Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Obor: 3106T Textilní technologie

Katedra mechanických technologií

Zjišťování pevnosti a tažnosti pletenin navrženými protlačovacími trny

Recognition of strongholds and strain knitted fabrics on designed extrusive spikes

Lucie Greplová, Bc.
KME

Vedoucí diplomové práce: Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.
Konzultant: Ing. Martina Syrovátková

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI
3146134271

Rozsah práce:	počet stran	67
	počet obrázku	25
	počet tabulek	36
	počet příloh	3

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní
Katedra mechanických technologií

Školní rok 2003/2004

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro **Lucii GREPLOVOU**
obor **3106T textilní technologie**

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

Název tématu: **Zjišťování pevnosti a tažnosti pletenin v průtlaku navrženými protlačovacími trny**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte analýzu vhodnosti použití pletenin jako armovací složky pro výrobu prostorově tvarovaných kompozitních materiálů.
2. Zjistěte základní mechanicko-fyzikální vlastnosti vybrané série pletenin a délkového materiálu použitého k výrobě pletenin.
3. Vyhodnoťte prostorovou tvarovatelnost pletenin pomocí navržených a speciálně vyrobených trnů s upnutím do trhacího přístroje a současně se záznamem změn konstrukce vazby při zkoušce protlačování s použitím (při použití) kamery.
4. Srovnejte získané výsledky tvarovatelnosti s ohledem na tvar protlačovaného trnu a konstrukce pleteniny.

CD nedodáno

KTT/PL
67 s, [21] s.
obr. tab.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Univerzitní knihovna
Voronážská 1329, Liberec I

Rozsah průvodní zprávy: cca 50 stran

Seznam odborné literatury:

[1] PELLOVÁ, M.: DP, TU Liberec, 2003
[2] KOVÁŘ,R.: Struktura a vlastnosti textilií II, TU Liberec, 1998

Vedoucí diplomové práce: Ing. Irena Lenfeldová,PhD.
Konzultant: Ing. Martina Syrovátková

Zadání diplomové práce:31.10.2003
Termín odevzdání diplomové práce:17.05.2004

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
L. S.

Vedoucí katedry:

.....
Prof.Ing.Petr Ursíny,DrSc

Děkan:

.....
Prof.Ing.Jiří Militký,CSc.

V Liberci dne: 31.10.2003

Anotace

Úkolem této diplomové práce bylo zjistit a popsat prostorovou tvarovatelnost osnovních pletenin. Byly použity tři osnovní pleteniny, všechny ve filetové vazbě .

1. Byl proveden rozbor vhodnosti použití pletenin jako armovací složky pro výrobu prostorově tvarovaných kompozitních materiálů.
2. Zjišťovaly se základní mechanicko-fyzikální vlastnosti vybrané série osnovních pletenin a délkového materiálu použitého k výrobě pletenin.
3. Vyhodnocovala se prostorová tvarovatelnost pletenin pomocí speciálně vyrobených trnů s upnutím do trhacího přístroje a současně se záznamem změn konstrukce vazby při zkoušce protlačování s použitím kamery.
4. Byly porovnány výsledky tvarovatelnosti s ohledem na tvar protlačovaného trnu a konstrukci pleteniny.

Anotation

The aim of this diploma work was to find and describe cubic shapeability of warp-knitted fabrics. Three warp-knitted fabrics were used all in filet structures.

1. There was an analysis of the propriety of the warp-knitted fabrics like reinforcing components for production of cubic-formed composite materials.
2. Was recognited basic mechanic-physical properties of choised part warp-knitted fabrics and yearn.
3. Was analysing cubic shapeability of warp-knitted fabrics by the help of special designed extrusive spikes with a grip to the tear-off apparatus and the some time was recording short movies of designate and design changes.
4. Was comparing results shapeability with reference to form extrusive spike and construction knitted fabric.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ:

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

V Liberci, dne 5. 1. 2005

Lucie Greplová

LUCIE GREPLOVÁ, BC.

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

V Liberci, dne 5. 1. 2005

Lucie Greplová

LUCIE GREPLOVÁ, BC.

Seznam použitých zkratek a symbolů

c	[mm]	rozteč řádku
ε	[%]	tažnost
ε_p	[%]	je přetrhová pevnost
F	[N]	síla
F_n	[N]	je pevnost zpracovávané nitě [N]
FO	[-]	filetový otvor
H_c	[m^{-2}]	celková hustota
Hs	[m^{-1}]	hustota sloupků
$H_ř$	[m^{-1}]	hustota řádků
h	[mm]	tloušťka
K_h	[-]	koeficient hustoty
KP	[-]	kladecí přístroj
K_{VZ}	[-]	koeficient vazby
K_{VP}	[-]	koeficient využití pevnosti nitě v pletenině
Δl	[mm]	prodloužení
l	[mm]	délka nitě v očku včetně spojovací kličky
l_o	[mm]	původní upínací délka vzorku
l_p	[mm]	délka vzorku při přetrhu
m	[$g.m^{-2}$]	plošná hmotnost
oj	[-]	jehelní oblouček
$op_{1,2}$	[-]	platinové obloučky
ϕ	[mm]	průměr vzorku
O	[mm]	obvod filetového otvoru
r	[-]	spojovací klička
R	[°]	radius
s	[-]	stěny očka
s	[-]	směrodatná odchylka
Š	[mm]	šířka filetového otvoru
T	[tex]	jemnost nití
v	[%]	rozptyl
V	[mm]	výška filetového otvoru
w	[mm]	rozteč sloupků
3D	[mm^3]	značka pro třírozměrný prostor
ρ_s	[$kg.m^{-2}$]	plošná hmotnost
Kzš	[-]	kužel se zakulacenou špičkou
Kuš	[-]	kužel s useknutou špičkou

1 ÚVOD 8

2 TEORETICKÁ ČÁST 10

2.1 Základní definice struktury pleteniny 10
2.1.1 Základní pojmy 10
2.1.2 Osnovní filetové vazby 16

2.2 Kompozitní materiály 17
2.2.1 Základní pojmy 17
2.2.2 Textilní kompozit 18

2.3 Prostorová tvarovatelnost pletenin 18
2.3.1 Chování textilií při tvarování/11/ 20
2.3.2 Vlivy působící na deformaci pletenin /12/ 20
2.3.3 Použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin/18/ 20
2.3.4 Vlastnosti pletenin a jejich vhodnost pro prostorové tvarování 23

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 24

3.1 Výběr filetových vazeb 24

3.2 Materiál použitý na výrobu zkoušených vzorků 28

3.3 Základní mechanicko - fyzikální vlastnosti 30
3.3.1 Měření pevnosti a tažnosti polyesterového hedvábí 30
3.3.2 Zjišťování pevnosti a tažnosti osnovních pletenin 31
3.3.3 Vyhodnocení tahových křivek 34

3.4 Prostorové tvarování pletenin 39
3.4.1 Forma 39
3.4.2 Experimentální metodika zjišťování tvarovatelnosti pletenin 41
3.4.3 Vyhodnocení měření 43
3.4.4 Vyhodnocení křivek 3D 59

4 ZÁVĚR 65

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 68

1 Úvod

Osnovní pleteniny zaujímají v textilním průmyslu významné místo. Nacházejí i uplatnění jako technické textilie, a to zejména v kompozitní materiálech . Kompozitní materiály na bázi osnovních pletenin jsou tvořeny více složkami, jedna tvoří matrici a v ní je zafixována textilní složka.

Jako armovací složka pro třírozměrné kompozitní materiály se používají také filetové pleteniny. Vhodná volba filetové pleteniny umožňuje prostorové tvarování bez poškození textilie, úsporu textilního materiálu, zatečení pryskyřice do vazební struktury a také nízkou hmotnost výsledného kompozitu. Tyto kompozitní materiály nacházejí široké uplatnění, např. jako lehké stavební hmoty, klimatizace, vytápění, ochranné materiály (helmy, doprava zboží), sportovní obuv a další.

Cílem mé diplomové práce bylo vyhodnotit prostorovou tvarovatelnost osnovních pletenin pomocí navržených a speciálně vyrobených trnů s ohledem na tvar protlačovaného trnu a konstrukci pleteniny.

2 Teoretická část

2.1 Základní definice struktury pleteniny

Pletenina

Je plošná textilie, tvoří ji jedna nebo více soustav nití, které jsou propojeny postupným ohýbáním jednotlivých nití v kličky a vzájemným provázáním, čímž vznikají jednotlivá očka. Na rozdíl od tkaniny může pletenina vzniknout i z jedné soustavy rovnoběžně položených nití /4/.

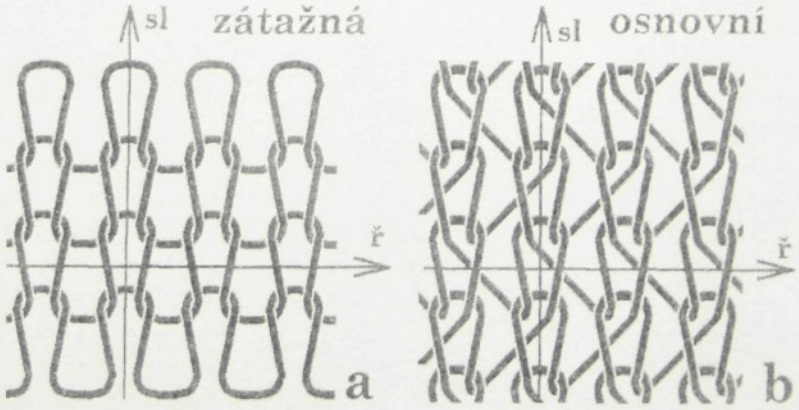
Pleteniny rozdělujeme do dvou základních skupin:

Zátažné pleteniny :

Očka se vytváří z nitě vedené vodorovně, jsou vedle sebe a tím tvoří řádek. Řádek zátažné pleteniny je vytvořen z jedné nitě, která přechází z jednoho řádku na řádek nový.

Osnovní pleteniny:

Očka se netvoří z jedné nitě jako u zátažné pleteniny, ale ze soustavy nití – *osnovy*. Řádek se vytvoří z několika oček vedle sebe, z nichž každé je vytvořeno z jedné osnovní niti. Očka nejsou tvořena postupně, ale najednou na všech jehlách.

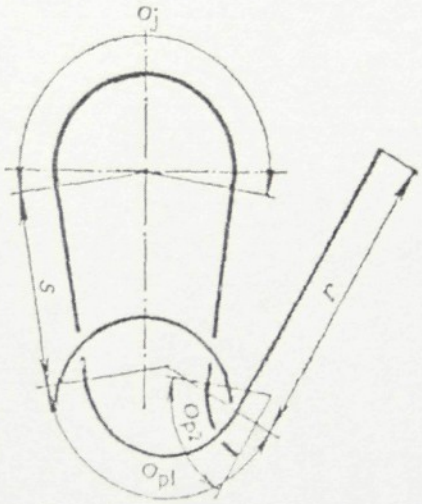


Obr. 1 Pleteniny

2.1.1 Základní pojmy

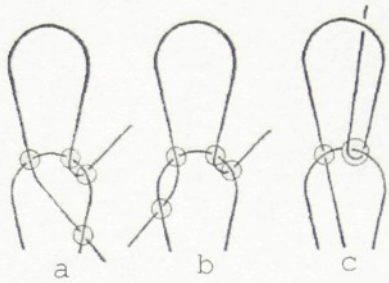
Ve srovnání se zátažnou pleteninou má osnovní pletenina zcela odlišnou strukturu, odlišný způsob tvorby vazeb a jiný charakter mechanicko - fyzikálních vlastností.

Jak uvádí Kočí, k základním pojmům osnovní pleteniny patří očko. Očko osnovní pleteniny má specifický tvar. Skládá se z jehelního obloučku o_j , dvou stěn s a dvou platinových obloučků o_{p1} a o_{p2} . Každé očko osnovní pleteniny má platinové obloučky, jejichž velikost a tvar závisí na vazební struktuře pleteniny. Na tyto platinové obloučky navazuje spojovací klička r, která spojuje očka (obr.2). Výjimku tvoří keprové vazby, kde dvojice oček je spojena přímo platinovým obloučkem /4/.



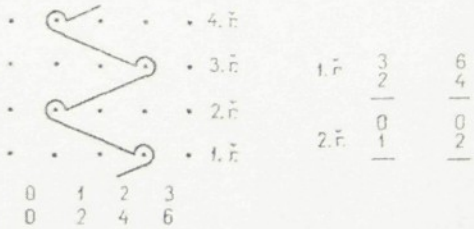
Obr. 2 Očko osnovní pleteniny

Na rozdíl od zátažné pleteniny nemusí být obloučky symetrické a z odlišnosti jejich tvaru a polohy vyplývá i odlišná poloha vazných bodů. U běžné vazby má očko ve styku s předcházejícím očkem čtyři vazné body , obr.3 a, b. U vazby na obr.3c má očko jeden vazný bod a jedno obtočení nití, nikoli bodový styk. Stěn očka se může také dotýkat spojovací klička příslušející jinému očku.



Obr.3 Různé polohy vazných bodů

Spojovací klička leží na rubní straně pleteniny, podle délky a polohy tvoří vzhled rubní strany pleteniny a podstatně ovlivňuje vlastnosti pleteniny. Velikost a směr spojovací kličky jsou dány kladením niti na jehly. Kladení je pohyb kladecí jehly, kterou je vedena kladená nit. Jednotlivé fáze pohybu kladecí jehly jsou dány číselným záznamem, aby se vědělo kam až se má kladecí přístroj při kladení pohybovat. Pro zápis vazby pleteniny vyráběné na osnovním stávku se používají celá čísla včetně nuly a pro zápis vazby vyráběné na rašlu se používají celá sudá čísla, jak je znázorněno na obr.4.



Obr. 4 Zápis vazby osnovní pleteniny

2.1.1.1 Charakteristika vybraných vlastností osnovních pletenin

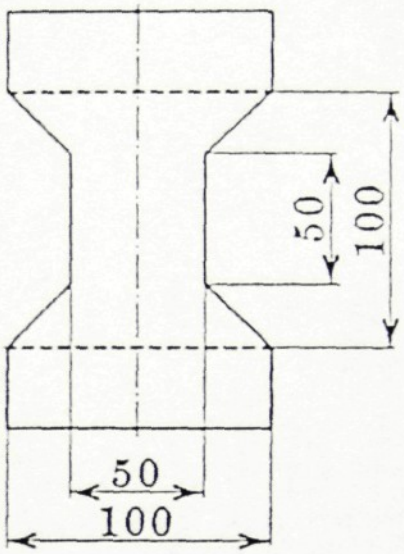
Vlastnosti osnovních pletenin závisí především na použitém vlákenném materiálu, vazbě, uspořádání vláken, technologii a geometrii vytvarování.

Pevnost pleteniny

Podle charakteru namáhání rozlišujeme **pevnost směrovou**, kdy je zatížení jednosměrné (ve směru řádků nebo ve směru sloupků) a **pevnost plošnou** (pevnost v průtlaku), kdy je pletenina namáhána všemi směry.

Směrová pevnost pleteniny je dána zatížením [N], potřebným k přetržení daného vzorku. Pro směrovou pevnost je stanoven vzorek podle obr.5 s upínací délkou *100 mm*. Pevnost se vztahuje na užší část vzorku (50 mm), rozšíření u čelistí je proto, aby v tomto místě nedocházelo k přetrhu pleteniny. U čelistí totiž vzniká oblast, kde nemůže nastat deformace pleteniny a vzniká přímé namáhání nití na tah /4/.

Vzorek pleteniny se upíná bez předpětí a několikrát se podélně přeloží /3/.



Obr. 5 Vzorek pleteniny pro zjišťování směrové pevnosti

Teoretická směrová pevnost pleteniny

Tuto pevnost je možné zjistit výpočtem podle vztahu (1). Je definovaná jako součet pevností všech nití, které odolávají přetrhu pleteniny /4/.

$$F_{(s,\check{r})} = \frac{F_n \cdot H_{(s,\check{r})} \cdot K_{VZ} \cdot K_{VP}}{2} \qquad (1)$$

Kde F_n je pevnost zpracovávané nitě [N],

$H_{(s,\check{r})}$ je podle směru namáhání buď hustota sloupků nebo hustota řádků [m^{-1}],

K_{VZ} je koeficient vazby, který určuje počet nití podílejících se na pevnosti pleteniny v jednom sloupku nebo řádku [1],

K_{VP} je koeficient využití pevnosti nitě v pletenině [1],

2 je konstanta, která výpočet přizpůsobuje experimentu.

Tažnost pleteniny

Tažnost se definuje jako schopnost materiálu měnit svůj tvar vlivem vnějších zatěžovacích sil ve směru jejich působení /4/. Podle ČSN 80 0868 je tažnost daná prodloužením vzorku zjištěném při přetržení a vyjádřeném v procentech upínací délky.

Tažnost je důležitá vlastnost pleteniny a ovlivňuje její použití pro konkrétní výrobky.

Směrová tažnost je ve směru řádku a sloupku vyjádřena vztahem :

$$\varepsilon_{p\,(s,\,ř)} = \frac{lp - lo}{lo}.100 \qquad (2)$$

kde ε_p je přetrhová pevnost [%]

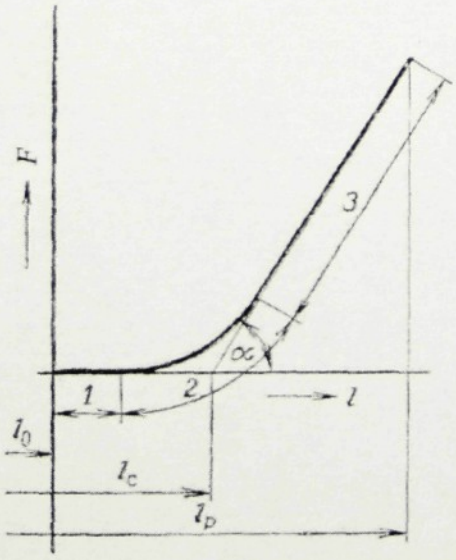
l_o je původní upínací délka vzorku [mm]

l_p je délka vzorku při přetrhu [mm]

Tahová křivka

Směrová tažnost se zjišťuje současně s pevností na dynamometrech.

Typický průběh závislosti prodloužení pleteniny na napětí je znázorněný na obr.6.



Legenda:
l_o - původní upínací délka vzorku
l_p - délka vzorku při přetrhu
α - skon přímky
F - zatěžující síla
l - délka vzorku

Obr. 6 Tahová křivka pleteniny

Směrová tažnost osnovních pletenin je výrazně ovlivněna použitou vazbou. Směrová tažnost závisí také na orientaci a délce jednotlivých úseků nití v pletenině.

Průběh závislosti na protažení má tři charakteristické úseky:

- *1. úsek* má velký přírůstek deformace již při malých změnách napětí. **Očka** pleteniny se v této oblasti **tvarově deformují** a **nitě** se po sobě ve vazných bodech (tj. míst vzájemného kontaktu nití) **posouvají**.
- *2. úsek* je charakteristický změnou strmosti deformační křivky, která je zde výraznější než v úsecích 1 a 3. Dochází k výraznějším změnám ve tvaru nitě a posuv vazných bodů pokračuje tak dlouho, až se nitě v sousedních vazných bodech začnou dotýkat a stlačovat.
- Ve *3. úseku* bylo již prakticky **dosaženo maximální možné tvarové deformace** nitě i maximálního možného posuvu vazných bodů, takže se v této části křivky začíná výrazněji uplatňovat i délková deformace zaplétané nitě. Na konci tohoto úseku začíná destrukce pleteniny, která pokračuje až do úplného přetržení /4/.

Hustota pletenin

Hustota pleteniny vyjadřuje zaplnění plochy pleteniny vazebními prvky a je dána vztahem:

$$\mathbf{H_c = H_s \cdot H_ř} \qquad (4)$$

Kde: H_c je celková hustota, tj. počet oček na 1 m^2 [m^{-2}]

H_s je hustota sloupků, tj. počet sloupků pleteniny na 1 m [m^{-1}]

$H_ř$ je hustota řádků, tj. počet řádků pleteniny na 1 m [m^{-1}]

Hustota pleteniny je jedna z nejdůležitějších vlastností pletenin. Je výsledkem základních technologických parametrů a způsobu výroby. Hustota se dá snadno technologicky ovlivnit a ve velké míře ovlivňuje další vlastnosti pletenin. K základním parametrům pletacího stroje patří rozteč jehel, nejčastěji je to počet jehel jednoho lůžka na anglický palec, větší číslo značí jemnější stroj. Dále je seřiditelná hloubka zatahování (hustota). Přesto vyjádření hustoty není jednoznačné, konkrétní vyjádření má určité omezení a není jednoznačné /4/.

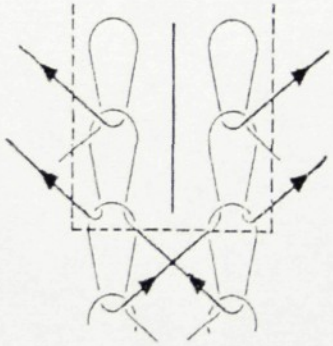
2.1.2 Osnovní filetové vazby

2.1.2.1 Filetová vazba /4/

Pod tímto souhrnným názvem jsou v literatuře označovány vazby, ve kterých se vzorový efekt vytváří otvory v pletenině. Otvory vznikají v těch místech, kde nejsou vázána sousední očka spojovacími kličkami. Musí být zachována celistvost pleteniny. Sloupky oček spojují spojovací kličky základní vazby, útek nebo jiný vazební prvek.

U základních vazeb (kromě vazby řetízku) má **filetová vazba** takový způsob kladení, při kterém jsou v určitých místech spojovací kličky sousedních oček směřovány na opačné strany (obr.7).

Filet (otvor) vzniká mezi dvěma sousedními sloupky oček, má svislou polohu a musí mít konečnou délku, jinak by se pletenina rozdvojila. Velikost otvoru je dána počtem řádků, ve kterých nedošlo ke spojení sloupků.



Obr. 7 Směr spojovacích kliček

Podmínka tvorby filetového otvoru:

Sladit kladení s návlekem tak, aby se v každém řádku na každou jehlu nakladla nit. Pokud by bylo žádoucí na některou jehlu neklást nit, musí to být nakladení trvalé.

Aby bylo možné splnit princip filetových vazeb, tj. směrovat spojovací kličky sousedních oček na opačné strany, používají se většinou dvě vazby (stejné nebo různé) a protisměrné kladení. Podle návleku je potom filetová pletenina jednoduchá, nebo kombinovaná. Kladecí přístroje nejsou většinou plně navlečené, často mají poloviční nebo vzorový návlek./4/.

Výroba filetových vazeb

Na výrobu osnovních filetových vazeb se používají všechny základní osnovní vazby (trikot a od něj odvozené vazby, atlas a řetízek) samostatně nebo v kombinaci.

Nejčastěji se používá atlasové kladení (obr.8). Dva kladecí přístroje návlekem 1 : 1, které kladou protisměrně tvoří vždy při správném návleku filetovou vazbu.

Obr. 8 Příklad vazby s atlasovým kladením

Vlastnosti filetových vazeb

Filetové vazby zaujímají význačné místo v osnovním pletení a to pro své vlastnosti. Princip filetových vazeb, jak již bylo uvedeno, spočívá ve tvorbě vazebných otvorů. Efekt otvorů je dán také technologickou úpravou, při které se natažení úpletu do šířky otvory zvýrazní a tento stav se zafixuje.

Filetová vazba, která má pravoúhlý systém vazby (řetízek s kladením pod jehlami) je stabilnější. Stabilita je dosažena vazbou a úpravou.

Zešikmené nebo volné úseky ve filetové pletenině dávají větší předpoklad pro deformaci struktury. Jak uvádí Kočí u těchto typů pletenin se struktura buď zafixuje do pevného tvaru (záclony), nebo se naopak počítá s její volností a využívá se jí v textilních kompozitech. Tím se dosáhne větší deformovatelnosti a tvarovatelnosti struktury /4/.

2.2 Kompozitní materiály

2.2.1 Základní pojmy

Kompozit

Definice kompozitu podle Bareše /2/ :

Kompozit je každý materiálový systém, který je složen z více (nejméně dvou) fází, z nichž alespoň jedna je pevná s makroskopicky rozeznatelným rozhraním mezi fázemi a který

dosahuje vlastnosti, které nemohou být dosaženy kteroukoli složkou (fází) samostatně ani simulací.

Základní složkou kompozitního materiálu je **matrice** – spojitá fáze a v ní jsou rozmístěny komponenty – **armovací složka** - nespojitá fáze. Kompozity mohou být definovány jako vybraná kombinace různých materiálů utvořená se specifickou vnitřní strukturou a se specifickým vnějším tvarem.

Klasifikace kompozitů

Při konstrukci kompozitů se musí vycházet z požadavků existence synergetického efektu, který je rovněž základní podmínkou. Tento efekt zajišťuje výslednému systému alespoň jednu lepší vlastnost než je pouhý součet vlastností jednotlivých složek /13/.

Kompozit tvoří jedna nebo více spojitých fází ponořených do spojité. Nespojitá fáze je obvykle tvrdší než spojitá, nazývá se – **armovací složka**, přenáší zatížení.

2.2.2 Textilní kompozit

Je to kompozit v němž je obsažena jako armovací složka textilní komponenta (vlákna, příze, plošné textilie), která zajišťuje pevnost v tahu nebo tlaku. Rozměrovou stálost zajišťuje polymerní matrice. Vhodnou kombinací obou komponent vznikne systém, který má charakteristické vlastnosti.

Armovací složka textilních kompozitů

Její úlohou je vytvořit nosnou část kompozitu. Armovací složkou pro textilní kompozity může být:

- vlákno konečné délky
- vlákno nekonečné délky ve formě kabelů, pramenů
- textilní plošné útvary, tkaniny, pleteniny, pletenotkaniny
- textilní prostorové útvary

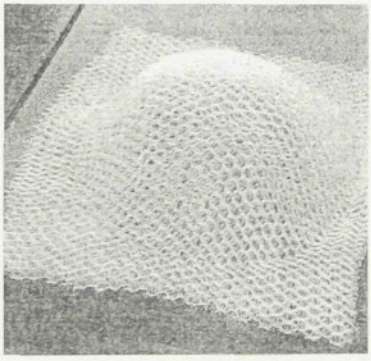
2.3 Prostorová tvarovatelnost pletenin

Pro textilní kompozity jsou vhodné plošné textilie, zejména pleteniny, protože poskytují větší možnosti pro tvarování než tkaniny.

Jak uvádí Daněk /10/ použití pletených sítí pro 3D textilní kompozitní materiály poskytuje řadu výhod:

- vhodná vazební struktura zajistí formování hlubokým tažením bez poškození textilie
- použití zajišťuje značnou úsporu textilního materiálu, a tím i nízkou hmotnost výsledného výrobku
- struktura pleteniny umožňuje dokonalé zatečení pryskyřice do vazebních bodů, což zajistí homogenní rozložení pryskyřice v kompozitu

Hluboce prostorově tvarované kompozity vyžadují od textilie značnou tažnost ve více směrech. Proto se jeví pleteniny jako nejvhodnější textilie, které jsou schopny tomuto vyhovět. Poskytují větší možnosti pro tvarování než tkaniny, které se deformují především smykem než tažností struktury /11/.



Obr. 9 Prostorově tvarovaný kompozit

Stallmann a spol /7/ popisují tři fáze výroby prostorových kompozitů z filetových vazeb.

1) **Fáze 1**: Z PL nitě se vytvoří plošná textilie jejíž plošná hmotnost se pohybuje v rozmezí 75 - 300 [g m^{-2}].
2) **Fáze 2**: Textilie se naimpregnuje pryskyřicí. Tento předvýrobní kompozitní plošný útvar z částečně zpolymerované pryskyřice a plošné textilie se nazývá PREPREG .
3) **Fáze 3**: Tvarování PREPREGU v zahřívaném tvarovacím nástroji – formě. Doba tvarování závisí na druhu použitého materiálového systému a na teplotě tvarování.

2.3.1 Chování textilií při tvarování /11/

Pro tvarování je tažnost jedna z nejdůležitějších vlastností, protože textilie se musí přizpůsobit novému tvaru, aniž by došlo k jejímu porušení. Textilie je podrobována při výrobě různé napjatosti.

Na rozdíl od plošného tvarování, vyžaduje 3D prostorové tvarování podstatnou směrovou roztažnost struktury.

Směrová tažnost a pevnost pleteniny je značně závislá na hustotě a vyplývá z ní anizotropie zpracovávaného materiálu. Anizotropie je také důležitá pro výrobu kompozitů.

2.3.2 Vlivy působící na deformaci pletenin /12/

1) vliv nití:

- druh materiálu,
- struktura nitě (skaní, družení, ...),
- deformační vlastnosti.

2) vliv vlastností pleteniny:

- vazba,
- hustota řádků a sloupků,
- deformační vlastnosti,
- rozměrová stabilita.

3) vliv vnějších podmínek:

- klimatických,
- hodnota tlakové síly,
- průběh deformace v ploše vzorku.

2.3.3 Použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin /18/

Osnovní filetové pleteniny, které jsou upraveny pro 3-dimensionální deformaci, vynikají malou objemovou hmotností. Struktura je impregnována a prostorově deformována.

Tímto způsobem vzniklá textilie se může stát z flexibilní vysoce pevnou. K upotřebení se nechají vyrobit různé geometrické tvary, jako kužel, můstek a také oboustranné tvary.

Prostorově tvarované struktury jsou napouštěny plynem a pěnou. Struktury s náprstkovou prohlubní se plní speciálním betonem, tak že mezi vzniklé struktury se dají proložit elektrické rozvody, které jsou pokryty kobercem. Tímto způsobem vzniklá dvojitá podlaha redukuje stavební výšku prostoru a také výrazně náklady.

Sportovní boty s tvarovanými pleteninami

Osnovní pleteniny se uplatňují u sportovní obuvi v jazykové části a v boční oblasti. Jazyková část vyniká lehkou objemovou měkkostí a podmíněně pružnou napjatostí. Dají se vyrobit pleteniny s rozdílnou tloušťkou a rozdílným povrchem, od hustých až po méně husté.

Obr. 10 Příklad použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin

Prostorově tvarované pleteniny pro nosiče na nářadí a batohy

Prostorově tvarované pleteniny s jejich mnohotvárnými vlastnostmi se používají pro přiléhavé předměty, např. nosiče na nářadí, které jsou upevněné pásem na tělo.

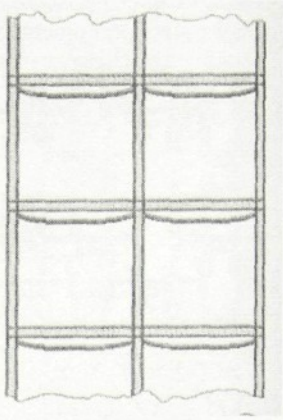
Obr. 11 Příklad použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin

Prostorově tvarované osnovní pleteniny s dvěma textilními plochami

Kovář uvádí , jsou to dvouvrstvé, lokálně spojované struktury, které mohou úspěšně imitovat některé prostorové tvary, a vícevrstvé nebo výrazně plasticky vzorované pleteniny. Mohou být považovány za prostorové výrobky a využívány pro technické účely /3/.

Pod tímto názvem rozumíme prostorové pleteniny s dvěma textilními plochami, které si zachovávají odstup. Díky variabilitě osnovního pletení lze vyrobit mnohotvárné struktury.

Odstup: odstup je vzdálenost mezi dvěma textilními plochami, je zpravidla větší než 2,5 mm, u protisměrného kladení je větší než 3 mm.



Obr. 12 Příklad použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin

Povrchová úprava:

Textilní plochy mohou mít různé vazby. V samostatném procesu můžeme jednu nebo obě strany struktury s textilní nebo s foliovou plochou laminovat.

Rozměrová stabilita:

Vhodnou volbou vazby může být prostorově tvarovaná pletenina vytvořena protažením do určité meze pružnosti. Vysoce pružná vazba vzniká použitím elastanu v obou plochách.

Pro zajištění objemové stability se používají zpravidla monofilové příze.

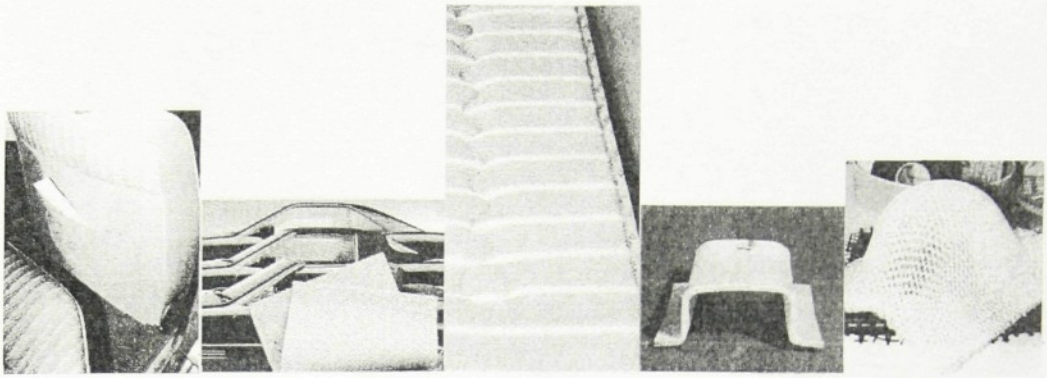
Šokabsorbant

Jako šokabsorbant pro ochranu a bezpečnostní přilby byly vyvinuty Muller Textilem objemové pleteniny, které byly vhodně deformovány pro vnitřní vybavení přilby.

Dvoulůžkově vyrobené, objemové filetové pleteniny pro podkonstrukce pro ochranné přilby se vyznačují extrémně minimální objemovou hmotností, dobrou tvárností a nejlepší prodyšností.

Textilie tohoto druhu se dají také použít na ochranné oděvy, sportovní oděvy a boty. Další oblastí pro objemové pleteniny jsou autosedačky – polstrování, obložení aut, vybavení postranních dveří aut, jako zastoupení dnes ještě potřebných pěnových látek, které jsou také základní ochranou.

Dále Muller Textil vyvinul elastické obaly pro ochranu a fixaci dopravního zboží. Mnohonásobné využití pletených síťových obalů způsobuje šetrné zacházení s materiály.



Obr. 13 Příklad použití prostorově tvarovaných osnovních pletenin

2.3.4 Vlastnosti pletenin a jejich vhodnost pro prostorové tvarování

Jako pozitivní vlastnosti pleteniny pro prostorové tvarování lze označit:

- vysokou tažnost,
- pružnost,
- výrazné deformační schopnosti a možnost formovat pleteninu do požadovaného prostorového útvaru.

Negativní vlastnosti pleteniny pro prostorové tvarování:

- vysoká pevnost v tahu,
- malá rozměrová stálost.

Vlastnosti pleteniny jsou různorodé, závisí na použití druhu vlákenného materiálu, vazbě, uspořádání vláken, geometrii a struktuře pleteniny.

Parametry pevnosti a tažnosti jsou závislé na hustotě, rozměru a počtu ok, který připadá na určitou plochu pleteniny a na sklonu vytvářeného prostorového útvaru /7/.

Vlastnosti osnovních pletenin závisí ve značné míře na vazební struktuře pleteniny.

Velký význam pro tažnost pleteniny má spojovací klička. Směřováním spojovací kličky lze ovlivnit tažnost pleteniny v příčném směru.

Pro zajištění příčné pevnosti osnovních pletenin se používají vazby s delším kladením pod jehlami a delší spojovací kličky.

Pro snížení tažnosti a zvýšení pevnosti v příčném i podélném směru se používají vazby s kombinací řetízku a střídavého kladení s delšími spojovacími kličkami.

Při 3D tvarování je vyžadována tažnost ve více směrech, jsou vhodné vazby s protisměrným kladením, má-li být kompozit namáhán v jednom směru. Má-li být kompozit namáhán ve více směrech, je vhodnější stejnosměrné kladení /16/.

3 Experimentální část

3.1 Výběr filetových vazeb

1) Pro experiment byly vybrány tyto filetové pleteniny a splňovaly následující požadavky:

a) Byly vyrobeny ze stejného druhu délkové textilie, z polyesterového hedvábí.
b) Byly vyrobeny v podobných vazbách

- u obou vazeb byl zvolený vzorový návlek kladecích přístrojů
- u obou vazeb bylo použité protisměrné kladení
- obě vazby byly vytvořeny kombinací atlasového a trikotového kladení
- výška filetových otvorů je u obou vazeb stejná

Podle těchto kritérií byly vybrány následující vazby:

- Vazba 1, která bude dále značena jako VA1
- Vazba 2, která bude dále značena jako VA2

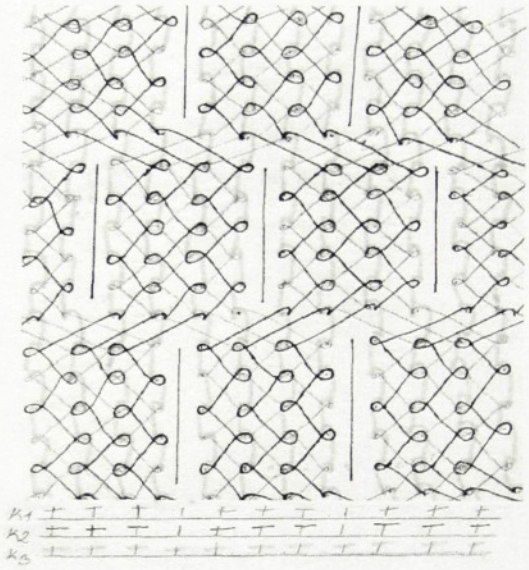
2) Dále byla vybrána filetová pletenina

- Byla vyrobena z polyesterového hedvábí
- byla použita vazba protisměrné sukno
- kladení uzavřené, návlek 1 : 1

- Vazba 3, která bude dále označena jako VA3

Vazba 1 - VA1

Třípřístrojová vazba byla vytvořena kombinací atlasového kladení s trikotovým, kladeném proti sobě, doplněné řetízkem. Na obr. 14 zakresleno kladení a číselný zápis kladení.

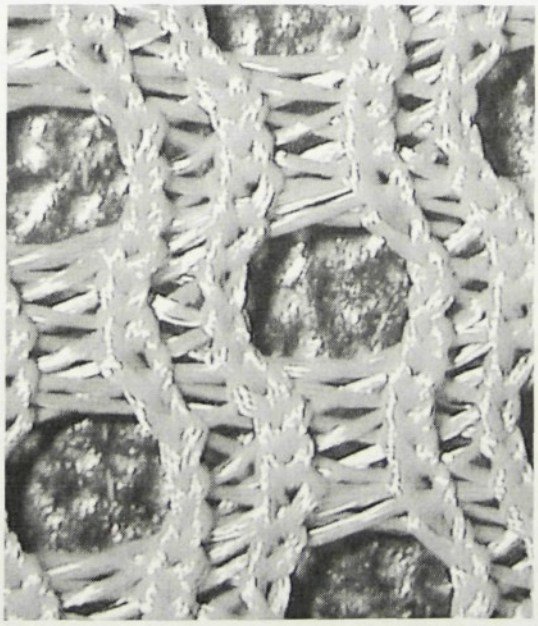


KP1 6-8 / 6-4/ 6-8/ 6-4/6-8/ 4-2/ 2-0/ 2-4/ 2-0/2-4/2-0/4-6//

KP2 2-0/ 2-4 /2-0/2-4/2-0 /4-6 /6-8/ 6-4 / 6-8/6-4/6-8/4-2//

KP3 0-2/2-0//

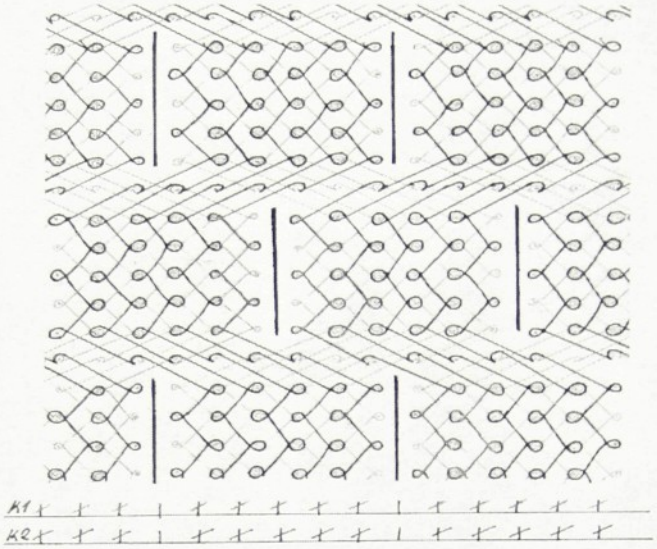
Obr. 14 Zápis VA1 - kladení a návlek KP



Obr. 15 Snímek VA1

Vazba 2 – VA2

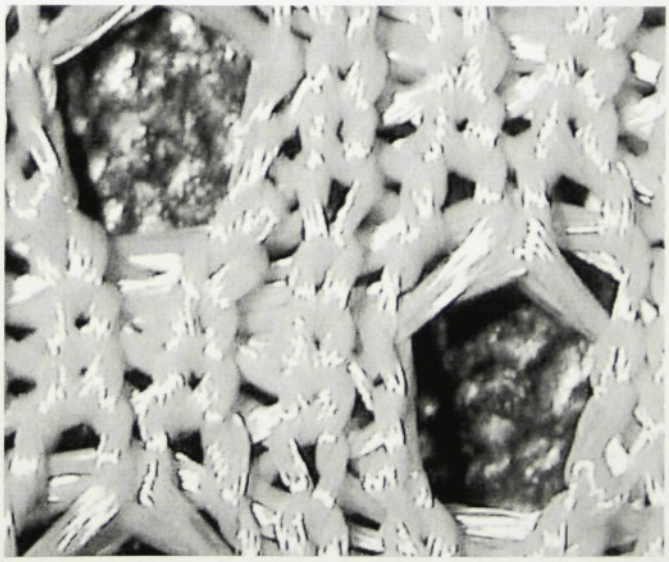
Jedná se o dvoupřístrojovou vazbu vytvořenou kombinací atlasového kladení s trikotovým, které je kladené protisměrně.



KP1 2-4 / 2-0 / 2-4 / 2-0 / 4-6 / 8-10 / 8-6 / 8-10 / 8-6 / 8-10 / 6-4 / 2-0 //

KP2 8-6 / 8-10 / 8-6 /8-10 / 6-4 / 2-0 / 2-4 / 2-0 / 2-4 / 2-0 / 4-6 / 8-10 //

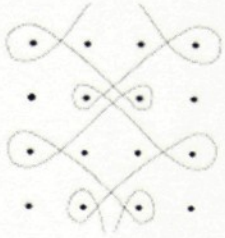
Obr. 16 Zápis VA2 - kladení a návlek KP



Obr. 17 Snímek vazby 2

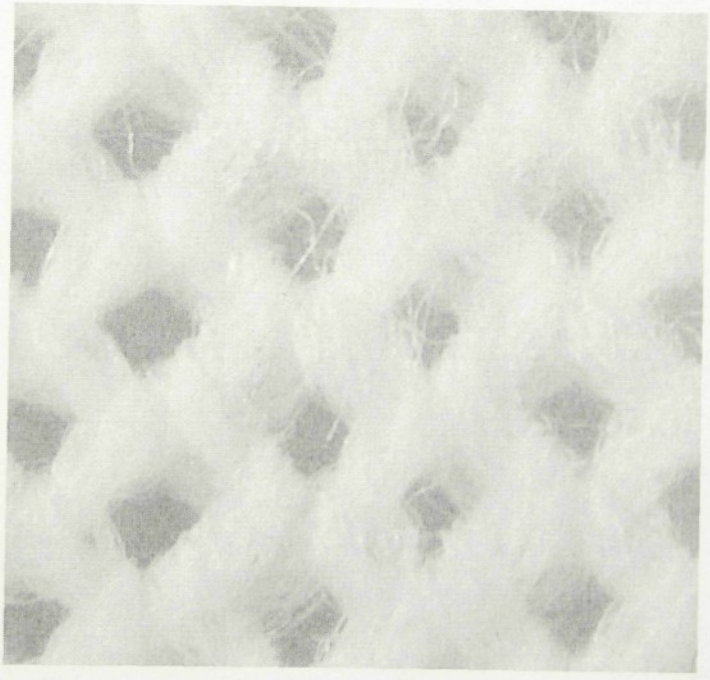
Vazba 3 -VA3

Jedná se o dvoupřístrojovou vazbu protisměrné sukno, uzavřené kladení, návlek 1 : 1.



KP1 8 – 12 / 4 – 0 //
KP2 4 – 0 / 8 – 12 //

Obr. 18 Zápis VA3 - kladení a návlek KP



Obr. 19 Snímek vazby 3

Poznámka: U vazeb byly pořízeny snímky na obrazové analýze LUCIE. U vazby VA1 a VA2 je autorem snímku /15/.

3.2 Materiál použitý na výrobu zkoušených vzorků

Na vazbu byl použitý materiál – polyesterové hedvábí s různými jemnostmi

- vazba 1 - o jemnosti T = 78 dtex f 24
- vazba 2 - o jemnosti T = 167 dtex f 36
- vazba 3 - o jemnosti T = 2x167 dtex f 36

Základní parametry pletenin

V následující tabulce jsou zaznamenány některé základní parametry vybraných osnovních pletenin použitých pro experiment.

Označení	Hř [m^{-1}]	Hs [m^{-1}]	Hc [m^{-2}]	K_h [-]	c [mm]	w [mm]	h [mm]	ρ_s [$kg.m^{-2}$]
Vazba 1	2500	800	2000.10^3	3,125	0,4	1,25	0,47	1,2
Vazba 2	1700	900	1530.10^3	1,889	1,7	1,11	0,64	1,83
Vazba 3	780	410	3198.10^2	1,902	2,44	1,28	1,21	0,199

Tab. 1 Některé základní parametry vazeb vybraných pro experiment

Pozn. Parametry uvedené v tabulce byly naměřeny /15/ a /16/ mimo tlouštky h, naměřené dle normy uvedené níže.

Hustota řádků, sloupků

Byla měřená podle ČSN 80 0868 na nenapnutém vzorku pleteniny na 50 mm pleteniny a je přepočítaná na jednotku délky [m^{-1}].

Celková hustota pleteniny

Vyjadřuje zaplnění plochy pleteniny vazebními prvky nebo nití těchto vazebních prvků. Je dána vztahem

$$Hc = H_ř \cdot H_s \qquad [\,m^{-2}] \qquad (6)$$

Koeficient hustoty pleteniny

Je bezrozměrné číslo, které představuje poměr hustoty řádků k hustotě sloupků.

$$K_h = \frac{H_ř}{H_s} \quad [-] \qquad (7)$$

Rozteč řádků

Je dána následujícím vztahem

$$c = \frac{1000}{H_ř} \quad [mm] \qquad (8)$$

Rozteč sloupků

Je dána následujícím vztahem

$$w = \frac{1000}{H_s} \quad [mm] \qquad (9)$$

Tloušťka filetových vazeb

Tloušťka osnovních pletenin byla měřená na tloušťkoměru UNI-THICKNESS-METER podle normy ČSN EN ISO 5084.

Definice tloušťky textilie podle normy:

Tloušťka textilie je kolmá vzdálenost mezi dvěmi definovanými deskami, přičemž na textilii působí přítlak *1 kPa*.

Podstata zkoušky

Měření tloušťky textilie jako vzdálenosti mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn a paralelním kruhovým přítlačným kotoučem, který vyvíjí specifický přítlak na zkoušenou plochu textilie.

Stanovená plocha přítlačného kotouče je *2 000 mm²* a stanovená doba měření je *30 s*.

Z každé pleteniny se provedlo 10 měření, ze kterých se vypočítal aritmetický průměr (podle vztahu 10). Hodnoty jsou uvedeny v tab. 1 .

Plošná hmotnost pletenin

Plošná hmotnost byla zjištěna vážením.

Vážení bylo provedeno na elektronických vahách SARTORIUM laboratory. Vážily se vzorky o rozměru *100 x 100 mm*. Měřilo se 5 vzorků od každé vazby. Z naměřených hodnot se podle vztahu (10) vypočítala střední hodnota jejíž velikost je uvedena v tab.1.

3.3 Základní mechanicko - fyzikální vlastnosti

3.3.1 Měření pevnosti a tažnosti polyesterového hedvábí

Základní parametry:

Upínací délka 500 mm
konstantní rychlost tažné svorky 500 mm/min
předpětí podle normy 2,0 cN/ tex.
PL hedvábí použitého na VA1 T = 78 dtex f 24
VA2 T = 167 dtex f 36
VA3 T =2*167 dtex f36

Popis zkoušky

Pevnost a tažnost přízí byla hodnocena podle ČSN 80 0700. Měření bylo provedeno na přístroji INSTRON 4411. Byla zjišťována pevnost a tažnost délkové textilie.

Podle normy bylo provedeno *50 měření* z každého hedvábí, z jednotlivých měření se získala průměrná hodnota *síly při přetrhu F [N] a tažnosti [%]*.

V následujících tabulkách jsou uvedeny naměřené hodnoty.

VA1 – 78 dtex	Tažnost [%]	F [N]
Průměr [mm]	10,112	3,084
s [mm]	0.381	0,127
v [%]	3.767	4,12

Tab.2 Výsledné hodnoty tažnosti a pevnosti délkové textilie VA1

VA2 – 167 dtex	tažnost[%]	F [N]
Průměr [mm]	11.9	6,439
s [mm]	1.587	1,323
v [%]	13.336	20,54

Tab.3 Výsledné hodnoty tažnosti a pevnosti délkové textilie VA2

VA3 – 2 * 167 dtex	tažnost[%]	F [N]
průměr[mm]	23.876	10.636
s [mm]	0.985	0.339
v [%]	4.125	3.187

Tab.4 Výsledné hodnoty tažnosti a pevnosti délkové textilie VA3

Pozn. Hodnoty pevnosti a tažnosti byly naměřeny /15/ a /16/.

Vyhodnocení výsledků

Z měření byly získány průměrné hodnoty tažnosti a pevnosti příze uvedené v tab. 2,3,4. Výsledky jsou statisticky zpracovány.

Z uvedených hodnot je vidět, že délková textilie vazby VA1 má nejmenší pevnost a délková textilie vazby VA3 má největší pevnost. Tažnosti u VA1 A VA2 se téměř neliší, tažnost VA3 je zhruba dvojnásobně větší.

Pevnost a tažnost výsledné pleteniny do značné míry ovlivňuje řada parametrů, zejména vazba a také hustota. VA3 má celkovou hustotu Hc v porovnání s VA1 A VA2 řádově 10krát menší a je patrné, že tažnost je výrazně větší.

3.3.2 Zjišťování pevnosti a tažnosti osnovních pletenin

U pleteniny nelze jednoznačně definovat zatěžovací sílu či moment. Stejná síla může u jedné pleteniny způsobit destrukci, u jiné pouze malou deformaci. Nelze jednoznačně definovat vhodnou zatěžovací sílu, a to ani ve vztahu k pevnosti pleteniny.

Pevnost

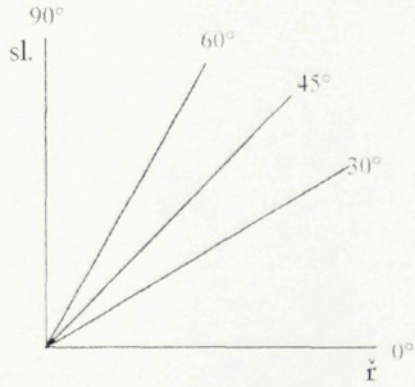
Pevnost pleteniny je dána zatížením, potřebným k přetržení daného vzorku s přepočtem na jednotky SI /4/. Pro směrovou pevnost je stanoven vzorek dle obr.5. s upínací délkou 100 mm. Pevnost se vztahuje na užší část vzorku proto, aby se předešlo přetrhu s místech upnutí /4/. Vzorek se upíná bez předpětí a několikrát se podélně přeloží, z důvodu omezení vlivu kontrakce /3/.

Tažnost

Tažnost je dána prodloužením vzorku zjištěném při přetržení a vyjádřeném v procentech upínací délky. Tažnost osnovních pletenin závisí ve velké míře na jejich vazbě a na směrové charakteristice vedení nitě pleteninou. Směrová tažnost je dána především orientací

jednotlivých úseků nití zúčastněných na struktuře pleteniny. Čím větší podíl nitě leží v určitém směru, tím bude mít pletenina v tomto směru menší tažnost a naopak /8/.

Jak uvádí Staněk /9/ , namáhání ve směru jedné soustavy (sloupek, řádek) není výstižné pro dané použití plošné textilie, proto se provádí měření vzorků v různých směrech.



Obr. 20 Směry orientace vzorku při zkoušce směrové tažnosti a pevnosti

Zjišťování pevnosti a tažnosti pleteniny při přetrhu bylo provedeno podle normy ČSN 80 0810.

Popis zkoušky

Směrová tažnost a pevnost byla měřena na trhacím přístroji MICRO 350 (univerzální elektronický přístroj, typ SDL 201) podle normy ČSN 80 010. Vzorky jejichž rozměry jsou dány normou a jsou znázorněny na obr.5. Střední část vzorku je zúžená, aby nedocházelo k přetrhům v místech upnutí vzorku. Vzorek byl upnut ve stočeném stavu bez předpětí. K zamezení prokluzu vzorku z čelistí byl mezi pleteninu a čelisti vložen smirkový papír. Pevnost a tažnost se vztahuje na užší část vzorku - *50 mm.*

Parametry trhacího přístroje:

Rozsah měřící hlavy	*500 N/T*
Předpětí	*0 N*
Upínací délka	*100 mm*

V každém směru (0°, 30°, 60°, 90°) bylo provedeno 5 měření.
Naměřené hodnoty směrové pevnosti a tažnosti byly zpracovány běžnou statistickou metodou podle vztahu (10, 11, 12). A jsou v níže uvedených v tabulkách 4, 5, 6.

Střední hodnota

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (10)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} (\bar{x} - x_j)^2} \qquad (11)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%] \qquad (12)$$

kde x_i značí naměřenou hodnotu

n značí počet měření

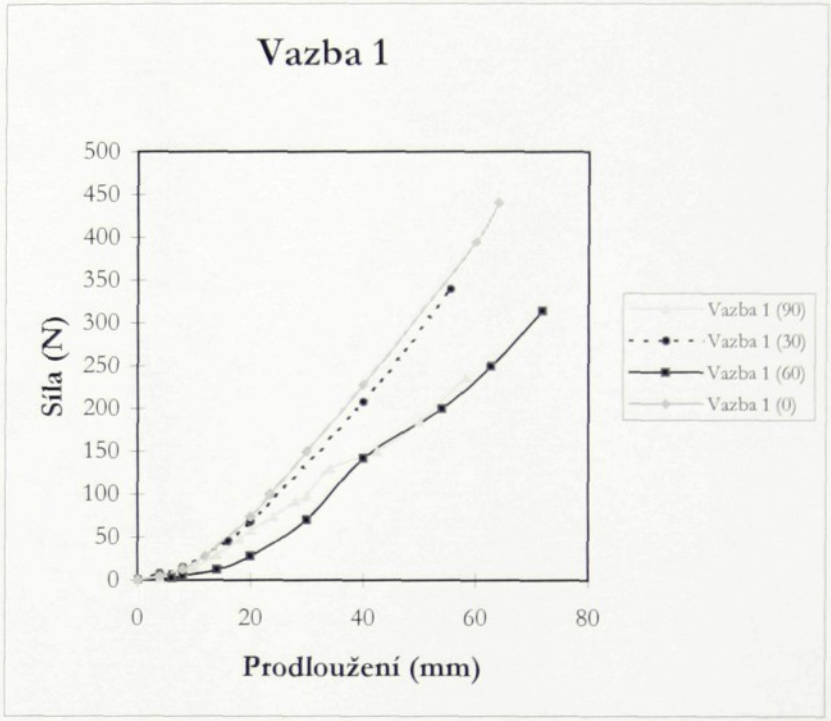
Z naměřených hodnot byly sestrojeny střední křivky, které byly vyhodnocovány v následujících kapitolách.

V grafech byly použity následující značky:

(0), (30), (60), (90) které označují směry 0°, 30°, 60°, 90°

3.3.2 Vyhodnocení tahových křivek

Vazba 1



Graf. 2 Tahové křivky **VA1**

Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost %
Příčný směr 0	Průměr	428,82	59,77
	Směr. Odchylka	17,94	3,638
	Variační koeficient	4,18	6,087
Směr 30	Průměr	321,82	52,185
	Směr. Odchylka	23,86	2,807
	Variační koeficient	7,42	5,379
Směr 60	Průměr	323,06	70,161
	Směr. Odchylka	9,37	2,608
	Variační koeficient	2,9	3,717
Podélný směr 90	Průměr	255,8	61,945
	Směr. Odchylka	16,32	4,329
	Variační koeficient	6,38	6,99

Tab. 5 Naměřené hodnoty VA1

Popis tahových křivek

Z grafu 2 vyplývá následující **vzestupné pořádání tahových křivek: 30°, 90°, 0°, 60°**

Tvar křivek téměř odpovídá obecnému tvaru tahových křivek pleteniny. Je zřejmé, že v úseku 1 je velký přírůstek deformací při malých změnách síly. V úseku 2 dochází ke změně deformační křivky, která je výraznější než v úsecích 1 a 3. Dochází k výraznějším změnám v tvaru očka. Průřez nití se začíná deformovat. V úseku 3 se začíná výrazně uplatňovat délková deformace zapletené nitě.

Z toho můžeme usoudit, že tažnost pleteniny ovlivňuje nejen orientace a délka jednotlivých úseků nití, které jsou zúčastněné na struktuře pleteniny, ale také do značné míry použitá délková textilie.

V tomto případě to je PL hedvábí, kde byla zjištěna tažnost $\varepsilon = 11{,}9$ % (tab.2), což je velmi malá hodnota, která má vliv pouze na počáteční deformaci křivky na úseku 1.

Tažnost je výrazně závislá na hustotě pleteniny. Na určitou délku v různých směrech připadá různý počet strukturálních jednotek – v tomto případě jsou to filetové otvory.

Obecně platí, že hustota sloupků Hs osnovní pleteniny je menší než hustota řádků Hř to znamená, že je i počet strukturálních jednotek je v příčném směru menší a tím je i tažnost menší. Kombinací kladení lze docílit požadované pevnosti a tažnosti v požadovaném směru. Pro zajištění příčné pevnosti se používají vazby s delšími spojovacími kličkami a s delším kladením pod jehlami. Pro snížení tažnosti a zvýšení pevnosti v obou směrech se používají vazby s kombinací řetízku a střídavého kladení s delšími spojovacími kličkami.

U VA1 je tažnost pleteniny v podélném směru 90° menší než v příčném 0°. Jak uvádí Kočí/4/, řetízek snižuje podélnou tažnost pleteniny, ve které je použit, protože převážná část niti očka je orientována podélným směrem. Lze tedy předpokládat, že tažnost pleteniny v podélném směru je ovlivněna řetízkem použitým u VA1.

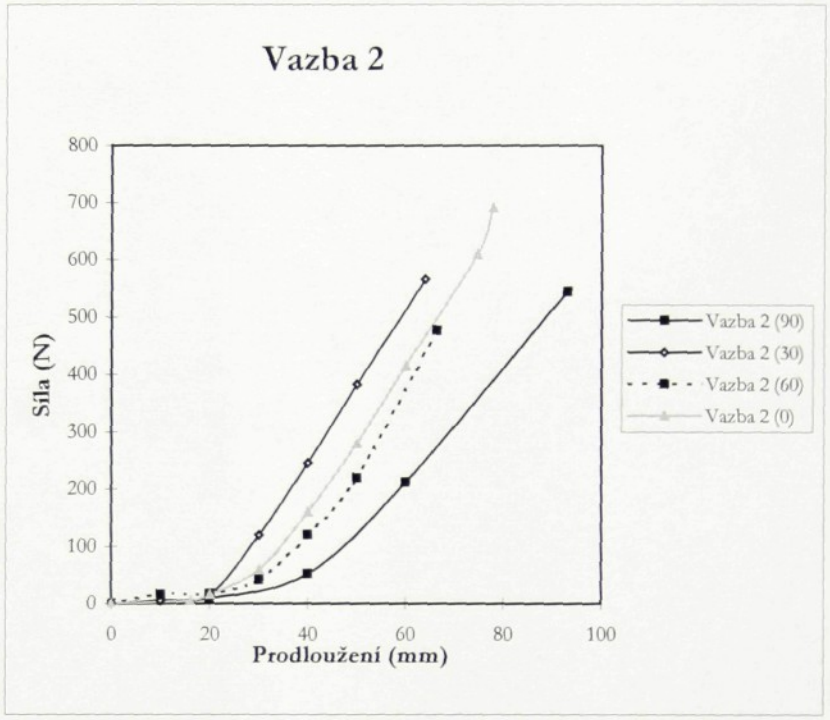
To, že vazba 1 má největší hodnotu tažnosti ve směru 60° lze vysvětlit tím, že protažení v tomto směru podporují spojovací kličky, do kterých se vytahuje nit z oček.

Přetrhová pevnost stoupá následovně : 90°, 60°, 30°, 0°.

Největší pevnost této vazby je ve směru 0°. Pevnost v tomto směru ovlivňuje počet nití, jejich zprohýbání a opásání.

Teoretický předpoklad, že tažnost pleteniny je ovlivněna hustotou lze aplikovat i na přetrhovou pevnost. Tzn., že menší počet strukturálních jednotek na jednotku délky „vydrží" menší zatížení - zatěžovací síla se rozloží na menší plochu. Výsledek měření tomuto předpokladu odpovídal, lze konstatovat, že **na pevnost VA1 má vliv její hustota**.

Vazba 2

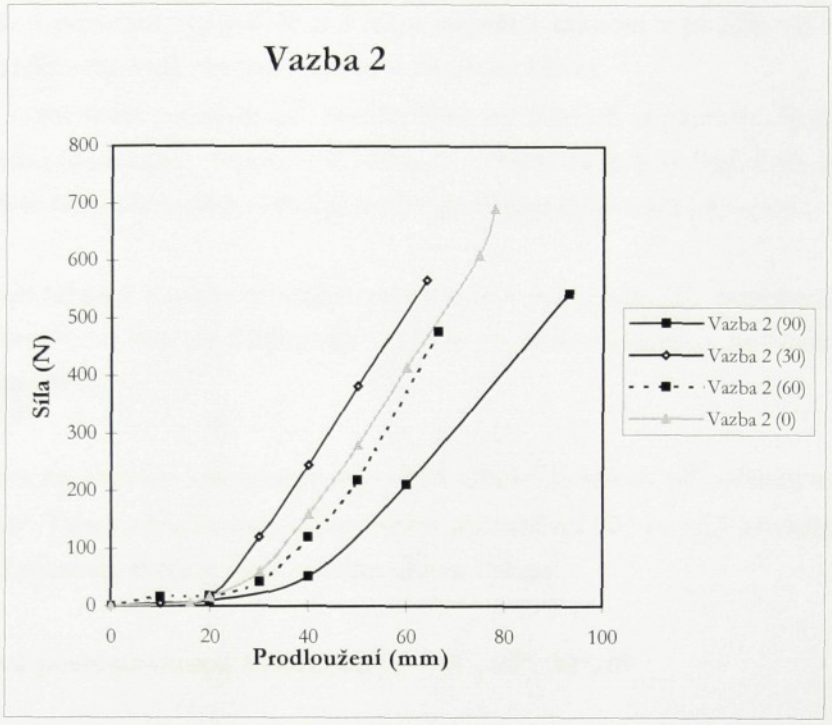


Graf. 3 Tahové křivky VA2

Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0	Průměr	561,12	87,683
	Směr. Odchylka	54,93	4,795
	Variační koeficient	10,99	5,47
Směr 30	Průměr	640,25	68,491
	Směr. Odchylka	56,56	3,924
	Variační koeficient	10	39,27
Směr 60	Průměr	493,06	71,707
	Směr. Odchylka	30,03	4,1
	Variační koeficient	6,06	5,72
Podélný směr 90	Průměr	690,8	77,858
	Směr. Odchylka	64,06	4,324
	Variační koeficient	9,27	5,55

Tab. 6 Naměřené hodnoty VA2

Vazba 2



Graf. 3 Tahové křivky VA2

Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0	Průměr	561,12	87,683
	Směr. Odchylka	54,93	4,795
	Variační koeficient	10,99	5,47
Směr 30	Průměr	640,25	68,491
	Směr. Odchylka	56,56	3,924
	Variační koeficient	10	39,27
Směr 60	Průměr	493,06	71,707
	Směr. Odchylka	30,03	4,1
	Variační koeficient	6,06	5,72
Podélný směr 90	Průměr	690,8	77,858
	Směr. Odchylka	64,06	4,324
	Variační koeficient	9,27	5,55

Tab. 6 Naměřené hodnoty VA2

Popis tahových křivek

Z grafu je patrné následující **vzestupné uspořádání tahových křivek: 30°, 60°, 0°, 90°**

Z tohoto uspořádání vyplývá že u VA2 je **největší tažnost v podélném směru 90°.** Tvar této křivky odpovídá obecnému popisu tahových křivek.
Ani u této vazby nelze prokázat *vliv materiálu* na její tažnost, či pevnost. Hodnoty těchto parametrů jsou následující : *tažnost =10,112%*, F_p = *3,084 N* (tab.3). Stejně jak tomu bylo u VA1, jsou tyto hodnoty malé a ovlivňují pouze počáteční deformaci pleteniny.

U VA2 je tažnost v příčném směru menší než v podélném. To potvrzuje,že hustota sloupků je menší než hustota řádků,tudíž i tažnost ve směru sloupků (v podélném směru) je větší než v příčném.

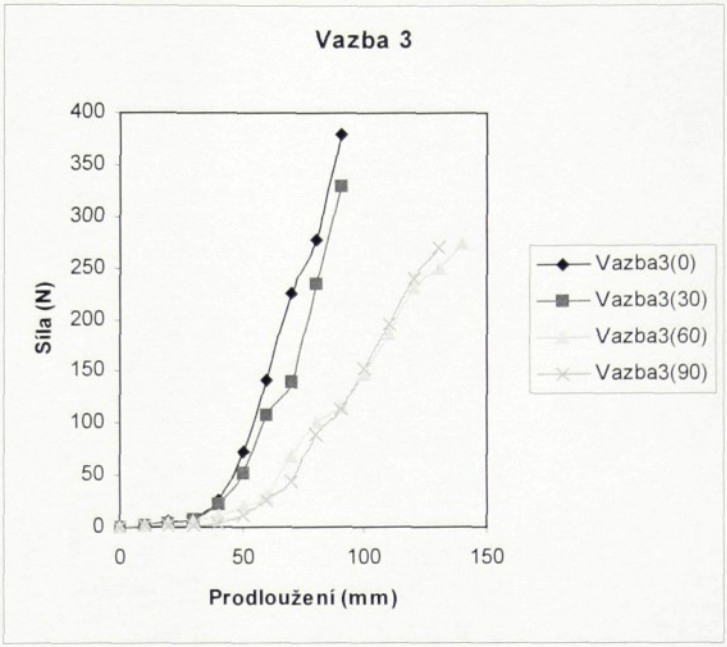
S ohledem na variační koeficienty je průběh tahových křivek při zatížení ve směru 0° a 30° shodný. Tahová křivka podélného směru při zatížení 90° se vůči křivkám, ve směru 0° a 30°, liší strmostí, která je dána menším úhlem sklonu.

Přetrhová pevnost stoupá následovně : 60°, 90°, 30°, 0°

Největší pevnost má vazba 2 ve směru **0°.** Při rozboru tahových křivek VA1 byl výsledek stejný, tzn. že největší hodnota pevnosti u VA1 je také ve směru 0°. Z toho je možné opět vyvodit závěr, že na pevnost pleteniny má vliv její vazba.

Vazba 2 vyhověla v tomto směru teoretickému předpokladu, že pokud je hustota řádků větší než je hustota sloupků, je i pevnost větší.

Vazba 3



Graf. 4 Tahové křivky VA3

Směr	Statistické hodnoty	Síla [N]	Tažnost [%]
Příčný směr 0	Průměr	325,84	81,317
	Směr. Odchylka	72,58	9,129
	Variační koeficient	22,27	11,23
Směr 30	Průměr	343,98	89,174
	Směr. Odchylka	69,28	9,343
	Variační koeficient	20,14	10,47
Směr 60	Průměr	246,34	102,25
	Směr. Odchylka	57,88	20,68
	Variační koeficient	23,49	20,22
Podélný směr 90	Průměr	312,9	95,77
	Směr. Odchylka	38,92	3,21
	Variační koeficient	12,44	3,35

Tab. 7 Naměřené hodnoty VA3

Popis tahových křivek

Z grafu je patrné vzestupné uspořádání tažností: **0°, 30°, 90°, 60°**

Nejvyšší tažnost je ve směru **60°** ale s ohledem na vysoký variační koeficient u směru 60° může být nejvyšší tažnost ve směru **90°**, potom by tažnost rostla úměrně se zvětšujícím se úhlem natočení pleteniny.

U VA3 je tažnost v příčném směru menší než v podélném. To potvrzuje, že hustota sloupků je menší než hustota řádků, tudíž i tažnost ve směru sloupků (v podélném směru) je větší než v příčném, podobně jako u VA2.

Přetrhová pevnost stoupá následovně : 60°, 90°, 0°, 30°

Největší pevnost má vazba 3 ve směru **30°**. Lze říci, že pevnost ve směru **30°** je ovlivněna vazbou, neboť na VA3 protisměrné sukno je již pouhým okem vidět sklon oček, který odpovídá právě 30° a jak bylo již uvedeno výše pevnost v tomto směru ovlivňuje počet nití, jejich zprohýbání a opásání.

3.4 Prostorové tvarování pletenin

3.4.1 Forma

Na prostorové tvarování osnovních pletenin se používají dvoudílné formy. Spodní část formy je opatřena trny rozdílných tvarů, které jsou upevněny proti otvorům protičesky /10/.

K měření tvarovatelnosti pletenin byly použity jako spodní části formy :
3 kužely o úhlu zkosení 30°,45° a 60° se zakulacenou špičkou a 3 kužely o úhlu zkosení 30°,45° a 60 s useknutou špičkou, průměr obou kuželu je 56 mm.

Vrchní část formy má kruhový tvar s průměrem *ϕ 220 mm*, vyrobená z plexiskla. Pro upnutí pleteniny je v ní vyfrézována drážka s průměrem *ϕ 168 mm* (obr.21).

Tato zkouška vychází ze zkoušky pevnosti v průtlaku kuličkou podle oborové normy ON 80 0849. Zde je uveden průměr přítlačného kroužku 25 mm a průměr kuličky se volí z hodnot 10, 15 a 20 mm.

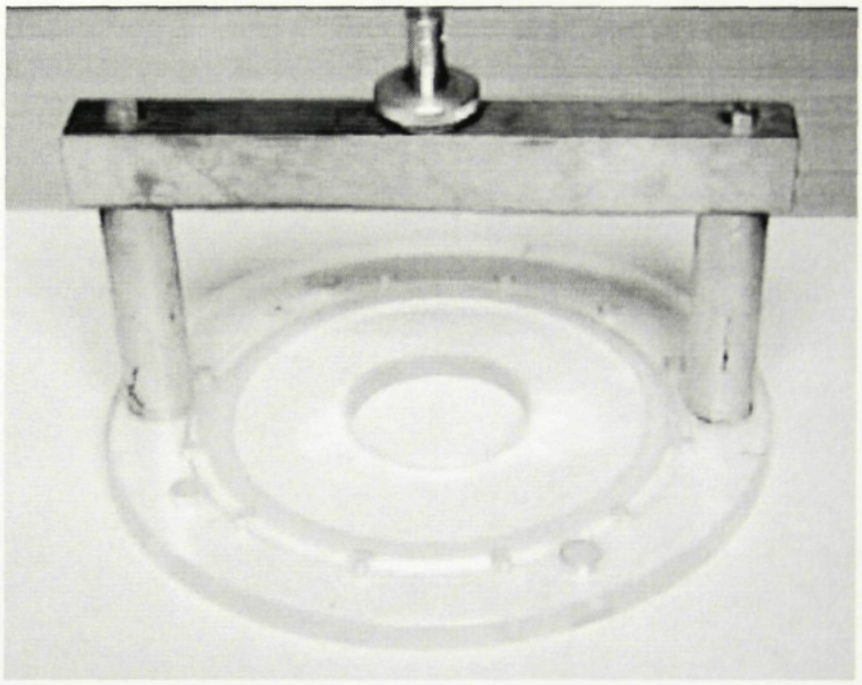
Rozměry upnutí i kuličky jsou velmi malé, proto jejich použití při tvarování pletenin není vhodné. Změny struktury pleteniny během tvarování by byly při použití těchto malých rozměrů obtížně sledovány a rozeznány.

Bylo zvoleno upnutí vzorku o ϕ168 mm, stejné jako volila /15/.

Upnutí ϕ 140mm je voleno podle oborové normy. Kde při použití kuličky ϕ 10 mm a upnutí ϕ 25 mm vychází poměr 2/5. Snaha byla zvolit ϕ upnutí ve stejném poměrném čísle vůči šířce trnu. Tomu odpovídá upnutí vzorku do ϕ 140 mm při šířce kalíšku 56 mm. U /15/ nastaly ale problémy s upnutím vzorku, pletenina vyjížděla z upnutí a proto jsem zvolila upnutí vzorku o ϕ168 mm.

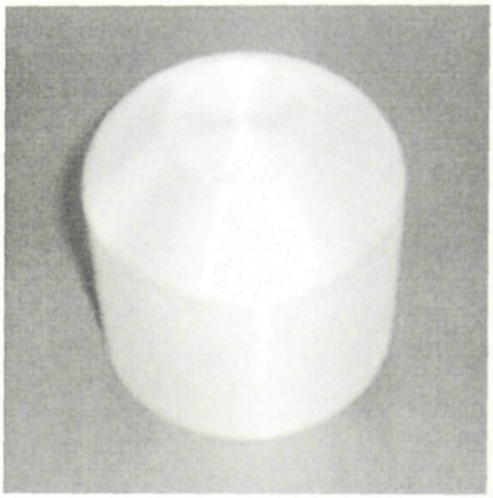
Kruhovým upnutím vzorku se získala konstantní délka vzorku ve všech směrech. Tím se vytvořily nejlepší podmínky pro měření víceosé deformace a anizotropie struktury v průběhu tvarování.

Lze předpokládat, že pokud se zmenší průměr upnutí a průměr tvarovacího elementu, že se anizotropie pleteniny projeví více. Pokud se bude průměr upnutí vzorku blížit k nekonečnu, bude naopak anizotropie méně výrazná .



Obr. 21 Snímek vrchní části formy

Spodní část formy se skládá z tvarovacího elementu, v tomto případě ze dvou:
Z kužele o úhlu zkosení 30°,45° a 60° se zakulacenou špičkou (obr.23) a z kužele o úhlu zkosení 30°,45° a 60° s useknutou špičkou (obr.22).



Obr. 22 Snímek spodní části formy

Obr. 23 Snímek spodní části formy

Osnovní pletenina byla upnutá do vrchní části formy pomocí prstence, vtlačujícího pleteninu do vyfrézované drážky. Vrchní část byla umístěna nad tvarovací element, tak aby pletenina byla těsně nad vrcholem tvarovacího elementu.

3.4.2 Experimentální metodika zjišťování tvarovatelnosti pletenin

Zkouška byla provedena přístroji INSTRON 4411.

Přístroj umožňuje zkušební metody v souladu s mezinárodními normami. Grafika s vysokým rozlišením umožňuje sledovat průběh zkoušky v reálném čase.

Parametry měřícího přístroje INSRTONU:

Dovolené zatížení – rozsah měřících hlav:	5 N, 10 N, 100 N, 5000 N
Rychlost posuvu příčníku:	0,5 $mm.min^{-1}$ – 500 $mm.min^{-1}$

Příprava vzorků

1. Z každé osnovní pleteniny se vystřihlo 6 vzorků kruhového tvaru

- 6 o ϕ 188 mm (168 mm je ϕ upínacího kroužku a 20 mm se připočítá na upnutí)

Vystřižený vzorek se upne do vrchní části formy.

Vzorek se vtlačí do vyfrézované drážky upínacím kroužkem a upevní se šroubky a maticemi.

2. Do pneumatických čelistí - příčníku INSTRONU se nasadí měřící hlava 5 kN. Do ní se upevní vrchní část formy. Spodní část formy s tvarovacím elementem – „kužel" se vložila na základní desku INSTRONU.

3. Na vrchní část formy se připevní digitální kamera tak, aby snímala shora kužel, na který se umístí milimetrové měřítko.

4. Nastaví se výchozí – 0 poloha příčníku, což je umístění vrchní formy těsně nad tvarovací element. Dále se nastaví parametry pro měření. A to je:

- rychlost posuvu příčníku 50 $mm.min^{-1}$ (podle ON 80 0849)

- zpětný rychloposuv je 600$mm.min^{-1}$ se zabudovanou zpomalovací funkcí pro přesné polohování příčníku

- maximální hloubka posuvu je 60 mm, u některých měření musela být snížena hloubka posuvu, jelikož vrchní část formy se začala prohýbat a pletenina vyjížděla z upnutí, zkouška by pak byla neplatná.

Průběh zkoušky

1. Příčník INSTRONU se uvede do chodu. Klesá do předem nadefinované maximální hloubky a poté se vrací zpět do 0 polohy. Měří se hloubka posuvu [mm] a působící síla [N], kamera snímá vrchní část kužele.

2. Protrhne – li se vzorek v místě upnutí nebo vytáhne – li se z upínacího kroužku, považuje se zkouška za neplatnou.

Záznam zkoušky

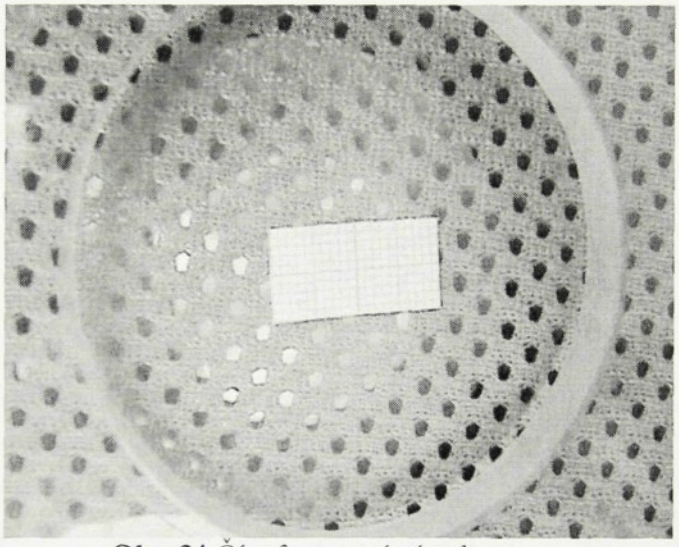
Graficky se průběh závislosti prodloužení [mm] na síle [N] zaznamenává na obrazovku připojeného počítače k INSTRONU. Do počítače se také ukládají výstupní hodnoty prodloužení [mm] a síly [N] při kterých došlo k porušení struktury vzorku. Kamera zaznamenává změnu velikosti filetových otvorů pleteniny působením zatěžovací síly.

U některých vzorků nedošlo k destrukci pleteniny a to u VA2 – pletenina má vysokou pevnost u VA3 pletenina má vysokou tažnost.

3.4.3 Vyhodnocení měření

Byly sestrojeny grafy závislosti prodloužení na síle.Výsledky vždy ze 6 měření jsou zaznamenány v příloze 2. Z těchto grafu se vybrala střední křivka. Tyto křivky z jednotlivých vazeb jsou vzájemně porovnány v grafech 4– 15.

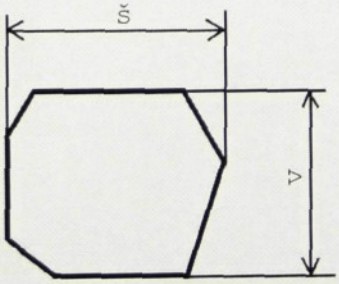
Pomocí digitální kamery byl snímán po dobu 3D- deformace tvarovací element, jak je vidět na obr. 24. za účelem vyhodnocení změny velikosti filetových otvorů.



Obr. 24 Část formy snímána kamerou

Z videa byly vyrobeny fotografie. Z počátku zatěžování, kde dochází k výraznějším změnám filetových otvorů, po kroku 50 N a dále pak po kroku 100 N. Fotografie byly zpracovány na obrazové analýze LUCIE. Kalibrace byla provedena podle milimetrového měřítka a byly měřeny tyto parametry filetového otvoru:

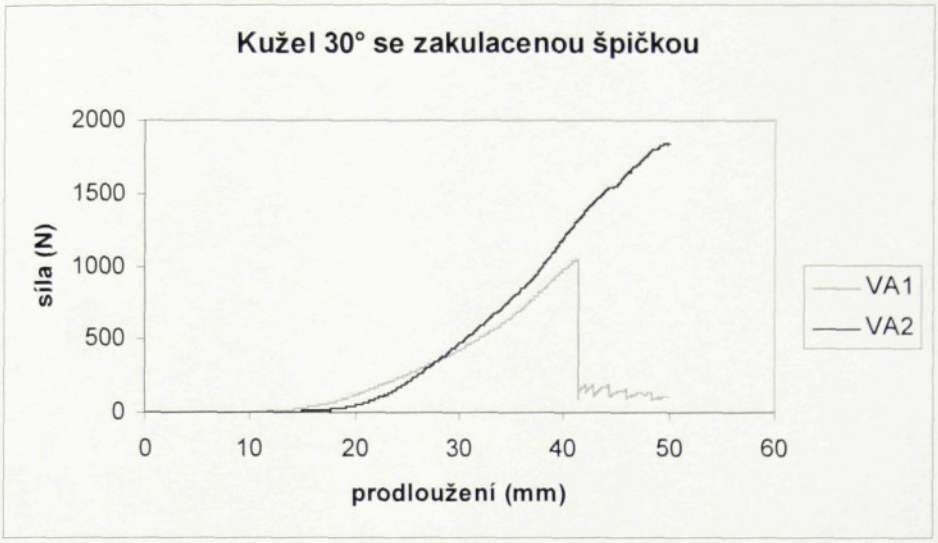
- Výška
- Šířka
- Obvod



Obr. 25 Filetový otvor pleteniny

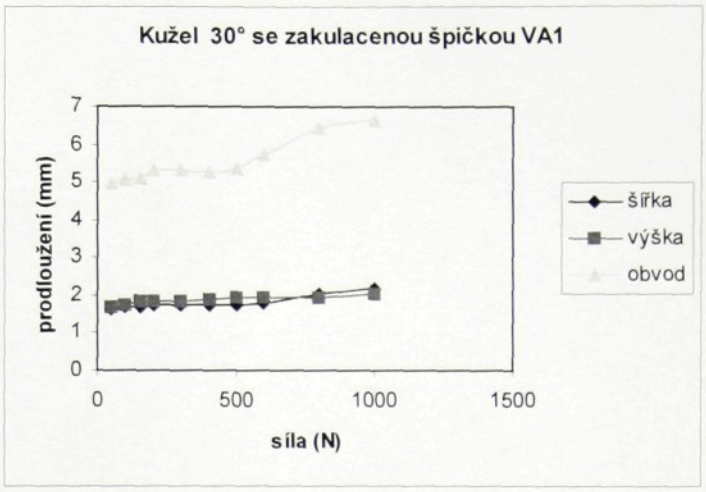
U každé fotografie bylo proměřeno 10 otvorů a z nich byla stanovena průměrná hodnota. Byly sestrojeny grafy závislosti změny velikosti měřených parametrů filetového otvoru na zatěžovací síle.

VA1 A VA2:



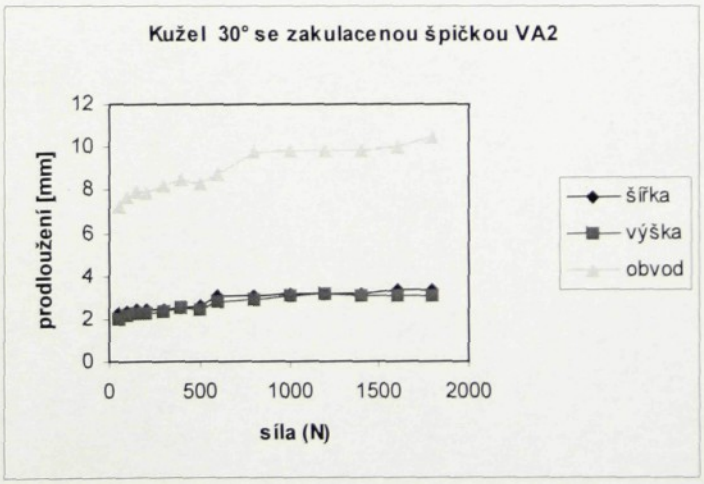
Graf. 4 Prostorová deformace

Lze konstatovat, že při 3-D deformaci má větší pevnost VA2. Nedošlo ani k přetrhu pleteniny. Hloubka posuvu u VA2 byla omezena na 50 mm. Pletenina je vysoce pevná, vrchní forma pleteniny se začala prohýbat tak, že pletenina vyjížděla z upnutí, měření bylo neplatné a mohlo by dojít i k poškození vrchní formy z plexiskla. U VA1 dochází k destrukci při síle 1000 N při prodloužení 42mm, u VA2 dochází při síle 1836 N k prodloužení 50 mm.



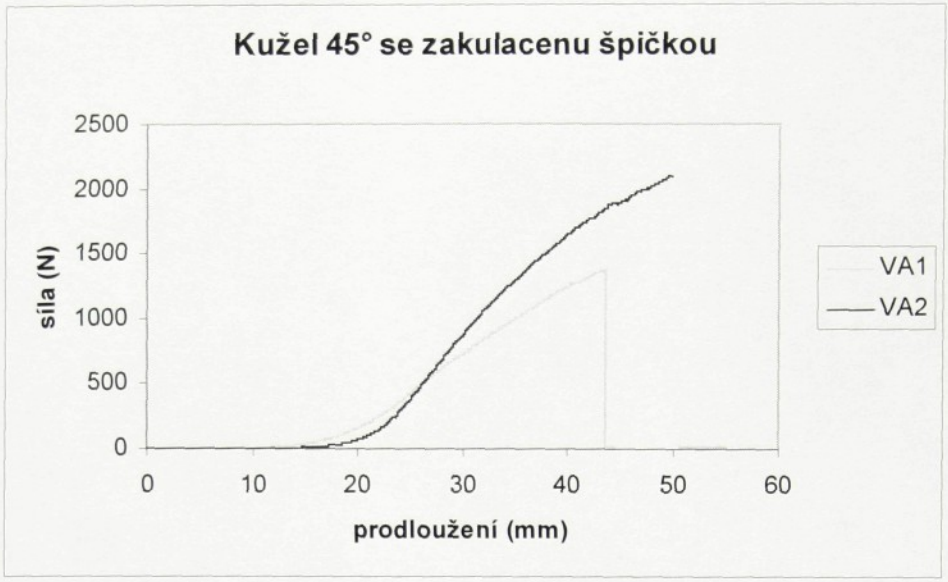
Graf. 5 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu je vidět, že šířka FO vzrostla více než výška. Tomu odpovídají také takové křivky pleteniny, kde tažnost ve směru řádků byla rovněž větší než ve směru sloupků. Tažnost VA1 ve směru sloupků omezuje řetízek, použitý v pletenině. Při deformaci do 500 N vzrostla šířka o 7 %, při 1000 N o 34 %, lze říci, že šířka rostla více při zatěžování 500 N a více. Výška vzrostla do 500 N o 15 %, při 1000 N se výška změnila o 29 %, lze říci že výška rostla rovnoměrně se zatěžováním.



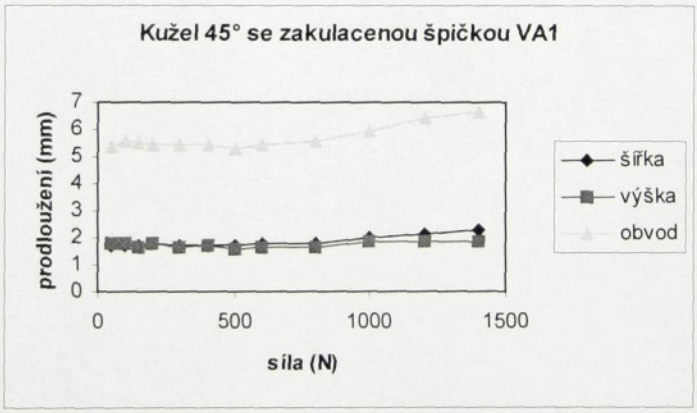
Graf. 6 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 6 je vidět, že změna šířky a výšky FO je téměř totožná. V 600 N roste šířka o 37 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 41 %, ve 1800 N o 47 % . Šířka vzrostla nejvíce do 600 N. V 600 N roste výška o 36 %, ve 1200 N vzrostla výška o 51 %, ve 1800 N o 54 % . Výška vzrostla nejvíce do 600 N.



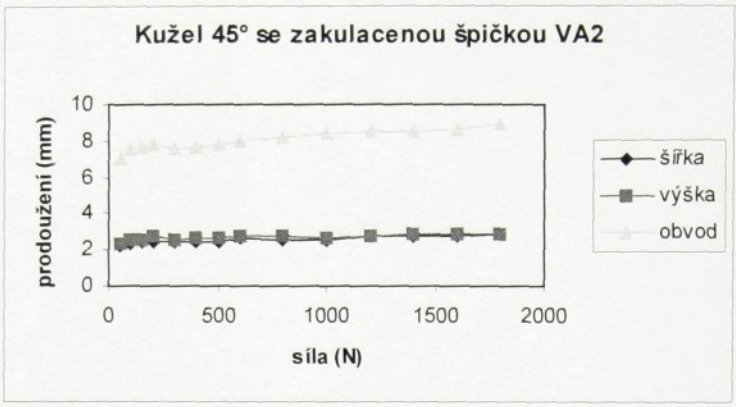
Graf. 7 Prostorová deformace

Z grafu 7 je vidět, že je zapotřebí větší síly k deformaci než u kužele 30°, což lze vysvětlit mírnějším zkosením kužele. U VA1 dochází k destrukci 1280 N při prodloužení 44 mm, u VA2 dochází při síle 2098 N k prodloužení 50 mm.



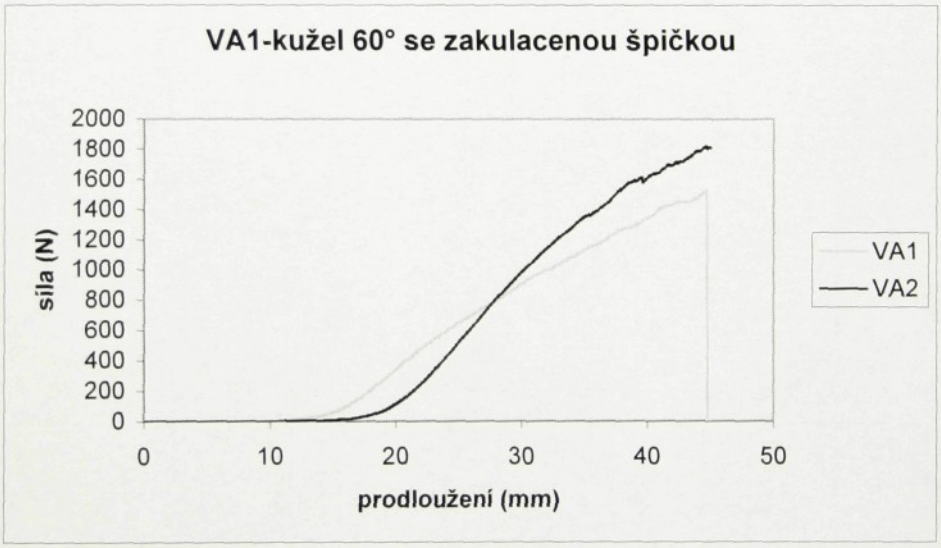
Graf. 8 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z graf. 8 je vidět, že šířka vzrostla více než výška, stejně jako u Kzš30. Při deformaci do 500 N se šířka zmenšila o 3 % , při 1000 N se šířka zvýšila o 14 % , při 1400 N se zvýšila šířka o 30 %. Lze říci, že šířka rostla nejvíce při zatěžování 1000 N a více. Výška se zmenšila do 500 N o 11 % procent, při 1000 N výška vzrostla o 2 %, ve 1400 N vzrostla o 13 %, lze říci, že výška rostla nejvíce od 1000 do 1400 N.



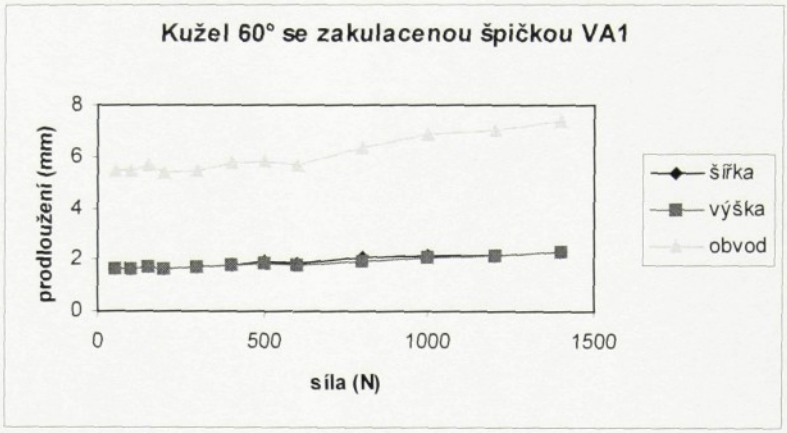
Graf. 9 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 9 je vidět, že změna šířky a výšky FO je téměř totožná, jako u kužele 30° . V 600 N roste šířka o 29 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 35 % ve 1800 N o 44 % . Šířka vzrostla nejvíce do 600 N. V 600 N roste výška o 14 %, ve 1200 N vzrostla výška o 18 % ve 1800 N o 23 % . Výška vzrostla nejvíce do 600 N.



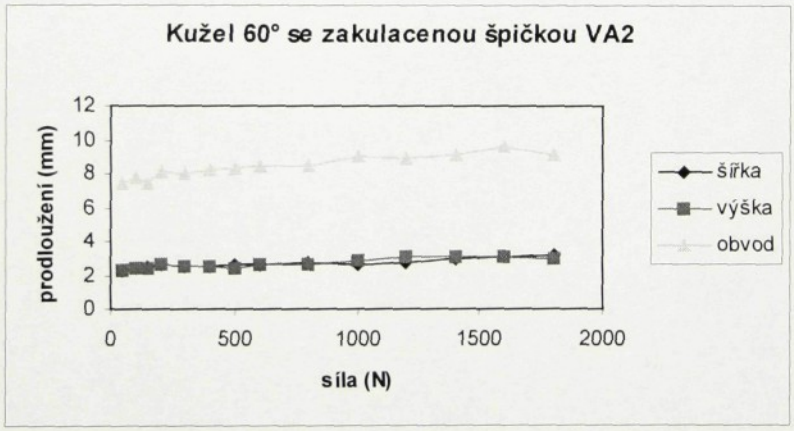
Graf. 10 Prostorová deformace

U VA1 dochází k destrukci 1352 N při prodloužení 45mm, u VA2 dochází při síle 1811 N k prodloužení 45 mm.



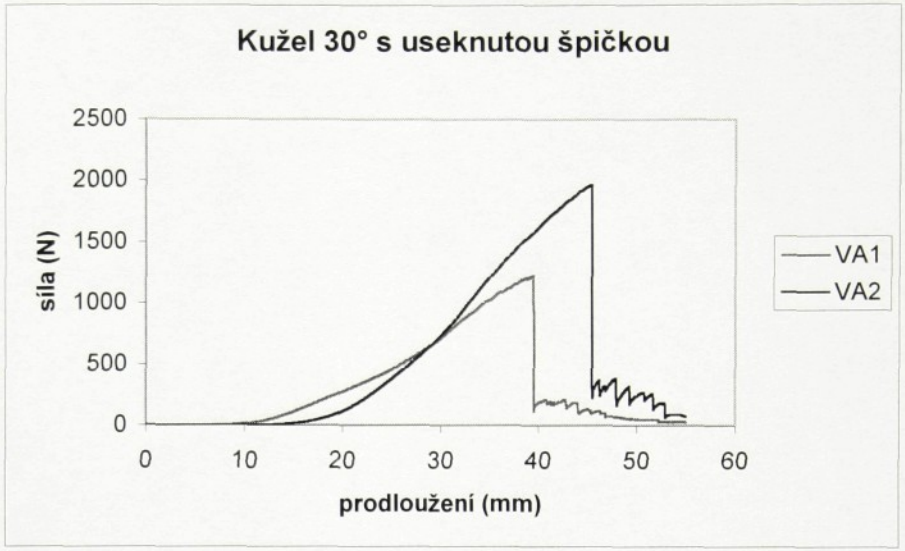
Graf. 11 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z graf. 11 je vidět, že šířka rostla rovnoměrně s výškou. Při deformaci do 500 N šířka vzrostla o 17 % , při 1000 N se šířka zvýšila o 27 %, při 1400 N se zvýšila šířka o 41 %. Lze říci, že šířka rostla nejvíce při zatěžování do 500 N . Výška vzrostla do 500 N o 14 %, při 1000 N výška vzrostla o 30 % ve 1400 N vzrostla o 42 %, lze říci že výška rostla nejvíce při zatěžování do 500 N.



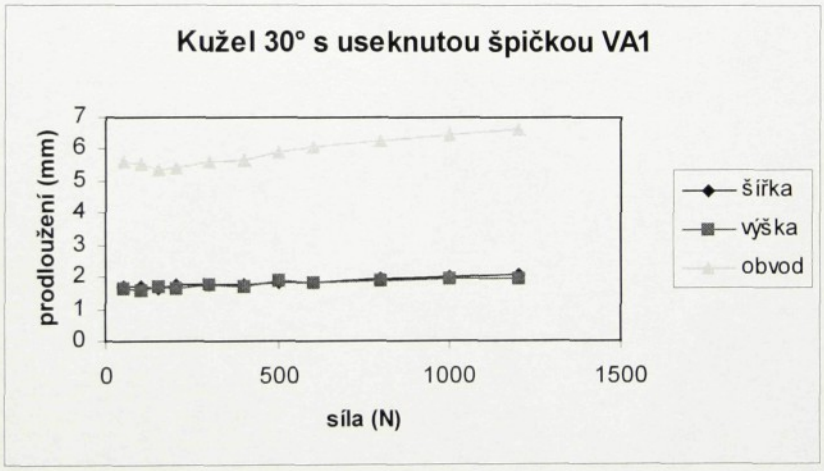
Graf. 12 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 12 je vidět, že změna šířky a výšky FO je opět téměř totožná. V 600 N roste šířka o 15 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 20 %, ve 1800 N o 35 % . Šířka vzrostla nejvíce do 600 N a od 1200 N do 1800 N. V 600 N roste výška o 13 %, ve 1200 N vzrostla výška o 30 %, ve 1800 N o 43 % . Výška vzrostla nejvíce od 600 N do 1200 N.



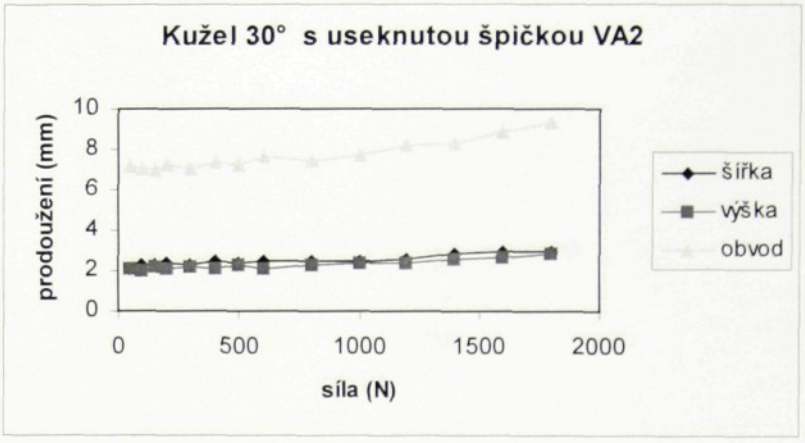
Graf. 13 Prostorová deformace

U VA1 dochází k destrukci 1228 N při prodloužení 39 mm, u VA2 dochází při síle 1960 N k prodloužení 45 mm.



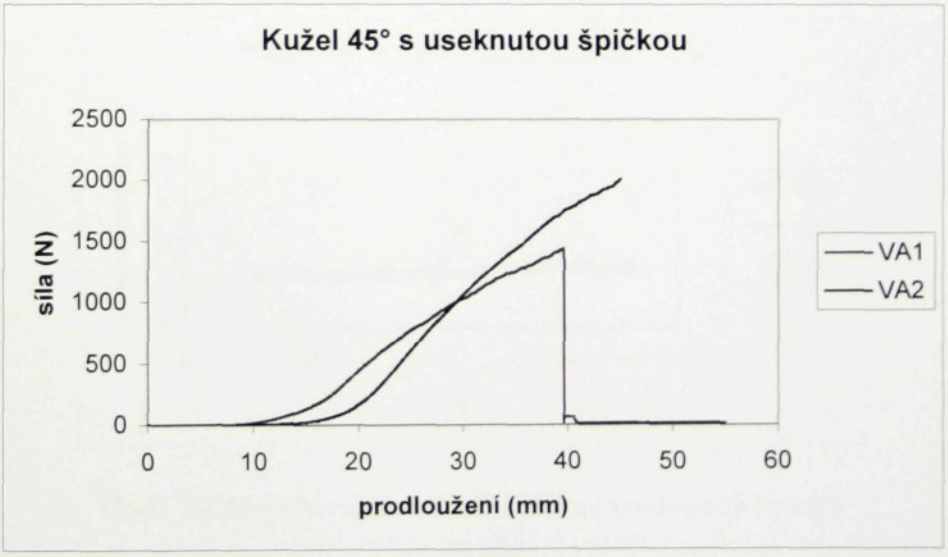
Graf. 14 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z graf. 14 je vidět, že šířka rostla rovnoměrně s výškou. Při deformaci do 600 N šířka vzrostla o 8 % , při 1200 N se šířka zvýšila o 21 %, lze říci, že šířka rostla nejvíce při zatěžování od 600 N do 1200 N . Výška vzrostla do 600 N o 13 % procent, při 1200 N výška vzrostla o 22 %, ve 1400 N vzrostla o 42 %, lze říci že výška rostla téměř rovnoměrně se zatěžovací silou.



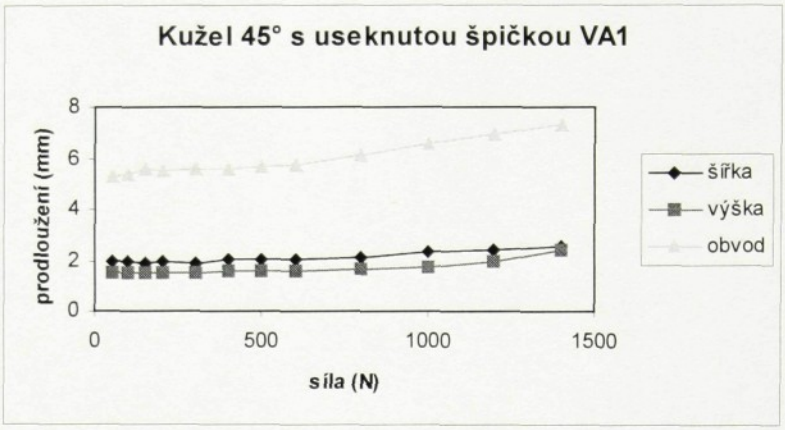
Graf. 15 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 15 je vidět, že změna šířky a výšky FO je téměř totožná. Šířka roste zpočátku rychleji než výška, ale při větší zatěžovací síle se jejich velikost vyrovná. V 600 N roste šířka o 13 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 22 %, ve 1800 N o 39 % . Šířka vzrostla nejvíce od 1200 N do 1800 N. V 600 N roste výška o 3 %, ve 1200 N vzrostla výška o 16 % , ve 1800 N o 16 % . Výška vzrostla nejvíce od 1200 N do 1800 N.



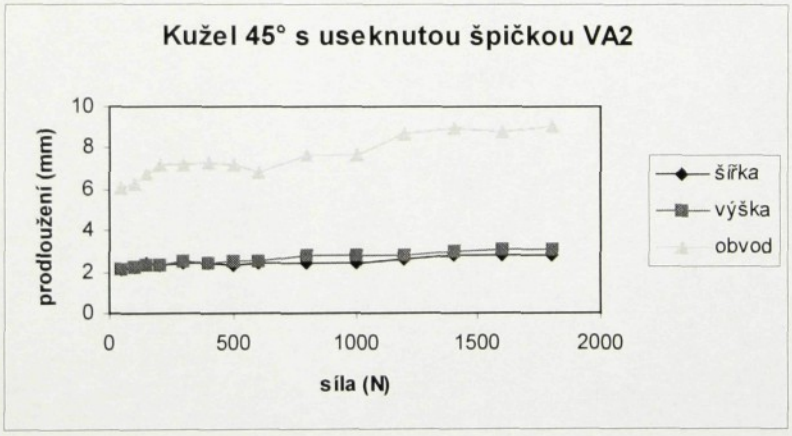
Graf. 16 Prostorová deformace

U VA1 dochází k destrukci 1440 N při prodloužení 39mm, u VA2 dochází při síle 2007 N k prodloužení 45 mm.



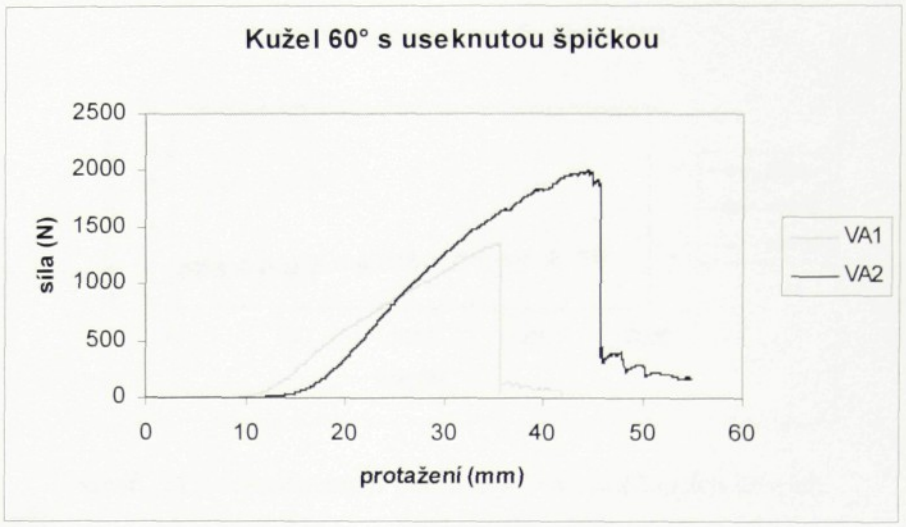
Graf. 17 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z graf. 17 je vidět, že šířka při deformaci do 500 N vzrostla o 6 % , při 1000 N se šířka zvýšila o 19 %, při 1400 N se zvýšila šířka o 31 %, lze říci, že šířka rostla nejvíce při zatěžování od 500 N do 1000 N . Výška vzrostla do 500 N o 6 % procent, při 1000 N výška vzrostla o 14 %, ve 1400 N vzrostla o 63 %, lze říci že výška rostla nejvíce při zatěžování od 1000 do 1400 N.



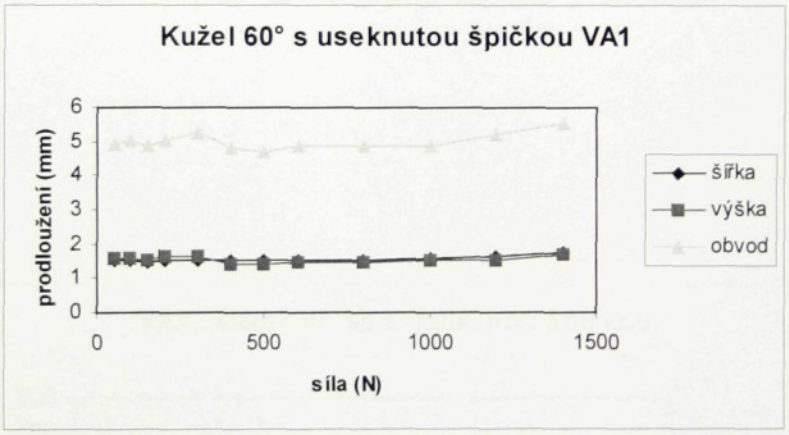
Graf. 18 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 18 je vidět, že změna šířky a výšky FO je téměř totožná. V 600 N roste šířka o 11 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 21 %, ve 1800 N o 30 % . Šířka vzrostla nejvíce od 0 n do 600 N. V 600 N roste výška o 18 %, ve 1200 N vzrostla výška o 32 % , ve 1800 N o 45 %. Výška vzrostla nejvíce od 0 N do 600 N.



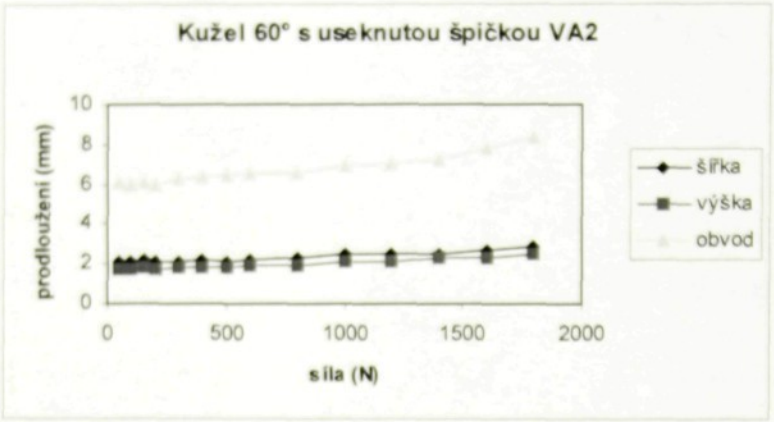
Graf. 19 Prostorová deformace

U VA1 dochází k destrukci 1362 N při prodloužení 36 mm, u VA2 dochází při síle 1997 N k prodloužení 46 mm.



Graf. 20 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

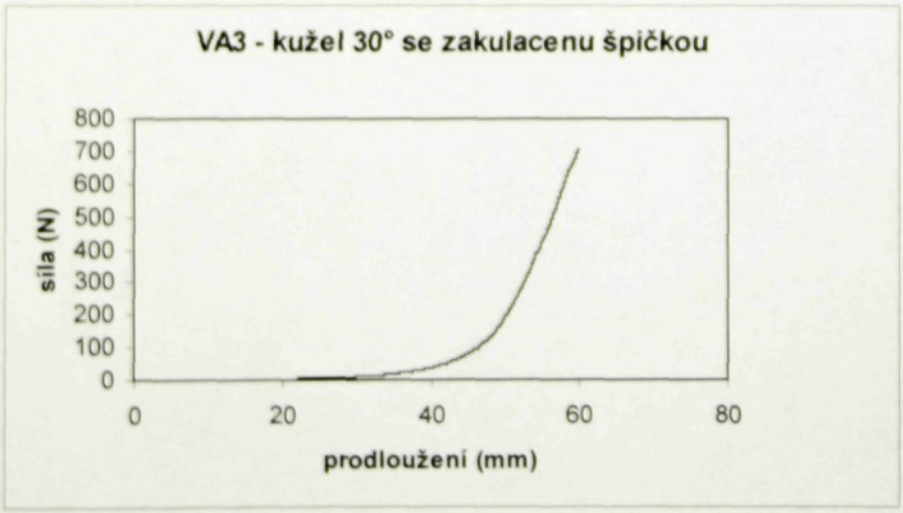
Z graf. 20 je vidět, že šířka rostla rovnoměrně s výškou. Při deformaci do 500 N šířka vzrostla o 0 % , při 1000 N se šířka zvýšila o 1 %, při 1400 N se zvýšila šířka o 13 %, lze říci, že šířka rostla nejvíce při zatěžování od 1000 N do 1400 N . Výška klesla do 500 N o 12 % , při 1000 N výška klesla o 4 %, ve 1400 N vzrostla o 6 %, lze říci že výška rostla nejvíce při zatěžování od 1000 do 1400 N.



Graf. 21 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

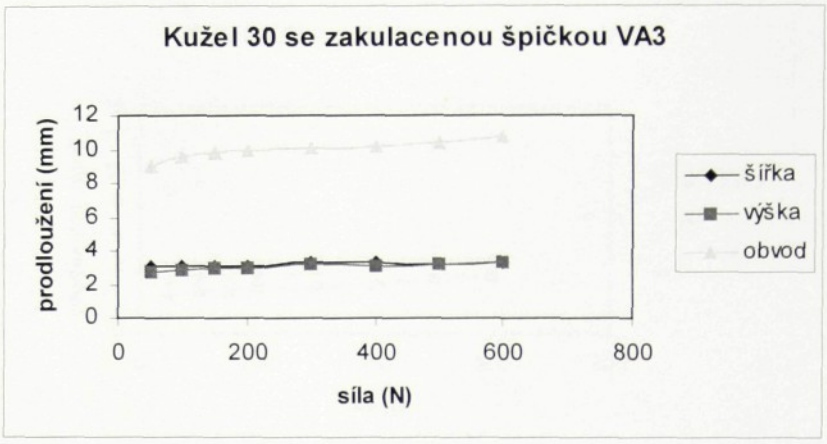
Z grafu 21 je vidět, že změna šířky a výšky FO je téměř totožná, z čehož se dá předpokládat, že tažnost pleteniny ve směru řádků a sloupků se liší jen málo. V 600 N roste šířka o 1 %, ve 1200 N vzrostla šířka o 15 %, ve 1800 N o 32 % . Šířka vzrostla nejvíce od 1200 N do 1800 N. V 600 N roste výška o 13 %, ve 1200 N vzrostla výška o 24 % , ve 1800 N o 46 % . Výška vzrostla nejvíce od 1200 N do 1800 N.

VA3:



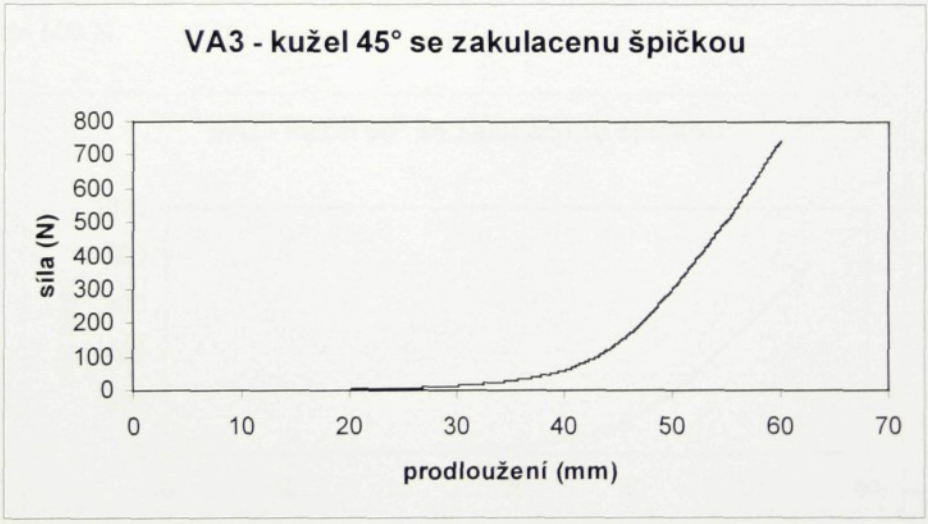
Graf. 22 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 707 N k prodloužení 60 mm.



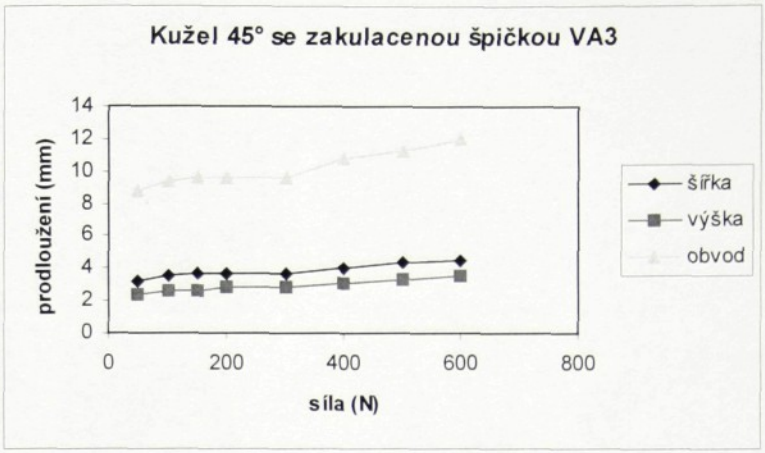
Graf. 23 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 23 je vidět, že velikost šířky a výšky je téměř stejná, výška však vzrostla o více procent než šířka. Šířka vzrostla při zatížení 300 N o 8 %, při zatížení 600N o 10 %. Šířka rostla nejvíce při zatěžování do 300 N. Výška vzrostla při zatížení 300 N o 17 %, při zatížení 600N o 22 %. Výška nejvíce vzrostla při zatěžování do 300 N.



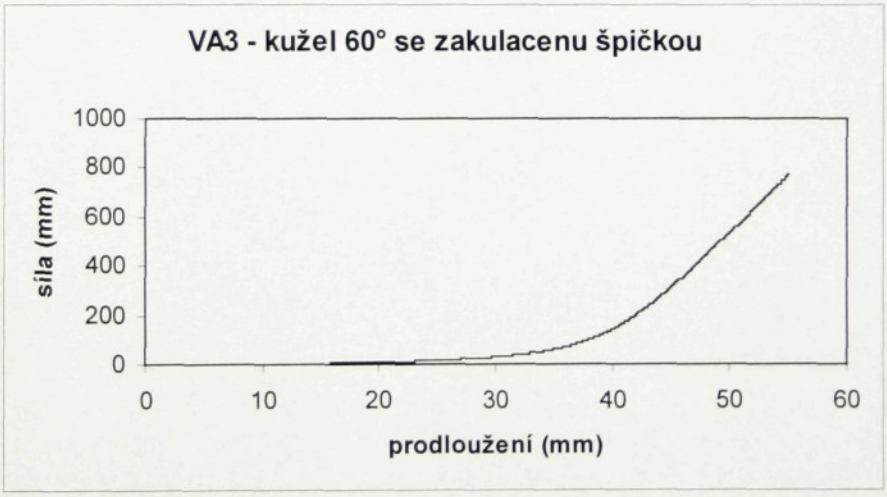
Graf. 24 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 743 N k prodloužení 60 mm.



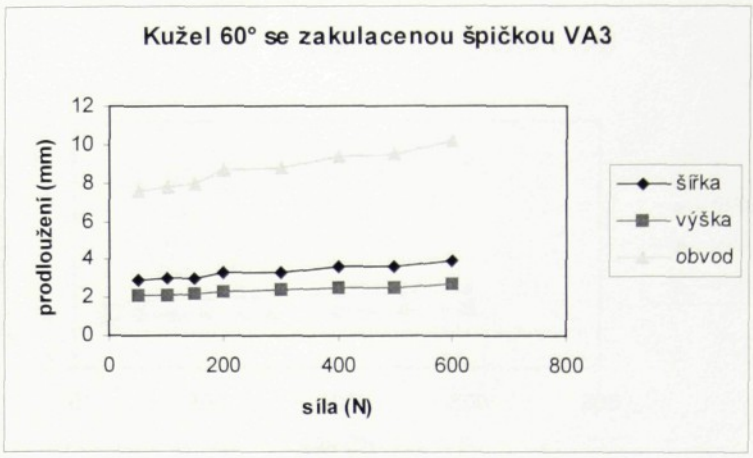
Graf. 25 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 25 je vidět, že šířka a výška rostly téměř rovnoměrně. Šířka dosáhla většího rozměru, ale výška vzrostla vlivem zatěžování procentuálně více než šířka. Šířka vzrostla při 300 N o 15 %, při 600 N o 38 %. Šířka vzrostla více při zatěžování od 300 do 600 N. Výška vzrostla při 300 N o 21 %, při 600 N o 47 %. Výška vzrostla více při zatěžování od 300 N do 600 N.



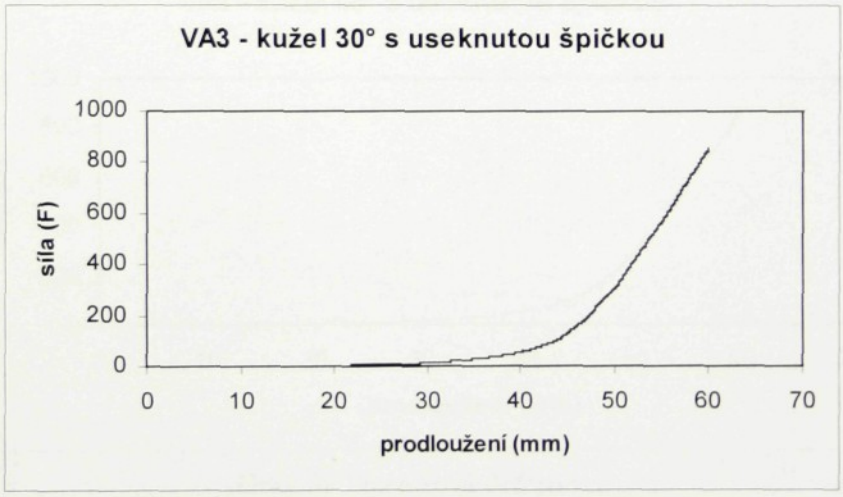
Graf. 26 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 772 N k prodloužení 55 mm.



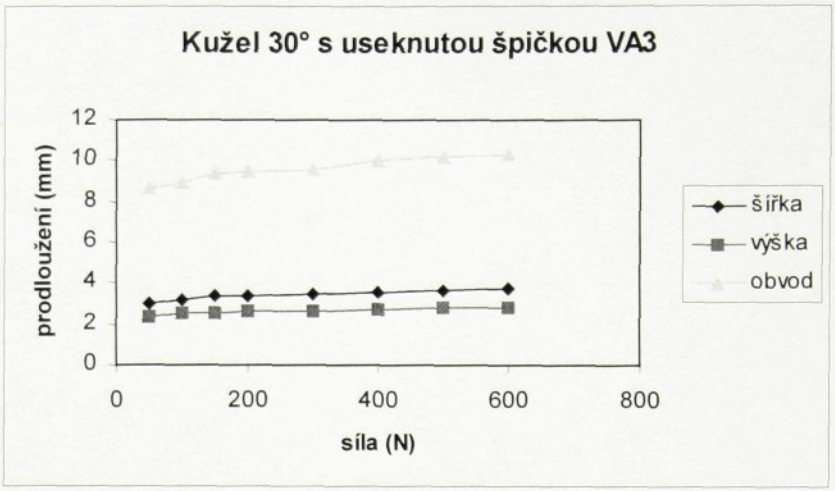
Graf. 27 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 27 je vidět, že šířka a výška rostou téměř rovnoměrně, jako u kužele 45° s useknutou špičku. Šířka vzrostla při zatížení 300 N o 12 % a při zatížení 600 N o 33 %, šířka tedy roste více při zatížení od 300 N do 600 N. Výška vzrostla při 300 N o 16 %, při 600 N o 32 %.



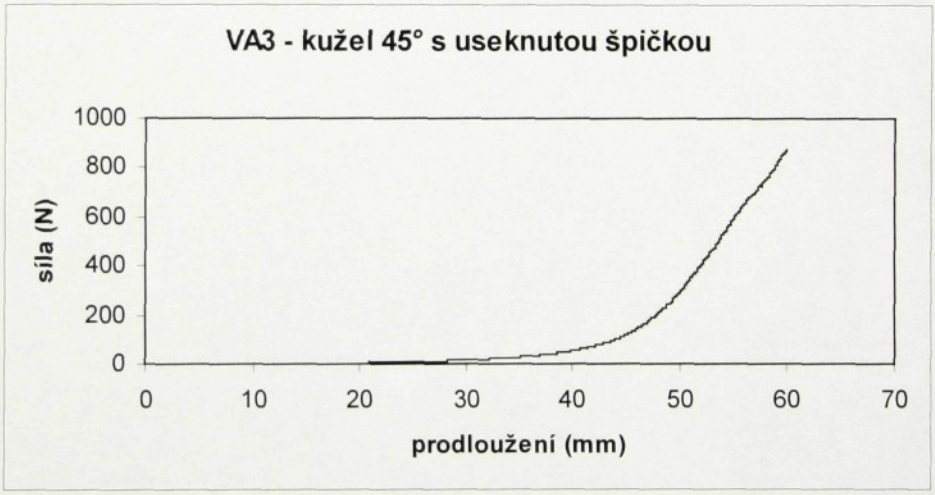
Graf. 28 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 854 N k prodloužení 60 mm.



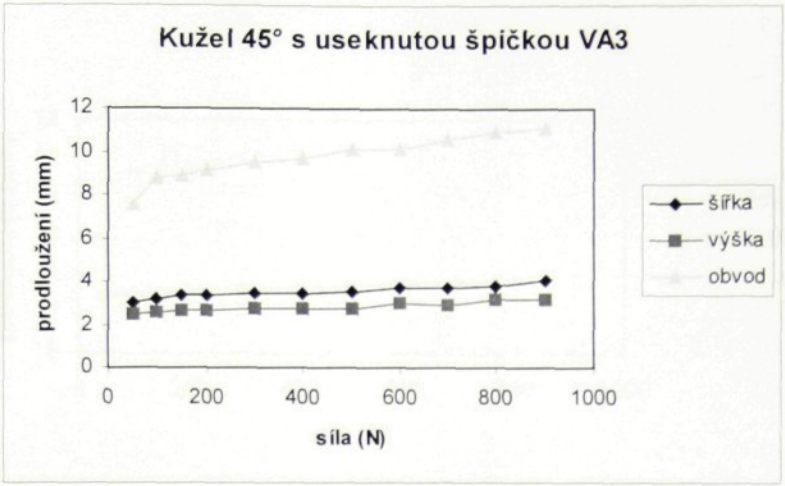
Graf. 29 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 29 je vidět, že šířka a výška rostou téměř rovnoměrně. Šířka vzrostla při 300 N o 17 %, při 600 N o 26 %. Šířka vzrostla více při zatěžování do 300 N. Výška vzrostla při 300 N o 12 %, při 600 N o 19 %. Výška vzrostla výrazněji při zatěžování do 300 N.



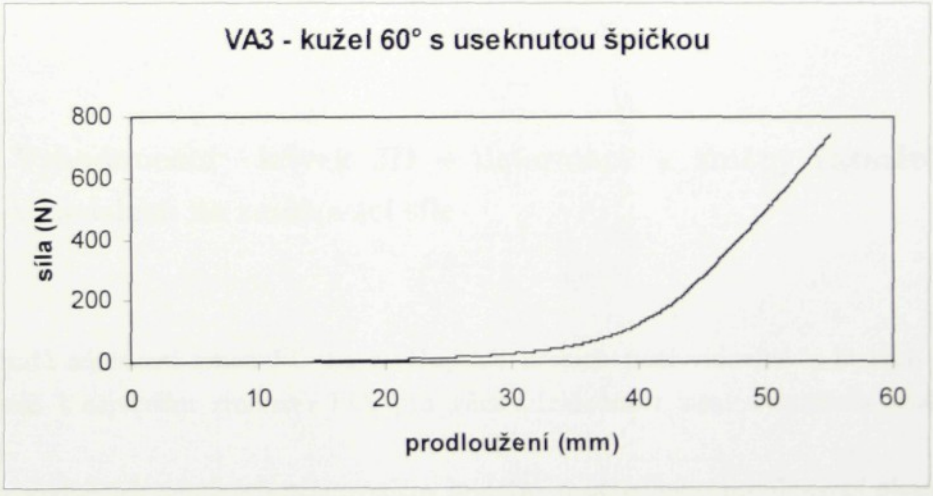
Graf. 30 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 873 N k prodloužení 60 mm.



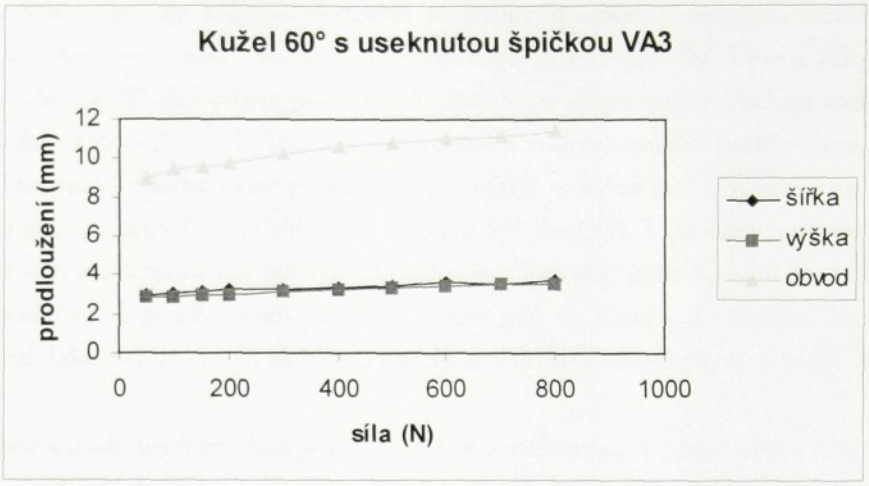
Graf. 31 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 31 je vidět, že šířka a výška rostou téměř rovnoměrně. Šířka vzrostla při 300 N o 14 %, při 600 N o 23 %, při 900 N o 35 %. Šířka vzrostla nejvíce při zatěžování do 300 N. Výška rostla takto: při 300 N o 9 %, při 600 N o 20 %, při 900 N o 27 %. Nejvíce vzrostla výška při zatěžování od 300 N do 600 N.



Graf. 32 Prostorová deformace

U VA3 dochází při síle 742 N k prodloužení 55 mm.



Graf. 33 Závislosti změn rozměrů FO na zatěžujících krocích

Z grafu 33 je vidět, že velikost výšky a šířky při zatěžování je téměř totožná i procentuální změny obou rozměrů si téměř odpovídají. Šířka se změnila při 400 N o 14 %, při 800 N o 27 %. Výška se změnila při 400 N o 14 %, při 800 N o 24 %. Výška rostla více při zatížení do 400 N.

3.4.4 Vyhodnocení křivek 3D – deformace a změny rozměrů FO v závislosti na zatěžovací síle

VA1:

Z grafů závislosti změn FO na zatěžujících krocích není viditelné u kterých kuželů docházelo k největším změnám FO, pro větší přehlednost jsem vyhotovila následující tabulky.

V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty maximálního prodloužení pletenin při maximální zatěžovací síle tab.8, 11, 14 , dále maximální změny parametrů FO, tab.9, 12, 15 a dále vzestupné uspořádání kuželů, dle maximálních změn parametrů FO dosažených na těchto kuželech tab. 10, 13, 16. V tabulkách jsou pro větší přehlednost použity zkratky: Kzš – kužel se zakulacenou špičkou, Kuš – kužel s useknutou špičkou.

VA1	Kzš30	Kzš45	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kuš60
síla (N)	1050	1280	1352	1228	1440	1362
l (mm)	42	44	45	39	39	36

Tab. 8 Maximální hodnoty prodloužení VA1 při 3D-deformaci

Z tab. 8 je vidět, že k úplné destrukci pleteniny dochází u každého kužele při jiné hodnotě prodloužení a také při různých hodnotách zatěžovací síly. Tvar a sklon zkosení kužele má vliv na 3D-deformaci pleteniny. U kužele se zakulacenou špičkou roste s úhlem zkosení kužele síla potřebná k deformaci pleteniny a také maximální prodloužení pleteniny. U Kzš30 dochází k destrukci při protažení 42mm což je méně než u Kzš45 a to při menší zatěžovací síle, lze tedy říci, že při úhlu zkosení 30° dochází k prodloužení vlivem menší zatěžovací síly, ale dosáhneme menšího prodloužení než při úhlu zkosení 45. U úhlu 60 je už síla potřebná k prodloužení pleteniny vyšší než u Kzš45 a dochází ke stejnému prodloužení. Jako nejvhodnější se jeví u kuželů se zakulacenou špičkou Kzš45.

U kužele s useknutou špičkou je síla potřebná k deformaci v porovnání s Kzš větší, a to více než o 200 N a k destrukci pleteniny dochází dříve, než u Kzš. O síle potřebné k prodloužení pleteniny lze říci jako u Kzš, že roste se zvětšujícím se zkosením kužele. U úhlu zkosení 45° dochází ke stejnému prodloužení jako u úhlu 30° ale je zapotřebí větší síly, u kužele o zkosení 60° je síla potřebná k deformaci tak vysoká, že k destrukci dochází při nejmenší hodnotě prodloužení. Za nejvhodnější bych označila Kuš30 a Kuš45.

VA1	**Kzš30**	**Kzš45**	**Kzš60**	**Kuš30**	**Kuš45**	**Kuš60**
šírka	2.175	1.983	2.155	2.016	2.33	1.557
výška	2.03	1.793	2.112	1.922	1.704	1.534
obvod	6.65	6.62	6.853	6.452	6.54	4.89

Tab. 9 Maximální hodnoty změn parametrů FO při 3D-deformaci při zatížení 1000 N

VA1 - Vzestupné uspořádání kuželů dle maximální změny měřených parametrů FO při síle 1000 N						
šírka	Kuš60	Kzš45	Kuš30	Kzš60	Kzš30	Kuš45
výška	Kuš60	Kuš45	Kzš45	Kuš30	Kzš30	Kzš60
obvod	Kuš60	Kuš30	Kuš45	Kzš45	Kzš30	Kzš60

Tab. 10 Vzestupné uspořádání jednotlivých kuželů dle maximální změny parametrů FO dosažených při 3D-deformaci na těchto kuželech

Z tab. 10 je vidět, že u Kuš60 dochází k nejmenšímu zvětšení FO a tím i k nejmenšímu posunu nití ve vazných bodech a jak je vidět z tab.8 u Kuš60 dochází při 3D-deformaci k destrukci pleteniny při nejmenším prodloužení pleteniny, ale při největší zatěžovací síle. U Kzš60 je změna velikosti FO největší, dochází k největšímu posunu nití ve vazných bodech. U Kzš30 je změna velikosti FO druhá největší, z tab.8 a z grafu 4 je vidět, že u Kzš30 je zapotřebí nejmenší síly k prodloužení pleteniny, a to odpovídá tomu, že velikost FO při zatížení 1000 N je větší než u ostatních kuželů s výjimkou Kzš60.

VA2:

VA2	Kzš30	Kzš45	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kuš60
síla (N)	1836	2098	1811	1960	2007	1997
l (mm)	50	50	50	45	45	46

Tab. 11 Maximální hodnoty prodloužení VA2 při 3D-deformaci

U VA2 musela být hloubka posuvu příčníku omezena na 50 mm, u Kuš45 a Kuš30 až na 45mm protože pletenina je vysoce pevná, docházelo k prohnutí plexiskla horní upínací formy a vzorek začal vyjíždět z upnutí, měření by bylo neplatné. Pouze u Kuš60 došlo k úplné destrukci pleteniny.

U kuželů se zakulacenou špičkou je zapotřebí největší síly k protažení u Kzš45 a nejmenší u Kzš60, což v porovnání s VA1 bylo nejvyšší síly zapotřebí u Kzš60 a nejmenší u Kzš30.

U kuželů s useknutou špičkou je zapotřebí větší síly k prodloužení pleteniny, stejně jako u VA1. Nejvyšší síly k deformaci je zapotřebí u Kuš45. Pouze u Kuš60 a u Kuš30 došlo k úplné destrukci pleteniny a ty bych označila za nevhodné pro prostorové tvarování.

VA2	Kzš30	Kzš45	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kuš60
šířka	3.315	2.91	3.15	2.985	2.826	2.858
výška	3.0725	2.905	2.988	2.842	3.091	2.5
obvod	10.46	8.947	9.152	9.38	9.032	8.368

Tab. 12 Maximální hodnoty změn parametrů FO při 3D-deformaci při zatížení 1800 N

VA2 -Vzestupné uspořádání kuželů dle maximální změny měřených parametrů FO při síle 1800 N						
šířka	Kuš45	Kzš45	Kuš60	Kuš30	Kzš60	Kzš30
výška	Kuš60	Kuš30	Kzš45	Kzš60	Kzš30	Kuš45
obvod	Kuš60	Kzš45	Kuš45	Kuš30	Kzš60	Kzš30

Tab. 13 Vzestupné uspořádání jednotlivých kuželů dle maximální změny parametrů FO dosažených při 3D-deformaci na těchto kuželech

Stejně jako u VA1 u Kuš60 dochází k nejmenšímu zvětšení FO a tím i k nejmenšímu posunu nití ve vazných bodech a jak je vidět z tab.11 a z grafu 9 pouze u Kuš60 dochází při 3D-deformaci u VA2 k destrukci pleteniny již při malém prodloužení.

U Kzš30 je změna velikosti FO největší, z tab.11 a z grafu 4 je vidět, že u Kzš30 je zapotřebí nejmenší síly k prodloužení pleteniny. Velikost FO při zatížení 1800 N je větší než u ostatních kuželů. U Kzš60 je změna FO velká viz tab.11, je zapotřebí nejmenší síly k prodloužení 50mm.

VA3:

VA3	Kzš30	Kzš45	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kuš60
síla (N)	707	743	772	854	873	724
l (mm)	60	60	55	60	60	55

Tab. 14 Maximální hodnoty prodloužení VA3 při 3D-deformaci

U VA3 nedošlo u žádného kužele k úplné destrukci pleteniny, jelikož pletenina je velice tažná.

Z tab. 14 je vidět, že u kuželů se zakulacenou špičkou roste síla potřebná k prodloužení úměrně s zvětšujícím se úhlem zkosení kužele.

U kuželů s useknutou špičkou je u Kuš45 zapotřebí větší síly k 3D-deformaci než u Kuš30 a oproti kuželům se zakulacenou špičkou je zapotřebí větší síly k 3D-deformaci..
U Kuš60 je zatěžující síla velice malá.

U Kzš60 a Kuš60 musela být snížena hloubka posuvu na 55 mm, jelikož pletenina vyjížděla z upnutí a měření by bylo neplatné.

VA3 je vhodná pro 3D - deformaci, protože je vysoce tažná a dochází u ní k maximálnímu prodloužení u všech kuželů a to bez porušení pleteniny.

VA3	Kzš30	Kzš45	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kuš60
šířka	3.339	4.469	3.929	3.775	3.717	3.602
výška	3.29	3.55	2.741	2.81	2.999	3.426
obvod	10.725	11.972	10.185	10.309	10.143	11.029

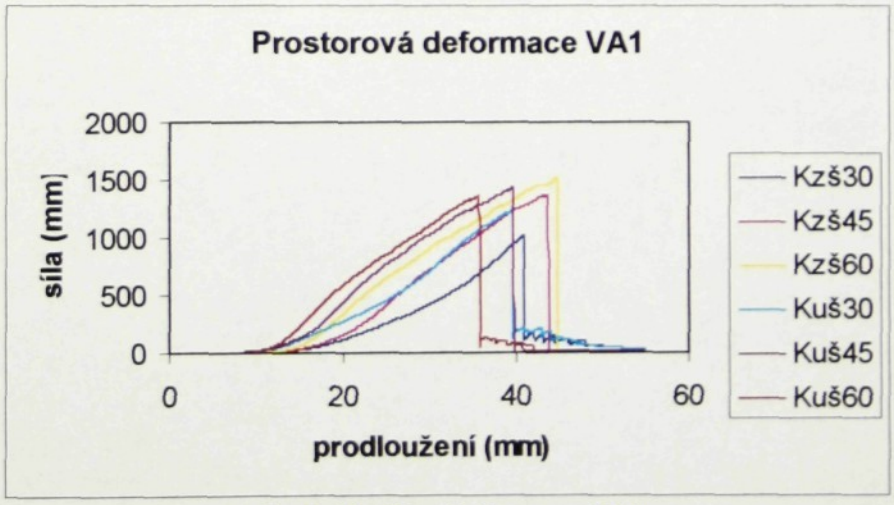
Tab. 15 Maximální hodnoty změn parametrů FO při 3D-deformaci při zatížení 600 N

VA3 - Vzestupné uspořádání kuželů dle maximální změny měřených parametrů FO při síle 600 N						
šířka	Kzš30	Kuš60	Kuš45	Kuš30	Kzš60	Kzš45
výška	Kzš60	Kuš30	Kuš45	Kzš30	Kuš60	Kzš45
obvod	Kuš45	Kzš60	Kuš30	Kzš30	Kuš60	Kzš45

Tab. 16 Vzestupné uspořádání jednotlivých kuželů dle maximální změny parametrů dosažených při 3D-deformaci na těchto kuželech

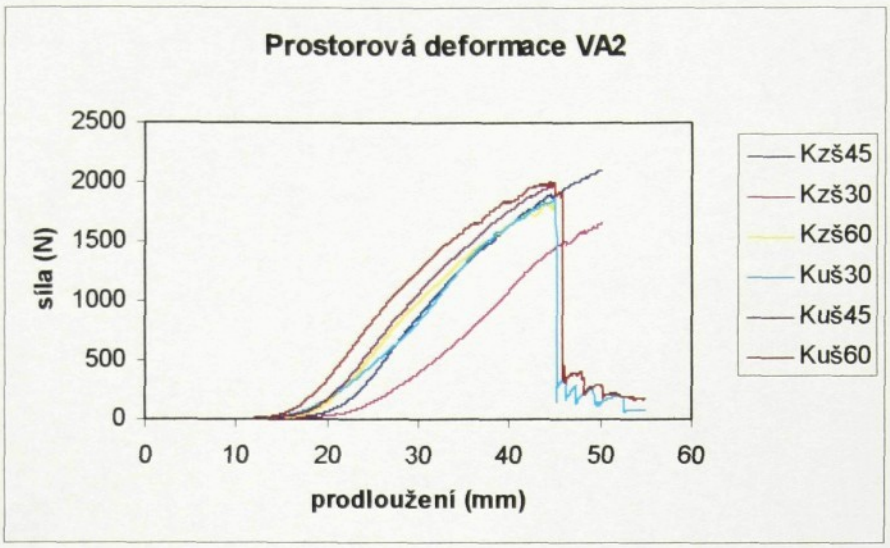
Z tab. 16 je vidět, že Kzš45 dochází k největší změně FO a tím i k velkému posunu nití ve vazných bodech. U Kzš45 dochází při prostorovém tvarování k deformaci pleteniny již při malé zatěžovací síle. Vazba VA3 se podstatně liší vlastnostmi od VA1 a VA2, lze předpokládat, že její vysoká tažnost je způsobena menší hustotou pleteniny a také tažností použité délkové textilie, která je v porovnání s VA1 a VA2 dvojnásobná.

V následujících tabulkách 34, 35, 36 jsou srovnány prostorové deformace jednotlivých vazeb na všech tvarovacích elementech.



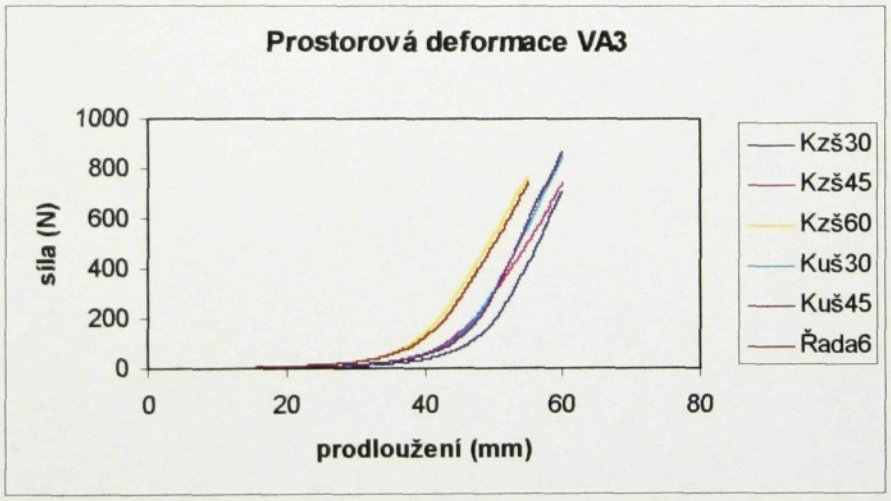
Graf. 34 3D - deformace VA1

U kuželů se zakulacenou špičkou dochází k většímu prodloužení než u kuželů s useknutou špičkou. Největšího prodloužení bylo dosaženo u Kzš30 a Kzš60.



Graf. 35 3D - deformace VA2

U kuželů se zakulacenou špičkou dochází k většímu prodloužení než u kuželů s useknutou špičkou.K největšímu prodloužení dochází u Kzš30 a Kzš45. Nelze jednoznačně říci u kterého kužele by se dosáhlo největšího prodloužení, protože hloubka posuvu příčníku byla omezena. Pouze u Kuš30 a u Kuš60 došlo k úplné destrukci pleteniny.



Graf. 36 3D - deformace VA3

Vazba VA3 je vysoce tažná, nedochází tedy k destrukci pleteniny. U všech kuželů dochází k velkému prodloužení.

4 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu vhodnosti použití vybraných pletenin jako armovací složky pro výrobu prostorově tvarovaných kompozitních materiálů. Dále vyhodnotit prostorovou tvarovatelnost pletenin pomocí speciálně vyrobených trnů s upnutím do trhacího přístroje a současně se záznamem změn konstrukce vazby při zkoušce protlačování s použitím kamery.

Pro experiment byly vybrány tři osnovní filetové pleteniny. Jak je už zdůvodněno výše, pro technické účely jsou vhodnější osnovní pleteniny než zátažné. Tyto vazby byly za stejných podmínek a stejnými formami prostorově tvarované, obr. 21, 22, 23. Při tvarování byly zjišťovány rozdíly jejich tvarovatelnosti.

VA1 je tvořena kombinací atlasového kladení s trikotovým, kladeném proti sobě, doplněná řetízkem. VA2 je tvořena kombinací atlasového kladení s trikotovým, kladeném proti sobě. VA3 je protisměrné sukno.

Pevnost a tažnost pleteniny při prostorovém tvarování

VA1:

V tab.8 jsou uvedeny hodnoty maximálního prodloužení VA1 při maximální zatěžovací síle, které byly dosaženy při 3D - deformaci . Při prostorovém tvarování došlo k úplné destrukci pleteniny. Prodloužení VA1 je v podélném směru omezeno řetízkem.Pletenina dosahuje malého prodloužení při 3D – deformaci.

VA2:

VA2 vykazovala při prostorovém tvarování velké hodnoty prodloužení a pevnosti pleteniny . U této vazby nebyla pletenina deformována až do maximálního stavu, kde by došlo k její destrukci. Pletenina je vysoce pevná. Je vhodná pro prostorové tvarování.V tab. 11 jsou uvedeny hodnoty maximálního prodloužení při maximální síle, kterou bylo možno VA2 zatížit s ohledem na konstrukci formy.

VA3:

V tab. 14 jsou uvedeny hodnoty maximálního prodloužení VA3 při maximální zatěžovací síle, dosažené při 3D – deformaci. VA3 má z použitých pletenin nejvyšší tažnost, ale nejmenší pevnost. Již při malé síle docházelo k velkému prodloužení pleteniny. Nebylo možno dosáhnout úplné destrukce, důvodem byla vysoká tažnost a forma neumožňovala takové protažení, při kterém by byla pletenina deformována do maximálního stavu. VA3 je vhodná pro prostorovou deformaci, dosahuje velkého prodloužení.

Lze konstatovat, že při 3D - deformaci má větší pevnost a tažnost VA2 než VA1. U VA2 dochází k většímu prodloužení než u VA1 a to u všech použitých tvarovacích elementů. Pletenina VA2 je vhodnější pro prostorové tvarování než VA1.

VA1 a VA2 jsou obě tvořeny kombinací atlasového kladení s trikotovým, kladeném proti sobě, výška filetových otvorů je stejná. Rozdílné pevnosti a tažnosti obou pletenin jsou způsobeny odlišnou jemností délkové textilie (VA1 má T = 78 dtex,.VA2 má T = 167 dtex), hustotou pleteniny a vazbou. Hustota řádků je u VA2 ($H_ř$ =1700 [m^{-1}]) přibližně o třetinu menší než u VA1 ($H_ř$ =2500 [m^{-1}]) Hustota sloupků se liší jen málo (VA1 má H_s = 800 [m^{-1}] , VA2 má H_s = 900 [m^{-1}]). VA1 je doplněna řetízkem, který omezuje podélnou tažnost pleteniny.

Bylo by zajímavé porovnat pleteniny se stejnou vazbou a různou jemností použité délkové textilie a s rozdílnou vazbou a stejnou jemností použité délkové textilie.

VA3 má vysokou tažnost. Dochází k velkému prodloužení již při malé zatěžovací síle síle. VA3 má řádově 10x menší hustotu v porovnání s VA1 a VA2, což výrazně ovlivňuje její tažnost. Jemnost délkové textilie je T =2x167 dtex a v porovnání s VA1 a VA2 je její tažnost dvojnásobná. Pletenina je vhodná pro prostorové tvarování.

Analýza vhodnosti tvarovacích elementů

Pomocí speciálně vyrobených trnů s upnutím do trhacího přístroje a současně se záznamem změn konstrukce s použitím kamery, byla provedena analýza vhodnosti navržených tvarovacích elementů. Byly použity kužely o úhlu zkosení 30°,45° a 60° se zakulacenou špičkou a kužely o úhlu zkosení 30°,45° a 60° s useknutou špičkou.

VA1:

Tvar a sklon zkosení kužele má vliv na 3D-deformaci pleteniny. U kužele se zakulacenou špičkou roste s úhlem zkosení kužele síla potřebná k deformaci pleteniny a maximální prodloužení pleteniny. U Kzš30 bylo dosaženo nejmenší prodloužení l = 42 mm. U Kzš60 bylo dosaženo největšího prodloužení l =45 mm.

U kuželů s useknutou špičkou je síla potřebná k deformaci v porovnání s Kzš větší a k destrukci pleteniny dochází při menším prodloužení než u Kzš. O síle potřebné k prodloužení pleteniny lze říci jako u Kzš, že roste se zvětšujícím se zkosením kužele. U Kuš30 a Kuš45 dochází ke stejnému prodloužení l = 39 mm, u Kuš60 je prodloužení l = 36 mm.

Za nejvhodnější pro prostorové tvarování bych označila Kzš30 a Kzš45. V porovnání s /15/ kde byl použit kužel se zakulacenou špičkou a kužel s useknutou špičkou bez zkosení, jsou vhodnější kužely se zkosením. U kuželů bez zkosení je zapotřebí větší síly k deformaci a dochází k malému prodloužení.

VA1 je málo pevná a tažná, dochází u ní k destrukci při malém prodloužení, není vhodná pro prostorové tvarování na použitých tvarovacích elementech.

VA2:

U VA2 došlo pří prostorovém tvarování k úplné destrukci pleteniny pouze u Kuš30 u Kuš60. Pletenina je vysoce tažná.

Největšího prodloužení l = 50 mm se podařilo dosáhnout u Kzš30, Kzš45, Kzš 60.

U kuželů s useknutou špičkou je zapotřebí větší síly k prodloužení pleteniny než u Kzš, stejně jako u VA1. Pouze u Kuš60 a u Kuš30 došlo k úplné destrukci pleteniny, tyto kužely bych označila za nevhodné pro prostorové tvarování. V porovnání s /15/ platí jako u VA1, že u kuželů bez zkosení je zapotřebí větší síly k deformaci a dochází k menšímu prodloužení.

Pletenina je vhodná pro prostorovou deformaci.

VA3:

U VA3 nedošlo u žádného kužele k úplné destrukci pleteniny, jelikož pletenina je velice tažná.

Z tab. 14 je vidět, že u kuželů se zakulacenou špičkou roste síla potřebná k prodloužení úměrně s zvětšujícím se úhlem zkosení kužele. Dosažené prodloužení je u všech kuželů maximální l = 60 mm. U Kzš60 a Kuš60 byla hloubka posuvu příčníku omezena na 55 mm s ohledem na konstrukci použité formy.

VA3 je vhodná pro 3D-deformaci, je vysoce tažná a u všech tvarovacích elementů dosahuje maximálního prodloužení aniž by docházelo k destrukci pleteniny.

5 Seznam použité literatury

/1/ Dostálová, M., Křivánková M. :Základy textilní a oděvní výroby, /skripta/ TU Liberec, 1998

/2/ Bareš, A. : Kompozitní materiály, Praha 1988

/3/ Kovář, R. : Pletení , /skripta/ TU Liberec, 1997

/4/ Kočí, V. : Vazby pletenin, Praha 1980

/5/ Pospíšil,Z. a kol.: Příručka textilního odborníka, 1, část, Praha 1981

/6/ Kovář, R.: Teorie pletení, VŠST Liberec 1986

/7/ Stallmann, K., Disselberck, D., Frank, W., Lüke, J.: Entwicklung eines netzarigen Faserverbundwerkstoffs – Herstellung – Eingenshaften – Anwendung. VDI Bereiche Nr. 734, 1989

/8/ Kovář, R. : Struktura a vlastnosti textilií 2, /skripta/, TU Liberec, 1998

/9/ Staněk, J. : Nauka o textilních materiálech, díl I., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií, /skripta/ VŠST – FT Liberec, 1987

/10/ Daněk, V. : Textil 48 (1993), 7/93, str. 121, 122

/11/ Scardino, F.:An introduction to textile Structures and their behavior in textile structural Composites, eds Usu- Wei Cpou and Frank K. No. Elsevier science publishers B.V. Holandsko, 1989

/12/ Štorová, R. : Vydouvavost pletenin, dílčí výzkumná zpráva, Katedra tkalcovstí a pleteřství, VŠST - FT Liberec, 1987

/13/ Sodomka,L.: Fyzika kondenzovaných látek, Tu Liberec 2002

/14/ Pilátová, J. : Diplomová práce, TU Liberec, 1997

/15/ Pellová, M.: Diplomová práce TU Liberec, 2003

/16/ Špalková, R.: Diplomová práce TU Liberec, 1999

/17/ Michálková, : Diplomová práce TU Liberec 1994

/18/ časopis: Kettenwirk – praxis, 1/1994 2/1994 2/1996 4/1996

/19/ Plachá, I. : Diplomová práce TU Liberec,1995

/20/ ČSN 80 0844

/21/ ČSN 80 0700

/22/ ON 80 0849

/23/ ČSN EN ISO 5084

Příloha 1

Grafy tahových křivek závislosti tažnosti na pevnosti tažnosti vazeb VA1, VA2, VA3 ve směru zatíženi 0°, 30°, 60°, 90°

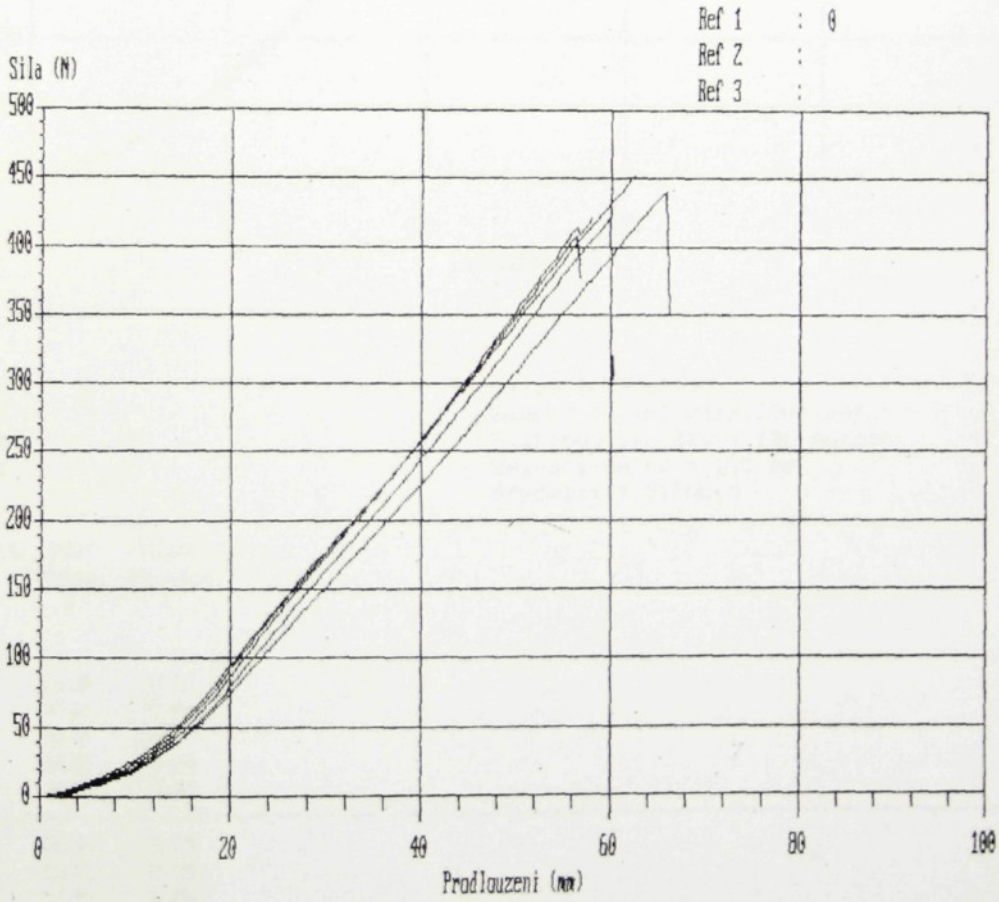
Vazba 1

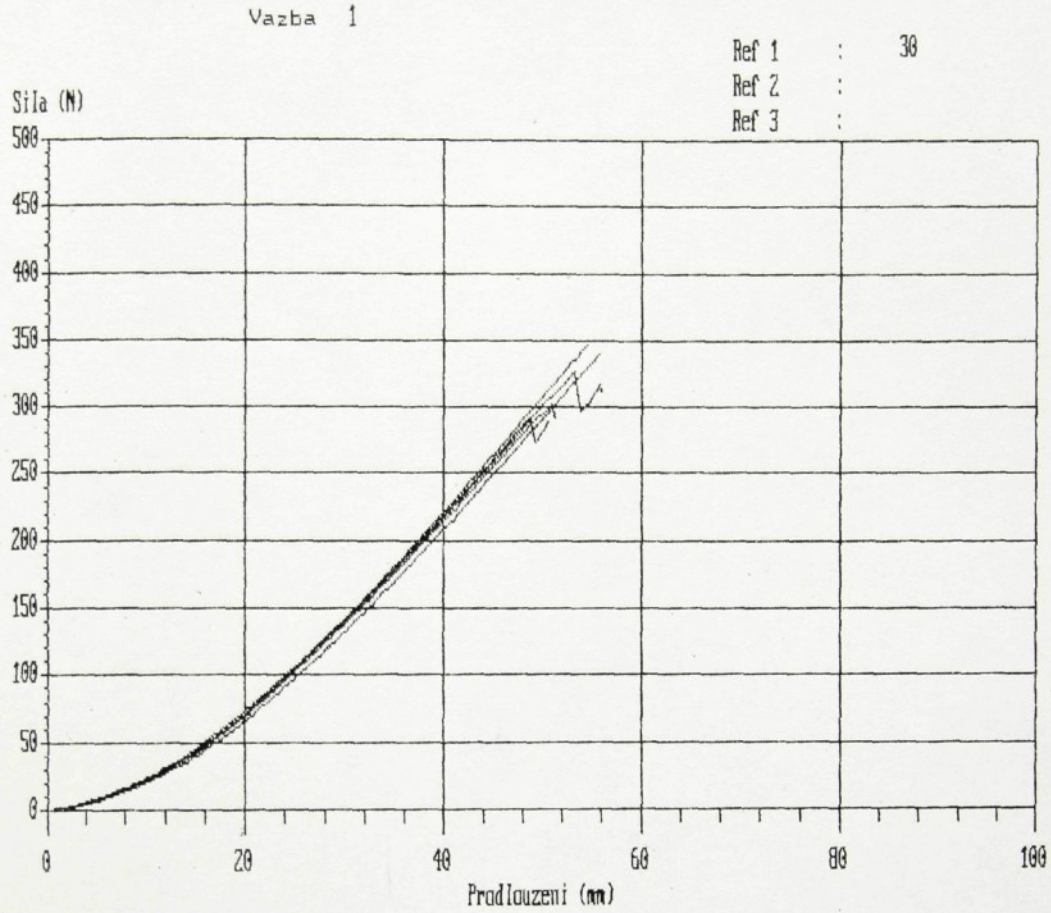
Ref 1 : 0
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Poznámky :
:

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET2\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 180 mm/min
Upinací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	452.90	61.972
2	422.70	56.250
3	420.60	59.099
4	440.60	64.212
5	407.30	55.770
Minimum	407.30	55.770
Průměr	428.82	59.461
Maximum	452.90	64.212
Std. Odch.	17.94	3.638



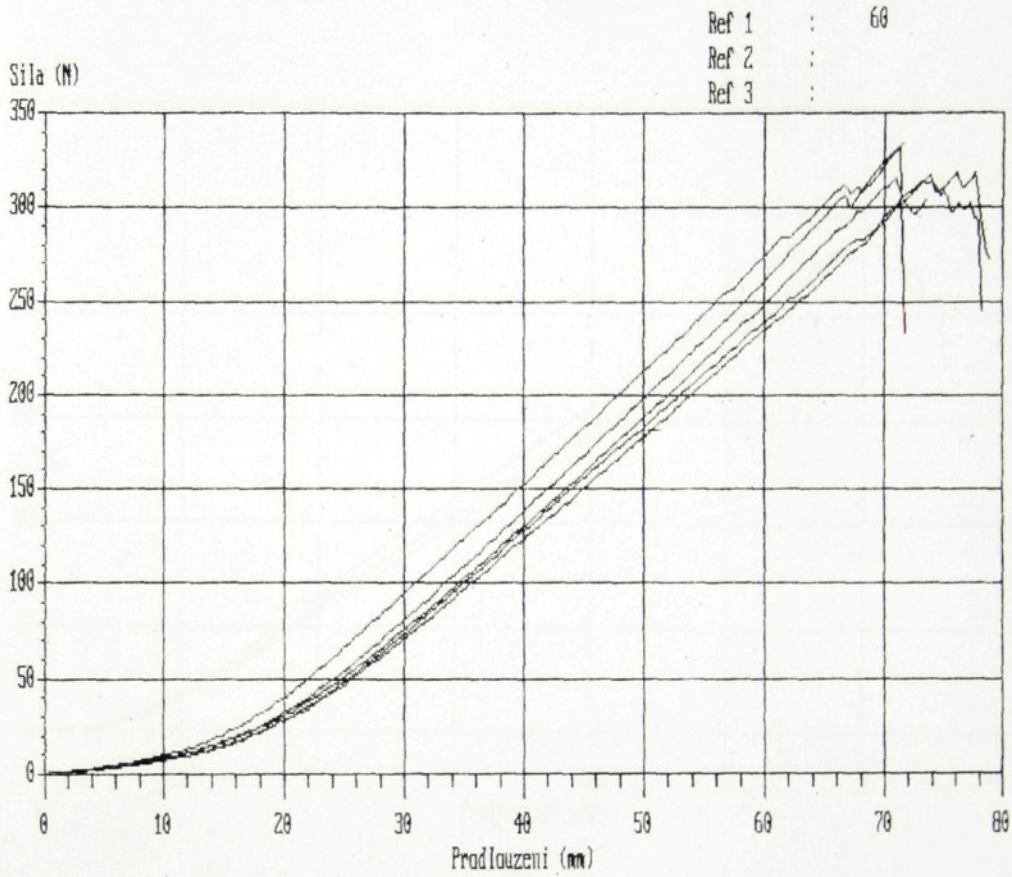


ef 1 : 30
ef 2 :
ef 3 :
ef 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FIL2\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 150 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

kouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	326.30	52.454
2	347.80	53.969
3	302.50	50.470
4	340.20	55.498
5	292.30	48.398
imum	292.30	48.398
měr	321.82	52.158
imum	347.80	55.498
l. Odch.	23.86	2.807

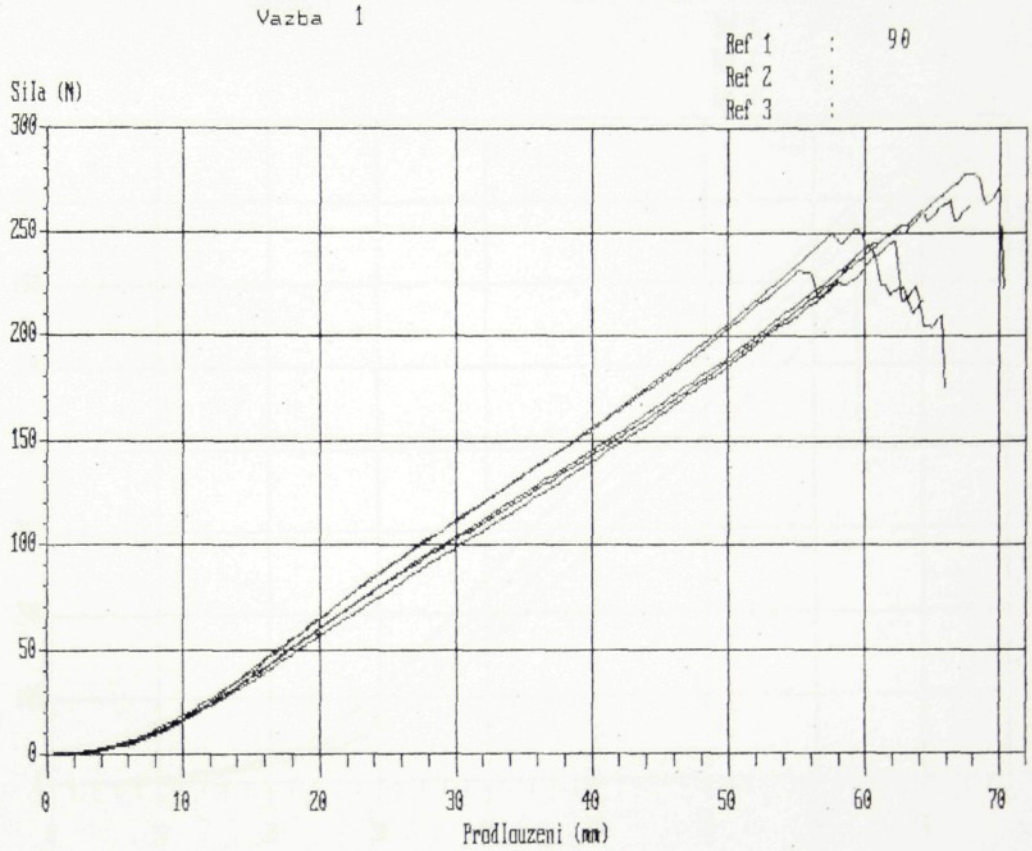
Vazba 1



Ref 1 : 60
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FIL2\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 180 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	331.40	68.764
2	334.70	68.029
3	319.20	73.913
4	314.20	71.868
5	315.80	68.230
Minimum	314.20	68.029
Průměr	323.06	70.161
Maximum	334.70	73.913
Std. Odch.	9.37	2.608

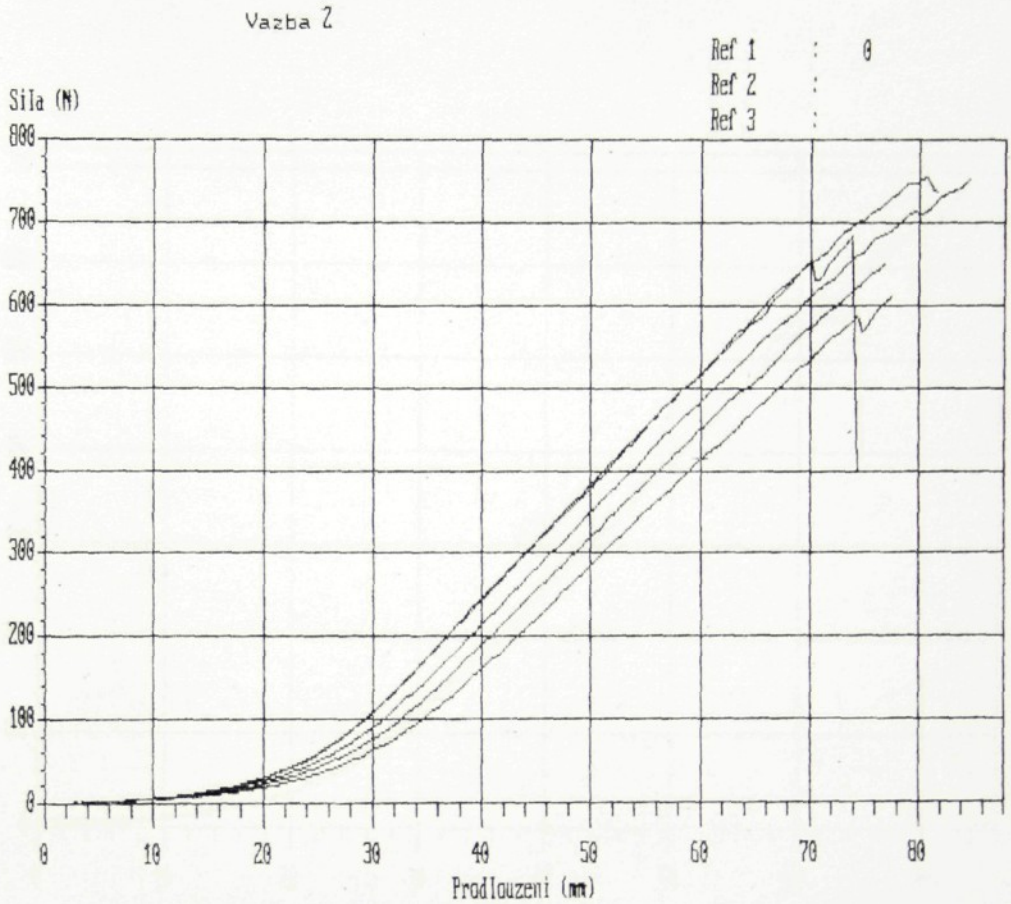


Ref 1 : 90
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Poznámky :
:

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 180 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : 1 N

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	237.30	58.310
2	251.90	58.599
3	278.30	67.410
4	245.70	59.577
5	265.80	65.829
Minimum	237.30	58.310
Průměr	255.80	61.945
Maximum	278.30	67.410
Std. Odch.	16.32	4.329

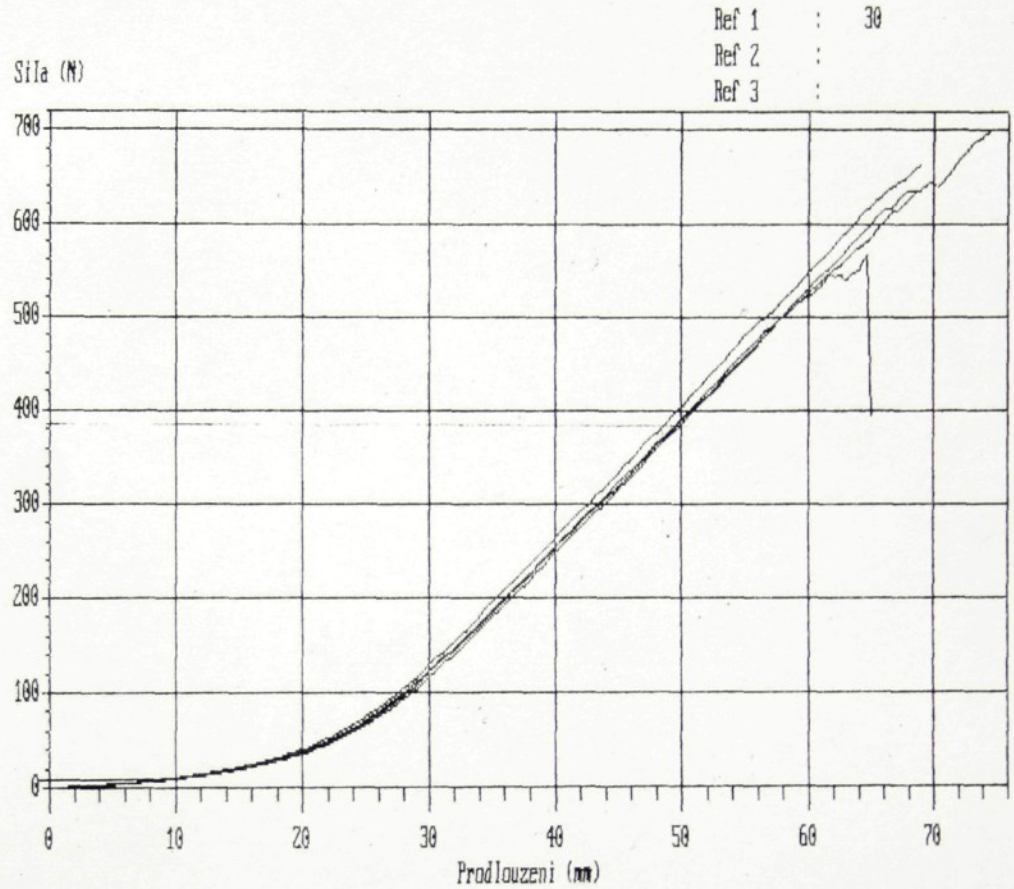


Ref 1 : 0
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET1\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 220 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	610.00	74.694
2	755.00	80.495
3	755.00	84.089
4	683.00	73.840
5	651.00	76.169
Minimum	610.00	73.840
Průměr	690.80	77.858
Maximum	755.00	84.089
Std. Odch.	64.06	4.324

Vazba 2

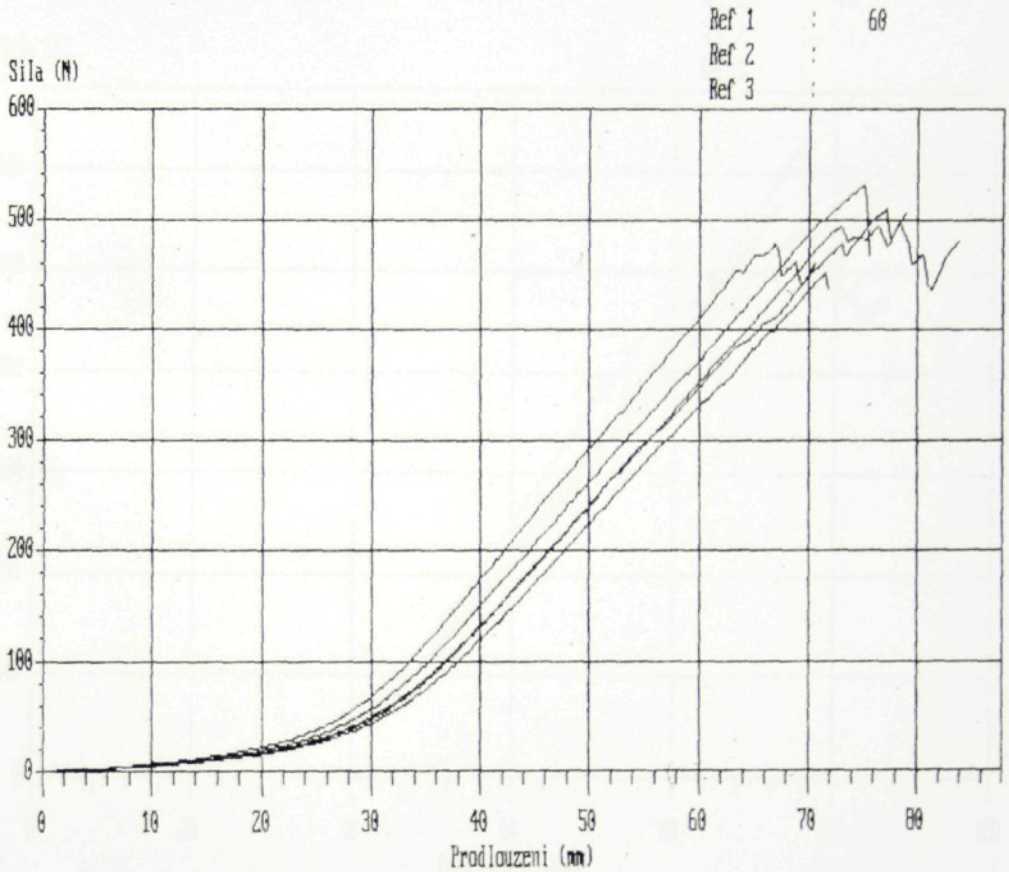


Ref 1 : 30
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET1\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 180 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	699.00	73.600
2	566.00	64.072
3	632.00	67.733
4	664.00	68.559
Minimum	566.00	64.072
Průměr	640.25	68.491
Maximum	699.00	73.600
Std. Odch.	56.56	3.924

Vazba 2

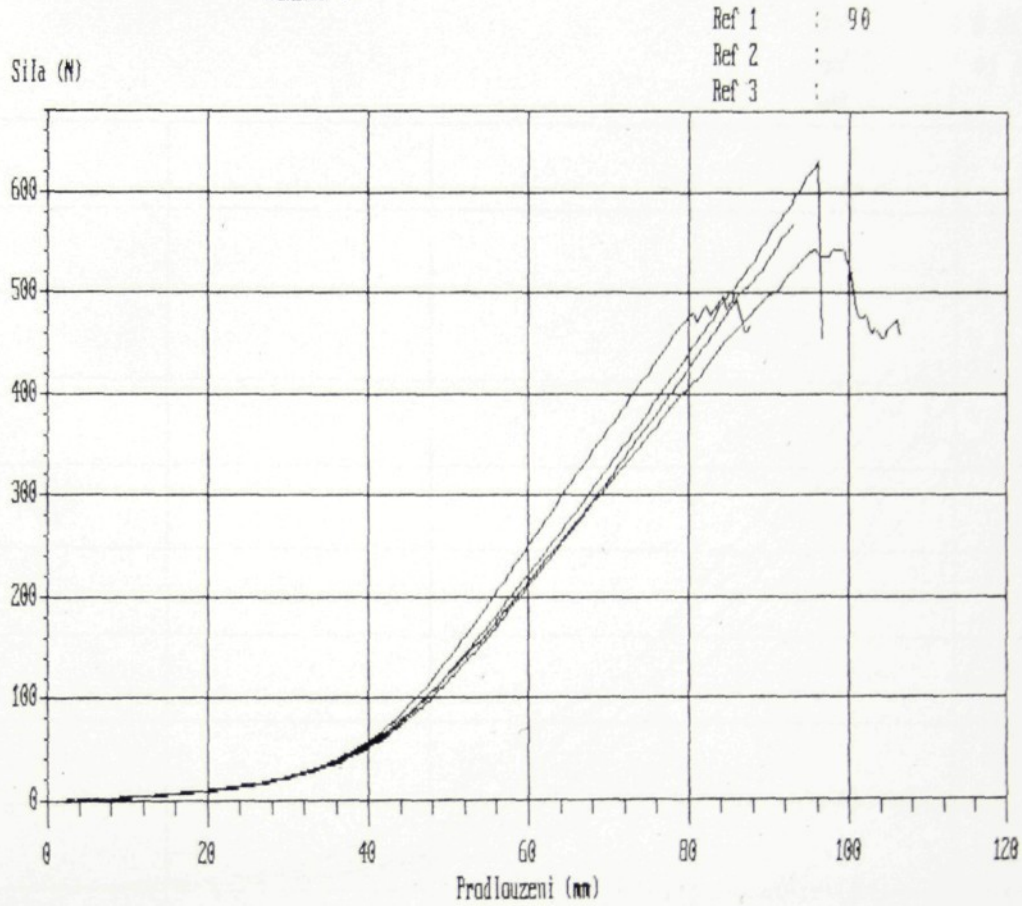


Ref 1 : 60
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET1\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 180 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	509.00	75.147
2	477.00	66.338
3	497.60	75.297
4	530.00	73.357
5	451.70	68.394
Minimum	451.70	66.338
Průměr	493.06	71.707
Maximum	530.00	75.297
Std. Odch.	30.03	4.100

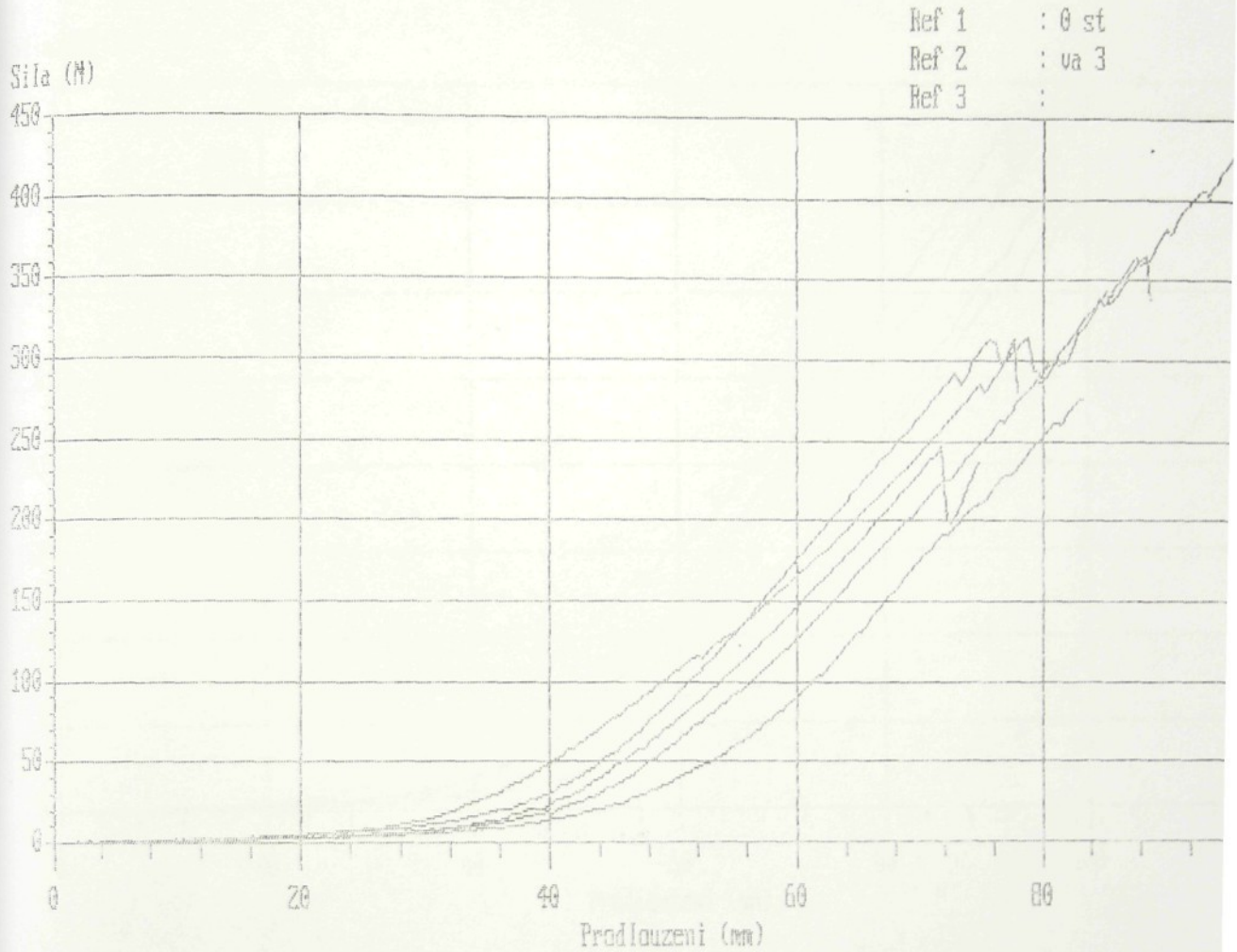
Vazba 2



Ref 1 : 90
Ref 2 :
Ref 3 :
Ref 4 :

Datum : 22-11-02
Soubor : C:FILET1\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 220 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

Zkouška č.	Síla Maximum N	Tažnost při maximu %
1	570.00	85.411
2	631.00	89.912
3	544.00	93.129
4	499.50	82.281
Minimum	499.50	82.281
Průměr	561.12	87.683
Maximum	631.00	93.129
Std. Odch.	54.93	4.795

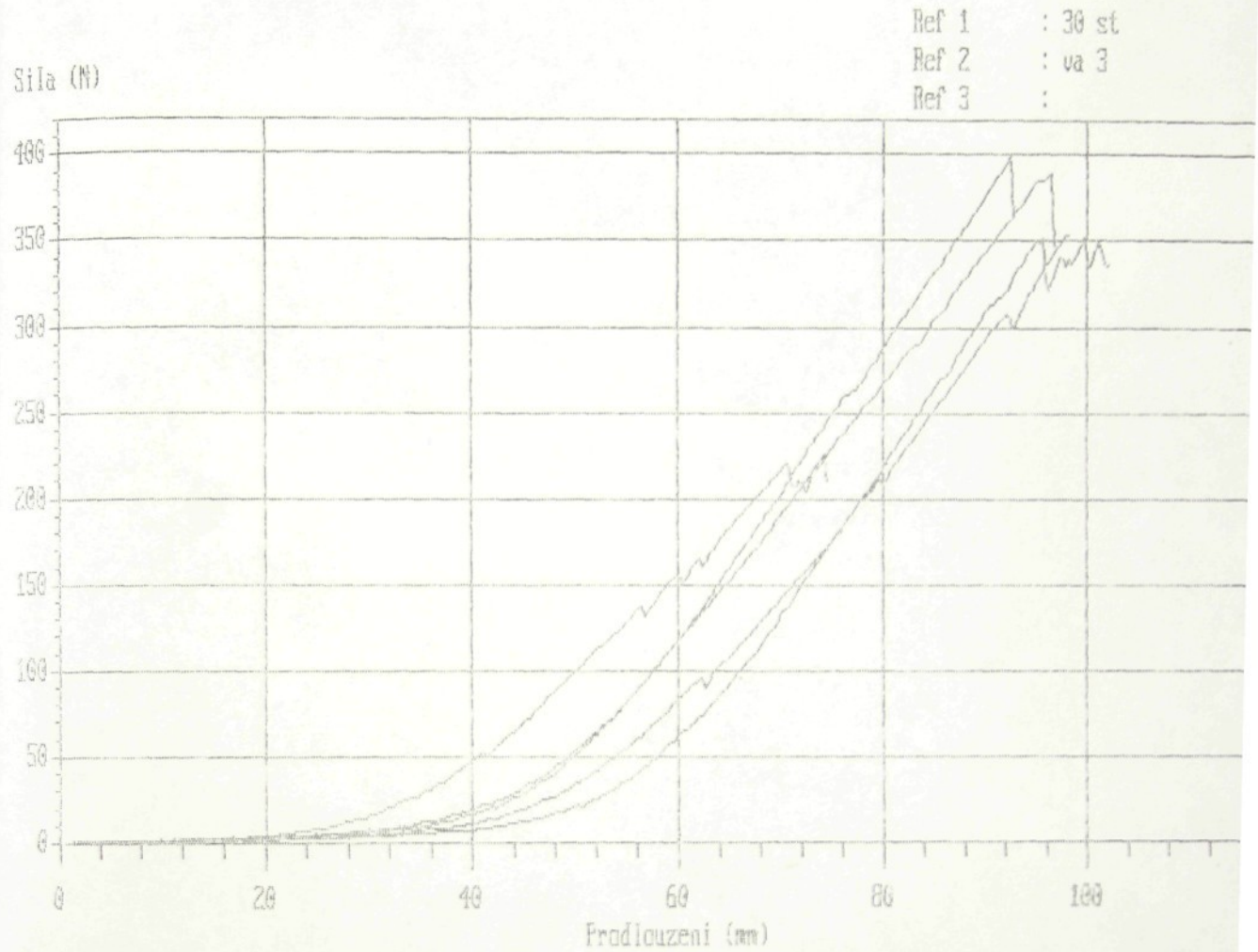


: 1 : 0 st
: 2 : va 3
- 3 :
: 4 :

Datum : 02-12-04
Soubor : C:MERENI\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 160 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

známky :
:

ıška č.	Síla Maximum N	Prodlouž. při maximu mm	Tažnost při maximu %
1	275.70	83.350	80.098
2	428.20	95.688	94.178
3	246.10	71.750	71.040
4	365.50	88.310	86.106
5	313.70	75.690	75.164
num	246.10	71.750	71.040
ěr	325.84	82.958	81.317
num	428.20	95.688	94.178
Odch.	72.58	9.608	9.129

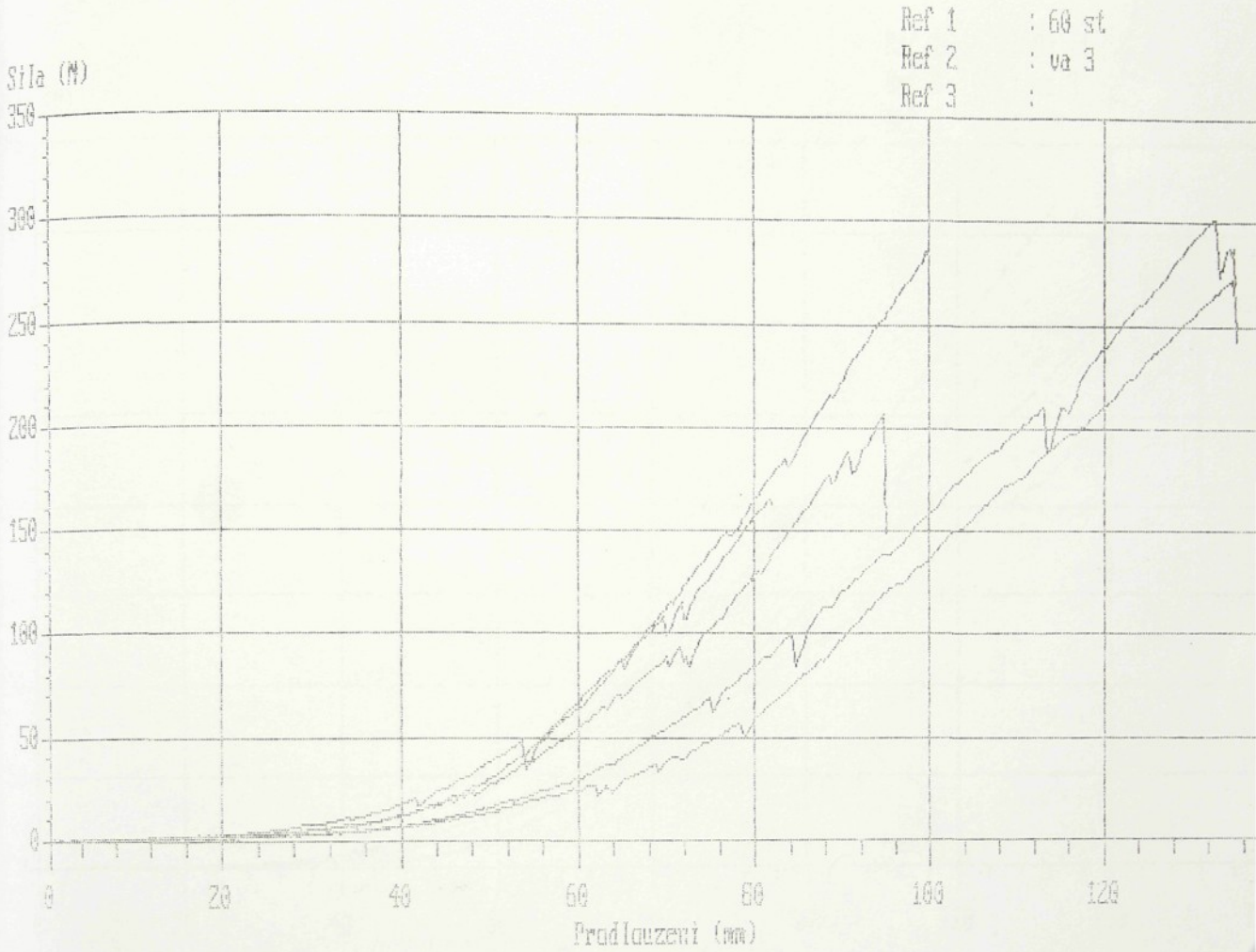


ef 1 : 30 st
ef 2 : va 3
ef 3 :
ef 4 :

oznámky :
:

Datum : 02-12-04
Soubor : C:MERENI\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 160 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

kouška č.	Síla Maximum N	Prodlouž. při maximu mm	Tažnost při maximu %
1	389.70	96.442	94.618
2	398.60	92.516	88.376
3	352.30	99.607	91.539
4	353.50	98.270	97.684
5	225.80	74.310	73.654
inimum	225.80	74.310	73.654
růměr	343.98	92.229	89.174
aximum	398.60	99.607	97.684
td. Odch.	69.26	10.366	9.343

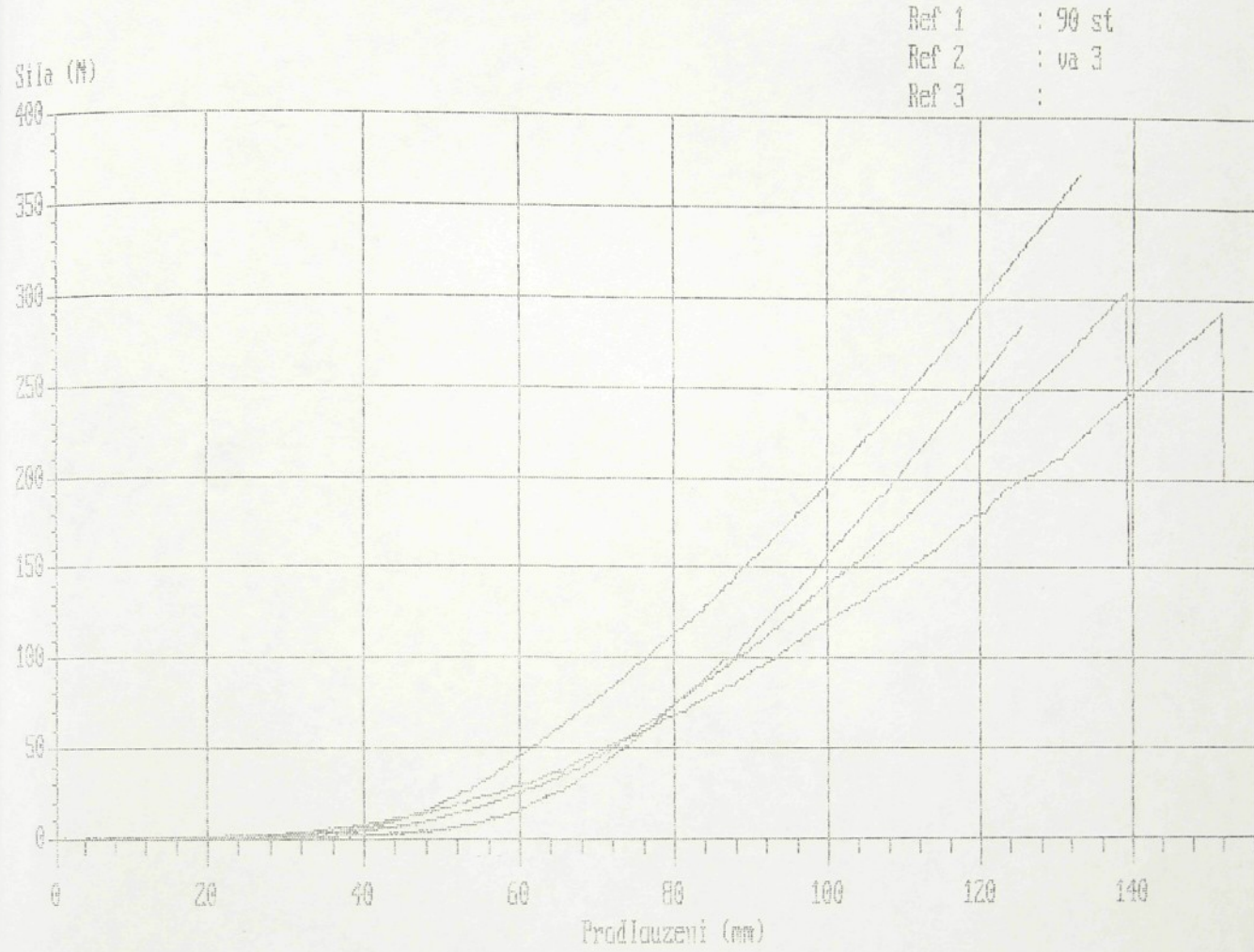


ef 1 : 60 st
ef 2 : va 3
ef 3 :
ef 4 :

Datum : 02-12-04
Soubor : C:MERENI\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 160 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

oznámky :
:

ouška č.	Síla Maximum N	Prodlouž. při maximu mm	Tažnost při maximu %
1	272.70	134.76	125.72
2	285.00	99.68	98.25
3	302.00	132.73	119.77
4	206.40	94.74	92.47
5	165.60	81.75	75.03
imum	165.60	81.75	75.03
iměr	246.34	108.73	102.25
imum	302.00	134.76	125.72
. Odch.	57.88	23.76	20.68



ef 1 : 90 st
ef 2 : va 3
ef 3 :
ef 4 :

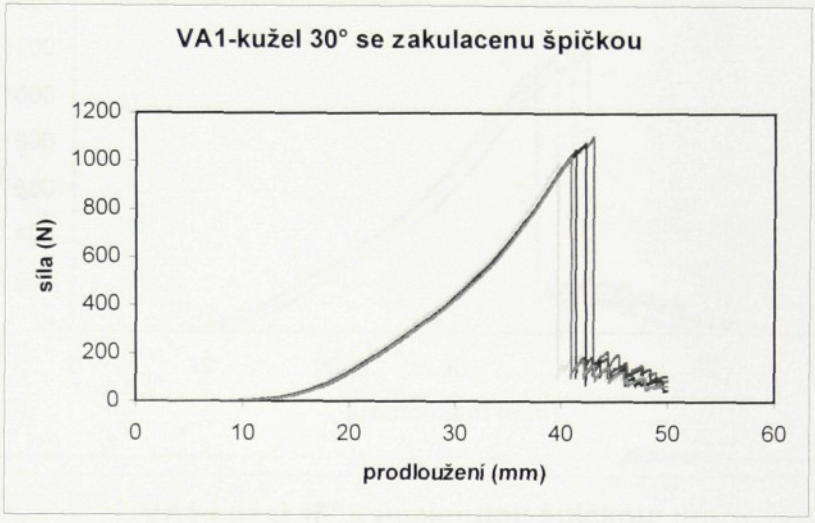
oznámky :
:

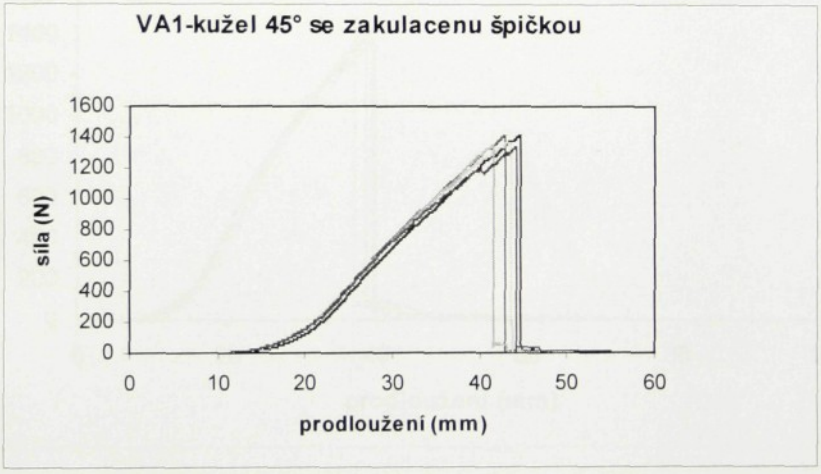
Datum : 02-12-04
Soubor : C:MERENI\TST0001.DAT
Rychlost zkoušky : 160 mm/min
Upínací délka : 100 mm
Předpětí : VYPNUTO

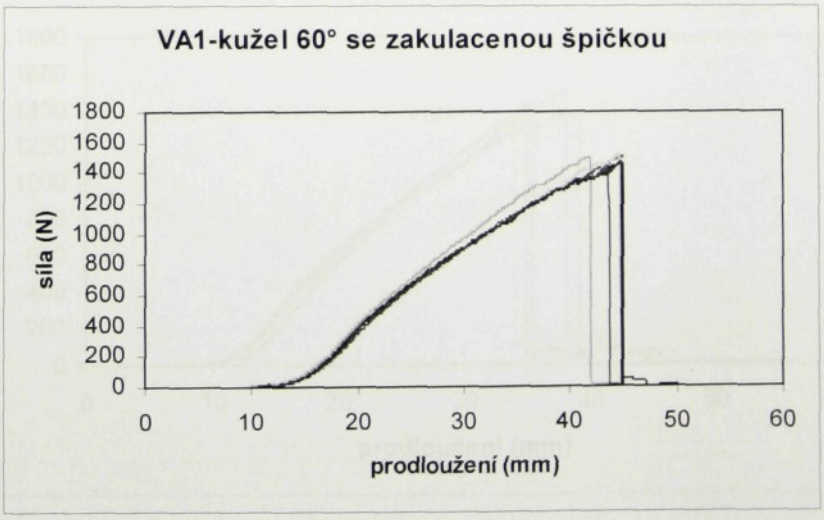
ouška č.	Síla Maximum N	Prodlouž. při maximu mm	Tažnost při maximu %
1	285.30	125.62	100.29
2	370.20	133.30	92.97
3	303.40	139.10	95.68
4	292.70	151.64	94.13
imum	285.30	125.62	92.97
měr	312.90	137.41	95.77
imum	370.20	151.64	100.29
d. Odch.	38.92	10.97	3.21

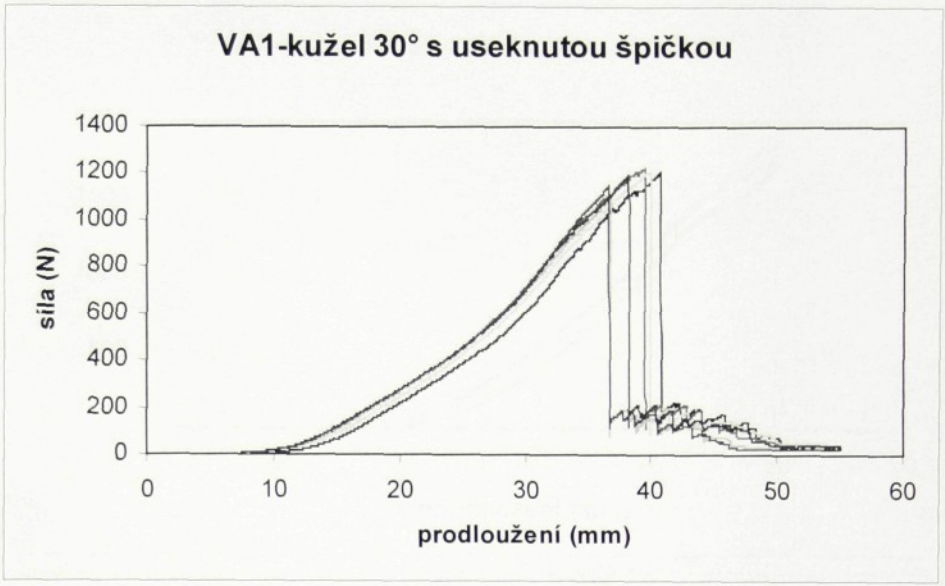
Příloha 2

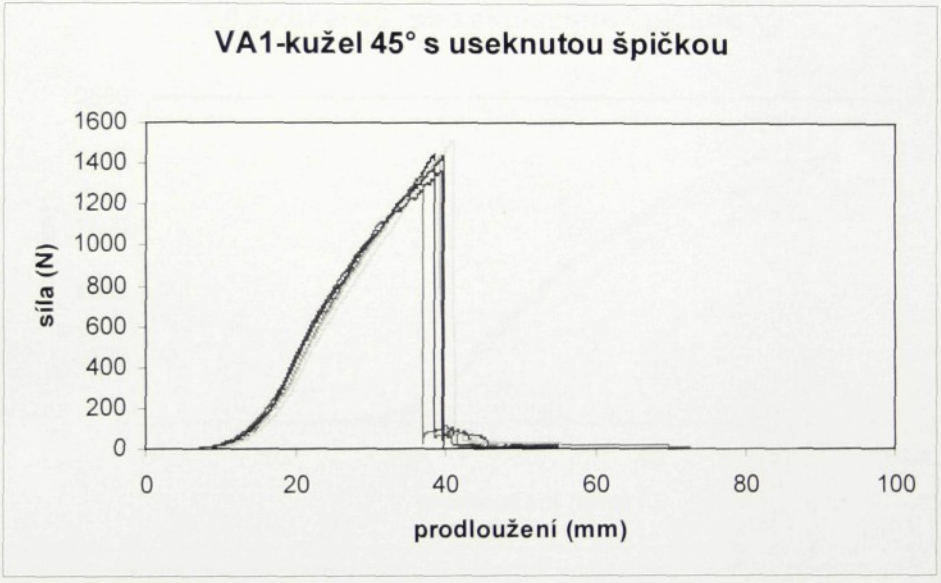
Grafy závislosti prodloužení [mm] na působící síle [N] vazeb VA1, VA2, Va3 při 3-D deformaci

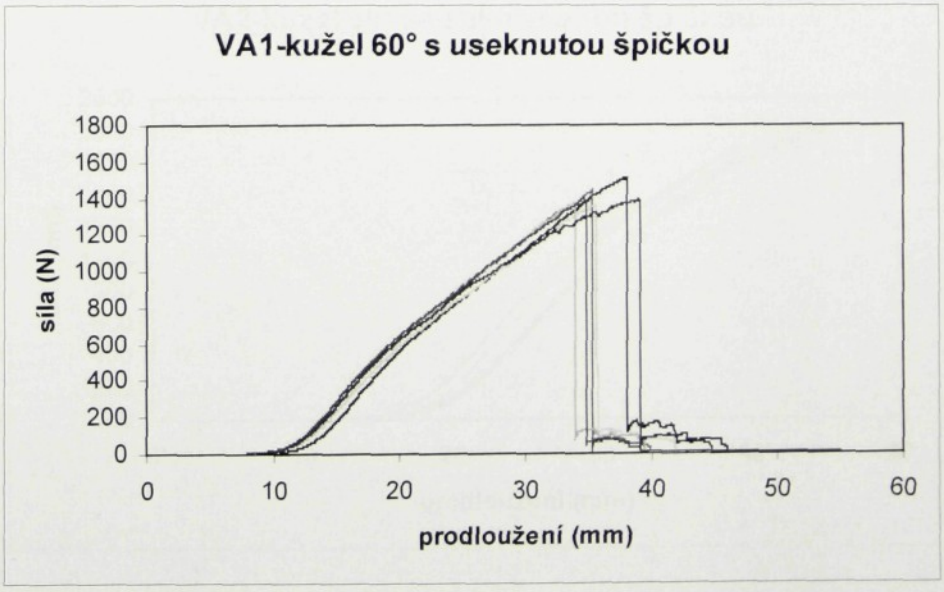


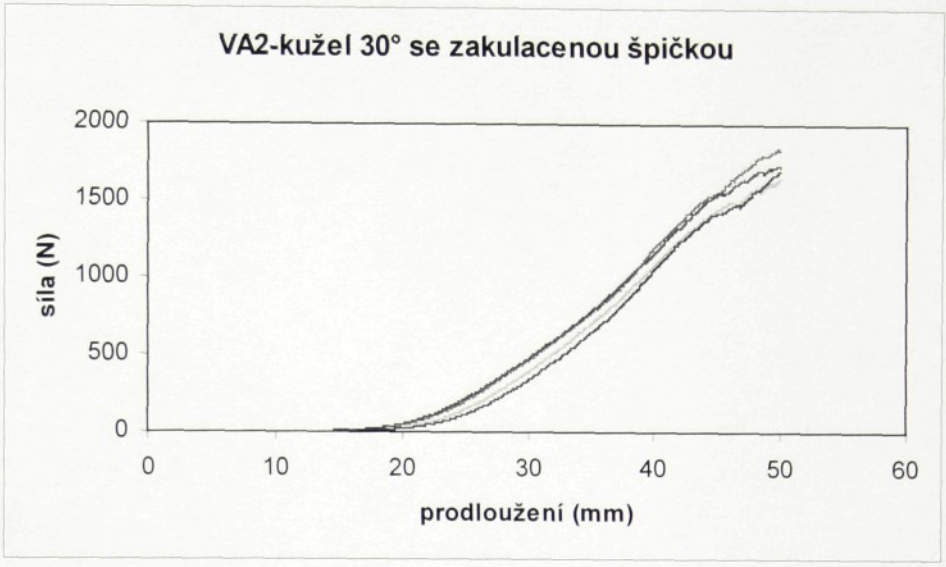


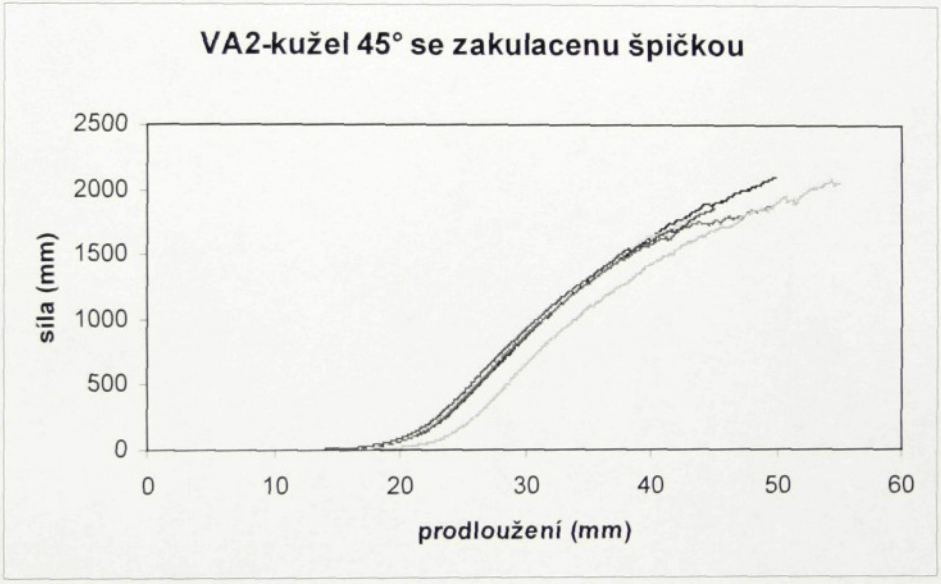


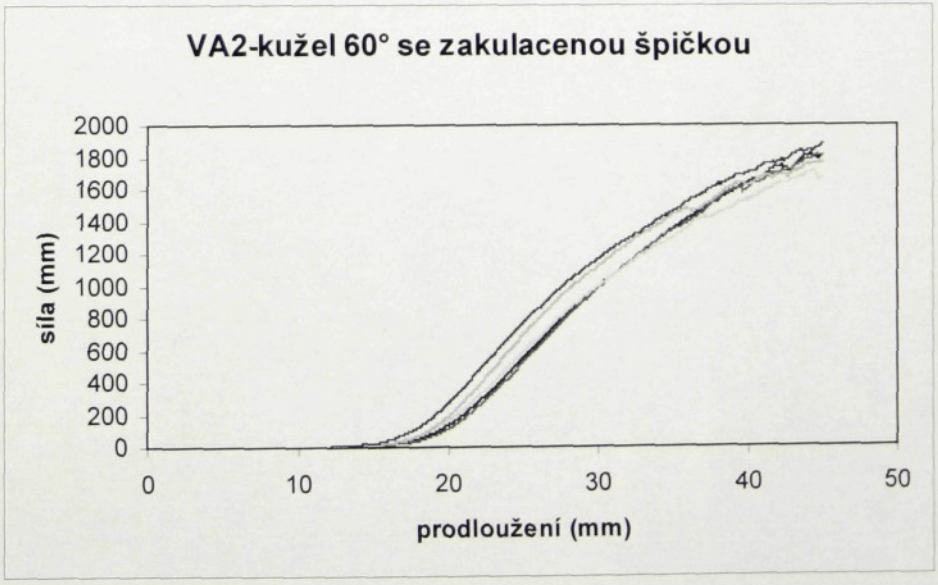

VA1-kužel 30° s useknutou špičkou
síla (N)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

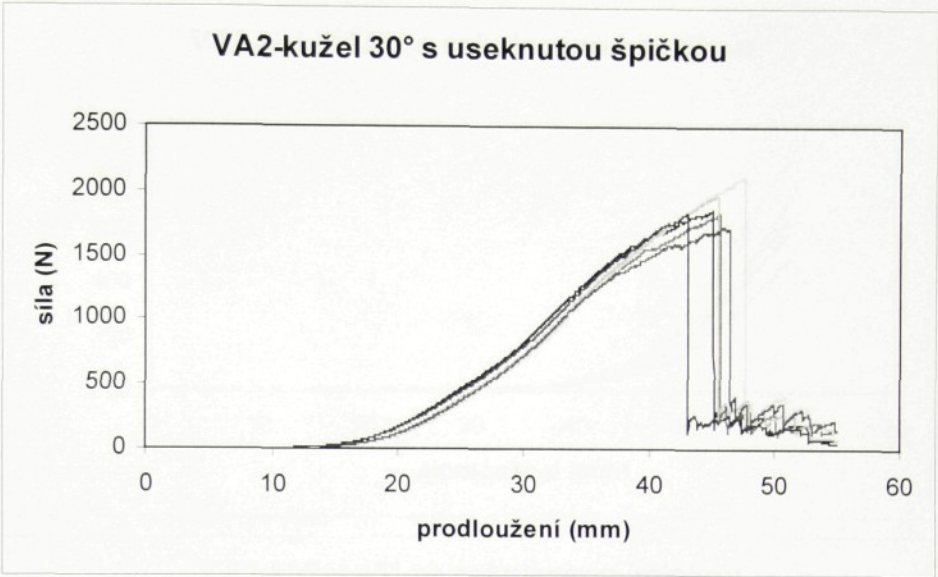

VA1-kužel 45° s useknutou špičkou
síla (N)
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
20
40
60
80
100
prodloužení (mm)

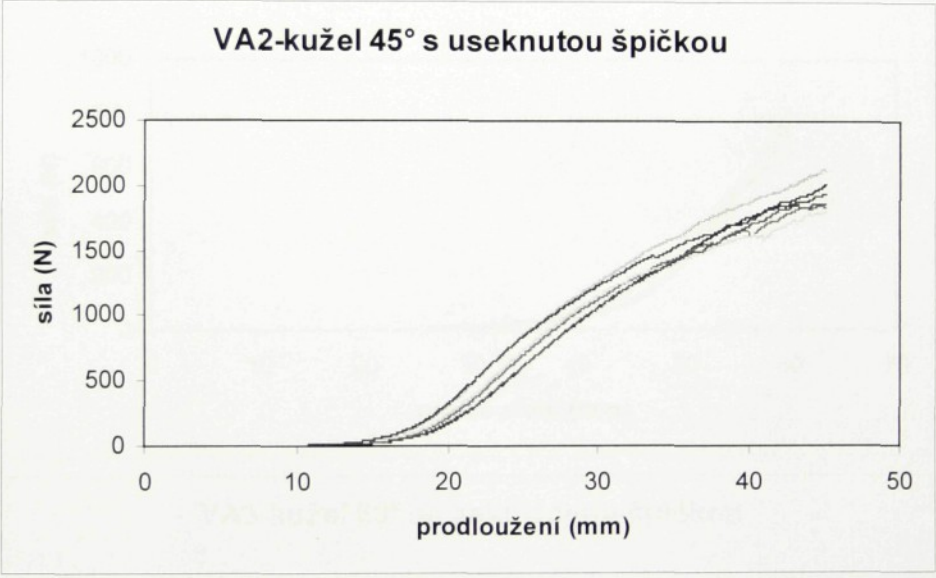

VA1-kužel 60° s useknutou špičkou
síla (N)
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

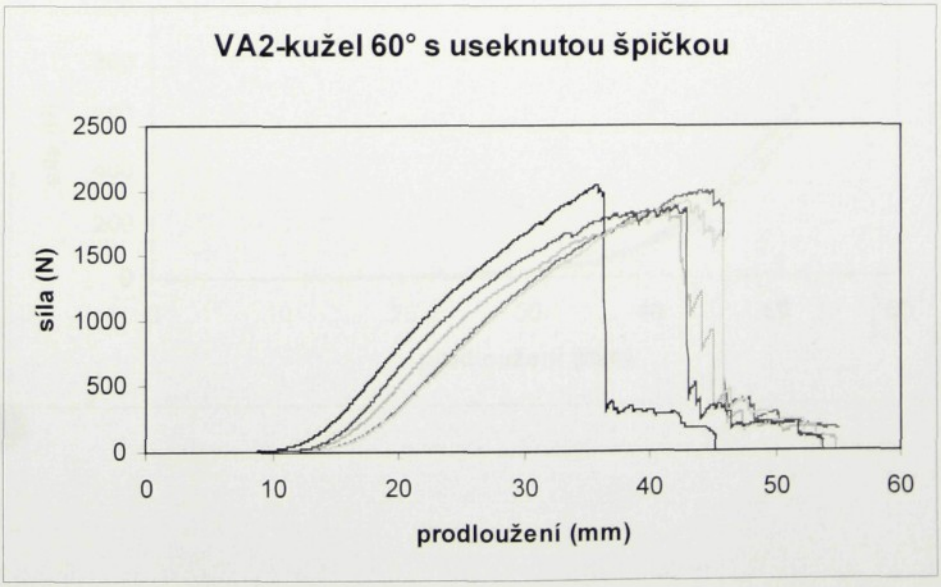

VA2-kužel 30° se zakulacenou špičkou
síla (N)
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

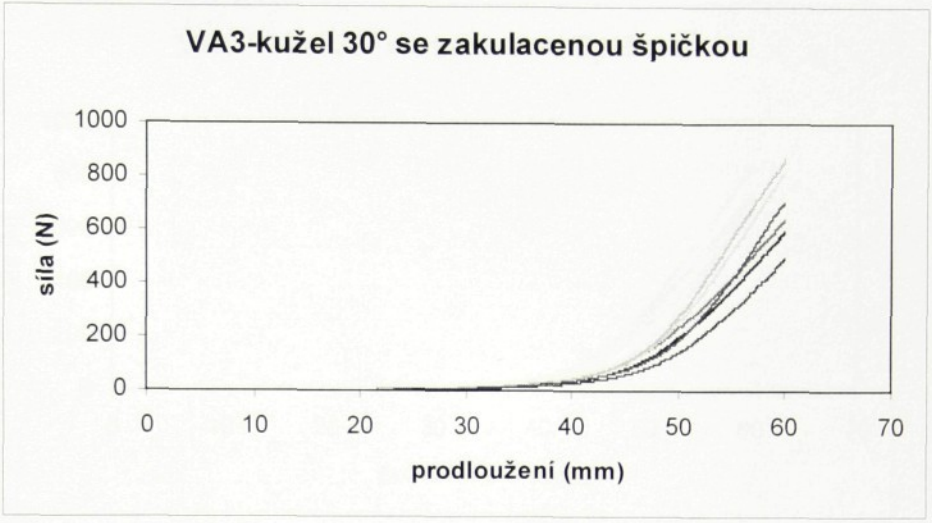

VA2-kužel 45° se zakulacenu špičkou
síla (mm)
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

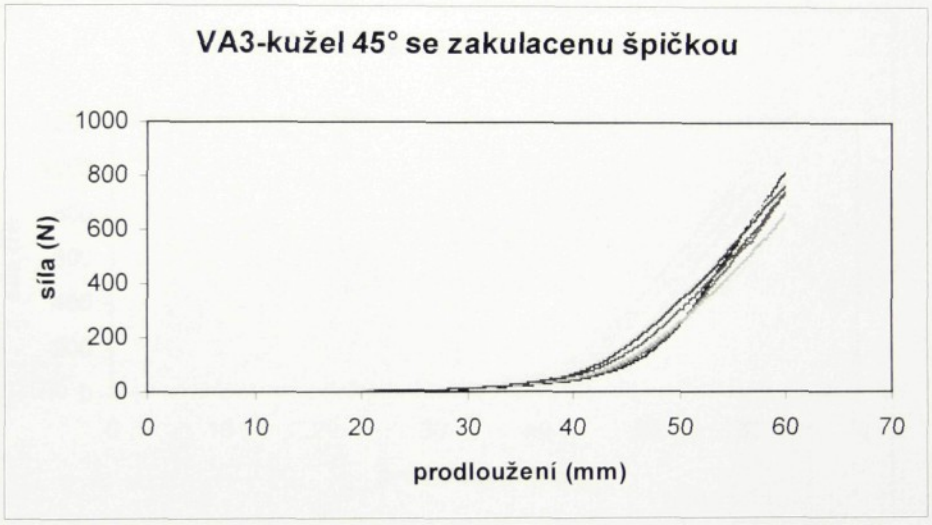

VA2-kužel 60° se zakulacenou špičkou
síla (mm)
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
prodloužení (mm)

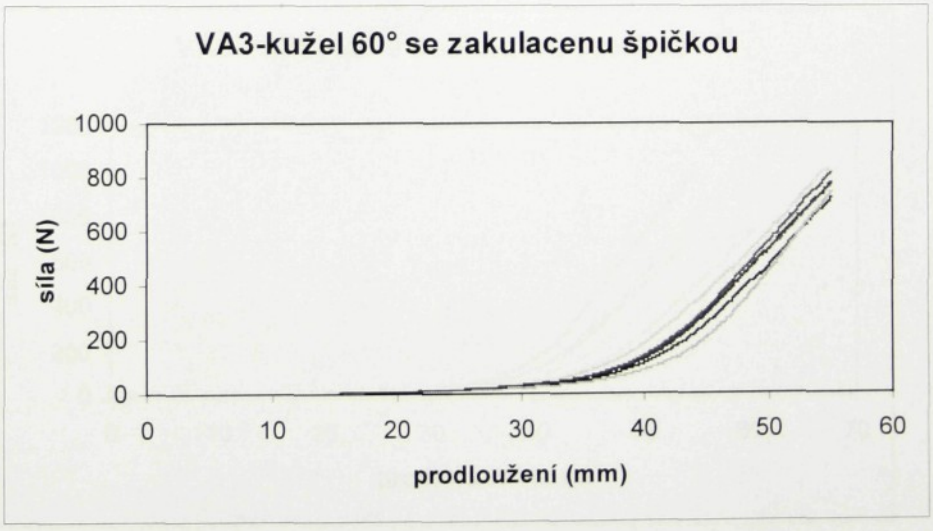

VA2-kužel 30° s useknutou špičkou
síla (N)
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

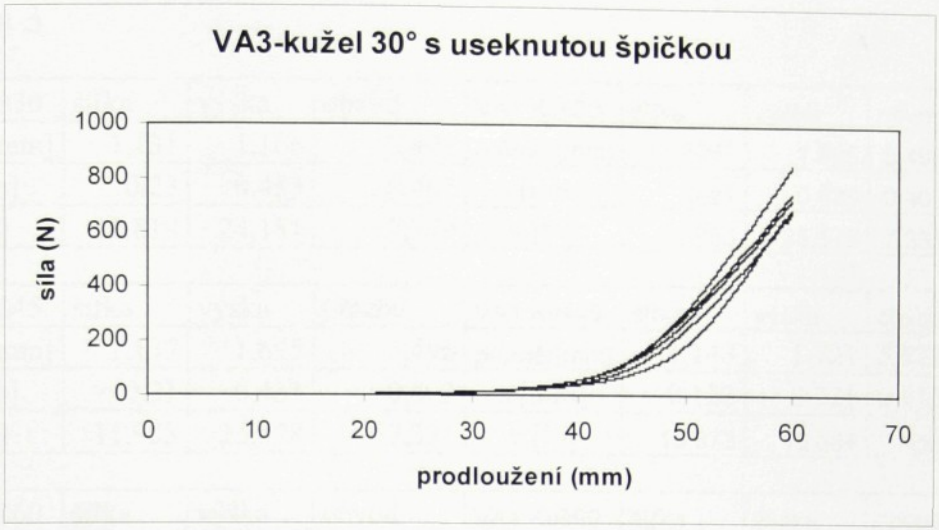

VA2-kužel 45° s useknutou špičkou
síla (N)
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
prodloužení (mm)

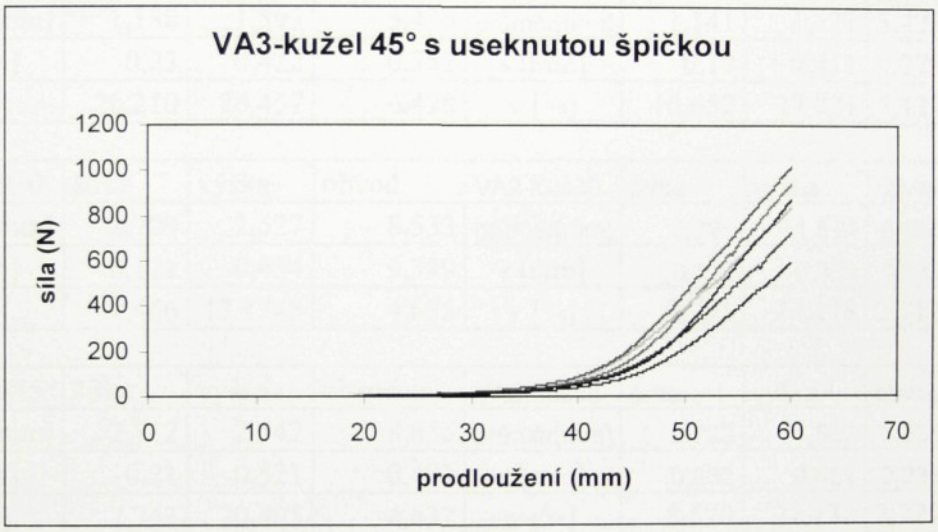

VA2-kužel 60° s useknutou špičkou
síla (N)
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)

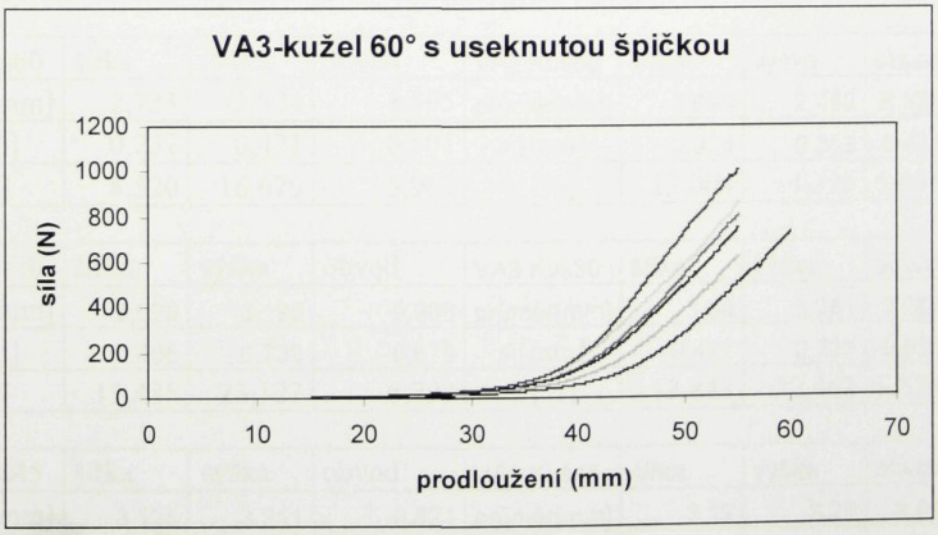

VA3-kužel 30° se zakulacenou špičkou
síla (N)
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
prodloužení (mm)


VA3-kužel 45° se zakulacenu špičkou
síla (N)
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
prodloužení (mm)


VA3-kužel 60° se zakulacenu špičkou
síla (N)
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
prodloužení (mm)


VA3-kužel 30° s useknutou špičkou
síla (N)
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
prodloužení (mm)


VA3-kužel 45° s useknutou špičkou
síla (N)
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
prodloužení (mm)


VA3-kužel 60° s useknutou špičkou
síla (N)
1200
1000
800
600
400
200
0
0
10
20
30
40
50
60
70
prodloužení (mm)

Příloha 3

VA1 Kzš30	šířka	výška	obvod	VA1 Kzš30	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	1,131	1,166	3,491	průměr[mm]	1,13757	1,695	5,496
s [mm]	0,23	0,453	0,407	s [mm]	0,21	0,433	0,403
v [%]	12,819	24,181	7,379	v [%]	11,953	25,578	7,331

VA1 Kzš45	šířka	výška	Obvod	VA1 Kuš45	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	1,137	1,695	5,496	průměr[mm]	1,143	1,721	5,523
s [mm]	0,21	0,433	0,403	s [mm]	0,122	0,325	0,412
v [%]	11,953	25,578	7,331	v [%]	10,673	18,884	7,459

VA1 Kzš60	šířka	výška	obvod	VA1 Kuš60	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	1,138	1,595	5,476	průměr[mm]	1,141	1,521	5,422
s [mm]	0,23	0,422	0,352	s [mm]	0,19	0,411	0,278
v [%]	20,210	26,457	6,428	v [%]	16,652	27,021	5,127

VA2 Kzš30	šířka	výška	obvod	VA2 Kuš30	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	2,709	2,527	8,533	průměr[mm]	2,721	1,512	8,535
s [mm]	0,121	0,434	0,399	s [mm]	0,212	0,355	0,232
v [%]	4,466	17,1745	4,675	v [%]	7,791	23,478	2,718

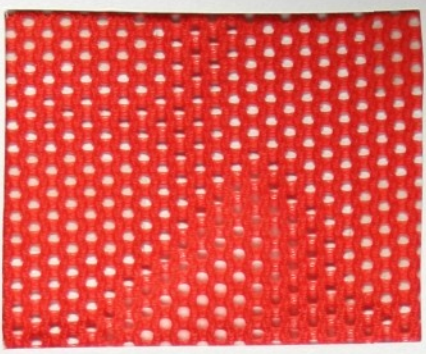
VA2 Kzš45	šířka	výška	obvod	VA2 Kuš45	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	2,712	2,542	8,656	průměr[mm]	2,723	1,852	8,535
s [mm]	0,21	0,521	0,401	s [mm]	0,232	0,421	0,233
v [%]	7,743	20,495	4,632	v [%]	8,520	22,732	2,729

VA2 Kzš60	šířka	výška	obvod	VA2 Kuš60	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	2,723	2,524	8,365	průměr[mm]	2,699	2,452	8,329
s [mm]	0,232	0,421	0,501	s [mm]	0,324	0,353	0,421
v [%]	8,520	16,679	5,989	v [%]	12,004	14,396	5,054

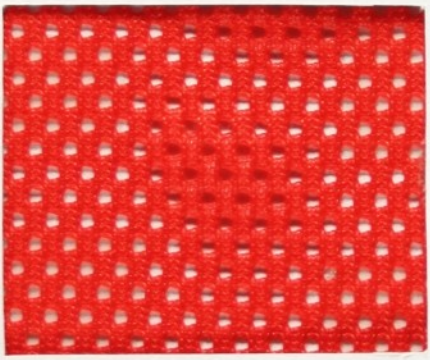
VA3 Kzš30	šířka	výška	obvod	VA3 Kuš30	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	3,039	3,196	9,986	průměr[mm]	3,04	3,281	9,989
s [mm]	0,408	0,739	0,679	s [mm]	0,421	0,737	0,563
v [%]	13,425	23,122	6,799	v [%]	13,848	22,462	5,636

VA3 Kzš45	šířka	výška	obvod	VA3 Kuš45	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	3,125	3,211	9,821	průměr[mm]	3,12	3,28	9,91
s [mm]	0,323	0,852	0,384	s [mm]	0,851	0,321	0,652
v [%]	10,336	26,533	3,909	v [%]	27,275	9,786	6,579

VA3 Kzš60	šířka	výška	obvod	VA3 Kuš60	šířka	výška	obvod
průměr[mm]	3,201	3,321	9,867	průměr[mm]	3,01	3,191	9,818
s [mm]	0,412	0,674	0,362	s [mm]	0,721	0,353	0,856
v [%]	12,871	20,295	3,668	v [%]	23,953	11,062	8,718



VA1



VA 2

VA 3