

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Technologie a řízení konfekční výroby

Bakalářský studijní program: TEXTIL

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby – 3107R004

Zaměření: Konfekční výroba

Číslo: 369/07

Název bakalářské práce:

Využití laserové technologie pro řezání textilních materiálů ve vrstvách

Laser Technology utilization for the layer cutting of the textile materials

Řešitel BP: Jana Hanzlíková

.....

Podpis

Vedoucí BP: RNDr. Ludmila Brichtová

Konzultant: Ing. Martin Kotačka

Rozsah práce: 63

Počet tabulek: 22

Počet obrázků: 26

Počet příloh: 2

Rozsah příloh: 85

Zadání bakalářské práce

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou bakalářskou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Troubkách dne 2.5.2007

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí bakalářské práce paní RNDr. Ludmile Brichtové a konzultantovi panu Ing. Martinovi Kotačkovi za odborné vedení a pomoc při vypracování bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala všem firmám, které mi poskytly vzorky svých materiálů, zejména firmě Přidal s.r.o. za poskytnutí informací, a možnost realizace experimentů.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodičům, přátelům a známým za podporu po celou dobu studia.

Abstrakt

Název práce: **Využití laserové technologie pro řezání textilních materiálů ve vrstvách**

Úvodní část práce je zaměřena na podstatu laserového záření, zabývá se typy laserů a jejich mnohostranným využitím. V další části se zabývá druhy a vlastnostmi textilních materiálů, a jejich analýzou.

Hlavní část práce se soustředí na řezání textilu laserovým paprskem, řeší zde samostatný řezný proces a teoretický model, který se snaží popsat tuto technologii.

V experimentální části je realizován proces laserového řezání na 30-ti vzorcích v jedné, třech a pěti vrstvách. Tyto vzorky jsou následně hodnoceny z hlediska kvalitativního, ale také z hlediska energetické náročnosti procesu.

Cílem práce je zjistit vhodné parametry laseru pro různé druhy textilních materiálů, aby bylo dosaženo nejvyšší kvality řezu, a to porovnáním řezného procesu pro jednu a více vrstev textilních materiálů tak, abychom mohli posoudit, zda je řezání laserem ve vrstvách v běžném provozu využitelné a ekonomicky srovnatelné s dosud využívanými způsoby.

Klíčová slova:

Laser

Textilní materiály

Oddělovací proces

Kritická rychlost

Energie oddělování

Řezání

Laserové řezání

Abstract

Title subject: **Laser Technology utilization for the layer cutting of the textile materiales .**

The introductory of this study is concentrating on the substance of the laser radiation, it's occupying with laser types and their many-sided utilization. Another part of the study is occupying with sorts and characteristics of textile materials and their analysis.

The main part of study is concentrating on the textile cutting by a laser beam, it's trying to solve the original cutting process, the theoretical model trying to describe this technology.

In the experimental part there is a process of laser cutting realized with 30 specimens in one, three and five layers. These specimens are assessed from the qualitative standpoint and from the energy exactingness standpoint as well.

The aim of this study is to find out fitting laser parameters for various textile material sorts to make the highest quality cut by comparing the cutting process for one and more textile material layers to be able to judge if the laser cutting in layers is utilizable in a usual operation and if it is economically comparable with methods used up to now.

Pivotal words:

Laser

Textile materials

Cutting process

Critical speed

Cutting energy
Cutting
Laser cutting

OBSAH

PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

ABSTRAKT

OBSAH 7

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 8

1. ÚVOD 10

2. LASERY A JEJICH VYUŽITÍ V PRŮMYSLU 11

2. 1. Podstata laserového záření 11

2. 2. Využití laserů 13

3. VLASTNOSTI TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ 15

3. 1. Přírodní materiály 15

3. 2. Chemické materiály 18

3. 3. Nepolymerní materiály 21

4. ŘEZÁNÍ LASEROVÝM PAPRSKEM 24

4. 1. Princip řezání 24

4. 2. Matematický model 25

4. 3. Teoretický popis interakce tkaniny s laserovým paprskem 27

4. 4. Zařízení pro oddělování laserem 32

5. REALIZACE PROCESU ŘEZÁNÍ 33

5. 1. Řezání materiálů ve vrstvách 34

5. 2. Specifikace laserového záření 35

5. 3. Presentace vybraných vzorků 42

5. 4. Ověření matematického modelu se vzorkem č. 31 50

6. ZÁVĚR	58
7. POUŽITÁ LITERATURA	59
8. PŘÍLOHY	62

Seznam použitých zkratk

E	energie [J]
P	výkon laserového systému [W]
t_p	doba působení na materiál v ohnisku laserového paprsku [s]
E_p	energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod teplotu tání [J]
E_k	energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod varu [J]
E_{kp}	energie potřebná k přechodu exponovaného elementu tkaniny z kapalného skupenství na plynné [J]
E_{pp}	energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny v plynném skupenství [J]
E_{pk}	energie pro transformaci z pevného stavu do stavu kapalného [J]
E_o	energie oddělování [J]
m_e	hmotnost elementu, který přijme energii [kg]
c_p	měrná tepelná kapacita v pevném skupenství [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
t_t	teplota tání tkaniny [°C]
c_{pk}	měrná tepelná kapacita v kapalném stavu [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
t_v	teplota vypařování [°C]
Q_T	měrné teplo bodu tání [J/kg]
Q_v	měrné teplo vypařování [J/kg]
t_p	doba působení paprsku na tkaninu [s]
d_s	celková velikost ohniska [mm]
T	tloušťka tkaniny [mm]
v	rychlost posuvu [mm/s]
t_{p(y)}	doba působení paprsku na tkaninu v blízkosti sečny [s]
l_s	délka místní sečny [mm]
I	proud doutnavého výboje v trubici [mA]
U	napětí doutnavého výboje v trubici [kV]
t_k	konečná teplota tkaniny [°C]
c_{pp}	měrná tepelná kapacita tkaniny v plynném skupenství [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
D₂	průměr svazku v ohnisku [mm]
D₁	průměr svazku ve výstupním zrcadle laseru [mm]
l	délka optické trasy [mm]
f	ohnisková vzdálenost [mm]
d_D	velikost ohniska vlivem difrakce [mm]

λ	vlnová délka laseru [μm]
d_A	velikost ohniska vlivem aberace [mm]
K''	aberační koeficient čočky
d_s	celková velikost ohniska [mm]
d_D	velikost ohniska vlivem difrakce [mm]
A	plocha ohniska [mm^2]

LI	len
CO	bavlna
WO	vlna
SE	přírodní hedvábí
CV	viskóza
PA	polyamid
PES_n	polyesterové hedvábí
PES	polyester
PA_n	polyamidové hedvábí
EL	elastan
GL	skleněné vlákno
PP	polypropylen
PU	polyuretan
RH	relativní vlhkost vzduchu
NT	netkaná textilie
ACh	acetát
PVC	polyvinylchlorid

1. Úvod

Od spuštění prvního laseru uběhlo téměř čtyřicet let. Během té doby se zejména v 60. letech začaly objevovat další typy laserů, lišící se aktivním prostředím nebo konstrukčním uspořádáním. V současnosti je vývoj laserových technologií na vysoké úrovni a jejich využití v průmyslu se stává téměř běžnou záležitostí.

Dělení textilních materiálů je stále velmi důležitou nezbytnou výrobní operací. Používá se k tomu celá řada metod, každá z nich si vytvořila svoji oblast optimálního použití. Mezi nejnovější způsoby patří oddělování textilií pomocí laserů.

Velká koncentrace výkonu v laserovém paprsku zajišťuje vysokou produktivitu práce a vynikající kvalitu řezu. Snadné ovládání laserového paprsku průmyslovým robotem nebo manipulátorem umožňuje dělit materiály i složitými křivkovými řezy na ploše i v prostoru. Z cenového hlediska je dnes produkce z technologických pracovišť pro dělení materiálů laserem konkurence schopná ve srovnání s ostatními technologiemi dělení.

Nepochybně závažnou nevýhodou zůstává jednoúčelovost a vysoká cena zařízení.

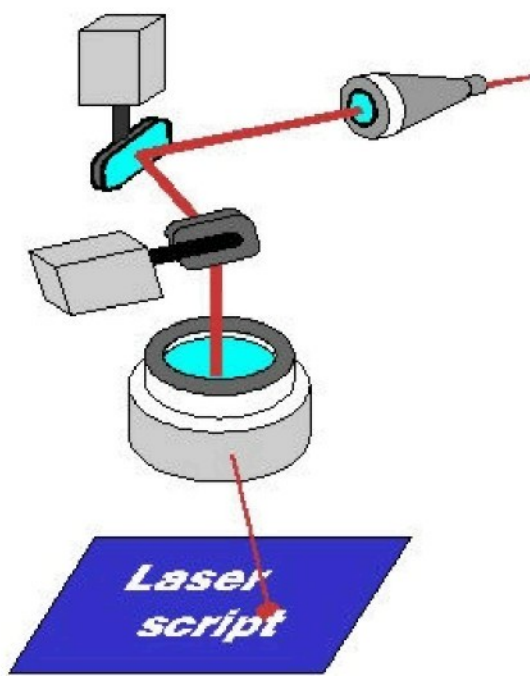
2. Lasery a jejich využití v průmyslu

2.1. Podstata laserového záření

LASER

Název vychází ze zkratky anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, tj. „zesilování světla pomocí stimulované emise záření.“

Je to optický zdroj elektromagnetického záření tj.světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku, na rozdíl od světla přirozených zdrojů je polarizované, koherentní a monochromatické. [7]



Obr. 1 Lom laserového paprsku

TYPY LASERŮ

Lasery lze rozdělit podle různých kritérií.

Podle povahy aktivního prostředí rozlišujeme lasery, které využívají:

- 1. pevné látky** - Lasery v pevné fázi se většinou využívají k získávání velkých, převážně impulsních výkonů, kde v milióntině sekundy dosáhnou výkonu několika miliard wattů. Nevynikají však vysokou účinností a nelze je přeladovat na jiné vlnové délky.
- 2. kapaliny** - Kapalinové lasery pracují s chetáty různých prvků vzácných zemin se objevily již v roce 1963. Výhodou je, že mohou zabírat neomezeně velký objem a jsou dokonale homogenní. Nevýhodou ale je, že se chemicky rozkládají.
- 3. plyny** - Plynové lasery se ukázaly jako velmi perspektivní a mohutné zdroje infračerveného i ultrafialového záření a našly významné uplatnění v technice a technologii. Objem plynu je možno podle potřeby zvyšovat plynulým přítokem je možné dodávat stále nové aktivní prostředí a je možno je čerpat nejrůznějšími mechanismy, elektricky, chemicky...
Plynové lasery mají vyšší účinnost, protože přeměna elektrické energie ve výboj je hospodárnější. Proto tyto lasery pracují v nepřetržitém režimu, ale jejich trvalý výkon není moc vysoký.

Podle způsobu čerpání energie lze lasery rozdělit na lasery čerpané:

1. **opticky** - výbojkou, laserem, slunečním světlem a radioaktivním zářením
2. **elektricky**- srážkami v elektrickém výboji, svazkem nabitých částic, injekcí elektronů, interakcí elektromagnetického pole se shluky nabitých částic.
3. **chemicky** - energie chemické vazby, fotochemická disociace, výměna energie mezi molekulami a atomy
4. **termodynamicky** - zahřátím a ochlazením plynu
5. **jadernou energií** - reaktorem, jaderným výbuchem.

Z hlediska režimu práce mohou lasery pracovat kontinuálně (spojitě, nepřetržitě) nebo impulsně

Podle vyzařované vlnové délky na:

1. **infračervené**
2. **lasery v oblasti viditelného světla**
3. **ultrafialové**
4. **rentgenové [10]**

2. 2. Využití laseru

Uplatnění laserů je velmi široké. V **medicině a biologii** se využívá na bezbolestné, nekrvavé a sterilní operace laserovým skalpelem. Dále v oční chirurgii při operacích odchlípené sítnice, koagulace živé tkáně. Bezbolestná laserová zubní vrtačka, odstraní kaz a zubní kámen z těžko přístupných míst.

Léčení některých druhů rakoviny a odstraňování zhoubných nádorů.

Ve **vojenské technice** se využívá holografického kódování informace k účelům utajení. Laserové radary a přesné dálkoměry k určování vzdálenosti nepřátelských objektů. Při zjišťování min pomocí laserů, navádění letadel, raket a řízení střel laserovým paprskem.

V **technice spojů** pro současný přenos milionů telefonních hovorů laserovým paprskem nebo světlovodem. Přenosné laserové videotelefony, které umožňují vidět druhou osobu a hovořit s ní na vzdálenost mnoha kilometrů.

V **astronomii a kosmickém výzkumu** pro měření teploty povrchu a povrchových vrstev Měsíce a planet zesilováním tepelného rádiového šumu, případně sondováním elektromagnetickými vlnami. Dále pro osvětlování nebeských těles, která se nacházejí ve slunečním stínu, laserovým paprskem nebo na určování reliéfu Měsíce a nebeských těles pomocí laserového paprsku.

V **meteorologii** pro měření teploty, vlhkosti a složení atmosféry na základě absorpce laserového paprsku. Určování škodlivých příměsí ve vzduchu (kysličník siřičitý) laserovou spektroskopií. Sledování pohybu mraků a předvídání atmosférických srážek.

V **průmyslové technologii** je možné využívat laser pro vrtání otvorů o průměru několika mikronů v libovolně tvrdých a křehkých materiálech, diamantových průvlaků pro tažení tenkých drátů. Bodové svařování laserovým paprskem, zejména tenkých drátů a plechů. Řezání libovolně tvrdých materiálů laserovým paprskem. [3]

Použití laseru pokročilo především v těchto strojírenských technologiích:

- laserové svařování
- laserové oddělování
- gravírování
- pojení

3. Vlastnosti textilních materiálů

Textilní vlákna jsou nejjednodušší textilní útvary. Jsou protáhlého tvaru, jejich délka je podstatně větší než rozměry příčného průřezu. Textilní vlákna jsou základním materiálem pro výrobu všech textilií

Textilní vlákna - přírodní

- syntetická
- nepolymerní

3. 1. Materiály z přírodních vláken

Jsou to textilní spřadatelná vlákna, která se získávají z přírodních makromolekulárních látek rostlinného, živočišného nebo minerálního původu.

Přírodní vlákna dělíme na:

rostlinná – bavlna, len, konopí, juta, ramie, sisal

živočišná – vlna ovčí, velbloudí, mohérová, hedvábí

minerální – asbest

Rostlinná vlákna

Rostlinná vlákna jsou tvořena převážně celulórou (polysacharid), která vytváří v rostlině buněčnou stěnu. Z rostlinných vláken má největší obsah celulózy bavlna.

Bavlna

Bavlna jsou jednobuněčná vlákna obrůstající semena bavlníku. Bavlna je zdrojem nejčistší celulózy - použití pro speciální účely: cigaretový papír, bankovní papír, surovina pro výrobu nitrocelulózy.

Barva vláken bývá bílá, mohou mít nažloutlý, narůžovělý, hnědavý i jiný nádech. Kvalita bavlny je ovlivněna zralostí vláken.

	za sucha	v mokřém stavu
pevnost	2,7 - 4,3 cN/dtex	10 - 12 cN/dtex
tažnost	6 - 10%	3,6 - 12%
navlhavost	7,5%	24 - 27%
teplota žehlení	150°C	
měrná hmotnost	1520kg/m ³	
koeficient tření	0,44	
modul pružnosti	51-80cN/dtex	

Tab.1 Vlastnosti bavlněných vláken

Len

Len patří k nejstarším surovinám. Len je jednoletá rostlina. Poskytuje vlákno, semeno, pazdeří. V současné době se pěstují lny přadné, olejopřadné a olejné. Přadný

len se pěstuje pro vlákno, které je obsaženo v jeho stoncích. Zralé vlákno má žlutou barvu, je lesklé a hladké.

Lněné vlákno se skládá z 80% celulózy, dále z ligninu, tuků, vosků a pektinů.

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	5 -8 cN/dtex	12 cN/dtex
tažnost	1,8%	2,2%
navlhavost	12%	
teplota žehlení	200°C	
měrná hmotnost	1500kg/m ³	
koeficient tření	-	
modul pružnosti	nízký	

Tab.2 Vlastnosti lněných vláken

Živočišná vlákna

Živočišná vlákna jsou srsti různých zvířat, např. ovcí, koz, velbloudů nebo výměšky vylučované hmyzem, známé jako přírodní hedvábí.

Ovčí vlna

Ovčí vlna je nejznámější textilní vlákno živočišného původu. K oděvním účelům se využívá již několik tisíc let.

Kvalita vlny závisí na plemenu ovce a na podmínkách, v nichž se ovce chovají. Největší množství vlny produkuje Austrálie.

Vlna nebo směs vlny se syntetickými vlákny se používají při výrobě šatových, oblekových a pláštěových tkanin, pletených oděvů....

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	0,9 - 1,8 cN/dtex	8 - 9 cN/dtex
tažnost	20 - 35%	25 - 50%
navlhavost	35%	
teplota žehlení	100°C	
měrná hmotnost	1320kg/m ³	
koeficient tření	0,24	
modul pružnosti	23-25cN/dtex	

Tab.3 Vlastnosti ovčí vlny

Přírodní hedvábí

Hedvábí je výměšek snovacích žláz housenek bource morušového - noční motýl z rodu lišajů. Méně kvalitní a málo používané plané hedvábí vytvářejí housenky divoce žijícího bource dubového čínského.

Přírodní hedvábí se používá na dámské šatovky, šátky, pánské košile, kravaty. Jelikož je drahé, nahrazuje se syntetickými vlákny.

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	3 - 5 cN/dtex	6 - 10 cN/dtex
tažnost	18 - 25%	25 - 30%
navlhavost	10%	
teplota žehlení	110°C	
měrná hmotnost	1370 kg/m ³	
koeficient tření	0,26	
modul pružnosti	12 GPa	

Tab.4 Vlastnosti přírodního hedvábí

3. 2. Materiály z chemických vláken

Rozvoj výroby a používání chemických vláken spadá do počátku 20.století. Jejich zavedení a rozšiřování bylo podmíněno stále větší spotřebou textilních vláken a projevujícím se nedostatkem vláken přírodních.

První chemická vlákna byla celulózová, vyráběla se z přírodních polymerů, později se začala vyrábět i vlákna syntetická. V současné době se zvyšuje výroba syntetických vláken.

Syntetická vlákna dělíme na vlákna :

z přírodních polymerů – viskózní, měďnatá, acetátová

ze syntetických polymerů – polyamidová, polyesterová, polypropylenová, polyuretanová, polyvinylchloridová, polyakrylonitrilová
 nepolymerní – kovová, skleněná, uhlíková

Z přírodních polymerů

Vlákna z regenerované celulózy

Výchozí surovinou pro výrobu celulózových vláken je buničina, krátká bavlněná vlákna (linters) nebo bavlněný odpad. Buničina se získává z rozemletého dřeva. Pro výrobu vláken se používá dřevo ze smrků a buků.

Viskózová vlákna

Jsou laciná, ale jejich základní nevýhodou je ekologicky neúnosný způsob výroby. Vyrábějí se z buničiny.

Viskózová vlákna ve formě hedvábí se používají převážně pro podšívkové materiály. Viskózová stříž se směsuje s jinými druhy vláken (bavlna, vlna, syntetické materiály) pro textilie na prádlo a svrchní ošacení.

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	1,9 - 3 cN/dtex	4,4 - 8,8 cN/dtex
tažnost	20 - 30%	25 - 35%
navlhavost	11 - 13%	
teplota žehlení	100°C	
měrná hmotnost	1500 - 1520 kg/m ³	
koeficient tření	0,38	
modul pružnosti	54 cN/dtex	

Tab.5 Vlastnosti viskózových vláken

Vlákna z derivátů celulózy

Acetátová vlákna

Výchozí surovinou pro výrobu acetátových vláken jsou lintry nebo vysoce zušlechtěná buničina. Vlákna jsou vytvořena z acetátu celulózy, tj esteru kyseliny octové s celulózou.

Z acetátového hedvábí se vyrábějí hlavně textilie hedvábného charakteru na dámské ošacení a také podšívkové tkaniny.

	za sucha	v mokřém stavu
pevnost	1,1 - 1,4 cN/dtex	6 - 7 cN/dtex
tažnost	20 - 40%	30 - 50%
navlhavost	6 - 6,5%	
teplota žehlení	pod 100°C	
Měrná hmotnost	1290 - 1330kg/m ³	
koeficient tření	vysoký	

Tab.6. Vlastnosti acetátových vláken

Vlákna ze syntetických polymerů

Zavedením výroby syntetických vláken v první polovině 20.století znamenalo největší převrat v oblasti textilních surovin. V současné době zaujímají významné a nezastupitelné místo mezi textilními vlákny.

Syntetická vlákna dávají textiliím řadu výhodných vlastností, které při použití přírodních vláken nelze dosáhnout

Polyamidová vlákna

Polyamidová vlákna se vyrábějí ze dvou vláknotvorných polymerů, polyamidu 6 nebo polyamidu 6.6. Vlákna mohou být hladká i profilovaná, lesklá, matovaná a barvená ve hmotě. Bývalí opatřena úpravami - antistatickou, nešpinivou.

Užití je velmi široké, hlavně ve formě hedvábí. Dámské punčochy, punčochové kalhoty. Sportovní oděvy, oděvy pro volný čas, kombiné, spodničky.

	za sucha	v mokřém stavu
pevnost	3,6 - 7,5 cN/dtex	8,5 - 9 cN/dtex
tažnost	23 - 55%	20 - 50%

navlhavost	3 - 4,5%	
teplota žehlení	170°C	
Měrná hmotnost	1140kg/m ³	
koeficient tření	0,16	
Modul pružnosti	340cN/tex	

Tab.7 Vlastnosti polyamidových vláken

Polyesterová vlákna

Vzhledem ke svým univerzálním vlastnostem zaujímají polyesterová vlákna mezi vlákny ze syntetických polymerů výsadní postavení.

Polyesterová vlákna mají tvar hedvábí i stříže. Používají se při výrobě hedvábnických tkanin pro dámské šaty, halenky. Uplatňuje se při výrobě sportovního ošacení, krajek, záclon, šicích nití.

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	3,8 cN/dtex	7,2 cN/dtex
tažnost	19 - 23%	19 - 23%
navlhavost	0,3%	
teplota žehlení	150°C	
Měrná hmotnost	1335kg/m ³	
koeficient tření	1,6dtex	
Modul pružnosti	1300 cN/tex	

Tab.8 Vlastnosti polyesterových vláken

Akrylová vlákna

Zaujímají 3.místo co do spotřeby mezi syntetickými vlákny. Mají měkký omak. Velkou výhodou je nízká cena

	za sucha	v mokrému stavu
pevnost	1,3 - 3,2 cN/dtex	7 cN/dtex
tažnost	20 - 30%	25 - 35%
navlhavost	0,9 - 2%	
teplota žehlení	150°C	
Měrná hmotnost	1180 - 1220kg/m ³	

koeficient tření	0,27	
Modul pružnosti	300 - 500cN/tex	

Tab.9 Vlastností akrylu

Polypropylenová vlákna

Polypropylenová vlákna nacházejí stále širší uplatnění. Jejich výhodou je velmi snadná dostupnost základní suroviny, která je vedlejším produktem při zpracovávání ropy.

Polypropylenová vlákna se uplatňují při výrobě bytových textilií, i při výrobě koberců. V oděvních textiliích se využívá schopnosti vláken přenášet vlhkost.

	za sucha	v mokřém stavu
pevnost	1,5 cN/dtex	6 cN/dtex
tažnost	15%	60%
navlhavost	0 - 0,005%	
teplota žehlení	130°C	
Měrná hmotnost	800kg/m ³	
koeficient tření	0,24	
tepelná vodivost	0,1 - 0,3Wm ⁻¹ K ⁻¹	

Tab.10 Vlastnosti polypropylenu

3. 3. Nepolymerní

Kovová vlákna

Vyrábějí se buď celokovová nebo jako tzv. metaloplastické řezané nitě.Pro oděvní účely se používají převážně metaloplastické nitě, které se vyrábějí laminované nebo pokovované.

	za sucha	v mokřém stavu
Pevnost	1,1 GPa	
Tažnost	0,9%	
tepelná odolnost	velmi vysoká	
měrná hmotnost	1800kg/m ³	
koeficient tření		
modul pružnosti	310GPa	

Tab.11 Vlastnosti kovových vláken

Skleněná vlákna

Vyrábějí se z roztaveného skla, obvykle mechanickým nebo pneumatickým způsobem tažení. Vzhledem ke své nehořlavosti a odolnosti vůči chemikáliím se používají při výrobě ochranných pracovních oděvů.

	za sucha	v mokrému stavu
Pevnost	1,7 - 3,5GPa	
Tažnost	5%	
tepelná odolnost	450°C	
měrná hmotnost	2540kg/m ³	
koeficient tření	1,6	
modul pružnosti	69 - 72GPa	

Tab.12 Vlastnosti skleněných vláken

Uhlíková vlákna

Základní surovinou pro výrobu uhlíkových vláken jsou např. polyakrylonitrilová, polyvinylchloridová, polyamidová vlákna, která se tepelným rozkladem přeměňují na vlákna uhlíková.

Vlákna se uplatňují ve strojírenství, letectví, kosmonautice. [2]

	za sucha	v mokrému stavu
Pevnost	1,9 - 3,6 GPa	
Tažnost	0,4 - 0,7%	
tepelná odolnost	velmi vysoká	
měrná hmotnost	2270kg/m ³	
modul pružnosti	350 - 540GPa	

Tab.13 Vlastnosti uhlíkových vláken

V tomto přehledu jsou popsány vlastnosti textilních vláken. Tyto vlastnosti jsou velmi důležité pro kvalitu řezu při interakci s laserovým paprskem. [2]

Tepelně-fyzikální vlastnosti řezaného materiálu

Pro technologický proces řezání jsou rozhodující tyto tepelně-fyzikální vlastnosti materiálu:

- reflexivita řezaného materiálu
- hustota materiálu
- tepelná kapacita
- skupenské teplo tání
- skupenské teplo výparné
- tepelná vodivost
- teplota tání
- teplota vypařování
- chemická energie vzniklá při reakci řezaného materiálu s kyslíkem
- elektrický odpor materiálu

4. Řezání laserovým paprskem

Řezný proces probíhá na základě vzájemného působení laserového paprsku a řezaného materiálu. Oblast, ve které k těmto účinkům dochází, je ohraničena řeznou

spárou ve směru řezu a nazývá se čelem řezu. Paprsek, který na toto čelo působí, musí natavit materiál na teplotu, která vede ke změně pevné fáze materiálu na kapalnou a plynnou.

Následuje silné odpařování materiálu, které vede k jeho odvodu. Současné mechanické působení proudu řezného plynu unáší částice tekutého materiálu mimo prostor řezu. Roztavené pásmo se pohybuje ve směru řezu a proces natavování se neustále opakuje. Laserový paprsek v případě kontinuálního řezání tedy stabilně postupuje a představuje vlastní "řezný" nástroj. [3]

.

4. 1. Princip řezání

Metoda je založena na optickém soustředění světelného paprsku do jednoho bodu a jeho proměně v tepelnou energii, díky které dochází k oddělení vrstvy textilního materiálu.

Laserový paprsek vycházející z rezonátoru laseru je pomocí speciální čočky zaostřen na povrch materiálu, který se natavuje a řezacím plynem přiváděným koaxiální dýzou se tavenina vyfukuje.

Při laserovém řezání je nutné co nejrychleji odpařit materiál a zasáhnout tak oblast tepelnými účinky co nejméně.

Pro řezání textilních materiálů se nejčastěji používají kontinuální CO₂ lasery s výkonem 50W – 200W. Rychlost paprsku je dána parametry přístroje. Při laserovém řezání se přivádí koaxiálně s laserovým svazkem na místo řezání proud ochranného plynu, který zabraňuje vzniku nežádoucího ožehu nebo zápachu. [4]

Výhody laserového řezání:

1. nepatrná šířka řezu
2. nepatrné oblasti ohřevu
3. žádné opotřebení nástroje
4. čisté řezy
5. možnost řezání složitých tvarů
6. hospodárnost i při malých výrobních sériích.

7. kvalita řezu
8. velká rychlost

Nevýhody laserového řezání:

1. možnost opálení okrajů
2. možnost spékání okrajů
3. zápach a ušpinění okrajů

4. 2. Matematický model

Matematický model předpokládá, že veškerá energie, která je absorbovaná textilním materiálem závisí na konkrétním laserovém systému a toho je využito pro řezání textilních materiálů. V případě úplné absorpce energie může být vyvozeno:

$$E = P \cdot t_p \quad [\text{J}]$$

P výkon laserového systému [W]

t_p doba působení na materiál v ohnisku laserového paprsku [s]

Řeznou energii můžeme teoreticky popsat jako sumu sdružených energií souvisejících s teplotními změnami v textilním materiálu:

$$E_0 = E_p + E_{pk} + E_k + E_{kp}$$

E_0 energie oddělování [J]

E_p energie zahřívající textilií k bodu tání [J]

E_{pk} energie pro transformaci z pevného stavu do stavu kapalného [J]

E_k energie zahřívání k bodu varu [J]

E_{kp} energie pro transformaci z kapalného stavu do stavu plynného. V tomto stádiu je materiál přeměněn a oddělen [J]

Individuální charakteristiky jsou definovány:

$$E_p = m_e * c_p * (t_t - t_p)$$

$$E_{pk} = m_e * Q_T$$

$$E_k = m_e * c_{pk} * (t_v - t_t)$$

$$E_{kp} = m_e * Q_v$$

m_e	hmotnost elementu, který přijme energii [kg]
c_p	měrné skupenské teplo v pevném stavu [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
t_t	teplota tání látky [$^{\circ}C$]
t_p	zaváděcí teplota [$^{\circ}C$]
c_{pk}	měrné skupenské teplo v kapalném stavu [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
t_v	teplota vypařování [$^{\circ}C$]
Q_T	měrné teplo bodu tání [J/kg]
Q_v	měrné teplo vypařování [J/kg]

Předpokládáme, že energie E_0 je rovná energii E . Na základě toho se můžeme rozhodnout, jaké parametry laserového systému nastavíme s ohledem na konkrétní řezaný materiál bez času stráveného na náročných experimentech. [7]

4. 3. Teoretický popis interakce tkaniny s laserovým paprskem

Kapitola popisuje vzájemnou interakci laserového paprsku a tkaniny. Předložená teorie bude konfrontována s naměřenými hodnotami a ukázkově srovnána se vzorkem číslo 31 skleněné vlákno.

Doba působení paprsku na tkaninu na úseku řezu d_s :

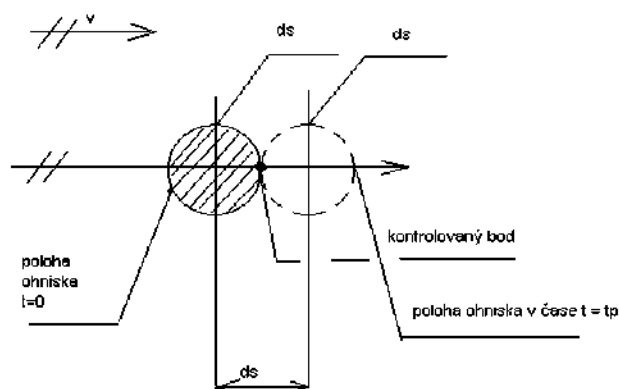
Při známé rychlosti tkaniny v a průměru paprsku v ohnisku d_s , lze dobu působení laseru na tkaninu na délkovém úseku řezu d_s popsat :

$$t_p = \frac{d_s}{v} \quad [s]$$

t_p doba působení paprsku na tkaninu [s]

d_s celková velikost ohniska [mm]

v rychlost posuvu [mm/s]

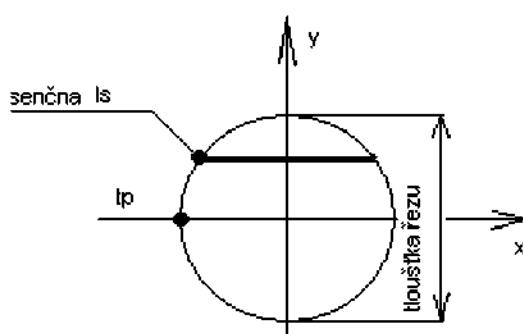


Obr. 2 Přibližná doba působení paprsku na tkaninu

$$t_{p(y)} = \frac{l_s}{v} \quad [s]$$

$t_{p(y)}$	doba působení paprsku na tkaninu v blízkosti sečny [s]
v	rychlost posuvu [mm/s]
l_s	délka místní sečny [mm]

Nicméně v okolí středu řezu, kde vzhledem ke skutečnému rozložení energie v paprsku a nejdelší době působení, dojde k odpaření materiálu a tedy prořezání tkaniny, můžeme tuto hodnotu s jistou nepřesností považovat pro danou rychlost za konstantní.



Obr. 3 Doba působení paprsku přímo úměrná sečně

Energie přijatá tkaninou na úseku řezu d_s

Za předpokladu, že tkanina není úplně prořezána a energie laserového paprsku je zcela pohlcována pouze tkaninou (předpoklad dokonalé absorpce), lze z rychlosti v místě řezu vypočítat její hodnotu:

$$E = P \cdot t_p \text{ [J]}$$

E energie přijatá tkaninou [W]

P výkon [W]

t_p doba působení paprsku na tkaninu [s]

Ve skutečnosti je energie přijatá tkaninou dána plošnou integrací rozložení intenzity paprsku, ozářené plochy a doby expozice. Prohlásíme-li intenzitu paprsku a dobu

působení za konstantní, což s jistou nepřesností pro naše účely můžeme, platí výše uvedený vzorec.

Energie oddělování E_o

Energie oddělování je kritická hodnota energie, při níž dojde k úplnému prořezání tkaniny.

Zanedbáme-li příspěvek oxidického hoření k prořezání tkaniny, který je pro větší řezné rychlosti nepatrný, lze energii oddělování tkaniny považovat pro danou vlnovou délku laseru za konstantu, nezávislou na těchto parametrech:

- řezná rychlost
- výkon laseru
- průměr ohniska

Pomocí této energie lze potom pro danou tkaninu při zadaném vstupním parametru (většinou požadovaná řezná rychlost nebo výkon laseru) dopočítat zbylé parametry.

Interakce exponované tkaniny s přijatou energií na délce řezu d_s

Nedochází-li při řezání k oxidické reakci, je energie přijatá elementárním objemem tkaniny přeměna výhradně na energii tepelnou. Tato tepelná energie potom vyvolá v tkanině postupně fázové přeměny od pevné až po plynou látku. Hodnota tepelné

energie, při níž dojde k vypaření elementu tkaniny, je výše uvedená energie oddělování E_o .

Elementární objem

Za elementární objem tkaniny budeme pro jednoduchost uvažovat hranol o stranách rovných průměru ohniska d_s a výšce rovné tloušťce tkaniny T . Toto zjednodušení je v souladu se zavedením konstantní doby působení paprsku na tkaninu po šířce řezu.

Pro přesnější výpočet je možno tkaninu nahradit nekonečně malými vzájemně spojenými elementy. Při tomto uspořádání je potom možno zavádět energii s jejím prostorovým a časovým rozložením, jakož i pohlcování tepla okolní tkaninou. Samotný popis výpočtu vede k diferenciálním rovnicím, jejichž řešení nacházíme v metodě konečných objemů.

A. Energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod teploty tání E_p

$$E_p = m_e \cdot c_p \cdot (t_t - t_p)$$

m_e	hmotnost elementu tkaniny, který přijal energii [kg]
c_p	měrná tepelná kapacita tkaniny v pevném skupenství [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
t_t	teplota tání tkaniny [$^{\circ}C$]
t_p	teplota počáteční (teplota v laboratoři)

B. Energie potřebná k přechodu exponovaného elementu tkaniny z pevného skupenství na kapalné E_{pk}

$$E_{pk} = m_e \cdot Q_T$$

m_e	hmotnost elementu tkaniny, který přijal energii [kg]
Q_T	měrné skupenské teplo tání tkaniny [J/kg]

C. Energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod varu E_k

$$E_k = m_e \cdot c_{pk} \cdot (t_v - t_t)$$

m_e	hmotnost elementu tkaniny, který přijal energii [kg]
c_{pk}	měrná tepelná kapacita tkaniny v kapalném skupenství [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
t_v	teplota vypařování tkaniny [$^{\circ}C$]
t_t	teplota tkaniny [$^{\circ}C$]

D. Energie potřebná k přechodu exponovaného elementu tkaniny z kapalného skupenství na plynné E_{kp}

$$E_{kp} = m_e \cdot Q_v$$

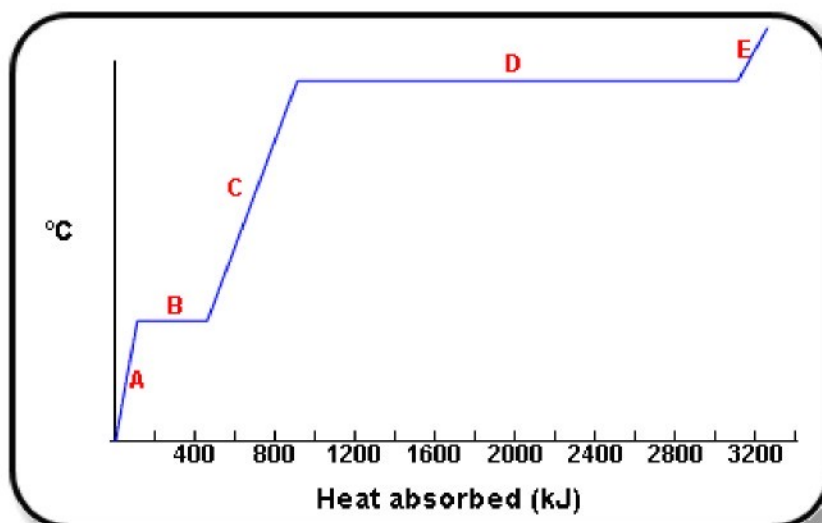
m_e	hmotnost elementu tkaniny, který přijal energii [kg]
Q_v	měrné skupenské teplo vypařování tkaniny [J/kg]

E. Energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny v plynném skupenství E_{pp}

$$E_{pp} = m_e \cdot c_{pp} \cdot (t_k - t_v)$$

m_e	hmotnost elementu tkaniny, který přijal energii [kg]
c_{pp}	měrná tepelná kapacita tkaniny v plynném skupenství [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
t_k	konečná teplota tkaniny [s]
t_v	teplota vypařování tkaniny [s]

pozn. tato energie již při řezání nepůsobí na tkaninu, je zachycena převážně podložkou a proto nebude její příspěvek uvažován. [13]



Obr.4 Schéma přeměny syntetického materiálu na plyn [12]

Pozn. Toto schéma uvažujeme pouze u syntetických materiálů. U přírodních materiálů by bylo obtížné tuto křivku zjistit.

4. 4. Zařízení pro oddělování laserem se skládá z :

1. optická soustava
2. generátor laserového paprsku
3. poziční dopravník
4. počítač a příslušný software

Výhodou laserového řezání je velká rychlost, řezání různých tvarů, možnost automatizace, bezkontaktní působení, dobrá kvalita řezu a malá zóna tepelného působení.

Nevýhodou (v případě nepoužití ochranného plynu) je možnost opálení okrajů, zápach a zašpinění okrajů.

5. Realizace procesu řezání

Experiment se uskutečnil v Kralicích na Hané v sídle firmy Přidal s.r.o. na 32 vzorcích po 1, 3 a 5 vrstvách. Firma je dodavatelem manipulačních prostředků, žehlicí techniky a dopravníků. Experiment probíhal ve spolupráci s panem Ing. Martinem Kotačkou, který zkonstruoval plynový kontinuální CO₂ laser o vlnové délce 10,6 μm, buzený elektrickým výbojem. Plynové lasery se využívají na řezání plastů, kovů a v současnosti nacházejí velké uplatnění také v textilním průmyslu.

Tímto laserem byly řezány všechny uvedené vzorky.

5. 1. Řezání materiálů ve vrstvách

Laserové oddělování textilií je technologicky podobné laserovému pojení. Při oddělování textilií je třeba, aby řez byl prováděn tak, aby se dělená část textilie snadno oddělila od zbývajících. Při této operaci není třeba příliš dbát na soudržnost textilie a laserem je možné provádět velmi rychle a kontinuálně řezy k oddělování textilií. V tomto směru je již používání laserů velmi rozšířené. Při oddělování jsou výsledky získané při pojení textilií podle požadavků kladených na kvalitu okrajů oddělovaných textilií neméně významné.

Důležitým problémem při oddělování textilií laserovou technologií zvláště v oděvním a v kožařském průmyslu je současné oddělování textilií a úsní ve vrstvách.

Jsou-li zastoupeny v textiliích pro laserové oddělování ve větším množství termoplastická vlákna, hrozí nebezpečí při laserovém oddělování termoplastické spojení vrstev. Proto je třeba zajistit taková technologická opatření, aby byly splněny podmínky, kdy nedojde k propojení jednotlivých vrstev.

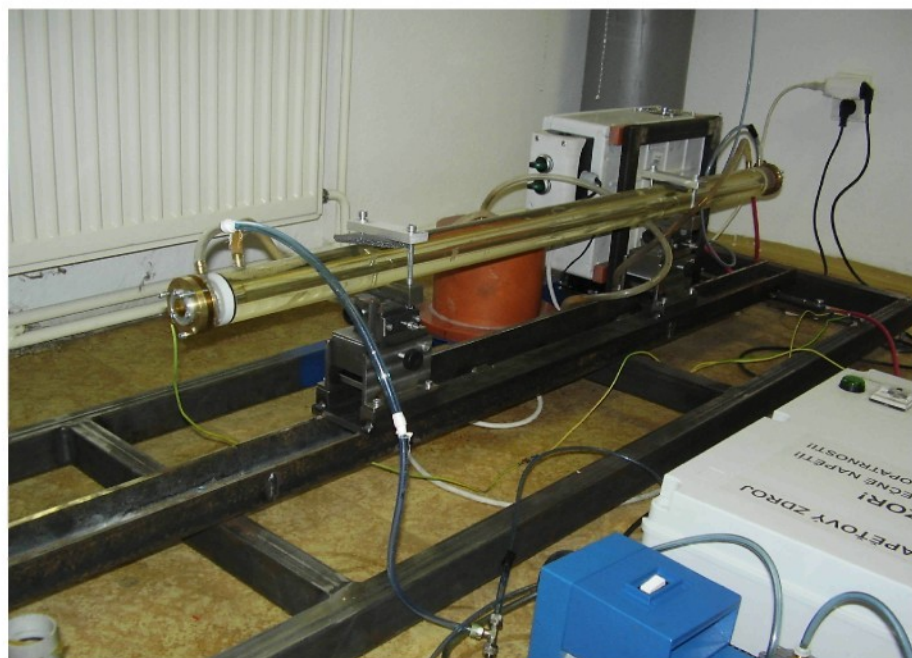
To je možné dosáhnout proložením vrstev vrstvami papíru, popř. viskóзовých rounových textilií, užívaných jako výztuž v oděvnictví, nebo vhodnými technologickými podmínkami dosáhnout toho, aby nedošlo k vytvoření příliš rozměrných kulových útvarů nebo jejich splynutí ve větší celky. To je možné uskutečnit místním ochlazením řezů. Technologii optimálního oddělování je vždy třeba pro danou textilií vyzkoušet. [4]

5. 2. Specifikace laserového zařízení

Kontinuální plynový laser CO₂ o vlnové délce 10,6μm sestrojený panem Ing. Martinem Kotačkou se nalézá na pracovišti firmy Přidal s.r.o. v Kralicích na Hané.

Popis trubice laseru:

- Plynový kontinuální CO₂ laser o vlnové délce 10,6μm, buzený elektrickým výbojem
- Maximální výkon 50W



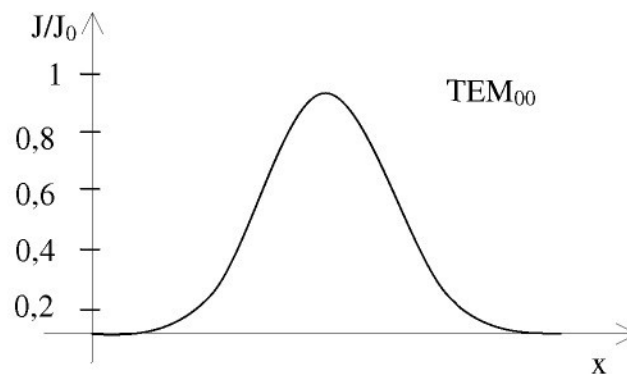
Obr.5 Laserová trubice



Obr.6 Zdroj vysokého napětí

- Mod laseru TEM_{00}

Pozn. Rozložení energie ve svazku má tvar Gaussovy křivky



Obr. 7 Mod laseru TEM_{00}

- Naměřené výstupní hodnoty laserové trubice:
 - Průměr svazku na výstupním zrcadle 5,2mm
 - Rozbíhavost svazku 0,0025
 - Výkonová charakteristika laseru:

U(kV)	I (mA)	P (W)
11,5	5	7
11,5	10	16
11,5	15	20
11,3	20	23
11,2	25	25

Tab. 14 Výkonová charakteristika laseru

I - proud doutnavého výboje trubice [mA]

P - výstupní výkon laseru [W]

U - napětí doutnavého výboje v trubici [kV]

Popis optické trasy paprsku

Paprsek je na vzdálenosti 1803mm třikrát lomen zrcadly a zaveden k ostříčí meniskové čočce s ohniskovou vzdáleností 148mm.



Obr. 8 Optická trasa paprsku

Z průměru svazku D_1 na výstupním zrcadle laseru, jeho divergence α , délky l optické trasy a ohniskové vzdálenosti čočky f , lze vypočítat průměr svazku v ohnisku:

$$D_2 = D_1 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 5,2 + 1803 \cdot \operatorname{tg} 0,0025 = 5,65 \text{ mm}$$

D_2 průměr svazku v ohnisku [mm]

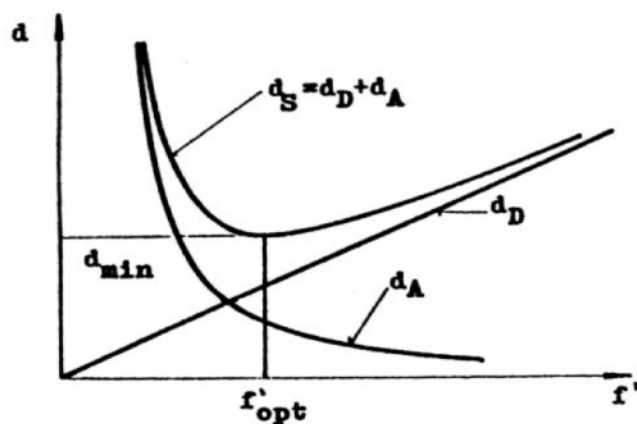
D_1 průměr svazku ve výstupním zrcadle laseru [mm]

l délka optické trasy [mm]

f vzdálenost čočky [mm]

Vypočtené hodnoty v místě řezu – ohnisku

Velikost ohniska d_s fokusovaného laserového svazku je dána součtem difrakce d_D a aberacemi optického členu d_A .



Obr.9 Graf závislosti celkové velikosti ohniska na difrakci a aberaci

Příspěvek k velikosti ohniska vlivem difrakce d_D

$$d_D = \frac{\lambda \times f}{\pi \times D_2} = \frac{10,6^{-3} \times 148}{3,14 \times 5,65} = 0,0886 \text{ mm}$$

d_D velikost ohniska vlivem difrakce [mm]

λ vlnová délka laseru [μm]

D_2 průměr svazku v ohnisku [mm]

f vzdálenost čočky [mm]

Příspěvek k velikosti ohniska vlivem aberace d_A

V případě čočky má na velikost stopy určující vliv otvorová vada (aberace). Pro průměr stopy daný otvorovou vadou lze psát :

$$d_A = \frac{K'' \times D_2^3}{f^2} = \frac{0,018 \times 5,65}{148^2} = 0,00015 \text{ mm}$$

K'' je tzv. aberační koeficient čočky

f vzdálenost čočky [mm]

D_2 průměr svazku v ohnisku [mm]

d_A velikost ohniska vlivem aberace [mm]

Celková velikost ohniska d_s :

$$d_s = d_A + d_D = 0,09 \text{ mm}$$

d_s celková velikost ohniska [mm]

d_A velikost ohniska vlivem aberace [mm]

d_D velikost ohniska vlivem difrakce [mm]

Plocha ohniska A :

$$A = \frac{\pi \times d_s^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,09^2}{4} = 0,06 \text{ mm}^2$$

A plocha ohniska [mm²]

d_s celková velikost ohniska [mm]

Popis posuvného řezacího zařízení

Pod čočkou, pevně uchycenou k posuvnému zařízení, je v ohniskové vzdálenosti umístěn řezaný materiál. Rychlost posuvného zařízení můžeme měnit pomocí PC.



Obr. 10 Pojízdné zařízení s čočkou

Vzorky použité pro experiment:

Číslo	Materiál	Složení	Struktura	Vazba
1.	Lněné plátno	100%LI	Tkanina	Plátňová
2.	Žíněnka	osnova100%LI, útek100%PES	Tkanina	Plátňová
3.	Přírodní hedvábí	100%SE	Tkanina	Plátňová
4.	Loden	100%WO	Tkanina	Plátňová
5.	Froté	100%CO	Tkanina	Plátňová
6.	Satén	60%CO, 40%PES	Tkanina	Atlasová
7.	Manšestr	97%CO, 3%EL	Tkanina	Vlasová tkanina s řezaným útkem, plátňová
8.	Flauš	70%WO, 20%PES, 10%NY	Tkanina	Z mykané vlny, plátňová
9.	Koverkot	80%WO, 20%PES	Tkanina	Keprová
10.	Tvíd	100%WO	Tkanina	plátňová
11.	Oblekovka	96%WO, 4%PES	Tkanina	Plátňová
12.	Satén	PESh	Tkanina	Atlasová
13.	Podšívká	PES/ACh	Tkanina	Keprová
14.	Polyamid	PAh	Tkanina	Plátňová
15.	Vatex	100%PES	NT	NT
16.	Hovězinka	Přírodní úseň	Kůže	NT
17.	Koňská kůže	Přírodní úseň	kůže	NT
18.	Samet	100%Akryl	pletenina	Jednolící pletenina
19.	Saša+molitan	PES/WO+PUpěna	pletenina+NT	Kolmo kladená vlákna ze směsi PES a ovčí rouno
20.	Diolen+molitan	CO/PES+PUpěna	pletenina	Pletenina +NT
21.	Koženka červená	100%PA	Syntetická úseň	Pletenina s nánosem polymeru PAD

22.	Koženka oranžová	100%PA	Syntetická úseň	Plátnová s pogumovanou povrchovou úpravou
23.	Koženka černá	100%PU	Syntetická úseň	Pletenina s nánosem polymeru PUR
24.	Vliselín	V _s /PES	NT	NT
25.	Plst	WO	NT	NT
26.	Latex	63%PVC, 27%PES, 10%PU	NT	NT
27.	Plast	PA6	NT	NT
28.	Kortexin	100%PES + nános PVC	Tkanina	Plátnová
29.	Airbag	PA 6.6	Tkanina	Plátnová
30.	Plavkovina	79%PA, 21%EL	Pletenina	Pletenina
31.	Skleněné vlákno		Tkanina	Plátnová
32.	Skleněné vlákno 2		Tkanina	Plátnová

Tab. 15 Vzorky použité pro experiment

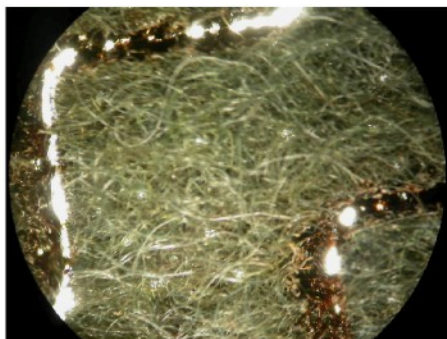
5. 3. Prezentace vybraných vzorků

Vzhledem k velkému množství zastoupených vzorků (příloha) jsme pro názornou ukázkou vybrali 4 vzorky po jedné, tří a pěti vrstvách, které jsou reprezentativní pro skupinu materiálů s diametrálně odlišnými vlastnostmi, tyto vzorky jsme také zahrnuli do rozboru kvality řezů.

Vzorek č. 4

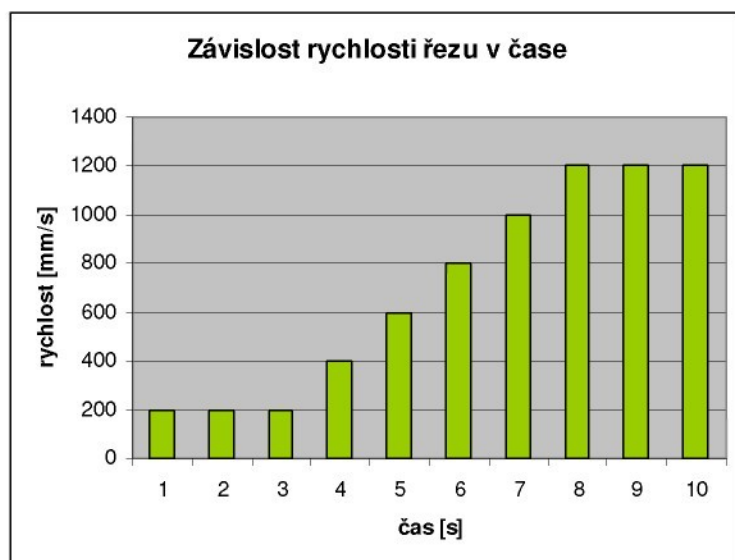
4. Loden	
Složení	100%WO
Vazba	tkaný technikou dvojího útku, plátňová
Vlastnosti	vysoká pevnost, hrubý omak
Použití	pracovní, lovecké pláště

Tab. 16 Charakteristika vzoru 4

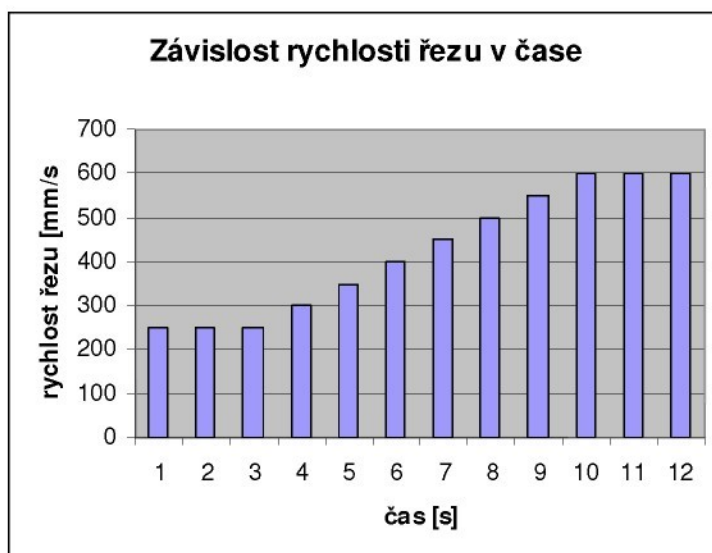


Obr. 11 Řez vzorkem pod mikroskopem

Již při řezání jedné vrstvy docházelo k zatavení okrajů. Vrstva byla prořezaná v celé délce. Při řezání tří vrstev bylo využito vyššího výkonu a nižší řezné rychlosti, i přesto nedošlo k úplnému prořezání vrstev. Okraje jsou hrubé, drsné, nevzhledné. Použitý CO₂ laser není tak výkonný, aby prořezal pět vrstev tohoto typu materiálu. Okraje i po delší době zapáchají.



Obr. 12 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie

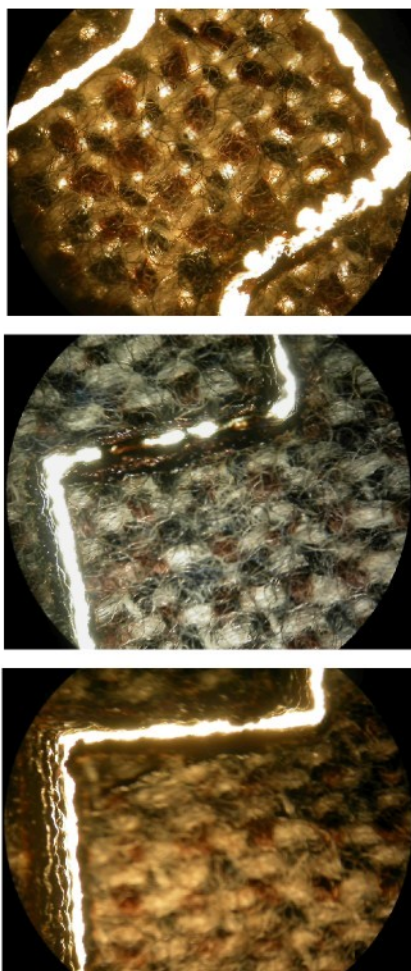


Obr. 13 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy

Vzorek č. 10

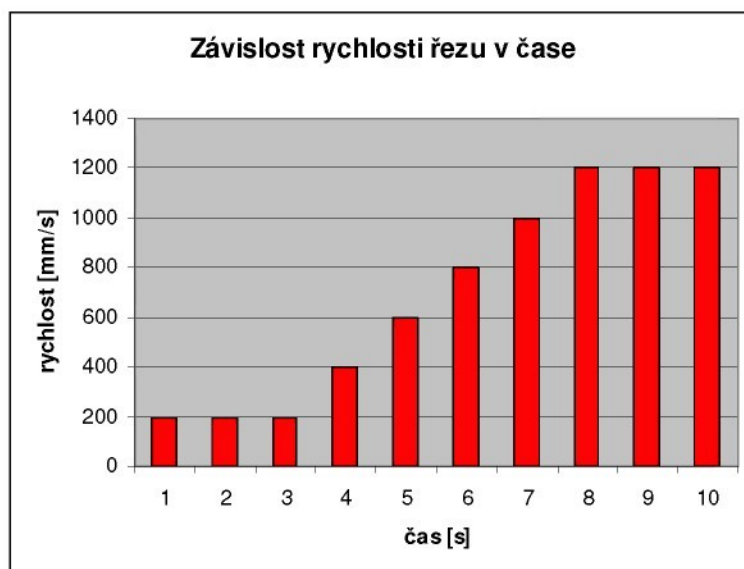
10. Tvíd	
Složení	100%WO
Vazba	plátnová
Vlastnosti	měkká pružná tkanina, rozdílná barevnost osnovy a útku
Použití	kostýmy, obleky, pláště

Tab. 17 Charakteristika vzorku 10

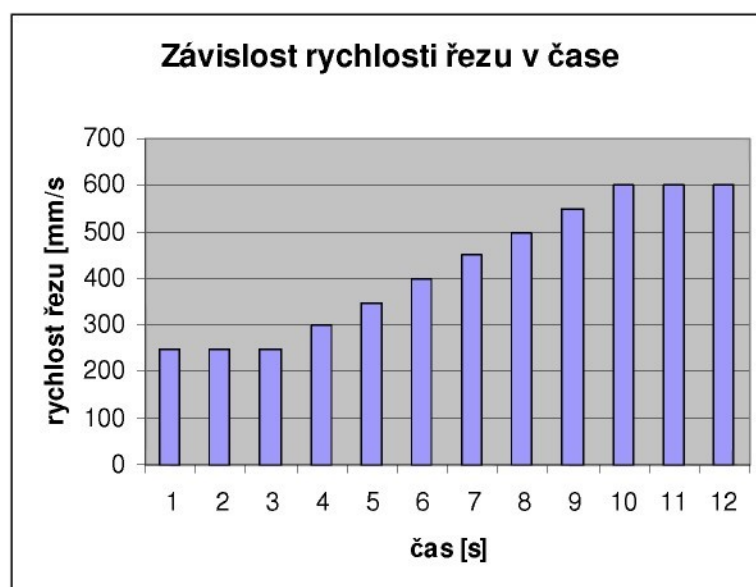


Obr. 14 Řez vzorky pod mikroskopem

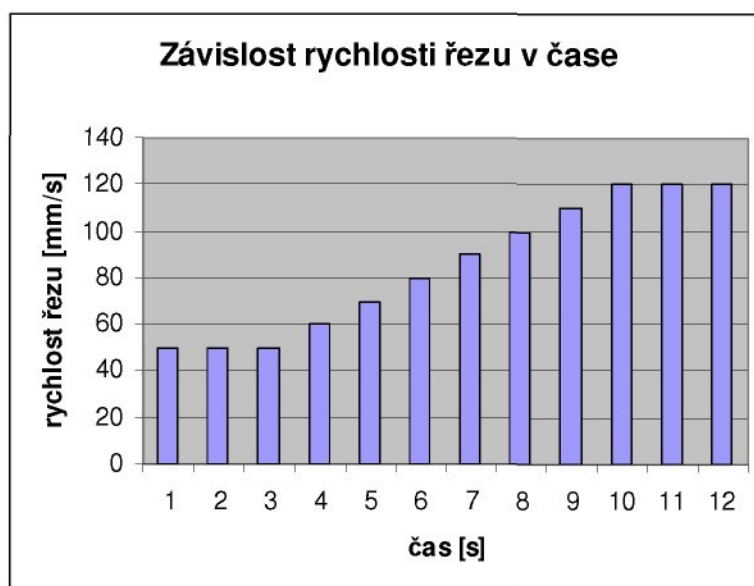
Tento materiál se řezal velmi pěkně. Okraje jsou opálené, prořezané po celé délce vrstvy. Snížením rychlosti došlo k prořezání i tří vrstev, okraje jsou ovšem spečené. Zvýšením výkonu a snížením rychlosti došlo k oddělení i pěti vrstev, okraje jsou spečené.



Obr. 15 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie



Obr.16 Graf závislost rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy textilie

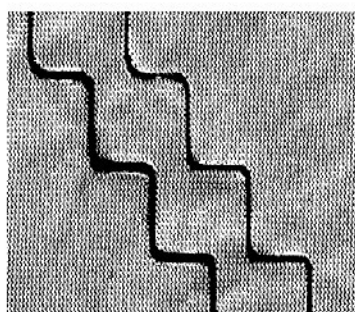


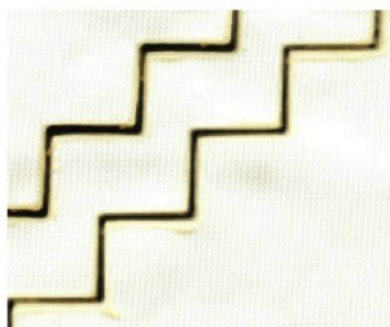
Obr. 17 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 5 vrstvy textile

Vzorek č.29

29. Airbag	
Složení	PA 6.6
Vazba	plátňová
Vlastnosti	pevnost, tuhost
Použití	výroba předních airbagů

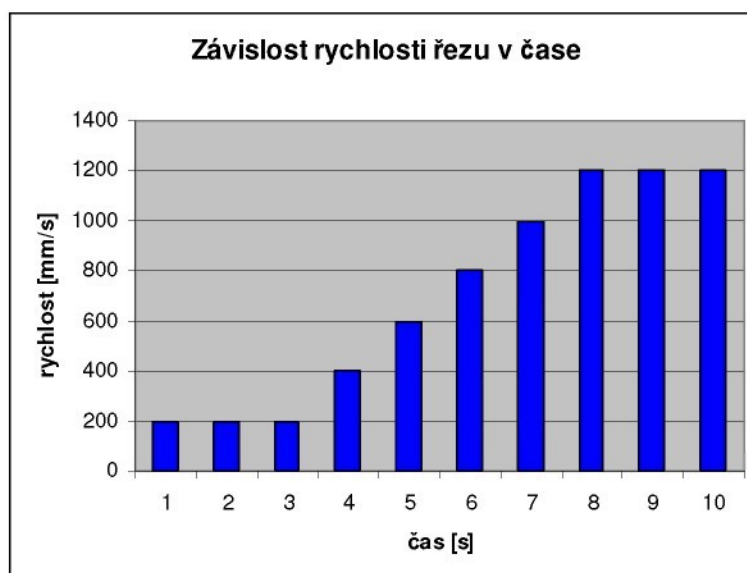
Tab. 18 Charakteristika vzorku 29



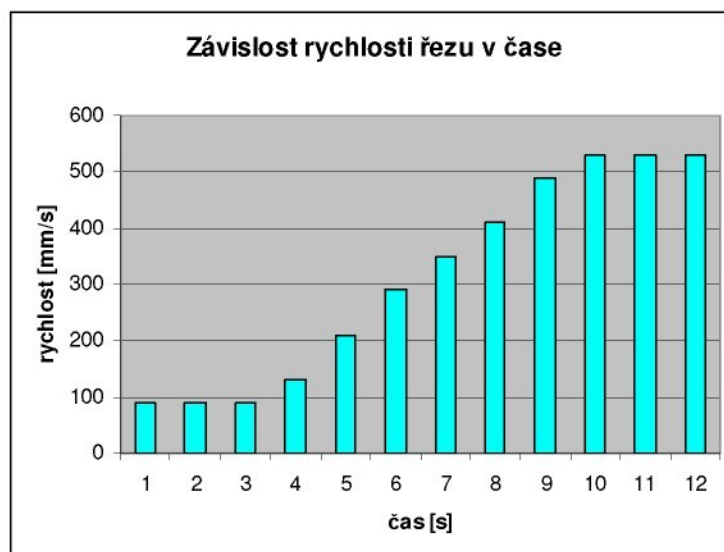


Obr. 18 Nascanovaný vzorek

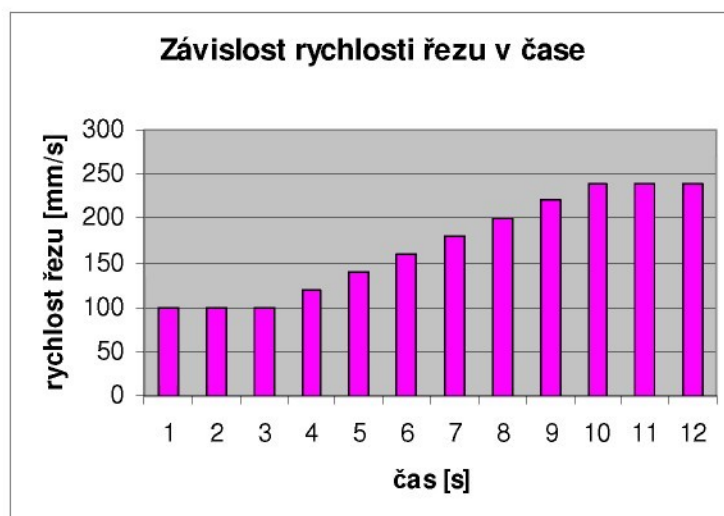
Pro řezání airbagů je laser velmi vhodný. Okraje se netřepí, řez je čistý. U 3 vrstev došlo ke spečení okrajů. Stejně tak pět vrstev je neoddělitelně spečeno. Vhodným řešením by bylo vkládat mezi jednotlivé vrstvy materiálu např. papír. Řezy jsou hladké, neopálené.



Obr.19 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie



Obr. 20 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy textilie

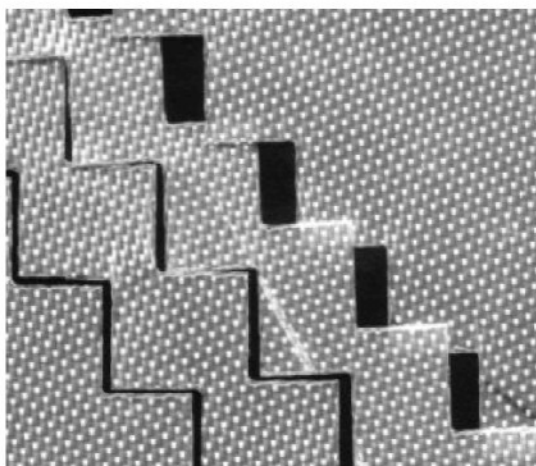


Obr. 21 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 5 vrstev textilie

Vzorek č. 31

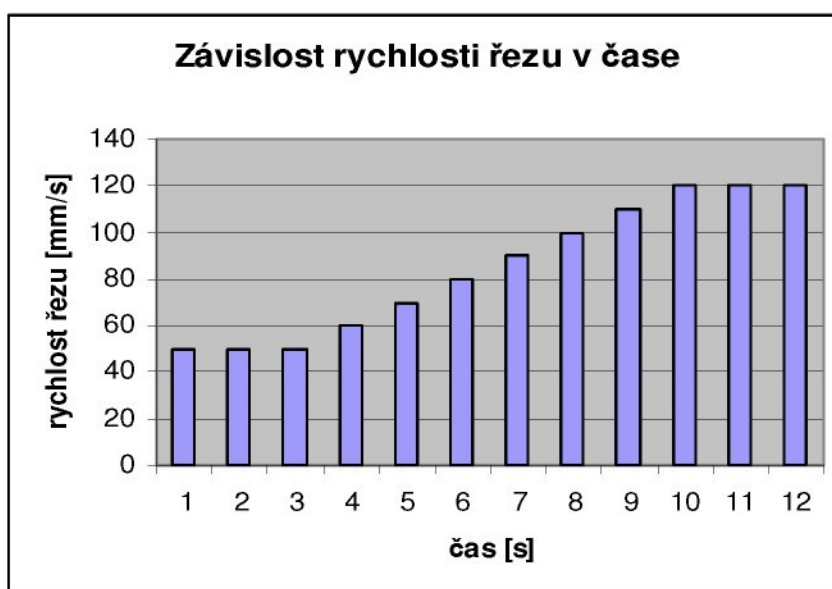
31. Skleněné vlákno	
Složení	
Vazba	Plátňová
Vlastnosti	Pevnost, odolnost
Použití	Stavebnictví

Tab. 19 Charakteristika vzorku 31



Obr.22 Nascanovaný vzorek

Tento materiál se řezal velmi dobře. Okraje jsou čisté, nespečené, třepí se. Řezání laserovým paprskem je pro tento materiál velmi vhodné.



Obr. 23 Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textlie

5. 4. Ověření matematického modelu se vzorkem č. 31, skleněné vlákno

a) výpočet exponovaného objemu tkaniny V:

$$V = d_s^2 * T = 0,09^2 * 0,788 = 0,0064 \text{ mm}^3$$

d_s celková velikost ohniska 0,09 [mm]

T tloušťka skleněného vlákna [mm]

b) výpočet exponované hmotnosti elementu tkaniny m_e

$$m_e = V * \rho = 0,0064 * 1,6 * 10^{-6} = 10,3 * 10^{-9} \text{ kg}$$

V objem tkaniny 0,0064 [mm³]

ρ hustota skleněného vlákna [kg/mm³]

1. Energie využitá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod teploty tání E_p

$$E_p = m_e * c_p * (t_i - t_p) = 10,3 * 10^{-9} * 8400 * (1000 - 20) = 848 * 10^{-4} \text{ J}$$

m_e hmotnost elementu tkaniny $10,3 * 10^{-9}$ [kg]

c_p měrná tepelná kapacita elementu 8400 [J . kg⁻¹ . K⁻¹]

t_i teplota tání tkaniny 1000 [°C]

t_p teplota počáteční (teplota v laboratoři) 20 [°C]

2. Energie potřebná k přechodu exponovaného elementu tkaniny z pevného skupenství na kapalné E_{pk}

$$E_{pk} = m_e * Q_T = 10,3 * 10^{-9} * 1,3 * 10^6 = 134 * 10^{-4} \text{ J}$$

m_e hmotnost elementu tkaniny $10,3 * 10^{-9}$ [kg]

Q_T měrné skupenské teplo tání tkaniny [J/kg]

Pozn. Vzhledem k tomu, že se nepodařilo získat skutečné hodnoty měrného skupenského tepla tání tkaniny, je tato hodnota odhadnuta pomocí měrného skupenského tepla tání křemíku, což je svým složením nejbližší skleněnému vláknu, tedy $Q_T = 1,3 * 10^{-6} \text{ J.kg}^{-1} . \text{K}^{-1}$. Stejně jsou dále odhadnuty hodnoty dalších měrných tepelných kapacit a tepel.

3. Energie využítá pro ohřátí exponovaného elementu tkaniny na bod varu E_k

$$E_k = m_e * c_{pk} * (t_v - t_t) = 10,3 \cdot 10^{-9} * 1,6 \cdot 10^4 * (2000 - 1000) = 1648 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

m_e hmotnost elementu tkaniny $10,3 \cdot 10^{-9}$ [kg]

c_{pk} měrná tepelná kapacita tkaniny v kapalném skupenství $1,6 \cdot 10^4$
[J . kg⁻¹ . K⁻¹]

t_v teplota vypařování tkaniny 2000 [°C] - odhad

t_t teplota tkaniny [°C]

pozn. c_{pk} se získalo z c_{pk} vody (4180 J . kg⁻¹ . K⁻¹) vynásobené koeficientem 3,9

4. Energie potřebná k přechodu exponovaného elementu tkaniny z kapalného skupenství na plynné E_{kp}

$$E_{kp} = m_e * Q_v = 10,3 \cdot 10^{-9} * 7,8 \cdot 10^6 = 803,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Q_v měrné skupenské teplo vypařování tkaniny $7,8 \cdot 10^6$ [J/kg]

pozn. Q_v získáno z hodnoty Q_v ledu 2000260 vynásobené koeficientem 3,9

5. Energie oddělování E_o

$$E_o = E_p + E_{pk} + E_k + E_{kp} = 848 \cdot 10^{-4} + 134 \cdot 10^{-4} + 1648 \cdot 10^{-4} + 803,4 \cdot 10^{-4} = \\ = 3433,4 \text{ J}$$

6. Naměřená hodnota E_o

Pro zhodnocení energií oddělování byl vybrán vzorek č.31 skleněné vlákno, uvedený na straně 48. Změřená hodnota oddělování je 3000 J a teoretická hodnota 3433,4 J.

Při teoretických výpočtech byla provedena aproximace hodnot měrných tepelných kapacit skla hodnotami pro materiál, které jsou svým složením sklu nejbližší. Při získání konkrétních materiálových konstant tkaniny, by výsledky byly přesnější.

Vypočtená hodnota energie potřebná k oddělení elementu 1 vrstvy tkaniny

Vzorek	Číslo řezu	Tloušťka (mm)	øDs	P[W]	V _{krit} [mm/s]	E _{oddělov} [J]
1	1	0,409	0,09	16	1200	160
2	1	0,671	0,09	16	700	80
3	4	0,0058	0,09	7	1200	64
4	4	2,702	0,09	23	700	105
5	5	1,761	0,09	16	700	63
6	3	0,313	0,09	16	700	52,5
7	1	0,766	0,09	20	1100	210
8	1	1,179	0,09	20	1100	210
9	4	0,428	0,09	7	1200	96
10	1	1,201	0,09	23	800	160
11	3	0,238	0,09	16	1200	120
12	3	0,266	0,09	7	700	35
13	3	0,091	0,09	7	700	28
14	3	0,098	0,09	7	700	21
15	2	2,101	0,09	16	1200	97,5
16	4	0,721	0,09	25	700	250
17	3	1,561	0,09	25	1200	30000
18	3	0,847	0,09	16	800	60
19	1	2,106	0,09	16	1000	110
20	1	3,568	0,09	16	900	100
21	1	1,008	0,09	20	800	120
22	1	0,205	0,09	20	1200	225
23	2	0,918	0,09	23	700	140
24	3	0,352	0,09	7	1000	48
25	3	1,207	0,09	16	700	52,5
26	1	0,498	0,09	16	1000	120
27	2	0,561	0,09	23	700	120
28	1	0,815	0,09	20	800	120
29	2	0,420	0,09	23	1200	105
30	3	0,788	0,09	7	600	20
31.	1	0,78	0,09	20	120	3000
32.	1	0,81	0,09	20	120	3000

Tab. 20 Hodnoty pro určení energie oddělování 1 vrstvy

Vypočtená hodnota energie potřebná k oddělení 3 vrstev tkaniny

Vzorek	Číslo řezu	Tloušťka [mm]	ϕD_s	P[W]	V_{krit} [mm/s]	$E_{oddělov}$ [J]
1	5	1,227	0,09	20	1100	175
2	4	2,684	0,09	20	350	240
3	2	0,174	0,09	7	1200	80
4	3	8,106	0,09	23	350	1120
5	4	5,283	0,09	25	160	935
6	4	0,939	0,09	23	350	220
7	5	2,298	0,09	25	70	1750
8	3	3,537	0,09	25	120	3750
9	1	1,284	0,09	20	700	105
10	2	3,603	0,09	25	350	250
11	2	0,714	0,09	23	700	140
12	2	0,798	0,09	16	700	70
13	2	0,273	0,09	16	700	70
14	3	0,294	0,09	7	600	25
15	1	6,303	0,09	16	700	80
16	4	2,163	0,09	25	-	-
17	0	4,683	0,09	0	-	-
18	4	2,541	0,09	23	640	180
19	3	6,318	0,09	25	400	300
20	3	10,68	0,09	25	300	200
21	0	3,024	0,09	-	-	-
22	3	0,615	0,09	25	350	275
23	3	2,754	0,09	25	70	1875
24	4	1,056	0,09	7	1100	65
25	3	3,621	0,09	25	450	325
26	5	1,494	0,09	25	420	250
27	1	1,683	0,09	23	-	-
28	2	2,445	0,09	25	270	325
29	3	1,26	0,09	23	420	280
30	4	2,364	0,09	23	640	190

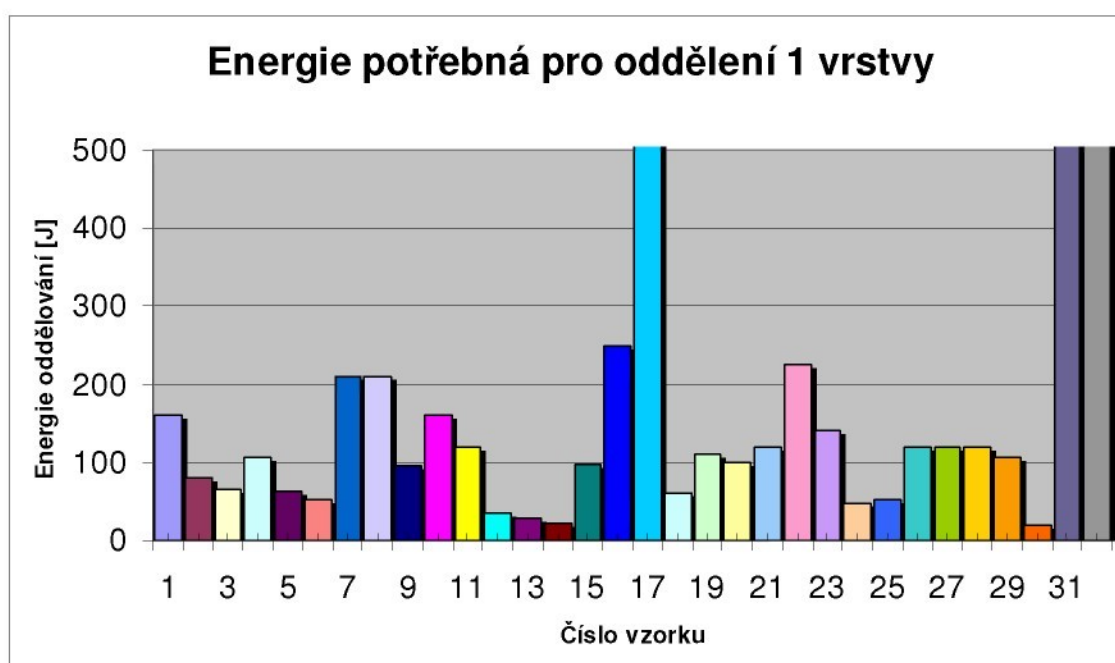
Tab. 21 Hodnoty pro určení energie oddělování 3 vrstev

Vypočtená hodnota energie potřebná k oddělení 5 vrstev tkaniny

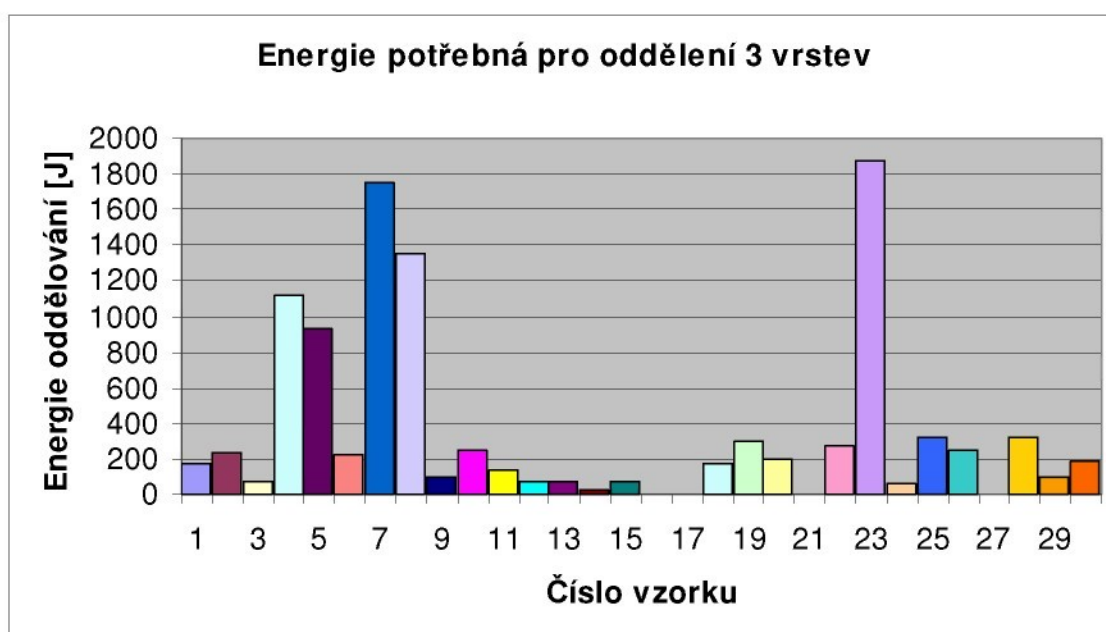
Vzorek	Číslo řezu	Tloušťka [mm]	øDs	P[W]	V _{krit} [mm/s]	E _{oddělov} [J]
1	4	2,045	0,09	23	300	255
2	0	3,355	0,09	0	-	-
3	3	0,29	0,09	25	1200	96
4	0	13,51	0,09	0	-	-
5	1	8,805	0,09	25	80	1875
6	1	1,565	0,09	25	50	450
7	0	3,83	0,09	0	70	1750
8	1	5,895	0,09	30	70	2100
9	2	2,14	0,09	23	210	510
10	1	6,005	0,09	30	120	4500
11	3	0,952	0,09	25	280	231
12	3	0,798	0,09	23	560	160
13	2	0,455	0,09	23	700	140
14	3	0,49	0,09	7	700	35
15	4	10,505	0,09	25	450	225
16	0	3,605	0,09	0	-	-
17	0	7,805	0,09	0	-	-
18	2	4,235	0,09	25	300	250
19	0	10,56	0,09	-	-	-
20	0	17,84	0,09	0	-	-
21	0	3,024	0,09	-	-	-
22	3	1,025	0,09	25	210	600
23	-	4,59	0,09	-	-	-
24	3	1,76	0,09	16	900	82,5
25	2	6,035	0,09	25	120	468
26	1	2,49	0,09	30	60	1125
27	-	2,805	0,09	-	-	-
28	2	4,075	0,09	25	100	625
29	2	2,1	0,09	23	200	1120
30	1	3,94	0,09	23	300	782

Tab. 22 Hodnoty pro určení energie oddělování 5 vrstvy

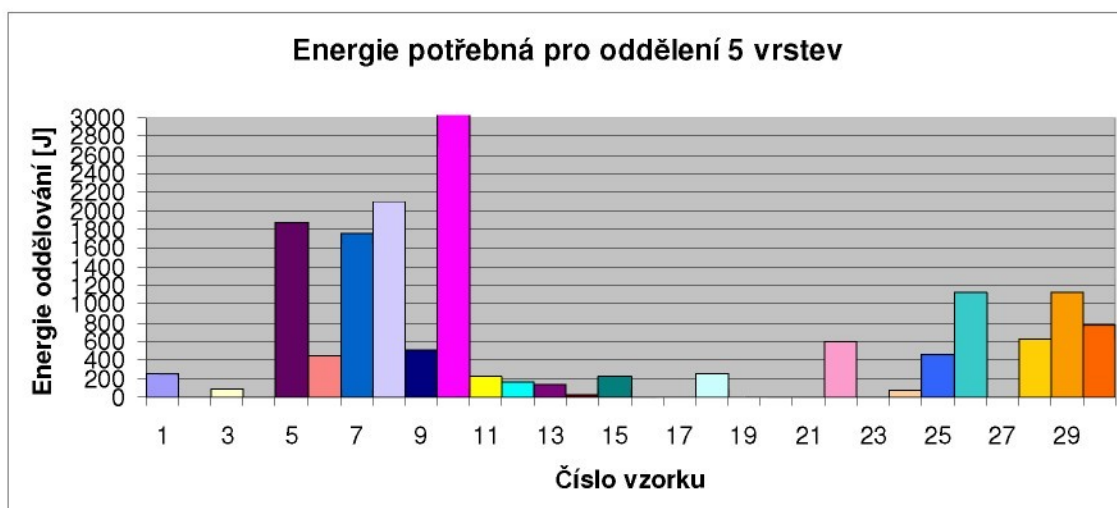
Pozn. (-) Materiály, které se nezdařilo oddělit.



Obr. 24 Graf energie potřebné pro oddělení 1 vrstvy



Obr. 25 Graf energie potřebné pro oddělení 3 vrstev



Obr. 26 Graf energie potřebné pro oddělení 5 vrstev

6. Závěr

Předložená práce vznikla studiem teoretických poznatků z dostupného studijního materiálu [viz. použitá literatura] a provedením vlastního experimentu, kdy byly změřeny hodnoty a parametry laserového zařízení a vypočítány hodnoty energie potřebné k oddělení textilního materiálu. Práce byla zaměřena na oddělování vrstev textilních materiálů.

Úvodní část je zaměřena na podstatu laserového záření, zabývá se typy laserů a jejich využitím..

V další kapitole se práce zaměřuje na specifikaci textilních materiálů, druhy, popis vlastností a využití textilií v oděvním průmyslu a pro technické aplikace.

Hlavní část práce se věnuje řezání laserovým paprskem, popisuje vhodné a nevhodné textilní materiály pro řezání laserovým paprskem ve vrstvách. Tato část práce řeší samotný řezný proces, ale i matematický model, který se snaží popsat tuto technologii.

V experimentální části se zaměřuji na vlastní řezání laserovým paprskem na různých vzorcích přírodních a syntetických materiálů, která zahrnuje druh, vlastnosti, použití materiálu a vyhodnocení kvality řezů.

Tento experiment a výpočty prokázaly, že používaný laser (uvedený v kapitole 5), je při daných parametrech vhodný také pro oddělování textilních materiálů ve vrstvách, v některých případech by bylo lepší využít laseru vyššího výkonu, což se dá vyřešit úpravou stávajícího zařízení.

Řezání laserovým paprskem je vhodné u mnoha materiálů, jsou však i materiály jako např. kůže, kdy bylo zapotřebí většího výkonu a nižší řezné rychlosti, aby vůbec

došlo k oddělení vrstvy. Metoda řezání textilních materiálů laserem ve vrstvách v oděvním průmyslu má spoustu výhod a je zapotřebí tento proces nadále zdokonalovat.

Seznam literatury

- [1] Kozlovská, H., Bohanesová, B. : Oděvní materiály I, Informatorium, Praha 1998
- [2] Militký, J. : Přednášky : Textilní vlákna, speciální vlákna, TUL, Liberec 2005
- [3] Sedláček, K. : Laser v mnoha podobách, Naše vojsko, Praha 1982
- [4] Sodomka, L. : Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií, TUL, Liberec 2001
- [5] Strumban, E. J., Štoll, I. : Laser a optoelektronika, Panorama, Praha 1998
- [6] Štoll, I. : Paprsek budoucnosti, Pressfoto, Praha 1975
- [7] Brichtová, L. : The appraisal of the laser cutting and theoretic model presentation for the cutting energy determination. 13th international conference STURTEX (Proceedings), Technical University of Liberec, November 2006
- [8] www.chps.cz
- [9] www.encyklopedie.seznam.cz
- [10] www.maturita.cz
- [11] www.welding.cz
- [12] www.pavko.com
- [13] Žáčková, I. : Bakalářská práce Studie o nekonvenčních způsobech oddělování

Seznam tabulek

Tab. 1	Vlastnosti bavlněných materiálů	16
Tab. 2	Vlastnosti lněných materiálů	16
Tab. 3	Vlastnosti ovčí vlny	17
Tab. 4	Vlastnosti přírodního hedvábí	17
Tab. 5	Vlastnosti viskóзовých vláken	19
Tab. 6	Vlastnosti acetátových vláken	19
Tab. 7	Vlastnosti polyamidových vláken	20
Tab. 8	Vlastnosti polyesterových vláken	20
Tab. 9	Vlastnosti akrylových vláken	21
Tab. 10	Vlastnosti polypropylénových vláken	21
Tab. 11	Vlastnosti kovových vláken	22
Tab. 12	Vlastnosti skleněných vláken	22
Tab. 13	Vlastnosti uhlíkových vláken	22
Tab. 14	Výkonová charakteristika laseru	37
Tab. 15	Přehled vzorků využitých v experimentu	40
Tab. 16	Charakteristika vzorku 4	42
Tab. 17	Charakteristika vzorku 10	44
Tab. 18	Charakteristika vzorku 29	46

Tab. 19	Charakteristika vzorku 31	49
Tab. 20	Hodnoty pro určení energie oddělování 1 vrstvy	52
Tab. 21	Hodnoty pro určení energie oddělování 1 vrstvy	53
Tab. 22	Hodnoty pro určení energie oddělování 1 vrstvy	54

Seznam obrázků

Obr.1	Lom laserového paprsku	11
Obr.2	Přibližná doba působení paprsku na tkaninu	27
Obr.3	Doba působení paprsku přímo úměrně sečně	28
Obr.4	Schéma přeměny syntetického materiálu na plyn	31
Obr.5	Laserová trubice	34
Obr.6	Zdroj vysokého napětí	35
Obr.7	Mod laseru TEM_{00}	35
Obr. 8	Optická trasa paprsku	36
Obr. 9	Graf závislosti celkové velikosti ohniska na difrakci a aberaci	37
Obr. 10	Pojízdné zařízení s čočkou	39
Obr. 11	Řez vzorkem pod mikroskopem	42
Obr. 12	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie	43
Obr. 13	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy textilie	43
Obr. 14	Řez vzorky pod mikroskopem	44
Obr. 15	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie	45
Obr. 16	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy textilie	45
Obr. 17	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 5 vrstev textilie	46
Obr. 18	Nascanovaný vzorek	47
Obr. 19	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie	47
Obr. 20	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 3 vrstvy textilie	48
Obr. 21	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 5 vrstev textilie	48
Obr. 22	Nascanovaný vzorek	49
Obr. 23	Graf závislosti rychlosti řezu v čase pro 1 vrstvu textilie	49
Obr. 24	Graf energie potřebné pro oddělení 1 vrstvy	55
Obr. 25	Graf energie potřebné pro oddělení 3 vrstev	56
Obr. 26	Graf energie potřebné pro oddělení 5 vrstev	57

Příloha 1

Tabulky

Tabulka 1	Materiály použité pro experiment	1
Tabulka 2	Charakteristika vzorku 1	2
Tabulka 3	Charakteristika vzorku 2	5
Tabulka 4	Charakteristika vzorku 3	7
Tabulka 5	Charakteristika vzorku 4	10
Tabulka 6	Charakteristika vzorku 5	12
Tabulka 7	Charakteristika vzorku 6	15
Tabulka 8	Charakteristika vzorku 7	18
Tabulka 9	Charakteristika vzorku 8	21
Tabulka 10	Charakteristika vzorku 9	24
Tabulka 11	Charakteristika vzorku 10	27
Tabulka 12	Charakteristika vzorku 11	30
Tabulka 13	Charakteristika vzorku 12	33
Tabulka 14	Charakteristika vzorku 13	36
Tabulka 15	Charakteristika vzorku 14	39
Tabulka 16	Charakteristika vzorku 15	42

Obrázky

Obr. 1	Nascanovaný vzorek č.1	2
Obr. 2	Nascanovaný vzorek č.2	5

Obr. 3	Nascanovaný vzorek č.3	7
Obr. 4	Řez vzorkem 4 pod mikroskopem	10
Obr. 5	Nascanovaný vzorek č.5	12
Obr. 6	Nascanovaný vzorek č.6	15
Obr. 7	Nascanovaný vzorek č.7	18
Obr. 8	Řez vzorkem č.8 pod mikroskopem	21
Obr. 9	Nascanovaný vzorek č.9	24
Obr. 10	Řez vzorkem č.10 pod mikroskopem	27
Obr. 11	Řez vzorkem č. 11 pod mikroskopem	30
Obr. 12	Nascanovaný vzorek č.12	33
Obr. 13	Nascanovaný vzorek č.13	36
Obr. 14	Nascanovaný vzorek č.14	39
Obr. 15	Řez vzorkem č.15 pod mikroskopem	42

Příloha 2

Tabulky

Tabulka 17	Charakteristika vzorku 16	45
Tabulka 18	Charakteristika vzorku 17	47
Tabulka 19	Charakteristika vzorku 18	49
Tabulka 20	Charakteristika vzorku 19	52
Tabulka 21	Charakteristika vzorku 20	54
Tabulka 22	Charakteristika vzorku 21	56
Tabulka 23	Charakteristika vzorku 22	58
Tabulka 24	Charakteristika vzorku 23	61
Tabulka 25	Charakteristika vzorku 24	63
Tabulka 26	Charakteristika vzorku 25	66
Tabulka 27	Charakteristika vzorku 26	69
Tabulka 28	Charakteristika vzorku 27	72
Tabulka 29	Charakteristika vzorku 28	74
Tabulka 30	Charakteristika vzorku 29	77
Tabulka 31	Charakteristika vzorku 30	80
Tabulka 32	Charakteristika vzorku 31	83
Tabulka 33	Charakteristika vzorku 32	85

Obrázky

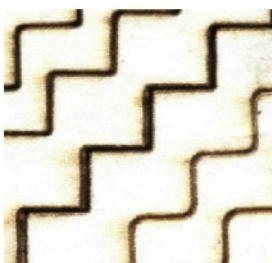
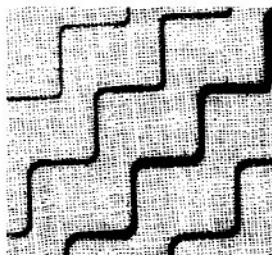
Obr. 17	Nascanovaný vzorek č.17	47
Obr. 18	Nascanovaný vzorek č. 18	49
Obr. 19	Řez vzorkem č.19 pod mikroskopem	52

Obr. 20	Nascanovaný vzorek č.20	54
Obr. 21	Nascanovaný vzorek č.21	56
Obr. 22	Nascanovaný vzorek č. 22	58
Obr. 23	Řez vzorkem č.23 pod mikroskopem	61
Obr. 24	Řez vzorkem č. 24 pod mikroskopem	63
Obr. 25	Řez vzorkem č.25 pod mikroskopem	66
Obr. 26	Nascanovaný vzorek č.26	69
Obr. 27	Řez vzorkem č.27 pod mikroskopem	72
Obr. 28	Nascanovaný vzorek č.28	74
Obr. 29	Nascanovaný vzorek č.29	77
Obr. 30	Nascanovaný vzorek č.30	80
Obr. 31	Nascanovaný vzorek č.31	83
Obr. 32	Nascanovaný vzorek č.32	85

Přílohová část 1
(vzorky použité pro experiment)

1. Lněné plátno:	
Složení	100% LI
Vazba	plátňová
Vlastnosti :	hrubý, chladivý omak, pevné, navlhavé
Použití:	ložní prádlo, letní ošacení

Tab. 16 Charakteristika vzorku 1



Obr. 8 Nascanované tkaniny

Při řezání jedné vrstvy bylo využito nízkých řezných výkonů, po paprsku zůstává opálená stopa, okraje se netřepí. V případě řezání tří vrstev byly prořezány všechny vrstvy po celé délce, zůstaly opálené okraje. Pro pět vrstev byla využita nižší řezná rychlost, aby došlo k prořezání všech vrstev. Okraje jsou nespečené

Lněné plátno

1 vrstva

Řez číslo 1

3 vrstvy

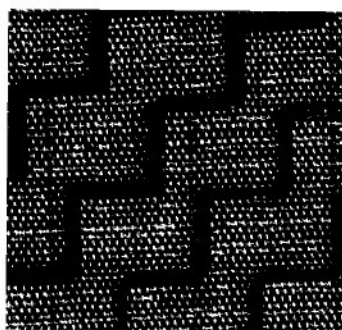
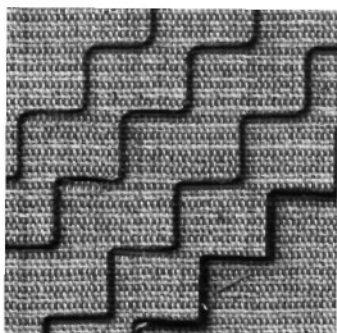
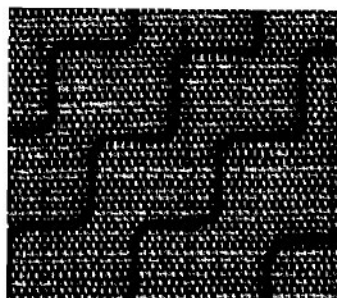
Řez č.5

5vrstev

Řez číslo 4

2. Žíněnka	
Složení	Osnova 100%LI, útek 100%PES
Vazba	plátňová
Vlastnosti	pevnost, tvarová stálost
Použití	vyztužování prsních částí pánských sak

Tab.17 Charakteristika vzorku 2



Obr. 9 Nascanované vrstvy

Při řezání jedné vrstvy bylo použito nízkých výkonů a došlo k prořezání vrstvy v celé délce. Okraje jsou opálené. U tří vrstev byla rychlost snížena na polovinu, i přesto není spodní vrstva prořezaná v celé délce. Okraje jsou opálené, nespečené. U pěti vrstev byla snížena rychlost a zvýšen výkon, i přesto nedošlo k prořezání posledních 2 vrstev.

1 vrstva

Žíněnka

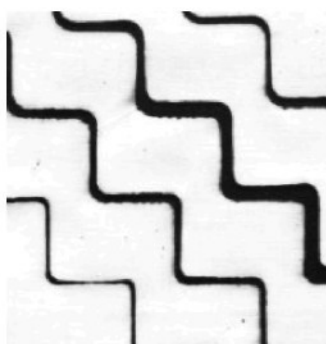
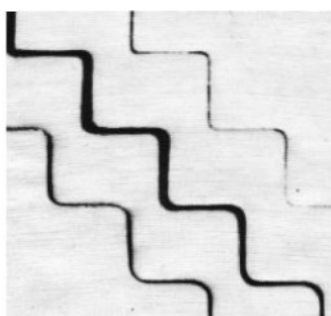
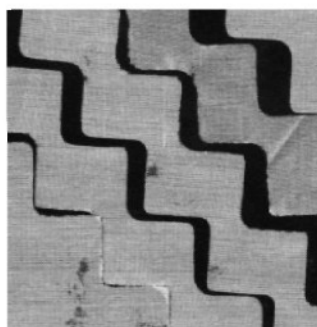
3 vrstvy

Řez číslo 1

Řez číslo 4

3. Přírodní hedvábí	
Složení	100% SE
Vazba	Plátnová
Vlastnosti	lesk, klouzavý omak
Použití	košile, šaty, letní ošacení

Tab.18 Charakteristika vzorku 3



Obr.10 Nascanované vzorky

Jde o velmi jemnou tkaninu, proto bylo nutné použít nejmenší výkon a co nejvyšší rychlost. Zůstává opálená stopa po laseru. Při oddělování 3 vrstev jsou okraje opálené, nevzhledné, zažloutlé. I při oddělování pěti vrstev došlo k prořezání v celé délce při nízkém výkonu. Okraje jsou opálené.

Přírodní hedvábí

1 vrstva

Řez číslo 4

3 vrstvy

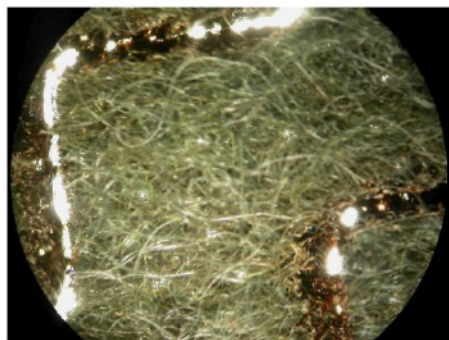
Řez číslo 2

5 vrstev

Řez číslo 3

4. Loden	
Složení	100% WO
Vazba	tkaný technikou dvojího útku, plátnová
Vlastnosti	vysoká pevnost, hrubý omak
Použití	pracovní, lovecké pláště

Tab. 19 Charakteristika vzoru 4



Obr. 11 Řez vzorkem pod mikroskopem

Již při řezání jedné vrstvy docházelo k zatavení okrajů. Vrstva byla prořezaná v celé délce. Při řezání tří vrstev bylo využito vyššího výkonu a nižší řezné rychlosti, i přesto nedošlo k úplnému prořezání vrstev. Okraje jsou hrubé, drsné, nevzhledné.

Náš CO₂ laser není tak výkonný, aby prořezal pět vrstev.

Okraje i po delší době zapáchají.

Loden

1 vrstva

Řez číslo 4

3vrstvy

Řez číslo 3

5. Froté	
Složení	100%CO
Vazba	plátnová
Vlastnosti	měkký omak, savost
Použití	ručníky, župany

Tab. 20 Charakteristika vzorku 5



Obr. 11 Nascanonané vrstvy

Při řezání bavlněné tkaniny došlo k prořezání vrstvy v celé délce, okraje jsou opálené, nespečné. Při řezání tří vrstev bylo použito nižší rychlosti, i přesto nedošlo k prořezání třetí vrstvy v celé délce. U pěti vrstev bylo použito velmi nízké rychlosti a vysokého výkonu, i přesto nedošlo k prořezání ani třetí vrstvy.

1 vrstva

Froté

3 vrstvy

Řez číslo 5

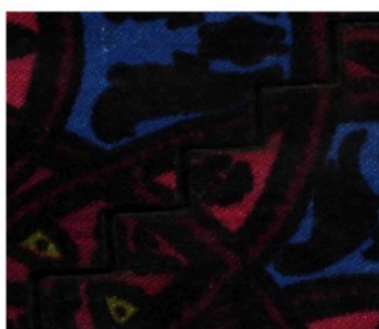
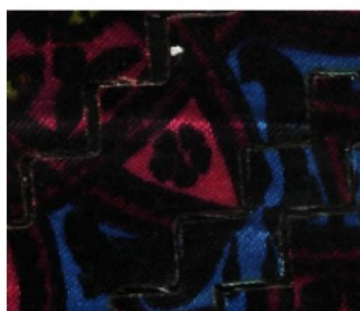
Řez číslo 4

5 vrstev

Řez číslo 1

6.Satén	
Složení	60%CO, 40%PES
Vazba	atlasová
Vlastnosti	počesaný rub, lesklá lící strana
Použití	ložní prádlo, župany

Tab. 21 Charakteristika vzorku 6



Obr .12 Nascanované vrstvy

Při řezání této bavlněné tkaniny došlo ke kvalitnímu výřezu. Řez je čistý, okraje se netřepí. U tří vrstev došlo k prořezání v celé délce snížením rychlosti. Okraje jsou příjemné na dotek, netřepí se. Při řezání pěti vrstev byla snížena rychlost a zvýšen výkon laseru, i tak nedošlo k úplnému prořezání poslední vrstvy. Okraje nejsou spečené, netřepí se.

1 vrstva

Satén

3 vrstvy

Řez číslo 3

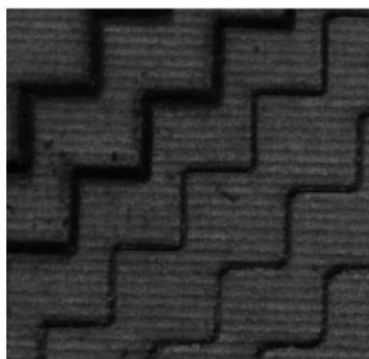
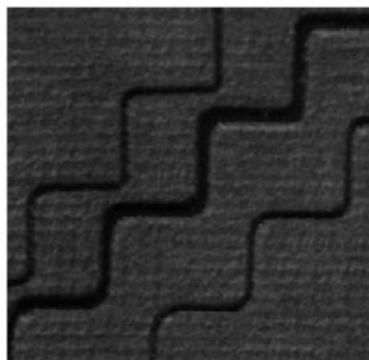
Řez číslo 4

5 vrstev

Řez číslo 1

7. Manšestr	
Složení	97%CO, 3%EL
Vazba	plátnová, vlasová tkanina s řezaným útkem
Vlastnosti	pevná tkanina s měkkým omakem
Použití	Pracovní, sportovní a dětské oděvy

Tab. 22 Charakteristika vzorku 7



Obr. 13 Nascanované vrstvy

Tkanina se velmi dobře řezala i přes vroubkovanou strukturu. Okraje jsou netřepivé, příjemné na omak. Tři vrstvy byly zcela prořezány zvýšením výkonu a snížením rychlosti laseru.

Okraje jsou opálené, netřepivé.

Náš CO₂ laser by 5 vrstev tohoto materiálu nebyl schopen rozřezat.

Manšestr

1 vrstva

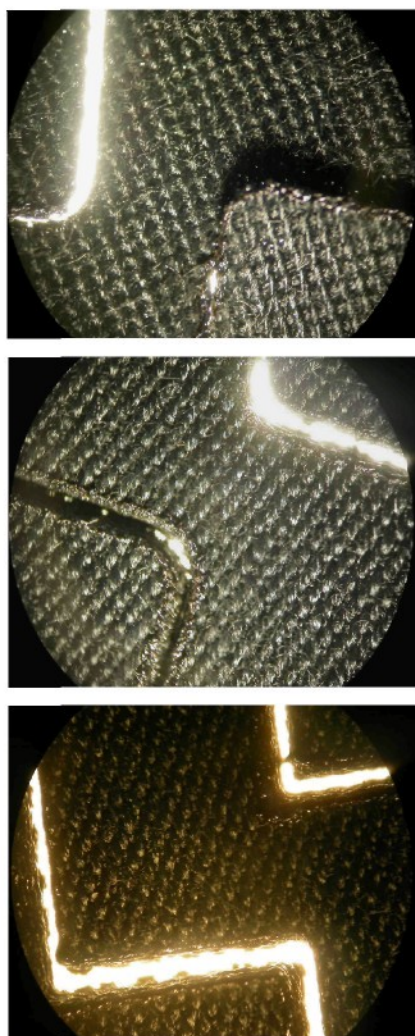
Řez číslo 1

3 vrstvy

Řez číslo 5

8. Flauš	
Složení	70%WO, 20%PES, 10%Nylon
Vazba	atlasová
Vlastnosti	Těžší hmotnost, kratší urovnaný ležatý vlas.
Použití	dámské a pánské pláště

Tab. 23 Charakteristika vzorku 8



Obr. 14 Řez vzorky pod mikroskopem

Tuto vlasovou tkaninu bylo možné řezat zvýšením výkonu. Místa řezu i po delší době zapáchají. Snížením rychlosti došlo k prořezání tří vrstev, okraje jsou spečené. Pět vrstev bylo možné řezat zvýšením výkonu a snížením rychlosti, okraje jsou hrubé, drsné.

1 vrstva

Flauš

3 vrstvy

Řez číslo 1

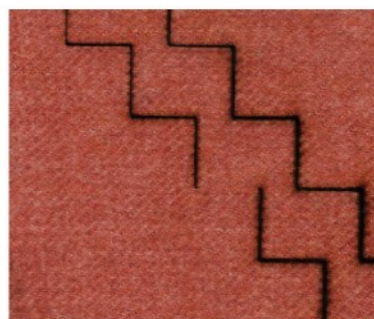
Řez číslo 3

5 vrstev

Řez číslo 1

9. Koverkot	
Složení	80%WO, 20%PES
Vazba	keprová
Vlastnosti	žíhaný vzhled s výrazným jemným řádkováním, tužší omak
Použití	sportovní ošacení

Tab. 24 Charakteristika vzorku 9



Obr. 15 Nascanované vrstvy

Tento materiál šel řezat velmi dobře i za použití nižších výkonů. Okraje se částečně třepí, vypadají pěkně. I tři vrstvy šly dobře řezat, okraje jsou nespečené. Pět vrstev bylo možné řezat snížením rychlosti laseru. Okraje jsou opálené, nespečené, hladké.

1 vrstva

Koverkot

3 vrstvy

Řez číslo 4

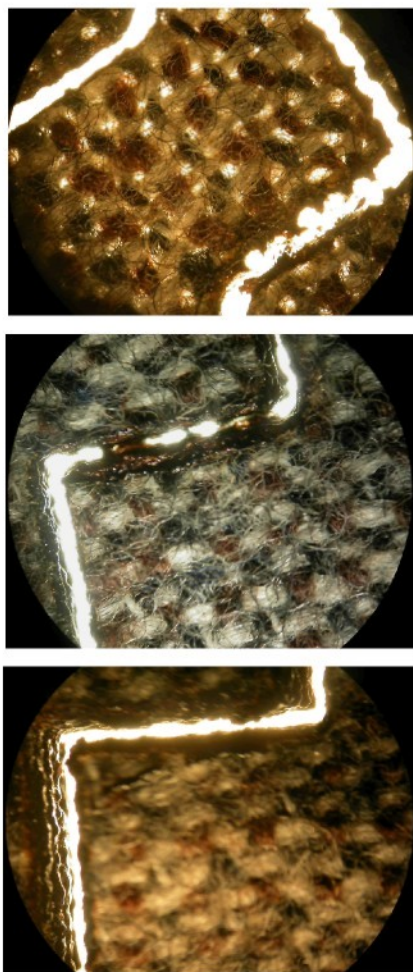
Řez číslo 1

5 vrstev

Řez číslo 2

10. Tvíd	
Složení	100% WO
Vazba	plátnová
Vlastnosti	měkká pružná tkanina, rozdílná barevnost osnovy a útku
Použití	kostýmy, obleky, pláště

Tab. 25 Charakteristika vzorku 10



Obr. 16 Řez vzorky pod mikroskopem

Tento materiál se řezal velmi pěkně. Okraje jsou opálené, prořezané po celé délce vrstvy. Snížením rychlosti došlo k prořezání i tří vrstev, okraje jsou ovšem spečené. Zvýšením výkonu a snížením rychlosti došlo k oddělení i pěti vrstev, okraje jsou spečené.

1 vrstva

Tvíd

3 vrstvy

Řez číslo 1

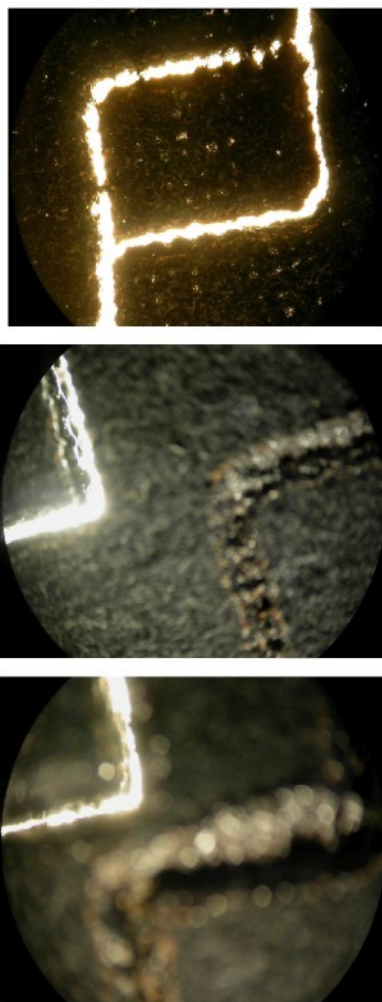
Řez číslo 2

5 vrstev

Řez číslo 1

11. Oblekovka	
Složení	96% WO, 4% PES
Vazba	plátňová
Vlastnosti	pevnost, měkký omak
Použití	pánské kalhoty, saka

Tab. 26 Charakteristika vzorku 11



Obr. 17 Řez vzorkem pod mikroskopem

Při řezání oblekové tkaniny došlo k čistému řezu, okraje se netřepí. V případě řezání tří vrstev došlo k úplnému prořezání vrstev, okraje jsou spečené.

Snížením rychlosti bylo prořezáno i pět vrstev v celé délce, okraje jsou ovšem spečené.

Oblekovka

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

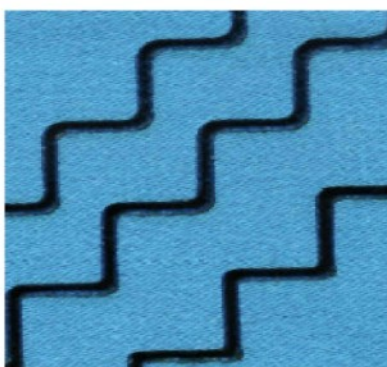
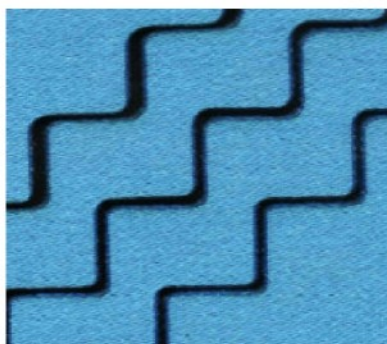
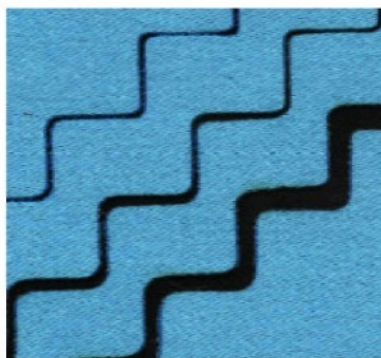
Řez číslo 2

5 vrstev

Řez číslo 3

12. Satén	
Složení	PESh
Vazba	atlasová
Vlastnosti	pevnost, chladivý omak
Použití	ložní prádlo, šaty

Tab. 27 Charakteristika vzorku 12



Obr. 18 Nascanované vrstvy

Tato lesklá tkanina se řezala velmi pěkně, okraje jsou hladké, čisté, netřepivé. Tři vrstvy jsou také odděleny v celé délce, ale okraje jsou neoddělitelně spečené. I pět vrstev šlo velmi dobře oddělit, okraje jsou také spečené.

Satén

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

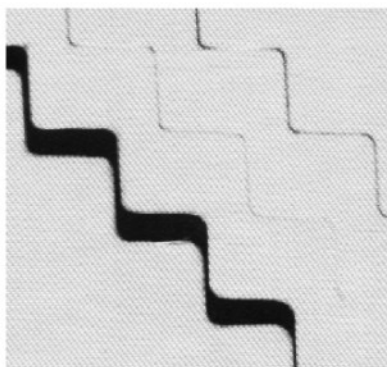
Řez číslo 2

5 vrstev

Řez číslo 3

13. Podšívka	
Složení	PES/ACh
Vazba	keprová
Vlastnosti	lesk, klouzavý omak
Použití	podšívání sak

Tab. 28 Charakteristika vzorku 13



Obr. 19 Nascanované vrstvy

Okraje této podšívky jsou opálené, hladké, netřepivé. Materiál je tenký, hladký, proto nebylo zapotřebí využívat vysoké výkony. I tři vrstvy šly řezat bez vyšších výkonů, okraje jsou opálené, nespečené. U pěti vrstev nedochází k úplnému prořezání, vrstvy jsou místy spojeny nitkami. Okraje jsou nespečené.

1 vrstva

Podšívka

3 vrstvy

Řez číslo 3

Řez číslo 2

5 vrstev

Řez číslo 2

14. Polyamid	
Složení	PADh
Vazba	plátnová
Vlastnosti	lesk, klouzavý omak
Použití	šaty, letní ošacení

Tab. 29 Charakteristika vzorku 14



Obr. 20 Nascanované vrstvy

Tato velmi jemná, tenká tkanina šla řezat i při nízkých výkonech a vysokých rychlostech. Také tři vrstvy byly řezány při nízkých výkonech, okraje jsou hladké spečené, netřepivé. Stejně takové výsledky jsme získali řezáním pěti vrstev.

1 vrstva

Polyamid

3 vrstvy

Řez číslo 3

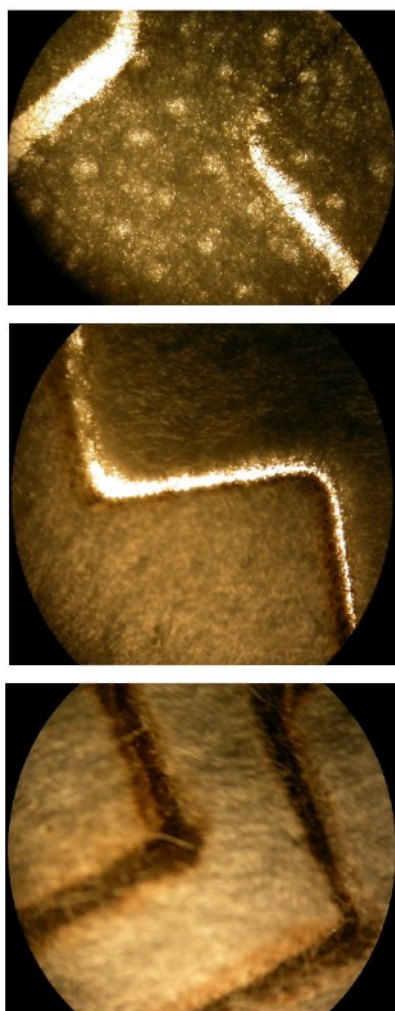
Řez číslo 3

5 vrstev

Řez číslo 3

15. Vutex	
Složení	100%PES
Struktura	NT
Vlastnosti	měkkost, lehkost, objemnost
Použití	výplň rukávových hlavic

Tab. 30 Charakteristika vzorku 15



Obr. 21 Řez vzorkem pod mikroskopem

PES netkaná textilie se řezala dobře, okraje jsou hladké, částečně opálené. I u tří vrstev jsou velmi pěkné, třepivé okraje. Snížením rychlosti bylo řezáno 5 vrstev, okraje jsou opálené, nespečené. Poslední vrstva nebyla prořezána.

1 vrstva

Vatex

3 vrstvy

Řez číslo 2

Řez číslo 1

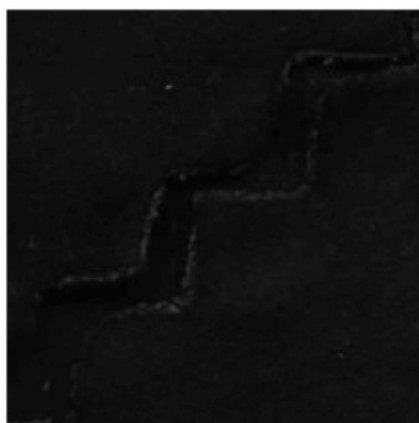
5 vrstev

Řez číslo 4

Přílohová část 2
(vzorky použité pro experiment)

16. Hovězína .	
Složení	přírodní úseň
Struktura	kůže
Vlastnosti	měkkost, pevnost
Použití	rukavice, interiéry

Tab. 31 Charakteristika vzorku 16



Obr. 22 Nascanovaný vzorek

Na kůži byl použit max. výkon 25W, přesto nedošlo k čistému řezu. Kůže se spéká do sebe. Na tento materiál je zapotřebí silnější laserové zařízení, aby materiál nestačil reagovat na paprsek o vysoké teplotě.

1 vrstva

Hovězina

17.Koňská kůže	
Složení	přírodní úseň
Struktura	kůže
Vlastnosti	pevná, hladká kůže
Použití	obuv

Tab. 32 Charakteristika vzorku 17



Obr. 23 Nascanovaný vzorek

Při maximálním výkonu a minimální rychlosti došlo k prořezání jedné vrstvy kůže, okraje jsou zatavené, černé. Je nutné použít silnější laserové zařízení o vysokém výkonu a vysoké rychlosti.

Koňská kůže

1 vrstva

18. Samet	
Složení	akryl
Vazba	pletenina
Vlastnosti	pevnost, tažnost, nemačkavost
Použití	pláště, obleky

Tab. 33 Charakteristika vzorku 18



Obr. 24 Řez vzorkem pod mikroskopem

Tkanina byla řezána bez problémů. Okraje jsou čisté, hladké, netřepivé, příjemné na omak. Stejně tak šly řezat tři vrstvy materiálu. U pěti vrstev byla snížena rychlost, okraje jsou spečené, vrstvy nejsou zcela prořezané.

Samet

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

5 vrstev

Řez číslo 4

Řez číslo 2

19. Saša + molitan	
Složení	Saša : PES/WO, molitan – PUR pěna.
Struktura	pletenina + NT
Vlastnosti	měkkost, nemačkavost
Použití	izolace

Tab. 34 Charakteristika vzorku 19



Obr. 25 Řez vzorkem pod mikroskopem

Tento vrstvený materiál se řezal velmi dobře i při nízkých výkonech. Okraje jsou nespečené, řez je čistý, hladký. V případě tří vrstev není zcela prořezaná spodní vrstva.

Saša + molitan

1 vrstva

Řez číslo 1

3 vrstvy

Řez číslo 3

20. Diolen+molitan	
Složení	molitan - PUR pěna, diolen – 100%PES
Vazba	pletenina + NT
Vlastnosti	měkkost, nemačkavost
Použití	izolace

Tab. 35 Charakteristika vzorku 20



Obr. 26 Nascanovaný vzorek

I u tohoto vrstveného materiálu nevznikly problémy s oddělováním jedné vrstvy. Řez je čistý, hladký, okraje nespečené. U tří vrstev bylo využito vysokého výkonu a nízké rychlosti, aby došlo k oddělení vrstev, což se zdařilo, ale okraje jsou spečené.

Diolen + molitan

1 vrstva

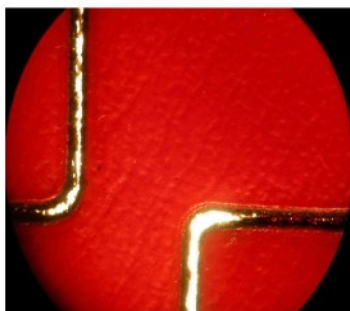
Řez číslo 1

3 vrstvy

Řez číslo 3

21. Koženka červená	
Složení	100%PAD
Vazba	pletenina s pogumovanou povrchovou úpravou
Vlastnosti	vrstvená syntetická úseň, skládá se ze dvou vrstev.Podklad tvoří pletenina, na niž je nánosován polymer.
Použití	zimní ošacení

Tab. 36 Charakteristika vzorku 21



Obr. 27 Řez nascanovaného vzorku

Tloušťka tohoto materiálu je velká, proto jsme již pro oddělování jedné vrstvy využily vysoký výkon laseru. I tak je vrstva místy neprořezaná. Proto bylo pro tři vrstvy využito maximálního výkonu a nejnižší rychlosti. I přesto není spodní vrstva prořezaná. Okraje jsou opálené, spečené, nevzhledné.

Koženka červená

1 vrstva

Řez číslo 1

22. Koženka oranžová	
Složení	100% PAD
Vazba	plátňová s pogumovanou povrchovou úpravou
Vlastnosti	pevnost, odolnost v oděru
Použití	bytové textilie

Tab.37 Charakteristika vzorku 22



Obr. 27 Nascanovaný vzorek

Oddělování jedné vrstvy probíhalo bez problémů. Okraje se netřepí, jsou zatavené. Oddělováním tří vrstev došlo ke spečení okrajů. Při oddělování pěti vrstev materiálu jsou okraje neoddělitelně spečeny. Materiál je rozřezán po celé délce vrstev

Koženka oranžová

1 vrstva

Řez číslo 1

3 vrstvy

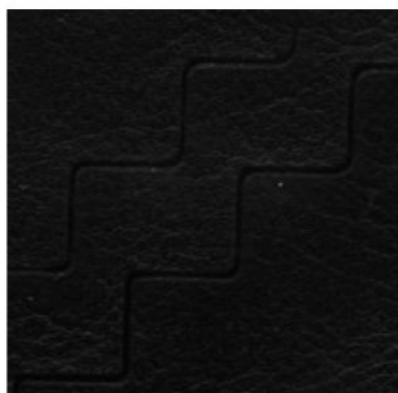
5 vrstev

Řez číslo 3

Řez číslo 3

23. Koženka černá	
Složení	polyamidová pletenina + nános PUR
Vazba	pletenina s nánosem polymeru
Vlastnosti	pevnost, pružnost
Použití	imitace kůže

Tab. 38 Charakteristika vzorku 23



Obr. 29 Nascanovaný vzorek

Řezáním jedné vrstvy nevznikaly větší problémy. Řez je čistý, okraje se částečně třepí. Na tři vrstvy už je náš laser nevhodný. Vrstvy jsou sice odděleny, ale okraje jsou nevzhledné, spečené do sebe.

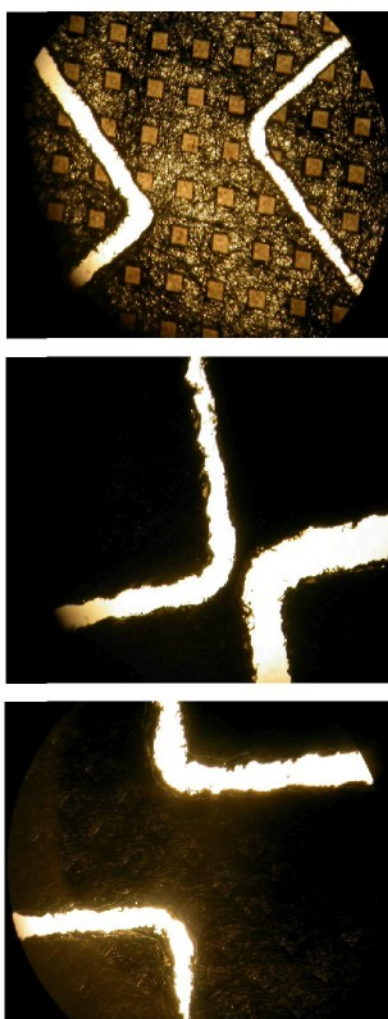
1 vrstva

Koženka černá

Řez číslo 3

24. Vlislín	
Složení	PES/Vs
Struktura	NT
Vlastnosti	lesk, pevnost
Použití	celoplošné podlepování lehčích sak

Tab. 39 Charakteristika vzorku 24



Obr. 31 Řez vzorky pod mikroskopem

Tato netkaná textilie byla řezána při nízkém výkonu. Řez je čistý, okraje se netřepí. U tří vrstev jsme docílili spečení okrajů. Při řezání pěti vrstev došlo ke spečení okrajů. Okraje jsou navíc drsné, nepříjemné na omak.

Vlislín

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

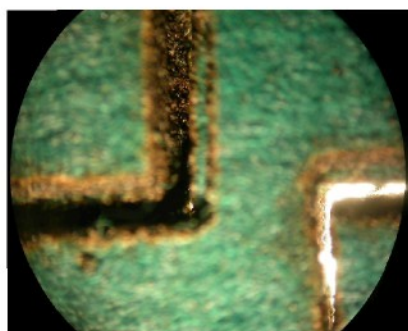
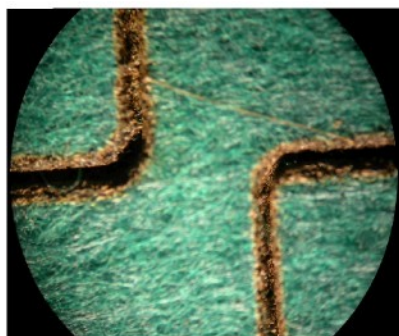
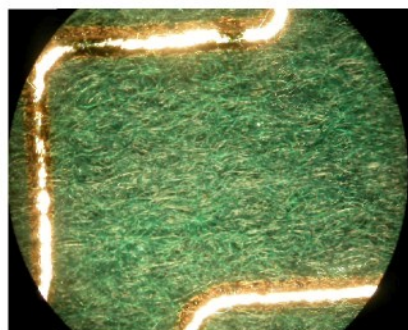
5 vrstev

Řez číslo 4

Řez číslo 3

25. Plst	
Složení	100% WO
Struktura	NT
Vlastnosti	měkký omak, hřejivost
Použití	spodní límce pánských sak

Tab. 40 Charakteristika vzorku 25



Obr. 31 Řez vzorky pod mikroskopem

U tohoto materiálu došlo vlivem řezání k zatavení okrajů, okraje se netřepí, řez je hezký. Stejný výsledek jsme získali při řezání tří vrstev. U pěti vrstev už jsou okraje příliš opálené.

Plst

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

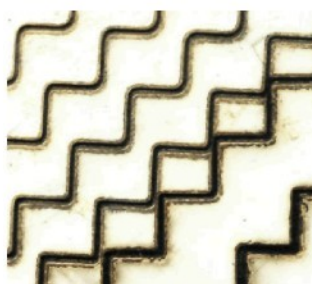
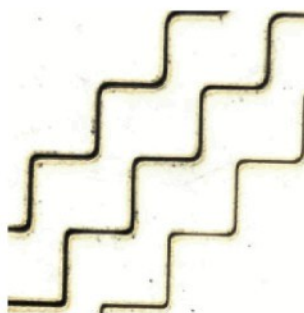
5 vrstev

Řez číslo 3

Řez číslo 2

26. Latex	
Složení	63%PVC, 27%PES, 10%PU
Vazba	Pletenina s pogumovanou povrchovou úpravou
Vlastnosti	lesk, hladký omak
Použití	speciální využití

Tab. 41 Charakteristika vzorku 26



Obr. 32 Nascanovaný vzorek

U této lesklé tkaniny došlo k prořezání vrstvy v celé délce. Okraje se netřepí. Nečistoty po laserovém paprsku lze otřít hadříkem. Řezáním tří vrstev získáme nevzhledné, opálené, černé okraje. Poslední vrstva není prořezaná.

Latex

1 vrstva

Řez číslo 1

3 vrstvy

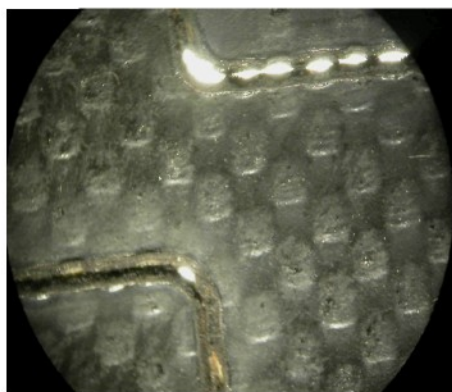
5 vrstev

Řez číslo 5

Řez číslo 1

27. Plast	
Složení	PA 6
Struktura	NT
Vlastnosti	pevnost, chemická odolnost, tlumení
Použití	izolace

Tab. 42 Charakteristika vzorku 27



Obr. 33 Řez vzorkem pod mikroskopem

Již při řezání jedné vrstvy jsme snižovali rychlost laseru. I přesto není vrstva zcela prořezaná. Okraje se netřepí. Při řezání tří vrstev jsme získali spečenou rýhu na jedné vrstvě materiálu.

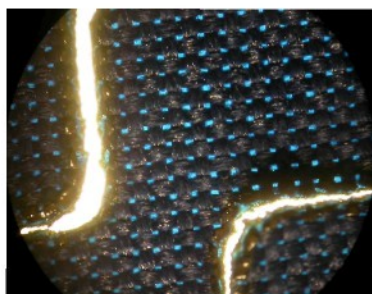
Plast

1 vrstva

Řez číslo 2

28. Kortexin	
Složení	100% PES s nánosem PVC
Vazba	plátnová
Vlastnosti	pevnost
Použití	brašny, tašky

Tab. 43 Charakteristika vzorku 28



Obr. 34 Řez vzorky pod mikroskopem

Okraje tohoto pevného materiálu jsou zatavené, řez je čistý. U tří vrstev došlo ke spečení okrajů a k neúplnému prořezání vrstev. Pět vrstev se nám podařilo oddělit, okraje jsou ovšem spečené a zatavené.

Kortexin

1 vrstva

Řez číslo 1

3 vrstvy

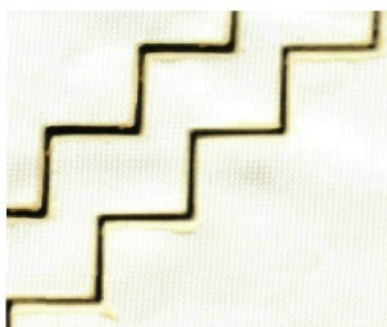
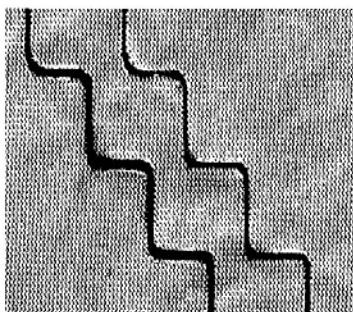
5 vrstev

Řez číslo 2

Řez číslo 2

29. Airbag	
Složení	PA 6.6
Vazba	plátňová
Vlastnosti	pevnost, tuhost
Použití	výroba předních airbagů

Tab. 44 Charakteristika vzorku 29



Obr. 35 Nascanovaný vzorek

Pro řezání airbagů je laser velmi vhodný. Okraje se netřepí, řez je čistý.

U 3 vrstev došlo ke spečení okrajů. Stejně tak pět vrstev je neoddělitelně spečeno. Vhodným řešením by bylo vkládat mezi jednotlivé vrstvy materiálu např.papír. Řezy jsou hladké, neopálené.

Airbag

1 vrstva

Řez číslo 2

3 vrstvy

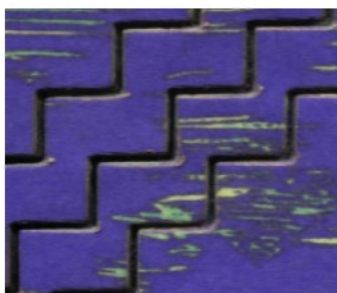
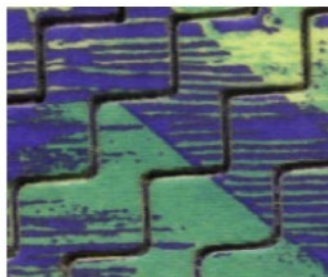
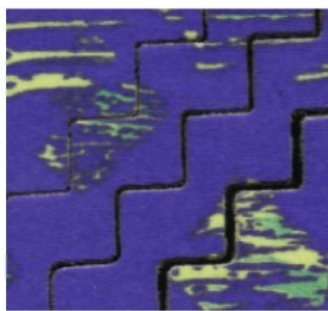
5 vrstev

Řez číslo 3

Řez číslo 2

30. Plavkovina	
Složení	79%PAD, 21%EL
Struktura	Pletenina
Vlastnosti	Pružnost
Použití	Plavky

Tab. 45 Charakteristika vzorku 30



Obr.36 Nascanovaný vzorek

Jedna vrstva tohoto pružného materiálu byla oddělena bez problémů. Okraje se netřepí, řez je hladký.

Tři vrstvy nejsou místy odděleny. Okraje jsou částečně spečeny.

Okraje pěti vrstev jsou nehořelé, hladké, ale spečené a zatavené

Plavkovina

1 vrstva

Řez číslo 3

3 vrstvy

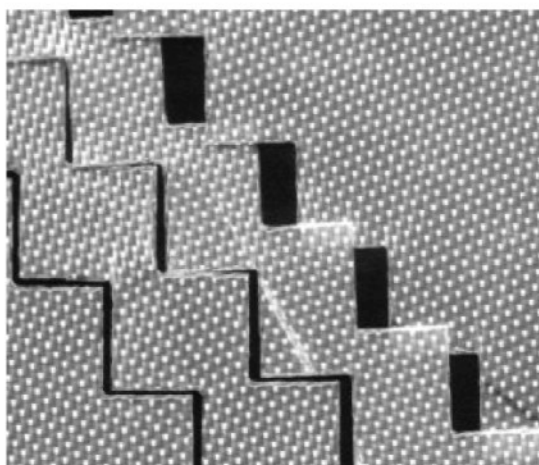
5 vrstev

Řez číslo 4

Řez číslo 1

31. Skleněné vlákno	
Složení	
Vazba	Plátňová
Vlastnosti	Pevnost, odolnost
Použití	Stavebnictví

Tab. 46 Charakteristika vzorku 31



Obr.37 Nascanovaný vzorek

Tento materiál se řezal velmi dobře. Okraje jsou čisté, nespečené, třepí se. Řezání laserovým paprskem je pro tento materiál velmi vhodné.

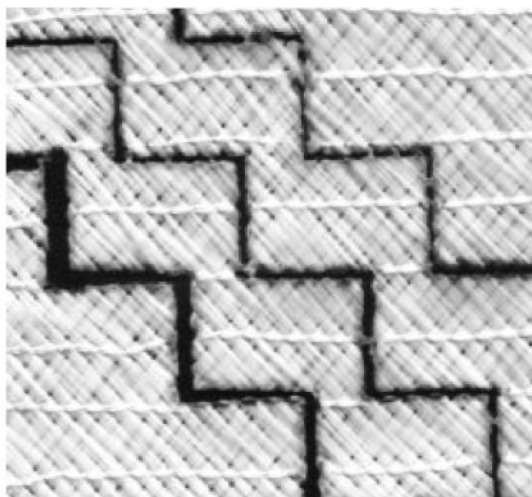
Skleněné vlákno

1 vrstva

Řez číslo 1

32. Skleněné vlákno 2	
Složení	
Vazba	Plátňová
Vlastnosti	Pevnost, odolnost
Použití	Stavebnictví

Tab. 47 Nascanovaný vzorek 32



Obr. 38 Nascanovaný vzorek

Tento materiál se řezal velmi dobře. Okraje jsou čisté, nespečené, třepí se. Řezání laserovým paprskem je pro tento materiál velmi vhodné.

Skleněné vlákno 2

1 vrstva

Řez číslo 1