



ROLETKY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL: VLIV ELASTICITY MATERIÁLU NA NASTAVENÍ Y VZDÁLENOSTI LEPÍČÍHO ROBOTY

Diplomová práce

Studijní program: N3108 – Průmyslový management

Studijní obor: 3106T013 – Management jakosti

Autor práce: **Ing. Veronika Kuzněcová**

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.





CAR ROOF ROLLER BLIND: ELASTICITY INFLUENCE ON Y DISTANCE ON GLUING ROBOT SETTING

Diploma thesis

Study programme: N3108 – Industrial Management
Study branch: 3106T013 – Quality Management
Author: **Ing. Veronika Kuzněcová**
Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Veronika Kuzněcová**
Osobní číslo: **T11000722**
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**
Studijní obor: **Management jakosti**
Název tématu: **Roletky pro automobilový průmysl: Vliv elasticity materiálu na nastavení y vzdálenosti lepícího robota**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Seznamte se s problematikou výrobního procesu střešních roletek.
- 2) Vytvořte seznam parametrů, které ovlivňují konečný vzhled roletky. Zaměřte se na elasticitu textilie a lepící šířku.
- 3) Navrhněte postup pro ověření vlivu nastavení šíře lepícího robota na elasticitu materiálu.
- 4) Postup realizujte a výsledky diskutujte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Meloun, M., Militký, J. Statistická analýza experimentálních dat. 2. vyd.
Praha:Academia, 2004. ISBN 80-200-1254-0**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **8. ledna 2015**


Ing. Jana Drašerová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. prosince 2014

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom-to případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Tato diplomové práce se zabývá problematikou výroby střešních textilních roletek pro automobilový průmysl. Jejím hlavním úkolem je analýza vlivu elasticity materiálu na nastavení y vzdálenosti lišt lepícího robota. Materiálem pro výrobu střešních roletek je osnovní pletenina na bázi polyesteru, teoretická východiska práce jsou tedy zaměřena na polyesterová vlákna a mechanické vlastnosti textilií. Teoretická část také mapuje výrobní proces střešní roletky a popisuje jeho aktuální pozitiva a negativa. Experimentální část je postavena na vyhodnocení dat, získaných z trhacího zařízení a průvodek, kde jsou propojeny hodnoty elasticity jednotlivých vzorků spolu s hodnotami nastavení skutečné rozteče na lepícím robotu. Cílem práce je zjednodušení celého výrobního procesu tak, aby byly eliminovány náklady na práci, čas, materiál a zároveň došlo ke zvýšení kvality výrobků.

Klíčová slova

Elasticita, lepení, pletenina, polyester, prověšení, rozteč, síla, střešní roletky, textilie.

Annotation

This thesis is focused on current problems in roof roller blind production for automotive industry. The main task of the thesis is to analyze elasticity influence on y distance on gluing robot setting. Material used for roof blind production is warp knitted fabric based on polyester, therefore the theoretical part is focused on polyester fibers and mechanical properties of textile. Theoretical part is also tracking production process of roof roller blind and describes current negatives and positives. Experimental part is based on data evaluation, obtained from dynamometer and product data sheets, where are connected the values of individual samples elasticity with values of real gluing width adjustment on gluing machine. The goal of this thesis is to simplify the production process, in order to eliminate production costs, material costs, reduce wasting of time and also improve the quality of products.

Key Words

Elasticity, force, gluing, gluing width, knitted fabric, polyester, roof roller blind, sagging, textile.

Obsah

Seznam zkratk	8
Seznam tabulek	10
Seznam obrázků	11
Úvod	12
1. POLYESTEROVÁ VLÁKNA	14
1.1 Vlastnosti polyesteru.....	14
1.2 Využití polyesterových vláken	15
2. Pleteniny	17
2.1 Osnovní pletenina	18
3. Mechanické vlastnosti textilií	19
3.1 Zkouška pevnosti v tahu	19
3.2 Měření elasticity během cyklického namáhání.....	21
4. Seznámení se s problematikou výrobního procesu střešních roletek	25
4.1 Základní informace o společnosti	25
4.2 Proces výroby střešní roletky.....	27
5. Analýza současného stavu	34
6. Cíle experimentu a jejich průběh	37
7. Popis použitých měřících metod, přístrojů, zařízení a programu	38
7.1 Trhací stroj pro testování textilie	38
7.2 Charakteristika použitého materiálu	39
7.3 Měření elasticity materiálu - cyklický 5 + 1 test	40
8. Výsledky měření a diskuze	43
8.1 Doporučení.....	52
Závěr	55
Seznam použité literatury	57
Seznam příloh	58

Seznam zkratk

ASTM	American Society for Testing and Materials (<i>Americká společnost pro zkoušení a materiály</i>)
ČSN	Česká technická norma
DEG	Diethylenglykol
DIN	Deutsche Industrie Norm (<i>Německá průmyslová norma</i>)
EN	Evropská norma
F	Absolutní síla [N]
f	Relativní pevnost [N/tex]
ISO	International Organization for Standardization (<i>Mezinárodní organizace pro standardizaci</i>)
ks	Kus
LOI	Limiting Oxygen Index (<i>Limitní kyslíkové číslo</i>)
l _T	Tržná délka [km]
P	Pevnost [N]
PCDT	Cyclohexylen-dimethylen tereftalát
PES	Polyester
PET	Polyethylentereftalát
S	Plocha průřezu [m ²]
S1	Označení lepícího robota
S2	Označení lepícího robota
S3	Označení lepícího robota
T	Jemnost [tex]
US	United States (<i>Spojené státy americké</i>)
VDE	Norma vztahující se na elektrická zařízení průmyslových strojů

Δl	Protažení do přetrhu [mm]
ε	Tažnost [%]
ε	Elasticita (pružnost) [%]
σ	Napětí do přetrhu [Pa]

Seznam tabulek

Tabulka 1: <i>Mechanické a termické vlastnosti polyesteru [1]</i>	15
Tabulka 2: <i>Produktové portfolio společnosti</i>	25
Tabulka 3: <i>Přehled barev dodávaných textilií</i>	27
Tabulka 4: <i>5 + 1 testování jednotlivých šarží textilií</i>	41
Tabulka 5: <i>Hodnoty elasticity, rozteče a síly naměřené u jednotlivých šarží barvy Pearlgrau</i>	43
Tabulka 6: <i>Průměr, směrodatná odchylka a rozpětí u sledovaných veličin</i>	45
Tabulka 7: <i>Přehled šarží a balení, která byla pro experiment použita</i>	46

Seznam obrázků

Obrázek 1: Základní vzorec výroby polyethylentereftalátu [1]	14
Obrázek 2: Osnovní pletenina [4].....	17
Obrázek 3: Zátěžná pletenina [5]	17
Obrázek 4: Tahová křivka [6].....	20
Obrázek 5: Cyklické namáhání (relaxace napětí – 3, 4) [8].....	22
Obrázek 6: Cyklické namáhání (creep – 3, 4) [8].....	22
Obrázek 7: Rozbor celkové deformace [8]	23
Obrázek 8: Rozbor křivek z dynamometru [8]	23
Obrázek 9: Produktové portfolio	26
Obrázek 10: Pružiny po vyjmutí z odmašťovací lázně.....	28
Obrázek 11: Založení rámu s textilií do přípravku.....	29
Obrázek 12: Roletka po operaci Lepení	30
Obrázek 13: Ořez přebytečné textilie	31
Obrázek 14: Děrování pružin roletky	32
Obrázek 15: Přivaření kederu na roletku	32
Obrázek 16: Stojany na látky.....	35
Obrázek 17: Nastavovací kolečko lepícího robota	36
Obrázek 18: Trhací zařízení na testování textilie	39
Obrázek 19: Zobrazení osy x a y textilie.....	40
Obrázek 20: Znázornění průběhu 5 + 1 testu.....	41
Obrázek 21: Znázornění závislosti síly natažení na prodloužení vzorku textilie.....	42
Obrázek 22: Hodnoty korelačních koeficientů sledovaných veličin vygenerované v programu Minitab	47
Obrázek 23: Korelační diagram znázorňující vztah mezi elasticitou materiálu a roztečí ..	48
Obrázek 24: Korelační diagram znázorňující vztah mezi elasticitou materiálu a silou	48
Obrázek 25: Korelační diagram znázorňující vztah mezi skutečnou roztečí a silou.....	49
Obrázek 26: Zobrazení četnosti výsledné síly	50
Obrázek 27: Zobrazení četnosti skutečných roztečí u barvy Pearlgrau	51

Úvod

Elasticita neboli pružnost patří mezi důležité vlastnosti nejen textilních materiálů. Elastická vlákna se dobře zotavují po deformaci, prodloužení. Dají se natáhnout na nejméně trojnásobnou délku a po uvolnění tahu se vrátí na téměř původní rozměr. Polyestery patří mezi elastická vlákna, která se vyznačují vysokou pružností suchého i mokrého materiálu.

Tato diplomová práce se zabývá analýzou vlivu elasticity materiálu na nastavení y vzdálenosti lepícího robota v procesu výroby střešních textilních roletek pro automobilový průmysl, přičemž materiálem pro výrobu střešních roletek je právě polyester. Lepení je nejdůležitější operací celého procesu výroby roletky a dochází během ní k přilepení textilie na pružinu. Rozteč (y vzdálenost), na kterou má být roletka přilepena se nastavuje na základě vzorkování textilií z každého balení šarže. Kromě hodnot elasticity a rozteče se dále sledují hodnoty síly potřebné k otevření/vytažení roletky a hodnoty provedení měřené na finálním testeru, který simuluje střechu auta. Pokud se naměřené hodnoty odchyľují od hodnot požadovaných zákazníkem, proces se musí znovu přenastavit a probíhá nové vzorkování.

Hlavním úkolem a cílem práce je nalézt vztah mezi elasticitou materiálu a hodnotou skutečné rozteče na lepícím robotu tak, aby bylo eliminováno vzorkování každého balení z šarže a zároveň tak eliminovány náklady na materiál, práci a čas.

Teoretická východiska práce jsou rozdělena na dvě části. První je věnována polyesterům a mechanickým vlastnostem textilií. Ve druhé části je kromě základních informací o společnosti podrobněji představen samotný proces výroby střešní roletky, kde je podrobněji popsána operace Lepení. V dalším kroku byl analyzován současný stav a shrnuta negativa a pozitiva současného procesu.

Experimentální část se nejprve věnuje popisu použitých měřících metod, přístrojů, zařízení a programu, kde je blíže specifikován trhací stroj na testování textilií, ale také tzv. 5 + 1 test, během kterého jsou měřeny důležité vlastnosti materiálu včetně elasticity. Dále je zde charakterizován samotný materiál pro výrobu střešních roletek, kterým je osnovní pletenina na bázi polyesteru.

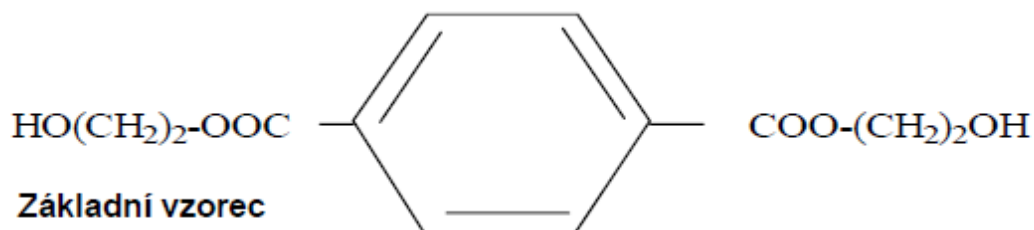
V průběhu experimentu byla získávána data z trhacího zařízení, kde jsou měřeny hodnoty elasticity materiálu během 5 + 1 testu, přičemž byla zvolena textilie v barvě Pearlgrau, která je odvolávána zákazníkem nejčastěji. Tato data byla poté propojena s daty z průvodek, na kterých jsou zaznamenány jak hodnoty skutečné rozteče nastavené ve výrobním procesu, tak hodnoty výsledné síly potřebné k vytažení/otevření roletky naměřené na finálním testeru.

Získaná data byla vyhodnocena v programu Minitab, kde se pomocí korelační analýzy zkoumal vzájemný vztah mezi třemi sledovanými veličinami, elasticitou materiálu a roztečí, elasticitou materiálu a výslednou silou a dále mezi roztečí a výslednou silou. Vypočtené hodnoty korelačních koeficientů nabývají hodnot, vypovídajících o nízké korelaci. Přestože mezi nimi existuje vzájemný vztah, nelze tento vztah vyjádřit lineární funkcí.

1. POLYESTEROVÁ VLÁKNA

Polyesterová vlákna se řadí mezi polymery (makromolekulární látky), vyrobené syntetickou cestou, které spolu s přírodními polymery patří do skupiny chemických vláken. První polyesterové vlákno Terylene bylo vyrobeno v Anglii a poprvé představeno v US v roce 1951 pod obchodním jménem Dacron. V současnosti je nejpoužívanějším vláknem ze skupiny syntetických polyesterů.

Vyrábí se ze dvou druhů tereftalátových polymerů, kterými jsou polyethyltereftalát (PET) a cyclohexylen-dimethylen tereftalát (PCDT). Klasická polyesterová vlákna (PES) se vyrábí z polyethyltereftalátu, polykondenzací kyseliny tereftalové a ethylengykolů, probíhající za vakua při 270 – 290°C. Během polyreakce vzniká vedle polymeru rovněž vedlejší nízkomolekulární produkt, kterým je v případě klasického polyesteru diethylglykol (DEG). Polyethyltereftalát se dále přímo zvláknuje z taveniny do šachty, poté dlouží, fixuje a dále řeže na stříž nebo trhá na trhanec.



Obrázek 1: Základní vzorec výroby polyethyltereftalátu [1]

1.1 Vlastnosti polyesteru

- **Estetičnost** - polyesterová vlákna mají vzhled přírodních vláken a jejich výhodou je snadná údržba
- **Trvanlivost** - výborná odolnost vůči oděru a vysoká síla do přetrhu, přičemž síla u mokrých polyesterových vláken je srovnatelná se silou u suchých. Tuto sílu můžeme ovlivnit zvýšenou orientací molekul. Silnější vlákna jsou více elastická a jejich prodloužení je nižší než u slabších.

- **Komfort** – absorpce u polyesterů je nižší, kolem 0.4 – 0.8 procent. Špatná savost snižuje faktor pohodlí při styku oblečení, čalounění s kůží, především v teplém a vlhkém počasí může být jejich použití nepříjemné. Vzhledem k tomu, že vlhkost mezi vlákny a kůží neunikne, vlákna se stanou lepkavými. Konečnou modifikací vláken se zlepšuje jejich prodyšnost a komfort. S nízkou absorpční vlastností polyesterů souvisí také elektrostatická, která je obecně vyšší než u jiných typů vláken.
- **Zachování vzhledu** – vysoká pružnost mokrého i suchého polyesteru, dobře se zotavuje po deformaci, prodloužení.

Díky svému chemickému složení je polyesterové vlákno vhodné k modifikaci chemickými nebo mechanickými procesy, vedoucími ke zlepšení jeho vlastností. Těmito procesy jsou úpravy příměsí chemických sloučenin a zušlechťování mechanickým nebo pneumatickým tvarováním. Jak již bylo zmíněno výše, zvýšenou orientací molekul se dá zvýšit pevnost, dalším příkladem je zlepšení žmolovitosti úpravou příměsí chemikálií. [2]

Tabulka 1: Mechanické a termické vlastnosti polyesteru [1]

Mechanické	Vysoký modul pružnosti	1300 cN/tex
	Pevnost	3.8 – 7.2 cN/dtex
	Tažnost	50 – 70 %
	Elastické zotavení	85 – 90 %
Termické	Teplota měknutí	230°C
	Pokles pevnosti na 50%	180°C
	Pevnost beze změny	120 – 130°C
	Teplota tání	258°C
	Hořlavost	LOI = 0.206
Nízká tepelná vodivost a specifické teplo		

1.2 Využití polyesterových vláken

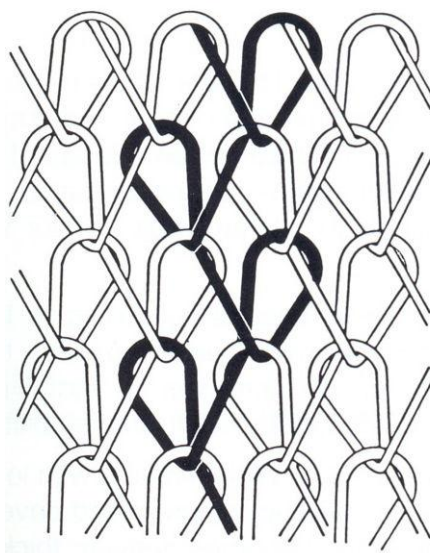
- **Tkaniny** – polyester je velmi důležitý v tkaninách použitých pro výrobu oblečení a bytového zařízení – povlečení, přikrývky, přehozy, matrace, prostírání, potahové látky,

závěsy. Často se jedná o přízi ve spojení s bavlnou nebo umělým hedvábím. Přízová polyesterová vlákna mohou být použita v obou směrech látky.

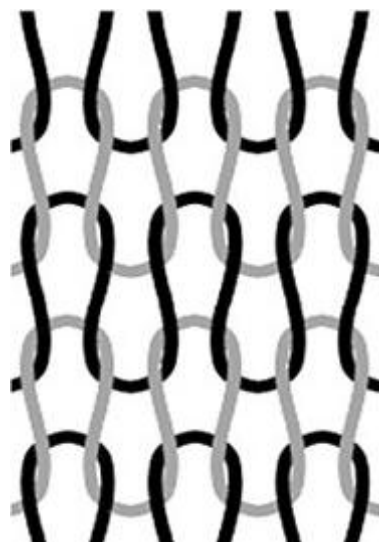
- **Pleteniny** – první použití pro oblečení – pánské trička a dámské halenky, uniformy, dále okenní zástěny, rolety
- **Výplňový materiál** – spolu s peřím, prachovým peřím a acetátem jako náplň polštářů, pokrývek nebo zimních bund
- **Automobilový průmysl** – pneumatiky, bezpečnostní pásy, filtry, airbagy
- **Zdravotnictví** – umělé tepny, žíly, srdce
- Vlasové textilie, koberce, vlasce
- Lana, stany, zahradní hadice [2]

2. Pleteniny

Pletenina je definována jako textilie vznikající většinou z jedné soustavy nití, vytvářením a proplétáním oček. Rozlišují se dva typy pletenin, pleteniny z příčné soustavy nití, vytvářené po řádkách tzv. zátažné a pleteniny z podélné soustavy nití, vytvářené po sloupcích tzv. osnovní. [3]



Obrázek 2: *Osnovní pletenina* [4]



Obrázek 3: *Zátažná pletenina* [5]

2.1 Osnovní pletenina

Osnovní pletenina se plete z podélné soustavy nití tzv. osnovy. Vzniká provázáním oček osnovních nití ve směru sloupku, přičemž každé očko v řádku pleteniny vzniká ze samostatné nití. Základní vazbou u osnovních pletenin je jednolící nebo oboulící vazba, která je vytvořena jedním plně navlečeným kladečím přístrojem za uplatnění přímého, střídavého a postupného kladení. Osnovní pleteniny jsou vyráběny pouze strojově. Pletou se na osnovních pletařských strojích, osnovních stávcích a rašlech. Obecně jsou méně elastické než výrobky zhotovené zátažnou technikou, jsou však stabilnější a nedají se párat. [5]

3. Mechanické vlastnosti textilií

Všeobecně jsou mechanické vlastnosti materiálů definovány jako odezva na mechanické působení (namáhání), na tah, tlak, ohyb, krut a střih od vnějších sil. Během mechanického namáhání dochází v textilii ke změně tvaru, prodloužení – deformaci, která je závislá na těchto veličinách: na velikosti zatížení, na rychlosti namáhání a na době trvání.

Mechanické vlastnosti jsou vyjadřovány tzv. ultimativními (mezními) charakteristikami, kterými jsou:

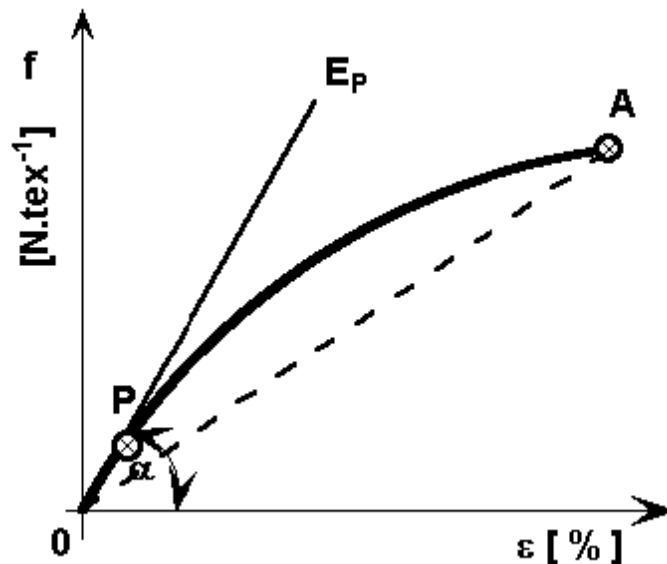
- Pevnost (síla do přetrhu) P [N]
- Napětí do přetrhu σ [Pa]
- Protažení do přetrhu Δl [mm]
- Tažnost (deformace do přetrhu) ε [%]
- Relativní pevnost f [N/ tex], resp. [cN / dtex]
- Tržná délka l_T [km], resp. [m] – délka, při níž by se textilie zavěšená na jednom konci přetrhla vlastní tíhou

3.1 Zkouška pevnosti v tahu

Mezi základní a nejrozšířenější mechanické zkoušky patří zkouška pevnosti v tahu, která je zároveň jedinou normovanou zkouškou. Pevností v tahu nazýváme odezvu materiálu při namáhání v tahu. [6]

„Pod pojmem napětí σ [Pa] rozumíme absolutní sílu F [N] přepočítanou na plochu průřezu vzorku S [m²]. Protože plocha průřezu nitě je obtížně stanovitelná, přepočítává se absolutní síla F [N] na jemnost vzorku T [tex]. Přísně vzato bychom v tomto případě měli poměr mezi silou do přetrhu a jemností šicí nitě nazývat poměrnou pevností f [N.tex⁻¹]. Napětí, resp. poměrná pevnost do přetrhu vzorku je nazýváno pevností v tahu.“ [6]

$$f = \frac{F[N]}{T[\text{tex}]} \quad [\text{N.tex}^{-1}] \quad (1)$$



Obrázek 4: Tahová křivka [6]

Tahová zkouška je prováděna na dynamometru, který je určený pro definované namáhání vzorku a registraci síly a deformace. Přístroj se také nazývá trhací zařízení neboli zjednodušeně „trhačka“.

Jak již bylo zmíněné výše, při namáhání textilie tahem dochází k jejímu prodloužení, tzn. deformování. Absolutní deformaci vyjadřujeme v absolutních jednotkách jako Δl [mm]. [6]

„Má-li být deformace různých materiálů srovnávána, je jí nutno podobně jako u napětí přepočítat na relativní jednotky, nejčastěji [%]. Nebudeme-li vyjadřovat deformaci v %, bude vyjádřena jako bezrozměrné číslo [-]. Pro přepočet deformace používáme následující vztahy:

- **Absolutní deformace**

$$\Delta l = l - l_0 \quad [mm] \quad (2)$$

kde l – je konečná délka po natažení [mm]

l_0 – je počáteční (původní) délka vzorku [mm], zvaná upínací délka

▪ **Relativní deformace**

$$\varepsilon = \frac{\Delta l [\text{mm}]}{l_0 [\text{mm}]} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad [1] \quad (3)$$

popř.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} * 10^2 \quad [\%] \quad (4)$$

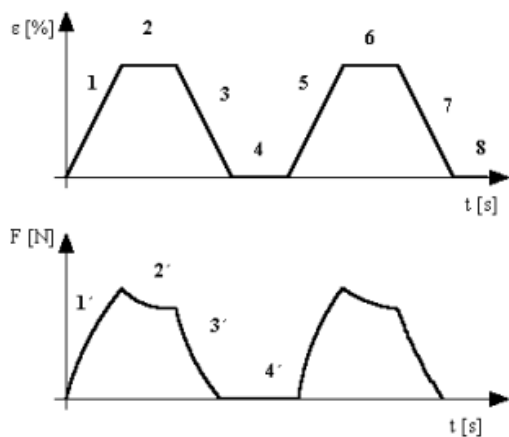
Relativní deformaci do přetrhu zveme tažnost [%].

Deformaci popisujeme jako vratnou – elasticitou a nevratnou – plastickou. Elasticité – vratné deformace lze očekávat pouze v oblasti malých sil a deformací, kde průběh $F=f(\Delta l)$ je lineární.“ [6]

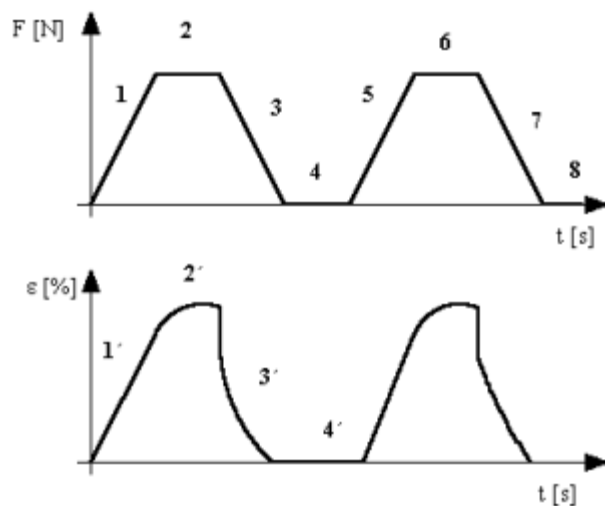
3.2 Měření elasticity během cyklického namáhání

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pružnost neboli elasticita patří k důležitým vlastnostem nejen textilních materiálů. Obecně je elasticita definována jako schopnost látek se deformovat vratně. Působí-li na těleso síla dochází k jeho deformaci (změně tvaru, velikosti). Přestane-li tato síla působit, elasticité těleso se vrátí téměř okamžitě do původního stavu. [7]

Jednou z možností, jak zjistit elasticitu textílie je měření během cyklického namáhání. Cyklické namáhání je definováno jako pravidelný vzrůst a pokles deformace a napětí v šicí niti doplněný prodlevami. Tento postup může být realizován do konstantní deformace resp. síly nebo se vzrůstající úrovní napětí, popřípadě až do přetrhu. Pokud je vynechána některá část cyklu (zejména prodleva), jedná se o polocyklické namáhání. Cyklické namáhání je možné realizovat buď v pomalém režimu tzv. pseudostaticky nebo v rychlém režimu tzv. dynamicky. Během natažení šicí nitě dochází k prokluzu mezi vlákny, struktura nitě se uvolňuje a dochází k poklesu síly. Tento jev je označován jako relaxace napětí, viz Obrázek 5. Jestliže bychom namáhali šicí nit do konstantní síly, byl by odezvou tzv. creep, zobrazen na Obrázku č. 6.

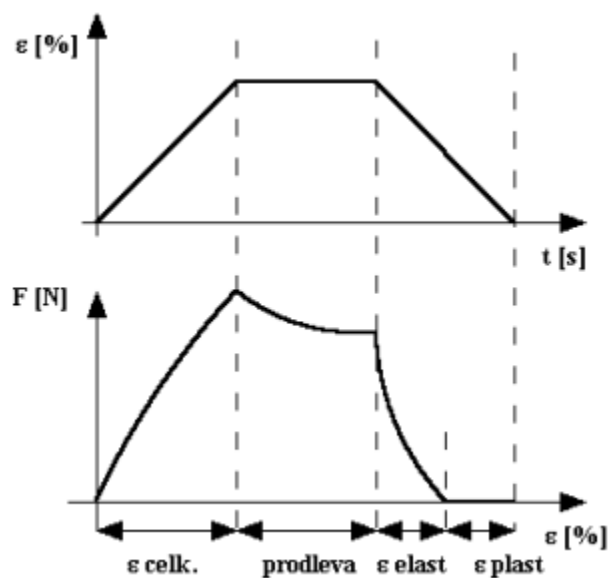


Obrázek 5: *Cyklické namáhání (relaxace napětí – 3, 4) [8]*



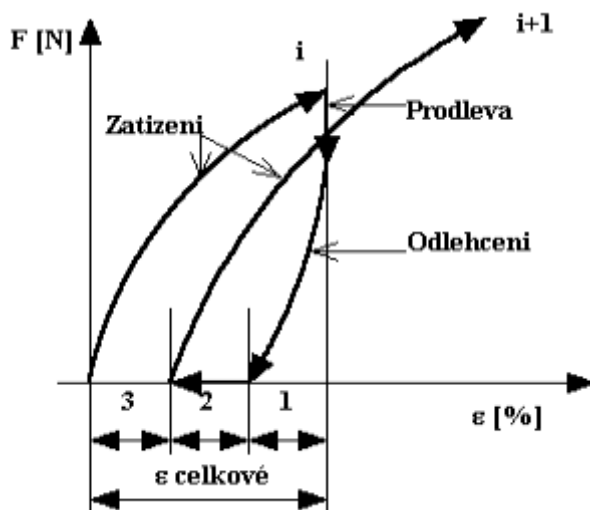
Obrázek 6: *Cyklické namáhání (creep – 3, 4) [8]*

Během cyklického namáhání dochází k deformaci nitě. Celková deformace ε se skládá z deformace elastické, která se celá vrátila a z deformace plastické, která se projevuje zůstatkovým protažením šicí nitě, jak je vidět na Obrázku č. 7.



Obrázek 7: Rozbor celkové deformace [8]

Na dynamometru se nám však projevují křivky, znázorněné na Obrázku č. 8. K deformacím elastickým a plastickým je nutno ještě připočítat deformaci, která se tzv. zotaví při prodlevě s nulovým napětím (silou).



Obrázek 8: Rozbor křivek z dynamometru [8]

Křivky na Obrázku č. 8 jsou vytvořeny v režimu, kdy vykreslování křivky souhlasí s pohybem spodní zatěžovací čelisti. Jde-li čelist dolů, je zvyšována deformace a napětí, jde-li čelist nahoru, je deformace i napětí snižováno. Povšimněme si, že i -tý stupeň (např. 1.) začíná v nule. Nit je zatěžována do úrovně celkové deformace. Poté se čelist začne vracet, deformace i napětí klesá, a to až do bodu 1, kdy se křivka dotkne osy zachycující elasticitu ε . Vrátila se elastická – pružná deformace. Čelist se však vrací do původní polohy na počátku. Na niti se projevuje prověšení – plastická deformace. Velikost této plastické okamžité deformace je tedy od bodu 1 až k počátku. Nastává prodleva a nit se zotavuje. Po zotavení nitě nastává $(i+1)$ – ní cyklus namáhání (např. 2.). Křivka $i+1$ nezačíná v počátku, ale teprve poté, co se zrušila (natáhla) zbylá plastická deformace od počátku k bodu 2. Deformaci 1 můžeme považovat za deformaci elastickou (elasticita okamžitá), deformaci 2 za deformaci elastickou zotavenou (elasticita zotavená) a deformaci 3 za deformaci plastickou zotavenou (elasticita plastická zotavená). [8]

Celková deformace se tedy skládá z částečných deformací:

$$\varepsilon_{\text{celková}} = \varepsilon_{\text{elastická zotavená}} + \varepsilon_{\text{plastická zotavená}} \quad (5)$$

4. Seznámení se s problematikou výrobního procesu střešních roletek

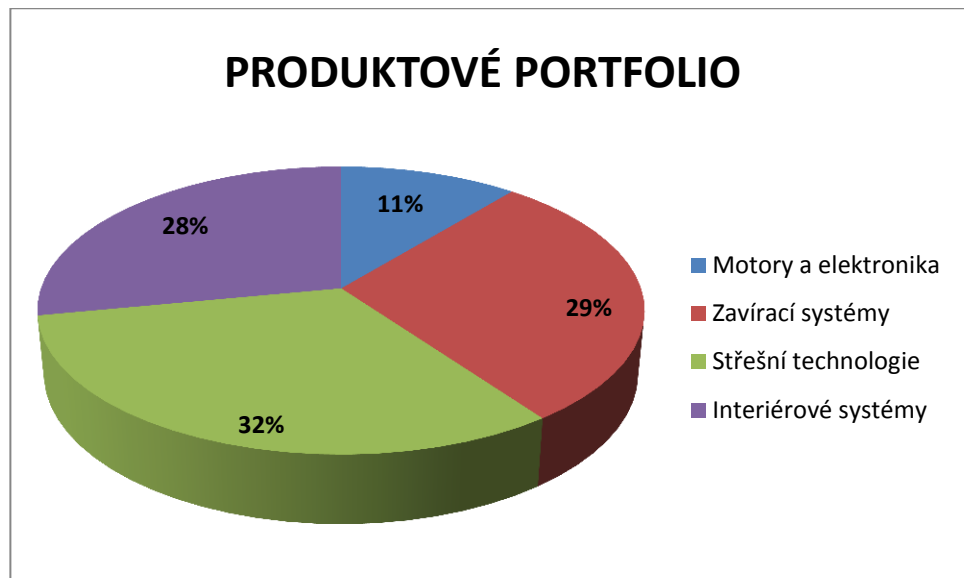
4.1 Základní informace o společnosti

Jak již bylo řečeno v úvodu, tématem této diplomové práce jsou roletky pro automobilový průmysl. Společnost, ve které byla práce zpracována je amerického původu, s působností nejen v automobilovém průmyslu, ale soustřeďuje se také na námořní a obranné technologie nebo na spotřební a průmyslové zboží. Sídlí v Michiganu a v současné době má čtyřicet dva poboček v osmnácti různých zemích světa, včetně České republiky. Jejími hlavními produkty jsou zavírací systémy, interiérové systémy, motory a elektronika a střešní technologie, které jsou podrobněji uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2: Produktové portfolio společnosti

STŘEŠNÍ OKNA	STŘEŠNÍ TECHNOLOGIE
PANORAMATICKÉ STŘEŠNÍ SYSTÉMY	
STŘEŠNÍ MODULY	
BLOKOVACÍ SYSTÉMY	ZAVÍRACÍ SYSTÉMY
DVEŘNÍ SYSTÉMY A MODULY	
PŘÍSTROJOVÉ DESKY	INTERIÉROVÉ SYSTÉMY
KONZOLE	
KOKPITY	
ČALOUNĚNÍ STROPU, DVEŘÍ	
ELEKTRICKÉ MOTORY	MOTORY A ELEKTRONIKA
ŘADIČE	

Zdroj: Interní dokumenty společnosti



Obrázek 9: *Produktové portfolio*

Zdroj: vlastní tvorba na základě interních dokumentů společnosti

4.2 Proces výroby střešní roletky

Výroba střešních roletek je složitý proces. Kromě operace lepení roletky, která probíhá automaticky na robotu, se jedná o ruční práci. Při výrobě roletky tedy hraje velkou roli lidský faktor, přičemž záleží především na zručnosti operátorů. V této podkapitole budou přiblíženy jednotlivé operace procesu výroby střešní roletky, ze kterých bude podrobněji vysvětlen proces Lepení roletky, který se vztahuje k úkolu této diplomové práce. Pro zpracování této diplomové práce byl vybrán proces výroby roletek jednoho projektu a týká se jednoho typu textilie.

4.2.1 Vstupní materiál

Společnost nakupuje textilie od výrobce ve třinácti barvách. Přehled barev dodávaných textilií popisuje tabulka 3. Z důvodu nejvyšších odvolávek zákazníkem, a tudíž i četnosti výroby, budou pro tuto práci zpracovávána data textilie v barvě Perlgrau.

Tabulka 3: Přehled barev dodávaných textilií

Číslo dílu	Barva textilie a její barevný kód
516 714 483	5L9 SOUL
516 714 484	4T2 LEINENBEIGE
516 714 485	T38 LICHTGRAU
516 714 486	6Z0 PERLGRAU
516 714 487	7S0 CORNSILK
516 714 488	8QB PUREBEIGE
516 714 489	EU9 IVORY09
516 714 490	JE7 DESERTBEIGE
516 714 491	7Z0 ST. TROPEZ
516 714 492	EV9 TITANSCHWARZ
516 714 494	0B9 MONDSILBER
516 714 495	QE8 SEIDENBEIGE
516 714 496	KI1 STONE BEIGE

Zdroj: interní dokumenty společnosti

Testování textilií

Před samotným použitím textilií ve výrobě se z každé nové šarže textilie vybere jeden kus, který je podroben cyklickému testu – tzv. 5 + 1 testu (dále jen 5 + 1 test). Tento test je blíže specifikován v praktické části této diplomové práce.

4.2.2 Operace Čištění pružiny

Prvním krokem celého procesu výroby roletky je proces *Čištění pružiny*. Pružiny se vkládají na definovanou dobu do odmašťovací lázně. Po jejich vyjmutí dochází k ručnímu čištění a následnému uskladnění do dalšího použití. Způsob čištění pružiny je důležitý z hlediska přilnavosti lepidla, které je na pružinu nanášeno v další operaci.



Obrázek 10: Pružiny po vyjmutí z odmašťovací lázně

Zdroj: interní dokumenty společnosti

Zároveň zde probíhá testování pružin. Prvním testovaným parametrem je povrchové napětí pružiny. Na pružinu je aplikován testovací inkoust, který by s pružinou neměl reagovat. V případě, že inkoust nezůstane rovnoměrně rozprostřený a sráží se do malých kuliček, není

pružina správně očištěna a proces čištění se opakuje. Druhým testovaným parametrem je oddělovací síla tzv. „peeloff test“, potřebná k odlepení textilie od pružiny. Zkouška probíhá na trhacím zařízení a minimální požadovaná hodnota pro tuto sílu je 5 N. Sleduje se zde zároveň, zda-li se spolu s textilií neodděluje od pružiny i lepidlo, které by správně mělo zůstat na povrchu pružiny. Tato zkouška se provádí až po operaci lepení.

4.2.3 Operace Lepení

Nastavení parametrů

Následným a zároveň nejdůležitějším krokem procesu výroby roletky je proces *Lepení*, během kterého dochází k přilepení textilie na pružiny. Textilie je upnuta do rámu, který je po založení pružin, vložen do přípravku¹.



Obrázek 11: Založení rámu s textilií do přípravku

Zdroj: interní dokumenty společnosti

¹ Jako přípravek se ve strojnické technologii označuje druh náradí, umožňující manipulaci s výrobkem. V tomto případě se jedná o lepicího robota.

Na základě vzorkování textilií, které je prováděno pro každou šarži, se na přípravku nastaví rozteč pružin, na kterou se roletka lepí. Vzorkování textilií probíhá pro každé balení šarže textilie. Z celého balení se odeberou čtyři vzorky (2 ks z obou polovin), které projdou standardně celým procesem na základě předchozího nastavení přípravku. Na finálním testeru² jsou naměřeny hodnoty prověšení roletky a síly potřebné k otevření/vytažení roletky. V případě, že se výsledky měření odchylují od požadovaných hodnot, respektive jsou mimo tolerance síly a prověšení, dochází k seřízení přípravku, upravení rozteče a novému vzorkování.

Lepení

Za předpokladu správného nastavení rozteče, jsou do přípravku založeny pružiny, které se rozvinou po celé své délce. Dále, jak již bylo zmíněno výše, se do přípravku založí textilie upnutá v rámu. Robot provede v automatickém režimu zvednutí rámu s textilií, očištění pružin plasmou, nanesení lepidla, položení textilie na pružiny a přitlačení textilie. Po vyjmutí je nalepená textilie spolu s pružinami navinuta na tyč a vložena do mezioperační paletky, připravena pro další operaci.



Obrázek 12: *Roletka po operaci Lepení*

Zdroj: interní dokumenty společnosti

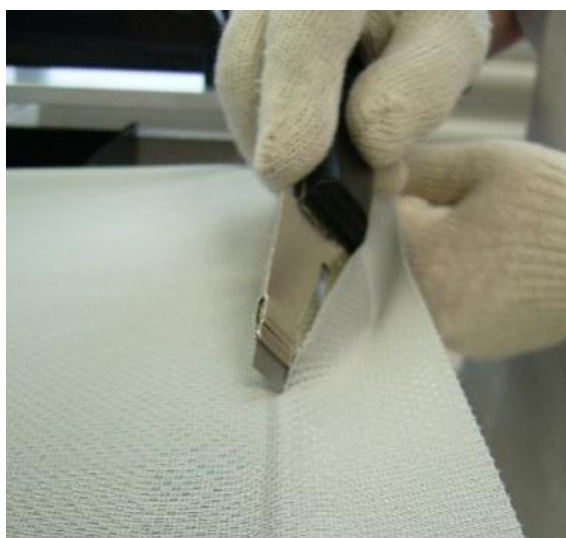
² Tester je přesnou simulací střechy daného projektu.

4.2.4 Operace Vytvrzování

Následující operací po procesu lepení je operace *Vytvrzování*. Textilie spolu s pružinami navinutá na tyč je vložena do Humidoru³, kde za určitých podmínek a po určitou dobu dochází k vytvrzování lepidla.

4.2.5 Operace Ořez textilie

Další operací výroby roletek je operace *Ořez textilie*. Textilie s pružinou je odvinuta a upevněna do přípravku, kde jsou přebytečné okraje textilie následně ořezávány pomocí žiletky. Zároveň jsou pomocí škrabky odstraňovány zbytky lepidla, které ulpěli na koncích pružin. U této operace poprvé probíhá i vizuální kontrola kvality roletky, zda-li je bez deformací, žmolků, poškození a zvlnění. Jsou zde také kladeny vysoké požadavky na kvalitu ořezu – řezy musí být prováděny nejlépe jedním tahem a případné ořepy textilie od pružiny nejsou povoleny.

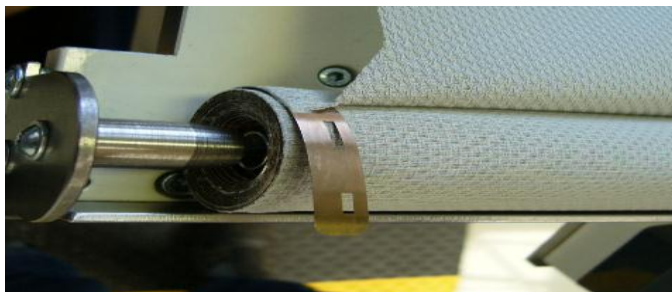


Obrázek 13: *Ořez přebytečné textilie*
Zdroj: interní dokumenty společnosti

³ Humidor je zařízení, udržující konstantní vlhkost, ve kterém dochází k vytvrzování lepidla.

4.2.6 Operace Děrování pružin

Oříznutá roletka pokračuje do procesu *Děrování pružin*, během kterého střížný nástroj vyrazí požadované otvory na konci pružin. Znovu zde dochází k vizuální kontrole kvality roletky, stejně jako v předchozí operaci.



Obrázek 14: *Děrování pružin roletky*

Zdroj: interní dokumenty společnosti

4.2.7 Přivaření kederu

Dalším procesem je *Přivaření kederu*, kde dochází k navaření kederu na konec textilie. Pokud je přivaření souvislé, bez přerušení a bez případného provaření textilie, přebytečný keder a textilie se odstříhnou a roletka se přesouvá na poslední operaci před závěrečným testováním, kterou je proces *Čištění pružin od lepidla*.



Obrázek 15: *Přivaření kederu na roletku*

Zdroj: interní dokumenty společnosti

4.2.8 Operace Čistění pružin

Jak již bylo zmíněno výše, poslední výrobní operací je *Čištění pružin od lepidla*. Pomocí gumy a žiletky zde probíhá čištění pružin od zbytků lepidla a textilie po celé jejich délce. Opět se na této operaci provádí kontrola roletky, a také pružin, zdali na nich nejsou zjevné známky ohnutí nebo jakékoliv deformace.

4.2.9 Operace Testování roletky

Na závěr celého procesu výroby jsou roletky testovány na finálním testeru. Nejprve je roletka zasazena do kazety a následně je spuštěno automatické testování jejího prověšení, síly potřebné k otevření/vytažení roletky a barvy. Po automatickém testování následuje naposledy kontrola kvality a čistoty roletky.

5. Analýza současného stavu

Současně se rozteč lepícího robota nastavuje na základě vzorkování textilie z každého balení šarže. Roztečí robota se rozumí vzdálenost mezi lištami, ve kterých jsou zasazeny pružiny. Každé balení obsahuje 140 ks látek, kde každá jeho polovina je přehozena na stojanu viz Obrázek č. 16. Vzorkování textilií probíhá pro každé balení textilie. Z celého balení se odeberou čtyři vzorky (2 ks z obou polovin), které projdou standardně celým procesem na základě předchozího nastavení přípravku. Na finálním testeru jsou naměřeny hodnoty prověšení roletky a síly potřebné k otevření/vytažení roletky. Dle těchto výsledků mohou nastat tři situace:

- Pokud se výsledná síla pohybuje na horní nebo dolní toleranci, operátoři by měli přípravek přenastavit tak, aby se síla všech vyrobených rolet pohybovala v tolerančních mezích. Na základě zkušeností platí převodový poměr $3 \text{ N} = 0,1 \text{ mm}$.
- V případě, že se výsledky měření odchylují od požadovaných hodnot, respektive jsou mimo tolerance síly a prověšení, dochází k seřízení přípravku, upravení rozteče a novému vzorkování, přičemž je zachován stejný převodový poměr.
- Třetí možností je, že výsledné hodnoty odpovídají tolerancím, pohybují se kolem nominální hodnoty. V tomto případě se celá polovina zpracuje na základě stejných parametrů, které byly nastaveny u vzorků. Tyto parametry korelují s parametry uvedených na stojanech.



Obrázek 16: *Stojany na látky*

Zdroj: interní dokumenty společnosti

Seřízení přípravku se provádí pomocí nastavovacího kolečka, který je vyobrazen na Obrázku č. 17. Jeden dílek odpovídá hodnotě 0.1 mm. Operátoři zapisují na průvodky pouze tuto hodnotu jako skutečnou/vzorkovací rozteč, přičemž se nejedná o reálnou hodnotu. Negativem je, že nastavovací kolečko neodečítá hodnoty u každého robota od stejného nulového bodu, což způsobuje nesrovnalosti mezi daty na průvodkách uvedených z jednoho balení, které byly vyráběny na různých robotech.

Co se týče testování textilie, pro 5 + 1 test je odebrán pouze jeden kus látky z celé šarže. Šarže textilie může obsahovat i 1500 ks látek. Z toho vyplývá, že z uvedeného celkového množství jsou získány pouze tři hodnoty pro každý směr, což je považováno za další negativum současně nastaveného procesu.



Obrázek 17: *Nastavovací kolečko lepicího robota*
Zdroj: interní dokumenty společnosti

6. Cíle experimentu a jejich průběh

Cílem práce je zjednodušení celého výrobního procesu tak, aby byly eliminovány náklady na práci, čas, materiál a zároveň by došlo ke zlepšení kvality výrobků. Tohoto cíle bychom chtěli dosáhnout stanovením korelace mezi elasticitou materiálu a nastavením šíře lepícího robota.

Průběh experimentu

- Sběr dat, postavený na informacích uvedených v průvodkách a hodnot z trhacího zařízení
- Propojení dat z průvodek spolu s daty z trhacího zařízení
- Vyhodnocení získaných dat
- Diskuze výsledků a návrh řešení

7. Popis použitých měřících metod, přístrojů, zařízení a programu

7.1 Trhací stroj pro testování textilie

Pro účely testování se využívá zkušební stroj LabTest 5.050 SP – 3000 s prodlouženým rámem. Tento stroj s dvěma pracovními prostory je určen pro mechanické zkoušky v tahu, tlaku, pohybu, prostatická a dynamická namáhání a zkoušky vzorku i celých výrobků. Používá se při kontrole kvality výroby, při vstupních a výstupních kontrolách materiálu. Stroj odpovídá následujícím normám: ČSN ISO 7500-1, DIN 512220, DIN 51221, ČSN EN 10002, DIN 51223, DIN 51227 a ASTM-E-4, VDE 0113, ISO 5893 a ostatním mezinárodním standardům. Zařízení je způsobilé pro použití v systémech jakosti podle ISO 9001:2001.

Mezi základní technická data stroje patří:

- Rozsah zkoušení od 0.2 N – 5 kN
- Výška pracovního prostoru 3000 mm
- Šířka pracovního prostoru 462 mm
- Minimální zkušební testovací rychlost 0.001 mm/min
- Maximální zkušební testovací rychlost 1000 mm/min
- Základní i speciální software a další



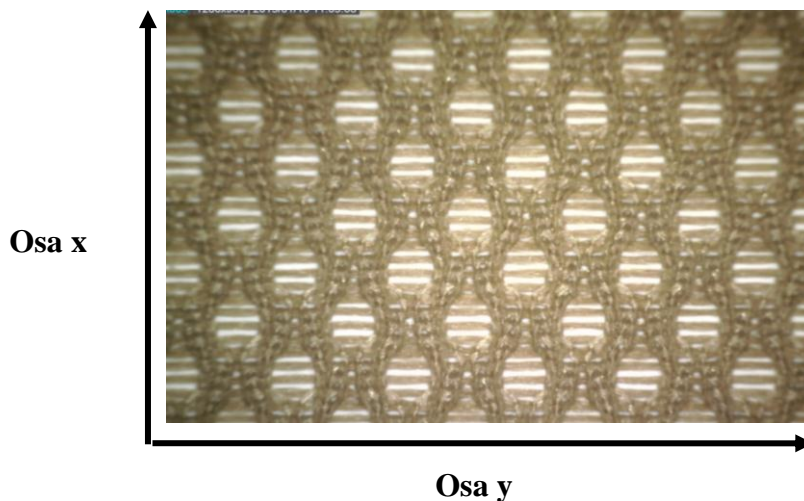
Obrázek 18: *Trhací zařízení na testování textilie*

Zdroj: interní dokumenty společnosti

Pro účely 5 + 1 testu byl vytvořen speciální program, který požadovaná data automaticky vyhodnotí dle předem specifikovaných požadavků. Zmíněný test bude popsán v kapitole 7.3 Měření elasticity materiálu – cyklický 5 + 1 test, viz strana 40.

7.2 Charakteristika použitého materiálu

Materiál, použitý pro výrobu střešních roletek vybraného projektu je nakupovaná textilie od dodavatele a zároveň výrobce, nastříhaná dle specifikací ve výkrese. Jedná se o osnovní pleteninu na bázi polyesteru. Textilie se vyznačuje vysokou pevností v tahu, při dotržení, stálobarevností v oděru, splňuje požadované normy pro hořlavost, stárnutí a další. Na Obrázku č. 19 je znázorněna osa x a y, kde osa x koresponduje se směrem v automobilu. U tohoto projektu se tyto osy shodují se sloupkem a řádkem u pleteniny. To znamená, že délkový rozměr dílu se shoduje se sloupkem pleteniny. Jak již bylo zmíněno v první kapitole, pro výrobu roletek je použita textilie nakupovaná od dodavatele ve 13 barvách, přičemž pro experiment byla zvolena barva Pearlgrau, která je odvolávaná zákazníkem nejčastěji.



Obrázek 19: Zobrazení osy *x* a *y* textilie
Zdroj: vlastní zpracování

7.3 Měření elasticity materiálu - cyklický 5 + 1 test

Elasticita materiálu je naměřena během tzv. cyklického 5 + 1 testu spolu s dalšími vlastnostmi materiálu, které jsou uvedené v Tabulce č. 4 na straně 41. Cílem tohoto testu je zjištění odolnosti textilie vůči mechanickému namáhání a schopnosti rychlého zotavení. Textilie by měla být stabilní při opětovném působení síly o velikosti 20 N. Po definovaných počtech cyklů by měla textilie vykazovat stabilní chování, speciálně v *y* směru. Důraz je kladen na čtvrtý a pátý cyklus, kde je požadováno stejné chování textilie. Velmi malá plastická deformace a creep jsou povoleny. Relaxace napětí resp. creep po pěti cyklech je také limitována. Testovací metoda včetně všech testovacích podmínek je vyvinuta společností.

Během 5 + 1 testu jsou testovány vzorky o velikosti 100 x 200 mm, upnuté do čelistí trhačíchho stroje neboli dynamometru, pohybujících se rychlostí 20 mm/min. Jsou testovány v obou osách materiálu, při předpětí⁴ 0.2 N a odebírány ve třech pozicích dle normy ČSN EN ISO 13934-1.

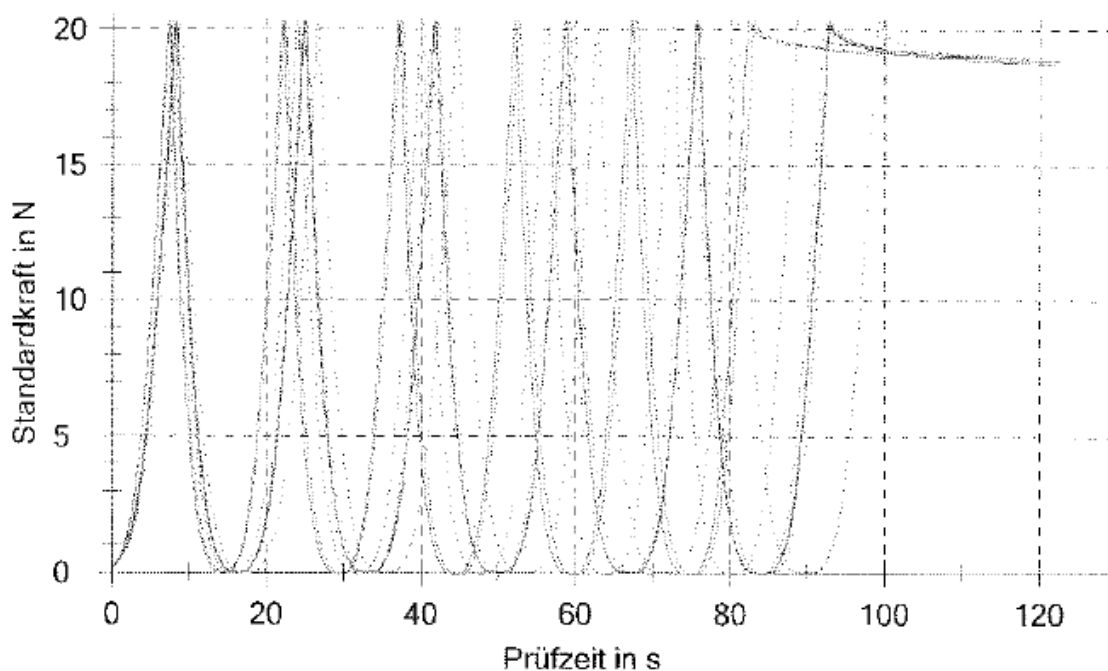
⁴ Předpětí je síla působící na vzorek na začátku zkoušky a používá se pro stanovení výchozí délky zkušebního vzorku.

Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v grafech, příklad viz Obrázek č. 20, který znázorňuje působení síly 20 N v čase a Obrázek č. 21, znázorňující vztah působení síly na prodloužení textilie.

Tabulka 4: 5 + 1 testování jednotlivých šarží textilií

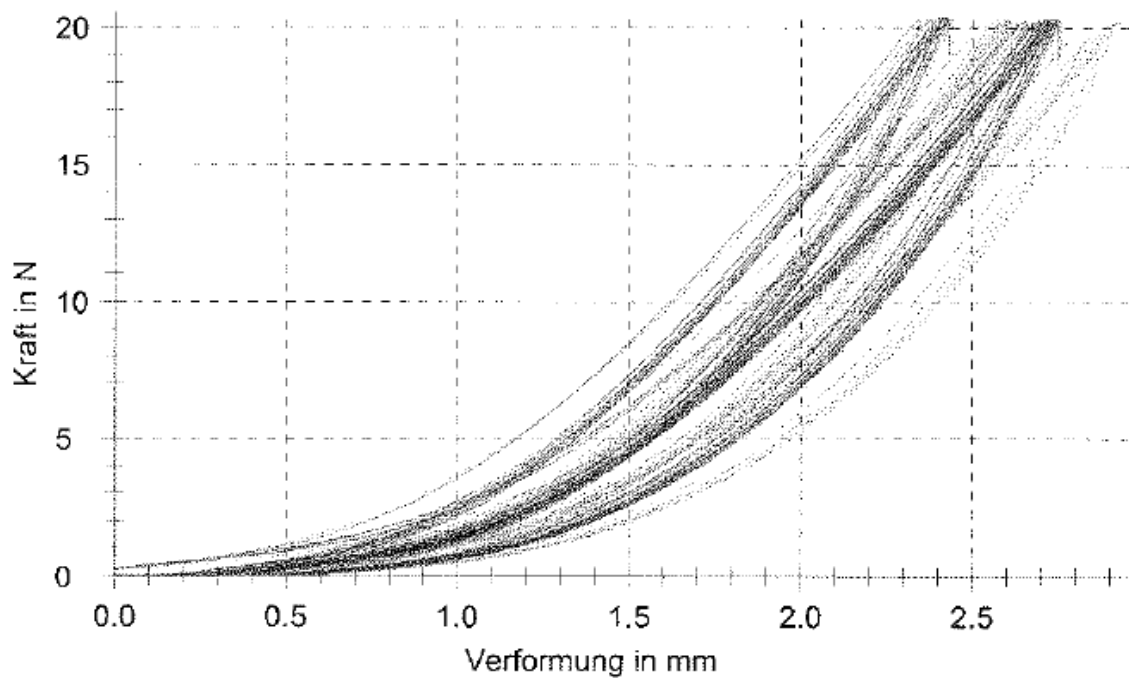
Měřený parametr	Jednotka
Elasticita vzorku	[mm / N]
Hodnota prodloužení při síle 5N	[%]
Zotavení vzorku	[%]
Rozdíl prodloužení vzorku mezi čtvrtým a pátým cyklem	[%]
Rozdíl síly natažení vzorku mezi prvním a pátým cyklem	[%]

Zdroj: interní dokumenty společnosti



Obrázek 20: Znázornění průběhu 5 + 1 testu

Zdroj: interní dokumenty společnosti



Obrázek 21: Znárodnění závislosti síly natažení na prodloužení vzorku textilie
Zdroj: interní dokumenty společnosti

8. Výsledky měření a diskuze

Pro experiment byla zvolena textilie v barvě Pearlgrau, která je nejčastěji odvolávána od zákazníka. V počátku experimentu byla data získávána ze standardně fungujícího procesu, kde operátoři zapisují každou vyrobenou paletku roletek, která obsahuje 12 ks a provádí 5 + 1 test jedenkrát pro každou celou šarži textilie. Jak již bylo jednou v této práci zmíněno, jedna šarže může obsahovat až 1500 ks látek, které jsou baleny po 140 ks v jednom balení. Šarži nám označuje číslo před lomítkem, balení potom číslo za lomítkem. Pro náš experiment jsme tedy upravili četnost 5 + 1 testu z každé šarže na každé balení šarže, aby hodnota výsledku byla vypovídající. Naměřeny byly vždy dva vzorky, z každé poloviny jeden.

Roletky se standardně vyrábí na třech robotech – S1, S2 a S3. Pro tento experiment byla použita data související s výrobou pouze na robotu S1. Důvodem je, že nastavovací kolečko na každém lepícím robotu neodečítá hodnoty od stejného nulového bodu, což způsobuje nesrovnalost mezi daty na průvodkách uvedených z jednoho balení, které byly vyráběny na různých robotech. Všechna balení z jedné šarže jsou většinou zpracována na všech třech robotech.

Tabulka č. 5 zobrazuje hodnoty elasticity naměřené u jednotlivých vzorků textilie u různých šarží, seřazeny vzestupně, spolu s hodnotami skutečné rozteče a síly naměřené na finálním testeru. Šarže, které byly pro tento experiment použity, znázorňuje Tabulka č. 7. Počty balení v šarži u jednotlivých šarží se liší právě z důvodu zpracování látek na třech robotech.

Tabulka 5: Hodnoty elasticity, rozteče a síly naměřené u jednotlivých šarží barvy Pearlgrau

Číslo vzorku	Hodnoty elasticity [mm/N]	Skutečná rozteč	Síla [N]
1	0,0573	4,5	52
2	0,0573	4,5	57
3	0,0593	4,5	46
4	0,0593	4,6	49
5	0,0602	5,2	41
6	0,0602	5,2	40
7	0,0631	5,0	46

8	0,0631	5,0	47
9	0,0643	5,2	35
10	0,0643	5,2	34
11	0,0653	5,0	61
12	0,0653	5,0	56
13	0,0682	5,9	49
14	0,0682	5,9	45
15	0,0687	4,8	37
16	0,0687	4,8	35
17	0,0687	5,0	35
18	0,0691	5,2	51
19	0,0691	5,1	54
20	0,0693	5,3	41
21	0,0694	4,8	43
22	0,0707	5,2	45
23	0,0707	5,2	48
24	0,0818	5,2	35
25	0,0818	5,2	39
26	0,0854	5,3	36
27	0,0854	5,3	34
28	0,0868	4,5	40
29	0,0870	5,3	40
30	0,0870	5,3	46
31	0,0905	4,7	48
32	0,0905	5,1	49
33	0,0971	5,2	42
34	0,0971	5,1	41
35	0,0975	4,6	45
36	0,0975	4,7	35
37	0,0996	5,3	33
38	0,0996	5,4	31
39	0,0996	5,3	34
40	0,1005	5,1	44
41	0,1005	5,1	42
42	0,1010	5,1	44
43	0,1011	5,1	44
44	0,1011	5,1	49
45	0,1036	4,3	48
46	0,1036	4,4	49
47	0,1036	4,4	51
48	0,1063	5,1	38

49	0,1063	5,1	37
50	0,1067	5,2	33
51	0,1067	5,2	38
52	0,1075	5,2	36
53	0,1075	5,2	39
54	0,1075	5,2	38
55	0,1077	5,3	50
56	0,1077	5,3	45
57	0,1080	5,1	45
58	0,1080	4,9	47
59	0,1080	5,1	49
60	0,1138	4,9	40
61	0,1138	5,1	40
62	0,1138	4,9	49
63	0,1142	4,8	43
64	0,1142	4,8	45
65	0,1142	5,2	50
66	0,1142	5,2	44
67	0,1149	5,2	36

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 6: Průměr, směrodatná odchylka a rozpětí u sledovaných veličin

PEARLGRAU	Elasticita	Rozteč	Síla
Průměr	0,0892	5,05	43,10
Směrodatná odchylka	0,0193	0,31	6,54
X_{min}	0,0573	4,30	31,00
X_{max}	0,1149	5,90	61,00

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 7: Přehled šarží a balení, která byla pro experiment použita

Číslo šarže	Balení	Počet balení v šarži
10632.0	6	3
10632.0	8	
10632.0	10	
10917.0	1	7
10917.0	2	
10917.0	6	
10917.0	8	
10917.0	11	
10917.0	12	
10917.0	13	
11193.0	1	4
11193.0	5	
11193.0	6	
11193.0	9	
11192.0	2	3
11192.0	8	
11192.0	10	
11438.0	1	11
11438.0	7	
11438.0	5	
11438.0	8	
11438.0	10	
11438.0	14	
11438.0	15	
11438.0	17	
11438.0	19	
11438.0	21	
11438.0	22	
11504.0	2	3
11504.0	3	
11504.0	6	
11503.0	4	1

Zdroj: vlastní zpracování

Výpočet korelačních koeficientů sledovaných veličin

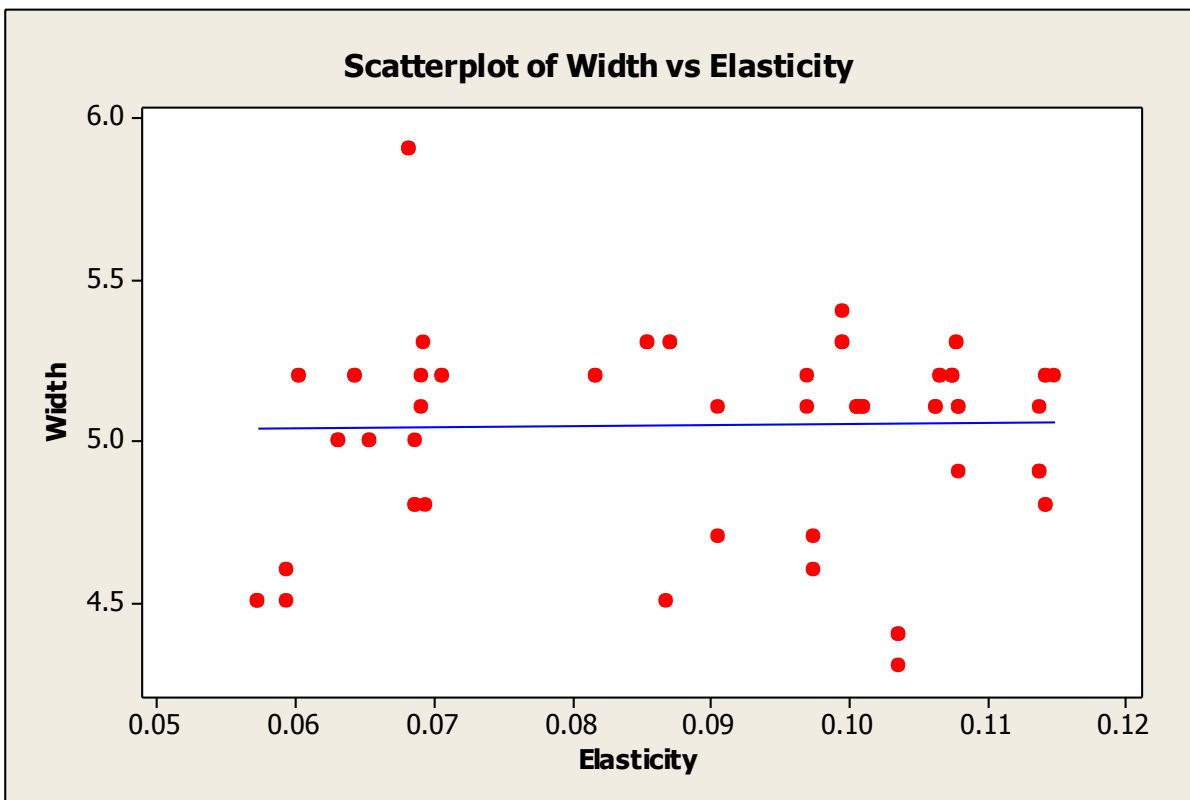
Pro výpočet korelačních koeficientů sledovaných veličin byl použit program Minitab. Korelační koeficient určuje míru lineární závislosti mezi dvěma veličinami. Nabývá hodnot od -1 do +1, které značí perfektní lineární vztah. Hodnoty korelačního koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost tzv. negativní korelaci, tedy čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. Hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost, kde hodnoty obou proměnných zároveň stoupají. V případě neexistence lineárního vztahu se korelační koeficient rovná 0.

Na Obrázku č. 22 můžeme vidět hodnoty korelačních koeficientů pro vztahy elasticita – rozteč, elasticita – síla a rozteč – síla, které byly vypočteny v programu Minitab. Korelační koeficient určující vztah mezi elasticitou materiálu a roztečí nabývá hodnoty 0.023, což znamená velmi nízkou korelaci. Kladná hodnota korelačního koeficientu vypovídá o tom, že se zvyšujícími se hodnotami elasticity se zvyšují i hodnoty rozteče, o linearitě tohoto vztahu zde ale hovořit nemůžeme. Korelační koeficienty pro vztahy elasticita – síla a rozteč – síla nabývají hodnot -0.202 a -0.291 . Ze záporného znaménka korelačního koeficientu usuzujeme, že s rostoucími hodnotami elasticity a rozteče se snižují hodnoty síly.

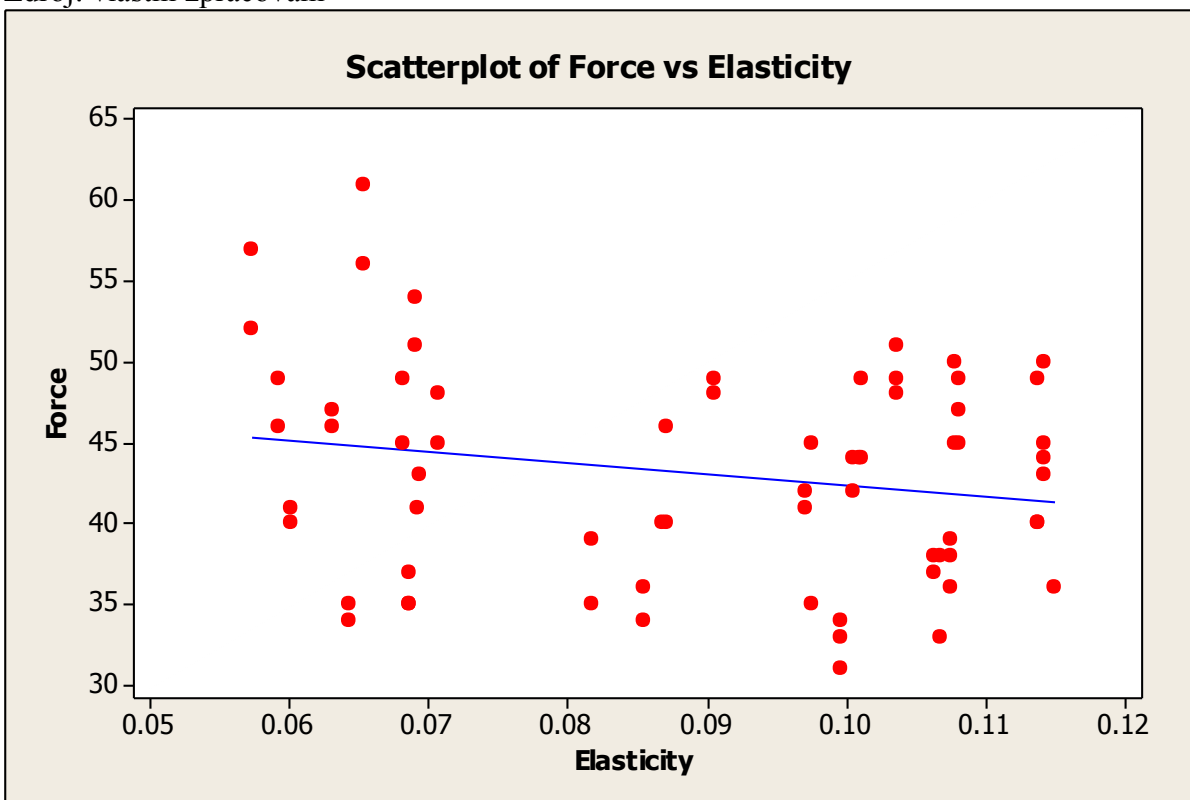
```
Correlations: Elasticity, Width  
  
Pearson correlation of Elasticity and Width = 0.023  
P-Value = 0.855  
  
Correlations: Elasticity, Force  
  
Pearson correlation of Elasticity and Force = -0.202  
P-Value = 0.102  
  
Correlations: Width, Force  
  
Pearson correlation of Width and Force = -0.291  
P-Value = 0.017
```

Obrázek 22: Hodnoty korelačních koeficientů sledovaných veličin vygenerované v programu Minitab

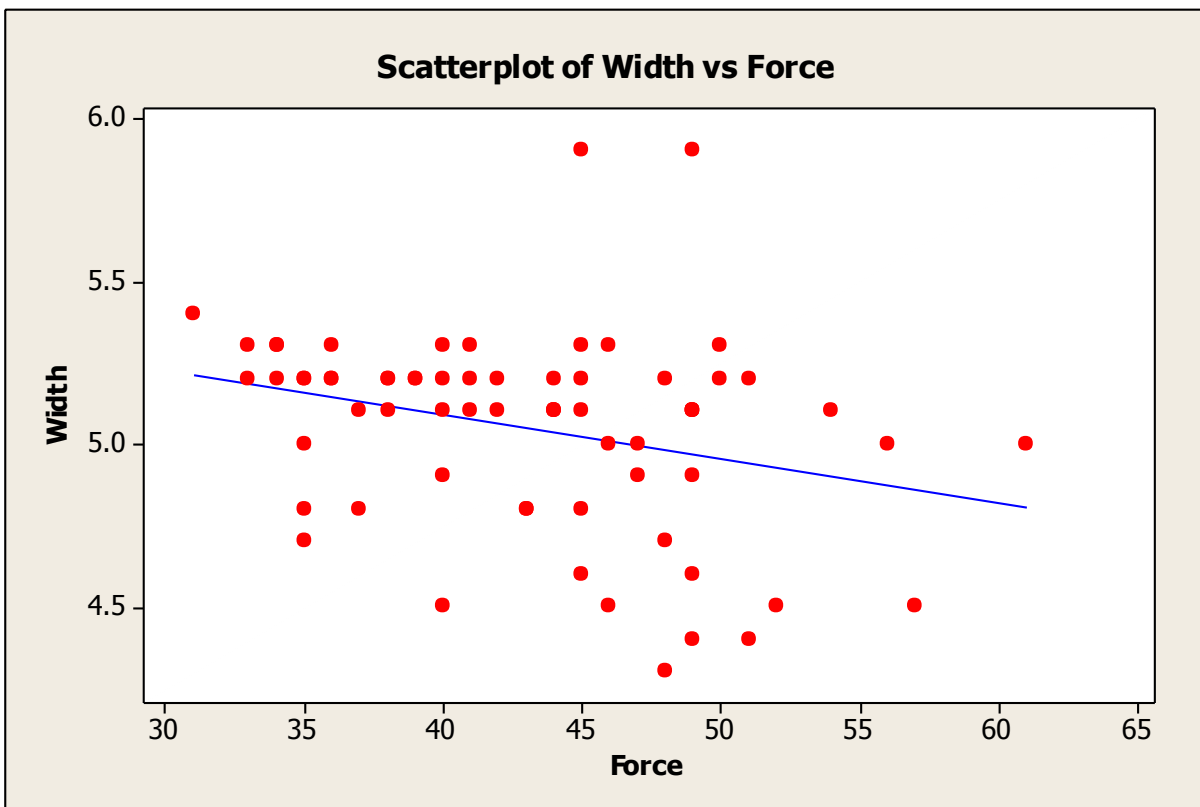
Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 23: Korelační diagram znázorňující vztah mezi elasticitou materiálu a roztečí
Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 24: Korelační diagram znázorňující vztah mezi elasticitou materiálu a silou
Zdroj: vlastní zpracování

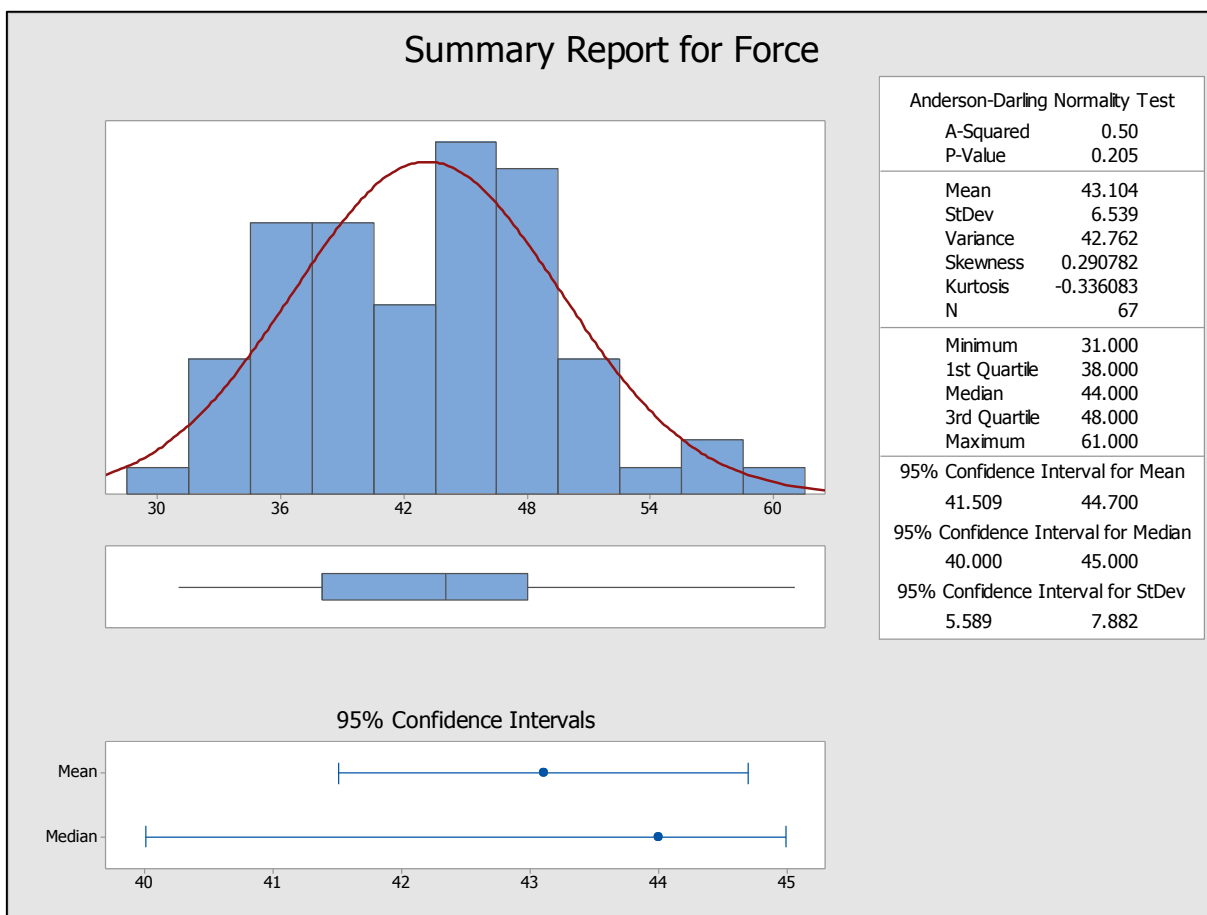


Obrázek 25: Korelační diagram znázorňující vztah mezi skutečnou roztečí a silou
Zdroj: vlastní zpracování

Jak je patrné z výsledných hodnot korelačních koeficientů a také z korelačních diagramů na Obrázku č. 23, 24 a 25, mezi elasticitou, skutečnou roztečí a silou existuje velmi malý vzájemný vztah.

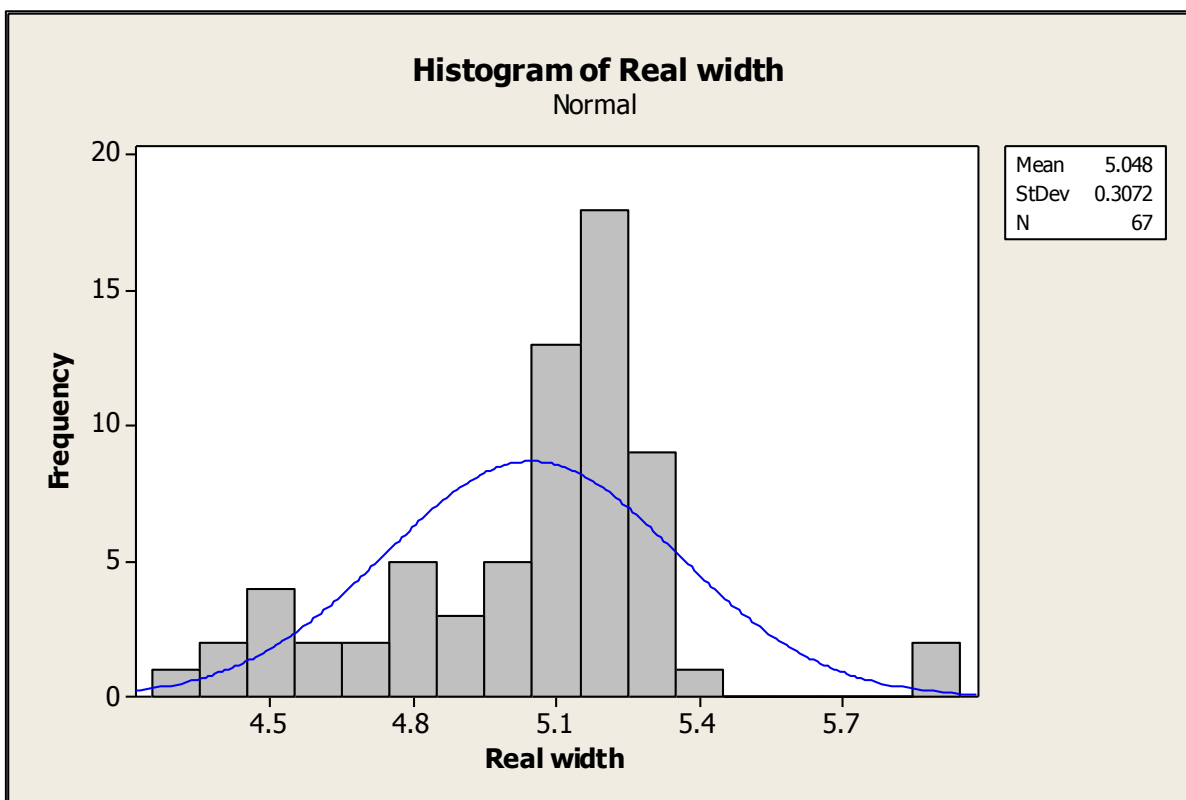
Možným důvodem, proč se výsledek experimentu odchyluje od předpokladu je právě individuální přístup operátorů při výrobě. Na pracovišti se střídají standardně tři operátoři v třisměnném provozu. Jak již bylo zmíněno výše, na konci výrobního procesu roletky jsou na finálním testeru měřeny hodnoty síly potřebné k otevření/vytažení roletky a hodnoty prověšení. Síla potřebná k otevření/vytažení roletky by se měla pohybovat v rozmezí 20 – 69 N, ideálně by měla nabývat hodnoty kolem 44,5 N, což je hodnota požadována zákazníkem. Pokud výsledná síla vyjde uvnitř tolerančních mezí, ale nepřibližuje se ideální hodnotě 44,5 N, měli by správně operátoři přenastavit přípravek na základě převodového poměru $3N = 0,1$ na nastavovacím kolečku. Ne všichni operátoři však tento postup dodržují. Z grafu na Obrázku č. 26 můžeme vidět, že nejčastěji naměřené hodnoty výsledné síly se pohybovaly v rozmezí 44 – 49 N. Minimální naměřená hodnota byla 31 N a maximální 61 N. To

dokazuje, že ne všichni operátoři upravovali rozteč přípravku na základě naměřených hodnot výsledné síly z finálního testeru. Ze získaných hodnot výsledných sil nelze stanovit, které hodnoty byly operátory přepočítány na základě již uvedeného převodového poměru a které ne. Pokud bychom věděli, že všichni operátoři zpracovali celé balení na stejné nastavení jako vzorky a rozteč neupravovali, mohli bychom provést dodatečnou analýzu, kde bychom všechny naměřené hodnoty síly přepočítali na základě převodového poměru a zkoumali vzájemný vztah těchto hodnot.



Obrázek 26: Zobrazení četnosti výsledné síly

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 27: Zobrazení četnosti skutečných roztečí u barvy Pearlgrau
Zdroj: vlastní zpracování

Naměřené hodnoty elasticity se pohybovaly v rozmezí od 0,0573 do 0,1149 [mm/N] při hodnotách rozteče nastavené od 4,3 do 5,9. Nejčastěji nastavovanými roztečemi na lepicím robotu byly rozteče o velikosti 5,1, 5,2 a 5,3, jak je patrné z histogramu četností skutečných roztečí na Obrázku č. 27.

8.1 Doporučení

8.1.1 Sjednocení postupu přenastavení lepících robotů na základě výsledné síly potřebné k otevření/vytažení roletky

První doporučení pro společnost se týká přenastavení lepícího robota v případě, že výsledná síla vyjde v tolerančních mezích 20 – 69 N, ale nepohybuje se kolem nominální hodnoty 44,5 N, která je požadována zákazníkem. Ne všichni operátoři dodržují postup a upravují rozteč na lepících robotech na základě převodového poměru $3N = 0,1$ na nastavovacím kolečku. V případě, že všichni operátoři budou dodržovat stejný postup a rozteč upravovat, vyráběné roletky budou dodávány ve stabilní a požadované kvalitě k zákazníkovi a data získaná z výrobního procesu budou moci být využita pro zpracování a zjednodušení celé výroby, což bylo prvotním cílem tohoto experimentu.

8.1.2 Sjednocení nastavení nulových bodů na lepících robotech

Další doporučení pro společnost je úzce spjato s prvním. Textilie jsou zpracovávány a lepeny na pružiny na třech lepících robotech S1, S2 a S3. Každý z robotů odečítá hodnoty na nastavovacím kolečku od různého nulového bodu. To znamená, že například vzorky textilie ze stejné šarže a stejného balení, které mají přibližně stejnou elasticitu, budou mít na každém lepícím robotu nastavenou různou rozteč, např. na robotu S1 rozteč 3,1, na robotu S2 rozteč 4,8 a na robotu S3 rozteč 5,1. Všechny tři roboty by měly mít nastavený stejný nulový bod, což by mohlo v budoucnu zamezit vzorkování textilií na všech třech robotech. Zároveň data získaná z výrobního procesu by byla sjednocená a mohla tak být použita pro další analýzy.

8.1.3 Automatické zpracování dat z finálního testeru

V současném procesu jsou vyrobené roletky baleny do paletek po 12 kusech, kde každá paletka je označena jednou průvodkou. Na průvodce jsou uvedeny mimo data výroby, čísla šarže, balení a čísla robota také hodnoty jak skutečné, tak vzorkovací rozteče, výsledné síly potřebné k otevření/vytažení roletky a hodnoty prověšení roletky. Operátoři otestují roletku na finálním testeru a na základě výsledných hodnot, které se vyhodnotí na obrazovce, zapíší výsledky na průvodku. Doporučením je implementace systému, který bude automaticky ukládat výsledná data z finálního testeru. Výsledné hodnoty by byly zaznamenávány stoprocentně, oproti současnému stavu, kdy je zaznamenávána do průvodky pouze jedna roletka z 12 kusů. Mohl by být tak sledován trend vývoje výsledné síly naměřené u každé roletky v balení, při nastavení konkrétní rozteče. Zároveň by data byla jednoduše spojitelná s daty z trhacího zařízení. Mimo jiné by byla také automaticky generována průvodka ke každé paletce roletek, bez nutnosti předtisknutí šablon pro jednotlivé barvy roletek a ručního vyplňování, což by předešlo možnosti špatného zaznamenání dat operátorem a ušetřilo čas. Lidský faktor zde hraje významnou roli ze dvou hledisek. Prvním hlediskem je zaznamenání hodnot do správné šablony průvodky. Stejně jako jednotlivé textilie se barevně odlišují i šablony průvodek, do kterých jsou data zaznamenávána. Druhým hlediskem je číslo uvedené na průvodce, které označuje určitý projekt, přičemž jednotlivé projekty mohou mít různé dodavatele látek.

8.1.4 Automatický přepočítání nastavení šíře lepícího robota (rozteče) na základě převodového poměru $3N = 0,1$ na nastavovacím kolečku

Jak bylo navrženo v prvním doporučení, měl by být sjednocen postup pro úpravu rozteče v případě, že se výsledná síla pohybuje v tolerančních mezích, ale ne kolem ideální hodnoty, požadované zákazníkem. Toto by operátorům měl usnadnit systém, který by na základě dat uložených dat z finálního testeru automaticky přepočítal hodnotu nové rozteče, na kterou mají operátoři proces nastavit. Stejně jako u předchozího doporučení, kde hraje také velkou roli lidský faktor, by bylo zamezeno chybnému přepočítání rozteče a špatnému nastavení

výrobního procesu. Zároveň by byl ušetřen čas, který operátoři stráví přepočítáváním nových hodnot skutečné rozteče.

Závěr

Hlavním úkolem této práce byla analýza vlivu elasticity textilie na nastavení šíře lepícího robota. Šíří lepícího robota se rozumí rozteč pružin, na kterou je textilie nalepena. Jedná se o y vzdálenost, která koresponduje s osou y v automobilu. Tato vzdálenost je na lepícím robotu nastavována na základě vzorkování textilie z každého balení šarže. Jedna šarže obsahuje přibližně deset balení, kde z každé jeho poloviny projdou vzorkováním 2 ks látky. Cílem práce, jak již bylo zmíněno v úvodu, bylo nalezení vztahu mezi elasticitou materiálu a hodnotou skutečné rozteče na lepícím robotu tak, aby bylo eliminováno vzorkování každého balení z šarže a zároveň tak eliminovány náklady na materiál, práci a čas.

Pro experiment byla použita data z trhacího zařízení a průvodek v barvě Pearlgrau, která je nejčastěji odvolávána zákazníkem. Během experimentu byly sledovány nejen hodnoty elasticity a skutečné rozteče, ale zároveň i hodnoty výsledné síly měřené na finálním testeru, která je potřebná k otevření/vytažení roletky. Na základě získaných dat a jejich vyhodnocení bylo zjištěno, že mezi sledovanými parametry neexistuje žádný vzájemný lineární vztah. Důvodem proč se očekávaný výsledek odchyluje od předpokladu může být právě individuální přístup operátorů, kteří by měli správně upravovat rozteč na základě výsledných hodnot z finálního testeru dle stanoveného převodového poměru, čímž by zároveň docílili zvýšení kvality produktů.

Prvním východiskem by mělo být sjednocení pracovního postupu tak, aby všichni operátoři upravovali rozteč na lepícím robotu na základě výsledných hodnot z finálního testeru, aby se výsledky pohybovaly kolem nominální hodnoty. Zároveň by měla být upravena nastavení lepících robotů, konkrétně sjednocení nulových bodů na nastavovacím kolečku. Posledním doporučením je automatizace procesu, kde by byla automaticky ukládána a propojena data jak z finálního testeru, tak z trhacího zařízení. Data by byla zaznamenávána stoprocentně oproti současnému stavu, kdy se vystavuje jedna průvodka pro paletku, obsahující 12 ks roletek. Systém by automaticky generoval průvodku pro každou paletku roletek, což by usnadnilo celý proces, kde je na jednotlivých operacích ručně vyplňována průvodka do předem předtisknuté šablony. Na základě těchto uložených dat by potom systém automaticky přepočítal hodnotu

nové rozteče, na kterou má být proces nastaven, v případě, že by se hodnoty z finálního testeru odchylovaly od hodnot nominálních.

Seznam použité literatury

- [1] Katedra textilních materiálů. TEXTILNÍ VLÁKNA. Polyesterová vlákna [online]. [vid. 2015-1-2]. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20080107/TVN_Prednaska_12.pdf
- [2] KADOLPH. S. J. and A. L. Langford. Textiles. 7th ed. New York: Macmillian Publishing company, 1993, s. 108 – 115. ISBN13 978-0023616013.
- [3] DOSTÁLOVÁ M. a M. Křivánková. Základy textilní a oděvní výroby. 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, s. 78 – 82. ISBN 80-7083-831-0.
- [4] NIS. Nábytkářský informační systém. *Pleteniny* [online]. [vid. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/pleteniny/page/456/>
- [5] NIS. Nábytkářský informační systém. *Pleteniny* [online]. [vid. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/pleteniny/page/456/>
- [6] Katedra textilních materiálů. *Mechanické vlastnosti přízí a nití* [online]. [vid. 2014-1-2]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>.
- [7] Ústav polymerů na Fakultě chemické technologie Vysoké školy chemicko-technologické v Praze. Fyzika polymerů. *Elasticita* [online]. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/pol/Fyzika%20polymeru/08%20KAPITOLA%206.pdf>.
- [8] Quick Quality Measuring. *Textilní zkušebnictví* [online]. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.qqm.cz/link/textilnizkusebnictvi.pdf>

Seznam příloh

Příloha 1: Vzorek textilie v barvě Pearlgrau.....	59
---	----

Příloha 1: Vzorek textilie v barvě Perlgrau

Materiál: 100% polyester