



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

## KONSTRUKCE BRZDIČKY PŘÍZE S MECHANICKÝM PŘIDRŽOVÁNÍM STROJE AIR-JET

CONSTRUCTION OF YARN KEEPER WITH MECHANIC CLAMP OF AIR-JET MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN JÍŠA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr.

BRNO 2016



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Bc. Martin Jiša</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.</b>
Akademický rok:	2015/16

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

### Konstrukce brzdíčky příze s mechanickým přidržováním stroje Air-Jet

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Popis textilních materiálů a popis jejich zpracování.
2. Stručná charakteristika metod spřádání a spřádacích strojů.
3. Analýza současného řešení brzdíčky umístěné v robotu.
4. Návrh variant řešení brzdíčky s mechanickým přidržováním umístěné na spřádací jednotce, vytvoření jednotlivých konceptů a návrhových schémat.
5. Výběr nejvhodnější varianty s ohledem na výrobní náklady, spotřebu energie při provozu stroje a při cyklu brzdění.
6. Výroba vybrané varianty a její sestavení.
7. Testování v laboratoři na referenčních materiálech.
8. Závěr a hodnocení celého řešení, případný další postup při implementaci do sériové výroby.

#### Cíle diplomové práce:

Cílem je vytvoření zařízení pro brzdění příze při zapřádání na spřádací jednotce stroje Air-Jet. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností Rieter CZ, s. r. o. v Ústí nad Orlicí.

#### Seznam literatury:

Shigley, J. E., Mischke, Ch. R., Budynas, R. G. (2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-8-214-2629-0.

Firemní materiály RIETER CZ Ústí nad Orlicí.

Internetové odkazy na výrobce textilních strojů EU.

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

V Brně, dne

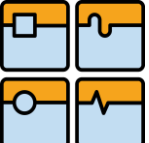
L. S.

---

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

---

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

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

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá popisem metod zpracování textilních vláken do příze, a dále jednotlivými stupni výrobní linky s podrobnějším zaměřením na způsoby dopřádání, především na strojích firmy Rieter AG ve Švýcarském Winterthuru s dceřinou společností v Ústí nad Orlicí. Práce zároveň popisuje používané materiály a jejich vlastnosti ve vztahu k výrobním a zpracujícím strojům.

Následně je provedena analýza současného řešení brzdičky příze pro obslužný automat, její výhody a nevýhody, spolu se stanovením požadavků na nové řešení. Byl vytvořen návrh konstrukčního řešení nové brzdičky příze s mechanickým přidržováním, umístěné na každé spřádací jednotce v několika konceptech a návrhových schématech. Po výběru nejvhodnější varianty s ohledem na výrobní náklady, spotřebu energie při provozu stroje a při cyklu brzdění byla tato varianta vyrobena, sestavena a testována v laboratoři na referenčních textilních materiálech.

V závěru práce je provedeno hodnocení celého řešení a navržen další postup v testování nejen v laboratoři ale i pro případné použití na strojích instalovaných v přádelnách zákazníků společnosti Rieter.

## ABSTRACT

This diploma thesis describes methods of textile fibers treatment, production levels with detailed focus on spinning process especially by Rieter AG in Winterthur, Switzerland, subsidiary company in Usti nad Orlici. Thesis also describes production materials and it's behavior in relations to production machines. Analysis of the current solution, it's pros and cons is also done. Setting of requirements of new solution. Creating proposals of design solutions of yarn keeper with mechanic clamp situated on spinning unit on Air-Jet machine. Creating concepts and proposal schemes. After choosing of best possible solution considering production costs, electric consumption during working machine and during active cycle was this variation produce.

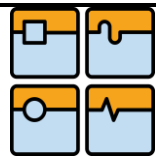
At the end is review of complete solution and prospective next steps in testing not only in laboratory and prospects of using in field.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Spřádací stroj, dopřádací stroj, příze, textilní materiál, tryskové předení, Air-Jet, brzdička příze, jednotková automatizace, zapřádání, konstrukce, vývoj

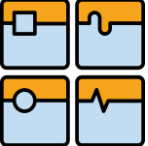
## KEY WORDS

Spinning machine, yarn, textile material, yarn brake, jet spinning, Air-jet, yarn keeper, single automation, piecing, design, development



## BILBLOGRAFICKÁ CITACE

JÍŠA, M. *Konstrukce brzdičky příze s mechanickým přidržováním stroje Air-Jet*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 68 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..

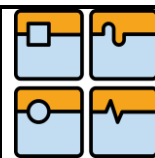
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem diplomovou práci Konstrukce brzdíčky příze s mechanickým přidržováním stroje Air-Jet vypracoval samostatně pod vedením a s pomocí doc. Ing. Radka Knoflíčka, PhD. a v seznamu literatury jsem uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne.....

.....  
Martin Jíša

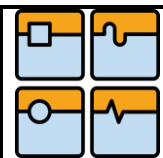


## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr., za cenné rady a připomínky a pozitivní motivaci pro vypracování této práce. Zároveň bych rád poděkoval pracovníkům společnosti Rieter CZ s.r.o. za umožnění vypracování této práce, jmenovitě pánům Ing. Evženu Pilařovi a Ing. Miroslavu Štusákovi. Zároveň jim tímto děkuji za poskytnuté informace a konstruktivní kritiku při vypracování.

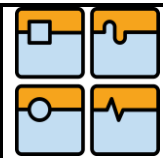
# 1 OBSAH

<b>1 OBSAH</b> .....	<b>9</b>
<b>2 ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>3 TEXTILNĚ – TECHNOLOGICKÝ POPIS</b> .....	<b>13</b>
3.1 <i>Zpracovávané materiály</i> .....	13
3.1.1 100% polyester .....	13
3.1.2 Česaná bavlna.....	13
3.1.3 Celulóžové materiály a mikrovlákna .....	13
3.1.4 Směsi materiálů .....	13
3.2 <i>Vlastnosti příze podle technologie výroby</i> .....	13
3.2.1 Popis a vlastnosti příze z prstencového stroje .....	14
3.2.2 Popis a vlastnosti příze z bezvřetenových strojů .....	14
3.2.3 Popis a vlastnosti příze vypředené na vzduchovém stroji .....	14
3.2 <i>Historie spřádání</i> .....	16
3.3 <i>Linka pro zpracování textilu</i> .....	17
3.3.1 Stroje pro automatické otevírání balíků - UNIfloc .....	17
3.3.2 Mykačky .....	18
3.3.3 Protahování .....	19
3.3.4 Česání .....	20
3.3.5 Přástování .....	20
<b>4 KONSTRUKCE DOPŘÁDACÍCH STROJŮ</b> .....	<b>22</b>
4.1 <i>Prstencové předení</i> .....	22
4.1.1 Úvod do problematiky .....	22
4.1.2 Funkce a režim práce.....	22
4.1.3 Pohony stroje.....	24
4.1.4 Automatizace.....	24
4.2 <i>Bezvřetenové (rotorové) předení</i> .....	25
4.2.1 Úvod do problematiky .....	25
4.2.2 Funkční popis systému .....	26
4.2.3 Struktura rotorového stroje .....	26
4.2.4 Pohony stroje.....	27
4.2.5 Automatizace.....	27
4.3 <i>Předení pomocí víru vzduchu</i> .....	28
4.3.1 Historie vývoje .....	28
4.3.2 Funkční popis principu předení .....	28
4.3.3 Popis funkce spřádní jednotky.....	29
4.3.4 Struktura tryskového stroje .....	30
4.3.5 Automatizace.....	30
4.3.6 Pohony.....	31



<b>5 POPIS PROCESU A ZAŘÍZENÍ REÁLNÉHO STROJE .....</b>	<b>32</b>
5.1 Přetržení příze mezi spřádní tryskou a cívkou .....	32
5.2 Řízené zastavení na základě vzniklé vady v přízi .....	32
<b>6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>33</b>
6.1 Popis současného procesu na stroji J20 V3 .....	33
6.1.1 Cyklus stroje V3 a rozdíly oproti předchozím verzím .....	33
6.1.2 Konstrukční řešení současné brzdičky příze .....	34
6.1.3 Konstrukční řešení současné automatizace .....	35
6.2 Popis vyvíjeného uzlu .....	37
6.2.1 Cyklus jednotky po umělém vyvolání chyby od čidla kvality .....	37
<b>7 POŽADAVKY NA NOVÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>40</b>
<b>8 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ .....</b>	<b>41</b>
8.1 Varianta 1 .....	41
8.1.1 Popis konstrukčního řešení .....	41
8.1.2 Výhody a nevýhody .....	42
8.1.3 Další využití současného řešení .....	43
8.2 Varianta 2 .....	44
8.2.1 Popis konstrukčního řešení .....	44
8.2.2 Výhody a nevýhody .....	45
8.3 Varianta 3 .....	46
8.3.1 Popis konstrukčního řešení vybrané varianty .....	46
8.3.2 Hodnocení navrhnutého řešení .....	47
8.4 Zhodnocení uvedených variant a další možnosti .....	47
<b>9 VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY .....</b>	<b>49</b>
9.1 Výběr nejvhodnější varianty pomocí multikriteriální analýzy .....	49
9.2 Varianta 1 .....	49
9.3 Varianta 2 .....	49
9.4 Varianta 3 .....	49
<b>10 REALIZACE, TESTOVÁNÍ A DALŠÍ VÝVOJ VYBRANÉ VARIANTY .....</b>	<b>50</b>
10.1 Úvaha nad návrhem a základní předpoklady .....	50
10.2 Návrhový výpočet .....	51
10.2.1 Konstrukce vlastní cívky .....	51
10.3 Optimalizace .....	55
10.4 Konstrukce a výroba .....	56
10.4 Testování a ověření vlastností .....	57
10.4.1 Ověření oteplení při trvalém provozu .....	58
10.4.2 Ověření silových vlastností zařízení měřené pomocí příze .....	59
10.5 Další postup .....	61

<b>11 ZÁVĚR</b> .....	<b>62</b>
<b>12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>63</b>
<b>13 SEZNAM SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>65</b>
<i>13.1 Seznam použitých symbolů</i> .....	65
<i>13.2 Seznam obrázků</i> .....	66
<i>13.3 Seznam tabulek</i> .....	67
<b>14 SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>68</b>



## 2 ÚVOD

Dopřádací stroje se používají pro výrobu textilní příze. Příze je vstupním polotovarem pro tkací a pletací stroje vyrábějící následně plošné textilie, tj. pleteniny a tkaniny. Textilní příze se skládá ze svazku jednotlivých textilních vláken, mechanicky zakroucených tak, aby výsledný útvar měl požadovanou pevnost. Počet vláken v průřezu příze je dán požadovanou jemností příze definované jako hmotnost na jednotku délky. Výchozí surovinou pro výrobu příze je svazek paralelně uspořádaných vláken nazývaný pramen případně přást, který je produktem předchozích technologických úrovní zpracování bavlněných nebo jiných textilních vláken. Pramen i přást může mít různou jemnost (déлковou hmotnost), platí však, že má vždy vyšší déлковou hmotnost, než příze z něho vyráběná. Vždy tedy při předení příze dochází ke zjemňování vlákenného toku před jeho zakrucováním.


Vlákna pro výrobu příze mohou být nejrůznějšího původu, Od přírodních jako např. bavlna, vlna, juta, přírodní hedvábí až po chemická a to především viskóza, polyester, polypropylen, polyamid aj.

Výroba příze se nazývá spřádání, předení případně dopřádání. V současnosti jsou průmyslově využívány tři typy předení a to prstencové, rotorové a tryskové. Spolu s požadavky trhu probíhá intenzivní vývoj dopřádacích strojů za účelem zvýšení produkce příze, rozsahu druhů materiálu a zvýšení kvality výsledného produktu. Nejmodernějším způsobem výroby příze je tryskové předení, kde k zákrutu vláken dochází pomocí víru vzduchu. Nelze však říci, že jde o metodu nejlepší, protože každá metoda výroby příze je vhodná pro různé materiály a každý stroj vyžaduje jiné množství operátorů a jinou údržbu. Obecně platí, že tryskové předení je vhodné pro materiály s malým množstvím nečistot pro předení přízí s vysokou užitnou hodnotou. Je rovněž vhodné pro produkci jemnějších přízí v porovnání s rotorovým předením. Velkou výhodou tryskového předení je vysoká produkční rychlost.

Stroj Air-Jet (Obr. 1.1) se skládá z několika hlavních konstrukčních celků, může obsahovat podle varianty stroje až 200 spřádních pozic. Jedná se o plně automatický stroj, který dokáže spřádní jednotku obsluhovat samostatně a to pomocí několika pojízdných robotů.



Obr. 2.1 Air-Jet J26 [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 3 TEXTILNĚ – TECHNOLOGICKÝ POPIS

### 3.1 Zpracovávané materiály

V textilním průmyslu jsou zpracovávány nejrůznější vlákenné materiály. Liší se jak jejich aplikacemi, tak i použitými výrobními technologiemi. Tato část práce se zabývá pouze materiály obvykle zpracovávanými tryskovým předením.

Rozsah využití tryskového stroje zahrnuje aplikace 100% polyesteru, česané bavlny, celulóзовých materiálů (viskózy), mikro vláken a směsí materiálů včetně chemických vláken, přičemž při zpracování materiálu s obsahem více jak 50% polyesteru je nutno stroj doplnit speciálním vybavením.

#### 3.1.1 100% polyester

Jedná se o syntetický textilní materiál, základní surovinou pro výrobu je ropa. Stoupající světová výroba polyesterových vláken potvrzuje jejich důležitost v textilním průmyslu.[2] V současnosti se jedná o nejpoužívanější syntetický textilní materiál. Vyskytuje se napříč celým spektrem textilních výrobků. [3]

#### 3.1.2 Česaná bavlna

Bavlna je přírodní materiál rostlinného původu. Je získávána z rostliny zvané bavlník. Je nejpoužívanějším rostlinným materiálem. Česaná bavlna má vlákna dlouhá alespoň 36mm, krátká vlákna jsou v průběhu přípravy vstupní suroviny (pramene) speciálním strojem vyčesána. Výsledná příze se vyznačuje velkou stejnoměrností, hladkostí a pevností.[2]

#### 3.1.3 Celulóзовé materiály a mikrovlákna

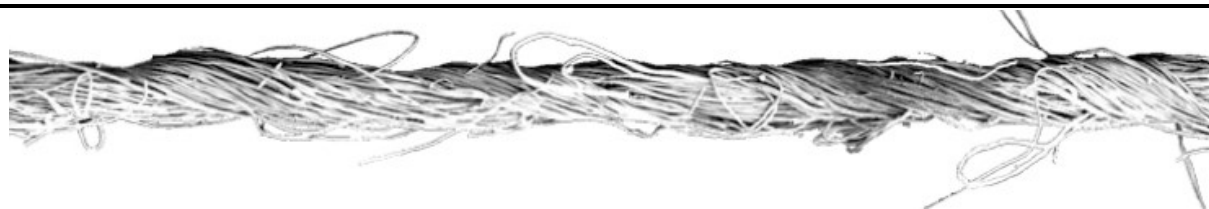
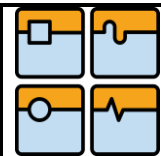
Výchozím materiálem při výrobě celulóзовých vláken je dřevo jehličnatých a listnatých stromů.[2] V poslední době se používá i bambus. Největším zástupcem této skupiny je viskóza. Vlákna viskózy jsou podstatně jemnější než bavlna a vlastnostmi se podobají přírodnímu hedvábí, avšak jsou podstatně levnější. To je důvod, proč se u některých výrobků používá místo hedvábí právě viskóza. Celulóзова mikrovlákna jsou ještě jemnější a podobná hedvábí. [3]

#### 3.1.4 Směsi materiálů

Směsi textilních vláken se používají především pro spojení pozitivních vlastností všech složek. Jedná se o česanou bavlnu s vlákny celulózy, česanou bavlnu s polyesterem, celulózu s polyesterem a mykanou bavlnu s polyesterem. [3]

### 3.2 Vlastnosti příze podle technologie výroby

V současné době jsou komerčně využívány tři principy výroby textilních přízí a to je princip prstencového předení, které je nejstarší a navazuje na historický vývoj předení (viz kapitola 4.1) dále bezvřetenový nebo také rotorový, (vynalezený v šedesátých letech ve VÚB v Ústí nad Orlicí) a jako poslední tryskový (vzduchový) princip, který je naopak nejnovější.



Obr. 3.1 Příze [3]

### 3.2.1 Popis a vlastnosti příze z prstencového stroje [7]

V důsledku kroucení vláken v celém objemu získají všechna nebo některá vlákna spirálový tvar. U prstencových přízí zákrut míří od středu průřezu směrem k povrchu. Na povrchu příze mají vlákna tupější úhel vůči ose příze vzhledem ke středu, kde je úhel ostřejší. Protože jsou vlákna směrem ke svému středu stále méně pevně navinuta, nazýváme tento typ jako obalový zákrut.

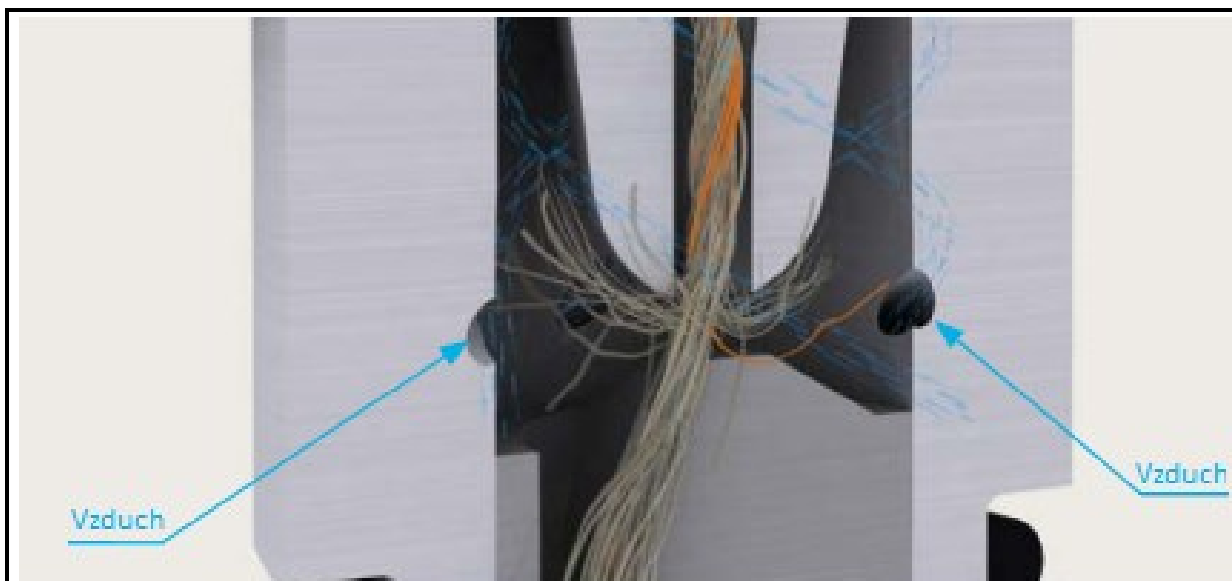
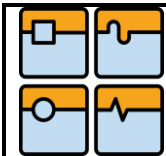
### 3.2.2 Popis a vlastnosti příze z bezvřetenových strojů [7]

V kontrastu s prstencovým předením dochází u rotorového předení k utváření zákrutu uprostřed průřezu a postupuje směrem k povrchu. V přítomnosti roztřepeného konečku příze v rotoru zachytí rotor nejprve vlákna ve středu tvořené příze a teprve potom následná rotace pozvolně zakrouť zbytek materiálu obalující jádro. Uvnitř příze, kde nelze zabránit kroucení, se stává celek kompaktním a zároveň také pevnějším. Na druhou stranu směrem k povrchu se stává celek méně pevným a kompaktním čímž je také částečně zabráněno samovolnému kroucení výsledné příze.

### 3.2.3 Popis a vlastnosti příze vypředené na vzduchovém stroji

Vlákna v jádru příze jsou obalena jen kratšími vlákny (nepravý zákrut). Tudíž je pevnost příze nižší, než u prstencové příze. Je to způsobeno také tím, že krátká vlákna nedokážou držet celek tak dobře pohromadě v optimálním tvaru. Minimální počet vláken potřebný pro vytvoření samotného zákrutu je cca 15% - 20% z celého průřezu příze. V současnosti je tento systém vhodný zejména pro umělá vlákna, směsi bavlny s umělými vlákny a bavlny upravené česáním. [7]

Systém používá jednu trysku (Obr. 3.1) kolem které dochází k zákrutu pomocí víru vzduchu. Pro přízi je typická velmi nízká chlupatost a vysoká hustota. Rozhodující výhodou i proti ostatním přízím je zápředek (spoj), který je velmi podobný konstantní přízi a nevytváří tak viditelnou vadu a také velmi jemný omak příze. Při následném zpracování je výhodou především nízké množství vláken odvedených do odpadu a menší spotřeba barvicího činidla při stejném probarvení. Výsledný produkt se vyznačuje nízkou žmolkovatostí, vysokou odolností při praní a stálostí rozměrů.[7]



Obr. 3.2 Princip tvorby zákrutu [3]

Charakteristiky přize vzduchového stroje:

- Unikátně nízká chlupatost
- Vysoká hustota
- Malá tendence k odlétávání vláken do odpadu
- Odolnost materiálu proti otěru.

Výhody procesu vzduchového předení:

- Nižší spotřeba barvicího činidla při stejné intenzitě probarvení
- Malá tendence k lepivosti vláken
- Malá prašnost při procesu předení.

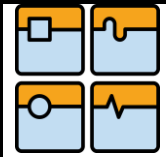
Vzhled látky:

- Snížená tendence ke žmolkování
- Odolnost proti častému praní.

Typické produkty z přize vzduchového dopřádacího stroje:

- Pletené zboží
- Svrchní oblečení
- Ložní prádlo.

Tak jako každý stroj je vhodný pro aplikace jiných materiálů, tak i každý materiál je vhodný pro výrobu jiných druhů látek a jiné finální výrobky. Ucelený náhled poskytuje Tabulka 1.



	Ring-spun Yarn		Open-End Yarn		Air-jet Yarn	
	classic	compact	rotor spun	friction spun	jet spun, two nozzles, false twist process	vortex spun, one nozzle
<b>Fiber disposition:</b>						
in the core	parallel, helical	parallel, helical	less parallel, helical	less parallel, helical	parallel without twist	parallel without twist
in the sheath	parallel, helical	parallel, helical	more random, less twisted	less parallel, helical	6 % of fibers twisted around core in spirals	20 % of fibers twisted around core in spirals
<b>Fiber orientation:</b>						
parallelism:	good	very good	medium	low	medium	good
compactness:	compact	very compact, round	open	compact to open	compact	compact
handle:	soft	soft	hard	hard	hard	medium to hard
hairiness:	noticeable	low	very low	low	some	low to medium
stiffness:	low	low	high	high	high	fairly high

Tab. 1 Přehled strojů a vlastností materiálů [7]

### 3.2 Historie spřádání [4]

Jako první materiály k předení člověk používal zvířecí chlupy a krátká vlákna rostlin. Krátká vlákna se spojila do pramínku, který byl zakroucen, aby získal potřebnou pevnost a pružnost.

První pramínky byly váleny dlaní po stehně. Jako další stupeň vývoje člověk používal první primitivní nástroje – vřeténka. Přadlena vytahováním vláken z chomáče (koudele), vytvářela co nejrovnoměrnější pramen. Poté ho zkroutila roztočením vřeténka. Na vřeténku byl umístěn přeslen, jakýsi setrvačnický vyrobený z těžšího materiálu (pálená hlína, sklo, kov). Je potřeba uvést, že se jednalo o předení přetržité (diskontinuální). Výkon přadleny se pohyboval podle jemnosti příze mezi 60 a 100 m/hodinu.

Asi ve 12. století se objevilo spřádací kolo, které zvýšilo výkon přadleny na dvojnásobek oproti ručnímu předení. Avšak zásadní zlom přinesl v 16. století šlapací kolovrat. Hlavní předností bylo, že vřeténík byl poháněn nohou, takže přadlena měla obě ruce volné pro vytahování a urovnávání vláken. Na kolovratu bylo tedy možné nepřetržitě předení, což podstatně zvýšilo výkonnost.

V 18. století bylo vytvořeno několik druhů strojů, které byly schopné uspokojit stále se zvyšující poptávku po textiliích a tedy i po přízi. Vytváření pramenu z vláken bylo automatizováno průchodem přes válečky a spřádací stroje měly více vřeten, čímž dosahovaly větší produktivity. Jako pohon sloužila buď energie vodního kola, nebo žentouru taženého zvířaty.

Dalším zásadním vývojovým stupněm spřádání byl prstencový dopřádací stroj, velmi rozšířený koncem 19. století. První stroje dosahovaly výstupní rychlosti příze jen několik metrů za minutu. Základní princip se podobá ručnímu předení. (Obr. 3.3)



Obr. 3.3 Princip prstencového předení [4]

Požadavky na výrobu příze se stále zvyšovaly, v polovině 20. století byly již známy první způsoby předení s volným koncem, tzv. rotorové stroje (OE – Open End Spinning). První komerčně použitelný princip rotorového předení byl vynalezen v 60. letech ve VÚB v Ústí nad Orlicí a licenci na tento vynález zakoupila řada světových výrobců textilních strojů, včetně společnosti Rieter ve Švýcarsku. Tato technologie poprvé od sebe oddělila proces zakrucování a navíjení. Díky tomu se mohl zvětšit objem návinu na cívce, která se již nemusí otáčet tak vysokou rychlostí. Čímž se minimalizovaly prostoje pro výměnu cívky.

### 3.3 Linka pro zpracování textilu

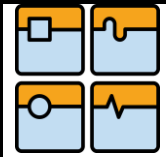
Pro jednotlivé dopřádací stroje jsou potřebné jiné přípravné operace. Linka (schéma v příloze) je sestavena tak, aby bylo dosaženo spolehlivé funkce a byla dosažena požadovaná kvalita výsledného produktu.

Tato práce popisuje jen základní náhled na linku zpracující textilní materiál a popisuje pouze nejhojněji používané stroje.

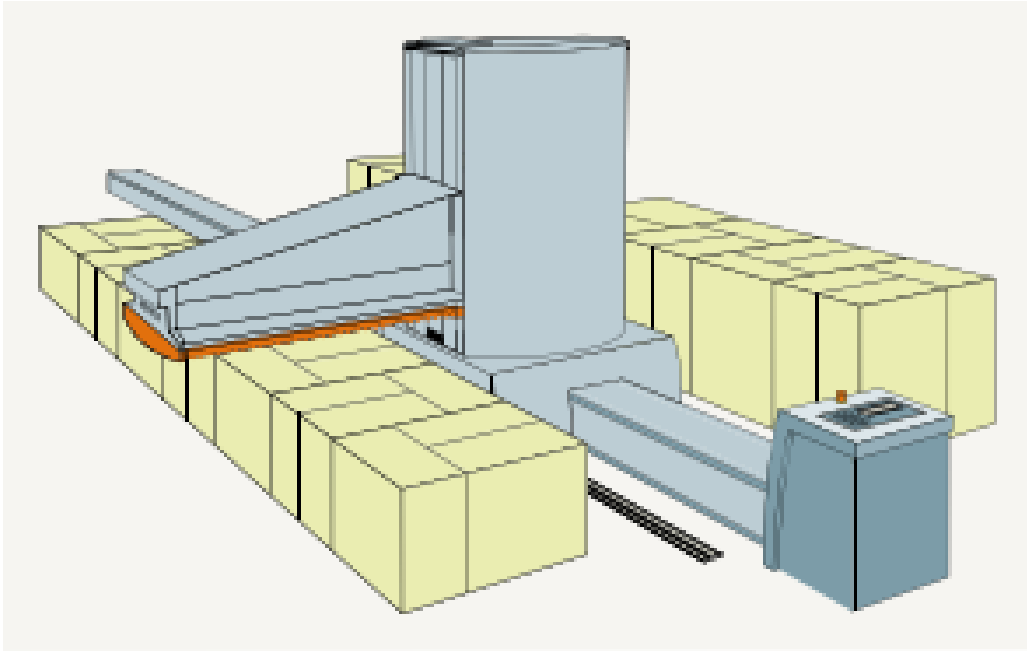
#### 3.3.1 Stroje pro automatické otevírání balíků - UNIfloc [5]

Jedná se o dnes nepoužívanější stroj pro otevírání balíků. Umožňuje odebírat materiál z až 130 balíků a až ze čtyř materiálů současně. Maximální délka uspořádání 47.2m. Výkon stroje je až 1400kg/hod.

Přívodní kanál je uložen na dvou kolejnicích, které jsou připevněny k podlaze. Zařízení, které se pohybuje dopředu a vzad po kolejích zahrnuje věž, která je schopna se pootočit o 180° a zároveň drží odebírací zařízení. Tato jednotka je na věži upevněna a je schopná snižovat, nebo zvyšovat svoji výšku od podlahy. V odebíracím zařízení je upevněn



odebírací válec se speciálně tvarovanými dvojjzuby. Válec je poháněný tak, aby mohl měnit smysl otáčení a tedy celý stroj mohl pracovat v dopředním i zpětném směru.



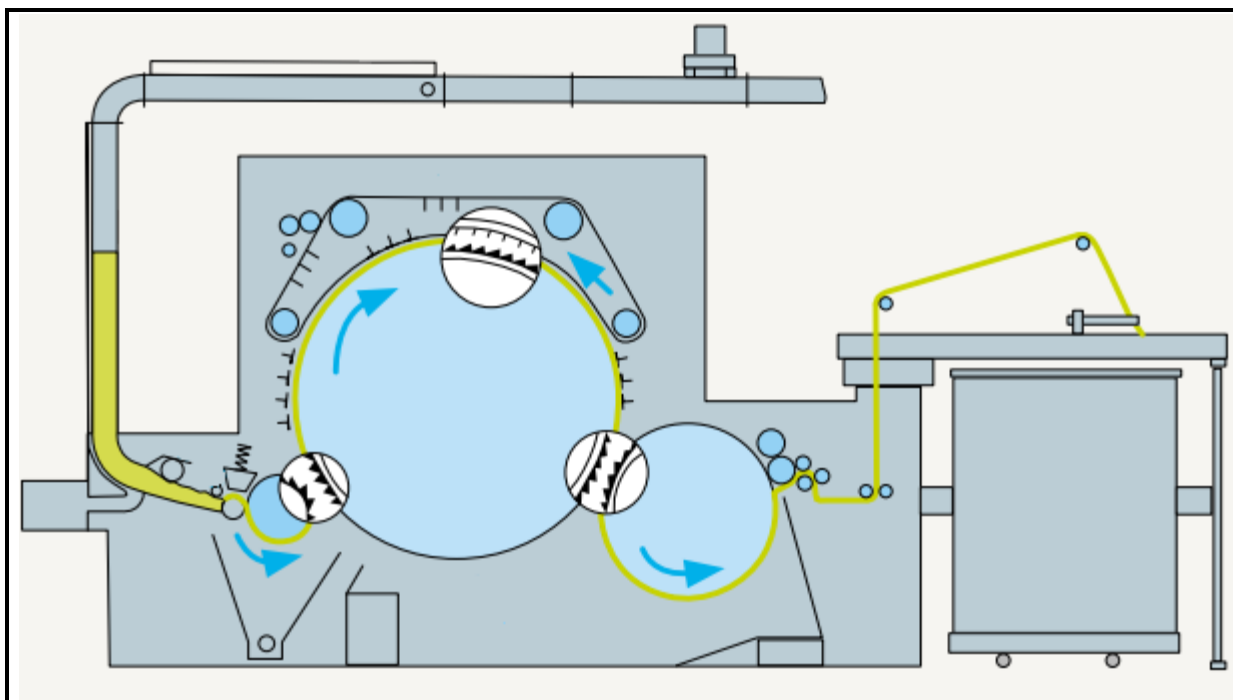
Obr. 3.4 Rieter UNIfloc [5]

### 3.3.2 Mykačky [5]

Důležitost strojů pro mykání se zvyšuje s vývojem nových spřádacích technologií. Vliv mykačky na kvalitu příze vyplývá z velmi složitého procesu samotného a zároveň tlaku na zavádění velmi vysokých produkčních temp.

Mykačka má za úkol připravit textilní materiál pro další fázi zpracování a to je tzv. „fáze jednotlivých vláken“. Je určena k odstranění nečistot, prachu a rozmotání nopků. Dále pak k odstranění příliš krátkých vláken, narovnání vláken, celkové homogenizaci a nakonec k formování pramene. Musí být samozřejmě zachován vysoký výkon, opatrné zacházení s vlákny a vysoké využití materiálu.

Princip funkce je patrný ze schématu (Obr. 3.5). Vstupní materiál je přiváděn pomocí potrubí do přívodního skluzového žlabu. Dále je pak dopravován pomocí několika válečků k hlavnímu válci. V průběhu pohybu přes mykací segmenty materiál opouští většina nečistot, které padají do sběrače a jsou odsávány do odpadu. Dále je materiál upraven pomocí řemene odepínacího hlavní válec, je dále unášen k přidavnému válci a dále pomocí systému válečků až do konví.



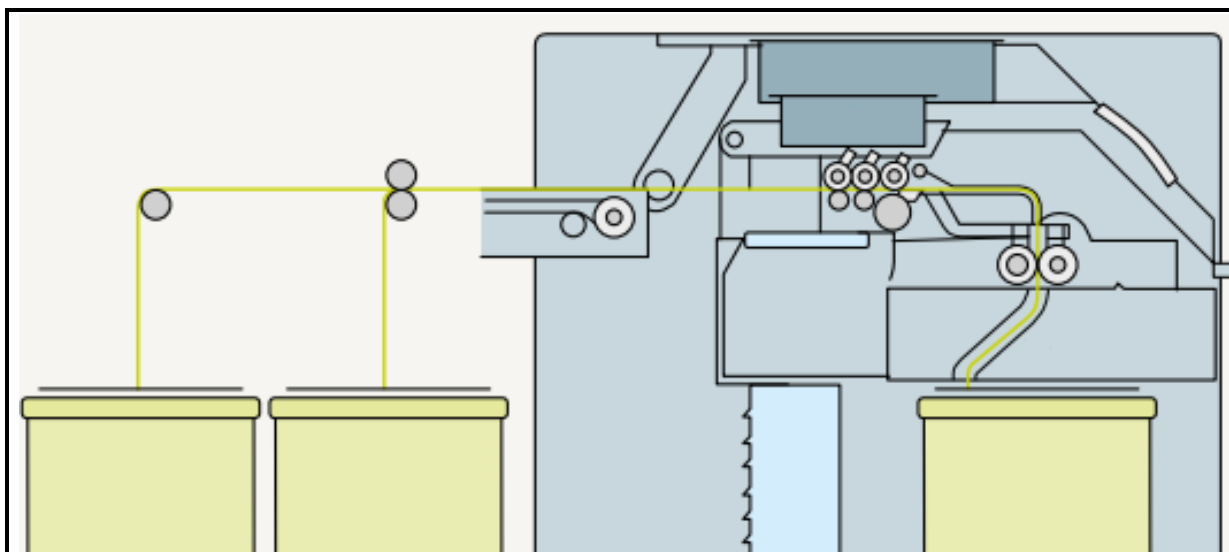
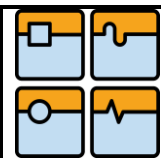
Obr. 3.5 Mykačka [5]

### 3.3.3 Protahování [6]

Z komerčního hlediska je protahovací stroj málo významný – do výrobní ceny příze přispívá jen méně, než třemi procenty. Ačkoli technologický význam je velmi značný. Má vliv hlavně na stejnoměrnost příze.

Nejdůležitějším úkolem protahovačky je homogenizace pramene. Pramen, který je dodáván na vstupu protahovačky má stupeň nevyrovnanosti na neakceptovatelné úrovni. Dále usměrňuje vlákna, promíchá a odstraní další nežádoucí prach.

Čtyři nebo až osm pramenů je dodáváno do vstupu protahovacího ústrojí (Obr. 3.6). Odebírací dvojice válečků je nad každou konví. Samotné protahovací ústrojí se skládá z několika dvojic válečků, které zajistí potřebné prodloužení pramene a tím narovnání vláken v něm. Pramen na výstupu za válečky prochází skrz trubku do výstupní dvojice válečků a dále je ukládán do konve.



Obr. 3.6 Protahovačka [6]

#### 3.3.4 Česání [6]

Česací sekce, nejčastěji v počtu tří kusů, je vložena mezi mykačku a protahovačku, nebo mezi protahovačky. Instaluje se, když mykací a protahovací stroje nedosahují požadavků na kvalitu výsledného produktu. Cenový nárůst při použití tohoto zařízení je značný. Je dán procesem samotným, kdy zpracováváný materiál musí být akcelerován a zastaven asi 7.5x za sekundu. Současná konstrukční řešení jsou proto obdivuhodná.

Česačka je aplikována do systémů pro zpracování středních až jemných přízí a má pozitivní vliv na vyrovnanost, pevnost a čistotu příze, protože krátká vlákna, způsobující nehomogenitu, jsou při procesu česání odstraněna. Tyto vlastnosti se u výsledné látky projeví jako hladkost, dobrý vizuální vzhled a příjemný omak.

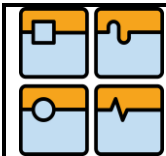
Pramen je vyčesáván pomocí systému válečků, hlavního vyčesávacího válce a skřípců. Tím je dosaženo vysoké jednotnosti a stejnoměrnosti pramene.

#### 3.3.5 Přádování

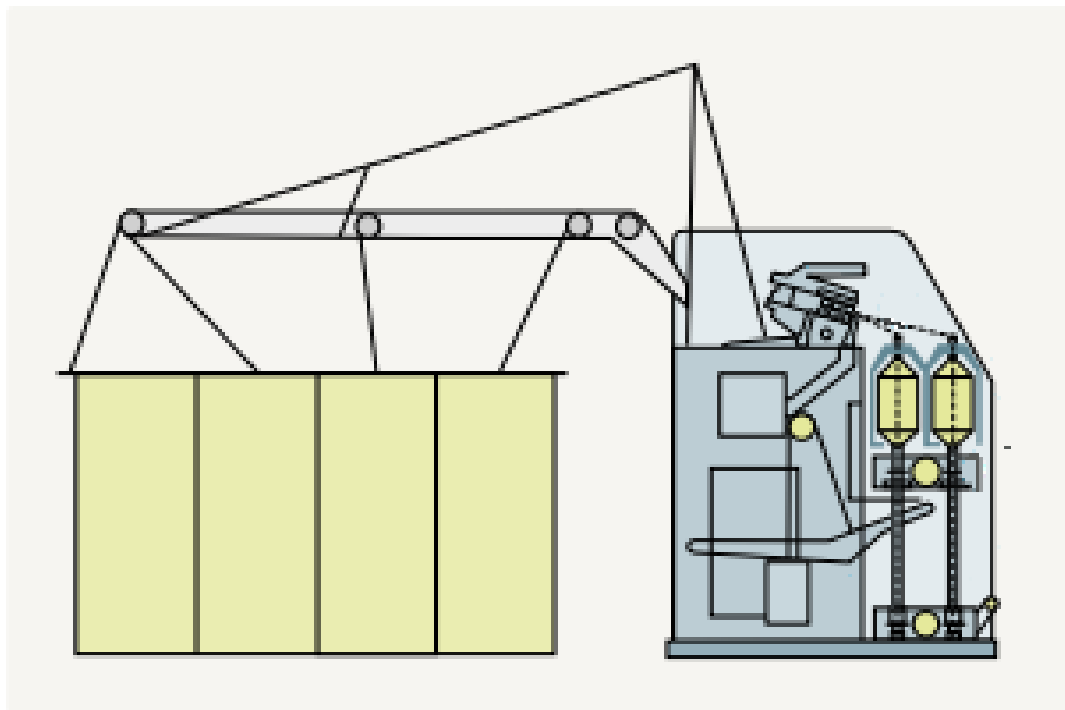
Protahovačka produkuje pramen, který dosahuje charakteristiky nutné pro vytvoření příze. Zde se nabízí otázka, proč není pramen používán jako vstupní materiál pro prstencové předění namísto draze vyrobeného přástu. Přádovací stroj je komplikovaný, drahý a často způsobuje chyby. Je použit ze dvou principiálních důvodů. První důvod je požadovaná jemnost přástu. Prstencový stroj není schopen dosáhnout takového protažení vstupní suroviny, aby ze standartního pramene vyrobil přízi. Druhý důvod je doprava vstupního materiálu pro prstencový stroj. Bylo by velmi náročné dopravovat celé konve na místo vstupu materiálu do prstencového stroje.

Hlavním úkolem přádovacího stroje je tedy zvýšení jemnosti materiálu. V průběhu produkce musí být zároveň materiálu dodán určitý velmi malý zákrut tak, aby přást držel pohromadě. Třetím úkolem je navinutí přástu na cívku. Právě poslední úkol je konstrukčně nejsložitější.

Materiál je ke stroji (Obr. 3.7) dopraven v konvích a vtahován ke zpracování pomocí několika dvojic poháněných válečků. Tyto válečky dopravují pramen k protahujícímu ústrojí,

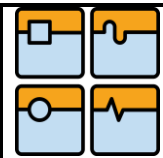


keré se skládá z několika dvojicí válečků. Produkt vystupující z válečků je příliš tenký na to, aby držel při sobě, proto dochází ke zpevnění pomocí zakroucení a to 25-60 otáček na metr délky. Nakonec je přást navinut na cívku.



Obr. 3.7 Přástovačka [6]

Postup zpracování byl popsán na obecném příkladu výrobní linky kde je vstupní komoditou bavlna a na výstupu je příze. Stroje pro dopřádání jsou popsány v následující kapitole.



## 4 KONSTRUKCE DOPŘÁDACÍCH STROJŮ

Charakteristika vypředené příze je daná druhem použitého materiálu. Stejnou měrou má na její vlastnosti vliv i struktura příze samotné, kterou v největší míře ovlivňuje použitá strojní technologie. [7]

V následující kapitole je popsána konstrukce tří strojů, jež zastupují tři dnes komerčně používané systémy předení. Největší pozornost je věnována tryskovému (vzduchovému) dopřádacímu stroji Air-Jet, jehož jednou komponentou se dále zabývá tato práce.

### 4.1 Prstencové předení [8]

#### 4.1.1 Úvod do problematiky

Stroj pro prstencové předení byl vynalezen Američanem Thorpem v roce 1828. V průběhu více než 180 let postupného vývoje prodělal stroj značné změny, avšak princip procesu samotného zůstal stále stejný. Od 70. let 20. století se zvýšila produktivita stroje o 40%. Bylo to zapříčiněno použitím menších prstenců, implementací zapřádání do systému navíjení a soustavnému vylepšování prstenců a jezdců a jejich materiálů.

Stupeň automatizace se také významně zvýšil. Tak jak proces vývoje není ještě stále u konce, prstencové předení bude pokračovat jako nejrozšířenější metoda předení pro jeho nepřekonané výhody oproti moderním dopřádacím metodám. K výhodám patří univerzálnost použití stroje, to znamená, že prakticky jakýkoli materiál a příze libovolné jemnosti i může být vypředena na tomto typu stroje. Dále jsou to pak vlastnosti výsledné příze jako struktura a houževnatost. Stroj není příliš konstrukčně komplikovaný. V neposlední řadě je to také stáří know-how samotné technologie a s tím spojený stupeň vývoje a dostupnost.

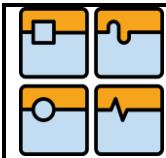
Při současném stavu techniky můžeme předpokládat, že nové spřádací metody nepřinesou v dohledné době do této klasické oblasti nijak podstatný průlom.

#### 4.1.2 Funkce a režim práce

Úkolem prstencového stroje je po vstupu přástu do ústrojí jej protáhnout na požadovanou jemnost, udělit vláknům houževnatost tím, že se zakrouťí a navinout vzniklou přízi ve vhodné formě a, transportovat ji do místa dalšího zpracování. Princip funkce je patrný z diagramu (Obr. 4.1).

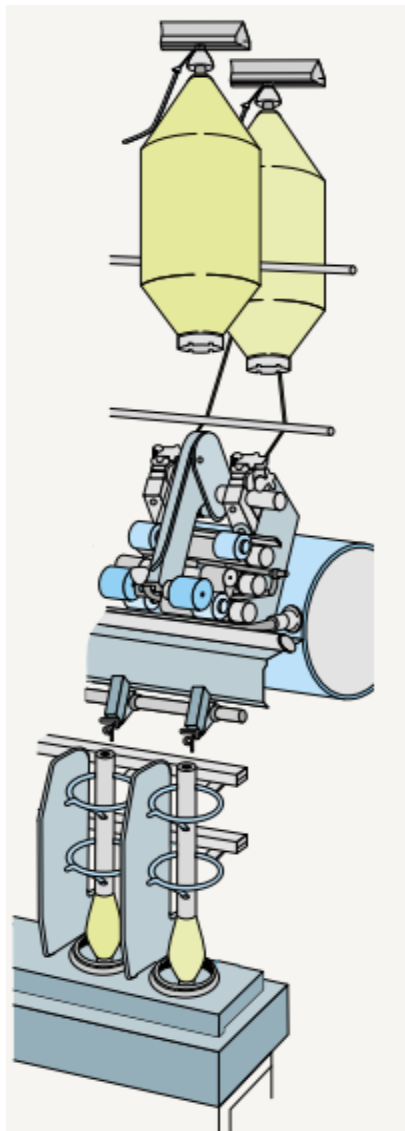
Cívky s přástem jsou upevněny v držácích, které jsou umístěny na cívečnicích. Vodící tyče směřují pramen do protahovacího systému, kde dochází k protažení na finální jemnost. Tento systém je jednou z nejdůležitějších součástí stroje a má značný vliv na vzhled konkrétní příze. Po vytvoření pásu vláken vycházejícího z posledního válečku protahujícího ústrojí, který se nazývá podávací je proveden zákрут.

K zakroucení dochází na vřetenu, které se otáčí vysokou rychlostí. Běžec, pohybující se po prstenci je nezbytný pro odtahování a navíjení příze na dutinku, která je připevněná na vřetenu. Tento běžec se pohybuje okolo vřetena bez vlastního pohonu, je pouze unášen pohybem samotného vřetena přes přízi, která se na něm nachází. Běžec je zpožděný v rychlosti za rychlostí vřetene v důsledku pasivních odporů. Tento rozdíl v rychlostech



způsobuje navíjení příze na dutinku. V podstatě jde o podobný princip jako na přástovacím stroji, zásadní rozdíl je však v rychlosti procesu.

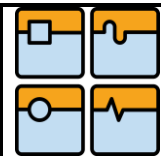
Příze je navíjena a na válcovou cívku a je rozváděna po délce pomocí pohybu lavice s prstenci.



Obr. 4.1 Prstencové předení [8]

Střední část stroje, kde probíhá samotná produkce příze, se skládá z (Obr. 4.2) podélných držáků ložisek pro vřetena a podpor po celé délce výrobní části. Tyto podpory jsou na několika místech připevněny k ráům, které jsou rozmístěny v malé vzdálenosti po sobě. Rámy zároveň slouží jako podpora pro cívečnicki s cívkami. Vřetena jsou namontována na ložiskovém držáku, protahovací zařízení jsou připevněna k podporám. Každý rám stojí na dvou šroubovacích patkách a je možné nastavit jeho výšku, což velmi usnadňuje vyrovnání celého stroje.

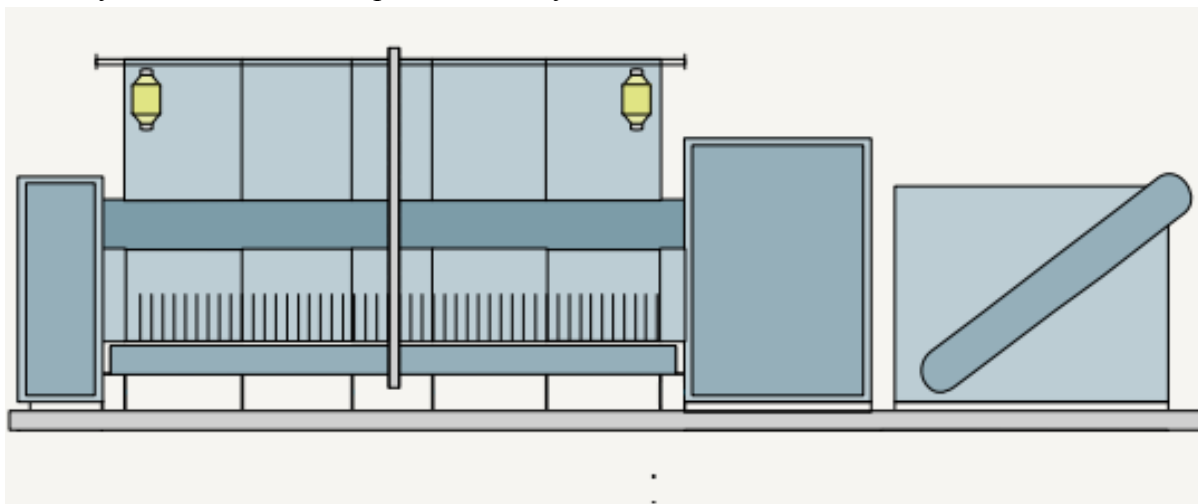
Bočnice na obou stranách střední části slouží k uložení technických a technologických komponent, které jsou společné pro celý stroj. Nachází se zde např. pohony s převodovkami pro centrální ovládání jednotlivých hnaných komponent každého spřádního místa. Dále jsou



zde filtry a ventilátory pro práci s technologickým podtlakem, úpravna stlačeného vzduchu, elektrické a elektronické komponenty včetně ovládacího panelu.

Moderní stroje zahrnují ve své funkci i automatický smekač, který odvede hotové cívky a založí prázdné dutinky.

Šířka stroje se pohybuje včetně smekacího zařízení mezi 800 a 1400mm a délka stroje může být až 50m s až 1600 spřádními místy.



Obr. 4.2 Rozložení prstencového stroje [8]

#### 4.1.3 Pohony stroje

Spotřeba energie prstencového stroje se podílí asi 10% na ceně energie, vložené do celé linky. I když se to nezdá jako vysoké číslo, neměl by být tento faktor podceňován. A to hlavně v případě, je-li zde pozitivní ekonomický dopad při správné volbě jednotlivých pohonů.

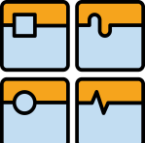
Jako pohony používá prstencový stroj třífázové asynchronní motory s kotvou nakrátko a to s přímým rozběhem, rozběhem hvězda – trojúhelník případně s variabilním převodem (variátorem). Dále se používají asynchronní motory s řízeným usměrňovačem (A. S. S. drives), třífázové kartáčové motory a stejnosměrné rotační pohony.

Důvodem používání asynchronních motorů s kotvou nakrátko jsou jejich výhody oproti ostatním typům pohonů. Jsou levné, relativně bezúdržbové, odolné a nejsou komplikované.

Moderní textilní stroje potřebují pro některé aplikace přesnou kontrolu rychlosti nezávisle na zatížení. Striktní dodržování startovacích a brzdících ramp je předpokladem pro korektní chování při provozu a to hlavně při dynamických operacích. Tento požadavek může být naplněn při zachování relativně nízké ceny použitím běžného asynchronního motoru připojeného ke frekvenčnímu měniči. Dalšími výhodami je vysoká účinnost, velký rozsah otáček, jednoduchá změna smyslu otáčení atd.

#### 4.1.4 Automatizace

Automatizace nahrazuje činnosti, které by jinak prováděla obsluha stroje. Náklady na obsluhu prstencového stroje bez automatizace tvoří asi 50% celkových nákladů na lidské zdroje celé zpracující linky. Zde se nabízí prostor pro strojní automatizaci a s tím spojené snížení nákladů na provoz. Ačkoli, když se na stroj zaměříme důsledněji, zjistíme, že

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

dosáhnout alespoň částečné automatizace jeho procesů není jednoduché. Důvodem je nutnost obsluhování velkého množství relativně malých komponent, které zacházejí s velmi náchylným médiem – textilními vlákny. Tudíž některé procesy nejsou a nebudou automatizovány, protože je to z ekonomického hlediska neefektivní.

Procesy vhodné pro automatizaci na prstencovém stroji jsou:

- Doprava cívek s přástem na stroj
- Výměna cívek s přástem na spřádním místě
- Dávkování pramene
- Odpadové hospodářství
- Obsluha přetržené příze
- Zastavení přástu při přetrhu
- Výměna cívky s přízí
- Doprava cívek s přízí do místa převíjení
- a další.

## 4.2 Bezvřetenové (rotorové) předení [9]

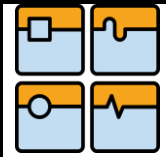
Tento systém se někdy také nazývá jako rotorový podle spřádacího rotoru, který je jádrem celého systému. V zahraniční literatuře je tento princip předení často označován jako „OPEN END“, vzhledem k tomu, že pracuje s otevřeným koncem příze, ke kterému jsou postupně připřádána jednotlivá vlákna.

### 4.2.1 Úvod do problematiky

První patentové zmínky o tomto systému předení se objevily v roce 1937 (Berthelsen), avšak první použitelný stroj byl představen až v roce 1951 J. Meinbergem. Další vývoj byl však zastaven z důvodu nedostatečného výkonu. Nápad byl znovu rozvíjen v Československu v 60. letech minulého století ve VÚB v Ústí nad Orlicí. Průlomového úspěchu ve vývoji bylo dosaženo kombinací spřádacího rotoru s vyčesávacím válečkem, čímž bylo dosaženo dokonalého sjednocení jednotlivých vláken. V roce 1965 byl na veletrhu v Brně představen první průmyslově použitelný stroj a v roce 1967 byl l stroj BD200 představen také na veletrhu v Brně a poté na textilní výstavě ITMA v Basileji. Následující léta ve vývoji rotorového předení byla charakteristická snahou dosáhnout vyššího výkonu produkce při současném snížení finanční zátěže při nákupu a provozu strojů.

Soustavný vývoj a výzkum vyústil v takové zlepšení stroje, že v současné době je velmi těžké rozpoznat přízi prstencovou od rotorové. Vývoj otáček motoru znamenal nárůst z 30 000 otáček za minutu v 60. letech na dnešních 170 000+ otáček za minutu. Rotorové předení v porovnání s prstencovým produkuje 5x – 10x více příze.

Rotorové předení je charakteristické nepoměrně vyšším potenciálem produkce v porovnání s prstencovým principem. Tento potenciál je soustavně navyšován neustálým zvyšováním otáček rotoru a s tím spojenou odtahovou rychlostí. Rotorové příze tudíž byly vždy úspěšné u všech aplikací, kde mohly jako levnější technologie nahradit prstencové předení. Výhodou rotorového předení je rovněž schopnost zpracovávat textilní suroviny nižší kvality, mnohdy i textilní odpady.



#### 4.2.2 Funkční popis systému

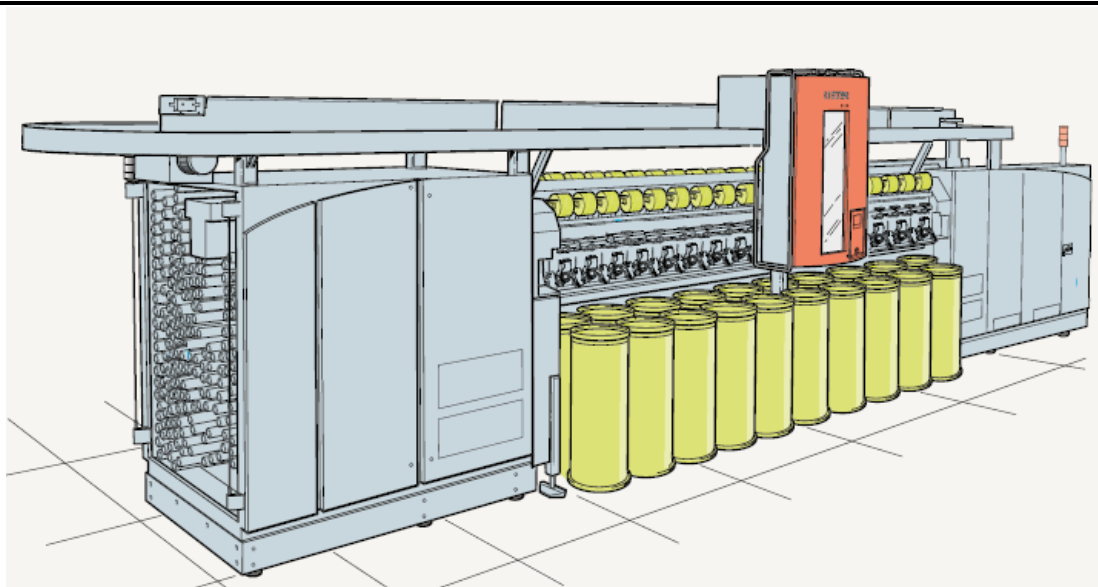
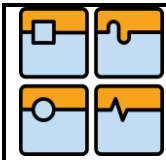
Proces předení rotorového stroje zahrnuje několik, po sobě následujících, operací. V místě vstupu materiálu je pramen přiváděn skrz podávací ústrojí pomocí válečku a přidržovače do místa vyčesávání. Rotující vyčesávací váleček rozdělí pramen na jednotlivá vlákna, která jsou dále nasávána do dopravního kanálu. Odvrácený konec kanálu ústí do drážky rotoru (Obr. 4.3), kde odstředivé síly způsobené vysokými otáčkami zapříčiní posun vláken z kuželové části až do místa největšího vnitřního průměru. Konec příze v rotoru se otáčí a po jeho vnitřní straně čímž je zakrucována a na volný konec se nabalují další vlákna. Vyrobená příze je odtahována skrz keramickou vývodku a dále navíjena na cívku.



Obr. 4.3 Princip zákrutu v rotoru [9]

#### 4.2.3 Struktura rotorového stroje (Obr. 4.4)

Moderní rotorové spřádací stroje jsou oboustranné stroje se spřádními a navíjecími jednotkami na obou stranách stroje za účelem snížení zastavěné plochy, efektivnější využití pohonů aj. Celý stroj se skládá několika částí. Na obou koncích stroje najdeme bočnice s pohony, ventilátory a všemi ostatními zařízeními pro provoz celého stroje. Spřádní a navíjecí jednotky jsou pevně namontovány na sekci stroje. Zásobník s prázdnými dutinkami s dopravníkovým systémem jsou umístěny na zadním konci stroje. 1 – 2 obsluhující roboty na každé straně stroje pro čištění, obsluhu a manipulaci s dutinkami a cívkami. Dopravník plných cívek se nachází na vrchní části stroje.



Obr. 4.4 Struktura rotorového stroje [9]

#### 4.2.4 Pohony stroje

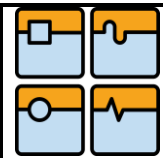
Hlavní části systému, tedy vyčesávací válec a rotor jsou obvykle poháněny plochým řemenem, který je poháněn asynchronním motorem. Individuální pohony umožňují značné zvýšení flexibility, ale na druhé straně znamenají také vyšší cenu a složitější řízení. Hlavními aspekty při návrhu pohonu je především přesnost chodu, cena a spotřeba energie.

Dále jsou centrálně poháněny i ostatní pohyblivé součásti jednotky jako navíjecí válec, a rozvádění příze. Technologický podtlak je získáván radiálními ventilátory. Tyto ventilátory jsou poháněny asynchronními motory. Podtlak je nutný pro dopravu vláken od vyčesávacího válečku do spřádacího rotoru, dále pak pro funkci robota a také pro odvod nečistot. Odpad ze stroje je sváděn do blízkosti konce stroje pomocí dopravního pásu. Zde jsou nečistoty odsáty do odpadní komory.

#### 4.2.5 Automatizace

Systémy pro automatizaci provozu rotorového stroje jsou nedílnou součástí výkonných strojů již po řadu let. Byly vyvinuty pro všechny činnosti, které byly zprvu obsluhovány ručně a to v několika krocích:

- Natažení a vložení začátku pramene z nové konve
- Automatické čištění rotoru, odtahového průvlaku, obsluha po zastavení z důvodu chyby v přízi
- Zapřádání po přetrhu a na prázdné dutinky
- Smekání plných cívek
- Zakládání prázdných dutinek
- Doprava prázdných dutinek
- Doprava plných cívek
- Automatické, nebo poloautomatické čištění filtrů



Automatizace stroje redukuje potřebu ruční obsluhy na minimum a nahrazuje je monitorováním systému v případě nestandardního chování. Použití automatizace je nutné zvážit především z hlediska lokace umístění stroje a s tím spojenými náklady na lidské zdroje. Pro teritoria s levnější pracovní silou jsou vyráběny rotorové dopřádací stroje s částečnou automatizací, tzv. poloautomaty.

### 4.3 Předání pomocí víru vzduchu [10]

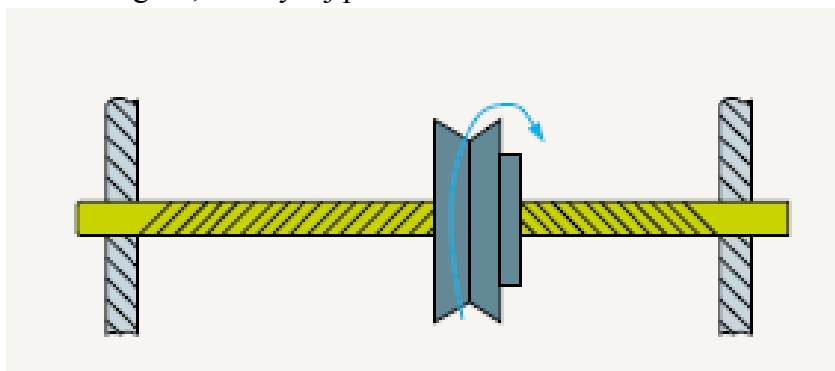
Jedná se o konstrukčně nejsložitější stroj pro předání, který zároveň poskytuje nejvyšší rychlost předání. Od ostatních dopřádacích strojů, vyráběných koncernem Rieter, se liší jednak použitou spřádací technologií a dále jednotkovými pohony každého spřádacího místa.

#### 4.3.1 Historie vývoje

Vývoj předání pomocí proudu vzduchu procházel postupně několika etapami. Výchozím stupněm je princip předání pomocí dvou trysek (two nozzle Air-jet spinning). Zde je již uplatňován princip zákrutu pomocí proudu vzduchu a dochází zde k zakroucení vláken na povrchu, přičemž jádro zůstává paralelní. Při pohledu na přízi zde dochází k tzv. nepravému zákrutu (Obr. 4.5).

V roce 2008 Rieter uvedl na trh l. vlastní stroj pro předání pomocí víru vzduchu Air-jet J10. Oboustranný stroj se 100 spřádními místy, jednotkovými pohony a čtyřmi obsluhujícími roboty posunul ekonomiku spřádání kupředu k vyšší efektivitě.

Jedná se tedy o relativně nový stroj a je zde velký potenciál pro pokračující vývoj oproti ostatním technologiím, kde vývoj probíhá několik desítek let.



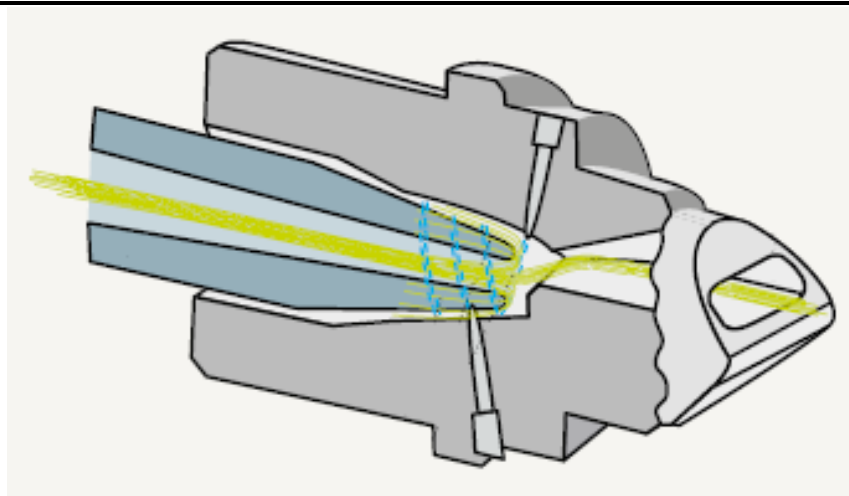
Obr. 4.5 Nepravý zákrut [10]

#### 4.3.2 Funkční popis principu předání

Aby bylo možné příst v pomoci víru vzduchu, musí být dosaženo dvou důležitých předpokladů:

- Oddělení volných konců vláken
- Zamezení tvorby nepravého zákrutu

Spřádní uzel je tvořen krutným prvkem trysky (twist element), který je obklopen tělesem spřádní trysky (Obr. 4.6). Do tělesa je vložena samotná tryska (spin tip).



Obr. 4.6 Řez twist elementem se špičkou spin tipu [10]

Vír vzduchu, tvořený otvory v krutném prvku, který obklopuje špičku spřádní trysky, vytváří v ústí naváděcího prvku malý podtlak, který způsobuje nasávání vláken pramene do vstupu spřádní trysky. Pro roztřepení uvolněných konců vláken je důležité přesně dodržet vzdálenost mezi ústím spřádní trysky a osou podávacího válečku. Tato vzdálenost by měla být mírně kratší, než je průměrná délka vláken produkovaného materiálu.

Při dodržení tohoto požadavku dojde k oddělení volných konců od paralelního proudu vláken. Tyto konce jsou dále pomocí víru vzduchu omotány nejdříve kolem špičky spřádní trysky a následně kolem paralelního jádra příze. Toto omotání způsobuje finální zákrut příze.

Zakroucená vlákna vstupující do trysky mají tendenci zakrucovat i další vlákna, která vstupují do ústí spřádní trysky. K tomuto nesmí docházet z důvodu funkce výše popsaného procesu. Nežádoucím jevu je zamezeno pomocí naváděcího prvku vláken, po kterém vlákna kloužou do krutného prvku (FFE – fibre feeding element).

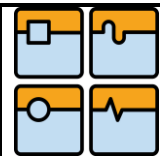
Jakmile dojde k obalení paralelního jádra příze, může dojít k odtažení příze ven z tělesa trysky.

#### 4.3.3 Popis funkce spřádní jednotky

Spřádní jednotka stroje Air-jet se konstrukčně skládá ze dvou celků (obr. 4.7).

V dolní části se nachází protahovací systém tvořený nejprve dvěma dvojicemi válečků a poté dvojicí speciálních válečků s řemínky (apron roller). Mezi každou dvojicí válečků se nachází zhušťovač. Úkolem tohoto zařízení je protáhnout vstupující pramen na potřebnou jemnost.

Hlavní část jednotky se nachází nad protahovacím systémem. Po výstupu z apron rolleru jsou vlákna akcelerována podávacím válečkem do spřádní trysky. Příze je z trysky vytahována odtahovým válečkem a je protažena skrz čistič příze (čidlo kvality příze). Od odtahového válečku příze pokračuje do navíjecí jednotky k navinutí na cívku. Před opuštěním jednotky příze prochází čidlem přetrhu, které zároveň obsahuje tlačítka pro základní obsluhu jednotky.



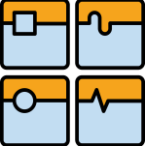
Obr. 4.7 Spřádní a navíjecí jednotky stroje Air-jet [10]

#### 4.3.4 Struktura tryskového stroje

Střední část stroje se skládá z částečně svařovaných rámců (sekcí), na jejichž obou bocích jsou upevněny spřádací a navíjecí jednotky. Pod spřádními jednotkami jsou umístěny konve s pramenem. Na zadním konci stroje se nachází zásobník s prázdnými dutinkami. Na přední části jsou umístěny skříně obsahující rozvody tlakového vzduchu, centrální řízení, elektroniku, ventilátory aj.

#### 4.3.5 Automatizace

U tohoto typu stroje rozlišujeme automatizaci jednotkovou a centrální. Centrální automatizace je zajišťována několika roboty, které jsou rozděleny po obou stranách stroje. Díky jednotkovým pohonům je však možno obsluhovat spřádní místo i jednotkově, to znamená, že každá jednotka je vybavena určitými obslužnými prvky a tudíž v některých případech dokáže obsloužit sama sebe, bez nutnosti přivolání robota. V takovém případě významně klesá čas od hlášení chyby k znovuobnovení předení, neboť není třeba čekat na příjezd robota z jiné pozice. [11]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

U plně automatizovaného stroje je stupeň automatizace již tak vysoký, že je obsluha volána jen v případě fatálních chyb předení nebo vlastního stroje. Stroj sám zvládá inicializaci předení, kontinuální předení, obslužení přetrhů, odstranění nepoužitelné, či nepotřebné příze i výměnu plných cívek za prázdné dutinky. [11]

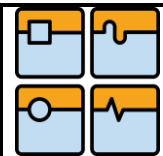
V současné době je trend používat více automatizaci jednotkovou a to kvůli možnosti obsluhovat několik jednotek zároveň. Avšak jednotkově automatizovat lze jen ty procesy, kde je to z ekonomického hlediska možné. Rapidní vývoj v automatizaci se v nynější době zabývá hlavně obsluhou spřádní jednotky v průběhu procesu předení při vzniku nestandardní situace jako je přetržení příze mezi spřádní tryskou a cívkou a také při vzniku nevyhovující vady v přízi a s tím spojeným procesem odstranění vadné příze a obnovením předení.

#### 4.3.6 Pohony

Jako rotační pohony jsou na spřádací a navíjecí jednotce používány bezkartáčové stejnosměrné a krokové motory. Pro pohyby, kde nezáleží na přesném polohování, jsou použity střídavé jednofázové asynchronní motory. Jedná se o pohony pomocných zařízení jako parafinování, vodiče pramene atd.

Pro pohon centrálních ventilátorů, kde je třeba řádově vyšší výkon oproti pohonům na jednotkách, jsou použity třífázové asynchronní motory připojené přes frekvenční měniče.

V robotu jsou pohony hlavně pneumatické. Převážně dvojčinné pneuválce podle ISO norem, některé se snímáním koncových poloh. Logika je zde řešena pomocí software. Jsou zde také v malé míře použité rotační elektrické motory pro rotační pohyby a ve spojení s řemenem pro kývavý a posuvný pohyb.



## 5 POPIS PROCESU A ZAŘÍZENÍ REÁLNÉHO STROJE

Jak již bylo uvedeno výše, v současné době probíhá rapidní vývoj v oblasti jednotkové automatizace a to především v oblasti obsluhy jednotky po vzniku vady v kvalitě příze, případně při přetržení příze mezi spřádní tryskou a cívkou na navíjecím válci.

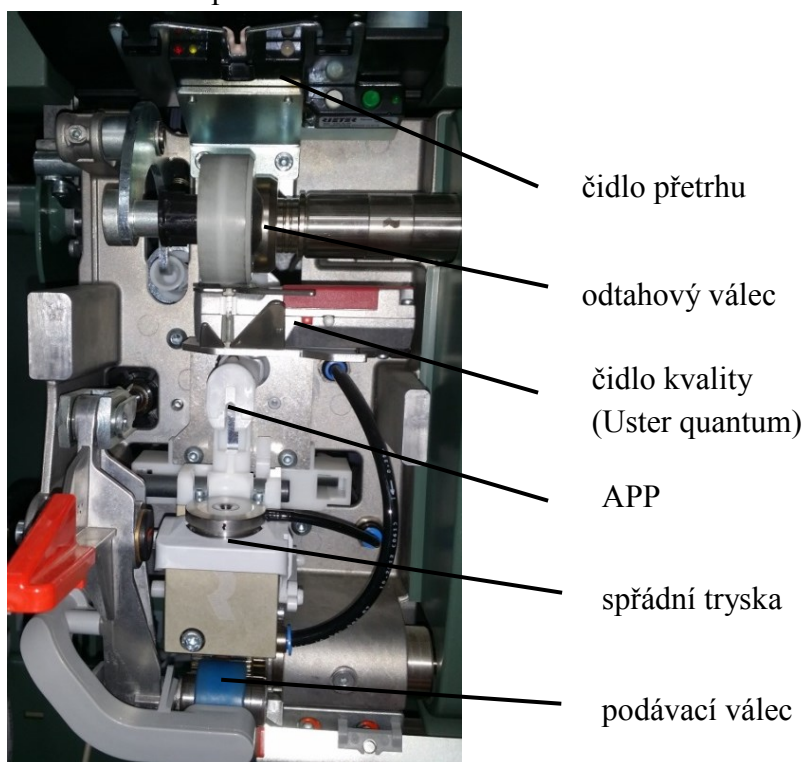
### 5.1 Přetržení příze mezi spřádní tryskou a cívkou

V průběhu předení může dojít hned k několika nestandardním situacím. Jednou z nich je přetrh mezi spřádní tryskou a cívkou v ramenech navíjecí jednotky, někdy též nazývaný jako přirozený přetrh. Je vyhodnocen čidlem přerhu (YBS – Yarn Brake Senzor) umístěným na horní části spřádní jednotky (obr. 5.1). Přerušení příze má za následek neřízené zastavení pohonů a navinutí konce příze na cívku. Pro následné zapředení musí dojít k jeho vyhledání. V současné době je celá manipulace zajišťována robotem.

Tento jev může být zapříčiněn např. vadou nebo nečistotou v pramenu, velkým napětím v přízi, případně z jiného, zatím nezjištěného důvodu.

### 5.2 Řízené zastavení na základě vzniklé vady v přízi

Mimo přirozeného přerhu může také dojít ke vzniku vady v přízi. To znamená ke vzniku libovolně dlouhé části příze nevyhovujících vlastností. Vyhodnocuje se především nestandardní tloušťka příze, která je rušivým jevem ve výsledné tkanině. Tato vada je vyhodnocována čidlem kvality příze (Obr. 5.1), odtud také pochází název chyba od čidla kvality, případně přetrh od kvality. Po vzniku této vady dojde k řízenému zastavení (konec příze zůstává v ústí spřádní trysky) a následné manipulaci, která je prováděna z části jednotkou a dokončena je robotem. Více v kapitole 6.



Obr. 5.1 Horní část spřádní jednotky

## 6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Následující kapitola se již zaměřuje na obsluhu jednotky po vzniku vady v přízi. Touto problematikou se zabývá celá následující část této práce.

Při vzniku neakceptovatelné vady v přízi musí dojít k zastavení předení, odvinutí vzniklé vady, prostrčení příze skrz spřádní trysku, zachycení na jejím spodním konci, přípravě konce příze pro zapředení a obnovení předení

### 6.1 Popis současného procesu na stroji J20 V3

Na začátek bude uveden popis dosavadního vývoje spolu s provedením současného sériového stroje. Z této verze je vycházeno při výzkumu nových možností automatizace.

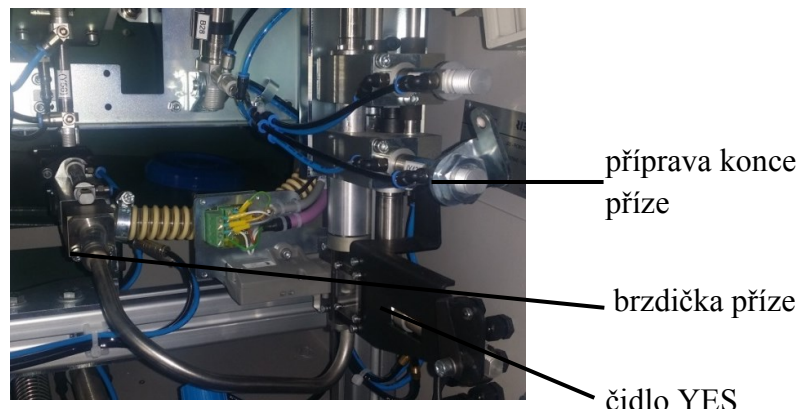
#### 6.1.1 Cyklus stroje V3 a rozdíly oproti předchozím verzím

Jak již bylo uvedeno výše s postupem vývoje jsou postupně jednotlivé procesy, které byly původně realizovány pomocí robota, přesunuty do funkce spřádní jednotky. U strojů J20 V2 a starších byl kompletní proces realizován pouze robotem.

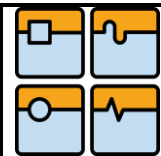
U strojů V3 byla spřádní jednotka doplněna jednotkou automatické přípravy zapřádání (APP – Automatic Piecing Preparation). Tato jednotka umožňuje po řízeném zastavení předení vytažení konce příze z trysky a odvinutí vady příze do odpadu. Při odvíjení vady je příze odvíjena z cívky reverzním chodem válce navíjecí jednotky a odtahovým válcem. Poté je nasávána pomocí podtlaku do trysky vyfukování příze a dále do kanálu pro odpadní přízi. Po odvinutí celé vady spřádní jednotka čeká na příjezd robota. Po zastavení robota na daném místě dojde k přefouknutí (shooting) konce příze do spřádní trysky a následujícímu nasátí do brzdíčky příze v robotu a dále skrz potrubí až do jednotky přípravy konce příze v robotu. Zde po přípravě konce příze dojde k akceleraci na zapřádací rychlost a dále k zapředení. Koneček příze v robotu je sledován pomocí čidla konce příze (YES - Yarn End Sensor).

Jednotka APP se skládá ze samotné trysky pro nasátí a následné přefouknutí příze, z potrubí směřujícího do kanálu, dále z ventilu pro uzavírání podtlaku, stříhače příze. Při odvíjení musí být příze nastříhána na menší kusy tak, aby nedošlo k jejímu zachycení v kanálu pro odpadní přízi.

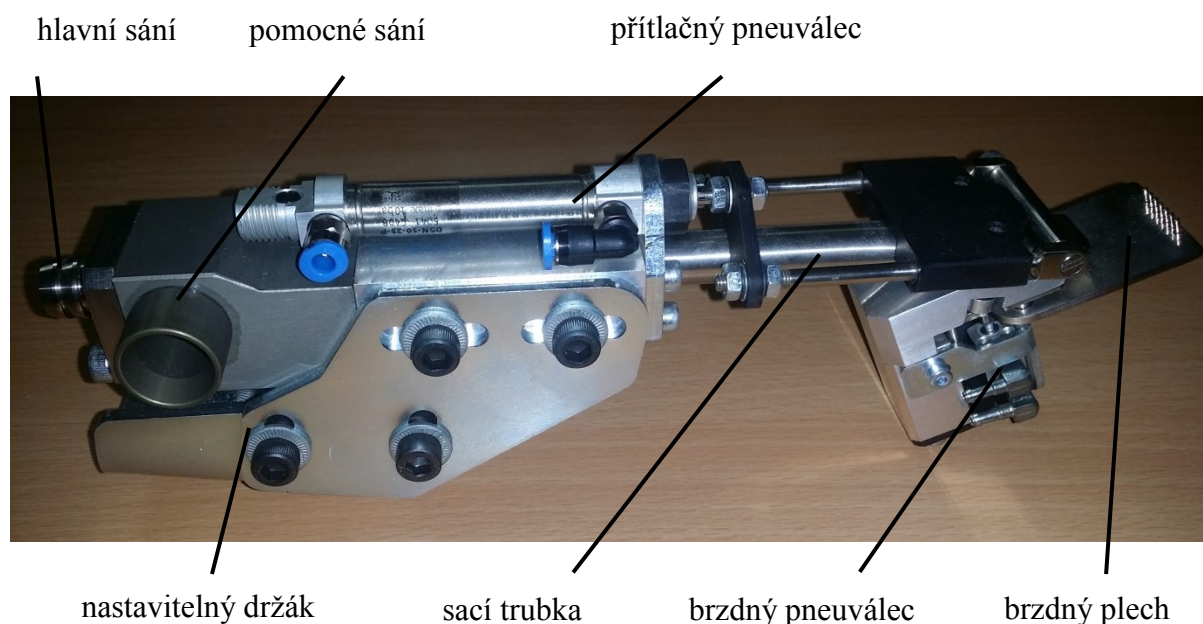
Po nasátí příze do robota směřuje skrz brzdíčku příze do jednotky přípravy konce příze s čidlem YES (Obr. 6.1).



Obr. 6.1 Mechanismus obsluhy zastavení po chybě od kvality v robotu



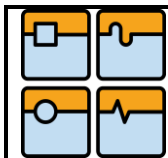
### 6.1.2 Konstrukční řešení současné brzdičky příze (Obr. 6.2)



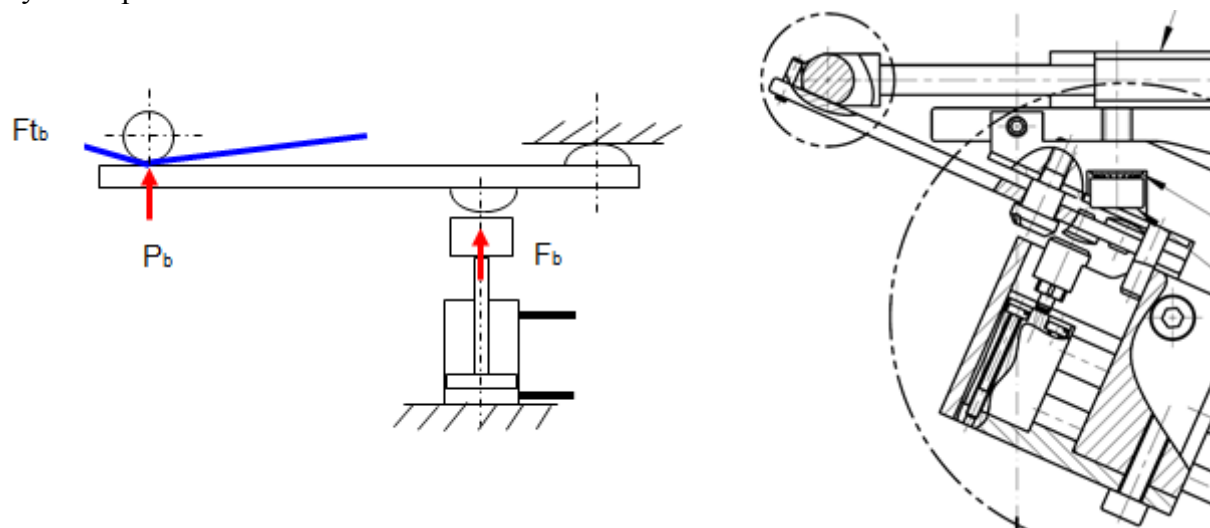
Obr. 6.2 Brzdička příze robotu V3

Při použití principu zapřádání na stroji Air-Jet a při použití současné konstrukce spřádní trysky je nutno v průběhu vlastního zapřádání příze brzdit silou, která je přesně definována pro každý materiál. Při spuštění spřádního vzduchu (vzduchu, který uděluje vláknům zákrut) dochází vlivem jeho proudění k podtlaku pod FFE (kanály vedení spřádního vzduchu jsou v tělese spřádní trysky jsou orientovány pod úhlem směrem nahoru podle Obr. 4.6). Tento podtlak také způsobuje nasávání dávkovaných vláken do trysky. Zároveň by ale v případě odstranění brzdné síly mohl způsobit nekontrolované vtáhnutí konce příze do trysky a dále do zásobníku (storage) pro akceleraci navíjecí jednotky.

Současná brzdička příze (yarn keeper) umístěná v robotu představuje zařízení, které umožní sklouznutí konce příze vystrčené z FFE po leštěném plechu a následné nasátí do trubky, procházející skrz celý keeper. Vlastní nasátí je spolehlivě zajištěno použitím pomocného nasávání, které je otevřeno jen pro vstup konce příze do ústí trysky. Po prostrčení konce skrz keeper až za trhačku dojde k vysunutí přítlačného pneuválce a aktivaci brzdnyho pneuválce působícího silou  $F$ . Jednoduchý pákový mechanismus (obr. 6.3) vyvede brzdnu sílu mezi přítlačným čepem a brzdny plechem, čímž je vyvozována třecí síla v procházející přízi. V navazujícím zařízení pro přípravu konce příze (YEP – Yarn End Preparator) mezitím proběhne roztržení příze, vytvoření jejího konce a k plnění zásobníku pro akceleraci navíječky. Poté je systém připraven pro vlastní zapředění. Nejdříve je spuštěna akcelerace navíjecí jednotky na zapřádací rychlost  $n_z=300\text{m/min}$  a příze je navíjena ze zásobníku (cívce na navíjecí jednotce není možné udělit okamžitou rychlost a tudíž musí startovat po rampě, proto je cyklus rozdělen zásobníkem). Následuje aktivace odtahového válečku, který je již akcelerován na zapřádací rychlost. Urychlený konec prochází čidlem konce příze, od jehož signálu je časována aktivace podávacího válečku a s tím spojené podávání nových vláken.



Příze, která opouští keeper, je vedena pomocí pinů na konci plechu. Po skončení vlastního zapředení pak sprádní i navíjecí jednotka společně akcelerují po druhé rampě na standardní rychlost předení.



Obr. 6.3 Schéma a částečný řez současnou brzdíčkou příze

Z principu pneumatického pohonu je zde jednoduché centrální nastavení brzdné síly. Centrální regulace síly se provádí podle předeného materiálu zvláště pro levou i pravou stranu stroje a to regulátorem tlaku umístěným v bočnici stroje. Na základě měření v textilní laboratoři byly zjištěny hodnoty pro současné běžné aplikace uvedené v tabulce 2. Uvedené hodnoty je nutno brát jako přibližné údaje (vzhledem k rozptylu měření) Bavlna - „soft yarn“ zde zastupuje nejjemnější materiál a viskóza nejhrubší. Brzdné vlastnosti ovlivňuje také původ konkrétního materiálu, jemnost, teplota, vlhkost atd.

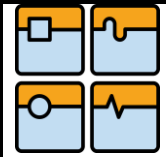
Napětí v příze $F_t$ [cN]	Síla sevření příze $P$ [N]	Materiál příze při měření
10	0.5	bavlna - „soft yarn“
20	0.45	bavlna - „soft yarn“
40	0.87	bavlna - „soft yarn“
70	1.14	viskóza

Tab. 2 Přehled materiálů a brzdných sil

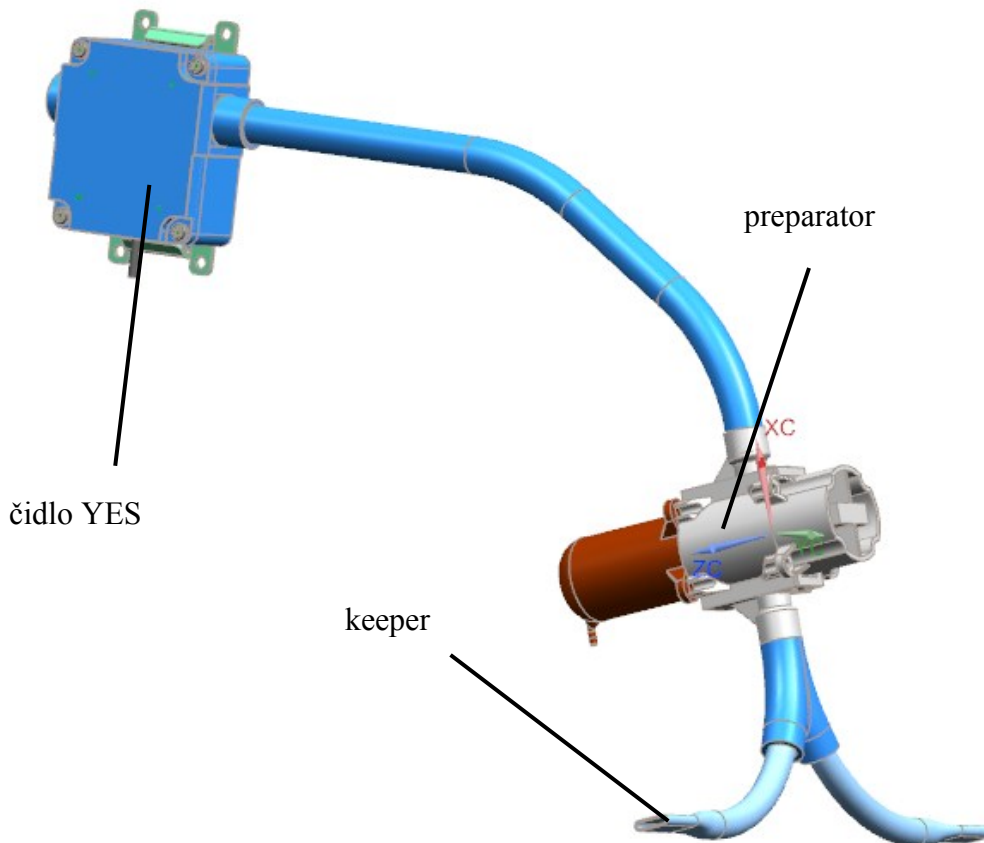
### 6.1.3 Konstrukční řešení současné automatizace

Na základě požadavku na úplnou jednotkovou obslužnost při chybě příze od kvality bylo navrženo koncepční řešení, které bylo postupně implementováno do současného systému. Od decelerace po zjištění vady na přízi až do prostrčení konečku skrz trysku zůstává cyklus stejný, jako na verzi 3, je však doplněn o zapředení (APP+P – Automatic Piecing Preparation + Piecing). Pro stručnost bude kladen důraz jen na oblast pod FFE (nikoli fyzicky pod FFE, ale ve směru dopravy příze a ve směru nové verze keeperu preparatoru a dalších).

Sestava keeper – preparator – čidlo YES (Obr. 6.4) byla upravena a zjednodušena tak, aby jí bylo možné v rozumném ekonomickém rámci implementovat do každé sprádní

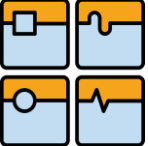


jednotky. V současnosti se již jedná u každého zařízení o několikátou vývojovou verzi, přičemž některé prvky musely být několikrát celé přepracovány a jiné prodělaly i více, než 10 změn. Pro urychlení je při realizaci z velké části používána metoda rapid prototyping, tj. 3D tisk. Pro částečné snížení nákladů bylo přistoupeno k použití společného preparatoru a čidla YES pro obě strany dvojité spřádací jednotky. Prakticky má každé spřádní místo vlastní jen keeper s částí vedení, které směřuje z obou stran doprostřed jednotky.



Obr. 6.4 Sestava YK – YEP – YES

Zároveň s aplikací jednotkové automatiky byl rozdělen pohon podávacího a odtahového válce (na stroji V3 je pohon společný) a tím došlo ke zvýšení flexibility spřádní jednotky. Podle jedné z teorií by byla možná absence mechanického přidržovače u brzdičky příze. Tudíž je brzdička řešena jen jako trubka se zúženým koncem, kdy je brzdná síla vyvolána jen pomocí proudu vzduchu, kterým je konec příze unášen (jako jeden vývojový stupeň bylo použito i přidavné trysky vyfukující stlačený vzduch s uspořádáním tak, aby byl podpořen podtlak v ústí keeperu zároveň podpořeno proudění dále ve vedení, ale bez měřitelného zlepšení). Nezúžená část trubky brzdičky navazuje na spojovací kus, který je připojen do nového preparatoru a z něj trubkou o větším průměru do čidla YES, které bylo nově navrženo pro tuto aplikaci. Čidlo je propojeno pomocí tuhé hadice s podtlakovým kanálem v sekci stroje

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 6.2 Popis vyvíjeného uzlu

Praktická část této práce se zabývá návrhem brzdičky příze s mechanickým přidržováním pro systém popsany v předcházejících řádcích. Nejvhodnější z dále navržených brzdiček bude použita v případě, že i s oddělenými pohony budeme potřebovat regulovatelnou brzdou sílu, nebo konstantní sílu během celého procesu průchodu příze tryskou při zapřádání (s postupným vytahováním konečku z ústí keeperu se snižuje jeho brzdny účinek). Případně může být toto řešení použito na základě požadavku mechanického držení, kvůli zamezení pohybu příze v daný okamžik.

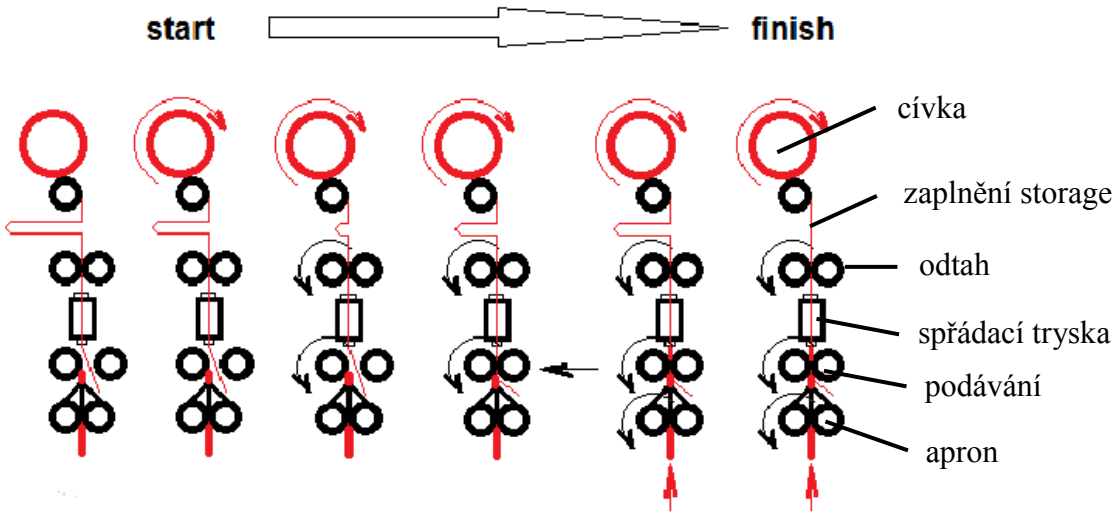
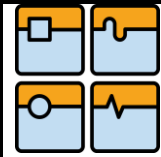
Realizované zjednodušení nutné pro implementaci do každé spřádací jednotky bylo dosaženo především v oblasti pohonů a nutného příslušenství k nim. Pro současnou brzdičku příze v robotu bylo nutné použití dvou dvojčinných pneuválců a dvou zdrojů podtlaku. Nová brzdička, která je předmětem této diplomové práce, funguje jen za pomoci jednoho zdroje podtlaku. Trhačka a čidlo YES obsahovaly dohromady čtyři dvojčinné pneuválce, které jsou na novém řešení nahrazeny jedním jednočinným pneumatickým motorem. Došlo zde tedy ke značnému snížení počtu pneumatických pohonů, ventilů, klapek atd. tudíž byla z ekonomického hlediska možná implementace do každé spřádací jednotky.

### 6.2.1 Cyklus jednotky po umělém vyvolání chyby od čidla kvality

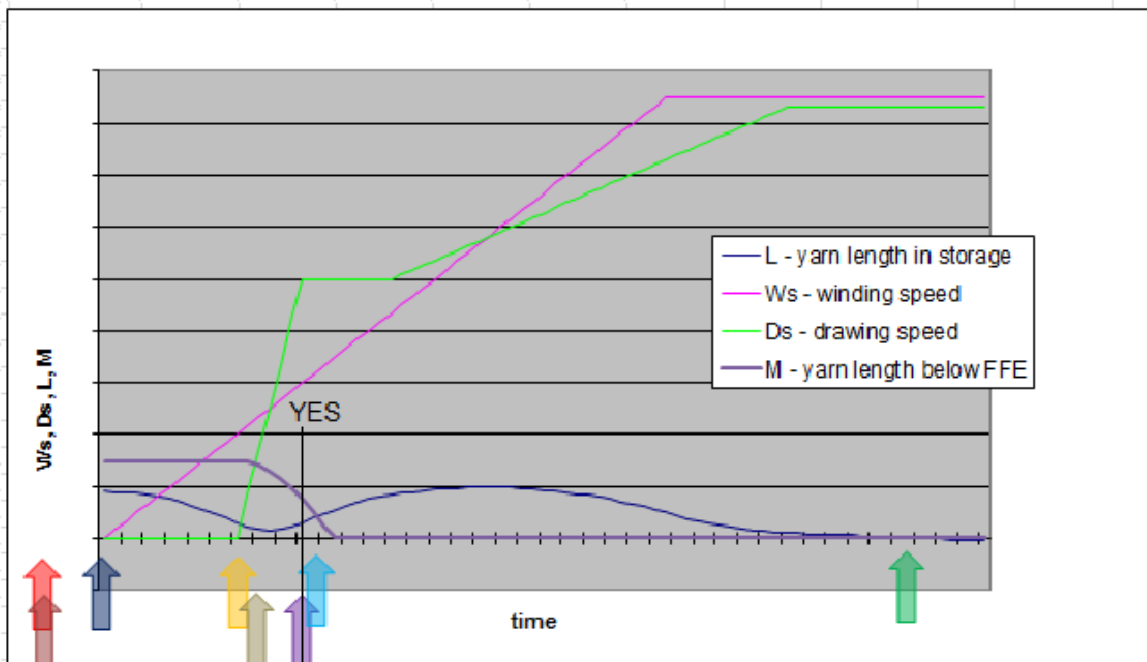
Při vývoji jsou požívány různé postupy vždy s drobnými konstrukčními úpravami k umožnění testování. Nyní se jako nejvhodnější jeví cyklus popsany na následujících řádcích.

Pro účely testování bylo umožněno umělé vyvolání chyby od kvality a to tlačítkem na čidle YBS. Sled dějů po jejím vyvolání zahrnuje řízené zastavení, nasátí konce do trysky vyfukování příze a odvinutí kompletní vady, tedy standartní postup jako na verzi V3.

Následující cyklus nyní s názvem 1F1.2S (Obr. 6.5) dokončí operaci až po vlastní zapředení. Po skončení odvíjení vady dojde k přefouknutí zastřiženého konečku do trysky a skrz jí je pomocí injektážního vzduchu (ejektor) prostrčen skrz FFE až do keeperu a dále skrz preparator až do YES. V okamžiku, kdy se konec objeví v čidle, dojde k zastavení otáčení odtahu a k přípravě konečku preparátorem. Současně s preparací se ale válec navíjecí jednotky stále otáčí s cívkou, tudíž začne mezi navíjecí jednotkou a odtahem vznikat smyčka. V tomto okamžiku je již otevřený ventil zásobníku příze a vzniklá smyčka je nasávána. Po přípravě konečku se opět roztočí odtah a po opětovném průchodu konečku čidlem YES je odvinutá délka potřebná pro akceleraci odtahu na zapřádací rychlost. Nyní dojde k posunu přítlačného válečku podávání do polohy před zapředěním (backstop aktivní) a soustava je připravená pro akceleraci. Nejprve je akcelerována cívka (využívá zásobu vytvořenou ve storage) když je zásobník téměř prázdný, začne akcelerace odtahu. Protože rampa pro start odtahu je strmější, než rampa pro navíječku (cívka představuje mnohem vyšší zatížení, než odtahové válce, Obr. 6.6) vzniklá zásoba je opět nasávána do zásobníku a smyčka v něm se opět prodlužuje. Při průchodu akcelerovaného konečku čidlem YES má tento již zapřádací rychlost a od signálu čidla je časován start podávání nových vláken (délka zápředku, hodnota YES delay) a deaktivace backstop (přítlačení válečku podávání). Po vlastním vytvoření zápředku je soustava akcelerována po druhých rampách, přičemž navíjecí jednotka zároveň vykompenzuje smyčku ze zásobníku.



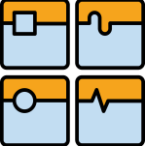
Obr. 6.5 Cyklus 1F1.2S



backstop delay (B-T,L)      (B-Y)      YES delay (F-Y) (F-T,L)

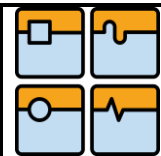
- 1 take-up roller closing
- 2 delivery roller closing and full loading on backstop (gap)
- 3 yarn winding start (storage emptying)
- 4 yarn take-up start (storage filling and emptying, yarn below FFE emptying)
- 5(B-T,L) delivery roller loading (release by backstop)
- 5(B-Y) delivery roller loading (release by backstop)
- 6(F-Y,T,L) new fibres start (piecer start)
- 7 empty storage

Obr. 6.6 Rampy cyklu 1F1.2S

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 39
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Mimo chyb, vzniklých nepřesnostmi a nevhodnými konstrukčními řešeními, se ukázala v průběhu vývoje jedna principiální chyba, kterou nejsme schopni v rámci tohoto vývojového cyklu vyřešit. Jedná se o plnění zásobníku v průběhu preparace a následném odvíjení příze do zásobníku (smyčka prochází skrz zásobník), kdy zde nedochází k mechanické podpoře odvíjení a příze je odvíjena jen pomocí tahu vzniklého podtlakem v zásobníku příze a někdy (při testování bavlny za standartních podmínek v řádu jednotek procent, což je nepřijatelné) dochází k přilepení příze k cívce a tím vzniku tzv. „suchého zipu“. Tento systém můžeme vidět i na jiných strojích, ale zde se jedná o použití za jiných podmínek (nižší jemnost příze, jiné materiály – tah vzniklý v zásobníku je dostatečný). Přidání dalšího pohonu pro odtah není možný pro nepřijatelné navýšení ceny. Pro odladění je možné zvyšovat podtlak případně měnit průřez jednotlivých komponent, avšak jen do určité míry (spotřeba vzduchu, mechanické maximum ventilátoru atd.)

Pro výzkum v této oblasti je nutno přinést i alternativní řešení bez tohoto jevu a z tohoto důvodu vznikla i tato diplomová práce.



## 7 POŽADAVKY NA NOVÉ ŘEŠENÍ

Nejprve je třeba si uvědomit principy a limity jednotkové automatizace. Jaké mechanické pohony případně konstrukční prvky umožňují centrální řízení a nezávislou činnost. Dále je třeba zvážit požadavky na media (tlakový vzduch, podtlak, el. energie) a jejich ovládání na každé spřádní jednotce. Rovněž je třeba posoudit každé konstrukční řešení z hlediska složitosti výroby, složitosti, montáže, nastavitelnosti atd. Zatímco na stávajícím stroji se nachází maximálně 6 (8) robotů, na vyvíjeném systému se snažíme jejich funkce přesunout na násobně více pozic tj. všechny spřádací jednotky.

Pro novou konstrukci byly stanoveny tyto požadavky:

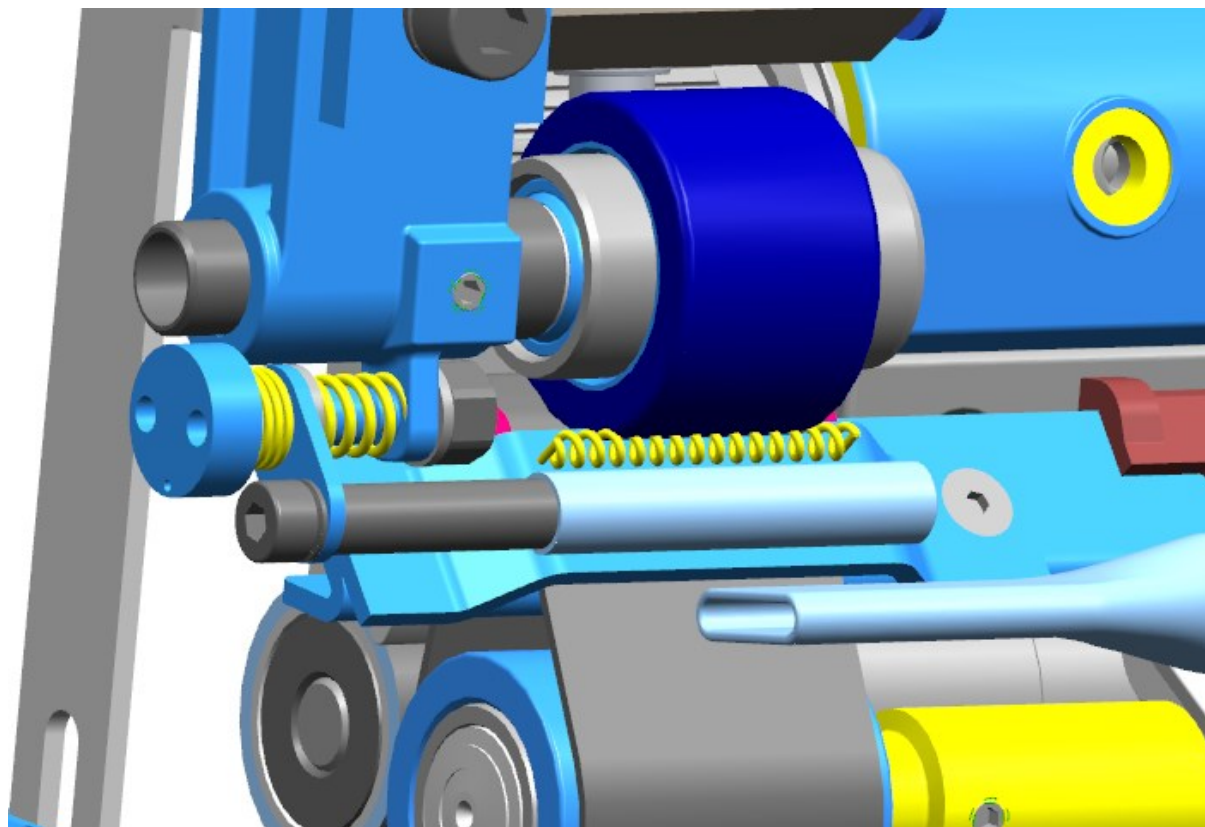
- Jednoduchá, ideálně centrální nastavitelnost brzdné síly
- Neměnná brzdná síla mezi jednotkami při stejném nastavení
- Nízká výrobní cena
- Jednoduchost montáže
- Nízká spotřeba energie při aktivitě i ve vypnutém stavu
- Funkce brzdění s mechanickým držením příze
- Rychlost aktivace v řádu desetin sekundy
- Nesmí dojít k poškozování příze (ostré hrany, vysoké tření atd.)
- Umožnění vedení příze v jednom směru
- Umístění co nejbližší pod odtahový válec
- Zaručená životnost 40 000 h
- Zohlednit stranový pohyb FFE
- Možnost odsátí případných vzniklých nečistot v oblasti pod tryskou
- Nasátí konečku příze do potrubí

## 8 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

Vzhledem k charakteru a použití připravovaného zařízení je třeba zvážit, zda bude cílového procesu (brzdění) dosaženo pomocí aktivního pohonu (pneumatický, elektrický, atd.). Nebo bude funkce dosaženo pomocí nějakého pasivního konstrukčního prvku (např. pružiny) přičemž může být využito pohybu některého ze současných zařízení na jednotce. V úvahu připadá i kombinace výše uvedených metod.

Na základě provedeného rozboru byly sestaveny tři koncepty zařízení brzdičky příze s mechanickým přidržováním, které budou popsány v následujících podkapitolách.

### 8.1 Varianta 1

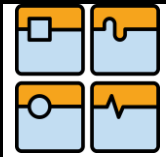


Obr. 8.1 Brzdička příze realizovaná pomocí zkrutné pružiny

První konstrukční návrh (Obr. 8.1) využívá pro vytvoření brzdné síly zkrutnou pružinu. Návrhový výkres 10976299 je přiložen. Je zde možné vidět, že horní podávací váleček je v kolizi s některými komponenty, je to způsobeno excentrickým čepem ve výchozí poloze, pomocí kterého se kompenzují vůle vzniklé nepřesností výroby.

#### 8.1.1 Popis konstrukčního řešení

Toto řešení bylo částečně připevněno na příklápěcí páku horního podávacího válečku. Na této páce byl vytvořen nálipek se závitovým otvorem M5. Do otvoru je našroubován



obráběný čep a proti otáčení je zajištěn maticí utaženou přes podložku Schnorr proti nálitku na páce. Na malém průměru čepu se nachází tlačná pružina se zabroušenými konci a s podložkou, která při nastavování zajišťuje fixaci polohy třením. Na střední části čepu se nachází kluzné ložisko a páka, která přenáší brzdou sílu. Kluzné ložisko zajišťuje rovnoběžnost páky s brzdým čepem. Vlastní brzdná síla je vyvozována pomocí zkrutné pružiny na ložisku. Jeden konec pružiny je fixován do čepu a druhý konec do páky, čímž je přenášena síla od pevné části (předpokládejme páku válečku podávání jako pevnou) na pohyblivou. Na čele čepu se nachází dva otvory sloužící k seřízení přítlačné síly pomocí přípravku. Na pohyblivém konci páky brzdičky se nachází vlastní brzdný čep, který byl odvozen od stávajícího řešení na verzi V3 a doplněn o díru s vnitřním šestihranem pro nastavení rovinnosti. Tento čep je připevněn pomocí šroubu M4 s podložkou Schnorr přes distanční sloupek k páce. Brzdný plech byl připevněn na klec držící horní válečky apronu, který je jím zakryt. Klec musela být rozšířena. Pro vedení příze je zde namísto leštěných čepů použita vinutá pružina, jejíž prodloužené konce jsou zaletovány do brzdného plechu ze spodní strany.

Seřízení brzdné síly by probíhalo pomocí siloměru, kterým se měřila brzdná síla, na každé jednotce. Brzdná síla by se nastavovala pomocí přípravku, kterým se otáčelo čepem a tím se měnilo předpětí pružiny a tím i brzdná síla. Po seřízení byla dotažena matice M5 proti nálitku na páce podávacího válečku.

Nasátí a následné potrubí směřující do navazujících mechanismů zůstává podobné, jako bylo popsáno v kapitole 6. Avšak s tím rozdílem, že ústí sací trubky je umístěno níže. Zároveň je třeba dbát na možnost otevírání soustavu protahovacích válečků (drafting).

Cyklus jednotky zůstává stejný tak, jak bylo popsáno v kapitole 6 s rozdílným časováním.

### 8.1.2 Výhody a nevýhody

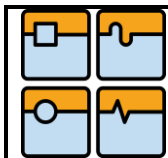
Největší výhodou u tohoto řešení je absence mechanických aktuátorů a činnost využívající stávající pohyb zařízení, které se na jednotce již nachází.

S tím také úzce souvisí předpokládaná relativně nízká cena sériové varianty, když je nevyhnutelné upravit některé komponenty leštěním pro zamezení zádrhovosti.

Nejvyšší snížení ceny, kromě absence mnoha komponent je absence plechu s lisovanými leštěnými čepy a použití pružiny jako vodiče příze.

Mezi hlavní nevýhody patří poloha pružiny a tedy i síly jí vyvozované, kdy i při malých nepřesnostech vzniká negativní moment, který způsobuje nerovnoměrné dosednutí brzdného čepu na plech. Tomuto jevu je částečně zamezeno použitím kluzného ložiska pro vedení pohyblivé páky, avšak i přesto je tento jev rizikový. Konstrukční řešení s centrálním přítlakem se jeví jako konstrukčně složité a ekonomicky nevýhodné. Jedná se o vlastnost tohoto návrhu a při případné realizaci je nutno se na ní blíže zaměřit.

Použití pružiny jako elementu pro vyvození brzdné síly s v praxi ukazuje také jako problematické. Při testování jednotlivých pružin ze stejné výrobní dávky se jejich charakteristiky značně liší. Tudíž by muselo při montáži dojít k seřízení každého mechanismu a při přeseřizování stroje na jiný materiál k opětovnému nastavení.



Není zde možné realizovat konstrukční řešení bez seřizovacích prvků na každé spřádní jednotce.

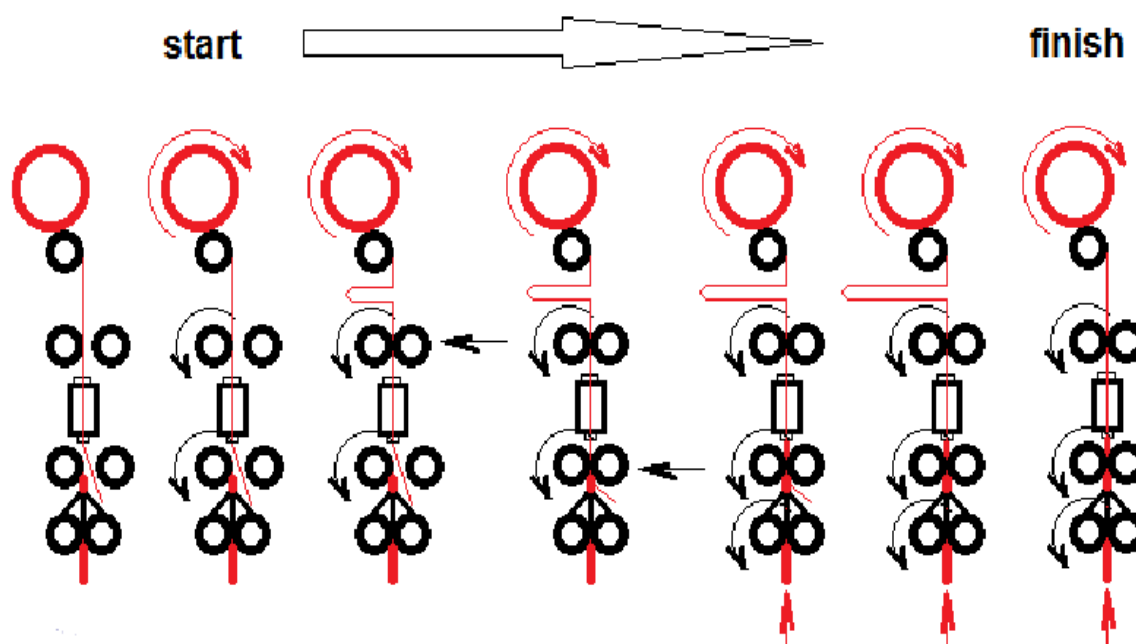
V neposlední řadě se při konstrukčním návrhu jeví jako nevýhoda nemožnost centrálního nastavování, která by bez ostatních nevýhod byla akceptována.

### 8.1.3 Další využití současného řešení

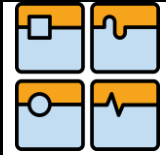
Jak již bylo řečeno výše, toto zařízení tak, jak bylo navrženo, by bylo použito pro původní cyklus a umožňovalo by mechanické brzdění příze s nastavitelnou silou. Po dalších úvahách a z důvodu uvedených nevýhod je možné jej použít i pro alternativní cyklus, který bude zjednodušeně popsán v následujícím odstavci.

Následující cyklus s názvem 1F1.3S (Obr. 8.2) byl odvozen od předchozího. Po odvinutí vady a prostrčení konečku příze skrz FFE dojde k dojetí do YES a přípravě konečku. Před samotnou preparací musí dojít k synchronnímu zastavení navíjecího i odtahového válce, což je náročné z hlediska řízení. Nedochází zde tedy k plnění zásobníku před akcelerací. Po preparaci dojde k opětovnému dojetí do YES a ukončení dalšího odvíjení. Před akcelerací příze je zvednut horní váleček odtahu a dolní poháněný váleček odtahu je akcelerován na zapřádací rychlost. Nyní je položen horní váleček odtahu a příze získává zapřádací rychlost prakticky okamžitě. Současně začne akcelerace navíjecího válce a vzniklá smyčka je nasáta do zásobníku. Po vyrovnání rychlosti navíječky na rychlost zapřádání následuje synchronní akcelerace na spřádací rychlost za současného kompenzování smyčky ze zásobníku.

Popsaný cyklus uvažuje použití zařízení popsané jako varianta 1 jen pro zamezení pohybu příze mezi zásobníkem a sáním brzdíčky v okamžiku, kdy je zvednutý odtahový válec. To znamená použití pružiny o nižším předpětí bez nutnosti nastavení brzdě síly podle produkovaného materiálu a jeho vlastností. Zároveň toto řešení zamezuje vzniku výše popsanému přilepení příze k cívce (suché zipy).

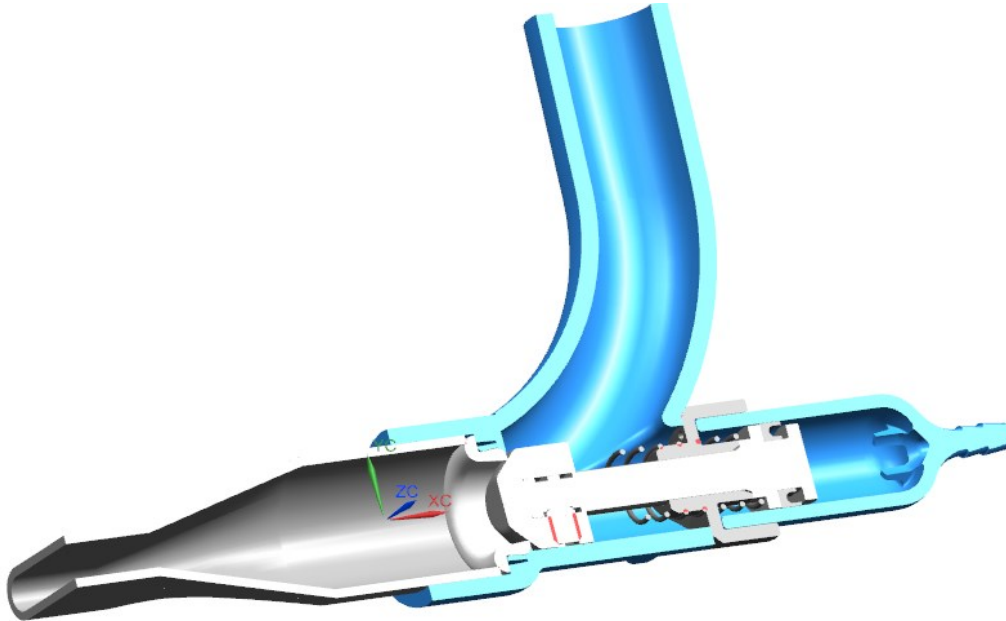


Obr. 8.2 Cyklus 1F1.1S



## 8.2 Varianta 2

Další konstrukční řešení (Obr. 8.3) užívá pro vyvození brzdné síly pneumatický jednočinný válec, tedy stejný pohon, jako na současném sériovém stroji. Je zde použito nové metody brzdění s centrálním silovým působením. Návrhový výkres číslo 10969492 je v příloze.



Obr. 8.3 Brzdíčka příze s pneumatickým pohonem

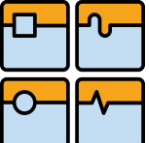
### 8.2.1 Popis konstrukčního řešení

Uvedený konstrukční návrh vychází z řešení popsané v kapitole 6. Tvar i poloha brzdíčky je podobná, avšak je zde doplněn mechanický přítlak na přízi. Metoda brzdění je realizována pomocí tření mezi přítlačným členem a sedlem.

Vstup do brzdíčky je tvořen trubkou z korozi-vzdorné oceli s plochým zakončením. Její ústí je zaobleno a zaleštěno pro zamezení zádrhovosti. Vlastní těleso brzdíčky je pro účely výroby prototypu tvořeno jedním kusem. Výroba tělesa by byla realizována z plastu metodou rapid prototyping. Rotační konec trubky je do tělesa nalisován s mírným přesahem. V těsném dotyku trubky je nasazen keramický kroužek, který slouží jako protikus pro vyvození brzdné síly. Spojení je řešeno lisováním do pružného uložení.

Jako pohon je zde použit jednočinný pneumatický válec s vratným pohybem realizovaným pomocí vinuté pružiny. Průměr i zdvih válce je shodně 10mm. Na základě zkušeností je připojení pneumatické hadice realizováno nasunutím na nátrubek, který je součástí tělesa válce. Na konci pístní tyče je pomocí stavěcího šroubu s vnitřním šestihranem připevněn přítlačný člen z korozi-vzdorné oceli, který působí tlakem na keramický kroužek. V případě sevření příze mezi tyto dva členy dojde k brzdění.

Nastavení brzdné síly by u tohoto mechanismu probíhalo regulátorem tlaku centrálně pro celý stroj, případně pro každou stranu zvlášť. Pro zjednodušení rozvodu by byl použit ventil pro přítlak horního válečku podávání, který je časován téměř identicky s dobou potřebnou pro brzdění. Pro účely vývoje by byla brzdná síla měřena experimentálně a

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 45
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

v případě nutnosti jejího zvýšení je možné zvýšit stykovou plochu mezi keramickým kroužkem a tlačným členem a tím zvýšit i potřebné tření.

Pro sériový stav by kromě optimalizace z hlediska designu a výroby bylo nutné také realizovat opatření zabraňující dotyku příze s plastovými dílci a s tím spojeným rizikem jejich proříznutí běžící přízí. Jako vhodné řešení se jeví např. vložka z ocelové nebo keramické trubky, vložená do zahnuté části tělesa brzdíčky.

Cyklus je u tohoto typu podobný současnému cyklu bez mechanické brzdíčky s rozdílným časováním, případně s možností použití pro jiný cyklus k zamezení tvorby suchých zipů.

### 8.2.2 Výhody a nevýhody

Mezi hlavní výhody navrženého typu patří použití pneumatického aktuátoru a s tím spojené vlastnosti jako jednoduchost a přesnost nastavení, snadná distribuce stlačeného vzduchu po celém stroji a možnost centrálního nastavení.

Dále se jedná o princip rotačního brzdného tělesa a s tím spojené centrální působení brzdné síly. Není zde tedy nutné vedení, jako u předchozí varianty a příze je až do okamžiku opuštění ústí brzdíčky vedena po hraně plochého konce trubky.

Brzdíčka také, v případě, že je pneuválec natlakovaný, funguje jako uzavírací ventil pro podtlak. To je výhoda z hlediska uzavírání i z pohledu toho, že v době brzdění nespotřebovává podtlak, čímž může být na stroji současně více jednotek ve funkci.

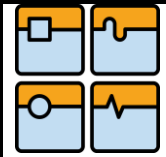
Není zde zároveň nutné používat pro každou spřádní jednotku další pneumatický ventil, čímž je snížena výsledná cena.

Nevýhodou tohoto řešení je složitost vnitřního uspořádání a tudíž i možnost zaháknutí konečku příze v průběhu nasávání, jež by zmařilo celý cyklus. Členité vnitřní uspořádání také negativně působí na proudění uvnitř potrubí.

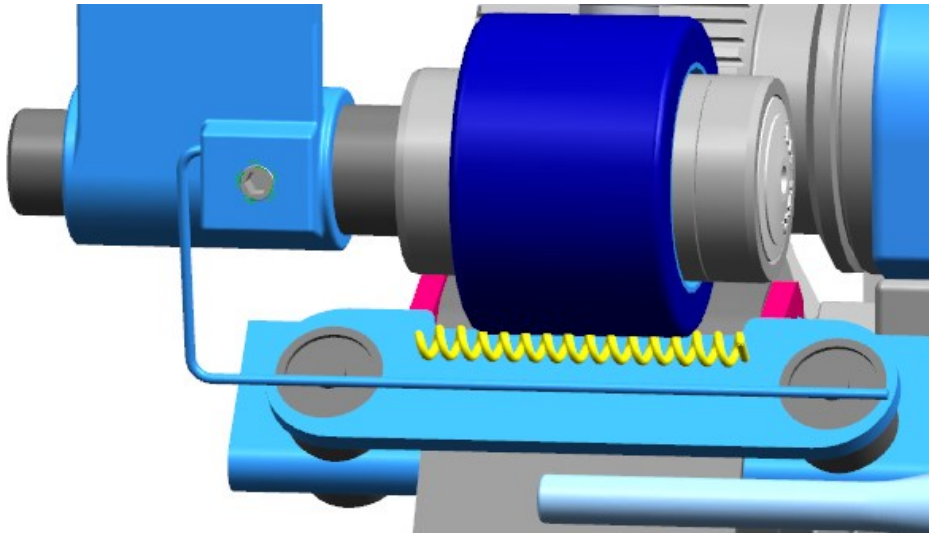
Další vlastností, která by negativně ovlivňovala celý cyklus, je několikanásobně větší vzdálenost mezi místem brzdění a FFE a s tím spojená nestabilita příze při tvorbě záředku.

Jak již bylo popsáno v části 8.1.2, použití jednočinného válce s pružinou není vhodné z hlediska rozdílných sil mezi jednotlivými pneumatickými válci z důvodu nestejnomyšlnosti, na první pohled, stejných pružin. Řešením tohoto faktu by bylo použití dvojčinného válce např. s konstantním protitlakem o nižší velikosti.

V praxi se také v několika případech ukázala nevhodnost použití pneuválce o malém průměru pro brzdění příze. V průběhu provozování se činné plochy a těsnění opotřebovávají a zanášejí nečistotami, což má negativní vliv na rovnoměrnost a stabilitu vyvozované síly.



### 8.3 Varianta 3



Obr. 8.4 Návrh brzdičky příze s elektromagnetem

Třetí konstrukční návrh uvažuje sestavu, kde jsou k vyvození brzdné síly použity elektromagnety, jimiž je přitahován brzdny element. Oba elektromagnety by byly připojeny do řídicí desky dvojité spřádací jednotky (deska DUB – duo board).


Nejvhodnější varianta řešení by bylo vytvoření zařízení s elektromagnetem, který by byl spínán jen pro uvedení zařízení v činnost a vypnutí, tedy tzv. bistabilní magnet. V tom případě by ale elektromagnet plnil funkci přepínače stavů a pro realizaci brzdné síly by muselo být použito jiného pasivního prvku (např. pružiny) se všemi souvisejícími nevýhodami.

Při detailnějším zaměření na elektrické aktuátory je technicky možné problém řešit mnoha způsoby, avšak žádný princip nezapadá do zadaného ekonomického rámce, tudíž nejsou tyto varianty uvažovány.

#### 8.3.1 Popis konstrukčního řešení vybrané varianty

Tento návrh (Obr. 8.4) využívá princip podobný řešení na robotu V3 to znamená že, svírá přízi mezi brzdny čep a plech. Ke zvednutí brzdnyho čepu je využito pohybu páky horního válečku podávání.

Vstup do sacího potrubí i další vedení pod tryskou zůstává řešeno obdobně, jak je uvedeno v kapitole 6 analýza současného stavu. Rozdíl je pouze v umístění plochého ústí nasávání. Pro držení a zvedání brzdnyho členu je použita páka podávání, do které byl vyvrtán otvor a prvek do ní pohyblivě upevněn. Při pohybu páky dolů brzdny čep dosedá na plochu a je přitahován magnetickým polem elektromagnetu. Do klece, držící váleček apron, byly vyfrézovány dva otvory pro vložení elektromagnetů, které by byly pro účely ověřování funkce zalepeny. Klec musela být, pro udržení tuhosti, v dolní části rozšířena. Na kluzáku apronu je připevněn plech, který slouží jako protikus k brzdnymu čepu a pro brzdění slouží jako pevné lůžko. Zároveň je do tohoto plechu upevněna pružina sloužící pro vedení příze

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

stejně, jako je popsáno v kapitole 8.1. Horní konce magnetů (s činnou plochou) jsou zasazeny taktéž do tohoto plechu.

Pro zlepšení účinnosti a spolehlivosti funkce je možné překonstruovat brzdny čep tak, aby jako protipóly elektromagnetů byly disky o větším průměru pro zachycení většího magnetického toku.

Brzdná síla je přímo úměrná procházejícímu proudu a byla by nastavena pomocí software na základě měření.

Cyklus je téměř stejný jako u předchozích dvou verzí. Liší se časováním a možností uzavření sání v průběhu akcelerace.

### 8.3.2 Hodnocení navrhnutého řešení

Třetí návrh zařízení je oproti předchozím dvěma variantám konstrukčně nejjednodušší a skládá se z nejmenšího počtu dílců, tudíž je jednak snadno smontovatelný a zároveň v rámci možností i ekonomicky výhodný. I u této varianty je však nutné upravit povrchy některých dílců leštěním.

Současně je zde použito elektromagnetu pro vyvození brzdné síly. To z hlediska řízení znamená zjednodušení v podobě dostupnosti výstupů na řídicí desce DUB a současně jednoduché centrální nastavení na řídicím panelu stroje. Současně je nejjednodušší z hlediska připojení.

Zákaznický elektromagnet v sériové výrobě (400 ks elektromagnetů na stroji, výrobní dávka v desítkách tisíc ks) umožňuje snížení ceny u prvku, který vyvozuje brzdnou sílu.

Mezi hlavní nevýhody patří poloha brzdné síly (brzdných sil). Ideální varianta je na robotu V3. Přestože je zde silové působení oboustranné, neeliminuje nepřesnosti ve výrobě a poddajnost jednotlivých komponent. Konstrukční řešení se silou působící uprostřed není zde konstrukčně realizovatelné.

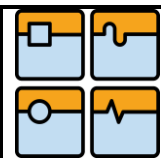
Další nevýhodou je eliminace nepřesností při výrobě a s tím spojená vzdálenost mezi elektromagnetem a brzdny čepem. V případě neuspokojivých výsledků je tento aspekt řešitelný např. zvětšením vzdálenosti mezi činnou plochou elektromagnetu a brzdny čepem např. pomocí vložené podložky za současného zvýšení výkonu elektromagnetu.

V průběhu produkce dochází v rámci údržby k výměně řemínek apron. Toto řešení zhoršuje přístup k válečku a tedy i ztěžuje případnou výměnu. Při konstrukci sériového řešení je třeba proces výměny umožnit a co možná nejvíce usnadnit. Připojení elektromagnetu je nutno osadit konektory ve vzdálenosti dostupné pro údržbu.

Dále je třeba konstrukčně optimalizovat brzdny čep tak, aby spolehlivě doléhal do místa nejsilnějšího magnetického pole a nedocházelo například k jeho vzpříčení. Aplikace pólových nástavců, případně celého, např. plastového tělesa, ve kterém by byl upevněn jak brzdny člen, tak pólové nástavce, je možná.

## **8.4 Zhodnocení uvedených variant a další možnosti**

Jedna odlišná, v textilním průmyslu používaná, metoda brzdění příze (Obr. 8.5) využívá k brzdění dva talířky, které k sobě tlačí pružina. Toto řešení se běžně používá na pletacích a tkacích strojích, pro naše řešení však není vhodné jednak kvůli obtížnému



zavádění příze, ale také z důvodu nevhodné konstrukce pro instalaci zařízení regulující brzdou sílu.



Obr. 8.5 Talířová brzdička příze

Protože se v rámci rešerše nepodařilo dohledat více metod brzdění příze, byly předloženy tři varianty řešení v podobě konstrukčního návrhu. V následující kapitole budou tyto varianty zhodnoceny a vybrána nejvhodnější.

Bylo by také vhodné řešit brzdičku příze tak, aby v jednom směru (při odvíjení) umožňovala přízi volný průchod a v druhém směru (při akceleraci konečku) přízi brzdila. Případně řešení ovládané pomocí podtlaku v potrubí. Konstrukční řešení pracující na těchto principech nebylo nalezeno a bude předmětem dalších úvah při vývoji automatizace.

U všech navržených variant bylo nevyhnutelné upravit některé plochy leštěním a použít prvky z korozivzdorné oceli, což vyplývá z principu práce s textilními vlákny.

## 9 VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY

### 9.1 Výběr nejvhodnější varianty pomocí multikriteriální analýzy

Jako hlavní hodnotící faktory, mimo přirozené požadavky na funkčnost a provozuschopnost, byly zvoleny spolehlivost a jednoduchost celého řešení koncepce a tudíž jim byla přidělena nejvyšší váha, významnost parametru.

Množství případně obráběných dílců z oceli, složitost montáže ale i typ pohonu přímo ovlivňují cenu. Těmto faktorům byla přidělena nižší váha. Stejně důležitá je pro nás i možnost ovládání zařízení a s tím spojené centrální nastavení brzdné síly.

Bodové hodnocení je uvedeno na základě zkušeností nejen autora této práce, poněvadž byla využita i metoda dotazování odborníků.

Výsledek je vypočten součtem součinů váhy daného kritéria s jeho hodnocením. Výsledné číslo je nakonec poděleno hodnotou nejvyššího hodnocení.

Vlastnost	Váha	Hodnocení		
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Spolehlivost	1	1	3	5
Jednoduchost řešení	0,5	2	3	4
Běžně obráběné dílce	0,5	2	4	4
Kvalitně leštěné dílce	0,5	3	4	4
Cena pohonu	0,5	4	2	4
Nastavitelnost veličin	0,5	1	3	5
Celkový výsledek		1,4	2,2	3,1

Tab. 3 Multikriteriální analýza

### 9.2 Varianta 1

První varianta nebyla vybrána z důvodu její složitosti a náročnosti na výrobu. Dále její jednostranné silové působení vedlo k jejímu zamítnutí. V kapitole č. 8.1.3 je uveden alternativní cyklus, který by v případě požadavku mohl být dále vyvíjen.

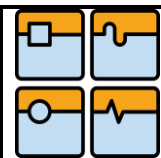
### 9.3 Varianta 2

Druhá varianta používá pneumatický systém a jako hlavní důvod pro její nevybrání je složitost pneumatického obvodu a nutnost doplnění dalších prvků do pneumatických rozvodů stroje. Dále pak rozsáhlé konstrukční změny spojené jednak s rozvody, ale také změna ostatních prvků pro umožnění ovládání jedním pneumatickým ventilem.

### 9.4 Varianta 3

Tato varianta nejvěrněji splňuje požadavky kladené v kapitole 7 a po diskuzích s odborníky je uvažována jako varianta s největším potenciálem spolehlivě fungovat v sériovém provozu, poněvadž má nejvyšší hodnotu, která činí 3,1.

Oproti oběma předešlým variantám se jedná o konstrukčně nejjednodušší řešení, složené z nejméně dílů.



## 10 REALIZACE, TESTOVÁNÍ A DALŠÍ VÝVOJ VYBRANÉ VARIANTY

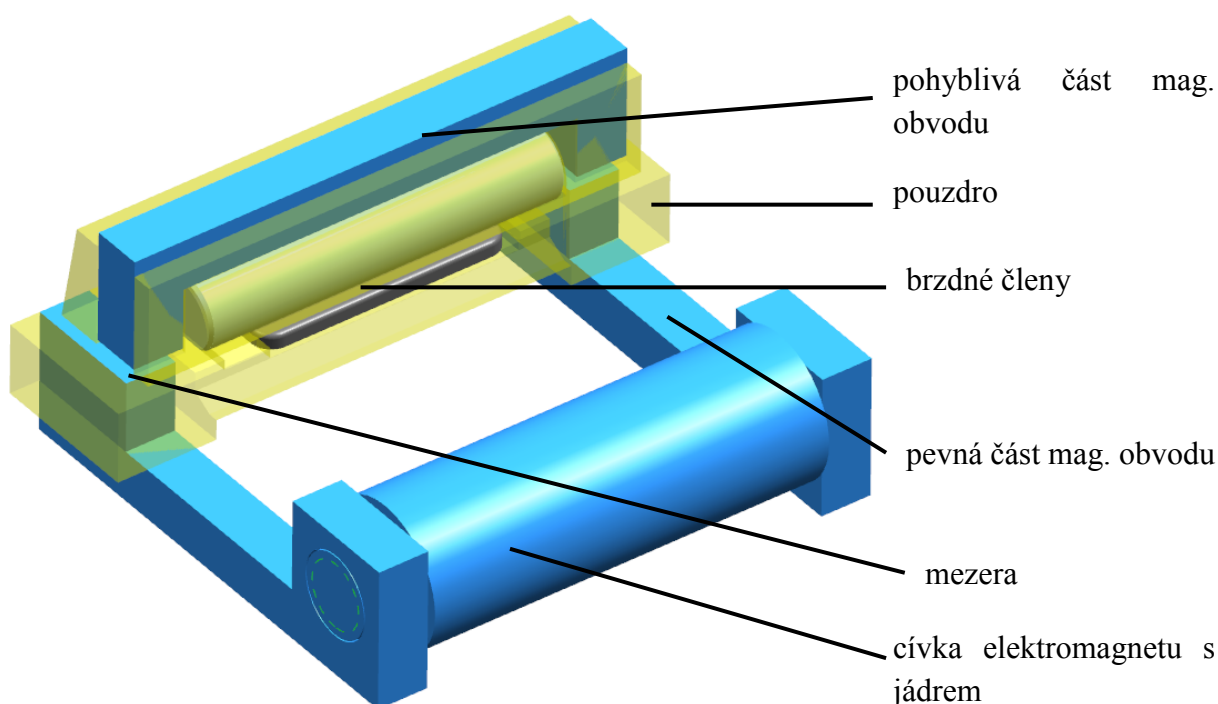
V následující kapitole bude popsán vývoj a konstrukce reálného elektromagnetu. Dále bude popsána výroba, ověření vypočtených vlastností a testování zařízení.

### 10.1 Úvaha nad návrhem a základní předpoklady

Po konzultacích s odborníky na elektrické magnety a po dalším studiu této problematiky bylo přistoupeno k řešení pomocí jednoho elektromagnetu s uzavřeným magnetickým obvodem se vzduchovou mezerou. Důvodem k tomuto řešení byla optimalizace konstrukce, jednoduchost řízení a předpokládaný výkon cívky elektromagnetu.

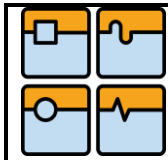
Při konstrukci (Obr. 10.1) předpokládáme uzavřený magnetický obvod se dvěma vzduchovými mezerami, kdy v sevřeném stavu bez vložené příze jsou mezery mezi pevným a pohyblivým elektromagnetem pevně dány.

Pro zachování homogenních silových poměrů byly navrženy komponenty o stejném průřezu na straně styku s přízí. Jako vodič by byla použita pružina uvedená v kapitole 8.1.



Obr. 10.1 Konstrukce uvažovaná při návrhovém výpočtu

Pro jednoduchost výroby prototypu byl zvolen magnetický obvod s čtvercovým průřezem o straně 10mm, plocha elektromagnetu (tedy i jádra a pólů) je  $100\text{mm}^2$ . Vzhledem k principu magnetického toku by nemělo docházet k velkým změnám v průřezu v magnetickém obvodu po jeho délce. Vzdálenost mezi póly je 0.5mm (x 2 vzduchové mezery).



Vzhledem k zamýšlené aplikaci se předpokládá napájecí napětí 24V (je na stroji běžně dostupné). Maximální síla elektromagnetu z Tabulky 2 je 1.2N.

## 10.2 Návrhový výpočet

Při výpočtu vycházím ze známého vztahu pro výpočet síly elektromagnetu:

$$F_{\max} = \frac{N^2 * I^2 * \mu_0 * S}{2 * l^2 * k_r} \quad (1)$$

N	Počet závitů cívky	[z]
I	Proud procházející cívkou	[A]
$\mu_0$	Permeabilita vakua	$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} \text{Hm}^{-1}$
b	Výška jádra elektromagnetu	b=10mm
h	Šířka jádra elektromagnetu	h=10mm

Tento výpočet elektromagnetu předpokládá o několik řádů vyšší vodivost v oceli oproti vzduchové mezeře ( $\mu_r \gg \mu_0$ ).

Magnetické a tím i silové poměry v navrženém obvodu jsou prakticky dány pouze velikostí vzduchové mezery.

Plocha jádra elektromagnetu:

$$S_j = b * h \quad (2)$$
$$S_j = 100 \text{ mm}^2$$

l	Velikost vzduchové mezery	l=1mm
$k_r$	Koeficient rozptylu	$k_r=1.4$

$$N^2 * I^2 = \frac{F_{\max} * 2 * l^2 * k_r}{\mu_0 * S_j}$$

Po dosazení:

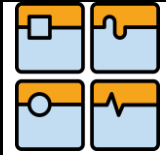
$$N^2 * I^2 = 26738$$

Magnetomotorické napětí:

$$N * I = 163.5 \text{ Az}$$

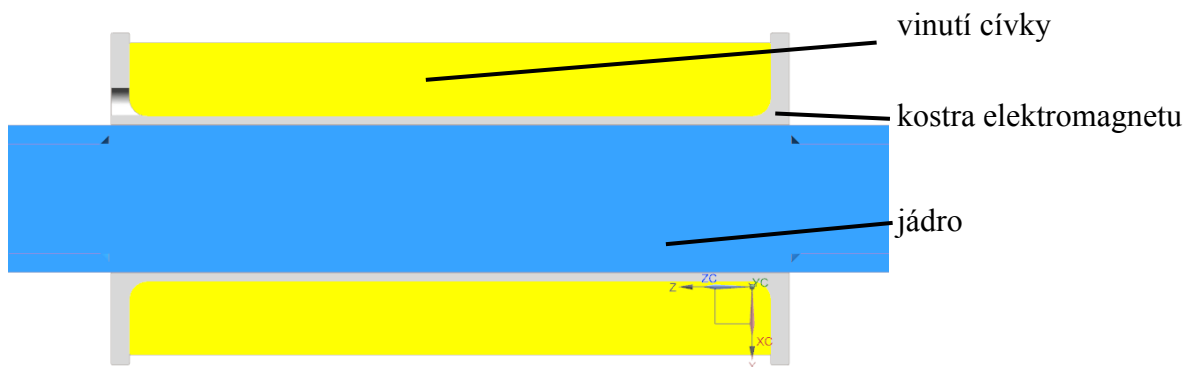
### 10.2.1 Konstrukce vlastní cívky

U	Napájecí napětí cívky	U=24V
---	-----------------------	-------



Ze zástavbových rozměrů spřádní jednotky vychází rozměry vinutí cívky (Obr. 10.2) a to šířka 35mm a výška vinutí na jádře 5mm. Tloušťka kostry elektromagnetu je 1mm.

a	Výška vinutí na jádře	a=5mm
c	Šířka vinutí	c=35mm
t	Tloušťka kostry	t=1mm



Obr. 10.2 Řez elektromagnetem

Průřez vinutí ideálně navinuté cívky (okénko pro vinutí):

$$S_v = a * c \quad (3)$$

$$S_v = 175\text{mm}^2$$

Při navíjení cívky není nikdy dosaženo ideálního zaplnění prostoru pro návin závity. Z tohoto důvodu volím koeficient návinu (0.8 – 0.9 pro strojní navíjení)

$k_n$	Koeficient plnění návinu	$k_n=0.8$
-------	--------------------------	-----------

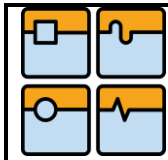
Průřez vinutí reálné cívky:

$$S_{vr} = k_n * S_v \quad (4)$$

$$S_{vr} = 140\text{mm}^2$$

Počet závitů ve vinutí (návin je tvořen drátem o průměru  $d$ , pro výpočet je uvažován čtverec opsaný přes jeho průřez):

$$N = \frac{S_v}{d^2} \quad (5)$$



d Průměr drátu [mm]

Proud procházející cívkou:

$$I = \frac{U}{R_c} \quad (6)$$

$R_c$  Odpor cívky [ $\Omega$ ]

Odpor jednoho závitu cívky:

$$R_z = \rho * \frac{l_s}{S_d} \quad [\Omega] \quad (7)$$

$\rho$  Měrná rezistivita mědi  $\rho=0.017\mu\Omega\text{m}$

Průřez drátu:

$$S_d = \frac{\pi*d^2}{4} \quad (8)$$

Střední délka jednoho závitu:

$$l_s = 0.068 \text{ m}$$

$$R_z = \rho * \frac{4*l_s}{\pi*d^2}$$

Po dosazení:

$$R_z = \frac{1.47*10^{-3}}{d^2}$$

Odpor cívky:

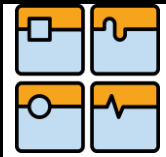
$$R_c = N * R_z \quad (9)$$

Po dosazení:

$$R_c = \frac{1.47*10^{-3}}{d^2} N$$

A zároveň:

$$I = \frac{U*d^2}{1.47*10^{-3}*N}$$



$$I = \frac{163.5}{N}$$

Po dosazení:  $\frac{U \cdot d^2}{1.47 \cdot 10^{-3} \cdot N} = \frac{163.5}{N} \quad / \cdot N$

$$\frac{U \cdot d^2}{1.47 \cdot 10^{-3}} = 163.5$$

$$d = 0.1 \text{ mm}$$

Počet závitů ve vinutí:

$$N = \frac{S_{vr}}{d^2}$$

$$N = 13\,950$$

Odpor závitů:

$$R_z = \rho \cdot \frac{4 \cdot l_s}{\pi \cdot d^2}$$

$$R_z = 0.147 \, \Omega$$

Odpor cívky:

$$R_c = N \cdot R_z$$

$$R_c = 2047 \, \Omega$$

Proud procházející cívkou:

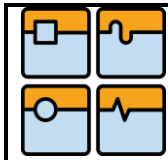
$$I = \frac{U}{R_c}$$

$$I = 12 \text{ mA}$$

Výkon cívky (tepelný):

$$P_t = U \cdot I \quad (10)$$

$$P_t = 280 \text{ mW}$$



V momentě, kdy na cívce je napětí a teče jí požadovaný proud, výše vypočtený ztrátový (tepelný) výkon je dán jejich součinem (v ustáleném stavu).

Pro hodnocení tepelných vlastností navrženého zařízení je nutno zjistit oteplení cívky. Tudíž je potřeba určit měrný tepelný odpor cívky, to je přestup tepla z cívky do vzduchu - chlazení.

$R_t$  Měrný tepelný odpor cívky (odhad na základě zkušeností v navrhování elektromagnetů)  $R_t=500^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{cm}^2$

Pro výpočet povrchu je uvažována cívka jako kvádr. Jelikož se uprostřed cívky nachází jádro, výsledek bude v praxi ještě příznivější (jádro odebírá část vzniklého tepla).

Povrch cívky:

$$S_c = 40.5 \text{ cm}^2$$

Přírůstek teploty (oteplení):

$$\Delta t = \frac{R_t \cdot P_t}{S_c} \quad (11)$$

$$\Delta t = 3.5^{\circ}\text{C}$$

### 10.3 Optimalizace

V rámci optimalizace navrženého obvodu byl vytvořen výpočtový nástroj, který je přiložen k této práci.

Vzhledem k rezervám v navržené konstrukci byla navýšena brzdná síla na 1,4N. Jádro elektromagnetu a profil celého obvodu byl snížen na obdélníkový průřez o stranách 6 a 8 mm, tloušťka stěny kostry mezi jádrem a návinem byla snížena na 0.5mm.

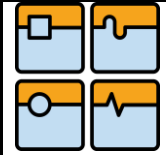
Podle zadaných hodnot, uvedených v předchozím odstavci je u optimalizované varianty:

Optimalizovaný průměr drátu:

$$d_o = 0.1 \text{ mm}$$

Optimalizovaný počet závitů:

$$N_o = 8\ 873$$



Optimalizovaný výkon:

$$P_{to} = 0.83 \text{ W}$$

Veškeré výpočty optimalizované varianty jsou uvedeny ve výpočtovém nástroji v příloze této práce.

Výroba prototypové cívky bude realizována ručním navíjením, z tohoto důvodu byl snížen koeficient náviny na 0.7.

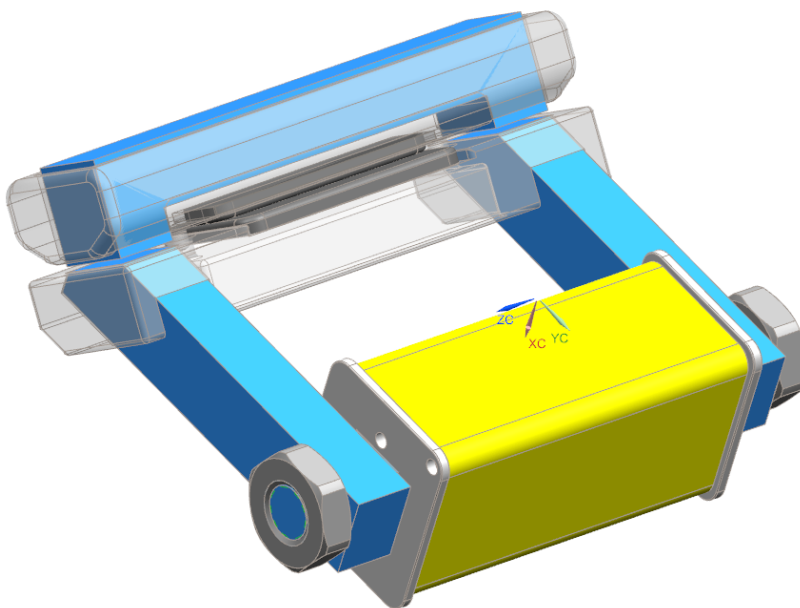
Optimalizovaný přírůstek teploty (oteplení):

$$\Delta t_o = 12.5^\circ\text{C}$$

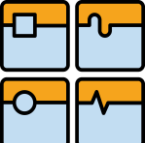
Okolní teplota stroje nebude nikdy větší, než  $40^\circ\text{C}$ , tudíž teplota cívky nepřesáhne  $55^\circ\text{C}$  a to ani při trvalém zapnutí cívky. U elektromagnetu se nepředpokládá trvalé zapnutí, cívka bude v činnosti přibližně 1/40 času provozu stroje. Teplotní vlastnosti mají integrační charakter exponenciálního průběhu a vzhledem ke krátkým dobám sepnutí elektromagnetu bude tepelný výkon snížen v poměru uvedené střídy. Z hlediska požadavků pro provoz textilních strojů jsou tyto hodnoty vyhovující.

V případě vlivu teploty na odpor cívky (pokles protékajícího proudu při konstantním napětí z důvodu zvětšení odporu), teplotní koeficient odporu mědi je přibližně  $4 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , je možné přistoupit k zvýšení napájecího napětí, případně navýšením proudu (pomocí většího průměru drátu – redesign cívky).

#### 10.4 Konstrukce a výroba



Obr. 10.3 Model optimalizované brzdičky

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 57
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Konstrukce optimalizované varianty (Obr. 10.3) byla realizována při dalším vývoji na základě optimalizace výpočtu i konstrukce. Oproti variantě uvedené v kapitole 10.1 doznala, kromě rozměrů, vyráběná varianta několika změn. Jádru elektromagnetu bylo zajištěno pomocí nízkých matic M6 a pro držení pohyblivé části obvodu bylo vytvořeno vedení pomocí čepů. Brzdný čep v horní pohyblivé části byl zaměněn za plech s menšími rozměry. Plocha pro styk s přízí byla zachována. Otvory na boku kostry elektromagnetu jsou určeny k vyvedení obou konců cívky. Dále došlo k úpravám, které mají vliv na vzhled a spotřebu materiálu při výrobě.

Výroba byla realizována v prototypové dílně firmy Rieter CZ ručním obráběním, případně konvenčními metodami. Výrobní výkresy jsou přiloženy k této práci. Některé dílce byly vyrobeny na 3D tiskárně Stratasys Objet Eden 260V z materiálu VeroGray RGD 850. Z tohoto důvodu nebyly vytvořeny výkresy těchto dílců a jsou přiloženy modely ve formátu \*.stl.

Modely a výkresy byly zpracovány ve firemním prostředí, v programu NX10 od firmy Siemens.

#### 10.4 Testování a ověření vlastností

Další kroky ve vývoji zařízení brzdičky příze budou popsány v následující kapitole.

Testování zařízení a ověření vypočtených hodnot bylo realizováno připojením zdroj stejnosměrného napětí a za pomoci dalších přístrojů elektrotechnické laboratoře.

Pro lepší vyzařování byla cívka zakryta černou páskou.

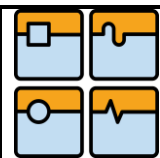
Vypočtený průměr měděného drátu vyjadřuje průměr samotné měděné části průřezu vodiče bez izolace, připojení obou konců cívky má vliv na hustotu návinu a pro zamezení přetržení drátu v průběhu navíjení nebyl drát utahován v maximální možné míře. Z těchto důvodů bylo dosaženo na vyrobeném vzorku 6300 závitů.

Odpor cívky při teplotě 23°C byl 590Ω.

Při napětí 24V protékal cívkou proud 40mA.

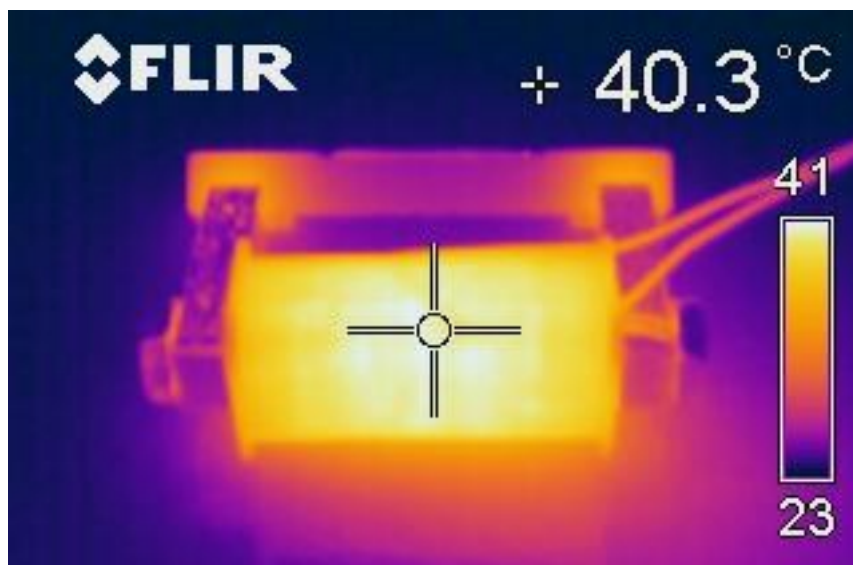
Skutečný výkon cívky je tedy 960mW.

Magnetomotorické napětí  $N \cdot I$  je 252 Az

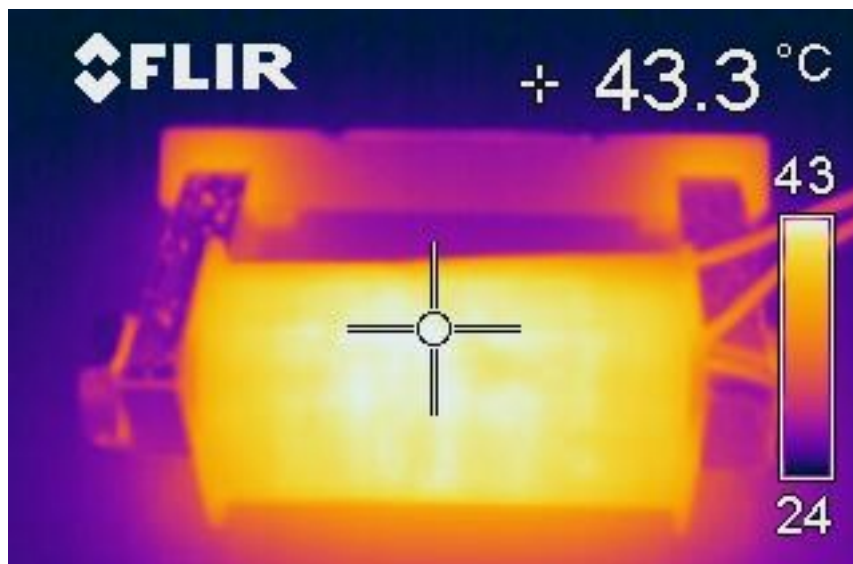


#### 10.4.1 Ověření oteplení při trvalém provozu

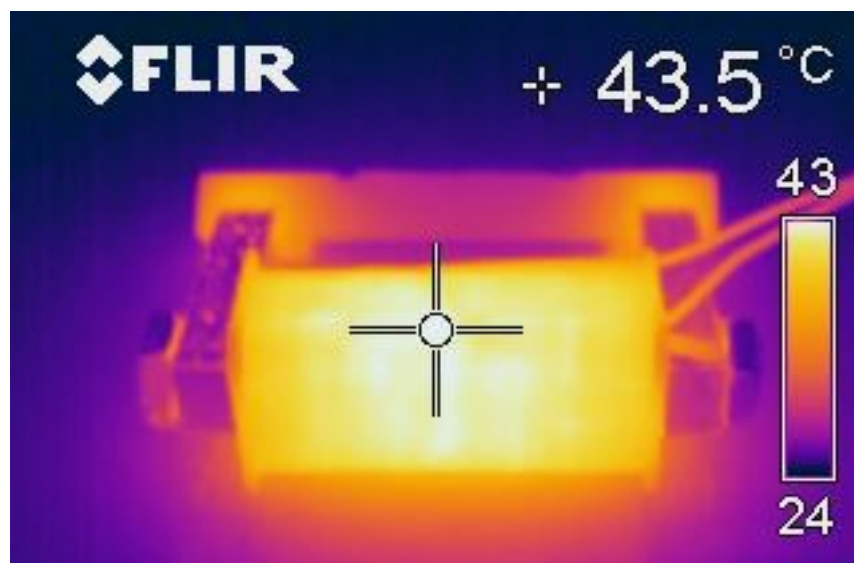
V rámci testování vyrobeného vzorku byly ověřeny teplotní vlastnosti pomocí termokamery.



Obr. 10.4 Cívka elektromagnetu po 20 minutách provozu



Obr. 10.5 Cívka elektromagnetu po 40 minutách provozu



Obr. 10.6 Cívka elektromagnetu po 60 minutách provozu

Z rozdílu teploty snímků (Obr. 10.4 – 10.6) je patný exponenciální průběh nárůstu teploty. Ohřev se skoro zastavil na hodnotě 43.5°C. Teplota prostředí byla 23°C, skutečné oteplení je tedy přibližně 20.5°C.

Při teplotě 43.5°C byl skutečný odpor cívky po zahřátí 638Ω. Proud při zahřátí bude 37mA a magnetomotorické napětí bude 237 Az oproti vypočteným 255 Az. Síla po zahřátí klesne na 87% své původní hodnoty, což je 1.2N, což je dostatečné pro dané zadání.

Jak již bylo uvedeno dříve, těchto hodnot za plánovaného standardního provozu cívka nikdy nedosáhne, protože jde o provoz přerušovaný.

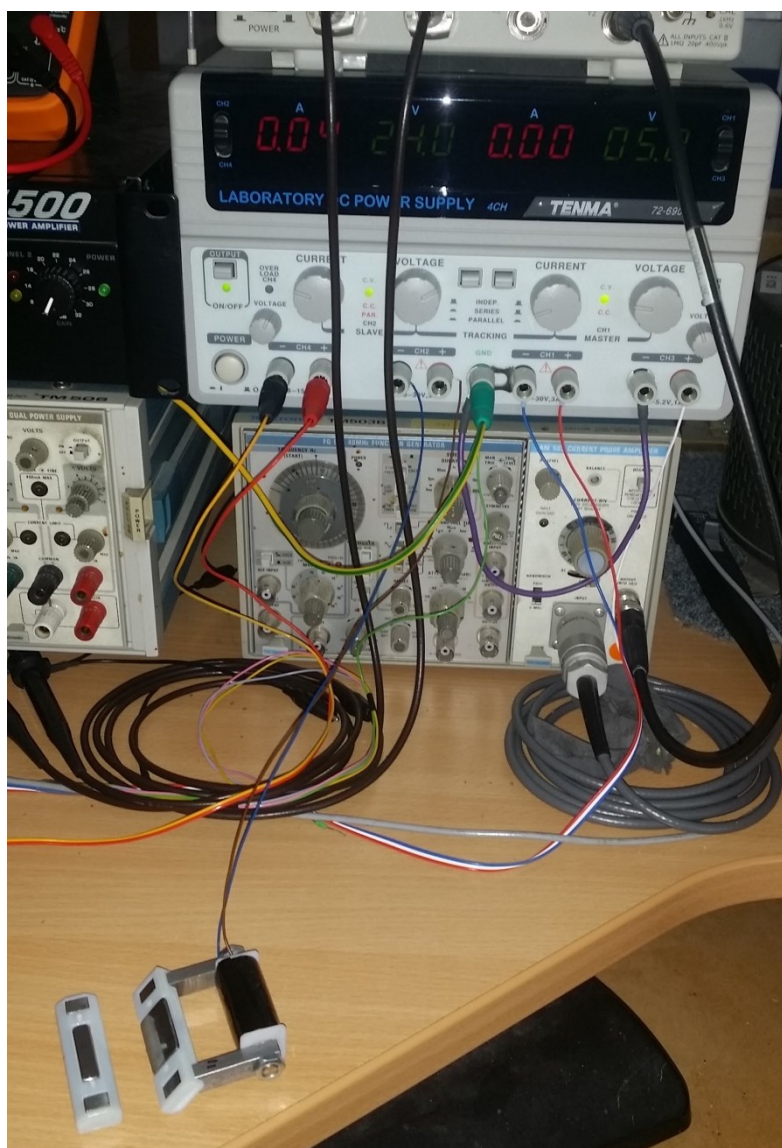
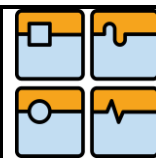
Tudíž bylo ověřeno, že teplota nemá zásadní vliv na funkci zařízení, kdy i při trvalém provozu síla poklesla na hodnotu, která stále splňuje rámec zadání.

#### 10.4.2 Ověření silových vlastností zařízení měřené pomocí přize

Silové podmínky byly ověřeny pomocí siloměru v elektrotechnické laboratoři (Obr. 10.7, 10.8).



Obr. 10.7 Měření silových poměrů



Obr. 10.8 Připojení zařízení ke zdroji napětí

Pro vyloučení vlivu gravitační síly při měření bylo měřeno nejdříve pozadí bez proudu, které bylo poté odečteno od konkrétní naměřené hodnoty. Při umístění na stroji nebude mít gravitační síla vliv na velikost brzdné síly

Materiál	Pozadí (vliv gravitace) [N]	Napětí [V]	Proud [mA]	Síla v přízi [N]	Síla v přízi bez vlivu gravitace [N]
Bavlna	0,08	12	20	0,10	0,02
		15	25	0,11	0,03
		18	30	0,12	0,04
		21	35	0,13	0,05
		24	40	0,15	0,07
Viskóza	0,05	12	20	0,09	0,04
		15	25	0,11	0,06
		18	30	0,12	0,07
		21	35	0,12	0,07
		24	40	0,14	0,09

Tab. 4 Proudově – silové poměry

Ve výše uvedené tabulce byly ukázány silové poměry v závislosti na typu příze a proudu procházejícím cívkou elektromagnetu. Při kontrole rozměrů byla zjištěna větší hodnota vzdálenosti vzduchové mezery v důsledku výrobních tolerancí a nepřesnosti metody rapid prototyping. V návrhu tohoto zařízení uvedeného výše v této práci byly předpokládány stejné třecí vlastnosti u elektromagnetické brzdíčky a standartní brzdíčky robotu V3. Z tohoto principu jsme vycházeli i při stanovení maximální síly elektromagnetu.

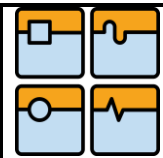
To, že brzdná síla působící na přízi byla mírně menší, než očekávaná může být způsobeno jednak zmíněnými výrobními tolerancemi (vzduchová mezera), a nebo odlišnými brzdnými vlastnostmi třecích ploch.

Přesto test prokázal funkčnost tohoto principu, neboť napětí v přízi roste úměrně s proudem procházejícím cívkou elektromagnetu. V rámci dalšího vývoje budou tyto vlivy eliminovány a celé zařízení optimalizováno.

### 10.5 Další postup

V předchozích kapitolách byl v největší možné míře vyřešen návrh, konstrukce, výroba a testování brzdíčky příze. Z postupu celé praktické části vyplývá, že by nyní mělo dojít k testování na testeru, což znamená na jednom správním místě upraveném pro možnosti potřebných zkoušek. Tento obvyklý krok v nejbližší době (zhruba do konce roku 2016) nebude možný a to kvůli interním rozhodnutím ve firmě Rieter CZ s. r. o. V rámci ekonomicko – hospodářských rozhodnutí byly vývojové aktivity a tím i činnost zaměstnanců přesunuty na jiný projekt, tudíž není možné se věnovat dalšímu vývoji tohoto zařízení.

Z výše uvedených důvodů také nebylo možné splnit bezesbýtku bod číslo 8 a částečně i bod 9 zadání této práce. O této skutečnosti byl včas informován vedoucí této DP.




## 11 ZÁVĚR

V diplomové práci Konstrukce brzdíčky příze s mechanickým přidržováním stroje Air-jet byl v úvodu uveden základní přehled o textilních strojích a textilní technologii, běžně používané v praxi. Tím byl čtenář seznámen se základními východisko a souvislostmi, které se týkají této oblasti průmyslu, což je nutné hlavně z hlediska znalosti vlastností zpracovávaných materiálů a textilních materiálů obecně a především zacházení s nimi, což je nutné považovat za důležité. Dále byl uveden stručný přehled v současnosti sériově vyráběného stroje s detailním zaměřením na řešený uzel. Byl uveden stav vývoje řešeného cyklu pracovního procesu a bylo vysvětleno, k čemu bude sloužit navrhované zařízení. V následující kapitole byly stanoveny detailní požadavky na nové konstrukční řešení. Posléze byly předloženy tři varianty konstrukčních návrhů, z hlediska jejich koncepce, kdy každá využívá jiný funkční princip. Tyto návrhy byly zhodnoceny a pomocí multikriteriální analýzy byl vybrán jeden návrh pro další vývoj, jako technicky nejvíce nadějný. V další části práce byla vybraná varianta optimalizována z hlediska dosažení požadované funkce a na základě výpočtů byl vyroben testovací vzorek. Tento vzorek byl posléze testován a zhodnocen z hlediska dosažených parametrů. Uvedené nedostatky je třeba eliminovat při dalším vývoji této konstrukční podskupiny.

Často slyšíme, že stroj Air-jet je komplikovaný a drahý při pořízení i provozu. Zde je třeba se uvědomit jakých rychlostí a produkčních výkonů je zde dosahováno. Nicméně nelze mu upřít, že je konstrukčně nejvíce složitý. Vzhledem k ostatním metodám předení je tento princip ovšem nejnovější, a proto má také největší potenciál pro další vývoj a tudíž i komerční.

Na trhu se nachází pouze jediný přímý konkurent a tím je stroj Vortex od japonské firmy Muratec. Tento stroj využívá k předení také proud vzduchu. Uspořádání stroje a tok materiálu je na konkurenčním stroji odlišné.

Diplomová práce byla zpracována v rámci vývoje ve firmě Rieter CZ s. r. o. a jsem přesvědčen, že bude nejen nápomocna při dalším vývoji automatizace textilních strojů, ale zároveň je velmi pravděpodobné, že navrhnuté zařízení bude použito při případném dalším vývoji textilních strojů.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] *Picture gallery* [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.rieter.com/cz/machines-systems/news-center/picture-gallery/>

[2] ŠPRYNC, Eduard a Jan FOLTÝN. *Nauka o textilním materiálu*. 2. vydání. Praha: SNTL, 1976. ISBN 04-811-76.

[3] *J 26: J 26 Automated Air-Jet Spinning Machine* [online], 24 [cit. 2016-02-08]. DOI: 2887-v1 en 1510. Dostupné z: [http://www.rieter.com/en/machines-systems/products/air-jet-spinning/j-26-air-jet-spinning-machine/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=175738&cHash=2d8460f4e9](http://www.rieter.com/en/machines-systems/products/air-jet-spinning/j-26-air-jet-spinning-machine/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=175738&cHash=2d8460f4e9)

[4] KLIČKA, Václav. *Vývoj textilního strojírenství v regionu Orlicka*. Vyd. 1. Ústí nad Orlicí: Oftis, 2003, 176 s. ISBN 80-860-4272-3.


[5] KLEIN, Werner. *The Rieter manual of spinning: Volume 2 - Blowroom & Carding* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-2-2. Dostupné z: [http://www.rieter.com/cz/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174522&cHash=1098fa4784](http://www.rieter.com/cz/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174522&cHash=1098fa4784)

[6] KLEIN, Werner. *The Rieter manual of spinning: Volume 3 - Spinning praparation* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-3-0. Dostupné z: [http://www.rieter.com/cz/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174525&cHash=773b38a11e](http://www.rieter.com/cz/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174525&cHash=773b38a11e)

[7] KLEIN, Werner. *The Rieter manual of spinning: Volume 1 - Technogy of short staple spinning* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-1-4. Dostupné z: [http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174519&cHash=0a99a4caa3](http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174519&cHash=0a99a4caa3)

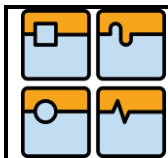
[8] KLEIN, Werner a Dr. Herbert STALDER. *The Rieter manual of spinning: Volume 4 - Ring spinning* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-4-9. Dostupné z: [http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174528&cHash=1a1fb159dd](http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174528&cHash=1a1fb159dd)

[9] HEINZ, Ernst. *The Rieter manual of spinning: Volume 5 - Rotor spinning* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-5-7. Dostupné z: [http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174531&cHash=8c88626528](http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174531&cHash=8c88626528)

Str. 64	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

[10] STALDER, Dr. Herbert. *The Rieter manual of spinning: Volume 6 - Alternative spinning systems* [online]. Druhé vydání. Winterthur: -, 2015 [cit. 2016-02-09]. ISBN 10 3-9523173-6-5. Dostupné z: [http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx\\_damdownloadcenter\\_pi1%5Bfile%5D=174534&cHash=50bc8585d1](http://www.rieter.com/en/machines-systems/news-center/the-rieter-manualof-spinning/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=174534&cHash=50bc8585d1)

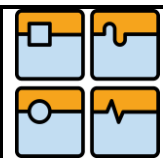
[11] KLUSOŇ, V. *Mechanický návrh průběžného zásobníku příze a jeho realizace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. XY s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Vejlupek



## 13 SEZNAM SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 13.1 Seznam použitých symbolů

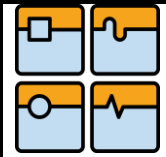
a	Šířka vinutí	[mm]
b	Výška jádra elektromagnetu	[mm]
c	Výška vinutí na jádře	[mm]
d	Průměr drátu	[mm]
$d_o$	Optimalizovaný průměr drátu	[mm]
$F_{max}$	Maximální síla elektromagnetu	[N]
h	Šířka jádra elektromagnetu	[mm]
I	Proud procházející cívkou	[A]
$k_n$	Koeficient náviny	[-]
$k_r$	Koeficient rozptylu	[-]
l	Velikost vzduchové mezery	[mm]
$l_s$	Střední délka jednoho závitů	[mm]
N	Počet závitů cívky	[z]
$N_o$	Optimalizovaný počet závitů cívky	[z]
$N \cdot I$	Magnetomotorické napětí	[Az]
$P_t$	Tepelný výkon cívky	[mW]
$P_{to}$	Optimalizovaný tepelný výkon cívky	[W]
$R_c$	Odpor cívky	[ $\Omega$ ]
$R_t$	Měrný tepelný odpor cívky	[ $^{\circ}C \cdot W^{-1} cm^2$ ]
$R_z$	Odpor jednoho závitů cívky	[ $\Omega$ ]
$n_z$	Zapřádací rychlost	[m/min]
$S_c$	Povrch cívky	[ $cm^2$ ]
$S_d$	Průřez drátu	[ $mm^2$ ]
$S_j$	Plocha jádra elektromagnetu	[ $mm^2$ ]
$S_v$	Průřez vinutí ideálně navinuté cívky	[ $mm^2$ ]
$S_{vr}$	Průřez vinutí reálné cívky	[ $mm^2$ ]
t	Tloušťka kostry elektromagnetu	[mm]
U	Napájecí napětí cívky	[V]
$\Delta t$	Přírůstek teploty (oteplení)	[ $^{\circ}C$ ]
$\Delta t_o$	Optimalizovaný přírůstek teploty (oteplení)	[ $^{\circ}C$ ]
$\mu_r$	Permeabilita oceli	[ $Hm^{-1}$ ]
$\mu_o$	Permeabilita vakua	[ $Hm^{-1}$ ]
$\rho$	Měrná rezistivita mědi	[ $\mu\Omega m$ ]



## 13.2 Seznam obrázků

Obr. 2.1 Air-Jet J26 .....	12
Obr. 3.1 Příze .....	14
Obr. 3.2 Princip tvorby zákrutu .....	15
Obr. 3.3 Princip prstencového předení.....	17
Obr. 3.4 Rieter UNIfloc .....	18
Obr. 3.5 Mykačka.....	19
Obr. 3.6 Protahovačka .....	20
Obr. 3.7 Přástovačka .....	21
Obr. 4.1 Prstencové předení .....	23
Obr. 4.2 Rozložení prstencového stroje .....	24
Obr. 4.3 Princip zákrutu v rotoru.....	26
Obr. 4.4 Struktura rotorového stroje .....	27
Obr. 4.5 Nepravý zákrut.....	28
Obr. 4.6 Řez twist elementem se špičkou spin tipu.....	29
Obr. 4.7 Spřádní a navíjecí jednotky stroje Air-jet.....	30
Obr. 5.1 Horní část spřádní jednotky .....	32
Obr. 6.1 Mechanismus obsluhy zastavení po chybě od kvality v robotu .....	33
Obr. 6.2 Brzdíčka příze robotu V3 .....	34
Obr. 6.3 Schéma a částečný řez současnou brzdíčkou příze.....	35
Obr. 6.4 Sestava YK – YEP – YES .....	36
Obr. 6.5 Cyklus 1F1.2S .....	38
Obr. 6.6 Rampy cyklu 1F1.2S .....	38
Obr. 8.1 Brzdíčka příze realizovaná pomocí zkrutné pružiny .....	41
Obr. 8.2 Cyklus 1F1.1S .....	43
Obr. 8.3 Brzdíčka příze s pneumatickým pohonem .....	44
Obr. 8.4 Návrh brzdíčky příze s elektromagnetem .....	46

Obr. 8.5 Talířová brzdička příze .....	48
Obr. 10.1 Konstrukce uvažovaná při návrhovém výpočtu.....	50
Obr. 10.2 Řez elektromagnetem .....	52
Obr. 10.3 Model optimalizované brzdičky.....	56
Obr. 10.4 Cívka elektromagnetu po 20 minutách provozu .....	58
Obr. 10.5 Cívka elektromagnetu po 40 minutách provozu .....	58
Obr. 10.6 Cívka elektromagnetu po 60 minutách provozu .....	59
Obr. 10.7 Měření silových poměrů .....	59
Obr. 10.8 Připojení zařízení ke zdroji napětí .....	60
<b>13.3 Seznam tabulek</b>	
Tab. 1 Přehled strojů a vlastností materiálů .....	16
Tab. 2 Přehled materiálů a brzdných sil.....	35
Tab. 3 Multikriteriální analýza .....	49
Tab. 4 Proudově – silové poměry.....	61



## 14 SEZNAM PŘÍLOH

Schéma výrobní linky

Návrhové výkresy:

10976299\_Yarn brake complete proposal 1

10969492\_Yarn brake complete proposal 2

Sestava:

11016735\_Yarn brake assembly

Výrobní výkresy:

11016727\_Magnet coil core

11016754\_Magnet circuit side

11016763\_Magnet circuit movable

11016780\_Yarn brake sheet upper

11016114\_Yarn brake sheet bottom

Modely pro rapid prototyping:

11016708\_Magnet coil cage

11016761\_Yarn brake housing bottom

11016801\_Yarn brake housing upper

Výpočtový nástroj

CD s elektronickou verzí práce a přílohami