32) pro všeobecné použití. Je velice odolný vůči opotřebení. Separátor bude separovat velké množství materiálu. Pás je dodatečně osazen unašeči tvaru I, které jsou vulkanizovány. Unašeče zabraňují kumulaci feromagnetických částic u magnetu kde na ně působí magnetické pole a dále k prevenci skutálení feromagnetických částí proti pohybu pásu směrem zpět k magnetu.

Při provozu separátoru je nutné brát v potaz i tření mezi dopravním pásem a magnetem kde dochází ke tření. Pro toto opatření jsem byl zvolen povrch magnetu, osazen kluznou deskou z materiálu Murlubric. [49]

Murlubric

Třecí koeficient mezi magnetem a pásem

$$\mu_T = 0,4 [49]$$

Rozměry dopravního pásu:

Tloušťka pásu

$$t_p = 9 \text{ mm}$$

Šířka pásu

$$B_p = 1000 \text{ mm}$$

Hmotnost pásu

$$m_p = 12,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Pevnost pásu v tahu

$$R_{mp} = 400 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

Počet vložek

$$3$$

Síla krycí vrstvy

$$4+2 \text{ mm}$$

Označení

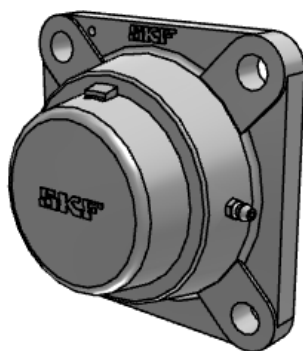
$$\text{EP 400/3 Y}$$



Obr. 32 Dopravní pás

5.1.5 LOŽISKA

Pro separátor byla zvolena ložiska od výrobce SKF, jedná se o kuličkové ložisko s čtyřhrannou přírubou v litinovém pouzdře. Označení ložiska: **MY 40 TF**. Ložiska se vyznačují odolností vůči vysokým teplotám a rychlostí. Jsou vhodná pro aplikace s konstantním nebo střídavým směrem otáčení. Pro ložisko bylo zvoleno krytí (obr.33) od výrobce z důvodu nečistot, které mají vliv na životnost ložiska.



Obr. 33 Ložisko s krycím elementem

5.2 VÝPOČET KONSTRUKČNÍCH UZLŮ MAGNETICKÉHO SEPARÁTORU

Tato kapitola je věnována výpočtu konstrukčních uzlů při návrhu magnetického separátoru. Pro konstrukci závěsného magnetického separátoru byl proveden výpočet pro pásový dopravník [4], jelikož princip je velice podobný, výpočet je orientační. Následně byl proveden výpočet třecí síly během provozu separátoru mezi pásem a magnetem (obr. 36).

ZVOLENÉ PARAMETRY

Dopravní rychlost	$v = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Účinnost převodu	$\eta = 0,95$
Vzdálenost mezi osami bubnů	$L_s = 2300 \text{ mm}$
Průměr bubnu	$D_b = 400 \text{ mm}$
Šířka dopravního pásu	$B_p = 1000 \text{ mm}$
Zvolený průměrný tah v pásu na bubnu	$F_{pm} = 1000 \text{ N}$ [4]
Vektorový součet tahů v pásu na bubnu	$F_T = 2500 \text{ N}$ [4]
Navrhovaný průměr hřídele bubnů	$d_0 = 40 \text{ mm}$
Navrhovaný převodový poměr	$i = 5$
Délka magnetického separátoru	$L = 2700 \text{ mm}$

TABULKOVÉ HODNOTY

Tíhové zrychlení

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Globální součinitel tření zahrnující odpory pásu a bubnů

$$f_G = 0,02 \text{ [3]}$$

Objemová hmotnost oceli

$$\rho_{ocel} = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ [2]}$$

TEORETICKÝ PRŮŘEZ MATERIÁLU

$$S = \frac{Q}{\rho_{ocel} \cdot v} \text{ [m}^2\text{]} \quad (1)$$

$$S = \frac{100000}{7850 \cdot 2 \cdot 3600} = 1,77 \cdot 10^{-3}$$

$$S = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Kde: v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] Q – dopravované množství [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$], [39] ρ_{ocel} – objemová hmotnost oceli [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], [2]**OBJEMOVÝ DOPRAVNÍ VÝKON**

$$I_v = S \cdot v \cdot k_p \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]} \quad (2)$$

$$I_v = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 1 = 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$I_v = 0,0036 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] k_p – součinitel sklonu pásu [-], zvolen dle [3] S – teoretický průřez materiálu [m^2]**HMOTNOSTNÍ DOPRAVNÍ VÝKON**

$$I_m = I_v \cdot \rho_{ocel} \text{ [kg} \cdot \text{s}^{-1}\text{]} \quad (3)$$

$$I_m = 0,0036 \cdot 7850 = 28,26$$

$$I_m = 28,3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: I_v – objemový dopravní výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] ρ_{ocel} – objemová hmotnost oceli [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], dle [1, str. 60]

HMOTNOST JEDNOHO METRU DOPRAVNÍHO PÁSU

$$q_B = m_p \cdot B_p \text{ [kg]} \quad (4)$$

$$q_B = 12,1 \cdot 1 = 12,1$$

$$q_B = 12,1 \text{ kg}$$

Kde: m_p – hmotnost pásu 12,1 [kg · m⁻¹],

B_p – šířka pásu [m], [48]

HMOTNOST DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU NA JEDEN METR PÁSU

$$q_G = \frac{I_m}{v} \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (5)$$

$$q_G = \frac{28,3}{2}$$

$$q_G = 14,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde: v – dopravní rychlost [m · s⁻¹]

I_m – hmotnostní dopravní výkon [kg · s⁻¹]

UŽITEČNÁ ŠÍŘKA DOPRAVNÍHO PÁSU

$$b = (0,9 \cdot B_p) - 0,05 \text{ [m]} \quad (6)$$

$$b = (0,9 \cdot 1) - 0,05 = 0,85$$

$$b = 0,85 \text{ m}$$

Kde: B_p – šířka pásu [m], [48]

5.2.1 HLAVNÍ ODPORY

$$F_H = f_G \cdot L_s \cdot g \cdot (2 \cdot q_B + q_G) \text{ [N]} \quad (7)$$

$$F_H = 0,02 \cdot 2,3 \cdot 9,81 \cdot (2 \cdot 12,1 + 14,15)$$

$$F_H = 17,3 \text{ N}$$

Kde: f_G – globální součinitel tření zahrnující odpory pásu a bubnů [–], zvolen dle [3]

q_G – hmotnost dopravovaného materiálu na jeden metr pásu [kg · m⁻¹]

q_B – hmotnost jednoho metru dopravního pásu [kg]

g – tíhové zrychlení [m · s⁻¹]

L_s – vzdálenost mezi osami bubnu [m]

5.2.2 VEDLEJŠÍ ODPORY**ODPORY SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ**

$$F_{bA} = I_V \cdot \rho_{ocel} \cdot v \quad [N] \quad (8)$$

$$F_{bA} = 0,0036 \cdot 7850 \cdot 2 = 56,52$$

$$F_{bA} = 57 \text{ N}$$

Kde: v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

I_V – objemový dopravní výkon [$m^3 \cdot s^{-1}$]

ρ_{ocel} – objemová hmotnost oceli [$kg \cdot m^{-3}$], dle [1]

ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

$$F_l = 9 \cdot B_p \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_{pm}}{B_p} \right) \cdot \frac{t_p}{D_b} \quad [N] \quad (9)$$

$$F_l = 9 \cdot 1 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{1000}{1} \right) \cdot \frac{0,009}{0,4} = 30,375$$

$$F_l = 30,4 \text{ N}$$

Kde: D_b – průměr bubnu [m], [40]

F_{pm} – průměrný tah v pásu na bubnu [N]

B_p – šířka pásu [m]

t_p – tloušťka pásu [m]

ODPOR V LOŽISCÍCH HNANÉHO BUBNU

$$F_t = 0,005 \cdot F_T \cdot \frac{d_0}{D_b} \quad [N] \quad (10)$$

$$F_t = 0,005 \cdot 2500 \cdot \frac{0,04}{0,4}$$

$$F_t = 1,25 \text{ N}$$

Kde: d_0 – navrhovaný průměr hřídele bubnů [m]

D_b – průměr bubnu [m]

F_T – vektorový součet tahů v pásu na bubnu [N]

VEDLEJŠÍ ODPORY

$$F_N = F_{bA} + F_l + F_t [N] \quad (13)$$

$$F_N = 57 + 30,4 + 1,25 = 86,6$$

$$F_N = 88,65 N$$

Kde: F_{bA} – odpory setrvačných sil v místě nakládání a oblasti urychlování [N]

F_l – odpor ohybu pásu na bubnech [N]

F_t – odpor v ložiscích hnaného bubnu [N]

5.2.3 NÁVRH POHONNÉHO A PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ**OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA POTŘEBNÁ NA POHÁNĚCÍM BUBNU**

$$F_U = F_H + F_N [N] \quad (14)$$

$$F_U = 17,3 + 88,65 = 105,95$$

$$F_U = 106 N$$

Kde: F_H – hlavní odpory [N]

F_N – vedlejší odpory [N]

POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHONU MAGNETICKÉHO SEPARÁTORU

$$P = F_U \cdot v [W] \quad (15)$$

$$P = 106 \cdot 2 = 212$$

$$P = 212 W$$

Kde: v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

F_U – obvodová hnací síla potřebná na poháněcím bubnu [N]

POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHONU NA HNACÍM BUBNU

$$P' = \frac{P}{\eta} \quad (16)$$

$$P' = \frac{212}{0,95}$$

$$P' = 223,16 W$$

Kde: P – potřebný provozní výkon pohonu magnetického separátoru [W]

η – účinnost převodu [–]

OTÁČKY BUBNU

$$n_B = \frac{v}{\pi(D_b + 2 \cdot t_p)} [s^{-1}] \quad (17)$$

$$n_B = \frac{2}{\pi(0,4 + 2 \cdot 0,009)}$$

$$n_B = 1,523 s^{-1} = 91,4 min^{-1}$$

Kde: v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

D_b – průměr bubnu [m]

t_p – tloušťka pásu [m], [48]

ÚHLOVÁ RYCHLOST BUBNU

$$\omega_B = 2 \cdot \pi \cdot n_B [rad \cdot s^{-1}] \quad (18)$$

$$\omega_B = 2 \cdot \pi \cdot 2,8 = 9,5694$$

$$\omega_B = 9,6 rad \cdot s^{-1}$$

Kde: n_B – otáčky bubnu [s^{-1}]

SKUTEČNÉ PŘEVODOVÉ ČÍSLO

$$i_{skut} = \frac{n_{mot}}{n_B} [-] \quad (19)$$

$$i_{skut} = \frac{1456}{91,4} = 15,93$$

$$i_{skut} = 15,93$$

Kde: n_B – otáčky bubnu [min^{-1}]

n_{mot} – otáčky hřídele elektromotoru [min^{-1}]

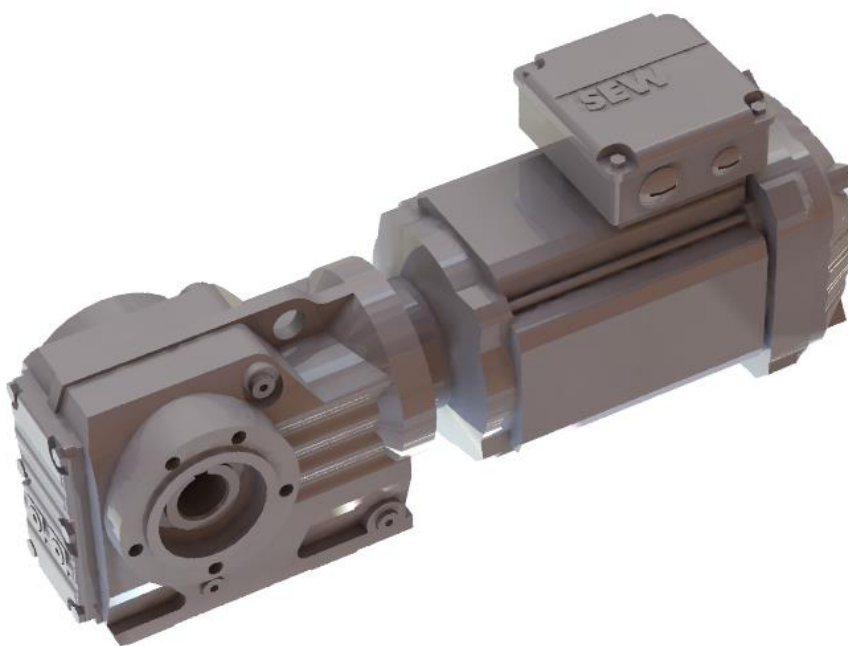
VOLBA POHONÉHO ÚSTROJÍ

Pohonné a převodové ústrojí je na separátoru provedeno asynchronním elektromotorem společně s kuželovou převodovkou od firmy SEW EURODRIVE. Motor s převodovkou se prodávají společně dle katalogu výrobce [50]. Převodovka je s hnacím bubnem spojena pomocí těsného pera, tím je i zajištěn přenos kroutícího momentu. Výstupní část z převodovky je realizována dutým hřídelem. Motor s převodovkou je umístěn na bočnici separátoru ve dvojici silentbloků. [51]

Označení motoru s převodovkou: K47DRN100L4

Parametry motoru:

Výkon motoru	$P_m = 3 \text{ kW}$
Výstupní otáčky	$n_{mot} = 92 \text{ min}^{-1}$
Výstupní kroutící moment	$M_k = 310 \text{ N.m}$
Váha motoru	$m_{motoru} = 51 \text{ kg}$

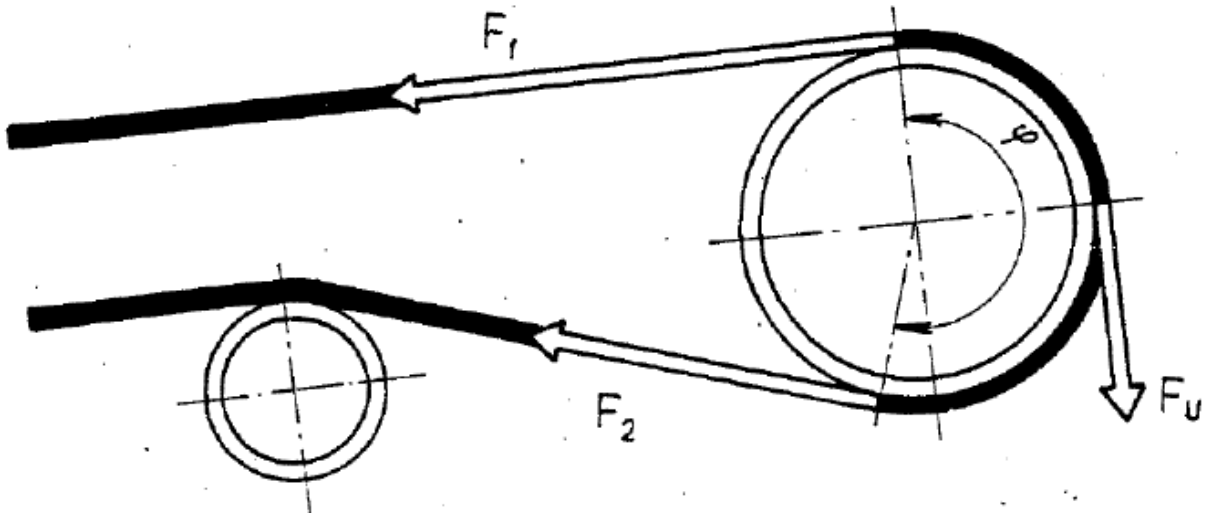


Obr. 34 Elektromotor s kuželovou převodovkou

5.2.4 TAHOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ V PÁSU A PŘENOS OBVODOVÉ HNACÍ

Pro správnou funkci a bezchybný chod je nutné splnění základních podmínek pro tah v dopravním pásu (obr. 35) [4]:

- Tah v pásu musí být dostatečný. Prevence proti prověšení pásu.
- Obvodové síly z poháněného bubnu musí být přenášeny třením na pás, a to bez prokluzu.



Obr. 35 Tahové síly působící v pásu [4]

MAXIMÁLNÍ OBVODOVÁ SÍLA

$$F_{Umax} = F_U \cdot \xi \text{ [N]} \quad (20)$$

$$F_{Umax} = 106 \cdot 1,5$$

$$F_{Umax} = 159 \text{ N}$$

Kde: F_U – obvodová hnací síla potřebná na poháněcím bubnu [N]

ξ – součinitel rozběhu [-], zvolen dle [4]

MINIMÁLNÍ TAHOVÁ SÍLA VE SBÍHAJÍCÍ VĚTVI ŘEMENU

$$F_{2min} \geq F_{Umax} \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} \right) \text{ [N]} \quad (21)$$

$$F_{2min} \geq 159 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,3 \cdot \pi} - 1} \right) \text{ [N]}$$

$$F_{2,min} = 101,5 \text{ N}$$

Kde: F_{Umax} – maximální obvodová síla [N]

μ – součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem [-], zvolen dle [4, str. 13 tab. 4]

NEJVĚTŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU

$$F_{max} \approx F_1 \approx F_{Umax} \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right) [N] \quad (22)$$

$$F_{max} \approx F_1 \approx 159 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,3 \cdot \pi} - 1} + 1 \right) [N]$$

$$F_{max} \approx F_1 = 260,5 [N]$$

Kde: F_{Umax} – maximální obvodová síla [N]

μ – součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem [-], zvolen dle [4, str. 13 tab. 4]

φ – úhel opásání poháněcího bubnu [rad], [4, str. 9] dle uspořádání volím 180°

TAHOVÁ SÍLA V NOSNÉ VĚTVI

$$F_1 = F_{max} [N] \quad (23)$$

$$F_1 = 260,5 N$$

Kde: F_{max} – největší tahová síla v pásu [N]

TAHOVÁ SÍLA VE VRATNÉ VĚTVI

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu \cdot \varphi}} [N] \quad (24)$$

$$F_2 = \frac{260,5}{e^{0,3 \cdot \pi}} [N]$$

$$F_2 = 101,5 N$$

Kde: F_1 – tahová síla v nosné větvi [N]

μ – součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem [-], zvolen dle [4, str. 13 tab. 4]

φ – úhel opásání poháněcího bubnu [rad], [4, str. 9] dle uspořádání volím 180°

SKUTEČNÝ TAH V PÁSU

Výslednice v ose X:

$$F_{Sx} = F_1 + F_2 \cdot \cos(\varphi - 180) [N] \quad (25)$$

$$F_{Sx} = 260,5 + 101,5 \cdot \cos(180 - 180) = 362$$

$$F_{Sx} = 362 N$$

Výslednice v ose Y:

$$F_{Sy} = F_2 \cdot \sin(\varphi - 180) [N] \quad (26)$$

$$F_{Sy} = 101,5 \cdot \sin(180 - 180) = 0$$

$$F_{Sy} = 0 N$$

Skutečný tah v pásu:

$$F_s = \sqrt{F_{Sx}^2 + F_{Sy}^2} [N] \quad (27)$$

$$F_s = \sqrt{362^2 + 0} = 362$$

$$F_s = 362 N$$

Kde: F_1 – tahová síla v nosné větvi [N]

F_2 – tahová síla ve vratná větvi [N]

F_{Sy} – tahová síla v ose Y [N]

F_{Sx} – tahová síla v ose X [N]

φ – úhel opásání poháněcího bubnu [rad], [4, str. 9] dle uspořádání volím 180°

NAPÍNACÍ SÍLA

Vypočtenou hodnotu skutečného tahu pásu F_s zvyšují o 30%, aby bylo zajištěno, že napínací síla bude dostatečná a pás nebude prokluzovat.

$$F_{nap} = 1,3 \cdot F_s [N] \quad (28)$$

$$F_{nap} = 1,3 \cdot 362 = 470,6$$

$$F_{nap} = 470,6 N$$

Kde: F_s – skutečný tah v pásu [N]

PEVNOSTNÍ KONTROLA PÁSU

$$F_{Dp} \geq F_{max} [N] \quad (29)$$

$$F_{Dp} = R_{mp} \cdot B_p [N]$$

$$F_{Dp} = 400 \cdot 1000$$

$$F_{Dp} = 400000 N$$

$$400\,000 \geq 260,5[N]$$

Podmínka byla splněna, zvolený dopravní pás vyhovuje.

Kde: F_{Dp} – dovolená tahová síla [N]

F_{max} – největší tahová síla v pásu [N]

B_p – šířka pásu [mm], [48]

R_{mp} – pevnost pásu v tahu [$N \cdot mm^{-1}$],

5.2.5 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON PRO POHON SEPARÁTORU

SKUTEČNÁ SÍLA V PÁSU

$$F = \frac{P_m}{v} [N] \tag{30}$$

$$F = \frac{3000}{2}$$

$$F = 1500 N$$

Kde: v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

P_z – zvolený provozní výkon pohonu magnetického separátoru [W]

TŘECÍ SÍLA MEZI PÁSEM A MAGNETEM

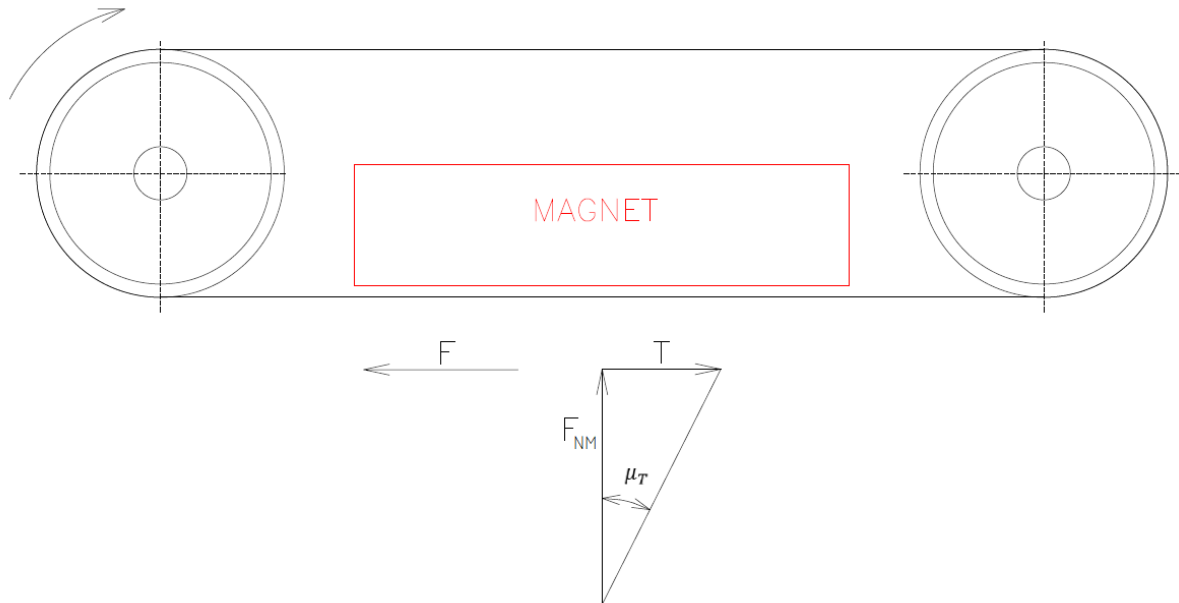
$$T = F_{NM} \cdot \mu_T [N] \tag{31}$$

$$T = 2500 \cdot 0,4$$

$$T = 1000 N$$

Kde: F_{NM} – síla magnetu [N],

μ_T – třecí koeficient mezi magnetem a pásem [-]

OVĚŘENÍ VÝKONU SEPARÁTORU


Obr. 36 Schéma sil působící na separátoru

$$F > T \text{ [N]} \quad (32)$$

$$1500 > 1000 \text{ [N]}$$

Kde: F – síla v pásu [N]

T – třecí síla mezi pásem a magnetem [N]

Vyhovuje, výkon motoru při maximálním zatížení dostačuje.

VIZUALIZACE

3D model závěsného magnetického separátoru (obr. 37 a 38) byl vytvořen v programu Solidworks 2022.



Obr. 37 Vizualizace 3D modelu v programu Solidworks



Obr. 38 Vizualizace 3D modelu v programu Solidworks

ZÁVĚR

Na základě stanovených cílů byla vypracována rozsáhlá rešerše separátorů feromagnetických materiálů. Současně také byly shrnuty nabídky jednotlivých výrobců. Na základě poznatků získaných při tvorbě rešerše byl vypracován vlastní návrh závěsného magnetického pásového separátoru, určený k separaci studené strusky z vysokých nebo pánvových pecí. V rámci konstrukce byly provedeny potřebné funkční výpočty. Po zkonstruování 3D modelu separátoru v programu SolidWorks byl na jeho základě vytvořen výkres sestavy a výrobní výkresy částí oplechování dle zadání. Bylo vypracováno řešení, které splňuje veškeré stanovené parametry. Pro ověření funkčnosti a případnou identifikaci konstrukčních nedostatků by bylo vhodné provést testování separátoru v reálných provozních podmínkách. Na závěr lze konstatovat, že všechny uvedené cíle byly splněny.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
- [2] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. VUTIAM, 2010. ISBN 978- 80-214-2629-0.
- [3] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [4] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů: Pásové dopravníky s nosnými válečky*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [5] *Suché směsi s ručním čištěním*. Online. <https://www.magsy.cz/produkty>. 2024. Dostupné z: <https://www.magsy.cz/produkty>. [cit. 2024-05-22].
- [6] *Závěsné magnetické separátory*. Online. In: WAMAG. 2024. Dostupné z: <https://www.wamag.cz/produkty/zavesne-magneticke-separatory>. [cit. 2024-05-22].
- [7] *Magnetické separátory*. Online. In: SELOS. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/magneticke-separatory/>. [cit. 2024-05-22].
- [8] *MAGNETIC SEPARATION*. Online. 2024. Dostupné z: <https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/magnetic-separation/>. [cit. 2024-05-22].
- [9] *Separace kovů při výrobě čokolády (případová studie)*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/article/separace-kovu-pri-vyrobe-cokolady-pripadova-studie>. [cit. 2024-05-22].
- [10] *Jak odstranit kovy o velikosti 1 mikronu z roztoku glukózy zpracovávané ve farmaceutické výrobě? (případová studie)*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/article/jak-odstranit-kovy-o-velikosti-1-mikronu-z-roztoku-glukozy-zpracovavane-ve-farmaceuticke-vyrobe-pripadova-studie>. [cit. 2024-05-22].
- [11] *Separace železných kontaminantů z chladicí emulze (případová studie)*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/article/separace-zelezných-kontaminantu-z-chladici-emulze-pripadova-studie>. [cit. 2024-05-22].
- [12] *Deskové magnetické separátory / Magnetické lucerny ML*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/deskove-magneticke-separatory-magneticke-lucerny-ml?page-gal-4=2#gal-4>. [cit. 2024-05-22].
- [13] *DESKOVÉ MAGNETICKÉ SEPARÁTORY*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magsy.cz/24789-deskovy-magneticky-separator>. [cit. 2024-05-22].
- [14] *Magnetická deska nad pásový dopravník MD*. Online. 2024. Dostupné z: <https://magneticke-separatory.cz/separatory/magneticka-deska-nad-pasovy-dopravnik-md/>. [cit. 2024-05-22].

- [15] *MAGNETICKÉ DESKY NAD PÁSOVÝ DOPRAVNÍK*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magsy.cz/26060-magneticke-desky-nad-pasovy-dopravnik>. [cit. 2024-05-22].
- [16] *Magnetické desky DND-MC nad pásový dopravník*. Online. In: SOLLAU. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-desky-dnd-mc>. [cit. 2024-05-22].
- [17] *Magnetické separátory pro sypké směsi*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-separatory-pro-sypke-smesi>. [cit. 2024-05-22].
- [18] *Výsuvné magnetické rošty MR*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/vysuvne-magneticke-rosty-mr>. [cit. 2024-05-22].
- [19] *ROŠTY, TYČE A MAGBOXY*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/separatory-pro-prumysl-rosty-tyce-a-magboxy/>. [cit. 2024-05-22].
- [20] *Magnetické bubny MB*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-bubny-mb>. [cit. 2024-05-22].
- [21] *Magnetický buben MB*. Online. 2024. Dostupné z: <https://magneticke-separatory.cz/separatory/magneticky-buben-mb/>. [cit. 2024-05-22].
- [22] *MAGNETICKÉ VÁLCE*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magsy.cz/26245-magneticke-valce>. [cit. 2024-05-22].
- [23] *Magnetické válce MV do pásového dopravníku*. Online. In: SOLLAU. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-valce-do-pasoveho-dopravniku-mv>. [cit. 2024-05-22].
- [24] *KASKÁDOVÉ*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/separatory-pro-prumysl-kaskadove/>. [cit. 2024-05-22].
- [25] *Kaskádové magnetické separátory MSK-MC*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/kaskadove-magneticke-separatory-msk-mc>. [cit. 2024-05-22].
- [26] *Průtokové magnetické separátory do potrubí MSP-MC*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/prutokove-magneticke-separatory-do-potrubni-msp-mc>. [cit. 2024-05-22].
- [27] *Trubkové magnety*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.wamag.cz/produkty/trubkove-magnety>. [cit. 2024-05-22].
- [28] *Potrubní magnetické separátory MT*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/potrubni-magneticke-separatory-mt>. [cit. 2024-05-22].
- [29] *Magnetické desky samočisticí DND-AC nad pásový dopravník*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-desky-s-automatickym-cistenim-dnd-ac-nad-pasovy-dopravnik>. [cit. 2024-05-22].



- [30] *O nás*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/o-spolecnosti-sollau>. [cit. 2024-05-22].
- [31] *Magnetické separátory do potrubí MSP-S*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sollau.cz/magneticke-separatory-do-potrubí-msp-s-sypke-smesi>. [cit. 2024-05-22].
- [32] *Goudsmit: driven by magnetism*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.goudsmitmagnets.com/about>. [cit. 2024-05-22].
- [33] *Cleanflows - manual cleaning - Static*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.goudsmitmagnets.com/solutions/magnetic-filtering-separating/cleanflow-grid-magnets/manual-static?sku=SECF250438>. [cit. 2024-05-22].
- [34] *MAGNETIC SEPARATION*. Online. 2024. Dostupné z: <https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/magnetic-separation/>. [cit. 2024-05-22].
- [35] *STEINERT MTE*. Online. 2024. Dostupné z: <https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/magnetic-separation/magnetic-drums/steinert-mte/>. [cit. 2024-05-22].
- [36] *STEINERT UMP*. Online. 2024. Dostupné z: <https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/magnetic-separation/suspension-magnets-self-cleaning/steinert-ump/>. [cit. 2024-05-22].
- [37] *ERGA*. Online. 2024. Dostupné z: <https://ergaglobal.com/>. [cit. 2024-05-22].
- [38] *Wet magnetic drum separator ERGA WetMag*. Online. 2024. Dostupné z: <https://ergaglobal.com/catalog/drum-separators/erga-mbs-wet-magnetic-drum-separator/>. [cit. 2024-05-22].
- [39] *ERGA belt conveyors*. Online. 2024. Dostupné z: <https://ergaglobal.com/catalog/ancillary-equipment/erga-belt-conveyors/>. [cit. 2024-05-22].
- [40] *BUBNY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.gtkupesy.cz/cz/bubny/>. [cit. 2024-05-23].
- [41] *Co jsou bubnové motory?* Online. 2024. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/co-jsou-bubnove-motory.html>. [cit. 2024-05-23].
- [42] *FERITOVÉ MAGNETY*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/ferity/>. [cit. 2024-05-23].
- [43] *NEODYMOVÉ MAGNETY*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/neodymy/>. [cit. 2024-05-23].
- [44] *SMCO*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/smco/>. [cit. 2024-05-23].
- [45] *ALNICO*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.magnety.cz/alnico/>. [cit. 2024-05-23].

- [46] *DESTRO Metal*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.destrometal.cz/>. [cit. 2024-05-23].
- [47] *Permanentní závěsné magnety*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.goudsmitmagnets.com/cs/solutions/magnetic-recycling-sorting/suspended-magnets/permanent-block-magnet>. [cit. 2024-05-23].
- [48] *Pryžový dopravníkový pás oděruvzdorný EP 400/3 Y, 3vl, tloušťka 9mm, šíře 1000mm*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/ep-4003-y-pryzovy-dopravnikovy-pas-00867101>. [cit. 2024-05-23].
- [49] *Murlubric*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.murtefeldt.cz/produkty/materialy/technicke-materialy-2/murlubric/>. [cit. 2024-05-23].
- [50] *Třífázové motory konstrukční řady DR*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.sew-eurodrive.cz/vyrobky/motory/trifazove_motory/trifazove_motory_dr_a_dt56_1_rychlost_otaceni/trifazove_motory_dr_a_dt56_1_rychlost_otaceni.html. [cit. 2024-05-23].
- [51] *Silenblok, nerezový*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.traceparts.com/els/tea-czr/cs/product/tea-technik-sro-czech-republic-silenblok-nerezovy?CatalogPath=TEA_CZR%3ATEA.80.20&Product=80-10092008-912229. [cit. 2024-05-23].

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

b	[m]	Užitečná šířka pásu
B_p	[mm]; [m]	Šířka dopravního pásu
D_0	[mm]	Navrhovaný průměr hřídele bubnů
D_b	[mm]; [m]	Průměr bubnu
F_{NM}	[N]	Maximální síla přitahu magnetu
F_{pm}	[N]	Zvolený průměrný tah v pásu na bubnu
F_T	[N]	Vektorový součet tahů v pásu na bubnu
h_m	[mm]	Výška magnetu
L_b	[mm]; [m]	Délka bubnu
L_s	[mm]	Vzdálenost mezi osami bubnů
m_b	[kg]	Hmotnost bubnu
M_k	[N.m]	Výstupní krouticí moment
m_{motoru}	[kg]	Váha motoru
m_p	[kg]	Hmotnost pásu
P	[W]	Potřebný provozní výkon magnetického separátoru
P_m	[kW]	Výkon motoru
Q	[kg · h ⁻¹]	Dopravované množství [
R_{mp}	[N·mm ⁻¹]	Pevnost pásu v tahu
$š_m$	[mm]	Šířka magnetu
T	[N]	Třecí síla mezi pásem a magnetem
t_p	[mm]; [m]	Tloušťka pásu
P_{ocel}	[kg·m ⁻³]	Objemová hmotnost oceli
F	[N]	Skutečná síla v pásu
F_1	[N]	Tahová síla v nosné větvi
F_2	[N]	Tahová síla ve vratné větvi
F_{2min}	[N]	Minimální tahová síla ve sbíhající větvi řemenu
F_U	[N]	Obvodová hnací síla potřebná na poháněcím bubnu
F_{Dp}	[N]	Pevnostní kontrola na pás
F_H	[N]	Hlavní odpory
F_N	[N]	Vedlejší odpory
F_{Sx}	[N]	Skutečný tah v pásu X
F_{Sy}	[N]	Skutečný tah v pásu Y

F_{Umax}	[N]	Maximální obvodová síla
F_{bA}	[N]	Odpory setrvačných sil v místě nakládací oblasti urychlování
F_l	[N]	Odpor ohybu pásu na bubnech
F_{max}	[N]	Největší tahová síla v pásu
F_{nap}	[N]	Napínací síla
F_S	[N]	Skutečný tah v pásu
F_t	[N]	Odpory v ložiscích
I_m	[kg·s ⁻¹]	Hmotnostní dopravní výkon
I_v	[m ³ ·s ⁻¹]	Objemový dopravní výkon
L	[mm]	Délka magnetického separátoru
L_m	[mm]	Délka magnetu
L_s	[m]	Vzdálenost mezi osami bubnu
P'	[W]	Potřebný provozní výkon na hnacím bubnu
S	[m ²]	Teoretický průřez materiálu
f_G	[-]	Globální součinitel tření zahrnující odpory pásu a bubnů
g	[m·s ⁻¹]	Tíhové zrychlení
i	[-]	Navrhovaný převodový poměr
i_{skut}	[-]	Skutečné převodové číslo
k_p	[-]	Součinitel sklonu pásu
m_{mcelk}	[kg]	Celková hmotnost magnetů
n_B	[s ⁻¹], [min ⁻¹]	Otáčky bubnu
n_{mot}	[min ⁻¹]	Výstupní otáčky
n_{mot}	[min ⁻¹]	Otáčky hřídele elektromotoru
q_B	[kg]	Hmotnost jednoho metru dopravního pásu
q_G	[kg · m ⁻¹],	Hmotnost dopravovaného materiálu na metr pásu
v	[m·s ⁻¹]	Dopravní rychlost
η	[-]	Účinnost převodu
μ_T	[-]	Třecí koeficient mezi magnetem a pásem
ξ	[-]	Součinitel rozběhu
φ	[rad]	Úhel opásání poháněcího bubnu
ω_B	[rad · s ⁻¹]	Úhlová rychlost bubnu



SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

- | | | |
|---|----------------------------------|-----------|
| - | MAGNETICKÝ SEPARÁTOR (3D POHLED) | 1-MS-2/00 |
| - | MAGNETICKÝ SEPARÁTOR | 1-MS-1/00 |
| - | KRYCÍ PLECH | 1-MS-1/04 |
| - | KRYCÍ PLECH VRCHNÍ | 1-MS-1/05 |
| - | KRYCÍ PLECH KONCOVÝ | 1-MS-1/06 |