



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

NÁVRH KONSTRUKCE VIBRAČNÍ TŘÍDIČKY ODPADU

DESIGN OF VIBRATING WASTE SORTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Abraham Taska

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Miloš Synek

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Abraham Taska
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	Ing. Miloš Synek
Akademický rok:	2015/16

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 diplomové práce:

Návrh konstrukce vibrační třídičky odpadu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte konstrukční řešení vibrační třídičky odpadu

Cíle diplomové práce:

V rámci práce proveďte:

- 1) Rešerši nabídek separačních technologií pro odpady za stělnic
- 2) Proveďte analýzu odpadu z komerční / sportovní stělnice se zaměřením na četnost výskytu nábojnic z mosazi a jiných materiálů
- 3) Navrhněte technologii separace nábojnic pro recyklaci podle:
 - a. Materiálu
 - b. Maximálního vnějšího průměru
 - c. Maximální délky
- 4) Do technologie zakomponujte separaci prachu, písku a nábojnic ráže .22 LR
- 5) Důsledně dbejte na manipulaci bez nutnosti zvedání těžkých břemen (do 15 kg)
- 6) Zpracujte konstrukční návrh třídičky odpadu (3D model) a výkresovou dokumentaci.

Seznam literatury:

WECK, Manfred, BRECHER, Christian (2006): Werkzeugmaschinen : Konstruktion und Berechnung, Verlag Berlin Heidelberg:Springer

Marek, Jiří (2006): Konstrukce CNC obráběcích strojů. Speciální vydání. MM Průmyslové spektrum, Praha

BORSKÝ, Václav (1986): Základy stavby obráběcích strojů. VUT v Brně, Brno

Kolíbal, Zdeněk (1993): Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. VUT v Brně, Brno

Kolíbal, Zdeněk (1993): Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periferií. VUT v Brně, Brno

Ehrenberger, Zdeněk (1993): Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací. VUT v Brně, Brno

Bělohoubek, Pavel (1993): Průmyslové roboty IV. Projektování výrobních systémů s PRaM. VUT v Brně, Brno

Pokorný, Karel (1984): Stavba elektrických strojů I. SNTL Praha

internet a stránky jednotlivých výrobců


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce vibrační třídičky nábojnic. Práce obsahuje teoretickou část charakterizující různé typy třídiček nábojnic a dále popisuje princip třídění pomocí vibrační třídičky. Praktická část zahrnuje návrh pohonu, výpočet vibrační třídičky, návrh tlačných pružin nesoucích vibrační rám a kontrolní výpočet těchto pružin. Kompletní vibrační třídička nábojnic je vytvořena ve 3D modelovacím programu. K práci je přiložena výkresová dokumentace jednotlivých sestav, podsestav a samostatných dílů.

KLÍČOVÁ SLOVA

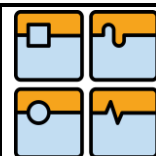
Vibrační třídička, nábojnice, třídění, vibrační elektromotor, pružiny, separace kovů,

ABSTRACT

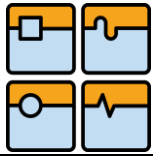
The master thesis deals with a construction proposal for a vibrating sorter of cartridges. The thesis contains the theoretical part characterizing various sorter types of cartridges and describes the principle of sorting with the help of the vibrating sorters. The practical part includes a draft of a drive, calculation of a vibrating sorter, a proposal of compression springs bearing vibration frame and a control calculation of these springs. A complete vibrating sorter of the cartridges is created in a 3D modeling program. The thesis is attached by the drawings of the individual assemblies, subassemblies and individual parts.

KEY WORDS

Vibrating sorters, cartridges, screening, vibrating electric motor, springs, metal separation,

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE:**

TASKA, A. *Návrh konstrukce vibrační třídičky odpadu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloš Synek.



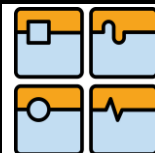
DIPLOMOVÁ PRÁCE

ČESTNÉ PROHLÁČENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Miloše Synka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016

.....
Bc. Abraham Taska



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Miloši Synkovi za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval, Dále bych chtěl poděkovat své rodině a nejbližším za podporu během celého studia

Obsah:

1. Úvod	11
2. Separační technologie pro odpady ze střelnic	12
2.1. Vysvětlení pojmu střelnice, rozdělení	12
2.2. Určení odpadů vznikajícího provozem střelnice	14
2.2.1. Rozdělení podle materiálu:	15
2.2.2. Rozdělení podle typu zápalky:	15
2.2.3. Rozdělení podle kategorie použití:	16
2.2.4. Rozdělení podle tvaru:	16
2.3. Nejčastěji používané náboje	17
2.3.1. Historický vývoj	17
2.3.2. Značení nábojů	17
2.3.3. Vlivy na četnost výskytu nábojnic	18
2.3.4. Příklady nejrozšířenějších nábojů [3][5]:	18
2.4. Jednotlivé separační technologie	19
2.4.1. Separace pomocí soustavy roštů Shell Sorter TM	19
2.4.2. Separace pomocí vibračního třídiče The Ultimate Sorter	20
2.4.3. Separace pomocí vibračního bubnového třídiče	21
2.4.4. Separace pomocí rotačního třídiče CAMDEX	21
2.4.5. Separace pomocí třídící linky SBS	22
3. Analýza odpadů ze střelnic	24
3.1. Rozměrový popis nepoužívanějších nábojnic	24
3.2. Analýza četnosti výskytu nábojnic z mosazi a jiných materiálu	25
4. Konstrukční návrh vibračního třídiče	27
4.1. Systémy pro generování vibrací	27
4.1.1. Pneumatické vibrátory	27
4.1.2. Hydraulické vibrátory	28
4.1.3. Mechanické vibrátory	28
4.1.4. Elektromagnetické a elektrodynamické vibrátory	29
4.1.5. Volba vhodného vibrátoru	29
4.2. Separace kovů	29
4.2.1. Elektromagnetické separátory	30
4.2.2. Separátory s permanentními magnety	32
4.2.3. Odstředivé separátory	33
4.2.4. Volba vhodného separátoru kovů	33
4.3. Násypka na tříděné nábojnice	33
4.4. Volba vhodné konstrukce	33
4.4.1. Konstrukční návrh č. 1	34
4.4.2. Konstrukční návrh č. 2	35

4.4.3.	Konstrukční návrh č. 3	36
4.4.4.	Volba vhodné konstrukce	36
5.	Výpočet vibrační třídíčky nábojnic.....	37
5.1.	Základní technické parametry	37
5.2.	Výpočet vibrační třídíčky	37
5.3.	Výpočet pružin [20]	41
6.	Navrhnutá konstrukce třídíčky	50
6.1.	Sestava vibračního rámu	51
6.1.1.	Vibrační rám	52
6.1.2.	Síto oddělující puškové nábojnice	52
6.1.3.	Rošt oddělující brokové nábojnice.....	53
6.1.4.	Rošt oddělující nečistoty a nábojnice ráže .22.....	53
6.1.5.	Hlavní rošt.....	54
6.1.6.	Budič vibrací	54
6.2.	Části vibrační třídíčky	55
6.2.1.	Vnější Rám třídíčky	55
6.2.2.	Pásový dopravník	56
6.2.3.	Pružiny.....	56
6.2.4.	Nárypka.....	56
6.2.5.	Elektroinstalace.....	57
6.2.6.	Boxy na roztříděné nábojnice	58
6.2.7.	Pojezdové kolečka	59
6.3.	Konstrukční celek vibrační třídíčky	59
7.	Ekonomické hledisko.....	61
	Závěr	62
	Citace.....	63
	Seznam použitých zkratek a symbolů.....	65
	Seznam obrázků	68
	Seznam tabulek.....	70
	Seznam příloh	71



1. ÚVOD

Náplní této diplomové práce je konstrukční návrh vibrační třídíčky odpadů ze střelnic. V první části práce je vypracovaná rešerše v oblasti separačních technologií pro odpady ze střelnic, dále je popsán princip vibračních třídíček a provedená analýza odpadů ze střelnic se zaměřením na četnost výskytu nábojnic z mosazi a jiných materiálů. V další části jsou vypracovány výpočty, konstrukční návrh vibrační třídíčky a ekonomické zhodnocení navržené varianty.

Vysvětlení pojmů

Odpady ze střelnic – jsou odpady vznikající provozem střelnice. Třídíčka slouží k třídění pouze jedné části z odpadů a to vystřelených nábojnic.

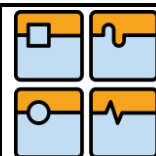
Vibrační třídíč - je zařízení určené k separaci sypkých nelepivých a málo abrazivních materiálů do různých skupin. Třídíče vykazují vysoký výkon i při použití nízkého elektrického příkonu. Nejjednodušší konstrukce třídíče se skládá z vany umístěné na pružinách, které tlumí vibrace. Na vaně je umístěné síto s vibrátorem. Při provozu vibrátor uvede síto do kmitavého pohybu. Kmitavý pohyb přesune tříděný materiál. Ten prochází přes síto a menší kusy sítím propadnou. Třídíče mohou obsahovat soustavu několika sítí s různě velkými oky. Nejčastěji se používají pro třídění pilin, štěpky, uhlí, drceného kameniva, rudy atd..

Smysl třídění odpadů ze střelnic

Třídění odpadů ze střelnic se provádí především z ekonomických důvodů. Některé z nábojnic, můžeme znova použít pro přebíjení a snížit tak cenu přebíjeného střeliva. Dále z důvodu recyklace materiálu. Mosazné, ocelové a hliníkové nábojnice vykupují sběrný surovin k dalšímu zpracování.

Analýza současného stavu

Po prozkoumání problematiky třídění nábojnic bylo zjištěno, že na našem trhu téměř nejde zařízení na třídění nábojnic koupit. V zahraničí existuje několik zařízení konstruovaných na různých principech, jako například rotační nebo vibrační třídíčky. Až na pár výjimek se jedná o kusovou výrobu. Navíc tyto třídíčky většinou pouze rozdělují nábojnice podle největšího z průměru a nezohledňují druh materiálu, ze kterého jsou vyrobeny.



2. SEPARAČNÍ TECHNOLOGIE PRO ODPADY ZE STŘELNIC

Před popsání jednotlivých separačních technologií je důležité si uvědomit, jaký odpad provozováním střelnic vzniká a pro jaký odpad jsou tyto třídíčky určeny.

2.1. VYSVĚTLENÍ POJMU STŘELNICE, ROZDĚLENÍ

Obecně lze říci, že střelnice je komplex zařízení a prostorů pro bezpečnou střelbu. Klasifikaci druhu střelnice určuje norma ČSN 39 5401 Civilní střelné zbraně a střelivo – Střelnice pro ruční palné a plynové zbraně.

Rozdělení střelnic dle ČSN 39 5401 [1]:

Rozdělení podle stavebního řešení:

- Venkovní (kategorie - A)
- Tunelová (kategorie - B)
- Kombinovaná (kategorie - C)

Rozdělení podle možného úniku střel:

- Krytá
- Polokrytá
- Otevřená

Rozdělení podle použitelných zbraní a střeliva:

- Pro krátké palné zbraně
- Pro dlouhé palné zbraně
- Pro malorážky
- Pro brokovnice
- Pro plynové zbraně
- Pro paintball

Rozdělení podle použitelných střel:

- Pro bez plášťové olovené střely
- Pro plášťové střely

Rozdělení podle délky střelby:

- Do: 10m, 20m, 25m, 30m, 50m, 100m, 200m, 300m, 500m

Rozdělení podle rozsahu délky střelby:

- S pevně danou délkou střelby
- S pevně danými délkami střelby
- S proměnlivou délkou střelby

Rozdělení podle způsobu změny délky střelby:

- S pohyblivou palebnou čarou
- S pohyblivou terčovou čarou
- S pohyblivou palebnou i terčovou čarou

Rozdělení podle doby trvání provozu:

- Stála
- Jednorázová



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rozdělení podle přístupu veřejnosti:

- Veřejná
- Neveřejná

Rozdělení podle způsobu provozování:

- Komerční
- Nekomerční

Rozdělení podle účelu:

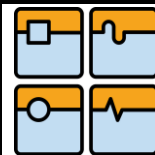
- Zkušební
- Výcviková
- Sportovní
- Myslivecká
- Vojenská
- Speciální

Rozdělení do tříd:

- Třída 1: střelnice veřejná nekomerční sportovní
- Třída 2: střelnice veřejná, komerční s pevně danou délkou střelby, nebo pevně danými délkami střelby pro střelbu z místa ze střeleckých stanišť umístěných v oddělených boxech
- Třída 3: střelnice veřejná, komerční s pevně danou délkou střelby, nebo pevně danými délkami střelby pro střelbu ze střeleckých stanišť umístěných v libovolném místě výstřelného prostoru
- Třída 4: Střelnice neveřejná

Rozdělení do skupin:

- K – střelnice pro kulové zbraně (pro krátké palné zbraně, dlouhé palné zbraně, malorážky, plynové zbraně)
- H – Střelnice pro brokovnice (pro střelbu na asfaltové a pohyblivé terče)



2.2. URČENÍ ODPADŮ VZNIKAJÍCÍHO PROVOZEM STŘELNICE

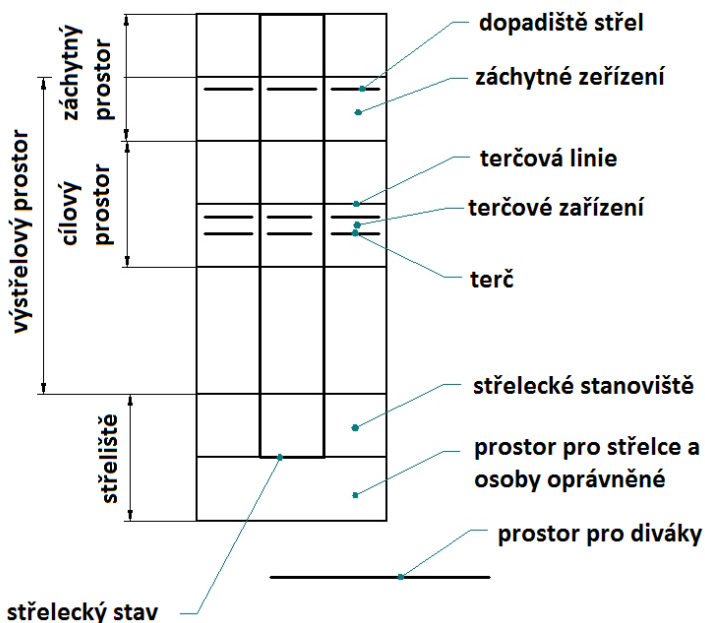
Všechny kategorie střelnic mají několik společných prvků, které jsou přesně určeny (viz. Obr. 2). A to například střelecké stanoviště a cílový prostor, kde je umístěn terč a terčová zařízení. V těchto prostorech vzniká provozem střelnice odpad.

V cílovém prostoru, tedy v místě dopadu střel se budou hlavně vyskytovat střely a jejich fragmenty, části terčového materiálu a fragmenty záchytných popřípadě ochranných systému či obkladů. V prostoru střeleckého stanoviště a před palebnou čarou vzniká odpad, pro který je třídíčka odpadů určená. Jedná se hlavně o vystřelené nábojnice dále pak obaly od nábojů, použité terče či selhané a poškozené střelivo.



Obr. 1 Příklad odpadu ze střelnice

Klasifikace střelnic nám tedy částečně pomůže určit, jaký odpad bude na střelnici vznikat. Podle výše uvedených rozdělení je patrné, že na druh odpadů, pro které jsou třídíčky nábojnic určeny, budou mít největší vliv rozdělení podle použitelných zbraní a střeliva. Další z vlivů bude rozdělení podle stavebního řešení. Na venkovní střelnici je pravděpodobné, že tříděný materiál bude více znečištěný např. prachem, pískem, listím atd.. Rovněž rozdělení střelnic podle účelu, bude ovlivňovat vznikající odpad. Například na myslivecké střelnici se budou vyskytovat vystřelené nábojnice z loveckých zbraní. To znamená z brokovnic a dlouhých palných zbraní určených pro lov.



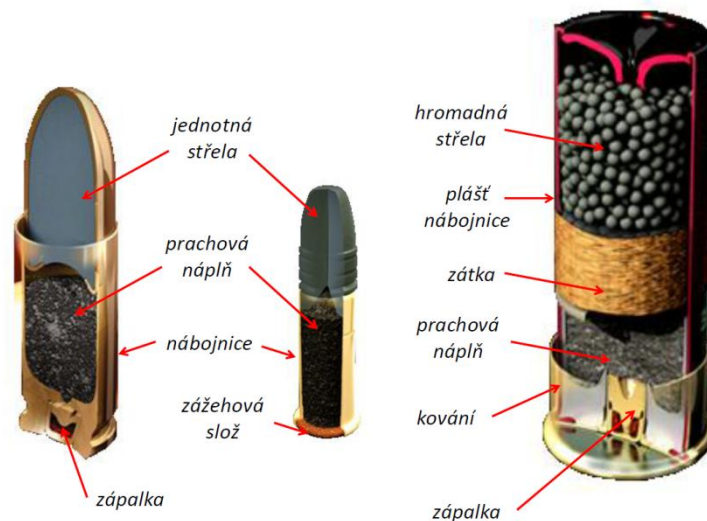
Obr. 2 Základní schéma střelnice podle ČSN 39 5401 [1]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Jelikož, hlavní složka tříděného odpadu jsou použité nábojnice, další část této kapitoly je věnovaná jejich rozdělení a specifikaci.

Nábojnice je jednou z částí náboje (viz. Obr. 3). Liší se od sebe rozměry, materiálem, tvarem a způsobem provedení.



Obr. 3 Náboje – základní části [2]

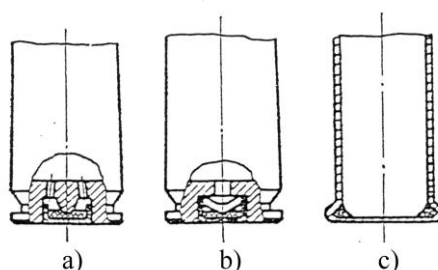
Můžeme je tedy rozdělit podle několika kritérií.

2.2.1. Rozdělení podle materiálu:

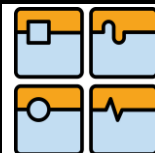
- **mosazné** – Nejčastěji používaný materiál.
- **ocelové** – Začaly se používat z důvodu nedostatku mosazi např. za druhé světové války. Jsou podstatně levnější. Téměř výhradně pro vojenské účely.
- **hliníkové** – Používané jen výjimečně. Jsou lehčí a levnější než mosazné. Kvůli vlastnostem hliníku a zápalky typu Berdan se většinou nedají přebíjet.
- **kombinace kov/plast** – Použití u brokových nábojů, kdy plášť je vyrobený z plastu a kování z oceli nebo mosazi.
- **kombinace kov/papír** - Použití u brokových nábojů, kdy plášť je vyrobený z papíru a kování z oceli nebo mosazi.

2.2.2. Rozdělení podle typu zápalky:

- **se středovým zápallem** – Pro většinu nábojů je použita konstrukce se středovým zápallem, kdy je ve dně nábojnice nalisovaná zápalka. Většinou se používají dva typy zápalů a to typu Boxer a typu Berdan. Pro přebíjení lze použít pouze nábojnice se zápalnou typy Boxer.
- **s okrajovým zápallem** – Používaný hlavně u malorážkových nábojů. Iniciace zážehů prachové náplně je úderem zápalníku na spodní okraj nábojnice, kde je uložena zážehová slož. Nelze použít pro přebíjení.
- náboje s jiným typem zápalu se již téměř nepoužívají



Obr. 4 a) Středový zápal Berdan, b) Středový zápal Boxer, c) Okrajový zápal[2]

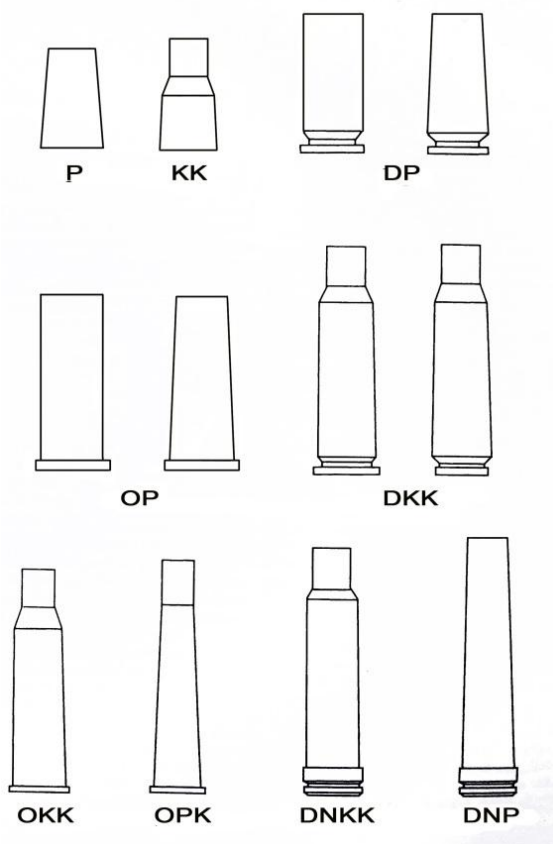


2.2.3. Rozdělení podle kategorie použití:

- **malorážkové** – S okrajovým zápalem.
- **pistolové** – Nábojnice je většinou krátká bez obruby. Ve spodní části má po obvodu drážku pro vytahovač.
- **revolverové** – Nábojnice je většinou krátká s obrubou (osazením), ve spodní části a bez drážky pro vytahovač.
- **puškové** – Většinou výkonnější náboje s dlouhou nábojnicí. Má ve spodní části po obvodu drážku pro vytahovač, nebo obrubu.
- **brokové** – Plášť nábojnice nejčastěji z plastu, nebo papíru. Kování je většinou ocelové s obrubou pro vytažení nábojnice. Dříve se používaly i nábojnice celé z mosazi.

2.2.4. Rozdělení podle tvaru:

- **P** - Kuželovitá nábojnice
- **KK** - Lahvovitá nábojnice
- **DP** - Nábojnice s drážkou pro vytahovač kuželovitého, nebo válcovitého tvaru
- **OP** - Nábojnice s okrajem kuželovitého, nebo válcovitého tvaru
- **DKK** - Nábojnice lahvovitého tvaru s drážkou pro vytahovač
- **OKK** - Nábojnice lahvovitého tvaru s okrajem
- **OPK** - Kuželovitá nábojnice s okrajem
- **DNKK** - Nábojnice lahvovitého tvaru s drážkou pro vytahovač a zesilovacím nákrůžkem
- **DNP** - Kuželovitá nábojnice s drážkou pro vytahovač a zesilovacím nákrůžkem



Obr. 5 Tvary nábojnic [3]



2.3. NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ NÁBOJE

2.3.1. Historický vývoj

Jednotné náboje pro palné zbraně využívající nábojnici jako nosný prvek všech ostatních komponent prošel jako mnoho jiných vynálezů určitým vývojem, ovlivněným technologickým a materiálovým pokrokem. Dlouhá staletí se palné zbraně nabíjely ústím hlavně (tzv. předovky), kdy se do hlavně nasypal střelný prach, vložila se ucpávka a nakonec střela. I tento způsob nabíjení byl zdokonalován, ale nakonec jej nahradil dokonalejší způsob nabíjení zezadu (tzv. zadovky). Tento systém měl řadu nevýhod, ale umožňoval střelci zbraň nabíjet rychleji, aniž by zbraň musel otáčet ústím hlavně k sobě. Hlavní nevýhodou byl částečný únik prachových plynů kolem závěru. Konstrukce zadovek umožňovala vznik prvních jednotných nábojů, kdy prachová náplň byla společně se střelou zabalená do papírového válečku. Zdokonalení tohoto systému vedlo k vytvoření prvního náboje s kovovou nábojnici.[3]

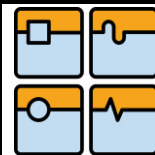
Od výroby prvního jednotného náboje v roce 1812 začali výrobci zbraní prosazovat tento systém nabíjení. Oproti předešlým metodám nabíjení zbraní má bezpočet výhod a je daleko spolehlivější. Díky tomu po celém světě začalo vznikat velké množství různých nábojů. Dalo by se říci, že každý konstruktér zbraní používal vlastní náboje. K částečnému sjednocení docházelo vlivem hromadného nasazení zbraní například ve válečných konfliktech. I přesto vznikl bezpočet různých nábojů. Odlišují se např. použitou ráží, nebo tvarem.

2.3.2. Značení nábojů

Označení nábojů nemusí nutně vypovídat o rozměrech náboje nebo zbraně. Označení je pouze standardizované a akceptované pojmenování. Americká organizace SAAMI (Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute) a Evropská C.I.P. (Commission Internationale Permanente pour l'Epreuve des Armes à Feu Portatives) a členové těchto organizací specifikují správné označení nábojů. O značení nábojů lze říci, že většinou odpovídá průměru ráži zbraně, pro které jsou určeny, nebo průměru střely. Můžou se lišit doplňujícími informacemi například označení typu střely a podobně.

Existuje více variant značení nábojů. Základní rozdělení je na metrické a palcové označení. Tyto označení jsou doplněny o další informace a označují různé charakteristiky, jména konstruktérů, místa vytvoření atd. Například náboj .308 Winchester, používá střelu o průměru 0,308 palce a byl standardizován firmou Winchester. Některé názvy nábojů často nelze spojit s žádnými vlastnostmi. Příkladem je náboj .218 Bee, který používá střelu o průměru 0,224 palce a je určený pro zbraň s vývrtem o průměru 0,22 palce. Je mnoho podobných příkladů např.: .219 Zipper, .221 Fireball, .222 Remington, .256 Winchester, .280 Remington, .307 Winchester, .356 Winchester.

Často se můžeme setkat se dvou číselným označením, kdy první číslo označuje průměr vývrtnu v milimetrech, nebo palcích a druhé číslo délku nábojnice. Například vojenský náboj 7,62 x 51 NATO značí průměr vývrtnu 7,62 mm a délku nábojnice 51mm. Tento náboj je teoreticky shodný s nábojem označovaným .308 Winchester, rozdíl je ve vlastnostech a v kontrolním orgánu. Kdy jeden je pod kontrolou NATO a druhý, určený pro civilní trh, pod kontrolou SAAMI. U starších nábojů druhé číslo může označovat množství prachové náplně v grainech (1 grain = 64,79891 miligramů). Například náboje .50-90 Sharps.[3]



Zcela specifické je označování nábojů do brokovnic. Ty se většinou označují dvěma čísly, například 12/70 nebo 20/67,5. Kde první číslo neodpovídá průměru vývrtu, ale počtu stejných kulí odlitých z jedné anglické libry olova. Průměr vývrtu hlavně pak odpovídá průměru jedné z počtu daných kulí. Druhé číslo udává délku nábojnice po vystřelení. Ke standartnímu dvojčíselnému označení je většinou doplněna číslice označující průměr broků, nebo typ jednotné střely např. SLUG.

Výjimkou je např. ráže brokovnic .410. U kterých označení odpovídá průměru vývrtu 0,41 palce.

2.3.3. Vlivy na četnost výskytu nábojnic

Četnost výskytu jednotlivých druhů nábojnic na střelnici, je ovlivněná hned několika vlivy. Jedním z hlavních bude rozšířenost dané ráže. Často se setkáváme s tím, že jedny z nejrozšířenějších ráží jsou ty, používané policií nebo armádou. Příkladem může být myslivci často používaná ráže 8x57JS která je odvozena od německé vojenské ráže 7,92x57mm Mauser, nebo ráže 9x19 Luger, která patří k nejrozšířenějším služebním ráží na světě. Dalším z vlivů bude typ střelnice. Je zřejmé, že na brokové střelnici budou pravděpodobně jen brokové nábojnice. A na pistolové střelnici se nebudou objevovat nábojnice výkonných puškových ráží.

2.3.4. Příklady nejrozšířenějších nábojů [3][5]:

Náboje s okrajovým zápalem:

- 4 mm Flobert
- .22 Long rifle (.22 LR)
- .22 Winchester Magnum Rimfire (.22 WMR)
- 6 mm ME-Flobert

Náboje se středovým zápalem:

Pistolové a revolverové

- 6,35 mm Browning (.25 ACP)
- 7,65 mm Browning (.32 AUTO)
- 9 x 18 mm Makarov
- 9 x 19 mm Luger
- .357 Magnum
- .38 Special
- .40 Smith & Wesson (.40SW)
- .45 ACP
- .44 Remington Magnum

Puškové

- 5,56 x 45 NATO (.223 Remington)
- 7,62 x 39
- 7,62 x 54 R
- 7,62 x 51 NATO (.308 Winchetser)
- 7,92 x 57 IS (8 x 57 JS)

Brokové:

- 12/70
- 16/70
- 20/67,5



2.4. JEDNOTLIVÉ SEPARAČNÍ TECHNOLOGIE

2.4.1. Separace pomocí soustavy roštů Shell Sorter™

Asi nejjednodušší způsob třídění je pomocí soustavy roštů s drážkami různé šířky Shell Sorter™. Rošty jsou navrženy tak, aby se daly stohovat a daly se vložit na plastovou nádobu. Třídění funguje tak, že se tříděný materiál otřesy postupně přesypuje přes rošty, které zachytávají pouze určité nábojnice. Podle výrobce jsou nejpoužívanější ráže .45ACP, .40S&W a 9mm a proto jsou rošty navrženy tak aby je separovaly.



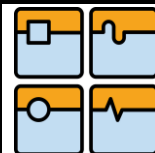
Obr. 6 Shell Sorter™ [6]

Rošty kromě výše zmíněných nábojnic zachytí i nábojnice jiných ráží rozměrově podobných. Výrobce Shell Sorter™ proto přidává tabulku nábojnic, které jednotlivé rošty zachytí (viz. Tab. 1).

Tab. 1 Seznam tříděných nábojnic [6]

ŽLUTÝ	MODRÝ	ČERNÝ	NÁDOBA
.45 ACP	.40 S&W	9 mm	.22
.45 GAP	10 mm	.380 ACP	.17 HMR
.44 Magnum	.357 Magnum	.38 Super	.32 Auto
.50 AE	.38 Special	.223 Rem.	.25 ACP
.243 Win.			Nečistoty
.308 Win.			
7,62 x 39			
.45 Colt			

Výhodou této separační technologie je jednoduchost a nízká cena. Shell Sorter™ je vyrobený z plastu a v základním provedení výrobce udává cenu 14 dolarů. Nevýhodou je ruční pohon a poměrně malá kapacita. Tříděč je tedy vhodný spíše pro domácí použití, nikoliv pro střelnice s velkým množstvím odpadů k třídění.



2.4.2. Separace pomocí vibračního třídíče The Ultimate Sorter

Vibrační třídíč The Ultimate Sorter je zařízení využívající k třídění nábojnic vibrační motor, který uvádí tříděný materiál do pohybu. Třídění zajišťují vždy dvě rozbíhavé lišty s přesně danými rozměry. Pro urychlení procesu třídění, je těchto dvojic zařazeno šest. Zařízení je vybaveno zásobníkem s roštem místo dna. Díky tomu jsou vytrženy nečistoty a nábojnice ráže .22, které propadávají do pytle umístěného pod zásobníkem. Na zásobník navazují rozbíhavé lišty, které jsou vůči zásobníku sklopeny směrem dolů. Díky tomu nábojnice ze zásobníku sjíždí po lištách a v příslušném místě, vlivem rozbíhavosti propadnou. Jedná se tedy o třídění podle největšího z průměru nábojnice. Zásobník i lišty jsou pevně spojeny rámem, který je umístěný na pružinách na stojanu. Díky tomu se vibrace nepřenášejí do okolí. Na rámu stroje je umístěný vibrátor. Jelikož rám stojí na stojanu lze pod třídíč vložit nádoby na tříděné nábojnice.



Obr. 7 The Ultimate Sorter Model 4 [7]

Zařízení umožňuje snadnou výměru rozbíhavých lišt. Výrobce, kromě standartních lišt nabízí i modifikace na zpřesnění třídícího procesu (viz.Tab. 2)

Nahrazením standartní lišty za modifikaci .380 / 9 mm Sorting Tray například můžeme oddělit náboje ráže 9mm od ostatních z BOX 1 Tab. 2. Další modifikace jsou .357 / .38 special / .40 S&W, .44 Mag. / .45 ACP / .50 AE.[7]

Tab. 2 Základní sestavení The Ultimate Sorter [7]

PYTEL	BOX 1	BOX 2	BOX 3
.17 HMR	9 mm	.38 Special	.45 ACP
.22	.380 ACP	.357 Mag.	.44 Mag.
Nečistoty	.223 Rem	.40 S&W	.50 AE
	.32 ACP		



Obr. 8 Příkladový zásobník The Ultimate Sorter [7]

Výhodou je snadné ovládání stroje, malé rozměry a elektrický příkon. Další z výhod je možnost sestavení tří třídíčů do jedné skupiny a tím navýšení výkonu třídění. Za tímto účelem výrobce nabízí speciální zásobník (viz. Obr. 8), se samostatným vibračním pohonem. Nevýhodou je pořizovací cena stroje, která je v základním provedení 925 dolarů. Třídíč rovněž nezohledňuje materiál nábojnic.[7]



2.4.3. Separace pomocí vibračního bubnového třídíče

Zařízení je konstruováno na principu vibračního bubnového podavače. Tříděný materiál je vlivem vibrací posouván mikroskopy po spirále na vnitřním průměru bubnu. Pomocí nárazek jsou nábojnice orientovány pouze dnem dolů. To znamená, že jsou tříděny nastojato. V horní části bubnu jsou nábojnice pomocí různě vysoko umístěných nárazek roztříděny podle maximální délky.



Obr. 9 Vibrační bubnový třídíč

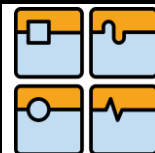
Třídíč na Obr. 9 je prototyp určený k separaci nábojnic do sedmi frakcí, a je určený pro třídění pistolových a revolverových nábojnic. Tyto třídíče, nezohledňují materiál nábojnic a vyžadují vyšší čistotu tříděného materiálu. Vývojem a výrobou těchto zařízení se zabývá například firma West Coast Vibratory Feeders. Nabízejí rovněž zařízení pro separaci puškových a pistolových nábojnic.

Hlavní výhodou této konstrukce je rychlost třídění. Zařízení na Obr. 9 separuje až 20 000 nábojnic za hodinu.

2.4.4. Separace pomocí rotačního třídíče CAMDEX

Rotační třídíče fungují na podobném principu, jako třídíč The Ultimate Sorter. Rozdílem je, že tříděný materiál se pohybuje vlivem vibrací pouze z násypky mezi prot sobě otáčející se válce. Dále se materiál posouvá vlivem otáčení válců. Jeden válec je uložen pevně. Druhý má možnost nastavení rozbíhavosti. Díky tomu je možné přestavit mezeru mezi válci. Oba válce svírají se základem úhel přibližně 15°. Válce jsou 180cm dlouhé. Nábojnice jsou tříděny podle největšího z průměru. Podle nastavení mezery a úhlu rozbíhavosti válců, můžeme zařízení nastavit pro vlastní potřeby na více různých rozměrů nábojnic. Válce jsou uloženy v ložiskách a každý z nich má vlastní pohon. Díky řídicí jednotce, můžeme měnit rychlost otáčení válců a tím i rychlost třídění. Při maximálním výkonu je třídíč schopen roztřídít přibližně 20 dm³ nábojnic za 15 min na 10 různých frakcí.[8]

Výhodou této koncepce třídíče je přesnost a rychlost třídění. Díky tomu je vhodný i k třídění většího množství nábojnic. Nevýhodou jsou větší rozměry zařízení. Celková délka je něco přes 2 m a vlivem naklonění dlouhých válců je hrdlo násypky umístěné vysoko. Proto ideální by v tomto případě bylo plnění násypky pomocí malého dopravníku.



Další nevýhodou je cena. Výrobce udává cenu 7500 dolarů. Stejně jako v předchozích případech, třídíč nezohledňuje materiál nábojnic.



Obr. 10 Rotační třídíč nábojnic CAMDEX [8]

2.4.5. Separace pomocí třídící linky SBS

Třídící linka SBS (Spent Brass Sorter) byla vyvinuta pro potřeby muničního centra obrany (DAC) americké armády a je součástí automatického taktického systému klasifikace munice (ATACS) pro bezpečné a efektivní třídění. Zařízení bylo vyvinuto za účelem třídění nábojnic určených pro prodej k přebíjení. Díky automatizaci procesu není potřeba další kontrola nábojnic, nebo manuální roztřídění, které je nákladné a náchylné k chybám. Třídíče SBS jsou vybaveny kamerovým systémem pro rozpoznávání vadných nebo poškozených nábojnic. Díky tomu jsou všechny poškozené nábojnice vyřazeny z procesu separace. Třídíč rovněž dokáže rozeznat prázdnou nábojnici od náboje selhaného nebo nevystřeleného. Rozpozná, zda nábojnici má nebo nemá projektil. Dokonce rozpozná v jakém stavu je zápalka. To znamená, že dokáže rozlišit selhaný náboj od nepoužitého. Díky tomu zařízení může být použito i pro třídění nábojů a munice.[9]



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 11 Třídící linka SBS [9]

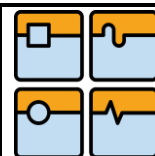
Třídíč je schopen zkontrolovat a separovat až 5000ks. nábojnic, nebo nábojů za hodinu provozu. Proces je navíc zcela automatický a nevyžaduje obsluhu. Díky tomu značně snižuje náklady na třídění. V případě použití zařízení pro roztřídění pouze dvou složek, třídíč dokáže pracovat s taktem více než 300ks za minutu.

Zařízení třídí nábojnice až na 9 frakcí a to: 5,56 mm, 7,62 mm, 9 mm, .40, .45, .50, .357 Mag., .300, .338. Navíc dokáže rozpoznat materiál nábojnice.[9]

Výrobce nabízí třídící linku SBS v kontejnerovém provedení se soběstačným pracovním prostorem. Součástí linky je i elektrický generátor a kompresor na stlačený vzduch. Díky tomu je možné zařízení použít i v místech lokálních válečných konfliktů.[9]

Výhodou třídící linky SBS je rychlost třídění, schopnost rozpoznávat nepoužité a selhané náboje a poškozené nábojnice. Navíc dokáže rozpoznat materiál nábojnic.

Nevýhodou jsou rozměry a zcela jistě vysoká cena zařízení. Třídící linka těchto vlastností a rozměrů odpovídá požadavkům armády. Pro civilní použití by toto řešení nejspíše nebylo ekonomicky výhodné.



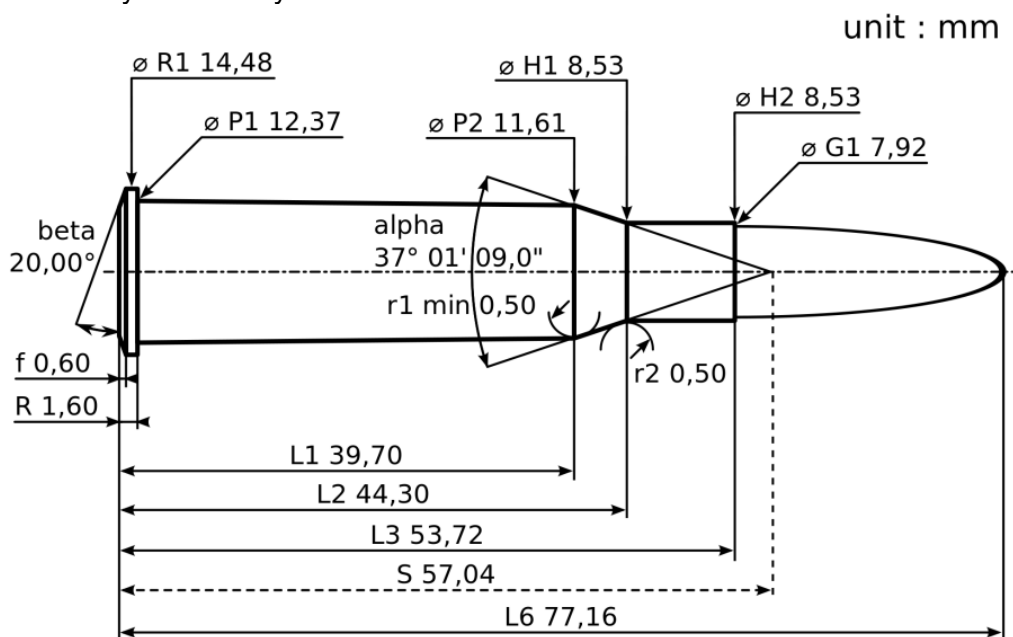
3. ANALÝZA ODPADŮ ZE STŘELNIC

Kapitola je věnována analýze odpadů z komerční/sportovní střelnice. Pro řešení konstrukčního návrhu je zapotřebí přesně určit požadavky na třídič. Jelikož technologie separace nábojnic by měla zahrnovat recyklaci podle materiálu, maximálního vnějšího průměru a maximální délky, musíme analyzovat tříděné nábojnice.

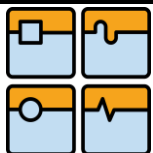
Jelikož existuje velké množství různých ráží a nábojů různých velikostí a tvarů, nemá smysl se v této práci věnovat charakterizaci všech možností. Proto v další části budou popsány pouze nejběžněji používané náboje.

3.1. ROZMĚROVÝ POPIS NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH NÁBOJNIC

Požadavky na maximální rozměry nábojnic jsou přesně stanoveny homologací organizacemi jako např. výše zmíněné C.I.P., nebo SAAMI. I přesto se můžeme setkat s tím, že se nábojnice jednotlivých výrobců mohou rozměrově lišit. Tento rozdíl ovšem bývá velmi malý a neměl by mít vliv na funkčnost zbraně.



Obr. 12 Příklad stanovení max. rozměrů náboje 7,62 x 54 R organizací C.I.P.[10]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tab. 3 Rozměry nejpoužívanějších nábojnic podle C.I.P. [10]

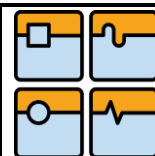
Nábojnice	R1 (P1) Maximální vnější ø [mm]	L3 Maximální délka [mm]	Tvar nábojnice
4 mm Flobert	6,1	6,6	OP
.22 LR	7,06	15,57	OP
.22 WMR	7,47	26,8	OP
6 mm ME – Flobert	7,25	6,8	OP
6,35 mm Browning	7,65	15,55	DP
7,65 mm Browning	9,1	17,2	DP
9 x 18 mm Makarov	9,87	18,0	DP
9 x 19 mm Luger	9,96	19,15	DP
.40 S&W	10,77	21,59	DP
.45 ACP	12,19	22,81	DP
.357 Magnum	11,18	32,77	OP
.38 Special	11,18	29,34	OP
.44 Remington Magnum	12,96	32,68	OP
.223 Remington	9,6	44,7	DKK
7,62 x 39	11,35	38,7	DKK
7,62 x 54 R	14,48	53,72	OKK
.308 Winchester	12,01	51,18	DKK
8 x 57 JS	11,95	57	DKK
12 / 70	22,45	69,8	OP
16 / 70	20,65	69,8	OP
20 / 67,5	19,4	67,5	OP

Z Tab. 3 rozměrů nábojnic vyplývá, že minimální šířka ok síta pro vytřídění nábojnic s okrajovým zápalem je 7,47 mm. Maximální šířka oka pak je menší než 7,65 mm, jinak by sítem propadly i nábojnice 6,35 Browning.

3.2. ANALÝZA ČETNOSTI VÝSKYTU NÁBOJNIC Z MOSAZI A JINÝCH MATERIÁLU

Nejběžněji používaný materiál k výrobě nábojnic je mosaz. Díky tvárnosti a odolnosti proti korozi je ideální k jejich výrobě. Z důvodů vysoké ceny mosazi a jejího nedostatku během světových válek, se pro vojenské účely začaly vyrábět nábojnice z oceli. Povrch nábojnice je buď lakovaný, nebo s tenkou mosaznou popřípadě měděnou vrstvou. Díky nadnormativním stavům střeliva nejen české armády jsou náboje nově testovány a označeny CIP. Takže jsou dostupné i pro civilní trh. Díky daleko nižší ceně oproti klasickým nábojům s mosaznou nábojnicí jsou běžně používaným a žádaným zbožím. Jelikož se ve většině případů jedná o původně vojenské střelivo, jsou omezeny pouze na nábojnice ráže 5,45x39, 7,62 x 25, 7,62 x 39 a 7,62 x 54 R. Další z ocelových nábojnic, se kterými se můžeme běžně setkat, jsou ráže 9 x 19 mm Luger. Tyto náboje s ocelovou nábojnicí vyrábí například česká firma Sellier & Bellot. Jednoznačnou nevýhodou ocelových nábojnic je to, že po výstřelu se nábojnice vlivem tlaku nepatrně roztáhne a pro její vytažení z komory zbraně je zapotřebí větší síly. Díky tomu vytažovač zbraně je více namáhám a u samonabíjecích zbraní může dojít k nevytažení nábojnice. Další z nevýhod je to, že se ve většině případů nedají přebíjet.

Pro výrobu nábojnic se rovněž používá hliník a jeho slitiny. Cenově jsou náboje s hliníkovou nábojnicí srovnatelné s mosaznými. Jejich největší výhodou je nižší hmotnost.



Nevýhodou pak je, že se nedají přebíjet a výrobci střeliva nabízejí u nábojů s hliníkovou nábojnici jen omezený výběr střel. Na střelnici se s nimi můžeme setkat jen výjimečně.

U brokových nábojnic se jako kování většinou používá ocelový kalíšek potažený tenkou mosaznou vrstvou. Výjimkou pak jsou speciální lovecké náboje prestižních výrobců střeliva, které jsou vyrobeny celé z mosazi, nebo s mosazným kováním. Takovéto náboje jsou oblíbené zejména na ruském trhu. U nás se s nimi můžeme setkat jen ojediněle.

Pro ověření výše zmíněných předpokladů, bylo navštíveno několik komerčních střelnic a spočítáno vystřelené nábojnice v odpadu.

Tab. 4 Složení nábojnic ze střelnic

Nábojnice	Počet kusů		
	Mosazné	Ocelové	hliníkové
4 mm Flobert	-	-	-
.22 LR	2659	-	-
.22 WMR	243	-	-
6 mm ME – Flobert	-	-	-
6,35 mm Browning	-	-	-
7,65 mm Browning	49	-	-
9 x 18 mm Makarov	218	50	-
9 x 19 mm Luger	11697	-	150
10 mm Auto	399	-	-
.40 S&W	4456	-	-
.45 ACP	564	-	-
.357 Magnum	38	-	-
.38 Special	298	-	-
.380 ACP	378	-	-
.44 Remington Magnum	48	-	-
.50 AE	50	-	-
.500 S&W Magnum	29	-	-
.223 Remington	249	-	-
7,62 x 39	257	289	-
7,62 x 54 R	-	-	-
.308 Winchester	160	-	-
8 x 57 JS	-	-	-
12 / 70	-	248	-
16 / 70	-	64	-
20 / 67,5	-	-	-
Celkem:	21792	651	150

Z Tab. 4 vyplývá, že jednoznačně nejvýznamnější složkou jsou mosazné nábojnice. Druhá nejvýznamnější složka jsou brokové nábojnice s ocelovým kováním. Nábojnice ze slitin hliníku se vyskytují jen zřídka, proto jejich separace není zcela nezbytná a do konstrukce třídíčky ji nebudeme uvažovat.

Pro přesnější určení nejpoužívanějších ráží a materiálu nábojnic by bylo zapotřebí vypracovat statistiku ve větším objemovém i časovém rozsahu.



4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH VIBRAČNÍHO TŘÍDIČE

4.1. SYSTÉMY PRO GENEROVÁNÍ VIBRACÍ

Srdcem každého vibračního zařízení je generátor vibrací. Generátor vibrací neboli vibrátor, je to co tříděný materiál uvádí do pohybu.

Vibrátory můžeme rozdělit na:

- pneumatické
- hydraulické
- mechanické
- elektromagnetické a elektrodynamické

4.1.1. Pneumatické vibrátory

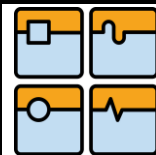
Pneumatické příložné vibrátory mají široké spektrum použití. Využívají se například tam, kde potřebujeme zabránit ulpívání sypkého materiálu. Používají se pro vibrační dopravníky, podavače, pro zhutňování, usnadnění toku sypkého materiálu, vibrační stoly, nebo třídění a odlučování.[11]

Mezi jejich výhody patří bezúdržbový provoz, dlouhá životnost, není nutné mazání, malá spotřeba stlačeného vzduchu.



Obr. 13 Pneumatické vibrátory [11]

- **Kuličkové vibrátory:**
Mají velice jednoduchou konstrukci. Jedinou pohyblivou částí je kalená kulička, která se vlivem proudění vzduchu roztočí po tvrzené oběžné dráze. Vibrátor generuje silné vysokofrekvenční vibrace.[11]
- **Válečkové vibrátory:**
Nejčastěji se používají pro snížení tření u dopravníku s korýtkovým pásem, působením vysokých frekvencí a vysokých odstředivých sil. Můžou pracovat i za zvýšených provozních teplot. Vibrace vznikají excentricky uloženým rotorem (válečkem), který se pohybuje uvnitř ocelového kroužku. Výhodou je nízká hlučnost, obrovské odstředivé síly a malá spotřeba vzduchu.[11]
- **Turbinové vibrátory:**
Nejběžněji používané jako pohon u dopravních zařízení (skluzavek) a pro vibrační stoly. Vibrace jsou generovány integrovanou turbínou s malou hmotností, která rotuje v kluzné dráze se dvěma válečky. Mají vysoký pracovní moment a odstředivé síly. Vynikají tichým provozem a extrémními odstředivými silami.[11]
- **Úderové vibrátory:**
Vibrátor vytváří extrémní nárazovou sílu a je zvláště vhodný pro sila, násypky. Jejich konstrukce odolává vysokým teplotám.[11]
- **Pístové vibrátory:**
Vytváří lineární vibrace. Vhodný pro podávací či vibrační dopravníky. Vibrátor vytváří pohybem pístu vibrace s velkým rozsahem kmitů.



Výhodou je, že přidáváním závaží na píst můžeme docílit změny amplitudy. Frekvence lze regulovat změnou tlaku.[11]

- **Lineární vibrátory:**

Samovratným pístem vytváří sinusové vibrace. Píst je uložený na vzduchovém polštáři. Frekvence a amplituda může být průběžně a nezávisle regulována změnou tlaku. Vhodné pro vibrační síta.[11]

4.1.2. Hydraulické vibrátory

Hydraulické vibrátory můžeme rozdělit do dvou skupin:

- **Elektro-hydraulické vibrátory:**

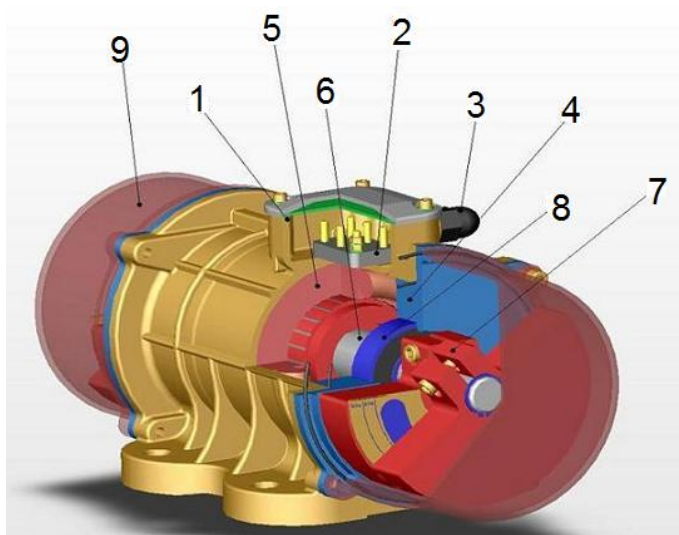
Mají schopnost vytvářet současně statické i dynamické vibrační zatížení. Dokážou rovněž vytvářet dlouhé údery a tím i velké amplitudy. Mají však omezený pracovní rozsah frekvence. Jsou drahé a mají složitou konstrukci.

- **Hydraulicko-mechanické vibrátory:**

Jedná se o spojení hydromotoru a hřídele s nevyvázkami. Vibrátor se tedy chová podobně jako elektro-mechanický vibrátor s nevyvázkami a neumožňuje řídit amplitudu.

4.1.3. Mechanické vibrátory

Tyto vibrátory fungují na principu otáčejícího se excentru, nebo nevyvážek (závaží). Generují předepsanou sílu na různých frekvencích. Natáčením excentru lze řídit amplitudu. Většinou se používají dvě základní konstrukce. Hřídel vibrátoru s excentrickou hmotou, kde pohon zpravidla zajišťuje elektromotor prostřednictvím klínových řemenů. Nebo speciální tři fázový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko jehož hřídel vystupuje na obou stranách motoru a jsou na něm umístěny závaží (nevyvážky) viz. Obr. 14.



1. Tělo vibrátoru
2. Svorkovnice
3. Kabelové ochranné šroubení
4. Příruba ložiska
5. Stator elektromotoru
6. Hřídel motoru - rotor
7. Nevývažek – závaží
8. Ložiska

Obr. 14 Elektrický vibrátor MVE.[12]

Vibrátor na Obr. 14 má nastavitelnou odstředivou sílu. Nastavení se provádí vzájemným natočením závaží na rotoru přičemž na obou stranách se nastavují stejně. Tyto vibrátory budí kruhový nebo eliptický kmit. V případě použití dvojice stejných vibrátorů s opačným smyslem otáčení lze dosáhnout přímočarého harmonického kmitu. Řízením otáček motoru lze snadno docílit požadované frekvence.



Díky jejich jednoduchosti a efektivitě se používají v celé řadě operací. Například zhutňování betonových směs ve stavebnictví, střásání materiálu např. ve slévárnictví, snížení sypaných úhlu u skluzů, pro vibrační třídiče, pračky, dopravníky, podavače atd.

Konstrukce těla vibrátoru je buď patková (Obr. 14) nebo přírubová.

4.1.4. Elektromagnetické a elektrodynamické vibrátory

Vibrátor vytváří lokální impulzní elektromagnetické pole s definovaným a v širokém rozsahu regulovatelným výkonem a opakovací frekvencí. V důsledku síťové interakce pole a feromagnetické, nebo elektricky vodivé látky dochází k rychlému nedestruktivnímu pohybu stěny příslušného objektu. Jelikož sílové působení je bezkontaktní, nedochází k trvalým deformacím ani v případě, že účinek je podobný silnému úderu kladiva. Výstupní impulzní výkon je 5 až 50 krát větší než příkon zařízení.[13]

Vibrátory mají širokou škálu použitelnosti. Jsou vhodné pro použití tam, kde dochází k nechtěnému usazování sypaných hmot a zároveň je stěna daného objektu feromagnetická nebo vodivá a umožňuje pružnou deformaci vlivem působení sílového pole.

Další oblastí jsou ty, kde vznikají tvrdé usazeniny např. vodní kámen, ztvrdnutý beton, které se působením vibrací uvolní. Navíc jsou nezastupitelné tam, kde běžné vibrátory způsobují nežádoucí vtoukání substrátu. Jelikož aktivní pohon stěny je směrem od substrátu způsobuje odtržení a uvolnění.[13]

K elektromagnetickým vibrátorům řadíme rovněž vibrátory fungující na principu elektromagnetu. Takzvaný elektromagnetický budič přímočarých kmitů je v podstatě elektromagnet, jehož kotva s přídavnou hmotou je pevně spojená se skříní nebo sítím dopravníku či třídiče. Těleso vibrátoru je ke kotvě a žlabu připojeno předepjatými tlačnými pružinami. Jádru elektromagnetu je přes usměrňovač napájeno stejnosměrným proudem. Kotva je napájena proudem střídavým. Frekvence kmitání může dosáhnout až 100 Hz. Výhodou je, že amplitudy kmitání lze měnit změnou napětí.[14]

4.1.5. Volba vhodného vibrátoru

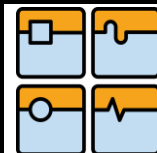
Po prostudování dostupných systémů generujících vibrace jsem dospěl k závěru, že vhodný vibrátor pro třídič nábojnic je elektrický vibrátor se speciálním asynchronním motorem a nevyvážky po obou stranách. Díky svým vlastnostem nejvhodnější by mohl být pneumatický vibrátor kuličkový, avšak vyžaduje přístup ke stlačenému vzduchu. Jelikož dostupnost stačeného vzduchu na střešnici není zcela běžná, pro konstrukční návrh byl vybrán vibrátor popsáný v kapitole 4.1.3. Mechanické vibrátory. V další části práce, bude volba konkretizována a doplněná o výpočet potřebného výkonu vibrátoru.

4.2. SEPARACE KOVŮ

Pro třídění nábojnic podle druhu materiálu je zapotřebí do zařízení začlenit separátor kovů. Jelikož nejvýznamnější složky tříděných nábojnic jsou nábojnice mosazné a ocelové, bude tato kapitola věnována technologiím jejich separace a volbou vhodného konstrukčního řešení pro použití u třídičky nábojnic.

Konstrukce separátorů pro třídění kovů můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- Elektromagnetické separátory
- Separátory s permanentními magnety
- Odstředivé separátory

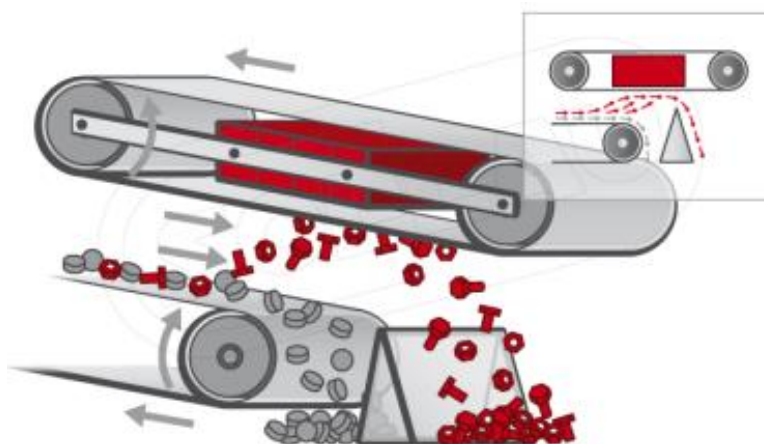


4.2.1. Elektromagnetické separátory

Fungují na principu zachytávání feromagnetických kovů pomocí elektromagnetu. Elektromagnet může být uložený nad dopravníkem nebo v bubnu dopravníku. Souží k separaci železným částic a součástek ze sypkých a kapalných látek. Oproti separátorům s permanentními magnety mají výhodu, že je můžeme zcela vypnout. Avšak vyžadují zdroj elektrické energie

- **Elektromagnetický separátor uložený souběžně s pásem**

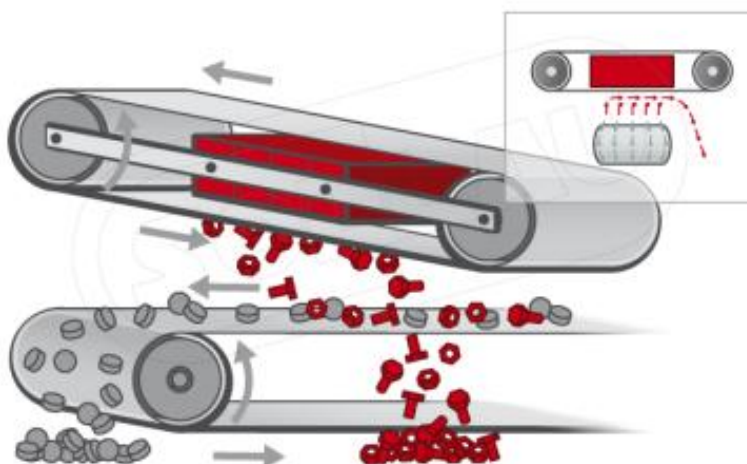
Výhodou této konstrukce je průběžný odvod feromagnetického materiálu z povrchu elektromagnetu pomocí dopravníku umístěného podél nad dopravníkem s tříděným materiálem.



Obr. 15 Elektromagnetický separátor uložený souběžně s pásem[15]

- **Elektromagnetický separátor uložený příčně k pásu**

Stejně jako v předchozím případě je feromagnetický materiál odváděn pomocí dopravníku, avšak uloženého příčně k dopravníku s tříděným materiálem.



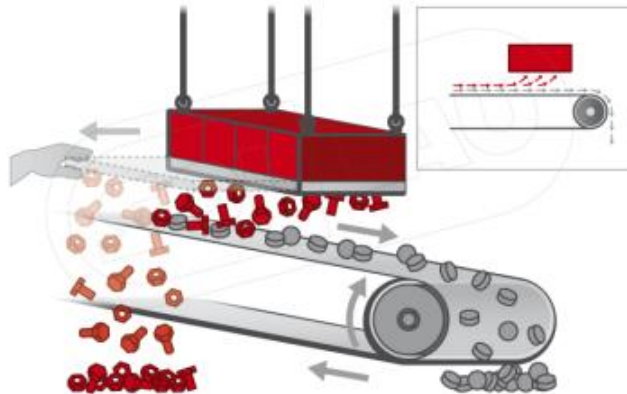
Obr. 16 Elektromagnetický separátor uloženy příčně k pásu[15]

- **Elektromagnetický separátor sběrací**

Silný elektromagnet je zavěšený nad dopravníkem s tříděným materiálem. Feromagnetický materiál se hromadí na povrchu elektromagnetu. Jelikož zachytávaný materiál není průběžně odváděný, musí se kontrolovat tloušťka nahromaděné vrstvy. V případě, že dosáhne určité hodnoty, elektromagnet je zapotřebí vypnout a vyčistit.



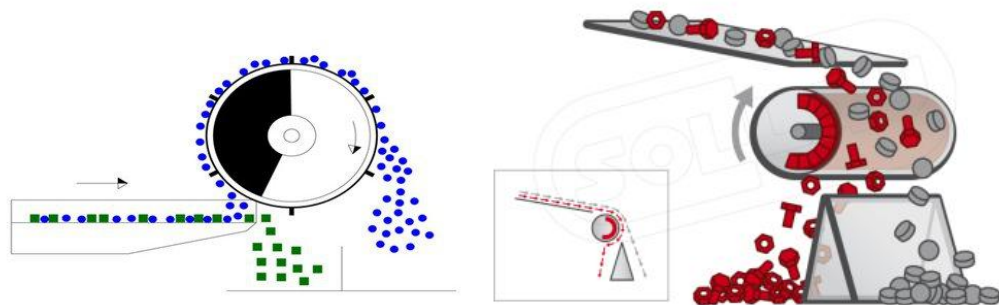
DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 17 Elektromagnetický separátor sběrací[15]

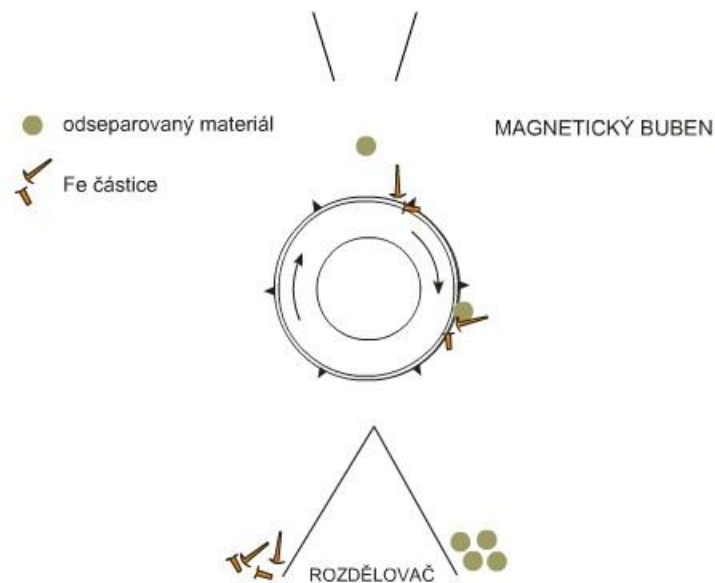
- **Elektromagnetický separační buben**

Elektromagnetické vinutí je neotáčivě uloženo excentricky v otáčejícím se bubnu, nebo pouze na části bubnu, tak aby se v určitém místě zachytávaný materiál sám oddělil. Buben může být součástí dopravníku, nebo je uložený těsně za koncem dopravníku.

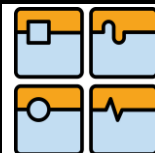


Obr. 18 Elektromagnetické separační bubny s dopravníkem[15][16]

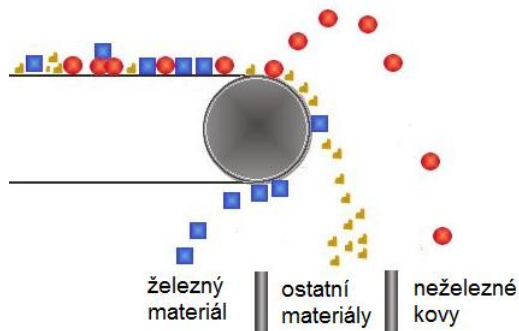
Existují i konstrukce bez dopravníku, kdy přímo nad bubnem je uložena násypka s materiálem. Feromagnetický materiál je zachytáván vlivem magnetických sil a je odváděn až za osu bubnu.



Obr. 19 Elektromagnetický separační buben s násypkou[17]



Při separaci neželezných kovů se rovněž využívají bubny založené na střídavém magnetickém poli. U neželezných kovů nedochází k přitažení k bubnu, avšak pokud je vystavíme střídavému magnetickému poli, dochází ke vzniku vnitřních vířivých proudů. Vířivé proudy vytvářejí opačné magnetické pole, než to které je generované samotným magnetem. Tento jev vyvolá silné vzájemné odpuzování. Díky tomu je neželezný kovový materiál vypuzen dostatečnou silou.[17]



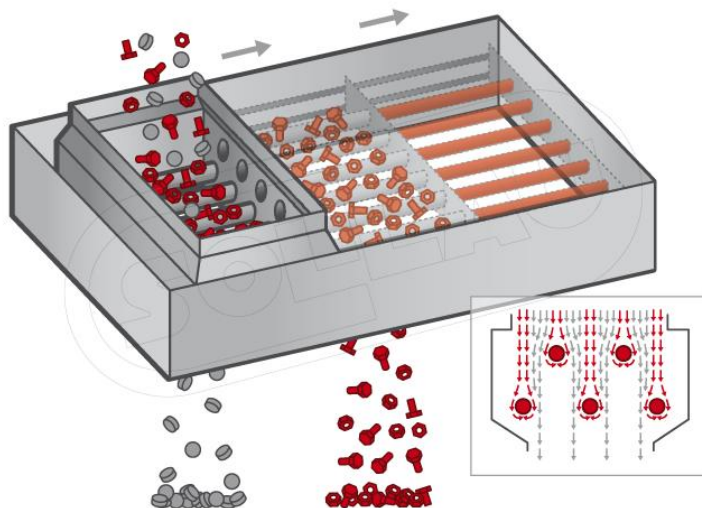
Obr. 20 Využití vířivých proudů k separaci kovů[18]

4.2.2. Separátory s permanentními magnety

Separátory kovů s permanentními magnety funguje na podobném principu jako elektromagnetické. Rozdílem je zdroj magnetického pole, které je vytvářeno permanentními magnety. A to buď feritovými, nebo magnety ze vzácných zemin například neodymové (NdFeB). Jednoznačnou nevýhodou této konstrukce je složitější čištění magnetu. Jelikož permanentní magnety nelze vypnout jako elektromagnety.

Proto konstrukce separátoru musí být taková, aby se zamezilo přímého kontaktu feromagnetických materiálů s magnetem. V opačném případě, musíme při čištění překonat sílu magnetu. U separace pomocí dopravníků jsou magnety chráněny pásem dopravníku. Při konstrukci s magnetickým separačním bubnem, jsou magnety chráněny pláštěm bubnu. Velkou výhodou separátoru s permanentními magnety je to, že zařízení nepotřebuje zdroj elektrické energie. Konstrukčně jsou tyto separátory velmi podobné elektromagnetickým schematicky zobrazeným v předchozí kapitole.

Existují i konstrukce separátoru s takzvanými magnetickými rošty. Jedná se o rošty vyrobené z permanentních magnetů. Většinou se umísťují do násypek a slouží k oddělení feromagnetických částic ze sypkých směsí.



Obr. 21 Magnetický rošt [15]



4.2.3. Odstředivé separátory

Odstředivé separátory fungují na principu centrifugy a slouží k oddělování malých částic kovových i nekovových materiálu. K odseparování jednotlivých složek využívají rozdílných hustot materiálu. Vstupní materiál musí být rozemletý nebo rozdrčený na požadovanou zrnitost. Tyto třídíče nejsou vhodné pro třídění kovových součástí různých tvarů a velikosti. Používají se například pro těžbu zlata z naplavenin.

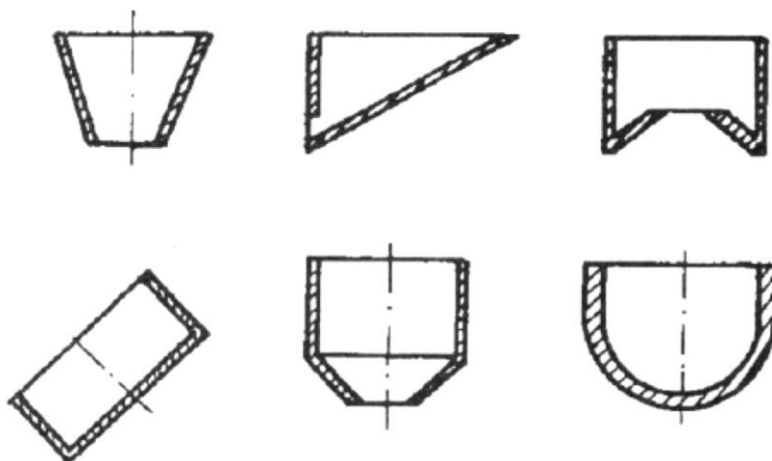
4.2.4. Volba vhodného separátoru kovů

Po prostudování jednotlivých separačních technologií jsem dospěl k závěru, že nejvhodnější separátor pro oddělování ocelových nábojnic od mosazných je separační buben s permanentními magnety vložený do pásového dopravníku. Toto konstrukční řešení nevyžaduje žádné další zařízení a zdroj elektrické energie. Díky tomu je tato volba pravděpodobně nejlevnějším řešením. Třídění bude probíhat tak, že mosazné nábojnice budou z pásu dopravníku samovolně vlivem gravitace padat směrem dolů. Kdežto nábojnice ocelové budou unášeny pásem až za osu bubnu, kde se oddělí.

4.3. NÁSYPKA NA TŘÍDĚNÉ NÁBOJNICE

Pro zajištění plynulosti třídění je zapotřebí zařízení vybavit zásobníkem. Jelikož pro třídění není podstatná orientace materiálu, může tuto funkci zastat jednoduchá násypka.

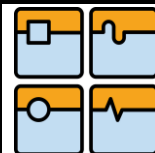
Násypky jsou určeny ke shromáždění neorientovaných dílů v libovolné poloze, pro plynulé zásobování třídíče materiálem. Jsou vyrobeny buď jako svarky z ocelových plechů, nebo obrobky například z duralu. Násypky jsou konstruovány tak, aby jejich tvar využíval gravitace k posouvání materiálu směrem dolů. Nejčastěji se jedná o násypky jednoduchých geometrických tvarů například jehlan.



Obr. 22 Tvary násypek[19]

4.4. VOLBA VHODNÉ KONSTRUKCE

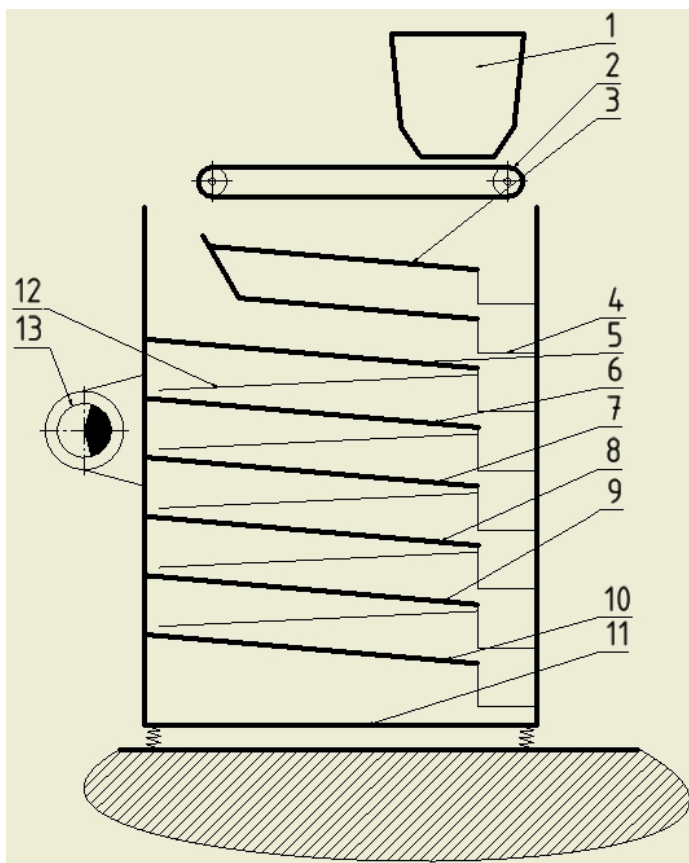
Ideální třídíč by byl takový, který nejdříve roztřídí nábojnice podle materiálu, největšího průměru a nakonec podle největší délky nábojnice. Díky tomu bychom dosáhli úplného rozdělení všech nábojnic. Toto řešení je technicky možné, avšak z důvodů velkého množství různých nábojnic by bylo velmi nákladné a rozměrné. Z těchto důvodů jsem navrhl konstrukce separátorů zahrnující separaci ocelových nábojnic, separaci nečistot a nábojnic ráže .22, separaci na puškové a pistolové (revolverové) a separaci jednotlivých nábojnic do skupin podle největšího z průměrů, nebo maximální délky.



V následující části byly navrženy tři odlišné konstrukce třídičky nábojnic. Všechny varianty mají několik společných prvků. Součástí všech tří řešení je malý pásový dopravník s hnaným bubnem s permanentními magnety, pro separaci ocelových nábojnic. Součástí rovněž bude násypka na tříděné nábojnice.

4.4.1. Konstrukční návrh č. 1

První návrh v podstatě funguje jako soustava mírně sklopených roštů uložených nad sebou. Proces třídění začíná naplněním násypky (1). Z násypky jsou nábojnice odváděny po malém pásovém dopravníku (2) s hnaným bubnem s magnety. Díky magnetu jsou všechny feromagnetické nábojnice odváděny po obvodu bubnu až za osu, kde se uvolní a spadnou na rošt (3). Tento rošt slouží pro oddělení brokových nábojnic s ocelovým kováčím od celooceľových nábojnic. Brokové nábojnice roštem nepropadnou a budou se hromadit v nádobě navazující na rošt. Ocelové nábojnice propadnou a jsou zachyceny v nádobě (4).



Obr. 23 Schéma konstrukčního návrhu č. 1

Mosazné nábojnice budou z pásu dopravníku padat vlivem gravitace a zrychlení jim uděleného dopravníkem směrem doleva a dolů. Nábojnice dopadnou na rošt (5), který je tvořený soustavou kruhových otvorů. Tento rošt slouží k oddělení puškových nábojnic od pistolových a revolverových. Kruhové otvory jsou tak velké, aby menší pistolové a revolverové nábojnice jimi propadly, ale dlouhé puškové nikoliv. Rošt využívá jejich rozdílných těžišť. Puškové nábojnice se budou hromadit v nádobě navazující na rošt (5). Další rošty (6) až (10) mají podélné drážky a slouží k zachycení nábojnic podle největšího z průměru nábojnice. Nábojnice se pak hromadí v nádobách navazujících na rošty. Pod roštem (10) se budou shromažďovat nečistoty a nábojnice ráže .22.

Celý rám s rošty (11) je uložený na pružinách, aby se minimalizoval přenos vibrací do okolí. Na rámu je rovněž přišroubovaný vibrátor (13). Součást s pozičním číslem (12) slouží k usměrnění tříděného materiálu na nejvyšší bod roštu.



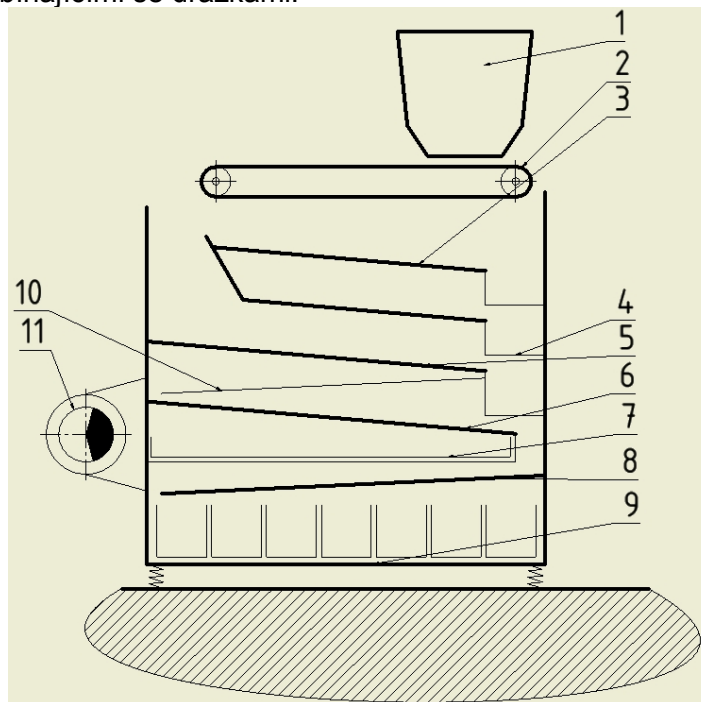
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Díky tomu je využita celá délka roštu a nebude tak docházet k postupnému skluzu materiálu při třídění směrem doprava. Tyto skluzavky pro usměrnění materiálu jsou umístěny mezi všemi rošty. V případě, že budeme chtít třídít puškové nábojnice, stačí z procesu vyjmout rošt (5).

Jednoznačnou výhodou této konstrukce je jednoduchost a možnost sestavení podle potřeb zákazníka. Teoreticky lze do procesu zařadit takový počet roštů kolik je potřeba. Nevýhodou je, že větší počet roštů navyšuje výšku zařízení a násypka se stává hůře dostupnou pro obsluhu. Tento problém by bylo možné vyřešit tak, že by se násypka umístila vedle zařízení a materiál by byl dopravován delším šikmě uloženým dopravníkem. Dalším z problémů této konstrukce jsou rošty. Drážky roštů mohou zachytávat nábojnice s okrajem tak, že nábojnice bude na roštu viset za okraj. Vlivem toho nábojnice nesklouzne do nádoby a rošt se může ucpat. Tento problém by bylo možné vyřešit tím, že by měl rošt na konci otevřené drážky. Díky tomu by visící nábojnice zachycené za okraj sjely až do nádoby. Toto řešení by však nutně zvýšilo celkovou výšku zařízení. Nádoba na konci roštu, by musela být umístěna pod roštem minimálně o délku nejdelší zachycené nábojnice.

4.4.2. Konstrukční návrh č. 2

Druhý konstrukční návrh se částečně shoduje s prvním návrhem. Rozdíl konstrukce nastává až od součásti (6), kdy první rošt slouží k separaci nečistot a nábojnic ráže .22. Všechny ostatní nábojnice sjedou po roštu do spodní části, kde jsou postupně naváděny na rošt (8) s rozbíhajícími se drážkami.

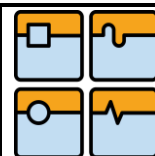


Obr. 24 Schéma konstrukčního návrhu č. 2

Nábojnice musí být navedeny tak, aby podélně sjížděly po drážce v roštu. Jelikož se drážka postupně rozšiřuje, nábojnice propadne v místě, kde je drážka širší než maximální průměr nábojnice. Pod roštem (8) jsou umístěny nádoby na jednotlivé ráže nábojnic.

Mezi rošty (5) a (6) je umístěný skluz (10) pro usměrnění materiálu. Celý rám je rovněž uložený na pružinách a je k němu přišroubovaný vibrátor (11). Vložením krátkých skluzů mezi rošt (8) a nádoby na nábojnice by bylo možné nastavit, jaké ráže sklouznou do určitých nádob. Prodloužením roštu (8) lze docílit větší přesnosti třídění.

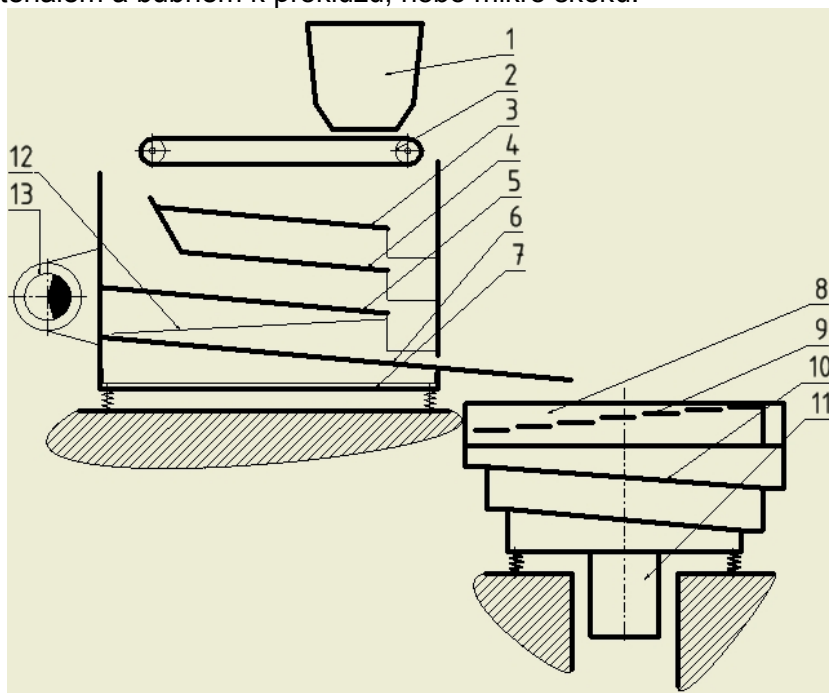
Vyjmutím roštu (5) zařízení může třídít puškové nábojnice. Oproti předchozí konstrukce je toto řešení jednoznačně nižší. Díky tomu je násypka přístupnější.



4.4.3. Konstrukční návrh č. 3

Třetí konstrukční řešení rovněž částečně vychází z předchozích návrhů. Jeho součástí je násypka na tříděný materiál (1), dopravník s permanentními magnety pro separaci ocelových nábojnic (2), rošty pro separaci celocelových a brokových nábojnic, rošt pro oddělení puškových nábojnic a rošt pro oddělení prachu a nábojnic ráže .22. poslední rošt je prodloužený o skluzavku, která ústí nad třídíčem fungujícím na principu vibračního podavače. Poslední závit tohoto třídíče je umístěný vně bubnu (8) a má po obvodu umístěné narážky (9), pro separaci podle největší délky nábojnice. Nábojnice jsou tříděny nastojato dnem dolů. V místě, kde jsou nábojnice sraženy narážkou, musíme umístit skluzavku ústící nad nádobou pro příslušné nábojnice.

Ve své podstatě se jedná o dva rozdílně fungující třídíče. Jelikož obě části třídíče vyžadují odlišný vibrační pohon, je zapotřebí použít dva druhy vibrátoru. Jeden vibrátor je umístěný na rámu první části zařízení (13) a druhý je přírubový umístěný pod bubnovým třídíčem (11). Bubnový třídíč vyžaduje takový vibrační pohon, aby docházelo mezi tříděným materiálem a bubnem k prokluzu, nebo mikro skoku.



Obr. 25 Schéma konstrukčního návrh č. 3

Oproti předchozím řešení, tento třídíč využívá k separaci délku nábojnice. Jelikož jsou nábojnice tříděny nastojato, není tohle řešení vhodné pro dlouhé puškové nábojnice, které by se vlivem vibrací mohly převrhnout. Nevýhodou této varianty bude jednoznačně vyšší cena zařízení. Výhodou pak bude třídění podle největší délky nábojnice a velká rychlost třídění.

4.4.4. Volba vhodné konstrukce

Po analýze jednotlivých konstrukcí a zhodnocení jejich vlastností bylo rozhodnuto, že nejvhodnější konstrukce je č. 2. Je jednoduchá a kompaktní.

Malé rozměry třídíčky jsou velmi podstatné. Velké množství komerčních střelnic je omezeno prostory, ve kterých se nachází. Proto je například vhodné, aby třídíčka byla užší než standardní šířka dveří. Díky tomu bude zajištěná snadnější logistika zařízení v prostorách střelnice. Důležité je rovněž uvažovat ergonomičnost zařízení. To například znamená volit umístění násypky co nejnižší, aby nebylo nutné při plnění zvedat břemeno příliš vysoko.



5. VÝPOČET VIBRAČNÍ TŘÍDIČKY NÁBOJNIC

Následující kapitola je věnována výpočtům potřebným k navržení, nebo ověření konstrukce vibrační třídičky nábojnic. Je zde provedený výpočet vibrační třídičky, výpočet tlačných pružin nesoucí vibrační rám třídičky a jejich kontrola vzpěrné stability.

5.1. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Hmotnost vibračního rámu: 70 kg

Hmotnost nábojnic: 0,76 – 15 g

Zatížení vibračního rámu: 5 kg

Zvolená amplituda kmitu: 0,001m

Do hmotnosti vibračního rámu jsou zahrnuty hmotností všech součástí, které budou vlivem budiče vibrací kmitat. Výjimkou je pouze hmotnost vlastního budiče, která bude upřesněna po výpočtu potřebného tahu vibračního motoru. Hmotnost vibračního rámu jsem získal ze sestavy jednotlivých 3D modelů v programu Autodesk Inventor Professional 2011

Určení hmotnosti tříděného materiálu je komplikované, neboť se může lišit poměrem jednotlivých složek (nábojnic). Jelikož třídič bude zásobovaný tříděným materiálem kontinuálně, do výpočtu uvažuji zatížení vibračního rámu od tříděného materiálu 5 kg. Což odpovídá zatížení od 6500 ks. nábojnic ráže .22 LR, nebo například od 420 ks. nábojnic ráže 8x 57 JS.

5.2. VÝPOČET VIBRAČNÍ TŘÍDIČKY

Z hlediska konstrukce lze navrhnoutou variantu třídičky považovat za vibrační dopravník. Vibrační dopravníky využívají k přemístování materiálu setrvačných sil, působících na dopravovaný materiál. Tyto síly vznikají harmonickým kmitavým pohybem žlabu, při kterém dochází v určité fázi k oddělení dopravovaného materiálu od žlabu. To znamená, že svislá složka zrychlení kmitavého pohybu je větší než gravitační zrychlení. Proto se je rovněž označuje jako dopravníky s mikrovrhem.[14]

Úhlová frekvence kmitání vibračního rámu

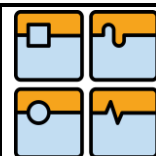
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (1)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 24$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1}$$

$$f = 24 \text{ Hz} \quad \text{Voleno}$$

Frekvence 24 Hz odpovídá čtyřpólové konstrukci asynchronního motoru vibračního budiče.

**Celková hmotnost rozkmitaných součástí**

$$M_c = m_{budiče} \cdot m_{rámu} \cdot m_{nábojnic} \quad (2)$$

$$M_c = 26 \cdot 70 \cdot 5$$

$$M_c = 101 \text{ kg}$$

$$m_{budiče} = 26 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

$$m_{rámu} = 70 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

$$m_{nábojnic} = 5 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

Potřebný tah vibračního motoru

$$F = M_c \cdot X_{zvolena} \cdot \omega^2 \quad (3)$$

$$F = 101 \cdot 0,001 \cdot 150,8^2$$

$$F = 2296,8 \text{ N}$$

$$X_{zvolena} = 0,001 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$M_c = 101 \text{ kg} \quad \text{Vypočteno}$$

Potřebný tah vibračního motoru odpovídá maximální odstředivé síle vibračního motoru, která vzniká rotací hmotného tělesa kolem osy rotace tehdy, když jeho těžiště neleží na ose rotace. Pomocí hodnoty potřebného tahu zvolím v katalogu výrobce vibračních motorů budič z nejbližší vyšší hodnotou odstředivé síly. V katalogu firmy Vibros jsem zvolil budič NO24 s odstředivou silou $F_o = 5525 \text{ N}$.

Skutečná maximální amplituda kmitání třídičky

$$X_{\dot{z}} = \frac{F_o}{M_c \cdot \omega^2} \quad (4)$$

$$X_{\dot{z}} = \frac{5525}{101 \cdot 150,8^2}$$

$$X_{\dot{z}} = 0,0024 \text{ m}$$

$$F_o = 5525 \text{ N} \quad \text{Voleno}$$

$$M_c = 101 \text{ kg} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

Skutečná maximální amplituda kmitu je amplituda, kterou lze se zvoleným budičem vibrací vyvodit.

**Doba kmitu**

$$t = \frac{1}{f} \quad (5)$$

$$t = \frac{1}{24}$$

$$t = 0,042 \text{ s}$$

$$f = 24 \text{ Hz} \quad \text{Voleno}$$

Okamžitá výchylka plochy

$$x_{\dot{z}} = X_{\dot{z}} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (6)$$

$$x_{\dot{z}} = 0,0024 \cdot \sin(150,8 \cdot 0,042)$$

$$x_{\dot{z}} = 0,000265 \text{ m}$$

$$X_{\dot{z}} = 0,0024 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$t = 0,042 \text{ s} \quad \text{Vypočteno}$$

Složka kmitání ve směru pohybu materiálu

$$x_{\dot{z}x} = X_{\dot{z}} \cdot \cos\beta \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (7)$$

$$x_{\dot{z}x} = 0,0024 \cdot \cos 30^\circ \cdot \sin(150,8 \cdot 0,042)$$

$$x_{\dot{z}x} = 0,000229 \text{ m}$$

$$X_{\dot{z}} = 0,0024 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\beta = 30^\circ \quad \text{Voleno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$t = 0,042 \text{ s} \quad \text{Vypočteno}$$

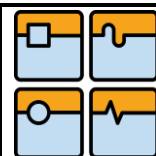
Úhel kmitání rámu vibrační třídičky $\beta = 30^\circ$

Složka kolmá ke směru pohybu materiálu

$$x_{\dot{z}y} = X_{\dot{z}} \cdot \sin\beta \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (8)$$

$$x_{\dot{z}y} = 0,0024 \cdot \sin 30^\circ \cdot \sin(150,8 \cdot 0,042)$$

$$x_{\dot{z}y} = 0,000132 \text{ m}$$



$$X_z = 0,0024 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\beta = 30^\circ \quad \text{Voleno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$t = 0,042 \text{ s} \quad \text{Vypočteno}$$

Dvojitá derivace složky kolmé ke směru pohybu

$$a_{zy} = -X_z \cdot \omega^2 \cdot \sin\beta \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (9)$$

$$a_{zy} = -0,0024 \cdot 150,8^2 \cdot \sin 30^\circ \cdot \sin(150,8 \cdot 0,042)$$

$$a_{zy} = -3,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Největší hodnota a_{zy} je pro $\sin(\omega \cdot t) = -1$ a to:

$$a_{zy\max} = X_z \cdot \omega^2 \cdot \sin\beta \quad (10)$$

$$a_{zy\max} = 0,0024 \cdot 150,8^2 \cdot \sin 30^\circ$$

$$a_{zy\max} = 27,29 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$X_z = 0,0024 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\beta = 30^\circ \quad \text{Voleno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$t = 0,042 \text{ s} \quad \text{Vypočteno}$$

Podmínka dopravy dopravníkem s mikrovřhem

$$\frac{X_z \cdot \omega^2 \cdot \sin\beta}{g} > 1 \quad (11)$$

$$\frac{0,0024 \cdot 150,8^2 \cdot \sin 30^\circ}{9,81} > 1$$

$$2,78 > 1 \quad \text{Podmínka vyhovuje}$$

$$X_z = 0,0024 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\beta = 30^\circ \quad \text{Voleno}$$

$$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Podmínka dopravy dopravníkem s mikrovřhem ve sklonu**

$$\frac{X_z \cdot \omega^2 \cdot \sin(\varepsilon + \beta)}{g \cdot \cos \varepsilon} > 1 \quad (12)$$

$$\frac{0,0024 \cdot 150,8^2 \cdot \sin(5^\circ + 30^\circ)}{9,81 \cdot \cos 5^\circ} > 1$$

3,2 > 1 Podmínka vyhovuje

$X_z = 0,0024 \text{ m}$ Vypočteno

$\beta = 30^\circ$ Voleno

$\varepsilon = 5^\circ$ Voleno

$\omega = 150,8 \text{ s}^{-1}$ Vypočteno

$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

5.3. VÝPOČET PRUŽIN [20]

Podpěrné nebo závěsné pružiny vibrační třídičky umožňují jeho kmitavý pohyb a současně brání přenosu dynamických sil do okolí. Z toho důvodu se volí tuhost pružin co nejmenší. Základní parametry pružin vycházejí z rozměrů navržené konstrukce. Jedná se o tlačné pružiny vyrobené z materiálu 51CrV4.

Materiál pružin: 51CrV4
Modul pružnosti v tahu: $E = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$
Modul pružnosti ve smyku: $G = 80 \cdot 10^9 \text{ Pa}$
Dovolené smykové napětí: $\tau_{Dk} = 700 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Volná délka pružiny: $L_o = 0,36 \text{ m}$
Nominální průměr pružiny: $D_p = 0,046 \text{ m}$
Pracovní chod: $y = 0,004 \text{ m}$

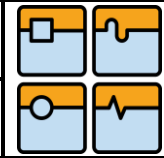
Celková tuhost pružin

Tuhost pružin rovněž určuje, v jaké oblasti rezonance stroj pracuje.
Pro nadrezonanční oblast platí:

$$z = \frac{\omega}{\omega_o} > 1 \div 5 \quad (13)$$

Pro co nejmenší tuhost pružin volím $z = 5$

$$\Rightarrow \omega_o = \frac{\omega}{z}$$



$$\omega_o = \frac{150,8}{5}$$

$$\omega_o = 30,16s^{-1}$$

$\omega \rightarrow$ Pracovní frekvence stroje

$\omega_o \rightarrow$ Vlastní frekvence stroje

$$c = M_c \cdot \omega_o^2 \quad (14)$$

$$c = 101 \cdot 30,16^2$$

$$c = 91872,19 Nm^{-1}$$

$$\omega = 150,8 s^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\omega_o = 30,16 s^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$M_c = 101 kg \quad \text{Vypočteno}$$

Tuhost jednotlivých pružiny

$$c_1 = \frac{c}{n} \quad (15)$$

$$c_1 = \frac{91872,19}{4}$$

$$c_1 = 22968,05 Nm^{-1}$$

$$c = 91872,19 Nm^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$n = 4 \quad \text{Voleno}$$

Počet pružin, na kterých je vibrační rám uležen je $n = 4$.

Minimální zatížení pružiny

$$F_1 = M_c \cdot g \cdot \frac{1}{n} + F_o \cdot \frac{1}{n} \quad (16)$$

$$F_1 = 101 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{4} + 5525 \cdot \frac{1}{4}$$

$$F_1 = 1628,95 N$$

$$M_c = 101 kg \quad \text{Vypočteno}$$

$$g = 9,81 m \cdot s^{-2}$$



$$F_o = 5525 \text{ N} \quad \text{Voleno}$$

$$n = 4 \quad \text{Voleno}$$

Maximální zatížení pružiny

$$F_8 = M_c \cdot g \cdot \frac{1}{n} + F_o \cdot \frac{1}{n} + c_1 \cdot y \quad (17)$$

$$F_8 = 101 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{4} + 5525 \cdot \frac{1}{4} + 22968,05 \cdot 0,004$$

$$F_8 = 1720,82 \text{ N}$$

$$M_c = 101 \text{ kg} \quad \text{Vypočteno}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_o = 5525 \text{ N} \quad \text{Voleno}$$

$$c_1 = 22968,05 \text{ Nm}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$y = 0,004 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$n = 4 \quad \text{Voleno}$$

Předběžný vypočet průměru drátu pružiny

$$M_k = F_8 \cdot \frac{D_p}{2} \quad (18)$$

$$M_k = 1720,82 \cdot \frac{0,046}{2}$$

$$M_k = 39,58 \text{ Nm}$$

$$F_8 = 1720,82 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

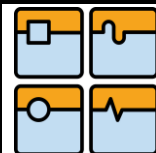
$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Ds} \quad (19)$$

$$\Rightarrow W_k = \frac{M_k}{\tau_{Ds}}$$

$$W_k = \frac{39,58}{700 \cdot 10^6}$$

$$W_k = 5,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$



$$M_k = 39,58 Nm \quad \text{Vypočteno}$$

$$\tau_{Ds} = 700 \cdot 10^6 Pa \quad \text{Voleno}$$

$$W_k = \frac{\pi}{16} d'^3 \quad (20)$$

$$\Rightarrow d' = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_k}{\pi}}$$

$$d' = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5,6 \cdot 10^{-8}}{\pi}}$$

$$d' = 0,0066 m$$

$$W_k = 5,6 \cdot 10^{-8} m^3 \quad \text{Vypočteno}$$

Poměr vinutí

$$i = \frac{D_p}{d'} \quad (21)$$

$$i = \frac{0,046}{0,0066}$$

$$i = 6,97$$

$$D_p = 0,046 m \quad \text{Voleno}$$

$$d' = 0,0066 m \quad \text{Vypočteno}$$

Součinitel korekce

$$K = \frac{i+0,2}{i-1} \quad (22)$$

$$K = \frac{6,97 + 0,2}{6,97 - 1}$$

$$K = 1,2$$

$$i = 6,97 \quad \text{Vypočteno}$$

**Výpočet průměru drátu**

$$d_{min} = d' \cdot \sqrt[3]{K} \quad (23)$$

$$d_{min} = 0,0066 \cdot \sqrt[3]{1,2}$$

$$d_{min} = 0,007 \text{ m}$$

Volím průměr drátu $d_v = 0,008 \text{ m}$

$$d' = 0,0066 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$K = 1,2 \quad \text{Vypočteno}$$

Stlačení drátu

$$s_8 = \frac{F_8}{c_1} \quad (24)$$

$$s_8 = \frac{1720,82}{22968,05}$$

$$s_8 = 0,075 \text{ m}$$

$$F_8 = 1720,82 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

$$c_1 = 22968,05 \text{ Nm}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

Počet aktivních drátů

$$n_p = \frac{G \cdot s_8 \cdot d_v^4}{8 \cdot F_8 \cdot D_p^3} \quad (25)$$

$$n_p = \frac{80 \cdot 10^9 \cdot 0,075 \cdot 0,008^4}{8 \cdot 1720,82 \cdot 0,046^3}$$

$$n_p = 18,32 \cong 18,5$$

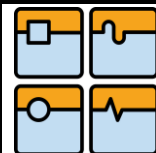
$$G = 80 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad \text{Voleno}$$

$$s_8 = 0,075 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$F_8 = 1720,82 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

**Celkový počet závitů**

$$z = n_p + 1,5 \quad (26)$$

$$z = 18,5 + 1,5$$

$$z = 20$$

$$n_p = 18,5 \quad \text{Vypočteno}$$

Kontrola vyvolaného napětí

$$\tau = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D_p \cdot K}{\pi \cdot d_v^3} \quad (27)$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 1720,82 \cdot 0,046 \cdot 1,2}{\pi \cdot 0,008^3}$$

$$\tau = 472,44 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau = 472,44 \cdot 10^6 \text{ Pa} \leq \tau_{Dk} = 700 \cdot 10^6 \text{ Pa} \text{ Podmínka vyhovuje}$$

$$F_8 = 1720,82 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

$$K = 1,2 \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

Kontrola tuhosti pružiny

$$c_R = \frac{G \cdot d_v^4}{8 \cdot D_p^3 \cdot n} \quad (28)$$

$$c_R = \frac{80 \cdot 10^9 \cdot 0,008^4}{8 \cdot 0,046^3 \cdot 4}$$

$$c_R = 105202,6 \text{ Nm}^{-1}$$

$$G = 80 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad \text{Voleno}$$

$$n = 4 \quad \text{Voleno}$$

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

**Největší dovolená deformace pružiny**

$$L_9 = (z + 1 - z_0) \cdot d_v \quad (29)$$

$$L_9 = (20 + 1 - 0,5) \cdot 0,008$$

$$L_9 = 0,164 \text{ m}$$

$$z = 20 \quad \text{Vypočteno}$$

$$z_0 = 0,5 \quad \text{Voleno}$$

$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

Limit stlačení pružiny

$$s_9 = L_0 - L_9 \quad (30)$$

$$s_9 = 0,36 - 0,164$$

$$s_9 = 0,196 \text{ m}$$

$$L_0 = 0,36 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$L_9 = 0,164 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

Rozteč závitů

$$t_p = \frac{s_9}{n_p} + d_v \quad (31)$$

$$t_p = \frac{0,196}{18,5} + 0,008$$

$$t_p = 0,019 \text{ m}$$

$$s_9 = 0,196 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$n_p = 18,5 \quad \text{Vypočteno}$$

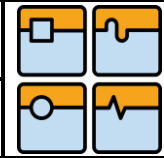
$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

Kontrola rozteče závitů

$$0,3 \cdot d_v < t < 0,6 \cdot D_p \quad (32)$$

$$0,3 \cdot 0,008 < 0,019 < 0,6 \cdot 0,046$$

$$0,0024 < 0,019 < 0,0276 \Rightarrow \text{Podmínka vyhovuje}$$



$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$t_p = 0,019 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

Maximální mezní zatížení pružiny

$$F_9 = s_9 \cdot c_1 \quad (33)$$

$$F_9 = 0,196 \cdot 22968,05$$

$$F_9 = 4501,74 \text{ N}$$

$$s_9 = 0,196 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$c_1 = 22968,05 \text{ Nm}^{-1} \text{ Vypočteno}$$

$$n = 4 \quad \text{Voleno}$$

Teoretické napětí pružiny v mezním stavu

$$\tau_9 = \frac{8 \cdot F_9 \cdot D_p \cdot K}{\pi \cdot d_v^3} \quad (34)$$

$$\tau_9 = \frac{8 \cdot 4501,74 \cdot 0,046 \cdot 1,2}{\pi \cdot 0,008^3}$$

$$\tau_9 = 123,59 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$F_9 = 4501,74 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

$$K = 1,2 \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

$$d_v = 0,008 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

Bezpečnost při vzpěru

$$a = \frac{L_0}{D_p} \quad (35)$$

$$a = \frac{0,36}{0,046}$$

$$a = 7,8$$

$$L_0 = 0,36 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$



DIPLOMOVÁ PRÁCE

$$D_p = 0,046 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$

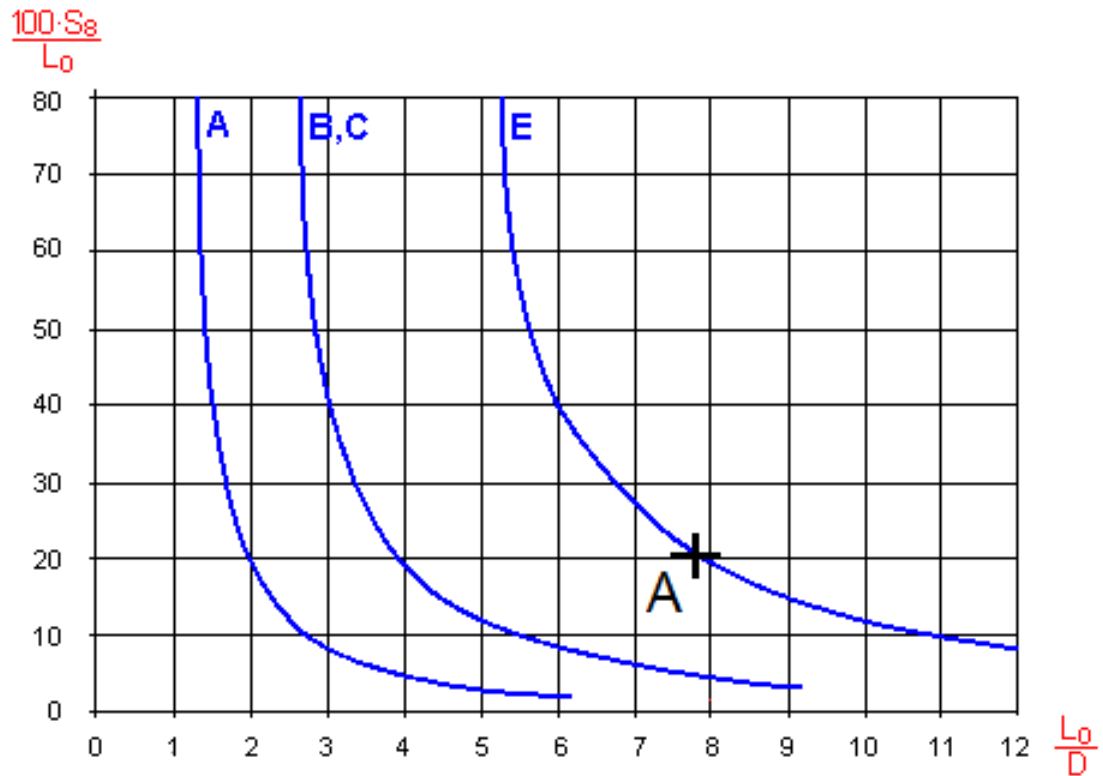
$$b = \frac{s_8}{L_0} \cdot 100 \% \quad (36)$$

$$b = \frac{0,075}{0,36} \cdot 100 \%$$

$$b = 20,83 \%$$

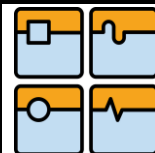
$$s_8 = 0,075 \text{ m} \quad \text{Vypočteno}$$

$$L_0 = 0,36 \text{ m} \quad \text{Voleno}$$



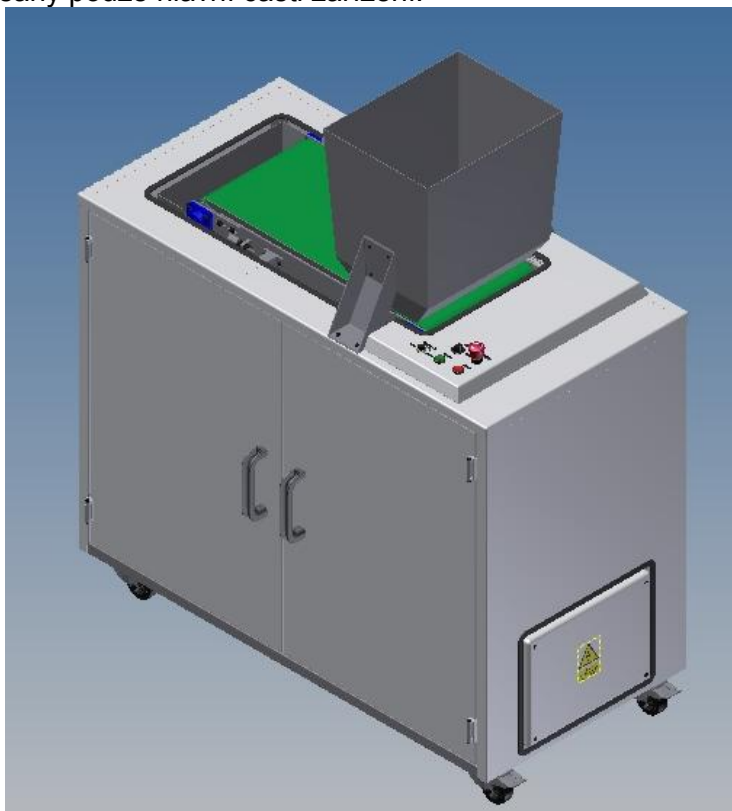
Obr. 26 Křivky dovolené deformace podle typu uložení pružin [21]

Bod A = [a , b] leží těsně pod mezní křivkou vzpěrné stability pro pevné uložení konců pružin. Z tohoto důvodu bylo v konstrukci navrženo vedené uložení pružin pomocí pouzder. Díky tomu se volná délka pružin zkrátí z 0,36 m na 0,185 m, což posune bod A dostatečně daleko od křivky vzpěrné stability.

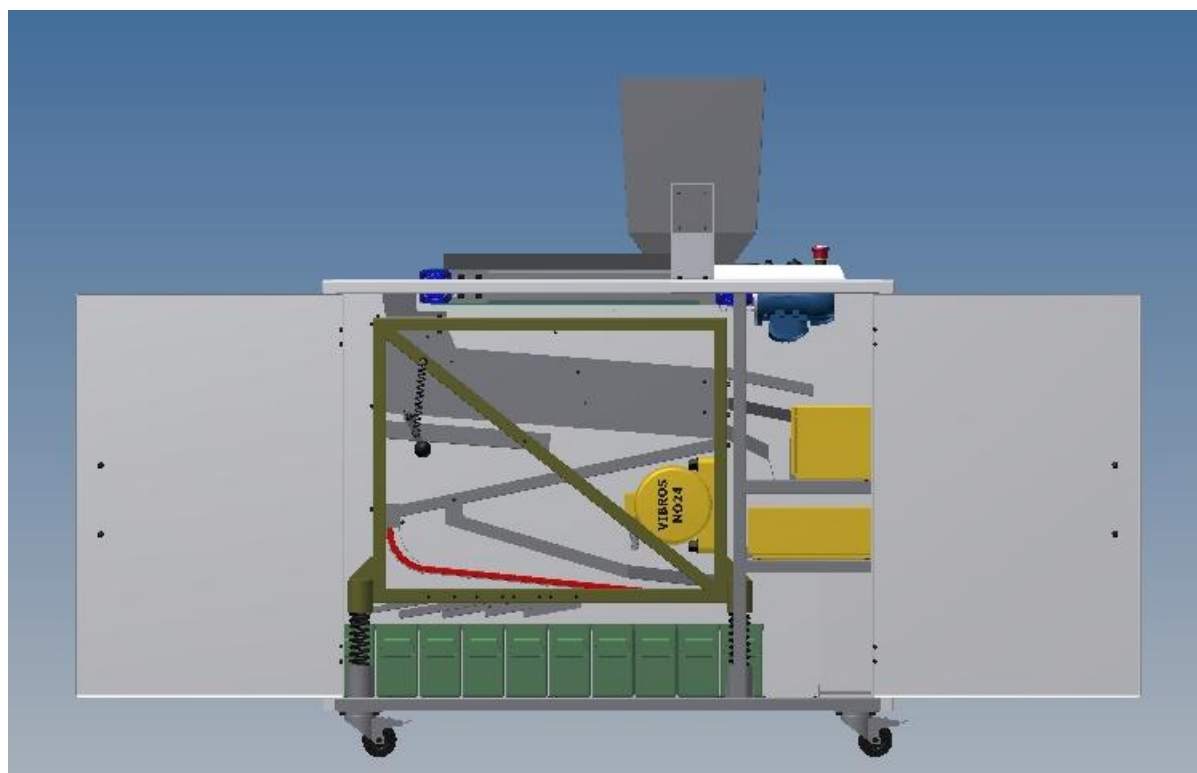


6. NAVRHNUTÁ KONSTRUKCE TŘÍDIČKY

V následující části jsou zobrazeny a popsány hlavní části navržené konstrukce vibrační třídičky nábojnic. Jelikož se celá sestava třídičky skládá z několika desítek různých dílů, jsou zde popsány pouze hlavní části zařízení.



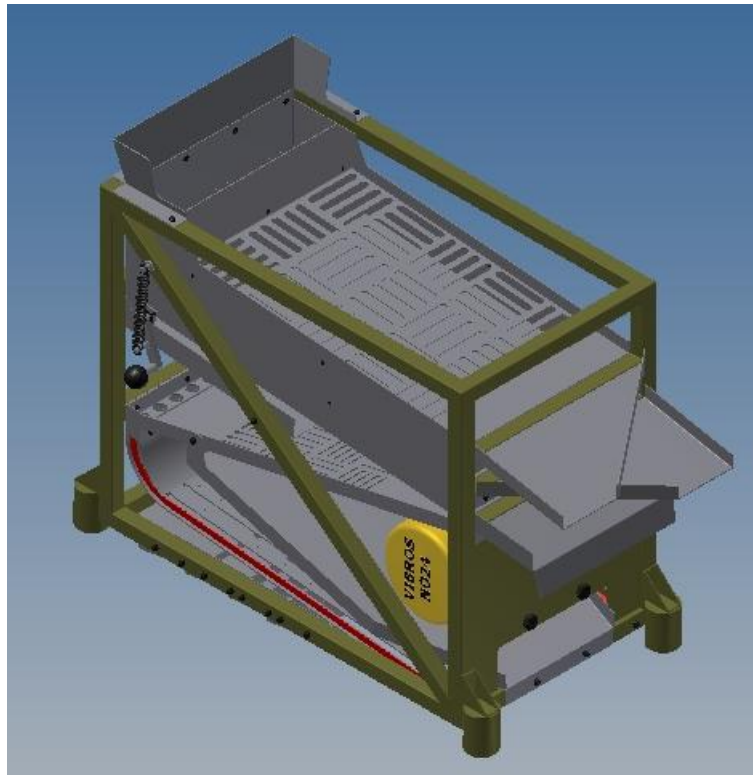
Obr. 27, Sestava vibrační třídičky nábojnic



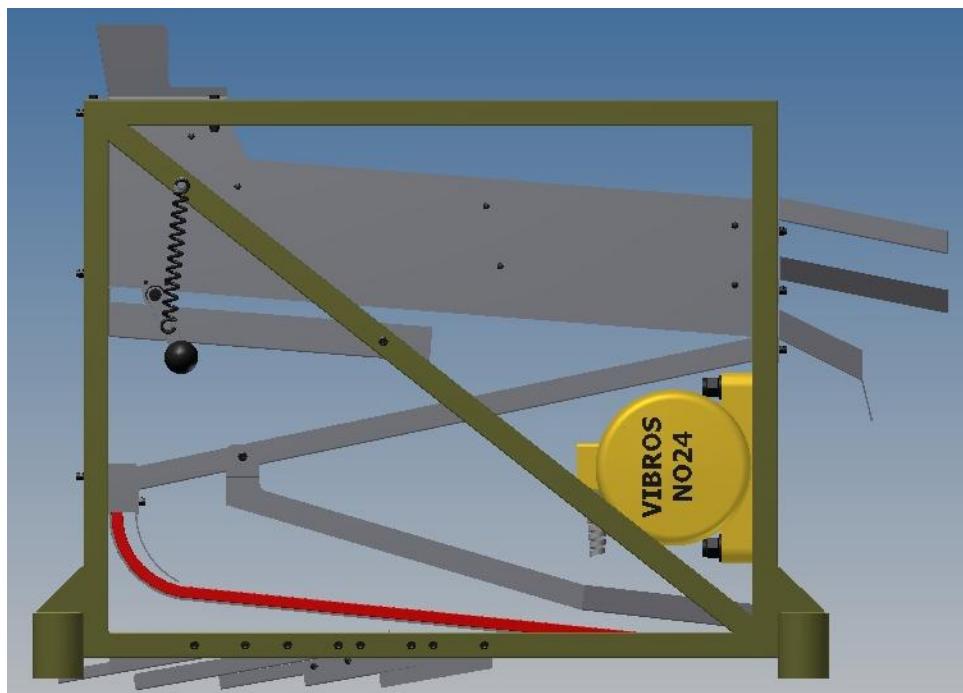
Obr. 28 Sestava vibrační třídičky nábojnic



6.1. SESTAVA VIBRAČNÍHO RÁMU

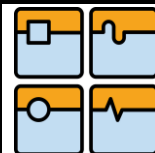


Obr. 29 Sestava vibračního rámu



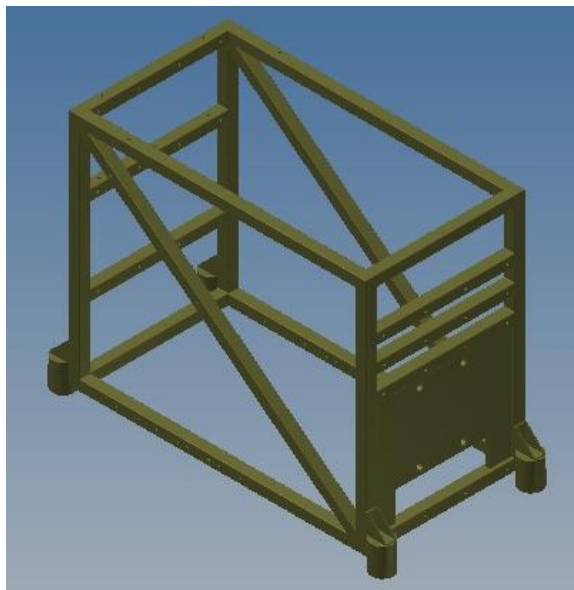
Obr. 30 Sestava vibračního rámu

Všechny součásti sestavy vibračního rámu jsou vlivem budiče vibrací uváděny do kmitavého pohybu. Jejich hmotnosti se podílejí na celkové hmotnosti M_c popsané vztahem (2). Sestava se skládá ze 40 součástí a také šroubů, matic, podložek a nýtů. Všechny šrouby jsou zajištěny samo jisticí maticí DIN 985, aby nedošlo vlivem vibrací k samovolnému uvolnění.



6.1.1. Vibrační rám

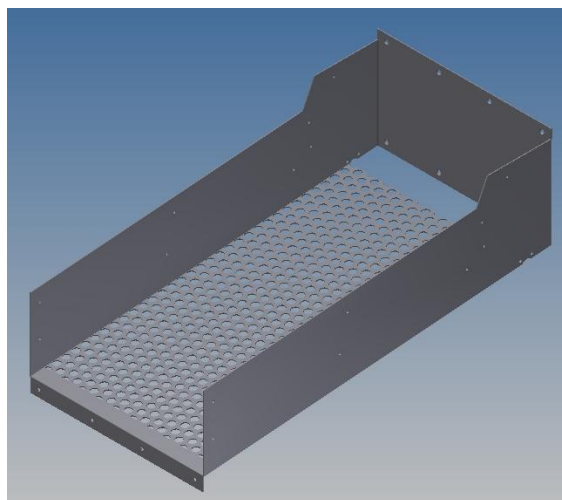
Vibrační rám je tvořený svařencem trubkových profilů čtvercového průřezu ČSN EN 10219-2 30 x 2 mm. Kromě trubkových profilů, které tvoří nosnou část rámu, jsou zde ve spodních rozích navařeny vodící pouzdra pružin, vyrobené z podélně svařované trubky ČSN EN 10219-2 $\varnothing 60,3$ x 2 mm a plechové konzoly pro zesílení spoje. Dále je k rámu navařeny výpalek z plechu o tloušťce 12mm ČSN EN 10029, ke kterému bude přišroubovaný budič vibrací. K rámu jsou přišroubované všechny síta a rošt s rozbíhajícími se drážkami.



Obr. 31 Vibrační rám

6.1.2. Síto oddělující puškové nábojnice

Síto, které odděluje puškové nábojnice od zbytku tříděného materiálu je vyrobeno z děrovaného plechu DIN 24041 15x21 a tloušťky 2mm. Průměr kruhových otvorů 15mm je dostatečný aby jim propadla maximálně nábojnice ráže 7,62 x 39mm. Všechny větší nábojnice sklouznou po sítu až do určeného boxu. Síto je součástí plechové konstrukce, a je k ní navařené.

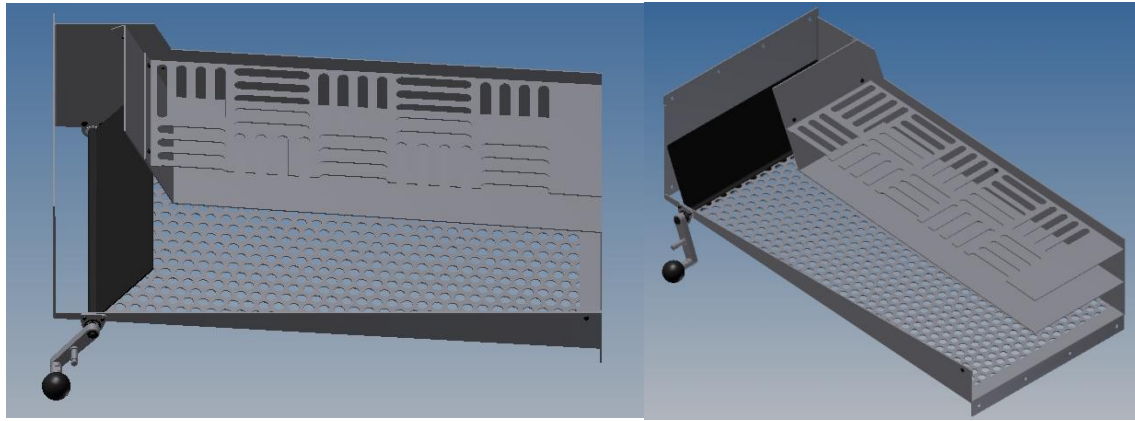


Obr. 32 Plechová konstrukce a síto (15mm)

K plechové konstrukci jsou rovněž přinýtované další součásti. Jako například rošt oddělující brokové nábojnice, skluz celocelových nábojnic a klapka, pro vyřazení síta oddělujícího puškové nábojnice z procesu.



Plechová konstrukce síta, tedy slouží jako nosný prvek pro další součásti, a je přišroubovaná k vibračnímu rámu. Konstrukce je vyrobená jako výpalek na CNC laseru z plechu ČSN EN 10051 tl. 2mm a je ohnutá do požadovaného tvaru.

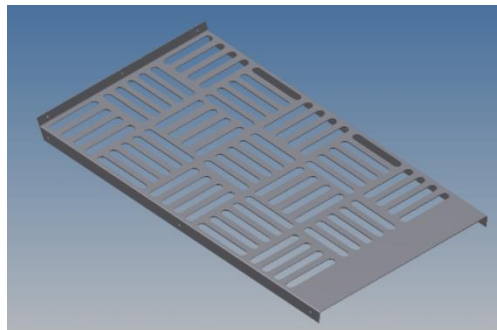


Obr. 33, 34 Klapka pro vyřazení síta oddělující puškové nábojnice

Klapka je v krajních polohách zajištěna tažnou pružinou s oky.

6.1.3. Rošt oddělující brokové nábojnice

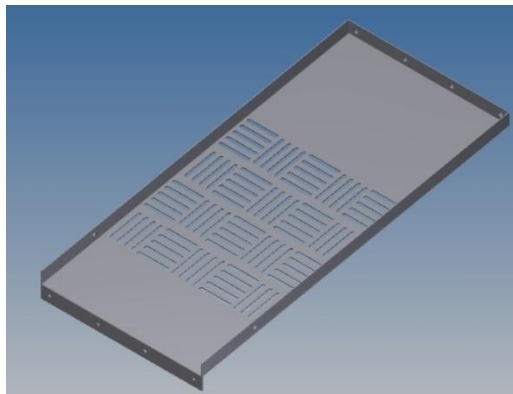
Rošt slouží k separaci brokových a celoocelových nábojnic. Je vyrobený jako výpalek na CNC laseru z plechu ČSN EN 10051 tl. 2mm a je naohýbaný do požadovaného tvaru. Rošt je přinýtovaný k plechové konstrukci pomocí nýtů s trny tzv. trhacích nýtů.



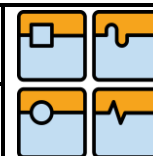
Obr. 35 Rošt oddělující brokové nábojnice

6.1.4. Rošt oddělující nečistoty a nábojnice ráže .22

Tento rošt je rovněž vyrobený jako výpalek na CNC laseru z plechu ČSN EN 10051 tl. 2mm a je naohýbaný do požadovaného tvaru.

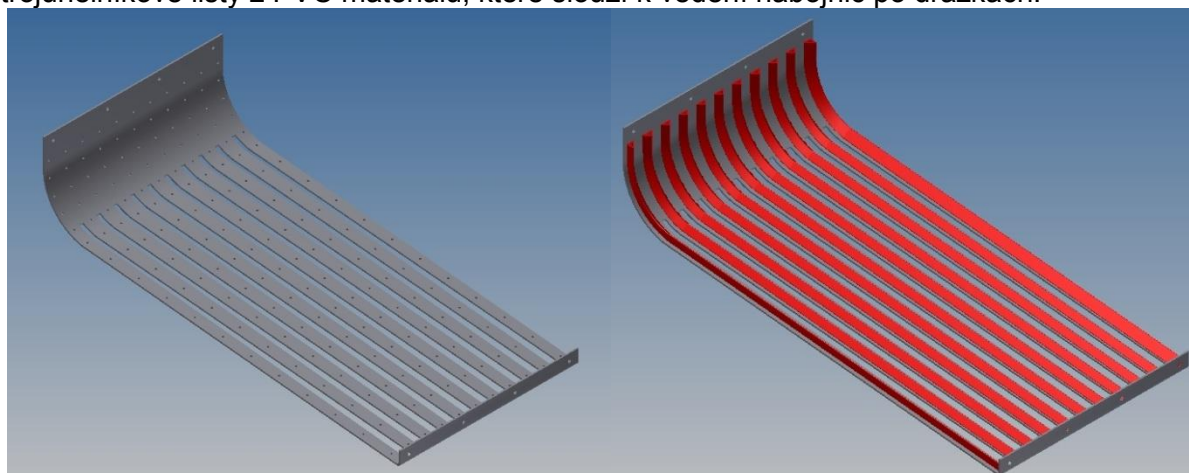


Obr. 36 Rošt oddělující nečistoty a nábojnice ráže .22



6.1.5. Hlavní rošt

Rošt slouží k separaci nábojnic podle největšího z průměrů nábojnice. Je vyrobený jako výpalek na CNC laseru s přesností 0,05mm a je ohnutý do požadovaného tvaru. Jelikož změna šířky drážky může negativně ovlivnit přesnost třídění je rošt vyrobený z otěruvzdorného materiálu HARDOX ČSN EN 10163-2 tl. 3mm. K roštu jsou přišroubované trojúhelníkové lišty z PVC materiálu, které slouží k vedení nábojnic po drážkách.



Obr. 37, 38 Hlavní rošt s PVC lištami

Rošt má deset drážek a je navrhnutý primárně pro třídění pistolových a revolverových nábojnic. Z tohoto důvodu je v určitém místě drážek provedena úprava rozměrů tak, aby příliš blízké hodnoty maximálního průměru nábojnic ráže 9x19 Luger (\varnothing 9,96 mm) a 9x18 Makarov (\varnothing 9,87 mm) byly od sebe dostatečně vzdáleny. Malá vzdálenost mezi těmito rozměry na roštu totiž znemožňuje jejich separaci. Proto jsou drážky roštu v místě šířky 9,9 mm rovnoběžné. Tento úsek rovnoběžnosti drážek je 40 mm dlouhý. Díky tomu můžeme bezpečně separovat zmíněné nábojnice. Nábojnice jsou na rošt naváděny pomocí přepadu, který má kruhové otvory umístěné tak, aby nábojnice po propadnutí otvorem sjela podélně orientovaná až na rošt.

6.1.6. Budič vibrací

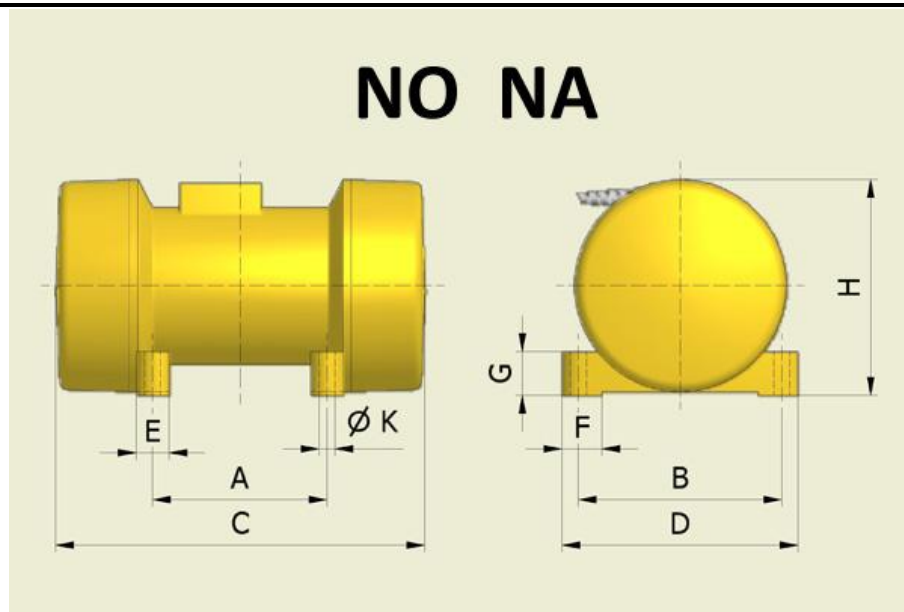
Pro pohon vibrační třídičky nábojnic byl po provedení výpočtu zvolen příložený vibrátor NO24 s asynchronním třífázovým elektromotorem s nevyvážky od firmy Vibros Příbram.

Tab. 5 Specifikace vibrátoru NO24 [22]

Typ	Pracovní Frekvence [Hz]	Otáčky [min^{-1}]	Statický Moment [kg/cm^2]	Odstředivá Síla [N]	Hmotnost [kg]	Příkon [kW]
NO24	24	1410	224	5525	26	0,37

Tab. 6 Rozměry vibrátoru NO24 [22]

Rozměry [mm]										
Typ	A	B	C	D	E	F	G	H	K	Šrouby
NO24	120	190	380	226	36	36	45	220	4 x 18	M16

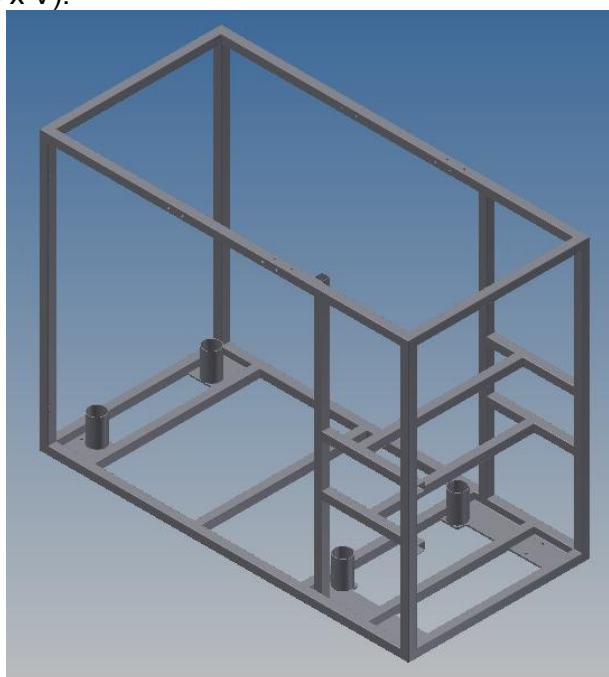


Obr. 39 Vibrátor Vibros NO24 [22]

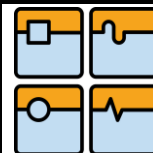
6.2. ČÁSTI VIBRAČNÍ TŘÍDIČKY

6.2.1. Vnější Rám třídičky

Rám třídičky je svařovaná konstrukce z trubkových profilů čtvercového průřezu ČSN EN 10219-2 30 x 2 mm. Slouží jako nosná část většiny prvků zařízení. Kromě trubkových profilů jsou k rámu navařeny výpalky z plechu ČSN EN 10029 tl. 6mm, ke kterým je navařeno vedení pružin z podélně svařované trubky ČSN EN 10219-2 $\varnothing 60,3 \times 2$ mm. K rámu budou přišroubované pojezdové kolečka, panty dvířek, elektrický rozvaděč, krytování, pásový dopravník a další součásti. Ve spodní části rámu bude přišroubovaný plech, na kterém jsou uloženy boxy na roztříděné nábojnice. Celkové rozměry rámu jsou 1320 x 650 x 1000 mm (D x Š x V).

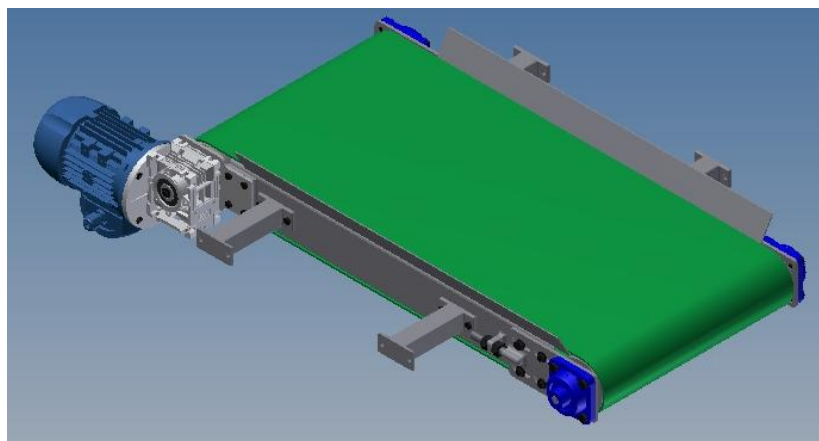


Obr. 40 Vnější rám třídičky



6.2.2. Pásový dopravník

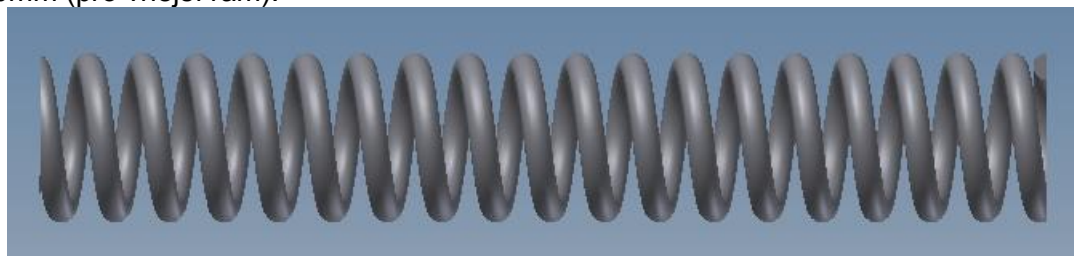
Konstrukční i výpočtový návrh pásového dopravníku s hnaným válcem s permanentními magnety byl řešen v rámci subdodavatele. Z tohoto důvodu není návrh dopravníku v práci řešen a je zde použita pouze jeho celková sestava. Dopravník je poháněn třífázovým asynchronním motorem o výkonu 160W přes šnekovou převodovku.



Obr. 41 Pásový dopravník

6.2.3. Pružiny

Pro snížení přenosu vibrací do okolí je vibrační rám uložený na tlačných pružinách. Díky tomu umožňují rámu kmitavý pohyb. Jsou vyrobeny z pružinové oceli z materiálu 51CrV4. Pružiny jsou ve vibračním rámu i vnější rámu uloženy v pouzdrech z podélně svařované hladké trubky ČSN EN 10219-2 $\varnothing 60,3 \times 2 - 75\text{mm}$ (pro vibrační rám) a $\varnothing 60,3 \times 2 - 100\text{mm}$ (pro vnější rám).



Obr. 42 Podpěrná tlačná pružina

Tab. 7 Rozměry tlačné pružiny

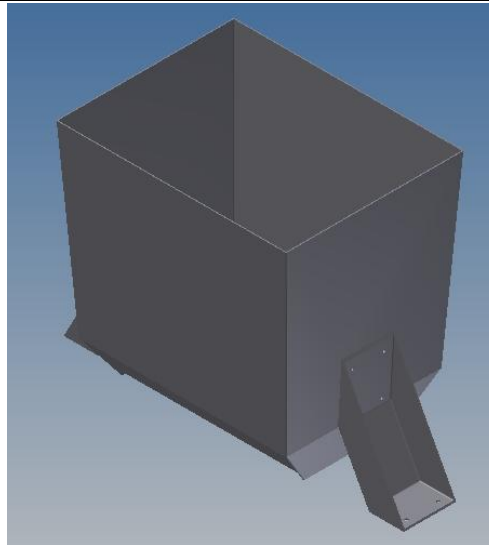
Rozměry [mm]						
$\varnothing D_i$	$\varnothing D$	$\varnothing D_e$	L_o	t_p	$\varnothing d_v$	z
38	46	54	360	19	8	20

6.2.4. Násypka

Násypka je vyrobena z ohýbaných plechů ČSN EN 10051 tl. 2mm nýtovaných k sobě. K rámu je násypka přišroubovaná pomocí čtyř šroubů. Je umístěná nad dopravníkem tak, aby nábojnice byly bez problémů vynášeny ven z násypky. Objem násypky je $V_n = 50\text{dm}^3$. Jelikož neznáme přesné složení tříděného materiálu, nemůžeme určit, jakému množství nábojnic tento objem odpovídá.



DIPLOMOVÁ PRÁCE



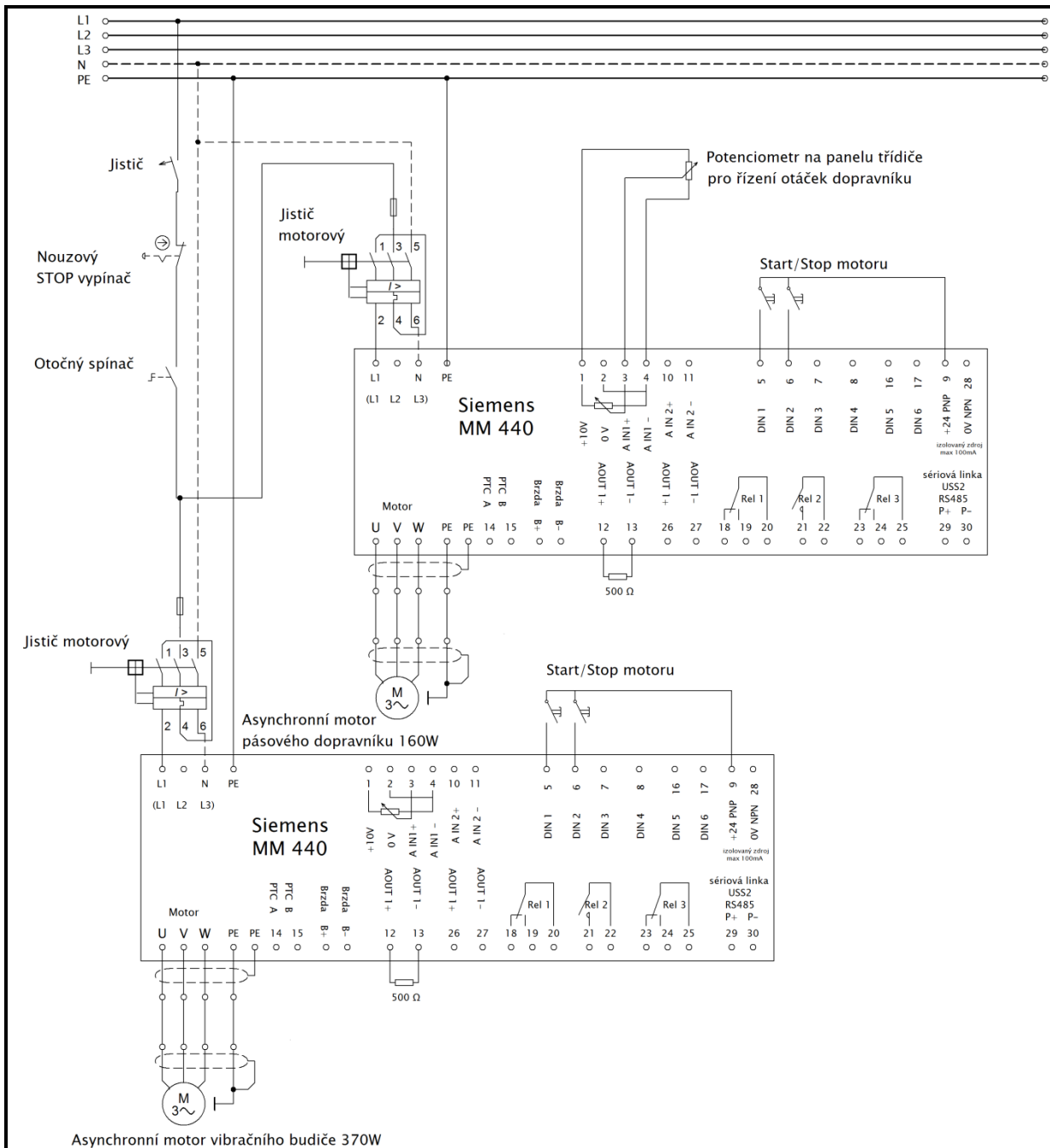
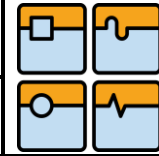
Obr. 43 Násypka

6.2.5. Elektroinstalace

Většina elektroinstalace je uložena v rozvaděčové skříni o rozměrech 400 x 300 x 210 mm v pravém dolním rohu třídíčky. Jsou zde umístěny dva frekvenční měniče SIEMENS Micromaster 440 o jmenovitých výkonů 250W a 370W. Tyto měniče slouží k řízení otáček vibračního motoru a řízení rychlosti pásového dopravníku. Kromě měničů jsou zde umístěny i jistící prvky. Zapínání a vypínání motorů je prováděno z panelu stroje pomocí tlačítek. Na panelu je rovněž potenciometr, který přes analogový vstup ovládá výstupní frekvenci měniče asynchronního motoru dopravníku. Díky tomu můžeme nastavit rychlost dopravy nábojnic z násypky do třídíčky tak, aby nedocházelo ke zbytečnému hromadění nábojnic na sítu a roštech. Součástí panelu je rovněž hříbková hlavice aktivující nouzový STOP vypínač se zaručenou rozpojovací funkcí. Jelikož měniče mají jednofázový vstup a jejich výstup je třífázový, můžeme zařízení zapojit na jednofázovou elektrickou síť. Celkový příkon třídíčky, i ze ztrátovými výkony měničů, nepřesáhne 600W



Obr. 44 Ovládací panel třídíčky



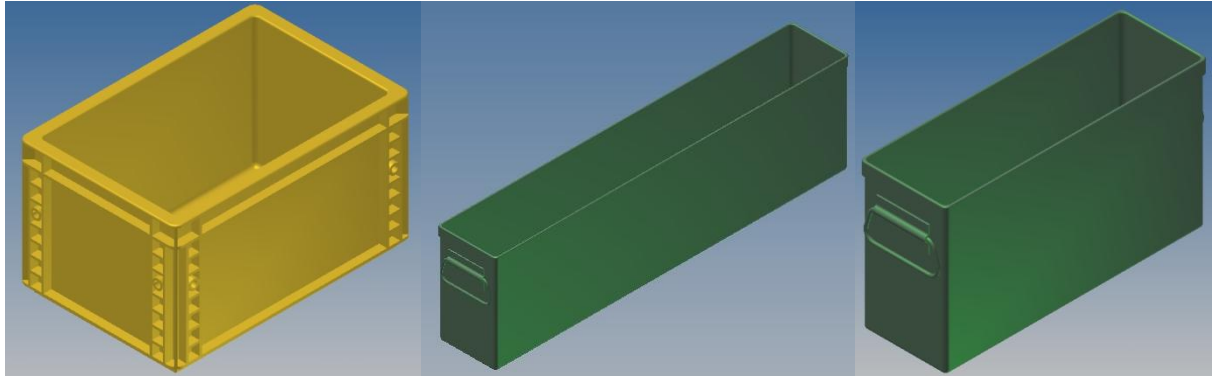
Obr. 45 Schéma elektrického zapojení třídičky

6.2.6. Boxy na roztríděné nábojnice

Roztríděné nábojnice se shromažďují v určených boxech. Pro brokové, celocelové a puškové nábojnice jsou použity uzavřené euro přepravní bedny z ABS plastu. O rozměrech 300 x 200 x 120 mm ($V_1=5,3 \text{ dm}^3$) pro celocelové, 300 x 200 x 170 mm ($V_2=7,6 \text{ dm}^3$) pro brokové a 400 x 300 x 120 mm ($V_3=10 \text{ dm}^3$) pro puškové nábojnice. Nábojnice roztríděné pomocí hlavního roštu, se budou hromadit v plechových nádobách umístěných pod vibračním rámem. Celkem je použito osm nádob 600 x 100 x 180 mm ($V_4=10 \text{ dm}^3$) a dvě nádoby 300 x 100 x 180 mm ($V_5=5 \text{ dm}^3$). Aby nábojnice po propadnutí hlavním roštem směřovaly do správné nádoby, jsou na spodní části vibračního rámu přišroubované skluzavky z plechu, které je navedou.



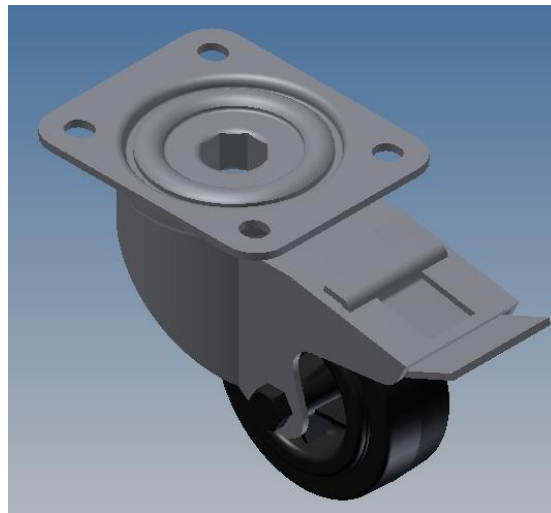
Skluzavky jsou k rámu přišroubované a jejich poloha přesně určuje, jaké nábojnice zachytí a do které nádoby sklouznou. Proto jejich sestavení je nutné provádět po specifikaci zákazníkem. Pokud to konstrukce roštu umožní, zákazník si může zvolit, které vybrané ráže nábojnic budou separovány. Při změně těchto parametrů v průběhu životního cyklu stroje, by bylo nutné skluzavky přestavit, nebo vyrobit nové.



Obr. 46 Boxy na nábojnice

6.2.7. Pojezdové kolečka

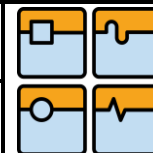
Aby byla třídička co nejvíce mobilní, je vnější rám posazený na pojezdových otočných kladkách s úplnou brzdou. Kolečka jsou k rámu přišroubované pomocí příruby. Jejich konstrukce je lisovaná z ocelového plechu a je pozinkovaná. Kolečko je polyamidový disk, uložený na dvou ložiskách a má polyuretanový běhoun. Celková výška je 108 mm. Průměr kolečka je 80 mm a šířka 32 mm. Dynamická nosnost jednoho kolečka je 140kg. Katalogové číslo: 461404R080vZPH. [23]



Obr. 47 Pojezdová kladka s úplnou brzdou

6.3. KONSTRUKČNÍ CELEK VIBRAČNÍ TŘÍDIČKY

Navrhnutá konstrukce vibrační třídičky separuje tříděný materiál podle tří kritérií. Podle materiálu, délky a maximálního průměru nábojnice. Separace feromagnetických nábojnic z tříděného materiálu pomocí magnetického válce v pásovém dopravníku a jejich roztřídění na brokové a celooceľové. Dále z tříděného materiálu separuje puškové nábojnice. K tomu je použito síto s oky, které využívají rozdílných těžišť dlouhých puškových nábojnic a krátkých pistolových nebo revolverových. Dalším procesem je oddělení nečistot a nábojnic ráže .22. Posledním stupněm třídiče je hlavní rošt s rozbíhajícími se drážkami. Navrhnutá konstrukce zobrazená na Obr. 48 roztřídí zbylé nábojnice až do devíti frakcí.



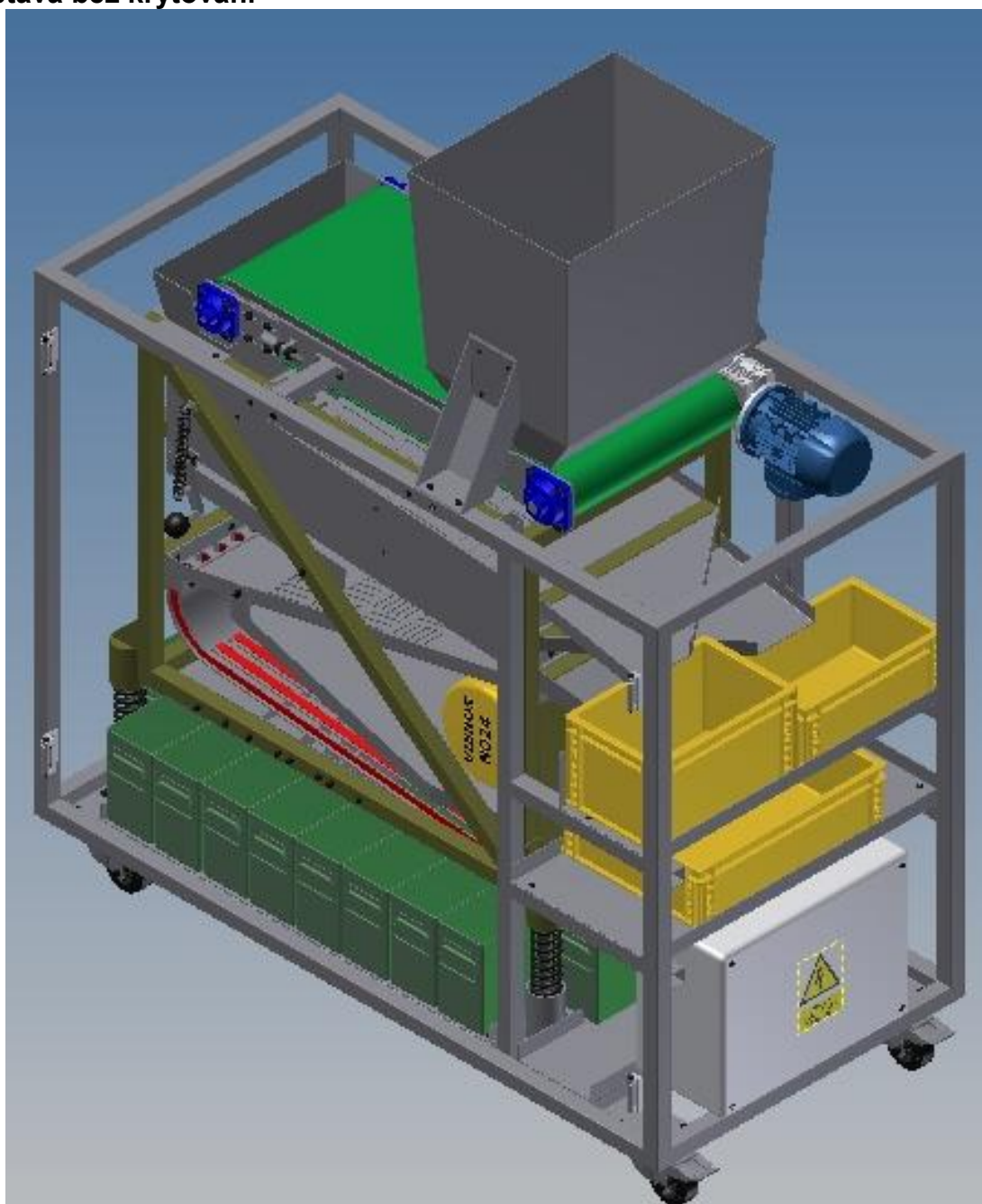
Navíc je možné z procesu třídičky vyřadit síto oddělující puškové nábojnice a bez jakékoliv úpravy třídít i delší nábojnice do maximálních rozměrů $\varnothing 15$ mm a délky přibližně 60 mm.

Z konstrukce třídičky je zřejmé, že ve vybraných frakcích vytříděných nábojnic se mohou vyskytnout méně rozšířené nábojnice stejných nebo podobných rozměrů.

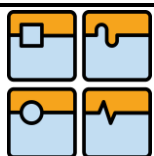
Základní parametry:

- Maximální rozměry stroje jsou: 700 x 1325 x 1550 mm
- Celková hmotnost bez tříděného materiálu: 280 kg
- Separace na: 9 frakcí, nečistoty + ráže .22, puškové, celocelové, brokové
- Elektrický příkon třídičky: 600W

Sestava bez krytování



Obr. 48 Vibrační třídička bez krytování



7. EKONOMICKÉ HLEDISKO

Jelikož je konstrukční návrh řešen pouze teoreticky, je v této kapitole popsán pouze odhad ceny podle ceníků jednotlivých výrobců, dodavatelů a aktuálních sazeb. Ceny jsou uvedeny bez DPH.

Tab. 8 Cena použitých polotovarů

Polotovar	Rozměry [mm]	Počet kusů	Cena za kus (m) v Kč
plech	1x1500x3000	2	766
plech	1,5x1500x3000	2	1116
plech	2x1500x3000	3	1330
plech	6x200x800	1	158
plech	12x300x400	1	220
Hardox	3x400x1000	1	561,6
Ocel kruhová	Ø4 - 1000	6	7,2
Plech - děrovaný	2x400x700	1	147
Trubka	Ø60,3 - 1000	1	50,3
Trubka čtvercová	30x30x2 – 6000	3	912
PVC lišta	15x21,2 -1000	11	17,2
Celkem:			11859,3

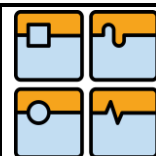
Tab. 9 Cena za provedené činnosti

Prováděná činnost	Počet hodin (metrů, nebo ohybů)	Cena v Kč / hodina	Cena v Kč za m (ohyb)
svařování	16	350	-
ohýbání	120	-	24,23
stříhání	40	-	25
řezání laserem	51 (+ 250 zápalů)	-	20 (+ 3 Kč za zápal)
obrábění	5	400	-
montáž	12	440	-
lakování	35,6	-	170
Celkem:			24609,6

Tab. 10 Ceny dalších položek

Položka	Počet kusů	Cena v Kč
Vibros NO24	1	10400
MM 440 250W	1	5544,69
MM 440 370W	1	6028,34
Pásový dopravník	1	47000
Rozvaděč	1	1569
Pojezdová kolečka	4	140
Celkem:		71062

Odhad celkové ceny vibrační třídičky nábojnic je ÷ 107 000 Kč



Závěr

Diplomová práce popisuje technologii třídění nábojnic ze střelnic, pomocí které se provádí recyklace nábojnic za účelem přebíjení, nebo zpracování kovů. Po teoretickém seznámení s třídíčkami nábojnic a vysvětlení důležitých pojmů byl navrhnuty tři možné konstrukce vibrační třídíčky. Zhodnocením vlastnosti jednotlivých konstrukcí byla zvolena vibrační třídíčka s hlavním roštem s rozbíhajícími se drážkami.

Před samotným konstrukčním návrhem, byly provedeny potřebné výpočty vibračního dopravníku, ze kterého konstrukce třídíčky vychází. Dále byl proveden výpočet potřebného pohonu a výpočet tlačných pružin, které nesou vibrační rám a tlumí rázy od budiče do okolí. Jako budič vibrací, byl zvolen příložený vibrátor s nevyvážky konstruovaný na principu asynchronního motoru. Rozměry roštů pro třídění nábojnic vycházejí z parametrů nejběžněji používaných nábojnic. Většina součástí je vyrobená z plechu a jsou vyřezány pomocí CNC laserového plotru. Díky tomu se jejich výroba omezuje na vyřezání potřebného tvaru a otvorů, jejich naohýbání a v některých případech i svaření. Nosné konstrukce jsou svařované ze čtvercových trubek. Všechny komponenty byly konstruovány s ohledem na jednoduchou montáž a dostupnou cenu. Celková sestava i jednotlivé komponenty jsou vytvořeny v 3D modelovacím programu.

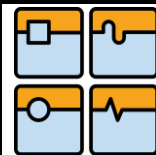
Výsledkem diplomové práce je konstrukční návrh vibrační třídíčky nábojnic zohledňující nejběžněji používané materiály nábojnic, jejich maximální průměr a délku.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Citace

- [1] ČSN 39 5401. *Civilní střelné zbraně a střelivo - Střelnice pro ruční palné a plynové zbraně*. 1997.
- [2] JANKOVÝCH, R., *Hlavňové zbraně a střelivo*. Brno: E-Skriptum VUT Brno, 2012. 115 s. ISBN 978-80-260-2384-5
- [3] Hýkel, J.; Malimánek, V.: *Náboje do ručních palných zbraní*. 2. Vyd. Praha: Naše vojsko, 2002. 547 s. ISBN 80-206-0641-6
- [4] Wikipedie – Náboj (zbraň). *wikipedie*. [online]. 31.12.2015 [cit. 2015-12-31]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1boj_\(zbra%C5%88\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1boj_(zbra%C5%88))
- [5] VŠE PODSTATNÉ O NEJROZŠÍŘENĚJŠÍCH NÁBOJÍCH A MUNICI. *SURVIVOR* [online]. 2012 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://www.survivor.cz/vse-podstatne-o-nejrozsirenejsich-nabojich-a-munici/>
- [6] *Shell Sorter™* [online]. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://www.shellsorter.com/collections/shell-sorter>
- [7] *UltimateSorter.com* [online]. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: http://www.ultimatesorter.com/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=46
- [8] *Camdex Automatic Ammunition Systems: Case Sorting Machine* [online]. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://www.camdexloader.com/CaseSorter.aspx>
- [9] *CYBERNET: ATACS* [online]. [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://atacs.cybernet.com/>
- [10] *COMISION INTERNACIONALE PERMANENTE: List of TDCC* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: http://www.cip-bobp.org/homologation/en/tdcc_public?page=1&cartridge_type_id=1
- [11] *Průmyslové vibrátory: Pneumatické vibrátory* [online]. 2015 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.prumyslove-vibratory.cz/prumyslove-vibratory/eshop/1-1-Pneumaticke-vibratory>
- [12] *Průmyslové vibrátory: Elektrické vibrátory* [online]. 2015 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.prumyslove-vibratory.cz/prumyslove-vibratory/eshop/2-1-Elektricke-vibratory>
- [13] *Výskumné a vývojové družstvo pre Elektronické Digitálne Systémy: Elektromagnetické a elektrodynamické impulzní vibrátory IMAG* [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.edis-vvd.sk/index.php?page=impulzne-vibratory-imag>
- [14] POLÁK, J, K BAILOTTI, J PAVLISKA a L HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0493-X
- [15] *Magnety a magnetické separátory: Magnetické separátory pro suché směsi* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.sollau.cz/katalog/cs-c5-magneticke-separatory-pro-suche-smesi.html>
- [16] *MAGcentrum: Zařízení pro separaci a třídění kovů* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.magcentrum.cz/separatory-kovu.html>
- [17] *MAGSY: Magnetické válce* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.magsy.cz/26245-magneticke-valce>
- [18] *MAGNET-PRO: Separace neželezných kovů pomocí vířivých proudů (R-SPM)* [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.magnet-pro.cz/separatory-spvp.html>
- [19] CHVÁLA, Břetislav. *Automatizace: vysokoškolská učebnice pro strojní fakulty vysokých škol technických*. 3. opr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-03-00090-4.
- [20] ČSN EN 13906-1 *Šroubové válcové pružiny vyráběné z drátů a tyčí kruhového průřezu - Výpočet a konstrukce - Část 1: Tlačné pružiny: ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA*. Praha: Český normalizační institut, 2014.

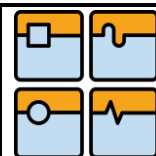


- [21] Šroubovité pružiny válcové tlačné. *Mitcalc.com* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/sprcompress/help/cz/sprcompress.txt.htm>
- [22] *Vibros: NO, NA: 24 Hz* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.vibros.cz/prilozne-vibratory/no-na-24/>
- [23] *Presal: PRŮMYSLOVÁ KOLEČKA, POJEZDOVÁ KOLA A KLADKY* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.presal.cz/>



Seznam použitých zkratk a symbolů

a	[-]	Bezpečnost při vzpěru - parametr a
ACP	[-]	Automatic colt pistols
AE	[-]	Action Express
ATACS	[-]	Automatický taktický systém klasifikace munice
a_{zy}	[m.s ⁻²]	Dvojitá derivace složky kolmé ke směru pohybu
a_{zymax}	[m.s ⁻²]	Maximální hodnota derivace složky kolmé ke směru pohybu
b	[-]	Bezpečnost při vzpěru a parametr b
C.I.P.	[-]	Commission Internationale Permanente
c	[N.m ⁻¹]	Celková tuhost pružin
c_1	[N.m ⁻¹]	Tuhost jedné pružiny
c_R	[N.m ⁻¹]	Kontrolní tuhost pružiny
DAC	[-]	Defence ammunition center
d'	[m]	Předpokládaný průměr drátu pružiny
d_{min}	[m]	Minimální průměr drátu pružiny
d_v	[m]	Zvolený průměr drátu pružiny
D_p	[m]	Nominální průměr pružiny
f	[Hz]	Frekvence kmitání
F	[N]	Potřebný tah vibračního motoru
F_o	[N]	Odstředivá síla vibračního motoru
F_1	[N]	Minimální zatížení pružiny
F_8	[N]	Maximální zatížení pružiny
F_9	[N]	Maximální mezní zatížení pružiny
g	[m.s ⁻²]	Tíhové zrychlení
G	[Pa]	Modul pružnosti ve smyku

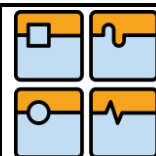


HMR	[-]	Hornady magnum rimfire
i	[-]	Faktor i – při návrhu průměru pružiny
K	[-]	Faktor K – při návrhu průměru pružiny
LR	[-]	Long Rifle
L_o	[m]	Volná délka pružiny
L3	[mm]	Maximální délka nábojnice
L_g	[m]	Největší dovolená deformace pružiny
$m_{budiče}$	[kg]	Hmotnost vibračního budiče
M_c	[kg]	Celková hmotnost rozkmitaných součástí
M_k	[Nm]	Krouticí moment působící na drát pružiny
$m_{nábojnic}$	[kg]	Hmotnost nábojnic
$m_{rámu}$	[kg]	Hmotnost vibračního rámu
n	[-]	Počet pružin
n_p	[-]	Počet aktivních závitů pružiny
R1	[mm]	Maximální vnější průměr nábojnice
SAAMI	[-]	Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute
SBS	[-]	Spent Brass Sorter
SW	[-]	Smith & Wesson
s_8	[m]	Stlačení drátu pružiny
s_9	[m]	Limitní stlačení pružiny
t	[s]	Doba kmitu
t_p	[m]	Rozteč závitu pružiny
WMR	[-]	Winchester Magnum Rimfire
W_k	[mm ³]	Modul průřezů v krutu
$x_{\dot{z}}$	[m]	Okamžitá výchylka plochy
$x_{\dot{z}x}$	[m]	Okamžitá výchylka plochy ve směru pohybu materiálu



DIPLOMOVÁ PRÁCE

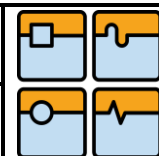
x_{zy}	[m]	Okamžitá výchylka plochy ke směru pohybu materiálu
$X_{zvoleno}$	[m]	Zvolená amplituda kmitání vibračního rámu
X_z	[m]	Skutečná amplituda kmitání vibračního rámu
y	[m]	Pracovní chod pružiny
z	[-]	Celková počet závitů pružiny
β	[°]	Úhel kmitání žlabu vibračního dopravníku
ε	[°]	Úhel sklonu roštů
ω	[s ⁻¹]	Úhlová frekvence
ω_o	[s ⁻¹]	Vlastní frekvence stroje
π	[-]	Ludolfovo číslo
τ	[Pa]	Vyvolané napětí
τ_{Dk}	[Pa]	Dovolené smykové napětí
τ_g	[Pa]	Napětí pružiny v mezním stavu



Seznam obrázků

Obr. 3 Příklad odpadu ze střelnice	Str. 14
Obr. 4 Základní schéma střelnice podle ČSN 39 5401	Str. 14
Obr. 3 Náboje – základní části	Str. 15
Obr. 4 a) Středový zápal Berdan, b) Středový zápal Boxer, c) Okrajový zápal	Str. 15
Obr. 5 Tvary nábojnic	Str. 16
Obr. 6 Shell Sorter™	Str. 19
Obr. 7 The Ultimate Sorter Model 4	Str. 20
Obr. 8 Přídavný zásobník The Ultimate Sorter	Str. 20
Obr. 9 Vibrační bubnový třídíč	Str. 21
Obr. 10 Rotační třídíč nábojnic CAMDEX	Str. 22
Obr. 11 Třídící linka SBS	Str. 22
Obr. 12 Příklad stanovení max. rozměrů náboje 7,62 x 54 R organizací C.I.P.	Str. 24
Obr. 13 Pneumatické vibrátory	Str. 27
Obr. 14 Elektrický vibrátor MVE	Str. 28
Obr. 35 Elektromagnetický separátor uložený souběžně s pásem	Str. 30
Obr. 16 Elektromagnetický separátor uloženy příčně k pásu	Str. 30
Obr. 17 Elektromagnetický separátor sběrací	Str. 31
Obr. 18 Elektromagnetické separační bubny s dopravníkem	Str. 31
Obr. 19 Elektromagnetický separační buben s násypkou	Str. 31
Obr. 40 Využití vířivých proudů k separaci kovů	Str. 32
Obr. 21 Magnetický rošt	Str. 32
Obr. 22 Tvary násypek	Str. 33
Obr. 23 Schéma konstrukčního návrhu č. 1	Str. 34
Obr. 24 Schéma konstrukčního návrhu č. 2	Str. 35
Obr. 25 Schéma konstrukčního návrh č. 3	Str. 36
Obr. 26 Křivky dovolené deformace podle typu uložení pružin	Str. 49

Obr. 27 Sestava vibrační třídičky nábojnic	Str. 50
Obr. 28 Sestava vibrační třídičky nábojnic	Str. 50
Obr. 29 Sestava vibračního rámu	Str. 51
Obr. 30 Sestava vibračního rámu	Str. 51
Obr. 31 Vibrační rám	Str. 52
Obr. 32 Plechová konstrukce a síto (15mm)	Str. 52
Obr. 33 Klapka pro vyřazení síta oddělující puškové nábojnice	Str. 53
Obr. 34 Klapka pro vyřazení síta oddělující puškové nábojnice	Str. 53
Obr. 35 Rošt oddělující brokové nábojnice	Str. 53
Obr. 36 Rošt oddělující nečistoty a nábojnice ráže .22	Str. 53
Obr. 37 Hlavní rošt s PVC lištami	Str. 54
Obr. 38 Hlavní rošt s PVC lištami	Str. 54
Obr. 39 Vibrátor Vibros NO24	Str. 55
Obr. 40 Vnější rám třídičky	Str. 55
Obr. 41 Pásový dopravník	Str. 56
Obr. 42 Podpěrná tlačná pružina	Str. 56
Obr. 43 Násypka	Str. 57
Obr. 44 Ovládací panel třídičky	Str. 57
Obr. 45 Schéma elektrického zapojení třídičky	Str. 58
Obr. 46 Boxy na nábojnice	Str. 59
Obr. 47 Pojezdová kladka s úplnou brzdou	Str. 59
Obr. 48 Vibrační třídička bez krytování	Str. 60



Seznam tabulek

Tab. 1 Seznam tříděných nábojnic	Str. 19
Tab. 2 Základní sestavení The Ultimate Sorter	Str. 20
Tab. 3 Rozměry nepoužívanějších nábojnic podle C.I.P.	Str. 25
Tab. 4 Složení nábojnic ze střelnic	Str. 26
Tab. 5 Specifikace vibrátoru NO24	Str. 54
Tab. 6 Rozměry vibrátoru NO24	Str. 54
Tab. 7 Rozměry tlačné pružiny	Str. 56
Tab. 8 Cena použitých polotovarů	Str. 61
Tab. 9 Cena za provedené činnosti	Str. 61
Tab. 10 Ceny dalších položek	Str. 61



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Seznam příloh

14-05-A00-00	SESTAVA TŘÍDIČKY	VÝKRES SESTAVENÍ
14-05-A04-00	SESTAVA TŘÍDIČKY	KUSOVNÍK
14-05-A02-200	SESTAVA VIBRAČNÍHO RÁMU	VÝKRES SESTAVENÍ
14-05-A04-200	SESTAVA VIBRAČNÍHO RÁMU	KUSOVNÍK
14-05-A01-201	SVAŘENEC VIBRAČNÍHO RÁMU	VÝKRES SVAKU
14-05-A04-201	SVAŘENEC VIBRAČNÍHO RÁMU	KUSOVNÍK
14-05-A03-203	ROŠT - 22	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-204	PŘEPAD	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A01-205	ROŠT HLAVNÍ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A02-206	SKLUZ ODPAD	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-209	SKLUZ BROKOVÉ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-210	SKLUZ OCELOVÉ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-211	SKLUZ PUŠKOVÉ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-212	TRYCHTÝŘ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A01-220	SESTAVA K. SÍTA	VÝKRES SESTAVENÍ
14-05-A04-220	SESTAVA K. SÍTA	KUSOVNÍK
14-05-A02-221	PLECHOVÁ KONSTRUKCE	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-222	KLAPKA – SVAREK	VÝKRES SVARKU
14-05-A03-223	ROŠT – BROKOVÉ	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A03-224	DNO OCEL	VÝROBNÍ VÝKRES
14-05-A01-40	SVAŘENEC RÁMU	VÝKRES SVARKU
14-05-A04-40	SVAŘENEC RÁMU	KUSOVNÍK