



# Měření tloušťky výrobků lisovaných z vláknitých materiálů

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Autor práce:* **David Jansa**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Havlíček, CSc.





# Thickness measurement of the products produced by the pressing of fibrous materials

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil

*Study branch:* 3106R016 – Textile Technologies, Materials and Nanomaterials

*Author:* **David Jansa**

*Supervisor:* Ing. Jiří Havlíček, CSc.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Jansa**  
Osobní číslo: **T14000354**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní technologie, materiály a nanomateriály**  
Název tématu: **Měření tloušťky výrobků lisovaných z vláknitých materiálů**  
Zadávající katedra: **Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů**

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

1. Seznamte se s principem výroby dílů z vláknitých materiálů a způsoby měření jejich tloušťky.
2. Analyzujte základní problémy při aplikaci standardních metod měření tloušťky a navrhnete novou metodu.
3. Navrženou metodu prakticky ověřte a vypracujte metodiku jejího použití.
4. Výsledky práce zpracujte a z technického hlediska okomentujte.

*David Jansa*

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **40-60 dle potřeby**

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

Seznam odborné literatury:

1. **O.Jirsák, K.Kalinová: Netkané textilie - skripta TUL.**
2. **S.J.Russell: Handbook of nonwovens, Woodhead Publishing Ltd, 2007.**
3. **Normy ČSN, ISO, Edana.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Havlíček, CSc.**

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Datum zadání bakalářské práce: **19. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. prosince 2018**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 19. ledna 2018

## Prohlášení

Byl jsem seznámen 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 vědom 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 vypracoval 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**

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Havlíčkovi CSc., za neocenitelné rady, připomínky, odborné vedení a trpělivost při tvorbě teoretické i praktické části závěrečné práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Vasiliji Stachnivovi z firmy IDEAL automotive za ukázkou, prohlídku a cenné rady ohledně výroby.

Poděkování patří také mé rodině, přítelkyni a všem blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá analýzou a základními problémy při měření tloušťky lisovaných výrobků z vlákných materiálů. Konečný vylisovaný produkt je charakteristický tím, že se z lící strany chová jako textilie a ze své rubní strany jako pevný výrobek.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat základní problémy při měření tloušťky a navrhnout metodu novou. Navrženou metodu bylo nutné prakticky otestovat a následně vypracovat metodiku měření pro firmu IDEAL Automotive. Nový pracovní postup musí být ve výrobě snadno použitelný a výsledky jednotlivých měření se nesmí ve stejném místě významně lišit.

## **Klíčová slova**

Měření tloušťky, měřicí přístroj, netkaná textilie, tloušťka, výlisek.

## **Anotation**

This thesis deals with analysis and problems with thickness measurement of the products produced by the pressing of fibrous materials. Pressed products are distinctive for having similar characteristic as textile from the front while it's solid from the back.

Basic problems with thickness measurement are presented in the thesis and new measuring method are suggested. New methodology created for this method is also presented with testing in real environment in collaboration with IDEAL Automotive. New working procedure comply with requirements to be easily applicable to manufacturing and result of each test can't differ in the same place.

## **Keywords**

Dressing, measur apparatus, nonwovens, thickness measurement, thickness



# Obsah

Úvod.....	14
Teoretická část .....	16
1. Definice netkané textilie .....	16
1.1 Výroba vláknenné vrstvy.....	16
1.2 Zpevňování vláknenných vrstev .....	17
1.2.1 Základní parametry procesu vpichování .....	19
1.3 Pojení netkaných textilií .....	20
1.3.1 Teplovzdušné pojení termoplastickými vlákny .....	20
1.3.2 Rovnice pro tepelný přenos.....	21
1.3.3 Pojení infračerveným zářením .....	22
1.3.4 Pojení ultrazvukem.....	22
2. Teorie měření tloušťky .....	24
2.1 Co je to tloušťka .....	24
2.2 Předpokládané problémy při měření .....	25
2.3 Měřicí přístroje .....	25
3. Výrobní postup ve firmě IDEAL automotive .....	28
3.1 Vstupní materiály .....	28
3.2 Výroba a vrstvení materiálů .....	29
3.3 Lisování a tvarování .....	30
3.4 Řezání .....	30
3.5 Kontrola správnosti vylisování.....	32
3.6 Měření tloušťky .....	33
Praktická část .....	35
4. Výběr měřicího přístroje .....	35
4.1 Ultrazvukový měřicí přístroj .....	35
4.2 Feromagnetický měřicí přístroj .....	36

4.2.1	Elcometer 456 s vestavěnou sondou .....	36
4.2.2	Elcometer 456 s oddělenou sondou.....	37
5.	Laboratorní měření tloušťky .....	38
5.1	Měření laboratorním tloušťkoměrem pro měření plošných textilií.....	38
5.2	Měření tloušťkoměrem Elcometer 456.....	40
5.3	Porovnání naměřených hodnot .....	41
5.4	Analýza naměřených hodnot .....	45
5.5	Vyhodnocení měření .....	48
6.	Úprava měřicí sondy .....	50
6.1	Konstrukce originální sondy.....	50
6.2	Konstrukce upravené sondy a odrazné desky.....	50
7.	Deformace vlákenné vrstvy .....	52
7.1	Testování deformace .....	52
7.2	Měření tloušťky při předem definovaném tlaku.....	56
8.	Návodka při měření .....	58
8.1	Návod k použití .....	58
9.	Závěr .....	59
	Seznam použitých zdrojů.....	61
	Seznam obrázků.....	63
	Seznam tabulek.....	65
	Seznam grafů .....	66

## Seznam použitých zkratk a symbolů

ČSN	česká státní norma
EN	evropská norma
ISO	international organization for standardization
NT	netkané textilie
PE	polyethylen
PES	polyester
PP	polypropylen

## Seznam použitých symbolů

%	procento
$\tilde{X}$	medián
$\hat{X}$	modus
$\bar{x}$	průměr
$\Sigma$	suma
°C	teplota
A	amplituda
a	počet jehel na 1 m
cm	délka
cm <sup>2</sup>	plocha
D	tloušťka
f	frekvence
g.m <sup>-2</sup>	plošná hmotnost
K	konstanta
kHz	frekvence
kN	síla
kPa	přítlak
l	vzdálenost
max	maximum
min	minimum
mm	milimetr
MPa	tlak

N	newton
n	počet měření
p	počet průchodů strojem
Q	množství tepla prošlé plochou
S	směrodatná odchylka
$S^2$	rozptyl
T	teplota pojení
ts	čas
v	rychlost odvádění
V	variační koeficient
$V_p$	počet vpichů
$x_i$	naměřená hodnota
$\Delta t$	teplotní rozdíl
$\lambda$	tepelná vodivost
$\mu\text{m}$	mikrometr

# Úvod

Ve spolupráci s firmou IDEAL automotive GmbH, odloučené pracoviště Stříbro, která potřebovala kvůli požadavkům od konečných odběratelů inovovat metodu, kterou používala na měření tloušťky svých finálních produktů, došlo k vytvoření tématu pro tuto bakalářskou práci.

V této bakalářské práci se budu zabývat měřením tloušťky výrobků, které jsou lisované z vláknitých materiálů. Cílem této práce je analyzovat základní problémy při měření tloušťky lisovaných výrobků a navrhnout metodu novou. Nově navrženou metodu prakticky otestovat a vypracovat pro firmu IDEAL Automotive metodiku měření.

Základním milníkem pro vznik této práce, je návštěva samotné firmy a poznání jejího výrobního procesu. Tento proces se dělí na příjem materiálu, zpracování materiálu a jeho expedici. Při pozorování výrobního procesu jsem zjistil, kde mohou vzniknout případné chyby a jak se je ve firmě snaží eliminovat. Jednou z největších chyb, které se podnik může dopustit v průběhu výrobního procesu, je velká nestejnomyšlnost v tloušťce na všech vstupních materiálech. Tato chyba by ovlivnila tuto práci a naměřené výsledky. Eliminaci této chyby je možné zabránit díky důkladné vstupní kontrole, kterou ve firmě provádějí, a proto se budu zabývat pouze měřením finálních produktů.

Největším přínosem pro tuto práci bylo zjištění současného postupu při měření tloušťky konečných výrobků. Ve firmě se měření výlisků provádí podle norem ČSN EN ISO 9073-2: Textilie – Zkušební metody pro netkané textilie – Část 2: Zjišťování tloušťky v kombinaci s normou ČSN EN ISO 5084 – Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků.

Z těchto norem budu v této práci vycházet, stejně jako z těchto uvedených norem vychází interní pracovní návodka. Dle této návodky je v současné době prováděno měření konečných produktů. Konečné výrobky jsou charakteristické tím, že se z lící strany chovají jako textilie, ale ze své rubní strany jako pevný výrobek.

V současné době je měření na špatně dostupných místech prováděno destruktivní metodou. Výrobek se rozřízne na takové rozměry, aby bylo možné změřit požadovaná místa. Tato metoda je velice nevhodná, je tedy nutné vybrat vhodný měřicí přístroj,

který by zvládl nedestruktivním způsobem změřit tloušťku výrobku i na špatně dostupných místech finálních výlisků.

V první části bakalářské práce je popsána výroba netkaných textilií a možnosti jejich pojení. Následně se zabývám možnostmi měření tloušťky a použitelností různých měřicích přístrojů. Závěrem první části je shrnutí samotné výroby ve firmě IDEAL Automotive.

Druhá část práce popisuje výběr vhodného měřicího přístroje. Správný výběr měřicího přístroje je klíčový pro snadnou reprodukci měření v provozu, aniž by bylo nutné znehodnocovat finální produkty. Na konci práce se budou nacházet výsledky měření a nově navržený postup měření.

# Teoretická část

## 1. Definice netkané textilie

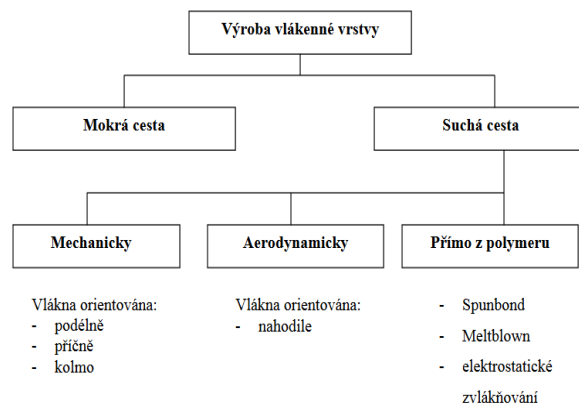
Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken. Takováto vlákenná vrstva zahrnuje širokou škálu výrobků získaných nejrůznějšími technologiemi odlišujících se strukturou. [1]

Přesnou definici netkané textilie určuje česká státní norma ČSN EN ISO 9092 (800002), která říká, že netkané textilie jsou struktury textilních materiálů, jako jsou staplová vlákna, nekonečná vlákna nebo příze bez ohledu na jejich typ nebo původ, z kterých bylo vytvořeno rouno jakýmkoliv způsobem a spojené jakýmkoliv způsobem, s výjimkou provázání nití jako u tkanin, pletenin, krajek, proplétaných nebo všívaných textilií. [3]

Výroba netkaných textilií se obecně skládá ze dvou stupňů výroby. Prvním stupněm je výroba vlákenné vrstvy a druhým je pak zpevňování vlákenné vrstvy.

### 1.1 Výroba vlákenné vrstvy

Výrobu netkaných textilií, můžeme rozdělit do dvou základních skupin. Výroba NT mokrou a suchou cestou.



**Obrázek 1:** Tabulka rozdělení NT podle technologie výroby [1]



## 1.2 Zpevňování vlákných vrstev

Zpevňování vlákných vrstev, lze provádět několika odlišnými technologickými postupy. Každý z těchto uvedených způsobů zpevňování vlákných vrstev má hlavní vliv na užitné a na zpracovatelské vlastnosti netkaných textilií. Způsob zpevnění má tedy vliv i na jejich použití. [1]



**Obrázek 2:** Zpevňování vlákné vrstvy [2]

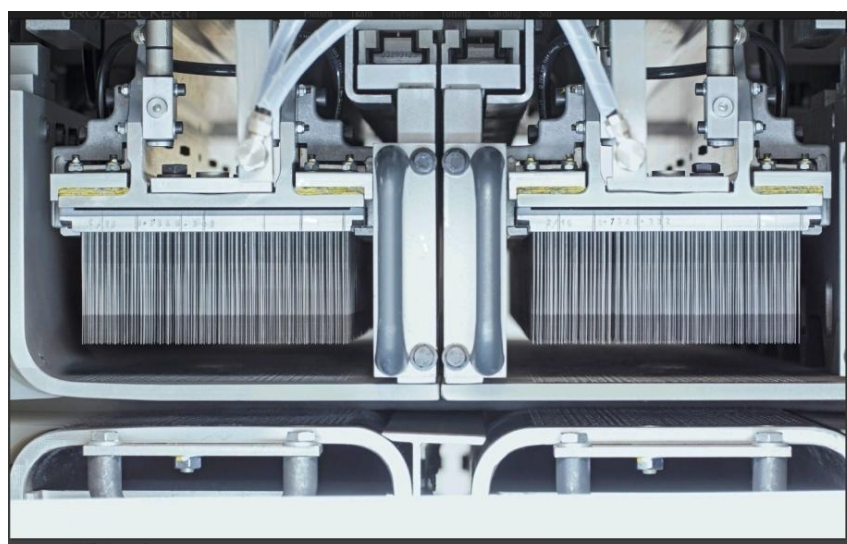
Nejrozšířenější metodou pro zpevňování vlákných vrstev je technologie vpichování. Jedná se o nejstarší způsob zpevňování, která nahradila zpevňování vlákných vrstev pomocí plstění. [1]

Při technologické operaci vpichování dochází k provazování vlákné vrstvy právě vlákny, která pomocí jehel s hroty protlačíme skrz vlákný materiál. V průběhu dochází k přeorientování všech vláken, ke zmenšení tloušťky a v neposlední řadě ke změně šířky a délky vlákného útvaru. Pevnost zpevnění vlákné vrstvy souvisí s počtem vpichů na jednotku plochy vrstvy. [1]



**Obrázek 3:** Vpichovací stroj [5]

Príváděcí část má za úkol regulovat tloušťku přiváděného materiálu a zároveň nesmí přivést větší délku vlákněné vrstvy než je délka jehelné desky. To z důvodu, aby byl výsledný materiál spojen pravidelně a nedocházelo ke vzniku nerovnoměrnosti. To nám zajišťují předvpichovací stroje, které mají nízký počet jehel v úzké jehelné desce. Takovýto předvpichovací stroj nám zaručí rovnoměrné ztenčení vlákněné vrstvy před vstupem do vpichovacího ústrojí. [1]



**Obrázek 4:** Předvpichovací stroj [5]

Vpichovací jehla má průřez rovnostranného trojúhelníku, obvykle na třech stranách jsou vpichovací hroty, které zachytávají vlákna.



**Obrázek 5:** Vpichovací jehla [6]

### 1.2.1 Základní parametry procesu vpichování

- a) Počet vpichů na plochu

$$V_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v}$$

Kde  $V_p$  – počet vpichů na  $m^2$

$a$  – počet jehel na 1m vpichovací desky

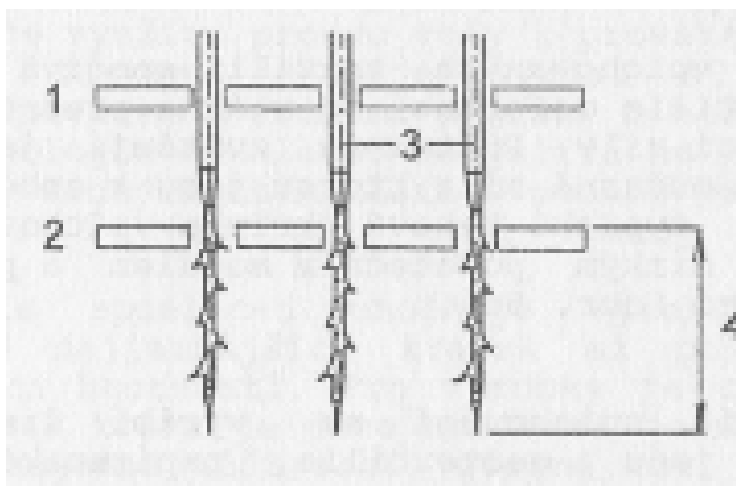
$f$  – frekvence pohybu desky

$p$  – počet průchodů textilie strojem

$v$  – rychlost odvádění textilie ( $m \cdot s^{-1}$ )

- b) Hloubka vpichu

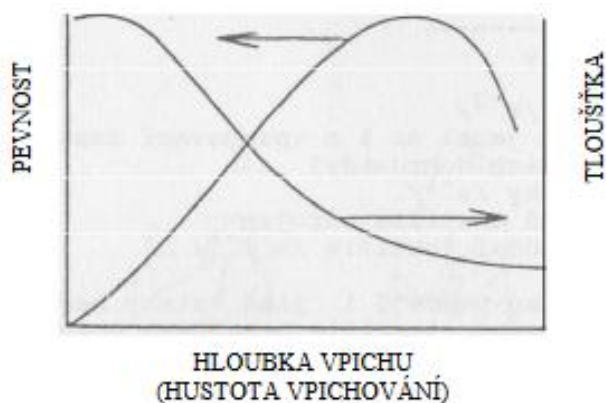
Vzdálenost špiček jehel od pracovní plochy roštu v dolní části.



**Obrázek 6:** Hloubka vpichu [1]

Udává se v milimetrech a hloubka vpichu se pohybuje od 5 až do 25 mm.

Parametry počet vpichu a hloubka vpichu ovlivňují strukturu a vlastnosti vpichovaných textilií.



**Obrázek 7:** Závislost tloušťky a pevnosti [1]

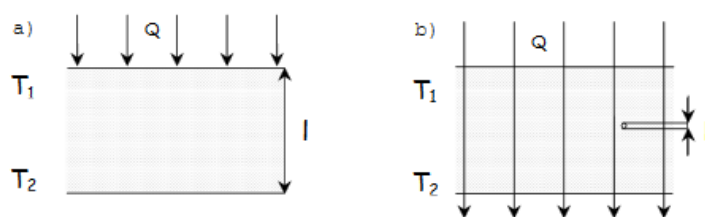
Soudržnost takto vyrobené netkané textilie je založena pouze na principu vlastní soudržnosti mezi vlákny. Vlákna se přeorientovávají ve směru, kterým působí jehla na vlákennou vrstvu. Tím se zvyšuje jejich vzájemné tření a mění se síla, kterou jsou k sobě přitlačována. [5]

### 1.3 Pojení netkaných textilií

Pojení netkaných textilií lze realizovat například níže uvedenými způsoby.

#### 1.3.1 Teplovzdušné pojení termoplastickými vlákny

Podmínkou použití této metody je, že vlákenné vrstvy, mezi které vkládáme pojivo, musí mít dobrou propustnost vzduchu. Takto vytvořená vlákenná vrstva prochází horkovzdušnou pojící komorou, ve které cirkuluje horký vzduch. Horký vzduch je udržován konstantně zahřátý na teplotu kolem 175°C. Teplo se velmi rychle přenese ke všem vláknům a k prohřátí celé vrstvy dojde za několik sekund. To je patrné na obrázku 8, kde je znázorněno prohřívání povrchu při prostupu horkého vzduchu. [4]



**Obrázek 8:** Schéma ohřevu vlákenné vrstvy horkým vzduchem [1]

Při ohřívání povrchu (a) a při průchodu vzduchu vrstvou (b).

### 1.3.2 Rovnice pro tepelný přenos

$$Q = \lambda \frac{\Delta T}{l}$$

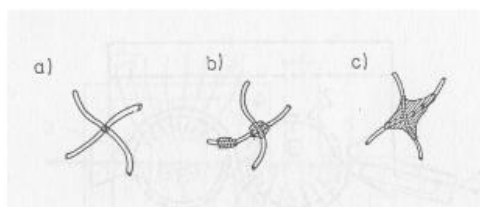
Kde  $Q$  je množství tepla prošlé plochou na čas [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

$\Delta T$  je teplotní rozdíl mezi dvěma plochami[K]

$l$  je vzdálenost ploch[m]

Pro teplovzdušný ohřev se používají uzavřené stroje, které se dělí podle množství použitých vyhřívaných bubnů. V praxi se můžeme setkat s jednobubnovým, dvoububnovým, ale i více bubnovým pojícím strojem. Používá se i teplovzdušná pojící komora s horizontálním síťovým pásem. [1]

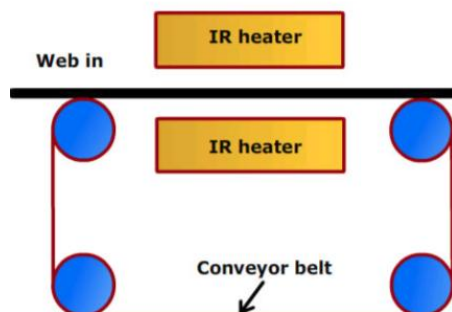


**Obrázek 9:** Tvary spojů při pojení termoplastickými vlákny [1]

a) bikomponentní, b) monokomponentní, c) pojení za tlaku

### 1.3.3 Pojení infračerveným zářením

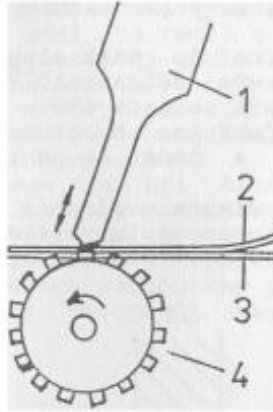
IR heater, neboli infračervený zářič se používá k vyzařování elektromagnetického záření o vlnové délce 0,7 - 300  $\mu\text{m}$ . Takovéto zařízení může dosahovat teplot od 550 do 950  $^{\circ}\text{C}$ . Při dopadu infračerveného záření na vrstvu netkané textilie se část záření odrazí, část se pohltí a další část projde skrz materiál, což má za následek vzrůst teploty materiálu. [1] [4] [7]



**Obrázek 10:** Pojení infračerveným zářením [7]

### 1.3.4 Pojení ultrazvukem

Tento způsob pojení je realizován pomocí kovové sondy, na kterou se přivádí kmitání z generátoru ultrazvuku s kmitočtem 18 KHz. Mezi sondou a podložku je přivedena vlákenná vrstva. Ta je sevřena, aby se zabránilo nechtěnému pohybu. Sondou je přenášena kmitavá energie na vlákenný materiál. Ve vláknech se tento mechanický pohyb mění na tepelnou energii. To je způsobeno díky rozechvění molekul, které díky vysoké frekvenci chvění vydávají teplo. Důsledkem toho dochází k měknutí, případně až k tavení polymeru [1] [4]



**Obrázek 11:** Schéma zařízení pro pojení ultrazvukem [1]

1 – sonda, 2,3 – vlákenné vrstvy 4 – podkladová destička (přiváděcí buben)

Nesmí se ovšem překročit čas ohřevu, jinak může dojít k tepelné destrukci materiálu. Rychlost ohřevu tedy závisí na amplitudě  $A$  a frekvenci  $f$ , dále na tloušťce  $D$  a samozřejmě na typu ohřívaného materiálu, který popisuje konstanta  $K$  a na potřebné teplotě pojení  $T$  a výchozí teplotě  $T_0$ . [1]

Vychází tedy vztah:

$$t_s = \frac{K(T - T_0)}{f^4 \cdot D^2 \cdot A^2}$$

Kde  $t_s$  je čas potřebný k ohřevu

$K$  je konstanta

$T$  je potřebná teplota pojení

$T_0$  je výchozí teplota

$f$  je frekvence

$D$  je tloušťka materiálu

$A$  je amplituda

## 2. Teorie měření tloušťky

Měření probíhá podle české státní normy ČSN EN ISO 9073-2 Textilie – Zkušební metody pro netkané textilie – Část 2: Zjišťování tloušťky, která v kombinaci s normou ČSN EN ISO 5084 – Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků určuje měřicí postup. Měření se provádí na tloušťkoměru při zatížení 1 kPa na 20 cm<sup>2</sup>.

### 2.1 Co je to tloušťka

ČSN EN ISO 5084 říká, že tloušťka textilie je definována jako vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž na textiliu působí přítlak 1 kPa nebo popřípadě i méně. Zkouška měření tloušťky textilie je vlastně vzdálenost mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn a paralelním přítlačným kotoučem, který na požadovanou plochu textilie vyvíjí předem určený přítlak. Vzorek se umístí mezi tyto desky a je po určitou dobu zatěžován. Následně se zaznamená vzdálenost mezi deskami. [8]

Tloušťkoměr, který je určený pro měření, musí být vybaven těmito základními díly. Tloušťkoměr musí mít vyměnitelný přítlačný kotouč, ten musí být o ploše odpovídající zkoušenému druhu materiálu. Plocha, která je doporučena, je o velikosti 20 cm<sup>2</sup>. Což odpovídá průměru 50,5 mm. Použití kotoučů o jiné velikosti musí být odsouhlaseno oběma stranami. Tedy jak výrobcem, tak odběratelem. Základní deska přístroje s rovným horním povrchem, který musí být v průměru o 50 mm větší, než je průměr přítlačného kotouče. Posledním požadavkem na tloušťkoměr je, že zařízení musí umožňovat pohyb přítlačného kotouče. Přitom dosedací plocha zůstává v horizontální poloze rovnoběžně s horním povrchem základní desky, aby mohl být aplikován potřebný přítlak. [8]

Z normy ČSN EN ISO 9073-2 se dozvíme, že tloušťka je vzdálenost mezi lící a rubní stranou netkané textilie, měřená mezi základní deskou, kde je umístěn vzorek a rovnoběžným přítlačným kotoučem, který na netkanou textiliu působí předem určeným přítlakem. Po uplynutí deseti vteřin se zaznamená naměřená tloušťka. [9]

Tato norma uvádí měření pro dva druhy netkaných textilií. První je normální netkaná textilie, to je taková NT, jejíž tloušťka nepřekročí 20 mm. Dalším druhem netkané textilie, na kterou se norma vztahuje, je objemová netkaná textilie. To je taková



NT, která při změně přitlaku z 0,1 kPa na 0,5 kPa stlačí minimálně o 20% svojí původní tloušťky. [9]

Tloušťkoměr se skládá ze dvou kruhových vodorovných desek, které jsou připevněny ke stojanu. Horní deska, která plní funkci přitlačného kotouče má plochu 25 cm<sup>2</sup>, což odpovídá průměru 56,4mm. Zároveň musí být posuvná ve svislém směru. Spodní deska sloužící jako základní deska musí mít o 50 mm větší průměr než kotouč přitlačný. [9]

## 2.2 Předpokládané problémy při měření

Vzorek, který budeme zkoumat, není tvořen jen z jedné vrstvy netkané textilie, ale je skládaný z více vrstev. Kde je lící strana tvořena dekorem vyrobeným ze 100 % polyesteru technologií vpichování. Proto se na této vrstvě nacházejí chloupky. Přitlačný kotouč tloušťkoměru bude deformovat chlupy na lící straně, tato deformace bude nejspíše vytvářet zkreslení při našem měření. Na rubní straně se nachází materiál nazývaný Pegulight, který je čistě hladký a velice tuhý. Z rubní strany proto k žádnému předpokládanému zkreslení docházet nebude.

## 2.3 Měřicí přístroje

V podstatě existuje hned několik vhodných metod na zjištění tloušťky netkané textilie. Mezi tyto metody patří klasický tloušťkoměr, na kterém si můžeme vybrat přitlak. Takovéto měřicí přístroje se vyrábějí s různou délkou ramen, ale nejčastěji se používají ramena o délce až 30 cm. Při měření tímto tloušťkoměrem, jsme omezeni při manipulaci s přístrojem. Zároveň nám z konstrukčního hlediska nedovolí, aby se dala změřit například místa, kde je výrobek zahnut.



Obrázek 12: Tloušťkoměr [10]

Dalším možným způsobem měření tloušťky je použití laboratorního přístroje. Tato metoda, je při použití ve výrobě ještě více komplikovaná než použití klasického tloušťkoměru. To z toho důvodu, že při měření touto metodou se musí rozřezáním znehodnotit celý již hotový výlisek. Zároveň na takovémto tloušťkoměru nezměříme, jestli je požadovaná tloušťka materiálu i v ohybu. Proto je měření tímto přístrojem nejen velice komplikované na přípravu vzorků, ale současně je také časově hodně náročné.



**Obrázek 13:** Přístroj na měření tloušťky

Třetí možností měření vzorků, je za použití digitálního měřicího přístroje, který funguje na principu elektromagnetické indukce. Přístroj musí dále obsahovat sondu pro měření měkkých materiálů. Tato sonda je schopna měřit v rozsahu od 0 mm do 13 mm a to s přesností  $\pm 1 - 3 \%$  nebo  $50\mu\text{m}$ . Jelikož měřicí přístroj pracuje s magnetickým polem, je zapotřebí pod měřený bod materiálu umístit kovovou destičku. Tato kovová destička bude plnit funkci pro uzavření elektromagnetického obvodu.



**Obrázek 14:** Elcometer 456 s oddělenou sondou

### 3. Výrobní postup ve firmě IDEAL automotive

Poznatky výroby textilních obkladových komponent pro interiér a exteriér vozidel ve firmě IDEAL automotive GmbH. Popsána bude výroba, kterou jsem viděl na pobočce IDEAL automotive Bor s.r.o. – Stříbro.

Na této pobočce se vyrábějí malé a střední série interiérových komponent, například boční obložení zavazadlového prostoru, obložení pátých dveří a podobné výlisky z netkaných textilií.



**Obrázek 15:** Boční obložení zavazadlového prostoru

#### 3.1 Vstupní materiály

Prvním vstupním materiálem je, jak ve firmě říkají, nosná část výrobku, materiál nazývaný Pegulight. Jedná se o více vrstvou strukturu, složenou ze dvou vlákněných vrstev, které jsou zpevněny vpichováním. Následně jsou tyto dvě vrstvy proloženy recyklovaným granulátem a znovu zpevněny vpichováním. Základními vstupními materiály je bavlna a polypropylen. Ty jsou v poměru 40% PP a 60% bavlny.

Jelikož je tato vrstva vyrobena ze směsi recyklovaného materiálu, může nastat problém v nedokonalé nestejněmnosti v tloušťce po celé její ploše.

Rozměry jsou dány podle finálního výrobku. V našem případě bude rozměr nosné části přibližně 1150 mm x 950 mm s tloušťkou cca 10 mm a s plošnou hmotností 1200 g.m<sup>-2</sup>.

Druhým vstupním materiálem, který slouží jako pojivo mezi první a třetí vrstvou je netkaná textilie vyrobená ze 100 % PE. Výsledkem je vyrobená vlákenná vrstva z polymerní taveniny, která se následně nařeže na požadované rozměry. V našem případě se rozměr shoduje s velikostí prvního vstupního materiálu tedy 1150 mm x 950 mm a s plošnou hmotností  $50\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$

Třetím a posledním vstupním materiálem je vpichované rouno, kterému se říká dekor. Což je pohledová část konečného výrobku. Na tuto pohledovou část jsou kladeny ty nejvyšší požadavky, jednak na jemnost, tak i na barevnou stálost. Rozhodující je také vzhled výsledného rouna a jeho výsledná jemnost. Vzhled i jemnost můžeme ovlivnit vhodným počtem a rozmístěním jehel při zpevňování. Rozměry jsou opět stejné jako v předchozích případech tedy 1150 mm x 950 mm. Tloušťka zde nepřekročí více jak 4 mm. Tento pohledový dekor je vyroben ze 100 % PES o plošné hustotě  $300\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ .

### **3.2 Výroba a vrstvení materiálů**

Proces výroby u každého vyráběného dílu se vždy trochu liší a to podle použitého materiálu, tak také podle přání konkrétního zákazníka. V tomto případě je popsán výrobní proces pro obložení do vozů značky BMW.

Prvním krokem, který se ve firmě IDEAL automotive provádí je, že se první vrstva, kterou je dekor vyrobený ze 100 % PES, umístí na předehřívací desku, která má teplotu přibližně  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na tuto vrstvu je položena druhá vrstva, která slouží jako „lepidlo“. Tato vrstva, jak již bylo zmíněno, se vyrábí ze 100 % polyetyleny. Na předehřívací desce, tyto dvě vrstvy zůstanou po dobu jedné minuty. Za tuto dobu se zvýší teplota obou vrstev a to z důvodu lepší zpracovatelnosti v dalších krocích.

Souběžně s navrstvováním dekoru a lepidla, je umístěna nosná část výrobku, tak zvaný Pegulight, vyroben ze směsi 60% bavlny a 40% PP, do předehřívacího lisu. Tento předehřívací lis působí na netkanou textilií tlakem přibližně  $25\text{MPa}$  a je vyhříván na teplotu  $215\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po této operaci, je tloušťka předehřátého Pegulightu rovna 4 mm. Docílení tohoto rozměru, je realizováno pomocí pevně nastavených dorazů stroje, které určují tloušťku. Samotné vyhřívání je realizováno pomocí horké páry, která neustále cirkuluje oběma lisovacími deskami.

Tato teplota i tlak na materiál působí po dobu jedné minuty. Po uplynutí jedné minuty, je tako vrstva vyjmuta z předehřívacího lisu a je umístěna na předcházející dvě vrstvy, které se stále nacházejí na předehřívacím stole. Takto navrstvený materiál, tzv. „sendvič“, je prostorově zafixován pomocí ojehleného rámu a následně umístěn do tvarovacího lisu.

### **3.3 Lisování a tvarování**

Touto operací vytvářujeme získaný meziprodukt do požadovaného tvaru, který si určí zákazník. Tvarování probíhá v lisovacím stroji, ve kterém jsou naproti sobě umístěny dvě formy pro obě strany výrobku. Obě desky jsou chlazeny protékající vodou, aby bylo dosaženo dobrého odvodu tepelné energie z vlákenné vrstvy.

Vlákenná vrstva se stlačí a tím dojde k vylisování požadovaného tvaru výrobku. Lisovací stroj má maximální lisovací tlak 315 MPa. Před lisováním a předehřátím Pegulightu v předehřívacím lisu, byla celková tloušťka všech tří materiálů přibližně 16 mm. Po vylisování je tloušťka nastavena podle přání odběratele. V našem případě to jsou cca 4 mm. Tato tloušťka je na stroji definována podle nastavení dorazů. Pro popisovaný výrobek, je lis nastavený na hodnotu 170 – 180MPa, což znamená, že na materiál působíme silou od 485kN do 514kN. Proces vlastního lisování trvá 60 sekund. Výlisek je vylisovaný do požadované tloušťky, ochlazen a zafixován.

### **3.4 Řezání**

Tvar máme zafixován a můžeme přistoupit k operaci řezání. Podle předem nastaveného programu řezací automat nejprve vyřízne požadovaný tvar výrobku a následně vyřeže všechny potřebné otvory. Řezání je prováděno pomocí tlaku vody.

Při tomto způsobu řezání není materiál vystaven vysokým teplotám a tlaku – nedochází k deformaci. Díky extrémně tenkému řezu lze efektivněji využít plochu výrobku. Při řezání nejsme omezeni směrem řezu. Řezání vodním paprskem je rychlé a jednoduché pro tvorbu prototypů a také pro úpravu designu. Není nutné dodatečných operací po ořezu, jelikož nedochází ke třepení materiálu. Mezi používané řezací stroje patří například řezací stroj Cutting Box original V., který je dodáván firmou Dynamic Robotic Solutions.



## Cutting Box Original V

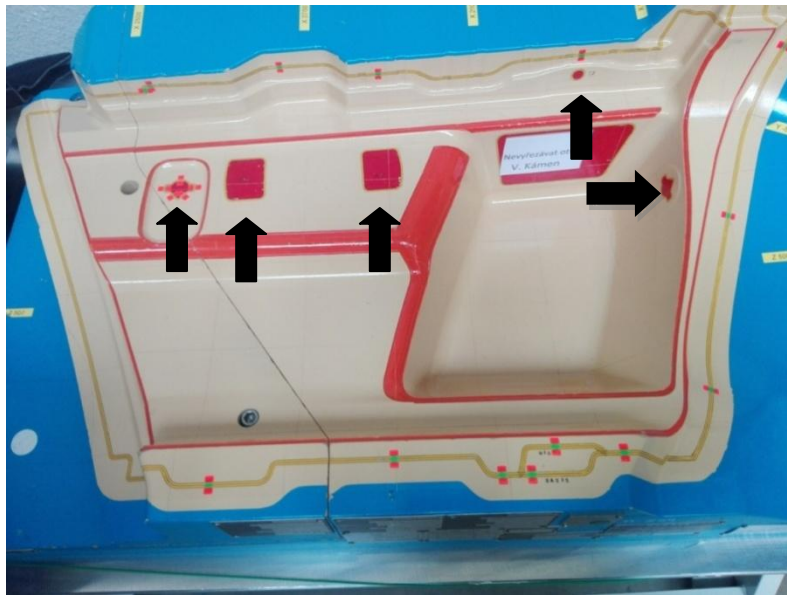
Obrázek 16: Řezání vodním paprskem [11]



Obrázek 17: Výsledná vlákenná vrstva s viditelně čistým řezem

### 3.5 Kontrola správnosti vylisování

Po vylisování a ořezání následuje u každého vyrobeného kusu kontrola správnosti výroby. To znamená, že se musí zkontrolovat, zda bylo dosaženo správného tvaru a jestli jsou všechny otvory umístěny přesně, kde mají být. K tomuto účelu se používá tzv. „LÉRA“. Léra je vlastně sádrová forma, na které jsou vyznačeny všechny potřebné údaje. Nachází se na ní přesný obrys výrobku a jsou zde zaneseny i všechny otvory, které se ve výlisku nacházejí. Což vidíme na následujícím obrázku 18.



**Obrázek 18:** Léra

Do léry se umístí výlisek a zjišťuje se, jestli je výrobek vyroben tvarově zcela správně. Při pohledu na obrázek 19, na které je umístěný výlisek v léře, vidíme, že tvarování proběhlo přesně podle přání zákazníka. Jestliže by tvar neodpovídal, musí dojít k seřízení stroje.





**Obrázek 19:** Léra s hotovým výliskem

### **3.6 Měření tloušťky**

Měření tloušťky je velice důležitým krokem při výrobě. Výsledná tloušťka výrobku se řídí dle přání zákazníka a je povinností firmy, zákazníkovi vyhovět. V současné době, se měření správné tloušťky výlisku kontroluje jen jednou za každou pracovní směnu. Což je pro potřeby udržení konstantní tloušťky na všech výliscích v jedné šarži velmi nízký počet měření. Dle přání několika odběratelů, je potřeba navýšit počet měření alespoň na 100 změřených výlisků za jednu pracovní směnu. Jedna pracovní směna trvá 7,5 hodiny a na jednom stroji se za tento čas vyrobí 350 – 450 kusů výlisků. Při takovéto frekvenci měření, jde konstantní tloušťku zajistit snáze díky průběžnému seřizování výrobních strojů.

Jak již bylo uvedeno, v současnosti je používán destruktivní způsob měření. Ten spočívá v tom, že se musí výlisek rozříznout, aby bylo možné realizovat měření na nedostupných místech, a to z důvodu, že se výrobek musí změřit jak při okrajích, tak i ve středu. Takováto destruktivní metoda lze využít při měření jednoho kusu za pracovní směnu, ale při měření více výlisků je takovýto způsob měření značně nevhodný. Navíc tento způsob zdržuje samotnou výrobu.

Měření tloušťky je prováděno podle interní pracovní návodky, která určuje pracovní postup.

- 1) Vzorky se musí odebrat z plochy, která nemá viditelné vady a není pomačkaná.
- 2) Vzorky se odebírají dle frekvence kontroly, tedy jednou za pracovní směnu.
- 3) Vysekne se či ořízne požadovaný počet zkušebních vzorků.
- 4) Na zkušebním zařízení se nastaví přítlak na přítlačném kotouči na hodnotu 1kPa a měřidlo se nastaví na nulu.
- 5) Zvedneme přítlačný kotouč, zkušební vzorek se bez napětí položí na základní desku. Zkušební vzorek musí být umístěn pod středem přítlačného kotouče. Po založení zkušebního vzorku provedeme měření tloušťky.
- 6) Vyčkáme 10 sekund. Po uplynutí tohoto času provedeme záznam z měřicího zařízení pro zjišťování tloušťky zkušebního vzorku. Výsledná hodnota je v milimetrech. Tento postup se opakuje s dalšími zkušebními vzorky.



**Obrázek 20:** Aktuálně používaný měřicí přístroj

## Praktická část

### 4. Výběr měřicího přístroje

Mým zadáním bylo vymyslet a realizovat vhodnou metodu měření výlisků z netkaných textilií. Požadavkem bylo provádět měření 100x za jednu pracovní směnu a to nedestruktivním způsobem, jak již bylo uvedeno výše.

V prvním kroku jsem oslovil několik firem, které se zabývají prodejem měřicích zařízení. Na výběr bylo několik možných přístrojů s rozdílnou technologií měření.

#### 4.1 Ultrazvukový měřicí přístroj

Jedna z oslovených firem, má v nabídce přístroj, který měří tloušťku pomocí ultrazvukového záření. Takovýto přístroj ale není vhodný pro měření textilií. Netkaná textilie je velice porézní materiál. Zvukové vlny, které se šíří od sondy ultrazvukového měřiče tloušťky, by nesplňovaly požadavky pro správný odraz zvukových vln zpět do přístroje, který by na základě dat vyhodnotil tloušťku materiálu. Ultrazvukové měřiče tloušťky jsou vhodné při měření tloušťky pevných neporézních (homogenních) materiálů, jako jsou kovy, homogenní plasty, sklo, slídy, barevné kovy a podobně. Takovéto materiály splňují požadavky pro šíření zvukových vln.



**Obrázek 21:** Ultrazvukový měřič tloušťky [12]

## 4.2 Feromagnetický měřicí přístroj

Další firma, kterou jsem oslovil, nabídla pro měření tloušťky přístroj, který funguje na principu elektromagnetické indukce, kde pro správnou funkci přístroje musí být pod měřený bod umístěna kovová odrazná destička. Pro naše potřeby se z nabídky firmy vybral přístroj pro měření tloušťky Elcometer 456. Ten slouží pro měření tloušťky suchých vrstev nedestruktivním způsobem. Přístroj se vyrábí v několika variantách.

### 4.2.1 Elcometer 456 s vestavěnou sondou



Obrázek 22: Elcometer 456 s vestavěnou sondou [13]

<b>Rozsah 1</b> Rozsah: 0 – 1500 $\mu\text{m}$ Přesnost: $\pm 1 - 3\%$ nebo $\pm 2,5 \mu\text{m}$ Rozlišení: 0,1 $\mu\text{m}$ : 0 – 100 $\mu\text{m}$ ; 1 $\mu\text{m}$ : 100 – 1500 $\mu\text{m}$	<b>Model B</b>	<b>Model S</b>	<b>Model T</b>	
	Elcometer 456 s vestavěnou sondou, feromagnetický	A456CFBI1	A456CFSI1	A456CFTI1
	Elcometer 456 s vestavěnou sondou, neferomagnetický	A456CNBI1	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP
	Elcometer 456 s vestavěnou sondou, kombinovaný FNF	A456CFNFI1	A456CFNFI1	A456CFNFTI1
<b>Rozsah 2</b> Rozsah: 0 – 5 mm Přesnost: $\pm 1 - 3\%$ nebo $\pm 20 \mu\text{m}$ Rozlišení: 0,1 $\mu\text{m}$ : 0 – 1 mm; 10 $\mu\text{m}$ : 1 – 5 mm	<b>Model B</b>	<b>Model S</b>	<b>Model T</b>	
	Elcometer 456 s vestavěnou sondou, feromagnetický	A456CFBI2	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP
<b>Rozsah 3</b> Rozsah: 0 – 13 mm Přesnost: $\pm 1 - 3\%$ nebo $\pm 50 \mu\text{m}$ Rozlišení: 0,1 $\mu\text{m}$ : 0 – 2 mm; 10 $\mu\text{m}$ : 2 – 13 mm	<b>Model B</b>	<b>Model S</b>	<b>Model T</b>	
	Elcometer 456 s vestavěnou sondou, feromagnetický	A456CFBI3	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP	Viz přístroj s oddělenou sondou + sonda PINIP

Obrázek 23: Specifikace modelů Elcometer 456 s vestavěnou sondou [13]

## 4.2.2 Elcometer 456 s oddělenou sondou



**Obrázek 24:** Elcometer 456 se sondou pro měření měkkých materiálů


	Model B	Model S	Model T
Elcometer 456 s oddělenou sondou, feromagnetický	A456CFBS	A456CFSS	A456CFTS
Elcometer 456 s oddělenou sondou, neferomagnetický	A456CNBS	A456CNSS	A456CNTS
Elcometer 456 s oddělenou sondou, kombinovaný FNF	A456CFNFB	A456CFNFSS	A456CFNFST

**Obrázek 25:** Specifikace modelů Elcometer 456 s oddělenou sondou [13]

Rovné sondy	pro měření tloušťky vrstvy na rovných i zakřivených podkladech
Pravoúhlé sondy	pro měření na plochách, ke kterým je omezen přístup
Minisondy	ideální pro měření hran, úzkých trubíc a malých ploch
PINIP sondy	sondy, které změní přístroj s oddělenou sondou na přístroj s integrovanou sondou
Teleskopické sondy	sondy pro měření tloušťky na površích, které jsou ve větší vzdálenosti
Vodotěsné sondy	sondy pro měření tloušťky na površích, které jsou ve větší vzdálenosti
Teplotní odolné sondy	sondy pro použití na horkých površích do 250 °C
Sondy ANODISER	omyvatelné sondy odolné vůči chemikáliím ideální pro prostředí, kde probíhá anodická oxidace
Zesílené sondy	sondy se zesíleným kabelem, který je vyztužen kovem
Sondy pro měkké materiály	sondy s velkým povrchem pro měření měkkých materiálů

**Obrázek 26:** Různé druhy sond [13]

Rozsah: 0 - 13 mm  
 Přesnost:  $\pm 1 - 3\%$  nebo  $\pm 50 \mu\text{m}$   
 Rozlišení: 0,1  $\mu\text{m}$ : 0 - 2 mm; 10  $\mu\text{m}$ : 2 - 13 mm

Sonda	Typ	Feromagnetická F	Neferomagnetická N	Kombinovaná FNF	Min. světlá výška	Min. průměr vzorku
	Rovná	T456CF3S	-	-	F 102mm	F 14mm

**Obrázek 27:** Sonda pro měkké materiály [13]

Pro naše potřeby byl vybrán přístroj Elcometer 456 s oddělenou sondou, feromagnetický model S a sonda pro měření měkkých materiálů.

## **5. Laboratorní měření tloušťky**

Pro vyhodnocení správnosti měření pomocí tloušťkoměru Elcometer 456, jsme nejprve provedli měření pomocí laboratorního tloušťkoměru, který se nachází ve školní laboratoři. Následně jsme změřili tloušťku na stejných vzorcích a na stejném místě i pomocí tloušťkoměru Elcometer 456 a obě hodnoty mezi sebou porovnali.

### **5.1 Měření laboratorním tloušťkoměrem pro měření plošných textilií**

Podstatou zkoušky je změřit rozměr mezi lící a rubní stranou textilie při předepsaném zatížení a stanovené měřicí ploše. Výsledná tloušťka je hodnota získaná z deseti měření na jednom vzorku.

V první řadě bylo potřeba připravit vzorky a to ve velikosti 10 x 10 cm a to z důvodu, že jsme byli limitováni celkovou velikostí zavazadlového obložení a také jsme nemohli pro měření na tomto přístroji použít místa, kde byl výlisek výrazně prohnutý.

Celkem bylo připraveno 16 vzorků. Měření na laboratorním tloušťkoměru jsme provedli přesně podle instrukcí, které jsou umístěny u přístroje. Tyto instrukce vycházejí z instrukcí uvedených v ČSN EN ISO 5084 – Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků.

Výsledky měření vzorků zavazadlového prostoru. Uvedená hodnota je střední hodnota z deseti měření jednoho vzorku.

**Tabulka 1:** Naměřené hodnoty podle ČSN

Číslo vzorku	A podle ČSN
1	5,96 mm
2	5,89 mm
3	5,98 mm
4	6,02 mm
5	6,03 mm
6	5,94 mm
7	5,96 mm
8	5,62 mm
9	5,82 mm
10	5,95 mm
11	6,02 mm
12	6,16 mm
13	6,21 mm
14	6,08 mm
15	5,99 mm
16	5,97 mm

Z naměřených hodnot jsem výpočtem zjišťoval průměrnou naměřenou hodnotu, minima a maxima, modus, medián, směrodatnou odchylku a variační koeficient.

**Tabulka 2:** Vypočtené hodnoty

Metoda	$\bar{X}$	$S^2$	S	V	Max	Min	$\bar{X}$	$\hat{X}$
A – ČSN	5,975	0,018	0,134	2,242%	6,21	5,62	5,975	5,96

## 5.2 Měření tloušťkoměrem Elcometer 456

Měření probíhalo na stejných vzorcích a ve stejném pořadí jako v předchozím případě. To z důvodu, abychom zpětně mohli vyhodnotit, jak se od sebe výsledné hodnoty liší.

Měření probíhalo tak, že jsme vzali kovovou destičku, která je potřebná pro uzavření obvodu elektromagnetické indukce. Destičku jsme přiložili z rubní strany každého měřeného vzorku. Uchopením sondy měřicího přístroje a přiložením na lící stranu vzorku do míst, kde je na druhé straně kovová destička došlo v okamžiku k zaznamenání hodnoty. Tento postup jsme opakovali na každém vzorku 10x, jako při měření předcházející metodou.

**Tabulka 3:** Naměřené hodnoty přístrojem Elcometer 456

Číslo vzorku	A – Elcometer 456
1	4,06 mm
2	3,89 mm
3	4,34 mm
4	4,03 mm
5	4,23 mm
6	4,31 mm
7	3,92 mm
8	4,15 mm
9	4,14 mm
10	3,98 mm
11	4,13 mm
12	4,27 mm
13	4,24 mm
14	3,97 mm
15	4,04 mm
16	4,08 mm



Opět se provedly statistické výpočty.

**Tabulka 4:** Vypočtené hodnoty

Metoda	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$	Maxima	Minima	$\check{X}$	$\hat{X}$
A-Elco	4,111	0,019	0,138	3,357%	4,34	3,89	4,105	X

### 5.3 Porovnání naměřených hodnot

Při porovnání výsledků měření mezi sebou je už na první pohled jasná neshodnost jednotlivých metod. Rozdíl v měřeních je obrovský.

**Tabulka 5:** Naměřené hodnoty vzorků A

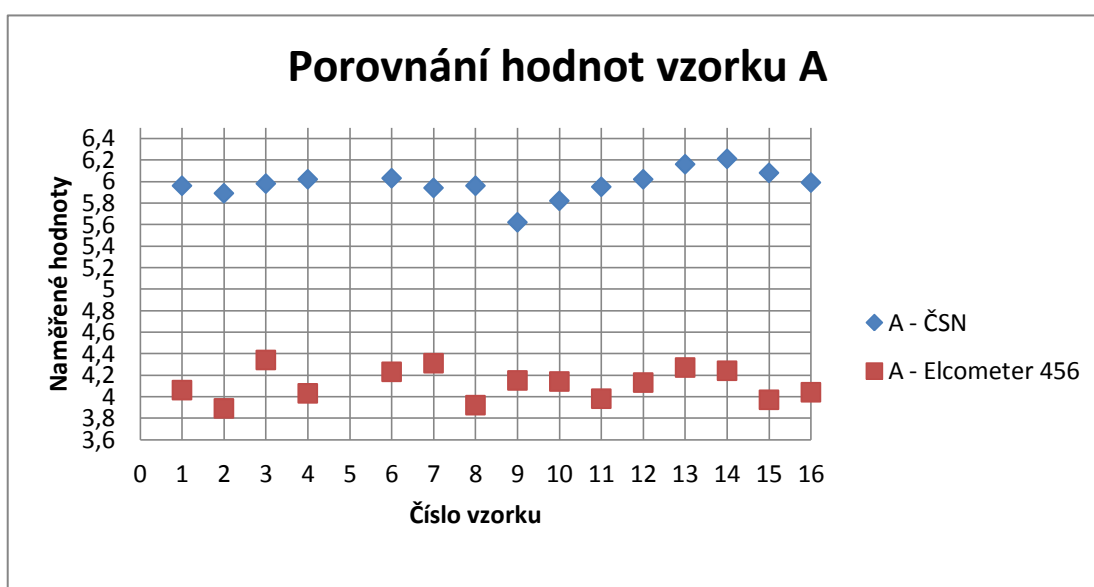
Číslo vzorku	A – ČSN	A – Elcometer 456	Rozdíl měření
1	5,96 mm	4,06 mm	1,9 mm
2	5,89 mm	3,89 mm	2 mm
3	5,98 mm	4,34 mm	1,64 mm
4	6,02 mm	4,03 mm	1,99 mm
5	6,03 mm	4,23 mm	1,8 mm
6	5,94 mm	4,31 mm	1,63 mm
7	5,96 mm	3,92 mm	2,04 mm
8	5,62 mm	4,15 mm	1,47 mm
9	5,82 mm	4,14 mm	1,68 mm
10	5,95 mm	3,98 mm	1,97 mm
11	6,02 mm	4,13 mm	1,89 mm
12	6,16 mm	4,27 mm	1,89 mm
13	6,21 mm	4,24 mm	1,97 mm
14	6,08 mm	3,97 mm	2,11 mm
15	5,99 mm	4,04 mm	1,95 mm
16	5,97 mm	4,08 mm	1,89 mm

Všechny vypočtené hodnoty si také zapíšeme do jedné tabulky.

**Tabulka 6:** Vypočtené hodnoty vzorků A

Metoda	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$	Max	Min	$\hat{X}$	$\hat{X}$
A – ČSN	5,975	0,018	0,134	2,242%	6,21	5,62	5,975	5,96
A – Elcometer	4,111	0,019	0,138	3,357%	4,34	3,89	4,105	X

Z tabulky vypočtených hodnot je vidět, že se od sebe vypočtené hodnoty liší. V průměrné hodnotě měření je rozdíl 1,864 mm, což vidíme z grafu 1.



**Graf 1:** Porovnání naměřených hodnot vzorků A

Jestliže teď porovnáme hodnoty, které jsou zaneseny v grafu, zjistíme, že rozdíl obou metod je u každého vzorku přibližně stejný. Již podle vypočtené průměrné tloušťky, byla jasná neshodnost obou metod měření. To může znamenat, že se při měření vzorků nejspíše někde chybovalo.

Pro vyloučení chyby při měření došlo k přípravě dalších vzorků. Vzorky se připravily z jiných netkaných textilií, než bylo vyrobeno obložení zavazadlového prostoru.

Vzorky A představují obložení zavazadlového prostoru. Jedná se o vrstvený materiál. Jeho lící strana je tvořena z dekoru, je tedy měkká a ochlupená. Rubní strana je tvořena z lisovaného Pegulightu, proto je oproti lící straně tvrdá.

Vzorky B jsou vyrobeny ze dvou vrstev netkaných textilií. Na lící i rubní straně se nacházejí stejně dlouhé chloupky. Na pohled je to rovnoměrný materiál.

Vzorky C jsou na pohled velmi nestejněměrné v tloušťce. Oproti ostatním vzorkům jsou chlupy na lící a rubní straně této netkané textilie jen nepatrné.

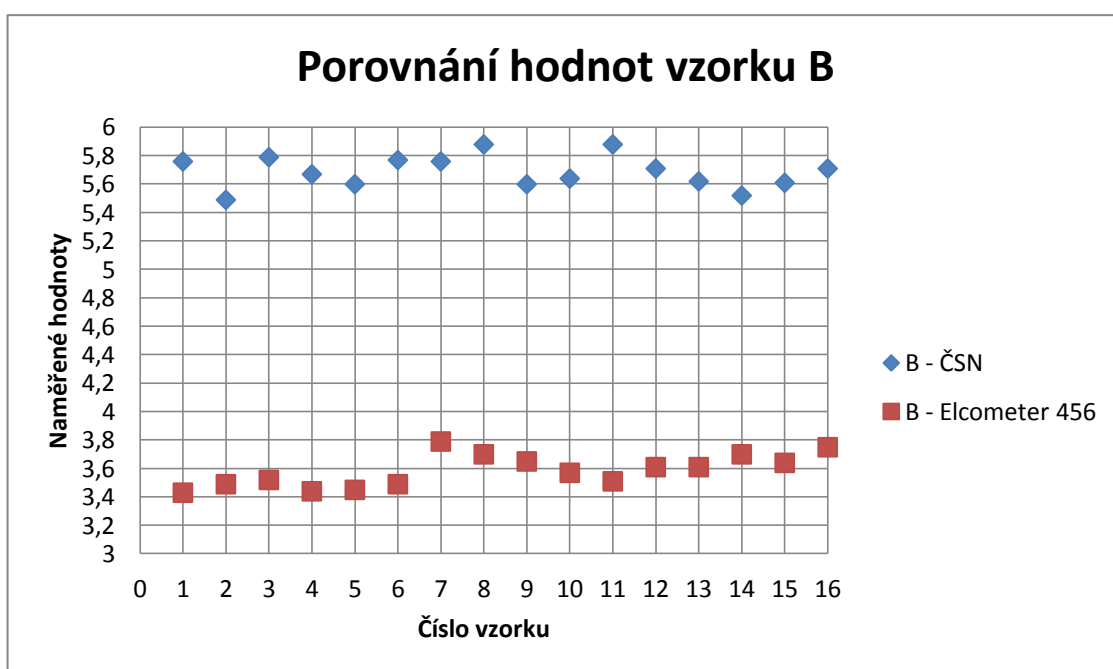
**Tabulka 7:** Naměřené hodnoty vzorků A, B, C

Číslo vzorku	A (obložení kufru)		B (rovný, chlupatý)		C (nerovnoměrný, nechlupatý)	
	Měřeno dle ČSN	Elcometer 456	Měřeno dle ČSN	Elcometer 456	Měřeno dle ČSN	Elcometer 456
1	5,96 mm	4,06 mm	5,76 mm	3,43 mm	3,91 mm	3,39 mm
2	5,89 mm	3,89 mm	5,49 mm	3,49 mm	4,34 mm	3,5 mm
3	5,98 mm	4,34 mm	5,79 mm	3,52 mm	3,72 mm	2,9 mm
4	6,02 mm	4,03 mm	5,67 mm	3,44 mm	3,38 mm	2,02 mm
5	6,03 mm	4,23 mm	5,6 mm	3,45 mm	3,84 mm	2,87 mm
6	5,94 mm	4,31 mm	5,77 mm	3,49 mm	3,18 mm	2,21 mm
7	5,96 mm	3,92 mm	5,76 mm	3,79 mm	3,08 mm	2,16 mm
8	5,62 mm	4,15 mm	5,88 mm	3,7 mm	4 mm	2,61 mm
9	5,82 mm	4,14 mm	5,6 mm	3,65 mm	4,33 mm	3,63 mm
10	5,95 mm	3,98 mm	5,64 mm	3,57 mm	3,13 mm	2,17 mm
11	6,02 mm	4,13 mm	5,88 mm	3,51 mm	4,04 mm	3,55 mm
12	6,16 mm	4,27 mm	5,71 mm	3,61 mm	4,64 mm	3,66 mm
13	6,21 mm	4,24 mm	5,62 mm	3,61 mm	4,08 mm	3,22 mm
14	6,08 mm	3,97 mm	5,52 mm	3,7 mm	4,46 mm	3,68 mm
15	5,99 mm	4,04 mm	5,61 mm	3,64 mm	3,09 mm	1,89 mm
16	5,97 mm	4,08 mm	5,71 mm	3,75 mm	4,34 mm	2,14 mm

Ze vzorků B a C se vypočítaly potřebné statistické hodnoty.

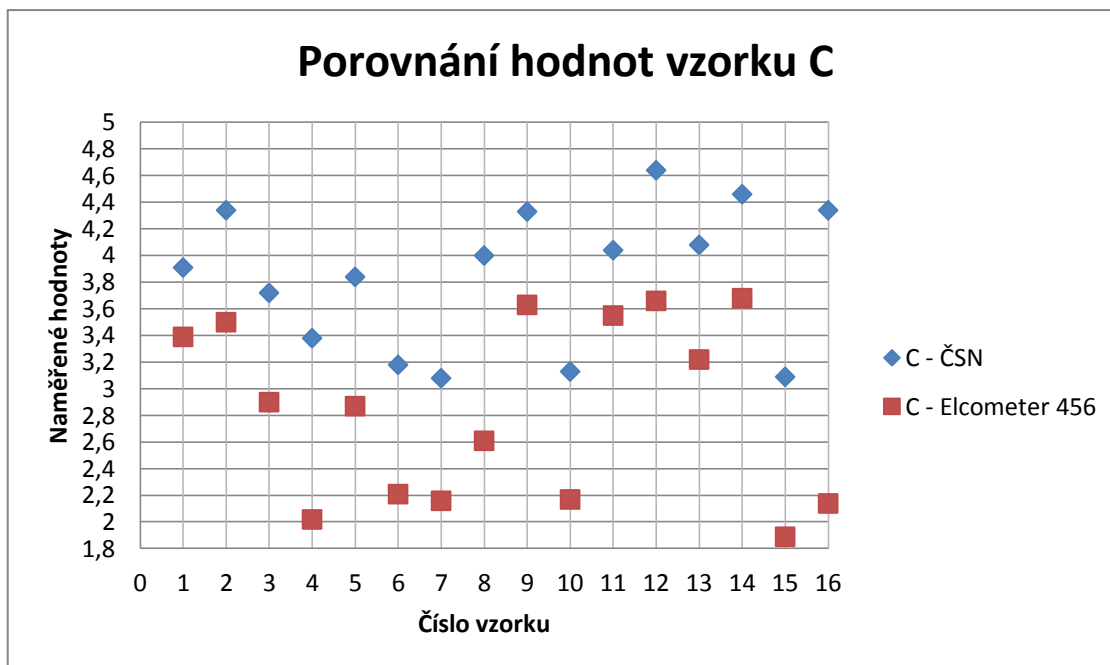
**Tabulka 8:** Vypočtené hodnoty vzorků A, B, C

Metoda	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$	Max	Min	$\check{X}$	$\hat{X}$
A – ČSN	5,975	0,018	0,134	2,242%	6,21	5,62	5,975	5,96
A – Elcometer	4,111	0,019	0,138	3,357%	4,34	3,89	4,105	X
B – ČSN	5,688	0,013	0,115	2,022%	5,88	5,49	5,69	5,76
B – Elcometer	3,584	0,013	0,114	3,181%	3,79	3,43	3,59	3,49
C – ČSN	3,848	0,280	0,529	13,747%	4,64	3,08	3,955	4,34
C – Elcometer	2,85	0,454	0,674	23,649%	3,68	1,89	2,885	X



**Graf 2:** Porovnání naměřených hodnot vzorků B

Při pohledu na naměřené hodnoty, je patrné, že při měření vzorku B dochází také k neshodě naměřených dat a to i přesto, že se vzorky zdály být rovné.



**Graf 3:** Porovnání naměřených hodnot vzorků C

Při porovnání vzorků C stále nedosahujeme shody. Ovšem rozdíl jednotlivých měření, už není tak velký, jako v předchozích případech.

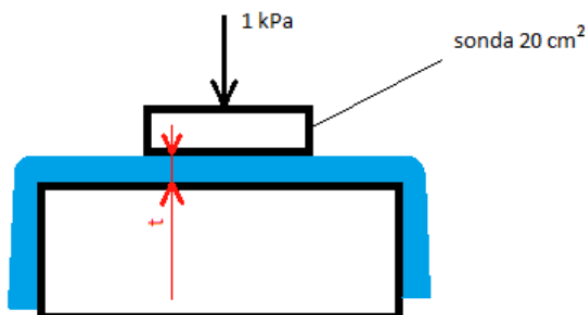
#### 5.4 Analýza naměřených hodnot

V prvním kroku jsem se zaměřil na porovnání hodnot z naměřených vzorků A a z naměřených vzorků B. Při pohledu na graf měřených hodnot A dle ČSN se naměřené hodnoty mezi sebou liší jen velice málo, ovšem v porovnání s hodnotami naměřenými digitálním Elcometrem 456 se hodnoty v každém měření liší bez mála o 2 mm.

Obdobný problém je při porovnání naměřených vzorků B pořízené dle ČSN a naměřených pomocí přístroje Elcometer 456. Zde je opět jen minimální rozdíl mezi hodnotami, které se naměřily stejnou metodou. Když porovnáme hodnoty z obou způsobů měření, je rozdíl mezi hodnotami jednotlivých metod větší než 2 mm.

Tato neshodnost může být způsobena tím, že jsme při měření tloušťky vycházeli z ČSN EN ISO 5084 – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků, kde se měření provádí na tloušťkoměru při zatížení 1kPa na 20cm<sup>2</sup>. Tato norma vychází z faktu, že textilie je dostatečně splývavá, tak že při přítlaku 1 kPa na rovnou plochu se zcela

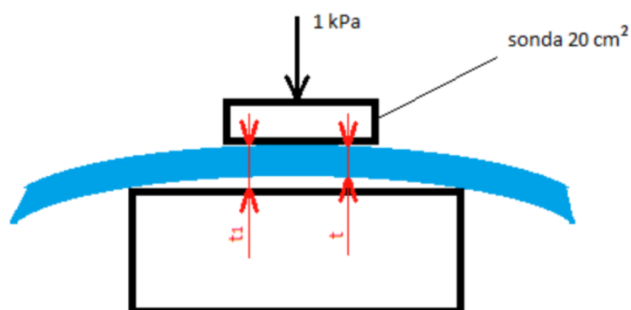
vyrovná. Měřená tloušťka tak představuje vzdálenost přitlačné hlavy o ploše 20 cm<sup>2</sup> do rovné základové plochy.



**Obrázek 28:** Měření ideálně splývavé textilie

Základním problémem měření tloušťky dílů obložení zavazadlového prostoru je fakt, že tato základní podmínka splývavosti není pro měření splněna. Díly obložení jsou vyrobeny z vláknenných materiálů, ale po jejich vylisování dochází k vytvrzení jedné nebo více složek materiálu. Díl tak představuje v podstatě tuhý výrobek, který je na jednom a někdy i na obou površích vláknitý. Vlákňitost povrchu je eliminována normou definovaným přitlakem. Tuhost výrobku však může zkreslovat měřenou tloušťku.

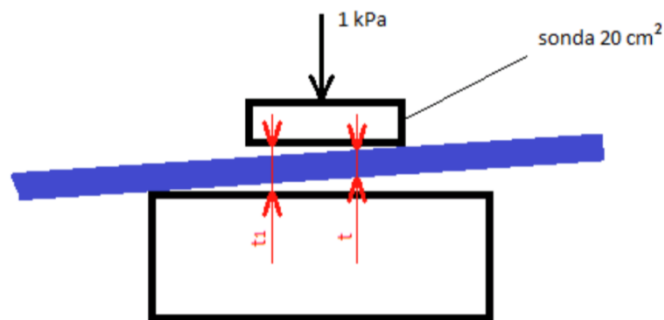
Zakřivení materiálu může být žádané v případě prostorového tvarování. Zároveň však může vzniknout jako nežádané a to při nedokonalosti vstupních vláknenných vrstev, například při nerovnoměrné objemové hmotnosti.



**Obrázek 29:** Měření zakřiveného dílu

Na obrázku 29 vidíme, že měřená tloušťka  $t_1$  je větší než skutečná tloušťka materiálu  $t$ . Právě zakřivení materiálu může být hlavním důvodem toho, proč se naměřené hodnoty liší.

Další důvod proč se hodnoty liší, může být chybou měření. Pokud byl měřený vzorek pod tloušťkoměr položen špatně. Vzorek by se díky své tuhosti a neschopnosti splývat zakřivil. Což je znázorněno na dalším obrázku.



**Obrázek 30:** Měření špatně vloženého dílu

Takto vložený vzorek by měl tloušťku  $t_1$  větší, než by byla skutečná tloušťka měřeného materiálu  $t$ .

Problém při měření mohl vzniknout i u přístroje Elcometer 456. Jelikož se na konci sondy nachází malý hrot o velikosti 2 mm. Tento hrot mohl vnést do měření chybu tím, že se zabořil do měkké části výrobku, ale také se mohl zapíchnout do tvrdé části výrobku.



**Obrázek 31:** Hrot na konci sondy

## 5.5 Vyhodnocení měření

Z ČSN vyplývá, že plocha sondy má  $20\text{cm}^2$ , což většinou představuje kruhová destička o průměru 50,48 mm. Při této ploše je potřeba vyvinout sílu 2 N, což přibližně odpovídá hmotnosti 200g, aby bylo dosaženo přtlaku 1 kPa. Proto čím bude sonda větší, o to citlivější bude při zakřivení či nesprávném vložení do tloušťkoměru. Naopak při měření menším průměrem bude nutno vyvinout menší sílu i přesto, že bude složitější jí konstantně dosahovat.

Sonda přístroje Elcometer 456 má plochu sondy o velikosti  $2,378\text{cm}^2$ . K překonání vestavěné pružiny je potřeba vyvinout sílu přibližně 1 N. Takto malá síla se v ruce vyvíjí velice špatně. Hodnoty měřené tímto přístrojem jsou zkráceny vždy jiným zatížením, kterým jsme na sondu v průběhu měření působili.

Použití menší plochy, než uvádí ČSN, nemá na správnost měření žádný vliv, pokud bude plocha měřeného materiálu větší než plocha měřicího přístroje. Toto bude platit jen v případě, že budeme měření provádět na netkané textilii, jejíž nerovnoměrnost v tloušťce je ideálně nulová. Jestliže by tomu tak nebylo, docházelo by k obrovské chybě vlivem nestejnomyšernosti tloušťky výrobku. Důležitá je velikost tlaku. Jelikož problém chlupatosti je řešen obvykle normovaným přtlakem. Přtlak je pro netkané textilie stanoven na hodnoty 1 kPa při ploše  $20\text{cm}^2$ .

Právě kvůli rozdílným plochám a síle můžeme říci, že na měření tloušťky výlisků nelze přímo aplikovat žádnou normu. Charakter měřeného materiálu neodpovídá nutným podmínkám aplikace běžných textilních norem. Proto je nutné metodiku měření popsanou v normách přizpůsobit požadavkům na měření a přitom přihlížet požadavkům kladených na hotový výrobek (vzhled, tuhost, zpracovatelnost). Přizpůsobení metodiky musí brát ohled na opakovatelnost měření. Na stejném místě musí dávat stejné výsledky, pokud však nedojde k deformaci měřeného místa vlivem opakování měření.

Při měření všech vzorků jsme sondu přikládali na lící stranu, která byla v případě vzorků A chlupatá. Tím docházelo k deformaci chloupků a k propadu sondy. Odrazná destička byla umístována na rubní stranu. Tato strana byla na vzorcích A pevná, proto se na této straně deformace stlačením neprojevovala.



Při měření vzorků B docházelo ke stejnému zkreslování naměřených hodnot. Jenže v tomto případě se při nerovnoměrném stlačení projevovala chyba z lící i rubní strany. Jelikož se chloupky nacházely na obou stranách netkané textilie.

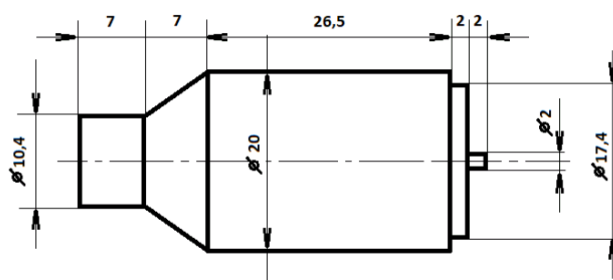
Vzorky C již nebyly chlupaté, ale v porovnání s předchozími skupinami vzorků byly velice nerovnoměrné. V případě měření tloušťky vzorků C můžeme říct, že zkreslení v podobě nerovnoměrnosti vzniklé nekonstantním tlakem na sondu jsou zanedbatelné. Ovšem v tomto případě vzniklo zkreslení neshodnou měřicí plochou obou přístrojů. Při měření dle ČSN je měření prováděno s větší plochou než při měření Elcometrem 456. Proto se do měření promítla daleko větší chyba díky nerovnoměrnosti netkané textilie.

## 6. Úprava měřicí sondy

Měřicí sonda dodávaná s přístrojem neumožňuje optimální použití pro naše účely, proto bylo nutné přejít k její úpravě. To z důvodu malé plochy sondy. Úprava spočívá ve zvětšení plochy sondy a zvýšení potřebného přitlaku při měření. Zároveň byla navržena snadno manipulovatelná odrazná deska. Při běžném používání musí splňovat nároky na přesnost a opakovatelnost měření.

### 6.1 Konstrukce originální sondy

Originálně dodávaná sonda měřicího přístroje Elcometer 456 má plochu měřicí sondy  $2,378 \text{ cm}^2$ . Sonda je kruhového průměru o velikosti 17,4 mm.



**Obrázek 32:** Rozměry oddělené sondy (hodnoty v mm)



**Obrázek 33:** Reálný vzhled originální sondy

### 6.2 Konstrukce upravené sondy a odrazné desky

Sonda je upravena tak, že původní měřicí sonda je vsunuta do pouzdra, které je pružně uloženo v těle nové sondy. Plocha sondy byla zvětšena na  $9,5 \text{ cm}^2$  a její průměr je 34,75 mm. Odpružení pouzdra je realizováno pružinou s nastavitelnou tuhostí od 6 N do 12 N. Pouzdro má průměr 50,5 mm, což odpovídá ploše  $20 \text{ cm}^2$ .

Odrazná feromagnetická deska je uložena na kloubu a upevněna k rukojeti. Pohyb odrazné desky je realizován pomocí kulového kloubu a je omezen pružinou. Její průměr je shodný s pouzdrem sondy.



**Obrázek 34:** Upravená sonda



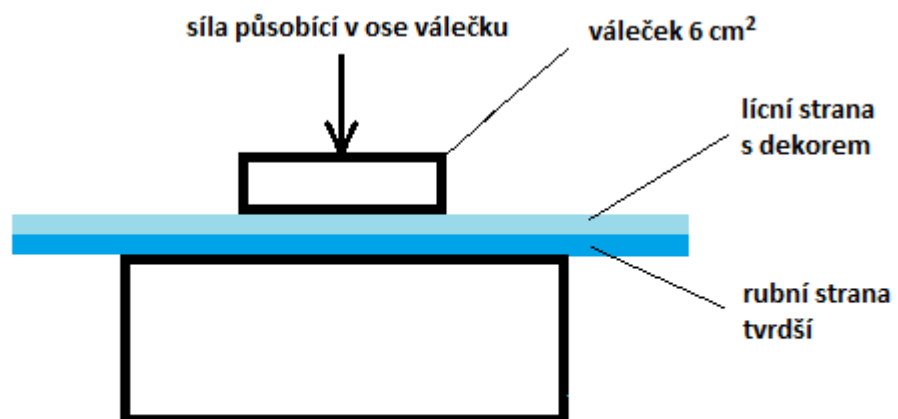
**Obrázek 35:** Elcometer 456 s upravenou měřicí sondou a odraznou plochou

## 7. Deformace vlákně vrstvy

Předtím než jsme přistoupili k ověření funkčnosti takto upraveného přístroje, tak jsme nejdříve zjistili závislost deformace vlákně kompozitního materiálu na působícím tlaku. Proto jsme si připravili celkem šest vzorků. Každý vzorek je z odlišné netkané textilie, ale všechny byly z firmy IDEAL Automotive.

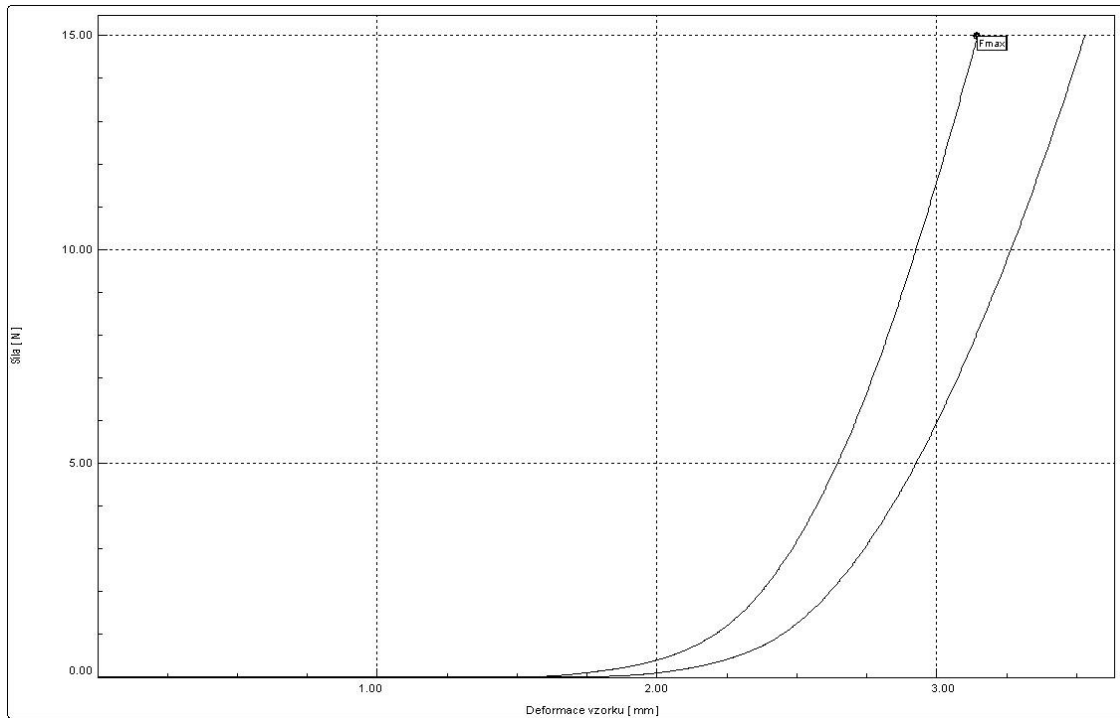
### 7.1 Testování deformace

Zkoušku deformace jsme provedli na trhačce tak, že na každý vzorek byl přitlačen kruhový váleček nahrazující sondu, který byl o ploše  $6\text{ cm}^2$ . Vzorek byl podložen rovnou deskou o velikosti  $100 \times 100\text{ mm}$ . Měření bylo prováděno nejprve při orientaci vzorku lícem nahoru. Následně proběhlo měření lícem dolů.

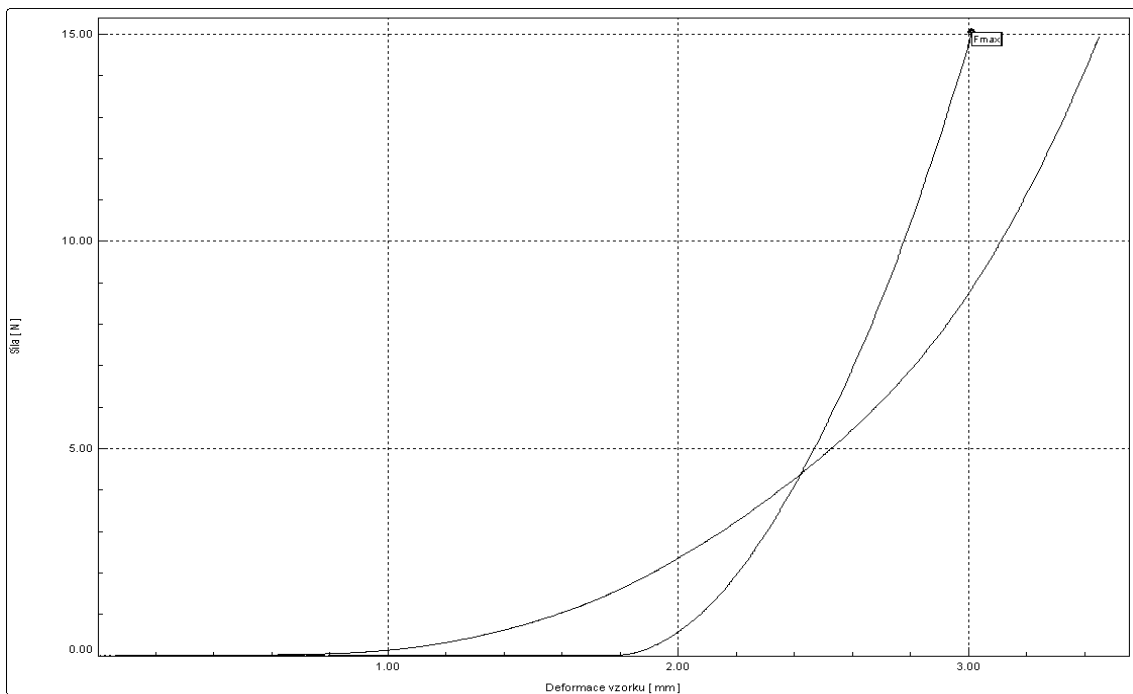


**Obrázek 36:** Měření deformace na lící straně

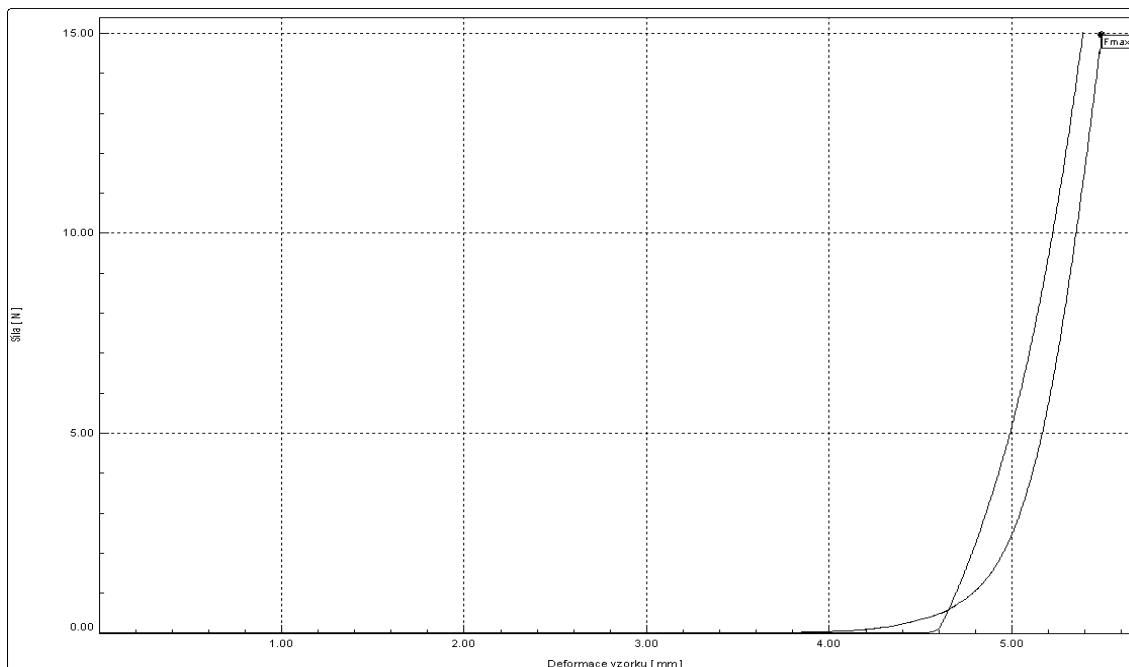
Trhačka zaznamenala hodnotu polohy sondy při doteku povrchu a následně při dosažení síly 15 N.



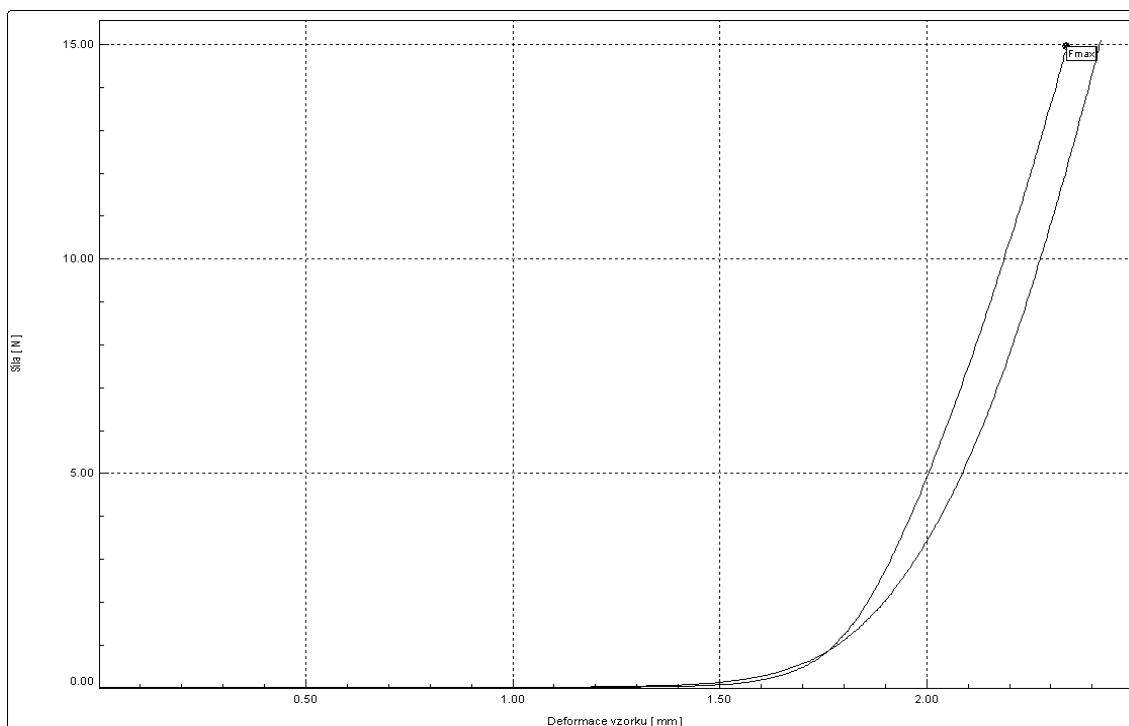
**Graf 4:** Deformace vzorku 1



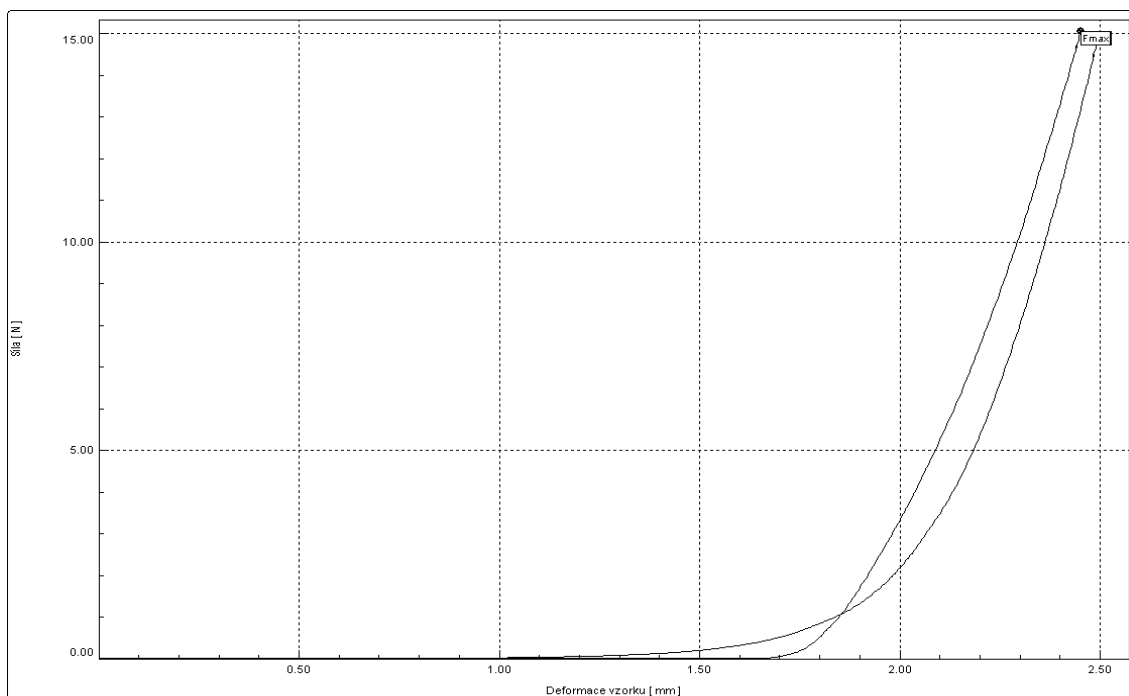
**Graf 5:** Deformace vzorku 2



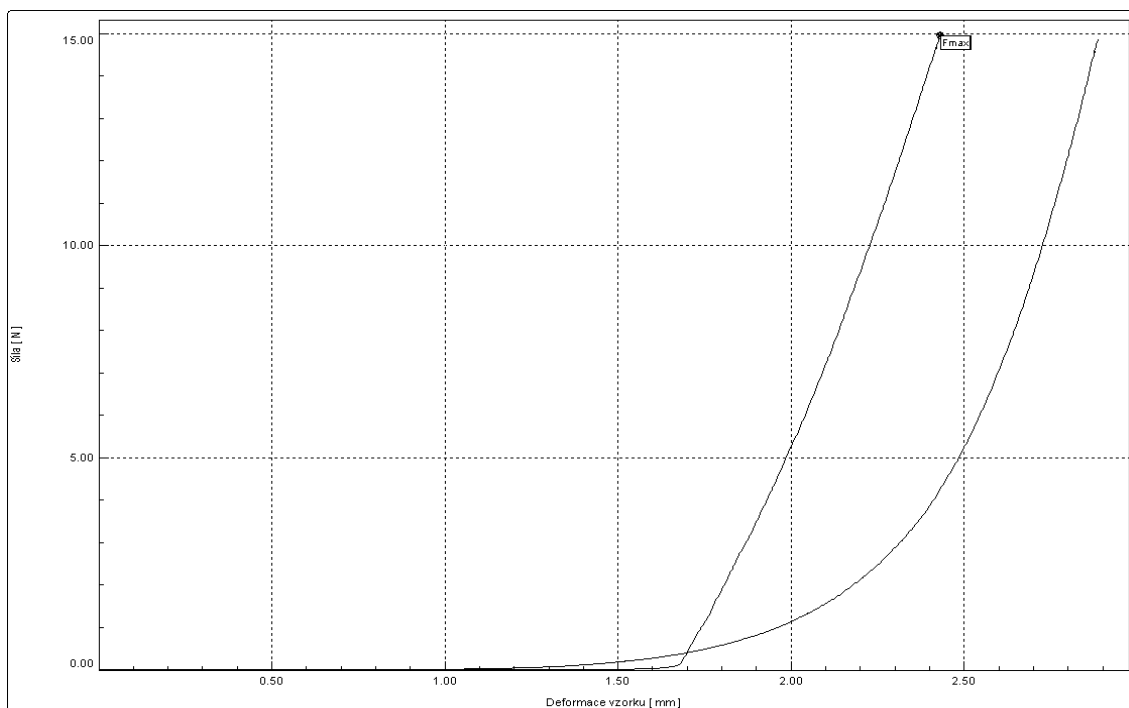
**Graf 6:** Deformace vzorku 3



**Graf 7:** Deformace vzorku 4



**Graf 8:** Deformace vzorku 5



**Graf 9:** Deformace vzorku 6

Z naměřených hodnot vyplývá rozdílný průběh deformace při působícím tlaku na lícni a rubní stranu. Rozdíl se projevuje postupným náběhem deformace při působení tlaku válečku do měkčího lícového povrchu. Tím dochází ke snazšímu zatlačení (zaboření) válečku. V opačném případě při působení tlaku válečkem na tvrdší rubní stranu je deformace od okamžiku dotyku v podstatě lineární.

Při porovnání deformačního tlaku, zjišťujeme, že u všech šesti vzorků dochází k linearizaci při stlačování od tlaku 5 kPa a to při působení tlaku válečku na tvrdší rubní stranu.

Na základě této skutečnosti určujeme, že síla, kterou budeme vytvářet na sondu při dalším měření bude větší než 5 kPa. Konkrétně jsme zvolili hodnotu 7 kPa.

## 7.2 Měření tloušťky při předem definovaném tlaku

Pro ověření funkčnosti bylo provedeno opakované měření. K měření bylo vybráno opět šest vzorků. Jednalo se o stejné materiály, které byly použity při testování deformace. Každý ze vzorků byl měřen 10x a hodnoty z jednotlivých měření byly zprůměrovány. Velikost přitlaku byla 7 kPa.

**Tabulka 9:** Opakované měření tloušťky při síle přitlaku 7 kPa

Vzorek	Průměr	Minima	Maxima	Rozdíl
1	5,22 mm	5,17 mm	5,26 mm	0,09 mm
2	4,99 mm	4,95 mm	5,02 mm	0,07 mm
3	2,94 mm	2,90 mm	2,98 mm	0,08 mm
4	2,74 mm	2,72 mm	2,75 mm	0,03 mm
5	2,65 mm	2,62 mm	2,68 mm	0,06 mm
6	4,61 mm	4,55 mm	4,67 mm	0,12 mm

Z naměřených hodnot vidíme, že celková odchylka v naměřených hodnotách je menší než 0,1 mm, kromě vzorku číslo 6, který měl na rozdíl od ostatních vzorků velmi měkký povrch.



Pro ověření správnosti měření, byl zvýšen přítlak, který je vyvíjen na měřicí sondu na hodnotu 10 kPa. To znamená, že naměřené hodnoty při větším přetlaku, by měly být jen nepatrně rozdílné. Měření bylo provedeno na vzorcích 1 a 5 a to ve stejných místech, jako při měření přítlakem 7kPa. Vybrány byly tyto dva vzorky, jelikož jeden je velmi tvrdý a druhý měkký. Nepočítáme vzorek 6, který měl největší rozdíl naměřených hodnot.

**Tabulka 10:** Porovnání naměřených hodnot při přítlaku 7 kPa a 10 kPa

	Velikost přítlaku							
	7 kPa	10 kPa	7 kPa	10 kPa	7 kPa	10 kPa	7 kPa	10 kPa
Vzorek	Průměr (mm)		Minima (mm)		Maxima (mm)		Rozdíl (mm)	
1	5,22	5,11	5,17	5,09	5,26	5,12	0,09	0,03
5	2,65	2,61	2,62	2,57	2,68	2,64	0,06	0,07

Z naměřených hodnot vyplývá, že se zvýšení přítlaku na velikosti odchylky výrazně neprojevilo. Jelikož celková naměřená tloušťka byla při vyšší hodnotě síly u vzorku 1 nižší jen o 0,11 mm a u vzorku 5 byla nižší pouze o 0,04 mm.

Proto lze na základě provedených pokusů říci, že tato navržená metoda pro měření tloušťky netkaných textilií je vhodná pro odzkoušení v reálném provozu.

Metoda měření vychází z ČSN EN ISO 5084, která je určena pro měření tloušťky textilií a textilních výrobků a aplikujeme ji na materiál, který se z lící strany chová jako textilie a ze strany rubní jako tuhý výlisek.

## 8. Návodka při měření

Součástí upraveného měřiče tloušťky Elcometer 456 pro firmu IDEAL Automotive GmbH musí být i doporučený návod k použití. Tento návod nepopisuje počet prováděných měření nebo místa, kde se má měření provádět ani zaznamenávání a vyhodnocování naměřených hodnot. Tyto součásti měření se musí provádět dle běžných zvyklostí ve firmě.

### 8.1 Návod k použití

#### 1) *Upevnění měřeného výrobku*

Výrobek určený k měření tloušťky musí být upevněn na měřícím pracovišti tak, aby byl přístupný z obou stran. K tomu může sloužit upevnění v čelistích podobných svěráku, případně uložení ve stojanu s vhodnými opěrnými prvky, aby bylo zabráněno pohybu výrobku.

#### 2) *Orientace měřicí sondy při měření*

Při měření je bezpodmínečně nutné, aby měřicí sonda byla k výrobku přikládána ze strany rubní tj. tvrdší strany. Ze strany lící tj. ze strany tzv. dekoru se přikládá odrazná deska.

#### 3) *Měřená místa*

Měřená místa musí být v ploše sondy rovinná, aby nedocházelo ke zkreslování naměřených hodnot.

#### 4) *Vlastní měření*

Obsluha měřicího přístroje přiloží odraznou desku na lící stranu do místa měření. Následně přitiskne měřicí sondu ze strany rubní proti odrazné desce tak, aby byl překonán odpor pružiny v těle sondy. Celý postup stisknutí výrobku mezi odraznou desku a měřicí sondu by měl trvat cca 1 sec. Na přístroji je možno následně odečíst naměřenou tloušťku. Hodnota tloušťky se ukládá do paměti přístroje.

## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout novou metodu měření pro lisované výlisky vyrobené z vláknenných materiálů. Jako první jsem zjistil průběh výroby. Ten je popsán ve třetí kapitole teoretické části práce. Po analýze finálních výrobků bylo přistoupeno k výběru vhodného měřicího přístroje. Vhodný přístroj je takový, který by dokázal nedestruktivním a snadno opakovatelným způsobem změřit tloušťku výlisku, který se z lící strany chová jako textilie a z rubní strany jako pevný výlisek.

Z několika možných přístrojů, byl vybrán přístroj Elcometer 456, který dodala firma Gamin s.r.o. Tento digitální měřicí přístroj funguje na principu elektromagnetické indukce. Jelikož měřicí přístroj pracuje s magnetickým polem, tak je pod měřené místo finálního výrobku nutné umístit kovovou odraznou destičku. Pro lepší použitelnost při výrobě byla k přístroji objednána oddělená sonda. Sonda je určena pro měření měkkých materiálů a je schopna měřit v rozsahu od 0 mm do 13 mm, a to s přesností  $\pm 1 - 3 \%$  nebo  $50\mu\text{m}$ .

Při prvním zkušebním měření jsem zjišťoval, jestli se bude shodovat tloušťka měřených vzorků za použití laboratorního měřicího přístroje podle normy ČSN EN ISO 5084: Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků a nového měřicího přístroje Elcometer 456. Po naměření všech vzorků, které byly chlupaté pouze z lící strany a po provedení analýzy měření, bylo zjištěno, že tyto dvě metody měření neudávají stejné hodnoty. Hodnoty se na každém měřeném vzorku lišily přibližně o 1,8 mm. Následně byla provedena příprava dalších vzorků z jiné vláknenné vrstvy, která byla chlupatá z obou stran. Po jejich zpracování se došlo ke zjištění, že i tyto měřené vzorky se liší přibližně o 2 mm. Oba tyto vzorky byly alespoň z jedné strany chlupaté, proto jsem připravil vzorky ze třetího typu materiálu. Tento třetí typ již na pohled vykazoval velkou nestejnou měrnost v tloušťce, ale v porovnání s předcházejícími vzorky nebyl chlupatý na lící, stejně tak ani na rubní straně. Z toho důvodu byla provedena třetí série měření. Po analýze třetí série bylo zjištěno, že ani při třetí sérii měření se hodnoty obou metod neshodují. Hodnoty se zde liší přibližně o 1 mm.

Tyto neshodnosti mohly být způsobeny tím, že jsme při měření vycházeli z normy ČSN EN ISO 5084 – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků. Tato norma vychází z faktu, že textilie je dostatečně splývavá. Takže se při přítlaku 1 kPa na rovnou

plochu zcela vyrovná. Naše měřené vzorky se z lící strany chovají jako textilie, ale ze strany rubní jako pevné výlisky. Další neshodnost mohla vzniknout zakřivením materiálu při prostorovém tvarování nebo díky nesprávnému vložení pod měřicí přístroj.

ČSN udává, že plocha sondy má být  $20 \text{ cm}^2$ , což představuje kruhová destička o průměru 50,48 mm. Při přitlaku 1 kPa. Těmto požadavkům odpovídal laboratorní přístroj. Přístroj Elcometer 456 má plochu sondy o velikosti  $2,378 \text{ cm}^2$ . Čím bude sonda větší, o to citlivější bude při zakřivení či nesprávném vložení do tloušťkoměru. Na druhé straně při měření menším průměrem bude nutno vyvinout menší sílu, ale bude složitější ji konstantně dosahovat.

Proto bylo nutné přejít k úpravě sondy a to z důvodu malé plochy. Úprava spočívala ve zvětšení plochy sondy a zvýšení potřebného přitlaku při měření. Bylo vytvořeno pouzdro pro stávající sondu a jejím vložení došlo ke zvětšení měřené plochy na  $20 \text{ cm}^2$ . Součástí je i odpružení pouzdra, které je realizováno pružinou s nastavitelnou tuhostí od 6 N do 12 N. Tato úprava vznikla z důvodu rozdílné deformace při působícím tlaku. Nyní je možné konstatovat, že při každém měření budeme na sondu působit stejným přitlakem.

Pro ověření bylo provedeno opakované měření. Vybralo se šest vzorků z různých materiálů a pro měření byl použit přitlak 7 kPa. Po vyhodnocení výsledků měření touto upravenou sondou můžeme říct, že naměřené hodnoty nevykazují žádnou chybu, jelikož rozdíl v naměřených hodnotách se pohybuje okolo 0,05 mm.

Navržená metoda je proveditelná a připravena na použití v reálném provozu. Podle posledních informací přístroj i navržená metoda prošly auditem odběratelů dílů. Audit byl proveden firmou ŠKODA AUTO a.s a firmou BMW.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] JIRSÁK, Oldřich a Klára KALINOVÁ. Netkané textilie. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-7083-746-2
- [2] Struktura zpevnování vláknenné vrstvy [online]. 2013 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/netkane-textilie/page/457/>
- [3] ČSN EN ISO 9092: Textilie – Netkané textilie – Definice [online].  
6. 2012 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/vystaven.aspx?k=90631>
- [4] RUSSELL, S. J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2007,  
1 online resource (xiii, 530 p.). ISBN 9781845691998.  
Dostupné  
z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=205232>
- [5] Groz-Beckert: Needling [online]. 2018 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://www.groz-beckert.com/en/products/felting/>
- [6] Groz-Beckert: Felting [online]. 2018 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://www.groz-beckert.com/mm/media/en/web/pdf/Felting.pdf>
- [7] Procesy propojení: Tepelné lepení [online]. 20. 4. 2012 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://nptel.ac.in/courses/116102014/7>
- [8] ČSN EN ISO 5084: Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků [online]. 1.1998 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/vystaven.aspx?k=51187>
- [9] ČSN EN ISO 9073-2: Textilie – Zkušební metody pro netkané textilie – Část 2: Zjišťování tloušťky [online]. 4. 1998 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/vystaven.aspx?k=51776>
- [10] Metrology s.r.o.: Tloušťkoměr K100-K400 [online]. 2018 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <http://www.metrology.cz/8-tloustkomer-k100>

- [11] Dynamic Robotic Solutions: Cutting box original V [online].  
2014 [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <http://www.drrobotics.com/cz/cutting-box-original-v>
- [12] Uni-max: Ultrazvukový tloušťkoměr – MAXMAT200 [online]. [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: <https://www.uni-max.cz/ultrazvukovy-tloustkomer-maxmat200/d/>
- [13] Digitální tloušťkoměr: Elcometer 456 [online]. [cit. 2018-11-20].  
Dostupné z: [https://www.gamin.cz/fileadmin/user\\_upload/Elcometer\\_456\\_04.pdf](https://www.gamin.cz/fileadmin/user_upload/Elcometer_456_04.pdf)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Tabulka rozdělení NT podle technologie výroby.....	16
Obrázek 2: Zpevňování vlákenné vrstvy .....	17
Obrázek 3: Vpichovací stroj .....	18
Obrázek 4: Předvpichovací stroj.....	18
Obrázek 5: Vpichovací jehla.....	19
Obrázek 6: Hloubka vpichu .....	19
Obrázek 7: Závislost tloušťky a pevnosti .....	20
Obrázek 8: Schéma ohřevu vlákenné vrstvy horkým vzduchem.....	21
Obrázek 9: Tvary spojů při pojení termoplastickými vlákny .....	21
Obrázek 10: Pojení infračerveným zářením .....	22
Obrázek 11: Schéma zařízení pro pojení ultrazvukem .....	23
Obrázek 12: Tloušťkoměr.....	25
Obrázek 13: Přístroj na měření tloušťky.....	26
Obrázek 14: Elcometer 456 s oddělenou sondou.....	27
Obrázek 15: Boční obložení zavazadlového prostoru .....	28
Obrázek 16: Řezání vodním paprskem .....	31
Obrázek 17: Výsledná vlákenná vrstva s viditelně čistým řezem.....	31
Obrázek 18: Léra .....	32
Obrázek 19: Léra s hotovým výliskem .....	33
Obrázek 20: Aktuálně používaný měřicí přístroj.....	34
Obrázek 21: Ultrazvukový měřič tloušťky .....	35
Obrázek 22: Elcometer 456 s vestavěnou sondou .....	36
Obrázek 23: Specifikace modelů Elcometer 456 s vestavěnou sondou.....	36
Obrázek 24: Elcometer 456 se sondou pro měření měkkých materiálů .....	37
Obrázek 25: Specifikace modelů Elcometer 456 s oddělenou sondou.....	37
Obrázek 26: Různé druhy sond.....	37
Obrázek 27: Sonda pro měkké materiály.....	37
Obrázek 28: Měření ideálně splývavé textilie .....	46
Obrázek 29: Měření zakřiveného dílu .....	46
Obrázek 30: Měření špatně vloženého dílu .....	47
Obrázek 31: Hrot na konci sondy .....	47
Obrázek 32: Rozměry oddělené sondy (hodnoty v mm) .....	50

Obrázek 33: Reálný vzhled originální sondy.....	50
Obrázek 34: Upravená sonda.....	51
Obrázek 35: Elcometer 456 s upravenou měřicí sondou a odraznou plochou.....	51
Obrázek 36: Měření deformace na lící straně.....	52



## Seznam tabulek

Tabulka 1: Naměřené hodnoty podle ČSN .....	39
Tabulka 2: Vypočtené hodnoty .....	39
Tabulka 3: Naměřené hodnoty přístrojem Elcometer 456.....	40
Tabulka 4: Vypočtené hodnoty .....	41
Tabulka 5: Naměřené hodnoty vzorků A.....	41
Tabulka 6: Vypočtené hodnoty vzorků A .....	42
Tabulka 7: Naměřené hodnoty vzorků A, B, C .....	43
Tabulka 8: Vypočtené hodnoty vzorků A, B, C .....	44
Tabulka 9: Opakované měření tloušťky při síle přítlaku 7 kPa.....	56
Tabulka 10: Porovnání naměřených hodnot při přítlaku 7 kPa a 10 kPa .....	57

## Seznam grafů

Graf 1: Porovnání naměřených hodnot vzorků A .....	42
Graf 2: Porovnání naměřených hodnot vzorků B .....	44
Graf 3: Porovnání naměřených hodnot vzorků C .....	45
Graf 4: Deformace vzorku 1 .....	53
Graf 5: Deformace vzorku 2 .....	53
Graf 6: Deformace vzorku 3 .....	54
Graf 7: Deformace vzorku 4 .....	54
Graf 8: Deformace vzorku 5 .....	55
Graf 9: Deformace vzorku 6 .....	55