

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou, doktorskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

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

Jsem si vědoma toho, že užití své diplomové (bakalářské, doktorské) 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).

Datum: 24. 5. 2002

Podpis: Hana Petouš

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní



Diplomová práce

2002

Hana Zabořilová

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

**Měření splývavosti plošných textilií
alternativními metodami**

**The Measurement of Drapability
of Areal Textiles by Alternative Method**

Hana Zabořilová

KOD – 556

Obor: 3113 – 8 Oděvní technologie, zaměření Projektování konfekčních výrobků

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

Rozsah práce:

Počet stran: 88

Počet obrázků: 67

Rozsah příloh:

Počet příloh: 9

Počet stran: 102

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro:

Hanu Zabořilovou

obor: 3113-8 Oděvní technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

Měření splývavosti plošných textilií alternativními metodami

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši zaměřenou na metody hodnocení splývavosti plošných textilií.
2. Charakterizujte dostupné metody z hlediska jejich využitelnosti pro verifikaci modelů splývání textilií.
3. Navrhněte koncepci alternativního zařízení pro měření 3D povrchu splývající textilie.
4. Formulujte doporučení pro další vývoj zařízení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran textu + přílohy

Text DP na disketě dle specifikace katedry.

Seznam odborné literatury:

- normy ISO, BS, ČSN
- odborná literatura z oblasti textilu

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

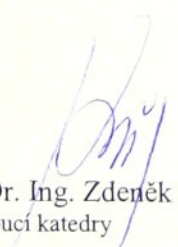
Konzultant:

Zadání diplomové práce:

25. 5. 2001

Termín odevzdání diplomové práce:

27. 5. 2002


Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
vedoucí katedry




Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.
děkan

V Liberci dne: 28. 2. 2002

Anotace

Splývavost, která znamená schopnost textilie deformovat se vlivem gravitační síly, je jednou z nejdůležitějších vlastností ovlivňujících tvarovou stálost a estetický vzhled plošné textilie.

V této diplomové práci je zpracován návrh alternativní metody hodnocení splývavosti plošných textilií pomocí systému obrazové analýzy Lucia a software Matlab. Navržená metoda poskytuje komplexní informace o vlastnostech a chování splývající textilie z hlediska 3D geometrie.

Annotation

Drapeability – an ability of fabrics to deform by gravity – is of the most important qualities influencing the form stability and aesthetic appearance areal textiles.

This diploma work processes an alternative method of evaluation of drapeability by using image-analysis system Lucia and software Matlab. The suggested method offers complex information about the qualities of draping textile from 3D geometry point of view.

Prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci dne 27.května 2002

Lucie Zatošilová

Poděkování:

Ráda bych na tomto místě poděkovala Doc. Dr. Ing. Zdeňkovi Kůsovi
za odborné vedení a cenné rady,

Ing. Martinu Lachmanovi za pomoc a informace týkající se software
Matlab, které mi velmi pomohly k úspěšnému dokončení diplomové
práce

a své rodině za podporu během celého studia.

Obsah

Úvod.....	9
1. Splývavost	10
1.1 Pojem splývavost	10
1.2 Koeficient splývavosti DC.....	11
1.3 Poměrná splývavá vzdálenost R_d	11
2. Faktory ovlivňující splývavost textilie	13
2.1 Vliv geometrických vlastností	13
2.2 Vliv mechanických vlastností	15
2.3 Vliv anizotropie materiálu	18
3. Faktory ovlivňují měření splývavosti.....	19
3.1 Závislost koeficientu splývavosti na čase	19
3.2 Nestabilita splývavosti textilie.....	20
3.3 Vliv rozměrů čelisti a vzorku na koeficient splývavosti.....	21
3.3.1 Vliv průměru podpěrné čelisti	21
3.3.2 Vliv průměru vzorku.....	22
3.4 Závislost koeficientu splývavosti na ohybové délce.....	23
4. Metody hodnocení splývavosti.....	25
4.1 Přehled metod	25
4.2 Standardní metody hodnocení splývavosti	26
4.2.1 Měření splývavosti podle normy ČSN 80 0835.....	26
4.2.2 Stanovení splývavosti pomocí F.R.L.Drapometru.....	28
4.2.3 Metoda měření splývavosti pomocí přístroje I.T.F. Drapeometru	30
4.2.4 Měření splývavosti podle normy ČSN EN ISO 9073-9	33
4.3 Nestandardní metody hodnocení splývavosti	36
4.3.1 Měření splývavosti použitím divergentního světla.....	36
4.3.2 Metoda vážení.....	38
4.3.3 Měření splývavosti dynamicky	39
4.3.4 Měření rotačního koeficientu splývavosti.....	41

4.3.5	Měření podle Hanuse	43
4.3.6	Měření podle L. Sodomky	45
4.3.7	Měření metodou rozstříhaných okrajů	48
4.3.8	Metoda B.J.Jevdokimova a A.K. Bucharoveje	49
4.3.9	Subjektivní hodnocení splývavosti	51
4.3.10	Měření splývavosti ohybem přes ostrý roh	52
4.3.11	Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy	54
4.3.12	Měření hloubky převisu	55
4.4	Využitelnost metod při hodnocení splývavosti	57
5.	Návrh alternativní metody hodnocení splývavosti	59
5.1	Princip metody	59
5.2	Uspořádání měřicího zařízení	60
5.3	Obrazová analýza Lucia (verze 4.60)	62
5.4	Matlab (verze 5.3)	64
5.5	Postup hodnocení splývavosti	65
5.5.1	Příprava vzorku zkoušené textilie	65
5.5.2	Příprava měřicího zařízení	65
5.5.3	Umístění vzorku	65
5.5.4	Kalibrace systému	65
5.5.5	Zjištění splývavosti x	66
5.5.6	Snímání vrstevnic	67
5.5.7	Vykreslení 3D modelu	68
5.5.8	Komplexní hodnocení	69
6.	Experiment	71
6.1	Popis experimentu	71
6.1.1	Transformace vrstevnic	76
6.2	Doporučení pro další vývoj	81
7.	Závěr	82
	Seznam použité literatury	83
	Seznam obrázků	85
	Seznam příloh	88

Úvod

Charakter textilních materiálů je dán řadou vlastností, které se navzájem ovlivňují. Jsou to vlastnosti vláken a přízí, geometrické, mechanické, fyziologické a estetické vlastnosti.

U textilií, které se používají k odívání lidského těla, je kladen důraz především na fyziologický komfort, funkčnost a v neposlední řadě na estetický vzhled. Mezi estetické vlastnosti řadíme mačkavost, žmolkovitost, splývavost.

Splývavost je většinou posuzována subjektivně nebo standardními metodami, které hodnotí splývavost pomocí definovaného koeficientu, jehož výpočet vychází z plochy průmětu zkoušeného vzorku. Tyto metody mají mnoho nedostatků, zanedbávají geometrický tvar splývající textilie (počet vln, hloubku a úhel převisu) i mechanické vlastnosti jako tuhost v ohybu a stříhu.

Cílem této diplomové práce je návrh alternativní metody hodnocení splývavosti plošných textilií, která nedostatky standardních metod odstraní a poskytne komplexní informace o vlastnostech a chování splývající textilie z hlediska 3D geometrie.

1. Splývavost

Plošné textilie jsou během výroby, zpracování i užívání namáhány řadou deformací. Od charakteru deformačního působení se odvíjí následná reakce textilie. Nejčastější formou deformačního namáhání je zatížení gravitační silou. Vlivem gravitačního působení se plošná textilie prostorově deformuje - řasí a tvaruje do záhybů. Tato schopnost se nazývá splývavost.

Splývavost je jednou se základních charakteristik popisující tvarovou stálost a ovlivňující estetický vzhled plošné textilie.

1.1 Pojem splývavost

V literatuře je splývavost definována jako:

Schopnost textilie vytvářet prostorovou deformaci ve tvaru záhybů zaobleného tvaru, kterých se dosáhne upnutím textilie do kruhové horizontální čelisti. [1]

Souhrn vlastností plošné textilie k nimž patří zejména měkkost, vláčnost, poddajnost a ohebnost. Její míra může být odlišná podle typu textilií a účelu jejich použití. U oděvních textilií je často určována a ovlivňována módními tendencemi. [2]

Deformační schopnost kruhového zkušebního vzorku textilie svěšeného za daných podmínek. [3]

Je způsob, jakým textilie visí a vytváří záhyby. Typickým příkladem jsou záclony, sukně nebo ubrus, který visí přes hrany stolu. [4]

kde r_f ... poloměr vzorku textilie (150mm)

r_d ... poloměr disku drapometru (90mm)

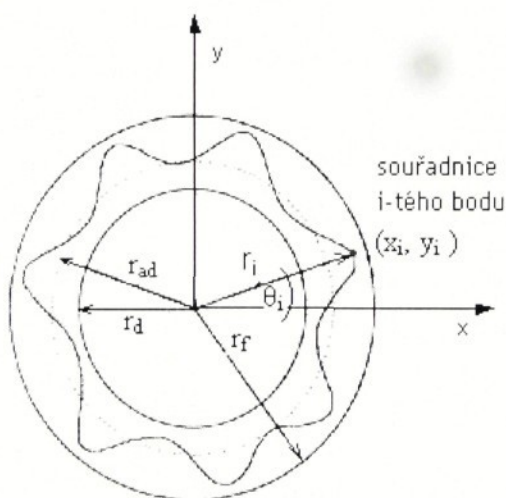
r_{ad} ... průměrná vzdálenost okraje splývající textilie [mm]

$$r_{ad} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \text{ [mm]} \quad [15]$$

kde r_i ... poloměr v i-tém bodě

Souřadnice i-tého bodu: $x_i = r_i \cos \theta_i, y_i = r_i \sin \theta_i$

kde θ_i ... úhel v i-tém bodě



Obr. 1.2 Definice poměrné splývavé vzdálenosti R_D

Přírůstek hodnoty poměrné splývavé vzdálenosti odpovídá přírůstku schopnosti textilie splývat, tzn. že čím je textilie poddajnější, více splývavá, tím je hodnota R_D vyšší.

[15]

2. Faktory ovlivňující splývavost textilie

Tvar prostorové deformace splývající plošné textilie ovlivňuje mnoho faktorů, především vlastnosti textilie.

Vlastnosti textilie ovlivňující splývavost:

- Vlastnosti vláken a příze, ze které je textilie vyrobena (jemnost, počet zákrutů, materiálové složení)
- Geometrické vlastnosti textilie (struktura, vazba, dostava, zakrytí, plošná měrná hmotnost)
- Mechanické vlastnosti textilie (tuhost v ohybu a střihu, koeficient tření)

[16]

2.1 Vliv geometrických vlastností

Struktura textilie a její kompaktnost, která je specifikována faktorem zakrytí, má značný vliv na splývavost textilie, ohybovou a střihovou tuhost.

Faktor zakrytí **CF** (Cover Factor) je dán vazbou a dostavou textilie.

$$\text{Plošný faktor zakrytí } CF_P = CF_{D-o} + CF_{D-u} - CF_{D-o} \cdot CF_{D-u}$$

kde $CF_{D-o,u}$... délkový faktor zakrytí osnovy, útku $\langle 0,1 \rangle$

$$\text{Délkový faktor zakrytí osnovy, útku } CF_{D-o,u} = D_{o,u} \cdot \sqrt{T_{o,u}}$$

kde $D_{o,u}$... dostava osnovy, útku [počet nití/ m]

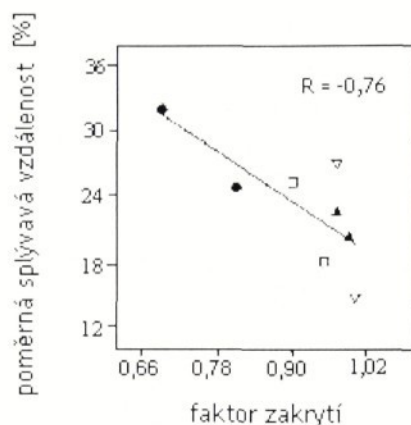
$T_{o,u}$... jemnost příze v osnově, útku [Mtex]

[17]

Experiment [18] odhaluje do jaké míry faktor zakrytí **CF** ovlivňuje výše uvedené vlastnosti textilie. K experimentu bylo použito osm textilií, které se lišily vazbou, tloušťkou, plošnou hmotností a faktorem zakrytí. U jednotlivých vzorků byla postupně zjištěna poměrná splývavá vzdálenost **R_D**, ohybová tuhost **B** (Bending rigidity) a tuhost ve střihu **G** (Shear rigidity).

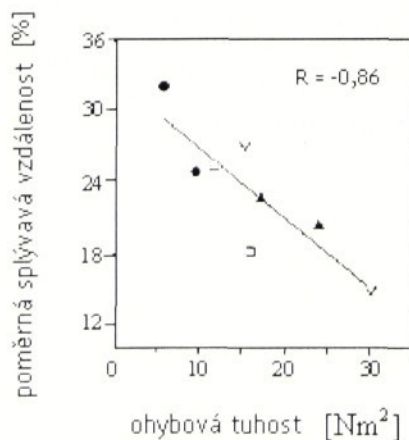
Výsledky experimentu byly zpracovány graficky. Korelační koeficienty ukazují na poměrně silnou závislost mezi jednotlivými veličinami.

S rostoucím faktorem zakrytí roste kompaktnost textilie. Naopak hodnota poměrné splývavé vzdálenosti se snižuje a spolu s ní i splývavost textilie.

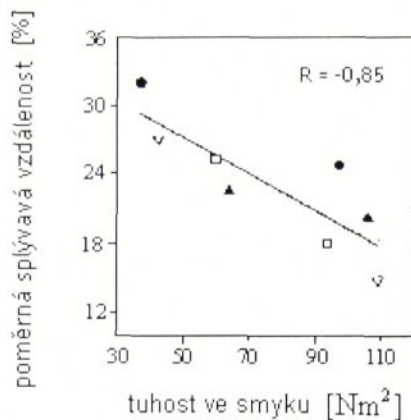


Obr. 2.1 Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na faktoru zakrytí

S rostoucími hodnotami ohybové a smykové tuhosti klesá hodnota poměrné splývavé vzdálenosti a tedy i schopnost textilie splývat.



Obr. 2.2 Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na ohybové tuhosti



Obr. 2.3 Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na smykové tuhosti

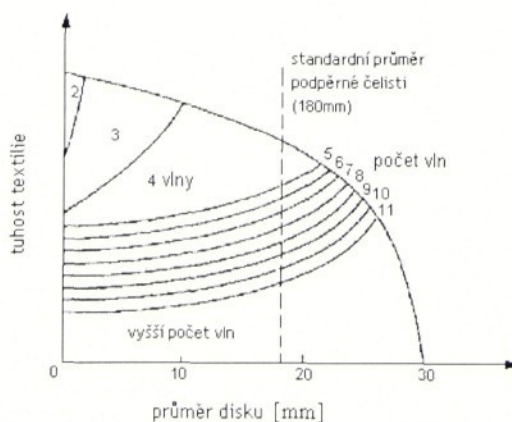
[18]

2.2 Vliv mechanických vlastností

Ohyb a smyk jsou významnou složkou deformace při splývání. Řada autorů uvádí, že právě ohybová tuhost nejvíce ovlivňuje splývavost plošných textilií. Koeficient splývavosti, jako parametr splývavosti plošných textilií, vyjadřuje korigovanou tuhost v ohybu ve všech směrech textilie současně.

Při splývání dochází k ohybu textilie a vzniku dvojitého zakřivení (vln) splývajícího materiálu. V důsledku zakřivení textilie dochází také ke smyku, který chápeme jako změnu úhlu mezi nitěmi osnovy a útku.

Ohybová tuhost zásadním způsobem ovlivňuje tvar průřezu (počet vln) splývající textilie.

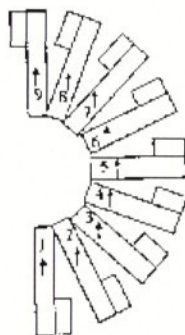


Obr. 2.4 Závislost počtu vln na ohybové tuhosti

Grafická závislost počtu vln na tuhosti textilie (pro různé průměry podpěrné čelisti a konstantní průměr vzorku 300mm) ukazuje, že s rostoucí tuhostí v ohybu klesá počet vln. [4]

Cílem experimentu [19] bylo sledovat chování textilií v ohybu a naměřené výsledky porovnat s koeficientem splývavosti.

Ohybová tuhost byla měřena gravimetrickou metodou, která spočívá v okamžitém odečítání úhlu převisu. Měří se ve směru osnovy (0°) až útku (90°) s krokem $22,5^\circ$.



Obr. 2.5 Příprava vzorku pro měření ohybové tuhosti

Ohybová délka c_i [m] v daném směru:

$$c_i = l \cdot \left(\frac{\cos 0,5\theta_i}{8 \tan \theta_i} \right)^{1/3} \quad [m] \quad [16]$$

kde l ... délka převisu [m]

θ ... úhel převisu v daném směru $[\circ]$

Tuhost v ohybu T_i [Nm^2] daném směru:

$$T_i = b \cdot g \cdot \rho_s \cdot c^3 \quad [\text{Nm}^2] \quad [16]$$

kde b ... šířka vzorku [m]

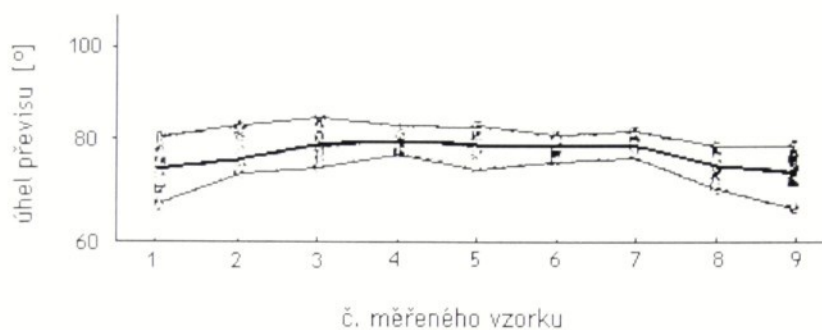
g ... gravitační zrychlení [m s^{-2}]

ρ_s ... plošná měrná hmotnost [kg m^{-2}]

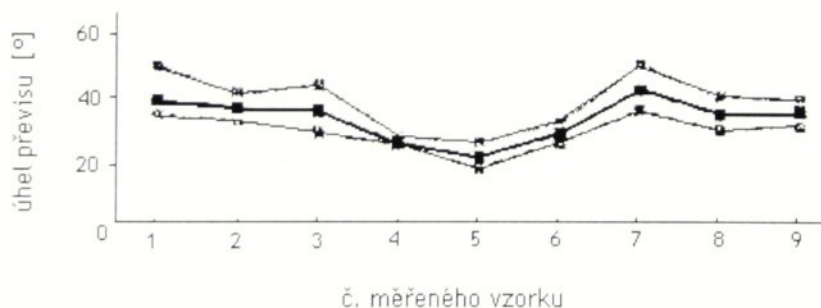
c ... ohybová délka [m]

Pro experiment byly použity tkaniny s plátňovou vazbou. Materiálové složení jednotlivých vzorků bylo zvoleno tak, aby zastupovalo výrazně odlišnou ohybovou tuhost. Tkanina, která reprezentovala nejvíce splývavý materiál, byla ze 100% viskózy, tkanina nejméně splývavá pak ze 100% lnu.

Výsledky měření byly zaznamenány graficky:



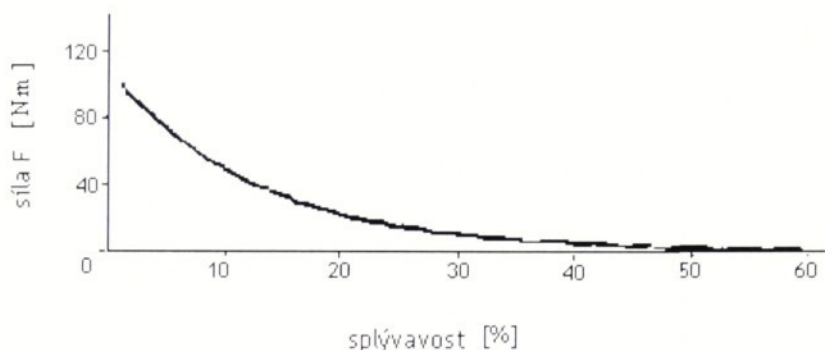
Obr. 2.6 Závislost úhlu převisu na úhlu ustřižení vzorku (dle čísla vzorku) - 100% viskóza



Obr. 2.7 Závislost úhlu převisu na úhlu ustřižení vzorku – 100% len

Hodnoty úhlu převisu u splývavých tkanin (viskóza) ukazují na malý rozdíl mezi ohybovou tuhostí osnovy a útku (malý rozdíl v úhlu převisu). Naopak u vzorků málo splývavých (len) jsou hodnoty rozdílu mezi ohybovou tuhostí osnovy a útku výrazné. Je zřejmé, že viskóza nemá nijak výrazný ohybový vrchol, zatímco len má tuhost v ohybu výrazně odlišnou ve směru osnovy a útku.

Obr.2.8 představuje závislost síly potřebné k ohybu textilie na splývavosti (dle normy ČSN 80 0835). Čím je hodnota splývavosti x vyšší a textilie splývavější, tím menší síly je třeba k ohnutí vzorku textilie. S klesající ohybovou silou klesá i ohybová tuhost textilie.



Obr. 2.8 Závislost ohybové síly na splývavosti x

[19]

2.3 Vliv anizotropie materiálu

Plošné textilie se vyznačují směrovou závislostí fyzikálně-mechanických vlastností, která se nazývá anizotropie. Anizotropie materiálu významně ovlivňuje prostorovou deformaci plošných textilií - splývavost.

Z hlediska struktury textilie je anizotropie materiálu určena orientací nití (osnovy a útku) v textilií. Zatěžování textilie ve směru osnovy a útku má za následek normálové deformace. Pokud zatěžování působí i jinými směry, než je směr těchto navzájem provázaných soustav, tak v textilií vznikají i smykové deformace. Tvar průmětu splývajícího vzorku textilie závisí právě na spolupůsobení těchto deformací.

Nejčastější způsob vyjádření míry anizotropie je grafické zobrazení v polárním diagramu. Polární diagram poskytuje dobrou představu o pozorované vlastnosti ve všech směrech.

U izotropních materiálů se tvar polárního diagramu blíží kruhu. S rostoucí anizotropií materiálu se tvar polárního digramu deformuje - více či méně protahuje v určitých směrech.

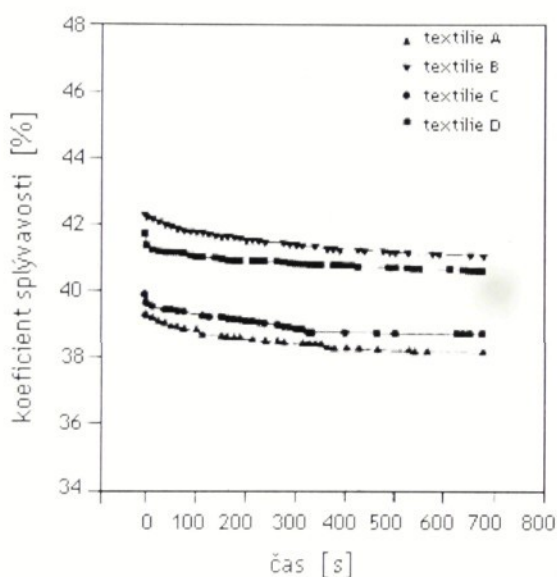
Tvar, počet, směr a délka jednotlivých vln průmětu splývajícího kruhového vzorku textilie v podstatě představuje zobrazení anizotropie materiálu v polárním diagramu. [20]

3. Faktory ovlivňují měření splývavosti

3.1 Závislost koeficientu splývavosti na čase

Systém obrazové analýzy umožňuje měření koeficientu splývavosti na stejném textilním vzorku v závislosti na čase. V experimentu [15] byl po určitých časových intervalech snímán obraz splývající textilie a vyhodnocen koeficient splývavosti **DC**.

Z naměřených hodnot vyplývá, že koeficient splývavosti s časem rovnoměrně klesá.



Obr. 3.1 Závislost koeficientu splývavosti na čase

V chování splývající textilie můžeme pozorovat relaxační chování, které souvisí s mechanickými vlastnostmi a strukturou textilie. Při splývání textilie dochází k jejímu ohybu a ke vzniku napětí. Reakcí, na vzniklé napětí, je posuv osnovních a útkových nití ve vazných bodech. Posunem nití dochází k relaxaci, tzn. uvolnění napětí ve struktuře splývající textilie.

[15]

3.2 Nestabilita splývavosti textilie

V průběhu experimentu [15], který odhaluje nestabilitu ve splývavosti textilie, byla měřena poměrná splývavá vzdálenost R_d (Drape-distance Ratio) a počet vln. Každá z hodnot byla měřena 50x.

Experiment byl realizován pomocí dvou odlišných metod:

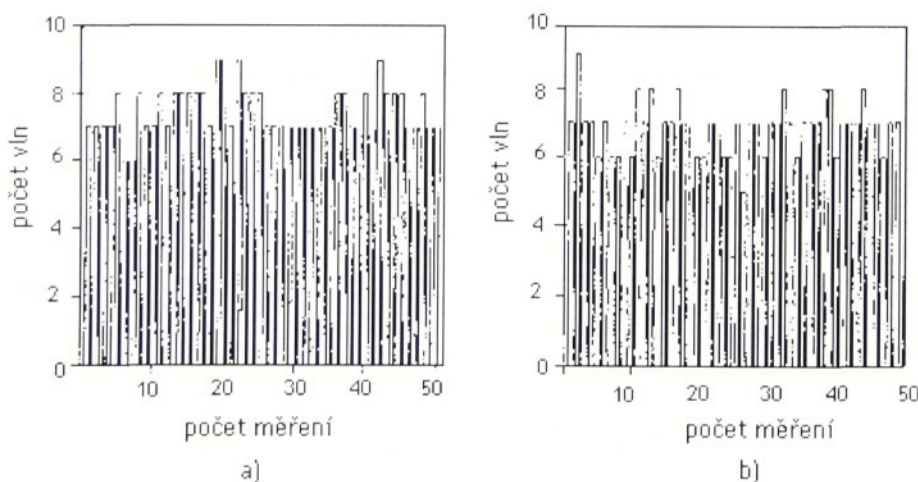
1. metoda

Měření probíhalo průběžně, tzn. bez umísťování vzorku na disk měřícího přístroje mezi jednotlivými měřeními.

2. metoda

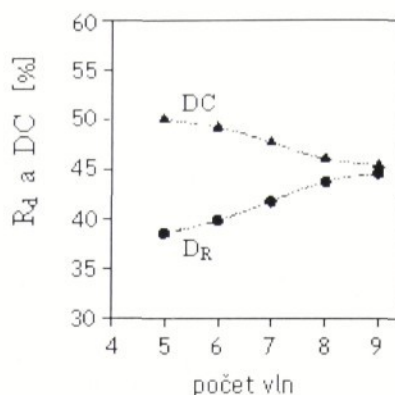
Vzorek textilie byl mezi jednotlivými měřeními vždy umístěn na disk měřícího přístroje.

Výsledky experimentu vyplývají z Obr.3.2. I přes rozdílnost metod a odlišné rozdělení počtu vln splývající textilie, je nejpreferovanější počet vln stejný. V průběhu měření se počet vln a tedy i hodnota poměrné splývavé vzdálenosti mění. Je nutné, aby splývavost byla měřena několikrát. Opakováním měření se zaručí objektivita a přesnost.



Obr. 3.2 Vliv způsobu měření na splývavost textilie: a) 1. metoda , b) 2. metoda

Dále byl zjišťován vztah mezi hodnotou poměrné splývavé vzdálenosti a počtem vln vytvořených při splývání. S rostoucím počtem vln roste hodnota poměrné splývavé vzdálenosti R_d resp. klesá hodnota koeficientu splývavosti DC .



Obr. 3.3 Závislost poměrné splývavé vzdálenosti R_d a koeficientu splývavosti DC na počtu vln

[15]

3.3 Vliv rozměrů čelisti a vzorku na koeficient splývavosti

Výsledný tvar průmětu vzorku splývající textilie uloženého v kruhové čelisti závisí na hodnotách průměru čelisti a vzorku.

3.3.1 Vliv průměru podpěrné čelisti (průměr vzorku konst.)

Se změnou průměru čelisti u vzorku s konstantním průměrem se mění počet vln. Při zmenšení průměru podpěrné čelisti se počet vln sníží.



průměr čelisti 180mm



průměr čelisti 90mm

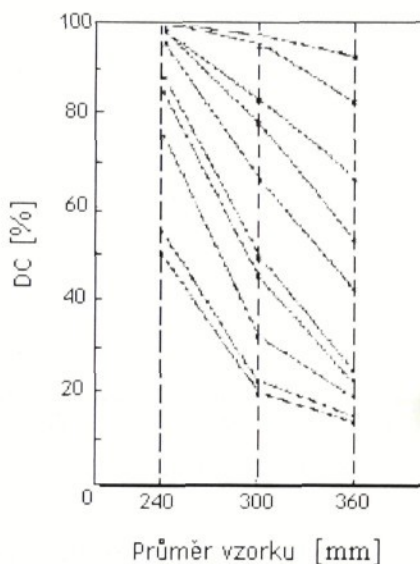
Obr. 3.4 Vliv průměru čelisti na tvar splývající textilie

Při použití podpěry standardní velikosti (průměr 180mm) se po celém obvodu vzorku splývající textilie vytvoří průměrně 6-8vln. Při použití podpěry menšího průměru (90mm) se po obvodu vzorku vytvoří pouze 2-4 vlny, tedy o 3-4 vlny méně.

[16]

3.3.2 Vliv průměru vzorku (průměr čelisti konst.)

Standardní kombinace velikosti průměru vzorku textilie (300mm) a průměru podpěrné čelisti (180mm) je vhodné uspořádání pro širokou řadu oděvních textilií. Nicméně tato kombinace neposkytuje citlivé měření koeficientu splývavosti pro textilie s vysokou hodnotou **DC** (např. tuhé netkané textilie) nebo naopak pro textilie s nízkou hodnotou **DC** (např. poddajné osnovní pleteniny).



Obr. 3.5 Závislost koeficientu splývavosti **DC** na průměru vzorku

Obr.3.5 zachycuje závislost koeficientu splývavosti **DC** na měnícím se průměru vzorku. Pro textilie s vysokým **DC₃₀** (koeficient splývavosti při standardním průměru vzorku 300mm) bylo citlivější měření získáno se vzorkem většího průměru a pro textilie s nízkým **DC₃₀** bylo citlivější měření získáno se vzorkem menšího průměru.

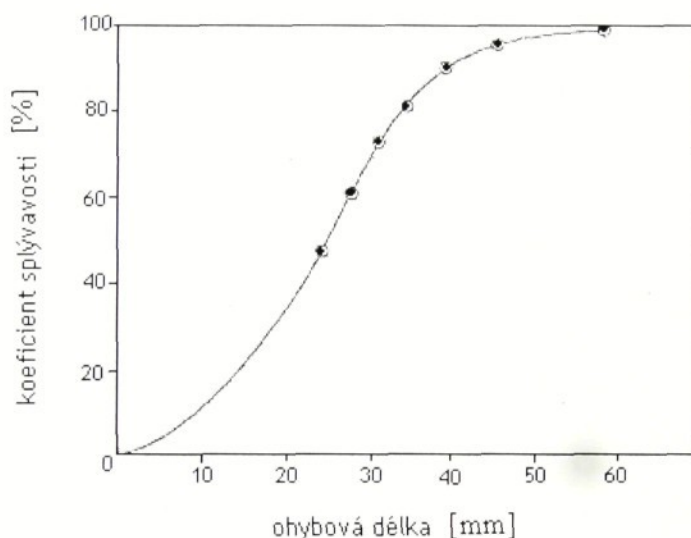
Na základě tohoto experimentu bylo pro textilie s hodnotami **DC₃₀ > 85%** doporučeno měření splývavosti se vzorkem průměru 360mm a pro textilie s hodnotami **DC₃₀ < 30%** vzorek průměru 240mm.

Navržený způsob měření splývavosti je aplikován v metodě měření splývavosti podle normy ČSN EN ISO 9073-9.

3.4 Závislost koeficientu splývavosti na ohybové délce

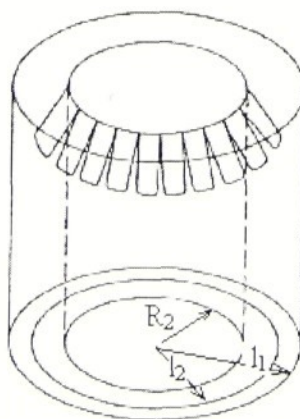
Hodnota koeficientu splývavosti **DC** závisí také na ohybové délce. Ohybovou délkou se nazývá část vzorku, která přesahuje podpěrnou čelist.

Grafická závislost koeficientu splývavosti **DC** na ohybové délce (Obr. 3.6) dokazuje, že s rostoucí ohybovou délkou roste hodnota koeficientu splývavosti.



Obr. 3.6 Závislost koeficientu splývavosti na ohybové délce

Výsledky vychází z experimentu [4], kdy byl měřen koeficient splývavosti. Měnil se průměr vzorku tzn. ohybová délka. Vzorek byl pro zkoušku upraven vystříháním okrajů k poloměru R_2 .



Obr. 3.7 Příprava vzorku s rozstříhanými okraji

Koeficient splývavosti **DC** [%] pro takto upravené vzorky se vypočítá podle vztahu:

$$\mathbf{DC} = \frac{\Pi(R_2 + l_2)^2 - \Pi R_2^2}{\Pi(R_2 + l_1)^2 - \Pi R_2^2} \cdot 10^2 = \frac{2R_2 l_2 + l_2^2}{2R_2 l_1 + l_1^2} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [4]$$

kde R_2 ... poloměr disku [mm]

l_1 ... délka proužku [mm]

l_2 ... průměrná hodnota délky průmětu ohnutého proužku [mm]

[4]

4. Metody hodnocení splývavosti

4.1 Přehled metod

Standardní metody

Standardní metody hodnocení splývavosti jsou běžně užívané a jsou registrovány ve státních normách. Označují se jako tzv. diskové metody, protože jejich základ tvoří dvě kruhové čelisti, mezi které se vkládá zkoušená textilie (vzorek kruhového tvaru), jejíž průměr je větší než průměr podpěrné čelisti. Splývavost se určuje definovaným koeficientem splývavosti.

- Měření splývavosti podle normy ČSN 80 0835 (rok 1972)
- Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemetru (rok 1969)
- Měření splývavosti pomocí I.T.F. Drapeometru v souladu s normou NF G 07-109 (rok 1972)
- Měření splývavosti podle normy ČSN EN ISO 9073-9 (rok 1999)

Nestandardní metody

Nestandardní metody měření splývavosti jsou alternativou standardních metod nebo jejich vhodným doplněním. Nahlíží na měření splývavosti netradičním způsobem a přináší nové poznatky o chování splývající textilie.

- Měření splývavosti použitím divergentního světla
- Metoda vážení
- Měření splývavosti dynamicky
- Měření rotačního koeficientu splývavosti
- Měření podle Hanuse
- Měření podle L.Sodomky
- Měření metodou rozstříhaných okrajů
- Metoda B.J.Jevdokimova a A.K. Bucharoveje
- Subjektivní hodnocení splývavosti
- Měření splývavosti přes ostrý roh
- Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy
- Měření hloubky převisu

4.2 Standardní metody hodnocení splývavosti

4.2.1 Měření splývavosti podle normy ČSN 80 0835

Princip zkoušky:

Kruhový vzorek plošné textilie o průměru 300mm se soustředně umístí na kruhový stojan. Po přiložení průsvitné desky z plexiskla se obrys splývajícího vzorku promítne na průsvitný papír a zakreslí. Plocha průmětu vzorku se zplanimetruje. Z plochy průmětu zkoušené textilie se stanoví aritmetický průměr.

Splývavost x [%] se vypočítá podle vztahu:

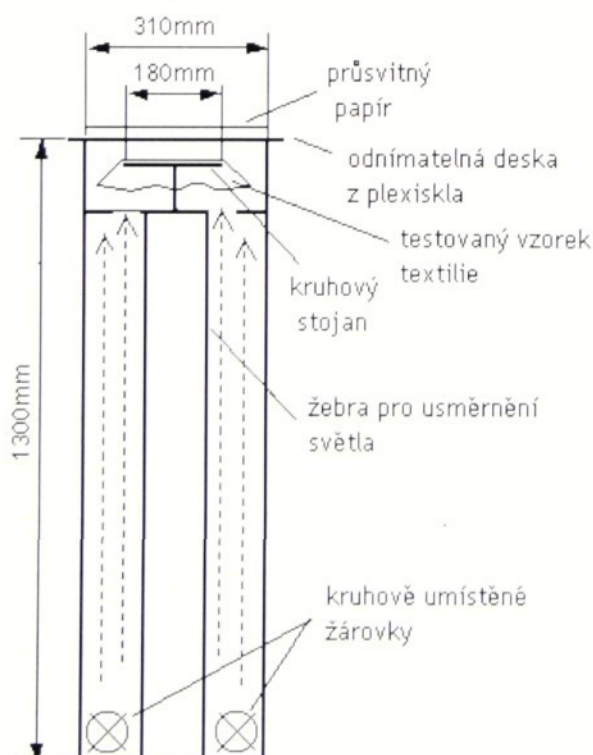
$$x = \frac{S - \bar{S}_p}{S_m} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [5]$$

kde S ... plocha zkoušeného vzorku, tj. 70690mm²

$\bar{S}_p$... průměrná plocha průmětů zkoušených vzorků [mm²]

S_m ... plocha mezikruží, tj. plocha vzorků způsobila ke splývání, tj. 45240mm²

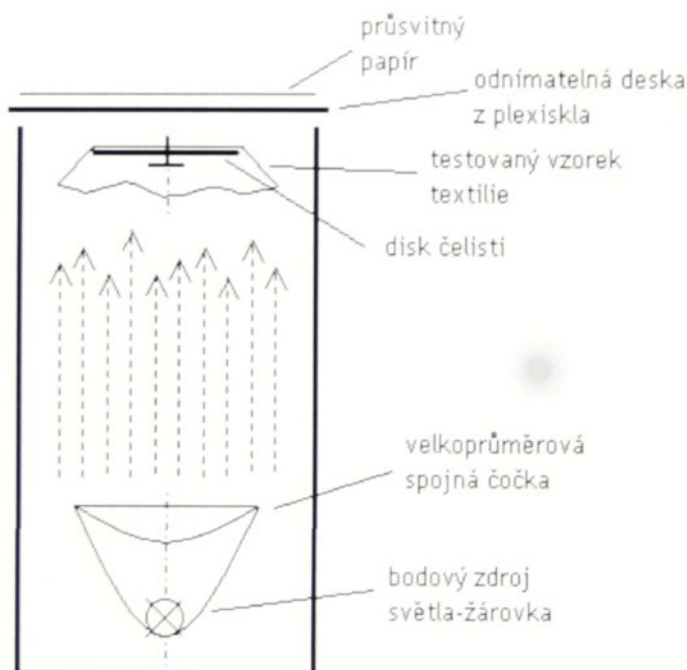
Popis zařízení:



Obr. 4.1 Schéma zařízení s usměrněným světlem

Zkušební přístroj se skládá z válce o průměru 310 mm, vysokého 1300 mm. Nahoře ve středu válce je umístěn stojan s diskem o průměru 180 mm. Ve spodní části válce je po obvodu umístěno osvětlení. Světlo žárovek je usměrněno pomocí tmavých žeber, aby průmět vzorku byl přesný. Horní část válce je ukončena průsvitnou příložnou deskou z plexiskla. (Přístroj byl vyvinut ve Výzkumném ústavu vlnařském Brno.)

Paralelní světlo lze rovněž získat použitím velkopřůměrové spojné čočky (Obr. 4.2)



Obr. 4.2 Schéma zařízení s velkopřůměrovou spojnou čočkou

Zkušební vzorky:

Odběr laboratorních vzorků se provádí podle ČSN 800072. Připraví se dva kruhové vzorky o průměru 300 mm. Vyseknou se raznicí, případně vystříhnou nůžkami podle šablony, ve středu vzorku se vysekne kruhový otvor o průměru 10 mm. Vzorky musí být bez záhybů a nepomačkané. Před zkoušením se vzorky klimatizují podle ČSN 800061.

Postup měření:

Zkoušený vzorek se umístí středovým otvorem na čep ve středu stojanu. Přiloží se deska z plexiskla a pokryje se průsvitným papírem. Zapojí se osvětlení a obrys průmětu

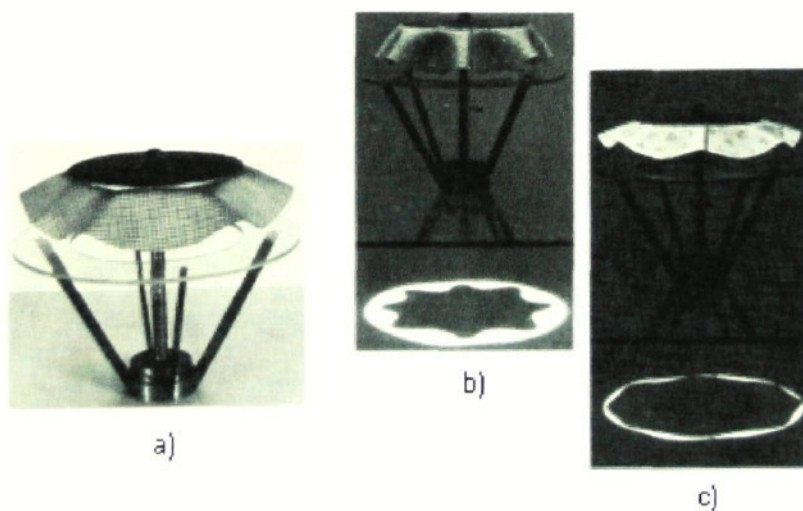
vzorku se na průsvitný papír zakreslí. Stejným způsobem se zkouší i druhý vzorek. Zakreslená plocha průmětů obou vzorků se zjistí planimetrováním, které se pro kontrolu provede oběma směry. Tímto způsobem se ze dvou průmětů získají čtyři údaje. Aritmetický průměr těchto údajů udává průměrnou plochu průmětů zkoušených vzorků. Z průměrné hodnoty plochy průmětů se vypočítá splývavost x . [5]

Přestože splývavost x je definována jinak než ve světě uznávaný koeficient splývavosti **DC** je často s koeficientem splývavosti zaměňována. Mezi koeficientem splývavosti **DC** a splývavostí podle ČSN 80 0835 označenou jako x platí vztah:

$$x = 100 - DC [\%]$$

4.2.2 Stanovení splývavosti pomocí F.R.L.Drapometru

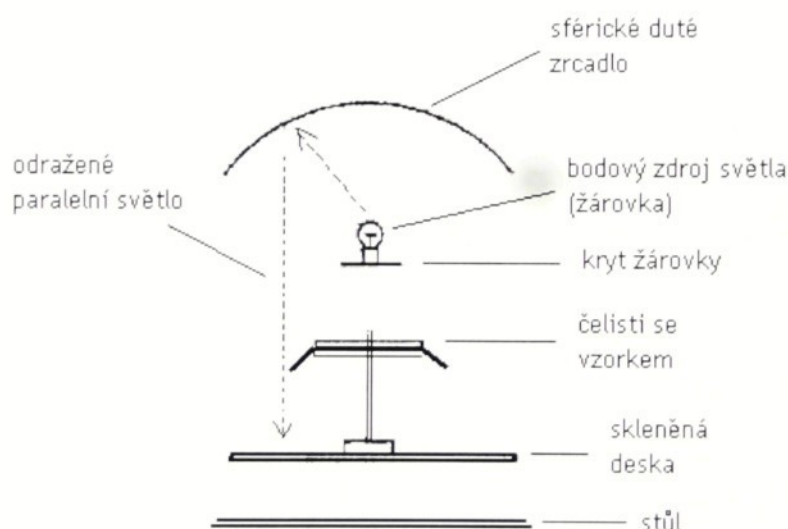
F.R.L. Drapometr je přístroj na měření splývavosti, který pracuje na principu průmětu vzorku. Průmět vzorku je získán paralelním světlem odraženým od sférického dutého zrcadla.



Obr. 4.3 Příklady zkoušených vzorků: a) detail uložení vzorku
b) průmět poddajné textilie
c) průmět tuhé textilie

Popis zařízení:

Přístroj se skládá ze dvou horizontálních čelistí stejného průměru (průměr 180mm), mezi které se vkládá kruhový zkušební vzorek plošné textilie o průměru 300mm. Část vzorku textilie, která není podepřena čelistí, se vlivem vlastní tíhy a gravitace deformuje. Tento přístroj je postaven na vodorovnou skleněnou desku. Bodový zdroj světla (žárovka) je umístěn v polovině vzdálenosti mezi horizontálními čelistmi a kulovým sférickým zrcadlem. Kulové zrcadlo slouží k vytvoření paralelního světla. Pod žárovkou musí být umístěn kryt, ab se světlo nedostávalo přímo k zařízení. Průmět splývajícího vzorku se promítne přes vodorovnou skleněnou desku. Obrys stínu se obkreslí na papír a plocha se zplanimetruje.



Obr. 4.4 Schéma zařízení F.R.L. Drapometru

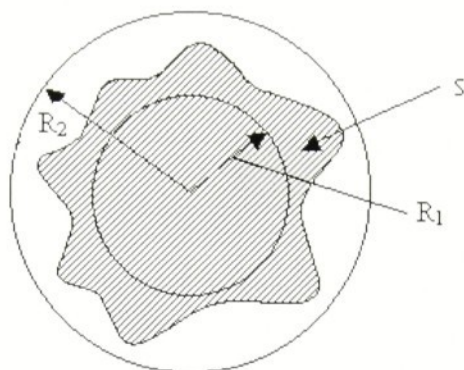
Koeficient splývavosti **DC** [%] se vypočítá podle vztahu:

$$\text{DC} = \frac{S - \pi R_1^2}{\pi R_2^2 - \pi R_1^2} \cdot 10^2 \text{ [%]} \quad [4]$$

kde S ... plocha stínu [mm^2]

R_1 ... poloměr čelistí (90 mm)

R_2 ... poloměr vzorku textilie (150 mm)



Obr. 4.5 Průmět splývající plošné textilie

Postup měření:

Horní disk čelisti se odejme. Vzorek plošné textilie se centrálně položí na spodní disk. Poté se zpět upevní horní disk a zapne světelný zdroj. Stín splývající textilie promítnutý na skleněnou desku se obkreslí na průsvitný papír. Splývavost vzorku se měří z líc i rubu, tzn. že vzorek se otočí opačnou stranou nahoru a měření se opakuje. Plocha stínu se stanoví planimetrováním a následně se vypočítá koeficient splývavosti **DC**.

Obvyklé hodnoty koeficientu splývavosti se pohybují od 30 % do 90 %. 30%ní splývavost mají lehké materiály a 90%ní splývavosti dosahují materiály tužší. Tuhé a netkané textilie mají koeficient okolo 95 %. Čím je hodnota koeficientu splývavosti vyšší, tím je textilie tužší a méně splývavá. [4]

4.2.3 Metoda měření splývavosti pomocí přístroje I.T.F. Drapeometru

Metoda měření splývavosti plošných textilií s použitím přístroje I.T.F.Drapeometra je v souladu s normou NF G 07-109 a byla vyvinuta pletářským střediskem při francouzském textilním institutu TROYES.

Princip metody:

Vzorek o průměru 250 mm se centrálně umístí mezi čelistmi o průměru 150 mm. Do splývavé polohy se vzorky uloží bez dotyku lidské ruky. Vzorkem se otáčí vždy o 1/16 otáčky a v horizontální rovině se měří okamžité poloměry. Z naměřených hodnot poloměrů se určí průměr.

Koeficient splývavosti F [%] se vypočítá podle vztahu:

$$F = \frac{S_c - S_j}{S_t - S_j} = \frac{\bar{d}^2 - d_j^2}{d_t^2 - d_j^2} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [6]$$

kde $\bar{d}$... střední průměr z naměřených průměrů [mm]

S_c ... plocha vypočítaná ze středního průměru $\bar{d}$ [mm²]

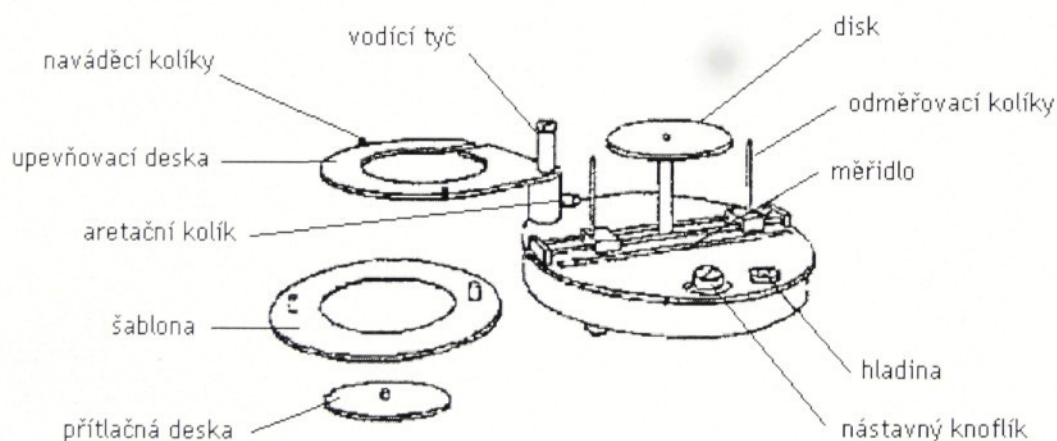
S_j ... plocha přitlačného disku [mm²]

d_j ... průměr přitlačného disku (150 mm)

S_t ... plocha měřeného vzorku [mm²]

d_t ... průměr měřeného vzorku (250 mm)

Popis zařízení:



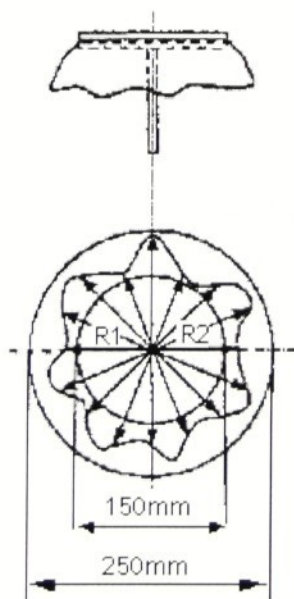
Obr. 4.6 Schéma zařízení I.T.F. Drapeometru

Měřicí přístroj se skládá z podstavce, který je postaven na třech nohách, pomocí nichž lze vyvážit hladinu. Nástavný knoflík slouží k pootočení disku o 1/16 otáčky. Na podstavci jsou umístěna dvě vedení, po nichž se posouvají dva odměřovací kolíky, s nimiž se nastavuje přesná pozice na měřítku. Upevňovací deska s vnějším rozměrem 250 mm se otáčí kolem osy vodící tyče. Hlavice se zařazuje pomocí aretačního knoflíku. Přítlačná deska o průměru 150 mm a šablona o průměru 250 mm slouží k přípravě vzorku. Dva naváděcí kolíky umístěné na upevňovací desce centrují šablonu a vzorek.

Postup měření:

Na plochý povrch textilie, která musí být v beznapětovém stavu, se přiloží šablona, nakreslí tvar vzorku a vystříhne nůžkami. Odměřovací kolíky měřicího přístroje se roztáhnou na maximum a povolí se aretační knoflík. Upevňovací deska se otočí do takové polohy, aby byla ve stejné výšce jako disk a v této pozici se zafixuje. Pomocí naváděcích kolíků se položí a vycentruje zkušební vzorek. Přítlačná deska se umístí dovnitř upevňovací desky. Otočením upevňovací desky mimo pole měření se vzorek uvede do splývavé polohy. Před začátkem měření se vyčká 15 minut.

Vlastní měření se skládá z posouvání odměřovacích kolíků do takové polohy, aby byly v těsném kontaktu se zkoumaným vzorkem. Na měřítku se odečte délka dvou ramen R_1 a R_2 , které náleží pozicím dvou odměřovacích kolíků. Pomocí nastavního knoflíku se vzorek pomalu posune o $1/16$ otáčky. Po zaznamenání všech hodnot se vždy příslušné hodnoty R_1 a R_2 sečtou. Ze všech hodnot průměrů splývajícího vzorku se poté vypočítá průměrná hodnota $\bar{d}$ a koeficient splývavosti F .



Obr. 4.7 Způsob měření splývajícího vzorku textilie

4.2.4 Měření splývavosti podle normy ČSN EN ISO 9073-9

Metoda je určena pro zjišťování koeficientu splývavosti netkaných textilií.

Princip metody:

Kruhový vzorek zkoušené textilie se umístí vodorovně mezi soustředné kotouče o průměru 180mm. Přechází část vzorku se vlivem vlastní tíhy a gravitace svěsí. Stín splývající textilie se přes duté zrcadlo promítne na papírový kruh, jehož hmotnost je známá a velikost odpovídá velikosti splývající části zkušební vzorku. Obrys stínu na papírovém kruhu se obkreslí, papír se vystřihne podél okrajů nakresleného obrysu a zjistí se hmotnost části, která představuje stín.

Koeficient splývavosti **D** [%] se vypočítá podle vztahu:

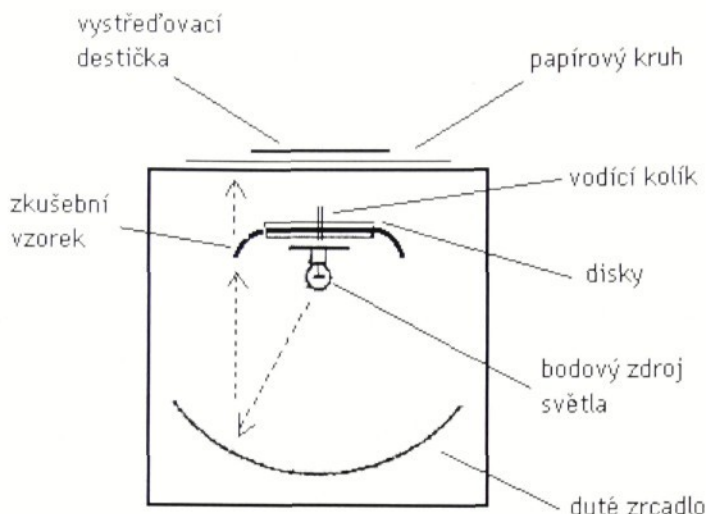
$$D = \frac{m_{sa}}{m_{pr}} \cdot 10^2 \text{ [%]} \quad [3]$$

kde m_{sa} ... hmotnost části papírového kruhu, která představuje stín [g]

m_{pr} ... hmotnost papírového kruhu [g]

Zkušební zařízení:

Zkušební zařízení představuje skříňový přístroj s průhledným víkem, který se skládá ze dvou vodorovných disků o průměru 180mm. Dolní kotouč je uprostřed opatřen vodícím kolíkem. Bodový zdroj světla je umístěn uprostřed pod kotouči a v ohnisku dutého zrcadla, které usměrňuje a odráží světlo kolem splývajícího vzorku na víko zařízení. Vystředovací destička na víku přístroje slouží k přidržování papírového kroužku v odpovídající poloze.



Obr. 4.8 Schéma zařízení podle normy ČSN EN ISO 9073-9

Volba průměru zkušebního vzorku:

Nejprve je nutno provést předběžnou zkoušku splývavosti se zkušebním vzorkem o průměru 300mm a vypočítat koeficient splývavosti pro tento průměr D_{30} . Má-li ovšem vzorek po uložení na spodní disk sklon prohýbat se po obou stranách přidržovacího kotouče v přímce, měření se neprovádí.

Je-li koeficient splývavosti v rozmezí 30 – 85%, použijí se při všech zkouškách zkušební vzorky o průměru 300mm.

Je-li koeficient splývavosti mimo toto rozmezí, musí se kromě zkoušky se vzorkem průměru 300mm provést další zkouška:

- pro poddajné textilie s koeficientem splývavosti $D_{30} < 30\%$ se použijí zkušební vzorky o průměru 240mm
- pro tuhé textilie s koeficientem splývavosti $D_{30} > 85\%$ se použijí zkušební vzorky o průměru 360mm.

Postup měření:

Zkoušená textilie musí být bez záhybů a nezmačkaná. Položí se na vodorovný povrch, pomocí šablony se zakreslí zkušební vzorky, označí se střed a vystřihnou.. Zkušební vzorek se položí na spodní disk tak, aby vodící kolík procházel středem vzorku. Přiloží se horní kotouč a přiklopí víko zkušebního přístroje s papírovým kruhem.

Po 30s se zapne světelný zdroj. Obrys stínu se obkreslí na papírový kruh a zaznamená počet záhybů splývající textilie. Papírový kruh se sejme, položí na váhu a zjistí se hmotnost m_{pr} . Poté se papírový kruh obstrihne podél okrajů obkresleného stínu. Plocha papírového kruhu představující stín se opět zváží. Získáme tak hmotnost m_{sa} . Celý postup se opakuje se stejným zkušebním vzorkem, ale s rubní stranou nahoře. Papírový kruh se musí použít nový. Celý postup se provádí ještě dvakrát, tzn. že se získá celkem šest měření od každého zkušebního vzorku. Pro každou z naměřených hodnot se vypočítá koeficient splývavosti **D** [%], dále průměrná hodnota koeficientu splývavosti pro lícni a rubní stranu a celková průměrná hodnota koeficientu splývavosti.

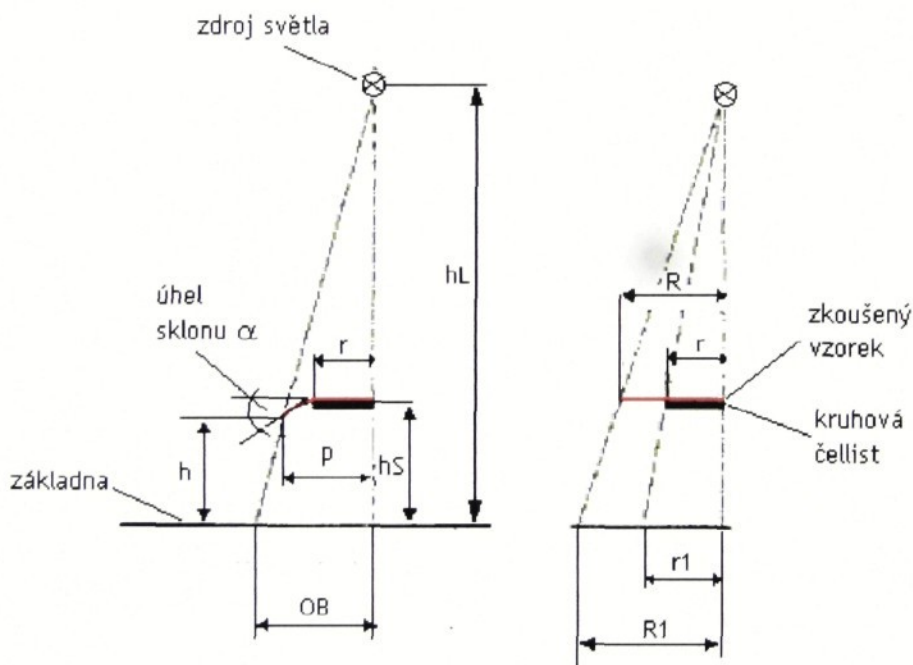
[3]

4.3 Nestandardní metody hodnocení splývavosti

4.3.1 Měření splývavosti použitím divergentního světla

Získání paralelního světla je poměrně obtížné. Vyžaduje přesné parabolické nebo kulové zrcadlo případně spojnou čočku poměrně velkých průměrů (nad 300 mm). Umístěním bodového zdroje světla (žárovky) do jejich ohniska dostaneme paralelní světlo. Alternativní metoda stanovení koeficientu splývavosti využívá rozbíhavého (divergentního) světla, jehož získání je mnohem jednodušší.

Princip metody:



Obr. 4.9 Schéma zařízení pro měření splývavosti s divergentním světlem

Ke zkoušce pro určení koeficientu splývavosti s použitím divergentního (rozbíhavého) světla je třeba zkušební zařízení, které se skládá ze zdroje světla (100 W žárovka zacloněná krytem s otvorem o velikosti 25mm) umístěného ve výšce $h_L = 2\text{ m}$ nad základnou a z kruhové čelisti o poloměru 90mm, umístěné ve výšce $h_S = 0,3\text{ m}$ nad základnou. Používají se vzorky o poloměru $R = 120, 150$ a 180 mm . Stín vzorku se promítá do roviny základny.

Průmět vzorku, získaný divergentním světlem, se proti skutečnému rozměru vzorku rovnoměrně zvětší pouze v případě, že se obrys vzorku bude nacházet v jedné

rovině. Tento předpoklad ovšem vyhovuje jen pro absolutně tuhé plošné textilie, které vrhají rovnoměrně zvětšený kruhový stín.

Výpočet koeficientu splývavosti vychází z podobnosti trojúhelníků. Poloměr vzorku r ku R je stejný jako r_1 ku R_1 a tedy i poměr ploch stínů je stejný. Za tohoto předpokladu je koeficient splývavosti měřený divergentním světlem $\mathbf{DC_D}$ stejný jako $\mathbf{DC_P}$ měřený paralelním světlem.

$$\mathbf{DC_P} = \mathbf{DC_D} = \frac{S - \Pi r^2}{\Pi R^2 - \Pi r^2} \cdot 10^2 = \frac{S_1 - \Pi r_1^2}{\Pi R_1^2 - \Pi r_1^2} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [7]$$

- kde S ... plocha stínu získaná paralelním světlem [mm^2]
 S_1 ... plocha stínu získaná divergentním světlem [mm^2]
 R ... poloměr měřeného vzorku [mm]
 R_1 ... poloměr průmětu měřeného vzorku [mm]
 r ... poloměr kruhové čelisti [mm]
 r_1 ... poloměr průmětu kruhové čelisti [mm]

Ve skutečnosti je však obrys splývajícího vzorku v různých rovinách. Koeficient splývavosti $\mathbf{DC_D}$ se pak vypočítá podle vztahu:

$$\mathbf{DC_D} = \frac{OB^2 - r_1^2}{R_1^2 - r_1^2} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [7]$$

- Kde OB ... poloměr průmětu splývajícího vzorku [mm]
 p ... povrchová šířka splývajícího vzorku [mm]

$$OB = \frac{p \cdot h_L}{h_L - h} \quad [\text{mm}] \quad [7]$$

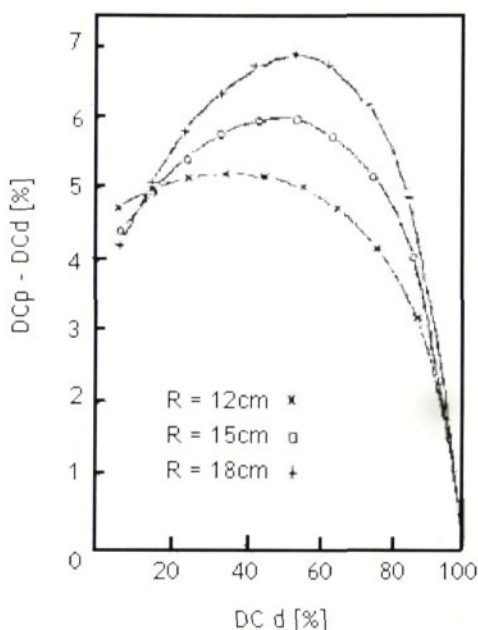
$$p = r + (R - r) \cdot \sin \alpha \quad [\text{mm}] \quad [7]$$

$$h = h_S - (R - r) \cdot \cos \alpha \quad [\text{mm}] \quad [7]$$

$$r_1 = \frac{r \cdot h_L}{h_L - h_S} \quad [\text{mm}] \quad [7]$$

$$R_I = \frac{R \cdot h_L}{h_L - h_S} \text{ [mm]} \quad [7]$$

Koeficient splývavosti DC_D lze upravit na DC_P přičítáním tzv. teoretického rozdílu, který byl získán na základě mnoha experimentálních měření. Obr.4.10 vyjadřuje závislost teoretického rozdílu $DC_P - DC_D$ na DC_D .



Obr. 4.10 Závislost teoretického rozdílu $DC_P - DC_D$ na DC_D

[7]

4.3.2 Metoda vážení

Plocha obrysu stínu splývajícího vzorku se obvykle planimetruje. Planimetrování je náročné na přesnost a proto musí být každé měření alespoň jednou opakováno. Alternativou může být stanovení koeficientu splývavosti metodou vážení. Metoda spočívá ve vážení papíru, na který je stín splývajícího vzorku zakreslen.

Princip metody:

Kruh papíru poloměru $R=150\text{mm}$ se umístí středem na testovací zařízení. Obkreslí se na něj obrys stínu splývajícího vzorku získaný paralelním světlem.

Hmotnost W_1 kruhu papíru se určí vážením. Následně se papír podle obrysu stínu vystříhne. Část papíru představující plochu stínu S se zváží a hmotnost označí jako W_2 .

Koeficient splývavosti **DC** [%] se vypočítá podle vztahu:

$$\mathbf{DC} = \frac{Sw - \Pi r^2 w}{\Pi R^2 w - \Pi r^2 w} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [7]$$

kde w ... plošná hmotnost papíru [gm^{-2}]

S ... plocha stínu [m^2]

R ... poloměr papírového kruhu (150mm, tj. 0,15m)

r ... poloměr čelisti (90mm, tj. 0,09m)

W_2 ... hmotnost zastíněné plochy papíru $W_2 = S \cdot w$ [g]

W_1 ... celková hmotnost papíru $W_1 = \Pi R^2 w$ [g]

Hmotnost papíru představující plochu čelisti $\Pi r^2 w = \frac{r^2}{R^2} W_1$ [g]

$$\mathbf{DC} = \frac{W_2 - \frac{r^2}{R^2} W_1}{W_1 - \frac{r^2}{R^2} W_1} \cdot 10^2 = \frac{\frac{W_2}{W_1} - \frac{r^2}{R^2}}{1 - \frac{r^2}{R^2}} \cdot 10^2 \quad [\%] \quad [7]$$

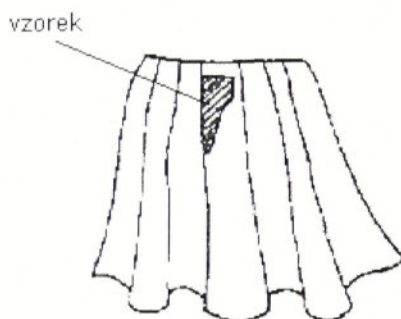
[7]

4.3.3 Měření splývavosti dynamicky

Dosud popsané metody měření splývavosti jsou založeny na centrálně uloženém kruhovém vzorku plošné textilie, která vlivem gravitace volně splývá dolů a na které se vytváří vlny (záhyby). Měření splývavosti dynamicky přináší nový přístup k hodnocení splývavosti, studuje ohybový mechanismus splývající textilie.

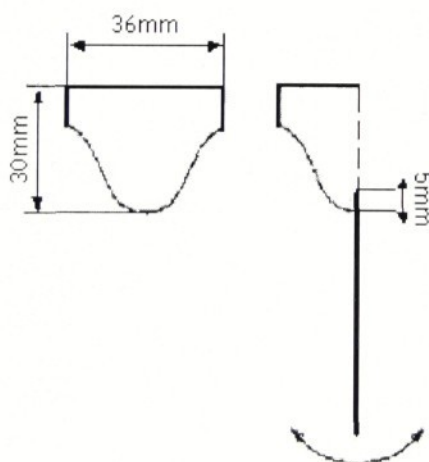
Princip metody:

Vybere se jeden ze záhybů, které se vytvoří na splývající textilií. Nakreslí se dvě paralelní čáry po stranách „výklenků“ a tvar, respektive zakřivení záhybu, se mezi čáry zakreslí.



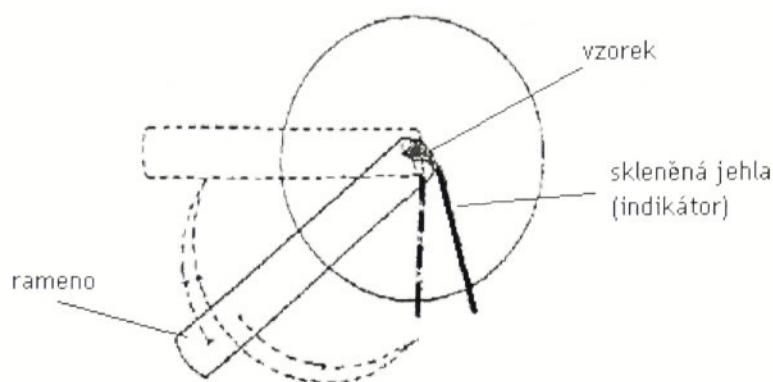
Obr. 4.11 Odběr vzorku pro měření splývavosti dynamicky

Rozměry a úprava vzorků jsou znázorněny na Obr.4.12. Protože je nutné napodobit účinek ohybu plošné textilie vlastní vahou, upevní se pomocí kousku lepicí pásky ve vzdálenosti 5mm od spodního konce vzorku skleněná jehla předurčené hmotnosti, která slouží jako indikátor (ručička).



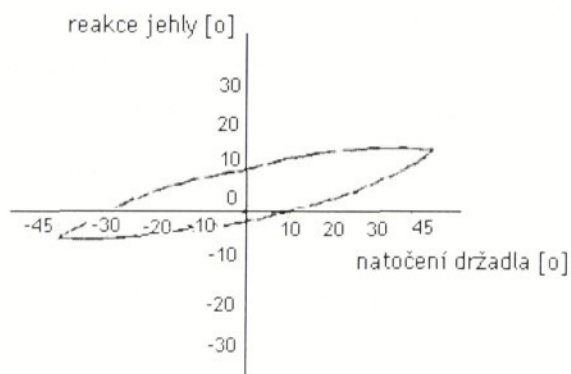
Obr. 4.12 Rozměry a úprava vzorku před měřením

Vzorek se vertikálně upne do svorky ramene měřicího zařízení. Ramen se otáčí po krocích 5° , od 0° do 45° , od 45° do -45° a zpět do 45° .



Obr. 4.13 Schéma zařízení pro měření splývavosti dynamicky

Reakce vzorku je snímána pomocí jehly a úhломěru. Naměřené hodnoty se zaznamenají do grafu jako závislost polohy jehly na úhlu natočení ramene. Výsledkem měření je hysterezní křivka, která slouží pro hodnocení splývavosti.



Obr. 4.14 Výsledná hysterezní křivka

[8]

4.3.4 Měření rotačního koeficientu splývavosti

Metoda spočívá v měření koeficientu splývavosti kruhového vzorku textilie, který rotuje stanoveným počtem otáček za minutu.

Postup zkoušky:

Pro experiment [9] byl zkonstruován měřicí přístroj složený z otočné podpěrné čelisti, která může v obou směrech rotovat rychlostí 0 až 240ot/min.

Vzorek rotující splývající textilie byl snímán kamerou a obraz průřezu zpracován a vyhodnocen pomocí obrazové analýzy.

Autoři sledovali vztah mezi koeficientem splývavosti **DC** a počtem otáček. Během experimentu analyzovali tři oblasti podle počtu otáček vzorku.

1. oblast (do 40ot/min)

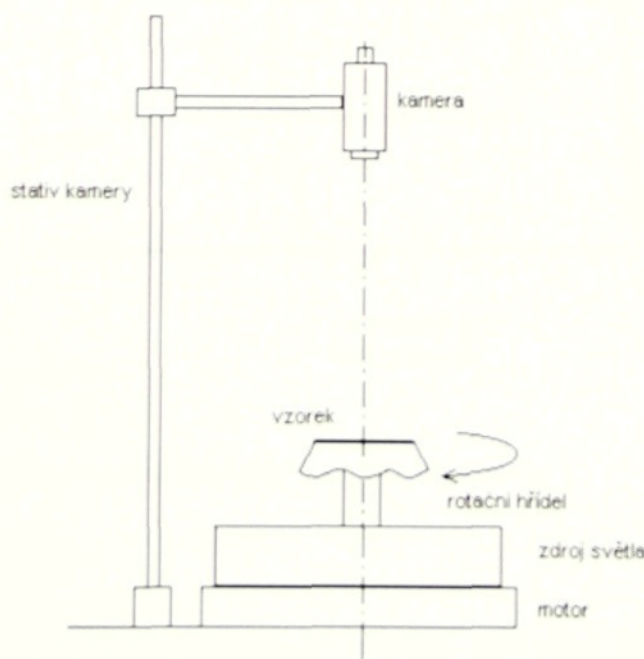
Hodnota koeficientu splývavosti se téměř shodovala s hodnotou koeficientu splývavosti měřeného v klidovém stavu.

2. oblast (50 až 130ot/min)

Hodnota koeficientu splývavosti se od hodnoty koeficientu splývavosti měřeného v klidovém stavu (static drape coefficient) **D_s** lišila. Mezi koeficientem splývavosti a počtem otáček byla nalezena lineární závislost. Pro tuto oblast byl definován rotační přírůstkový koeficient splývavosti (revolving drape-increase coefficient) **D_R**, který představuje míru změny koeficientu splývavosti v závislosti na změně počtu otáček.

3. oblast (nad 180ot/min)

S dalším zvyšováním počtu otáček, se hodnota koeficientu splývavosti od hodnoty koeficientu splývavosti měřeného v klidovém stavu, lišila jen mírně. Pro tuto oblast byl definován rotační koeficient splývavosti (revolving drape coefficient) **D₂₀₀** pro přesně stanovený počet otáček (200ot/min).



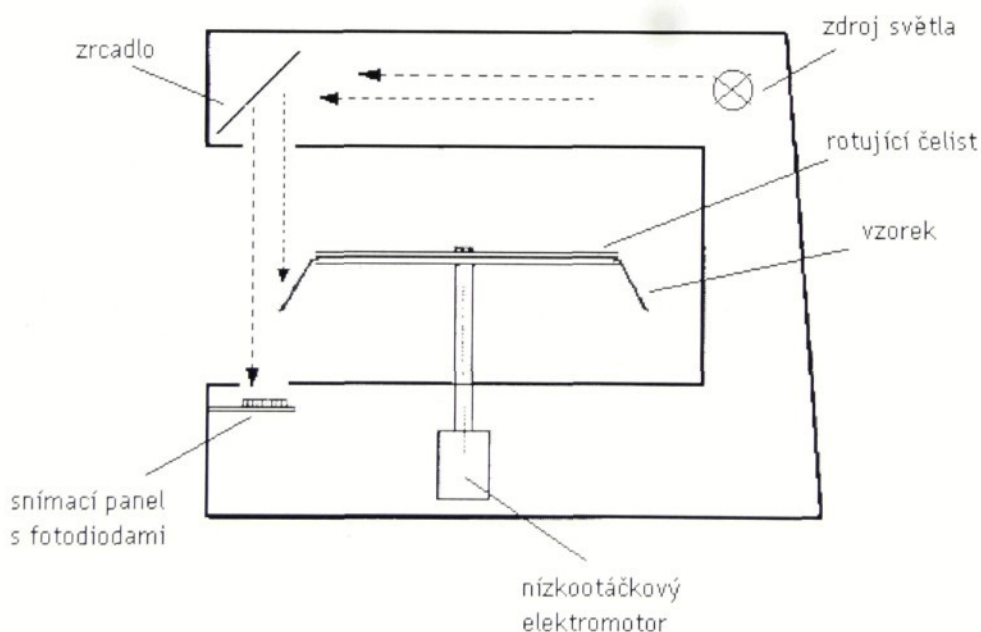
Obr. 4.15 Schéma zařízení pro měření rotačního koeficientu splývavosti

4.3.5 Měření podle Hanuse

Metoda vychází z normy ČSN 80 0835. Kontinuálně se měří půdorysná vzdálenost okraje splývajícího vzorku od středu rotující čelisti. Vzorek zkoušené textilie se pohybuje spolu s otočnou čelistí. Vyhodnocení plochy splývající textilie se provádí elektronicky.

Popis zařízení:

Zařízení je zhotoveno z kovové konstrukce. V její spodní části je umístěn nízkootáčkový motor. Na hřídeli motoru jsou upevněny dva disky (čelisti) z plexiskla průměru 180mm. Ve spodní části přístroje se dále nachází panel s devíti fotodiodami. Panel je od osy čelistí umístěn ve vzdálenosti 110mm a jeho délka je 40mm. V horní části přístroje se nachází zdroj světla a zrcadlo, které světelný paprsek odráží. Paprsek světla prochází otvorem, který se nachází přesně naproti panelu s fotodiodami.



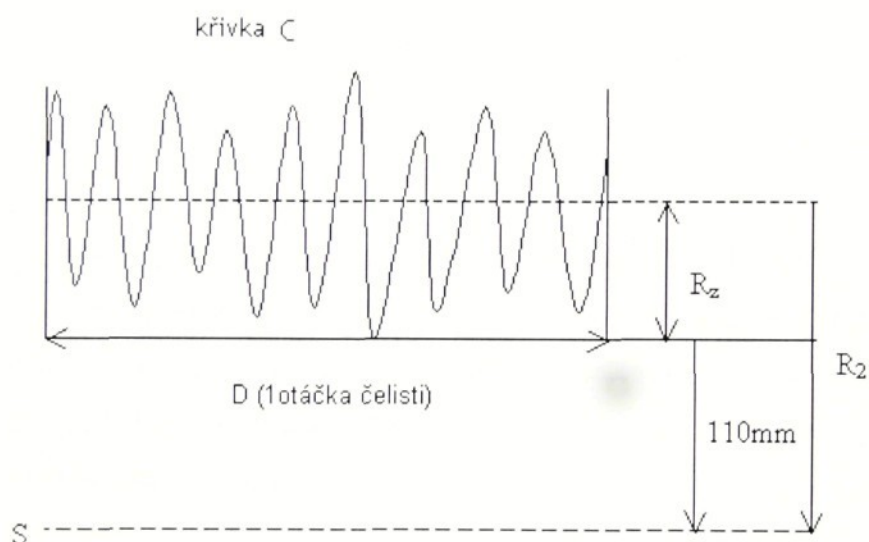
Obr. 4.16 Schéma zařízení pro měření splývavosti podle Hanuse

Postup měření:

Kruhový vzorek o průměru 300mm se centrálně upne mezi dvě čelisti, jejichž rotace je zajištěna nízkootáčkovým motorem. Vzorek se shora osvětlí paprskem světla. Rotující splývající vzorek zasahuje do světelného pole a zabraňuje tak průniku světla.

Světelné paprsky, které projdou kolem splývajícího vzorku, zařazují v činnost určitý počet fotodiód. Fotodiody přenášejí elektrický signál na čidla zapisovače.

Výsledkem je grafický záznam závislosti signálu na otočení čelisti. Ze záznamu se určuje střední poloměr R_2 jako střed amplitudy signálu. Z tohoto poloměru je pak možné vypočítat plochu průmětu splývajícího vzorku.



Obr. 4.17 Grafický záznam jedné otáčky čelisti se vzorkem

Poloměr křivky grafického záznamu R_Z [mm] :

$$R_Z = \frac{C}{D} \quad [\text{mm}] \quad [10]$$

kde C ... plocha pod křivkou grafického záznamu, zjišťuje se planimetrováním [mm^2]
 D ... délka jedné otáčky čelisti [mm]

Střední poloměr splývajícího vzorku R_2 [mm] :

$$R_2 = R_Z + 110 \quad [\text{mm}] \quad [10]$$

Splývavost x [%] podle ČSN se pak počítá podle vztahu:

$$x = \frac{\pi R_3^2 - \pi R_2^2}{\pi R_3^2 - \pi R_1^2} \cdot 10^2 \text{ [%]} \quad [10]$$

kde R_1 ... poloměr čelisti (90mm)

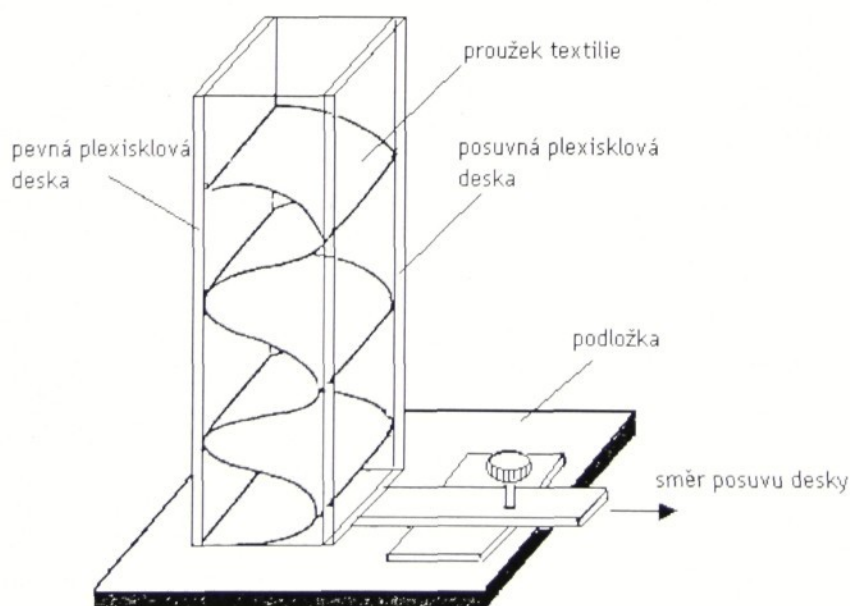
R_2 ... střední poloměr splývajícího vzorku [mm]

R_3 ... poloměr vzorku (150mm)

[10]

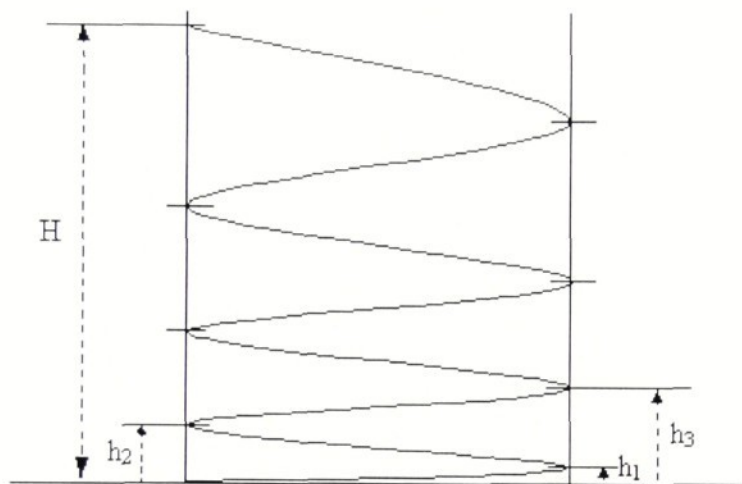
4.3.6 Měření podle L. Sodomky

Splývavost se zkouší na proužku textilie o rozměrech 45×220 mm, který je volně vložen do měřicího přístroje. Přístroj se skládá ze dvou desek z plexiskla připevněných kolmo na podložku. Citlivost měření je dána vzdáleností plexisklových desek. Posouváním desek se zjistí, která vzdálenost je pro daný typ materiálu nejvhodnější (např. pro měření tkanin 15mm).



Obr. 4.18 Schéma zařízení pro měření splývavosti podle Sodomky

Vzorek se po vložení mezi desky vlivem vlastní tíhy zvlní. Křivka zvlněného vzorku se zakreslí na papír a odečte se hodnota H , tj. konečná výška zvlněného vzorku, a také všechny hodnoty h_i , tj. výšky, v nichž se vzorek dotýká stěn kvádrů.



Obr. 4.19 Schéma zvlněného vzorku

Splývavost se popisuje součinitelem splývavosti S . Čím je jeho hodnota vyšší, tím je textilie splývavější.

Součinitel splývavosti S [1] se vypočítá podle vztahu:

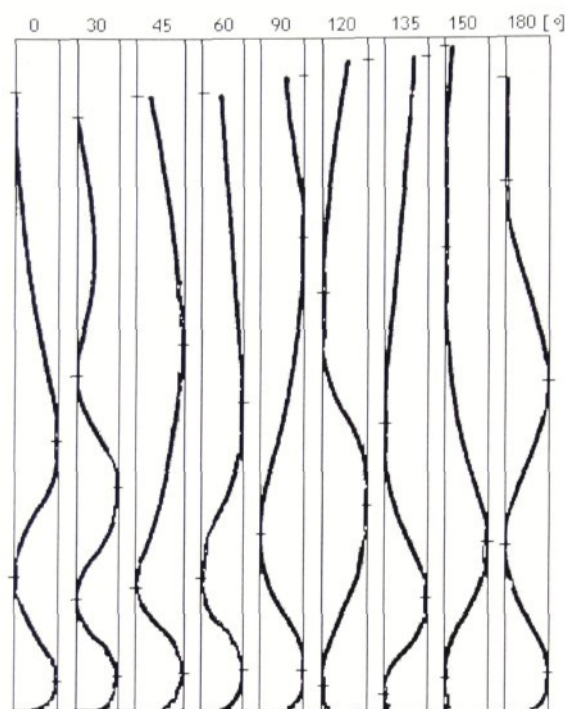
$$S = 1 - \frac{H}{L} \quad [1] \quad [11]$$

kde L ... délka vzorku [mm]

H ... výška zvlněného vzorku [mm]

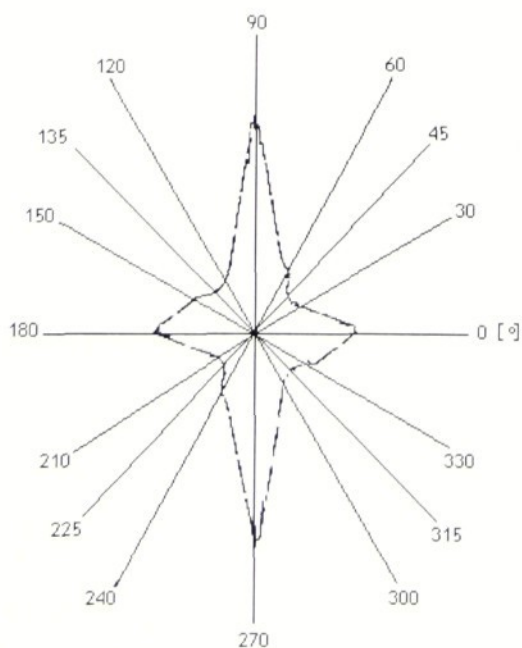
Jestliže proužky plošné textilie nastříháme v různých směrech můžeme tímto způsobem sledovat anizotropii materiálu.

[11]



Obr. 4.20 Příklad tvaru křivek zvlněné textilie

Protáhlý tvar polárního diagramu, do nějž byly vyneseny hodnoty součinitele splývavosti zjištěné v jednotlivých směrech textilie, ukazuje, že splývavost je opravdu anizotropní vlastnost.



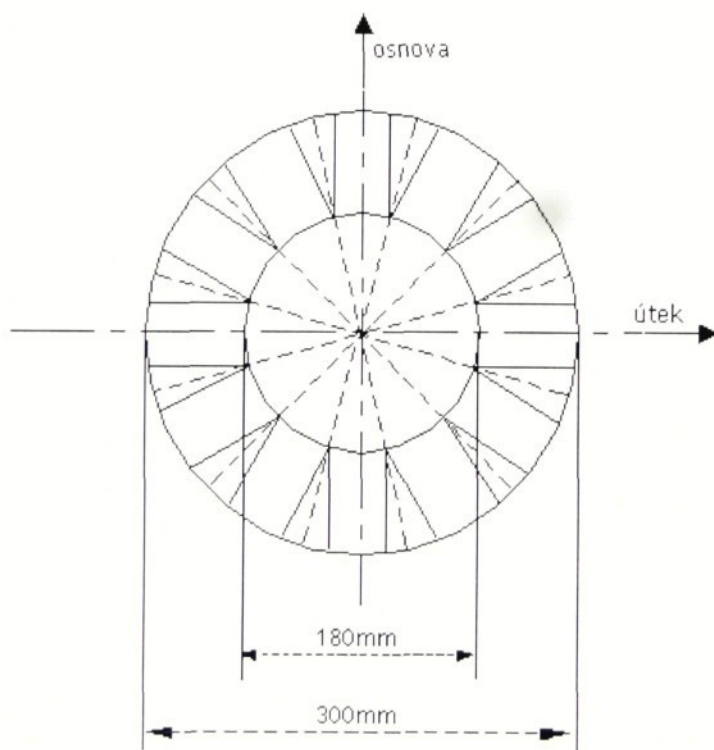
Obr. 4.21 Součinitel splývavosti v polárním diagramu

[11,12]

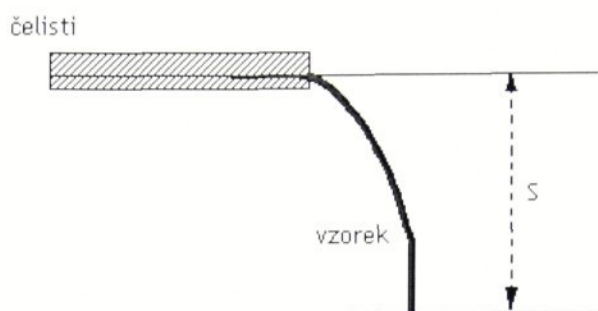
4.3.7 Měření metodou rozstříhaných okrajů

Pro měření hloubky převisu se použije kruhový vzorek průměru 300mm s okraji rozstříhanými na proužky. Vzorek se umístí do kruhových čelistí průměru 180 mm.

Volný prstenec vzorku se nejprve rozstříhá na 12 stejných segmentů (vyznačeno přerušovanou čarou). U každého segmentu se změří hloubka převisu S jako vertikální vzdálenost dolního okraje segmentu od čelisti. Následně se tyto segmenty upraví na pravoúhlé proužky (vyznačeno plnou čarou) a znovu se stejným způsobem změří hloubka převisu S' .



Obr. 4.22 Způsob rozstřihání vzorku



Obr. 4.23 Měření hloubky převisu S

Splývavost S_p , S'_p v daném směru se počítá jako poměr hloubky převisu ku skutečné délce segmentu:

$$S_p = \frac{S}{L} [1] \quad S'_p = \frac{S'}{L} [1] \quad [12]$$

kde $S, S' \dots$ hloubka převisu [mm]

$L \dots$ skutečná délka segmentu [mm]

Součinitel splývavosti S_p , S'_p nabývá hodnot od 0 do 1. Čím je jeho hodnota vyšší, tím je materiál splývavější.

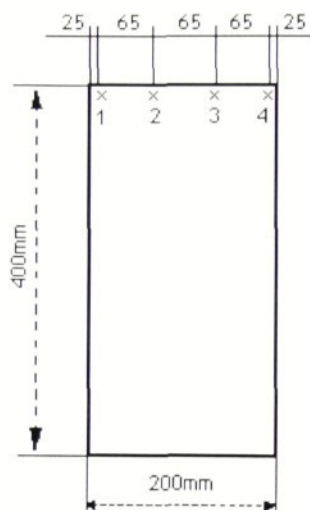
[12]

4.3.8 Metoda B.J.Jevdokimova a A.K. Bucharoveje

Měření splývavosti podle této metody je poměrně jednoduché a nevyžaduje speciální zařízení.

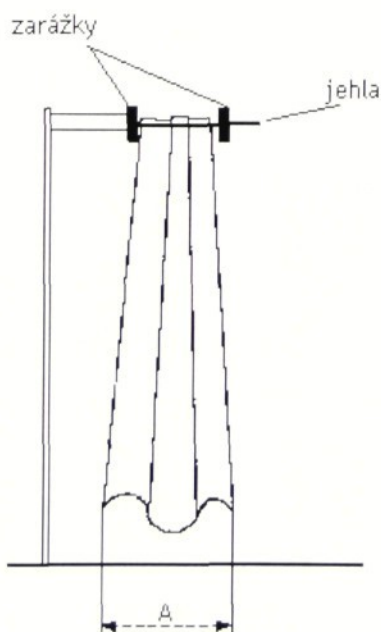
Princip zkoušky:

Na obdelníkovém vzorku o rozměrech 400x200 mm se naznačí body 1 až 4 dle schématu (Obr.4.24). Vzorek plošné textilie se v místě označených bodů napíchne na jehlu.



Obr. 4.24 Schéma vzorku s naznačenými body

Získají se tři záhyby, které se urovňají tak, aby jeden z nich byl otevřen směrem k pozorovateli. Poté se vzorek sevře mezi zarážky. Po 30 minutách se změří hodnota **A**. Splývavost se posuzuje ve směru osnovy i útku.



Obr. 4.25 Princip metody podle B.J.Jevdokimova a A.K. Bucharoveje

Splývavost plošné textilie D_A [%] se vypočítá podle vztahu:

$$D_A = \frac{(200 - A)}{200} \cdot 10^2 \text{ [%]} \quad [13]$$

kde A ...šířka rozestoupeného vzorku [mm]

Čím méně textilie splývá, tím více se vzorek směrem k dolní části rozšiřuje. Poddajné textilie visí bez rozšíření směrem k dolní části.

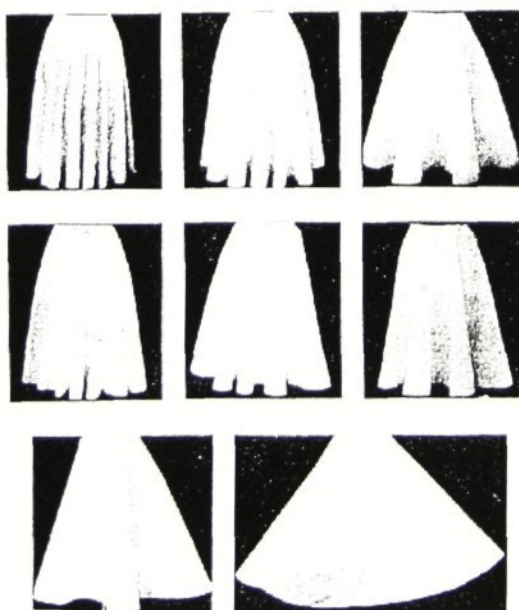
[13]

4.3.9 Subjektivní hodnocení splývavosti

Pohled jedinců na splývavost textilie se snaží zachytit metoda subjektivního hodnocení splývavosti. V práci [4] je popsáno provedení a statistické vyhodnocení testů založených na porovnávání splývajících textilií a míra korelace mezi subjektivním a objektivním hodnocením splývavosti.

Postup zkoušky:

Skupině pozorovatelů byli předloženy „sukně ” (bílé kruhové vzorky různě splývajících textilií, upevněné na stojanech tak, aby jim byl dodán vzhled sukni) případně jejich fotografie.



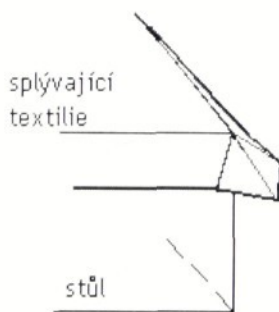
Obr. 4.26 Vzorky „sukní“ pro subjektivní hodnocení splývavosti

Pozorovatelé odpovídali na dvě otázky: „Která textilie splývá nejvíce?“ a „Kterou ze splývajících „sukní“ preferují?“.

Srovnání subjektivního hodnocení s objektivními testy ukázalo, že existuje určitá závislost mezi subjektivním hodnocením a objektivně naměřeným koeficientem splývavosti **DC**, protože „sukně“ s vysokým **DC** byly pozorovateli skutečně označeny jako méně splývavé. Dále bylo zjištěno, že nejčastěji preferovaná splývavost závisí na aktuální módě a individuálním vkusu. [4]

4.3.10 Měření splývavosti ohybem přes ostrý roh

Metoda je založena na ohybu textilního materiálu přes ostrý roh horizontální roviny (stolu). Splývající textilie vytváří hranu, jejíž odklon od roviny stolu je do značné míry závislý na vlastnostech textilie - složení, struktuře, ohybové a smykové tuhosti. Tato metoda je nenákladná, rychlá.

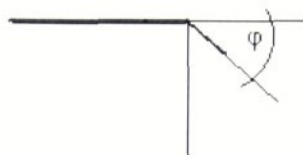


Obr. 4.27 Vznik splývavé hrany

Postup zkoušky:

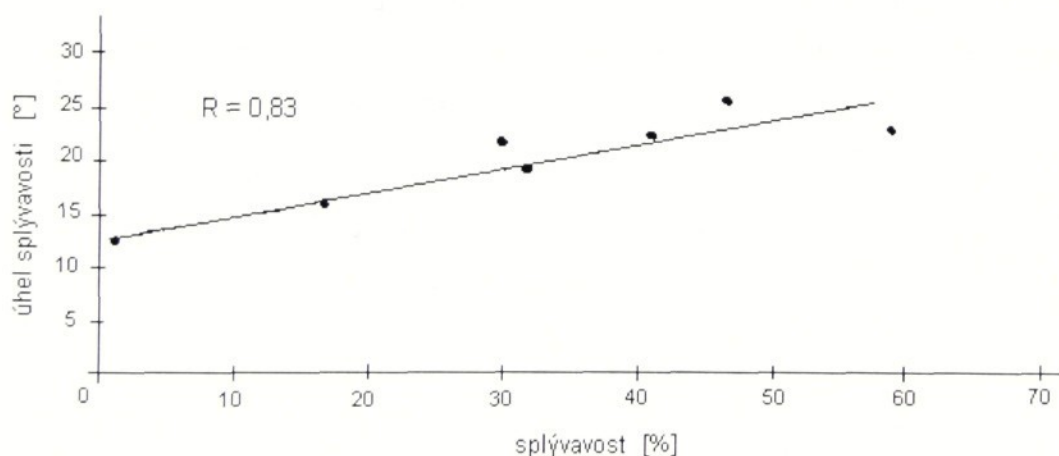
Měření začíná vystřížením vzorku textilního materiálu o rozměrech 150x150mm, umístěním na horizontální plochu a vysunutím 40mm směrem k ostré pravoúhlé hraně tak, aby její okraje byly rovnoběžné s okrajem stolu. Textilie se deformuje přes ostrý roh. Vytvoří rovnou splývací hranu, jejíž sklon ϕ proti horizontále se měří.

Hodnota $\sin \phi$ ($0,1$) označená jako **DA** (Drape Angle) pak charakterizuje stupeň splývavosti textilie.



Obr. 4.28 Určení sklonu hrany (úhlu φ) splývající textilie

Pro potvrzení korelace mezi metodou měření úhlu splývavosti φ a klasickým měřením splývavosti x bylo navrženým postupem testováno osm textilií odlišného materiálového složení a různé plošné hmotnosti. Výsledky z jednotlivých měření byly zaznamenány graficky (Obr.4.29) jako závislosti úhlu splývavosti φ na splývavosti x .



Obr. 4.29 Závislost úhlu splývavosti φ na splývavosti textilie x

Korelační koeficient přesáhl hodnotu 0,8. Tento příznivý výsledek by mohl vést k navržení jednoduchého postupu, který umožní určit splývavost jakékoli textilie, bez nutnosti vystříhovat vzorek.

[14]

4.3.11 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy

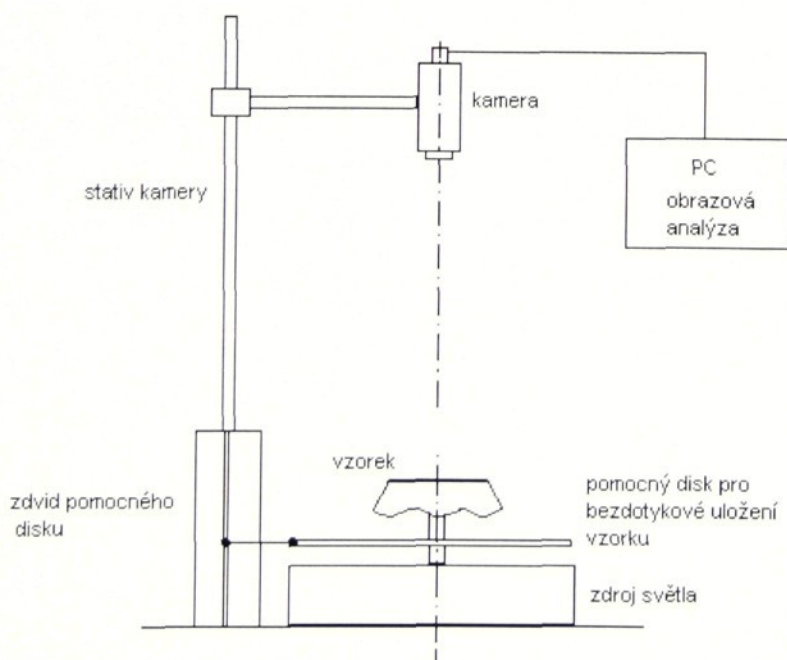
Metoda měření splývavosti pomocí obrazové analýzy je rychlá, přesná a umožňuje mnohonásobná měření. Vychází z normy ČSN 80 0835.

Zařízení pro měření splývavosti se skládá z konvenčního drapometru, kamery a počítače vybaveného systémem obrazové analýzy.

Princip metody:

Vzorek textilie se připraví standardním způsobem a soustředně se umístí na podpěrný disk. Pomocí kamery, která je umístěna nad splývajícím vzorkem a obrazové analýzy je obraz převáděn do digitální podoby. Před začátkem měření je nutno systém nakalibrovat, aby byl předmětům přiřazen reálný rozměr, dále musí být zvoleny měřené příznaky a velikost měřicího rámečku.

Vlastní měření začíná snímáním. Sejmутý barevný obraz je nejprve převeden do šedé stupnice a poté funkcí Prahování (volba horní a dolní meze RGBsložek) do binárního (černobílého) obrazu. Během Prahování mohou vzniknout nečistoty, které je nutno odstranit příkazy Vyčištění nebo Zaplnění děr. Příkazem Změřit příznaky polí proběhne měření plochy průmětu vzorku. Výsledná data se uloží nebo exportují do vhodného editoru a provede se výpočet splývavosti x [%].



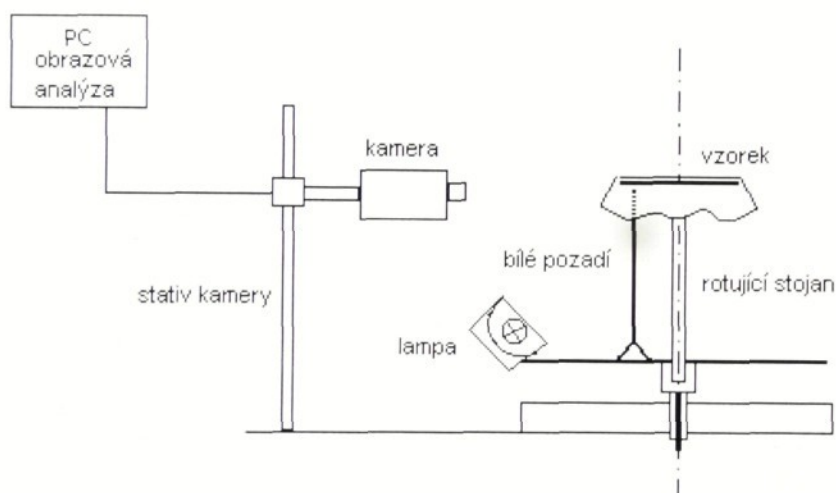
Obr. 4.30 Schéma zařízení pro měření splývavosti pomocí obrazové analýzy

[21]

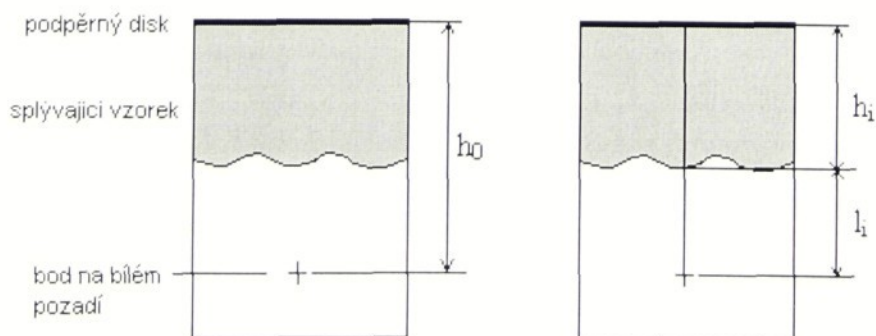
4.3.12 Měření hloubky převisu

V experimentu [22] je popsáno využití obrazové analýzy pro měření hloubky převisu v závislosti na úhlu otočení vzorku.

Hloubka převisu splývajícího vzorku je zde definována jako vertikální vzdálenost okraje splývajícího vzorku od okraje podpěrné čelisti na níž je vzorek umístěn. Rozměry, tvar vzorku i podpěrný disk odpovídají normě ČSN 80 0835. Disk je umístěn na otočném stojanu, doplněn bílým pozadím se značkou umístěnou ve známé hloubce h_0 ($h_0 > h$) a lampou.



Obr. 4.31 Měření hloubky převisu pomocí obrazové analýzy



Obr. 4.32 Princip měření hloubky převisu pomocí obrazové analýzy

Princip zkoušky:

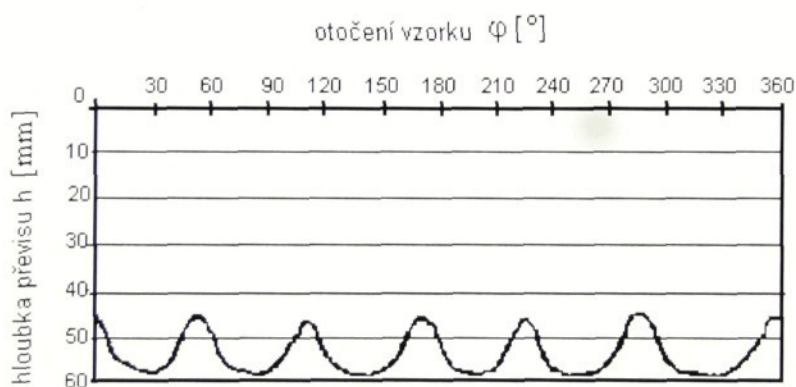
Stojan se vzorkem se otáčí po 5° . Vzorek se po každém pootočení snímá kamerou. Pro každý vzorek tak vznikne sekvence 72 snímků. Hloubka pozadí l_i se pomocí obrazové analýzy měří jako rozdíl délky h_0 a délky pozadí segmentovaného obrazu.

Hloubka převisu h_i [mm] se vypočítá podle vzorce:

$$h_i = h_0 - l_i \text{ [mm]} \quad [22]$$

kde h_0 ... délka na bílém pozadí [mm]

l_i ... hloubka pozadí [mm]



Obr. 4.33 Příklad průběhu závislosti hloubky převisu h na úhlu pootočení φ

[22]

4.4 Využitelnost metod při hodnocení splývavosti

Při hodnocení splývavosti plošných textilií je vhodné vycházet ze standardních metod, které jsou schváleny normou.

Hodnocení splývavosti:

Označení metody	Hodnocení splývavosti		
	k. spl.	počet vln	hl. převisu
ČSN 80 0835	x [%]	-	-
F.L.R. Drapemetr	DC [%]	-	-
I.T.F. Drepeometr	F [%]	-	-
ČSN EN ISO 9073-9	D [%]	ano	-
Měření pomocí obrazové analýzy	x [%]	ano	ano

(k.spl. – koeficient splývavosti, hl. převisu – hloubka převisu)

Splývavost plošných textilií se u těchto metod hodnotí prostřednictvím definovaného koeficientu, jehož výpočet vychází z plochy průmětu vzorku splývající textilie.

Obrys průmětu vzorku se u metody měření splývavosti podle normy ČSN i podle metody F.L.R.Drapemetr obkresluje ručně a jeho plocha se určuje planimetrováním. Do měření je tak zanesena chyba související s lidským faktorem. Výpočet koeficientů splývavosti v jednotlivých metodách se sice liší, ale s použitím jednoduchého přepočtu ($x = 100 - DC$) je lze navzájem porovnat.

Metoda hodnocení splývavosti podle normy ČSN stejně jako metoda F.L.R.Drapemetr nepopisuje komplexně chování splývající textilie - tvar průmětu, tj. tvar, rozměr a počet vln. Zanedbává třetí rozměr splývající textilie.

Koeficient splývavosti **F** je stanoven použitím odlišných průměrů čelistí a vzorků a nelze jej tedy se standardním koeficientem splývavosti **DC** srovnávat.

Koeficient splývavosti **D** se určuje jako procentuální hmotnostní podíl části papírového kruhu, který představuje stín splývající textilie a proto jej také nelze se standardním koeficientem splývavosti **DC** porovnat. Přestože se u této metody navíc zaznamenává počet vln splývající textilie, není popis chování splývající textilie kompletní.

Využití obrazové analýzy při hodnocení splývavosti textilií podle normy ČSN 80 0835 umožňuje zvýšení přesnosti a rychlosti v měření plochy stínu splývající textilie.

Systém umožňuje zdokumentovat tvar průmětu – binární obraz. Obrazovou analýzu lze dále využít pro měření hloubky převisu v závislosti na pootočení vzorku. Z výsledné grafické závislosti je možné stanovit počet vln a sledovat hloubku převisu a frekvenci „vlnění“. Tyto parametry mohou sloužit pro komplexnější popis a hodnocení splývavosti.

Nestandardní metody lze využít jako vhodné doplnění, jelikož mohou přinést nové informace o vlastnostech a chování splývající textilie.

5. Návrh alternativní metody hodnocení splývavosti

Navržená metoda hodnocení splývavosti umožňuje zaznamenat prostorovou podobu plošné textilie. 3D model splývající textilie, vytvořený z 2D vrstevnic pomocí software Matlab, poskytuje komplexní popis – zachycuje rozměry, tvar a počet vln, hloubku a úhel převisu v jakémkoli místě po obvodu vzorku.

5.1 Princip metody

Vzorek textilie (tvar a rozměry) se připravuje a klimatizuje standardně podle normy ČSN 80 0835 – Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem. Vzorek se soustředně uloží mezi čelisti. Spuštěním podpěrného disku se bezdotykově uvede do splývavé polohy. Prostřednictvím kamery umístěné nad splývajícím vzorkem a systému obrazové analýzy je obraz převáděn do digitální podoby. Před vlastním měřením je nutno systém nakalibrovat, aby byl předmětům přiřazen reálný rozměr. Na přesnosti kalibrace závisí přesnost měření. Dále musí být zvoleny měřené příznaky (pro měření splývavosti příznak Area-plocha průmětu vzorku) a velikost měřicího rámečku.

Vlastní měření začíná vyhodnocením splývavosti x , jejíž hodnota slouží k orientačnímu zařazení zkoušené textilie mezi více či méně splývavé. Splývavost x se počítá z plochy, která byla zjištěna snímáním a měřením průmětu zkoušeného vzorku.

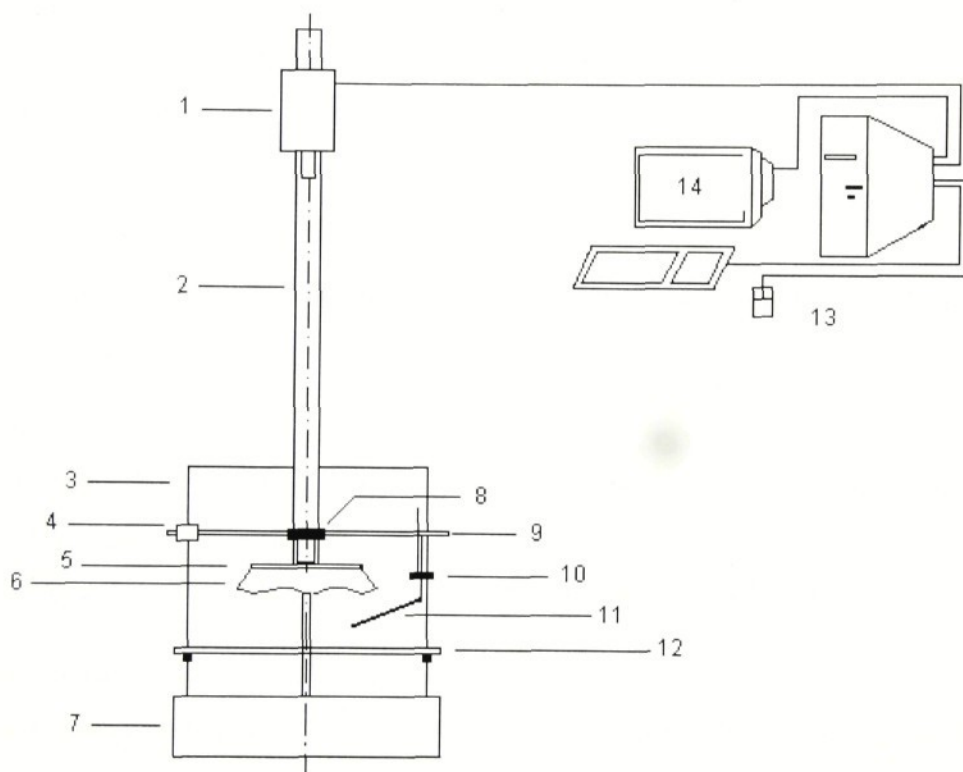
Dalším krokem je snímání vrstevnic splývajícího vzorku ve stanovených hloubkách. Zařízení se doplní otočným ramenem s nastavitelnou laserovou diodou a zrcadlem, které slouží k získání vrstevnic u velmi splývavých materiálů. Snímání se provádí v naprosté tmě, aby kamera zachytila na textilií pouze body osvětlené světlem laserové diody, která rotuje kolem vzorku. Po nasnímání dané vrstevnice se poloha diody přestaví a měření se opakuje. Vrstevnice se ukládají do pracovního adresáře software Matlab.

Spuštěním příslušného programu vytvořeného v software Matlab dojde k načtení nasnímaných vrstevnic a vykreslení 3D modelu splývající textilie. Model zachycuje přesný tvar a rozměry vzorku. Pomocí funkce rotace lze model sledovat z různých úhlů a změnou příslušných příkazů volit způsob vykreslení a typ barevné mapy.

Aplikací dalších podprogramů je možné provést řez modelem ve zvolené horizontální či vertikální rovině a vyhodnotit v daném místě hloubku a úhel převisu.

5.2 Uspořádání měřicího zařízení

Zařízení pro hodnocení splývavosti textilií podle navržené metody se skládá ze standardního drapometru doplněného otočným ramenem s nastavitelnou laserovou diodou a zrcadlem, dále digitální kamerou a počítačem vybaveným systémem obrazové analýzy Lucia a software Matlab.



Legenda:

- | | |
|----|--|
| 1 | kamera |
| 2 | stativ kamery |
| 3 | zdvih podpěrného disku |
| 4 | vyvažovací závaží |
| 5 | stojan |
| 6 | vzorek textilie |
| 7 | zdroj světla |
| 8 | zdroj laserové diody |
| 9 | otočné rameno |
| 10 | laserová dioda |
| 11 | přídavné rameno se zrcadlem |
| 12 | podpěrný disk pro bezdotykové uložení vzorku |
| 13 | pracoviště zpracování obrazu |
| 14 | software vybavení |

Obr. 5.1 Schéma uspořádání zařízení pro navrženou metodu

Digitální kamera NIKON DXM 1200

Přenáší živý obraz do systému obrazové analýzy. Je umístěna na stativu a její objektiv je zaostřen na vzorek textilie.

Stativ kamery

Skládá se z vertikální tyče, na které je posuvně uložen držák kamery umožňující měnit vzdálenost kamery od vzorku.

Zdvih podpěrného disku

Zajišťuje posuv podpěrného disku.

Vyvažovací závaží

Má za úkol vyrovnávat hmotnost laserové diody a zrcadla umístěného na protější straně otočného ramene.

Stojan

Je složen z tyče a dvou vodorovných čelistí. Čelisti mají tvar kruhových disků průměru 180mm. Spodní disk je pevný. Horní je odnímatelný, upevňuje se pomocí křídlové matice. Vzorek plošné textilie se soustředně ukládá mezi čelisti.

Vzorek textilie

Má normovaný tvar a rozměry (kruh průměru 300mm). Ve středu vzorku je vyseknut otvor pro uložení vzorku na stojan.

Zdroj světla

Osvětlení je umístěno pod stojanem a je zajištěno žárovkou. Světlo prochází přes desku z plexiskla a ze spodní strany osvětluje vzorek. Využívá se při snímání průmětu vzorku splývající textilie.

Zdroj laserové diody

Laserová dioda je napájena 4-mi bateriemi (NikelMetal Hybrid Battery, napětí 1,2V, výkon 1800mAh).

Otočné rameno

Rameno je odnímatelné, vkládá se do stojanu před snímáním vrstevnic. Na konci ramene je uložena výškově nastavitelná laserová dioda a zrcadlo. Rameno je otočné kolem vertikální osy. Během otáčení kopíruje světelný bod diody povrch vzorku textilie.

Laserová dioda

V zařízení je použita laserová dioda s vlnovou délkou 630 - 680nm (spektrum červené barvy).

Přídavné rameno se zrcadlem

Zrcadlo je určeno ke snímání vrstevnic u textilií, které vytváří při splývání velmi hluboké vlny. Světelné body laserové diody dopadající na takový vzorek nelze snímat přímo, ale pouze pomocí od zrcadla. Zrcadlo je uloženo pod úhlem 25° na přídavném rameni.

Podpěrný disk

Kruhový disk z plexiskla průměru 500mm slouží k bezdotykovému uložení vzorku do splývavé polohy.

Pracoviště zpracování obrazu

Je tvořeno personálním počítačem, monitorem, klávesnicí a myší. Hardwarové vybavení AMD Athlon Procesor 1GHz, paměť 512MB RAM. Operační systém Microsoft Windows 98.

Software vybavení

Systém obrazové analýzy Lucia (verze 4.60) a software Matlab (verze 5.3).

5.3 Obrazová analýza Lucia (verze 4.60)

Lucia je programový systém vyvinutý pro digitalizaci obrazu snímaného kamerou, zpracování obrazu, interaktivní měření stanovených příznaků a jejich vyhodnocení. Systém podporuje možnost nahrávání po sobě jdoucích operací (makro) a tento sled automaticky opakovat.

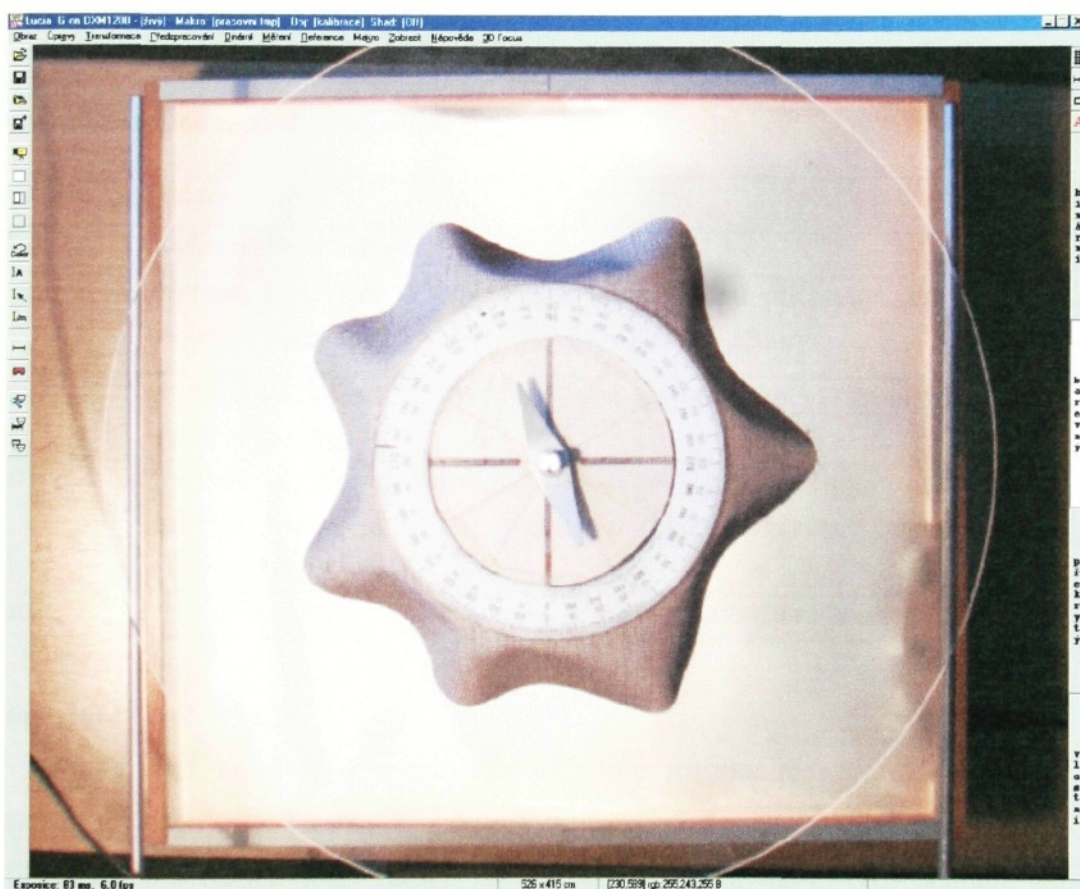
Typy obrazů:

Barevný obraz – skládá se ze tří složek, které představují intenzitu červené, modré a zelené barvy. Hodnoty pixelů pro každou složku jsou v intervalu od 0 do 255.

Šedý obraz – hodnoty obrazových pixelů se mění od 0 do 255, jsou však pro všechny barevné složky stejné.

Binární obraz – má pouze dvě možné hodnoty, 0 pro pozadí a max. hodnotu 255 pro objekty a struktury. Používají se pro měření tvaru a velikosti. [23]

Obrazovka systému:



Obr. 5.2 Obrazovka systému LUCIA

Obrazovka systému je po obvodu ohraničena lištami. Horní lišta obsahuje menu pracovních nástrojů pro úpravu a zpracování obrazu, kalibraci, měření a vyhodnocení zvolených příznaků, nahrávání a spouštění makra. Spodní lišta představuje příkazový řádek, aktuální polohou kurzoru a intenzitu jednotlivých RGB složek obrazu. Na bočních lištách jsou ikony, které se nejčastěji používají při snímání a zpracování obrazu. [23]

5.4 Matlab (verze 5.3)

Matlab (Matrix Laboratory) je interaktivní systém, který usnadňuje řešení mnoha technických problémů, speciálně takových, které vedou na vektorovou či maticovou formulaci. Lze jej využít v oblasti inženýrských výpočtů, pro vývoj algoritmů, modelování, simulaci, analýzu dat, jejich vizualizaci a grafiku.

Grafický systém software Matlab:

Grafický systém je vybudován na základě grafických objektů, které slouží pro vizualizaci dat. Matlab disponuje množstvím funkcí pro třírozměrné zobrazení dat ve tvaru čar, ploch nebo drátových modelů ploch.

Popis základních funkcí pro 3D grafiku:

funkce	popis
plot3	vykreslí body a čáry v prostoru (vrstevnice)
pcolor	vytvoří obdelníkové pole buněk, kterým jsou přiřazeny barvy zvolené barevné mapy podle velikosti prvků v matici (půdorys)
mesh	vytvoří síť v prostoru, prvky matice zobrazí jako výšky nad základnou (síťový model)
surf	vytvoří plochu složenou z čtyřúhelníků, jejichž vrcholy tvoří prvky zadané matice, jednotlivé čtyřúhelníky jsou vybarveny barvou zvolené barevné mapy (plošný model)
surfl	vytvoří vyhlazený model plochy vybarvený zvolenou barevnou mapou

Mapa barev (colormap):

Každý bod systému je transformován podle rozsahu aktuální barevné mapy (colormap). Mapa je definována ve tvaru matice o třech sloupcích. Každá řádka matice definuje jednotlivou barvu na základě tří hodnot (RGB hodnoty). RGB hodnoty mají význam intenzity složek červené(R), zelené(G) a modré (B). Výsledkem je obdelníkové pole buněk, jejichž barvy odpovídají hodnotám jednotlivých prvků vstupní matice v závislosti na zvolené mapě barev. Mapu barev využívají funkce pcolor, mesh, surf a surfli. Typy barevných map viz. Příloha č.3.

[24,25]

5.5 Postup hodnocení splývavosti

1. Příprava vzorku zkoušené textilie
2. Příprava měřicího zařízení
3. Umístění vzorku
4. Kalibrace systému
5. Zjištění splývavosti x
6. Snímání vrstevnic
7. Vykreslení 3D modelu
8. Komplexní hodnocení

5.5.1 Příprava vzorku zkoušené textilie

Zkušební vzorek (kruh průměru 300mm) se vystřihne nůžkami podle šablony. Ve středu vzorku se vysekne kruhový otvor. Vzorek musí být bez záhybů, nepomačkaný. Před začátkem zkoušky se klimatizuje podle normy ČSN 80 0061.

5.5.2 Příprava měřicího zařízení

Měřicí zařízení se uspořádá dle schématu (Obr.5.1). Zapne se kamera, počítač. Systém obrazové analýzy se spustí dvojklikem na ikonu Lucia. Na obrazovce se objeví pracovní plocha s nástrojovými lištami a aktuální živý obraz, který je právě snímám kamerou.

5.5.3 Umístění vzorku

Podpěrný disk se nastaví do horní polohy. Ze stojanu se odejme otočné rameno, odmontuje křídlová matice a odloží horní čelist. Na spodní čelist a podpěrný disk se soustředně uloží vzorek zkoušené textilie a upraví tak, aby byl zcela hladký, bez zvrásnění. Přiloží se horní čelist a utáhne křídlovou maticí. Vzorek se bezdotykově uvede do splývající polohy spuštěním podpěrného disku do spodní polohy.

5.5.4 Kalibrace systému

Kalibrace se skládá ze jména, kalibrační konstanty a aspektního poměru. Kalibrační konstanta představuje skutečnou horizontální (vertikální) velikost pixelu ve vybraných jednotkách. Aspektní poměr je koeficient, který definuje poměr mezi

horizontálním a vertikálním rozměrem pixelu. Program Lucia přiřazuje hodnotu 1 výchozímu aspektnímu poměru.

Kliknutím na ikonu Zobrazení okulárového měřítka se na obrazovce zobrazí měřítko. Střed měřítka (shoduje se středem okuláru objektivu) se nastaví přesně na střed vzorku (posunutím stojanu, případně pootočením kamery).

Na horní čelist se rovnoběžně s čarami okulárového měřítka přiloží úsečka (pravítko, milimetrový papír) přesně stanovené délky. V menu Měření se vybere příkaz Nová kalibrace a v oddílu Definujte novou kalibraci zvolí typ kreslení. Na obrazovku se nakreslí úsečka definované délky. Do dialogového okna nové kalibrace se napíše jméno, vybere odpovídající jednotka v menu Reálná velikost a zadá skutečná délka úsečky ve zvolených jednotkách. Po uložení se kalibrace stává aktuální.

Pro každé jiné nastavení vzdálenosti kamery od vzorku a zaostření objektivu je nutno provést novou kalibraci.

5.5.5 Zjištění splývavosti x

Před začátkem snímání se zvolí měřené příznaky v menu Měření. Pro určení splývavosti x příznak Area-plocha průmětu vzorku. Dále je třeba definovat velikost měřicího rámečku a to kliknutím na ikonu Zobrazení měřicího rámečku a tažením myši. Velikost rámečku vymezuje plochu, ve které se uskuteční jednotlivá měření vybraných příznaků, proto musí pokrýt celou plochu průmětu splývajícího vzorku textilie.

Aby byl průmět vzorku přesně ohraničen, provádí se snímání tmě, pouze s osvětlením spodní strany vzorku světlem žárovky.

Celý proces snímání a měření se provede snadno pomocí makra *makro1.mac* (viz. Příloha č.2). V menu Makro se klikne na příkaz Otevřít a v dialogovém okně se příslušné makro označí. Pracovní makro se spustí položkou Spustit v menu Makro nebo přímo z hlavního okna klávesou F4.

Měření plochy průmětu splývajícího vzorku se provede celkem 3krát, aby byl získán statistický soubor. Při každém měření je nutno vzorek opakovaně umístit mezi čelisti a uvést do splývavé polohy.

Splývavost x se vyhodnotí v software Matlab. Dvojklikem na ikonu Matlab se otevře okno Matlab CommandWindow. V menu File se vybere položka Open a v dialogovém okně se zvolí soubor *splyvavost.m* (viz. Příloha č.3). Na obrazovce se objeví okno Matlab Editor s programem pro výpočet splývavosti x podle normy

ČSN 80 0835. V okně Matlab CommandWindow se zadá příkaz v požadovaném tvaru. Po stisknutí klávesy Enter proběhne výpočet a zobrazení výsledku.

5.5.6 Snímání vrstevnic

Otočné rameno s laserovou diodou a zrcadlem se vsune do středu stojanu. Laserová dioda se rozsvítí. Způsob získání vrstevnic závisí na splývavosti textilie. Vytvoří-li textilie při splývání pouze mírné vlny, vrstevnice se snímají přímo. Vytvoří-li však textilie vlny, v nichž není světelný bod laserové diody kamerou viditelný, je nutné zvolit snímání vrstevnic pomocí přídavného zrcadla. V případě přímého snímání vrstevnic se začlení přídavné zrcadlo, při snímání odrazem od zrcadla se začlení objektiv kamery tak, aby zachytil pouze body v zrcadle.

Laserová dioda se nastaví v držáku do takové polohy, aby paprsek světla dopadal na vzorek v rovině se spodní čelistí. Kliknutím na ikonu Nastavení vstupů kamery se změní délka osvitu na 20sekund. Během snímání, které probíhá ve tmě, se provedou 2otáčky rotačním ramenem. Pro zpravování sejmutého barevného obrazu vrstevnic na binární se použije makra *makro2.mac* (viz. Příloha č.2). V menu Makro se klikne na příkaz Otevřít a v dialogovém okně se příslušné makro označí. Pracovní makro se spustí položkou Spustit v menu Makro nebo přímo z hlavního okna klávesou F4.

Binární obraz vrstevnice musí být čistý (bez rušivých černých skvrn), tvar neporušený a vyhlazený. Jestliže se na vrstevnici vyskytne vada (skvrny, porušení tvaru) je nutné snímání opakovat. Výsledný binární obraz se uloží do zvoleného adresáře pomocí příkazu Uložit jako v menu Obraz. První vrstevnice se uloží pod názvem *vrst00.bmp* . Hodnota 00 znamená hloubku v níž byla vrstevnice pořízena, přípona *.bmp formát souboru.

Laserová dioda se postupně snižuje po 5mm. Od hloubky, v níž se snímáním získá poslední úplná vrstevnice se dioda snižuje po 1mm a to tak dlouho, kdy bude na textilie vidět jediný světelný bod. Po každém snížení diody se proces snímání a úpravy vrstevnic opakuje. Binární obrazy se ukládají stále do stejného adresáře. Název souboru se mění podle hloubky v níž byla daná vrstevnice získána (př. vrstevnice nasnímaná v hloubce 25mm se uloží jako *vrst25.bmp*).



Obr. 5.3 Příklad binárních obrazů vrstevnic

5.5.7 Vykreslení 3D modelu

Před vykreslením 3D modelu se musí soubor vrstevnic exportovat do pracovního adresáře software Matlab. V menu File se vybere položka Open a v dialogovém okně se zvolí program *model_bezvika.m* (model bez zaplněné horní plochy) nebo *model.m* (model se zaplněnou horní plochou). V případě vrstevnic získaných odrazem od zrcadla program *transformace_bezvika.m* nebo *transformace.m* (programy viz. Příloha č.3). Na obrazovce se otevře okno Matlab Editor se zvoleným programem. Položkou Run v menu Tools se program spustí. Výsledkem je 3D model v grafickém okně MatlabFigure.

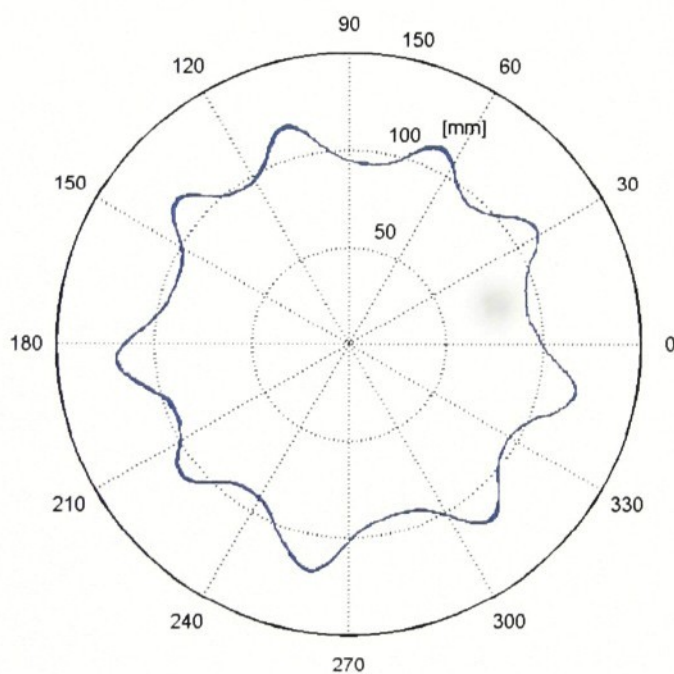
Po zapsání vhodných funkcí (viz. Příloha č.3) do příkazového řádku okna Matlab CommandWindow lze měnit způsob vykreslení a barevnou mapu. Vybraný 3D model se uloží příkazem Save as v menu File jako graf prostředí Matlab s příponou *.fig nebo příkazem Export v menu File jako obrázek s příponou *.jpg .

Zpracovaný soubor vrstevnic se uloží ve formě matice (XP,YP,ZP) příkazem SaveWorkspace as v menu File. S uloženou maticí lze kdykoliv po načtení příkazem LoadWorkspace v menu File znovu pracovat.

5.5.8 Komplexní hodnocení

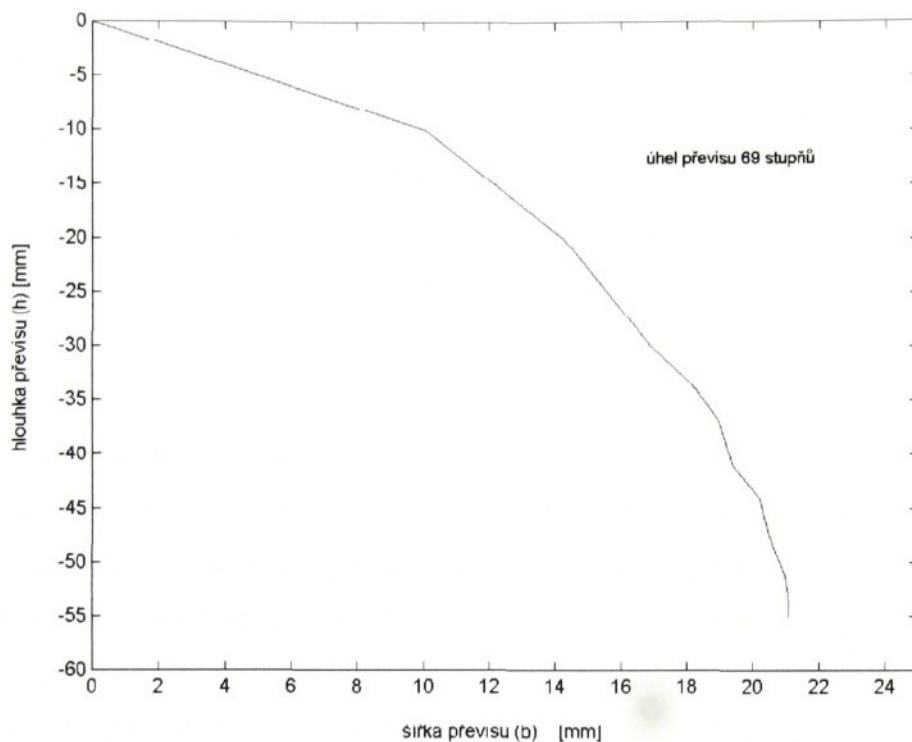
Komplexní hodnocení splývavosti textilií vychází z 3D modelu, který zachycuje přesný tvar a rozměry zkoušené textilie. Pomocí funkce rotace lze 3D model sledovat z různých úhlů. Z půdorysu se odečte počet vln.

Pomocí programu *polarni_graf.m* (viz. Příloha č.3) lze vykreslit zvolenou vrstevnici v polárním diagramu. Jméno dané vrstevnice se vloží do programu a příkazem Run v menu Tools se program spustí.



Obr. 5.4 Příklad vrstevnice vykreslené v polárním diagramu

Po spuštění programu *rez.m* (viz. Příloha č.3) a zadáním příkazu, který obsahuje zvolený úhel řezu se v okně MatlabFigure vykreslí průřez modelem (profil vlny) v daném místě.



Obr. 5.5 Příklad řezu 3D modelem splývajícího vzorku

Z grafu se odečte hloubka převisu (vertikální vzdálenost dolního okraje textilie do čelisti) a šířka převisu (horizontální vzdálenost dolního okraje textilie od okraje čelisti). Spuštěním programu **uhel.m** (viz. Příloha č.3) a zadáním hodnot hloubky a šířky převisu se vypočítá úhel převisu (odklon splývající textilie od horizontální roviny čelistí) v místě řezu.

6. Experiment

Návrh metodiky komplexního hodnocení splývavosti textilií se vyvíjel v průběhu experimentu, který byl realizován v podmínkách laboratoře Katedry oděvnictví Technické univerzity v Liberci. Laboratoř je vybavena standardním zařízením pro měření splývavosti textilií, přídavným otočným ramenem s laserovou diodou, digitální kamerou, personálním počítačem, systémem obrazové analýzy Lucia (verze 4.60) a software Matlab (verze 5.3).

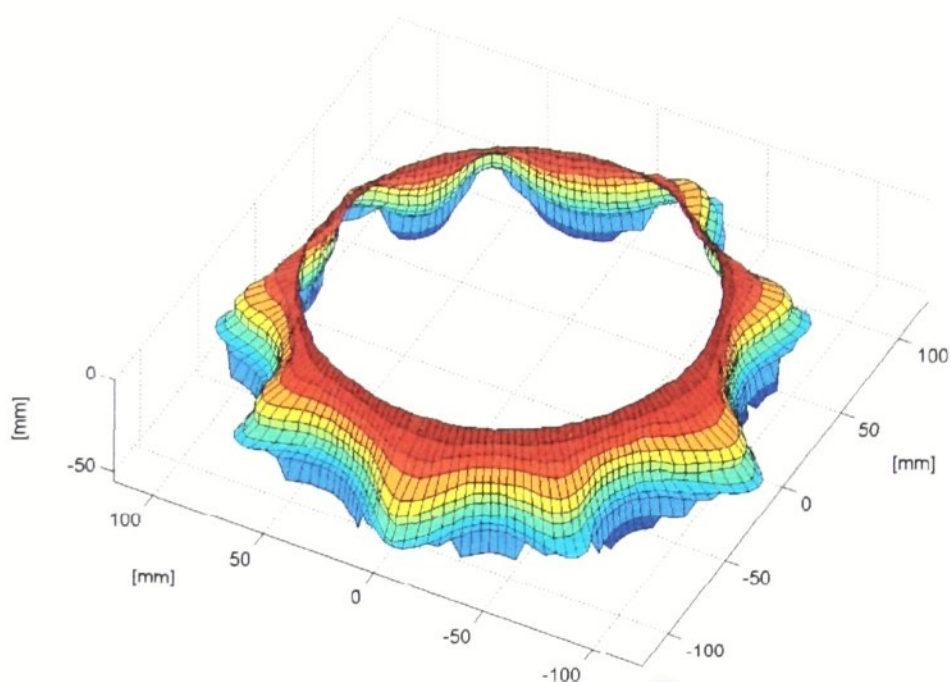
6.1 Popis experimentu

K experimentu byl použit soubor 6-ti vzorků plošných textilií. Jednotlivé vzorky byly vybrány tak, aby soubor obsahoval textilie více i méně splývavé.

Před každým měřením byla nejprve provedena kalibrace systému, uložen barevný i binární obraz splývajícího vzorku a vyhodnocena splývavost x spuštěním makra (viz. Příloha č.2) a programu (viz. Příloha č.3) vytvořeného v software Matlab.

Otáčením rotačního ramene a laserové diody, jejíž světelný paprsek dopadal na povrch splývající textilie, byly získány vrstevnice. Každá vrstevnice byla pořízena jediným snímáním, protože systém obrazové analýzy umožňuje měnit nastavení vstupů (délku osvitů) digitální kamery v širokém rozmezí. Nejlépe se osvědčila délka osvitů 20sekund. Během této doby byly provedeny dvě otáčky ramenem. Paprsek laserové diody zanechal při těchto podmínkách na textilií dostatečně výraznou a souvislou stopu (vrstevnici). Pro rutinní převádění barevného obrazu na binární bylo zhotoveno makro (viz. Příloha č.2).

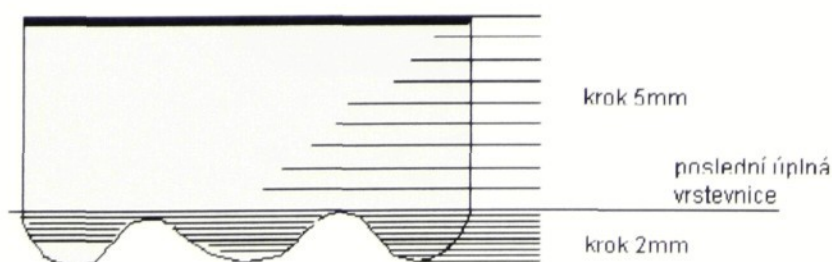
U vzorku 1 byl použit krok spuštění laserové diody 5mm. Jednotlivé binární obrazy vrstevnic byly označeny příslušnou hloubkou v mm, uloženy ve formátu *.bmp, exportovány do pracovního adresáře software Matlab, načteny a zpracovány pomocí programů (viz Příloha č.3), jejichž výstupem je 3D model splývajícího vzorku.



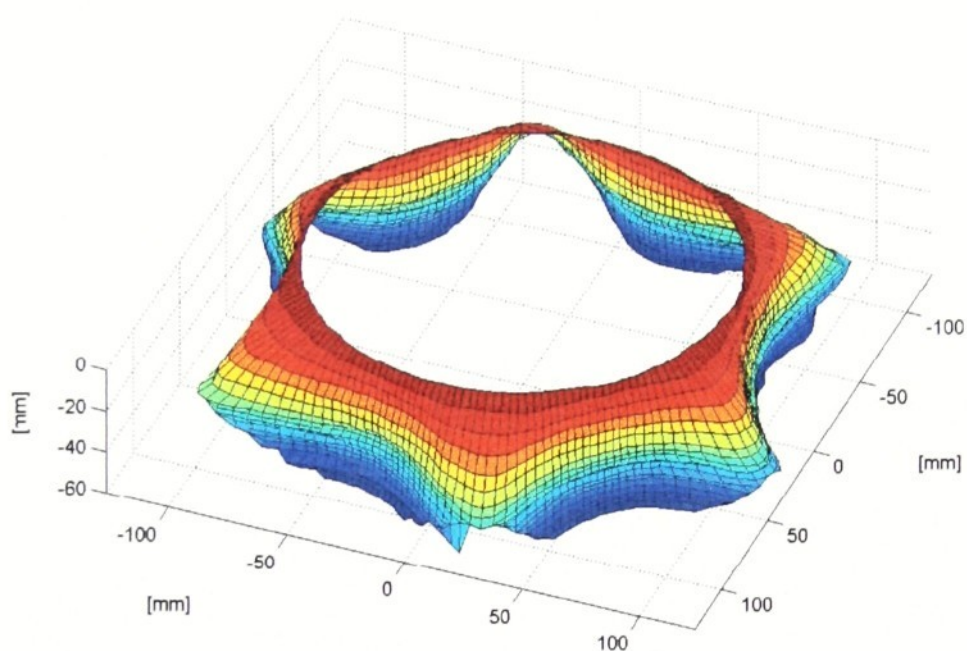
Obr. 6.1 3D model pláště splývající textilie – vzorek 1

„Zuby“ ve spodní části modelu (Obr.6.1) naznačují, že krok posunu diody byl příliš velký.

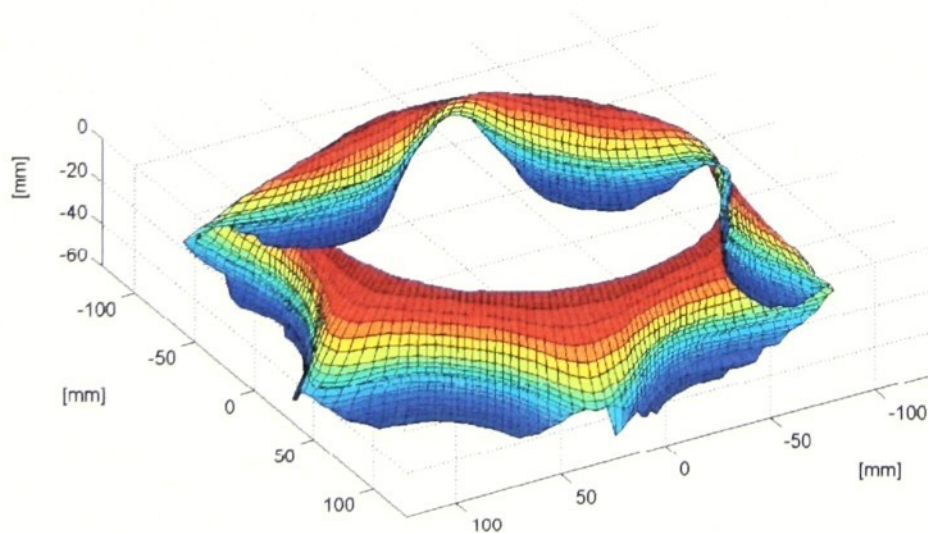
Pro dosažení lepších výsledků při vykreslení 3D modelu byl při snímání vzorku 2 zvolen následující postup. Laserová dioda byla snižována po 5mm. Od hloubky, v níž byla získána poslední úplná vrstevnice byla dioda spouštěna s krokem 2mm. Poslední úplnou vrstevnicí se rozumí vrstevnice pořízená v takové hloubce, v níž leží spodní okraj některé z vln splývajícího vzorku textilie.



Obr. 6.2 Způsob snímání vrstevnic



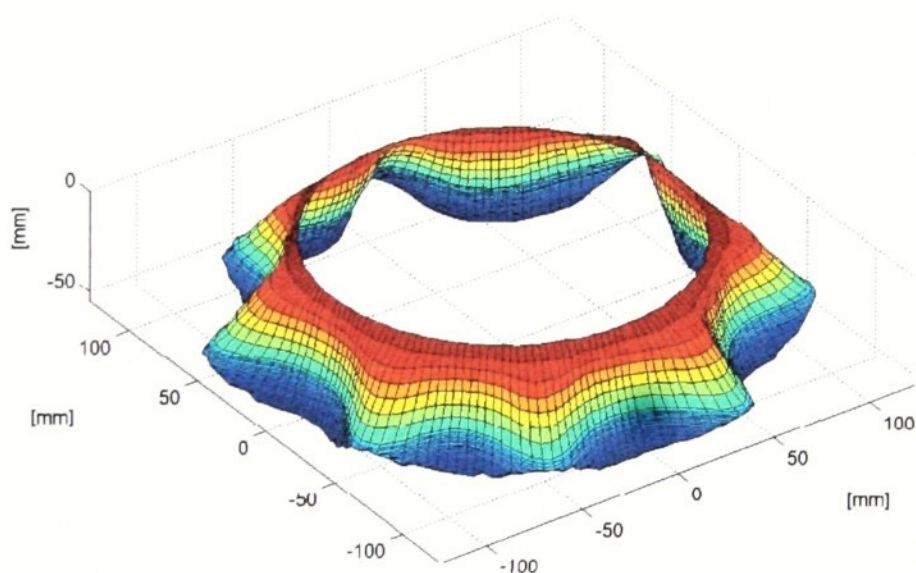
Obr. 6.3 3D model pláště splývající textilie – vzorek 2



Obr. 6.4 3D model pláště splývající textilie – vzorek 2

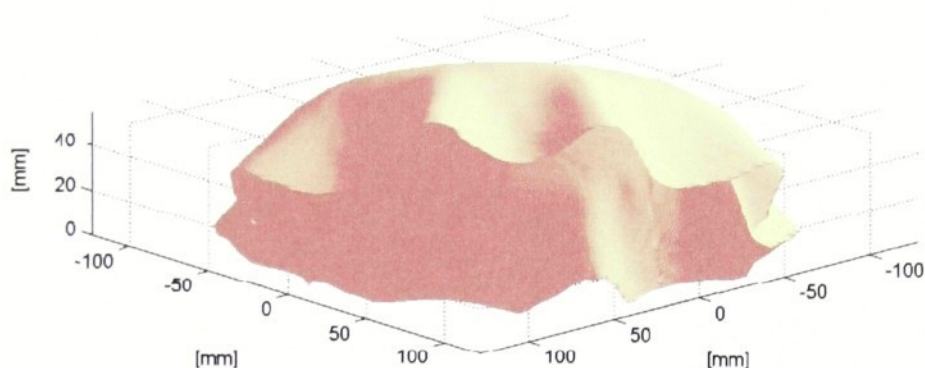
Z obrázků (Obr.6.3, 6.4) je patrné, že ani s krokem snižování laserové diody 2mm nebyly výsledky vykreslení 3D modelu uspokojivé.

U vzorku 3 byl proto pro snímání vrstevnic ve spodní části vzorku zvolen krok 1mm.



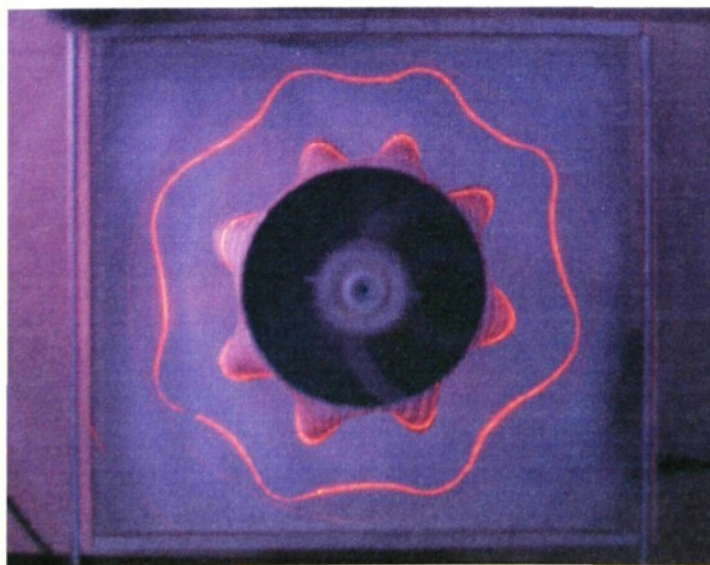
Obr. 6.5 3D model splývající textilie – vzorek 3

Na obrázku (Obr. 6.5) je vidět, že spodní okraje vln jsou hladké. Navržený postup snímání vrstevnic v dolní části vzorku s krokem 1mm je optimální.

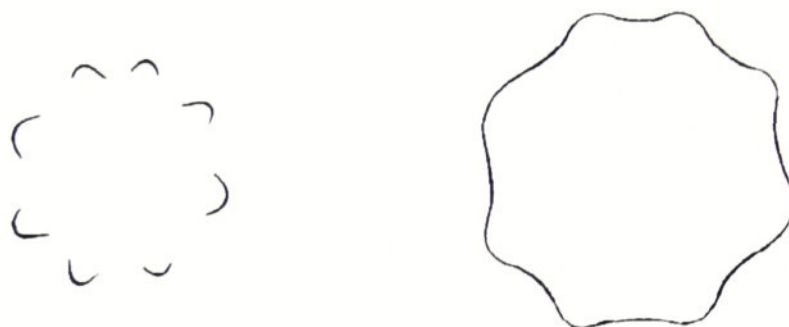


Obr. 6.6 3D model pláště splývající textilie – vzorek 3

Vzorek 4 při splývání vytvořil vlny v nichž nebyl světelný bod laserové diody kamerou viditelný. Pro získání vrstevnice bylo v tomto případě použito zrcadlo upevněné na otočném rameni a skloněné pod úhlem 25° (viz. Příloha č.1). Na zrcadlo dopadá paprsek laserové diody odražený od textilního materiálu.



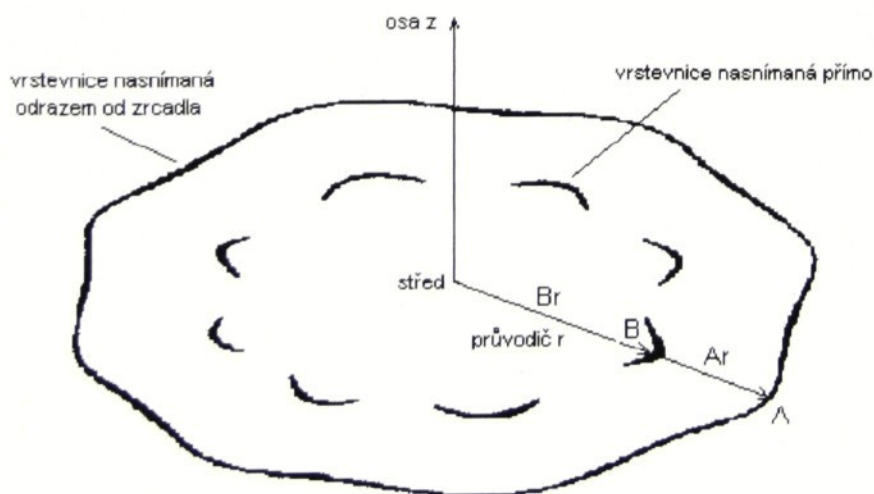
Obr. 6.7 Obraz vrstevnice snímané přímo a pomocí zrcadla - vzorek 4, vrstevnice 45



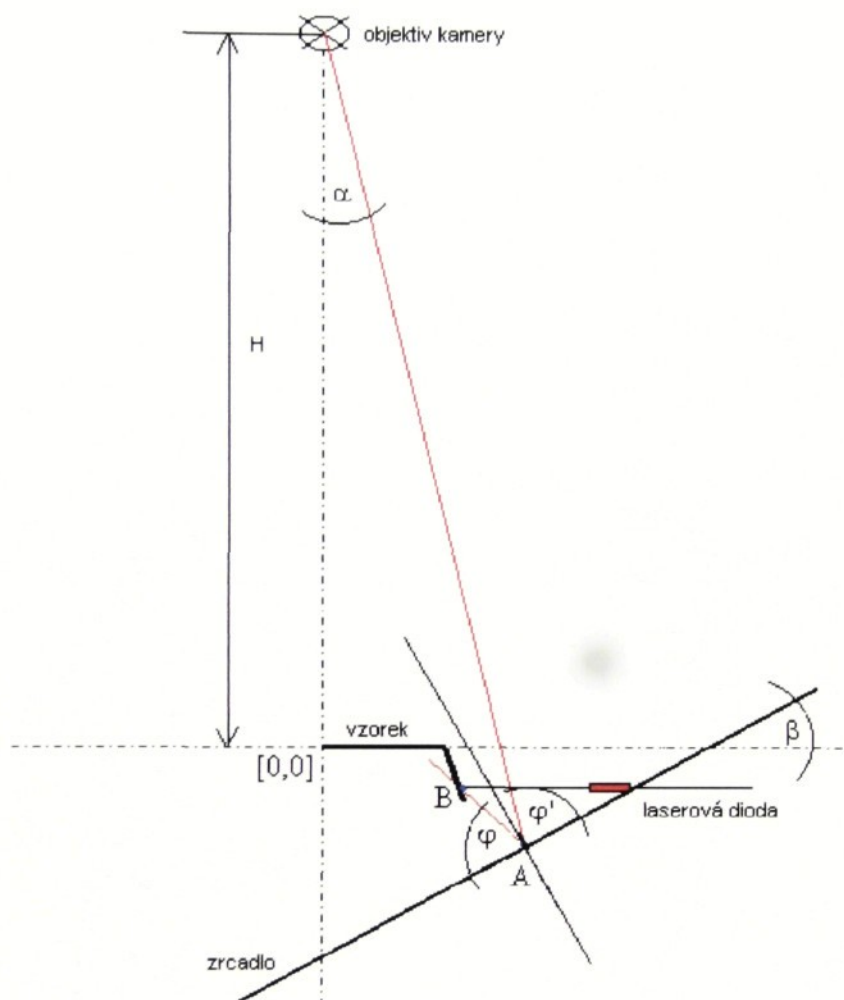
Obr. 6.8 Binární obraz vrstevnice získané přímo a odrazem od zrcadla – vzorek 4, vrstevnice 45

Stopa vrstevnice snímané odrazem od zrcadla je neporušená, ale zvětšená (Obr.6.8). 3D model vykreslený z těchto vrstevnic neodpovídá skutečnému tvaru a reálným rozměrům. Pro přepočet vrstevnic na skutečné rozměry byla odvozena transformace.

6.1.1 Transformace vrstevnic

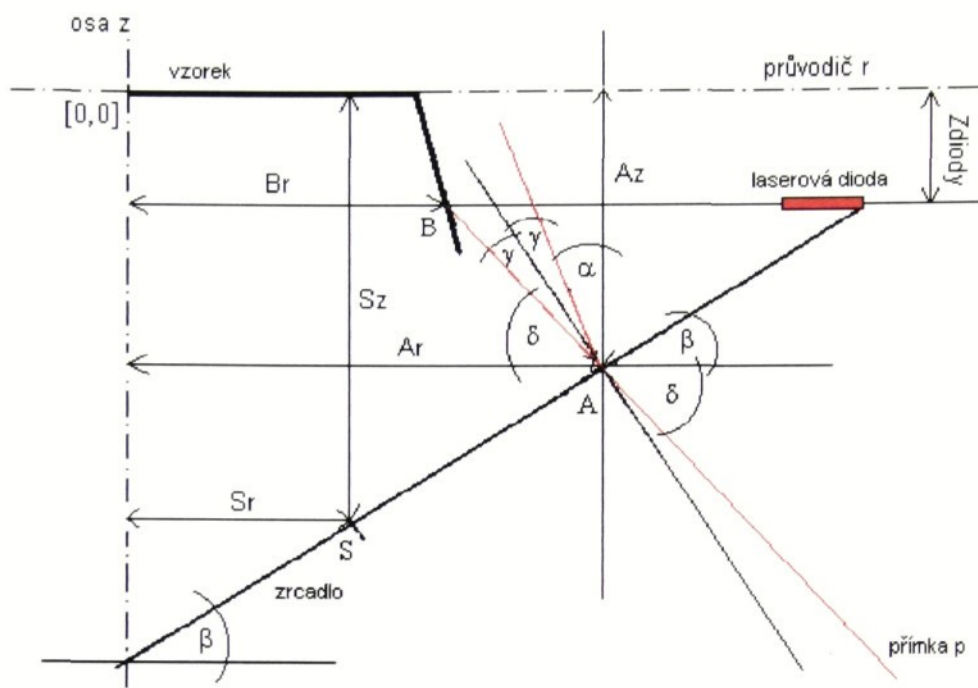


Obr. 6.9 Pohled na binární obraz vrstevnic

Schéma transformace vrstevnic:**Legenda:**

H	vzdálenost objektivu
α	úhel zobrazení
β	úhel sklonu zrcadla
φ	úhel dopadu
φ'	úhel odrazu
φ	$= \varphi'$
A	bod v zrcadle
B	skutečná poloha bodu

Obr. 6.10 Schéma transformace vrstevnic



Legenda:

S	referenční bod
$Sr Sz$	souřadnice referenčního bodu
A	bod v zrcadle
$Ar Az$	souřadnice bodu v zrcadle
B	skutečná poloha bodu
$Br Bz$	souřadnice skutečného bodu
Bz	$= Z_{\text{diody}}$

α	úhel zobrazení
β	úhel sklonu zrcadla
γ	$= \beta - \alpha$
δ	$= \pi/2 - 2\beta + \alpha$

Obr. 6.11 Schéma transformace vrstevnic – detail

Transformace:

Referenční bod: $S = \text{souřadnice}[Sr, Sz]$ $Sr[mm], Sz[mm]$ Úhel sklonu zrcadla: β [°]

Vzdálenost objektivu kamery od základny: $H[mm]$

Obecná rovnice přímky: $y = k \cdot x + c \Rightarrow z = k \cdot r + c$

Rovnice přímky pro referenční bod: $Sz = k \cdot Sr + c_1$, $k = \operatorname{tg} \beta$

Výpočet konstanty c_1 : $c_1 = Sz - tg\beta \cdot Sr$

Rovnice přímky pro zrcadlo: $z = tg\beta \cdot r + Sz - tg\beta \cdot Sr$

Určení souřadnic [Ar, Az] bodu A (bod v zrcadle):

Ar odečtením z nasnímané vrstevnice

Az výpočtem $Az = tg\beta \cdot Ar + Sz - tg\beta \cdot Sr$

Výpočet úhlu α : $\alpha = \arctg \frac{Ar}{H + Az}$

Rovnice přímky p: $z = k \cdot r + c_2$, $k = tg\delta$

$$z = -tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot r + c_2$$

Rovnice přímky p pro bod A (bod v zrcadle): $Az = -tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot Ar + c_2$

Výpočet konstanty c_2 : $c_2 = Az + tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot Ar$

Určení souřadnic [Br, Bz] bodu B (skutečný bod):

Rovnice přímky p pro bod B (skutečný bod):

$$Bz = -tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot Br + Az + tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot Ar$$

Br výpočtem $Br = \frac{Bz - Az - tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha) \cdot Ar}{-tg(\pi/2 - 2\beta + \alpha)}$

Bz = Z_{diody}

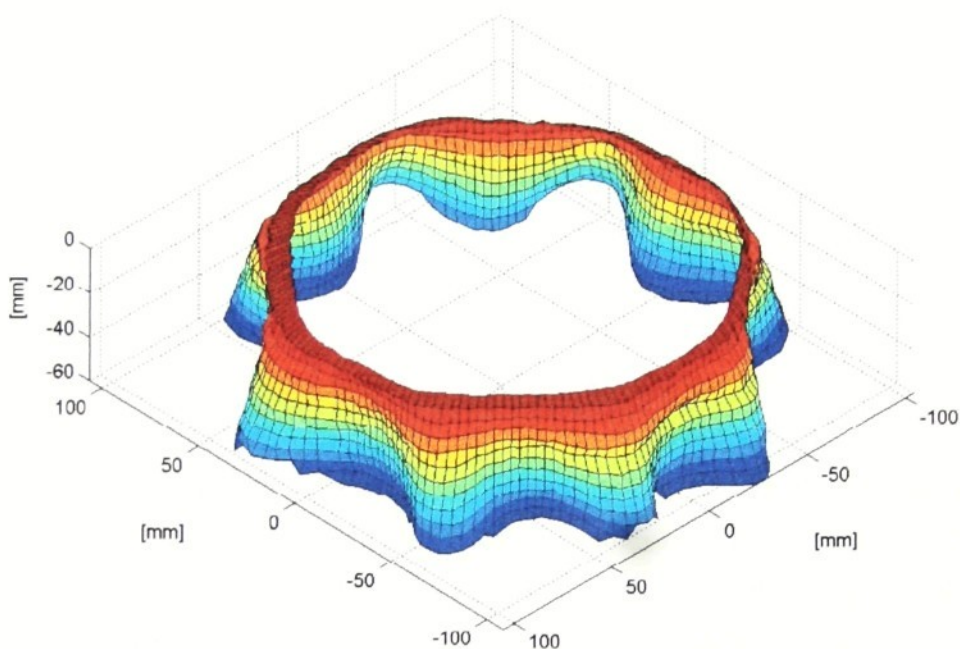
Do transformace je třeba zadat souřadnice bodu zvoleného za referenční $Sr[mm]$, $Sz[mm]$, vzdálenost objektivu kamery od základny (čelistí) $H[mm]$ a úhel sklonu zrcadla $\beta [^\circ]$.

Během hodnocení vzorku 4 byla nastavena tato konfigurace měřicího zařízení:

$Sr = 170mm$, $Sz = -120mm$, $H = 1040mm$, $\beta = 25^\circ$.

Rozměry vrstevnic po transformaci byly s vrstevnicemi nasnímanými přímo porovnány v polárních diagramech (viz. Příloha č.7).

Transformace byla následně zakomponována do programu pro vykreslení 3D modelu splývajícího vzorku.



Obr. 6.12 3D model splývající textilie – vzorek 4

Správnost transformace byla ověřena na vzorcích 5 a 6.

Pro komplexní popis splývavosti byly navrženy programy (viz. Příloha č.3) pro vykreslení zvolené vrstevnice v polárním digramu, pro hodnocení profilu vlny splývajícího vzorku ve zvoleném místě modelu a výpočet úhlu převisu.

Programy byly aplikovány na vzorky 1 až 6.

6.2 Doporučení pro další vývoj

Vytvoření 3D modelu splývající textilie vychází z vrstevnic získaných snímáním paprsku laserové diody dopadající na vzorek v určitých hloubkách. Krok snižování laserové diody byl stanoven na 5mm, ve spodní části vzorku na 1mm. Malý krok posunu diody vede na poměrně rozsáhlý soubor vrstevnic a nárůst časové náročnosti metody. Počet vrstevnic, přesnost a pečlivost při jejich snímání má však zásadní vliv na výsledný tvar a rozměry 3D modelu. Použitím pomocného nízkootáčkového motoru a automatického posunu laserové diody v držáku by bylo možné čas měření zkrátit.

Během experimentu se podařilo vyřešit problém snímání vrstevnic u textilií, které při splývání vytváří záhyby, v nichž není paprsek laserové diody kamerou viditelný. Pro tento případ bylo navrženo snímání s využitím skloněného zrcadla a transformace umožňující přepočít takto získaných vrstevnic na skutečné rozměry. Shoda tvaru transformovaných vrstevnic s nasnímanými přímo byla ověřena v polárních diagramech s uspokojivými výsledky. Mírná odlišnost je způsobena nepřesným odečtením hodnot proměnných, potřebných pro výpočet transformace (souřadnice referenčního bodu, úhel sklonu zrcadla a vzdálenost objektivu od čelistí) a vibrací zrcadla při otáčení ramene. Použitím vhodných přídavných měřitek a stabilnější konstrukce uložení zrcadla by se tyto nedostatky podařilo odstranit.

Při zpracování souboru 2D vrstevnic na 3D model je rozhodující kvalita binárních obrazů. Musí být čisté (bez černých skvrn), tvar vrstevnic neporušený a vyhlazený. Z tohoto důvodu by bylo vhodné vytvořit systém clon, které v případě přímého snímání zacloní zrcadlo, v němž se odráží paprsek laserové diody dopadající na povrch textilie a naopak v případě snímání odrazem od zrcadla zacloní objektiv kamery tak, aby zachytil pouze světelné body v zrcadle.

Výsledný 3D model reálného vzorku splývající textilie lze pak vhodně využít pro komplexní popis splývavosti – odečtení počtu vln, vykreslení polárního diagramu ve zvolené hladině a profilu vlny v jakémkoli místě po obvodu, výpočet hloubky a úhlu převisu.

7. Závěr

V teoretické části této práce jsou shrnuty poznatky o možnostech hodnocení splývavosti plošných textilií a popsány metody jejího měření. Na základě zhodnocení nedostatků těchto metod je v experimentální části realizován návrh nové alternativní metody hodnocení splývavosti plošných textilií.

Navržená metoda umožňuje modelovat skutečnou podobu splývající textilie v prostoru. 3D model vytvořený z nasnímaných vrstevnic zachycuje přesný tvar a rozměry reálného vzorku. Model lze použít pro komplexní popis splývavosti – odečtení počtu vln, vykreslení polárního diagramu ve zvolené hladině a profilu vlny v jakémkoli místě po obvodu, sledování hloubky a úhlu převisu v místě řezu.

3D model splývající textilie by se mohl stát základem při zkoumání vzájemných vztahů mezi mechanicko-fyzikálními vlastnostmi a splývavostí, která je v podstatě vnějším projevem těchto vlastností a východiskem pro výpočet ohybových a smykových deformací.

Seznam použité literatury

- [1] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4: Vlastnosti délkových a plošných textilií. VŠST Liberec 1988, s. 94.
- [2] Teršl, S.: Abeceda textilu a odívání. Noris 1994, s. 210.
- [3] ČSN EN ISO 9073-9 Zkušební metody pro netkané textilie, část 9: Zjišťování koeficientu splývavosti. ČNI Praha 1999.
- [4] Hearle, J., W., S.- Grosberg, P. - Backer, S.: The Drape of Fabrics. In: Structural Mechanics of Fiber, Yarn and Fabrics. Wiley - Interscience, New York, London, Sydney, Toronto 1969, s. 387-400.
- [5] Norma ČSN 80 0835 Zkoušení splývavosti plošných textilií plošným průmětem. ÚNM Praha 1972.
- [6] Kořínková, E.: Studie zpracovatelnosti materiálů s vysokou splývavostí pro dámské společenské oděvy. Diplomová práce, FT, TU, Liberec 1998, s. 63-66.
- [7] Cusick, G., E.: The Measurement of Fabric Drape. Journal of the Textile Institute, 1968, part 1, no. 2, s. 253-259.
- [8] Ranganathan, T., S. - Ramaswamy, D. - Jayaraman, K., S.: A New Approach to Drape. Journal of the Textile Institute, 1986, part 1, no. 3, s. 226-228.
- [9] Matsudaira, M. - Yang, M.: Method of Measuring Dynamic Drapability. Journal of the Textile Institute, 2000, part 1, no. 4, s. 600-603.
- [10] Hanus, M.: Návrh zařízení na měření splývavosti plošných textilií. Diplomová práce, FT, TU, Liberec 1984, s. 25-31.
- [11] Sodomka, L. - Kůs, Z.: Poznámky k některým charakteristikám textilií. Strutex 1999. TU, Liberec 1999, s. 270-271.
- [12] Stará, K.: Vztah anizotropie splývavosti a anizotropie mechanických vlastností tkanin. Diplomová práce, FT, TU, Liberec 2001, s. 14-16.
- [13] Martincová, J.: Hodnocení splývavosti podle obrazové analýzy. Diplomová práce, FT, TU, Liberec 2000, s. 21-23.
- [14] Hes, L. - Fridrichová, L.: Měření splývavosti tkanin ohybem přes ostrý roh. Strutex 2001. TU, Liberec 2001, s. 209-213.
- [15] Jeong, Y., J.: A Study of Fabric-drape Behaviour with Image Analysis, Measurement, Characterisation and Instability. Journal of the Textile Institute, 1998, part 1, no. 1, s. 59-69.
- [16] Glombíková, V. - Halasová, A. - Vítová, J.: Vplyv tuhosti a délky previsu na splývavost. Strutex 2001. TU, Liberec 2001, s. 221-227.
- [17] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti pletenin. TU, Liberec 1998, doplněk publikace, s. 10.
- [18] Jeong, Y., J. - Phillips D., G.: A Study of Fabric - Drape Behaviour with Image Analysis - The Effects of Fabric Structure and Mechanical Properties on Fabric Drape. Journal of the Textile Institute, 1998, part 1, no. 1, s. 70-75.

- [19] Fridrichová, L.: Vliv ohybové tuhosti na splývavost textilií. Strutex 2001. TU, Liberec 2001, s. 215-219.
- [20] Kůs, Z. - Glombíková, V.: Vplyv anizotropie na splývavosť plošných textilií. Strutex 2000. TU, Liberec 2000, s. 257-263.
- [21] Hypšová, D.: Hodnocení splývavosti pomocí obrazové analýzy. Diplomová práce, FT, TU, Liberec 2001, s. 39-45.
- [22] Vargová, H. - Kůs, Z.: Příspěvek k měření splývavosti pomocí počítačového zpracování obrazu. Strutex 2000. TU, Liberec 2000, s. 265-271.
- [23] LUCIA 4.60 – uživatelská příručka Laboratory Imaging s.r.o.
- [24] Dušek, F.: Úvod do užívání Matlab. Univerzita Pardubice, fakulta chemicko-technologická, katedra řízení procesů a výpočetní techniky, Pardubice 1997.
- [25] Heringová, B. - Hora, P.: Matlab - uživatelský manuál, díl 1. Západočeská Univerzita v Plzni, Institut technologie a spolehlivosti, Plzeň 1994.

Seznam obrázků

- Obr. 1.1** Průmět splývající plošné textilie
- Obr. 1.2** Definice poměrné splývavé vzdálenosti R_D
- Obr. 2.1** Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na faktoru zakrytí
- Obr. 2.2** Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na ohybové tuhosti
- Obr. 2.3** Závislost poměrné splývavé vzdálenosti na smykové tuhosti
- Obr. 2.4** Závislost počtu vln na ohybové tuhosti
- Obr. 2.5** Příprava vzorku pro měření ohybové tuhosti
- Obr. 2.6** Závislost úhlu převisu na úhlu ustřížení vzorku (dle čísla vzorku) - 100% viskóza
- Obr. 2.7** Závislost úhlu převisu na úhlu ustřížení vzorku – 100% len
- Obr. 2.8** Závislost ohybové síly na splývavosti x
- Obr. 3.1** Závislost koeficientu splývavosti na čase
- Obr. 3.2** Vliv způsobu měření na splývavost textilie: a) 1.metoda , b) 2.metoda
- Obr. 3.3** Závislost poměrné splývavé vzdálenosti R_d a koeficientu splývavosti DC na počtu vln
- Obr. 3.4** Vliv průměru čelisti na tvar splývající textilie
- Obr. 3.5** Závislost koeficientu splývavosti DC na průměru vzorku
- Obr. 3.6** Závislost koeficientu splývavosti na ohybové délce
- Obr. 3.7** Příprava vzorku s rozstříhanými okraji
- Obr. 4.1** Schéma zařízení s usměrněným světlem
- Obr. 4.2** Schéma zařízení s velkopřůměrovou spojnou čočkou
- Obr. 4.3** Příklady zkoušených vzorků: a) detail uložení vzorku, b) průmět poddajné textilie, c) průmět tuhé textilie
- Obr. 4.4** Schéma zařízení F.R.L. Drapometru
- Obr. 4.5** Průmět splývající plošné textilie
- Obr. 4.6** Schéma zařízení I.T.F. Drapeometru
- Obr. 4.7** Způsob měření splývajícího vzorku textilie
- Obr. 4.8** Schéma zařízení podle normy ČSN EN ISO 9073-9
- Obr. 4.9** Schéma zařízení pro měření splývavosti s divergentním světlem
- Obr. 4.10** Závislost teoretického rozdílu $DC_P - DC_D$ na DC_D

- Obr. 4.11** Odběr vzorku pro měření splývavosti dynamicky
- Obr. 4.12** Rozměry a úprava vzorku před měřením
- Obr. 4.13** Schéma zařízení pro měření splývavosti dynamicky
- Obr. 4.14** Výsledná hysterezní křivka
- Obr. 4.15** Schéma zařízení pro měření rotačního koeficientu splývavosti
- Obr. 4.16** Schéma zařízení pro měření splývavosti podle Hanuse
- Obr. 4.17** Grafický záznam jedné otáčky čelisti se vzorkem
- Obr. 4.18** Schéma zařízení pro měření splývavosti podle Sodomky
- Obr. 4.19** Schéma zvlněného vzorku
- Obr. 4.20** Příklad tvaru křivek zvlněné textilie
- Obr. 4.21** Součinitel splývavosti v polárním diagramu
- Obr. 4.22** Způsob rozstřihání vzorku
- Obr. 4.23** Měření hloubky převisu **S**
- Obr. 4.24** Schéma vzorku s naznačenými body
- Obr. 4.25** Princip metody podle B.J.Jevdokimova a A.K. Bucharoveje
- Obr. 4.26** Vzorky „sukní“ pro subjektivní hodnocení splývavosti
- Obr. 4.27** Vznik splývavé hrany
- Obr. 4.28** Určení sklonu hrany (úhlu φ) splývající textilie
- Obr. 4.29** Závislost úhlu splývavosti φ na splývavosti textilie **x**
- Obr. 4.30** Schéma zařízení pro měření splývavosti pomocí obrazové analýzy
- Obr. 4.31** Měření hloubky převisu pomocí obrazové analýzy
- Obr. 4.32** Princip měření hloubky převisu pomocí obrazové analýzy
- Obr. 4.33** Příklad průběhu závislosti hloubky převisu **h** na úhlu pootočení φ
- Obr. 5.1** Schéma uspořádání zařízení pro navrženou metodu
- Obr. 5.2** Obrazovka systému Lucia
- Obr. 5.3** Příklad binárních obrazů vrstevnic
- Obr. 5.4** Příklad vrstevnice vykreslené v polárním diagramu
- Obr. 5.5** Příklad řezu 3D modelem splývajícího vzorku
- Obr. 6.1** 3D model pláště splývající textilie – vzorek 1
- Obr. 6.2** Způsob snímání vrstevnic
- Obr. 6.3** 3D model pláště splývající textilie – vzorek 2
- Obr. 6.4** 3D model pláště splývající textilie – vzorek 2

- Obr. 6.5** 3D model splývajícího textilie – vzorek 3
- Obr. 6.6** 3D model pláště splývající textilie – vzorek 3
- Obr. 6.7** Obraz vrstevnice snímané přímo a pomocí zrcadla - vzorek 4, vrstevnice 45
- Obr. 6.8** Binární obraz vrstevnice získané přímo a odrazem od zrcadla – vzorek 4, vrstevnice 45
- Obr. 6.9** Pohled na binární obraz vrstevnic
- Obr. 6.10** Schéma transformace vrstevnic
- Obr. 6.11** Schéma transformace vrstevnic – detail
- Obr. 6.12** 3D model splývající textilie – vzorek 4

Seznam příloh

Příloha č.1 Měřicí zařízení

Příloha č.2 Makra

Příloha č.3 Programy

Příloha č.4 Vzorek 1

Příloha č.5 Vzorek 2

Příloha č.6 Vzorek 3

Příloha č.7 Vzorek 4

Příloha č.8 Vzorek 5

Příloha č.9 Vzorek 6

Přílohy

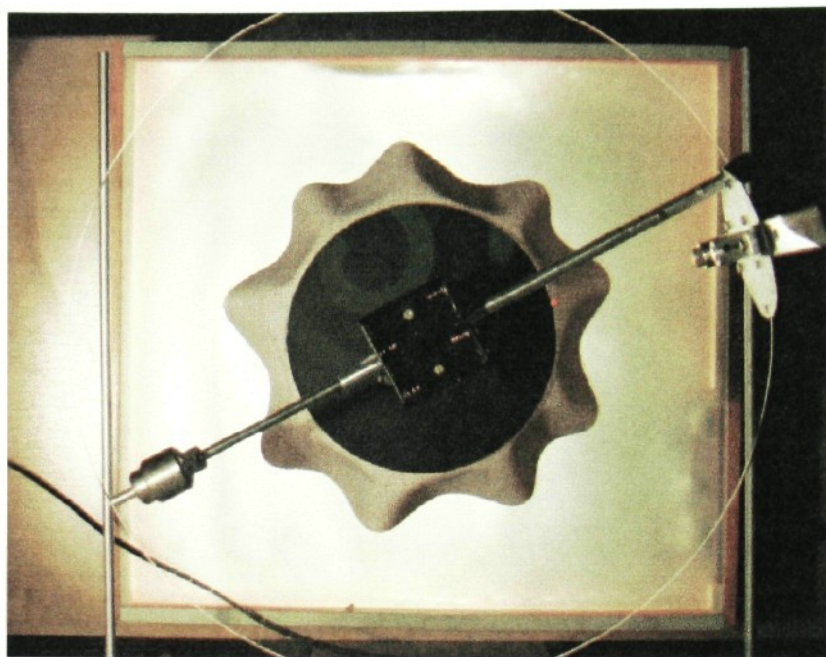
Příloha č.1

Měřicí zařízení

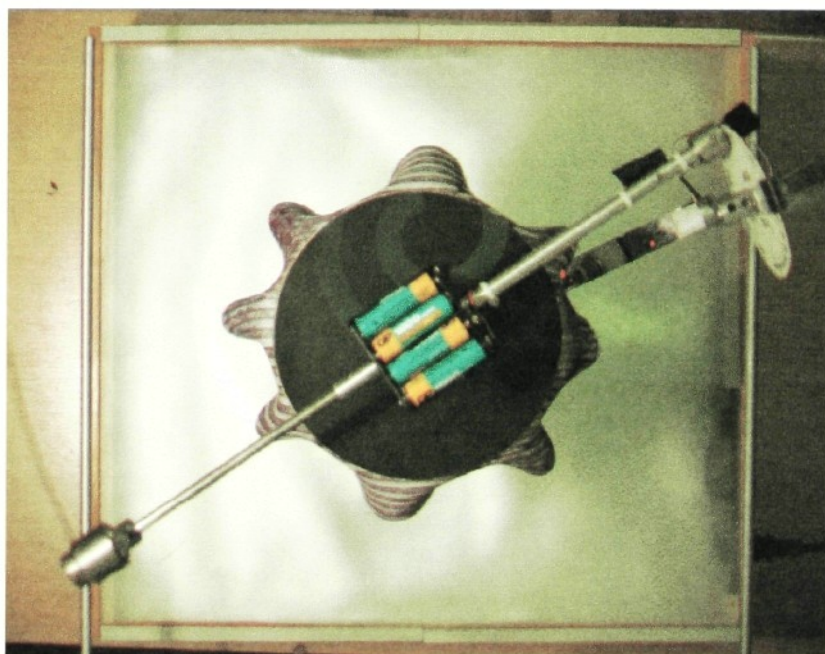
Rozsah:

Počet stran: 2

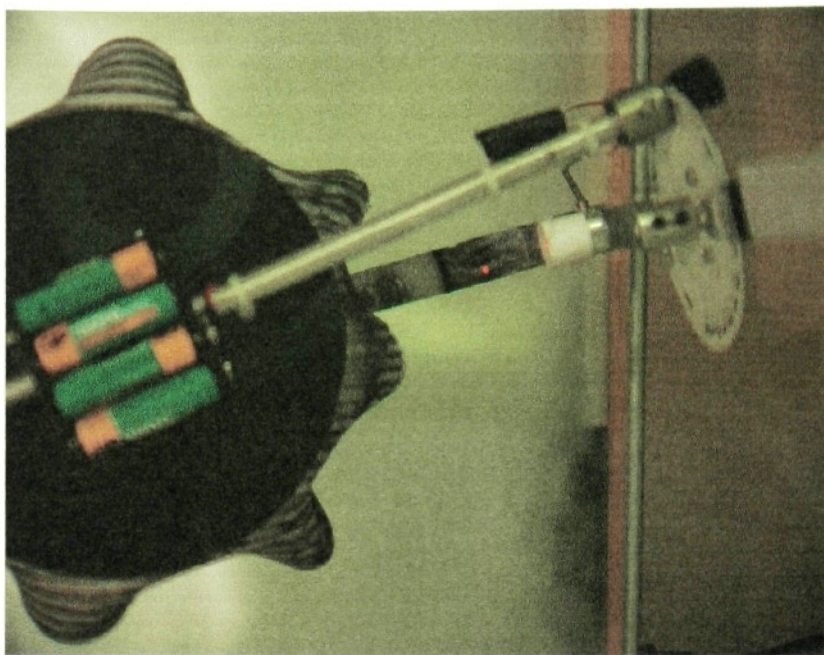
Počet obrázků: 4



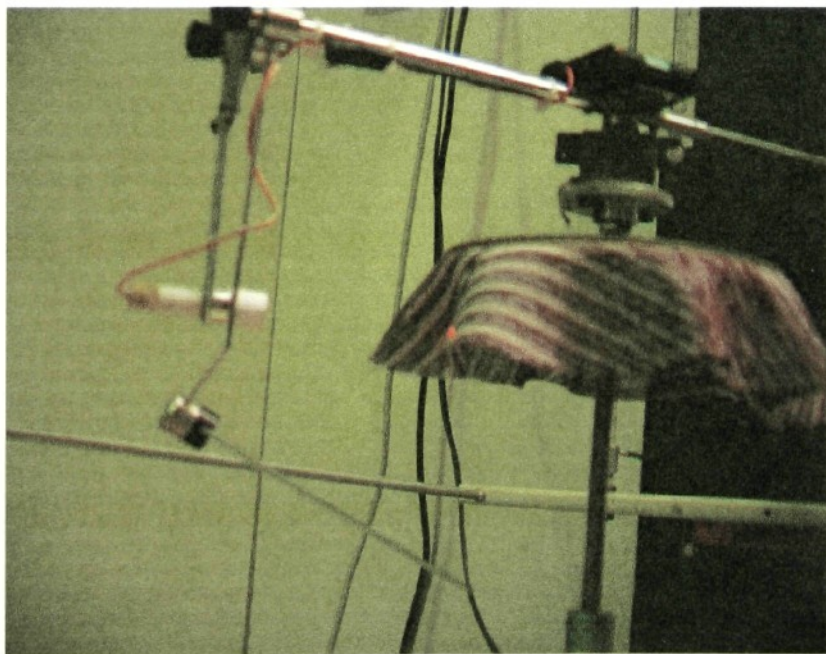
Obr.1 Přímé snímání vrstevnic



Obr. 2 Snímání vrstevnic pomocí zrcadla



Obr. 3 Snímání vrstevnic pomocí zrcadla - detail



Obr. 4 Pohled na otočné rameno s laserovou diodou a zrcadlem

Příloha č.2

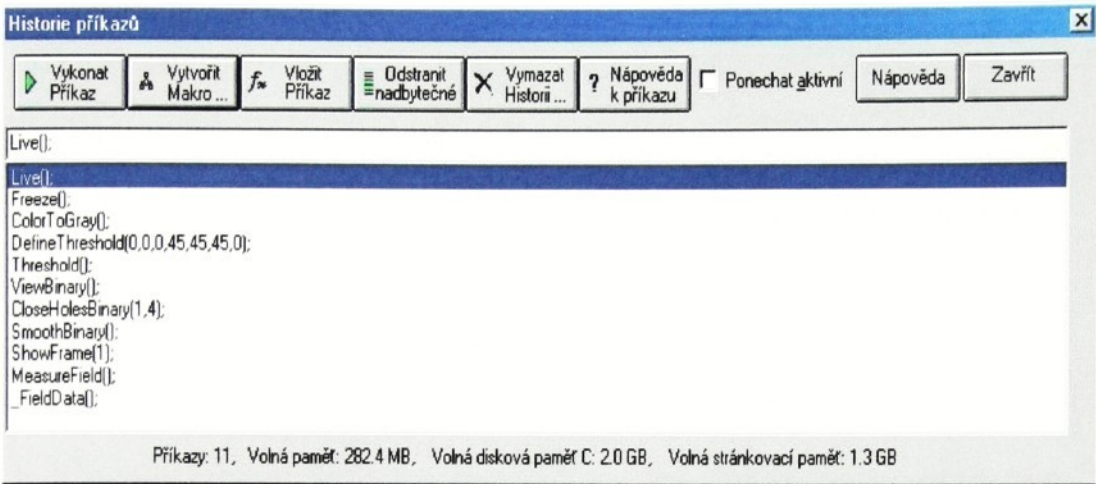
Makra

Rozsah:

Počet stran: 2

Počet obrázků: 2

Makro *makro1.mac* pro měření plochy průmětu splývajícího vzorku

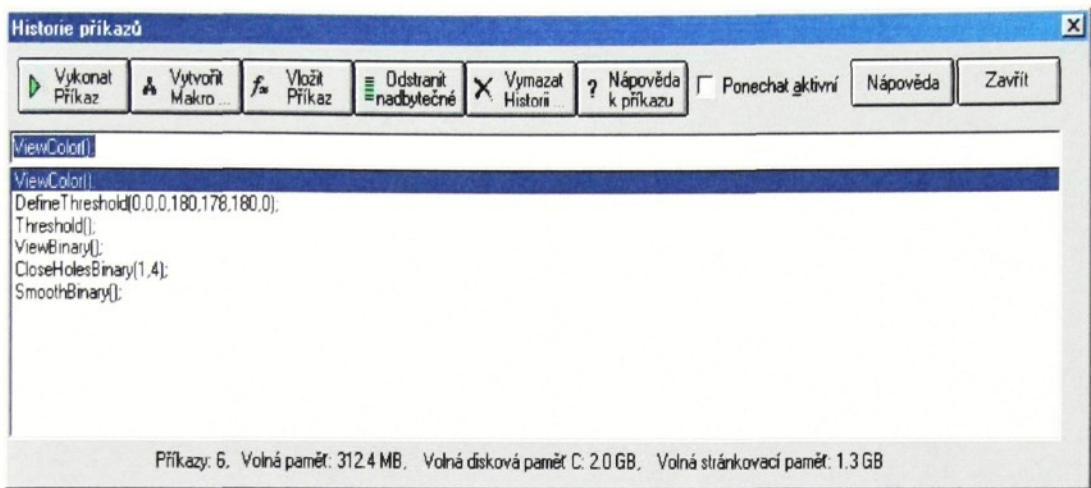


Obr. 1 Makro *makro1.mac* pro měření plochy průmětu splývajícího vzorku

Obsah makra *makro1.mac*

funkce	popis
Live	Aktuální barevný živý obraz.
Freeze	Snímání barevného obrazu.
DefineThreshold	Definice parametrů pro segmentaci barevného obrazu (parametry prahování). Definuje se dolní a horní práh pro červenou, zelenou a modrou barevnou složku.
Threshold	Segmentace barevného obrazu podle prahových hodnot definovaných funkcí Define Threshold.
ViewBinary	Převedení segmentovaného obrazu na binární (černobílý).
CloseHolesBinary	Uzavření děr. Odstranění malých děr z binárního obrazu.
SmoothBinary	Vyhlazení. Vyhlazení obrysů binárního obrazu.
ShowFrame	Zobrazení definovaného měřicího rámečku.
MeasureField	Měření zvolených příznaků.
FieldData	Zobrazení výsledků měření.

Makro *makro2.mac* pro převedení barevného obrazu vrstevnice na binární



Obr. 2 Makro *makro2.mac* pro převedení barevného obrazu vrstevnice na binární

Obsah makra *makro2.mac*

funkce	popis
ViewColor	Sejmutý barevný obraz
DefineThreshold	Definice parametrů pro segmentaci barevného obrazu (parametry prahování). Definuje se dolní a horní práh pro červenou, zelenou a modrou barevnou složku.
Threshold	Segmentace barevného obrazu podle prahových hodnot definovaných funkcí Define Threshold.
ViewBinary	Převedení segmentovaného obrazu na binární (černobílý).
CloseHolesBinary	Uzavření děr. Odstranění malých děr z binárního obrazu.
SmoothBinary	Vyhlazení. Vyhlazení obrysů binárního obrazu.

Příloha č.3

Programy

Obsah:

1. Program <i>splyvavost.m</i>	1
2. Program <i>model_bezvika.m</i>	2
3. Program <i>model.m</i>	7
4. Program <i>transformace_bezvika.m</i>	12
5. Program <i>transformace.m</i>	19
6. Změna způsobu vykreslení 3D modelu	26
7. Program <i>polarni_graf.m</i>	27
8. Program <i>rez.m</i>	28
9. Program <i>uhel.m</i>	29

Rozsah:

Počet stran: 29

1. Program splyvavost.m pro výpočet splývavosti x

```
function x=splyvavost(s1,s2,s3)
sv=70686;   plocha zkoušeného vzorku [mm2]
sm=45239;   plocha mezikruží = plocha zkoušeného vzorku-
            plocha podpěry [mm2]
s=(s1+s2+s3)/3 průměrná plocha stínu zkoušeného vzorku ze
               třech měření [mm2]
x=((sv-s)/sm)*100; splývavost [%]
```

Pro výpočet se v okně Matlab CommandWindow zadá příkaz ve tvaru:

splyvavost(s1,s2,s3)

Za **s1**, **s2**, **s3** se dosadí konkrétní hodnoty ploch stínů zkoušeného vzorku z jednotlivých měření. Po stisknutí klávesy Enter proběhne výpočet a zobrazení výsledku.

2. Program *model_bezvika.m* pro vykreslení 3D modelu bez víka – pro vrstevnice nasnímané přímo

```
clear all;
IM(:,:,1)=imread('vrst00.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 00mm
IM(:,:,2)=imread('vrst05.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 05mm
IM(:,:,3)=imread('vrst10.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 10mm
IM(:,:,4)=imread('vrst15.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 15mm
IM(:,:,5)=imread('vrst20.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 20mm
IM(:,:,6)=imread('vrst25.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 25mm
IM(:,:,7)=imread('vrst30.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 30mm
IM(:,:,8)=imread('vrst35.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 35mm
IM(:,:,9)=imread('vrst36.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 36mm
IM(:,:,10)=imread('vrst37.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 37mm
IM(:,:,11)=imread('vrst38.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 38mm
IM(:,:,12)=imread('vrst39.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 39mm
IM(:,:,13)=imread('vrst40.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 40mm
IM(:,:,14)=imread('vrst41.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 41mm
IM(:,:,15)=imread('vrst42.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 42mm
IM(:,:,16)=imread('vrst43.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 43mm
IM(:,:,17)=imread('vrst44.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 44mm
IM(:,:,18)=imread('vrst45.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 45mm
IM(:,:,19)=imread('vrst46.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 46mm
IM(:,:,20)=imread('vrst47.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 47mm
IM(:,:,21)=imread('vrst48.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 48mm
IM(:,:,22)=imread('vrst49.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 49mm
IM(:,:,23)=imread('vrst50.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,24)=imread('vrst51.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 51mm
IM(:,:,25)=imread('vrst52.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 52mm
IM(:,:,26)=imread('vrst53.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 53mm
IM(:,:,27)=imread('vrst54.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 54mm
IM(:,:,28)=imread('vrst55.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 55mm
IM(:,:,29)=imread('vrst56.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 56mm
IM(:,:,30)=imread('vrst57.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 57mm
IM(:,:,31)=imread('vrst58.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 58mm
IM(:,:,32)=imread('vrst59.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 59mm
IM(:,:,33)=imread('vrst60.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 60mm
[I,J,K]=size(IM);    velikost matice
osa z
z=[0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -36 -37 -38 -39 -40 -41 -42 -43 -44
  -45 -46 -47 -48 -49 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -59 -60];
q=1;
for k=1:K,
    p=1;
    for fi=0:2*pi/180:2*pi,
        n=0; bod=0;
        První čtvrtina kružnice
        if (fi>=0 & fi<pi/2)
            while bod==0
                if abs(tan(fi))<=1
                    pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
                    pom_x=I/2+n;
                    Testování polohy bodu
                    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
```

```

IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
    bod=1;
    XP(p,q)=pom_x-I/2;
    YP(p,q)=pom_y-J/2;
    ZP(p,q)=z(k);
end
else
    pom_y = J/2+n;
    pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
        bod=1;
        XP(p,q)=pom_x-I/2;
        YP(p,q)=pom_y-J/2;
        ZP(p,q)=z(k);
    end
end
end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
end
end Od while
p=p+1;
end
Druhá čtvrtina kružnice
if (fi>pi/2 & fi<pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        else
            pom_y = J/2+n;

```

```

        pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
        if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
            bod=1;
            XP(p,q)=pom_x-I/2;
            YP(p,q)=pom_y-J/2;
            ZP(p,q)=z(k);
        end
    end
    n=n+1;
    Test neúplnosti vrstevnice
    if n>480
        bod=1;
        XP(p,q)=XP(p,q-1);
        YP(p,q)=YP(p,q-1);
        ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
    end
    end Od while
    p=p+1;
end
Třetí čtvrtina kružnice
if (fi>pi & fi<3/2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
            end
        end
    end
end

```



```

        ZP(p,q)=z(k);
    end
end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
end
end Od while
p=p+1;
end
Čtvrtá čtvrtina kružnice
if (fi>3/2*pi & fi<=2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
            pom_x=I/2+n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        end
    end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);

```



```

        ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
    end
end Od while
    p=p+1;
end
end Pro úhel
    q=q+1;
end

Převod měřítka na [mm]
XP=0.42*XP; osa x, hodnota aktuální kalibrace systému
    Lucia (0.42mm/pxl)
YP=0.42*YP; osa y, hodnota aktuální kalibrace systému
    Lucia (0.42mm/pxl)
surf(XP,YP,ZP); vykreslení modelu pláště
axis equal; stejné měřítko na osách x,y,z
xlabel(' [mm] ');ylabel(' [mm] ');zlabel(' [mm] '); popis os x,y,z

```

Jestliže počet a názvy nasnímaných vrstevnic neodpovídají zápisu programu je nutné program nejprve upravit: připsáním řádků pro nové vrstevnice nebo odsazením řádků chybějících vrstevnic (pomocí znaku %). V matici IM však musí být dodržena vzestupná posloupnost $IM(:, :, 1) \dots IM(:, :, 2) \dots IM(:, :, 3) \dots$ až $IM(:, :, n)$, kde n je poslední nasnímaná vrstevnice. Řádek pro zápis osy z musí obsahovat všechny hloubky načtených vrstevnic.

Položkou Run v menu Tools se program spustí. Výsledkem je 3D model bez víka vzorku splývající textilie vykreslený v grafickém okně MatlabFigure.

3. Program *model.m* pro vykreslení 3D modelu s víkem – pro vrstevnice nasnímané přímo

```
clear all;
IM(:,:,1)=imread('vrst00.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 00mm
IM(:,:,2)=imread('vrst05.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 05mm
IM(:,:,3)=imread('vrst10.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 10mm
IM(:,:,4)=imread('vrst15.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 15mm
IM(:,:,5)=imread('vrst20.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 20mm
IM(:,:,6)=imread('vrst25.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 25mm
IM(:,:,7)=imread('vrst30.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 30mm
IM(:,:,8)=imread('vrst33.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 33mm
IM(:,:,8)=imread('vrst35.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 35mm
IM(:,:,9)=imread('vrst36.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 36mm
IM(:,:,10)=imread('vrst37.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 37mm
IM(:,:,11)=imread('vrst38.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 38mm
IM(:,:,12)=imread('vrst39.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 39mm
IM(:,:,13)=imread('vrst40.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 40mm
IM(:,:,14)=imread('vrst41.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 41mm
IM(:,:,15)=imread('vrst42.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 42mm
IM(:,:,16)=imread('vrst43.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 43mm
IM(:,:,17)=imread('vrst44.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 44mm
IM(:,:,18)=imread('vrst45.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 45mm
IM(:,:,19)=imread('vrst46.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 46mm
IM(:,:,20)=imread('vrst47.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 47mm
IM(:,:,21)=imread('vrst48.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 48mm
IM(:,:,22)=imread('vrst49.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 49mm
IM(:,:,23)=imread('vrst50.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,24)=imread('vrst51.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 51mm
IM(:,:,25)=imread('vrst52.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 52mm
IM(:,:,26)=imread('vrst53.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 53mm
IM(:,:,27)=imread('vrst54.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 54mm
IM(:,:,28)=imread('vrst55.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 55mm
IM(:,:,29)=imread('vrst56.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 56mm
IM(:,:,30)=imread('vrst57.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 57mm
IM(:,:,31)=imread('vrst58.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 58mm
IM(:,:,32)=imread('vrst59.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 59mm
IM(:,:,33)=imread('vrst60.bmp');    načtení vrstevnice v hloubce 60mm
[I,J,K]=size(IM); velikost matice
osa z
z=[0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -36 -37 -38 -39 -40 -41 -42 -43 -44
   -45 -46 -47 -48 -49 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56 -57 -58 -59 60];
q=2; Přeskočení prvního sloupce (pro víko)
for k=1:K,
    p=1;
    for fi=0:2*pi/180:2*pi,
        n=0; bod=0;
        První čtvrtina kružnice
        if (fi>=0 & fi<pi/2)
            while bod==0
                if abs(tan(fi))<=1
                    pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
                    pom_x=I/2+n;
                    Testování polohy bodu
```

```

        if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
            bod=1;
            XP(p,q)=pom_x-I/2;
            YP(p,q)=pom_y-J/2;
            ZP(p,q)=z(k);
        end
    else
        pom_y = J/2+n;
        pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
        if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
            bod=1;
            XP(p,q)=pom_x-I/2;
            YP(p,q)=pom_y-J/2;
            ZP(p,q)=z(k);
        end
    end
end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
end
end Od while
p=p+1;
end
Druhá čtvrtina kružnice
if (fi>pi/2 & fi<pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        end
    end
end

```



```

        end
    else
        pom_y = J/2+n;
        pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
        if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
            bod=1;
            XP(p,q)=pom_x-I/2;
            YP(p,q)=pom_y-J/2;
            ZP(p,q)=z(k);
        end
    end
end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
end
end Od while
p=p+1;
end
Třetí čtvrtina kružnice
if (fi>pi & fi<3/2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)

```



```

        bod=1;
        XP(p,q)=pom_x-I/2;
        YP(p,q)=pom_y-J/2;
        ZP(p,q)=z(k);
    end
end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
end
end Od while
p=p+1;
end
Čtvrtá čtvrtina kružnice
if (fi>3/2*pi & fi<=2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
            pom_x=I/2+n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=pom_x-I/2;
                YP(p,q)=pom_y-J/2;
                ZP(p,q)=z(k);
            end
        end
    end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480

```

```

        bod=1;
        XP(p,q)=XP(p,q-1);
        YP(p,q)=YP(p,q-1);
        ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
    end
    end Od while
    p=p+1;
end
end Pro úhel
q=q+1;
end

```

Víko: nuly do os XP a YP dá Matlab automaticky při přeskočení prvního sloupce "q=2"

```

[T,R]=size(XP);
ZP(:,1)=z(1)*ones(T,1);

Převod měřítka na [mm]
XP=0.42*XP; osa x, hodnota aktuální kalibrace systému
Lucia(0.42mm/pxl)
YP=0.42*YP; osa y, hodnota aktuální kalibrace systému
Lucia(0.42mm/pxl)
surf(XP,YP,ZP); vykreslení modelu pláště
axis equal; stejné měřítko na osách x,y,z
xlabel(' [mm] ');ylabel(' [mm] ');zlabel(' [mm] '); popis os x,y,z

```

Úprava programu v případě odlišného počtu vrstevnic je stejná jako u programu ***model_bezvika.m***.

Položkou Run v menu Tools se program spustí. Výsledkem je 3D model s víkem vzorku splývající textilie vykreslený v grafickém okně MatlabFigure.

4. Program *transformace_bezvika.m* pro vykreslení 3D modelu bez víka – pro vrstevnice nasnímané pomocí zrcadla

```
clear all; smaže všechny proměnné
```

```
Měřítko
```

```
m=0.42; hodnota aktuální kalibrace systému Lucia  
      (0.42mm/pxl)
```

```
Proměnné zrcadla
```

```
Sr=170; souřadnice referenčního bodu S [mm]
```

```
Sz=-120; souřadnice referenčního bodu S [mm]
```

```
beta=pi*25/180; úhel sklonu zrcadla [°]
```

```
H=1040; vzdálenost objektivu kamery od čelistí [mm]
```

```
IM(:,:,1)=imread('vrst00.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 00mm  
IM(:,:,2)=imread('vrst05.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 05mm  
IM(:,:,3)=imread('vrst10.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 10mm  
IM(:,:,4)=imread('vrst15.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 15mm  
IM(:,:,5)=imread('vrst20.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 20mm  
IM(:,:,6)=imread('vrst25.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 25mm  
IM(:,:,7)=imread('vrst30.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 30mm  
IM(:,:,8)=imread('vrst35.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 35mm  
IM(:,:,9)=imread('vrst40.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 40mm  
IM(:,:,10)=imread('vrst45.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 45mm  
IM(:,:,11)=imread('vrst50.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,12)=imread('vrst51.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,13)=imread('vrst52.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,14)=imread('vrst53.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,15)=imread('vrst54.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,16)=imread('vrst55.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,17)=imread('vrst56.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,18)=imread('vrst57.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 55mm  
IM(:,:,19)=imread('vrst58.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,20)=imread('vrst59.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm  
IM(:,:,21)=imread('vrst60.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 60mm  
[I,J,K]=size(IM); velikost matice
```

```
osa z
```

```
z=[0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -40 -45 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56  
   -57 -58 -59 -60];
```

```
q=1;
```

```
for k=1:K,
```

```
    p=1;
```

```
    for fi=0:2*pi/180:2*pi,
```

```
        n=0; bod=0;
```

```
        První čtvrtina kružnice
```

```
            if (fi>=0 & fi<pi/2)
```

```
                while bod==0
```

```
                    if abs(tan(fi))<=1
```

```
                        pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
```

```
                        pom_x=I/2+n;
```

```
                        Testování polohy bodu
```

```
                            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
```

```
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
```

```
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
```



```

IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
    bod=1;
    XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
    YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
    ZP(p,q)=z(k);
    Transformace
    Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
    Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
    alfa=atan(Ar/(H+Az));
    omega=(pi/2+alfa-2*beta);
    c=Az-tan(-omega)*Ar;
    Rovnice přímky p
    Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
    Rozpočítání do os X,Y
    Brx(p,q)=Br*cos(fi);
    Bry(p,q)=Br*sin(fi);
    Brz(p,q)=z(k);

    end
else
    pom_y = J/2+n;
    pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
        bod=1;
        XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
        YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
        ZP(p,q)=z(k);
        Transformace
        Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
        Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
        alfa=atan(Ar/(H+Az));
        omega=(pi/2+alfa-2*beta);
        c=Az-tan(-omega)*Ar;
        Rovnice druhé přímky
        Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
        Rozpočítání do os X,Y
        Brx(p,q)=Br*cos(fi);
        Bry(p,q)=Br*sin(fi);
        Brz(p,q)=z(k);

    end

end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480

```



```

        bod=1;
        XP(p,q)=XP(p,q-1);
        YP(p,q)=YP(p,q-1);
        ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
        Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
        Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
        Brz(p,q)=Brz(p,q-1);
    end
end Od while
p=p+1;
end
Druhá čtvrtina kružnice
if (fi>pi/2 & fi<pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice přímky p
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
                Rozpočítání do os X,Y
                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                Brz(p,q)=z(k);

            end
        else
            pom_y = J/2+n;
            pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);

```

```

YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
ZP(p,q)=z(k);
Transformace
Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
alfa=atan(Ar/(H+Az));
omega=(pi/2+alfa-2*beta);
c=Az-tan(-omega)*Ar;
Rovnice přímky p
Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
Rozpočítání do os X,Y
Brx(p,q)=Br*cos(fi);
Bry(p,q)=Br*sin(fi);
Brz(p,q)=z(k);

```

end

end

n=n+1;

Test neúplnosti vrstevnice

if n>480

bod=1;

XP(p,q)=XP(p,q-1);

YP(p,q)=YP(p,q-1);

ZP(p,q)=ZP(p,q-1);

Brx(p,q)=Brx(p,q-1);

Bry(p,q)=Bry(p,q-1);

Brz(p,q)=Brz(p,q-1);

end

end Od while

p=p+1;

end

Třetí čtvrtina kružnice

if (fi>pi & fi<3/2*pi)

while bod==0

if abs(tan(fi))<=1

pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);

pom_x=I/2-n;

if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |

IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |

IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...

IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |

IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)

bod=1;

XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);

YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);

ZP(p,q)=z(k);

Transformace

Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);

Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;

alfa=atan(Ar/(H+Az));

```

omega=(pi/2+alfa-2*beta);
c=Az-tan(-omega)*Ar;
Rovnice přímky p
Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
Rozpočítání do os X,Y
Brx(p,q)=Br*cos(fi);
Bry(p,q)=Br*sin(fi);
Brz(p,q)=z(k);

```

```

end
else

```

```

    pom_y = J/2-n;
    pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
        bod=1;
        XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
        YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
        ZP(p,q)=z(k);
        Transformace
        Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
        Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
        alfa=atan(Ar/(H+Az));
        omega=(pi/2+alfa-2*beta);
        c=Az-tan(-omega)*Ar;
        Rovnice přímky p
        Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
        Rozpočítání do os X,Y
        Brx(p,q)=Br*cos(fi);
        Bry(p,q)=Br*sin(fi);
        Brz(p,q)=z(k);

```

```

    end

```

```

end
n=n+1;

```

```

Test neúplnosti vrstevnice

```

```

if n>480

```

```

    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
    Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
    Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
    Brz(p,q)=Brz(p,q-1);

```

```

end

```

```

end Od while

```

```

p=p+1;

```



```

end
Čtvrtá čtvrtina kružnice
if (fi>3/2*pi & fi<=2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
            pom_x=I/2+n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice přímky p
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
                Rozpočítání do os X,Y
                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                Brz(p,q)=z(k);

            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice přímky p
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);

```



```

                                Rozpočítání do os X,Y
                                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                                Brz(p,q)=z(k);

                                end
                                end
                                n=n+1;
                                Test neúplnosti vrstevnice
                                if n>480
                                    bod=1;
                                    XP(p,q)=XP(p,q-1);
                                    YP(p,q)=YP(p,q-1);
                                    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
                                    Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
                                    Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
                                    Brz(p,q)=Brz(p,q-1);
                                end
                                end Od while
                                p=p+1;
                                end
                                end Pro úhel
                                q=q+1;
                                end

```

```

surf(Brx,Bry,Brz); vykreslení modelu pláště po transformaci
axis equal; stejné měřítko na osách x,y,z
xlabel(' [mm] ');ylabel(' [mm] ');zlabel(' [mm] '); popis os x,y,z

```

Pro výpočet se zapíše do programu hodnoty proměnných :

m ... hodnota aktuální kalibrace systému Lucia [mm/pxl]

Sr ... souřadnice referenčního bodu S [mm]

Sz ... souřadnice referenčního bodu S [mm]

beta=pi* β /180 kde β ... úhel sklonu zrcadla [°]

H ... vzdálenost objektivu kamery od čelistí [mm]

Úprava programu v případě odlišného počtu vrstevnic je stejná jako u programu *model_bezvika.m*.

Položkou Run v menu Tools se program spustí. Výsledkem je 3D model bez víka po transformaci vrstevnic na skutečné rozměry vykreslený v grafickém okně MatlabFigure.

5. Program *transformace.m* pro vykreslení 3D modelu s víkem – pro vrstevnice nasnímané pomocí zrcadla

```
clear all;
Měřítko
m=0.42; hodnota aktuální kalibrace systému Lucia
      (0.42mm/pxl)
Proměnné zrcadla
Sr=170; souřadnice referenčního bodu S [mm]
Sz=-120; souřadnice referenčního bodu S [mm]
beta=pi*22/180; úhel sklonu zrcadla [°]
H=1040; vzdálenost objektivu kamery od čelistí [mm]

IM(:,:,1)=imread('vrst00.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 00mm
IM(:,:,2)=imread('vrst05.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 05mm
IM(:,:,3)=imread('vrst10.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 10mm
IM(:,:,4)=imread('vrst15.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 15mm
IM(:,:,5)=imread('vrst20.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 20mm
IM(:,:,6)=imread('vrst25.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 25mm
IM(:,:,7)=imread('vrst30.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 30mm
IM(:,:,8)=imread('vrst35.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 35mm
IM(:,:,9)=imread('vrst40.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 40mm
IM(:,:,10)=imread('vrst45.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 45mm
IM(:,:,11)=imread('vrst50.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,12)=imread('vrst51.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,13)=imread('vrst52.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,14)=imread('vrst53.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,15)=imread('vrst54.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,16)=imread('vrst55.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,17)=imread('vrst56.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,18)=imread('vrst57.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 55mm
IM(:,:,19)=imread('vrst58.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,20)=imread('vrst59.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 50mm
IM(:,:,21)=imread('vrst60.bmp'); načtení vrstevnice v hloubce 60mm
[I,J,K]=size(IM); velikost matice
osa z
z=[0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -40 -45 -50 -51 -52 -53 -54 -55 -56
  -57 -58 -59 -60];
q=2; Přeskočení prvního sloupce (pro víko)
for k=1:K,
    p=1;
    for fi=0:2*pi/180:2*pi,
        n=0; bod=0;
        První čtvrtina kružnice
        if (fi>=0 & fi<pi/2)
            while bod==0
                if abs(tan(fi))<=1
                    pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
                    pom_x=I/2+n;
                    Testování polohy bodu
                    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 |IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
```

```

IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
    bod=1;
    XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
    YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
    ZP(p,q)=z(k);
    Transformace
    Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
    Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
    alfa=atan(Ar/(H+Az));
    omega=(pi/2+alfa-2*beta);
    c=Az-tan(-omega)*Ar;
    Rovnice přímky p
    Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
    Rozpočítání do os X,Y
    Brx(p,q)=Br*cos(fi);
    Bry(p,q)=Br*sin(fi);
    Brz(p,q)=z(k);

    end
else
    pom_y = J/2+n;
    pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
        bod=1;
        XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
        YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
        ZP(p,q)=z(k);
        Transformace
        Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
        Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
        alfa=atan(Ar/(H+Az));
        omega=(pi/2+alfa-2*beta);
        c=Az-tan(-omega)*Ar;
        Rovnice přímky p
        Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
        Rozpočítání do os X,Y
        Brx(p,q)=Br*cos(fi);
        Bry(p,q)=Br*sin(fi);
        Brz(p,q)=z(k);

    end

end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480

```



```

        bod=1;
        XP(p,q)=XP(p,q-1);
        YP(p,q)=YP(p,q-1);
        ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
        Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
        Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
        Brz(p,q)=Brz(p,q-1);
    end
end Od while
p=p+1;
end
Druhá čtvrtina kružnice
if (fi>pi/2 & fi<pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);
            pom_x=I/2-n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice přímky p
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
                Rozpočítání do os X,Y
                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                Brz(p,q)=z(k);

            end
        else
            pom_y = J/2+n;
            pom_x = ceil(1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);

```



```

YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
ZP(p,q)=z(k);
Transformace
Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
alfa=atan(Ar/(H+Az));
omega=(pi/2+alfa-2*beta);
c=Az-tan(-omega)*Ar;
Rovnice přímky p
Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
Rozpočítání do os X,Y
Brx(p,q)=Br*cos(fi);
Bry(p,q)=Br*sin(fi);
Brz(p,q)=z(k);

```

end

end

n=n+1;

Test neúplnosti vrstevnice

if n>480

bod=1;

XP(p,q)=XP(p,q-1);

YP(p,q)=YP(p,q-1);

ZP(p,q)=ZP(p,q-1);

Brx(p,q)=Brx(p,q-1);

Bry(p,q)=Bry(p,q-1);

Brz(p,q)=Brz(p,q-1);

end

end Od while

p=p+1;

end

Třetí čtvrtina kružnice

if (fi>pi & fi<3/2*pi)

while bod==0

if abs(tan(fi))<=1

pom_y=ceil(J/2-tan(fi)*n);

pom_x=I/2-n;

if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |

IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |

IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...

IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |

IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)

bod=1;

XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);

YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);

ZP(p,q)=z(k);

Transformace

Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);

Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;

alfa=atan(Ar/(H+Az));

```

        omega=(pi/2+alfa-2*beta);
        c=Az-tan(-omega)*Ar;
        Rovnice přímky p
        Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
        Rozpočítání do os X,Y
        Brx(p,q)=Br*cos(fi);
        Bry(p,q)=Br*sin(fi);
        Brz(p,q)=z(k);

    end
else
    pom_y = J/2-n;
    pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
    if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
        bod=1;
        XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
        YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
        ZP(p,q)=z(k);
        Transformace
        Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
        Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
        alfa=atan(Ar/(H+Az));
        omega=(pi/2+alfa-2*beta);
        c=Az-tan(-omega)*Ar;
        Rovnice přímky p
        Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
        Rozpočítání do os X,Y
        Brx(p,q)=Br*cos(fi);
        Bry(p,q)=Br*sin(fi);
        Brz(p,q)=z(k);

    end

end
n=n+1;
Test neúplnosti vrstevnice
if n>480
    bod=1;
    XP(p,q)=XP(p,q-1);
    YP(p,q)=YP(p,q-1);
    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
    Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
    Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
    Brz(p,q)=Brz(p,q-1);

end
end Od while
p=p+1;

```

```

end
Čtvrtá čtvrtina kružnice
if (fi>3/2*pi & fi<=2*pi)
    while bod==0
        if abs(tan(fi))<=1
            pom_y=ceil(J/2+tan(fi)*n);
            pom_x=I/2+n;
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice přímky p
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);
                Rozpočítání do os X,Y
                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                Brz(p,q)=z(k);

            end
        else
            pom_y = J/2-n;
            pom_x = ceil(-1/tan(fi)*n + I/2);
            if (IM(pom_x,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y,k)==0 |
IM(pom_x,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x,pom_y-1,k)==0 | ...
IM(pom_x-1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x-1,pom_y-1,k)==0 |
IM(pom_x+1,pom_y+1,k)==0 | IM(pom_x+1,pom_y-1,k)==0)
                bod=1;
                XP(p,q)=m*(pom_x-I/2);
                YP(p,q)=m*(pom_y-J/2);
                ZP(p,q)=z(k);
                Transformace
                Ar=sqrt(XP(p,q)^2+YP(p,q)^2);
                Az=tan(beta)*Ar+Sz-tan(beta)*Sr;
                alfa=atan(Ar/(H+Az));
                omega=(pi/2+alfa-2*beta);
                c=Az-tan(-omega)*Ar;
                Rovnice druhé přímky
                Br=(z(k)-c)/tan(-omega);

```



```

                                Rozpočítání do os X,Y
                                Brx(p,q)=Br*cos(fi);
                                Bry(p,q)=Br*sin(fi);
                                Brz(p,q)=z(k);

                                end

                                end
                                n=n+1;
                                Test neúplnosti vrstevnice
                                if n>480
                                    bod=1;
                                    XP(p,q)=XP(p,q-1);
                                    YP(p,q)=YP(p,q-1);
                                    ZP(p,q)=ZP(p,q-1);
                                    Brx(p,q)=Brx(p,q-1);
                                    Bry(p,q)=Bry(p,q-1);
                                    Brz(p,q)=Brz(p,q-1);
                                end
                                end Od while
                                p=p+1;
                                end
                                end Pro úhel
                                q=q+1;
                                end

```

Víko: nuly do os XP a YP dá Matlab automaticky při přeskočení prvního sloupce "q=2"

```

[T,R]=size(XP);
ZP(:,1)=z(1)*ones(T,1);

```

```

surf(Brx,Bry,Brz); vykreslení modelu pláště po transformaci
axis equal; stejné měřítko na osách x,y,z
xlabel(' [mm] ');ylabel(' [mm] ');zlabel(' [mm] '); popis os x,y,z

```

Pro výpočet se zapíše přímo do programu hodnoty proměnných :

m ... hodnota aktuální kalibrace systému Lucia [mm/pxl]

Sr ... souřadnice referenčního bodu S [mm]

Sz ... souřadnice referenčního bodu S [mm]

beta=pi* β/180 kde β ... úhel sklonu zrcadla [°]

H ... vzdálenost objektivu kamery od čelistí [mm]

Úprava programu v případě odlišného počtu vrstevnic je stejná jako u programu **model_bezvika.m**.

Položkou Run v menu Tools se program spustí. Výsledkem je 3D model s víkem po transformaci vrstevnic na skutečné rozměry vykreslený v grafickém okně MatlabFigure.

6. Změna způsobu vykreslení 3D modelu

Zapsáním funkce do příkazového řádku okna MatlabCommandWindow:

```
plot3 (XP, YP, ZP)    pro model vytvořený transformací (Brx, Bry, Brz)
pcolor (XP, YP, ZP)
mesh (XP, YP, ZP)
surfl (XP, YP, ZP)
```

Popis funkcí viz. kapitola Matlab (verze 5.3).

Změna barevné mapy

Zapsáním funkce do příkazového řádku okna MatlabCommandWindow:

```
colormap('jet')
colormap('hsv')
colormap('cool')
colormap('hot')
colormap('gray')
colormap('pink')
colormap('copper')
```

Typy barevných map

název	barevná mapa
jet	
hsv	
cool	
hot	
gray	
pink	
copper	

7. Program *polarni_graf.m* pro vykreslení zvolené vrstevnice v polárním diagramu

```
clear all;
close all;
IM(:,:,1)=imread('vrst25.bmp'); načtení zvolené vrstevnice
První díl
IM1=IM(:,1:616,:);
[I,J,K]=size(IM1);
n=1;
    for i=1:I,
        for j=1:J,
            if IM1(i,j,k)==0
                XP(n)=i-I/2;
                YP(n)=j-J;
                n=n+1;
            end
        end
    end
Druhý díl
IM2=IM(:,617:1232,:);
[I,J,K]=size(IM2);
    for i=I:-1:1,
        for j=1:J,
            if IM2(i,j,k)==0
                XP(n)=i-I/2;
                YP(n)=(j+616)-J;
                n=n+1;
            end
        end
    end

Převod měřítka na [mm]
XP=0.42*XP; osa x, hodnota aktuální kalibrace systému
           Lucia (0.42mm/pxl)
YP=0.42*YP; osa y, hodnota aktuální kalibrace systému
           Lucia (0.42mm/pxl)

[fi,r]=cart2pol(XP,YP); přepočítání kartézských souřadnic na
polární
polar(fi,r) vykreslení zvolené vrstevnice v polárních
souřadnicích
```

Podle názvu vrstevnice, zvolené pro vykreslení polárního diagramu, se do řádku

`IM(:,:,1)=imread('vrstXX.bmp');` zapíše hodnota XX (číslo vrstevnice).

Po stisknutí klávesy Enter proběhne výpočet a vykreslení polárního diagramu v grafickém okně MatlabFigure.

8. Program *rez.m* pro vykreslení řezu ve zvoleném místě modelu

```
function rez(XP,YP,ZP,fi) definice funkce
krok=2;
sour=round(fi/krok); souřadnice bodů (řádky) v maticích
x=XP(sour,:);
y=YP(sour,:);
z=ZP(sour,:);
Odstranění prvního řádku a posunutí do počátku
x(1)=[ ]; y(1)=[ ]; z(1)=[ ]; odstranění 1. prvku ve
vektoru
x=x-x(1); y=y-y(1); z=z-z(1); posunutí počátku
Výpočet poloměru
r=sqrt(x.^2+y.^2);
plot(r,z);
xlabel('šířka převisu(b) [mm]');ylabel('hloubka převisu(h)
[mm]'); popis os r,z
```

Pro výpočet se v okně Matlab CommandWindow zadá příkaz ve tvaru:

rez(XP,YP,ZP,fi)

V případě řezu 3D modelu vytvořeného transformací vrstevnic příkaz:

rez(Brx,Bry,Brz,fi)

Kde XP,YP,ZP případně Brx,Bry,Brz jsou matice 3D modelu. Příslušné matice se načtou příkazem LoadWorkspace v menu File. Za **fi** [°] se dosadí úhel ve stupních (místo řezu). Po stisknutí klávesy Enter proběhne výpočet a vykreslení řezu v grafickém okně MatlabFigure.

9. Program *uhel.m* pro výpočet úhlu převisu ve zvoleném místě řezu

```
function x=uhel(b,h) definice funkce  
b...šířka převisu [mm]  
h...hloubka převisu [mm]  
x=90-(180/pi)*atan(b/h); úhel převisu [°]
```

Pro výpočet se v okně Matlab CommandWindow zadá příkaz ve tvaru:

uhel(b,h)

Za **b**, **h** se dosadí konkrétní hodnoty šířky a hloubky převisu odečtené z řezu. Po stisknutí klávesy Enter proběhne výpočet a zobrazení výsledku.

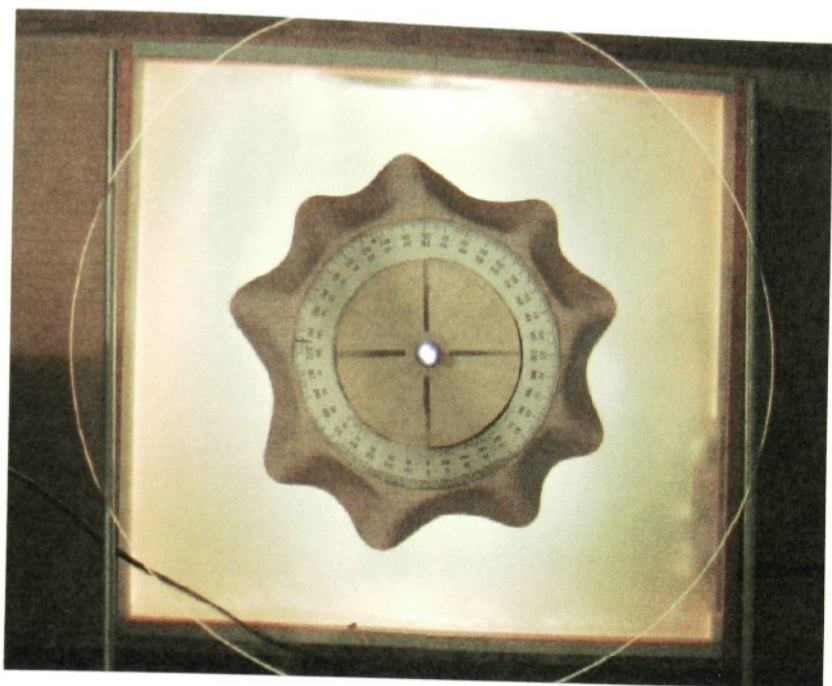
Příloha č.4

Vzorek 1

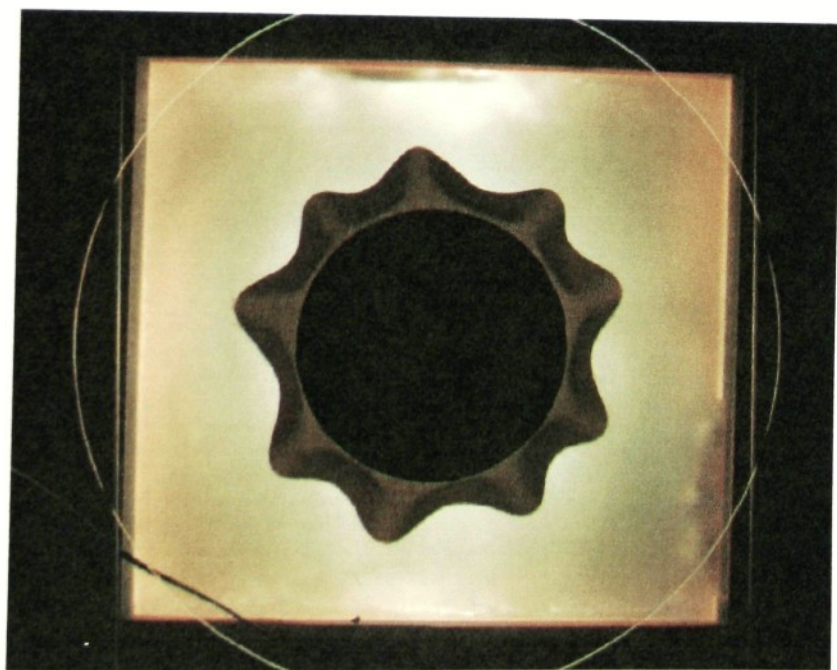
Rozsah:

Počet stran: 8

Počet obrázků: 13

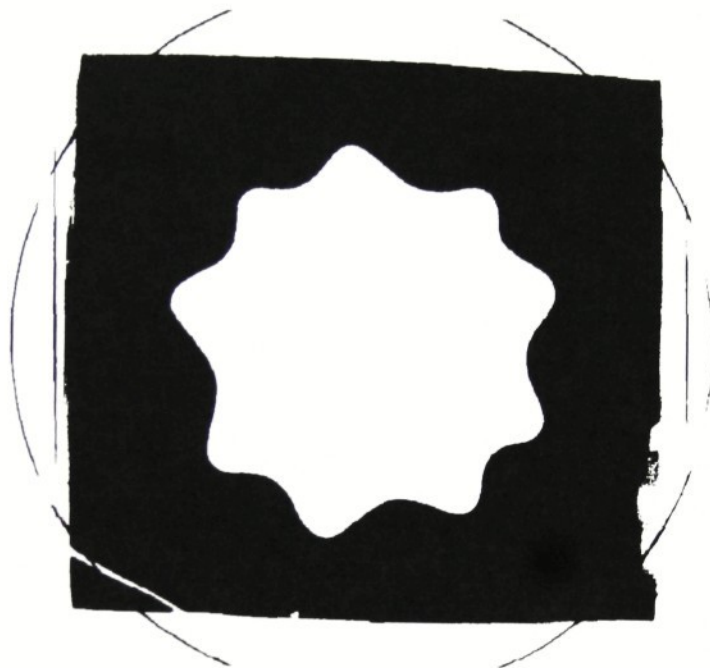


Obr. 1 Barevný obraz splývající textilie



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textilie

Splývavost $x = 58,6 \%$



Obr. 3 Binární obraz průřezu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

U vzorku 1 bylo možné snímat vrstevnice přímo. Krok snižování laserové diody byl 5mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

model_bezvika.m

model.m

polarni_graf.m

rez.m

uhel.m

Album vrstevnic:

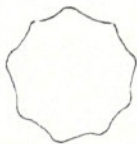
vrst00



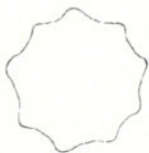
vrst05



vrst10



vrst15



vrst20



vrst25



vrst30



vrst35



vrst40



vrst45

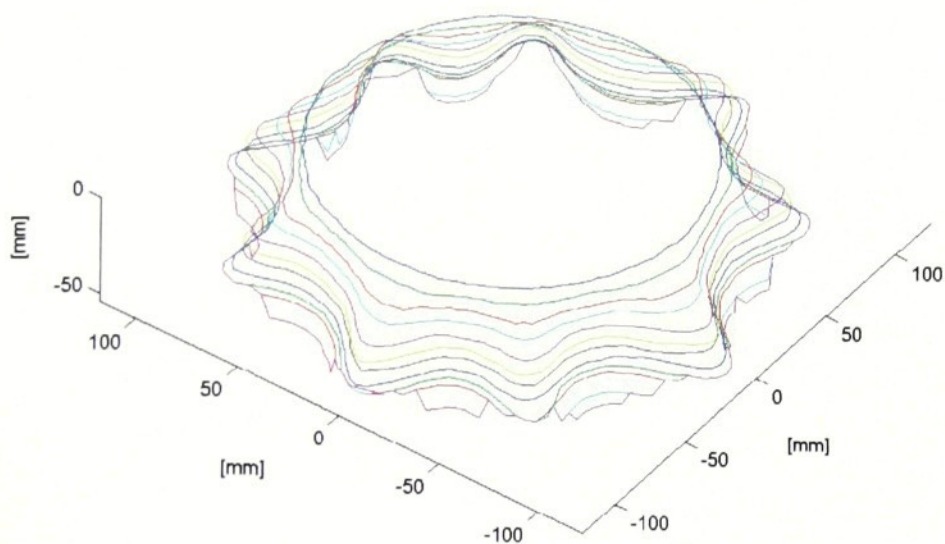


vrst50

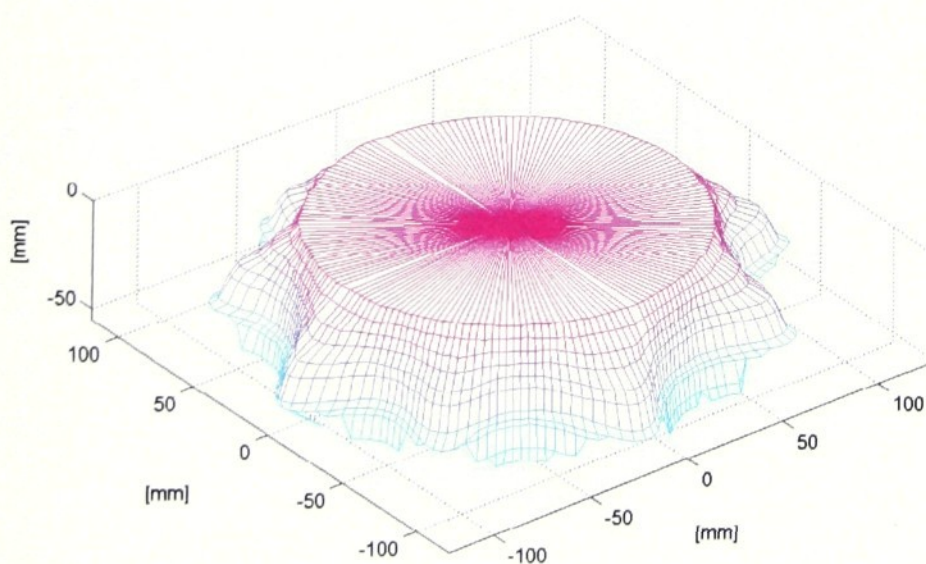


vrst55

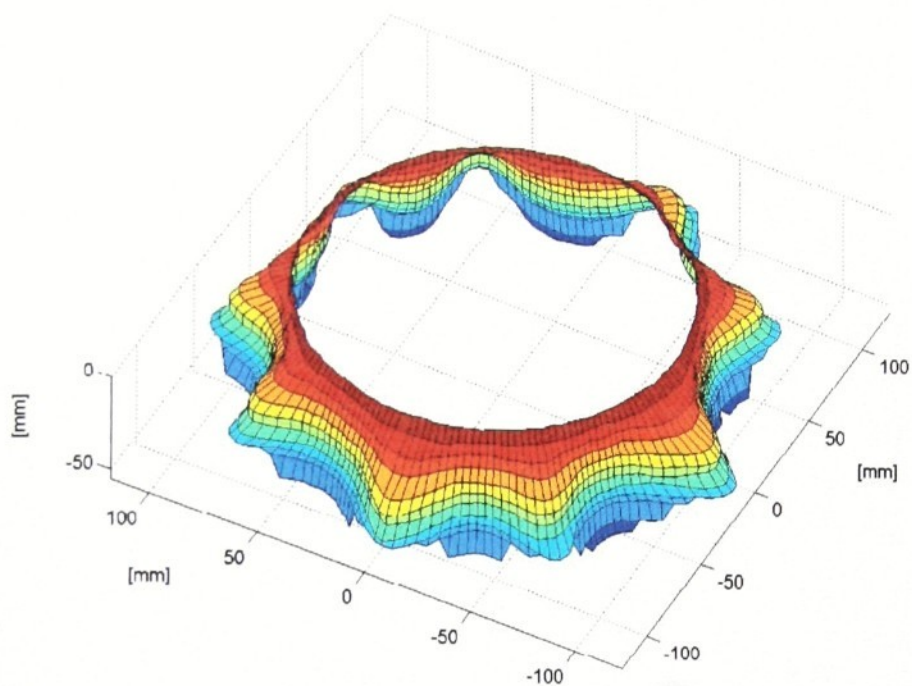




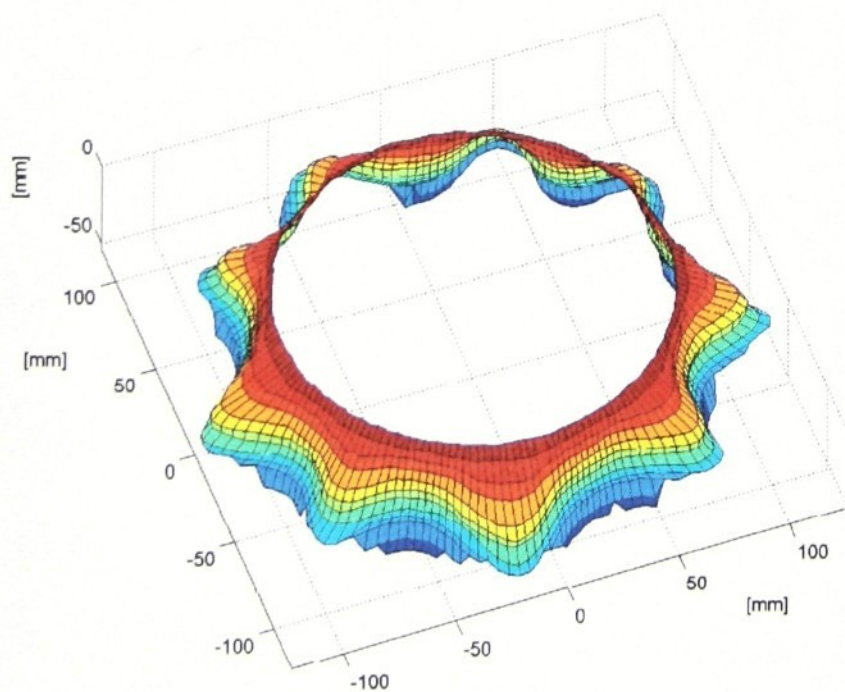
Obr. 4 3D vykreslení tvaru splývající textilie (program *model_bezvika.m*, funkce *plot3*)



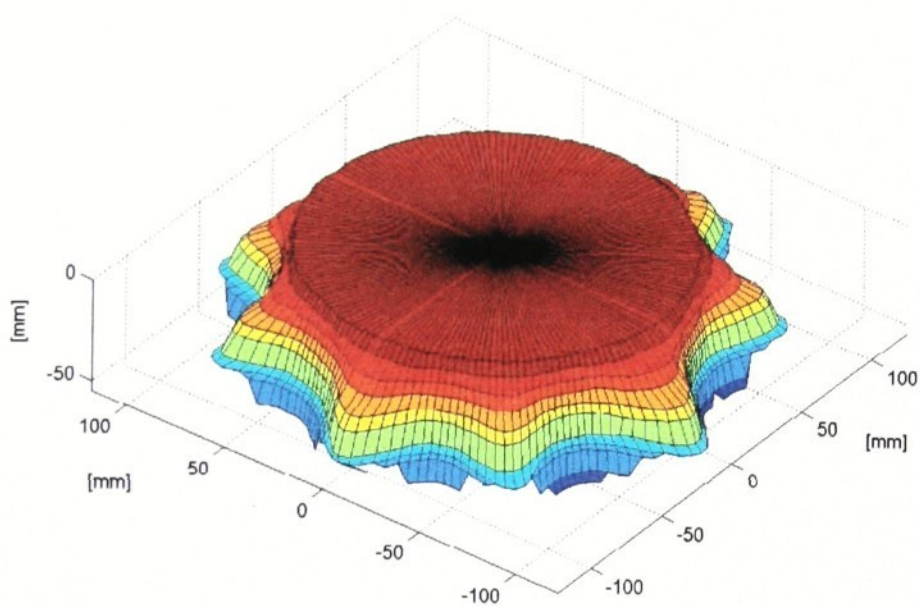
Obr. 5 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *mesh*)



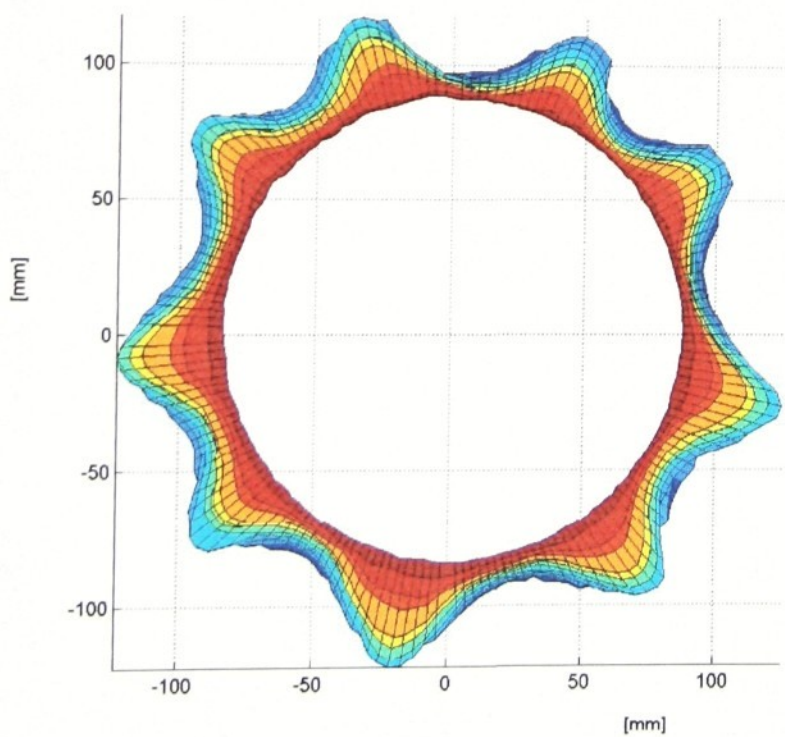
Obr. 6 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



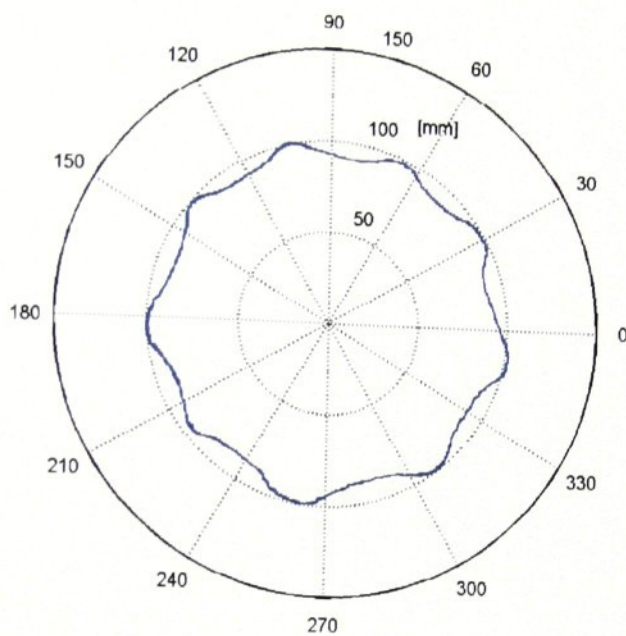
Obr. 7 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



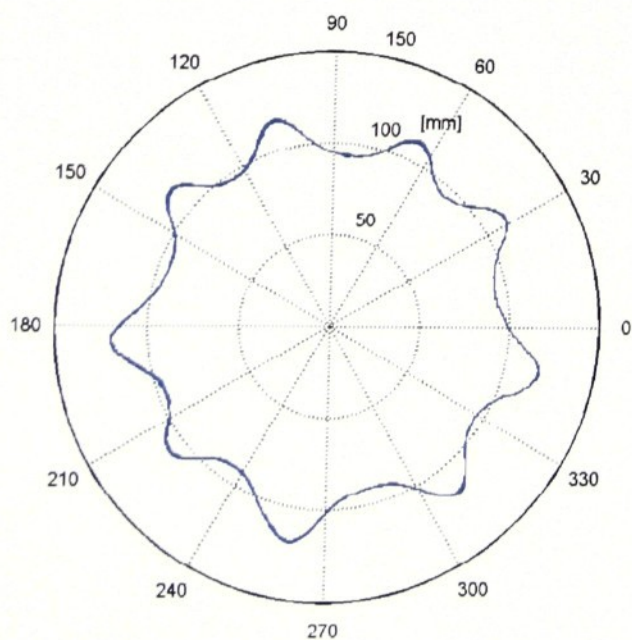
Obr. 8 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*)



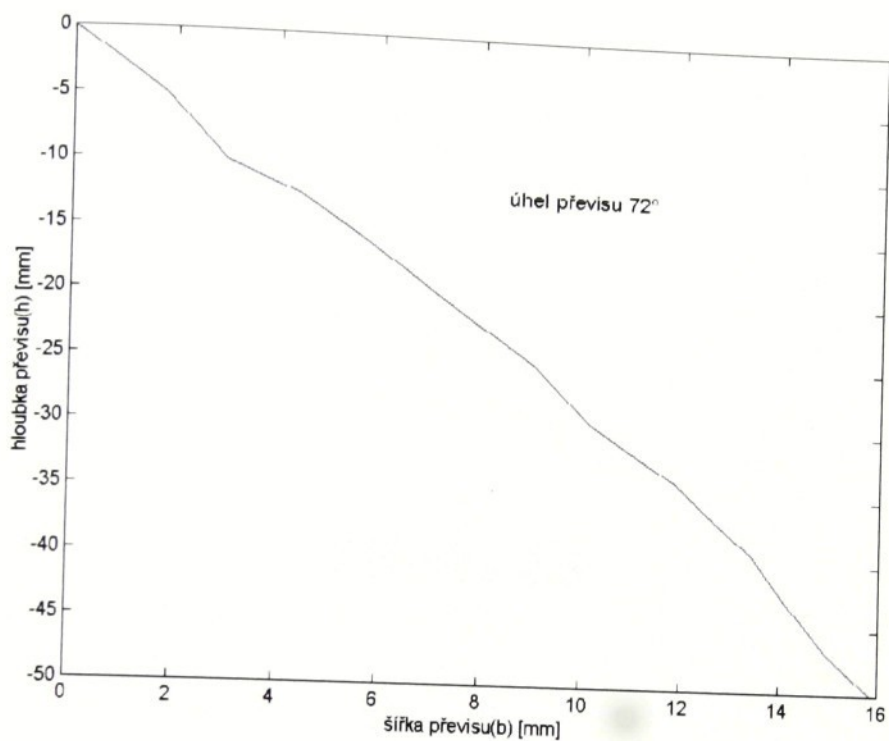
Obr. 9 Půdorys (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



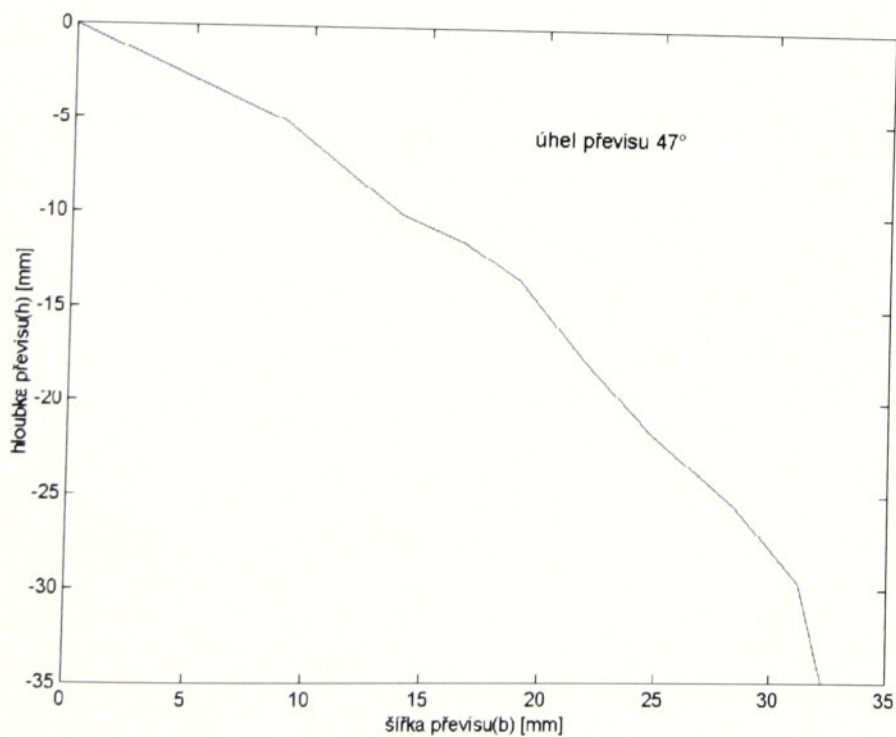
Obr. 10 Polární diagram – vrstevnice10 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 11 Polární diagram – vrstevnice45 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 12 Řez – úhel řezu 45° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 13 Řez – úhel řezu 180° (program *rez.m* a *uhel.m*)

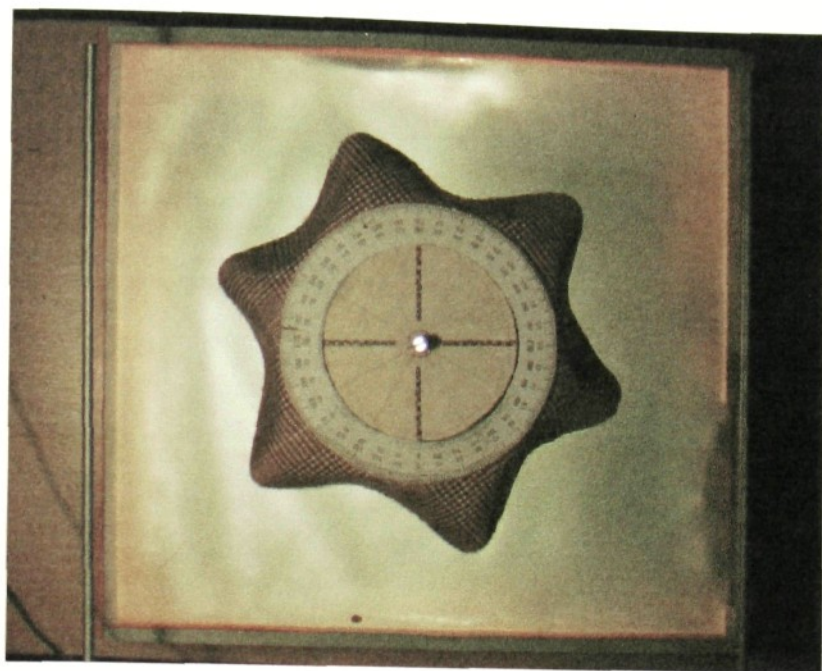
Příloha č.5

Vzorek 2

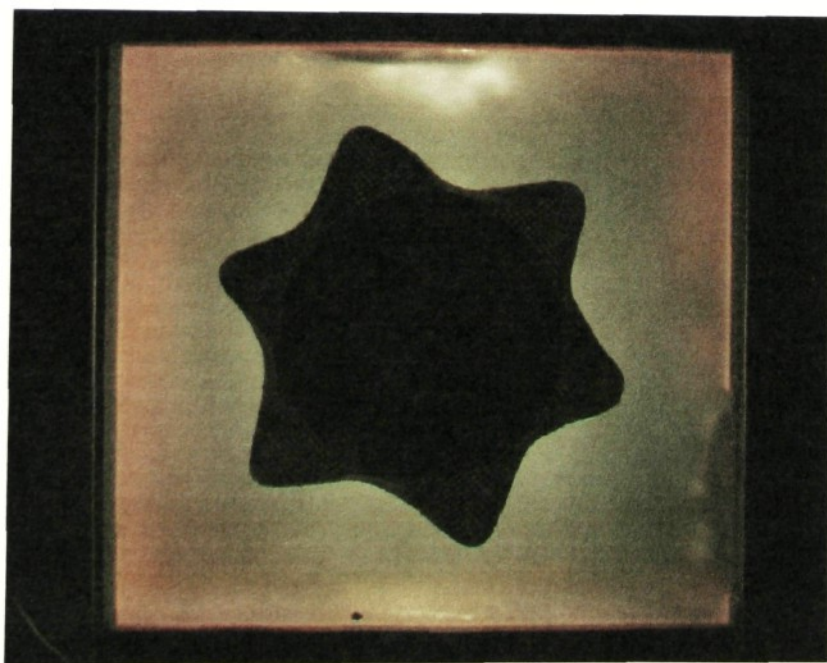
Rozsah:

Počet stran: 9

Počet obrázků: 13

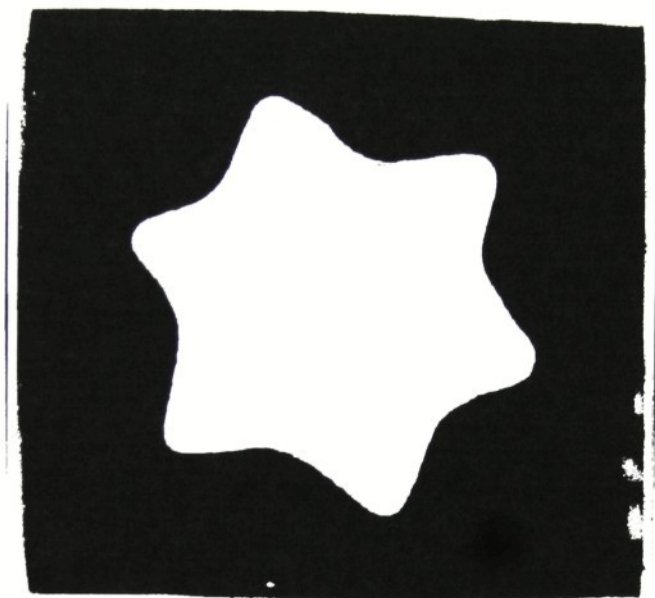


Obr. 1 Barevný obraz splývající textile



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textile

Splývavost $x = 61,7 \%$



Obr. 3 Binární obraz průmětu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

U vzorku 2 bylo možné snímat vrstevnice přímo. Krok snižování laserové diody byl 5mm, od hloubky, v níž byla pořízena poslední úplná vrstevnice byla dioda snižována s krokem 2mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

model_bezvika.m

model.m

polarni_graf.m

rez.m

uhel.m

Album vrstevnic:

vrst00



vrst05



vrst10



vrst15



vrst20



vrst25



vrst30



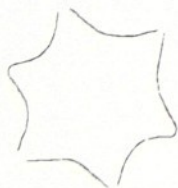
vrst33



vrst35



vrst37



vrst40



vrst43



vrst45



vrst47



vrst50



vrst53

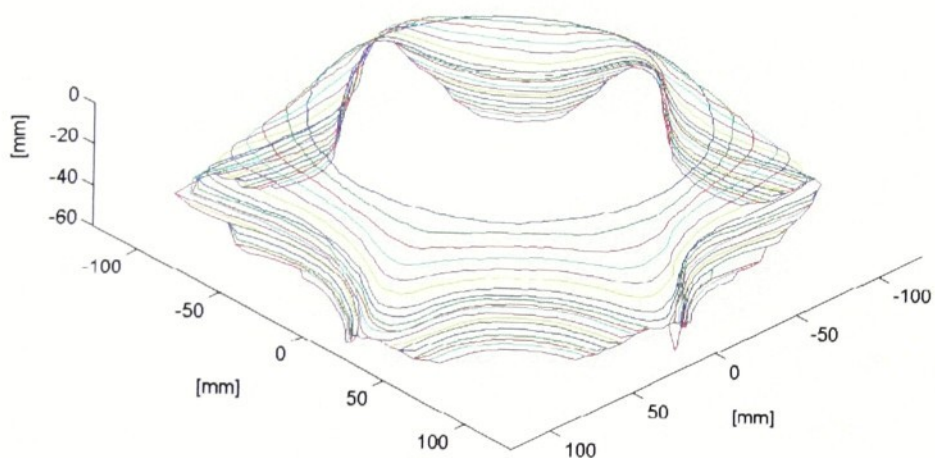


vrst55

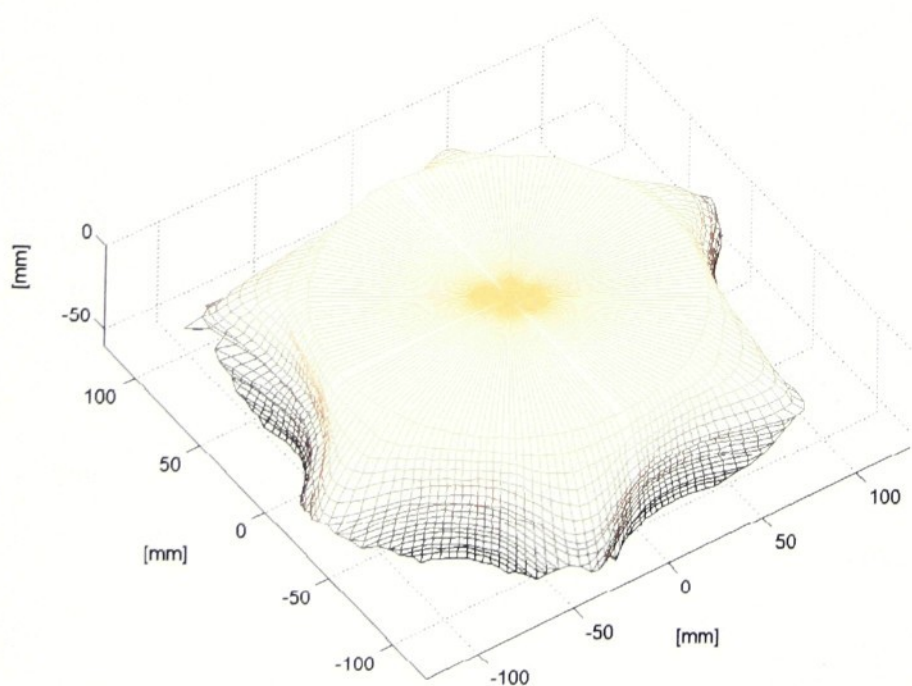


vrst57

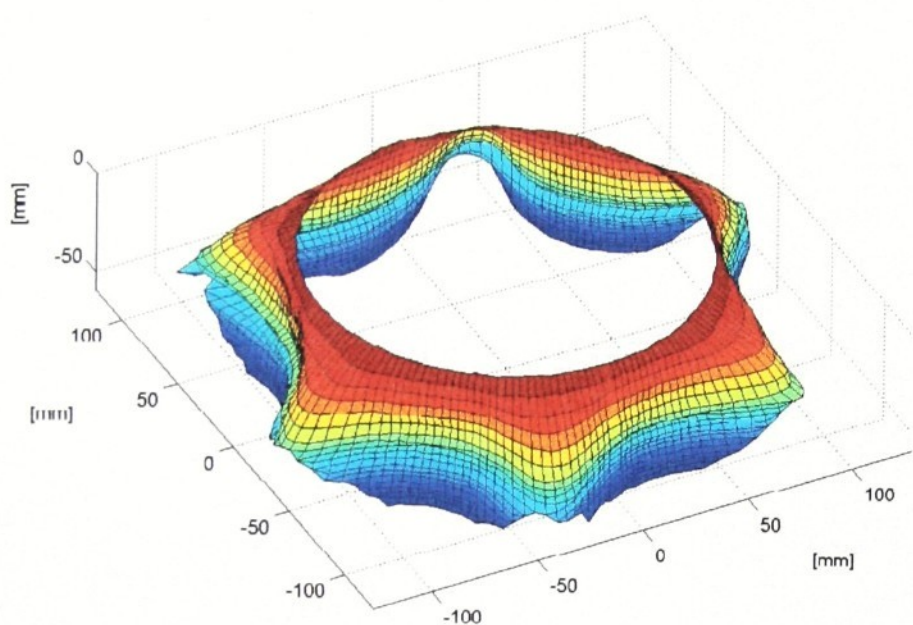




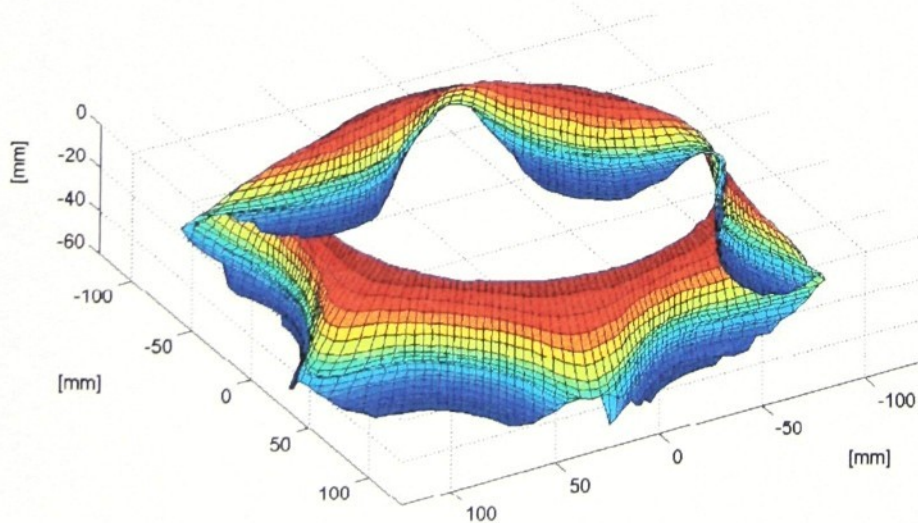
Obr. 4 3D vykreslení tvaru splývající textilie (program *model_bezvika.m*, funkce *plot3*)



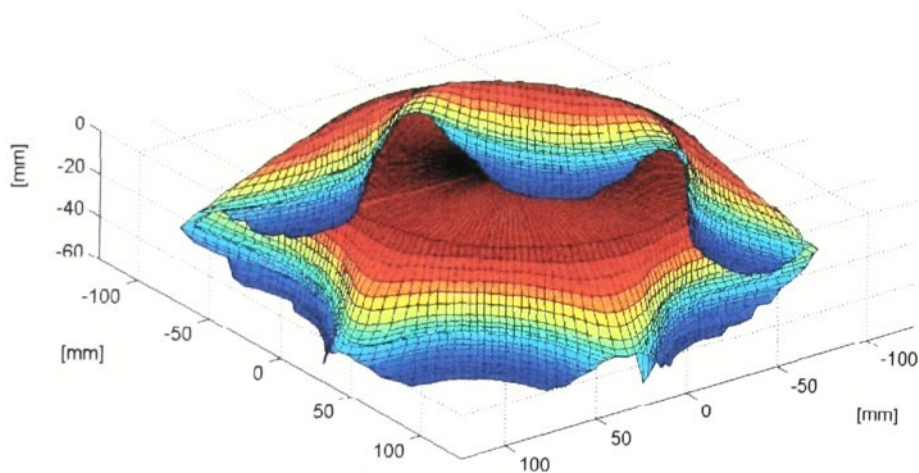
Obr. 5 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *mesh*)



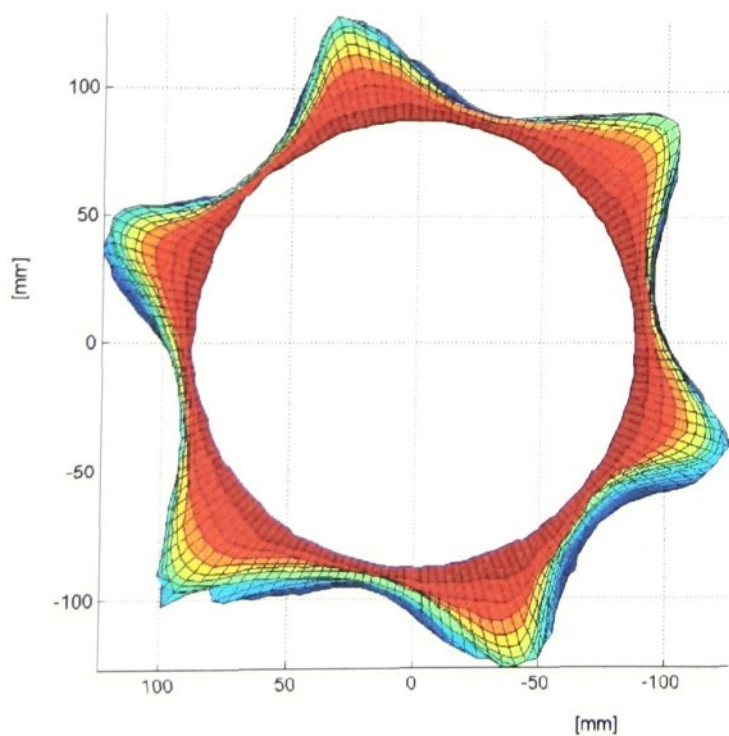
Obr. 6 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



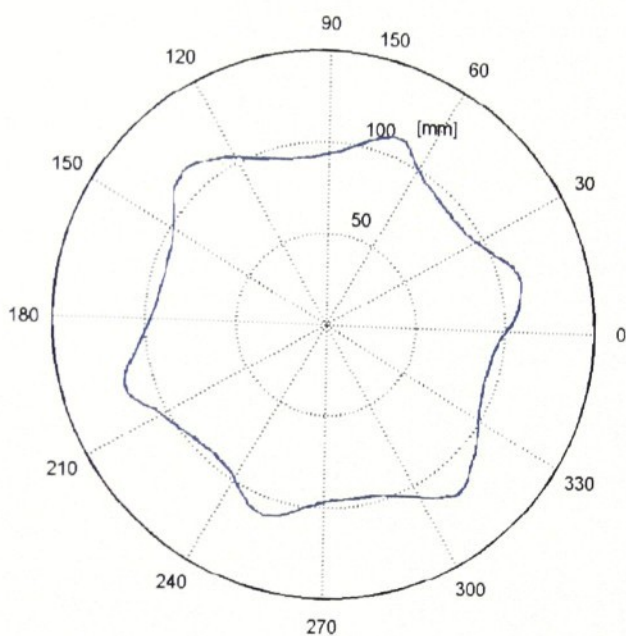
Obr. 7 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



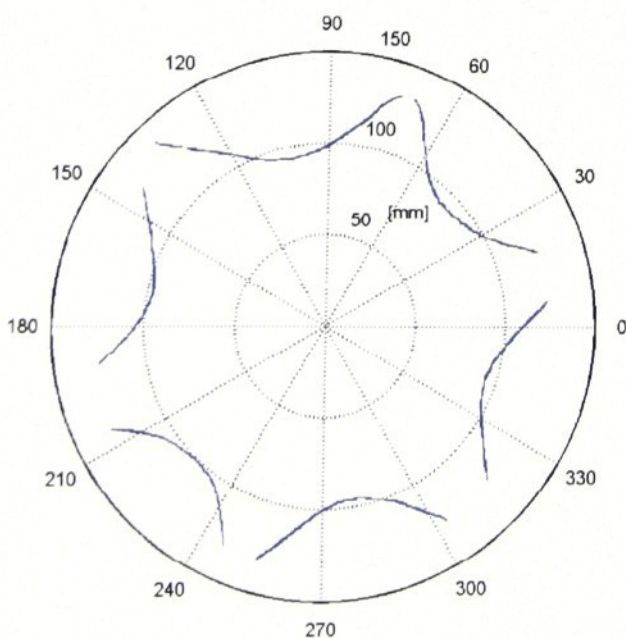
Obr. 8 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*)



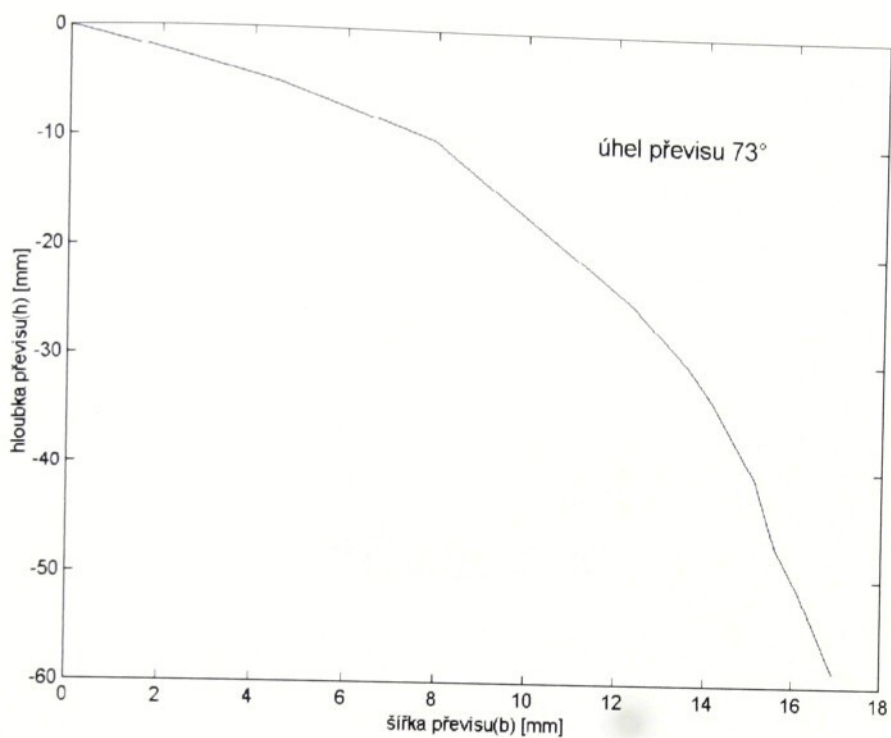
Obr. 9 Půdorys (program *model_bezvika*, funkce *surf*)



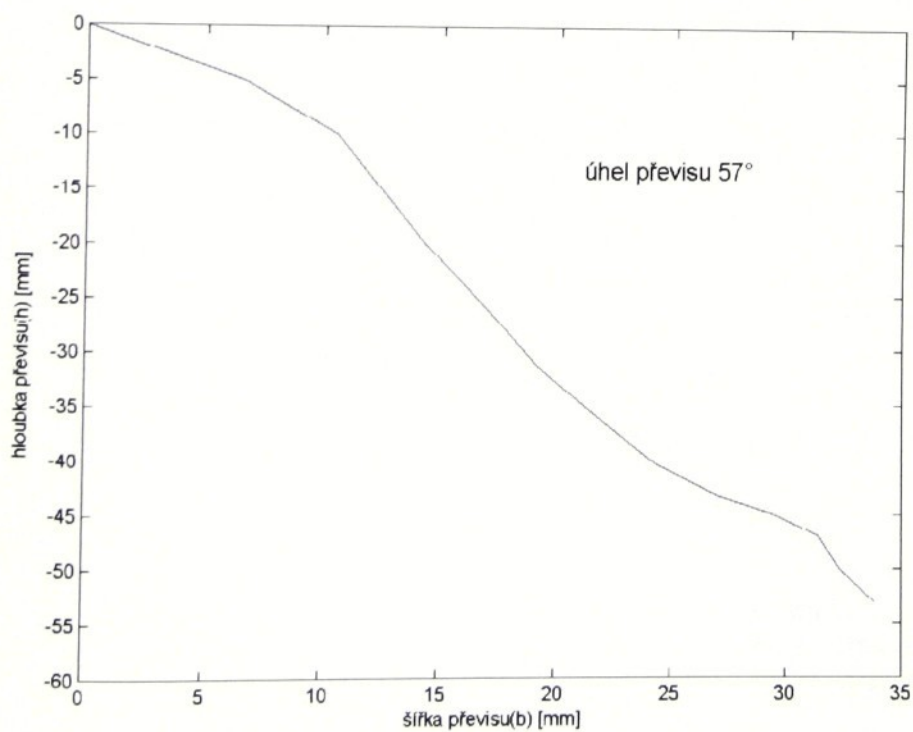
Obr. 10 Polární diagram – vrstevnice15 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 11 Polární diagram – vrstevnice45 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 12 Řez – úhel řezu 60° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 13 Řez – úhel řezu 240° (program *rez.m* a *uhel.m*)

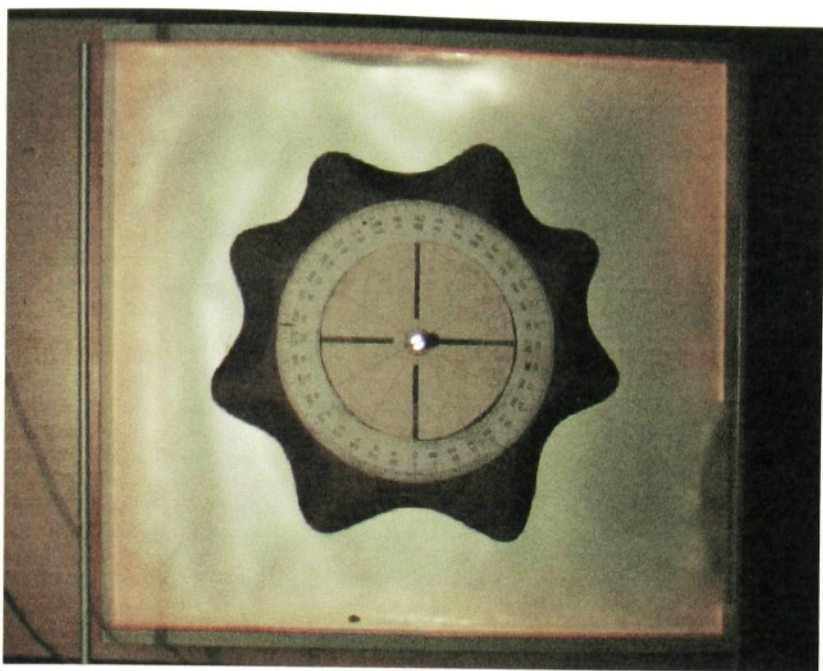
Příloha č. 6

Vzorek 3

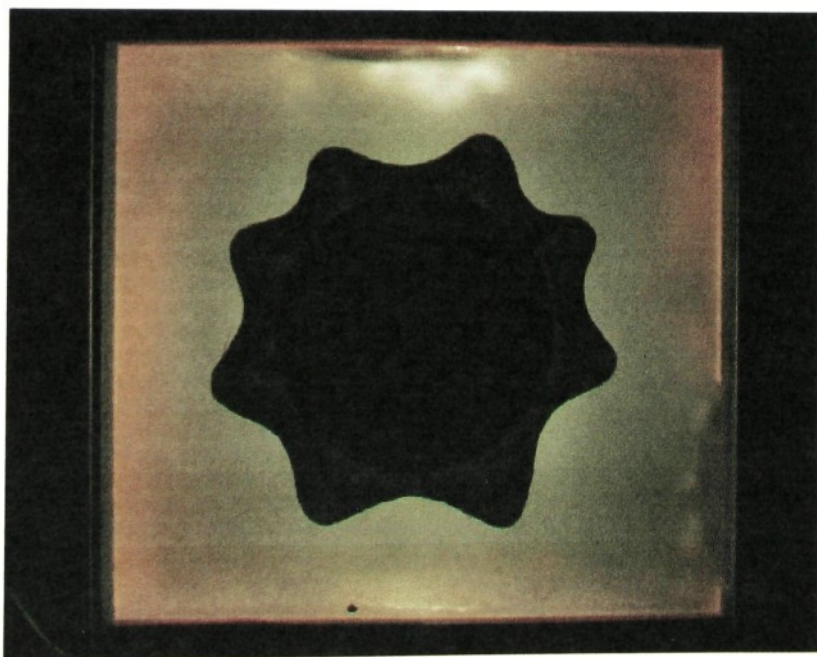
Rozsah:

Počet stran: 14

Počet obrázků: 23

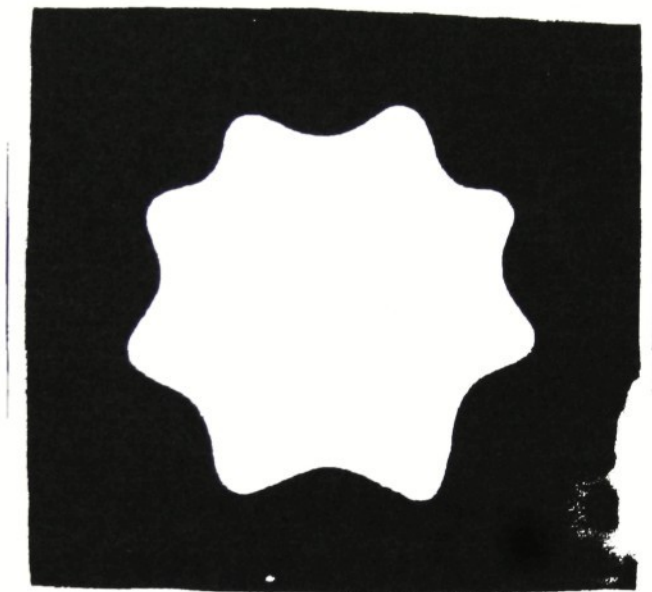


Obr. 1 Barevný obraz splývající textilie



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textilie

Splývavost $x = 53,8\%$



Obr. 3 Binární obraz průmětu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

U vzorku 3 bylo možné snímat vrstevnice přímo. Krok snižování laserové diody byl 5mm, od hloubky, v níž byla pořízena poslední úplná vrstevnice byla dioda snižována s krokem 1mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

model_bezvika.m

model.m

polarni_graf.m

rez.m

uhel.m

Album vrstevnic:

vrst00



vrst05



vrst10



vrst15



vrst20



vrst25



vrst30



vrst35



vrst36



vrst37



vrst38



vrst39



vrst40



vrst41



vrst42



vrst43



vrst44



vrst45



vrst46



vrst47



vrst48



vrst49



vrst50



vrst51



vrst52



vrst53

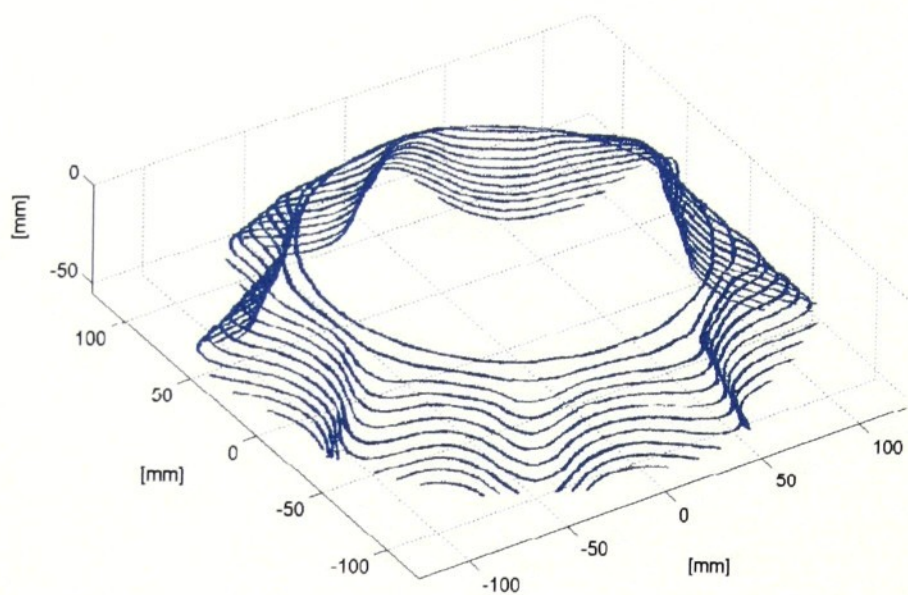


vrst54

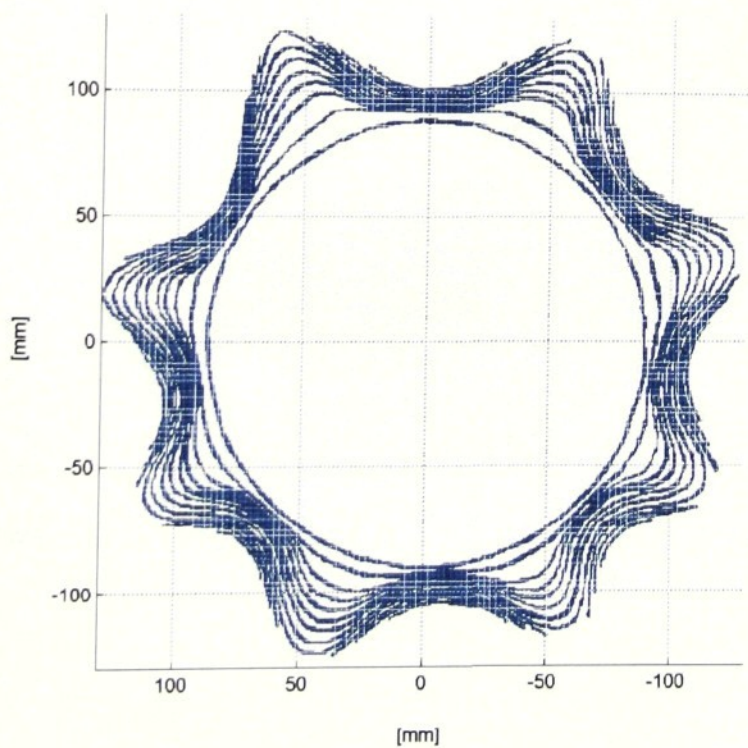


vrst55

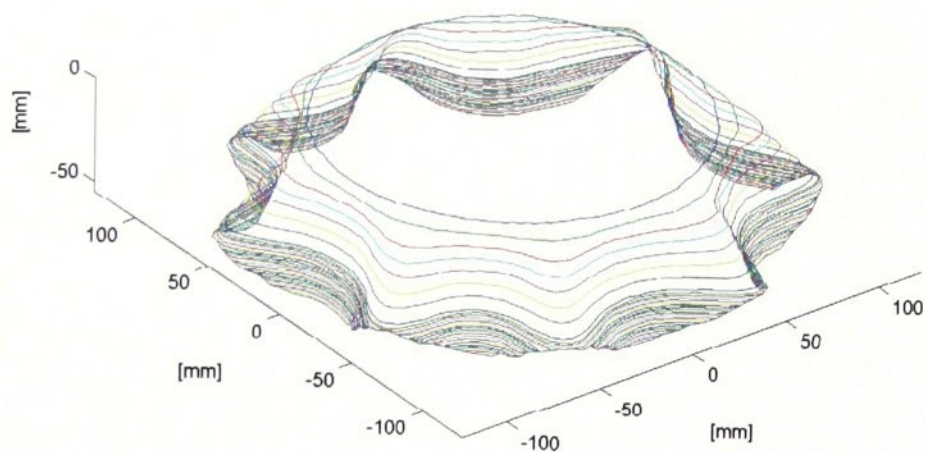




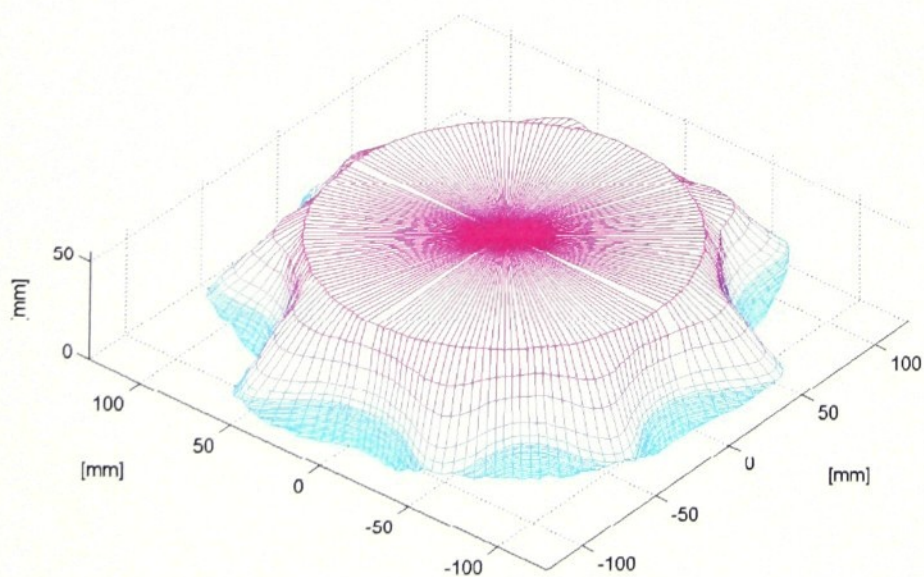
Obr. 4 3D vykreslení vrstevnic



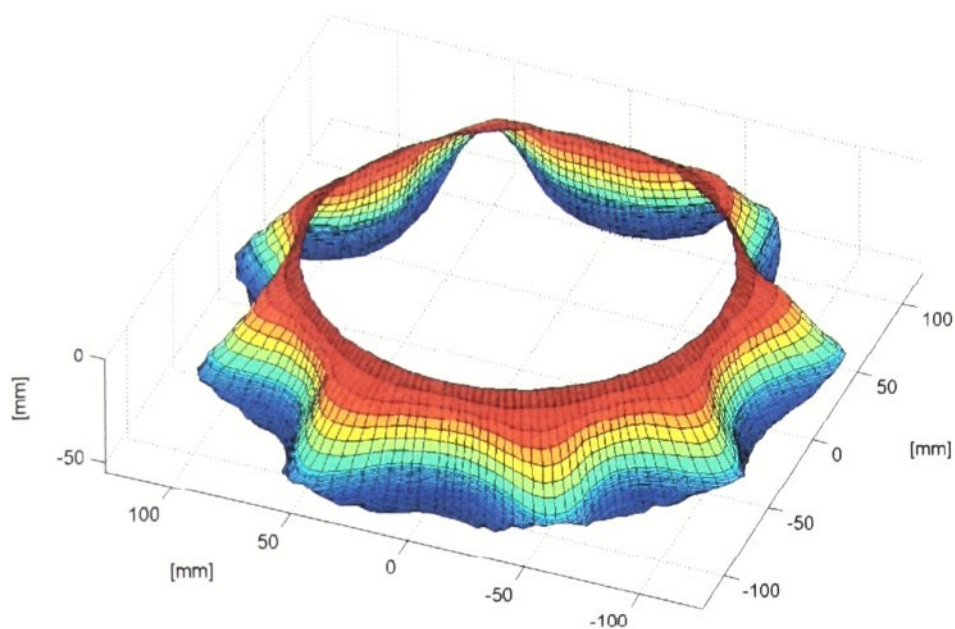
Obr. 5 Půdorys vrstevnic



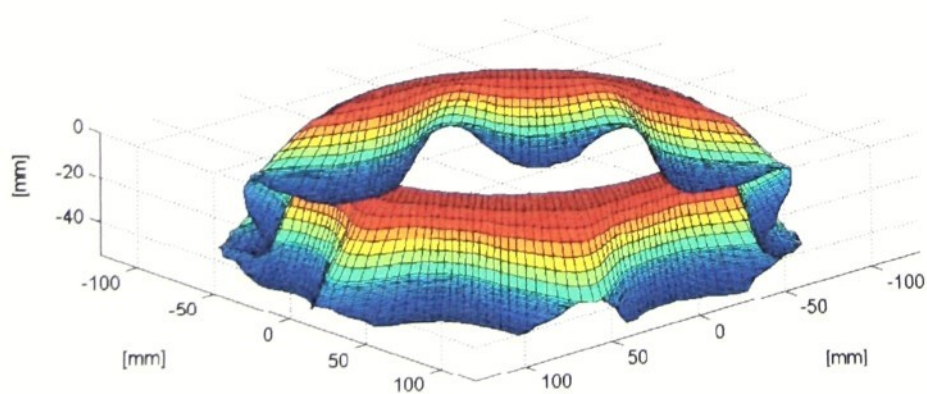
Obr. 6 3D vykreslení tvaru splývající textilie (program *model_bezvika.m*, funkce *plot3*)



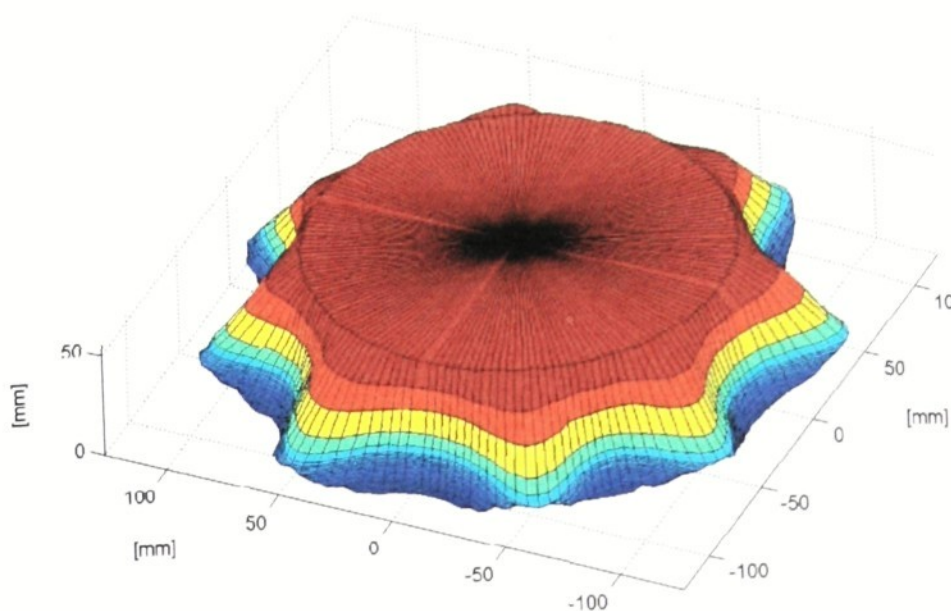
Obr. 7 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *mesh*)



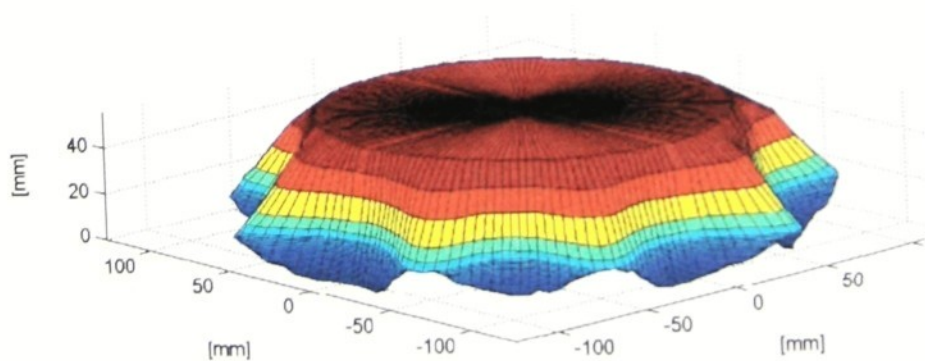
Obr. 8 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika.m*, funkce *surf*)



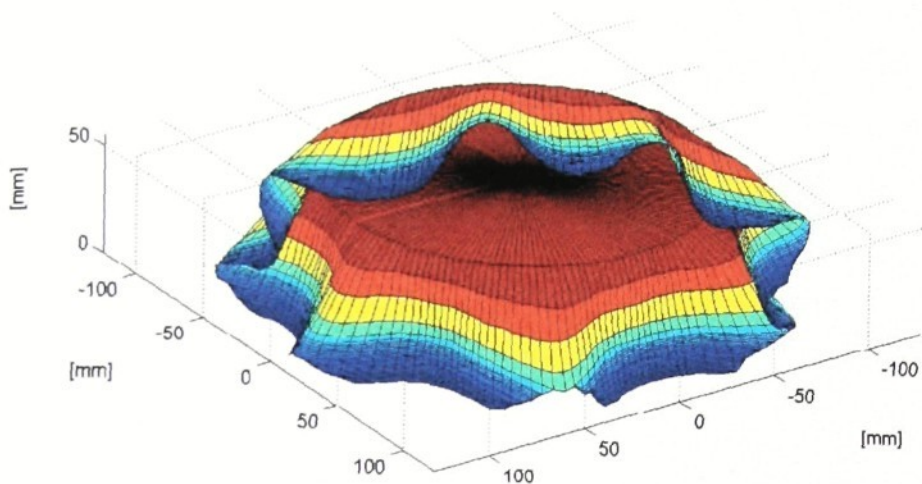
Obr. 9 3D model pláště splývající textilie (program *model_bezvika.m*, funkce *surf*)



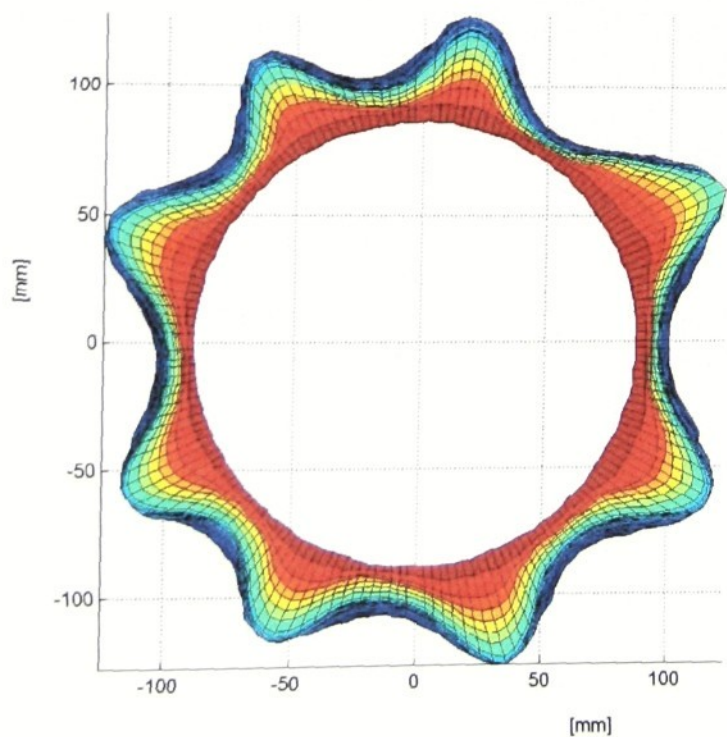
Obr. 10 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*)



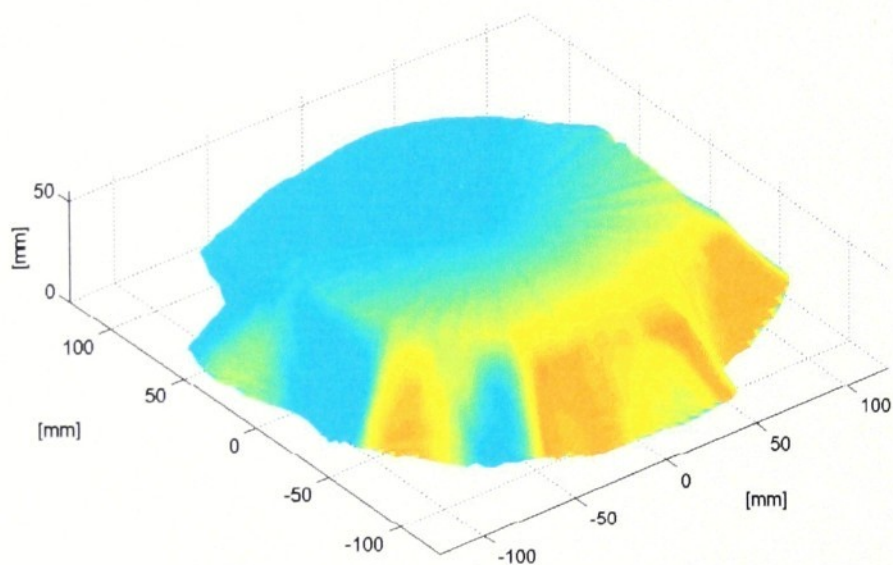
Obr. 11 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*)



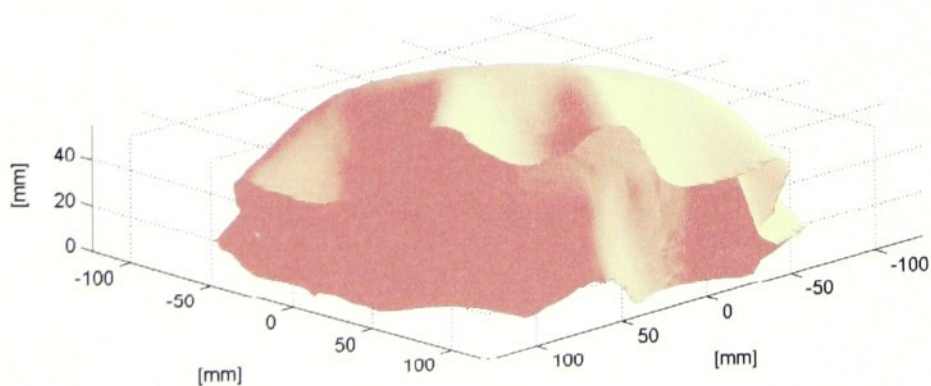
Obr. 12 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*)



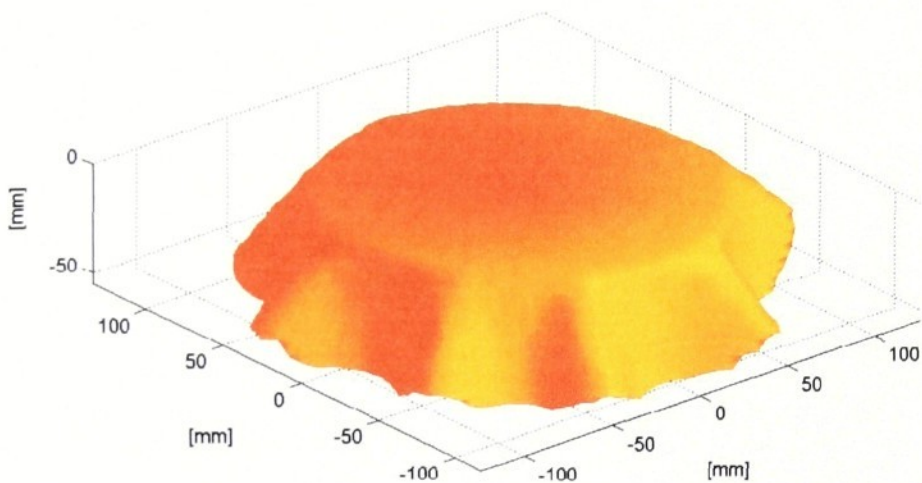
Obr. 13 Půdorys (program *model_bezvika.m*, funkce *surf*)



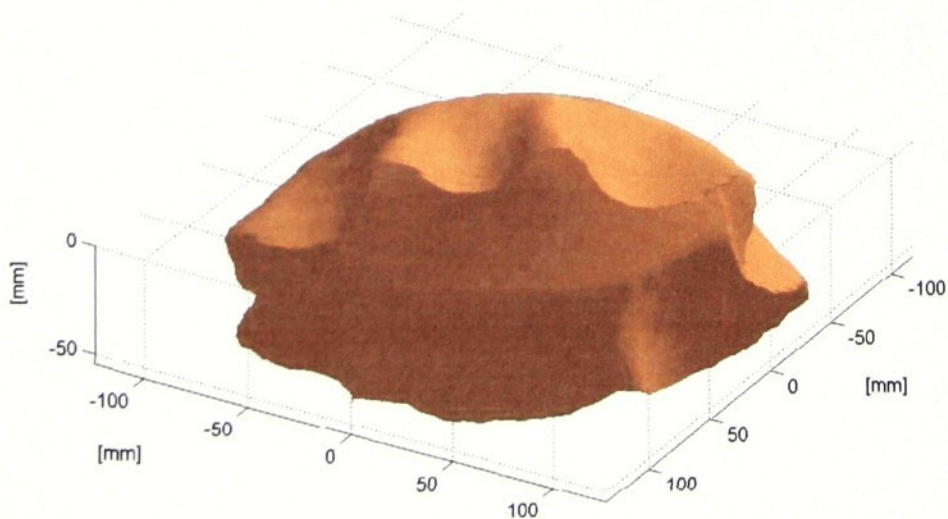
Obr. 14 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*l – *shading interp*)



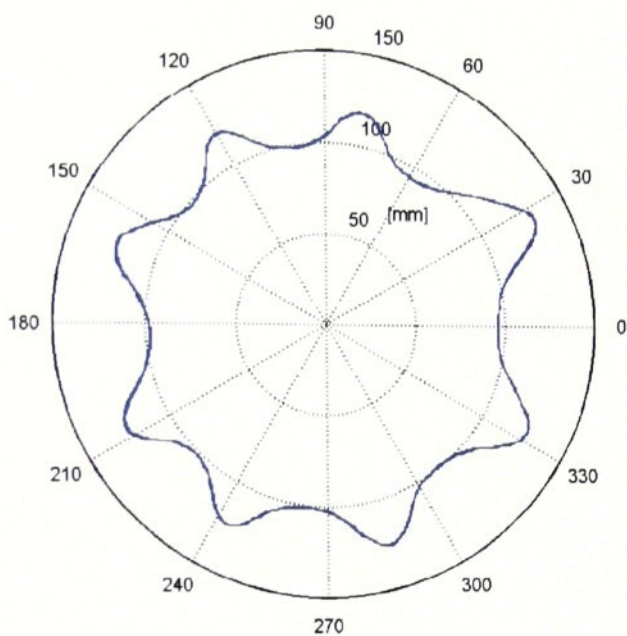
Obr. 15 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*l – *shading interp*)



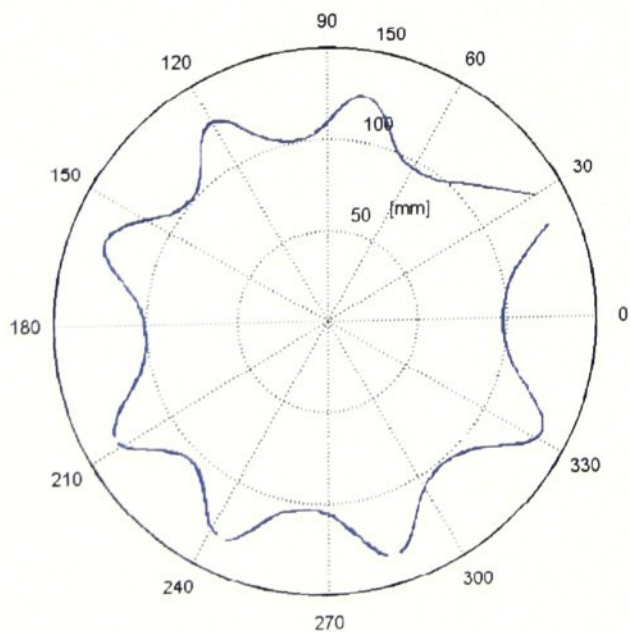
Obr. 16 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*l – *shading interp*)



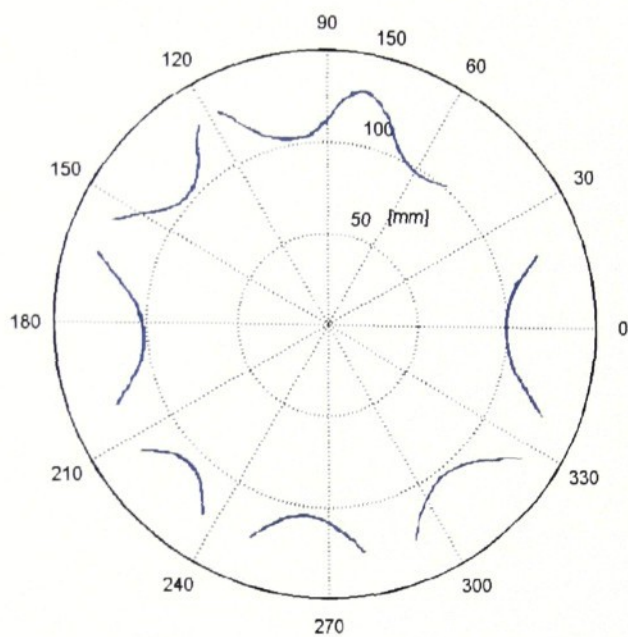
Obr. 17 3D model splývající textilie (program *model.m*, funkce *surf*l – *shading interp*)



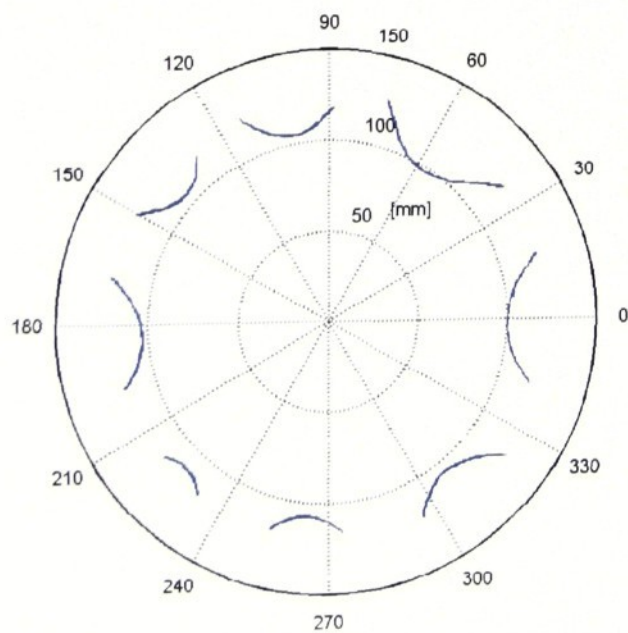
Obr. 18 Polární diagram – vrstevnice 30 (program *polarni_graf.m*)



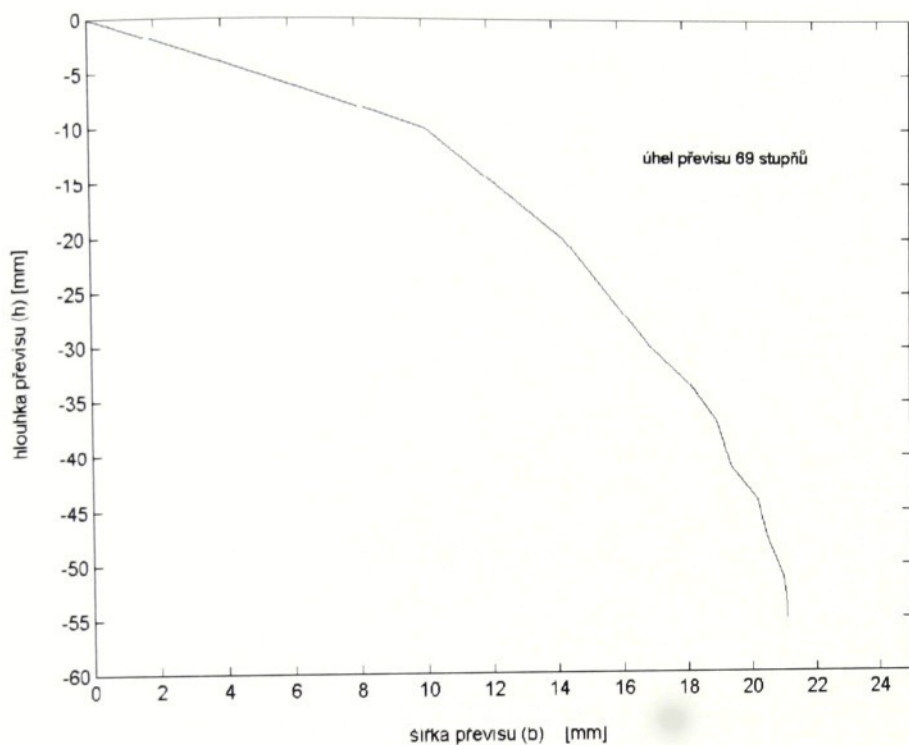
Obr. 19 Polární diagram – vrstevnice 38 (program *polarni_graf.m*)



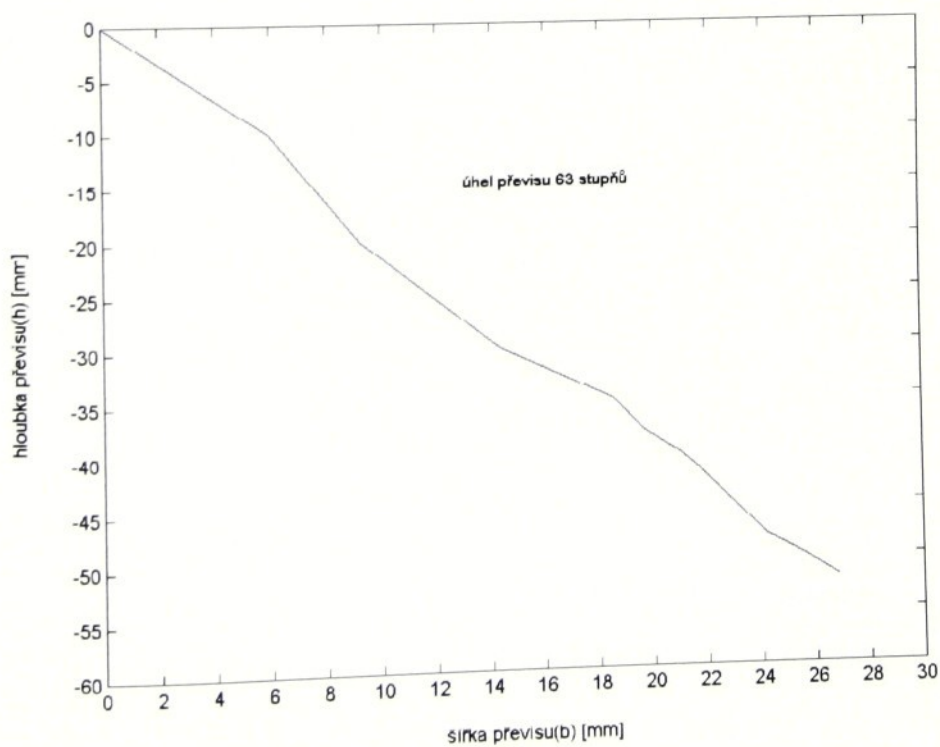
Obr. 20 Polární diagram – vrstevnice 44 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 21 Polární diagram – vrstevnice 50 (program *polarni_graf.m*)



Obr. 22 Řez – úhel řezu 45° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 23 Řez – úhel řezu 130° (program *rez.m* a *uhel.m*)

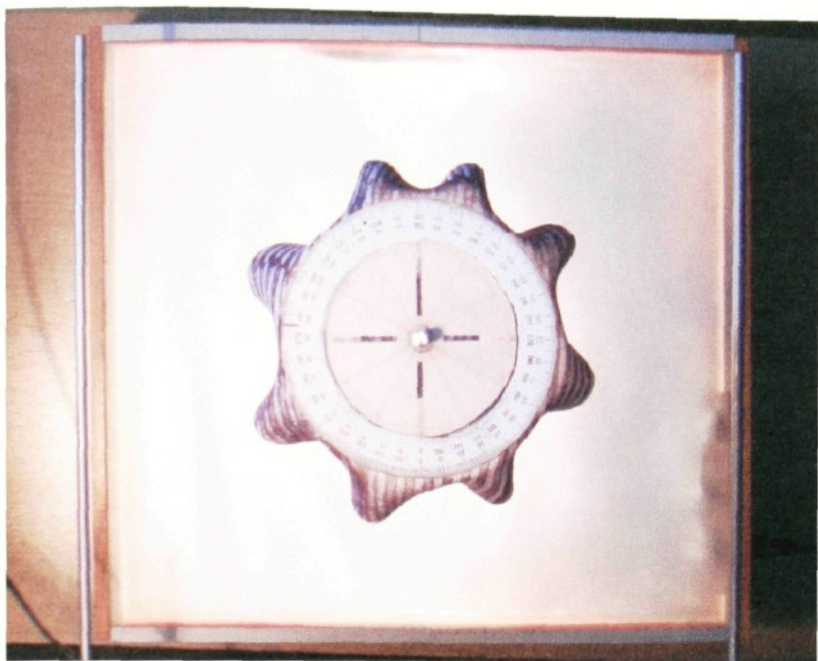
Příloha č. 7

Vzorek 4

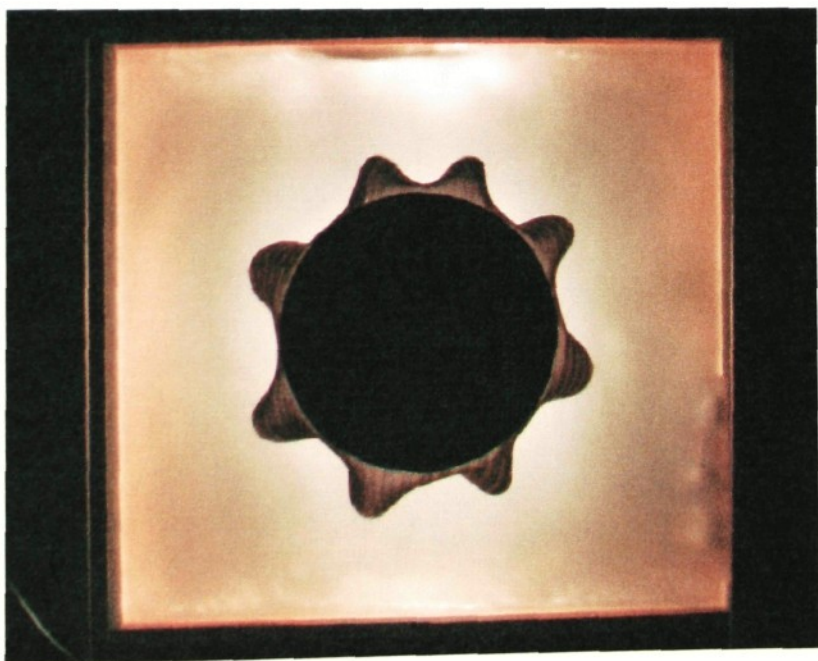
Rozsah:

Počet stran: 12

Počet obrázků: 18

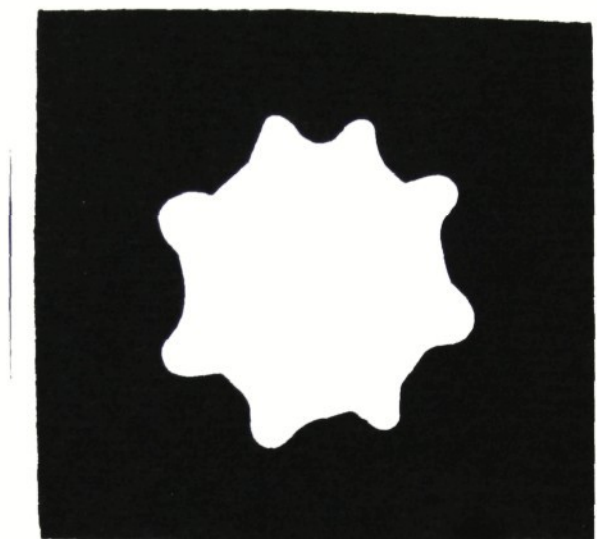


Obr. 1 Barevný obraz splývající textilie



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textilie

Splývavost $x = 82,3\%$



Obr. 3 Binární obraz průmětu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

Na vzorku 4 se při splývání vytvořily vlny, v nichž nebyl paprsek laserové diody kamerou viditelný. Vrstevnice byly snímány pomocí zrcadla. Krok snižování laserové diody byl 5mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

transformace_bezvika.m

transformace.m

rez.m

uhel.m

Rozměry a tvar transformovaných vrstevnic byly s vrstevnicemi nasnímanými přímo porovnány v polárních diagramech.

Album vrstevnic snímaných přímo:

vrst00



vrst05



vrst10



vrst15



vrst20



vrst25



vrst30



vrst35



vrst40



vrst45



vrst50



vrst55

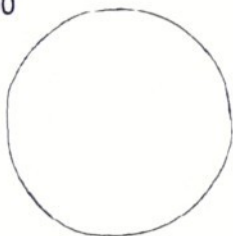


vrst60

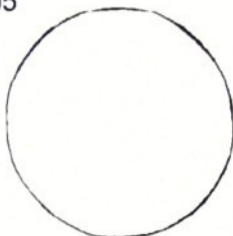


Album vrstevnic snímaných pomocí zrcadla:

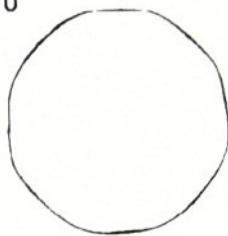
vrst00



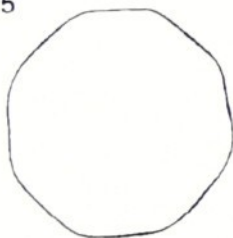
vrst05



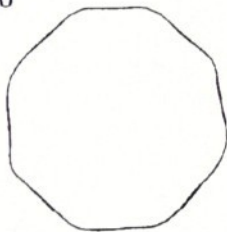
vrst10



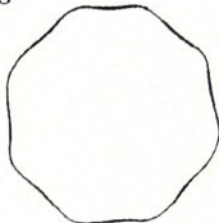
vrst15



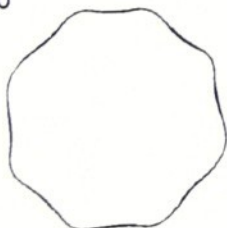
vrst20



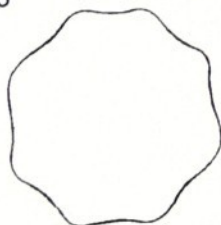
vrst25



vrst30



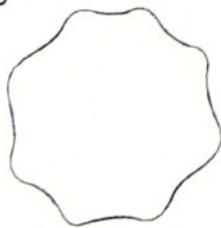
vrst35



vrst40



vrst45



vrst50

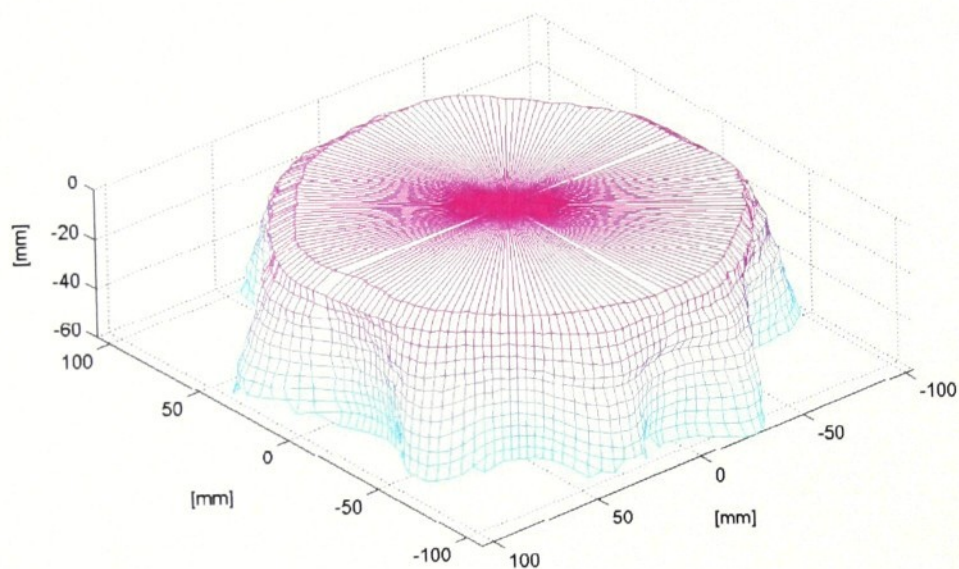


vrst55

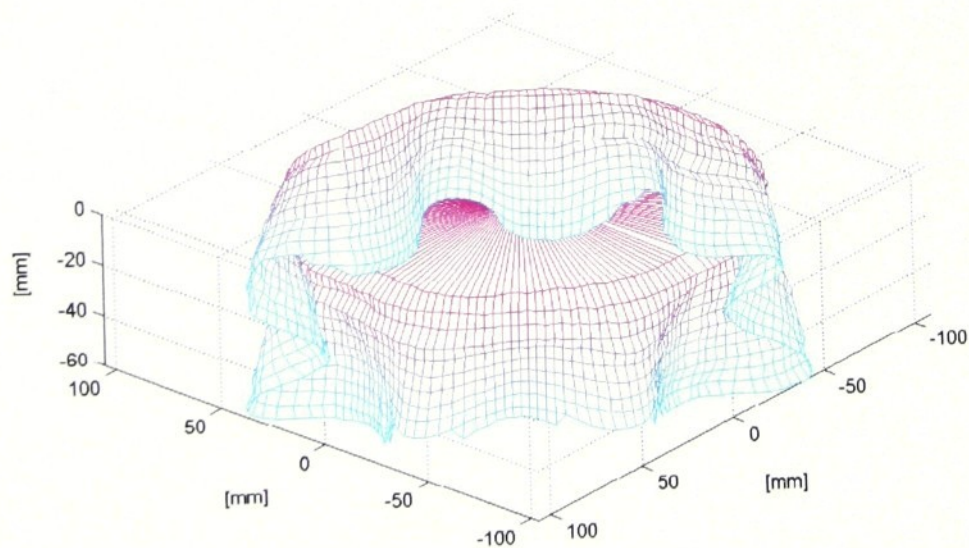


vrst60

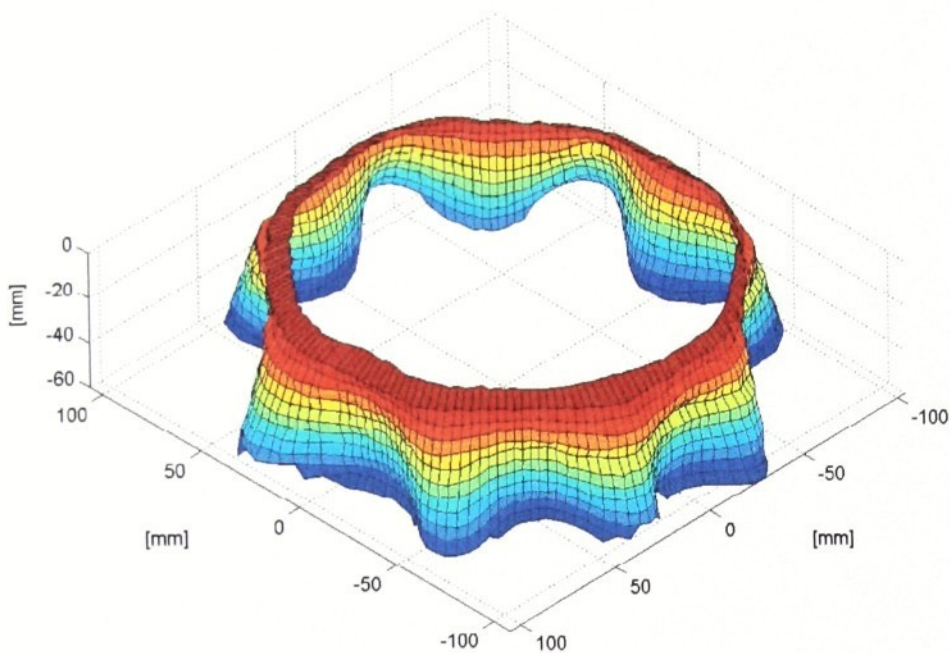




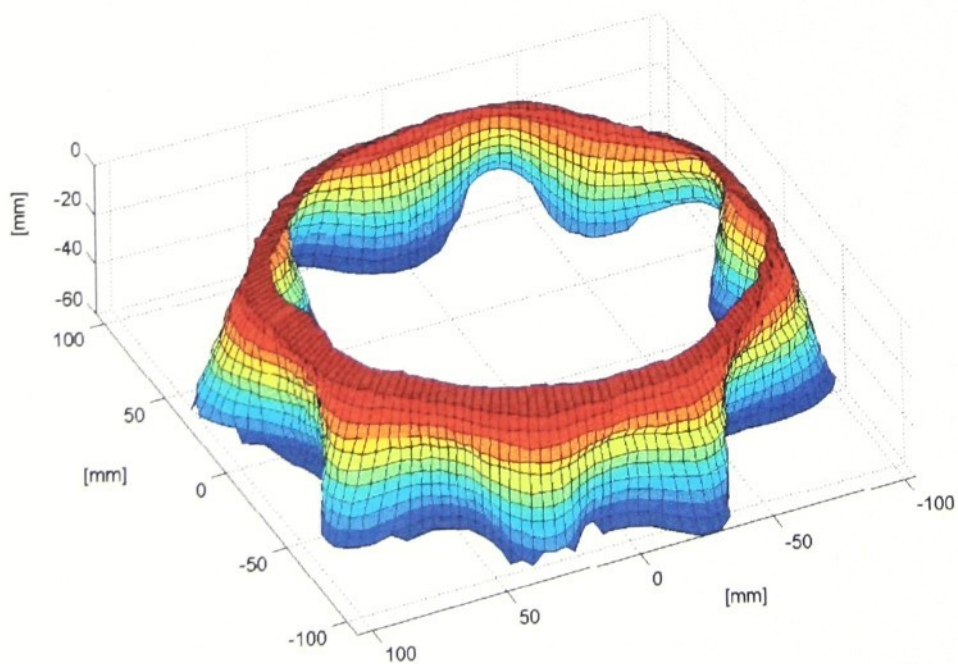
Obr. 4 3D model splývající textilie (program *transformace.m*, funkce *mesh*)



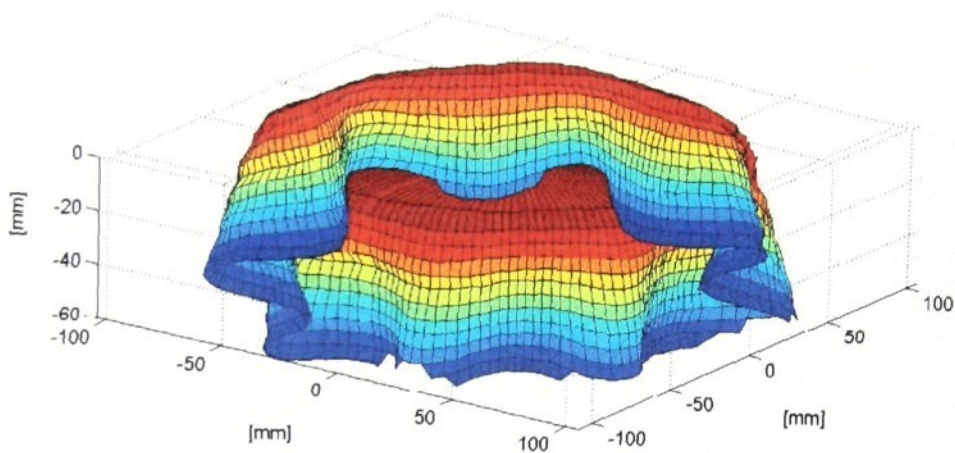
Obr. 5 3D model splývající textilie (program *transformace.m*, funkce *mesh*)



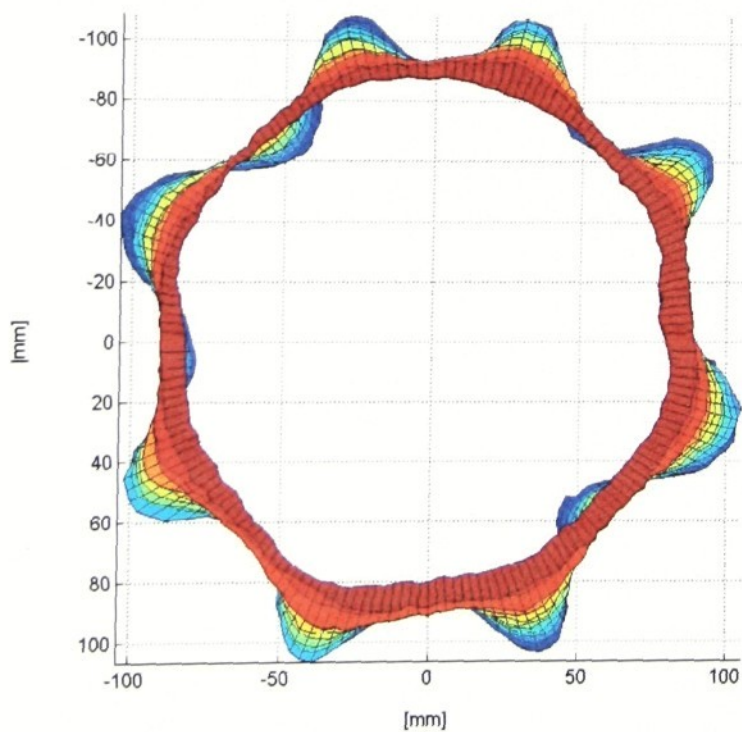
Obr. 6 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



Obr. 7 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



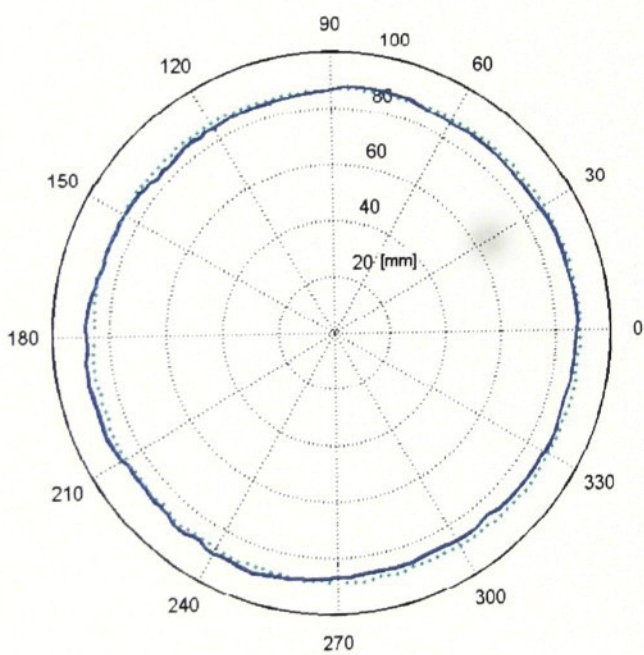
Obr. 8 3D model splývající textilie (program *transformace.m*, funkce *surf*)



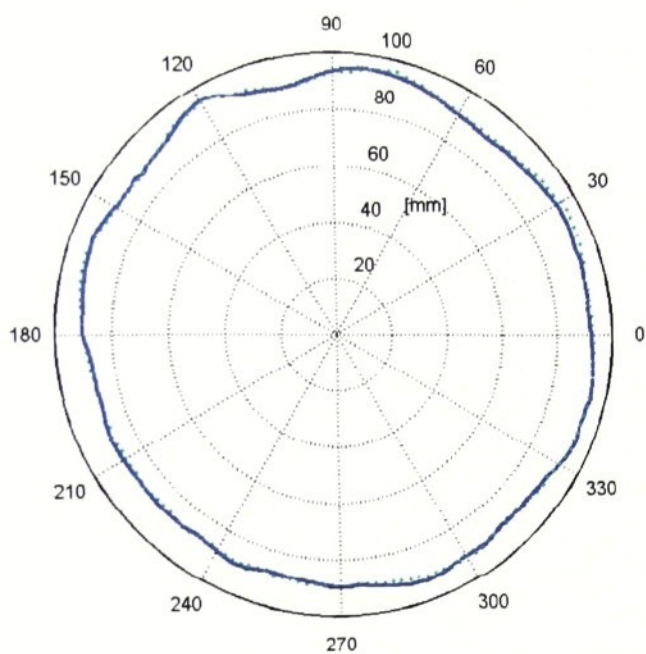
Obr. 9 Půdorys (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)

Porovnání vrstevnic v polárních diagramech:

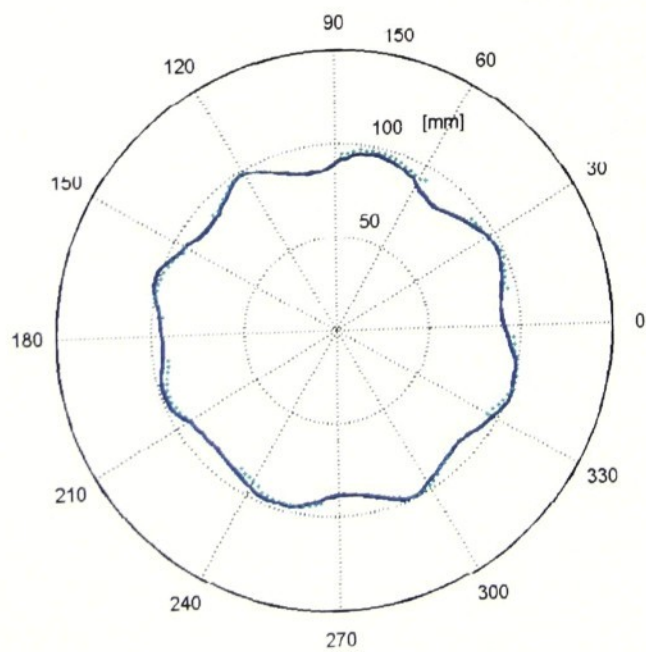
- vrstevnice snímaná přímo
- vrstevnice snímaná pomocí zrcadla po transformaci



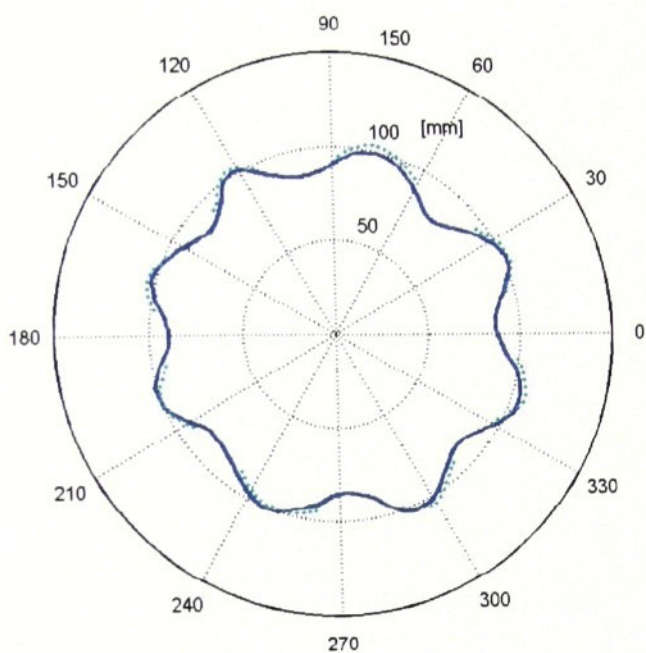
Obr. 10 Srovnání vrstevnice 00



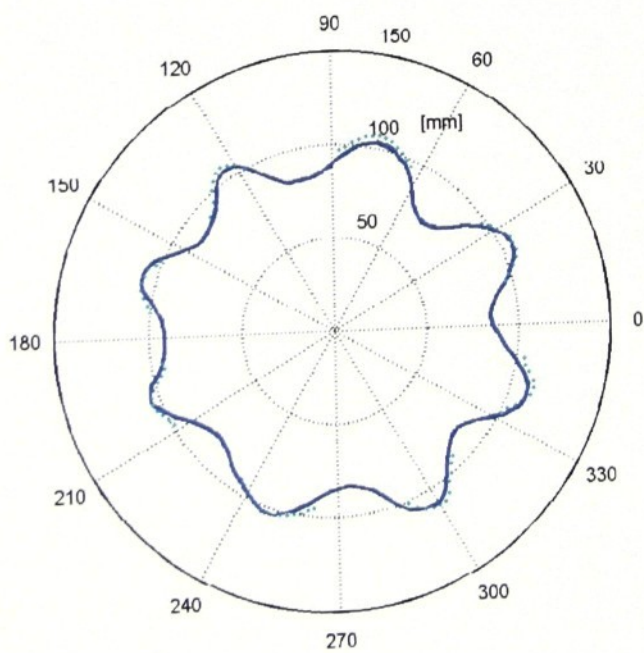
Obr. 11 Srovnání vrstevnice 10



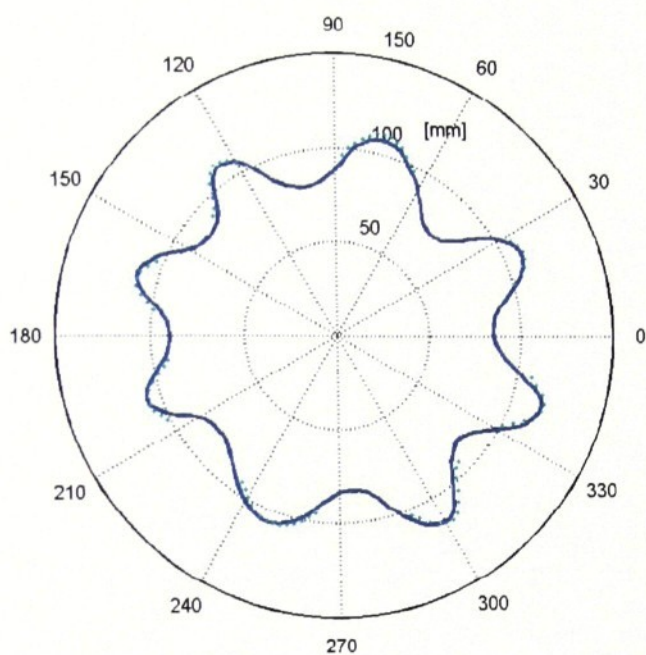
Obr. 12 Srovnání vrstevnice 15



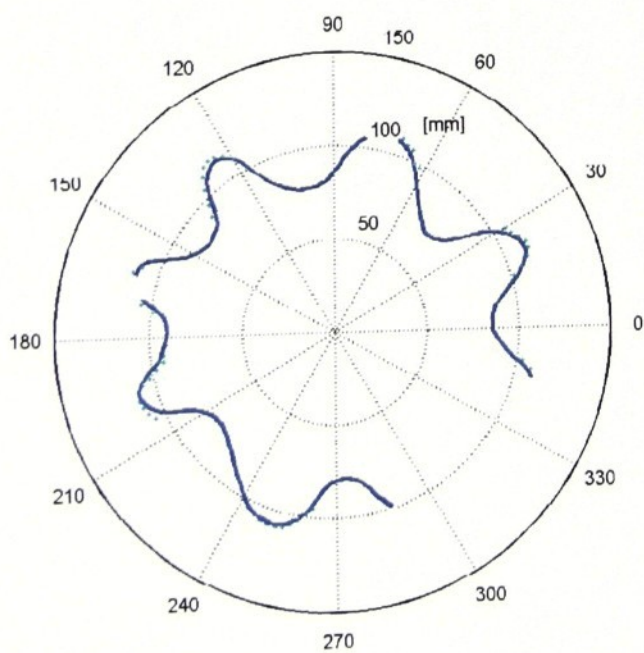
Obr. 13 Srovnání vrstevnice 25



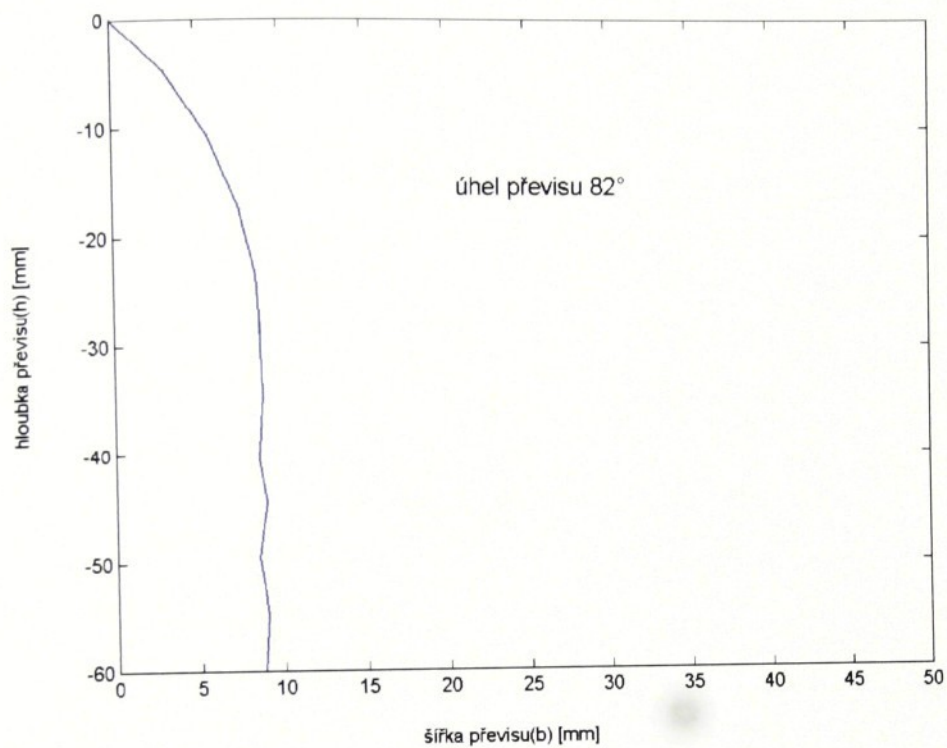
Obr. 14 Srovnání vrstevnice 35



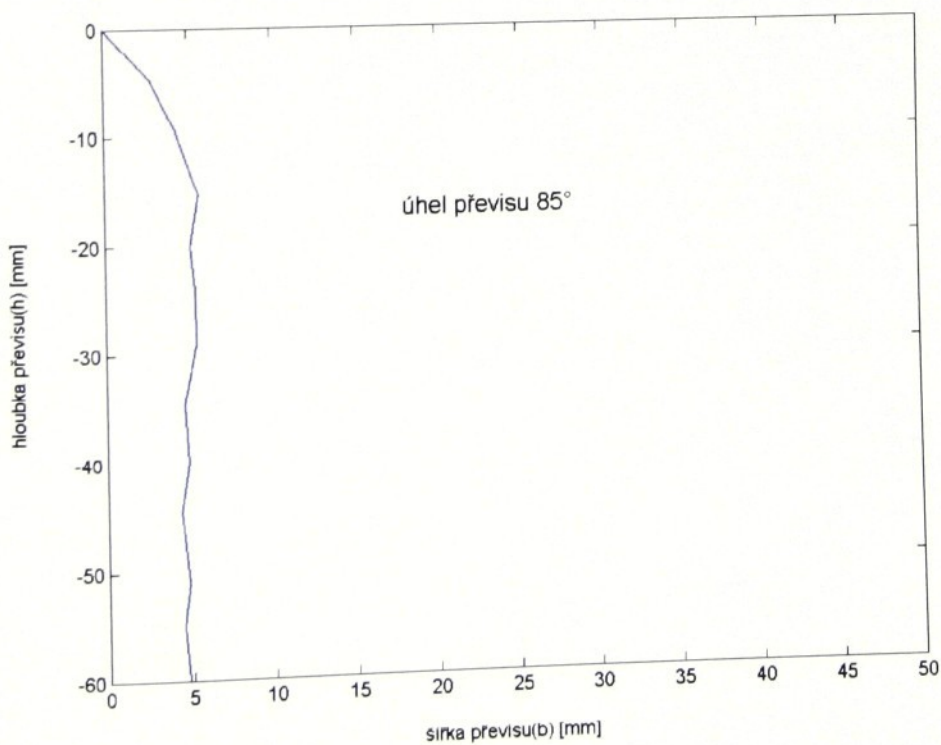
Obr. 15 Srovnání vrstevnice 45



Obr. 16 Srovnání vrstevnice 55



Obr. 17 Řez – úhel řezu 10° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 18 Řez – úhel řezu 180° (program *rez.m* a *uhel.m*)

Příloha č. 8

Vzorek 5

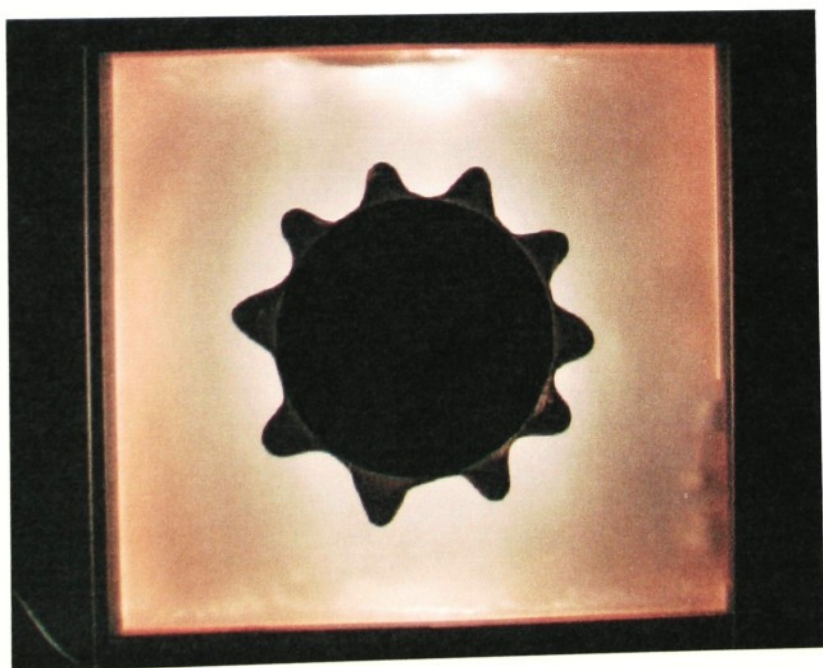
Rozsah:

Počet stran: 12

Počet obrázků: 19

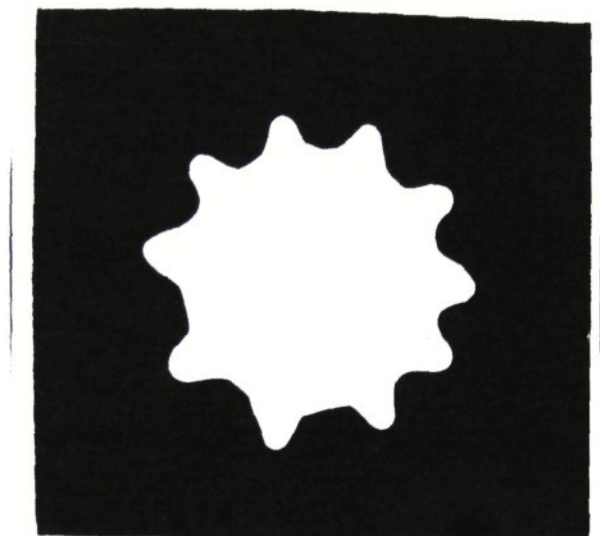


Obr. 1 Barevný obraz splývající textilie



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textilie

Splývavost $x = 85,6\%$



Obr. 3 Binární obraz průřezu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

Na vzorku 5 se při splývání vytvořily vlny, v nichž nebyl paprsek laserové diody kamerou viditelný. Vrstevnice byly snímány pomocí zrcadla. Krok snižování laserové diody byl 5mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

transformace_bezvika.m

rez.m

uhel.m

Rozměry a tvar transformovaných vrstevnic byly s vrstevnicemi nasnímanými přímo porovnány v polárních diagramech.

Album vrstevnic snímaných přímo:

vrst00



vrst05



vrst10



vrst15



vrst20



vrst25



vrst30



vrst35



vrst40



vrst45



vrst50



vrst55

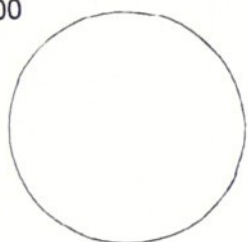


vrst60

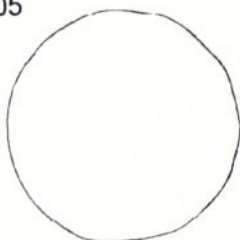


Album vrstevnic snímaných pomocí zrcadla:

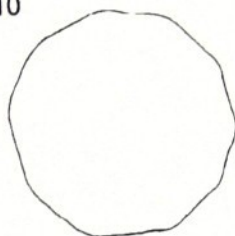
vrst00



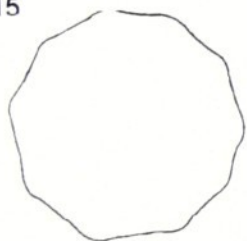
vrst05



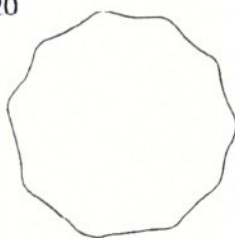
vrst10



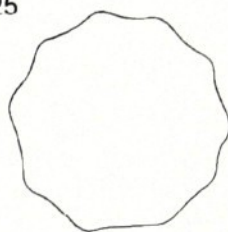
vrst15



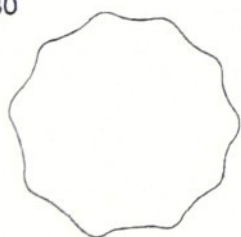
vrst20



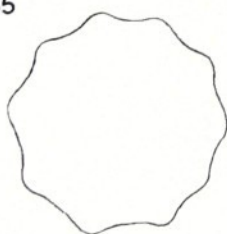
vrst25



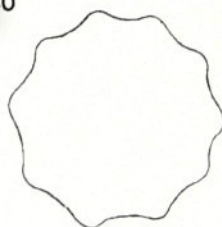
vrst30



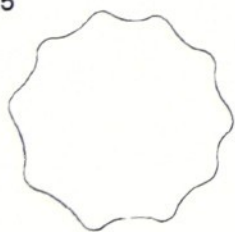
vrst35



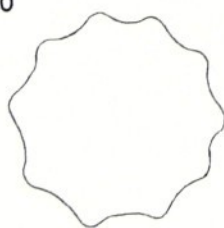
vrst40



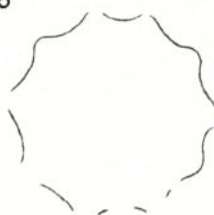
vrst45



vrst50

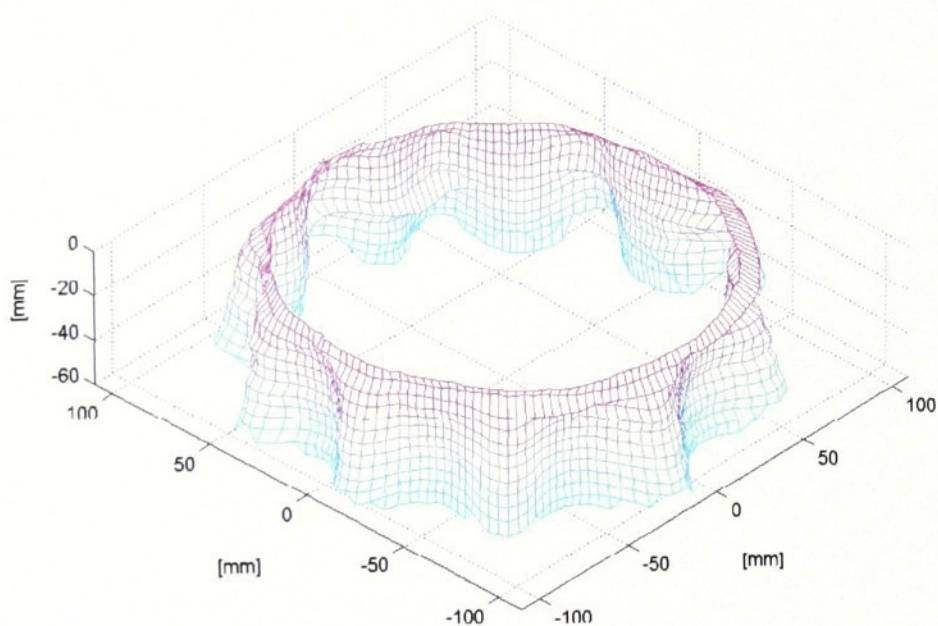


vrst55

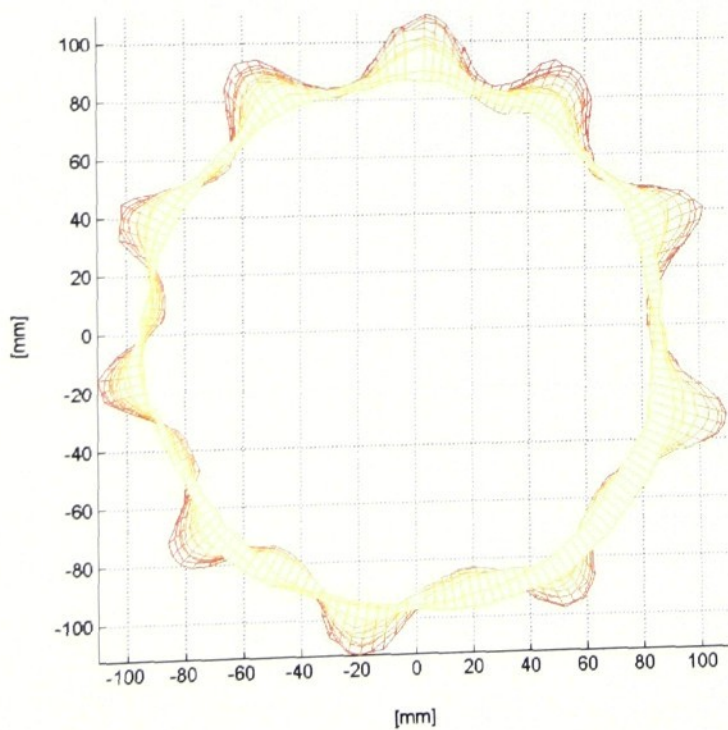


vrst60

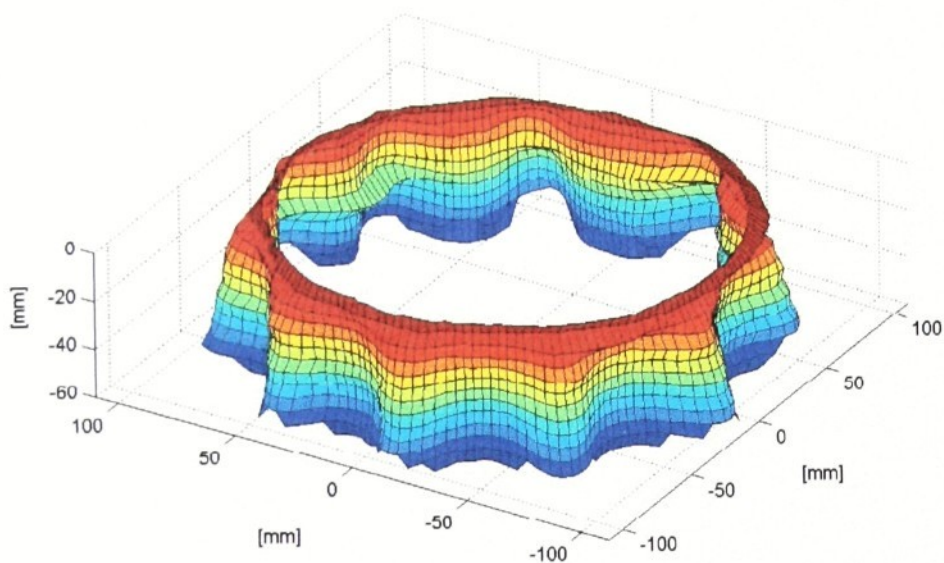




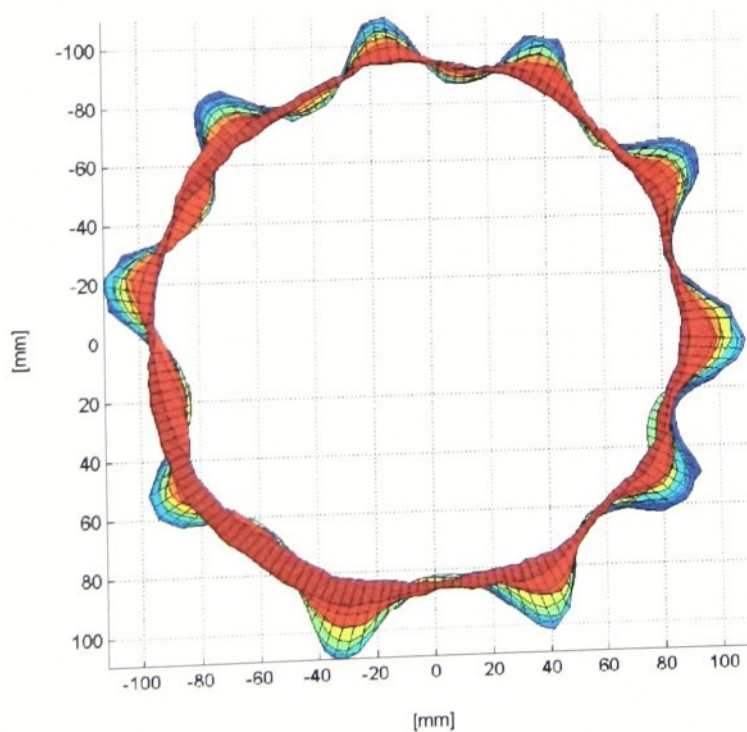
Obr. 4 3D model splývající textilie (program *transformace_brzvika.m*, funkce *mesh*)



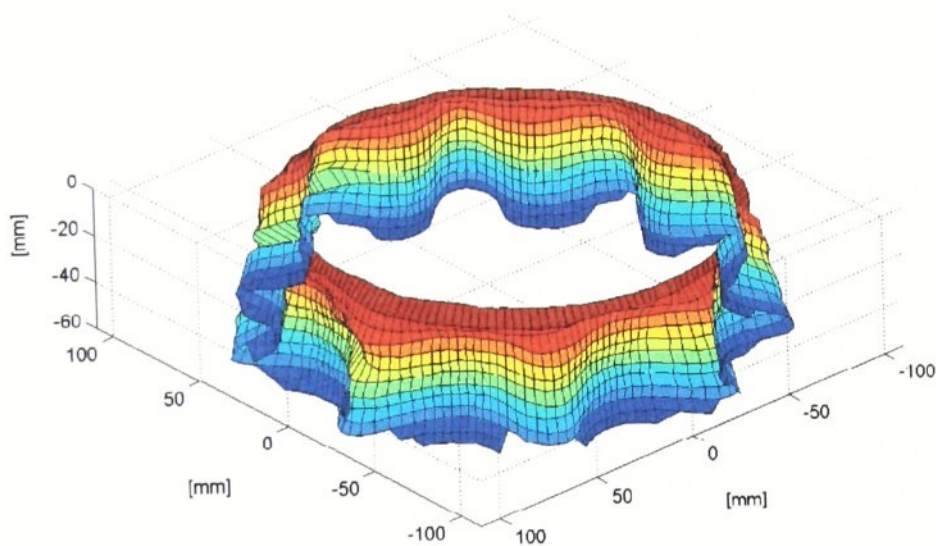
Obr. 5 Půdorys (program *transformace_bezvika.m*, funkce *mesh*)



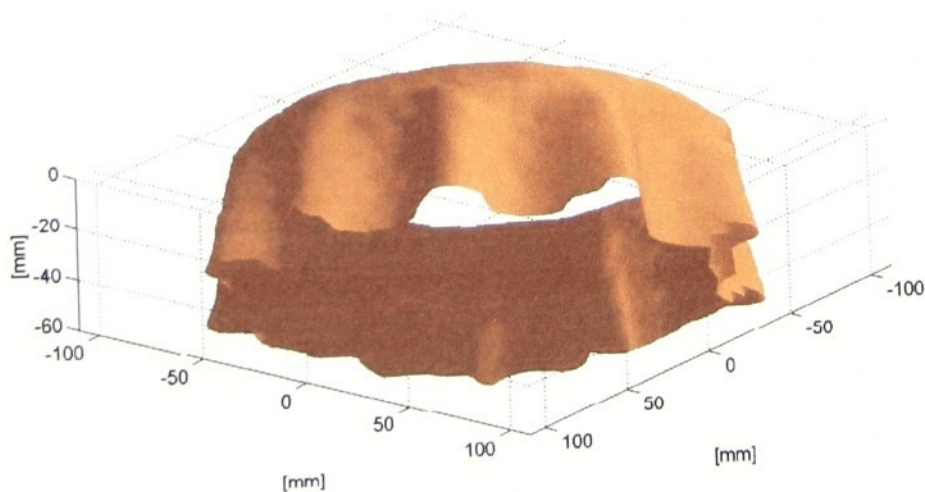
Obr. 6 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



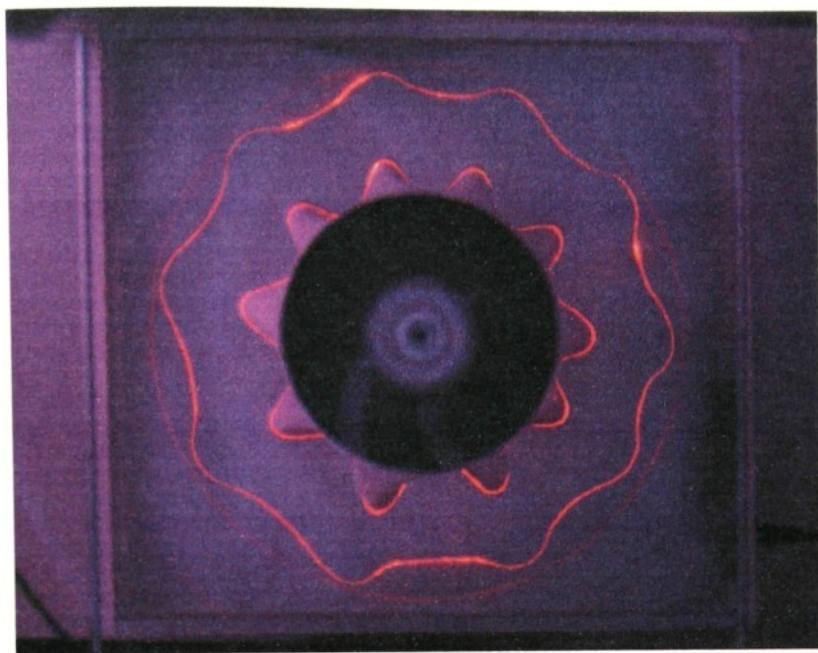
Obr. 7 Půdorys (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



Obr. 8 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)

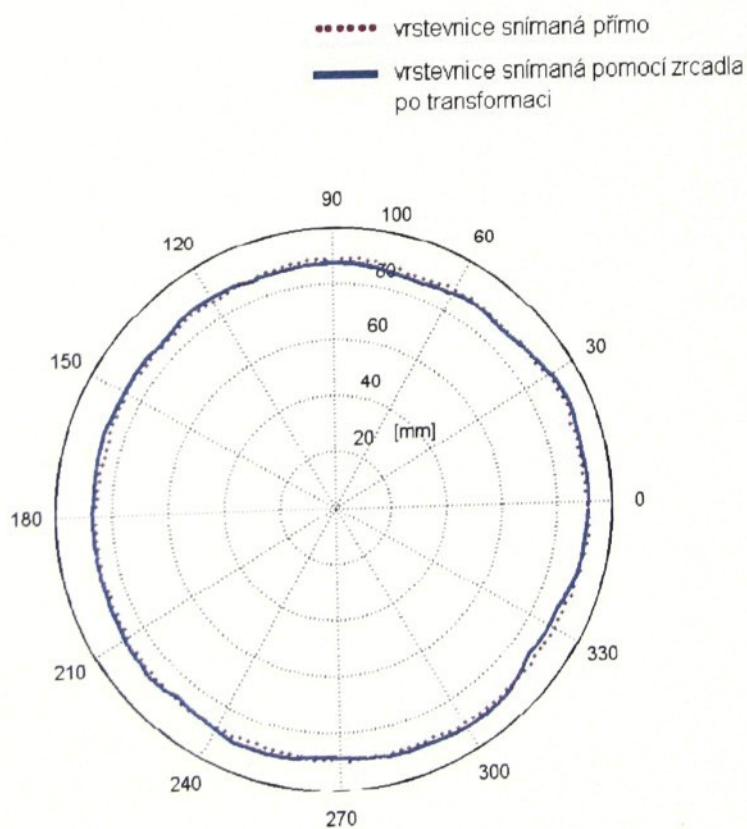


Obr. 9 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf* – *shading interp*)

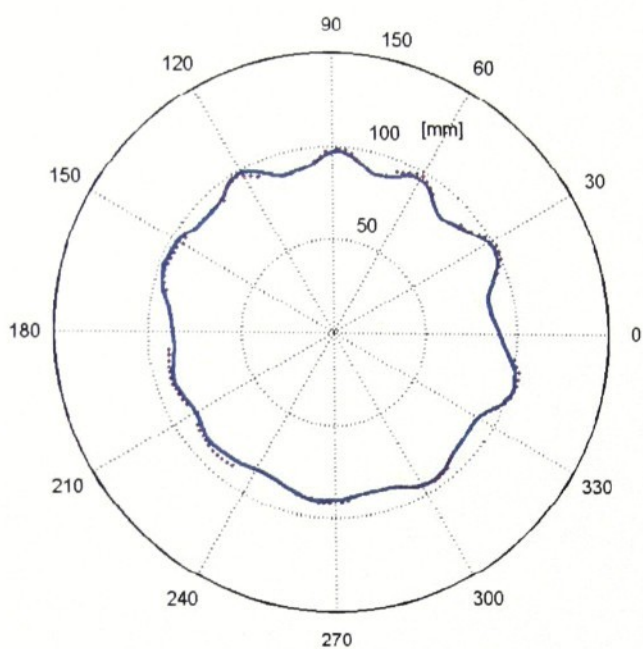


Obr. 10 Barevný obraz vrstevnice 45

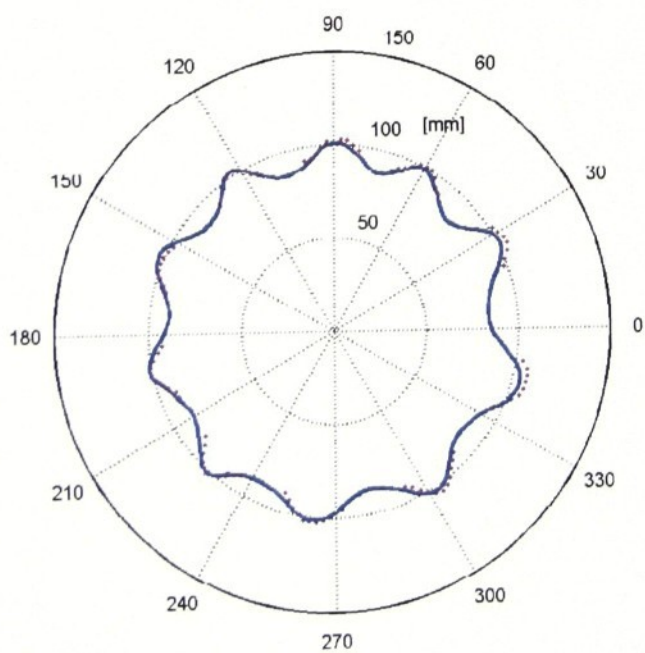
Porovnání vrstevnic v polárních diagramech:



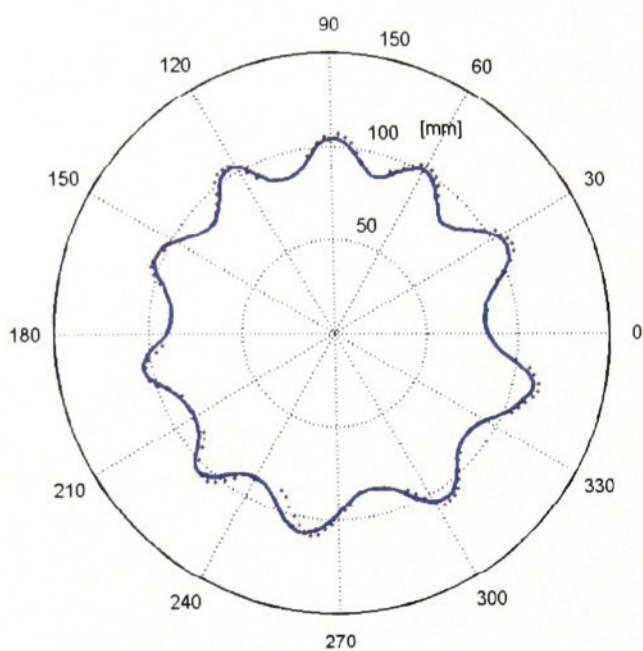
Obr. 11 Srovnání vrstevnice 00



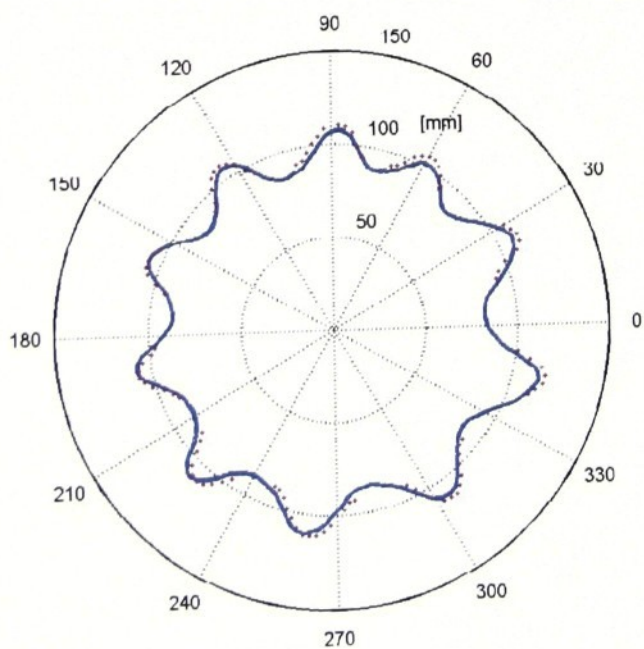
Obr. 12 Srovnání vrstevnice 10



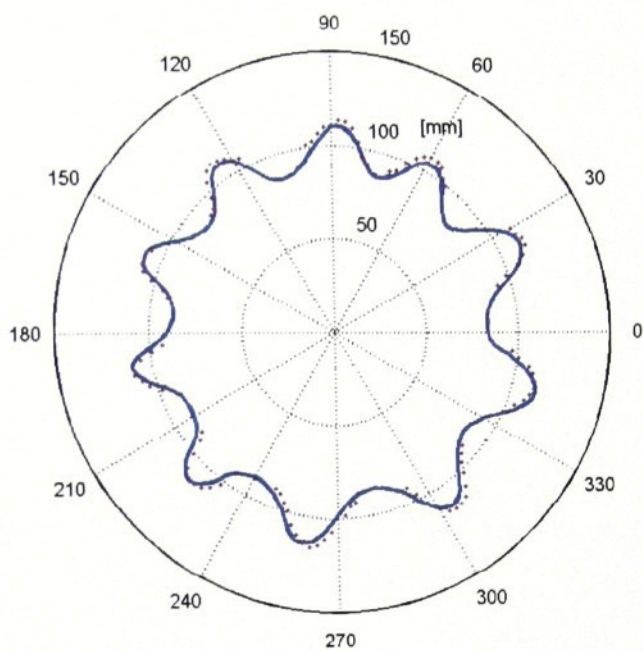
Obr. 13 Srovnání vrstevnice 20



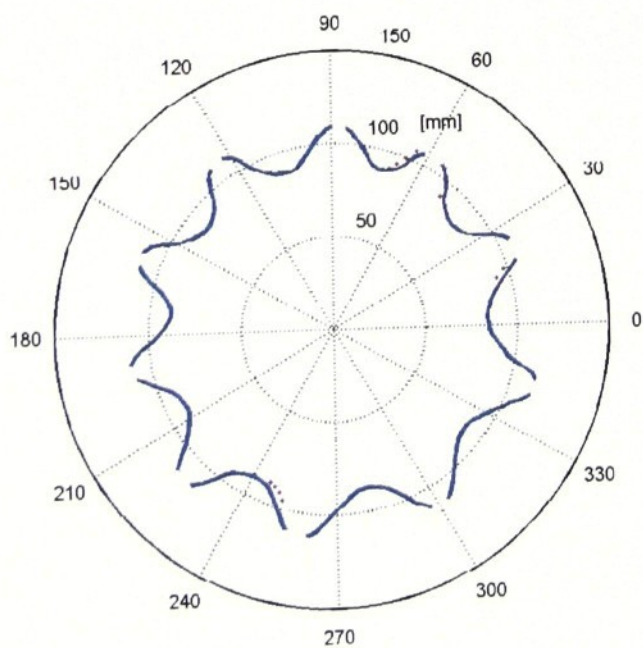
Obr. 14 Srovnání vrstevnice 30



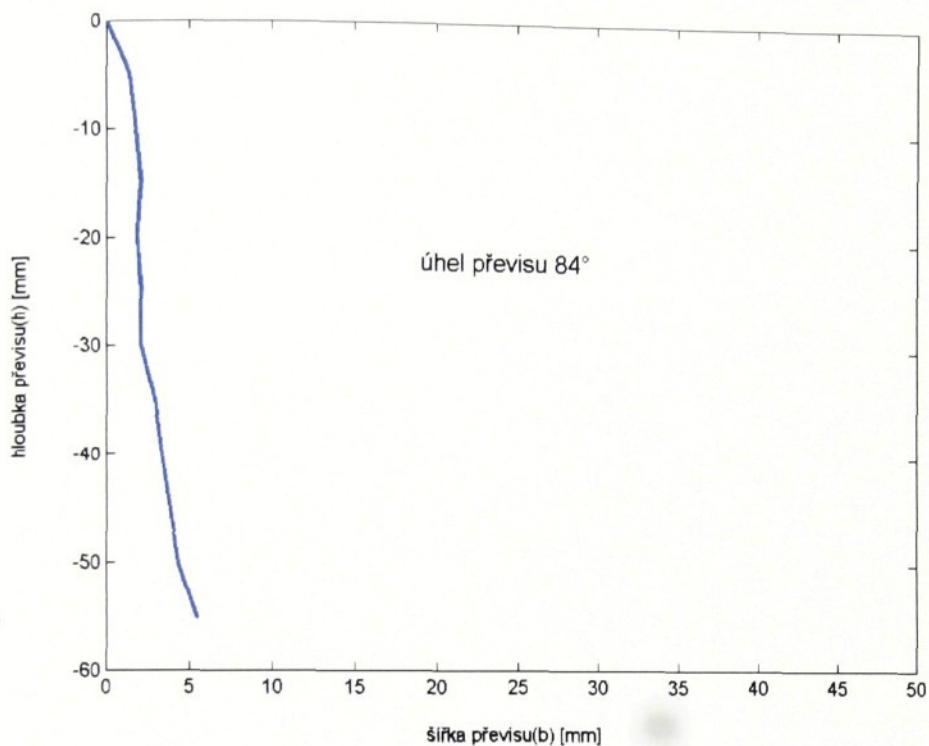
Obr. 15 Srovnání vrstevnice 40



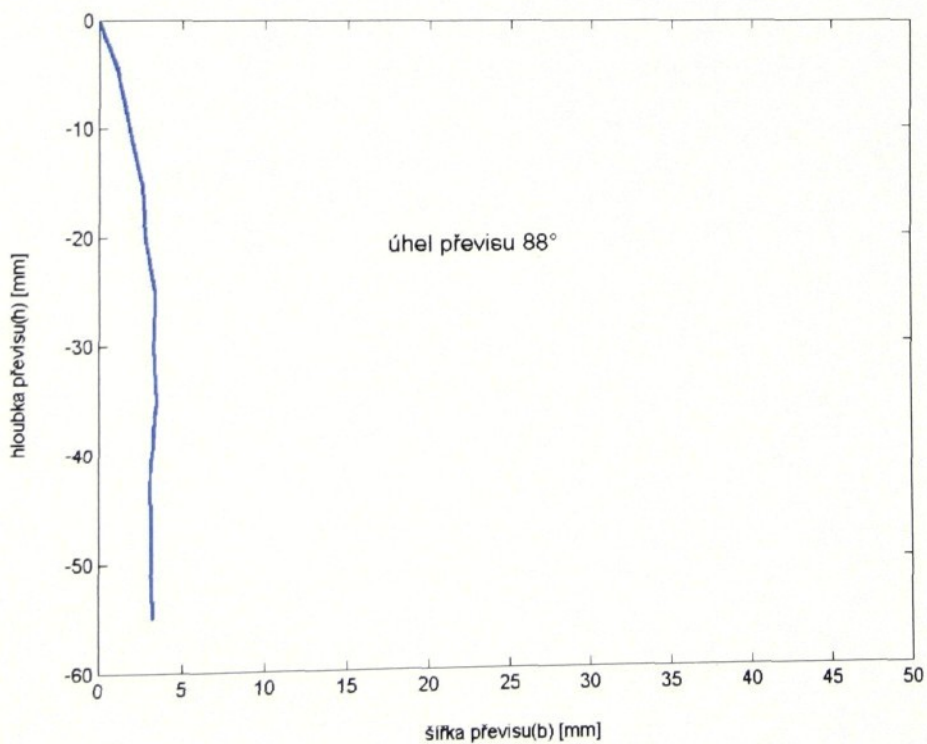
Obr. 16 Srovnání vrstevnice 50



Obr. 17 Srovnání vrstevnice 60



Obr. 18 Řez – úhel řezu 80° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 19 Řez – úhel řezu 140° (program *rez.m* a *uhel.m*)

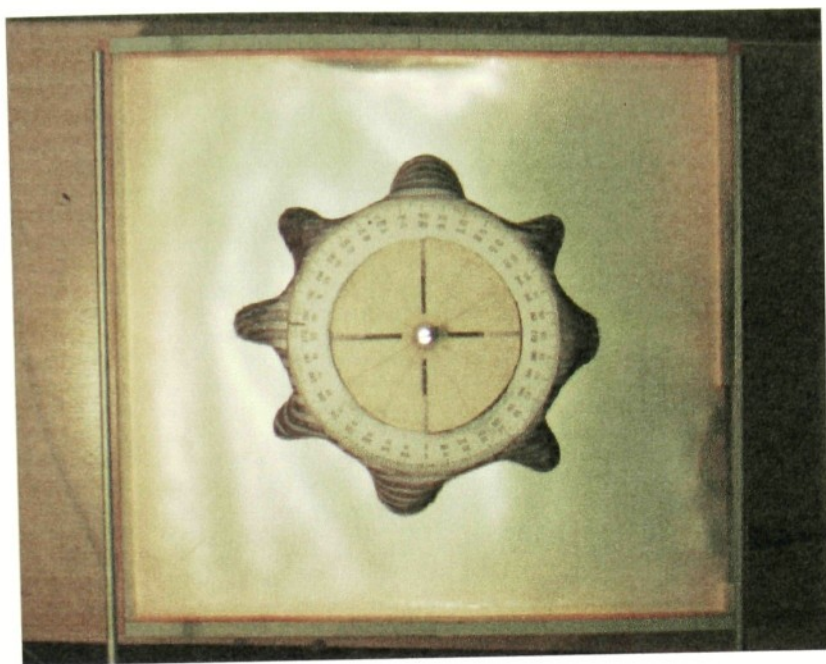
Příloha č. 9

Vzorek 6

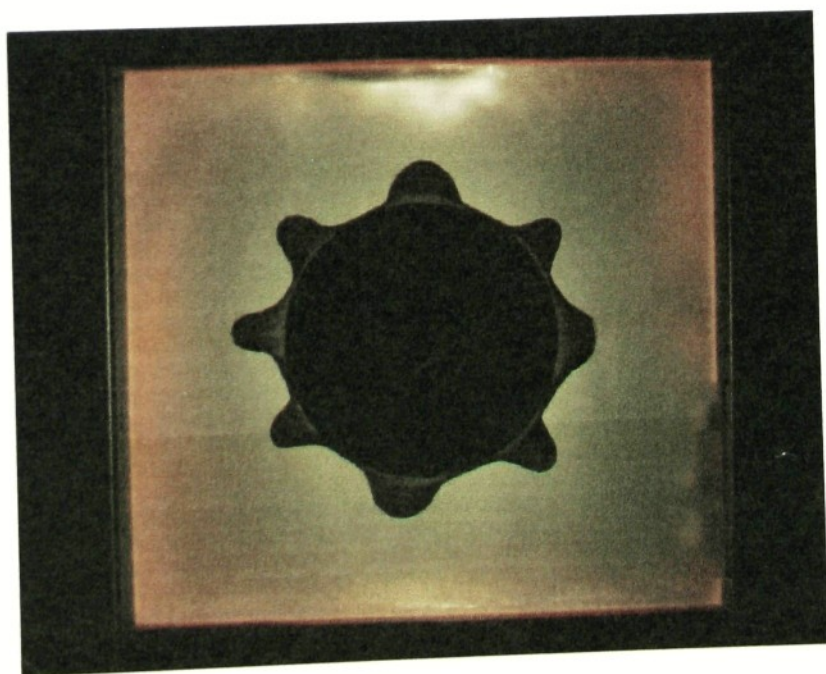
Rozsah:

Počet stran: 14

Počet obrázků: 19

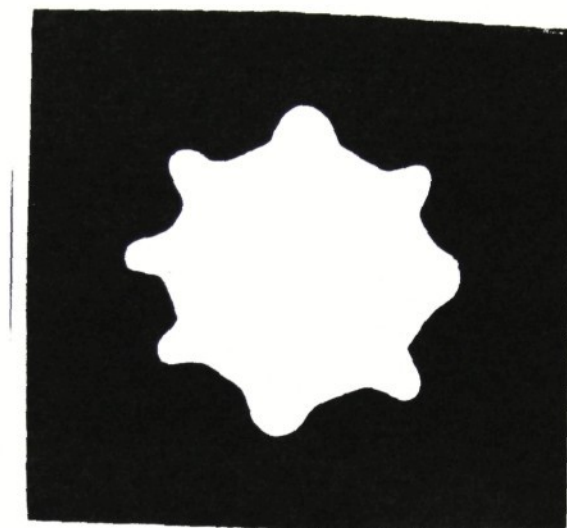


Obr. 1 Barevný obraz splývající textilie



Obr. 2 Průmět vzorku splývající textilie

Splývavost $x = 82,3\%$



Obr. 3 Binární obraz průřezu splývající textilie

Snímání a zpracování vrstevnic:

Na vzorku 6 se při splývání vytvořily vlny, v nichž nebyl paprsek laserové diody kamerou viditelný. Vrstevnice byly snímány pomocí zrcadla. Krok snižování laserové diody byl 5mm, od hloubky, v níž byla pořízena poslední úplná vrstevnice byla dioda snižována s krokem 1mm.

Binární obrazy vrstevnic byly zpracovány v software Matlab pomocí programů:

transformace_bezvika.m

rez.m

uhel.m

Rozměry a tvar transformovaných vrstevnic byly s vrstevnicemi nasnímanými přímo porovnány v polárních diagramech.

Album vrstevnic snímaných přímo:

vrst00



vrst05



vrst10



vrst15



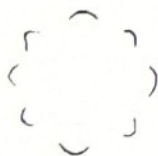
vrst20



vrst25



vrst30



vrst35



vrst40



vrst45



vrst50



vrst51



vrst52



vrst53



vrst54



vrst55



vrst56



vrst57



vrst58



vrst59

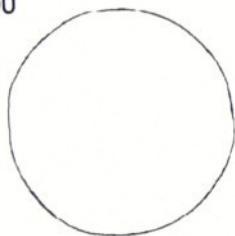


vrst60

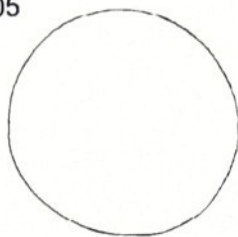


Album vrstevnic snímaných pomocí zrcadla:

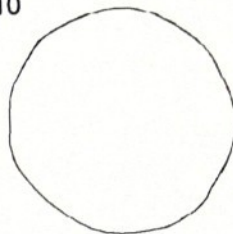
vrst00



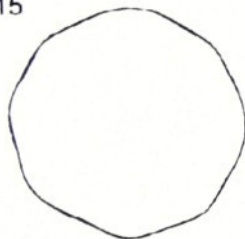
vrst05



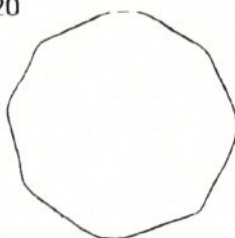
vrst10



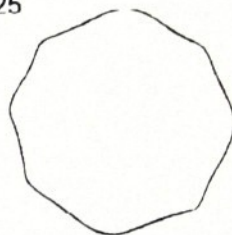
vrst15



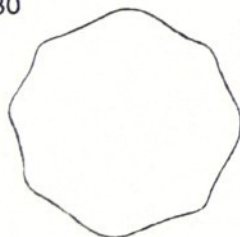
vrst20



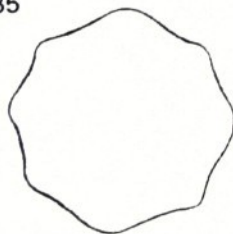
vrst25



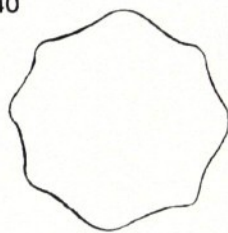
vrst30



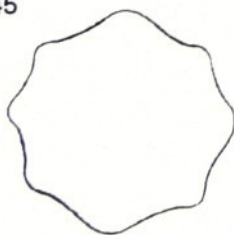
vrst35



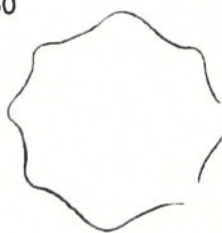
vrst40



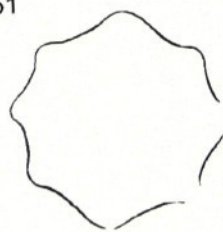
vrst45



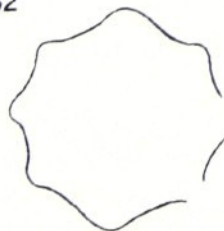
vrst50



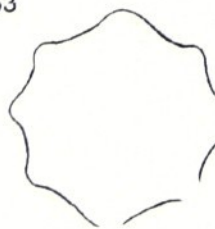
vrst51



vrst52



vrst53



vrst54



vrst55



vrst56



vrst57



vrst58

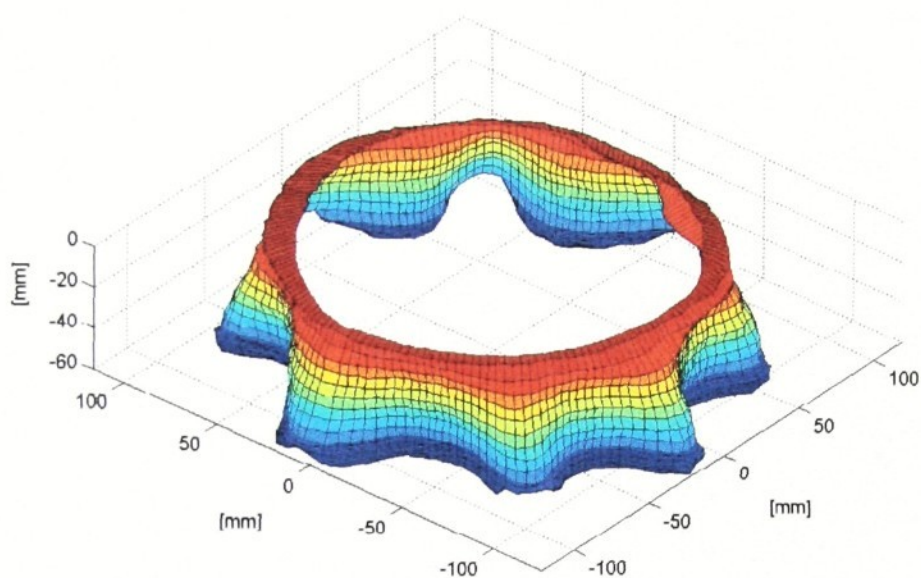


vrst59

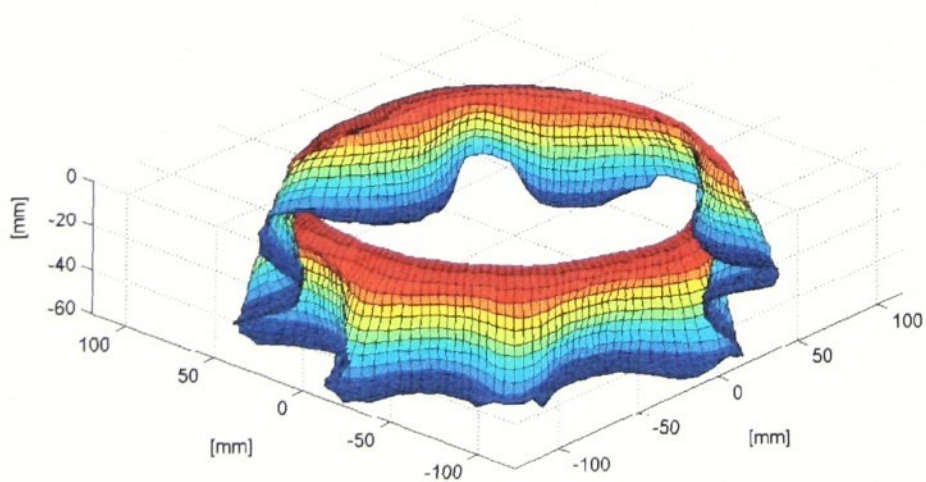


vrst60

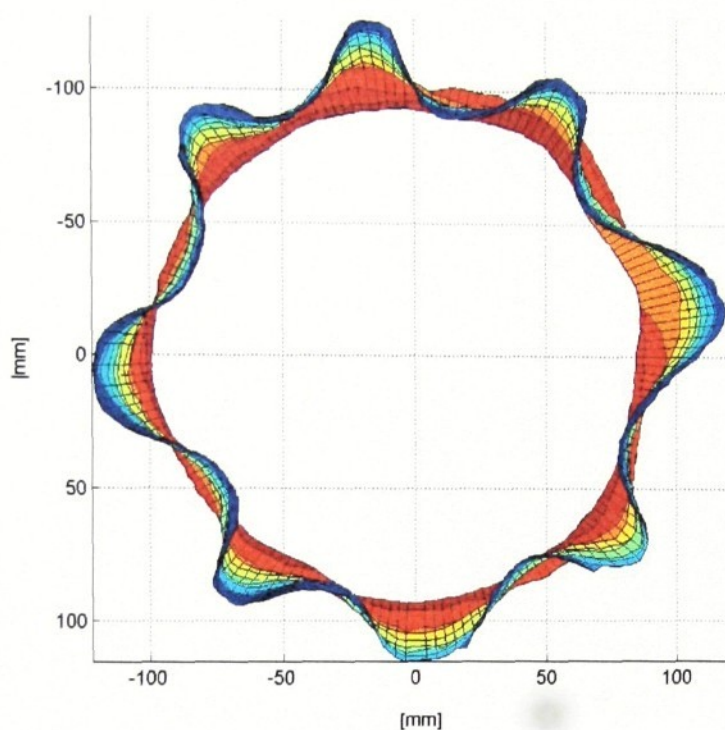




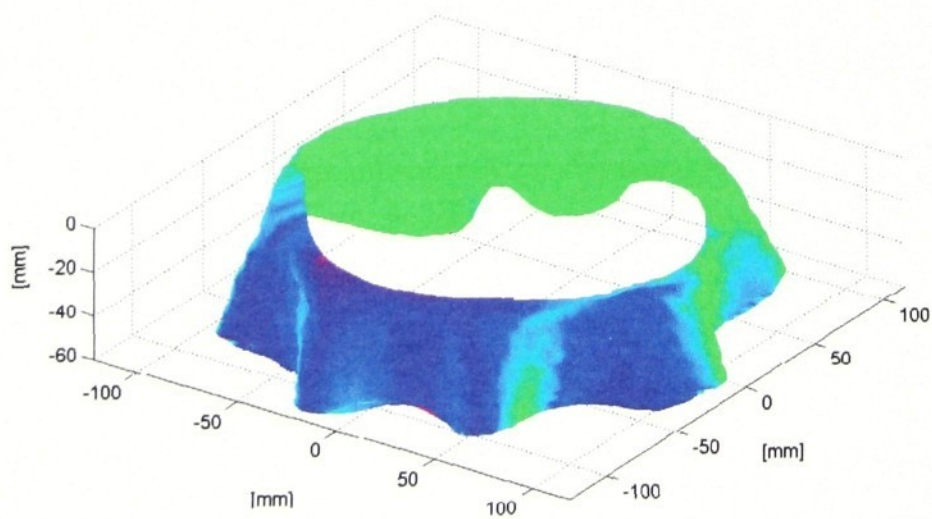
Obr. 4 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



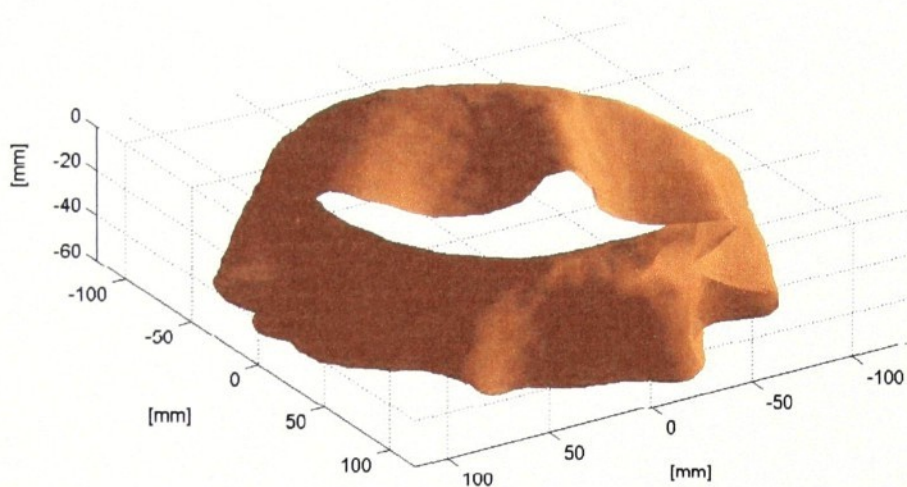
Obr. 5 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



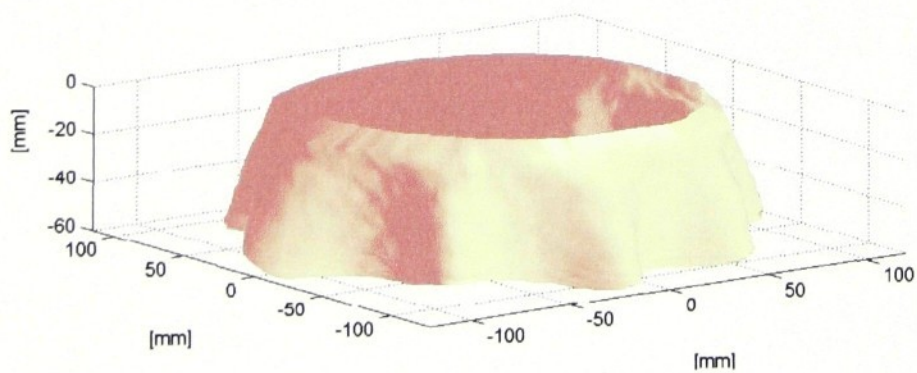
Obr. 6 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*)



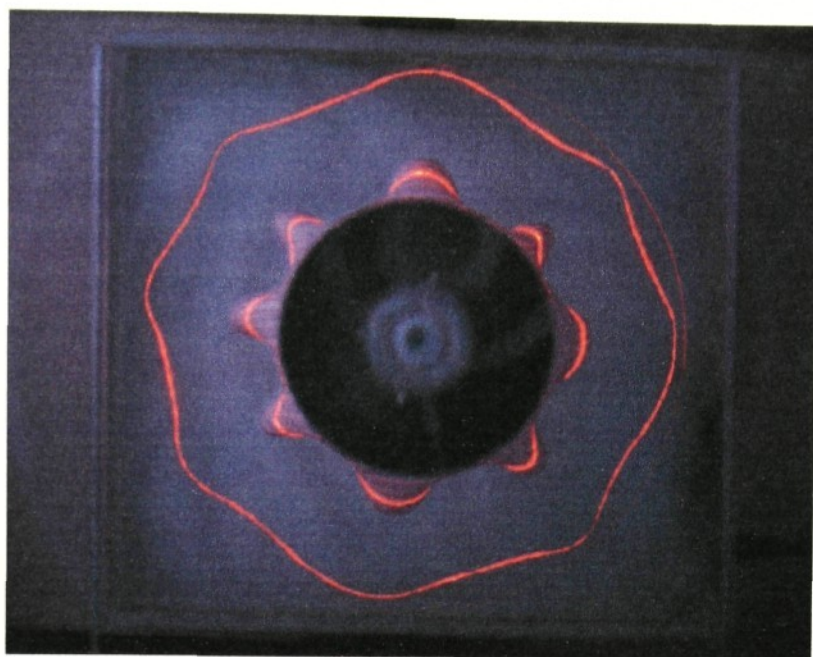
Obr. 7 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf*, *shading interp*)



Obr. 8 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf1-shading interp*)

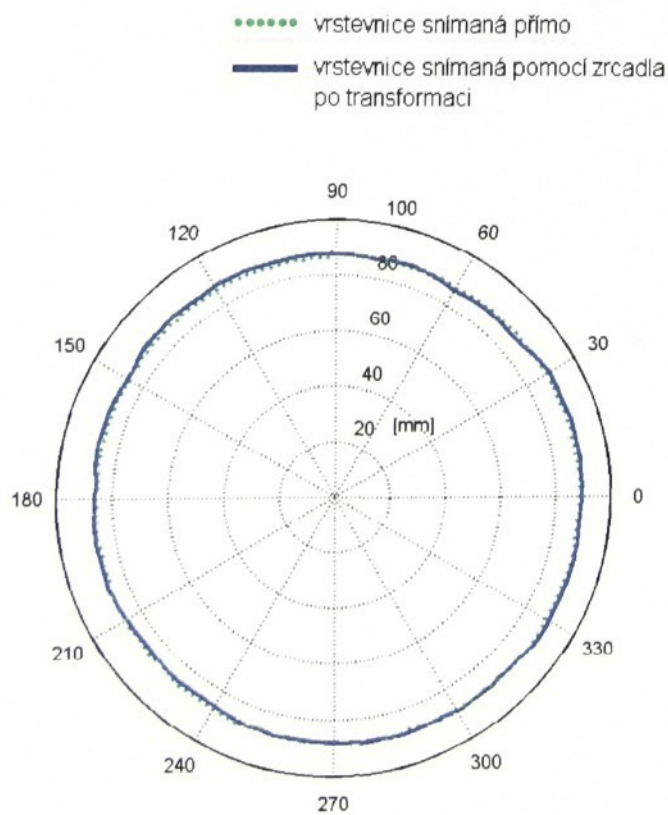


Obr. 9 3D model pláště (program *transformace_bezvika.m*, funkce *surf1-shading interp*)

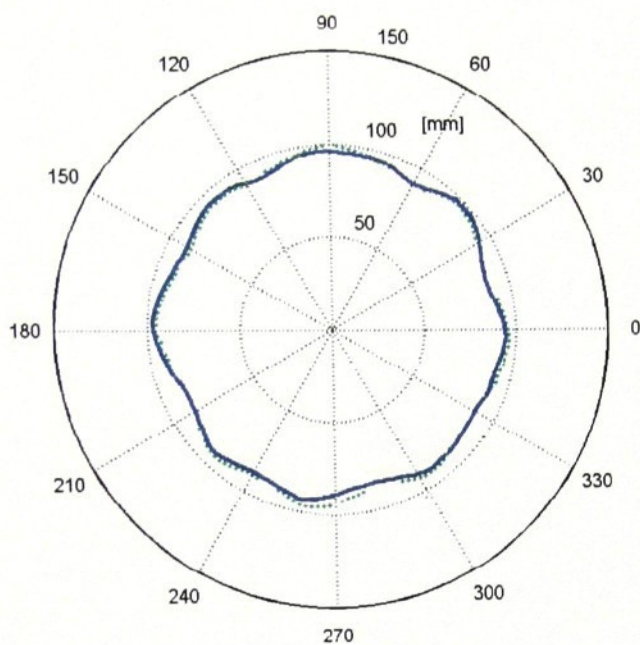


Obr. 10 Barevný obraz vrstevnice 30

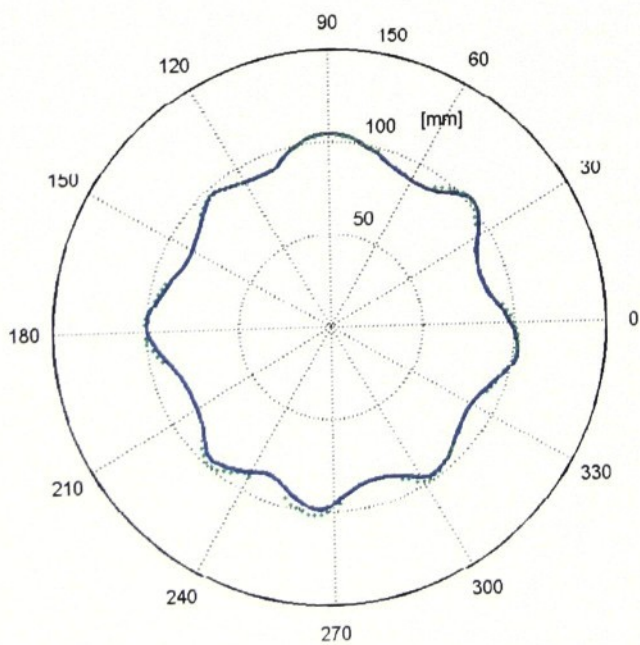
Porovnání vrstevnic v polárních diagramech:



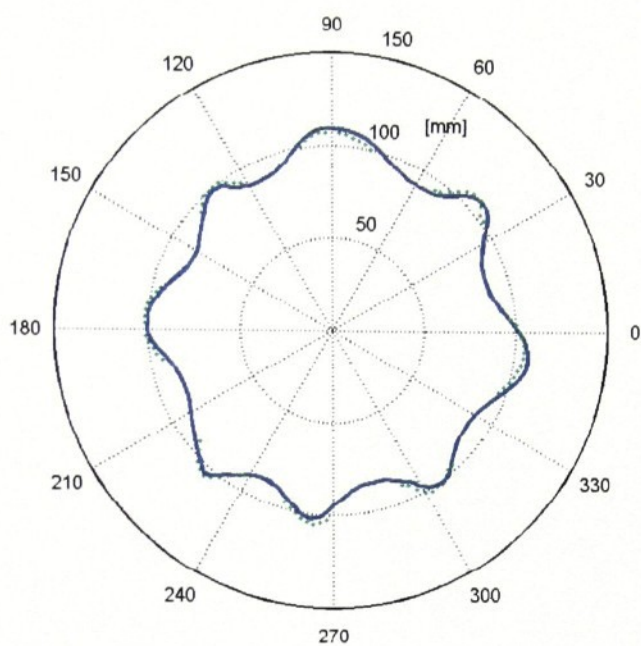
Obr. 11 Srovnání vrstevnice 00



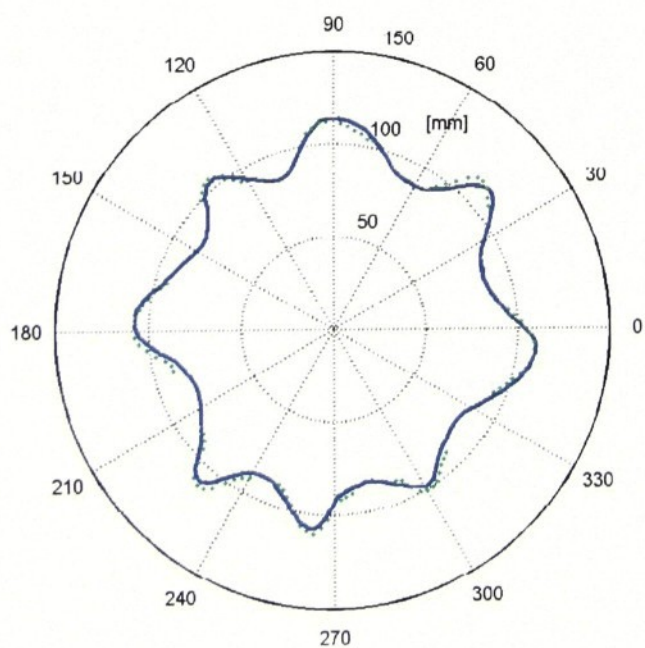
Obr. 12 Srovnání vrstevnice 10



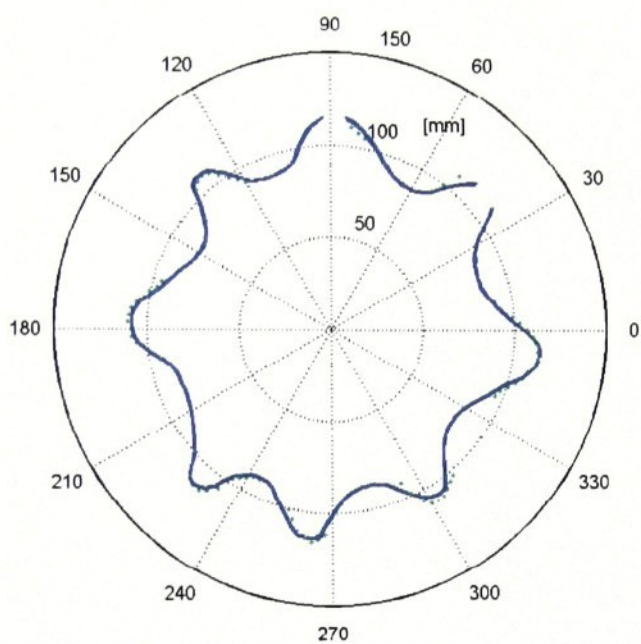
Obr. 13 Srovnání vrstevnice 20



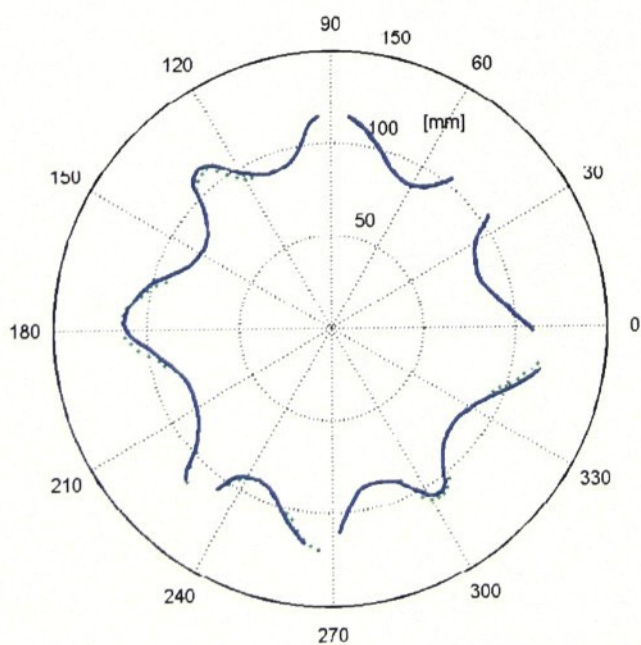
Obr. 14 Srovnání vrstevnice 30



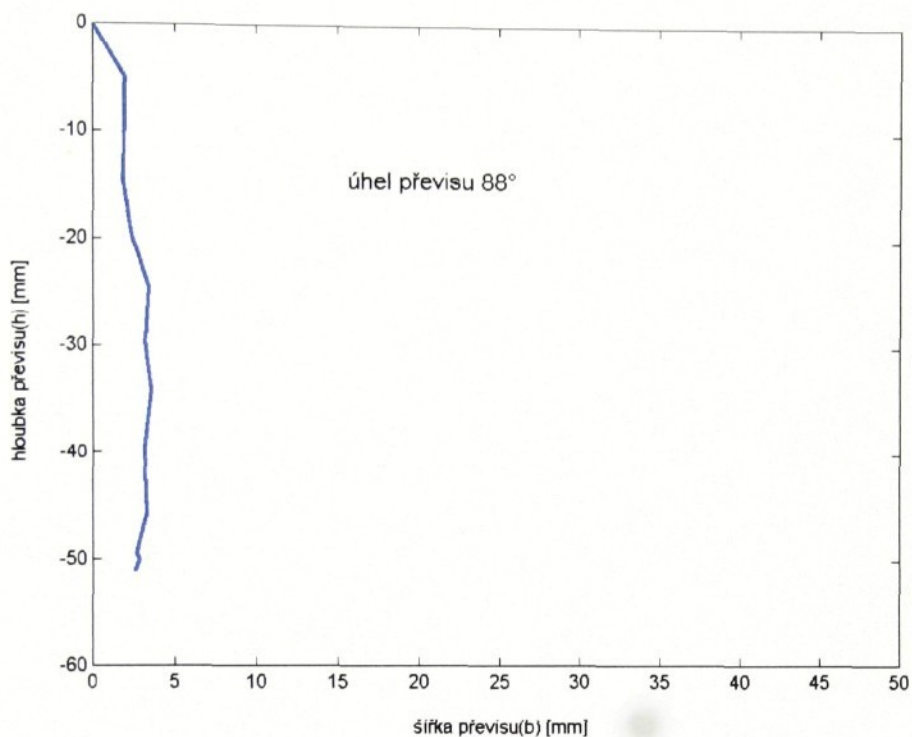
Obr. 15 Srovnání vrstevnice 40



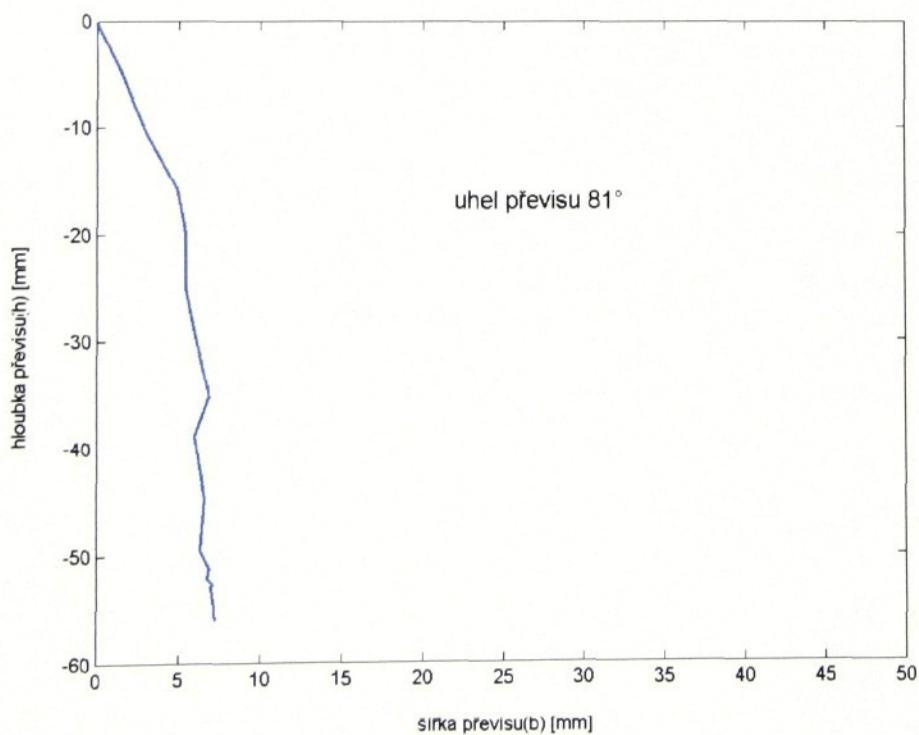
Obr. 16 Srovnání vrstevnice 50



Obr. 17 Srovnání vrstevnice 55



Obr. 18 Řez – úhel řezu 80° (program *rez.m* a *uhel.m*)



Obr. 19 Řez – úhel řezu 330° (program *rez.m* a *uhel.m*)