



# Metalické efekty na krasobruslařských dresech

## Bakalářská práce

**Studijní program:** B3107 – Textil  
**Studijní obor:** 3107R015 – Výroba oděvů a management obchodu s oděvy  
**Autor práce:** Eliška Richterová  
**Vedoucí práce:** prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eliška Richterová**  
Osobní číslo: **T14000126**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Výroba oděvů a management obchodu s oděvy**  
Název tématu: **Metalické efekty na krasobruslařských dresech**  
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

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

1. Proveďte rešerši na téma speciálních optických efektů na textiliích.
2. Navrhněte a laboratorně aplikujte metalické optické efekty vhodné pro využití v krasobruslařských dresech.
3. Použijte komerčně dostupné technologie, metalických efektů na textiliích se pokuste dosáhnout i chemickou deposicí stříbra na povrch vláken.
4. Zakomponujte některé z těchto materiálů do součástí krasobruslařského dresu, věnujte pozornost použité oděvní technologii.
5. Výsledky diskutujte.

Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Cathey, W. T.: Optical information processing and holography, New York, John Wiley & Sons, 1974
- Pelant, I. a Valenta, J.: Luminiscenční spektroskopie, Academia, Praha 2006
- Schubert, F. E.: Light-Emitting Diodes, New York, Cambridge University Press, 2006
- Wissling, P.: Metallic Effect Pigments: Fundamentals and Applications, Hannover, Vincentz Network GmbH & Co KG, 2006

Vedoucí bakalářské práce:

**prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.**

Katedra materiálového inženýrství


Konzultant bakalářské práce:

**Ing. Marie Kašparová**

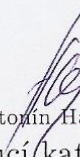
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **14. listopadu 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2016

## **Prohlášení**

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

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

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

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

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

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych touto formou poděkovala panu profesorovi Jakubu Wienerovi, který mi po celou dobu poskytoval velmi cenné informace. Také za jeho čas a trpělivost, jež věnoval konzultacím mojí bakalářské práce.

Poděkování patří také paní Ing. Marii Kašparové, která mi pomáhala při práci v laboratoři a dále pak dalším pracovníkům TUL za výpomoc s měřicími zařízení.

V neposlední řadě jsem vděčná své rodině za její finanční a především psychickou podpory jak při psaní této práce, tak při studiu samotném.

## **Anotace**

Obsahem této práce je studium speciálních optických efektů, především pak metalických, vhodných na krasobruslařské dresy. Teoretická část je zaměřena především na speciální optické efekty, které je možné aplikovat na textiliích. Zabývá se jejich historií, principy fungování, aplikací a využití. Dále je v práci uveden vývoj krasobruslařských dresů a používaných materiálů. V experimentální části se popisuje postup aplikace metalických efektů dosažených chemickou depozicí stříbra na povrch vláken. Další kapitoly se věnují použití metalické fólie na částech krasobruslařského dresu a testování optických a mechanických vlastností zvolené fólie.

**Klíčová slova:** krasobruslení, krasobruslařské dresy, optické efekty, metalické efekty, lesk

## **Annotation**

The content of this bachelor thesis is to study the special optical effects, primarily metallic effects, suitable for figure skating costumes.

The theoretical part deals with special optical effects which is possible to apply on textile. It is focusing on its history, functioning principles, application and usage. The thesis also deals with the development of figure skating costumes and used materials.

The experimental part describes the procedure of application of the metallic effects achieved by a chemical deposition of silver on a surface of the fibers. Other chapters are focused on an application of metallic foil to parts of figure skating costume and testing of optical and mechanical properties of the selected foil.

**Key words:** figure skating, figure skating costumes, optical effects, metallic effects, gloss

## Obsah

Úvod.....	10
1 Rešeršní část.....	11
1.1 Krasobruslařské dresy .....	11
1.2 Speciální optické efekty .....	13
1.2.1 Efekty založené na lesku .....	13
1.2.1.1 Metalické efekty.....	14
1.2.1.2 Holografické efekty.....	19
1.2.2 Efekty na základě svítivosti .....	23
1.2.2.1 Luminiscenční efekty .....	23
1.2.2.2 Efekty s LED diodami.....	27
1.2.2.3 Efekty s optickými vlákny .....	30
1.2.3 Efekty na základě změny barevnosti.....	33
1.2.3.1 Chromismus .....	34
1.2.3.1.1 Fotochromismus .....	34
1.2.3.1.2 Termochromismus.....	36
2 Experimentální část.....	38
2.1 Výběr a charakteristika použitého materiálu.....	38
2.2 Návrh možností aplikace metalických efektů .....	39
2.3 Příprava vzorků s vybranými aplikacemi.....	39
2.3.1 Chemické pokovení.....	39
2.3.2 Nažehlovací metalická fólie .....	45
2.4 Aplikace metalické fólie do částí krasobruslařského dresu .....	47
3 Výsledky a vyhodnocení .....	49
3.1 Použitý materiál .....	49
3.2 Chemické pokovování.....	49
3.3 Nažehlovací metalická fólie .....	52
3.4 Aplikace metalické fólie do částí krasobruslařského dresu .....	60
4 Závěr .....	62
Použitá literatura .....	64
Seznam obrázků, tabulek a příloh .....	67
Příloha I: Naměřené hodnoty lesku u metalické fólie při různých teplotách .....	70
Příloha II: Naměřené hodnoty pevnosti, prodloužení a tažnosti se šitým spojem .....	73

## Seznam použitých zkratek a symbolů

2D	dvou dimenzionální prostor, dvourozměrný obrazec
3D	tří dimenzionální prostor, trojrozměrný obrazec
PVD	Physical Vapour Deposition, fyzikální depozice z plynné fáze
LED	Light-emitting diode, světlo emitující dioda
OLED	Organic light-emitting diode, organická světlo emitující dioda
UV	Ultra violet, ultrafialové záření
PVC	Polyvinylchlorid
PMMA	Polymethylmethakrylát
InGaN	Indium gallium nitride, polovodičový materiál ze směsi galliumnitridu a indium nitridu
CVD	Chemical vapor deposition, chemická depozice z plynné fáze
NASA	National Aeronautics and Space Administration, Národní úřad pro letectví a kosmonautiku

### Chemické vzorce

CaF <sub>2</sub>	fluorid vápenatý
SiCl <sub>4</sub>	chlorid křemičitý
SiO <sub>2</sub>	oxid křemičitý
GeO <sub>2</sub>	oxid germaničitý
Cu <sub>2</sub> HgI <sub>4</sub>	tetra-jodortuťnatan měďný
CoCl <sub>2</sub>	chlorid kobaltnatý
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyselina sírová
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	dichroman draselný
NaOH	hydroxid sodný
SnCl <sub>2</sub>	chlorid cínatý
HCl	kyselina chlorovodíková
AgNO <sub>3</sub>	dusičnan stříbrný
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	dusičnan amonný
NaOH	hydroxid sodný
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	sacharóza
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	kyselina vinná
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	glukóza

### Značky

$\eta$	éta	označení účinnosti
F	force	označení síly
Hs	hustota sloupků pleteniny	
Hř	hustota řádků pleteniny	
Hc	celková hustota pleteniny	



s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient

### Jednotky

GU	gloss units	jednotka lesku
°C	stupeň Celsia	jednotka teploty
g	gram	odvozená jednotka hmotnosti
mm, μm, nm	mili-, mikro-, nanometr	odvozené jednotky délky
cd	kandela	základní jednotka svítivosti
m <sup>2</sup>	metr čtverečný	jednotka obsahu
Ω	ohm	základní jednotka elektrického odporu
kW	kilowatt	odvozená jednotka výkonu
N	Newton	jednotka síly
s	sekunda	základní jednotka času
min	minuta	odvozená jednotka času
mg/l	miligram na litr	hmotnost na jednotku objemu
l/min	litr za minutu	objem za jednotku času
bit/ms	bit za milisekundu	rychlost přenosu jednoho znaku za jednotku času
cd/m <sup>2</sup>	kandela na metr čtverečný	svítivost na jednotku plochy
W/m <sup>2</sup>	watt na metr čtverečný	výkon na jednotku plochy
Nm	Nummer metrisch, číslo metrické	jednotka jemnosti
ml	mililitr	odvozená jednotka objemu

## Úvod

Krasobruslení je druh ledního bruslení, při kterém se předvádí různé skoky, piruety, taneční kroky a jiné předepsané prvky. Řadí se k nejnáročnějším sportům, pro které je charakteristická vysoká míra všestrannosti. Tento sport vyžaduje opravdu vše - obratnost, sílu, vytrvalost, psychickou odolnost, cit pro rytmus a vyjádření hudby pohybem, předvést nejen technicky zvládnuté prvky, ale zanechat i estetický dojem. K zanechání estetického dojmu výrazně přispívá právě krasobruslařský dres, který bývá ovlivňován volbou hudebního doprovodu a charakterem programu.

Stejně tak jako jiné oděvy, prošly krasobruslařské dresy určitým vývojem. Změnily se používané textilní materiály, střihy a ozdoby - korálky, kamínky, atd. V současné době se na krasobruslařské dresy aplikují různorodé efekty, které mnohdy připomínají umělecká díla. Jednou z nejefektivnějších aplikací jsou metalické neboli kovové efekty, které jsou založeny na lesku. Není tak překvapivé, že se tyto efekty hojně využívají právě v krasobruslení.

Předkládaná práce se v teoretické části zabývá vývojem krasobruslařských dresů, používaných textilních materiálů, střihů a zdobných prvků na tyto dresy. Další část se věnuje studiu speciálních optických efektů, jež je možné aplikovat na textilie. Práce pojednává o metalických, holografických, luminiscenčních a svítících efektech. Dále jsou uvedeny efekty na základě změny barvy, známe pod pojmem chromatické.

Praktická část obsahuje charakteristiku vhodného materiálu pro využití v krasobruslařských dresech a možnosti zisku metalických efektů. Zaměřuje se na dosažení těchto efektů chemickou depozicí stříbra na povrch vláken a textilií. Soustředí se na využití komerčně dostupné technologie – metalické fólie, u níž se zabývá najítím nejvhodnějších podmínek pro optické a mechanické vlastnosti. Pozornost je věnována také aplikaci dané fólie na švy dresu, použité oděvní technologii a změně mechanických vlastností.

## 1 Rešeršní část

Teoretická část práce se zabývá vývojem krasobruslařských dressů a různými speciálními optickými efekty.

### 1.1 Krasobruslařské dresy

Krasobruslařský dres je nedílnou součástí každé krasobruslařovy jízdy, měl by zaujmout a dotvářet celkový dojem krasobruslařova výkonu.

V průběhu let se kostýmy značně měnily. Zpočátku se bruslilo v denním oblečení, neexistovaly speciální šaty na tuto aktivitu. Muži oblékali dlouhé kalhoty a bundu, ženy pak bruslily v dlouhých sukních až ke kotníkům. Dlouhé sukně byly velmi nepraktické, neboť v nich nešlo vytvářet složitější prvky. [1]

První, kdo značně zasáhl do historie krasobruslařských dressů, byla norská krasobruslařka Sonja Henie (obrázek 1). Na prvních zimních olympijských hrách (1924) se prezentovala v šatech s krátkou sukní, jejíž délka sahala těsně ke kolenům. Od této doby začaly krasobruslařky upřednostňovat kratší a přiléhavější šaty. V 30. letech se šily převážně saténové šaty s kožešinou doplněné o nylonové punčochy. Během druhé světové války v důsledku nedostatku látky, došlo k dalšímu zkracování a krátká sukně (do půlky stehen) se stala krasobruslařskou normou. V 50. letech začaly bruslaři nosit světlé a jasné barvy. Trendem byly zvonové sukně, které při jízdě vlály. Krasobruslařské šaty byly velmi konzervativní. Šaty měly dlouhé rukávy a hluboké výstřihy byly tabu. Na konci 60. let se prosadila myšlenka krasobruslařského dresu jako jednou kusu oblečení. Sukně se přišívaly k základu dresu a všívaly se různé klínky, aby šaty lépe pasovaly. Do popředí se dostávaly pružné materiály, opět k zajištění většího pohodlí. V 70. letech došlo k prohlubování výstřihu (výstřih do V) a využívání lehčích materiálů. Také se začalo objevovat křišťálové zdobení okolo výstřihu. Do této doby byly krasobruslařské dresy bez výrazných ozdob.

V 80. letech americká krasobruslařka Linda Fratianne přišla jako první s nápadem doplnit svůj dres o korálky, flitry a šifón. Fratianne tak bývá označována za zakladatelku tohoto módního trendu v krasobruslení. Od 90. let už dlouhé rukávy nejsou podmínkou, šaty jsou výraznější a odhalenější. Krasobruslařské dresy se vyrábějí

pouze ze strečových materiálů (především lycry) a jsou ozdobeny velkým množstvím různobarevných krystalů, korálků, flitřů, výšivek, atd.

V současné době jsou krasobruslařské dresy stále více a více propracovanější a kreativnější. Kombinují se různé styly, materiály a barvy. Vznikají tak jedinečná, mnohdy až kýchovitá díla. Krasobruslařské kostýmy bývají výrazně ovlivňovány hudebním doprovodem. Krasobruslař s jeho pomocí může věrohodněji vyjádřit hudbu a ztvárnit konkrétní postavu, olympijská vítězka z roku 2014 Yulia Lipnitskaya, se prezentovala coby děvče v červeném kabátku z filmu Schindlerův seznam, viz obrázek 2. [2]



Obrázek 1: Ukázka dresu z 20. let –  
Sonja Henie [3]



Obrázek 2: Ukázka současného dresu  
– Yulia Lipnitskaya [4]

Podle amerického designéra krasobruslařských dresů Brada Griffies trvá samotná výroba dresu 2-4 hodiny. Další 4-40 hodin, v závislosti na množství, zabere aplikace Swarovski krystalků. Krystalky se musí přidělovat ručně a na jednou kostýmu jich může být více než 100 000.

Cena takových šatů se pohybuje od 1500 do 3000 dolarů. Nejdražší krasobruslařský kostým stál okolo 5000 dolarů. Kvůli ceně mají krasobruslaři 1-2 dresy na celou sezónu. [5]

## 1.2 Speciální optické efekty

Speciální optické efekty lze obecně roztrždit do třech skupin podle charakteristických vlastností.

- Lesk
- Svítivost
- Změna barevnosti

### 1.2.1 Efekty založené na lesku

Lesk je fyzikální vlastnost, kterou se dle normy ČSN ISO 2813 definuje jako poměr světelného toku odraženého ze sledovaného povrchu usměrněného na specifický zdroj a úhlem světelného toku odraženého ze skla s indexem odrazu 1,567 v příslušném směru. U lesklých povrchů se dopadající světlo z daného předmětu odráží v jednom směru. Stupnice zrcadlového lesku je definována tak, že leštěné černé sklo s refrakčním indexem 1,567 má hodnotu 100 při úhlech 20°, 60°, a 85°. Stupeň lesku se vyjadřuje v jednotkách lesku – GU (gloss units). Nejedná se o procentuální vyjádření.

V běžných případech se doporučuje geometrie 60°. Při tomto úhlu se hodnoty mají pohybovat v rozmezí 10 – 70 GU. Při vyšším lesku než 70 GU se využívá geometrie 20°, v opačných případech (matné povrchy) s leskem nižším než 10 GU se volí geometrie 85°.

Optický dojem lesklého povrchu ovlivňuje také typ povrchu materiálu. Stejná barva může vykazovat jiné stupně lesku u jemné struktury a jiné rovného povrchu. To způsobuje rozdílný odraz paprsku od povrchu materiálu, a ačkoliv se stále jedná o lesklou barvu, číselně může lesk odpovídat matné barvě. Konečnou hodnotu lesku mohou ovlivňovat i defekty (prach, otisky prstů, špína) na povrchu textilie.

Pro měření lesku se využívá leskoměrů. Leskoměr je složen ze světelného zdroje a čoček, které usměrní rovnoběžný paprsek na zkoušený povrch a pouzdra receptoru s čočkami, clonou zorného pole a fotometrickou celou. To vede k získání požadovaného kužele odraženého světla.

Měření lesku je založeno na měření intenzity odraženého záření podél různé geometrie. Osy úhlu dopadajícího světla musí být  $(20 \pm 0,1)^\circ$ ,  $(60 \pm 0,1)^\circ$ ,  $(85 \pm 0,1)^\circ$ , vzhledem k normále zkoušeného povrchu. Osa receptoru musí být shodná

se zrcadlovým obrazem osy dopadajícího svazku světla v rozmezí  $\pm 0,1^\circ$ . Plochým rovinným černým sklem se ve středu pole clony receptoru situuje obraz zdroje.

Odečítání hodnot se provádí na měřícím zařízení receptoru. Hodnoty jsou úměrné světelnému toku procházejícímu clonou s přesností 1% po celé škále stupnice. Měřící zařízení se skládá z fotočlánku s bariérovou vrstvou ve spojení s galvanometrem o vysokém odporu. Přístroj dále musí mít nastavování citlivosti, umožňující nastavení proudu fotočlánku na jakýkoliv rozsah stupnice. [6]

Efekty založené na lesku lze rozdělit do třech kategorií.

- Efekty na principu odrazu světla na rozhraní
- Metalické (kovové) efekty
- Holografické efekty

Odras světla na rozhraní vzniká při přechodu světelného paprsku z jednoho optického prostředí do druhého, kde se paprsek částečně odráží a částečně láme. S narůstajícím úhlem dopadu se zmenšuje intenzita procházejícího paprsku a tím se zvětšuje intenzita paprsku odraženého. Jsou – li velké úhly dopadu, odráží se téměř veškeré dopadené světlo od rozhraní dvou prostředí. V tomto případě se rozhraní dvou prostředí chová jako „dokonalé“ zrcadlo.

Prochází – li světelný paprsek z prostředí o vyšším indexu lomu do prostředí o nižším indexu lomu, dochází při jistém hraničním úhlu dopadu k jevu úplného odrazu paprsku na rozhraní dvou prostředí. Tento jev se označuje jako totální odraz na rozhraní. [7]

Další dvě skupiny jsou detailně rozebrány v následujících kapitolách.

### **1.2.1.1 Metalické efekty**

První doložené důkazy o kovových efektech se objevily již v roce 2500 před naším letopočtem v Egyptě. Tam se začalo zlato vytloukat do velmi tenkých plátů. Tyto pláty se pak používaly jako dekorativní vrstva na štukové ornamenty u fasád domů a jiná umělecká díla. Metalické efekty byly velmi extravagantní a drahé, a tak mohly být aplikovány pouze na významné budovy – paláce faraonů nebo chrámy starověkých egyptských bohů.

Technika vytloukání zlata do tenkých plátů se šířila do Mezopotámie, Indie, Korey a také do Japonska, kde jsou první zmínky z roku 800 našeho letopočtu. Přes Řecko a Itálii se tento typ dekorace dostal do Německa. Německá města jako Schwabach, Norimberk nebo Fürth se staly centrem řemeslné výroby zlatých plátů. Při jejich výrobě se vyráběl zlatý prach – boční, odpadní produkt. Tento prach se proto začal používat jako pigment.

Zlaté prachové pigmenty se brzy začaly vmíchávat do inkoustů a barev, což umožňovalo výrobu tiskařských a malířských inkoustů ve zlaté barvě. Tyto barvy se snadněji aplikovaly než zlaté pláty, a tak se jejich využití mohlo rozšířit i na dokumenty, keramiku nebo kožené zboží, avšak i to si stále mohla dovolit pouze vyšší vrstva.

Roku 1760 mistr Albert Huber přišel s tím, že na rozdíl od bronzu, má mosaz podobné zpracovatelské vlastnosti jako zlato. Začaly se tedy vyrábět i mosazné pigmenty. Díky nižší ceně mosazných pigmentů se zvýšil rozsah jejich aplikace a s nárůstem poptávky se začaly vymýšlet různá výrobní zařízení. Georg Benda (1830) vynalezl mlýn, který z tenkých plátů vytvářel jemné pigmenty.

Později v 19. století se začal vytvářet také hliněný prášek, aby se docílilo stříbrných efektů. Okolo roku 1910 americká společnost vynalezla nový proces mletí: hliněné granule byly zpracovávány ve velkých kulových mlýnech za sucha. Nevýhodou bylo, že hliník spolu se vzduchem vytvářel výbušnou směs. Charles Hall našel bezpečný způsob pro výrobu hliníkových pigmentů – mletí suroviny v kulovém mlýnu za mokra. [8], [9]

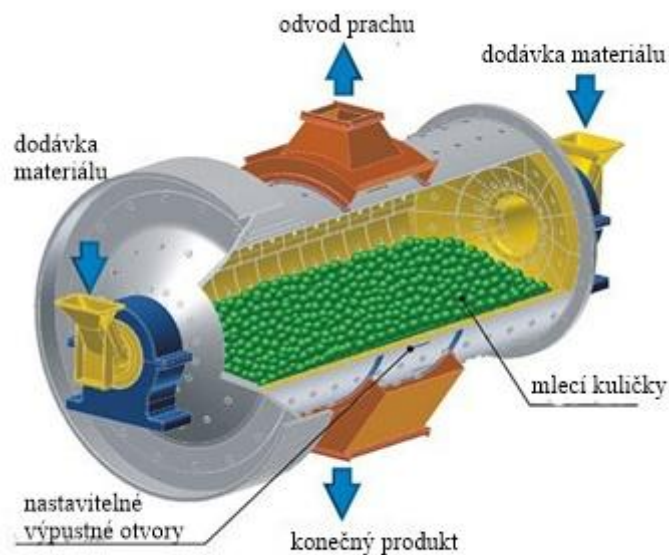
Po druhé světové válce našly tyto pigmenty nové oblasti využití. Používají se v automobilovém průmyslu (metalické laky na auta), kosmetický průmysl (dekorativní make-up) nebo oděvní průmysl. Nabízeny jsou také nátěrové barvy do interiérů. [8],

Hliníkové granule se taví v peci o teplotě 700°C, mírně nad teplotou tání hliníku. Moderní tavící pece pracují podle indukčního principu. Lehký kov v tekuté fázi je rozprašován přes trysku pod vysokým tlakem. Rozprášený kov se ochlazuje a je ve formě izometrické granule. Tyto hliníkové granule jsou připraveny k mletí. V Hallově mlecím procesu za mokra se používá kulový mlýn (obrázek 3), kde jsou hliníkové granule smíchávány s alifatickým uhlovodíkem (např. lakový benzín) a s mazivem (kyselina stearová nebo olejová). Uvnitř mlýnu probíhá mlecí proces, kde se mění velikost hliníkových částic a vytváří se z nich hliníkové plátky. Mazivo

se adsorbuje na vysoce reaktivní hliníkový povrch a na povrch hydrofilní vrstvy oxidu, která se vytváří ihned po mletí. Tím nedochází k nekontrolovatelným reakcím, jako jsou při svařování pigmentů za studena a tvorby aglomerátů. [8]

Z bezpečnostních důvodů jsou hliníkové pigmenty prodávány jako pasty. Komerční produkty obsahují 65% hliníku a 35% rozpustného vysoce kompatibilního lakového benzínu (nafty).

Speciální skupinou hliníkových pigmentů jsou PVD (Physical-Vapour-Deposition) pigmenty. Tyto pigmenty jsou unikátní pro svůj zrcadlový efekt. V porovnání s obyčejnými hliníkovými pigmenty mají vyšší lesk a jas. Výroba PVD pigmentů je založena na PVD technologii, kde se materiál (hliník) vypařuje a ukládá ve formě tenké vrstvy na substrátu. Díky této technologii docílují částice perfektního povrchu. [8], [10]



Obrázek 3: Kulový mlýn na výrobu hliníkových pigmentů [11]

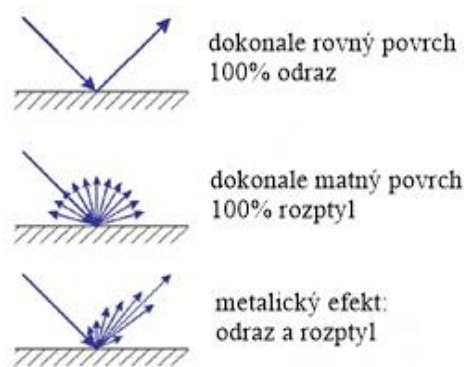
Hlavní materiál pro výrobu mosazi je vysoce čistá měď a zinek získaný z elektrolytického procesu. Oba kovy jsou slity s přídavkem hliníku jako redukčního činidla. Finální barva mosazi je závislá na poměru mědi a zinku. Obsah mědi bývá v rozmezí 70 – 100%, protože mosazné pigmenty mají charakteristickou barvu nazývanou přírodní tóny.

Proces výroby mosazných pigmentů je založen na rozprašování roztaveného kovu. Kov vytváří nepravidelné kovové granule, které jsou zpracovávány v kulovém mlýnu s ocelovými kuličkami. Uvnitř se za pomoci kyseliny stearové vytváří mosazné



vločky. Mazivo slouží především k inhibici, ke snížení aktivity enzymu, svařování za studena kovových částic. Na rozdíl od výroby hliníkových pigmentů se mosazné pigmenty získávají z procesu mletí za sucha. Mosazný prach nemá tendenci s přítomností kyslíku explodovat. [8]

Metalické efekty jsou vnímány lidským okem, na základě kombinace zrcadlového odrazu (ideálně rovný povrch) a rozptylu (ideálně matný povrch) na metalických pigmentech (obrázek 4). Pro optimalizaci metalických efektů, je nutné, aby zrcadlový odraz byl maximální a rozptyl minimální. [10]



Obrázek 4: Princip metalických efektů [10]

Optický dojem závisí především na:

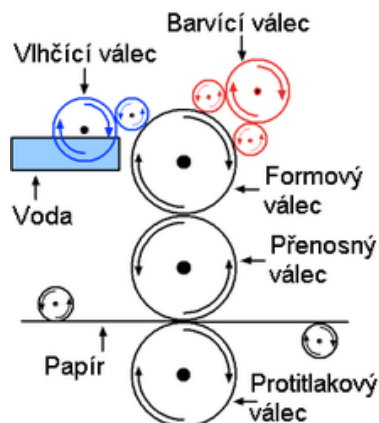
- Typu kovu (hliník, mosaz, atd.)
- Smáčení pigmentu
- Hladkosti povrchu pigmentových částic
- Velikosti částic
- Tvaru, tloušťce vloček

Metalické efekty jsou během běžné výroby vystaveny silným mechanickým silám, které často vedou k nerovnoměrné tloušťce částic a také k povrchovým defektům.

Požadované vlastnosti u metalických efektů jsou: odstín, jas, lesk, krycí schopnost, síla tónování a třpytivý efekt. [8]

Nejčastěji se kovové efekty nanášejí tiskem - ofsetovým tiskem či sítotiskem. Ofsetový tisk je jedním z typů nepřímého tisku z plochy, to znamená, že vzor není na potiskový materiál přenášén přímo z tiskové formy obepínajícího formového válce, ale prostřednictvím mezičlánku (obrázek 5). Mezičlánkem je ocelový přenosový válec

potážený gumovým povlakem. Tyto stroje se vyrábějí rotační a jejich základem je soustava válců. Formový válec nese tiskovou formu, přenosný válec, barvicí válce, vlhčící válec a tlakový válec. Během otáčení se formový válec nejprve navlhčí, a poté se nanese barva. Následuje přenos vzoru na přenosný válec. Vzor se otiskne na gumový povrch přenosného válce a až poté dojde k přetisku na materiál. U suchého ofsetu funguje stejný princip, avšak je vynechána část s vlhčením a vlhčící válec chybí. [12]



Obrázek 5: Princip ofsetového tisku [13]

Sítotisk je metodou průtlačného tisku. Princip sítotisku je unikátní a je založen na principu protlačování barvy skrze síto. Síto je vybaveno rámem, na kterém je napnutá síťovina, také je upraveno tak, aby některá místa byla pro barvu průchozí a jiná ne (v závislosti na motivu). Pro vícebarevný motiv je zapotřebí více sít s vlastní barvou či motivem. Motiv lze nanášet různými technikami (např. fotomechanická technika). Po přípravě motivu nastává proces tisku. Nanese se barva, která se následně pomocí těrky protlačí průchozími otvory v sítu na potiskovaný materiál. [14]

Existují také jiné způsoby aplikace metalických efektů. Na trhu jsou běžně dostupné nažehlovací metalické fólie, například firma Ki-Sign. Uvedený výrobce nabízí fólie v různých barevných variacích. V nabídce jsou také metalické barvy na textil.

Další metodou je chemické pokovování částicemi stříbra na povrch textilie. Publikace Receptář pro elektrotechniku od Jana Škeříka staví experiment na kombinaci pěti po sobě jdoucích úprav – předčištění (extrakce materiálu), moření (v kyselině chrom sírové), před úprava materiálu (v roztoku chloridu cínatého a kyseliny chlorovodíkové), pokovení (v roztoku dusičnanu stříbrném, amonném, hydroxidu sodném, kyselině vinné a sacharóze) a konečná úprava materiálu (oplach a sušení). [15]

Obdobný princip postříbření aplikovala skupina vědců z čínského institutu textilu a oděvu v Hong Kongu, kde touto metodou docílili zvýšení hmotnosti bavlněných (z 1,44g na 1,60g) a polyesterových vzorků (z 0,72 g na 0,84 g) vzorků, což

je nárůst o 11,1% a 16,7 %. Testované textilie dosáhly nejen nárůstu hmotnosti, ale také zvýšení elektrické vodivosti, antibakteriálních vlastností nebo lesklých, metalických efektů. [16]

Detailnější popis chemického pokovování je uveden v experimentální části, neboť byl předmětem práce.

### **1.2.1.2 Holografické efekty**

Za objevitele hologramu je považován anglický fyzik (maďarského původu) Dennis Gabor. K objevu holografie ho vedla snaha o zdokonalení elektronového mikroskopu. V letech 1947 – 1948 se mu podařilo získat první plošné hologramy při ohybu paprsků rtuťové výbojky. Vycházel z domněnky, že každá část vlny obsahuje celou informaci o původním zdroji, a že tyto informace mohou být uloženy na film a reprodukovány. Další pokroky ve vývoji holografie začaly až po objevu laseru v roce 1962.

Americký radiofyzik Leith a optik Upatnieksa roku 1963 vyloučili vzájemné překrývání skutečného a neskutečného obrazu. Kvalita obrazu byla zvětšena difuzním osvětlením předmětu. Při takovémto osvětlení každý bod předmětu vysílá široký svazek paprsků. V jehož důsledku pozorovatel (při rekonstrukci) vidí při pohledu přes libovolný bod hologramu současně celý předmět. Tento předmět má všechny vlastnosti trojrozměrného objektu, o nichž se zmínil již Gabor ve své první práci v roce 1948.

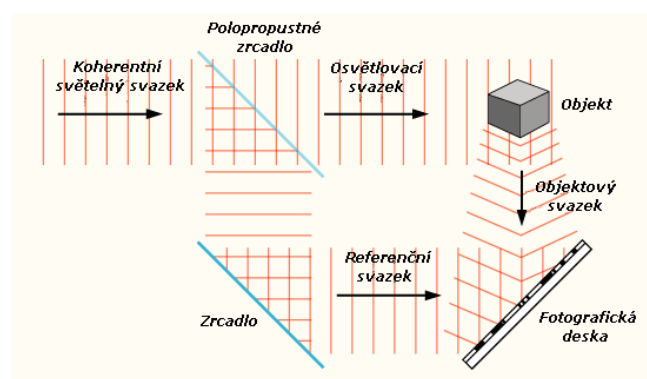
K rozvoji tohoto oboru přispěl taktéž George Stroke, který vypracoval schémata holografických zařízení a teoreticky zdůvodnil možnost konstrukce rentgenového holografického mikroskopu. Roku 1962 sovětský vědec J. N. Denisjuk uveřejnil práci o objemových hologramech. Na rozdíl od klasické Gaborovy metody, kde dopadal na fotografickou desku předmětový i referenční svazek z jednoho směru, Denisjuk volil protichůdný směr šíření obou světelných svazků. Tím bylo možné zaznamenat hologram neprůhledných odrážených předmětů. [17], [18]

Pojem hologram je složeninou z řeckých slov holos (všechno) a grafo (záznam). Význam samotného slova je úplný nebo dokonalý záznam o vlně – záznam amplitudy i fáze. To znamená, že pomocí holografie lze zaznamenat prostorové objekty odrážející světlo i prostorové transparentní objekty, a to trojrozměrně na rozdíl od fotografie

na kamerovém záznamu, ty prostorové objekty zaznamenávají pouze dvojrozměrně. V záznamovém prostředí působením světla dochází k trvalým změnám jeho fyzikálních vlastností. Takové záznamové prostředí může být fotografická emulze na bázi světlo citlivých sloučenin stříbra nebo dnes nejpoužívanější prostředí holografické interferometrie.

U holografie by světlo mělo být chápáno jako vlnění. Při odrazu a lomu světla využívá fotografický přístroj intenzitu světla a ne jeho fázi, uplatňuje se zde vlnová povaha světla. Předmět musí být osvětlen koherentním svazkem, jehož jednotlivé části mají časově neměnný fázový rozdíl. Povrch předmětu rozptyluje dopadající světlo. Jestliže dopadající světlo dopadne na fotografickou desku, způsobí v emulzi zčernání, odpovídající výsledné amplitudě světelných kmitů v příslušném místě. Výsledná amplituda je výsledkem působení paprsků rozptýlených na všech bodech tělesa, které následkem koherence<sup>1</sup> interferují. Záznam na fotografické desce obsahuje informace o intenzitách a fázích světelných paprsků rozptýlených na celém tělese. [18]

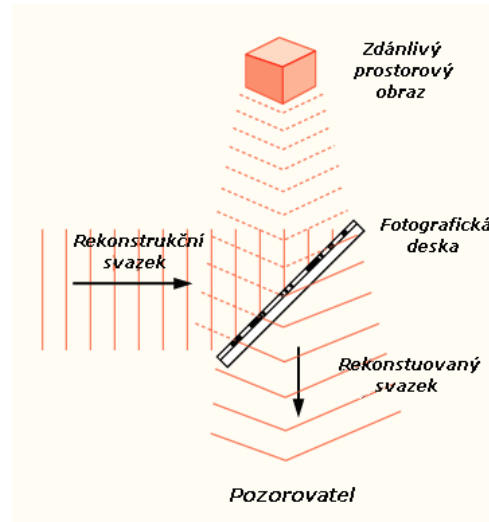
Na hologram se nezaznamenává obraz předmětu, ale struktura světelné vlny, která se odrazila a rozptýlila na předmětu. Hologram vzniká na základě širokého laserového paprsku, který se za pomoci polopropustného zrcadla rozdělí na dva svazky (obrázek 6). První ze svazků dopadá na předmět přímo a jeho odrazem od určitého předmětu vzniká předmětový svazek. Ten má v sobě zanesenou informaci o fázi odražené vlny. Druhý svazek, který se nazývá referenční, dopadá odrazem od zrcadla na stejné místo jako svazek předmětový. Tím na fotografické desce vzniká po vyvolání interferenční obrazec – hologram. Hologram je složen z nepravidelně rozmístěných interferenčních maxim a minim. [19], [20]



Obrázek 6: Princip vzniku hologramu [20]

<sup>1</sup> Koherence: charakterizuje pravidelné změny nebo stálosti základních charakteristik vlny (frekvence, amplitudy, atd.) v prostoru.

Při rekonstrukci (obrázek 7) dojde k osvětlení hologramu laserovým světlem pod úhlem, který je shodný jako při vytváření hologramu. Ohybem tohoto paprsku se vytvoří světelné pole na hologramu a to odpovídá prostorovému obrazu původního předmětu. [19], [20]



Obrázek 7: Princip rekonstrukce hologramu [20]

Hologramem projdou jen ty paprsky, které odpovídají paprskům předmětového svazku při vzniku hologramu. Ostatní paprsky se odrazí nebo jsou pohlceny. Hologram je systém čar, které jsou jemnými vrypy v povrchu. Struktura tohoto systému čar je velmi hustá a stává se opticky aktivní. To způsobuje, že se obrazec či předmět při různých úhlech pohledu mění. [19], [20]

Existují různé typy hologramů, například:

- 2D hologram – dvojrozměrný obrazec, jež při změně úhlu pohledu mění svoji barevnost
- Kinegram – sekvence na sebe navazujících obrazců zapsaná do hologramu, při změně úhlu pohledu vykazují pohybový vjem
- 3D hologram – trojrozměrný obrazec, který se jeví jako plně prostorový (musí být bodově nasvíceno)
- Dot matrix hologram – plocha 2D hologramu je rozložena na malé plošky (0,03 x 0,03 mm, sestavením těchto plošek vzniká grafický obraz

[20]

Nejpoužívanějšími materiály, do nichž se holografické struktury lisují, jsou polyester, polypropylen, PVC, nylon a papír. Většina hologramů se dodává ve formě samolepicích etiketových materiálů, pro jejichž výrobu se používá speciální destruktivní

fólie. Ta způsobuje, že při pokusu o odstranění nalepeného hologramu zůstane hologram na podložce společně s lepidlem a oddělí se pouze nosný polymer etikety. Samolepicí etiketové materiály se vyrábí ve třech základních provedeních. Ty, které umožňují částečnou, celoplošnou nebo inverzní destrukci.

Druhou velmi rozšířenou skupinou materiálů jsou horko-ražebné fólie, ty bývají určeny především pro strojovou aplikaci. Horko-ražebné fólie se za tepla zalisovávají přímo do materiálu, k němuž dokonale přilnou. Stejně jako u destruktivních etiket dochází při sejmutí hologramu k jeho destrukci. [18]

Hologramy, svojí jedinečností, mají široké využití. Slouží jako bezpečnostní prvky na bankovkách, důležitých dokumentech a dalších výrobcích, u kterých hrozí padělání.

Na plochu 25 x 25 mm je možno zaznamenat až 180 000 000 symbolů a díky své struktuře obsahují až 14 bezpečnostních prvků, jsou absolutně nepadělatelné.

Stále více uplatnění nacházejí v obalovém průmyslu – etikety na kosmetiku, léky, drogistické zboží, alkohol, cigarety, elektroniku atd. Svě zastoupení mají holografické efekty i v oděvním (obrázek 8) či kosmetickém (laky na nehty) průmyslu, kde slouží jako dekorativní prvek. [20], [21]



Obrázek 8: Holografické efekty v oděvním průmyslu [22]

## 1.2.2 Efekty na základě svítivosti

V současné době jsou velmi populární svítící efekty, pro něž je charakteristická jejich svítivost. Svítivost je základní fotometrická veličina. Fotometrické veličiny jsou omezeny pouze na záření viditelné lidským okem. Bývají definovány podle citlivosti lidského oka a jsou tak závislé na barevném složení zkoumaného záření.

Značí se  $I$  a její jednotka je kandela (cd). Svítivost vyjadřuje rozdělení světelného toku do různých směrů, do kterých vyzařuje zdroj světla. Udává jakousi hustotu světelných paprsků v závislosti na konkrétním směru. Hodnota svítivosti (hustota paprsků) se nemění se změnou vzdálenosti od světelného zdroje, zůstává stále stejná.

Světelný tok je pak dán součinem svítivosti (hustoty paprsků) a úhlu, do kterého byly paprsky vyzářeny. Světelný tok představuje celkový počet paprsků. Tím vzniká světlo. [23]

Tuto kategorii lze rozčlenit na:

- Luminiscenční efekty
- Efekty s LED diodami
- Efekty s optickými vlákny

### 1.2.2.1 Luminiscenční efekty

První zmínky o luminiscenčních látkách byly zaznamenány v Japonsku již v 10. století – rok 990. Tam se získávaly a vyráběly fosforeskující látky z těl ústřic, a poté se jimi malovaly obrazy. Počátek 17. století se označuje jako nesystematické hromadění faktů. Docházelo k náhodnému pozorování, neuspořádaným pokusům a hypotézám. Z tohoto období již pochází podrobnější záznamy o objevu luminiscence pevných látek. Na konci 19. století se prvně zavedl pojem luminiscence. Původ termínu vycházel z latinského slova lumen – světlo, tak byl pojmenován efekt vyzařovaný fluoritem  $\text{CaF}_2$ . Na základě tohoto jevu se začalo používat označení fosforescence a fluorescence. Značný pokrok ve výzkumu vlastností luminiscenčních efektů nastal až na začátku 20. století. Luminiscenční látky ovlivňovaly rozvoj rentgenové techniky, oscilografie a později i televizní techniky. Před 2. světovou válkou zaujaly místo také

v osvětlovací technice. Zajímavostí je, že i dnes existují některé neobjasněné teorie luminiscenčních látek. [24], [25]

V současné době je využití luminiscenčních materiálů velmi všestranné. Jsou nedílnou součástí bezpečnostních prvků, ať už se jedná o uniformy hasičů či policistů, silniční značení nebo oděvů pro sportovce. Také slouží jako dekorativní prvek v domácnostech - záclony, ubrusy, tapety. Své uplatnění našly tyto materiály také mezi dětskými hračkami v podobě lampiček nebo svítících prvků na zdech pokojů. Nemalé zastoupení mají v optoelektronice (luminiscenční diody), v lékařství nebo i v chemii.

Luminiscenční efekty jsou založeny na principu luminiscence. Z termodynamického hlediska je luminiscence nerovnovážně záření, u kterého je zapotřebí dodat látce nadbytečnou energii oproti energii, kterou si běžně vyměňuje se svým okolím. Poté se tato energie přemění na světelné luminiscenční záření. Ta se označuje jako excitační nebo budící energie.

Mechanismus luminiscence lze rozdělit na dvě fáze. V první fázi dochází k předání energie luminoforu a jeho následné excitaci (vybuzení). Excitace je převedení některých elektronů do vyšších energetických stavů v důsledku pohlcení určitého množství energie. V druhé části se předává energie z vybuzeného luminoforu. Obecně se mechanismus luminiscence může dělit na tři etapy – absorpce energie, přenos energie a vyzáření energie ve formě světelného kvanta.

Podle formy energie, která vstupuje do luminoforu při jeho excitaci, rozlišujeme několik druhů luminiscence.

- dle doby dohasínání
- dle způsobu buzení
- dle chemického složení

Rozdělení dle doby dohasínání je z historického hlediska nejstarší a má určitou spojitost s rozvojem oboru. Tuto kategorii můžeme dále rozdělit na fluorescenci, zpožděnou fluorescenci a fosforescenci. Fluorescenci lze chápat jako světelnou emisi během excitace, po jejímž působení ihned zmizí. Označuje se tedy jako emise světla s neměřitelně krátkou dobou dohasínání. Zpožděnou fluorescenci se označuje fluorescence, která má stejný průběh během excitace, avšak má delší dobu dohasínání. Fosforescence je chápána jako světelná emise, kde při dohasínání jsou světelné efekty viditelné lidským okem. Jejím základem jsou elektrony, které jsou excitovány do vyšších energetických stavů, a kde dochází k reálné absorpci elektronové excitační



energie v látce a postupné transformaci. Poté, co se přeruší dodávka excitační energie, ještě poměrně dlouho luminiscence dohasíná. [25]

Do kategorie dle způsobu buzení můžeme zařadit několik typů luminiscence. Mezi nejznámější patří fotoluminiscence. Tato luminiscence bývá vyvolávána energií dopadajícího elektromagnetického záření. Stokesův zákon říká, že vybuzené světelné záření má vždy větší vlnovou délku než záření budící. Ojedinele lze tento jev vyvolat viditelným světlem, častěji se však využívá ultrafialového nebo rentgenového záření.

Elektroluminiscence bývá definována jako přímá přeměna elektrické energie na světlo. K této přeměně dochází v případě, když je elektroluminiscenční materiál v elektrickém poli. Projde-li elektrický náboj luminoforem, dojde k uvolňování energie excitovanými elektrony, která je ve formě fotonů tedy světla. V praxi se s tímto typem luminiscence setkáváme u kalkulaček pracujících na bázi kapalných krystalů nebo u svítících dopravních panelů v dopravních prostředcích.

Termoluminiscence bývá vyvolávána zahříváním části na několik °C. Látka se vystavuje ionizujícímu záření, ta si danou energii uchová a po zahřátí ji vydá ve formě světla. [24], [25]

Bioluminiscence způsobuje, že některé živé organismy světélkují. Těla těchto živočichů obsahují dvě důležité látky, díky nimž je světélkování umožněno. Jedná se o luciferin a luciferázu – enzym. Za přítomnosti kyslíku začne luciferin oxidovat a vzniká oxyluciferin. Tím se molekula luciferinu dostane do excitovaného stavu a vydává světlo. Enzym luciferáza celou reakci katalyzuje. Bioluminiscenční organismy si mohou luciferin sami vyrábět, nebo ho mohou přijímat ve formě potravy. Některé bioluminiscenční bakterie způsobují modrozelené světélkování moří, jiné bývají využívány vědci z různých oborů – k detekci toxických látek v životním prostředí, upozornění na kontaminaci vody, potravin či krve. Zajímavostí je, že NASA (Národní úřad pro letectví a kosmonautiku) použila bioluminiscenční bakterie ke zkoumání povrchu planety Mars.

Bioluminiscence slouží organismům jako obranný mechanismus proti predátorům. Světelný záblesk má oslepit predátora a umožnit tak luminiscenčnímu živočichovi uniknout. Další funkcí je komunikace. Světlušky využívají luminiscenci při námluvách – samečci světélkují a poletují a samičky je pozorují. [26]

Další typy luminiscence podle způsobu buzení jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Další typy luminiscence dle způsobu buzení

Jev	Vyvolávací faktor
Chemoluminiscence	Chemická reakce
Sonoluminiscence	Zvuk
Radioluminiscence	Radiace
Optoluminiscence	Vedení světla
Triboluminiscence	Tření
Krystaloluminiscence	Krystalizace
Mechanoluminiscence	Mechanické deformace
Rentgenoluminiscence	Rentgen
Fraktoluminiscence	Lámání

[27]

Podle chemického složení luminoforu dělíme luminiscenci na organické luminofory (roztoky, krystaly) a na anorganické luminofory (skla, krystalofosfory).

Luminiscenční látky se nejčastěji vyrábějí ve formě práškových materiálů. Hlavním důvodem je nejjednodušší výroba a velmi snadné nanášení na materiál v tenkých vrstvách. Důležitým technickým parametrem pro práškové materiály jsou velikosti krystalů, během výroby se upravuje velikost jejich zrn. Rozmezí velikosti těchto zrn je relativně široké – od zlomku mikronu do několika desítek mikronů. Dále také záleží na indexu lomu a jakosti povrchu.

Luminiscenční barviva se aplikují z kapalného prostředí, kde jsou zcela nebo částečně rozpustná. Jejich typické vlastnosti jsou:

- Silně absorbují ve viditelné oblasti světla
- Vykazují afinitu k textilnímu nebo jinému substrátu
- Dosažená vybarvení vykazují přinejmenším minimální stálosti

Pigmenty mění barvu odraženého světla na základě selektivního pohlcování určitých vlnových délek. Spektrům odražených vlnových délek je pak dána výsledná barva.

Dělení pigmentů je velmi různorodé. Mohou být organické i anorganické, v obou skupinách se mohou vyskytovat jak přírodní tak i uměle vyráběné – syntetické – materiály. Nejčastěji se jedná o jemnozrné hmoty s velikostí částic 0,2 – 10  $\mu\text{m}$ .

Taktéž existuje celá řada typů pigmentů – klasické, bílé, pestré, organické, anorganické, luminiscenční, fotoluminiscenci.

Luminiscenční pigmenty se řadí do skupiny barviv se speciálními vlastnostmi. Jsou to sloučeniny, které mění barvu na základě vnějšího podnětu. Princip je založen na pohlcení fotonu barvivem a jeho následným vyzářením z molekuly. Energie vyzářeného fotonu je menší než světlo pohlcené (1. Stokesův zákon). Zbývající energie ve formě tepla se pak předává do okolí. Barviva, která absorbují infračervené světlo a emitují ho, jako viditelné nemusí být v souladu se Stokesovým zákonem.

Fotoluminiscenční, známé také jako fluoreskující pigmenty, jsou práškové pigmenty, které za denního světla absorbují světelné záření. V noci či za tmy pak mění svoji barvu, která má zářivě svítící efekt. Koncentrovaný fotoluminiscenční pigment je vyráběn v několika barevných odstínech. Bývá využíván v různých koncentracích v závislosti na požadovaném jasu a délce trvání fosforeskujícího efektu. Doba svítícího efektu může dosahovat až 10 hodin. Tyto pigmenty nejsou toxické ani jedovaté, taktéž neobsahují žádné radioaktivní látky, nerozkládají se a odpad nebo samotná látka neohrožuje zdraví ani životní prostředí. [25]

### **1.2.2.2 Efekty s LED diodami**

Historie LED diod sahá na počátek 20. století, kdy byl objeven fyzikální jev elektroluminiscence. V roce 1907 britský inženýr Henry Joseph Round objevil, že anorganické látky po excitaci elektrickým proudem vydávají světlo. Tento objev publikoval téhož roku v časopise *Electrical World*. V roce 1928 ruský fyzik Oleg Lossev znovu pozoruje a detailně popisuje světelné emise, které uvedl Round. O několik let později (1935) francouzský fyzik Georges Destriau objevuje světelné emise v sulfidu zinečnatém a nazývá je po ruském fyzikovi „Lossevovo světlo“. Významným krokem k současným LED diodám byl vývoj tranzistoru, po něm bylo možné vysvětlit vyzařování světla. Roku 1962 byla na trh uvedena první LED dioda vydávající světlo o viditelné vlnové délce. V dalších letech, kdy se vyvíjí nové polovodičové materiály, se začínají vyrábět LED diody v jiných barvách (zelená, oranžová, žlutá). Zvyšuje se i jejich výkonnost a účinnost. Japonský profesor Shuji Nakamura v roce 1993 vyvinul první jasně modrou LED diodu a diodu svítící v rozsahu

zeleného spektra. Tato dioda se označuje jako InGaN. Později navrhl i bílou LED diodu. O dva roky později byla představena LED dioda s bílým světlem vzniklým transformací pomocí luminoforu. V současné době se rozvíjejí organické světelné diody (OLED). Ty jsou považovány za technologii budoucnosti a v běžném životě se s nimi můžeme setkat například v mobilních telefonech. [28], [29]

LED diody se stávají jedním nejpoužívanějším umělým osvětlením. Zkratka LED vychází z anglického slovního spojení light-emitting diode, což v překladu znamená světlo emitující dioda. Diody postupně nahrazují žárovky a zářivky. Tento proces má několik důvodů. LED diody jsou výhodnější jak z hlediska energetického, tak i z ekologického a technického.

Tento druh osvětlení přináší řadu výhod:

- polovodiče<sup>2</sup> mají jednu z nejvyšších účinností přeměny elektrické energie na světlo
- pracují s menšími proudy a napětími
- malé rozměry
- možná ekologická výroba a likvidace
- rychlé rozsvěcení a zhasínání
- velká svítivost
- možné ladění barveného spektra vyzařovaného světla (od infračerveného do ultrafialového)
- odolnost vůči vnějším vlivům, častému vypínání/zapínání a dlouhá životnost

[30]

Díky těmto vlastnostem jsou vhodné pro použití ve všech odvětvích. Dnes se s těmito prvky můžeme setkat téměř kdekoliv. Ať už se jedná o osvětlení v domácnosti či v pouličních lampách, o velkoplošné obrazovky nebo o dekorační prvky. LED diodová osvětlení se zavádějí i ve významných světových památkách. Pařížský chrám Notre Dame je nyní osvětlen 400 LED diodovými svítidly. Ze 140 kW klesla spotřeba elektrické energie na 30 kW, což je téměř 80 %. Kromě toho se předpokládá dlouhá životnost – 13 let při 10 hodinách svícení denně. To dokazuje, že energetické výhody jsou významné. Další z novinek je zasazení LED diodových světel do sprchové hlavice, která následně mění barvu v závislosti na teplotě vody. Tento trend

---

<sup>2</sup> Polovodič: pevná látka, která sama o sobě není vodivá. Po přidání energie zvenčí (elektrické, tepelné či světelné) nebo změnou složení jiným prvkem se vodivou stane.

se nevyhýbá také oděvnímu průmyslu. Pletené svetry se doplňují o led diodová světélka, podrážky bot či tkaničky se osvětlují nebo také krasobruslařské brusle (obrázek 9) mohou mít tyto světelné efekty. [31]

Největší světelná textilie na světě byla představena společností Royal Philips v Drážďanském nákupním středisku Centrum Galerie. Její plocha je 37 m<sup>2</sup>. Tloušťka textilie 120 mm. Její svítivost a světelný tok se pohybují v rozsahu od 450cd/m<sup>2</sup> při 18 W/m<sup>2</sup> do 780 cd/m<sup>2</sup> při 38 W/m<sup>2</sup>. Světlo lze ztlumit na 10 %. [32]



Obrázek 9: Využití LED diodových světel na krasobruslařské brusle [33]

LED diodová světla mají také určité nevýhody. Jelikož je polovodič základem LED diodových světel, musí být zapojován pouze v propustném směru – stejnosměrný proud. Je-li zapojen do běžné zásuvky se střídavým proudem, musí být LED svítidlo doplněno o usměrňovač.

Polovodičová dioda je elektronická součástka, která má dva vývody – katodu a anodu. Tato dioda umožňuje tok elektrického proudu od anody ke katodě, v opačném směru nikoliv. LED dioda je jeden z typů této součástky, která vyřazuje světlo pomocí spontánní energie, funguje tak na základě elektroluminiscenčního jevu na polovodičových materiálech.

Základní stavební prvek je P-N přechod. Princip fungování je založen na přebytku kladných děr v polovodiči P a na přebytku volných elektronů v polovodiči N. Dojde-li ke spojení těchto dvou vrstev, zaniknou volné nosiče nábojů, jelikož se uskuteční rekombinace elektronů s kladnými děrami. Zbylé nepohyblivé ionty zapříčiní vznik elektrického pole na přechodu. Směr elektrického pole brání volným nosičům přechod přes rozhraní. Pokud se připojí zdroj kladným pólem k vrstvě N a záporným k vrstvě P, zesílí se elektrické pole na přechodu P-N a ztíží přechod nosičů

náboje. Součástka nepropouští proud. Připojí-li se zdroj opačně (kladný pól na P a záporný na N) dojde naopak k zeslabení elektrického pole, nosiče náboje mohou volně procházet a součástka vede proud. Při průchodu proudu přes P-N přechod se začne uvolňovat energie. Tato energie může být ve formě tepla, UV záření, nebo okem viditelného záření. [30], [34]

LED diody se vyrábějí s různými vlnovými délkami od ultrafialových, přes různé barvy viditelného spektra až po infračervené. LED diody mají poměrně úzké spektrum barev, jsou pouze jednobarevné. Barva světla (vlnová délka), kterou LED diody vyzařují, je závislá na chemickém složení polovodiče. Zajímavostí je, že vývoj modré a bílé LED diody měl dlouhé trvání. Jedna LED dioda nedokáže vyrobit bílé světlo. K její výrobě je zapotřebí smíchat základní barvy světelného spektra (červená, modrá a zelená). Kombinace těchto barev vyvolává vjem bílé barvy.

Starší LED diodová svítidla obsahovala diody různých barev, jejichž světlo se ve svítidle mísilo. Současné bílé LED diody mají polovodičový čip ve spojení s luminoforem, tedy látkou schopnou světlo zachytit a opět vyzářit. Barvy světel jsou pak odlišné, mísí se přímo na čipu. [30]

### **1.2.2.3 Efekty s optickými vlákny**

Pojmem optické vlákno bývá označována dielektrická struktura – vlnovod. Nejčastěji má válcovou symetrii a podélný rozměr bývá několikanásobně větší než příčný. Optické vlákno se skládá z optického jádra s vyšším indexem lomu a optického obalu s nižším indexem lomu. Toto vlákno přenáší světlo ve směru své podélné osy.

Přenos světla vlnovody se datuje již od 19. století. Roku 1841 švýcarský profesor Daniel Colladon prezentoval během své přednášky pokus, ve kterém bylo vedeno sluneční světlo pomocí proudu vody vytékající ven z nádrže. Jeho pokus dále prezentoval anglický fyzik John Tyndall v Londýně. V roce 1891 byla na tomto principu vybudována Křížíkova fontána na pražském Výstavišti.

O několik let později (1966) čínský fyzik Charles Kuen Kao publikoval článek, ve kterém byla popsána problematika optického přenosu v optických vláknech. Zaměřoval se na otázky optických ztrát a disperze. Bylo zjištěno, že amorfní materiály,

především křemenné sklo, jsou pro tento účel jedinečné. Za celoživotní práci v této oblasti mu byla roku 2009 udělena polovina Nobelovy ceny za fyziku.

Princip vedení světla v optických vláknech se zakládá na jevu úplného vnitřního odrazu paprsku na rozhraní jádra a obalu. Úplný odraz vyplývá ze Snellova zákona. Ten říká, že poměr sinů úhlu dopadu a lomu je pro určitá dvě prostředí ( $n_1$ ,  $n_2$ ) stálý a rovný poměru velikosti indexu lomu (rychlosti vlnění) v jednotlivých prostředích. Paprsek, který je navázán do jádra optického vlákna se šíří z jednoho konce na druhý na základě úplného odrazu na rozhraní mezi optickým jádrem (s vyšším indexem lomu) a obalem (s nižším indexem lomu).

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Základní charakteristiky optických vláken jsou následující:

- Numerická aparatura – jak velký je maximální vstupní nebo výstupní úhel paprsku, který se ještě může navázat do vlákna
- Optický útlum – charakterizuje optické ztráty vlákna způsobené absorpcí a rozptylem světla při jeho průchodu vláknem
- Disperze
- Struktura vlákna
- Index lomu

Příprava optických vláken probíhá ve dvou základních krocích: příprava tzv. performy a vlastním tažením vlákna. Performou se rozumí skleněná tyčinka, je to jakýsi polotovar pro tažení vlákna. Ta musí být vyrobena z velmi čistého materiálu, a tudíž se využívá tzv. CVD postupu – depozice z plynné fáze. Příprava skla vychází ze spalování par výchozích látek –  $\text{SiCl}_4$  (chlorid křemičitý) a získávají se tak jednotlivé tenké vrstvy. Tyto vrstvy mohou odpovídat požadovaným strukturám v podobě jemných profilů indexu lomu.

Hotová performa se vloží do pece na optická vlákna a po rozehrání ( $2000^\circ\text{C}$ ) odkápne kapka, ze které se vytáhne tenké vlákno. To se navine do navíjecího zařízení s rychlou zpětnou vazbou a bezkontaktním měřením průměru. Tím se zajistí stabilita průměru vlákna. Pro zajištění ohebnosti a předejití křehnutí vlákna se na skleněný

povrch nanáší polymerová vrstva, která vlákno chrání před vlhkostí a vnějšími mechanickými vlivy. [35]

Optická vlákna se dělí podle materiálu, ze kterého se vyrábí:

- Plastová
- Skleněná

Plastová optická vlákna se dříve vyráběla z perfluorovaných polymerů. Poté se začaly používat polymery fluoru na obal a PMMA (Polymethylmethakrylát) pro jádro. Průměr plastových optických vláken se pohybuje okolo 1000  $\mu\text{m}$  a vydrží větší mechanické namáhání - hůře se ohýbají a obtížněji se zlomí. Snadněji se instalují do funkčních struktur, jsou méně technicky náročná a výrobní náklady jsou oproti skleněným optickým vláknům také nižší. Mezi nevýhody plastových optických vláken se řadí vysoký útlum při přenosech na delší vzdálenosti.

Základní složkou pro výrobu skleněných optických vláken je čisté křemenné sklo, jež se získává z  $\text{SiO}_2$  (oxidu křemičitého). K dosažení vyššího indexu lomu jádra se přidává  $\text{GeO}_2$  (oxid germaničitý, germaniové sklo). Průměr skleněných optických vláken je kolem 125  $\mu\text{m}$ .

V textilním průmyslu se díky materiálovému složení a mechanickému namáhání využívá spíše plastových optických vláken.

Dále je můžeme rozdělit dle počtu přenášených vidů:

- Jednovidová
- Mnohovidová

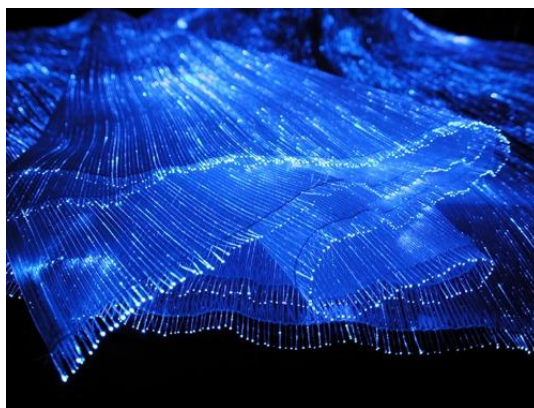
Jednovidová optická vlákna mají jádro o malém průměru blízkému vlnové délce používaného záření (300-1600 nm) Přenáší pouze jeden paprsek a jeden svazek záření s minimální disperzí. Dovedou nejrychleji přenášet signál na velké vzdálenosti. Na druhou stranu mnohovidová optická vlákna mají jádro o velkém průměru (50–2 000  $\mu\text{m}$ ) a šíření světla si lze představit pomocí paprsků, kterých se najednou může přenášet větší množství, byť s menší rychlostí a větší disperzí. [34]

Prvotně se začala optická vlákna užívat v medicíně, kde zajišťovala přívod světla do špatně přístupných míst během operace. Dále měla optická vlákna sloužit především pro přenos v telekomunikacích. Dnes se ukládají například do země ve formě kabelů,



na nichž pracují počítače, bankomaty nebo i mobilní telefony. Také televizní přijímače bývají vybaveny vstupem pro optické vlákno pro případ, že by v budoucnu dosáhly do domovů.

V průběhu let se optická vlákna začala dostávat také do textilních struktur. Tvorba struktury je velmi náročná, jelikož používaná vlákna špatně odolávají jednotlivým procesům během tkaní či pletení. V oděvu nejsou schopny snášet běžné používání a údržbu. Hotové výrobky však ukázaly, že textilie z optických vláken (obrázek 10) se mohou využívat jako oděv, či jako funkční prvek. Takový oděv, funkční prvek lze připojit ke klasickým textiliím. Oděvy s optickými vlákny by mohly být vhodným bezpečnostním prvkem pro chodce, cyklisty a další. [34], [35]



Obrázek 10: Tkanina z optických vláken [40]

### 1.2.3 Efekty na základě změny barevnosti

Barevnost látek je schopnost molekuly látky absorbovat (pohlcovat) záření o určité vlnové délce z viditelné oblasti. Viditelná oblast je část elektromagnetického spektra v rozmezí 380-780 nm je světlo. Barevnost je spjata s barevným vjemem, který vzniká při dopadu světla do optické soustavy oka.

Při dopadu paprsků bílého světla na předmět, dochází k částečnému pohlcení a částečnému odrazu v závislosti na barevnosti a materiálu předmětu. Barevný vjem je pak závislý na vlnové délce paprsku, který se od daného objektu odrazí a dopadne do optické soustavy oka pozorovatele. Barevný vjem se tak jeví jako výsledek tří faktorů – pozorovaného objektu, osvětlení a citlivosti pozorovatele.

Efekty na základě změny barevnosti se nazývají chromatické, chromismus. [37]

### 1.2.3.1 Chromismus

Chromismus lze chápat jako jev, při kterém je barva výsledkem širokého spektra interakcí mezi materiálem a světlem. Je to proces, který vyvolává změnu (obvykle vratnou, ale může být i nevratná) v barvách určité sloučeniny vyplývajících z procesu způsobeného nějakou formou stimulu. Za normálních okolností tyto jevy zahrnují procesy způsobující reverzibilní změny barvy, absorpci a odraz světla, absorpci energie a emise světla.

Několik příkladů chromických jevů jsou již běžně aplikovány v každodenním životě, například fotochromní čočky v brýlích nebo různé termochromní indikátory.

Chromismus se začal studovat ještě před začátkem 19. století a hlavní aplikace jsou v oblasti fotochromismu, termochromismu a elektrochromismu. V textilním průmyslu jsou nejvíce zastoupeny první dvě kategorie, fotochromismus a termochromismus. Kvalita těchto materiálu bývá ovlivněna několika parametry:

- Změna a intenzita zabarvení
- Podmínky barveného přechodu, změny
- Dynamika změny barvy
- Interval změny
- Jednoduchost použití
- Reversibilita
- Počet cyklů, kterých je změna barvy schopná odolat
- Odolnost vůči teplu, světlu, vlhkosti, únavě materiálu
- Alergické reakce

[38]

#### 1.2.3.1.1 Fotochromismus

Fotochromie je změna barev, obvykle z bezbarvé na barevnou. Je to chemický proces, ve kterém daná sloučenina podstoupí vratnou změnu barvy mezi dvěma fázemi. Tyto fáze mají oddělené absorpční spektra, tedy různé barvy. Vnějšími podněty energie mohou být světlo, materiál nebo chemikálie, které tuto změnu podstupují (jsou samozabarvovací)

Změna je způsobena vlivem elektromagnetického záření, obvykle UV záření. V opačném směru je zapříčiněna změnou nebo odstraněním světelného zdroje.

Fotochromismus se dělí na dva typy – pozitivní a negativní. U pozitivní fotochromie je bezbarvá látka převedena na barevnou, je – li objekt s touto úpravou vystaven světelnému záření vzhledem k monomolekulárnímu systému. Bimolekulární reakční systém se nazývá negativní fotochromie – z barevné látky se stane bezbarvá. Fotochromní barviva jsou disperzní barviva<sup>3</sup>. Uplatňování těchto barviv na přírodní vlákna, jako je vlna, bavlna nebo hedvábí má obvykle za následek špatné barevné stálosti po vyprání. První tričko s fotochromní úpravou bylo uvedeno na trh v roce 1989.

Uplatnění těchto materiálů je velmi široké, zřejmě nejznámější je jejich aplikace ve slunečních brýlích. Ty při vystavení silnému slunečnímu záření ztmavnou a chrání zrak. Zpět do bezbarvé formy se vrátí opět při sníženém slunečním záření – interiéry. Typické fotochromní efekty jsou také na dětských hračkách, oblečení (obrázek 11), sponkách do vlasů, tkaničkách a mnoho dalších. Dále jsou součástí kosmetického průmyslu – laky na nehty, dočasné barvy na vlasy. Využívají se také jako bezpečnostní elementy proti padělání dokumentů, bankovek nebo cestovních pasů. [38]



Obrázek 11: Tričko s fotochromní úpravou před působením UV záření a po působení UV záření [39]

---

<sup>3</sup> Disperzní barviva: barviva, která se ve vodě nerozpouštějí, zůstávají drobné pevné částice. Ke stejnoměrnému barvení je nutné přidat dispergační činidlo.

### 1.2.3.1.2 Termochromismus

U materiálů s termochromní úpravou dochází k reverzibilní změně barvy, když jsou vystaveny určitým teplotám. Požívají se tyto čtyři materiály: organické sloučeniny, anorganické sloučeniny, polymery a sol-gely.

Organické sloučeniny termochromismu se aplikují na vlákna, foto-akumulační nástroje nebo optické senzory. Výhodou těchto organických sloučenin je to, že dochází k ostré změně barvy a také, že existuje mnoho faktorů, které snadno kontrolují teplotu.

Anorganické sloučeniny a kovy vykazují termochromní chování buď jako pevné látky nebo ve formě roztoku. Tyto termochromní systémy se příliš nepoužívají v textilních aplikacích, jelikož pozorovatelná změna barvy se v roztoku vyskytuje při vyšších teplotách. Příkladem anorganických termochromních materiálů mohou být  $\text{Cu}_2\text{HgI}_4$  (tetra-jodortuřnatan měďný), který při teplotě  $20^\circ\text{C}$  je červený a při teplotě  $70^\circ\text{C}$  černý, nebo  $\text{CoCl}_2$  (chlorid kobaltnatý) za teploty  $25^\circ\text{C}$  má růžovou barvu, při  $75^\circ\text{C}$  se zbarví do modra.

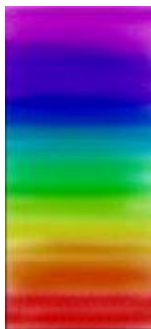
Dále se v textilním průmyslu používají tři termochromní systémy. První je založen na změně chemické struktury (roztržení heterocyklů a vzájemné propojení konjugovaných systémů), druhý na bázi mechanické změně orientace odrazivých segmentů – natáčení vláken (segmentů) podle své osy. Třetí termochromní systémy jsou založeny na změně fáze: tekuté krystaly a barevné vývojky.

U tekutých krystalů dochází ke kontinuální změně barvy (obrázek 12). Mají široké pásmo teplot barevného přechodu a je zapotřebí, aby bylo použito tmavé pozadí, je zde malá intenzita odstínu. Dochází ke změně mesofáze<sup>4</sup>. Barevné vývojky mají jednoduchou změnu barvy (obrázek 13), tedy úzké pásmo teplot barevného přechodu. Ke změně barvy dochází v krátkém teplotním intervalu a barvu lze ovlivnit pomocným rozpouštědlem. Na rozdíl od tekutých krystalů se docílí vysoké intenzity odstínu a mění se skupenství látek – pevná fáze na kapalnou.

První termochromní materiály, které využívaly enkapsulovaných pigmentů, byly rozvíjeny v 70. letech 20. století. Průměr těchto mikrokapslí se pohybuje okolo  $20\ \mu\text{m}$ .

---

<sup>4</sup> Mesofáze: fáze mezi pevným a kapalným stavem



Obrázek 12: Kontinuální změna barvy, tekuté krystaly [40]



Obrázek 13: Jednoduchá změna barvy, barevné vývojky [40]

V současné době se využívá teplotních indikátorů na dětské potravinové nádoby – barvy měnící plastové hrnky a lžice, deštníky, módní doplňky. Slouží také jako indikátory správného vychlazení nápojů. Do textilu se aplikují vyšíváním a tkaním nití. Jejich využití se rozrůstá i do architektonických struktur. Vyrábějí se dlaždice s termochromními vlastnostmi, ty jsou určeny jak pro vnitřní tak i pro vnější aplikace. Také slouží k regulaci teploty na budovách, kde jsou zaskleny v oknech. Termochromní materiály mohou být součástí teploměrů a různých teplotních indikátorů pro speciální účely – nedestruktivní testy. Mohou indikovat, zda je prostředí dostatečně chladné pro skladování, nebo dostatečně teplé pro servírování. [38], [40]

Další typy chromismů a jejich vyvolávajících faktorů jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Další typy chromismů a vyvolávacích faktorů

Jev	Vyvolávací faktor
Chemochromismus	Chemická látka – např. toxický plyn
Elektrochromismus	Elektrický proud (příjetí elektronů)
Ionochromismus	Ionty
Radiochromismus	Radioaktivní záření
Biochromismus	Biologické zdroje
Piezochromismus	Tlak
Halochromismus	Změna pH
Tribochromismus	Tření
Mechanochromismu	Mechanická deformace
Magnetochromismus	Magnetické pole

[33]

## 2 Experimentální část

Cílem experimentální části je navrhnout možné aplikace metalických efektů, které by byly nejvhodnější pro krasobruslařské dresy. Krasobruslařský dres s vybranou metalickou aplikací by měl dosáhnout neoptimálnějších estetických, optických vlastností a zároveň splňovat a nesnižovat funkčnost oděvu při praktickém používání.

### Postup v experimentální části

- Výběr vhodného materiálu na krasobruslařský dres
- Návrh možností aplikace metalických efektů
- Příprava vzorků s vybranými aplikacemi
- Zakomponování metalických efektů do částí krasobruslařského dresu

### 2.1 Výběr a charakteristika použitého materiálu

Textilie na krasobruslařský dres by měla být dostatečně elastická, aby při jejím napínání nedošlo k přetrhu. Z tohoto důvodu byla vybrána zátažná jednolící pletenina (úplet), která je tvořena z 10% lycrou (elastanem) a 90% polyesterem.

Hustota sloupků a řádků byla zjištěna přímým měřením – počtem sloupků/řádků na 10 mm, celková hustota byla dopočítána dle vzorce:  $H_C = H_S * H_R$ , kde  $H_S$  značí hustotu sloupků a  $H_R$  hustotu řádků. Tloušťka a plošná hmotnost byla uvedena výrobcem. Jednotlivé charakteristiky pleteniny a její hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Charakteristika použitého materiálu

Pletenina (úplet)	Materiálové složení	Hustota sloupků (n/10mm)	Hustota řádků (n/10mm)	Celková hustota (100mm <sup>2</sup> )	Tloušťka (mm)	Plošná hmotnost (g/m <sup>2</sup> )
zátažná jednolící	10% lycra 90% polyester	20	30	600	0,55	125

U textilie se zjišťovala pevnost a tažnost. Měření probíhalo na trhačce TIRA TEST 2300, kde se použila 1000 N hlava. Upínací délka byla 100 mm a rychlost zkoušky 100 mm/min.

Šířka vzorků byla 30 mm a délka 300 mm. Celkově bylo vykonáno 10 měření ve dvou směrech – 5x ve směru sloupků, 5x ve směru řádků.

## **2.2 Návrh možností aplikace metalických efektů**

Metalické efekty se mohou na textilií aplikovat různými způsoby:

- Potisk
- Chemické pokovení
- Metalické barvy
- Metalické pigmenty
- Metalická fólie

## **2.3 Příprava vzorků s vybranými aplikacemi**

Pro tuto práci byla zvolena metoda chemického pokovení a zažehlování metalické fólie. Aplikace byly vybrány na základě zcela odlišných postupů přípravy a různé časové náročnosti. Proto jako komerční způsob, byla vybrána metalická fólie, která je běžně dostupná a cenově nenáročná. Její výhodou je také snadná a rychlá aplikace. U metalické fólie se zjišťovaly nejvhodnější podmínky jak pro optické, tak pro mechanické vlastnosti. Druhý experiment (chemické pokovení) byl vybrán pro své, v porovnání s ostatními metodami, jedinečné vlastnosti (elektrická vodivost, antibakteriální úprava).

### **2.3.1 Chemické pokovení**

Metoda, jež je založena na nanášení kovových povlaků ve speciálních lázních pomocí elektrického proudu. Tato technika je v praxi jedním z nejrozšířenějších způsobů provádění povrchových úprav.

Tato práce je zaměřena na metodu stříbření, která se často používá v průmyslu. Důvodem je odolnost vůči korozi, dobrou elektrickou vodivost, nebo metalické efekty.

### **Příprava vzorků**

Vzorky textilie (90% polyester, 10% lycra) o rozměrech 4x4cm se nejprve daly extrahovat do Soxhletova přístroje (obrázek 14), kde se za přítomnosti chloroformu provedlo 5 cyklů. Tím se docílilo oddělení nežádoucích látek z povrchu testované textilie.

Soxletův přístroj se skládá z topného hnízda LTHS 1000, Soxhletova extraktoru, chladiče a baňky. Nejprve se do spodního stojanu uchytí baňka s rozpouštědlem (chloroform). Nad ní se připojí soxhlet, do kterého se vloží vzorky textilie a následně se připevní chladič. Z něj odkapává voda a zaplňuje soxhlet, ze kterého po dosažení hladiny odteče rozpouštědlo do spodní baňky a soxhlet se začne znovu naplňovat. Celkově se provede 5 cyklů, poté jsou vzorky vyextrahované.



Obrázek 14: Soxhletův přístroj

### **Moření a před úprava vzorků**

Dle knihy Receptář pro elektrotechnika od Jana Škeříka [17], podle níž se experiment prováděl, se mají vyextrahované vzorky mořit v roztoku 50 ml koncentrované kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) a 0,5 g dichromanu draselného ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Tento postup však nefunguje, neboť polyesterové textilie ztrácejí pevnost a rozkládají se. Pro moření se tedy použily následující postupy:



1) Moření v kyselině chrom sírové

A)

Složení:

- 50 ml 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 0,5 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
- 50 ml destilované vody

B)

Složení:

- 30 ml 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 0,5 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
- 50 ml destilované vody

2) Moření v hydroxidu sodném (NaOH)

Složení:

- 30 g.l<sup>-1</sup> (4,5 g) NaOH
- 150 ml destilované vody

Do vytvořených roztoků se vždy vložilo 5 vzorků textilie a vytáhly se po 1 min, 5 min, 10 min, 15 min a 20 min. Vše se důkladně opláchlo.

3) Moření ozónem:

Pro narušení povrchu ozónem se zvolila metoda za mokra, je efektivnější. Přístroj na měření ozónu se skládá z koncentrátoru, generátoru ozónu, nádobou s ozonizovanou vodou (voda s rozpuštěným ozónem), akcelerátoru a uhlíkové trubice. Průtok kyslíku byl 4 l/min.

Generátor pracuje na principu vysokonapětového výboje připravující ozon ve výbojovém elementu, kterým prochází vzduch nebo čistý kyslík a v tomto prostředí dochází k výboji. Koncentrace rozpuštěného ozónu ve vodě byla uvedena v mg/l. Reakční doba, po kterou byly textilie vystaveny ozónu, byla 1 min, 5 min, 10 min, 15 min a 20 min. Jednotlivé koncentrace v závislosti na čase jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Koncentrace ozónu v závislosti na čase

Reakční doba (min)	1	5	10	15	20
Koncentrace ozónu (mg/l)	8,2	5,4	6,8	12,7	12,2

Po vyjmutí z ozonizované vody se vzorky opláchly.

4) Před úprava plazmou:

Plazmový generátor je založen na elektromagnetické rezonanci. Magnetická rezonance využívá magnetické pole a elektromagnetické vlnění s vysokou frekvencí.

Do plazmového generátoru (obrázek 15) se vložily 4 vzorky a vytáhly se po 30 s, 60 s, 90 s, 120 s



Obrázek 15: Plazmový generátor

5) Před úprava laserem:

K před úpravě se použil CO<sub>2</sub> laser Marcatex 150 Flexi. Laser je zdroj světla, elektromagnetického záření, které má specifické vlastnosti (koherentnost a monochromaticnost paprsku). Pro tyto vlastnosti je možné soustředit na malé ploše velké množství energie.

Laser se skládá z optického oscilátoru a zpětné vazby. Fyzikální podstata je založena na interakci fotonů s atomy nebo molekulami látky.

Vzorky se před upravovaly na základě čtyřech různých rychlostí vypalování (700 bit/ms, 600 bit/ms, 500 bit/ms a 400 bit/ms). Doba vypalování v závislosti na rychlosti vypalování laserem je uvedena v tabulce 5.

Tabulka 5: Doba vypalování laserem v závislosti na rychlosti vypalování

Rychlost vypalování (bit/ms)	700	600	500	400
Doba vypalování (s)	0,297	0,328	0,375	0,469

### **Pokovování**

Po přípravě jednotlivých vzorků se začalo se samotným pokovováním. K docílení, co nejlepších výsledků byly vyzkoušeny různé metody.

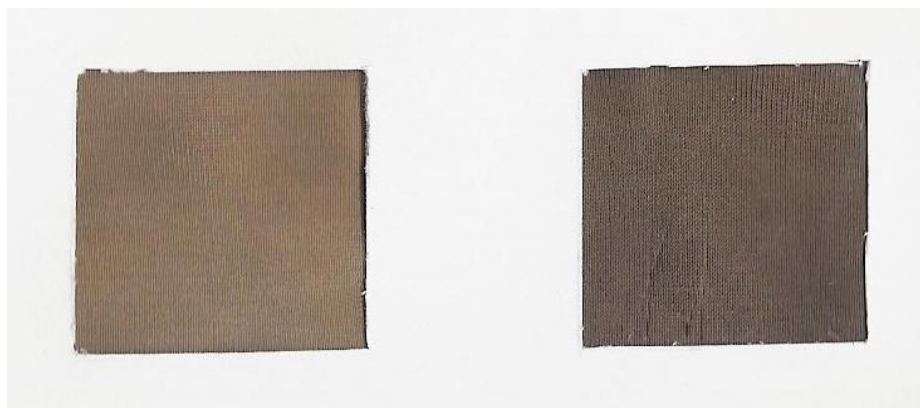
- Před úprava v roztoku chloridu cínatého a kyseliny chlorovodíkové
- Bez před úpravy chloridem cínatým a kyselinou chlorovodíkovou

Příprava roztoku chloridu cínatého a kyseliny chlorovodíkové.

Složení:

- 20 g  $\text{SnCl}_2$  (chlorid cínatý)
- 34 g HCl (kyselina chlorovodíková)
- 50 ml destilované vody

Vzorky se v roztoku nechaly po dobu 5 min a následně se opláchly. Chlorid cínatý s kyselinou chlorovodíkovou způsoboval značné ztmavnutí a nejevil požadované efekty, viz obrázek 16. V dalších experimentech se tak tento krok vynechával.



Obrázek 16: Pokovené vzorky po líci a) bez úprav, b) s před úpravou v  $\text{SnCl}_2$  a HCl

Na laboratorních vahách se odvážily a v odměrných válcích se odměřily jednotlivé chemikálie, jež byly zapotřebí pro pokovovací roztoky (A, B, C).

Roztok A:

Složení:

- 2,4 g  $\text{AgNO}_3$  (dusičnan stříbrný)
- 3,6 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (dusičnan amonný)
- 100 ml destilované vody

Doplněno do 150 ml vody

Roztok B:

Složení:

- 3,8 g NaOH (hydroxid sodný)
- 100 ml destilované vody

Doplněno do 150 ml vody

Roztok C:

- 2,5 g  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (sacharóza)
- 0,3 g  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$  (kyselina vinná)
- 25 ml destilované vody

Roztok se nechal vařit po dobu 20 min a pak doplnil do 100 ml vodou. Pro zjednodušení přípravy 3. roztoku a pro totožnou funkci (redukční činidlo) se roztok C připravoval s 2,5 g  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (glukózy) a 25 ml destilované vody.

Následně se slil roztok A a B, promíchal a přidal se roztok C. Do výsledného roztoku se vložily vzorky textilie. Tento postup však nebyl zcela optimální, neboť vlivem přecházejících před úprav dochází ke zkroucení vzorků a to má za následek nerovnoměrné vybarvení. Předepsaný postup se modifikoval a experiment probíhal následujícím způsobem:

Rovnoměrnějšího vybarvení se docílilo najehlením připravených vzorků. Do Petriho misky se odpipetovalo 6 ml roztoku A a 6 ml roztoku B, roztok se zamíchal a vložil se najehlený vzorek. Poté se do Petriho misky odpipetoval také 1 ml koncentrovaného roztoku C, promíchal a znovu vložil najehlený vzorek. V lázni o třech roztocích se nechal po dobu 10 min. Poté se vzorek opláchl a usušil.

Vzorky s různými před úpravami se vkládaly jednotlivě pokaždé do nově připravených roztoků.

### **Hodnocení vlastností – elektrický odpor a lesk**

Změny elektrického odporu byly naměřeny na přístroji Charleswater-99105 Surface resistance meter KIT.

Lesk byl zjišťován na přístroji ZGM 1110 Glossmeter (obrázek 17) od značky Zehntner. Na pokovených vzorcích bez předešlých před úprav se naměřilo deset hodnot, ze kterých se následně spočítal aritmetický průměr. Leskoměr měřil lesk ve třech úhlech 20°, 60° a 85°.



Obrázek 17: Měření lesku na přístroji ZGM 1110 Glossmeter

### **2.3.2 Nažehlovací metalická fólie**

#### **Příprava vzorků pro hodnocení lesku**

V experimentu byla použita metalická polyuretanová fólie od francouzské společnosti KI-SIGN. Vzorky (5x5 cm textilie, 2x2 cm fólie) se připravovaly na lisu Heat press machine. Mezi čelisti lisu a papíry se vložila textilie s fólií. Aplikace probíhala při různých teplotách (120°C, 140°C, 160°C, 180° a 200°C) a časech (10s, 20s 30s 40s 50s a 60s). Po vyjmutí z lisu se nechaly vzorky vychladnout a odstranila se povrchová průhledná fólie.

Po přípravě jednotlivých vzorků se naměřil lesk. Lesk byl zjišťován opět na přístroji ZGM 1110 Glossmeter. U každého vzorku se naměřilo deset hodnot, ze kterých byl následně stanoven aritmetický průměr, směrodatná odchylka (s) a variační koeficient (v).

Dále se sledovala změna lesku při běžné údržbě (při praní na 60°C). Pralo se v automatické pračce Hotpoint Ariston WDD 10760. Pro experiment se vybraly tři vzorky: vzorek s nejnižší teplotou lisování 120°C, s prostřední teplotou 160°C a s nejvyšší teplotou lisování 200°C, vše po dobu 20s.

### **Příprava vzorků pro hodnocení pevnosti a tažnosti**

Pro měření mechanických vlastností (pevnosti a tažnosti) se připravily vzorky textilie ve směru sloupků o rozměrech 30x300 mm. Na ně se následně vylisovala metalická fólie o velikosti 30x200mm. K lisování se zvolil opět lis Heat press machine a po dobu 20s (doba zažehlování uváděná výrobcem) se fólie lisovala na pleteninu. Teploty pro tepelnou fixaci byly použity stejné jako při měření lesku (120°C, 140°C, 160°C, 180°C a 200°C). Pro každou teplotu se testovaly tři vzorky (5x3 vzorků).

Dále se zjišťovalo, zda mají testované teploty zalisování vliv na samotnou textilií.

### **Vzorky pro elektronovou mikroskopii**

Následně byly opět vybrány tři reprezentativní vzorky (obrázek 18), z nichž se udělala elektronová mikroskopie. Vzorek o nejnižší teplotě lisování 120°C, o prostřední teplotě 160°C a o nejvyšší teplotě lisování 200°C, vše po dobu 20s. Na základě elektronové mikroskopie se vyhodnocovala změna povrchu textilie s metalickou fólií.



Obrázek 18: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C

## 2.4 Aplikace metalické fólie do částí krasobruslařského dresu

Pro aplikaci metalické fólie do součástí dresu byly zvoleny hřbetové švy, u kterých se testovala a porovnávala příčná pevnost, tažnost a účinnost bez metalické fólie a s ní.

### Příprava vzorků

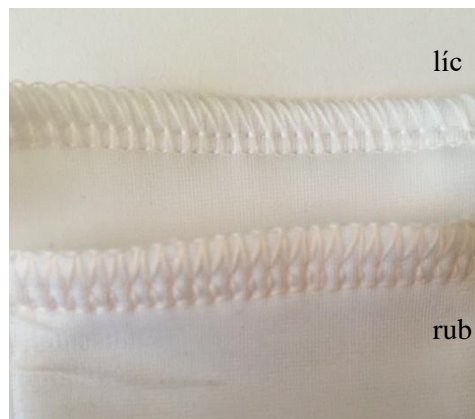
K testování se připravily vzorky o rozměrech 160x30 mm, které se následně sešily hřbetovým švem.

Na sešití vzorků se použily elastické nitě Asfil od firmy Amann Sponit. Byly vybrány elastické nitě, neboť testovaný materiál je velmi pružný a je zapotřebí docílit také pružnosti švu, aby nedocházelo k přetržení nití. Trojmo skané nitě byly ze 100 % polyesteru o jemnosti Nm 60 a zákrutu Z

Dále byl použit šicí stroj Siruba 747E. Stroj je dvou jehlový se systém jehel B27 (obrázek 19). S ním byl vytvořen čtyřnitý obnitkovací steh 514 s 5 stehy na 1 cm (obrázek 20), který byl zvolen jako nejvhodnější pro tvorbu částí krasobruslařského dresu. Švová záložka byla 10 mm.



Obrázek 19: Šicí stroj Siruba 747E



Obrázek 20: Čtyřnitý obnitkovací steh 514

Na část vzorků se zalisovala metalická fólie (přeplátováním vytvořeného švu, obrázek 21). Fólie se aplikovala po dobu 20s při teplotě 120°C, zvolené parametry byly vybrány na základě předchozího měření.



Obrázek 21: Hřbetový šev přeplátovaný metalickou fólií

### **Hodnocení vlastností – pevnost, tažnost a účinnost**

Na trhačce TIRA TEST 2300 se opět naměřila pevnost a tažnost, jen s vytvořenými švy. Testovalo se 10 vzorků ve směru sloupků a 10 vzorků ve směru řádků, vždy 5 s metalickou fólií a 5 bez fólie.

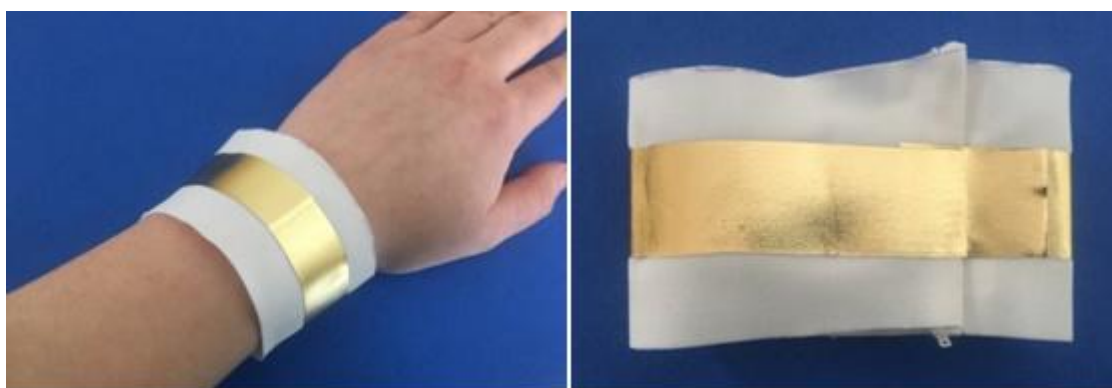
Účinnost šitého spoje se dopočítala podle vzorce:

$$\eta = F_s / F \cdot 100 [\%],$$

kde  $F_s$  značí pevnost sešitého vzorku [N] a  $F$  je pevnost nesešitého materiálu [N].

### **Simulace krasobruslařské dresu**

Krasobruslařský dres byl nahrazen návlekiem, na který byla přeplátováním švu zalisována metalická fólie, viz obrázek 22.



Obrázek 22: Simulace krasobruslařského dresu



### 3 Výsledky a vyhodnocení

Všechny dosažené výsledky jsou uvedeny a vyhodnoceny v následujících podkapitolách.

#### 3.1 Použitý materiál

Do tabulky 6 se zaznamenaly průměrné hodnoty pevnosti, prodloužení a tažnosti materiálu. Dále se stanovily jejich minimální, maximální hodnoty a dopočítala se směrodatná odchylka s variačním koeficientem. Z naměřených dat lze vyčíst, že průměrná pevnost pleteniny po sloupcích byla o 49,9 N vyšší než průměrná pevnost po řádcích, což je o 25,7% více.

Prodloužení a tažnost nabývaly u vzorků po řádcích vyšších hodnot (o 18,0% u prodloužení a o 17,9% u tažnosti) než po sloupcích. Materiál je tedy ve směru řádků pružnější a tažnější než ve směru sloupců.

Tabulka 6 Výsledky porovnání pevnosti, protažení a tažnosti materiálu ve směru sloupců a řádků

Zkouška	Měřená vlastnost	Průměr	Min	Max	Směrodatná odchylka	Var. koef [%]
Sloupky	Pevnost (N)	194,1	187,7	202,6	6,3	3,2
	Prodloužení (mm)	215,4	203,2	224,5	9,0	4,2
	Tažnost (%)	216,7	204,0	225,3	9,2	4,1
Řádky	Pevnost (N)	144,2	133,9	160,9	11,9	8,3
	Prodloužení (mm)	262,7	245,7	278,9	13,6	5,2
	Tažnost (%)	264,1	247,2	280,1	13,4	5,1

#### 3.2 Chemické pokovování

##### Hodnocení vybarvení

Modifikací daného postupu se docílilo egálnějšího vybarvení, avšak také se nepodařilo získat požadované metalické efekty na textilií. K vyloučení stříbra docházelo ihned po přidání roztoku C, a to zapříčinilo zachycení většiny částic stříbra na povrchu skleněné nádoby (Na nádobách bylo docíleno velmi povedených metalických efektů.), nikoliv na testované textilií.

Z testovaných před úprav textilie bylo zcela nejhorší použití (doporučované) kyseliny chrom sírové. Koncentrovaná kyselina narušila textilií ihned po jejím vložení, ztratila na pevnosti, rozložila se. Po zředění kyseliny (Testovaly se dvě různé

koncentrace kyseliny.) se zabránilo rozkladu, avšak vzorky nadále ztrácely na pevnosti. Dále při následném pokovování bylo docíleno nerovnoměrného vybarvení, viz obrázek 23.



Obrázek 23: Vzorek textilie s před úpravou koncentrovanější kyseliny chrom sírové

Další před úpravy při pokovovacím procesu reagovaly podobným způsobem. Vzorky se vybarvily rovnoměrněji, u textilie nebyla zaznamenána změna mechanických vlastností. Doba působení jednotlivých úprav nebyla významná pro výsledný efekt.

Patrná odlišnost byla zřejmá u laserové před úpravy. Vzorky s navyšující se rychlostí vypalování měnily povrchovou strukturu (spečení textilie laserovými paprsky), dosáhly jemného vzoru.

### **Hodnocení elektrického odporu**

Odborný článek z Institutu textilií a oděvů a Hong Kongské polytechnické univerzity v Číně uvádí, že při obdobném principu pokovování bylo docíleno výrazného navýšení elektrické vodivosti, snížení elektrického odporu - z  $1 \times 10^{14} \Omega$  (100% polyesterová textilie) na  $16 \times 10^6 \Omega$  (snížení o 8 řádů). [18]

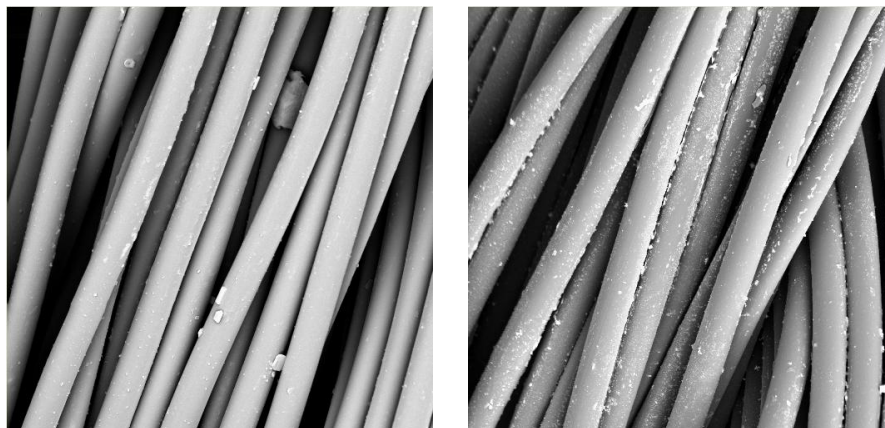
V experimentu pro tuto bakalářskou práci se nepodařilo dosáhnout podobně znatelného rozdílu. Testovaná textilie bez jakýchkoliv úprav měla elektrický odpor  $3,03 \times 10^{13} \Omega$ . Znatelné snížení elektrického odporu bylo při před úpravě laserem a plasmou, avšak pouze o 2 řády (laser:  $5,43 \times 10^{11} \Omega$ , plasma:  $4,67 \times 10^{11} \Omega$ ).

U dalších před úprav, ozónem a hydroxidem sodným, bylo zaznamenáno snížení elektrického odporu o jeden řád (ozón:  $1,20 \times 10^{12}$ , hydroxid sodný:  $1,97 \times 10^{12}$ ). Před upravované vzorky v kyselině chrom sírové nejevily žádné snížení elektrického odporu.

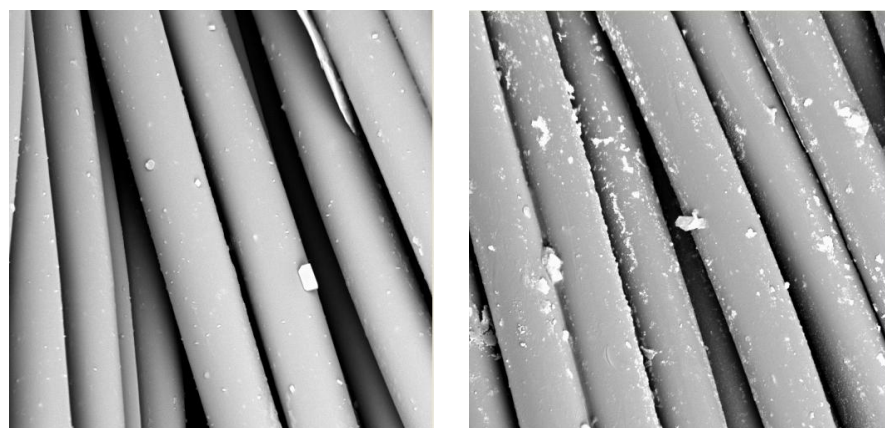
### Hodnocení lesku

Snaha o metalické/lesklé efekty byla neúspěšná. Textilie bez jakýchkoliv úprav vykazovala o něco vyšší lesk než pokovené vzorky. Pod úhlem  $85^\circ$  měla nepokovená látka lesk 1,6GU, pokovené vzorky dosahovaly v průměru 1,0GU.

Nepovedené vytvoření metalického filmu na látce mohla způsobit okamžitá chemická reakce při slévání jednotlivých roztoků, kterou se nepovedlo při experimentu zpomalit. Také to mohlo být zapříčiněno nedostatečnou či chybnou přípravou vzorků textilie, neboť elektronová mikroskopie ukázala, že částice stříbra jsou zachyceny na vláknech textilie, viz obrázek 24 a obrázek 25.



Obrázek 24: Vzorky nepokovené (nalevo) a pokovené (napravo) textilie při zvětšení 50  $\mu\text{m}$

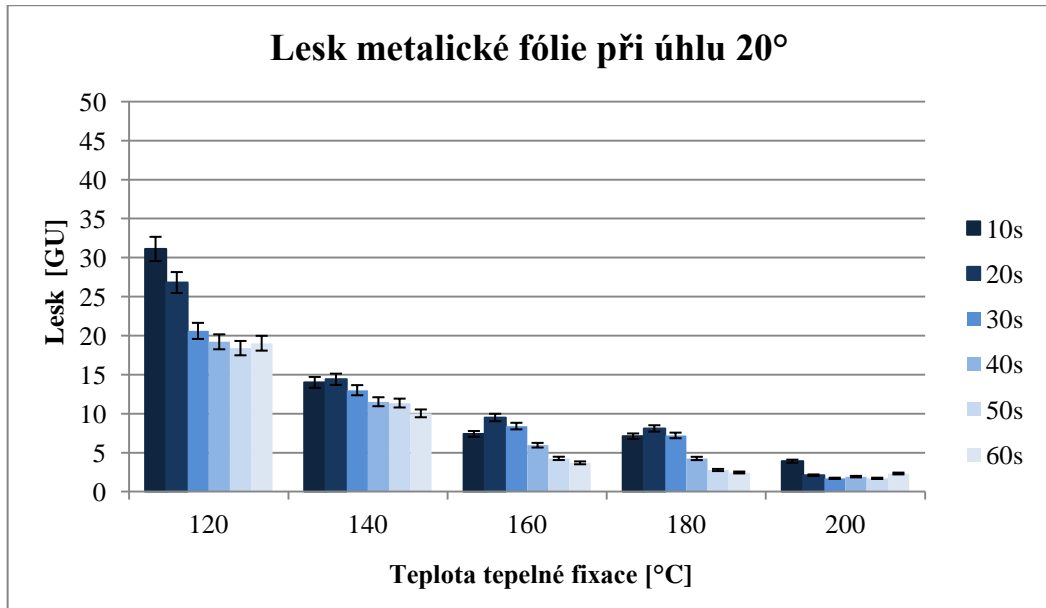


Obrázek 25: Vzorky nepokovené (nalevo) a pokovené (napravo) textilie při zvětšení 20  $\mu\text{m}$

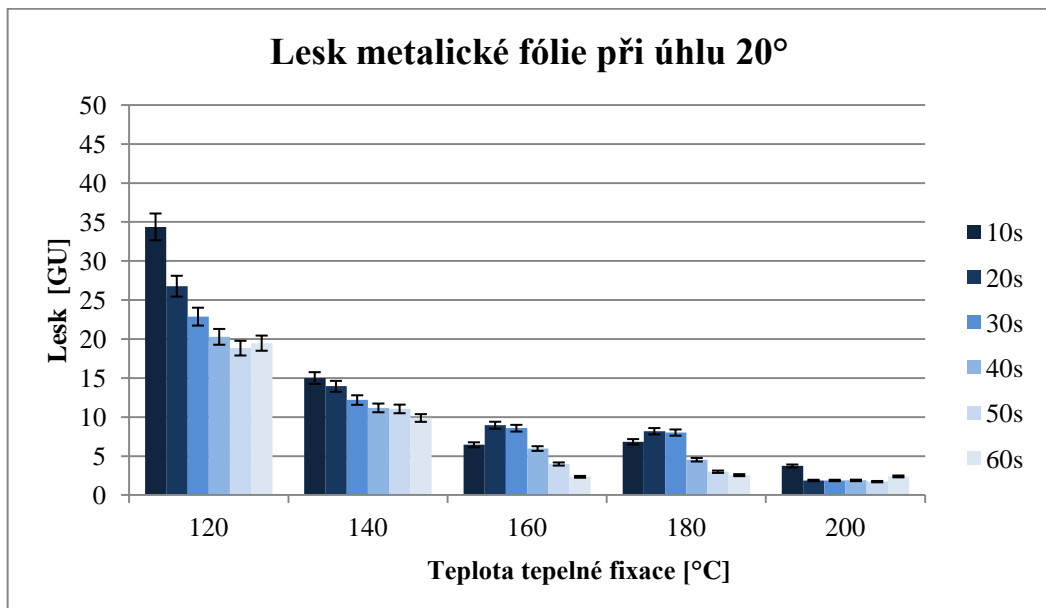
### 3.3 Nažehlovací metalická fólie

#### Hodnocení lesku

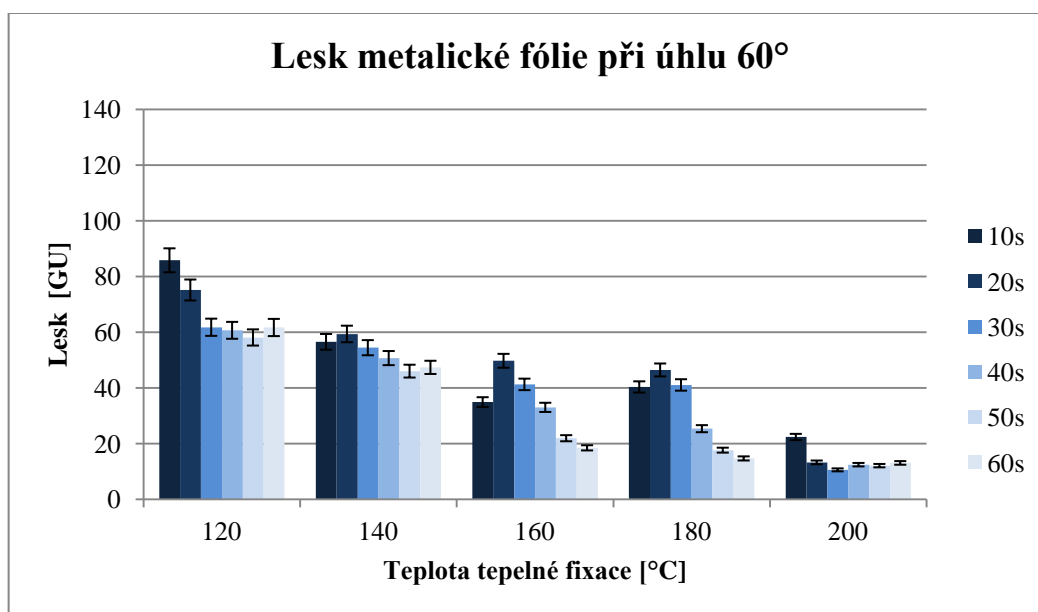
Na základě naměřených hodnot lesku byly sestaveny sloupcové grafy pro všechny tři měřené úhly a v obou směrech pleteniny. Osa x znázorňuje teplotu tepelné fixace fólie a osa y hodnotu naměřeného lesku. Jednotlivé sloupce pak značí časy teplené fixace.



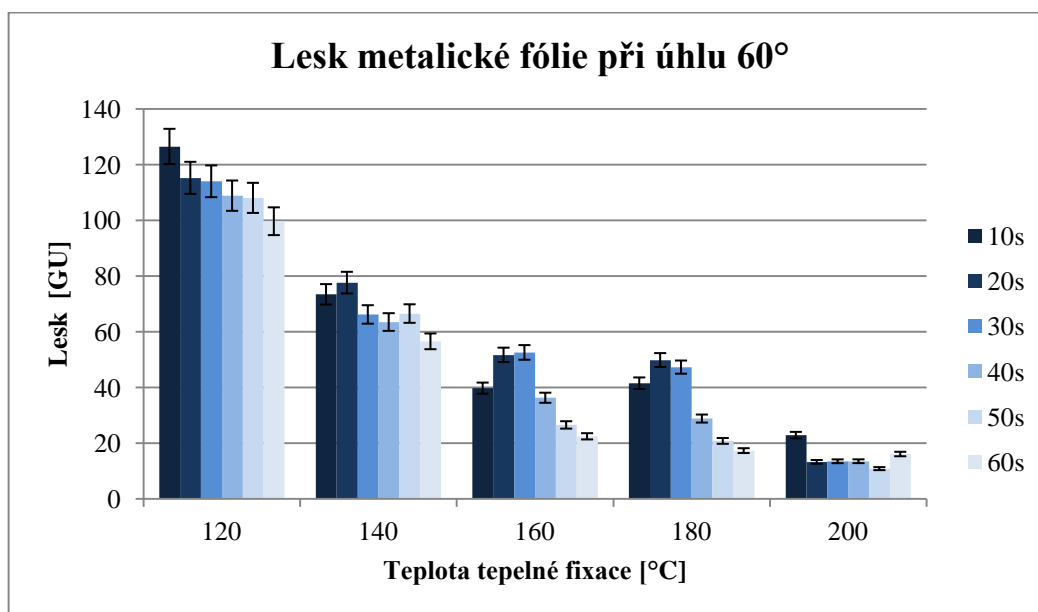
Obrázek 26: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 20° ve směru sloupků



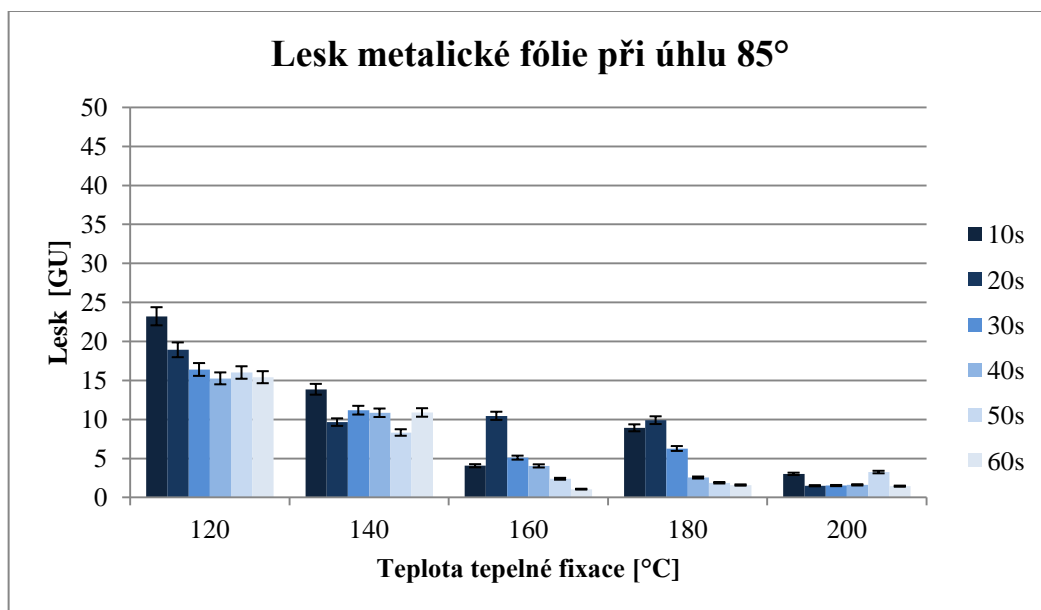
Obrázek 27: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 20° ve směru řádků



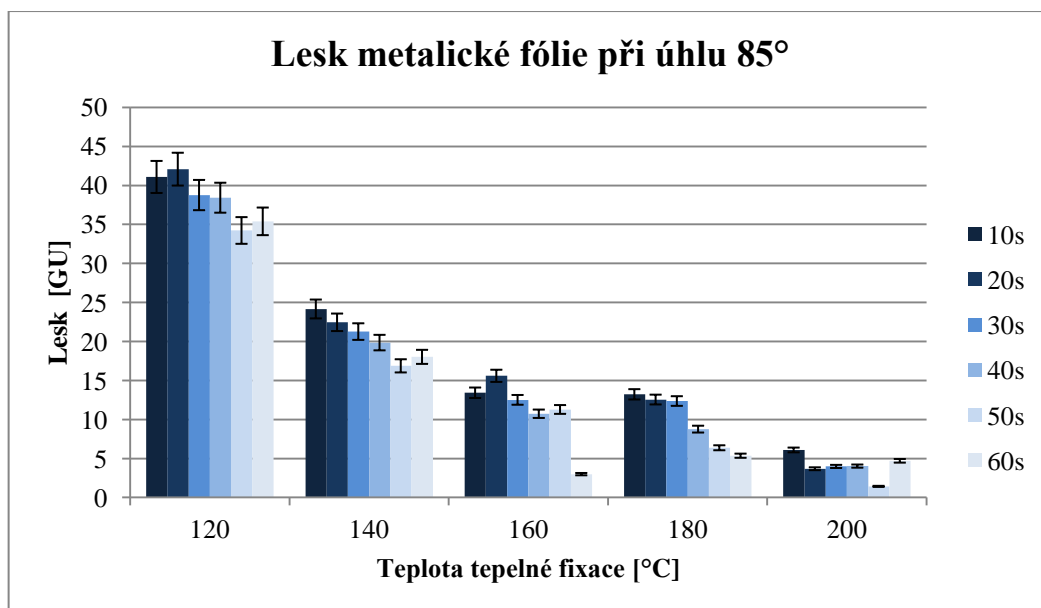
Obrázek 28: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 60° ve směru sloupků



Obrázek 29: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 60° ve směru řádků



Obrázek 30: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 85° ve směru sloupků



Obrázek 31: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu 85° ve směru řádků

Metallická fólie dosahovala nejvyššího lesku při teplotě 120°C. Ve směru sloupků byly nejvyšší průměrné hodnoty při čase 10 s. Při úhlu 20° byl lesk 31,1 GU a při 60° 85,8 GU. Ve směru řádků byl průměr ještě vyšší. Při úhlu 20° bylo naměřeno 34,4 GU a úhel 60° měl 126,5 GU. Nejvyššího lesku pod úhlem 85° (taktéž při 120°C) dosáhly vzorky při 10s (23,2 GU) - sloupky. Ve směru řádků byl lesk při této geometrii téměř 2x větší (42,1 GU), a to při čase 20s.

Naopak nejnižší lesk vykazovala fólie při teplotě 200°C, kde při lisovacím čase 30s a 50s měla průměrné hodnoty ve směru sloupků téměř shodné – 20°: 1,7 GU a 1,7 GU u 60°: 10,6 GU a 12,1 GU. Ve směru řádků byla nejnižší průměrná hodnota taktéž při teplotě 200°C a čase 50s – 20°: 1,7 GU a 60°: 10,9GU. Pod úhlem 85° byly nejnižší hodnoty ve směru sloupků i řádků skoro stejné. Lišila se pouze doba fixace; směr sloupků 1,4 GU – 60s, směr řádků 1,4 GU – 50s.

Jelikož vzorky s metalickými fóliemi byly velmi lesklého charakteru, nejsou již nadále vyhodnocovány pod úhlem 85°, neboť ten bývá využíván při nelesklých/matných površích.

Z výsledků vyplývá, že nejlepšího lesku dosahuje fólie při nejnižší měřené teplotě (120°C) po nejkratší měřený čas (10s). Tyto hodnoty ve směru sloupků (20°) byly o 29,4 GU vyšší než při nejnižším naměřeném lesku, což je o 94,5% více. Při geometrii 60° byl rozdíl o 72,7GU, zde je navýšení o 71,9%. Ve směru řádků (20°) se extrémní průměrné hodnoty lišily o 32,7GU, změna o 95,0%. U 60° byla změna až o 115.6 GU, to jest změna o 91,4%.

Směrodatné odchylky byly při všech teplotách a časech velmi malé. Při 20° se pohybovaly v rozmezí od 0,1 do 3,0, při 60° pak od 0,3 do 6,5. Ačkoliv ve směru řádků byla data různorodější, směrodatné odchylky nevykazují výrazné odlišnosti.

Přehledy naměřených hodnot při všech testovaných teplotách jsou uvedeny v tabulkách v příloze I.

Vzorky textilie s metalickou fólií po vyprání nejevily žádné změny. Fólie pevně držela (neodlupovala se) a lesk jednotlivých vzorků byl zachován.

**Hodnocení pevnosti a tažnosti**

Při zjišťování vlivu lisovací teploty na samotnou textilií se dospělo k závěru, že lisovací teplota (po dobu 20s) nemá žádný vliv na textilií, neboť průměrné hodnoty jsou téměř totožné s nezažehlovanou textilií. Směrodatná odchylka průměrných hodnot pro pevnost je 6,31N a pro tažnost 2,49%.

Tabulka 7 uvádí naměřené mechanické vlastnosti (pevnost, prodloužení, tažnost a jejich průměrné, minimální a maximální hodnoty, směrodatné odchylky a variační koeficienty) textilie s metalickou fólií s různými teplotami zalisování.

Tabulka 7: Výsledky porovnání pevnosti, protažení a tažnosti materiálu s metalickou fólií při různých teplotách fixace po dobu 20s.

Teplota	Měřená vlastnost	Průměr	Min	Max	Směrodatná odchylka	Var. koef [%]
120°C	Pevnost (N)	140,4	124,6	167,4	19,2	13,7
	Prodloužení (mm)	214,1	206,8	221,1	5,8	2,7
	Tažnost (%)	216,8	209,3	224,1	6,1	2,8
140°C	Pevnost (N)	153,5	135,5	165,6	13,0	8,4
	Prodloužení (mm)	189,1	184,0	192,0	3,6	1,9
	Tažnost (%)	209,9	192,1	230,0	15,5	7,4
160°C	Pevnost (N)	162,4	160,6	164,6	1,7	1,0
	Prodloužení (mm)	184,2	178,7	188,8	4,2	2,3
	Tažnost (%)	186,7	183,9	189,9	2,5	1,3
180°C	Pevnost (N)	166,0	156,0	184,0	12,8	7,7
	Prodloužení (mm)	191,2	185,0	200,9	7,0	3,6
	Tažnost (%)	191,8	185,3	201,9	7,3	3,8
200°C	Pevnost (N)	171,0	166,5	176,5	4,2	2,4
	Prodloužení (mm)	187,5	186,5	188,2	0,7	0,4
	Tažnost (%)	189,1	187,2	190,4	1,4	0,7

Nejvyšší průměrnou pevnost vykazovaly vzorky při fixaci 200°C - 171,0N. Naopak nejnižší průměrná pevnost byla při fixaci 120°C, 140,4N. Rozdíl mezi těmito extrémy představuje 30,6N, tudíž navýšení teploty na 200°C přispělo k nárůstu pevnosti o 17,9%.

Prodloužení při jednotlivých fixačních teplotách se pohybovalo v rozmezí od 184,2mm do 214,1mm.

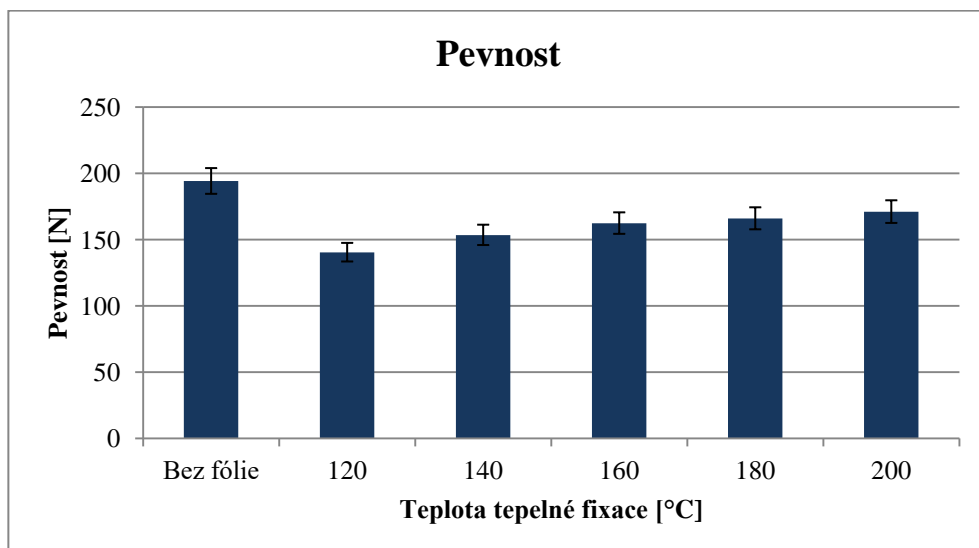
Při měření tažnosti byla nejvyšší průměrná hodnota při teplotě 120°C a to 216,8%. Také při 140°C byla překonána hranice 200%, konkrétně 209,9%. Zbylé tři testované fixační teploty dosahovaly podobných výsledků - 186,7%, 191,8% a 189,1%. Nejnižší průměrná tažnost byla při 160°C. Rozdíl mezi minimální



a maximální tažností byl 30,1%. To znamená, že navýšení teploty vedlo ke snížení tažnosti o 16,1%.

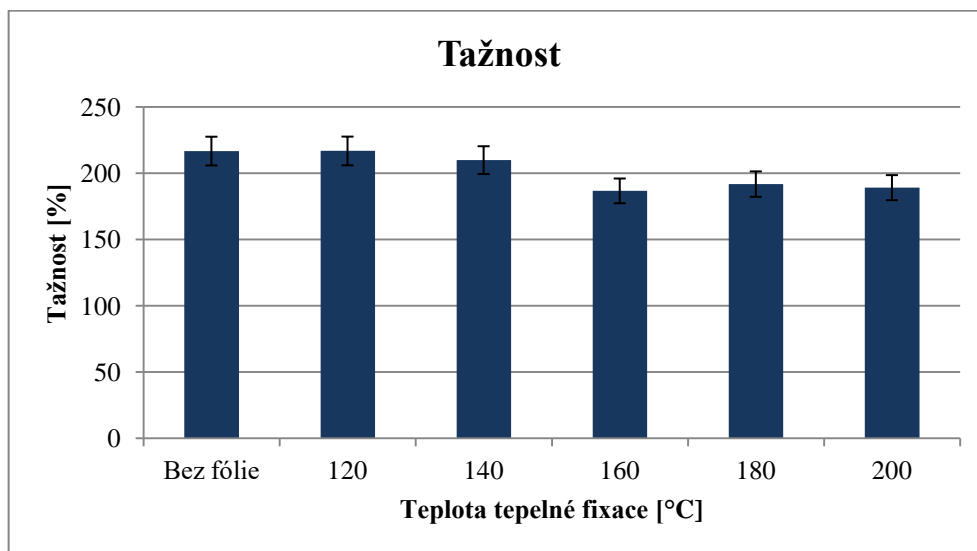
Z naměřených dat byly sestaveny grafy pevnosti a tažnosti. Z grafu pevnosti (obrázek 32) lze vyčíst, že pevnost materiálu i s fólií má s navyšující se teplotou fixace vzestupný charakter. Teplota zažehlování má tedy značný vliv na pevnost materiálu.

Porovná-li se pevnost textilie bez metalické fólie a s ní, zjistí se, že textilie bez jakékoliv úpravy dosahuje vyšší pevnosti než textilie s fólií. Průměrná pevnost bez fólie ve směru sloupek byla 194,1N. Rozdíl s nejpevnějšími vzorky s fólií je 23,1N (při 200°C), to značí, že pletenina bez úprav je o 11,9% pevnější než při fixaci 200°C. Ve srovnání s nejméně pevnými vzorky (při 120°C) je neupravená textilie až o 27,7% pevnější.



Obrázek 32: Graf pevnosti materiálu s metalickou fólií v závislosti na teplotě tepelné fixace

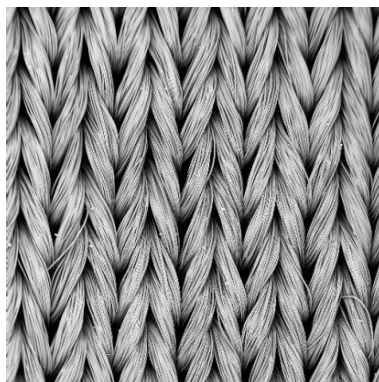
Průměrná tažnost vzorků bez fólie byla 216,7%, nejvyšší naměřená tažnost s metalickou fólií (při 120°C) je 216,8%. Samotná pletenina má téměř identickou tažnost jako pletenina s metalickou fólií (při 120°C). V porovnání s nejnižší naměřenou hodnotou (při 160°C) je textilie bez fólie o 13,9% tažnější. Na základě obrázku 33, lze soudit, že metalická fólie při nižších teplotách zažehlování (120°C a 140°C) nemá vliv na tažnost materiálu. Při vyšší teplotě zažehlování již tažnost materiálu klesá.



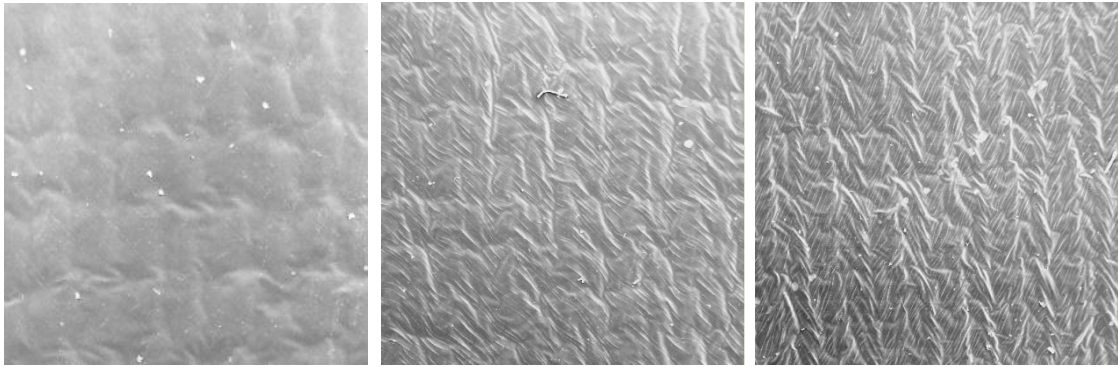
Obrázek 33: Graf tažnosti materiálu s metalickou fólií v závislosti na teplotě tepelné fixace

### Hodnocení povrchu textilie na základě elektronové mikroskopie

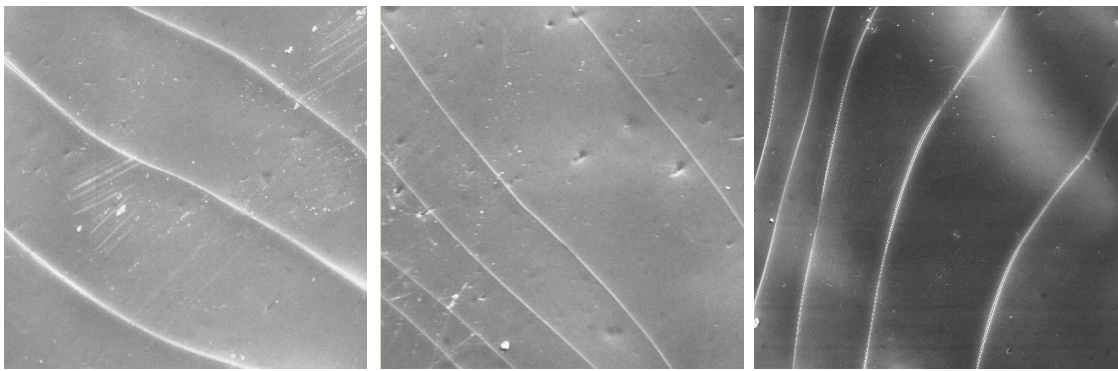
U nejnižší teploty zažehlování je fólie nejhladší a struktura textilie nepatrně prosvítá. Se zvyšující se teplotou, dochází ke zvrásnění povrchu, pomačkání fólie a struktura původní textilie (obrázek 34) je zřetelnější. Na povrchu vzorků se s rostoucí teplotou vytváří větší počet rýh (obrázek 35, obrázek 36, obrázek 37) a textilie ztrácí na lesku.



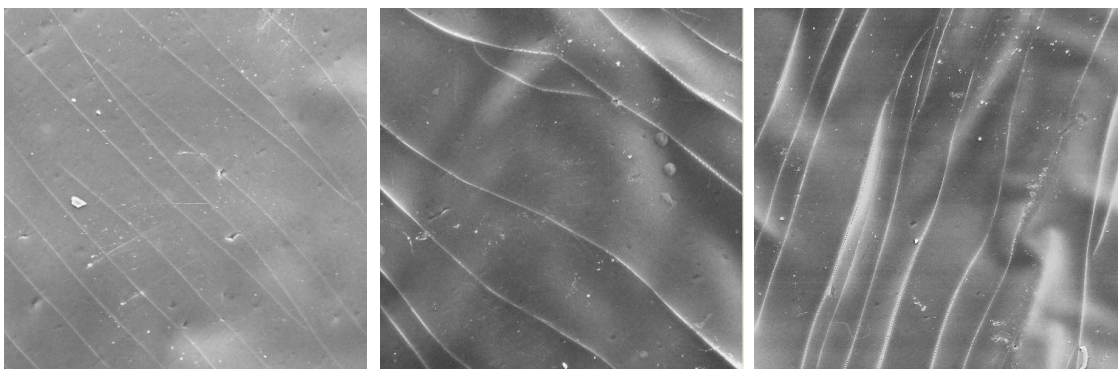
Obrázek 34: Vzorek textilie bez metalické fólie, při zvětšení 1 mm



Obrázek 35: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, při zvětšení 1 mm



Obrázek 36: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, při zvětšení 50  $\mu\text{m}$



Obrázek 37: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, při zvětšení 100  $\mu\text{m}$

### 3.4 Aplikace metalické fólie do částí krasobruslařského dresu

#### Hodnocení pevnosti, tažnosti a účinnosti švů

Průměrné hodnoty měření pevnosti, tažnosti a účinnosti švu jsou zaznamenány v tabulce 8, tabulka s dalšími charakteristikami je přiložena v příloze II.

Účinnost šitého spoje s fólií ve směru sloupků (13,3%) je menší než účinnost stejného spoje bez fólie (24,1%). Spoj bez fólie měl účinnost o 44,7% vyšší než s fólií, to znamená, že šev bez fólie je účinnější. Ve směru řádků byl rovněž šitý spoj bez metalické fólie účinnější (61,1%). Rozdíl mezi spoji byl 19,0%, z čehož vyplývá, že vytvořený šev bez fólie je o 31,1% účinnější než šev s fólií.

Při porovnání šitých spojů ve směru sloupků a řádků je zřejmé, že švy ve směru řádků bez fólie jsou více než 2,5x účinnější, s fólií jsou více než 3x účinnější.

Tabulka 8: Porovnání šitých spojů

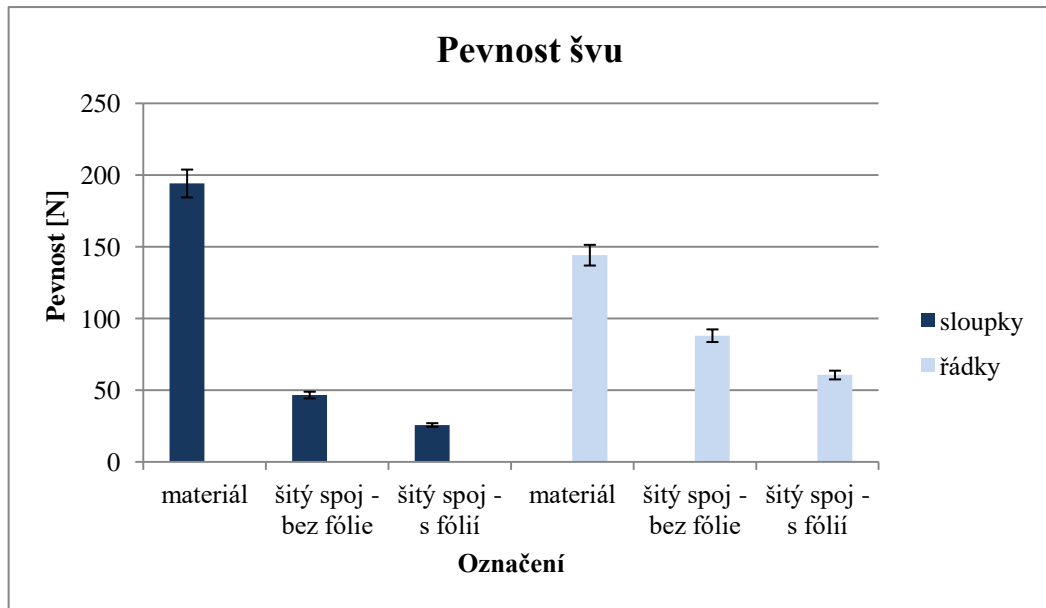
Označení	Sloupky			Řádky		
	Materiál	Šitý spoj (bez fólie)	Šitý spoj (s fólií)	Materiál	Šitý spoj (bez fólie)	Šitý spoj (s fólií)
Pevnost [N]	194,1	46,7	25,8	144,2	88,1	60,7
Tažnost [%]	216,7	157,8	129,7	264,7	230,7	216,0
Účinnost švu [%]	-	24,1	13,3	-	61,1	42,1

Na grafu (obrázek 38) jsou zobrazeny pevnosti samotného materiálu a šitých spojů v obou směrech (sloupky i řádky).

Z nějž vyplývá, že samostatný materiál má několikanásobně vyšší pevnost než sešité vzorky. Ve směru sloupků byl propad pevnosti velmi výrazný. Z průměrné pevnosti 194,1 N klesla pevnost u šitého spoje bez fólie na 46,7N, u spoje s fólií na 25,8N. To je snížení o 315,7% a 652,2%. Porovná – li se pevnost u švů samotných, jsou šité spoje bez fólie o 44,7% pevnější než spoje s fólií.

Ve směru řádků měl materiál vyšší pevnost o 38,9 % vůči spoji bez fólie, oproti spoji s fólií byl rozdíl o 83,6 N, což je o 57,9% více. Ve srovnání šitých spojů, měly vzorky bez fólie o 31,1% vyšší průměrnou pevnost. Šité spoje ve směru řádků dosahovaly lepších hodnot než spoje ve směru sloupků.

Lze soudit, že přelátováním švu metalickou fólií se nenavýší jeho pevnost, spíše naopak.

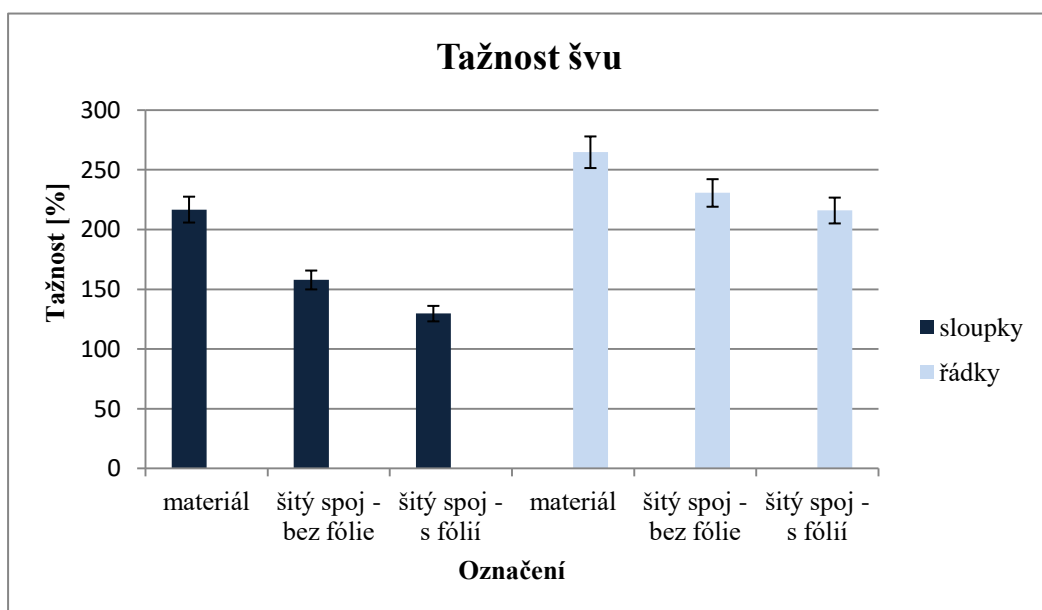


Obrázek 38: Graf pevnosti materiálu a šitých spojů s metalickou fólií a bez fólie

Z grafu tažnosti (obrázek 39) lze vyčíst, že šité spoje jak ve směru sloupků, tak řádků snížily tažnost vzorků oproti samotnému materiálu.

Pokles tažnosti u šitých spojů ve směru sloupků byl o 27,2% (bez fólie) a o 40,2% (s fólií). Při vzájemném porovnání švů vycházel spoj bez fólie o 17,8% tažněji než s fólií.

V směru řádků byl samotný materiál oproti spojovanému materiálu tažnější o 12,9% (bez fólie) a o 18,4% (s fólií). Rozdíl mezi šitými spoji byl o 14,7%, šev přelátovaný metalickou fólií je tak o 6,8 % méně tažný.



Obrázek 39: Graf tažnosti materiálu a šitých spojů s metalickou fólií a bez fólie

## 4 Závěr

Předkládaná bakalářská práce se zabývala problematikou na téma „Metalické efekty na krasobruslařských dresech. Práce byla rozdělena na dvě části – teoretickou a experimentální.

Teoretická část se věnovala studiu vývoje krasobruslařských dressů od počátků vzniku krasobruslení až po současnost. Soustřeďovala se na používané materiály, střihy a zdobné prvky. Většinová část rešerše byla cílena na speciální optické efekty na textiliích. Tento okruh byl rozdělen do kapitol, podle charakteristických vlastností daných efektů. První kapitola se zabývala efekty založenými na lesku, kam spadaly efekty na principu odrazu světla na rozhraní, metalické a holografické efekty. Další kapitola se věnovala efektům na základě svítivosti. Sem byly zařazeny luminiscenční efekty a efekty s LED diodami a optickými vlákny. Ve všech kapitolách byla zprvu popsána historie vzniku daných efektů, princip fungování, možnosti aplikace a jejich využití. V poslední kapitole byly uvedeny efekty na základě změny barevnosti, tzv. chromatické efekty. Zde byl vysvětlen princip chromismu a dále byly blíže rozebrány dva nejznámější typy chromatických změn – fotochromismu a termochromismu.

V experimentální části pak bylo cílem pokusit se vytvořit metalické efekty na vhodnou látku na krasobruslařské dresy pomocí depozice stříbra dle daného postupu. Další část experimentu byla zaměřena na vytvoření metalických efektů pomocí metalické fólie, kde se stanovovaly optické a mechanické vlastnosti. V závěru experimentu se testoval vliv fólie na šitý spoj v krasobruslařském dresu.

Nejprve se vybrala látka. Jako nejvhodnější materiál se jevila elastická pletenina z 90% polyesteru a 10% lycry, neboť byla pevná, a zároveň tažná.

Po výběru látky se začalo s galvanickým pokovováním. Tento způsob je v praxi jedním z nejrozšířenějších způsobů provádění povrchových úprav. Metoda stříbření by měla zajišťovat dobrou elektrickou vodivost materiálu a zároveň přinést metalické efekty. Nejprve se vzorky materiálu daly extrahovat do Soxhletova přístroje a poté se přešlo na jejich před úpravu. Bylo vybráno pět různých před úprav, které měly zajistit vyšší efektivitu následného pokovování v chemických roztocích. Kyselina chrom sírová i při snížení doporučené koncentrace porušovala danou pleteninu a při pokovování

neměla egální vybarvení, byla nevyhovující. Další úpravy (ozónem, plazmou, laserem a hydroxidem sodným) materiál nenarušovaly, avšak rovnoměrná stříbrná vrstva se taktéž nevytvořila. Po elektronové mikroskopii bylo patrné, že testovaná látka zachycuje částice stříbra, ale jen na povrchu vláken. U vzorků se podařilo docílit částečného navýšení elektrické vodivosti, nikoliv však lesku. Po měření lesku na leskoměru vyšla původní pletenina lesklejší než pletenina upravená, pokovená.

Další část se zaměřovala na vhodné podmínky pro aplikaci metalické fólie. Pro testování bylo zvoleno pět různých teplot a šest časových intervalů, včetně doporučeného času lisování. Na vzorcích se následně naměřil lesk ve třech obvyklých úhlech. Nejvhodnější teplota lisování k docílení nejefektivnějšího lesku byla 120°C, neoptimálnější čas působení dané teploty 10s. Při vyšších teplotách a delších časech klesal žádaný lesk. Po údržbě (praní) se hodnoty lesku nezměnily.

Následně se měřila pevnost a tažnost vzorků při různých teplotách a při doporučeném času lisování – 20s. Pevnost materiálu se s narůstající teplotou zažehlování zvyšovala, avšak původní pevnost pleteniny bez metalické fólie nebyla překonána. Fólie na tažnost materiálu neměla významný vliv. Při nejnižších teplotách byla téměř totožná, u vyšších byl zaznamenán mírný pokles tažnosti.

Po vyhodnocení optických a mechanických vlastností byly vybrány tři vzorky a byla udělána elektronová mikroskopie. Ta ukázala, že u nejnižší teploty zažehlování je fólie nejhladší, struktura pleteniny nepatrně prosvítá, na povrchu se nevytváří mnoho rýh a textilie neztrácí na lesku. Vyšší teploty měly opačný vliv.

Na závěr se metalická fólie aplikovala do částí krasobruslařského dresu. Dres byl simulován pomocí jednoduchého návleku. Pro testování mechanických vlastností byly zvoleny hřbetové švy a pro zachování pružnosti materiálu se použily elastické nitě a čtyřnitý obnitkovací steh (514). Vyhotovené švy se přeplátovaly fólií a naměřila se pevnost, tažnost švu a dopočetla účinnost.

Oproti samotnému materiálu byly měřené veličiny u šitých spojů několika násobně nižší, především u pevnosti. Při porovnávání šitých spojů bez fólie a s ní, vyšly lépe samotné švy bez metalické fólie, a to jak ve směru sloupků, tak ve směru řádků.

Pro další postup bych doporučila testování optických a mechanických vlastností dalších zmiňovaných možností, jež vedou k docílení metalických efektů na textilií. Tím by se mohlo zjistit, které efekty jsou zcela neúčinnější a nejefektivnější pro využití na krasobruslařském dresu.

## Použitá literatura

- [1] Dědič, J.: *Krasobruslení*. 1. vydání. Praha, Olympia, 1972. 237 s.
- [2] An Illustrated History of Figure Skating Clothes. *About sports* [Online] © 2017. [cit. 2017- 01-06]  
Dostupné z: <http://figureskating.about.com/od/whattowear/ss/History-Of-Figure-Skating-Clothes.htm>
- [3] *Getty images* [Online] © copyright 1999-2017 [cit. 2017- 01-06]  
Dostupné z: <http://www.gettyimages.com/detail/news-photo/picture-taken-29-january-1924-in-chamonix-of-norwegian-news-photo/160472785#picture-taken-29-january-1924-in-chamonix-of-norwegian-figure-skater-picture-id160472785>
- [4] 10 интересных фактов из жизни Юлии Липницкой, *tele.ru* [Online] © copyright 2017 [cit. 2017- 01-06]  
Dostupné z: [http://www.tele.ru/upload/resize\\_cache/iblock/ee2/379\\_530\\_1/yuliya-lipnitskaya.jpg](http://www.tele.ru/upload/resize_cache/iblock/ee2/379_530_1/yuliya-lipnitskaya.jpg)
- [5] The Ice Skating Move Most Likely to Cause a Nip Slip: Interview with Brad Griffies, *Cosmopolitan* [Online] © copyright 2017 [cit. 2017- 01-06]  
Dostupné z: <http://www.cosmopolitan.com/style-beauty/fashion/advice/a19764/ice-skating-costume-facts/>
- [6] Dofek, R.: *Hodnocení parametrů povrchových ochranných nátěrůvými hmotami*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Marta Ščerbejová, CSc
- [7] Lom světla na rozhraní dvou prostředí, *e-fyzika II*. [Online] [cit. 2016-10-29]  
Dostupné z: [http://kf-lin.elf.stuba.sk/~ballo/STU\\_online/Fyzika%20II/12%20kapitola/optika12.htm](http://kf-lin.elf.stuba.sk/~ballo/STU_online/Fyzika%20II/12%20kapitola/optika12.htm)
- [8] Wissling, P.: *Metallic Effect Pigments: Fundamentals and Applications*. 1. vydání. Hannover, Vincentz Network GmbH & Co KG, 2006, 243 s., ISBN 3-87870-171-3.
- [9] Bamfield, P., Gutchings, G.M., *Chromic Phenomena: The Technological Applications of Colour Chemistry*. Cambridge, The Royal Society of Chemistry. 2. Vydání. 2010, 546 s., ISBN 978-1-84755-868-8
- [10] PVD Aluminum Pigments: Superior Brilliance for Coatings & Graphic Arts, PCI Paint & Coatings Industry [online]. © 2016 [cit. 2016-10-13].  
Dostupné z: [www.pcmag.com/articles/84559-pvd-aluminum-pigments-superior-brilliance-for-coatings-graphic-arts](http://www.pcmag.com/articles/84559-pvd-aluminum-pigments-superior-brilliance-for-coatings-graphic-arts)
- [11] The effect of ball size on grinding kinetics in a pilot scale ball mill, *Rotary dryer* [online]. [cit. 2016-10-13].  
Dostupné z: [www.rotary-dryer.com/effect-ball-size-grinding-kinetics-pilot-scale-ball-mill/](http://www.rotary-dryer.com/effect-ball-size-grinding-kinetics-pilot-scale-ball-mill/)
- [12] Bartoň, J.: *Úvod do technologie offsetu*. Praha, Nakladatelství grafické školy. 1. vydání. 2003, 309 s., ISBN: 80-902978-6-2.



- [13] Ofsetový tisk, *Zoneprint* [online]. © 2016 [cit. 2016-10-14].  
Dostupné z: [www.zoneprint.cz/cz/offsetovy-tisk/](http://www.zoneprint.cz/cz/offsetovy-tisk/)
- [14] Sítotisk. *Machinery Europe* [online]. © Machinery Europe s.r.o. [cit. 2016-10-14].  
Dostupné z: <http://www.machineryeurope.com/sitotisk>
- [15] Škeřík, J.: *Receptář pro elektrotechnika*. Praha, Nakladatelství technické literatury. 2. vydání. 1974, 444 s., ISBN: 04-527-74.
- [16] Jiang, S.Q., a spol., Chemical Silver Plating and Its Application to Textile Fabric Design, *Journal of Applied Polymer Science*, 2005, sv. 96, ISSN 919-926
- [17] Hariharan, P.: *Optical Holography: Principles, techniques, and applications*. 2. Vydání. Sydney, Cambridge University Press, 1996, 407 s., ISBN 0-521-43965-5
- [18] Holografia, *Holografia a jej technicke aplikacie* [online]. [cit. 2016-10-22].  
Dostupné z: <http://www.holografia.wz.cz/>
- [19] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia: Optika*. 4. vydání. Praha, PROMETHEUS, spol. s.r.o., 2010, 207 s., ISBN 978-80-7196-384-4
- [20] Optika:Holografie, *Fyzika 007* [online]. [cit. 2016-10-22].  
Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/optika/holografie>
- [21] Zušlechťení tiskovin hologramy, *Svět tisku* [online]. © 2004 [cit. 2016-10-22].  
Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=190](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=190)
- [22] ASOS Holographic Sequin Strip Dres, ASOS [online]. © 2016 [cit. 2016-10-22].  
Dostupné z: <http://www.asos.com/asos/asos-holographic-sequin-strip-dress/prd/4801477>
- [23] Reichl, J., Všetická, M., Encyklopedie fyziky: Fotometrické veličiny [online]. © 2017 Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 [cit. 2017-03-28].  
Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/535-fotometricke-veliciny>
- [24] Pelant, I. a Valenta, J.: *Luminiscenční spektroskopie*, 1. Vydání. Praha, Academia, 2006, 328 s., ISBN 80-200-1447-0
- [25] Richterová, J.: *Využití luminiscenčních materiálů v textilních aplikacích*. Liberec, 2012. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Martina Víková, PhD
- [26] Luminiscence, *Web chemie* [online]. [cit. 2016-10-23].  
Dostupné z: <http://www.webchemie.cz/luminiscence.html>
- [27] Co je to luminiscence?, *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky* [online]. [cit. 2016-10-23].  
Dostupné z: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/13-14-Konecny.html>
- [28] Schubert, F. E.: *Light-Emitting Diodes*, 2. Vydání. New York, Cambridge University Press, 2006, 422 s., ISBN 978-0-511-34476-3
- [29] Historie LED diody. OSRAM [Online] © 2016 [cit. 2016-10-29]  
Dostupné z: [http://www.osram.cz/osram\\_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp](http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp)

- [30] Víte, jak funguje LED a OLED dioda?. *Proelektrotechniky.cz* [Online] © 2012 – 2016. [cit. 2016-10-29]  
Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/15.php>
- [31] LED osvětlení v pařížském chrámu Notre Dame. *Proelektrotechniky.cz* [Online] © 2012 – 2016. [cit. 2016-10-29]  
Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/osvetleni/29.php>
- [32] 37 m<sup>2</sup> světla: největší světelná textilie na světě představena v Drážďanech. *Proelektrotechniky.cz* [Online] © 2012 – 2016. [cit. 2016-10-29]  
Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/osvetleni/34.php>
- [33] Lights Go on for Newfangled, Wearable Tech, L.E.D. Lighted Skates Offering “Skating on Light”. *prweb* [Online] ] © 1997 – 2015. [cit. 2016-10-30]  
Dostupné z: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2013/12/31/11455931/DSC01191.jpg>
- [34] Jaroš, M.: *Aplikace nositelné elektroniky a signalizace na oděvech*. Liberec, 2012.  
Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc
- [35] Kašík, I., Peterka, P. *Optická vlákna – páteř moderních komunikací*. *Československý časopis pro fyziku*, 2011, sv. 61, 1., ISSN 0009-0700
- [36] Udělení Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2009, *Aldebaran* [online]. [cit. 2016-10-30].  
Dostupné z: [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2009\\_42\\_nob.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2009_42_nob.php)
- [37] Chempoint, *Barva, její definice a barvové prostory*, [online]. © 2017. [cit. 2017-03-28].  
Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/barva-jeji-definice-a-barvove-prostory>
- [38] Suhag, N., Singh, S., Types of Chromism & Its Applications in Fashion & Textile Designing. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering*, 2015, sv. 4, 8., ISSN 2319-7463
- [39] Heat Press Transfer, *Solar Active* [online]. © 1996 – 2016. [cit. 2016-11-05].  
Dostupné z: <http://www.solaractive.com/heat-press-transfer/#>
- [40] Viková, M., *Chromismus a jeho aplikace II.*, Přednášky z: Textilní fyzika., Liberec: Technická univerzita Liberec: Fakulta textilní.

## Seznam obrázků, tabulek a příloh

### Obrázky

Obrázek 1: Ukázka dresu z 20. let – Sonja Henie [3] .....	12
Obrázek 2: Ukázka současného dresu – Yulia Lipnitskaya [4].....	12
Obrázek 3: Kulový mlýn na výrobu hliníkových pigmentů [11] .....	16
Obrázek 4: Princip metalických efektů [10] .....	17
Obrázek 5: Princip ofsetového tisku [13].....	18
Obrázek 6: Princip vzniku hologramu [20].....	20
Obrázek 7: Princip rekonstrukce hologramu [20] .....	21
Obrázek 8: Holografické efekty v oděvním průmyslu [22] .....	22
Obrázek 9: Využití LED diodových světél na krasobruslařské brusle [33] .....	29
Obrázek 10: Tkanina z optických vláken [40] .....	33
Obrázek 11: Tričko s fotochromní úpravou před působením UV záření a po působení UV záření [39] .....	35
Obrázek 12: Kontinuální změna barvy, tekuté krystaly [40] .....	37
Obrázek 13: Jednoduchá změna barvy, barevné vývojky [40] .....	37
Obrázek 14: Soxhletův přístroj .....	40
Obrázek 15: Plazmový generátor .....	42
Obrázek 16: Pokovené vzorky po líci a) bez úprav, b) s před úpravou v $\text{SnCl}_2$ a $\text{HCl}$ .....	43
Obrázek 17: Měření lesku na přístroji ZGM 1110 Glossmeter.....	45
Obrázek 18: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; $120^\circ\text{C}$ , $160^\circ\text{C}$ , $200^\circ\text{C}$ .....	46
Obrázek 19: Šicí stroj Siruba 747E.....	47
Obrázek 20: Čtyřnitý obnitkovací steh 514 .....	47
Obrázek 21: Hřbetový šev přeplátovaný metalickou fólií .....	48
Obrázek 22: Simulace krasobruslařského dresu.....	48
Obrázek 23: Vzorek textilie s před úpravou koncentrovanější kyseliny chrom sírové .....	50
Obrázek 24: Vzorky nepokovené (nalevo) a pokovené (napravo) textilie při zvětšení $50\ \mu\text{m}$ ... ..	51
Obrázek 25: Vzorky nepokovené (nalevo) a pokovené (napravo) textilie při zvětšení $20\ \mu\text{m}$ ... ..	51
Obrázek 26: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $20^\circ$ ve směru sloupků .....	52
Obrázek 27: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $20^\circ$ ve směru řádků .....	52
Obrázek 28: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $60^\circ$ ve směru sloupků .....	53
Obrázek 29: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $60^\circ$ ve směru řádků .....	53
Obrázek 30: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $85^\circ$ ve směru sloupků .....	54
Obrázek 31: Graf lesku metalické fólie v závislosti na teplotě tepelné fixace při úhlu $85^\circ$ ve směru řádků .....	54
Obrázek 32: Graf pevnosti materiálu s metalickou fólií v závislosti na teplotě tepelné fixace ..	57

Obrázek 33: Graf tažnosti materiálu s metalickou fólií v závislosti na teplotě tepelné fixace ...	58
Obrázek 34: Vzorek textilie bez metalické fólie, při zvětšení 1 mm .....	58
Obrázek 35: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, při zvětšení 1 mm.....	59
Obrázek 36: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, při zvětšení 50 µm.....	59
Obrázek 37: Vzorky textilie s metalickou fólií s různou teplotou fixace; 120°C, 160°C, 200°C, .....	59
Obrázek 38: Graf pevnosti materiálu a šitých spojů s metalickou fólií a bez fólie.....	61
Obrázek 39: Graf tažnosti materiálu a šitých spojů s metalickou fólií a bez fólie.....	61

## Tabulky

Tabulka 1: Další typy luminiscence dle způsobu buzení .....	26
Tabulka 2: Další typy chromismů a vyvolávacích faktorů .....	37
Tabulka 3: Charakteristika použitého materiálu .....	38
Tabulka 4: Koncentrace ozonu v závislosti na čase.....	41
Tabulka 5: Doba vypalování laserem v závislosti na rychlosti vypalování .....	42
Tabulka 6 Výsledky porovnání pevnosti, protažení a tažnosti materiálu ve směru sloupků a řádků.....	49
Tabulka 7: Výsledky porovnání pevnosti, protažení a tažnosti materiálu s metalickou fólií při různých teplotách fixace po dobu 20s. ....	56
Tabulka 8: Porovnání šitých spojů.....	60

## Přílohy

Příloha I: Naměřené hodnoty lesku u metalické fólie při různých teplotách .....	70
Příloha II: Naměřené hodnoty pevnosti, prodloužení a tažnosti se šitým spojem .....	73

## **Přílohy**

## Příloha I: Naměřené hodnoty lesku u metalické fólie při různých teplotách

Naměřené hodnoty lesku při teplotě 120°C

Teplota [120°C]	sloupky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]	řádky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]
		10	20°	31,1	1,2	4,2		10	20°	34,4	2,0	5,8
60°	85,8		2,6	7,8	60°	126,5	2,6		2,1			
85°	23,2		1,1	4,7	85°	41,1	1,6		3,9			
20	20°	26,8	3,0	11,1	20	20°	26,8	0,8	3,0			
	60°	75,2	6,5	8,6		60°	115,2	2,7	2,3			
	85°	18,9	3,5	18,3		85°	42,1	1,3	3,1			
30	20°	20,6	0,7	3,2	30	20°	22,9	0,6	2,7			
	60°	61,8	3,8	6,1		60°	114,0	1,9	1,7			
	85°	16,4	1,3	7,7		85°	38,8	1,0	2,6			
40	20°	19,2	1,9	9,7	40	20°	20,3	0,2	1,2			
	60°	60,7	5,0	8,3		60°	108,8	1,0	0,9			
	85°	15,3	1,3	8,5		85°	38,4	0,9	2,2			
50	20°	18,4	0,9	4,7	50	20°	18,8	0,6	3,1			
	60°	58,1	2,2	3,7		60°	108,0	1,2	1,2			
	85°	16,0	0,4	2,7		85°	34,2	0,9	2,7			
60	20°	19,0	0,3	1,6	60	20°	19,5	0,6	3,1			
	60°	61,7	3,1	5,0		60°	99,7	1,8	1,9			
	85°	15,4	0,6	3,9		85°	35,4	0,6	1,7			

Naměřené hodnoty lesku při teplotě 140°C

Teplota [140°C]	sloupky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]	řádky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]
		10	20°	14	0,6	4,1		10	20°	15,0	0,7	4,6
60°	56,5		2,4	4,2	60°	73,4	2,6		3,6			
85°	13,9		0,9	6,6	85°	24,2	0,8		3,5			
20	20°	14,4	0,6	4,1	20	20°	14,0	0,5	3,6			
	60°	59,4	1,8	3,0		60°	77,6	1,9	2,4			
	85°	9,7	0,8	7,8		85°	22,5	0,5	2,0			
30	20°	13,0	0,6	4,3	30	20°	12,2	0,4	3,4			
	60°	54,5	1,7	3,2		60°	66,2	0,6	0,9			
	85°	11,2	0,4	3,3		85°	21,3	0,4	1,7			
40	20°	11,5	0,4	3,7	40	20°	11,2	0,8	7,4			
	60°	50,7	1,8	3,6		60°	63,5	3,7	5,9			
	85°	10,9	0,5	5,0		85°	19,9	1,0	5,0			
50	20°	11,4	0,3	2,2	50	20°	11,1	0,5	4,2			
	60°	46,0	0,8	1,8		60°	66,5	2,9	4,4			
	85°	8,3	0,4	4,8		85°	16,9	0,6	3,3			
60	20°	10,0	0,1	1,3	60	20°	9,9	0,3	3,3			
	60°	47,4	0,6	1,3		60°	56,5	0,9	1,6			
	85°	10,9	0,3	2,9		85°	18,0	0,9	4,8			

Naměřené hodnoty lesku při teplotě 160°C

Teplota [160°C]	sloupky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]	řádky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]
		10	20°	7,4	1,1	14,2		10	20°	6,5	0,3	4,0
	60°	34,9	3,7	10,5		60°	39,8	1,6	4,1			
	85°	4,1	1,1	25,9		85°	13,4	0,6	4,4			
	20	20°	9,5	0,7	7,2	20	20°	9,0	0,7	7,3		
	60°	49,6	3,2	6,5		60°	51,7	2,5	4,8			
	85°	10,5	0,9	8,2		85°	15,6	0,3	1,7			
	30	20°	8,4	0,3	3,9	30	20°	8,6	0,6	6,4		
	60°	41,3	1,2	3,0		60°	52,6	2,7	5,1			
	85°	5,1	0,2	3,3		85°	12,5	0,7	5,5			
	40	20°	6,0	0,3	4,7	40	20°	6,0	0,6	10,2		
	60°	33,0	1,1	3,2		60°	36,3	3,0	8,2			
	85°	4,0	0,1	2,7		85°	10,7	0,3	2,4			
	50	20°	4,3	0,2	5,6	50	20°	4,0	0,4	9,0		
	60°	22,0	1,2	5,3		60°	26,5	1,9	7,2			
	85°	2,4	0,1	5,4		85°	11,3	0,7	6,4			
	60	20°	3,7	0,3	8,1	60	20°	2,4	0,2	6,4		
	60°	18,5	1,3	7,1		60°	22,5	1,1	4,9			
	85°	1,1	0,2	19,8		85°	3,0	0,9	30,8			

Naměřené hodnoty lesku při teplotě 180°C

Teplota [180°C]	sloupky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]	řádky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]
		10	20°	7,1	0,4	5,8		10	20°	6,8	0,4	5,4
	60°	40,4	1,6	4,1		60°	41,5	1,7	4,1			
	85°	8,9	0,4	4,3		85°	13,2	0,2	1,6			
	20	20°	8,1	0,3	4,0	20	20°	8,2	0,4	4,6		
	60°	46,5	3,4	7,4		60°	49,8	1,2	2,5			
	85°	9,9	0,7	7,5		85°	12,6	0,6	4,9			
	30	20°	7,2	0,4	5,1	30	20°	8,0	0,3	4,0		
	60°	41,1	3,1	7,6		60°	47,3	2,1	4,5			
	85°	6,3	0,4	7,0		85°	12,4	0,6	5,1			
	40	20°	4,3	0,3	7,8	40	20°	4,5	0,1	3,1		
	60°	25,4	1,6	6,2		60°	28,8	0,7	2,4			
	85°	2,6	0,1	4,3		85°	8,8	0,3	3,7			
	50	20°	2,8	0,4	14,8	50	20°	3,0	0,2	5,7		
	60°	17,7	2,4	13,5		60°	20,8	1,3	6,2			
	85°	1,9	0,1	5,9		85°	6,4	0,3	4,7			
	60	20°	2,5	0,1	5,7	60	20°	2,6	0,1	4,7		
	60°	14,7	0,8	5,4		60°	17,3	0,5	3,1			
	85°	1,6	0,1	4,4		85°	5,4	0,2	3,2			

Naměřené hodnoty lesku při teplotě 200°C

Teplota [200°C]	sloupky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]	řádky	Čas [s]	úhel	Průměr [GU]	s	v [%]
		10	20°	3,9	0,2	4,9		10	20°	3,7	0,9	23,3
	60°	22,4	1,3	5,8		60°	22,9	5,9	25,6			
	85°	3,0	0,2	5,0		85°	6,1	1,5	25,3			
20	20°	2,1	0,1	4,3	20	20°	1,9	0,2	10,6			
	60°	13,3	0,5	3,5		60°	13,3	1,7	12,6			
	85°	1,5	0,1	5,3		85°	3,7	0,4	10,3			
30	20°	1,7	0,1	7,6	30	20°	1,9	0,2	8,0			
	60°	10,6	0,7	6,1		60°	13,5	1,0	7,3			
	85°	1,5	0,0	2,6		85°	4,0	0,3	6,5			
40	20°	1,9	0,1	3,1	40	20°	1,2	0,1	7,4			
	60°	12,5	0,5	4,0		60°	13,5	1,0	7,6			
	85°	1,6	0,1	5,0		85°	4,0	0,3	7,7			
50	20°	1,7	0,1	4,7	50	20°	1,7	0,1	5,2			
	60°	12,1	0,3	2,8		60°	10,9	0,4	4,0			
	85°	3,3	0,1	3,1		85°	1,4	0,0	2,8			
60	20°	2,3	0,1	4,3	60	20°	2,4	0,1	5,4			
	60°	13,1	0,5	3,4		60°	16,1	0,6	3,6			
	85°	1,4	0,1	4,9		85°	4,7	0,3	5,5			



## Příloha II: Naměřené hodnoty pevnosti, prodloužení a tažnosti se šitým spojem

Naměřené hodnoty pevnosti, protažení a tažnosti materiálu se šitým spojem (steh 514)

Zkouška	Měřená vlastnost	Průměr	Min	Max	Směrodatná odchylka	Var. koef [%]
<b>Sloupky (bez fólie)</b>	Pevnost (N)	46,7	35,1	62,5	11,6	24,8
	Prodloužení (mm)	156,6	142,7	174,1	13,1	8,4
	Tažnost (%)	157,8	143,5	176,2	13,7	8,7
<b>Sloupky (s fólií)</b>	Pevnost (N)	25,8	24,0	27,7	1,5	5,8
	Prodloužení (mm)	127,8	102,1	152,8	20,7	16,2
	Tažnost (%)	129,7	104,7	155,0	20,6	15,9
<b>Řádky (bez fólie)</b>	Pevnost (N)	88,1	82,6	94,4	4,9	5,5
	Prodloužení (mm)	229,0	226,5	229,3	1,9	0,8
	Tažnost (%)	230,7	228,6	233,2	1,9	0,8
<b>Řádky (s fólií)</b>	Pevnost (N)	60,7	59,0	63,5	2,0	3,3
	Prodloužení (mm)	213,8	209,2	217,5	3,5	1,6
	Tažnost (%)	216,0	210,5	220,6	4,2	1,9