



Bakalářská práce

Jednoučelové zařízení pro výrobu polotovaru plochého filtru

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Autor práce:

Jaroslav Vitek

Vedoucí práce:

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Katedra textilních a jednoučelových strojů

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Jednoučelové zařízení pro výrobu polotovaru plochého filtru

Jméno a příjmení:

Jaroslav Vítek

Osobní číslo:

S19000141

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Zadávací katedra:

Katedra textilních a jednoučelových strojů

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši principu výroby v současnosti vyráběných filtrů.
2. Navrhněte varianty uspořádání funkčního modelu zařízení určeného pro výrobu fixovaných skladů filtračních vložek.
3. Navrhněte a konstrukčně zpracujte vybranou variantu koncepce funkčního modelu zařízení.
4. Navrhněte rozmístění jednotlivých ovládacích prvků.
5. Zpracujte výkresovou dokumentaci.

Rozsah grafických prací: výrobní výkresy vybraných částí a výkres sestavení
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

AMBEKAR, Ashok G. *Mechanism and machine theory*. Delhi: PHI Learning Private Limited, 2007. Eastern economy. ISBN 978-81-203-3134-1.

NORTON, Robert L. *Design of machinery: an introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines*. New York: McGraw-Hill, 2012. McGraw-Hill series in mechanical engineering. ISBN 978-0-07-352935-6.

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
Katedra textilních a jed noučelových strojů

Datum zadání práce: 1. prosince 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 31. května 2024

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Anotace

Úvod bakalářské práce je věnován základnímu rozdělení filtrů. Dále je představen současný způsob výroby filtru se zaměřením na výrobu skládaného polotovaru plochého filtru. Z představených způsobů výroby skládaného polotovaru byl jeden způsob vybrán pro jednoúčelové zařízení. Dále se bakalářská práce zabývá návrhem vybraného způsobu výroby skládaného polotovaru. Navržené řešení je poté konstrukčně zpracováno a současně optimalizováno pro funkční a plynulý chod jednoúčelového zařízení. V závěru je představena zhotovená konstrukce jednoúčelového zařízení pro výrobu skládaného polotovaru plochého filtru. Bakalářská práce obsahuje výkresovou dokumentaci zhotovené konstrukce.

Klíčová slova

filtr, skládaný polotovar, skládací zařízení

Annotation

The introduction of the bachelor thesis is devoted to the basic classification of filters. Then the current method of filter production with a focus on the production of a folded flat filter blank. From the presented methods of manufacturing the folded blank, one method was selected for single-purpose device. Furthermore, the bachelor thesis deals with the design of the selected production method of the folded blank. The proposed solution is then constructed and at the same time optimised for functional and smooth operation of the single-purpose device. At the end, it is presented the construction of the single-purpose device for the production of a folded flat filter blank. The bachelor thesis contains the drawing documentation of the made construction.

Key words

filter, folded blank, folding device

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Martinu Bílkovi Ph.D. za odborné a přívětivé vedení po dobu tvorby bakalářské práce. Vážím si všech rad, poznámek a zkušenostmi nabitě sérii konzultací. Dále bych rád poděkoval cennému příteli Ing. Jánovi Milučkému, který byl pro mne konzultantem, rádčem a učitelem. Vážím si veškerého jejich času obětovaného mé práci. V neposlední řadě bych rád poděkoval všem ostatním nezmíněným, kteří mi byli po dobu tvorby bakalářské práce nápomocni fyzicky či mentálně.

Obsah

Seznam ilustrací	10
Seznam použitých zkratk a symbolů	12
Úvod	13
1 Obecné rozdělení filtrů	14
1.1. Rozdělení podle tvaru	14
Ploché filtry jednoduché	14
Ploché filtry skládané	14
Patronové filtry	15
Lamelové obtékané filtry	15
1.2. Výchozí polotovary	16
2 Výroba skládaných filtrů	16
2.1. Podávací zařízení	16
2.2. Skládací zařízení	16
2.3. Odvod polotovaru a následná příprava pro kompletaci	16
3 Proces výroby skládaného polotovaru.....	17
3.1. Tvorba ryl.....	17
3.2. Fixace skladů.....	18
3.3. Tvorba skladů	19
4 Patentová rešerše.....	22
4.1. Patent US 6,290,635 B1	22
4.2. Patent EP0583544A1	23
5 Návrh konstrukce skládacího zařízení.....	23
5.1. Návrh vertikálního pohybu	24
Klikový mechanismus.....	24
5.2. Návrh horizontálního posunu	25
5.3. Návrh vyklopení nástroje.....	25
5.4. Schéma skládacího zařízení	26
6 Konstrukce skládacího zařízení	27
6.1. Koncept skládacího zařízení	27
Vyklopení nástroje	28

	Horizontální posuv	28
	Klikový mechanismus.....	29
7	Druhá verze skládacího zařízení.....	30
	Vyklápění nástroje	31
	Horizontální posuv	32
	Klikový mechanismus.....	33
8	Třetí verze skládacího zařízení	35
	Upravení vzdálenosti mezi vedeními.....	35
	Přemístěním klikového mechanismu.....	36
9	Čtvrtá verze skládacího zařízení	37
	Dynamická analýza.....	38
	Citlivostní analýza	38
	Volba motoru	39
	Zhodnocení motoru.....	40
	Úprava rámu	40
10	Závěr.....	41
	Seznam použité literatury.....	42
	Seznam příloh.....	43

Seznam ilustrací

Obr. 1 Schéma principu plochého filtru (1)	14	
Obr. 2 Schéma principu skládaného plochého filtru (1)	14	
Obr. 3 Schéma principu patronového filtru (1)	15	
Obr. 4 Schéma principu lamelového filtru (2)	15	
Obr. 5 Ukázka skládaného polotovaru	Obr. 6 Rozměrové schéma polotovaru	16
Obr. 7 Schéma skládání polotovaru	17	
Obr. 8 Schéma tvorby ryly	17	
Obr. 9 Příklad fixace skladů (3)	18	
Obr. 10 Tvorba skladů lineárním pohybem nástroje	19	
Obr. 11 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje s přitlakem	20	
Obr. 12 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje bez přitlaku	20	
Obr. 13 Tvorba skladů kombinačním pohybem	21	
Obr. 14 Schéma patentu US 6,290,635 B1 (4)	22	
Obr. 15 Schéma patentu EP0583544A1 (5)	23	
Obr. 16 Návrh klikového mechanismu	24	
Obr. 17 Návrh horizontálního posunu	25	
Obr. 18 Návrh vyklopení nástroje	25	
Obr. 19 Schéma skládacího zařízení	26	
Obr. 20 Model konceptu skládacího zařízení	27	
Obr. 21 Model systému vyklápění	28	
Obr. 22 Řez modelu horizontálního posuvu	28	
Obr. 23 Model klikového mechanismu	29	
Obr. 24 Model druhé verze skládacího zařízení – přední pohled	30	
Obr. 25 Model druhé verze skládacího zařízení - zadní pohled	30	
Obr. 26 Model druhé verze vyklápění nástroje	31	
Obr. 27 technické parametry motoru vyklápění (6)	31	
Obr. 28 Model druhé verze horizontálního posuvu	32	
Obr. 29 Technické parametry elektromagnetu (7)	32	
Obr. 30 Model druhé verze klikového mechanismu	33	
Obr. 31 Technické parametry vedení (8)	33	
Obr. 32 Model upravené vzdálenosti vedení - zadní pohled	35	
Obr. 33 Model upravené vzdálenosti vedení - přední pohled	35	

Obr. 34 Model přemístění klikového mechanismu – přední pohled	36
Obr. 35 Model přemístění klikového mechanismu – zadní pohled.....	36
Obr. 36 Model čtvrté verze skládacího zařízení.....	37
Obr. 37 Výpočetní model	37
Obr. 38 Graf dynamické analýzy	38
Obr. 39 Graf citlivostní analýzy	38
Obr. 40 Technické parametry motoru klikového mechanismu (9).....	39
Obr. 41 Graf momentové závislosti motoru klikového mechanismu (9)	39
Obr. 42 Model kompletního skládacího zařízení.....	40
Obr. 43 Rozměry polotovaru	41

Seznam použitých zkratk a symbolů

n_1	otáčky motoru vyklápěcího mechanismu
n_2	otáčky motoru klikového mechanismu
M_{kp}	potřebný routící moment motoru vyklápěcího mechanismu
M_k	kroučící moment motoru vyklápěcího mechanismu

Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a konstrukčně zpracovat jednoúčelové zařízení na výrobu polotovaru plochého filtru z ocelové síťoviny. Polotovar, který vznikne, je samotným filtračním prvkem celého filtru. Zařízení je určeno k laboratorním účelům, přičemž bude využito převážně pro inovaci či výrobu nového filtru bez použití běžných materiálů. Filtr je určen pro filtraci vzduchu při vysokých rychlostech vzduchu, což znamená, že je potřeba zajistit potřebnou tuhost filtru proti případné deformaci. Takové požadavky je velmi složité splnit obyčejnými filtry, proto je zde snaha vytvořit filtr, který vydrží extrémní podmínky bez použití pomocných či podpurných prvků při vysoké filtrační účinnosti a průtoku.

První část této bakalářské práce se zabývá obecným rozdělením filtrů a stanovením rozměrů výchozího polotovaru pro následnou konstrukci jednoúčelového zařízení. V této části se nachází základní rozdělení filtrů dle určitých parametrů a následné stanovení rozměrů polotovaru jako výchozího produktu jednoúčelového zařízení. Hlavním účelem výchozího polotovaru je stanovení rozměrů skládaného polotovaru, který je zařízení schopno základně vytvořit.

Další část bakalářské práce je věnována výrobě skládaných filtrů, jejíž součástí je výroba skládaných polotovarů, které jsou předmětem této práce. Bude zde zevrubně vysvětlena výroba skládaného filtru a následně výroba skládaného polotovaru. Dále bude představeno několik odlišných způsobů výroby skládaných polotovarů společně s určitou patentovou rešerší na totéž téma.

Obsahem třetí části práce je návrh konstrukce skládacího zařízení pro jeden vybraný způsob z předchozí části bakalářské práce, zhodnocení a následný výběr způsobů výroby skládaného polotovaru. Dále je zde navrhnout možný způsob realizace pohybů s možností modifikace parametrů, jejich rozdělení a umístění. Výsledkem této části je schéma pro následnou konstrukci skládacího zařízení.

Čtvrtá část bakalářské práce je vyhrazena samotné konstrukci skládacího zařízení a vytvoření 3D modelu skládacího zařízení. Je rozdělena do několika podkapitol, kdy je každá z nich věnována jedné z verzí modelu skládacího zařízení, popsání nových řešení konstrukce a jsou zde uvedeny důvody změn a úprav.

Závěr této bakalářské práce je věnován představení finální podoby konstrukce skládacího zařízení a nastínění směru možného vývoje kompletního zařízení.

Obsahem bakalářské práce je vybraná výkresová dokumentace.

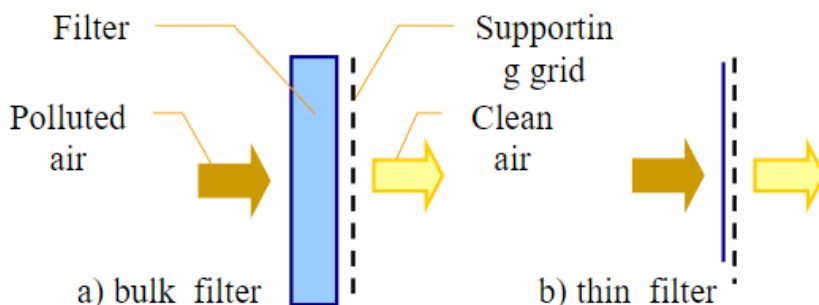
1 Obecné rozdělení filtrů

Filtry můžeme dělit podle mnoha kritérií, např. podle filtrovaného média (vzduch, kapalina), podle tvaru (plochý, patronový, kapsový atd.), podle materiálu (papírové, textilní atd.), pracovního prostředí atd. V této bakalářské práci si filtry rozdělíme podle tvaru.

1.1. Rozdělení podle tvaru

Ploché filtry jednoduché

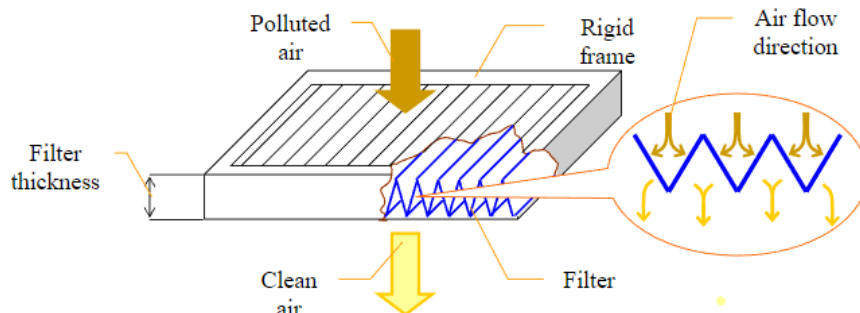
Tento typ filtru je nejjednodušší z hlediska tvaru a zpracování. Jedná se o jednoduchý tvar, který je také snadné upevnit. Příkladem použití takového filtru může být například kuchyňská digestoř, kdy u levnějších modelů najdeme tento jednoduchý filtr.



Obr. 1 Schéma principu plochého filtru (1)

Ploché filtry skládané

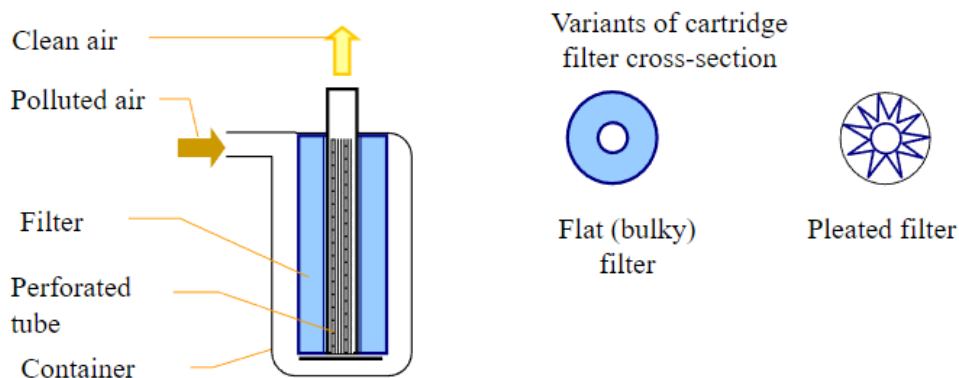
Jedná se o filtr, jehož celkový tvar je stejný jako u předchozího filtru s tím rozdílem, že zde se nám filtr skládá z dvou částí. První částí je filtrační materiál, který je složen do "vlnovce" za účelem zvětšení filtrační plochy, což zvyšuje efektivitu samotného filtru. Tento "vlnovec" nazýváme polotovarem filtru. Druhou část tvoří rám, do kterého je polotovaz vložen. Tento typ filtru je ve velké většině případů vyráběn z papírového materiálu. Plochý filtr skládaný můžeme nalézt například již v zmiňované kuchyňské digestoři, kde u kvalitnějších produktů nalezneme namísto jednoduchého plochého filtru filtr skládaný. Dále tento filtr můžeme najít také jako kabinový filtr automobilu.



Obr. 2 Schéma principu skládaného plochého filtru (1)

Patronové filtry

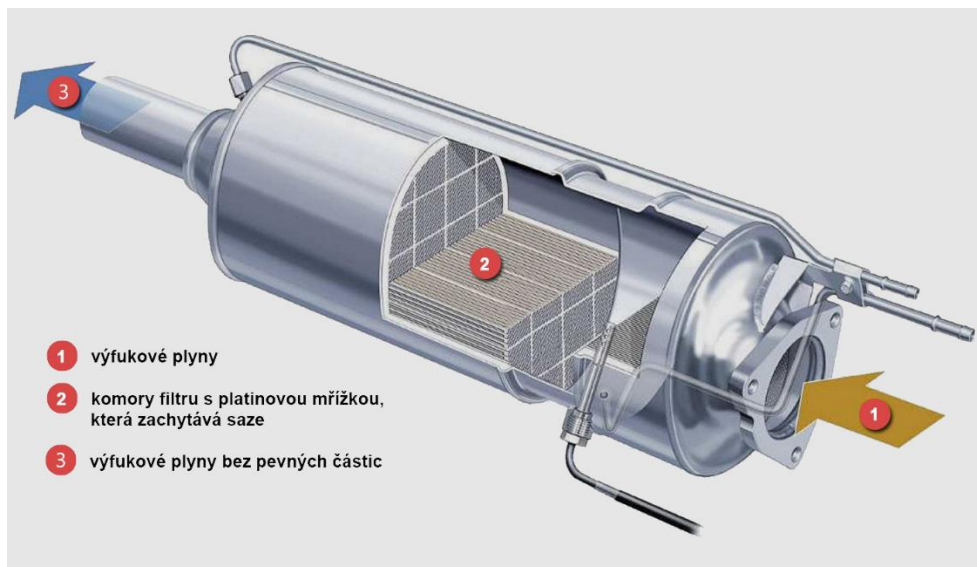
Jedná se o pravděpodobně nejrozšířenější typ filtru, který je ve své podstatě plochý filtr, buďto jednoduchý či častěji skládaný obtočený kolem perforované dutiny. Tento filtr se běžně využívá pro filtraci obou již zmíněných médií. Příklady takovýchto filtrů najdeme např. v automobilu u kapalinových filtrů nebo ve vysavačích atd.



Obr. 3 Schéma principu patronového filtru (1)

Lamelové obtékané filtry

Jde o specifický druh filtrů, u kterých filtrované medium neprochází skrze samotný filtr, nýbrž ho obtéká. Díky principu filtrace není efektivita tohoto filtru velká. Takovýto filtr můžeme nalézt u automobilu jako filtr spalin.



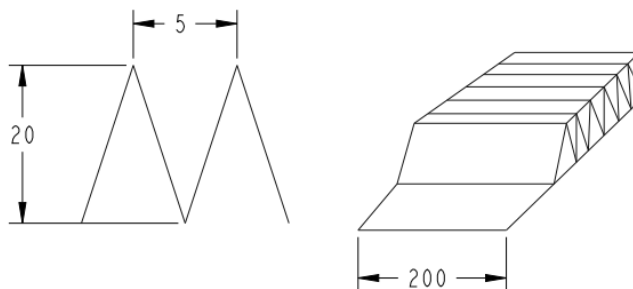
Obr. 4 Schéma principu lamelového filtru (2)

1.2. Výchozí polotovar

V této části stanovíme výchozí parametry skládaného polotovaru pro následný návrh konstrukčního řešení výroby. Zařízení budeme konstruovat pro výrobu skládaného polotovaru určeného pro filtraci vzduchu, který bude vyráběn z jedné vrstvy ocelové tkaniny (viz Obr.5). Výchozí rozměry skládaného polotovaru budou: šířka 200 mm, výška 20 mm a rozteč nejbližších vrcholů 5 mm (viz Obr.6). Předpokládáme dobrou tvarovatelnost materiálu.



Obr. 5 Ukázka skládaného polotovaru



Obr. 6 Rozměrové schéma polotovaru

2 Výroba skládaných filtrů

Proces výroby filtrů, které využívají skládaný polotovar se dělí na tři hlavní části. V první části se filtrační materiál dodá do skládacího zařízení pomocí podávacího zařízení. V druhé části se pomocí skládacího zařízení vytváří skládaný polotovar, v třetí části je složený polotovar odváděn ze skládacího zařízení a připravuje se pro následnou kompletaci filtru upevněním do rámu.

2.1. Podávací zařízení

Jedná se o jednoduché zařízení pro dopravu filtračního materiálu do skládacího zařízení pro následnou výrobu. Podávací zařízení je ve většině případů řešeno odvíjením filtračního materiálu z cívky do skládacího zařízení pomocí dvou přítlačných válců, kdy je jeden z těchto válců poháněn elektrickým motorem.

2.2. Skládací zařízení

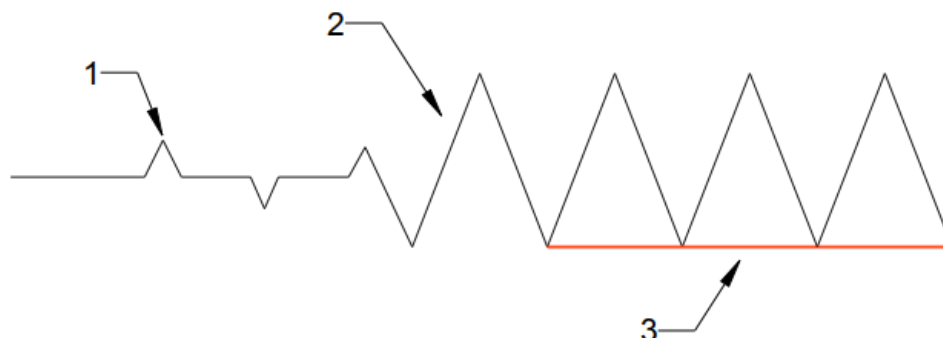
Skládací zařízení je hlavní částí stroje, kde je vytvořen kompletně celý skládaný polotovar. Proces výroby skládaného polotovaru můžeme rozdělit na tři hlavní úkony: tvorba ryl, sklad a následná fixace. Jednotlivé úkony procesu výroby jsou detailněji popsány níže.

2.3. Odvod polotovaru a následná příprava pro kompletaci

Odvod polotovaru ze skládacího zařízení můžeme provést dvěma hlavními způsoby: volným posuvem polotovaru přibývajícím počtem skladů, či nuceným posuvem složeného polotovaru pomocí skládacího zařízení. Následuje dělení spojitého polotovaru na potřebnou délku pro usazení do rámu filtru. Nejčastějším způsobem dělení polotovaru je mechanický stříh. Po oddělení je potřeba polotovar přesunout na stanoviště pro kompletaci filtru. Pro přesun polotovaru je nejčastěji použit pásový dopravník.

3 Proces výroby skládaného polotovaru

Proces výroby skládaného polotovaru můžeme rozdělit na tři hlavní úkony. Nejdříve se do filtračního materiálu vytvoří ryla (1). Dalším úkonem procesu je samotné vytvoření skladu v místech dříve vytvořených ryl (2). Posledním úkonem procesu je fixace skladu (3), kterou lze v případě externí fixace vynechat.

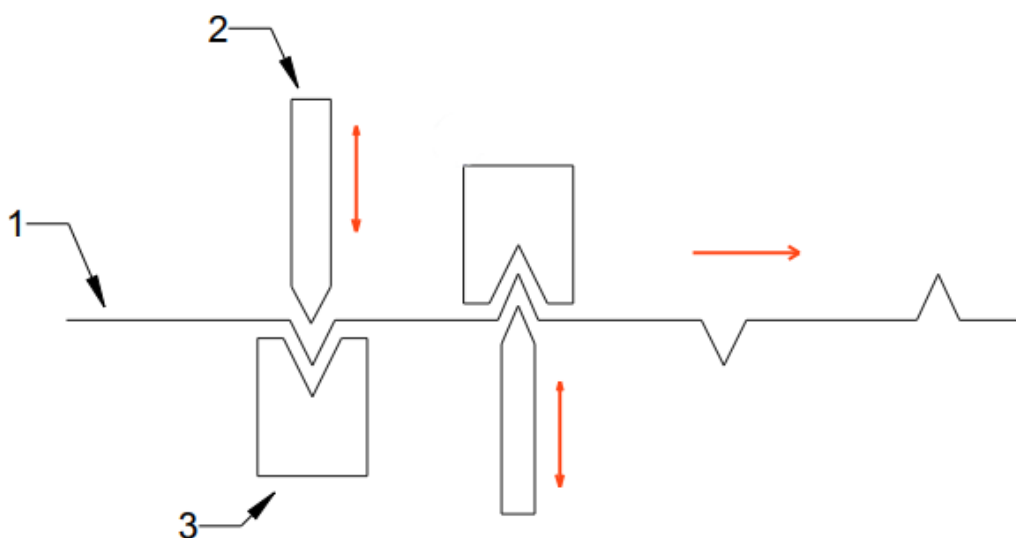


Obr. 7 Schéma skládání polotovaru

1) ryla, 2) sklad, 3) fixace

3.1. Tvorba ryl

Do filtračního materiálu je vytlačen vrub, který nazýváme “ryla”. Způsobů, jakými můžeme rylu vytvořit je několik, například mechanické vylisování. Sevřením filtračního materiálu (1) mezi razník (2), který má tvar samotného vrubu, a matici (3), která má tvar negativu vrubu, vytvoříme rylu. Jak již bylo zmíněno, rylu vytváříme ve vzdálenosti nejbližších opačných vrcholů složeného polotovaru. Ryla nám poté vytváří samotné vrcholy polotovaru. Hlavním důvodem pro vytváření ryl je lehčí skládání polotovaru či umožnění vytvoření skladu u jistých principů skládání polotovaru.

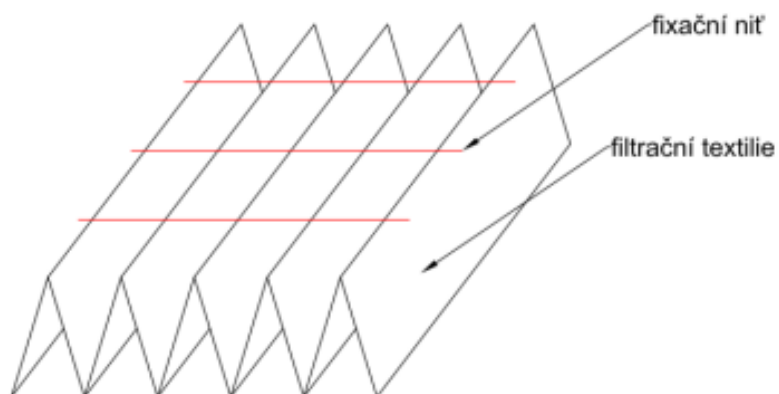


Obr. 8 Schéma tvorby ryl

1) filtrační materiál, 2) razník, 3) matrice

3.2. Fixace skladů

Fixace nám zajišťuje správnou strukturu a rozměrovou přesnost složeného polotovaru. Proces fixace může být součástí výroby skládaného polotovaru, lze ji provádět bezprostředně po vytvoření skladu, nebo lze fixaci provést externě a tím ji vynechat.



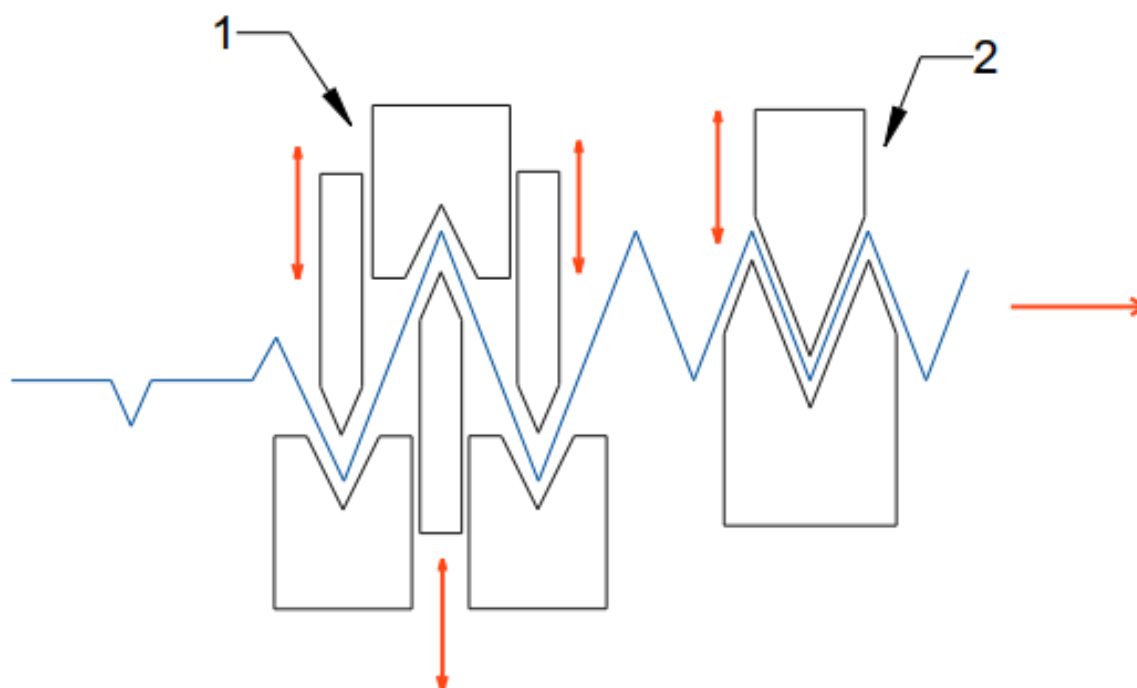
Obr. 9 Příklad fixace skladů (3)

3.3. Tvorba skladů

Tvorba skladů je hlavní částí skládacího zařízení, které z již vytvořených ryl vytvoří jednotlivé sklady polotovaru. Tvorbu skladů můžeme realizovat mnoha způsoby a dělit je podle mnoha parametrů. V této bakalářské práci je následně zmíněno několik různých způsobů tvorby skladů dělených podle pohybů nástroje.

3.3.1 Tvorba skladů lineárním pohybem nástroje

Jedná se o principiálně stejný proces jako při tvoření ryl s rozdílem rozměrů či minimálního počtu nástrojů pro vytvoření jednoho skladu. Pokud bychom chtěli zanechat pouze jeden nástroj pro jeden sklad, je potřeba matici i razník rozměrově přizpůsobit negativu skladu z jedné i druhé strany polotovaru (2). Dalším způsobem je zanechání malých rozměrů matrice i razníků s použitím minimálně tří nástrojů (razník + matrice) pro jeden sklad (1). V obou případech dělá nástroj přímočarý vratný pohyb. Výhodou tvorby skladů lineárním pohybem je možnost jednoduché konstrukce pouze jednoho pohybu, možnost vynechání procesu tvorby ryl. Nevýhodou tohoto způsobu je relativně pomalý proces jednoho skladu a dále složité či náročné docílení alespoň určité parametrové univerzálnosti skládacího zařízení.

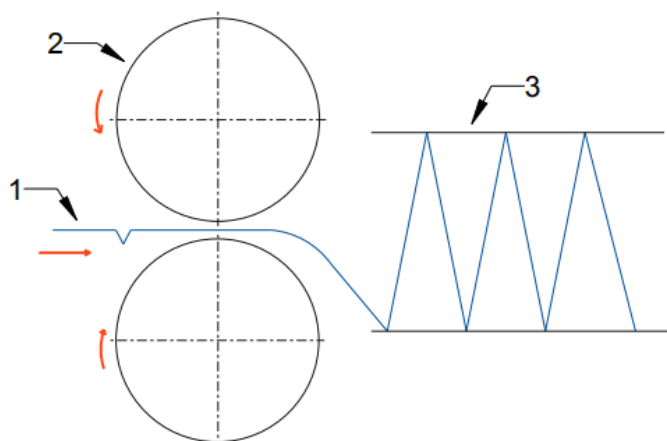


Obr. 10 Tvorba skladů lineárním pohybem nástroje

1) princip tří nástrojů, 2) princip jednoho nástroje

3.3.2 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje s přitlakem

Zde se jedná o způsob tvorby skladů pomocí dvou přitlačných válců (2), kdy je narylovaný polotovár (1) ohýbán v místě ryly za přitlačnými válci. Polotovár, který je válci tlačén do přípravku (3), který svou konstrukcí zajišťuje výšku skladu, se při kontaktu s dolní hranou přípravku zlomí a vytvoří tak spodní vrchol skladu. Při pokračování tlačení se polotovár v přípravku začne přičít, díky čemuž se při dotknutí polotovaru horní hrany přípravku vytvoří horní vrchol skladu. Tento cyklus vytvoření jednoho skladu se stále opakuje. Výhodou tohoto způsobu je možnost rychlé a kontinuální tvorby skladů. Bohužel tento způsob provází více nevýhod, jako např. nutnost přípravku a rylování polotovaru pro zajištění funkčnosti výroby.

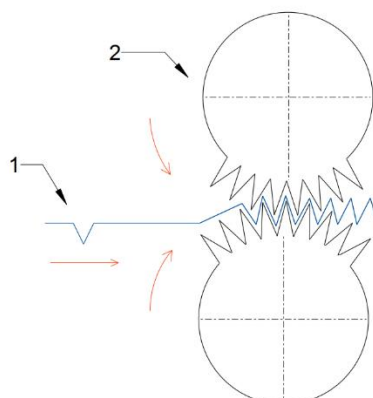


Obr. 11 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje s přitlakem

1) filtrační materiál, 2) přitlačné válce, 3) fixační přípravek

3.3.3 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje bez přitlaku

Hlavní rozdíl tohoto způsobu výroby je ve tvaru nástroje, kdy namísto dvou přitlačných válců jsou dvě ozubená kola (2) bez jakéhokoliv přitlaku. Polotovár (1) je tímto způsobem skládán mezi ozubenými koly, kde velikost zubů udává výsledné rozměry polotovaru. Výhodou takového provedení oproti předchozímu způsobu je možnost vynechání tvorby ryl a nepotřeba fixačního přípravku pro funkčnost výroby. Hlavní nevýhodou je nutnost vyměnění nástroje v případě změny rozměrů skladů. Další nevýhodou výroby se vztahuje k řešenému typu polotovaru této práce a spočívá v neproveditelnosti ostrého skladu bez porušení materiálu.

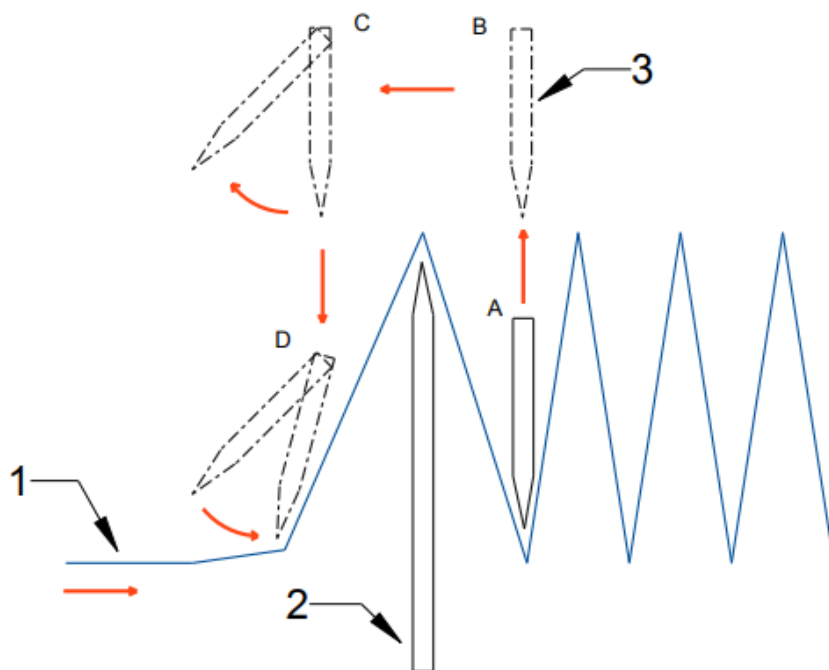


Obr. 12 Tvorba skladů rotačním pohybem nástroje bez přitlaku

1) filtrační materiál, 2) ozubená kola

3.3.4 Tvorba skladů kombinačním pohybem

Sklad je vytvořen pomocí dvou naproti sobě umístěných nožů, kdy je při vytváření jednoho skladu jeden z nožů přídržný (2) a druhý pracovní (3). Pracovní nůž se přímočarým pohybem dostane nad skládaný polotovar (A–B). Poté se nůž horizontálně posune o rozteč ryl (B–C). Po vysunutí se nůž vyklopí ve směru přiváděného polotovaru (C). Dále se nůž vrátí přímočarým pohybem na původní výšku (C–D). V poslední fázi se nůž zpět zaklopí, přičemž vytvoří sklad (D). Při vytváření dalšího skladu se z dříve přídržného nože stává pracovní a koná stejný, ale opačně orientovaný pohyb. Z pohledu pohybů je tento způsob výroby zdaleka nejsložitější na konstrukční provedení. To se může jevit jako dostatečná nevýhoda pro zavrnutí způsobu, ale opak je pravdou. V případě konání některých pohybů zároveň je zde možnost kontinuálního a relativně rychlého procesu s velkým prostorem pro nastavení parametrů skladů a docílení tak částečné až úplné univerzálnosti zařízení. Díky konstrukčnímu řešení odpadá nutnost vytváření ryl pro vytvoření skladu. Dále nám pohyb nástroje zajišťuje odebrání materiálu ze skládacího zařízení.



Obr. 13 Tvorba skladů kombinačním pohybem

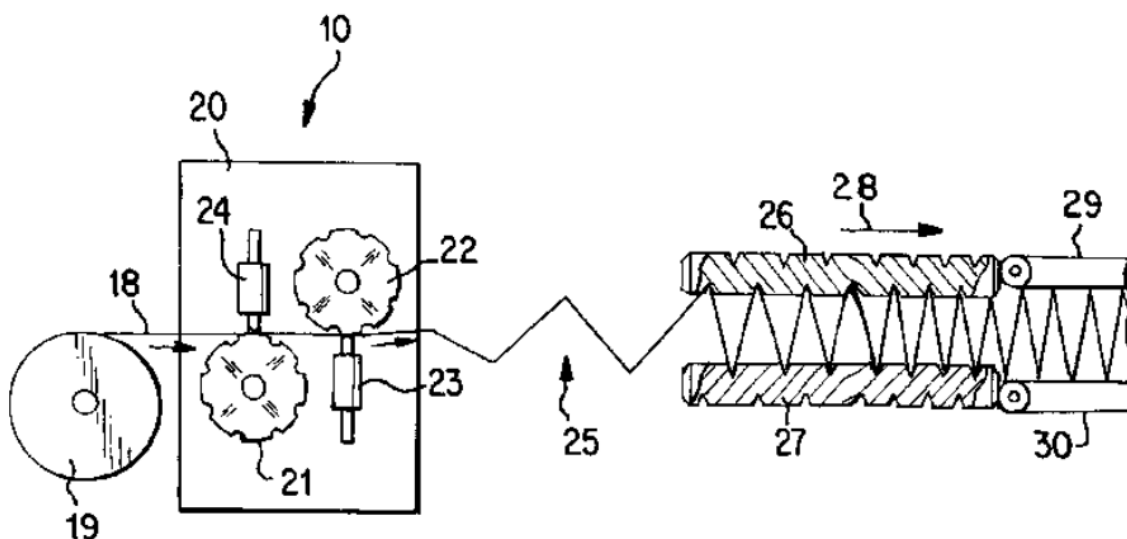
1) filtrační materiál, 2) přídržný nástroj, 3) pracovní nástroj

4 Patentová řešení

V následující části bakalářské práce budou představeny vybrané patenty strojů pro výrobu skládaného filtru, které pracují na již zmíněných či na doposud nezmíněných principech.

4.1. Patent US 6,290,635 B1

Filtrační materiál (18) je z cívky (19) odváděn skrze lisovací jednotku (20), kde se pomocí sonotrody (24) a tvarovaného válce (21) vytvoří ryla za použití principu ultrazvuku. Poté je již narylovaný polotovár skládán mezi dvěma ozubenými řemeny (26, 27) a odváděn těmito řemeny pro následnou fixaci (29, 30). V tomto patentu je představena technologie ultrazvuku použitá pro vytvoření ryl. Dále zde vidíme neobvyklé použití ozubených řemenů po vytvoření skladu.

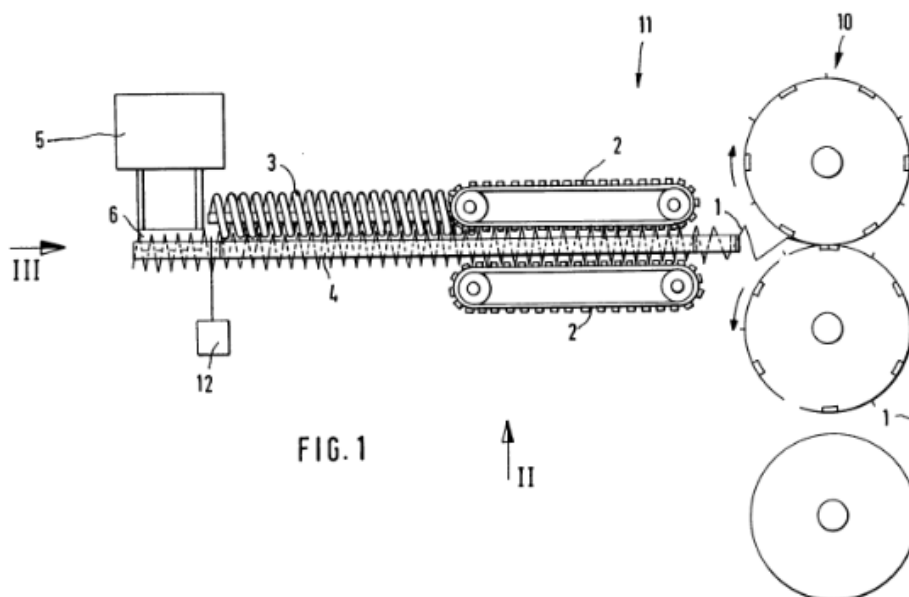


Obr. 14 Schéma patentu US 6,290,635 B1 (4)

18) filtrační materiál, 19) cívka s filtračním materiálem, 20) lisovací jednotka, 21,22) tvarovaný válec, 23,24) sonotroda, 25) sklad, 26,27) ozubený řemen, 28) směr pohybu materiálu, 29,30) fixace

4.2. Patent EP0583544A1

Filtrační materiál (1) je z cívky odvíjen mezi pár tvarovacích válců (10). V tomto místě je vytvořena ryla kde vždy mezera jednoho válce odpovídá zubu válce druhého. Narylovaný polotovar je stejně jako u předchozího patentu skládán mezi dvěma ozubenými řemeny (2) a posouván do spirály (3), která svým stoupáním udává rozteč složeného polotovaru (4). Bezprostředně za spirálou se nachází dělicí zařízení (12) společně s odebíracím zařízením (5,6). U tohoto patentu je představena technologie využití spirály pro fixaci skladů, identické použití ozubených řemenů jako v předchozím patentu a tvorba ryl pomocí tvarovaných válců.



Obr. 15 Schéma patentu EP0583544A1 (5)

- 1) filtrační materiál, 2) ozubený řemen, 3) spirála, 4) složený polotovar, 5,6) odebírací zařízení,
10) tvarovací válec, 12) dělicí zařízení

5 Návrh konstrukce skládacího zařízení

Hlavní zaměření návrhu a konstrukce se týká skládacího zařízení, které je potřeba pro výrobu skládaného polotovaru. Následující část bakalářské práce se zabývá výběrem způsobu výroby polotovaru, návrhem provedení jednotlivých pohybů, jejich kompletace do jednoho funkčního mechanismu spolu s nástrojem a pohonnými jednotkami. Výsledkem této části bakalářské práce je zhotovení schématu skládacího zařízení

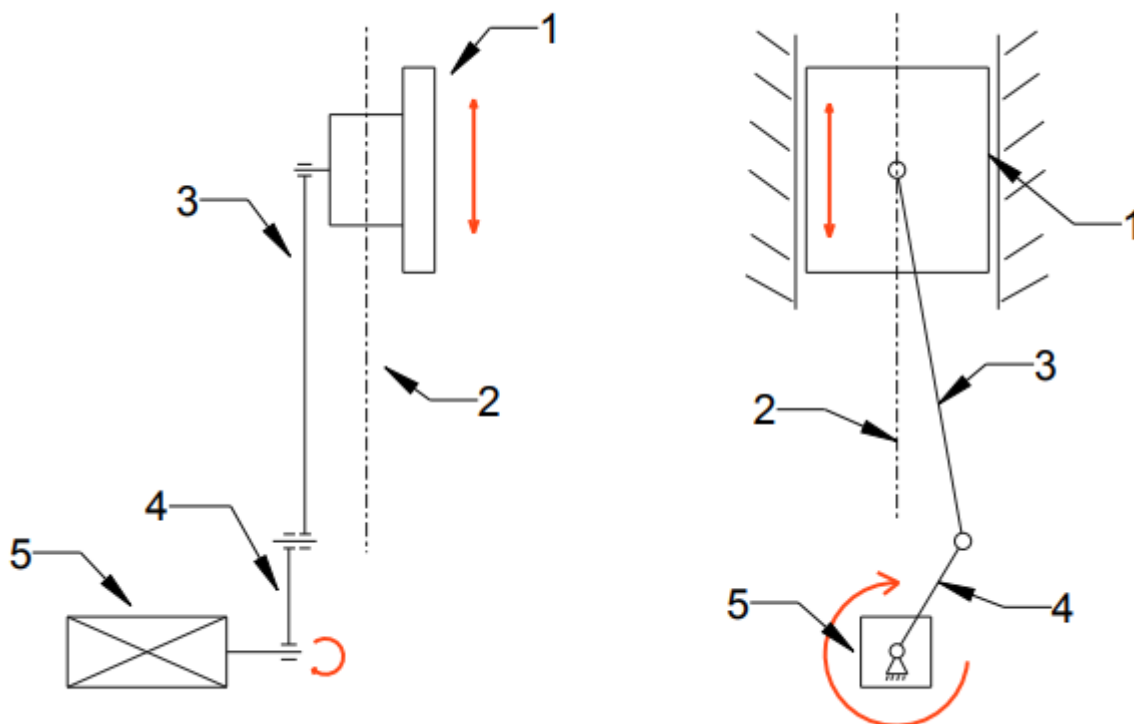
S již zvolenými parametry skládaného polotovaru je potřeba stanovit jisté parametry zařízení pro vybrání vhodné metody vytvoření skládaného polotovaru. Jak již bylo zmíněno v této bakalářské práci, zařízení je určeno pro laboratorní účely, kdy se bude jednat o kusovou výrobu, což znamená, že nejsme zcela limitováni rychlostí metody. Další parametr, který účel stroje udává, je možnost jednoduché změny rozměrů složeného polotovaru alespoň v jistém rozhraní výchozích rozměrů (viz Obr.6). Pro jednoduchost skládacího zařízení bude polotovar vyroben bez vytváření ryl. Fixace skladů bude prováděna externě, takže fixace nebude součástí zařízení. Po přiblížení požadovaných parametrů zařízení se jeví metoda s kombinovaným pohybem nástroje jako nejvýhodnější, díky širokému prostoru pro řešení rozměrové modularity. Dalším důvodem zvolení této metody je celkem šetrný přístup k materiálu, který je méně poddajný než běžně používaný.

5.1. Návrh vertikálního pohybu

Vertikální pohyb nástroje v procesu skládání nastává jako první, kdy se nástroj dostane nad skládaný polotovar přímočarým pohybem. Přímočarého pohybu můžeme dosáhnout například pístem poháněným vzduchem či kapalinou. Takové řešení je z hlediska konstrukce samotného pohybu jednoduché a v případě vzduchu čisté, bohužel pro takové řešení je potřeba ke stroji zajistit přívod média společně se zařízením pro natlakování oběhu pro konání pohybu. V našem případě, kdy se snažíme dosáhnout jednoduchosti stroje, je připojování dalších zařízení jen ztížení situace. Poté tedy máme možnost pohyb řešit převodem rotačního pohybu elektrického motoru na pohyb lineární.

Klikový mechanismus

Z mnoha způsobů řešení byl vybrán klikový mechanismus díky jednoduchosti mechanismu. Klika (4) poháněna elektrickým motorem (5) vykonávající rotační pohyb je čepem spojena s ojnící (3) vykonávající obecný rovinný pohyb. Ojnice je dále připojena dalším čepem s posledním členem mechanismu (deska, píst atd.) (1), který již koná lineární pohyb. Regulovat pomocí motoru je možné jen rychlost mechanismu. Velikost zdvihu mechanismu je definována délkou kliky, což v případě kliky bez možnosti stavitelné délky zabraňuje nastavení zdvihu mechanismu. Zdvih mechanismu nebude stavitelný, kdy velikost zdvihu bude nastavena pro maximální výšku skladu, který bude 50 mm.

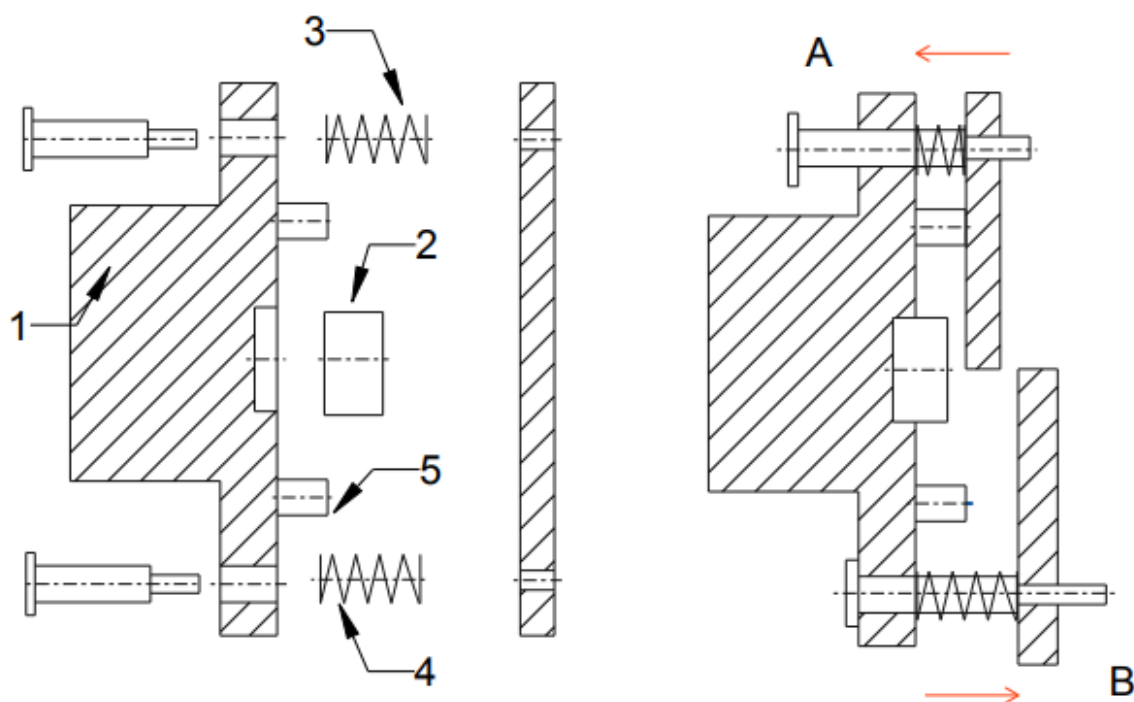


Obr. 16 Návrh klikového mechanismu

1) deska, 2) vedení, 3) ojnice, 4) klika, 5) elektromotor

5.2. Návrh horizontálního posunu

Návrh lineárního posuvu nástroje o rozteč složeného polotovaru, kdy zadaná rozteč činí 5 mm. Posuv takto malých rozměrů je zbytečné realizovat pomocí velkého mechanismu jako u předchozího pohybu. Dalším ztížením je závislost horizontálního posuvu na vertikálním, což znamená nutnost umístění horizontálního posuvu na posuv vertikální. Z těchto důvodů byl navrhnut posuv, kdy je soustava nástroje lineárně vedena (3) do protikusu (1) opatřená elektromagnetem (2), který při sepnutí zajišťuje pohyb desky nástroje (5) směrem k elektromagnetu. Pohyb desky nástroje zpět do původní pozice zajišťuje pružina (4) (viz B).

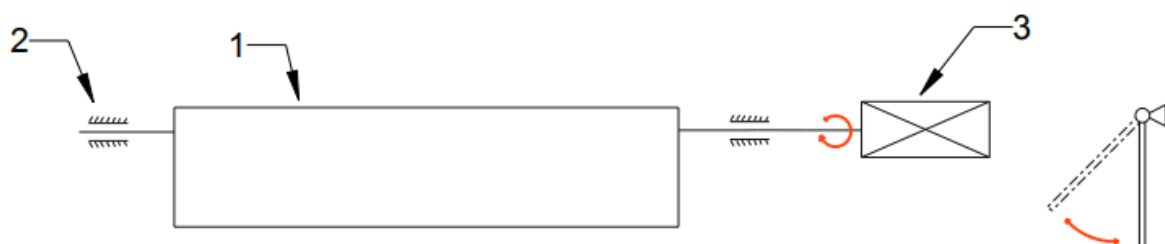


Obr. 17 Návrh horizontálního posuvu

- 1) deska klikového mechanismu, 2) elektromagnet, 3) vedení, 4) pružina, 5) doraz,
A) spodní poloha posuvu, B) horní poloha posuvu (výchozí)

5.3. Návrh vyklopení nástroje

Vzhledem k již navrhnutým pohybům je třeba mechanismus umístit na horizontální posuv, kde se nachází sestava nástroje. Pro zachování relativně malých rozměrů jsme limitováni rozměrem posuvné desky horizontálního posuvu. Z těchto důvodů bylo navrženo vyklopení nástroje bezprostředně pomocí motoru.

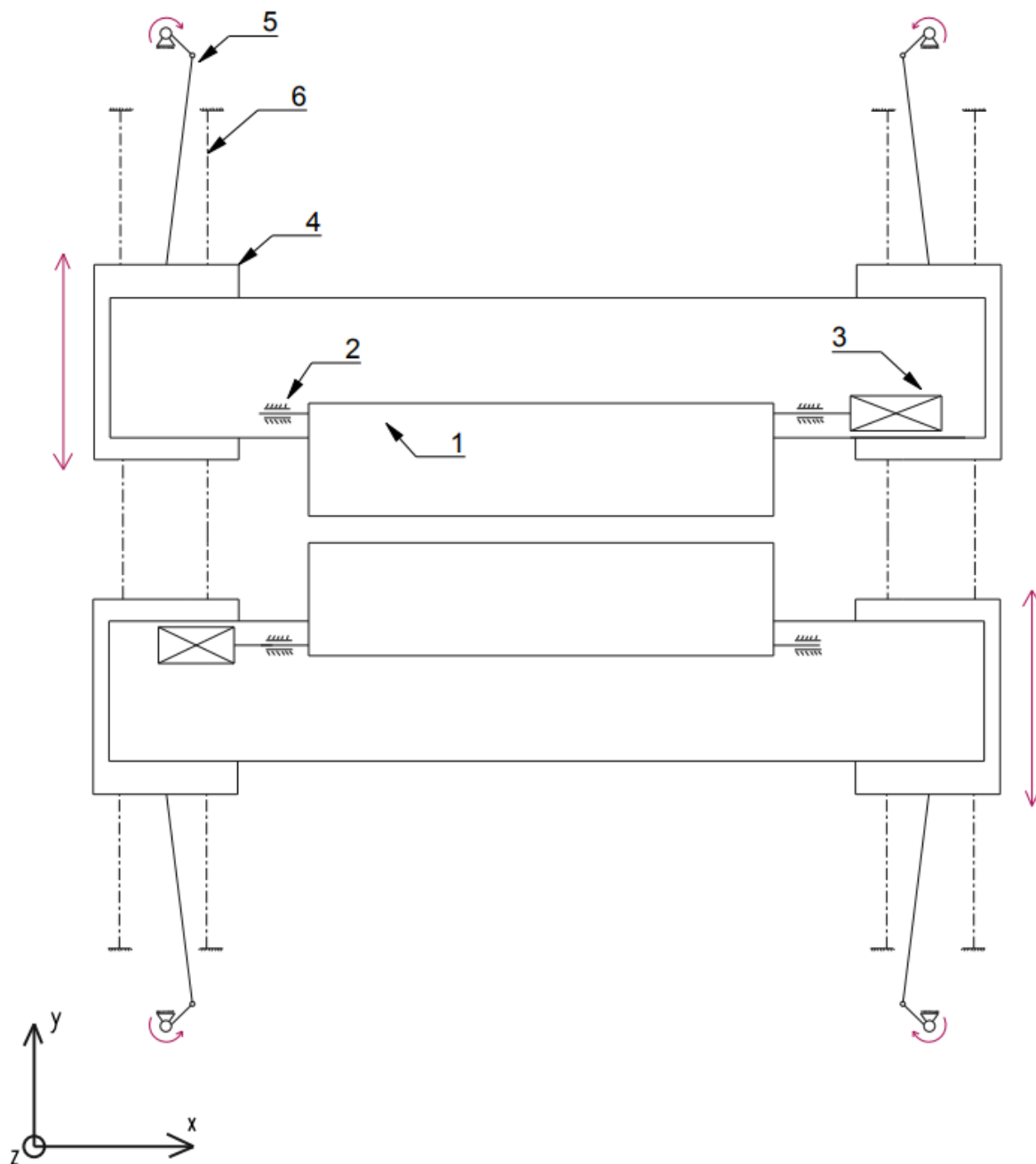


Obr. 18 Návrh vyklopení nástroje

- 1) nástroj, 2) ložisko, 3) motor

5.4. Schéma skládacího zařízení

Nástroj (1) uložený ve dvojici ložisek (2) je vyklápěn bezprostředně elektrickým motorem (3). Tento mechanismus je umístěn na desce, která je posuvně ve směru „z“ s pomocí elektromagnetu uloženého v protikusu (4). Celá tato soustava se pohybuje ve směru „y“ po vedení (6), kde je pohyb zajištěn klikovým mechanismem (5) spolu s motorem.



Obr. 19 Schéma skládacího zařízení

1) nástroj, 2) ložisko, 3) motor, 4) horizontální posuv, 5) klikový mechanismus, 6) vedení

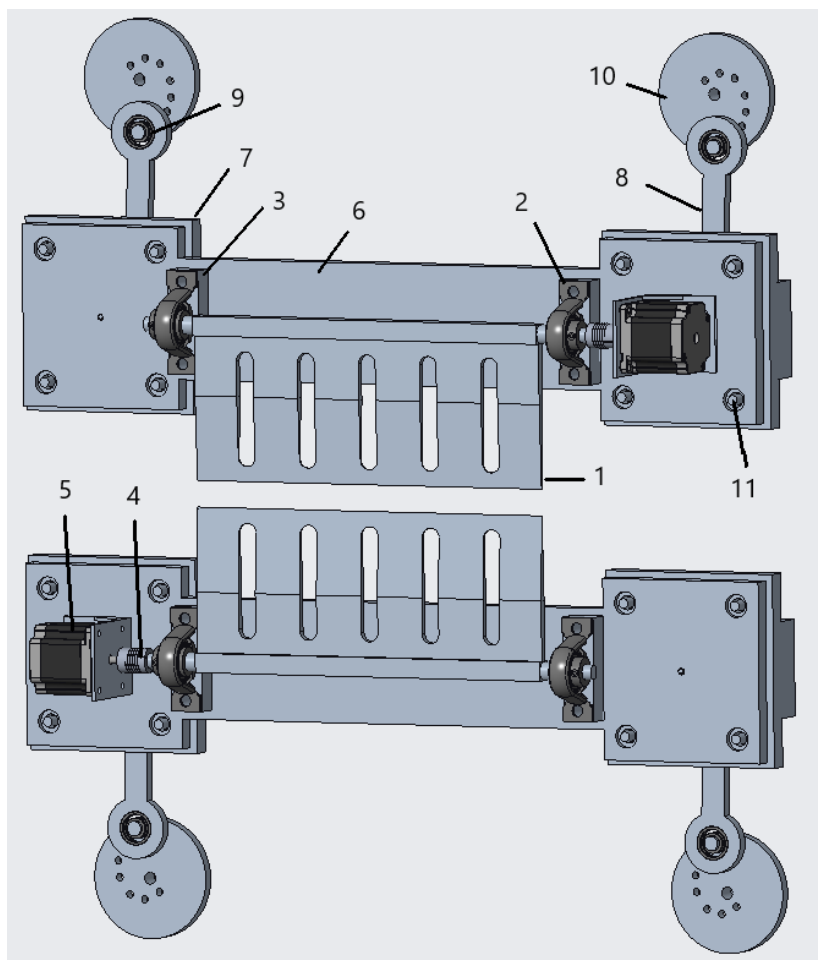
6 Konstrukce skládacího zařízení

V této části se bakalářská práce zabývá konstrukcí 3D modelu navrhnutého skládacího zařízení vzhledem ke kompletnímu schématu (viz Obr.19). Bude zde představených několik verzí zařízení chronologicky tak, jak se vyvíjela konstrukce zařízení. Ke každé verzi zařízení budou uvedené změny oproti předchozí verzi a důvody těchto změn. Zařízení bylo tvořeno ve 3D modelovacím programu Creo Parametric.

6.1. Koncept skládacího zařízení

První verze je vytvořena jako koncept podle schématu (viz Obr.18). V této verzi nejsou brány ohledy na materiál modelů, dimenzování modelů. Dále zde nebyly řešeny modely rámu zařízení, motory klikového mechanismu, vedení mechanismu, normalizované modely. Účelem vytvoření takového konceptu byla vizualizace navrhnutého schématu zařízení z důvodu lehčího zhodnocení daného řešení a provedení případných úprav.

Nástroj (1) je uložený mezi dvěma ložiskovými tělesy (2) vyzdvihnutými pomocí podložek (3). Část nástroje je vedena skrze jedno z ložiskových těles přímo do spojky (4), která je připojená na motor (5) uložený a přidělaný k desce (6). Deska je pak posuvně uložena pomocí vedení (11) do desky klikového mechanismu (7) opatřené elektromagnetem. Ojnice (8) opatřené ložisky (9) je jedním ložiskem uložena na desce mechanismu a druhým v setrvačniku (10). Druhá soustava je identická jako již popsaná soustava, jen s rozdílem zrcadlení celé soustavy.

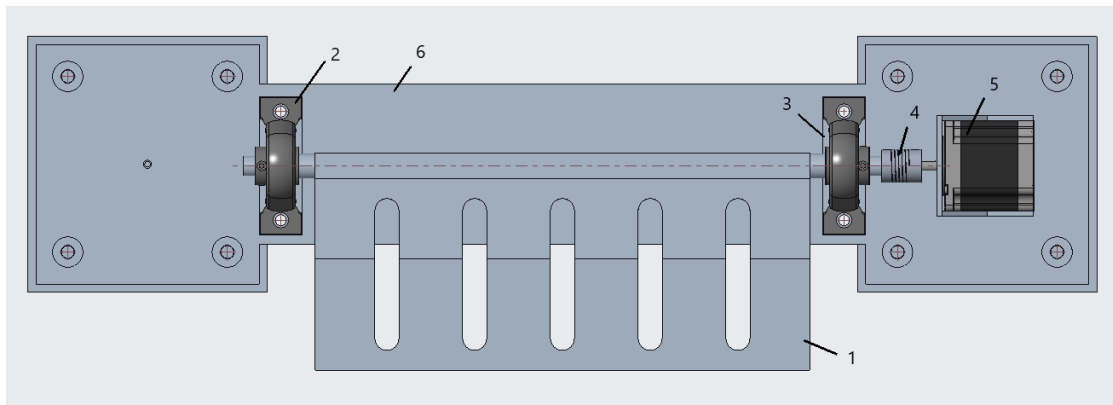


Obr. 20 Model konceptu skládacího zařízení

- 1) nástroj, 2) ložiskové těleso, 3) podložka, 4) spojka, 5) jednotka motoru, 6) deska nástroje, 7) deska klikového mechanismu, 8) ojnice, 9) ložisko, 10) setrvačnick

Vyklopení nástroje

Nástroj (1), kdy jeho šířka je 350 mm z důvodů možnosti skládání širšího polotovaru než zadaných 200 mm. Tento rozměr umožňuje skládat polotovar o maximální šířce 300 mm. Dále nástroj je vyrobený z jednoho polotovaru společně s hřídeli, kterými je nástroj uložen ve dvojici ložiskových těles (2). Ložisková tělesa jsou vypodložena podložkami (3) pro větší vzdálenost nástroje od desky. Zde je vidět, že v této verzi není řešen pohon vyklápění, který je řešen následující verzi mechanismu.

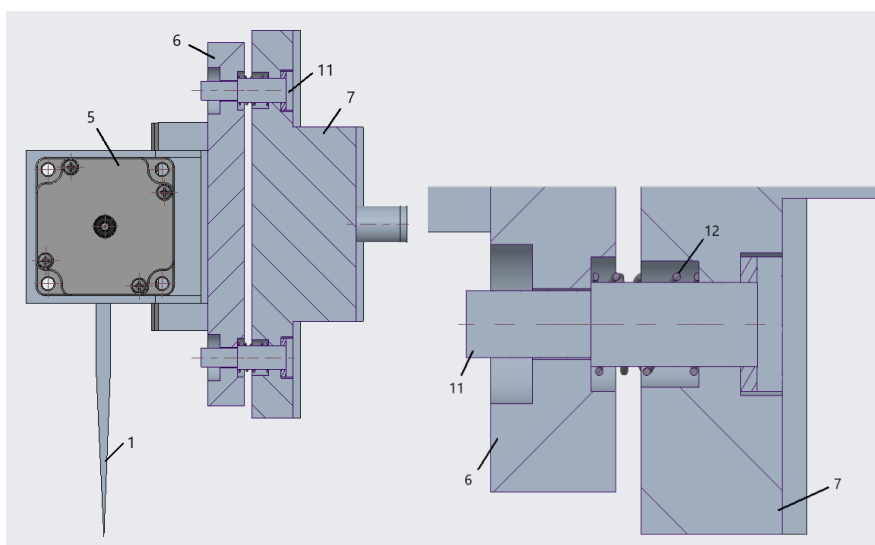


Obr. 21 Model systému vyklápění

1) nástroj, 2) ložiskové těleso, 3) podložka, 4) spojka, 5) jednotka motoru, 6) deska nástroje

Horizontální posuv

Horizontální posuv byl vytvořen obdobně jako návrh s rozdílem použití čtyř vedení (viz Obr.19) namísto dvou (viz. Obr.16) z důvodu zabránění zkřížení desky nástroje při posuvu. Lineární vedení (11) s pružinou (12) je na jedné straně umístěné skrze desku nástroje (6) a opatřené závitem pro upevnění pomocí matice na opačné straně desky nástroje. Na druhé straně je vedení skrze desku klikového mechanismu (7) opatřené osazením a pryžovým dorazem. Konstrukce vedení je přizpůsobena pro vytvoření vůle mezi deskami (5 mm), což odpovídá vzdálenosti posuvu. Po vytvoření modelu posuvu se projevily problémy se samotnou konstrukcí. Hlavním problémem je potřeba vysoce přesné výroby vedení pro dosažení požadované vůle mezi deskami 5 mm. Dalším problémem je zafixovaná délka posuvu konstrukcí vedení. Ze získaných informací je potřeba upravit konstrukci posuvu.

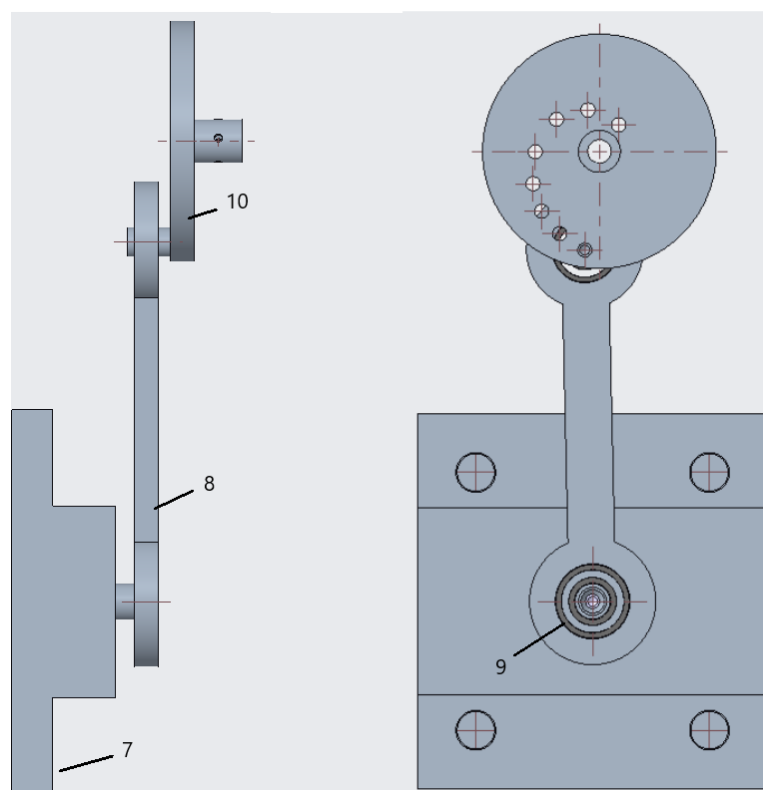


Obr. 22 Řez modelu horizontálního posuvu

1) nástroj, 5) motor, 6) deska nástroje, 7) deska klikového mechanismu, 11) vedení posuvu

Klikový mechanismus

Klikový mechanismus je tvořený ojnící (8), do které jsou nalisovaná ložiska (9), kde jedno ložisko je uložené na čepu desky mechanismu (7) a druhé je uložené na čepu setrvačnicku (10). Setrvačnick zde nahrazuje funkci kliky, kdy je čep uloženy v ložisku ojnice excentricky připevněn na setrvačnicku. Na setrvačnicku můžeme vidět myšlenku stavitelného zdvihu mechanismu pomocí stavitelné velikosti excentru, který udává velikost zdvihu. Myšlenka spočívá ve vytvoření otvorů pro upevnění čepu pomocí šroubu, kde je velikost excentru odstupňovaná v krocích po 5 mm a rozmezí excentru se pohybuje od 20 mm do 70 mm. Po vytvoření modelu takové myšlenky je zřejmé, že řešení je ztížení konstrukce a následné výroby setrvačnicku. V této verzi mechanismu chybí motor, který prozatím není možné určit. Dále v této verzi chybí vedení mechanismu, které je navrženo jako tyčové vedení skrze desku mechanismu. Důvodem chybějícího vedení je prozatím neznámá délka vedení.

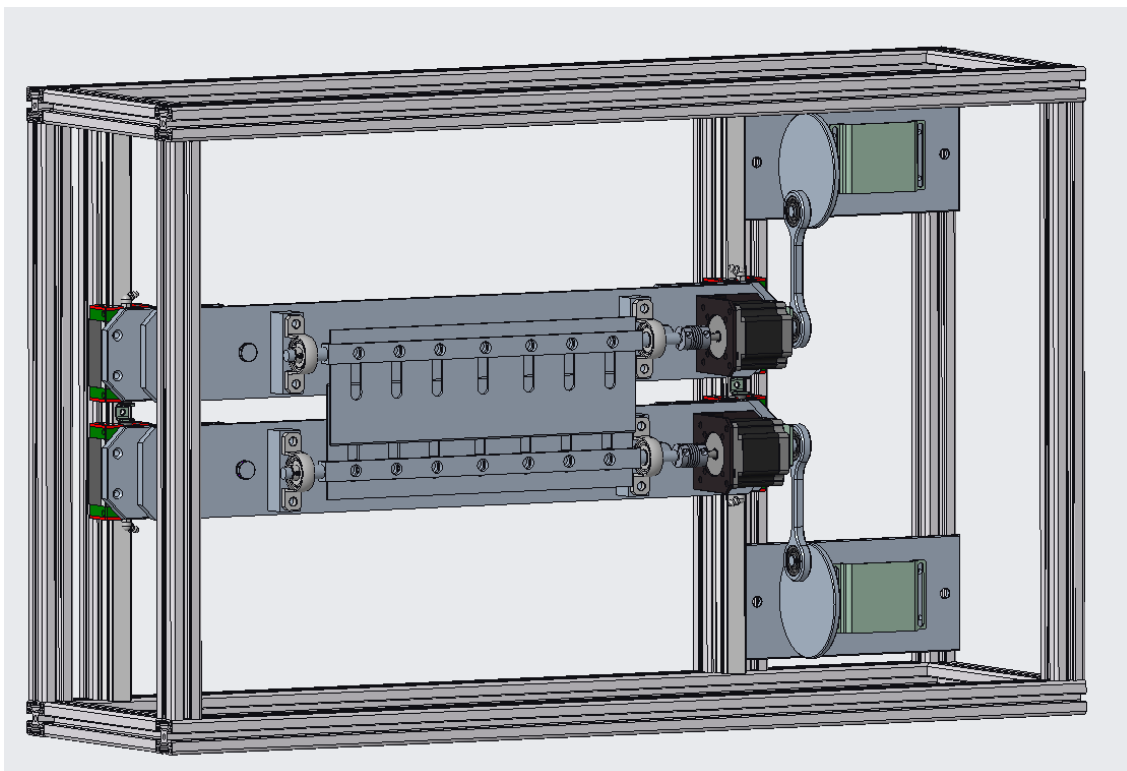


Obr. 23 Model klikového mechanismu

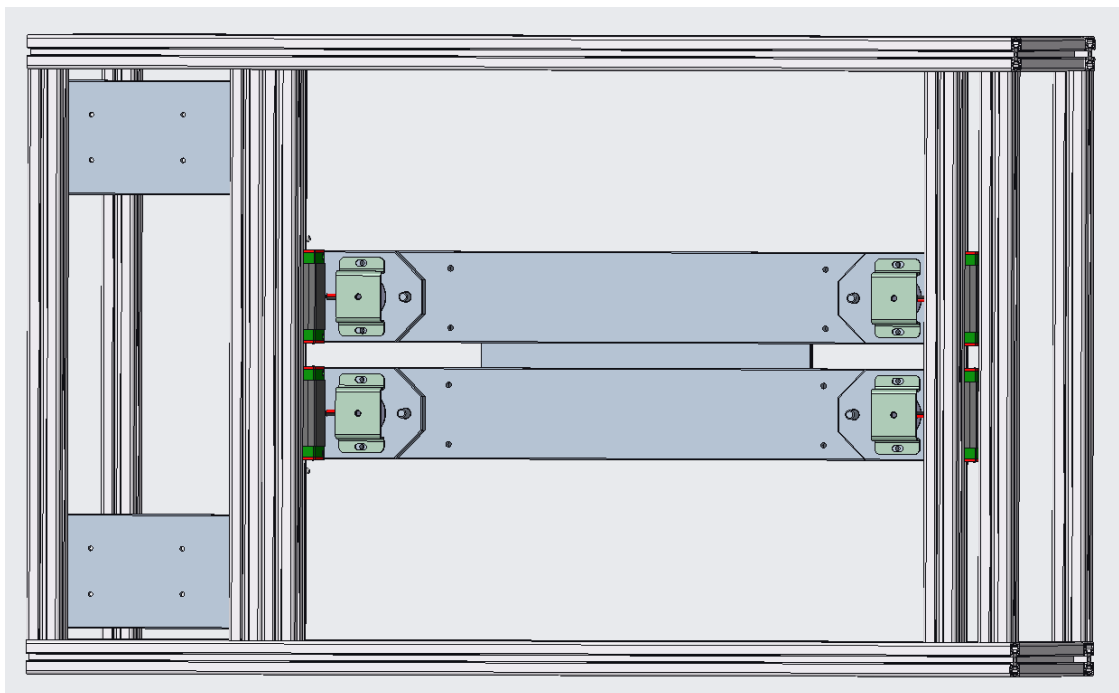
7) deska klikového mechanismu, 8) ojnice, 9) ložisko, 10) setrvačnick

7 Druhá verze skládacího zařízení

Druhá verze je velkým posunem oproti verzi předchozí, kdy je zde vytvořen téměř kompletní model skládacího zařízení již s ohledem na dimenzování a materiál dílů. V této verzi stále není navrhnut motor klikového mechanismu, pro který nejsou prozatím zajištěné parametry pro jeho návrh.



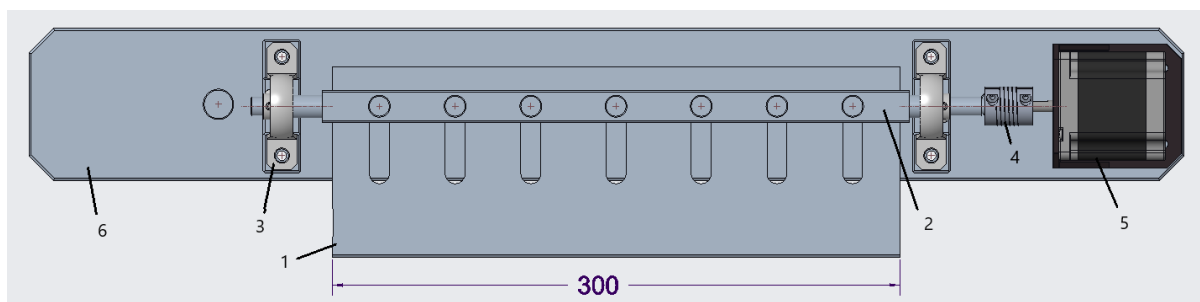
Obr. 24 Model druhé verze skládacího zařízení – přední pohled



Obr. 25 Model druhé verze skládacího zařízení - zadní pohled

Vyklápění nástroje

První změnou systému vyklápění je samotný nástroj, který byl rozdělen na dvě části. Nůž (1), který vytváří sklad, a hřídel nože (2) uložené mezi ložiskovými tělesy (3). Rozdělení nám umožňuje posunutí nože v hřídeli upevněné pomocí přítlaku, zajištěného šrouby a maticemi umístěnými skrze otvory hřídele. Tímto posunutím je zde možnost nastavit výšku skladu, kterou v předchozí verzi nebylo možno nastavit. Jako materiál nástroje byla určena ocel pro svou větší pevnost a nižší cenu v porovnání s hliníkovými slitinami. To nám umožnilo nástroj rozměrově zmenšit při zachování šířky nože 350 mm. Další změnou spadající do této kategorie je volba materiálu desky nástroje, kdy byla opět vybrána ocel. Zvolení oceli v tomto případě záviselo na minimální tloušťce desky pro závit. V desce se nachází několik závitů, přičemž je největší průměr závitu 6 mm. Při takovém průměru závitu skrze desku je minimální tloušťka desky pro ocel jednonásobek průměru (6 mm) a pro hliníkovou slitinu dvojnásobek průměrů (12 mm). Ocel nám tak dovolí menší rozměry. Dalším důvodem pro zvolení oceli je nutnost feromagnetického materiálu pro funkci horizontálního posunutí pomocí elektromagnetu. Druhou změnou systému je návrh motoru vyklápěcího systému. Pro volbu vhodného motoru je zapotřebí zajistit potřebný kroutící moment a dostatečně přesný krok motoru. Potřebný kroutící moment je závislý na hmotnosti nástroje a odporu filtračního materiálu proti jeho ohýbání. V našem případě můžeme vliv filtračního materiálu na kroutící moment zanedbat díky řádově menšímu vlivu materiálu, nežli vlivu hmotnosti materiálu. Pro naše zařízení byl vybrán krokový motor NEMA 23 (viz Obr.27). U zvoleného motoru je potřeba zkontrolovat, jestli je kroutící moment motoru dostatečný. Kontrola motoru byla provedena dynamickou analýzou v modelovacím programu. Při zvolených otáčkách motoru $n_1=0,25 \text{ s}^{-1}$ vyšel potřebný kroutící moment motoru $M_{kp}=0,14 \text{ Nm}$, přičemž kroutící moment při takovýchto otáčkách je dodavatelem udáván $M_k=1 \text{ Nm}$. Z toho vyplývá, že je motor dostatečně silný.



Obr. 26 Model druhé verze vyklápění nástroje

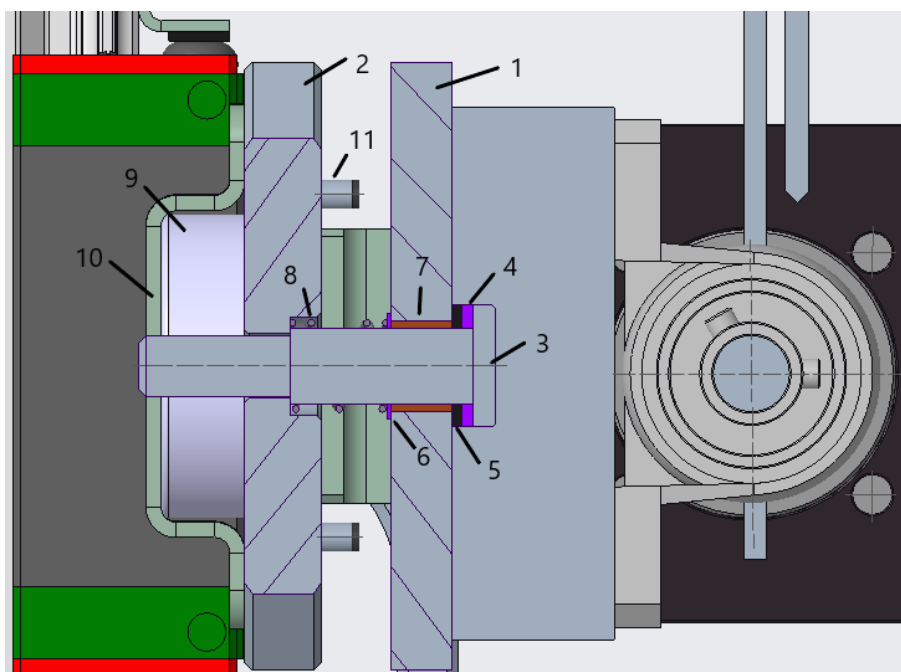
- 1) nůž, 2) hřídel, 3) ložiskové těleso, 4) spojka, 5) jednotka motoru, 6) deska nástroje

Parameter	Unit	Value
Phase		2
Step Angle		1.8°
Rated Current	A	3.6
Holding Torque	Nm	1.5
Holding Torque	oz-in	212.43
Resistance	Ohms $\pm 10\%$ @20°C	0.63
Front Shaft Diameter	mm	6.35
IP Rating		IP40
Weight	kg	0.6

Obr. 27 technické parametry motoru vyklápění (6)

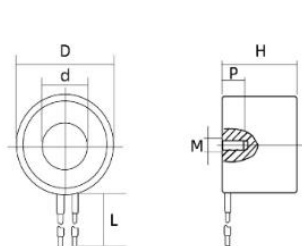
Horizontální posuv

Horizontální posuv byl upraven pro možnost nastavení velikosti posuvu. Lineární vedení (3) je nyní posuvně uloženo v kluzném ložisku (7) nalisované v desce nástroje (1). Na druhém konci je vedení upevněno pomocí matice k desce klikového mechanismu (2). Možnost nastavení maximálního posuvu je zde umožněna pomocí podložek (4,6), jejichž tloušťka se může zaměnit, a výškou dorazu, tím lze měnit vůli mezi deskou nástroje a dorazem (11), která udává délku posuvu. Maximální možná velikost posuvu z konstrukce vedení činí 15 mm. Mezi deskou je vložena pružina (8) pro částečné ztlumení pohybu. Lineární vedení a dorazy jsou opatřeny pryžovým dorazem (5) pro ztlumení nárazu. Elektromagnet (9) je připevněn šroubem k tvarovanému profilu (10), pevně přišroubovanému na desce klikového mechanismu, a vedení skrze desku. Z principu elektromagnetu při zvětšující se vzdálenosti se pracovní síla zmenšuje, a proto je potřeba elektromagnet udržet v co nejmenší vzdálenosti od desky nástroje, na kterou působí. To je možné řešit přidáním podložky mezi elektromagnet a tvarovaný profil. Elektromagnety jsou kategorizované dle hmotnosti, kterou jsou schopné udržet. Pro výběr vhodného elektromagnetu je potřeba hmotnost sestavy nástroje, která činí 4 kg. Díky zjištěné hmotnosti byl zvolen elektromagnet pro maximální hmotnost 45 kg. Elektromagnet byl z bezpečnostních důvodů zajištění funkčnosti horizontálního posuvu násobně předdimenzován – technické parametry viz Obr.29. Po vhodném dimenzování součástí bylo usouzeno použití dvou vedení na soustavu nástroje.



Obr. 28 Model druhé verze horizontálního posuvu

- 1) deska nástroje, 2) deska klikového mechanismu, 3) lineární vedení, 4,6) podložka,
5) pryžový doraz, 7) kluzné ložisko, 8) pružina, 9) elektromagnet, 10) tvarovaný profil, 11) doraz



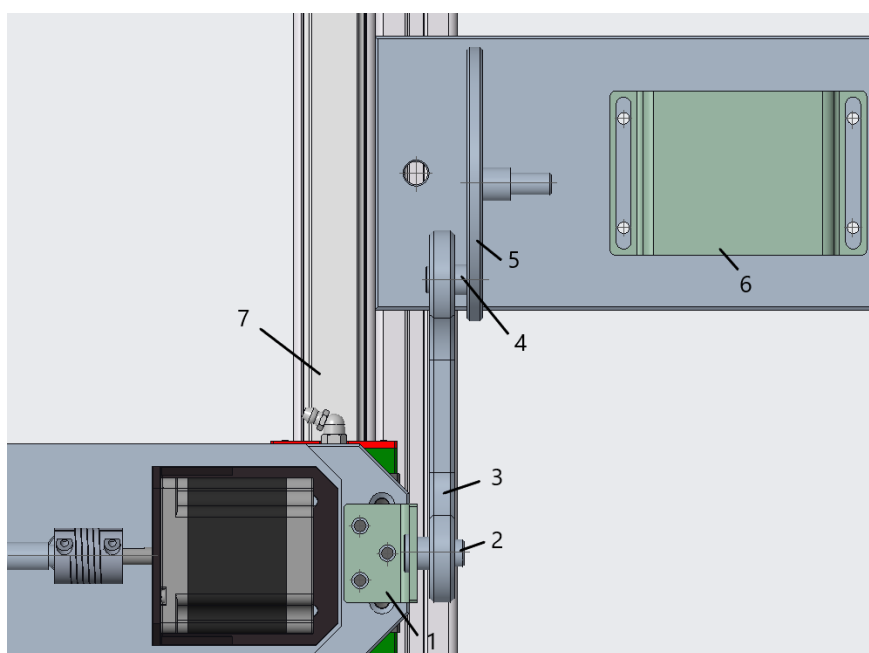
型号	D(mm)	d(mm)	H(mm)	M(mm)	P(mm)	L(mm)	napětí	průd	výkon	síla	síla testovací plochy
KK-P34/25	34	16	25	5	12	330	DC5V	0.45A	2.5W	25Kg	5mm
							DC6V	0.55A	3W	25Kg	5mm
							DC12V	0.3A	3.5W	25Kg	5mm
							DC24V	0.17A	4W	25Kg	5mm
KK-P40/20	40	18	20	5	12	330	DC5V	0.6A	3W	30Kg	5mm
							DC6V	0.7A	4W	30Kg	5mm
							DC12V	0.28A	3.5W	30Kg	5mm
							DC24V	0.15A	3.5W	30Kg	5mm
KK-P40/25	40	18	25	5	12	330	DC5V	0.6A	3W	35Kg	5mm
							DC6V	0.7A	4W	35Kg	5mm
							DC12V	0.3A	3.5W	35Kg	5mm
							DC24V	0.18A	4.5W	35Kg	5mm
KK-P49/21	49	23	21	6	15	330	DC12V	0.4A	5W	45Kg	6mm
							DC24V	0.25A	6W	45Kg	6mm
							DC12V	0.5A	6W	55Kg	6mm
							DC24V	0.27A	6.5W	55Kg	6mm
KK-P50/27	50	23	27	6	15	330	DC12V	0.5A	6W	55Kg	6mm
							DC24V	0.27A	6.5W	55Kg	6mm

Obr. 29 Technické parametry elektromagnetu (7)

Klikový mechanismus

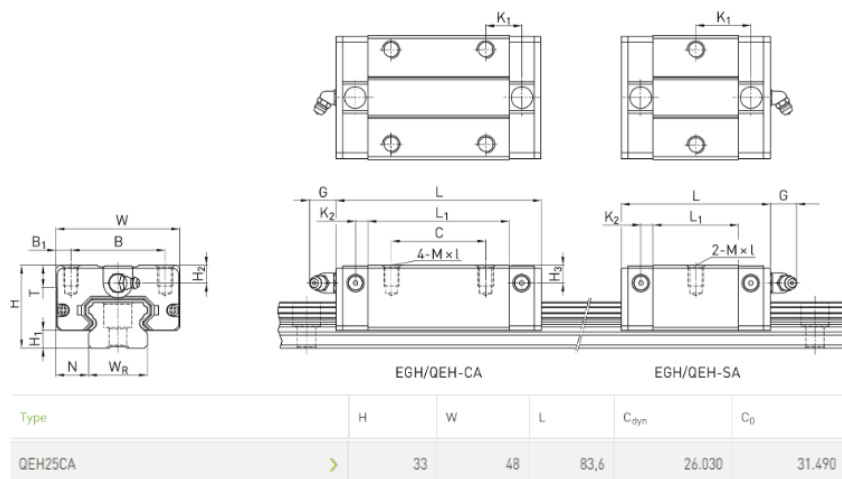
Hlavní změna zde spočívá v počtu zvolených mechanismů a jejich umístění. Pro zjednodušení zařízení byl použit jeden klikový mechanismus na jednu sestavu nástroje. Mechanismus byl následně umístěn na bok zařízení ze stejného důvodu jako motory nástroje, a to pro jednoduchost vedení kabeláže.

Mechanismus je připojený k sestavě nástroje pomocí dostatečně dimenzovaného plechu (1), kterým je veden čep (2) uložený v ojnici opatřené ložisky (3). Na druhém konci je ojnice uložena na čepu setrvačnicku (4). Setrvačnick (5) opatřený hřídelem bude následně připojen k motoru mechanismu, který bude umístěn na tvarovaném podkladu (6), který kromě montážního úkonu zde vykonává funkci elevační pro zajištění souososti hřídele setrvačnicku a hřídele motoru. Motor v této verzi zařízení stále není navržený, což je důvod jeho nepřítomnosti. Celý mechanismus je poté jištěn pomocí rybinového vedení (7), které dodává firma HIWIN s.r.o. (parametry viz Obr.31).



Obr. 30 Model druhé verze klikového mechanismu

- 1) úchytný plech, 2) čep, 3) ojnice s ložisky, 4) čep setrvačnicku,
5) setrvačnick, 6) podklad motoru, 7) vedení



Obr. 31 Technické parametry vedení (8)

Předchozí myšlenka stavitelného čepu setrvačnicku byla zavržena z důvodu složitosti následné výroby setrvačnicku. Z tohoto důvodu se konstrukční řešení vrátilo k fixní velikosti excentru čepu setrvačnicku, kdy je velikost excentru nastavena na největší možnou výšku skladů. Maximální možná výška skladů je určena na 50 mm, s přidáním dostatečné mezery mezi vrcholem skladu a vrcholem nástroje byla zvolena výška zdvihu klikového mechanismu 60 mm. Opět jako v předchozích případech byla zvolena ocel jako materiál součástí. Důvody jsou stejné jako pro ostatní součásti, zachování relativně malých rozměrů, přičemž některé součásti mají závit.

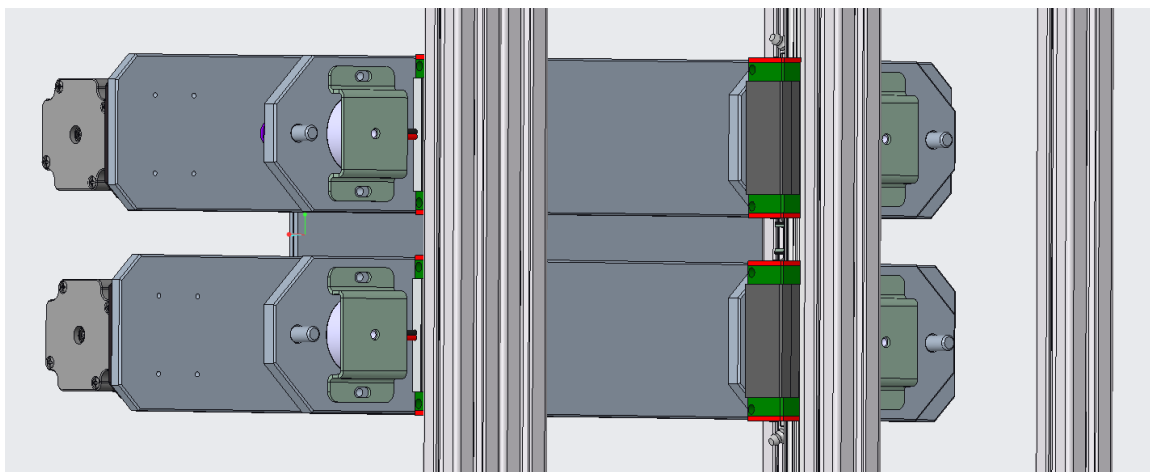
8 Třetí verze skládacího zařízení

Tato verze se zabývá úpravou skládacího zařízení do finální podoby, především úpravou klikového mechanismu s ohledem na možné křížení ústrojí. dále úpravou rámu spolu s řešením zapojení a s řešením uživatelské přístupnosti zařízení.

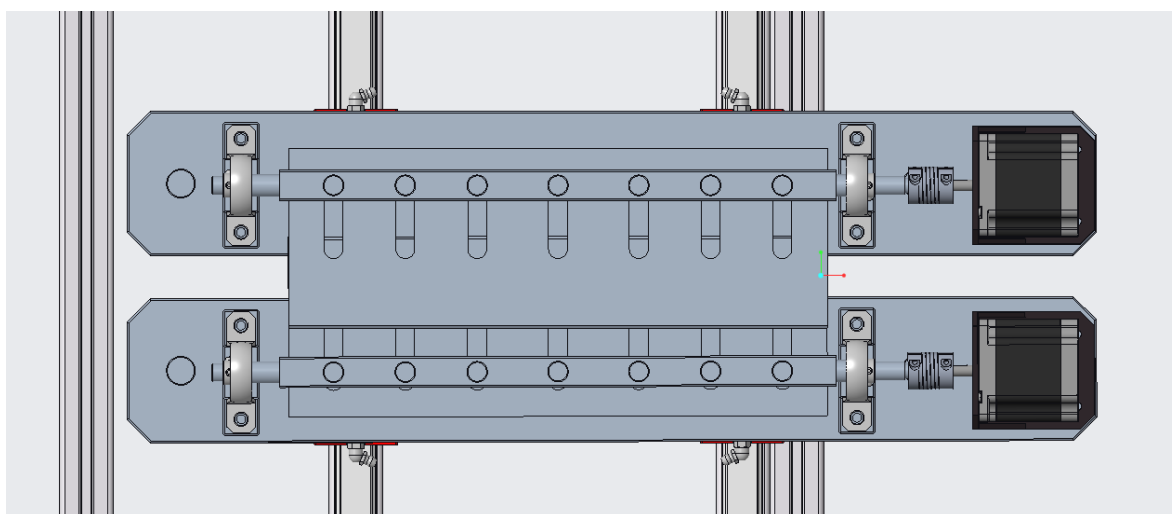
Momentální řešení klikového mechanismu by mohlo mít za následek křížení ústrojí na vedení, které je v poměrně velké vzdálenosti od sebe. Proto je zapotřebí zařízení přizpůsobit tak, abychom měli jistotu, že nedojde k žádnému křížení mezi vedením. Následující část se věnuje několika možnostem řešení takového problému.

Upravení vzdálenosti mezi vedeními

První myšlenka spočívala v dostatečném zkrácení vzdálenosti mezi vedeními tak, aby nedocházelo ke křížení nejlépe při zachování stávající konstrukce ústrojí. Při zachování konstrukce je zde jedno možné řešení, kdy desky klikového mechanismu otočíme tak, aby se desky rozcházely (viz Obr.38). Při takovém řešení je potřeba jediné úpravy, a to upevnění plechu klikového mechanismu na desku nástroje. Jednoduché řešení se po provedení ukázalo jako nemožné. Otočení desek způsobilo zkrácení vzdálenosti mezi vedeními natolik, že by skládaný polotovar o větší šířce kolidoval s vedením (viz Obr.38,39). Při zkoumání kolize bylo zjištěno, že při skládání vyššího polotovaru dochází ke kolizi polotovaru s deskou nástroje, která byla následně upravena pro eliminaci kolize (viz Obr.41).



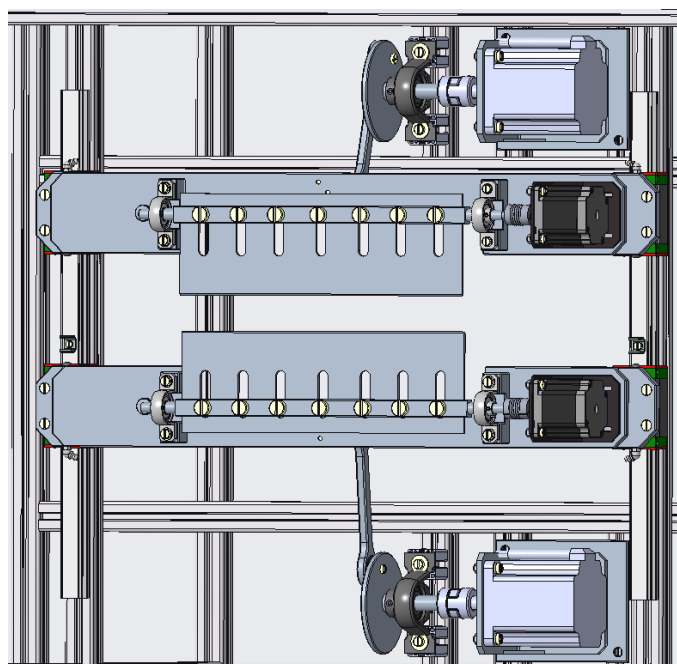
Obr. 32 Model upravené vzdálenosti vedení - zadní pohled



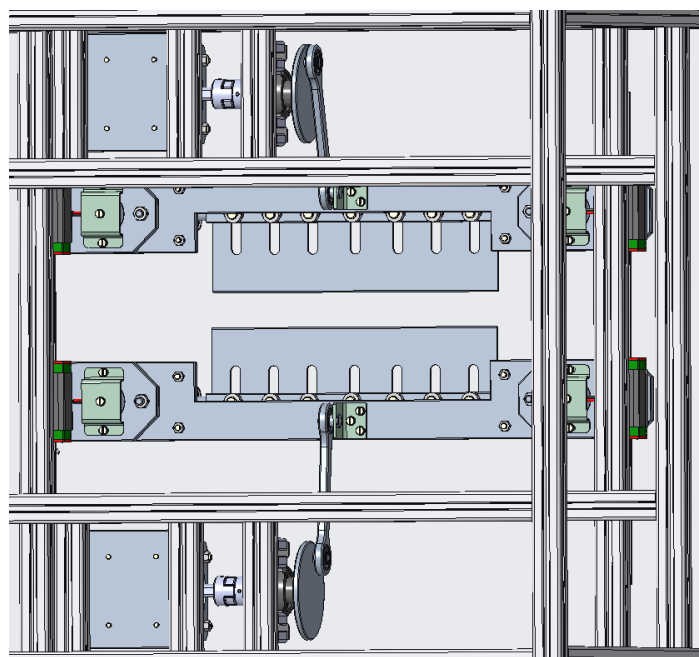
Obr. 33 Model upravené vzdálenosti vedení - přední pohled

Přemístěním klikového mechanismu

Další myšlenka spočívá v zachování vzdálenosti mezi vedeními a umístění klikového mechanismu na střed ústrojí, čímž vyloučíme vytvoření jakéhokoliv křížení. Pro takovéto řešení je potřeba upevnění klikového mechanismu k desce nástroje (viz Obr.41). Dále je nutné upravit rám pro umístění motoru (viz Obr.41). Při zachování upevnění motoru stávajícím způsobem se zde objeví problém. Při pohybu mechanismu do horní polohy nastane kolize desky nástroje společně se setrvačником. Narozdíl od předchozího návrhu je tento problém prosté vyřešit vynecháním tvarovaného podkladu a upevněním motoru přímo na desku rámu. Podklad sloužil k elevaci motoru pro zajištění sousososti. Zjištění sousososti nového řešení není potřeba, když se setrvačnik nachází mimo desku rámu a ojnice je částečně vyosena, což funkci mechanismu nebrání (viz Obr.40,41).



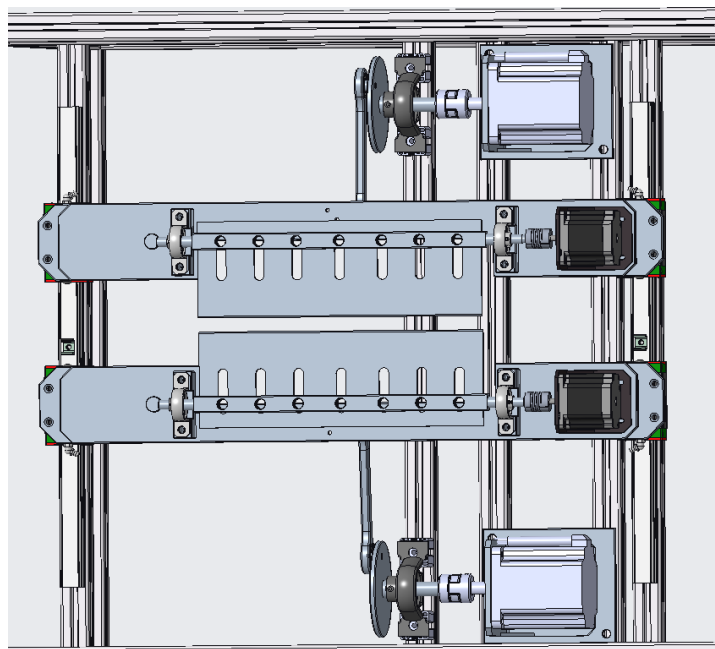
Obr. 34 Model přemístění klikového mechanismu – přední pohled



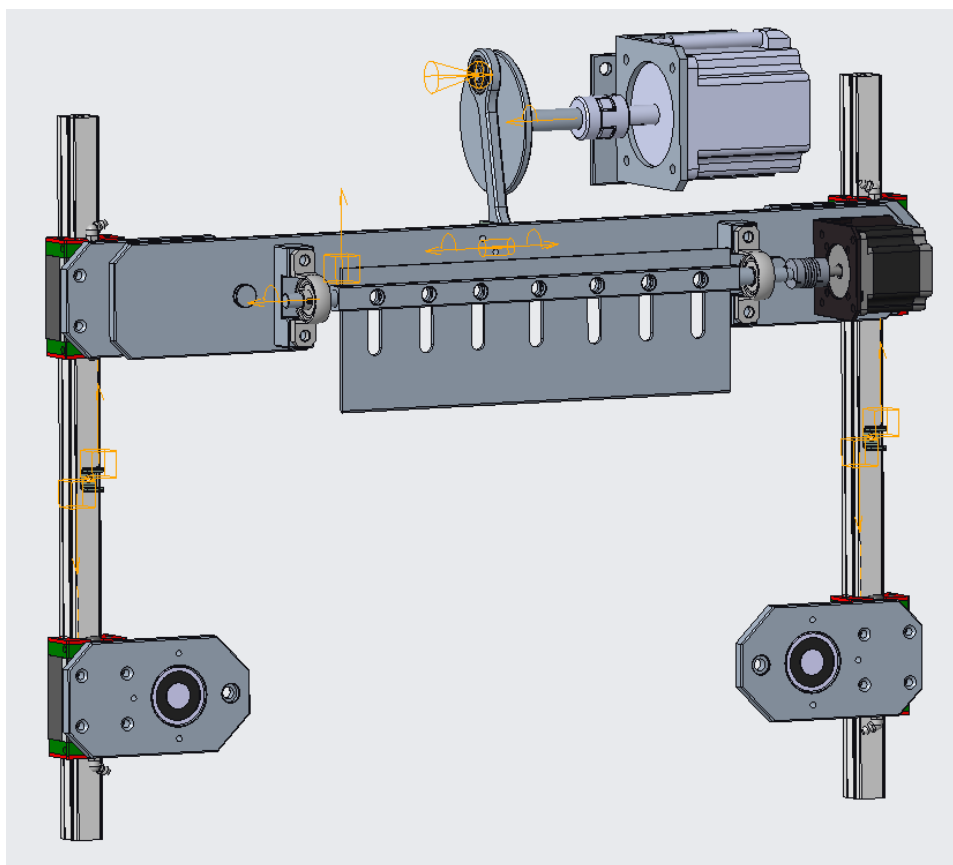
Obr. 35 Model přemístění klikového mechanismu – zadní pohled

9 Čtvrtá verze skládacího zařízení

Čtvrtá verze spočívá v návrhu motoru klikového mechanismu. Dále úpravou rámu spolu s řešením zapojení a s řešením uživatelské přístupnosti zařízení. Postup návrhu motoru je rozdělen do několika kroků. Dynamická analýza, citlivostní analýza, volba motoru a zhodnocení zda je motor dostačující. V našem případě uvažujeme konstantní otáčky motoru.



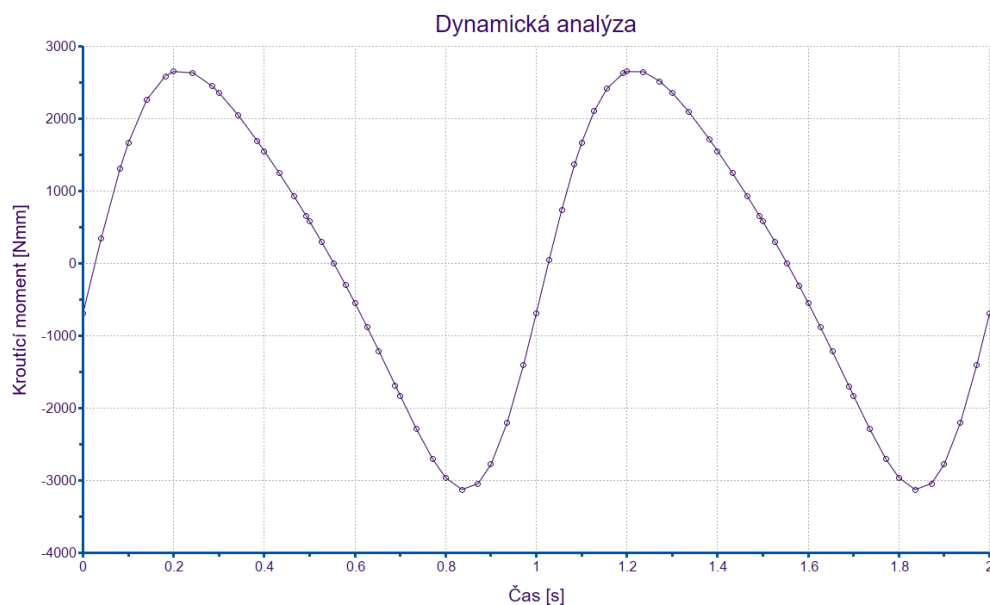
Obr. 36 Model čtvrté verze skládacího zařízení



Obr. 37 Výpočetní model

Dynamická analýza

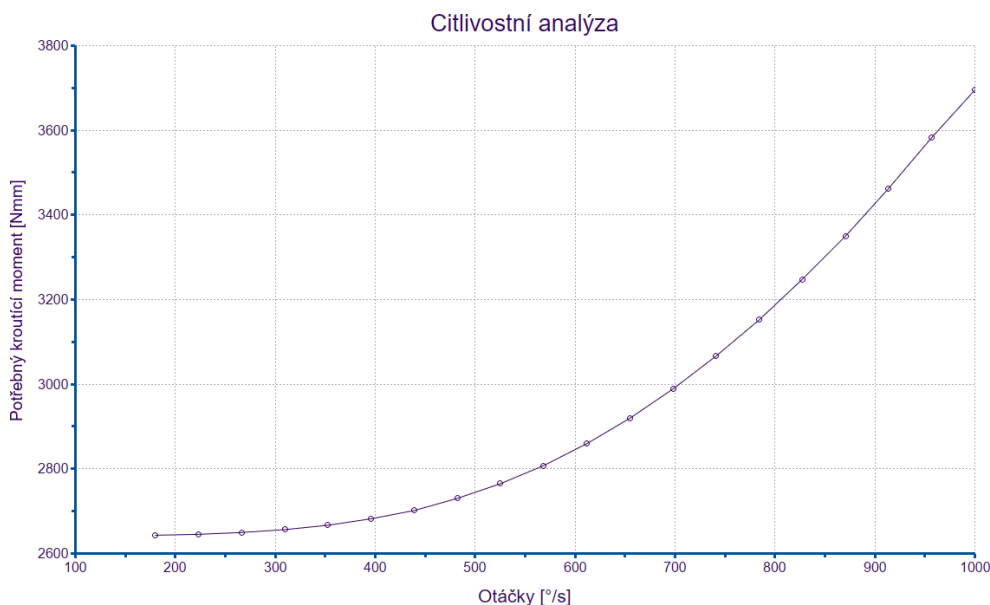
Pomocí dynamické analýzy jsme schopni zjistit průběh potřebného kroutícího momentu motoru pro pohyb mechanismu, aniž bychom museli cokoliv počítat. Pokud máme zadaný materiál všech komponent, program spočítá moment setrvačnosti všech pohybujících se dílů k ose hřídele motoru a sestavu uvede do pohybu. Výsledkem analýzy je graf průběhu potřebného kroutícího momentu motoru pro pohyb mechanismu v závislosti na čase (viz Obr.34).



Obr. 38 Graf dynamické analýzy

Citlivostní analýza

Citlivostní analýzou jsme schopni získat závislost otáček motoru na potřebném kroutícím momentu motoru. Pro citlivostní analýzu jsou použita data z dynamické analýzy. Citlivostní analýza v zadaném rozsahu otáček provedla určitý počet dynamických analýz, kdy byla z průběhu kroutícího momentu vždy vybrána jen maximální hodnota momentu. Výsledkem citlivostní analýzy je graf závislosti otáček motoru na potřebném momentu motoru (viz Obr.35).



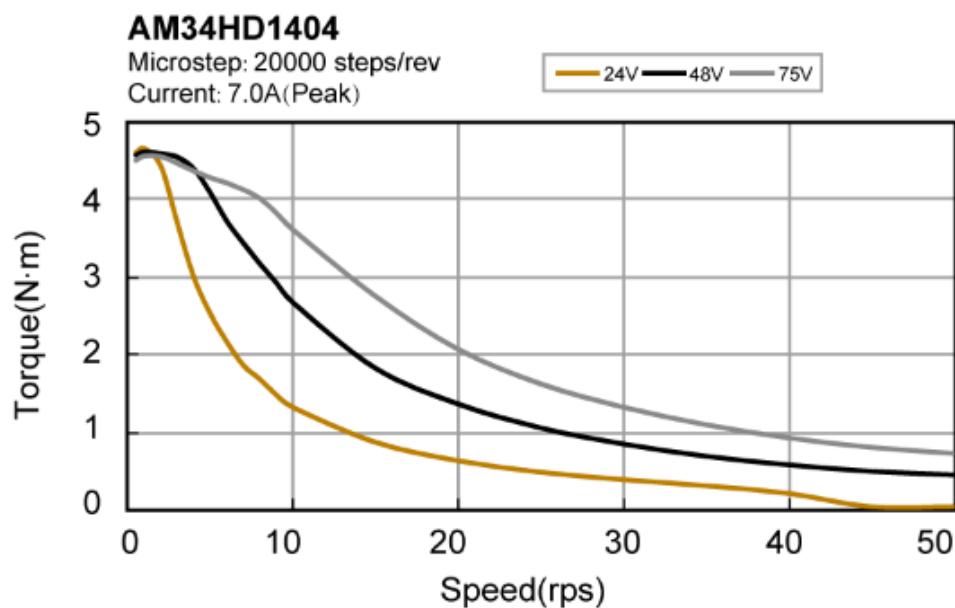
Obr. 39 Graf citlivostní analýzy

Volba motoru

Při volbě vhodného motoru je potřeba zaměřit se na momentovou charakteristiku. Kroutící moment motoru udávaný výrobcem není stejný při změně otáček motoru. Momentová charakteristika udává, jak se mění tento moment mění v závislosti na otáčkách motoru. S ohledem na zmíněnou problematiku byl zvolen motor NEMA 34 AM34HD1404-06

Parameter	Unit	Value
Phase		2
Frame Size		NEMA34(86mm)
Length	mm	96
Holding Torque	Nm	6.7
Holding Torque	oz-in	948.8
Resistance	Ohms $\pm 10\%$ @20°C	0.35
Certification		RoHS
IP Rating		IP40
Weight	kg	2.7
Step Angle		1.8°
Rated Current	A	6.3
AC/DC		DC

Obr. 40 Technické parametry motoru klikového mechanismu (9)



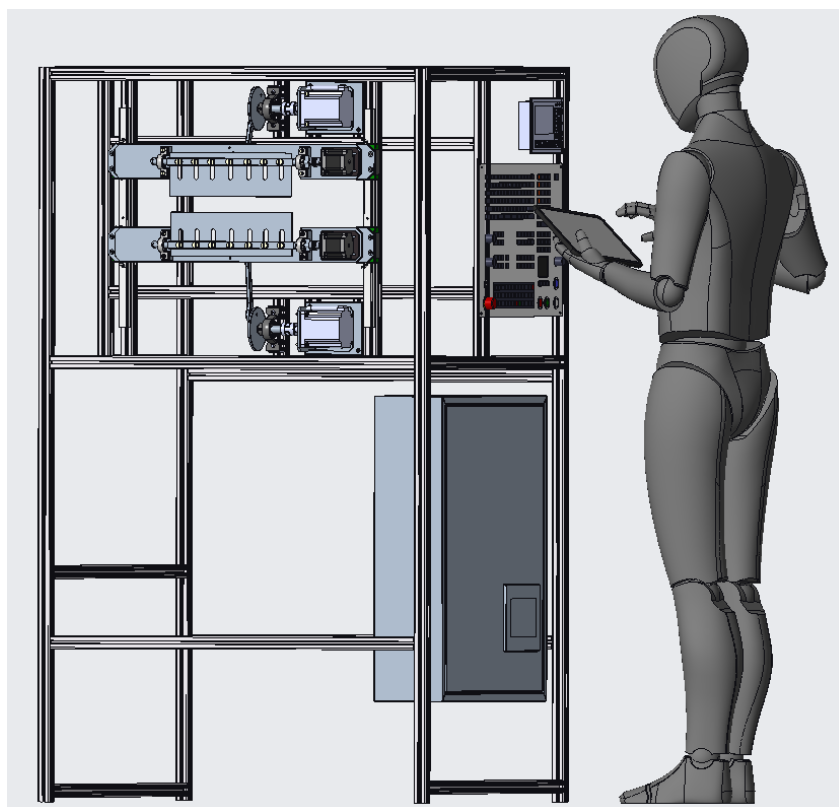
Obr. 41 Graf momentové závislosti motoru klikového mechanismu (9)

Zhodnocení motoru

Následně je potřeba zvolený motor zhodnotit, zdali je motor vhodný pro naši aplikaci, a to porovnáním grafu získaného z citlivostní analýzy a momentové charakteristiky zvoleného motoru. Pokud se nám grafy neprotnou v žádném bodě, můžeme usoudit, že zvolený motor není možné použít. Pokud se grafy protnou pouze v jediném bodě, zvolený motor je možno použít s omezením na jedinou hodnotu otáček motoru. Poslední možností je, že se grafy protnou v několika bodech či v určitém úseku. Tato možnost nám udává, že zvolený motor je možno použít, a to s možností změny otáček motoru. V našem případě je možno motor použít v rozsahu otáček $n_2=0-3 \text{ s}^{-1}$.

Úprava rámu

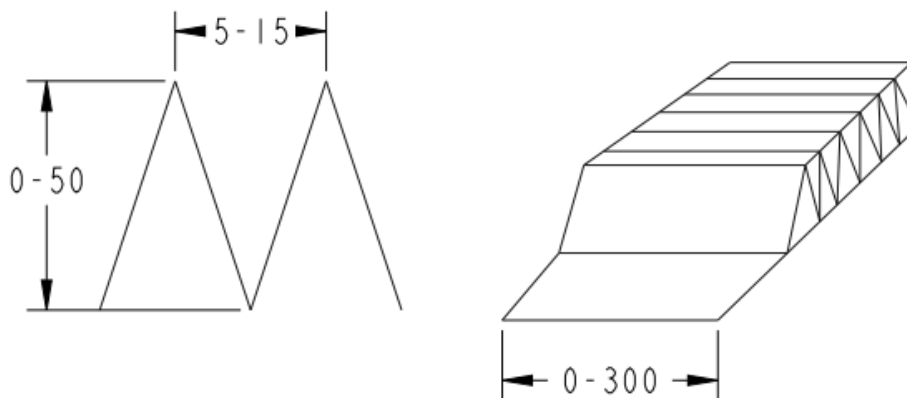
Hlavním bodem řešení je rám zařízení, rozmístění zapojení a nastavení uživatelského rozhraní. Původní myšlenka rámu spočívala ve vytvoření přenosného samostatného modulu, který by byl zapojen do soustavy společně s přiváděcím, odváděcím a dělicím zařízením a tím tak vytvořil kompletní stroj. Z tohoto důvodu jsou původní rozměry rámu malé. Bohužel řešení myšlenky není s ohledem na budoucí zapojení stroje možné. V případě zachování jednoduchého odpojení modulu nastává nutnost opatření modulu vlastní rozvodnou skříní, což znamená, že by kompletní stroj měl vícero rozvodných skříní. Takové řešení je zbytečné vzhledem k účelu stroje, proto bylo řešení upraveno. Skládací zařízení, které je hlavní částí stroje a umístěné uprostřed stroje, bude opatřeno rozvodnou skříní. Ostatní moduly budou ke skládacímu zařízení připevněny a zapojeny do rozvodné skříně skládacího zařízení. Dále byl rám skládacího zařízení opatřen hlavním panelem umístěným společně s rozvodnou skříní na bok skládacího zařízení, kde se nacházejí motory vyklápění nástroje. Důvodem takového umístění rozvodné skříně a hlavního panelu je krátké a jednoduché vedení kabelů při zapojení zařízení. S ohledem na uživatelskou přívětivost byl rám rozměrově upraven (viz Obr.42).



Obr. 42 Model kompletního skládacího zařízení

10 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a konstrukčně zpracovat jednoúčelové zařízení pro výrobu polotovaru plochého filtru. Výchozí polotovar stanovil, že zařízení bude vyrábět skládaný polotovar vytvořený z ocelové tkaniny o daných rozměrech (viz 1.2. Výchozí polotovar). Pro skládaný polotovar byly představeny určité způsoby výroby, ze kterých byl jeden způsob následně vybrán. Vybraný způsob byl navrhnout a následně konstrukčně zpracován jeho koncept. Doladěním počátečního konceptu jsme získali nynější podobu skládacího zařízení (viz Obr.42). Navrhnutá konstrukce nám poskytuje výrobu polotovaru o šířce 0-300 mm, výšce 0-50 mm a rozteči 5-15 mm (viz Obr.43), kdy rozměry výchozího polotovaru se nachází v rozsahu zařízení. Frekvenci vytvoření jednoho skladu nejde jednoznačně určit z důvodu možného sepnutí určitých pohybů zároveň. Avšak parametry, které víme jsou: otáčky vyklápěcího mechanismu $n_1=0,25 \text{ s}^{-1}$ a rozsah otáček klikového mechanismu $n_2=0-3 \text{ s}^{-1}$.



Obr. 43 Rozměry polotovaru

Dalším možným směrem vývoje zařízení je řešení přívodu filtračního materiálu do skládacího zařízení a následný odvod a dělení složeného polotovaru. Přívod filtračního materiálu je možné provést nejčastějším způsobem pomocí vedení materiálu mezi přítlačnými válci (viz 2.1. Podávací zařízení). Odvod složeného polotovaru ze skládacího zařízení je již zajištěn konstrukcí skládacího zařízení. V případě dělení přímo za skládacím zařízením je potřeba navrhnout způsob dělení polotovaru a následný odvod odděleného polotovaru ke kompletaci filtru.

Seznam použité literatury

1. **Jarmila, Marešová.** Druhy a aplikace filtrů. [online] dostupné z:<https://slideplayer.cz/slide/3336645/>. [cit. 2023-5-23].
2. **Dvořák František, Javor Vladimír.** Jak funguje filtr pevných částic. [online] dostupné z:https://www.idnes.cz/auto/autoservis/filtr-pevných-částic-emise-stk-kontrola.A180220_083957_autoservis_fdv. [cit. 2023-5-23]. 2018.
3. **Ondřej, Stehno.** Konstrukce lisovacích kleštin. *Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.* [cit. 2023-5-23]. 2015.
4. **Demmel Joerg, Levermann Andreas, Rapp Siegfried.** Device for folding a web of material. 1997. US 6,290,635 B1. Uděleno 18.9.2001. Zapsáno 4.10.1997.
5. **Berthold, Wenz.** Method of filter-manufacturing. 1992. EP053544A1. Uděleno 23.2.1994. Zapsáno 23.7.1997.
6. **MOONS´.** Standart Hybrid Stepper Motors. *Nema 23 Standard Hybrid Stepper Motors. ML23HS8L4360.* [online] dostupné z:<https://www.moonsindustries.com/p/nema-23-standard-hybrid-stepper-motors/ml23hs8l4360-000004611110011248>. [cit. 2023-5-23].
7. **Laskakit.** Přidržený elektromagnet KK-P49/21 12V 45kg. [online]. dostupné z:https://www.laskakit.cz/pridrzny-elektromagnet-kk-p49-21-12v-45kg/?gclid=CjwKCAiA_6yfBhBNEiwAkmXy51wr1z9fonK-vAWeBOXgFpQHfPoXMayrmoRialA6Jrbx8tckre1QnxoC-l0QAvD_BwE. [cit. 2023-5-23].
8. **HIWIN.** Linear guideways. QEH25CAZ0H. [online] dostupné z:<https://www.hiwin.de/en/Products/Linear-guideways/Selection-via-block/Series-EG-QE/EGH-QEH/QEH25CAZ0H/p/5-000647>. [cit. 2023-5-23].
9. **MOONS´.** AM Series Standart Hybrid Stepper Motors. *AM34HD1404-M07.* [online] dostupné z:<https://www.moonsindustries.com/p/am-series-standard-hybrid-stepper-motors/am34hd1404-m07-000004611110028036>. [cit. 2023-5-23].
11. **Josef, Vašata.** Zařízení pro výrobu kruhového filtru. *Bakalářská práce. Technická univerzita V Liberci.* 2013.
12. **Eisler, Dominik.** Jednoúčelové zařízení pro výrobu polotovaru filtru. *Diplomová práce. Technická univerzita V Liberci.* 2021. str. 84.
13. **MOONS´.** Stepper motors. [online] dostupné z:<https://www.moonsindustries.com/c/stepper-motors-a02>. [cit. 2023-5-23].

Seznam příloh

V příloze se nachází 3D model zhotoveného zařízení a vybraná výkresová dokumentace.