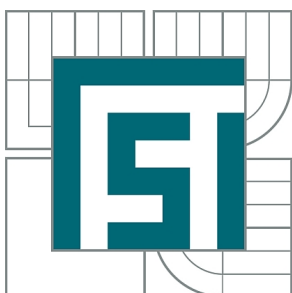




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

NÁVRH KONSTRUKCE OMÍLÁČÍHO STROJE

SUGGESTION OF TUMBLING MACHINE'S CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR MATULA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOŠ SYNEK

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Matula

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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 omílacího stroje

v anglickém jazyce:

Suggestion of tumbling machine's construction

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte konstrukční řešení omílacího stroje

Cíle diplomové práce:

Navrhněte konstrukční řešení omílacího stroje.

Omílání na mokro s použitím keramických tělísek.

Seznam odborné literatury:

Kolíbal, Zdeněk

Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 189 s. ISBN 80-214-0526-0

Kolíbal, Zdeněk

Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periferií Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno PC DIR 1993 165 s. ISBN 80-214-0533-3

Ehrenberger, Zdeněk

Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací Ehrenberger, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 145 s.

Bělohoubek, Pavel

Průmyslové roboty IV. Projektování výrobních systémů s PRaM Bělohoubek, Pavel 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 88 s. ISBN 80-214-0532-5

Pokorný, Karel

Stavba elektrických strojů I Pokorný, Karel Praha SNTL 1984 185 s.

internet a stránky jednotlivých výrobců

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloš Synek

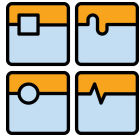
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 21.11.2013 16:06




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


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan



ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce vibračního omílacího stroje pro omílání mosazných nábojnic. Práce obsahuje teoretickou část popisující princip omílání a možnosti jeho využití, dále charakterizuje různé typy omílacích strojů a jejich jednotlivých částí. Praktická část práce zahrnuje funkční výpočet vibračního omílacího stroje, návrh pohonu, tlačných pružin nesoucích omílací nádobu a kontrolní výpočet těchto pružin. Kompletní omílací zařízení je vytvořeno ve 3D modelovacím programu. K práci je přiložena výkresová dokumentace jednotlivých výkresů sestav, podsestav a samostatných dílů dle zadání.

KLÍČOVÁ SLOVA

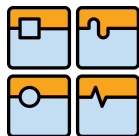
Omílací stroj, omílací tělíska, omílání, vibrační elektromotor, compound, pružiny, separační síto.

ABSTRACT

The master's thesis deals with a suggestion of vibratory tumbling machine's construction for tumbling of brass cartridges. The thesis contains theoretical part which describes the principle of tumbling and its possibility of using, further characterizes various types of tumbling machines and their parts. Practical part of thesis includes functional calculations of vibratory tumbling machines, draft of power, compression springs bearing tumbling container and control calculation of these springs. Complete tumbling machine is created in a 3D modeling program. Drawing documentation which includes individual drawings of assemblies, secondary assemblies and their particular parts according to task is enclosed.

KEYWORDS

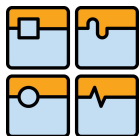
Tumbling machine, bodies tumbling, tumbling, vibration electric motor, compound, springs, separation sieve.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MATULA, P. *Návrh konstrukce omílacího stroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 64 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloš Synek.



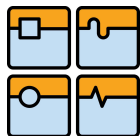
DIPLOMOVÁ PRÁCE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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 30. května 2014

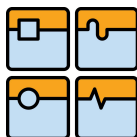
.....
Bc. Petr Matula



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PODĚKOVÁNÍ


Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Miloši Synkovi za cenné rady a vstřícné vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, přítelkyni a nejbližším za podporu a porozumění během celého studia.

**OBSAH**

1 Úvod	10
1.1 Doplnění zadání	11
1.2 Cíle práce	11
2 Omílání	12
2.1 Aplikace omílání	12
2.2 Odjehlování	12
2.3 Odstraňování otřepů tlakových odlitků	13
2.4 Zaoblování hran	13
2.5 Vyhlazování povrchu	14
2.6 Kuličkování	14
2.7 Odmašťování	14
2.8 Čištění povrchů	15
2.9 Leštění	15
2.10 Broušení a leštění současně	16
2.11 Moření a odstranění rzi	16
2.12 Nanášení kluzných prostředků	16
2.13 Zvýšení přilnavosti gumy na kov	17
2.14 Dekorativní nástřik drobných dílců	17
3 Omílací stroje	18
3.1 Vibrační zařízení s kruhovou nádobou	18
3.2 Vibrační omílací žlaby	19
3.3 Odstředivá zařízení	19
3.4 Lineární průchozí omílací zařízení	20
3.5 Zařízení pro vlečné broušení	20
3.6 Omílací bubny a zvony	21
3.7 Speciální procesy	21
4 Omílací tělíska	24
4.1 Keramická omílací tělíska	25
4.2 Plastová omílací tělíska	25
4.3 Flokulanty	25



4.4	Compoundy	26
4.5	Speciální média	26
5	Konstrukce omílacího stroje.....	28
5.1	Nastínění řešení	29
5.2	Možné varianty	29
5.3	Zhodnocení a výběr varianty	30
6	Výpočet omílacího stroje.....	31
6.1	Hlavní technické parametry.....	31
6.2	Výpočet úhlu sklonu žlabu vibračního stroje	31
6.3	Výpočet parametrů vibračního omílacího stroje [2].....	32
6.4	Potřebný tah vibračního elektromotoru [2]	35
6.5	Výpočet pružin [3].....	36
7	Jednotlivé části omílacího stroje	44
7.1	Stojan	45
7.2	Omílací nádoba.....	45
7.3	Pružiny.....	46
7.4	Vibrační motor.....	47
7.5	Separací síto s klapkou	49
7.6	Volba omílacích tělísek	50
7.7	Volba compoundu	51
7.8	Konstrukční uzly	51
8	Ekonomické hledisko	54
	Závěr.....	55
	Použité informační zdroje.....	56
	Seznam použitých zkratk a symbolů	57
	Seznam obrázků	60
	Seznam tabulek.....	62
	Seznam příloh.....	63

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 ÚVOD

Vznik nerovností a otřepů doprovází prakticky každý přetvárný proces. Tyto prvky jsou nežádoucí, a proto je nezbytné zvolit technologii k jejich odstranění. Původ technologie omílání má svou podobu již v přírodním procesu ohlazování kamenů. Díky omílání lze povrch nejen vyhlazovat, ale také např. čistit, odmašťovat, leštit.


Předmětem diplomové práce je konstrukce vibračního omílacího stroje, který může být využit jako univerzální stroj pro odjehlování a leštění neželezných kovů malých obrobků. V této práci je tento typ omílacího stroje koncipován pro omílání mosazných nábojnic.

Před samotnou konstrukcí stroje je pozornost věnována nejprve vysvětlení principu omílání a jeho možnosti a aplikace. Je charakterizováno odjehlování, odstranění otřepů tlakových odlitků, zaoblování hran, vyhlazování povrchu, kuličkování, odmašťování, čištění, leštění, broušení, moření a odstranění rzi, nanášení kluzných prostředků, zvýšení přilnavosti gumy na kov, a dekorativní nástřik drobných dílců.

V následující kapitole jsou popisovány jednotlivé omílací stroje, jedná se o vibrační zařízení s kruhovou nádobou, vibrační omílací žlaby, odstředivá zařízení, lineární průchozí omílací zařízení, zařízení pro vlečné broušení, omílací bubny a zvony. Závěrem kapitola uvádí další speciální procesy.

Nezbytnou součástí omílání, bez kterého by technologie nemohla fungovat, jsou omílací tělíška. Práce charakterizuje jednotlivé typy omílacích tělíšek, dále popisuje flokulanty, compoundy a speciální média.

Následně přichází na řadu charakteristika zvolené varianty vibračního omílání pro konstrukci výše uvedeného vibračního omílacího stroje pro omílání mosazných nábojnic. Konstrukce zahrnuje celistvý výpočet a návrh hlavních parametrů omílacího žlabu, výpočet tahu vibračního motoru, výpočet a následnou kontrolu pružin nesoucích omílací nádobu. Součástí práce je příloha výkresové dokumentace.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1.1 DOPLNĚNÍ ZADÁNÍ

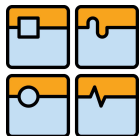
Omílací stroj je určen jako vibrační zařízení.

1.2 CÍLE PRÁCE

Navrhnout konstrukční řešení omílacího stroje.

Omílání na mokro s použitím keramických tělísek.

Nakreslit celkovou sestavu, podsestavy a výrobní výkresy hlavní části omílacího stroje.



2 OMÍLÁNÍ

Technologie omílání může být spatřena již v přírodním procesu ohlazování kamenů spolupůsobením křemenného písku a vody. Podstatou je vzájemný relativní pohyb brusiva a broušeného předmětu. Pro moderní technologii omílání je typické využití různých druhů uměle vytvořených brusných segmentů (omílacích tělísek), které se navzájem liší svým tvarem, velikostí a účinností. Na úspěšný výsledek celého procesu mají vliv optimální omílací tělíska, vhodné strojní zařízení, čisticí prostředek (tzv. compound) a voda. Působení omílacích tělísek lze přirovnat k činnosti tisíců miniaturních pilníčků [8].

Při každém procesu výroby kovových součástí (lití, lisování, řezání, obrábění) dochází ke vzniku nerovností, otřepů a znečištění povrchu výrobků. Technologie k jejich odstranění je vždy podobná, i když se jedná o rozmanité tvary. Díky omílání lze realizovat širokou škálu technologických požadavků, např. odstraňování otřepů, zaoblování hran, vyhlazování povrchu a jeho leštění, broušení, odmašťování, čištění, odstraňování okují a broušení řezu [6].

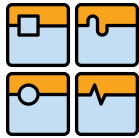
2.1 APLIKACE OMÍLÁNÍ

Omílání je vhodné pro všechny kovy, plast, gumu, drahé kamení apod. U řady obrobků je vyžadována hladkost povrchu. Omílání se využívá např. u dekorativních prvků (pro lepší design), u kulových čepů (pro lepší tření), u turbínových lopatek tryskových motorů (pro nižší odpor vzduchu), u nábytkového kování (pro tenčí vrstvu kovu při následné galvanické úpravě), u šnekových převodů (pro nižší otěr a nižší hlučnost u ložisek). Dále se omílání používá v zubním odvětví pro opracování polotovarů zubních protéz, pro mytí a leštění příborů v hotelech, pro výrobu šperků ve zlatnictví, pro leštění kloubních náhrad. Drahá ruční práce (odstraňování otřepů, broušení, leštění) může být nahrazena právě speciálními procesy na bázi základní technologie, a to mnohdy i v lepší technické kvalitě [5].

2.2 ODJEHLOVÁNÍ

Omílací stroje vyvolávají pohyb masy omílacích tělísek a obrobků. Působí zde odstředivá síla, prostřednictvím které vystupuje masa tělísek vzhůru podél stěny pracovního prostoru. Následně dojde až do bodu, kde má nulovou kinetickou energii a díky gravitaci se vrátí zpět na rotující dno. Tento složený spirálový pohyb a velké odstředivé síly vedou k vysokému tlaku a k intenzivnímu pohybu obrobků a odjehlovacích tělísek. Proto je odjehlování velmi intenzivní a je spojeno s krátkými pracovními časy.

Omílání umožňuje agresivní i šetrnější postupy. Za agresivní postup lze považovat např. odjehlování hran sériových výrobků, kdežto šetrný postup slouží např. pro vyhlazování povrchu a leštění. V odstředivých omílacích zařízeních jsou odjehlovány např. destičky a čepy řetězů moto-velo, vojenské nože, klipsy propisovacích tužek, různá pouzdra a mince. Dalším příkladem odjehlování v odstředivých strojích je odjehlování lamel pro textilní stroje o tloušťce menší než 0,3 mm, odjehlování plastových výlisků nebo odjehlování gumových manžet [6].



Obr. 1 – Odjehlování [8]

2.3 ODSTRAŇOVÁNÍ OTŘEPŮ TLAKOVÝCH ODLITKŮ

Díky omílání dojde u tlakových odlitků z hliníku, hořčíku nebo zinku nejen k odstranění otřepů, blan a zbytků mazadel, ale také získají čistý, světlý a homogenní povrch. Existuje celá řada vibračních omílacích zařízení, plastových omílacích tělísek i pasivačních compoundů, které jsou vyvinuty speciálně pro tlakové odlitky [8].




Obr. 2 – Odstraňování otřepů tlakových odlitků [8]

2.4 ZAObLOVÁNÍ HRAN

Mají-li obrobky ostré hrany, obtížně po sobě kloužou a zachytávají se v automatických dávkovacích zařízeních a zásobnících. Může pak dojít k jejich vzájemnému poškození. Pro zaoblení hran je vyžadován vysoký brusný výkon. Z toho důvodu jsou pro obrobky malé až střední velikosti využívána odstředivá omílací zařízení [8].



Obr. 3 – Zaoblování hran [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2.5 VYHLAZOVÁNÍ POVRCHU

Technologii omílání pro vyhlazování povrchu lze použít pro kovy, keramiku, dřevo, nebo plasty. Cílem je dosáhnout např. lepšího vzhledu, nižšího tření, nižšího odporu vzduchu, tiššího chodu, menšího opotřebení [8].



Obr. 4 – Vyhlažování povrchu [8]

2.6 KULIČKOVÁNÍ

Pohledové díly vyžadují skvělý vzhled i bez náročného a drahého leštícího procesu. Toho lze docílit pomocí omílání ve speciálních ocelových kuličkách nebo satelitech. Kromě dosažení atraktivního metalického vzhledu je zde i domněnka vedlejšího efektu zpevňování povrchové vrstvy (tzv. peening efekt). Tento efekt přináší např. vyšší odolnost vůči korozi [8].



Obr. 5 – Kuličkování [8]

2.7 ODMAŠŤOVÁNÍ

Mazadla, nejčastěji na bázi minerálních olejů, se využívají při lisování, řezání pilou a řadě dalších tvářecích procesů. Na povrchu ulpívá mastnota, která musí být často před dalšími technologickými kroky odstraněna. Odmašťování lze provádět v omílacích strojích spolu s dalšími technologickými úkony jako je např. odjehlování nebo zaoblování hran paralelně [8].

*Obr. 6 – Odmašťování [8]*

2.8 ČIŠTĚNÍ POVRCHŮ


Komponenty pro další opracování, při opravách nebo repasích, musí být důkladně očištěny. Využití omílací techniky je oproti ruční práci hospodárnější a efektivnější [8].

*Obr. 7 – Čištění povrchů [8]*

2.9 LEŠTĚNÍ

Nožířské zboží, armatury a mnohé jiné dekorativní díly jsou charakteristické svým leskem. Provádět leštění ruční prací je však časově i finančně náročné, nehledě na zdravotní rizika. Pro tento účel poskytuje omílání především osvědčenou technologii používající mj. práškové koncentráty brusných a leštících past [8].

*Obr. 8 – Leštění [8]*

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2.10 BROUŠENÍ A LEŠTĚNÍ SOUČASNĚ

Existuje metoda, která umožňuje provést operace broušení a leštění jako jeden technologický úkon, tedy současně, resp. bezprostředně po sobě. Tento proces probíhá ve vibračním omílacím stroji. Dochází zde ke kontinuálnímu vzájemnému pohybu masy leštících omílacích tělísek a obrobků s hmotou tvořenou speciálními brusnými a lešticími minerálními přísadami. Jako omílací tělíska jsou nejčastěji využívány porcelánové válečky průměru 3 až 6 mm. Minerálie se samy rozmělní a přemění na jemný leštící prášek, během omílání dojde nejdříve k vyhlazení drsného povrchu. V této fázi je voda do omílacího stroje přiváděna minimálně, nahrazuje jen ztráty vzniklé odpařením. Po dosažení požadované hladkosti povrchu jsou minerálie ze stroje odplaveny. Následně s lešticími tělísky za kontinuálního přidávání účinné látky a vody proces pokračuje [5].

2.11 MOŘENÍ A ODSTRANĚNÍ RZI

Odstranění okují, rzi a nežádoucího zbarvení povrchu lze efektivně a hospodárně dosáhnout díky omílací technologii. K tomuto účelu se využívají speciální kyselé, nebo zásadité compoundy, jejichž působením dojde při omílacím procesu k vyčištění, zesvětlení a celkovému zatraktivnění vzhledu dílů [8].



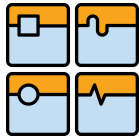
Obr. 9 – Moření a odstranění rzi [8]

2.12 NANÁŠENÍ KLUZNÝCH PROSTŘEDKŮ

Speciální kluzný prostředek se nanáší na O-kroužky, těsnící komponenty, dřívky ventilů atd. Slouží ke snížení třecích odporů, zabránění zadrhávání nebo urychlení pohybu v automatizovaných plnicích zařízeních [8].



Obr. 10 – Nanášení kluzných prostředků [8]



2.13 ZVÝŠENÍ PŘILNAVOSTI GUMY NA KOV

Pro zvýšení přilnavosti se před vulkanizací gumy na kovové součásti nanáší na jejich povrch speciální přípravky. Samozřejmostí je požadavek vysoké produktivity a reprodukovatelné kvality procesu [8].




Obr. 11 – Zvýšení přilnavosti gum na kov [8]

2.14 DEKORATIVNÍ NÁSTRÍK DROBNÝCH DÍLCŮ

Jedná se o kosmetickou úpravu povrchů drobných součástek. Využívají se dekorativní nebo funkční laky, speciální vícesložkové laky nebo ekologicky šetrné, vodou ředitelné laky v milionových sériích [8].



Obr. 12 – Dekorativní nástřík drobných dílců [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 18
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3 OMÍLACÍ STROJE

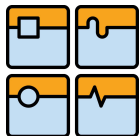
Volba strojního zařízení závisí na požadované intenzitě omílání a na velikosti a tvaru součásti, která se má omílat. Např. pro odstraňování otřepů (nejčastější technologický úkon) lze využít zařízení mající formu od nejjednoduššího kruhového vibrátoru přes odstředivé omílací zařízení až po ucelené výrobní linky, jejichž hlavní součást představují průběžná vibrační omílací zařízení (lineární nebo spirálová). Zaoblování hran vyžaduje vysoký brusný výkon (asi 10 x větší než vyvozují vibrační stroje), z toho důvodu jsou vhodnými stroji odstředivá omílací zařízení. Tato zařízení jsou charakteristická poměrně jednoduchou automatizací, nevýhodou je však vyšší investice a provozní náklady, které vyplývají z větší spotřeby omílacích tělísek. U řady obrobků je vyžadována hladkost povrchu. Omílání se využívá např. u dekorativních prvků (pro lepší design), u kulových čepů (pro lepší tření), u turbínových lopatek tryskových motorů (pro nižší odpor vzduchu), u nábytkového kování (pro tenčí vrstvu kovu při následné galvanické úpravě), u šnekových převodů (pro nižší otěr a nižší hlučnost u ložisek), u žehliček (pro vyhlazení povrchu po plazmování a pro leštění). Leštění se využívá i během výroby dekorativních prvků, armatur a fitinků, komponentů hudebních nástrojů, galanterního zboží, lodních šroubů (sportovní čluny) a zdravotnických výrobků (zpevňovací šrouby, kostní implantáty). Drahá ruční práce může být nahrazena právě speciálními procesy na bázi základní technologie, a to mnohdy i v lepší technické kvalitě [6].

3.1 VIBRAČNÍ ZAŘÍZENÍ S KRUHOVOU NÁDOBOU

Pro širokou škálu obrobků i aplikací lze použít vibrační omílací stroje s kruhovou pracovní nádobou. Své využití nachází nejen při agresivním odjehlování a zaoblování hran, ale také při čištění povrchů a leštění až do vysokého lesku. Tyto vibrační omílací stroje se vyznačují univerzálností, hospodárností a vysokou produktivitou. Mohou být využívány samostatně nebo jako součást ucelené automatizované výrobní linky. V těchto omílacích zařízeních se používají bezúdržbové vibrační pohony s trvalou mazací náplní. Vnitřní výstelku pracovní nádoby tvoří speciální odolný, za horka litý polyuretan [8].



Obr. 13 – Vibrační zařízení s kruhovou nádobou [8]



3.2 VIBRAČNÍ OMÍLACÍ ŽLABY

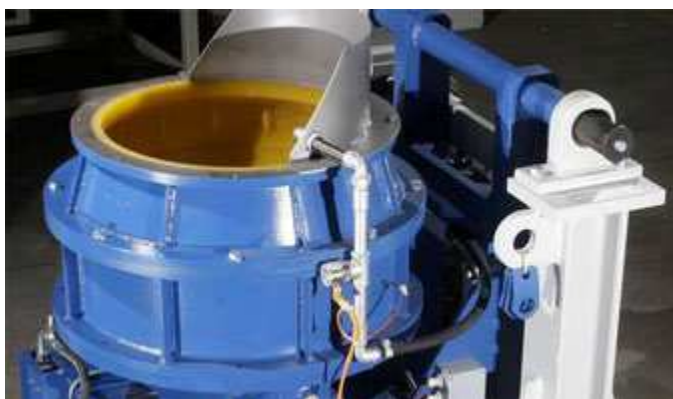
Vibrační omílací žlaby nachází své uplatnění při omílání rozměrných nebo choulostivých obrobků. Pracovní prostor žlabu může být speciálními oddělovači rozdělen na několik samostatných komor. Díky tomu se obrobky vzájemně nedotknou a nepoškodí. Některé obrobky mohou být omílány v upnutém stavu a to díky speciálně konstruovaným upínačům. Bezúdržbové vibrační pohony mají trvalou mazací náplň. Vnitřní výstelku pracovní nádoby tvoří taktéž speciální odolný, za horka litý polyuretan [8].




Obr. 14 – Vibrační omílací žlab [8]

3.3 ODSŤŘEDIVÁ ZAŘÍZENÍ

Odstředivá vibrační omílací zařízení charakterizuje extrémně vysoká intenzita brusného procesu. Odstředivé omílání je ve srovnání s vibračním omíláním přibližně 10 x rychlejší. Tuto technologii lze využít nejčastěji pro odstranění silných otřepů a pro agresivní zaoblení hran u drobnějších kompaktních obrobků. Existuje dvojí provedení odstředivých vibračních zařízení, první pro zpracování jedné dávky obrobků a druhé pro paralelní zpracování dvou dávek obrobků. Zatímco je první šarže po omletí oddělena od omílacích tělísek, druhá je mezitím v pracovní nádobě omílána [8].



Obr. 15 – Odstředivá zařízení [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.4 LINEÁRNÍ PŘUCHOZÍ OMÍLACÍ ZAŘÍZENÍ

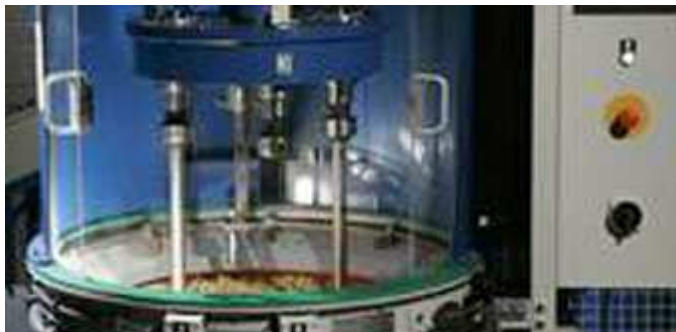
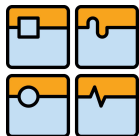
Pro kontinuální omílání obrobků na jeden průchod jsou koncipována průchozí vibrační omílací zařízení. Ve stanoveném taktu jsou do zařízení vkládány obrobky a ve stejném taktu ze zařízení také vystupují. Tyto typy omílacího zařízení jsou vhodné pro snazší odjehlování nebo odmašťování obrobků během relativně krátké doby. Zařízení jsou charakterizována vysokou produktivitou. Své uplatnění nachází nejlépe v kontinuálních výrobních linkách. Pracovní kanál může být rovný nebo stočen do tvaru šneku. Má-li zařízení rovný kanál, změny rychlosti průchodu obrobků je dosahováno změnou frekvence kmitů separátního vibračního pohonu, tzv. vynášecího kanálu [8].



Obr. 16 – Lineární průchozí omílací zařízení [8]

3.5 ZAŘÍZENÍ PRO VLEČNÉ BROUŠENÍ

Technologie vlečného broušení nachází svůj význam především při omílání složitých obrobků s vysokými nároky na kvalitu. Jedná se o obrobky hodnotné, choulostivé, tvarově složité, např. lodní šrouby, turbínové lopatky, tělesa čerpadel a kompresorů, vrtáků, stopkových, válcových a závitových fréz atd. Zařízení je charakterizováno satelitním mechanismem a několika upínacími stanicemi. Do těchto stanic je upnut každý obrobek zvlášť, aby nedošlo k jejich vzájemnému poškození. Ve srovnání s vibračním omíláním je intenzita broušení u vlečného omílání až 40-násobná [8].



Obr. 17 – Zařízení pro vlečné broušení [8]

3.6 OMÍLACÍ BUBNY A ZVONY

Omílací bubny a zvony jsou ideálním řešením pro omílání velmi malého množství drobných obrobků. Využívá se klasický osmiboký omílací zvon nebo stolní bubínek [8].



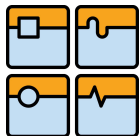
Obr. 18 – Omílací bubny a zvony [8]

3.7 SPECIÁLNÍ PROCESY

OPRACOVÁNÍ RÁFKŮ

Tento kompaktní stroj slouží pro opracování ráfků. Zařízení je ideálně použitelné pro předbroušení, jemné broušení a leštění malých sérií a zvláštních ráfků dosahující velikosti maximálně 24". Obsluha zařízení je snadná a výměna brusných tělísek je rychlá. Díky tomu je možné vyleštit ráfky do zrcadlového lesku během několika málo hodin.

Zařízení vytvořené speciálně pro opracování ráfku umožňuje zvýšení výkonnosti až o 120 procent ve srovnání s tradičními dvoumotorovými stroji. Vibrační motor tohoto zařízení je mimořádně robustní, má dlouhou životnost a plynulou regulaci rychlosti. Umožňuje flexibilní přizpůsobení každému požadavku při opracování [7].



Obr. 19 – Opracování ráfku [7]

SYSTÉMY PRO ČIŠTĚNÍ, SUŠENÍ A LEŠTĚNÍ PŘÍBORU

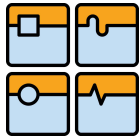
Systémy se využívají pro kombinované čištění příboru se sušením a leštěním beze skvrn, hlavně u příboru se zaschlými zbytky jídel. Příbory různého druhu, např. ze stříbra a ušlechtilé oceli, můžou být také opětovně upravovány - lze z nich odstranit stopy po použití nebo lehké napadení korozí [7].



Obr. 20 – Systém pro čištění, sušení a leštění příboru [7]

OPRACOVÁNÍ MINCÍ

Vývoj a technika opracování mincí je založena na osvědčeném know-how. Provádí se čištění plošek oběžných mincí pro žhánání nebo předběžné či dodatečné opracování hrubých výlisků mincí [7].



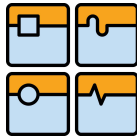
Obr. 21 – Opracování mincí [7]

OPRACOVÁNÍ SKÁLY

Tato metoda se používá v oboru techniky broušení a otryskávání kamene za účelem dosažení „antického povrchu“, který je těžko odlišitelný od vzhledu přirozeně zestárnutého kamene. Zařízení pro opracování kamene byla speciálně vyvinuta pro mramor a jiné kameny. Jejich vibrační pohon má zvýšený výkon. Svařovaná konstrukce zařízení je značně robustní [7].



Obr. 22 – Opracování skály [7]



4 OMÍLACÍ TĚLÍSKA

Omílání představuje nejen specifický proces povrchových úprav, ale poskytuje i možnost cílené změny a zušlechťení povrchů. Díky správné kombinaci strojního zařízení a procesních materiálů, tzv. Chips & Compounds, je dosahováno optimálních výsledků opracování [8].

Rychlost broušení, leštění a vzhled povrchu dílce jsou ovlivňovány typem tělíška. Tvar omílacího tělíška je volen tak, aby dokázal opracovat všechny plochy a záhyby. Dalším parametrem ovlivňujícím výběr tělíšek je zabránění uvíznutí, vzpříčení se v dírách, otvorech a dutinách dílců. Větší omílací tělíška pracují více agresivně. Např. trojboké hranoly, hvězdice, pyramidy a kosočtverce pracují hruběji než elipsoidy, koule a válečky [5].

Tab. 1 Výběrová kritéria pro technologické prostředky [5]

Brousící a lešticí tělíška	Jakost	Jakost brousících a lešticích tělíšek určuje výkon broušení a obraz broušení povrchu.
	Tvar	Tvar brousících a lešticích tělíšek musí být sladěn s geometrií obrobků, takže lze zasáhnout všechny kontury a nevznikají žádná místa, kde by mohlo dojít ke zpříčení (uváznutí) tělíšek. Tvar brousících a lešticích tělíšek ovlivňuje rovněž chování při broušení: měkké, zaoblené tvary pracují méně agresivně než hranaté geometrie brousících a lešticích tělíšek.
	Velikost	Čím větší a těžší je brousící a lešticí tělíško, tím intenzivnější je výkon broušení a leštění a tím hrubší je obraz broušení.
	Separace	Za účelem jednodušší separace je nutno zvolit dostatečný rozdíl velikostí mezi obrobkem a brousícím a lešticím tělíškem - feritické obrobky je možno od brousících a lešticích tělíšek oddělit magneticky. Ve speciálních případech vyvíjíme individuální řešení.
Kompound	Typ	Kompound pro broušení a leštění má primární úkol, a to udržet povrch brousících a lešticích tělíšek a povrch obrobků čistý a zajišťovat konstantní úroveň jakosti procesu broušení a leštění. Kompound pro broušení a leštění je volen účelově podle <ul style="list-style-type: none">▶ materiálu, který se má opracovávat▶ podle oblastí nasazení▶ podle vlastností kompoundu Kapalné kompoundy jsou nasazovány přednostně, protože nejlépe splňují požadavky na moderní dávkovací systémy. Práškové kompoundy doplňují v jednotlivém případě opracování broušením a leštěním.
Aditiva	Separátory	Pokud již nejsou dostačující jiná opatření, pak se pakování plochých obrobků bezpečně zamezí pomocí adhezivních oddělovacích kuliček.
	Brousící přísada	Zesiluje ve speciálním případě výkon broušení. Přidání probíhá v dávkách po cca 0,5 - 1,0 kg na 100 kg brousících a lešticích tělíšek nebo automaticky prostřednictvím dávkovacích systémů pro dávkování práškových prostředků.



4.1 KERAMICKÁ OMÍLACÍ TĚLÍSKA

Keramická omílací tělíska jsou tvořena abrazivními minerálními zrny spojenými keramickou vazbou. Díky vyšší měrné hmotnosti keramiky dochází k většímu tlaku masy tělísek při omílacím procesu. Keramická tělíska jsou schopna agresivního odjehlování. Lze pomocí nich dosáhnout světlého lesklého povrchu obrobku [8].



Obr. 23 – Keramická omílací tělíska [8]

4.2 PLASTOVÁ OMÍLACÍ TĚLÍSKA

Minerální zrna v plastových omílacích tělískách spojuje polyesterová pryskyřice. Tělíska jsou charakteristická svou barevností, vysokým brusným účinkem a tvorbou jemné struktury povrchu, obzvláště u obrobků z neželezných kovů [8].

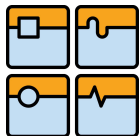


Obr. 24 – Plastová omílací tělíska [8]

4.3 FLOKULANTY

Z omílacího zařízení odchází procesní kapalina, která obsahuje často kromě zbytku kovů a obrusu z omílacích tělísek také mastnotu. Procesní kapalina musí být předem vyčištěna, bez ohledu na to, je-li vypouštěna do kanalizace nebo recyklována. Díky použití flokulantů je procesní kapalina čištěna. Pomocí nich dochází ke shlukování rozptýlených částic do větších vloček a následnému oddělení od čištěné vody.

K čištění procesní kapaliny se používají flokulanty kapalné nebo práškové. Z důvodu snadného dávkování se kapalné flokulanty využívají ve velkých automatických recyklačních zařízeních. Práškové flokulanty nachází své uplatnění v malých zařízeních, kde jsou dávkovány ručně [8].

*Obr. 25 – Flokulanty [8]*

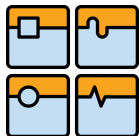
4.4 COMPOUNDY

Compoundy jsou pomocné chemické látky, které čistí a pasivují povrch obrobků, čímž zvyšují účinek omílacích tělísek. Podstatné je udržování čistého povrchu omílacích tělísek, aby byla zajištěna jejich abrazivní schopnost. Standardní compoundy mají především funkci ochranou (proti korozi), čistící a odmašťovací. Speciální compoundy jsou schopny tvorby nebo likvidace pěny, moření, leštění kuličkováním a intenzivního (šokového) odmaštění. Podle skupenství lze compoundy rozdělit na kapalné, práškové a pastové. Zvláštním typem jsou práškové koncentráty brousících a leštících past [8].

*Obr. 26 – Compoundy [8]*

4.5 SPECIÁLNÍ MÉDIA


Nerezové kuličky o průměru 2,5 – 5 mm, satelity a válečky se využívají pro tlakové odjehlování nebo kuličkování. Skleněné kuličky o průměru 2 – 10 mm slouží k odstranění jemných otřepů u tvarově složitých obrobků (i uvnitř). Speciální granulát z drcených kukuřičných stvolů se uplatňuje při sušení obrobků ve vibračních sušičkách. Jedná se o čistou celulózu, která má vynikající absorpční a adsorpční účinky. Granulát poskytuje nejen vysušení, ale také dodatečný čistící a leštící efekt. Speciální plastové mikrokuličky oddělují ploché tenké obrobky, které mají tendenci se při mokřém omílání slepovat [8].



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 27 – Speciální média [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5 KONSTRUKCE OMÍLACÍHO STROJE

V první části kapitoly konstrukce omílacího stroje jsou charakterizovány jednotlivé varianty vibračního omílání. Jedná se o vibrační žlaby a vibrační zařízení s kruhovou nádobou. Další část se zabývá výběrem preferované varianty, která je dále specifikována.

Preferovaná varianta popisuje celý vibrační stroj a následně jsou rozpracovány jednotlivé části, jako jsou stojan, omílací nádoba, pružiny, separační síto s klapkou, vibrační motor, omílací tělíska a compound. Jednotlivé části jsou popsány funkcí, volbou určitého typu z katalogu výrobců a schématem s hlavními rozměry.

Následuje celistvý výpočet a návrh hlavních parametrů omílacího žlabu, výpočet tahu vibračního motoru, výpočet a následná kontrola pružin nesoucích omílací nádobu.

Omílací stroj je koncipován pro omílání mosazných nábojnic. Nicméně je vhodný jako univerzální stroj pro ogehlování a leštění omíláním u neželezných kovů malých obrobků. Vhodnou výměnou omílacích tělísek a compoundu můžou být rozšířeny možnosti omílacího stroje na omílání širokého spektra povrchové úpravy a typů materiálu.



5.1 NASTÍNĚNÍ ŘEŠENÍ

Tato práce se zaměřuje na omílání metodou vibrací, která je šetrná k obráběnému materiálu a vyniká vysokou produktivitou. Je charakterizována dvěma hlavními variantami vibračního omílání.

5.2 MOŽNÉ VARIANTY

VIBRAČNÍ ŽLABY

Klady

- Pro rozměrné obrobky
- Pro choulostivé obrobky
- Obrobky lze upínat do upínačů
- Pracovní prostor lze rozdělit do samostatných komor

Zápory

- Rozměrnější stroj
- Složitější separace menších obrobků



Obr. 28 – Vibrační žlab [7]

VIBRAČNÍ ZAŘÍZENÍ S KRUHOVOU NÁDOBOU

Klady

- Pro menší obrobky
- Univerzální zařízení
- Vysoká produktivita omílání
- Lze provozovat jako součást automatizované výrobní linky
- Jednoduchá separace obrobku

Zápory

- Nelze omílat rozměrnější obrobky

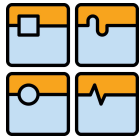


Obr. 29 – Vibrační zařízení s kruhovou nádobou [7]

5.3 ZHODNOCENÍ A VÝBĚR VARIANTY

Z hlediska omílání malého rozměru obrobku, jednoduché separace obrobku a vysoké produktivity je vybráno vibrační zařízení s kruhovou nádobou.

V tomto zařízení jsou používány bezúdržbové vibrační pohony, které mají trvalou mazací náplň. Zařízení je charakterizováno vysokou produktivitou, hospodárností a univerzálností. Využívá se při agresivním odjehlování, zaoblování hran, čištění povrchů a leštění až do vysokého lesku. Své využití nachází jak samostatně, tak jako součást ucelené automatizované výrobní linky.



6 VÝPOČET OMÍLACÍHO STROJE

6.1 HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Omílaná dávka:	2000 ks
Omílaný materiál:	mosazné tělo nábojnice
Hmotnost obrobku:	3,45 g

6.2 VÝPOČET ÚHLU SKLONU ŽLABU VIBRAČNÍHO STROJE

OBVOD ŽLABU

Střední průměr žlabu byl zvolen $d = 0,6$ m.

$$\begin{aligned}o &= \pi \cdot d \\o &= \pi \cdot 0,6 \\o &= 1,885m\end{aligned}\tag{1}$$

$$d = 0,6m \quad \text{Zvoleno}$$

DÉLKA ŽLABU

Výška vibračního žlabu byla zvolena $H = 0,08$ m.

$$\begin{aligned}L &= \sqrt{o^2 + H^2} \\L &= \sqrt{1,885^2 + 0,08^2} \\L &= 1,887m\end{aligned}\tag{2}$$

$$o = 1,885m \quad \text{Vypočteno}$$

$$H = 0,08m \quad \text{Zvoleno}$$

SKLON ŽLABU

$$\begin{aligned}\sin \varepsilon &= \frac{H}{L} \Rightarrow \varepsilon = \arcsin \frac{H}{L} \\ \varepsilon &= \arcsin \frac{0,08}{1,887} \\ \varepsilon &= 2,43 = 2^\circ 26'\end{aligned}\tag{3}$$

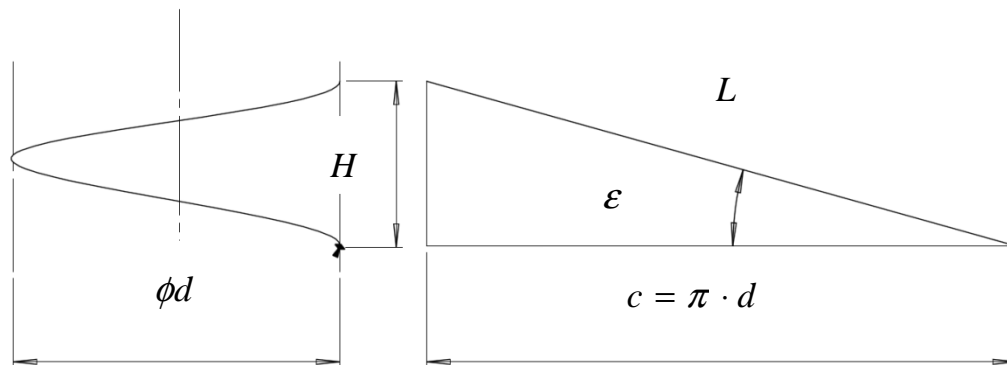


$$L = 1,887m$$

Vypočteno

$$H = 0,08m$$

Zvoleno



Obr. 30 – Úhel sklonu vibračního žlabu

6.3 VÝPOČET PARAMETRŮ VIBRAČNÍHO OMÍLACÍHO STROJE [2]

Základní výpočty parametrů omílacího stroje vycházejí z výpočtu vibračního dopravníku, z důvodu chybějícího selektivního výpočtu vibračního omílacího stroje. Základní princip vibračního omílacího stroje je totožný s vibračním dopravníkem.

Vibrační kontinuální doprava materiálu využívá k přemísťování setrvačných sil, působících na částice dopravovaného materiálu. Setrvačné síly vznikají harmonickým kmitavým pohybem žlabu, při kterém dochází v určité fázi k oddělení částic materiálu od žlabu (svislá složka zrychlení kmitavého pohybu je větší než gravitační zrychlení) [2].

ÚHLOVÁ FREKVENCE KMITÁNÍ ŽLABU

Frekvence kmitání byla zvolena $f = 50 \text{ Hz}$.

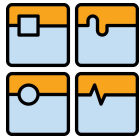
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (4)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$$

$$\omega = 314,15s^{-1}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

Voleno

**DOBA KMITU**

$$t = 1 / f$$

$$t = 1 / 50$$

$$t = 0,02s$$

(5)

$$f = 50Hz$$

Voleno

OKAMŽITÁ VÝCHYLKA PLOCHY

Amplituda kmitání žlabu vibračního dopravníku $X_z = 0,001$ m.

$$x_z = X_z \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$x_z = 0,001 \cdot \sin(314,15 \cdot 0,02)$$

$$x_z = 0,000109m$$

(6)

$$X_z = 0,001m$$

Voleno

$$\omega = 314,15s^{-1}$$

Vypočteno

$$t = 0,02s$$

Vypočteno

OKAMŽITÁ VÝCHYLKA PLOCHY VE SMĚRU POHYBU MATERIÁLU

$$x_{zx} = X_z \cdot \cos \beta \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$x_{zx} = 0,001 \cdot \cos 30 \cdot \sin(314,15 \cdot 0,02)$$

$$x_{zx} = 0,0000947m$$

(7)

$$X_z = 0,001m$$

Voleno

$$\beta = 30^\circ$$

Voleno

$$\omega = 314,15s^{-1}$$

Vypočteno

$$t = 0,02s$$

Vypočteno

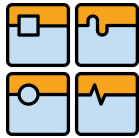
OKAMŽITÁ VÝCHYLKA PLOCHY KE SMĚRU POHYBU MATERIÁLU

$$x_{zy} = X_z \cdot \sin \beta \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$x_{zy} = 0,001 \cdot \sin 30 \cdot \sin(314,15 \cdot 0,02)$$

$$x_{zy} = 0,0000547m$$

(8)



$X_z = 0,001m$	Voleno
$\beta = 30^\circ$	Voleno
$\omega = 314,15s^{-1}$	Vypočteno
$t = 0,02s$	Vypočteno

DVOJÍ DERIVACE SLOŽKY KOLMÉ KE SMĚRU POHYBU

Úhel kmitání žlabu vibračního dopravníku $\beta = 30^\circ$.

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

$$a_{zy} = -0,001 \cdot 314,15^2 \cdot \sin 30 \cdot \sin(314,15 \cdot 0,02)$$

$$a_{zy} = -5,4002m \cdot s^{-2}$$

$X_z = 0,001m$	Voleno
$\beta = 30^\circ$	Voleno
$\omega = 314,15s^{-1}$	Vypočteno
$t = 0,02s$	Vypočteno

Největší hodnota a_{zy} je pro $\omega \cdot t = -1$

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

$$a_{zy\max} = 0,001 \cdot 314,15^2 \cdot \sin 30$$

$$a_{zy\max} = 49,345m \cdot s^{-2}$$

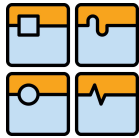
$X_z = 0,001m$	Voleno
$\beta = 30^\circ$	Voleno
$\omega = 314,15s^{-1}$	Vypočteno

PODMÍNKA DOPRAVY DOPRAVNÍKEM S MIKROVRHEM

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

$$\frac{0,001 \cdot 314,15^2 \cdot \sin 30}{9,81} > 1$$

$$\underline{5,03} > 1 \quad \rightarrow \quad \text{Podmínka vyhovuje}$$



$X_z = 0,001m$ Voleno
 $\beta = 30^\circ$ Voleno
 $\omega = 314,15s^{-1}$ Vypočteno

PODMÍNKA DOPRAVY DOPRAVNÍKEM S MIKROVRHEM VE SKLONU

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

$$\frac{0,001 \cdot 314,15^2 \cdot \sin(2,85 + 30)}{9,81} > 1$$

$$\underline{5,45} > 1 \quad \rightarrow \quad \text{Podmínka vyhovuje}$$

$X_z = 0,001m$ Voleno
 $\beta = 30^\circ$ Voleno
 $\omega = 314,15s^{-1}$ Vypočteno
 $\varepsilon = 2^\circ 51'$ Vypočteno

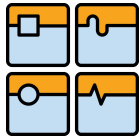
6.4 POTŘEBNÝ TAH VIBRAČNÍHO ELEKTROMOTORU [2]

$$F_{\max} = m_o \cdot \omega^2 \cdot X_z$$
$$F_{\max} = 110,13 \cdot 314,15^2 \cdot 0,001 \quad (13)$$
$$F_{\max} = 10868,8N$$

$X_z = 0,001m$ Voleno
 $m_o = 110,13kg$ Vypočteno
 $\omega = 314,15s^{-1}$ Vypočteno

VÝSLEDNÁ HMOTNOST VŠECH ZÁVAŽÍ

Hmotnosti nádoby, tělísek, compoundu byly změřeny v programu SolidWorks z 3D modelu mého návrhu omílacího stroje. Výsledná hmotnost $m_{\text{nádoba}} = 49,13$ kg, $m_{\text{tělísek}} = 20,1$ kg, $m_{\text{compound}} = 8$ kg. Hmotnost vibračního motoru je vybrána z charakteristik motoru výrobce Finn s. r. o. $m_{\text{motor}} = 26$ kg [4]. Hmotnost omílaného obrobku je dána ze zadání, při výrobní dávce 2000 ks, $m_{\text{obrobku}} = 6,9$ kg.



$$m_o = m_{nádoba} + m_{motor} + m_{tělísk} + m_{compound} + m_{obrobek}$$

$$m_o = 49,13 + 26 + 20,1 + 8 + 6,9$$

(14)

$$m_o = 110,13 \text{ kg}$$

$$m_{nádoby} = 49,13 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

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

$$m_{tělísk} = 20,1 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

$$m_{compound} = 8 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

$$m_{obrobek} = 6,9 \text{ kg} \quad \text{Voleno}$$

6.5 VÝPOČET PRUŽIN [3]

$$y = 0,04 \text{ m} \quad \text{Pracovní chod}$$

$$D_p = 0,05 \text{ m} \quad \text{Nominální průměr pružiny}$$

$$L_o = 0,3 \text{ m} \quad \text{Volná délka pružiny}$$

$$\text{Si Cr Ocel Wr.N. 1.8159} \quad \text{Materiál pružiny}$$

$$\tau_A = 918 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \text{Dovolené namáhání ve smyku}$$

$$E = 206 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad \text{Modul pružnosti}$$

$$G = 8,42 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \quad \text{Modul pružnosti ve smyku}$$

POTŘEBNÁ CELKOVÁ TUHOST PRUŽINY

$$c = m_o \cdot \omega$$

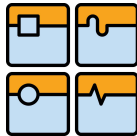
$$c = 110,13 \cdot 314,15$$

$$c = 34597,3 \text{ Nm}^{-1}$$

(15)

$$m_o = 110,13 \text{ kg} \quad \text{Vypočteno}$$

$$\omega = 314,15 \text{ s}^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

**TUHOST JEDNOTLIVÝCH PRUŽIN**

Počet pružin byl zvolen $n = 8$ kusů s ohledem na rovnoměrné rozložení váhy.

$$c_1 = \frac{c}{n} \quad (16)$$

$$c_1 = \frac{34597,3}{8}$$

$$c_1 = 4324,66 Nm^{-1}$$

$$c = 34597,3 Nm^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$n = 8 \quad \text{Zvoleno}$$

MINIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ PRUŽINY

$$F_1 = m_o \cdot g \cdot \frac{1}{n} + F_{\max} \cdot \frac{1}{n}$$

$$F_1 = 110,13 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{8} + 10868,8 \cdot \frac{1}{8} \quad (17)$$

$$F_1 = 1403,61 N$$

$$m_o = 110,13 kg \quad \text{Vypočteno}$$

$$F_{\max} = 10868,8 N \quad \text{Vypočteno}$$

$$n = 8 \quad \text{Zvoleno}$$

MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ PRUŽINY

$$F_8 = m_o \cdot g \cdot \frac{1}{n} + F_{\max} \cdot \frac{1}{n} + c_1 \cdot y$$

$$F_8 = 110,13 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{8} + 10868,8 \cdot \frac{1}{8} + 4324,66 \cdot 0,04 \quad (18)$$

$$F_8 = 1576,59 N$$

$$m_o = 110,13 kg \quad \text{Vypočteno}$$

$$F_{\max} = 10868,8 N \quad \text{Vypočteno}$$

$$c_1 = 4324,66 Nm^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

$$y = 0,04 m \quad \text{Zvoleno}$$

$$n = 8 \quad \text{Zvoleno}$$

**PŘEDPOKLÁDANÝ PRŮMĚR DRÁTU**

Předpokládaný průměr drátu pružiny $d_p = 0,008$ m byl zvolen s ohledem na nominální průměr pružiny.

$$i = \frac{D_p}{d_p} \quad (19)$$

$$i = \frac{0,05}{0,008}$$

$$i = 6,25$$

$$D_p = 0,05m \quad \text{Zvoleno}$$

$$d_p = 0,008 \quad \text{Zvoleno}$$

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

$$K = \frac{6,25 + 0,2}{6,25 - 1} \quad (20)$$

$$K = 1,3$$

$$i = 6,25 \quad \text{Vypočteno}$$

VÝPOČET PRŮMĚRU DRÁTU

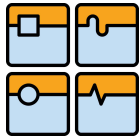
$$d_v = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_8 \cdot D_p \cdot K}{\pi \cdot \tau_A}} \quad (21)$$

$$d_v = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1576,59 \cdot 50 \cdot 1,3}{\pi \cdot 918}}$$

$$d_v = 6,57mm \leq d_p = 8mm \rightarrow \text{Podmínka vyhovuje}$$

$$D_p = 0,05m \quad \text{Zvoleno}$$

$$d_p = 0,008m \quad \text{Zvoleno}$$

**STLAČENÍ DRÁTU**

$$s_8 = \frac{F_8}{c_1} \quad (22)$$
$$s_8 = \frac{1576,59}{4324,66 \cdot 8}$$
$$s_8 = 0,045m$$

$$F_8 = 1576,59N \quad \text{Vypočteno}$$

$$c_1 = 4324,66Nm^{-1} \quad \text{Vypočteno}$$

POČET AKTIVNÍCH ZÁVITŮ

$$n_p = \frac{G \cdot s_8 \cdot d_p^4}{8 \cdot F_8 \cdot D_p^3} \quad (23)$$
$$n_p = \frac{8,42 \cdot 10^{10} \cdot 0,045 \cdot 0,01^4}{8 \cdot 3297,08 \cdot 0,05^3}$$
$$n_p = 12,25 \cong 13$$

$$G = 8,42 \cdot 10^{10} Pa \quad \text{Vypočteno}$$

$$F_8 = 3297,08N \quad \text{Vypočteno}$$

$$s_8 = 0,045m \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,05m \quad \text{Voleno}$$

$$d_p = 0,01m \quad \text{Voleno}$$

CELKOVÝ POČET ZÁVITŮ

$$z = n_p + 1,5$$

$$z = 13 + 1,5$$

$$z = 14,5 \quad (24)$$

$$n_p = 13 \quad \text{Vypočteno}$$

**KONTROLA VYVOLANÉHO NAPĚTÍ**

$$\tau = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D_p \cdot K}{\pi \cdot d_p^3} \quad (25)$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 3297,08 \cdot 0,05 \cdot 1,3}{\pi \cdot 0,01^3}$$

$$\tau = 545 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau = 545 \cdot 10^6 \text{ Pa} \leq \tau_A = 918 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

→ Podmínka vyhovuje

$$K = 1,3 \quad \text{Vypočteno}$$

$$F_8 = 3297,08 \text{ N} \quad \text{Vypočteno}$$

$$D_p = 0,05 \text{ m} \quad \text{Zvoleno}$$

$$d_p = 0,01 \text{ m} \quad \text{Zvoleno}$$

KONTROLA TUHOSTI PRUŽINY

$$c_R = \frac{G \cdot d_p^4}{8 \cdot D_p^3 \cdot n} \quad (26)$$

$$c_R = \frac{8,42 \cdot 10^{10} \cdot 0,01^4}{8 \cdot 0,05^3 \cdot 8}$$

$$c_R = 10525 \text{ Nm}^{-1}$$

$$G = 8,42 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \quad \text{Zvoleno}$$

$$n = 8 \quad \text{Zvoleno}$$

$$D_p = 0,05 \text{ m} \quad \text{Zvoleno}$$

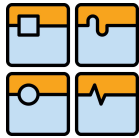
$$d_p = 0,01 \text{ m} \quad \text{Zvoleno}$$

NEJVĚTŠÍ DOVOLENÍ DEFORMACE PRUŽINY

$$L_9 = (z + 1 - z_0) \cdot d_p$$

$$L_9 = (14,5 + 1 - 0,5) \cdot 0,01$$

$$L_9 = 0,15 \text{ m} \quad (27)$$



$$z = 14,5 \quad \text{Vypočteno}$$

$$z_0 = 0,005m \quad \text{Zvoleno}$$

$$d_p = 0,01m \quad \text{Zvoleno}$$

LIMITNÍ STLAČENÍ PRUŽINY

$$s_9 = L_o - L_9$$

$$s_9 = 0,3 - 0,15$$

$$s_9 = 0,15m$$

(28)

$$L_s = 0,15m \quad \text{Vypočteno}$$

$$L_o = 0,3m \quad \text{Zvoleno}$$

ROZTEČ ZÁVITŮ

$$t_p = \frac{s_9}{n_p} + d_p$$

$$t_p = \frac{0,15}{13} + 0,008$$

$$t_p = 0,022m$$

(29)

$$s_9 = 0,15m \quad \text{Vypočteno}$$

$$n_p = 13 \quad \text{Vypočteno}$$

$$d_p = 0,008m \quad \text{Zvoleno}$$

KONTROLA ROZTEČE ZÁVITU

$$1,5 \cdot d_p < t < 0,55 \cdot D_p$$

$$1,5 \cdot 0,008 < t < 0,55 \cdot 0,05$$

$$0,015 < 0,022 < 0,0275 \rightarrow \text{Podmínka vyhovuje}$$

(30)

$$d_p = 0,008m \quad \text{Zvoleno}$$

$$D_p = 0,05m \quad \text{Zvoleno}$$

**MAXIMÁLNÍ MEZNÍ ZATÍŽENÍ PRUŽINY**

$$F_9 = s_9 \cdot c_1 \cdot n$$

$$F_9 = 0,15 \cdot 4324,66 \cdot 8$$

$$F_9 = 5189,6N$$

(31)

$$s_9 = 0,15m$$

Vypočteno

$$c_1 = 4324,66Nm^{-1}$$

Vypočteno

NAPĚTÍ PRUŽINY V MEZNÍM STAVU

$$\tau_9 = \frac{8 \cdot F_9 \cdot D_p \cdot K}{\pi \cdot d_p^3}$$

$$\tau_9 = \frac{8 \cdot 1283,32 \cdot 0,05 \cdot 1,3}{\pi \cdot 0,01^3}$$

$$\tau_9 = 212,4 \cdot 10^6 Pa$$

(32)

$$\tau_9 = 212,4 \cdot 10^6 Pa \leq \tau_A = 918 \cdot 10^6 Pa$$

→ Podmínka vyhovuje

$$F_9 = 1283,32N$$

Vypočteno

$$K = 1,3$$

Vypočteno

$$D_p = 0,05m$$

Zvoleno

$$d_p = 0,01m$$

Zvoleno

BEZPEČNOST PŘI VZPĚRU

$$a = \frac{L_0}{D_p}$$

$$a = \frac{0,3}{0,05}$$

$$a = 6$$

(33)



DIPLOMOVÁ PRÁCE

$$L_0 = 0,3m$$

Zvoleno

$$D_p = 0,05m$$

Zvoleno

$$b = \frac{s_8}{L_0} \cdot 100$$

$$b = \frac{0,045}{0,3} \cdot 100$$

$$b = 16\%$$

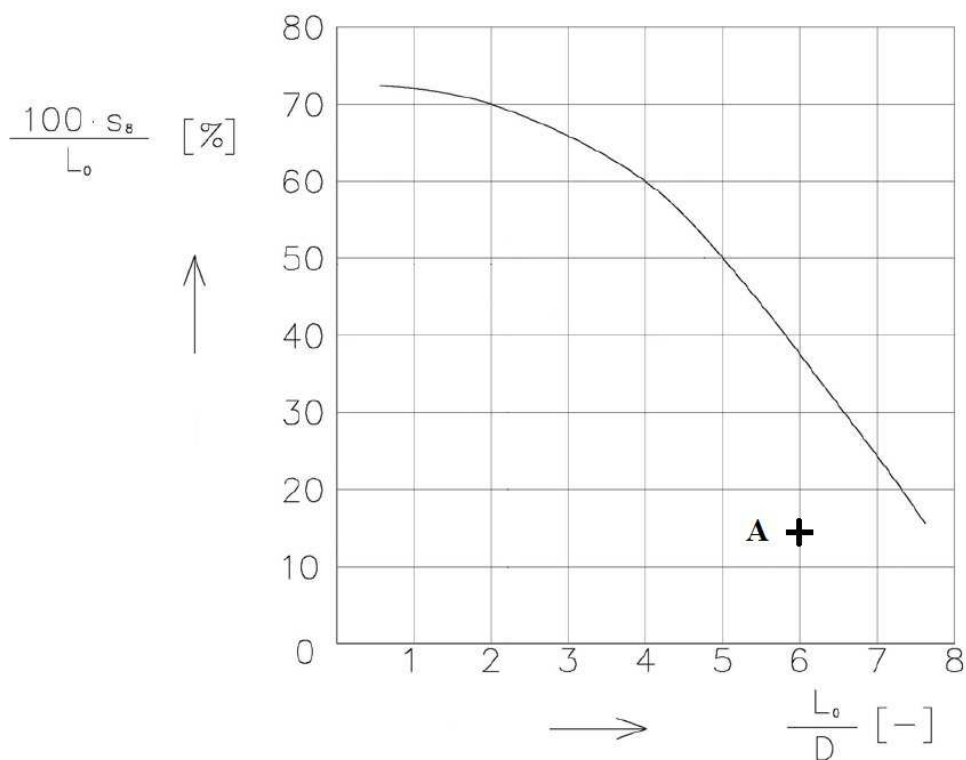
(34)

$$s_8 = 0,045m$$

Vypočteno

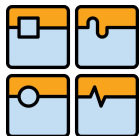
$$L_0 = 0,3m$$

Zvoleno

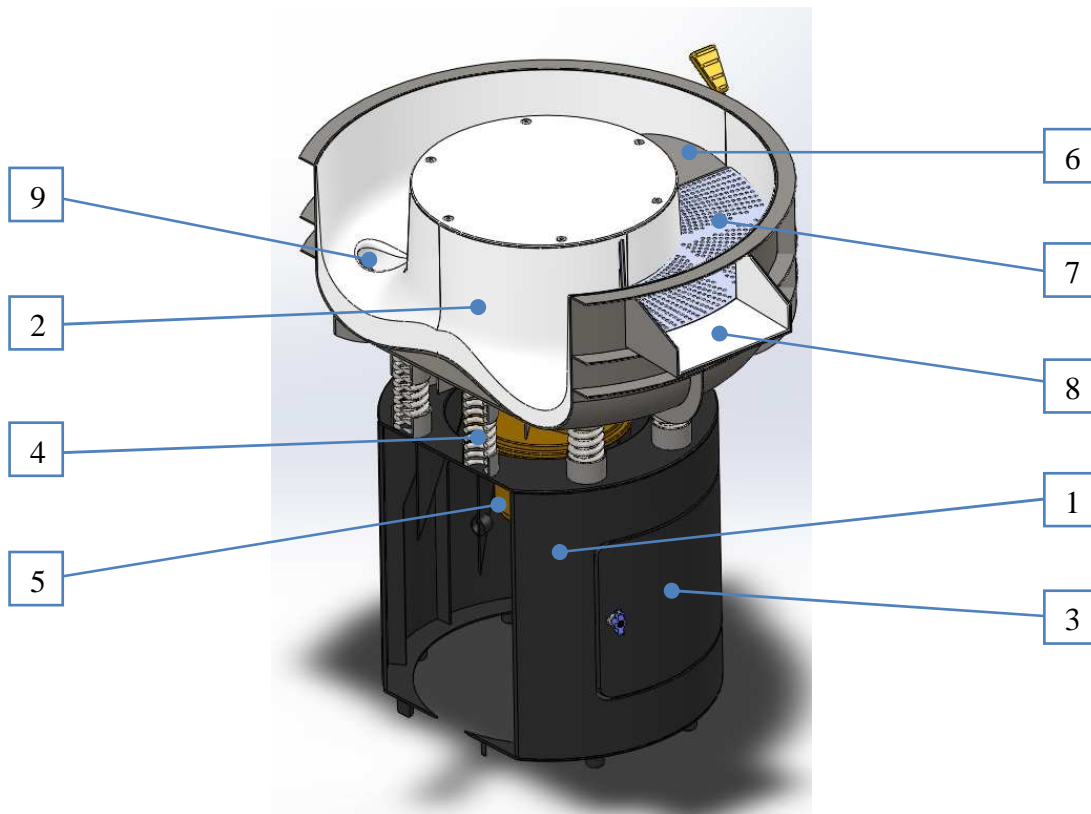


Obr. 31 – Graf bezpečnosti při vzpěru

Bod „A” s parametry „a” a „b” se nachází dostatečně daleko od mezní křivky, určující oblast, kde má pružina tendenci k vybočování.

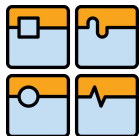


7 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI OMÍLACÍHO STROJE



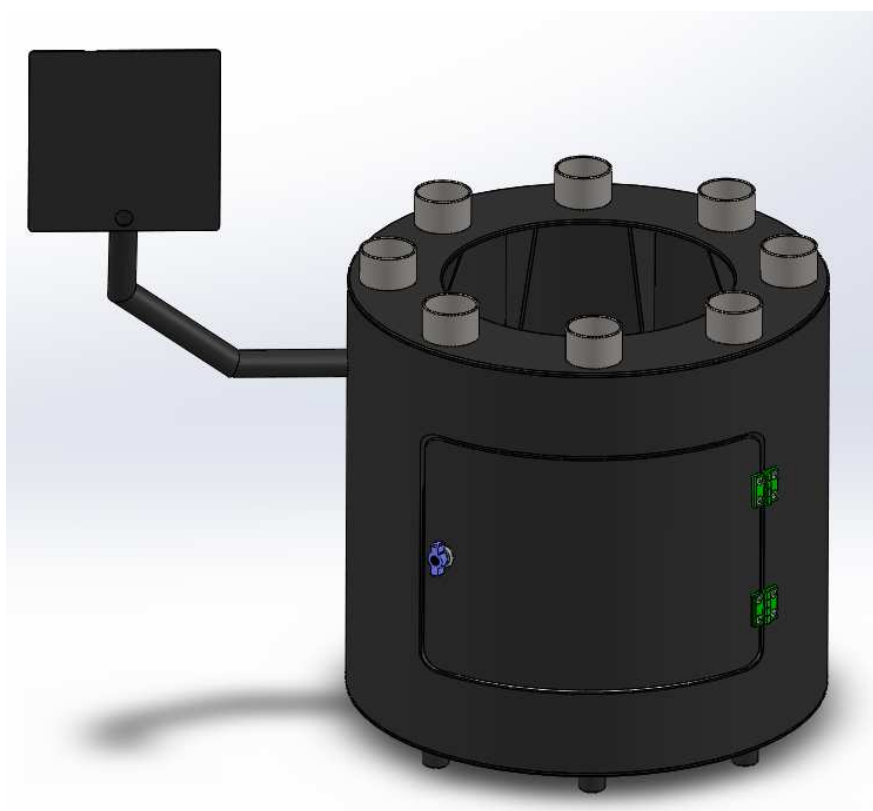
Obr. 32 – Schéma omílacího stroje

- 1 - Stojan
- 2 - Omílací nádoba
- 3 - Servisní dveře
- 4 - Pružiny
- 5 - Vibrační motor
- 6 - Separační klapka
- 7 - Separační síto
- 8 - Výsypka
- 9 - Vypouštěcí otvor tělísek



7.1 STOJAN

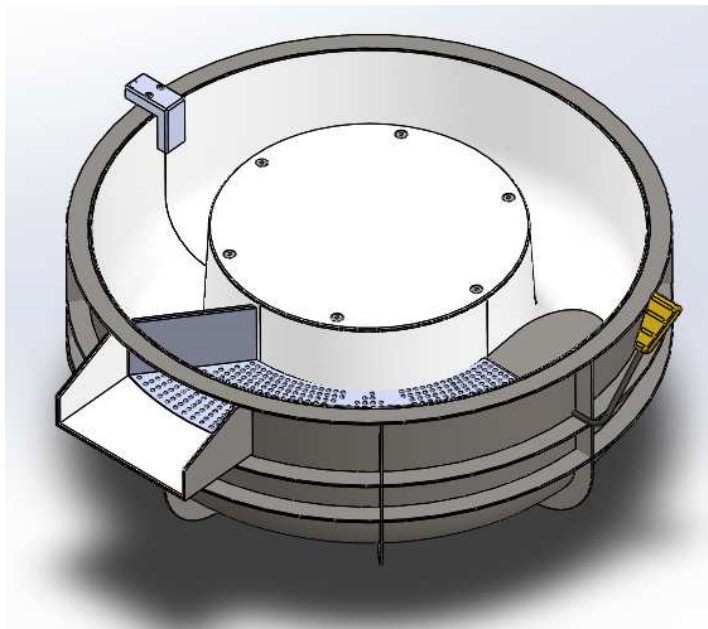
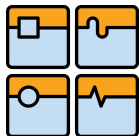
Stojan omílacího stroje je tvořen svařencem z tlustostěnného, za tepla válcovaného plechu DIN 1543 tloušťky 3 mm. Z vnitřní části jej vyztužují příčná žebra. Na spodní části je navařeno 6 kusů stavěcích noh. V prostřední části se nacházejí servisní dveře pro údržbu a seřízení vibračního motoru. V horní části je navařeno 8 kusů kruhových držáků pro umístění pružin. Stojan stroje nese omílací nádobu včetně vibračního motoru. Z levé boční strany je navařena trubka podélně svařovaná hladká EN 10219 Ø32x1.2, která slouží jako držák pro ovládací panel a elektrický regulátor frekvence vibrací.



Obr. 33 – Stojan omílacího stroje

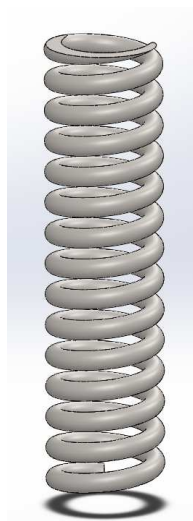
7.2 OMÍLACÍ NÁDOBA

Omílací nádobu tvoří také svařenec z tlustostěnného, za tepla válcového plechu DIN 1543 tloušťky 3 mm, vyztužený podélnými a příčnými žebry pro zvýšení tuhosti nádoby. Ke spodní části je navařeno 8 kusů kruhových držáků pro usazení na pružiny. Ve spodní části se nachází otvor pro vypouštění compoundu a výměnu omílacích tělísek. V horní části je umístěna napouštěcí tryska pro compound. Z boční strany ústí výsypka pro odvod omílaného materiálu. Vnitřní strana omílací nádoby má výstelku tvořící speciální, za horka litý, polyuretan, který zajišťuje hladký a odolný povrch pro omílání. V nádobě je umístěna separační klapka a separační síto.

*Obr. 34 – Omílací nádoba*

7.3 PRUŽINY

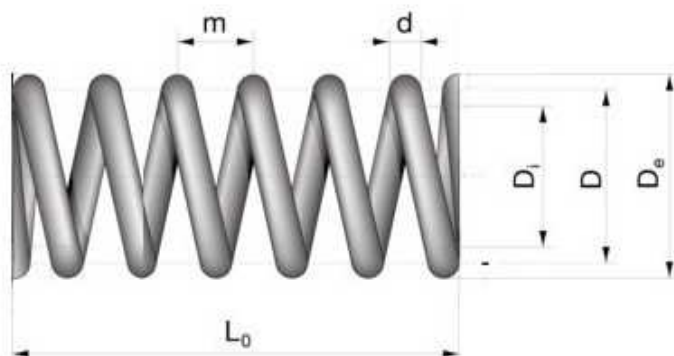
Podpěrné pružiny umožňují kmitavý pohyb omílací nádoby a současně brání přenosu dynamických sil do okolí. Zvolený počet válcových tlačných pružin, které nesou omílací nádobu, je 8 kusů. Tlačné pružiny dovolují omílací nádobě kmitat v určené frekvenci $f = 50$ Hz, kterou vydává přírubový motor s nevyvážkou. Pružiny jsou ve stojanu i v omílací nádobě uchyceny v pouzdech z trubky podélně svařované hladké EN 10219 $\text{Ø}70 \times 4 - 40$ mm. Rozměry pružiny byly zvoleny, vypočteny a následně zkontrolovány v napětí, tuhosti a vzpěru. Materiál pružiny je Si Cr Ocel Wr.N. 1.8195 [1].

*Obr. 35 – Válcová tlačná pružina*



Tab. 2 Parametry válcové tlačné pružiny

Rozměry [mm]						
$\varnothing D_i$	$\varnothing D$	$\varnothing D_e$	L_0	m	$\varnothing d$	z
60	50	40	300	22,5	10	14,5



Obr. 36 – Schéma válcové tlačné pružiny

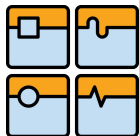
7.4 VIBRAČNÍ MOTOR

Vibrační motory jsou založeny na principu kmitání. Mechanickým kmitacím pohybem uvádí do pohybu vibrační zařízení, na němž je motor připevněn. Tím dochází ke kmitání tělesa, popřípadě hmoty, s určitou amplitudou a frekvencí [4].

Pro pohon vibračního omílacího stroje byl volen přírubový asynchronní třífázový elektromotor s nevyvázkou od společnosti Finss s.r.o. typ MTF 15/2000 – S02 – VRS s těmito parametry. Vibrační motor je dostatečně dimenzován pro pohon omílacích tělísek ve žlabu i pro pohyb přes separační klapku.

Tab. 3 Parametry vibračního motoru [4]

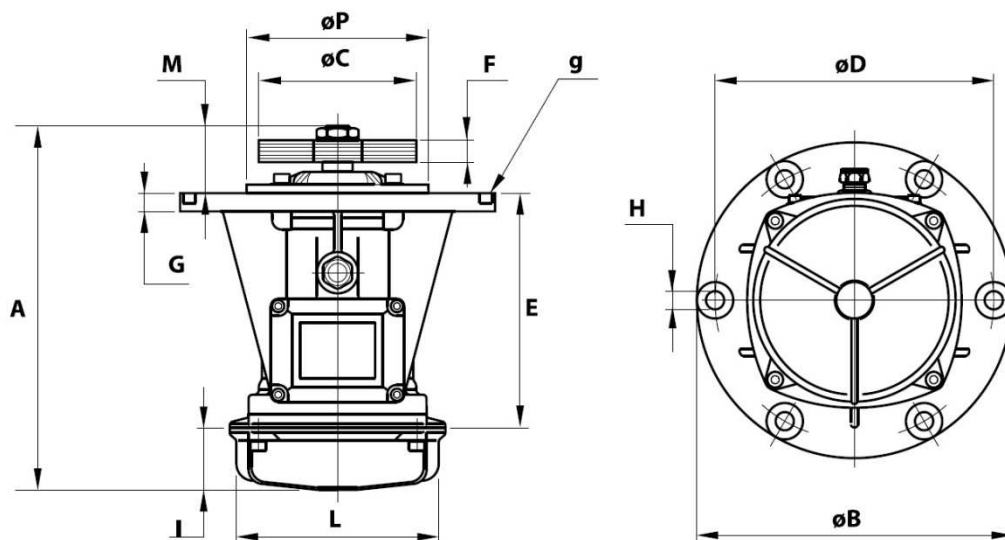
Výkon [W]	Síla [kN]	Otáčky [/min]	Proud při 400V [A]	Průměr bubnu [mm]	Celková délka [mm]
530	11,5	1500	1,33	321	670




Obr. 37 – Vibrační motor MTF 15/2000 – S02 – VRS [4]

Tab. 4 Zástavbové rozměry vibračního motoru [4]

Rozměry [mm]												Hmotnost [kg]
A	Ø B	Ø C	Ø D	Ø H	E	F	G	I	L	M	Ø P	
426	279	190	254	14	232	49	17,5	57,5	180	84,6	229	26



Obr. 38 – Schéma vibračního motoru MTF 15/2000 – S02 – VRS [4]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Jako příslušenství pro vibrační motory je přímo od výrobce Finss s.r.o. dodáván elektrický regulátor frekvence vibrací, typ VR 022 [4]. Tento regulátor plně řeší základní problémy variací frekvence vibrací ve výrobních procesech. Dokáže průběžně měnit frekvenci elektrických vibrátorů od 0 Hz až do maximální frekvence daného typu vibromotoru. Změnou frekvence kmitání lze měnit postupovou rychlost materiálu na žlabu. K jeho funkci také patří start, stop a zpětný i dopředný chod vibromotoru. Jakékoliv poruchy jsou indikovány na displeji elektrického regulátoru.

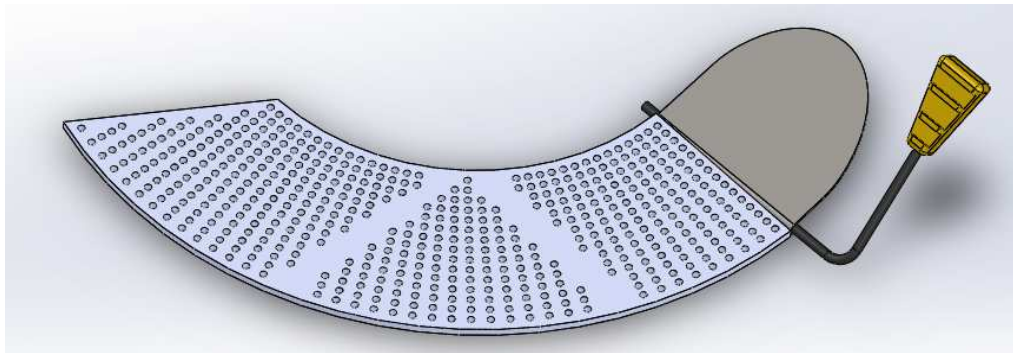
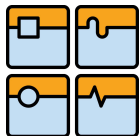


Obr. 39 – Elektrický regulátor frekvence vibrací VR 022 [4]

7.5 SEPARAČNÍ SÍTO S KLAPKOU

Při dokončení fáze omílání se ručně zaaretuje klapka, po které se následně omílací tělíska společně s obrobky pohybují směrem k výsypce. Úhel klapky je při separování 30°. Vibrační motor je dostatečně naddimenzován pro pohyb omílacích tělísek s obrobky po klapce. Cestou k výsypce však omílací tělíska s obrobky projdou nejprve přes vodorovné separační síto, pak teprve k výsypce. Separační síto má otvory o \varnothing 6 mm. Omílací tělíska o straně a, b = 4 mm propadnou otvory zpět do omílací nádoby. Obrobek o rozměru \varnothing 10 x 20 mm nepropadne a pohybuje se směrem k výsypce. Tento jednoduchý mechanismus zajišťuje dokonalou separaci obrobku od omílacích tělísek.

Klapka se skládá z desky zajištěné zarážkou na hřídeli s madlem pro aretaci klapky ve dvou polohách – omílací poloha a vysypávací poloha. Hřídel klapky je ustavena v omílací nádobě a zajištěna pojistnými kroužky z obou stran. Separační síto je vyrobeno z desky materiálu POM o tloušťce 10 mm a zajištěno v bocích omílací nádoby šrouby.



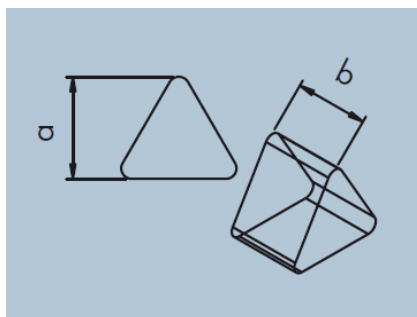
Obr. 40 – Separační síto s klapkou

7.6 VOLBA OMÍLACÍCH TĚLÍSEK

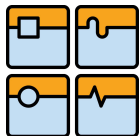
Pro omílání nábojnice o rozměrech $\varnothing_{\text{vnější}} = 11,5 \text{ mm}$, $\varnothing_{\text{vnitřní}} = 11 \text{ mm}$ a délce 22 mm bylo nutné zvolit omílací tělíska tak, aby všechny vnější i vnitřní ostré hrany byly dokonale odjehleny a zároveň aby byl celý povrch mosazné nábojnice dokonale vyleštěn. Tělíska zaplňují omílací žlab do výšky 10 cm. Ze zadání bylo patrné, že omílací tělíska budou keramická. Z tohoto důvodu byly zvoleny keramická tělíska trojúhelníkového tvaru RSF 4/4 D od společnosti FLÍDR s. r. o. [5], které se svými rozměry dostanou do vnitřní dutiny nábojnice.

Tab. 5 Rozměry omílacích tělísek [5]

Rozměry [mm]		Hmotnost [g]
a	b	
4	4	2,39



Obr. 41 – Schéma keramických omílacích tělísek RSF 4/4 D [5]



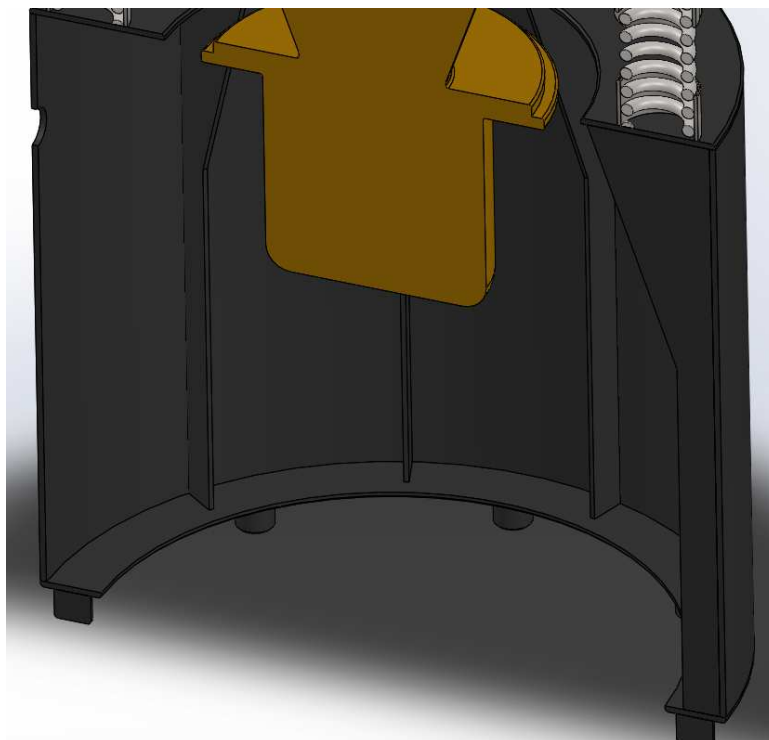
7.7 VOLBA COMPOUNDU

Ze zadání je patrné, že omílání bude probíhat na mokro. Další parametr důležitý pro volbu compoundu je materiál omílaného obrobku. Materiálem je mosaz. Compound byl zvolen FC 230 od společnosti FLÍDR s. r. o. [5], který je vhodný pro neželezné kovy a má čistící a leštící účinky s hodnou pH 7,5. Napouštěcí tryska pro compound je umístěna na horní části omílací nádoby.

7.8 KONSTRUKČNÍ UZLY

ŘEZ STOJANU

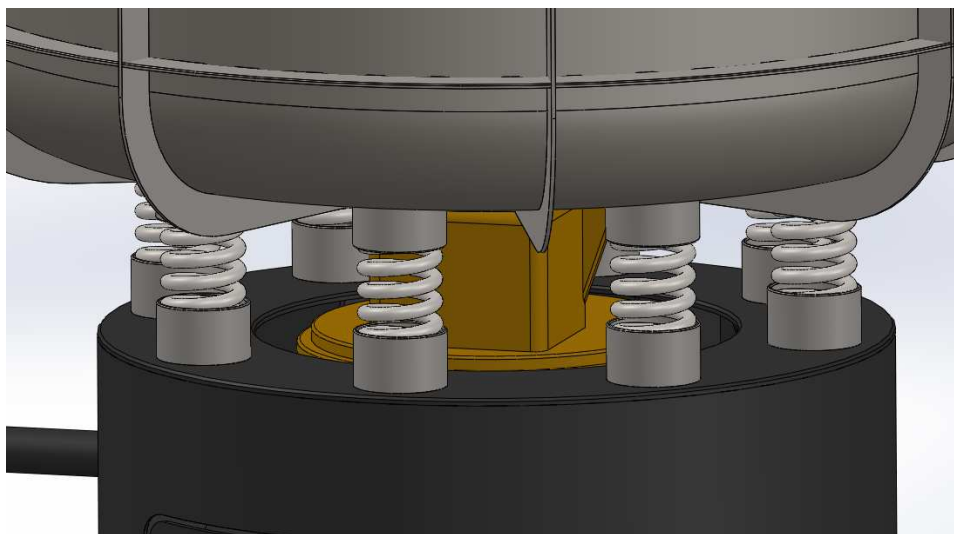
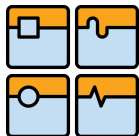
Na tomto řezu stojanu omílacího stroje lze vidět podélné žebra, která zvyšují celkovou tuhost stojanu. Jsou navařeny k tělu, hornímu a spodnímu plechu stojanu.



Obr. 42 – Řez stojanu

ULOŽENÍ ZKRUTNÝCH PRUŽIN

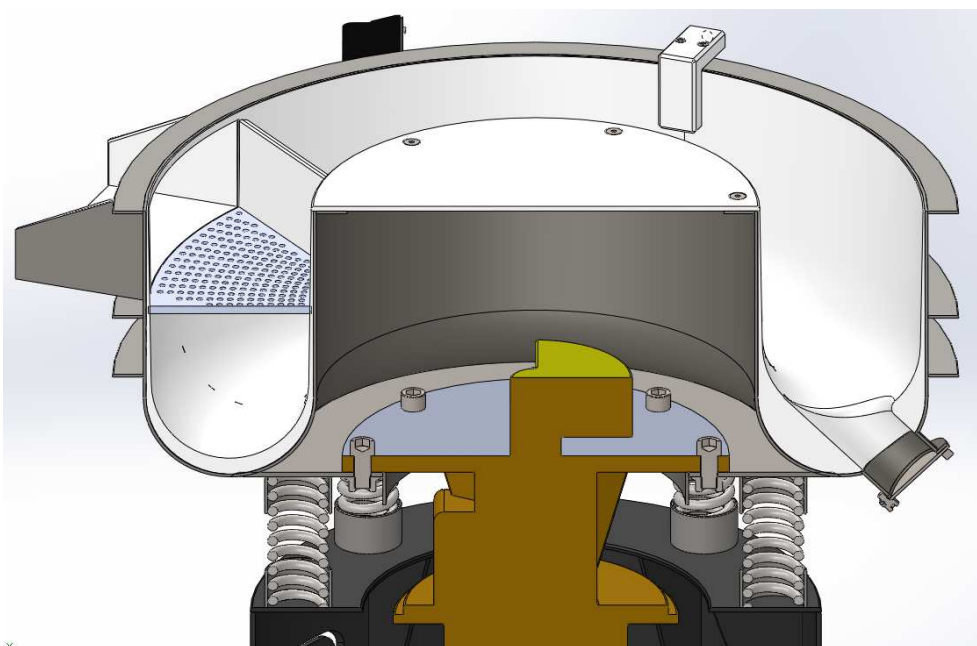
Na obrázku je zobrazeno uložení zkrutných pružin. Jsou uloženy ve stojanu i v omílací nádobě v držácích pružin, které jsou navařeny na příslušných sekcích. Zkrutné pružiny jsou následně vloženy do spodních držáků, poté se nasadí kompletní omílací nádoba.



Obr. 43 – Uložení zkrutných pružin

ŘEZ OMÍLACÍ NÁDOBY

Jak můžete vidět na obrázku řezu omílací nádoby, uchycení motoru je konstruováno šroubovým spojem přímo na dno omílací nádoby 8 šrouby M16x36. V levé části obrázku vidíme separační síto spolu s výsypkou hotových obrobků. V pravé dolní části je viditelné vypouštění omílacích tělísek pro celkovou výměnu náplně omílacích tělísek.



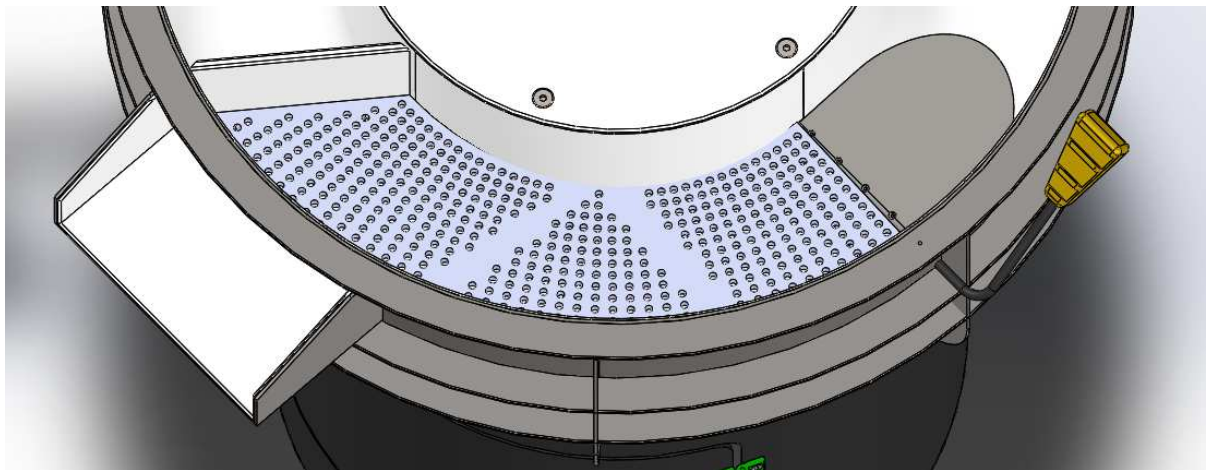
Obr. 44 – Řez omílací nádoby

**ULOŽENÍ SEPARAČNÍ Klapky SE SEPARAČNÍM SÍTEM**

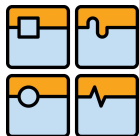
Separáční klapka je v omílacím procesu ve vodorovné poloze, po dokončení omílání se ručně zaaretuje do „vysypávací polohy“ a obrobek společně s omílacími tělísky putuje směrem k separáčnímu sítu.

Separáční síto je přišroubováno na boky omílací nádoby. Separáční síto je určeno pro separaci obrobku od omílacích tělísek, pomocí vrtaných otvorů o \varnothing 6 mm. Do otvorů propadnou omílací tělíška a obrobek směřuje dále k výsypce, jelikož má větší rozměry než je vrtání separáčního síta.

Na výsypku se může napojit pás, pásový dopravník pro kontinuální výrobu, nebo bedny, popřípadě palety k uložení obrobků.



Obr. 45 – Uložení separáční klapky se separáčním sítem



8 EKONOMICKÉ HLEDISKO

Z důvodu teoretické konstrukce omílacího stroje je vypsán odhad ceny (bez DPH) celého stroje bez kabeláže.

Polotovary

6ks	Plech 3x1000x2000	934,4 Kč/ks
3ks	Plech 4x1000x2000	1 272,2 Kč/ks
6ks	Plech 5x1000x2000	1 582,4 Kč/ks
1ks	Ocel kruhová 8	8,2 Kč/ks
1ks	Ocel kruhová 30x1000	112,4 Kč/ks
1ks	Trubka konstrukční 32x1,5x 1000	23,8 Kč/ks
1ks	Trubka konstrukční 66,3x1000	114,7Kč/ks
1ks	POM 8x1000x1000	1 538,6 Kč/ks
1ks	POM 40x1000x1000	3 526,6 Kč/ks

Elektronika

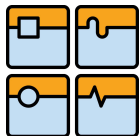
Vibrační motor MTF 15/2000 – S02 – VRS	12 981 Kč
Elektrický regulátor frekvence vibrací VR 022	3 250 Kč

Montáž

32h	Výroba dílů	860 Kč/h
24h	Sváření	650 Kč/h
8h	Lakování	480 Kč/h
16h	Montáž stroje	540 Kč/h

Součet **96 135,7 Kč**

V ekonomickém hledisku je zohledněn nákup polotovarů, vibračního motoru, elektrického regulátoru frekvence vibrací a práce na výrobě dílů, svařování konstrukce, lakování konstrukce, dílů a finální montáž omílacího stroje. Výsledná cena je 96 135,7 Kč.

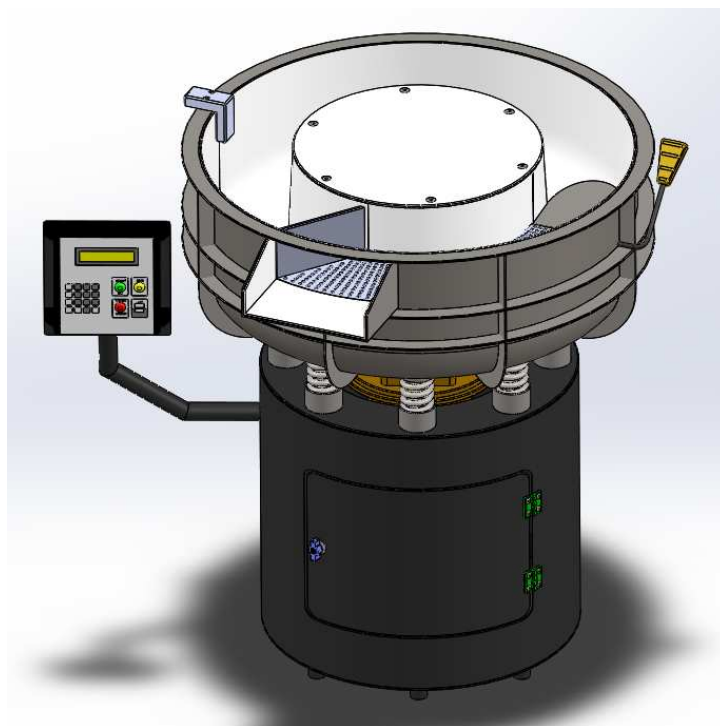


ZÁVĚR


Diplomová práce charakterizuje technologii omílání, pomocí které je možno odstranit nežádoucí nerovnosti a ořepy vznikající prakticky během každého přetvárného procesu. Po teoretickém seznámení s principy omílání a omílacími stroji bylo dle zadaných parametrů navrženo vibrační omílací zařízení pro omílání mosazných nábojnic. Tento typ omílacího stroje lze použít jako univerzální zařízení pro omílání podobně velkých obrobků.

Co se týče samotné konstrukce vibračního omílacího stroje, nejprve byly vypočteny základní parametry dopravního žlabu, ze kterého vycházely hlavní parametry pro určení a výpočet pohonu. Pro pohon omílacího stroje byl zvolen asynchronní motor přírubový s nevyvážkou. Dále byl stanoven počet zkrutných pružin. Jednalo se o 8 kusů, které byly pevnostně spočteny a následně zkontrolovány na únostnost a vzpěr. Následně byly vybrány ostatní komponenty – elektrický regulátor frekvence vibrací, separační sítko s kladkou, compound. Hlavní části jako stojan a omílací nádoba byly zvoleny jako svařovaná sestava z tlustostěnného plechu. Všechny jednotlivé komponenty byly voleny s ohledem na jednoduchou montáž a dostupnou cenu. Mezi nejdůležitější volbu komponent patří volba keramických omílacích tělísek. Byla vybrána keramická tělíska tvaru trojúhelníku, která se svými rozměry dostanou i do vnitřní dutiny nábojnice.

Kompletní omílací zařízení bylo vytvořeno ve 3D modelovacím programu a poté rozkresleno do jednotlivých výkresů sestav, podsestav a samostatných dílů dle zadání diplomové práce.

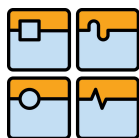


Obr. 46 – Vibrační omílací stroj

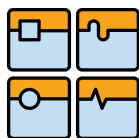
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 56
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] LEINVEBERL, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky – pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. 856s. ISBN 80-86490-74-2.
- [2] POLÁK, J.: *Dopravní a manipulační zařízení II*. Skripta VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2003, 104s. ISBN 9788024804934.
- [3] Norma ČSN EN 13906: 2014. *Šroubové válcové pružiny vyráběné z drátů a tyčí kruhového průřezu – Výpočet a konstrukce*. Praha: Český normalizační institut, 2013. 36s.
- [4] FINSS [online]. 2014[cit. 2014.04.21], Omílání. Dostupné z: <http://www.finss.cz/motory.php>
- [5] FLÍDR [online]. 2014[cit. 2014.04.21], Omílání. Dostupné z: <http://www.omilani.cz/kontakty.aspx>
- [6] HLAVÁČEK, M.: *Omílání jako univerzální metoda pro úpravu povrchů*. 2002, 32s. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/omilani-jako-univerzalni-metoda-pro-upravu-povrchu.html>
- [7] ROSLER [online]. 2014[cit. 2014.04.21], Omílání. Dostupné z: <http://www.rosler-povrchove-upravy.cz/>
- [8] TROWAL [online]. 2014[cit. 2014.04.21], Omílání. Dostupné z: <http://www.trowal.cz/stroje/omilani>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

a	[-]	Bezpečnost při vzpěru - parametr a
$a_{\dot{z}_x}$	[m.s ⁻²]	Dvojitá derivace složky kolmé ke směru pohybu
$a_{\dot{z}_x \max}$	[m.s ⁻²]	Maximální hodnota derivace složky kolmé ke směru pohybu
b	[-]	Bezpečnost při vzpěru a parametr b
c	[N.m ⁻¹]	Celková tuhost pružin
c_1	[N.m ⁻¹]	Tuhost jedné pružiny
c_R	[N.m ⁻¹]	Kontrolní tuhost pružiny
d	[m]	Střední průměr vibračního žlabu
d_p	[m]	Předpokládaný průměr drátu pružiny
d_v	[m]	Minimální průměr drátu pružiny
D_p	[m]	Nominální průměr pružiny
f	[Hz]	Frekvence kmitání
F_{\max}	[N]	Potřebný tah 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
H	[m]	Výška vibračního žlabu
i	[-]	Faktor i – při návrhu průměru pružiny
K	[-]	Faktor K – při návrhu průměru pružiny
L	[m]	Délka vibračního žlabu



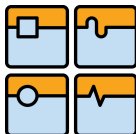
DIPLOMOVÁ PRÁCE

L_0	[m]	Volná délka pružiny
L_9	[m]	Největší dovolená deformace pružiny
m_{compound}	[kg]	Hmotnost compoundu
m_{motor}	[kg]	Hmotnost vibračního motoru
$m_{\text{nádoba}}$	[kg]	Hmotnost vibrační nádoby
m_0	[kg]	Hmotnost všech vibrujících závaží
m_{obrobku}	[kg]	Hmotnost obrobku
$m_{\text{tělísek}}$	[kg]	Hmotnost omílacích tělísek
n	[-]	Počet pružin
n_p	[-]	Počet aktivních závitů pružiny
o	[m]	Obvod vibračního žlabu
s_8	[m]	Stlačení drátu pružiny
s_9	[m]	Limitní stlačení pružiny
t	[s]	Doba kmitu
t_p	[m]	Rozteč závitu pružiny
$x_{\dot{z}}$	[m]	Okamžitá výchylka plochy
$x_{\dot{z}x}$	[m]	Okamžitá výchylka plochy ve směru pohybu materiálu
$x_{\dot{z}y}$	[m]	Okamžitá výchylka plochy ke směru pohybu materiálu
$X_{\dot{z}}$	[m]	Amplituda kmitání žlabu vibračního dopravníku
y	[m]	Pracovní chod pružiny
z	[-]	Celková počet závitů pružiny
β	[°]	Úhel kmitání žlabu vibračního dopravníku
ε	[°]	Úhel sklonu vibračního žlabu
ω	[s ⁻¹]	Úhlová frekvence



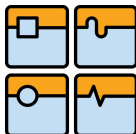
DIPLOMOVÁ PRÁCE

π	[-]	Ludolfovo číslo
τ	[Pa]	Vyvolané napětí
τ_a	[Pa]	Dovolené vyvolané napětí
τ_9	[Pa]	Napětí pružiny v mezním stavu

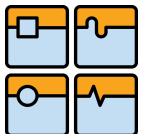
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 60
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Odjehlování	Str. 13
Obr. 2	Odstraňování otřepů tlakových odlitků	Str. 13
Obr. 3	Zaoblování hran	Str. 13
Obr. 4	Vyhlazování povrchů	Str. 14
Obr. 5	Kuličkování	Str. 14
Obr. 6	Odmašťování	Str. 15
Obr. 7	Čištění povrchů	Str. 15
Obr. 8	Leštění	Str. 15
Obr. 9	Moření a odstraňování rzi	Str. 16
Obr. 10	Nanášení kluzných prostředků	Str. 16
Obr. 11	Zvýšení přilnavosti gum na kov	Str. 17
Obr. 12	Dekoratивní nástřik drobných dílců	Str. 17
Obr. 13	Vibrační zařízení s kruhovou nádobou	Str. 18
Obr. 14	Vibrační omílací žlab	Str. 19
Obr. 15	Odstředivá zařízení	Str. 19
Obr. 16	Lineární průchozí omílací zařízení	Str. 20
Obr. 17	Zařízení pro vlečné broušení	Str. 21
Obr. 18	Omílací bubny a zvony	Str. 21
Obr. 19	Opracování ráfků	Str. 22
Obr. 20	Systém pro čištění, sušení a leštění příboru	Str. 22
Obr. 21	Opracování mincí	Str. 23
Obr. 22	Opracování skály	Str. 23
Obr. 23	Keramická omílací tělíska	Str. 25

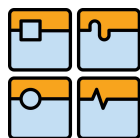
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 61
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Obr. 24	Plastová omílací tělíska	Str. 25
Obr. 25	Flokulanty	Str. 26
Obr. 26	Compoundy	Str. 26
Obr. 27	Speciální média	Str. 27
Obr. 28	Vibrační žlab	Str. 29
Obr. 29	Vibrační zařízení s kruhovou nádobou	Str. 30
Obr. 30	Úhel sklonu vibračního žlabu	Str. 32
Obr. 31	Graf bezpečnosti při vzpěru	Str. 43
Obr. 32	Schéma omílacího stroje	Str. 44
Obr. 33	Stojan omílacího stroje	Str. 45
Obr. 34	Omílací nádoba	Str. 46
Obr. 35	Válcová tlačná pružina	Str. 46
Obr. 36	Schéma válcové tlačné pružiny	Str. 47
Obr. 37	Vibrační motor MTF 15/2000 – S02 – VRS	Str. 48
Obr. 38	Schéma vibračního motoru MTF 15/200 – S02 – VRS	Str. 48
Obr. 39	Elektrický regulátor frekvence vibrací VR 022	Str. 49
Obr. 40	Separáční síto s klapkou	Str. 50
Obr. 41	Schéma keramických tělísek RSF 4/4 D	Str. 50
Obr. 42	Řez stojanu	Str. 51
Obr. 43	Uložení zkrutných pružin	Str. 52
Obr. 44	Řez omílací nádoby	Str. 52
Obr. 45	Uložení separáční klapky se separáčním sítem	Str. 53
Obr. 46	Vibrační omílací stroj	Str. 55

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 62
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Výběrová kritéria pro technologické prostředky	Str. 24
Tab. 2	Parametry válcové tlačné pružiny	Str. 47
Tab. 3	Parametry vibračního motoru	Str. 47
Tab. 4	Zástavbové rozměry vibračního motoru	Str. 48
Tab. 5	Rozměry omílacích tělísek	Str. 50

**SEZNAM PŘÍLOH**

30052014.01-000.00	OMÍLACÍ STROJ	Sestavný výkres
30052014.01-005.00	PODSTAVA	Sestavný výkres
30052014.01-005.01	SERVISNÍ DVEŘE	Výrobní výkres
30052014.01-010.00	PODSTAVA - SVAŘENEC	Svarkový výkres
30052014.01-010.01	TĚLO PODSTAVY	Výrobní výkres
30052014.01-010.02	SKRUŽ 01	Výrobní výkres
30052014.01-010.03	SKRUŽ 02	Výrobní výkres
30052014.01-010.04	SKRUŽ 03	Výrobní výkres
30052014.01-010.05	NOHA	Výrobní výkres
30052014.01-010.06	TRUBKA 01	Výrobní výkres
30052014.01-010.07	TRUBKA 02	Výrobní výkres
30052014.01-010.08	TRUBKA 03	Výrobní výkres
30052014.01-010.09	PLECH PANELU	Výrobní výkres
30052014.01-010.10	DRŽÁK PRUŽINY 01	Výrobní výkres
30052014.01-015.00	OMÍLACÍ NÁDOBA	Sestavný výkres
30052014.01-015.01	NAPOUŠTĚCÍ TRYSKA	Výrobní výkres
30052014.01-015.02	VÍKO	Výrobní výkres
30052014.01-015.03	VÍKO VYPOUŠTĚCÍ	Výrobní výkres
30052014.01-015.04	BOČNICE SEPARACE	Výrobní výkres
30052014.01-015.05	SÍTO SEPARACE	Výrobní výkres
30052014.01-015.06	SEPARAČNÍ KLAPKA	Výrobní výkres
30052014.01-015.07	SEPARAČNÍ OSA	Výrobní výkres
30052014.01-015.08	SEPARAČNÍ MADLO	Výrobní výkres



Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Str. 64

CD: Diplomová práce