Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce
fakulta textilní

obor 31 - 12 - 8
Technologie textilu a oděvnictví
Zaměření: netkané textilie a zušlechťování
katedra netkaných textilií

Název: Analýza funkce výztužné soustavy nití
u vpichovaných textilií
KNT č. 166

Autor: Josef NETUŠIL

Vedoucí práce: Prof. Ing. Dr techn. Radko KRČMA, DrSc.

Rozsah práce a příloh:	40 - 60 stran
počet stran:	44
počet tabulek:	13
počet obrázků:	6
počet grafů:	4

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: textilní

Katedra: netkaných textilií Školní rok: 1986/87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Josefa Netušila

obor 31 - 12 - 8 Technologie textilu a oděvnictví

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Analýza funkce výztužné soustavy nití u vpichovaných textilií

Zásady pro vypracování:

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILN
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Cíl:

Objasnit vliv výztužné soustavy nití (rovnoběžně vedených a vrstvených pod různými úhly, nahodile a nuceně kladené spleti) na deformační vlastnosti vpichovaných textilií.

Postup:

1 - Shrňte dosavadní poznatky získané z literárních pramenů a předchozích diplomových prací o armování vpichovaných textilií soustavami nití.

2 - Diskutujte výsledky dosavadních prací a navrhněte experiment k objasnění vlivu různé struktury výztužných soustav nití na deformační vlastnosti vpichovaných textilií.

3 - Proveďte experimentální práce a zhodnoťte vliv struktury výztužné soustavy nití na deformační vlastnosti vpichovaných textilií.

V 65/87 T

Rozsah grafických prací: dle dohody s konzultantem

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

1/ Krčma, R.; Chrpová, E.: Stroje a mechanická technologie netkaných textilií, Skripta VŠST, Liberec, 1983.

2/ Fejgl, F.; Mrština, V.: Textilní technologie vpichování, SNTL Praha, 1982.

3/ Diplomové práce KNT VŠST Liberec.

4/ Lünenschloss: Vliesstoffe, Aachen., 1983.

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Dr techn. Radko KRČMA, DrSc.

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. 5. 1987

L. S.

Vedoucí katedry

Děkan

V Liberci dne 30. 9. 1986

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Mimoni 27. dubna 1987 Josef Netil .....

Poděkování

Děkuji vedoucímu své diplomové práce
Prof. Ing. Dr techn. Radko KRČMOVI, DrSc
za odborné vedení a všestrannou pomoc.
Dále děkuji všem pracovníkům KNT za pomoc při provádění
experimentu v poloprovozu a laboratořích KNT.
Děkuji také pracovníkům Technického oddělení rozvoje
n.p. Mitop Mimoň za pomoc a materiálové zabezpečení.

O B S A H :

		str.
1.	Úvod	7
	Seznam zkratek a symbolů	8
	Teoretická část	
2.	Technologické vpichování	10
2.1.	Princip vpichování	10
2.2.	Způsoby vpichování	11
2.3.	Armování vpichovaných textilií	12
2.3.1.	Textilie vyráběné známými způsoby	12
2.3.2.	Podkladové tkaniny	13
2.3.3.	Netkané textilie	14
2.3.4.	Podélná soustava nití	14
2.3.5.	Nuceně uložené smyčky	14
2.3.6.	Kombinované způsoby uložení nití	15
2.4.	Závislost meze pevnosti netkané textilie z hlediska teorie kompozitních materiálů	16
3.	Cíl diplomové práce	20
	Experimentální část	
4.	Príprava vzorků	21
4.1.	Vzorky bez výztuže	21
4.2.	Vzorky s výztuží	21
4.2.1.	Vzorky vyztužené podélnými nitěmi	21
4.2.2.	Vzorky vyztužené smyčkami	22
4.2.3.	Vzorky vyztužené diagonálními nitěmi	23
4.3.	Popis analyzátoru pevnosti FP 10	23
4.4.	Zkušební metody	24
4.4.1.	Pevnost v tahu	24

4.4.2. Tažnost 24
4.4.3. Pevnost v dalším trhání 24
4.4.4. CBR test 25
4.5. Použité statistické vztahy 25
5. Vypracování výsledků 26
6. Závěr 40

Seznam použité literatury 43

1. Ú v o d

Ze závěrů XVII.sjezdu KSČ vyplývá, že jedním z hlavních úkolů rozvoje celé společnosti je rozvoj a zvyšování efektivnosti průmyslové výroby. Důležité místo zaujímá i textilní průmysl. Na předním místě hospodářské politiky je rozvoj výroby chemických vláken. Je kladen důraz hlavně na snížení dovozu chemických vláken ze zahraničí, ale také na zvýšení užitné hodnoty finálních výrobků. Jedním z dalších důležitých úkolů je co nejefektivnější využívání druhotných surovin. Tento úkol umožňuje velmi dobře plnit výroba netkaných textilií.

Rozvoj lidské společnosti je charakterizován stálým růstem technické úrovně ve všech průmyslových odvětvích. Jak technické textilie pro průmysl, tak textilie pro jednorázové krátkodobé použití, vyžadují výrobu zcela netradičními způsoby. Odpadají klasické pracné operace, jako je pletení, tkaní a nastupují netradiční operace na př. impregnace, naplavování, vpichování atd.

Úkolem této diplomové práce je analýza vlivu výztužných soustav nití na pevnost vpichované textilie. Armováním netkaných textilií dochází k efektivnějšímu využití vlastností vlákenného materiálu, což odpovídá nastoupenému trendu v našem národním hospodářství.

Seznam zkratek a symbolů

M_L	lineární hmotnost kompozitu tex
M_{LR}	lineární hmotnost rouna tex
M_{LK}	lineární hmotnost kabílku tex
ε	celkové relativní prodloužení
ε_R	relativní prodloužení rouna
ε_K	relativní prodloužení kabílku
σ	celkové zatížení
σ_R	zatížení rouna
σ_K	zatížení kabílku
σ_m	mez pevnosti kompozitu
σ_{Rm}	mez pevnosti rouna
σ_{Km}	mez pevnosti kabílku
ρ_{Rs}	plošná hmotnost rouna
ρ_{Ts}	plošná hmotnost celkové textilie
ρ_{Ks}	plošná hmotnost kabílku
T	délková hmotnost
L_c	celková délka kabílku na 1 m^2
t	vzdálenost jednotlivých nití od sebe
i	počet vrstev výztuží
V_v	obvodová rychlost podávacích válečků
V_p	obvodová rychlost odváděcího pásu
S	šířka odváděcího pásu
K	počet nití
α	úhel kladení nití
F	absolutní pevnost
M	hmotnost vzorku
L	délka vzorku
σ_f	mez pevnosti vzorku
Δl	absolutní prodloužení

l_0	upínací délka
X	měřená vlastnost
n	počet naměřených hodnot
s	směrodatná odchylka
v	variační koeficient
PPs	poměrná pevnost vzorku se smyčkami
PPd	poměrná pevnost vzorku s diagonálními nitěmi
PPp	poměrná pevnost vzorku s podélnými nitěmi

TEORETICKÁ ČÁST

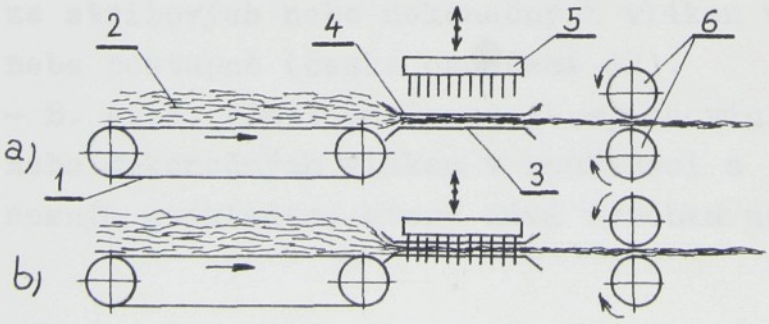
2. Technologie vpichování

Vpichování je technologie, která se v poslední době čím dále tím více uplatňuje a prosazuje. Její vývoj je silně ovlivňován strojním zařízením a surovinami používanými ke vpichování. V podstatě však zůstává stejná.

2.1. Princip vpichování

Výrobky zhotovené vpichovací technikou sestávají z vláken ve formě rouna nebo z rouna kombinovaného s podkladovou tkaninou, fólií, plstí, pleteninami, papírem nebo různým netkaným textilem. Pomocí jehel opatřených ostny nebo drážkami se vlákna rouna vzájemně proplétají a tak mechanicky zpevňují rouno. Zpevnění je docíleno množstvím speciálních jehel, které propichují rouno většinou v kolmém směru jeho povrchu. Soudržnost textilie a především z ní vyplývající pevnost, je způsobena třecími silami mezi jednotlivými vlákny. Třecí síla vzrůstá exponenciálně s úhlem obepnutí vláken a koeficientem tření. Úhel ovinu i stupeň provázání jednotlivých vláken celého útvaru souvisí s polohou vláken ve výchozí vlákenné vrstvě a s celou řadou faktorů charakterizujících samotné vlákno, výchozí vlákennou vrstvu a celý technologický proces vpichování.

Základní princip je patrný z obr. 1.



obr. 1
Princip vpichování
a) před vpichem
b) po vpichu

1) podávací pás, 2) vlákenné rouno, 3) opěrný rošt, 4) stírací rošt, 5) jehelní deska, 6) odváděcí válec

Podávací pás 1 přivádí vlákenné rouno 2 do jehelního pole, které tvoří opěrný rošt 3, stírací rošt 4 a jehelní deska 5. Opěrný rošt podpírá vlákenné rouno během vpichování a při jeho dopravě. Stírací rošt je umístěn nad opěrným roštem a tvoří horní omezující orgán pro vlákennou vrstvu, kterou snímá z jehel při výstupu jehelní desky z materiálu. Jehelní deska je uchycená na nosníku a vykonává vratný pohyb ve vertikálním směru. Při pohybu dolů se provádí vlastní vpichování a při pohybu nahoru se snímá vlákenný útvar z jehel, potom se vlákenný útvar posune o zvolenou délku. Tento posun zajišťují na výstupu ze stroje odváděcí válce 6, které protahují zpevňovaný útvar mezi opěrným a stíracím roštem. Obvodová rychlost podávacího pásu se nastavuje podle protažení vlákenného útvaru v jehelním poli. Intenzita vpichování záleží na druhu vpichovací jehly, měrném počtu vpichů na cm^2 a hloubce vpichu, tzn. vzdálenosti hrotu nebo prvního ostnu jehly (při nejnižší poloze jehel) od povrchu opěrného roštu.

2.2. Způsoby vpichování

Způsoby vpichování se člení podle použitých textilních prvků a podle konstrukce vpichovacích strojů. Členění podle použitých textilních prvků je starší, používá se při něm anglické označování. Vlastní způsoby se přitom dělí na tři základní skupiny:

- N.F. (Needled Felt) je vpichování pouze samotného rouna ze střižových nebo nekonečných vláken vrstveného jednorázově nebo postupně (české označení SR).
- B. o. B. (Batt on Base) je vpichování roun ze střižových nebo nekonečných vláken v kombinaci s jiným prvkem, převážně nosným podkladem, který dává výrobku některé požadované

vlastnosti nebo usnadňuje proces vpichování. Jiným prvkem může být tkanina, pletenina, netkaná textilie, příze, přást, papír, fólie, pěna z plastu a další útvary, které se kladou pod rouno, mezi dvě rouna nebo mezi více vrstev rouna (české označení RP)

- N.R. (Needled Reinforced) je vpichování vyčesaného vlasu z tkaniny, pleteniny nebo jiného zpevněného útvaru (české označení VT).

V důsledku rozvoje vpichovacích strojů je aktuálnější rozdělení způsobů vpichování podle strojně technologického principu. Jsou to:
- kolmé vpichování s rovinnými rošty
- šikmé vpichování
- kombinované vpichování s válcovými rošty
- ostatní způsoby [2]

2.3. Armování vpichovaných textilií

Vpichované textilie pro zajištění fyzikálněmechanických vlastností musí být armovány. Způsob armování je závislý na požadovaných funkčních vlastnostech a na účelu použití vpichovaných textilií, např. papírenských plstěnců, textilií pro stavebnictví, filtračních textilií, metrových vpichovaných plstí apod.

Pevnost vpichované textilie se značně ovlivní (zvýší) vpichováním rouna do nosné podložky. V poslední době se s úspěchem používá soustava výztužných nití. Jejich vliv na deformační vlastnosti má za úkol analyzovat tato práce.

2.3.1. Textilie vyráběné známými způsoby

- Textilie bez armovacích prvků

mají nízkou podélnou i příčnou pevnost a nedostatečné deformační vlastnosti ve vertikálním směru.

- Textilie s podkladovou tkaninou nebo textilií
mají dobrou podélnou i příčnou pevnost a rozměrovou stálost, avšak nedostatečnou deformační vlastnost v příčném a vertikálním směru.
- Textilie se spletí armovacích nití
má nahodilé rozložení armovacích nití ve formě spleti, a proto nezaručuje rovnoměrné pevnostní parametry. Má nestejnoměrné deformační vlastnosti ve všech směrech.
- Textilie se spletí armovacích nití v kombinaci s podélně uloženými nitěmi
mají dobré pevnostní parametry v podélném směru, ovšem nedostatečné a nestejnoměrné deformační vlastnosti ve všech ostatních směrech.
- Textilie s armovacími nitěmi ve tvaru pravidelných smyček
vykazují dobré pevnostní a deformační vlastnosti v podélném a příčném směru. Deformační schopnost ve vertikálním směru je nedostatečná. [7]

2.3.2. Podkladové tkaniny

Nejrozšířenější a nejznámější způsob armování vpichovaných textilií je pomocí podkladových tkanin. Společná nevýhoda podkladových tkanin je jejich komplikovaná a náročná příprava a v řadě případů užití i pasivní funkce pro některé rozhodující vlastnosti vpichované textilie. Podkladové tkaniny zajišťují požadované pevnosti a tažnosti výrobku, nepodílejí se však účinným způsobem např. na propustnosti vzduchu nebo kapalin a v některých případech, např. u papírenských plstěnců, je podkladová tkanina příčinou rychlého zanášení vpichované textilie nečistotami a limitujícím prvkem životnosti.

2.3.3. Netkané textilie

Pro některé účely použití bývá volena a je známa aplikace netkaných textilií jako armovacího prvku. Záleží na vlastnostech použití netkané textilie. Jak dalece se podaří splnit požadované fyzikálněmechanické parametry a současně další funkční vlastnosti vpichované textilie. Společnou nevýhodou tohoto způsobu armování je nutnost samostatné přípravy armovací netkané textilie.

2.3.4. Podélná soustava nití

Nevýhodou tohoto způsobu armování je nedostatečná pevnost textilie v příčném směru.

Částečné odstranění této nevýhody řeší další známý způsob armování, kdy se na podélně orientovanou soustavu nití ukládají v příčném směru armovací nitě ve tvaru nahodile uložených smyček. Nevýhodou tohoto řešení je nahodilé uložení armovacích nití v příčném směru a z toho plynoucí nestejnoměrné fyzikálněmechanické vlastnosti. Tato textilie však splňuje jiné požadavky na ni kladené.

2.3.5. Nuceně uložené smyčky

Dále je známý způsob armování vpichovaných textilií pomocí řízeně uložených vzájemně se překrývajících smyček nití. Nevýhoda tohoto řešení spočívá v tom, že je potřeba poměrně komplikovaného zařízení na řízené kladení smyček a poměrně značná deformační schopnost smyček při pevnostním namáhání ve vztahu ke geometrii uložení smyček a počtu vazných bodů v místech překřížení nití. Tuto technologii není možno využít při výrobě širokých papírenských plstěnců. [8]

2.3.6. Kombinované způsoby uložení nití

Podle francouzského patentu je známý způsob zpevnění netkané textilie podélnými a diagonálními nitěmi, spočívající v tom, že diagonální nitě se kladou kolem textilního útvaru pomocí cívek upevněných na nekonečném řetězu, obíhajícím kolem dvou ozubených kol a kolem textilie. Nevýhodou tohoto systému je komplikované kladecí zařízení a kladení zpevňovacích diagonálních nití na povrch netkané textilie.

Dále je známé vytváření armovací soustavy nití z podélně orientované soustavy nití, na kterou se kladou příčně orientované nitě a v místě překřížení obou soustav jsou nitě spojeny pojivou hmotou. Nevýhodou tohoto řešení je potřeba vytvoření samostatné netkané textilie ve tvaru mřížky a její náročná příprava vyžadující samostatné výrobní zařízení.

Dále je známa metoda, kdy se textilie armuje v podélném směru soustavou podélných nití a v příčném směru soustavou šikmo uložených nití.

Jedním z nejnovějších způsobů, který řeší armování vpichované textilie v obou směrech je následující uložení nití. Nitě v příčném směru jsou přiváděny v pásu a asymetricky ukládány na kontinuelně přiváděnou vlákennou vrstvu a s touto vrstvou jsou dále kladeny na soustavu podélných nití.

Z patentového spisu USA je známa netkaná textilie zpevněná nitěmi kladenými mezi dvě vlákenné vrstvy tak, že vytvářejí soustavu vlnitě uložených nití, kde vlny sousedních nití se vzájemně překrývají. Také tato niťová soustava nezajišťuje stejné fyzikálněmechanické vlastnosti textilie v jejím podélném, příčném i šikmém směru. [6]

2.4. Závislost meze pevnosti netkané textilie z hlediska teorie kompozitních materiálů

Závislost meze pevnosti na zastoupení jednotlivých konstituentů. Obecnou vlastností kompozitů je vysoká měrná hodnota jejich vlastností, t.j. hodnota vybrané vlastnosti připadající na jednotku hmotnosti kompozitu. Vlastnosti kompozitů nejsou pouhým složením vlastností jednotlivých konstituentů, ale závislosti mají různé průběhy. Důležité je, že tyto závislosti nemusí být a nejsou monotonní. Příčiny této změny musíme hledat ve struktuře kompozitu a ve funkci a významu rozhraní mezi konstituenty. Vlastnosti jsou ovlivňovány anizotropií, což je různé chování v různých směrech. Nehomogenností, což je různé chování v různých místech. Vazbou rozhraní konstituentů, chováním jednotlivých konstituentů (mechanickým). Zastoupením jednotlivých konstituentů

$$\frac{M_{Li}}{M_L} .$$

Směrem a způsobem zatěžování kompozitního materiálu.

Představíme si naše vazby jako kompozitní materiály. Rouno je matrice a kabílek je výztuž. Předpokládáme, že rouno i kabílek se deformují stejně až do porušení

$$\varepsilon_R = \varepsilon_K = \varepsilon \qquad /1/$$

Zatížení se rozloží mezi obě složky.

$$\sigma M_L = \sigma_R M_{LR} + \sigma_K M_{LK} \qquad /2/$$

Musí platit $M_{LK} + M_{LR} = M_L$ /3/

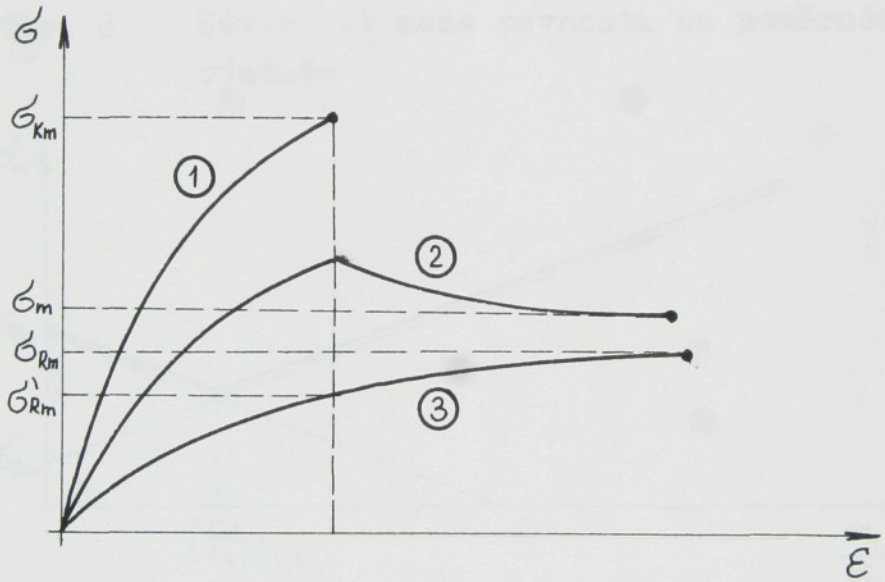
My hledáme závislost meze pevnosti netkané textilie σ_m na zastoupení obsahu výztužních nití v rounu.

Rovnice /2/ musí platit i v okamžiku porušení materiálu (oblasti meze pevnosti). Řešíme soustavu rovnic /2/, /3/. Za účelem najít vztah:

$$\sigma_m = \sigma_{Km} \cdot \frac{M_{LK}}{M_L} + \sigma'_{Rm} \cdot \frac{M_{LR}}{M_L} = \sigma_{Km} \cdot \frac{M_{LK}}{M_L} + \sigma_{Rm} \cdot \left(1 - \frac{M_{LK}}{M_L}\right) \qquad /4/$$

σ_m, σ_{Km} a σ'_{Rm} jsou patrny z obr 2.

Obr. 2 Deformační křivky



① Deformační křivka samotného kabílku
② Deformační křivka vyztužené textilie (kompozitu)
③ Deformační křivka samotného rouna

Musíme se však zamyslet nad použitelností rovnice /4/. Tato rovnice má omezenou platnost ve vztahu k zastoupení

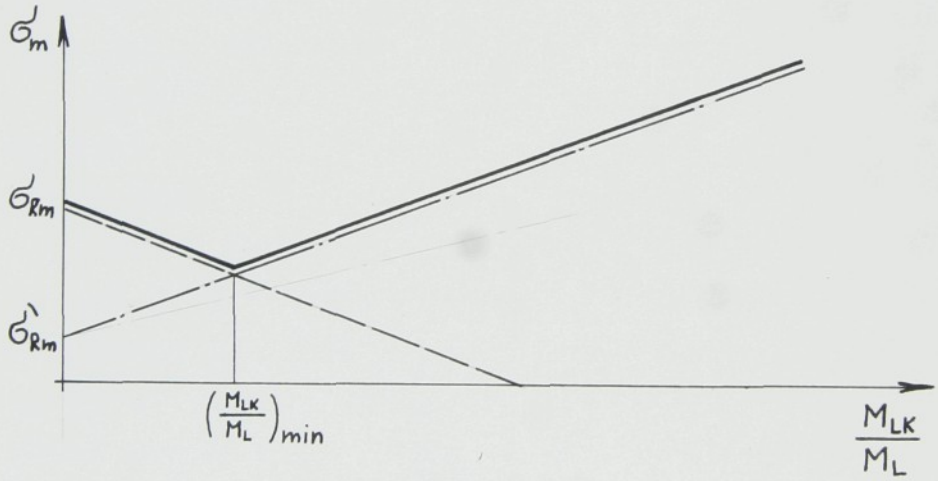
$$\frac{M_{LK}}{M_L} .$$

Malé množství kabílku vede k rychlému natažení do maxima. Kompozit se řídí vlastnostmi rouna. Tudíž musíme opravit rovnici /4/.

$$\sigma_m = \sigma_{Rm} \left(1 - \frac{M_{LK}}{M_L} \right) \qquad /5/$$

Obě rovnice /4/ i /5/ lze vyjádřit graficky viz obr. 3.

Obr. 3 Závislost meze pevnosti na poměrném zastoupení výztuže



—·— - graf rovnice /4/

— — — - graf rovnice /5/

——— - graf závislosti meze pevnosti na poměrném zastoupení výztuže v kompozitu

Z průběhu funkce závislosti meze pevnosti na poměrném zastoupení výztuže v kompozitu vyplývá, že mez pevnosti zpočátku klesá a od určitého bodu $\left(\frac{M_{LK}}{M_L}\right)_{min}$ roste.

Tento bod lze vypočítat z rovnic /4/ a /5/.

$$\left(\frac{M_{LK}}{M_L}\right)_{min} = \frac{\sigma'_{Rm} - \sigma_{Rm}}{\sigma_{Rm} - \sigma_{Km} + \sigma'_{Rm}} \qquad [4]$$

3. Cíl diplomové práce

Předchozí diplomové práce se týkaly objasnění vlivu procentuálního zastoupení armovacích nití ve vpichované textilii. Docházely tedy k závislosti pevnosti na hmotnostním obsahu výztužních prvků, jejíž teorií jsem se zabýval v kapitole 2.4..

Cílem této diplomové práce je analyzovat vliv výztužné soustavy nití na deformační vlastnosti vpichované textilie. Za konstantních podmínek budu analyzovat vliv geometrického uspořádání výztuže na pevnost v tahu, tažnost, pevnost v dalším trhání a CBR test, což je pevnost v protlaku podle normy DIN.

Tyto zkoušky by mi měly ukázat jaká z navržených geometrií výztuží lépe odstraní anizotropii, což je různé chování v jednotlivých směrech. V jakém směru se daná výztuž nejvíce projeví. Jaké uložení armovacích nití vede k celkovému nejlepšímu zpevnění atd.

Výztuže budu ukládat jako náhodně uložené smyčky, podélné a diagonální nitě. Vše budu porovnávat se vzorkem bez výztuže.

Podle výsledku minulých diplomových prací jsem se ve své práci zaměřil na oblast, kdy výztuž zaujímá 10 % z celkové hmotnosti rouna. Tato oblast mi připadá jako nejatraktivnější pro využití v budoucnosti, co se týče nízké energetické i materiálové náročnosti, která je zároveň vyvážena lepšími technickými vlastnostmi hotové textilie.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4. Příprava vzorků

4.1. Vzorky bez výztuže

K výrobě rouna byla použita POP vlákna o délkové hmotnosti 1,7 dtex. Na příčném kladeči a předvpichovce bylo připraveno rouno o plošné hmotnosti $\rho_{Rs} = 425\ g/m^2$. Přeložením napůl a vpícháním 250 vpichů na cm^2 a hloubce vpichu 15 mm vznikne vzorek o plošné hmotnosti $\rho_{Ts} = 850\ g/m^2$.

4.2. Vzorky s výztuží

Rouno je tvořeno jako v předchozím případě. Výztuž se vkládá mezi dvě vrstvy. Procentuální zastoupení výztužních nití s hmotností rouna bude 10 %. To znamená, že budeme přidávat na 1 m^2 85 g výztužné niti. ($\rho_{Ks} = 85\ g/m^2$).
K dispozici máme POP kabílek o délkové hmotnosti T = 400 tex. Z toho plyne, že celková délka kabílku připadajícího na 1 m^2 bude

$$L_c = \frac{\rho_{Ks}}{T} \cdot 10^3 = 212{,}5\ m/m^2$$

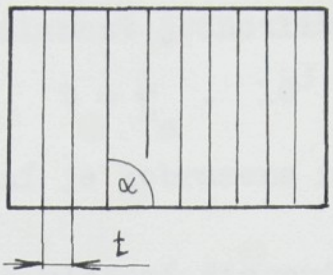
4.2.1. Vzorky vyztužené podélnými nitěmi

Nitě byly kladeny podélně ($\alpha = 90^o$) v jedné vrstvě (i=1). Vzdálenost jednotlivých nití od sebe byla

$$t = \frac{i}{Lc} \cdot 10^3 = 5mm\ .$$

Geometrické uspořádání je zobrazeno na obr. 4. [5]

Obr. 4. Geometrie uložení podélných nití



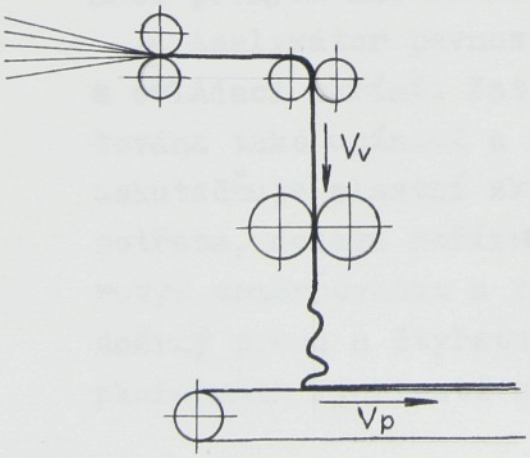
4.2.2. Vzorky vyztužené smyčkami

Smyčky byly tvořeny na spleťostroji, ukládány na rouno v šíři S = 0,5 m a počet nití, z kterých se smyčky tvořily byl K = 10. Poměr rychlostí odváděcího pásu a podávacích válečků vypočítáme ze vztahu

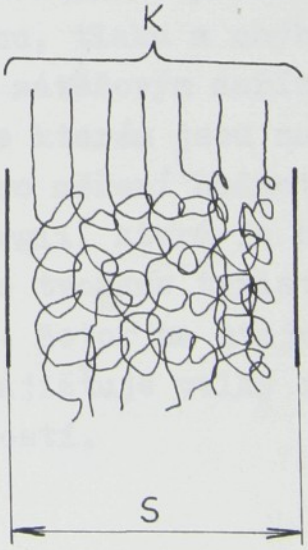
$$V_v = \frac{L_c . S}{K} . V_p$$

Schéma spleťostroje a uložení smyček je zobrazeno na obr. 5. [1]

Obr. 5 a Princip mechanické tvorby spleti



Obr. 5 b Geometrie uložení smyček



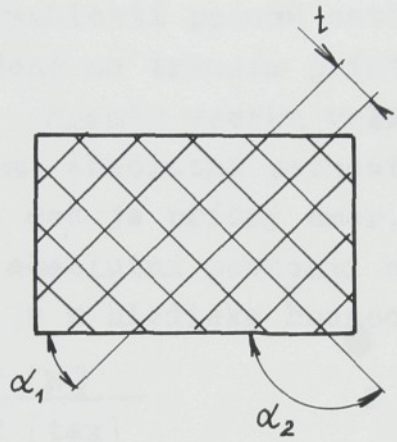
4.2.3. Vzorky vyztužené diagonálními nitěmi

Nitě byly kladeny ve dvou vrstvách pod úhly $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 135^\circ$. Vzdálenost jednotlivých nití byla

$$t = \frac{i}{L_c} \cdot 10^3 = 10 \text{ mm}$$

Geometrie uložení je zobrazena na obr. 6. [5]

Obr. 6 Geometrie uložení diagonálních nití



4.3. Popis analyzátoru pevnosti FP 10

Všechny zkoušky budou prováděny na analyzátoru pevnosti FP 10, kterým je možno zkoušet pevnost a odolnost proti deformaci pevných materiálů při namáhání v tahu, tlaku a ohýbání.

Analyzátor pevnosti FP 10 je tvořen zátěžovým zařízením a ovládací skříní. Zatěžovací zařízení, ve kterém jsou namontována také upínací a snímací zařízení pro měření hodnot, uskutečňuje vlastní zkušební proces. Energii, která je k tomu potřeba, dodává zařízení pohonu, které je tvořeno tyristorovým usměrňovačem a regulačním ústrojím. Motor na stejnosměrný proud a čtyřstupňová převodovka zajišťuje velký rozsah zkušebních rychlostí s vysokou konstantností.

4.4. Zkušební metody

Všechny zkušební metody, které budou použity vycházejí z ČSN. Vyjímku tvoří rozměry vzorku. V našem případě musí být použito větších vzorků,aby byl postižen vliv geometrie struktury.

4.4.1. Pevnost v tahu

Podle ČSN 80 0812 se tato zkouška provádí na dynamometru s konstantní rychlostí posunu zatěžovací čelisti. Z trhací zkoušky provedené na trhacím přístroji se zjistí absolutní pevnost F [N] . Rozměr vzorku volíme 150x250 mm. Upínací délka je 200 mm. Absolutní pevnost zjišťujeme v pěti různých směrech od 0°, což je příčný směr, až po 90°, což je podélný směr. Hodnoty absolutní pevnosti se přepočtou na délkovou hmotnost, což je z hlediska hodnocení výhodnější.

$$\sigma_f = \frac{F\,[N]}{T\,[tex]} \qquad T = \frac{M\,[g]}{L\,[m]} \cdot 10^3\ [tex]$$

4.4.2. Tažnost

Tažnost je podle všech norem definována poměrem přírůstku vzdálenosti čelistí v okamžiku přetrhu a původní vzdáleností čelistí (upínací délky). Je vyjádřena v %. Přírůstek vzdálenosti čelistí se zjišťuje na dynamometru současně s pevností v tahu. [12]

$$\varepsilon = \frac{\Delta l\,[m]}{l_o\,[m]} \cdot 10^2\ [\%]$$

4.4.3. Pevnost v dalším trhání

Zkouška se provádí podle ČSN 80 0829. Vyjadřuje sílu, která je potřebná k roztržení nastřiženého vzorku textilie

ve směru nastřižení. Udává se v N . Zkouší se 5 vzorků v příčném a 5 v podélném směru. Rozměr vzorku byl v našem případě 250x150 mm. Hodnoty absolutní pevnosti se přepočtou na délkovou hmotnost, což je z hlediska hodnocení výhodnější. Zkouška se vyhodnocuje z grafického záznamu. Síla F se stanoví na základě přetrhu části zkušebního vzorku na délce přibližně 50 mm, aby měl grafický záznam křivky alespoň 15 vrcholů, při čemž 2 počáteční vrcholy se při vyhodnocení zkoušky neberou v úvahu.

Výsledná síla F je dána aritmetickým průměrem všech maximálních hodnot síly (t.j. hodnot všech po sobě jdoucích vrcholových bodů grafického záznamu), zjištěných u 5 zkušebních vzorků. [11]

4.4.4. CBR test

Pro hodnocení vpichovaných textilií se v současné době používá jako směrodatný CBR test dle normy DIN 54 307. Název byl odvozen z podobnosti se zkouškami poměru únosnosti zemin (CBR) v silničním stavitelství prováděnými dle ČSN 72 1016. Při zkoušce je vzorek sevřen do vroubkovaných mezikružních čelistí s menším průměrem 150 mm. Uprostřed tlačí kolmo na geotextilii píst o průměru 50 mm konstantní rychlostí přibližně 50 mm za minutu. Zaznamenává se závislost síly, působící na píst při různém jeho zatlačení, které bývá udáváno v mm. Maximální dosažená síla v kN při porušení je CBR. [9]

4.5. Použité statistické vztahy

Pro jednotlivé zkoušky se výsledné hodnoty vyhodnocují statistickými metodami. Měřená vlastnost X se vyjádří aritmetickým průměrem $\overline{X}$ z n naměřených hodnot.

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} X_j$$

Směrodatná odchylka se počítá jako odmocnina z rozptylu náhodné veličiny X.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n} (\overline{X} - X_j)^2}$$

Variační koeficient se spočítá jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru.

$$v = \frac{s}{\overline{X}} \cdot 10^2 \; [\%]$$

5. Vypracování výsledků

Všechny naměřené hodnoty se vyhodnotí statisticky a zanesou do tabulek. U zkoušky pevnosti v tahu se navíc sestrojí polární diagramy závislosti pevnosti na směru.

Plocha grafu bude sloužit jako poměrná velikost pevnosti v tahu ve všech směrech. Za základ se použije plocha polárního diagramu vzorku bez výztuže, jejíž hodnotou se podělí plochy polárních diagramů vzorků s jednotlivými výztužemi. Výsledek se uvede v %.

tab. 1.1. Meze pevnosti vzorků bez výztuží

	Meze pevnosti v tahu $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]					v dalším trhání $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]	
č. \ i [°]	0	22,5	45	67,5	90	0	90
1.	57,46	55,10	53,02	40,78	42,51	2,26	2,45
2.	57,50	42,22	43,32	43,15	40,00	1,95	3,34
3.	56,76	52,81	40,63	44,81	44,58	2,31	3,15
4.	56,83	48,39	44,38	42,56	41,38	2,26	2,74
5.	57,66	52,76	46,54	43,28	42,85	2,05	3,01
$\bar{\sigma}_{fi}$	57,24	50,26	45,58	42,92	42,26	2,17	2,94
s_i	0,42	5,11	4,67	1,46	1,71	0,16	0,35
v_i [%]	0,73%	10,17%	10,25%	3,40%	4,05%	7,37%	11,90%

tab. 1.2. Tažnost vzorků bez výztuží

	Tažnost ε_i[%]				
č \ i[°]	0	22,5	45	67,5	90
1.	89,0	60,0	77,5	61,5	70,0
2.	78,0	71,0	57,5	66,0	67,5
3.	87,0	75,0	52,5	69,5	69,0
4.	81,0	73,0	66,0	78,0	66,0
5.	83,0	69,0	60,5	68,0	72,0
$\bar{\varepsilon}_i$	83,6	69,6	62,8	68,6	68,9
s_i	4,4	5,8	9,6	6,1	2,3
v_i[%]	5,3%	8,3%	15,3%	8,9%	3,3%

tab. 1.3. CBR test vzorků bez výztuží

	1	2	3	4	5	$\bar{F}$	s	v[%]
F [kN]	7,80	7,30	6,60	6,90	6,80	7,08	0,48	6,76

tab. 2.1. Meze pevnosti vzorků vyztužených smyčkami

	Meze pevnosti v tahu $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]					v dalším trhání $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]	
č. \ i[°]	0	22,5	45	67,5	90	0	90
1.	66,18	60,41	42,73	39,24	44,64	3,85	3,07
2.	68,53	49,21	48,68	46,03	46,08	3,10	3,09
3.	65,00	52,94	45,10	43,65	39,51	3,50	3,57
4.	67,92	51,72	44,63	41,26	45,72	3,45	2,96
5.	65,32	58,04	47,24	43,54	42,36	3,64	3,24
$\bar{\sigma}_{fi}$	66,59	54,46	45,68	42,74	43,66	3,51	3,19
s_i	1,57	4,63	5,39	2,59	2,74	0,28	0,24
v_i [%]	2,36%	8,50%	11,80%	6,06%	6,28%	7,98%	7,52%

tab. 2.2. Tažnost vzorků vyztužených smyčkami

	Tažnost ε_i[%]				
č \ i [°]	0	22,5	45	67,5	90
1.	74,5	49,0	65,0	70,5	43,0
2.	78,0	61,5	67,5	57,5	52,0
3.	69,0	63,0	48,0	66,0	60,0
4.	62,0	57,5	56,5	64,0	59,0
5.	75,5	47,5	62,5	55,0	47,0
$\overline{\varepsilon}_i$	71,8	55,7	59,9	62,6	52,2
s_i	6,4	7,1	7,8	6,3	7,4
v_i[%]	8,9%	12,7%	13,0%	10,1%	14,2%

tab. 2.3. CBR test vzorků vyztužených smyčkami

	1	2	3	4	5	$\overline{F}$	s	v[%]
F [kN]	9,00	7,85	7,50	8,30	7,60	8,05	0,61	7,58

tab. 3.1. Meze pevnosti vzorků vyztužených diagonálními nitěmi

	Meze pevnosti v tahu $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]					v dalším trhání $\sigma_{fi} \cdot 10^{-3}$ [N.tex^{-1}]	
č. \ i[°]	0	22,5	45	67,5	90	0	90
1.	64,24	50,64	51,13	43,81	51,55	2,95	3,16
2.	62,15	51,64	48,43	50,55	55,55	3,08	3,76
3.	59,82	49,78	52,56	44,38	53,32	2,85	3,25
4.	63,46	48,52	49,12	49,58	56,28	3,12	3,38
5.	66,52	54,86	48,27	51,13	55,39	3,21	3,62
$\bar{\sigma}_{fi}$	63,24	51,09	49,90	47,89	54,42	3,04	3,43
s_i	6,17	5,76	3,50	12,35	3,78	0,14	0,25
v_i [%]	9,76%	11,27%	7,01%	25,79%	6,95%	4,61%	7,29%

tab. 3.2. Tažnost vzorků vyztužených diagonálními nitěmi

	Tažnost ε_i [%]				
č \ i [°]	0	22,5	45	67,5	90
1.	74,0	70,0	57,5	51,0	53,5
2.	60,0	66,5	72,5	47,5	64,0
3.	58,0	61,0	73,5	58,5	56,0
4.	59,5	63,0	76,5	44,5	51,5
5.	63,0	64,5	75,0	49,0	58,0
$\bar{\varepsilon}_i$	62,5	65,0	71,0	50,1	56,6
s_i	6,5	3,4	7,7	5,3	4,8
v_i [%]	10,3%	5,2%	10,8%	10,6%	8,5%

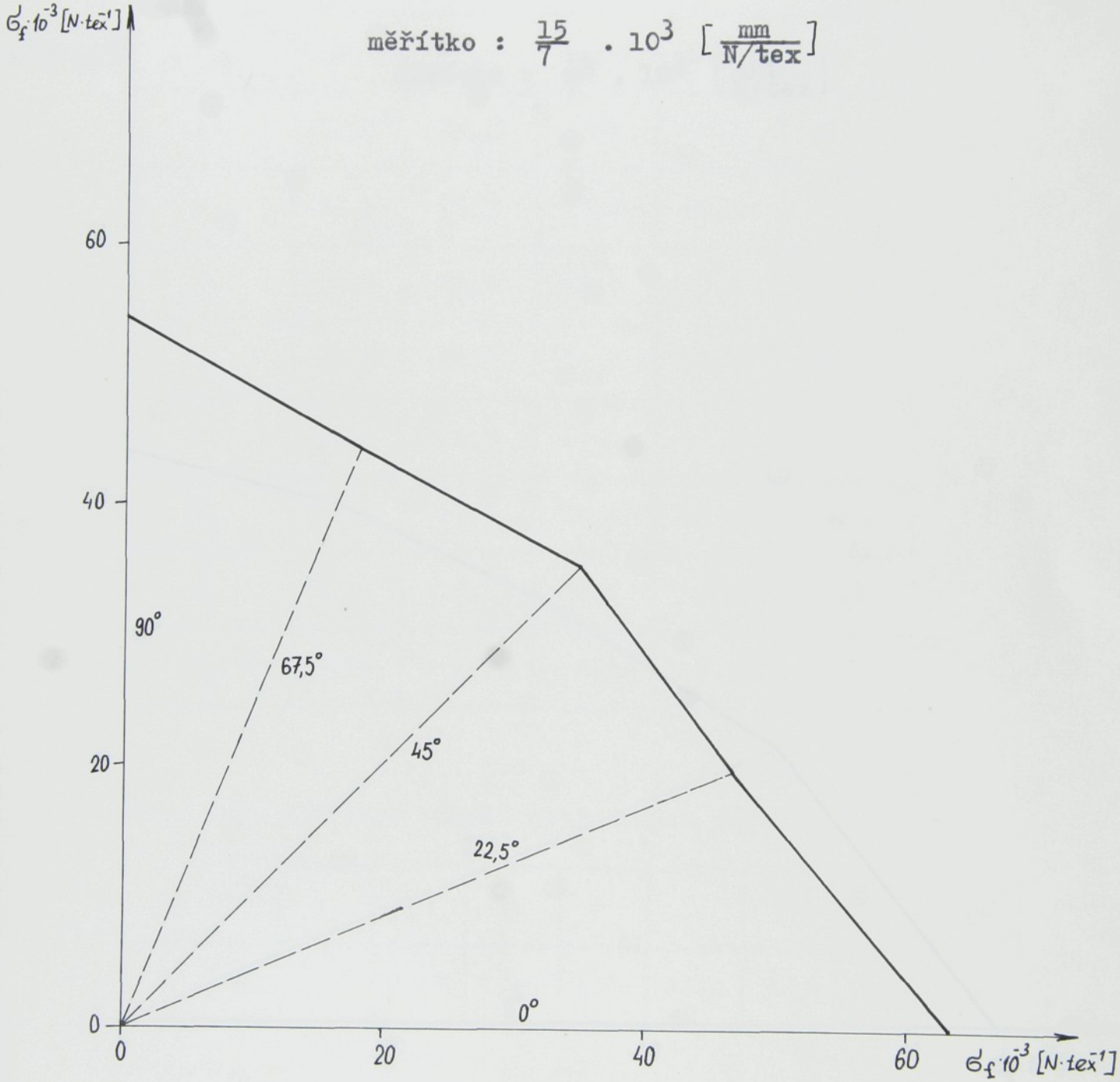
tab. 3.3. CBR test vzorků vyztužených diagonálními nitěmi

	1	2	3	4	5	$\bar{F}$	s	v [%]
F [kN]	7,30	7,30	6,90	7,60	7,70	7,36	0,31	4,20

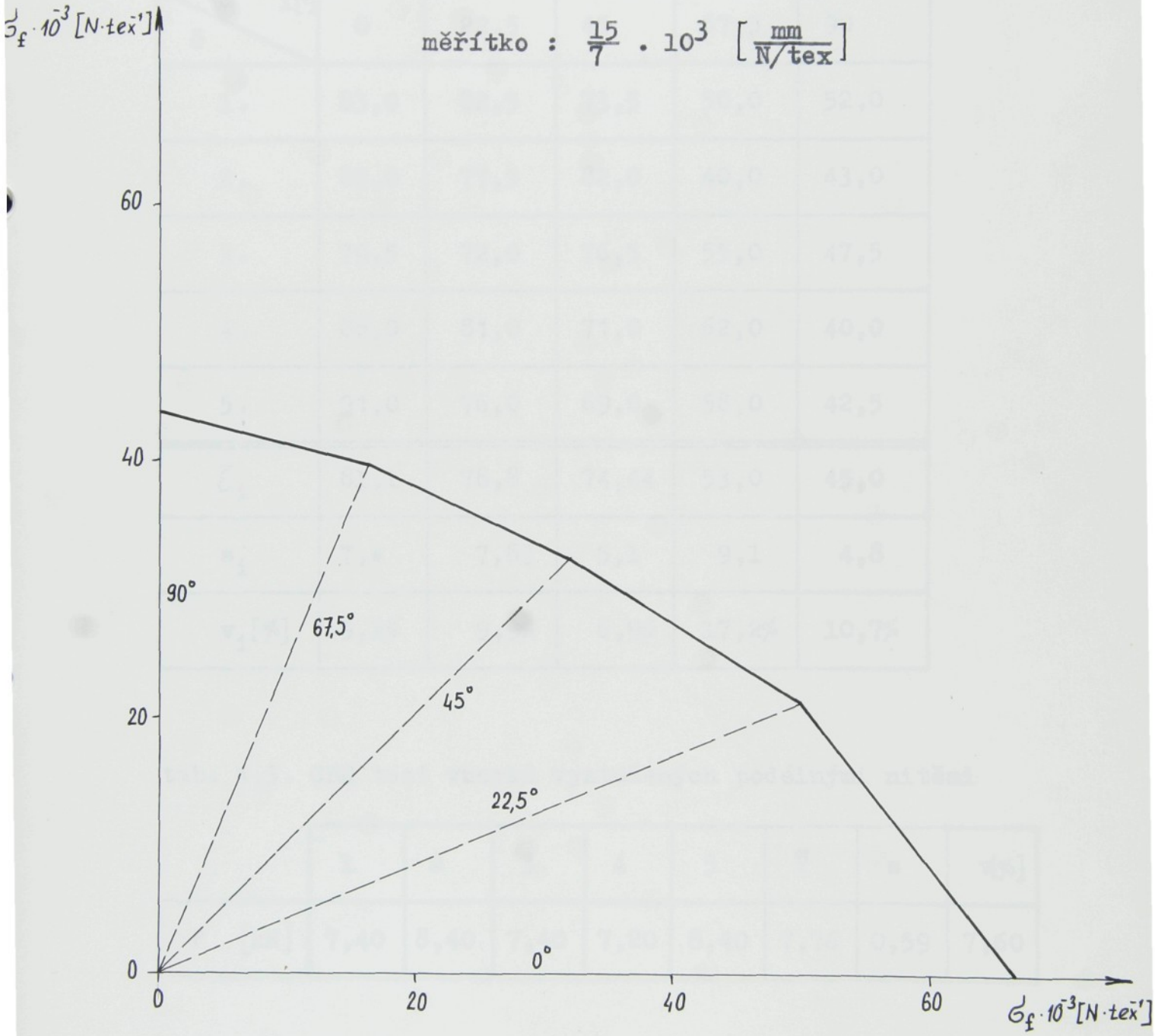
tab. 4.1. Meze pevnosti vzorků vyztužených podélnými nitěmi

	Meze pevnosti v tahu $\sigma_{fi}.10^{-3}$ [N.tex^{-1}]					v dalším trhání $\sigma_{fi}.10^{-3}$ [N.tex^{-1}]	
č. \ i[°]	0	22,5	45	67,5	90	0	90
1.	54,67	49,38	48,54	44,38	53,74	4,13	2,23
2.	50,75	49,76	46,50	48,90	54,37	4,96	2,64
3.	52,36	53,82	50,28	40,56	49,78	4,56	2,09
4.	57,72	51,28	48,72	49,32	55,28	4,32	2,78
5.	53,48	45,56	44,30	48,86	55,87	4,05	3,05
$\bar{\sigma}_{fi}$	53,80	49,96	47,68	46,40	53,61	4,40	2,56
s_i	2,63	3,02	5,35	3,84	2,44	0,37	0,40
v_i [%]	4,89%	6,04%	11,22%	8,28%	4,55%	8,41%	15,03%

graf 3. Polární diagram závislosti meze pevnosti na směru u vzorku vyztuženého diagonálními nitěmi



graf 2. Polární diagram závislosti meze pevnosti na směru u vzorku vyztuženého smyčkami



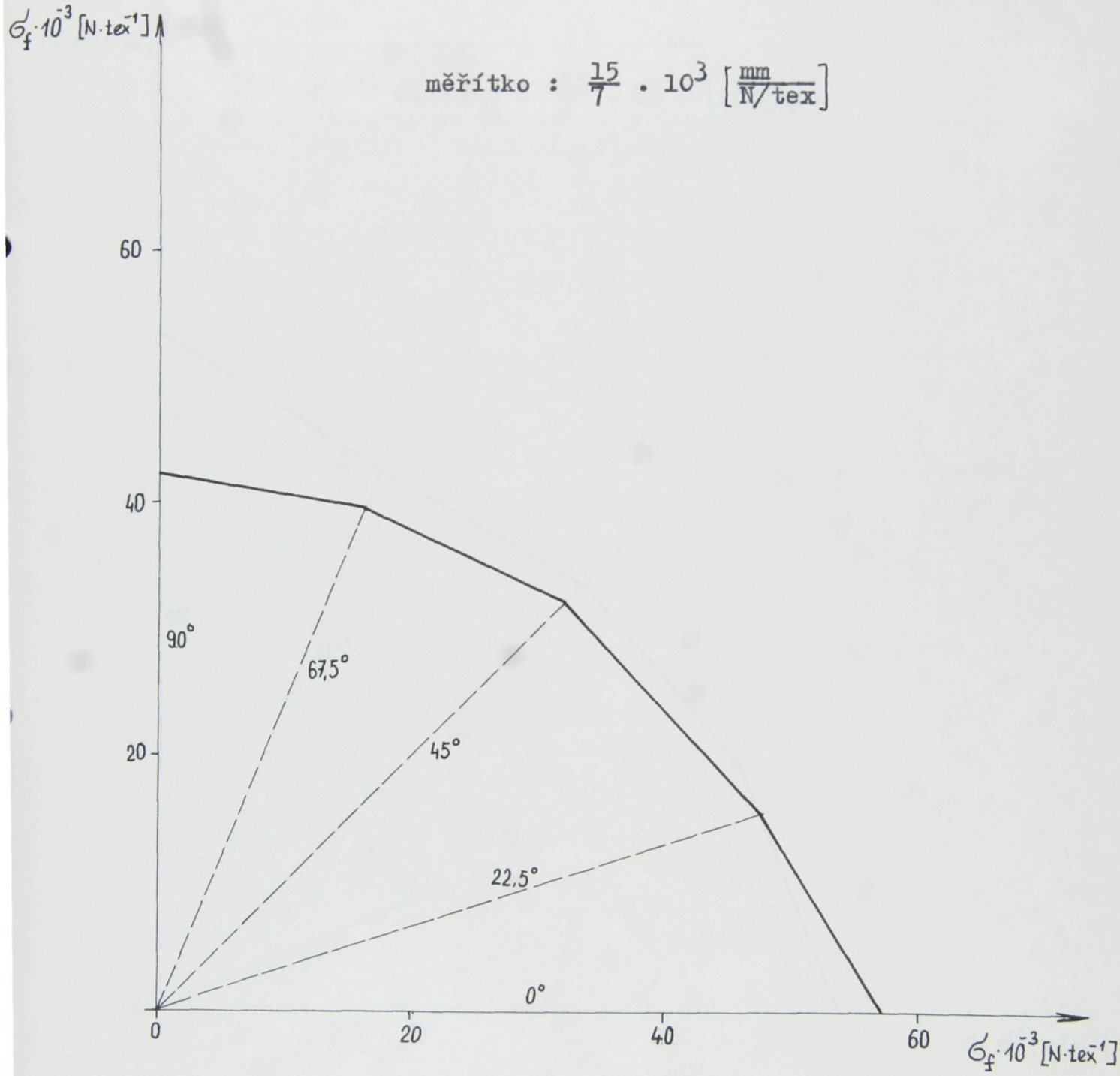
tab. 4.2. Tažnost vzorků vyztužených podélnými nitěmi

	Tažnost ε_i[%]				
č \ i[°]	0	22,5	45	67,5	90
1.	83,0	82,5	73,5	50,0	52,0
2.	89,0	77,5	82,0	40,0	43,0
3.	79,5	72,0	76,5	55,0	47,5
4.	88,0	81,0	71,0	62,0	40,0
5.	91,0	76,0	69,0	58,0	42,5
$\bar{\varepsilon}_i$	81,1	78,8	74,44	53,0	45,0
s_i	7,4	7,83	5,1	9,1	4,8
v_i[%]	9,1%	9,9%	6,9%	17,2%	10,7%

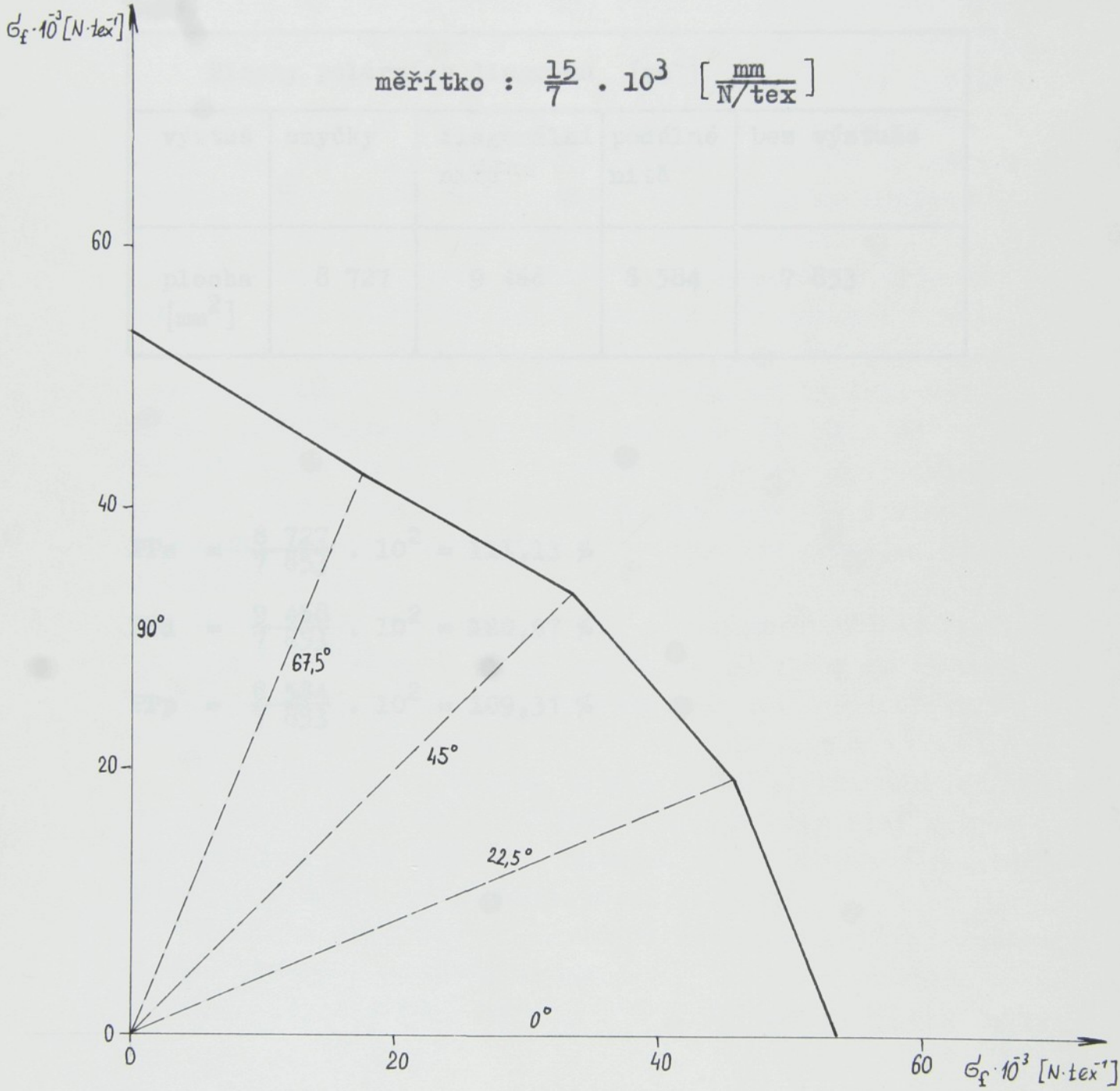
tab. 4.3. CBR test vzorků vyztužených podélnými nitěmi

	1	2	3	4	5	$\bar{F}$	s	v[%]
F [kN]	7,40	8,40	7,40	7,20	8,40	7,76	0,59	7,60

graf 1. Polární diagram závislosti meze pevnosti na směru u vzorku bez výztuže



graf 4. Polární diagram závislosti meze pevnosti na směru u vzorku vyztuženého podélnými nitěmi



tab. 5. Plochy polárních diagramů

Plochy polárních diagramů [mm^2]				
výztuž	smyčky	diagonální nitě	podélné nitě	bez výztuže
plocha [mm^2]	8 727	9 468	8 584	7 853

$$PPs = \frac{8\ 727}{7\ 853} \cdot 10^2 = 111{,}13\ \%$$

$$PPd = \frac{9\ 468}{7\ 853} \cdot 10^2 = 120{,}57\ \%$$

$$PPp = \frac{8\ 584}{7\ 853} \cdot 10^2 = 109{,}31\ \%$$

6. Závěr

Provedený experiment potvrdil teorii, že přidáním výztužných soustav nití dochází ke změně deformačních vlastností. Armování vede ke zvýšení pevnosti a snížení tažnosti.

Tažnost byla snížena tím, že přidáním kabílku s vyšším počátečním modulem pružnosti v tahu, než má nevyztužená vpichovaná textilie, dosáhneme strmějšího náběhu v trhacím diagramu. Přítomnost méně tažného kabílku má za následek menší relativní prodloužení při vyšší pevnosti.

Dále nám experiment potvrdil, že pevnost vpichované textilie není ovlivněna jen hmotnostní přítomností armovacích nití, ale je velice závislá na geometrii uspořádání. V našem pokusu se ukázalo jako nejvhodnější kladení výztužných nití diagonální ve dvou vrstvách pod úhly 45° a 135°. Celková relativní pevnost vztažená k pevnosti nevyztuženého vzorku u tohoto kladení činí přibližně 121%. Na druhém místě je armování smyčkami se 111 % a poslední je armování podélnými nitěmi se 109 %.

U vzorku se smyčkami nedošlo k výraznému zvýšení pevnosti v některém ze směrů. Přidání smyček do příčného rouna vede k celkové vyšší pevnosti, ovšem anizotropie v jednotlivých směrech zůstává zachována.

U vzorku s diagonálními nitěmi došlo k výraznému ovlivnění v úhlech 0° a 90°, což jsou směry, kde dochází k využití pevnosti obou vrstev výztužných nití. Naopak v ostatních směrech nedošlo k výraznému zvýšení pevnosti.

U vzorků vyztužených podélnými nitěmi došlo k výraznému zvýšení pevnosti ve směru podélném. V ostatních směrech se vyztužení neprojevilo. Dokonce v příčném směru došlo k poklesu

pevnosti. Příčina spočívá v tom, že nitě se nepodílejí přímo na pevnosti v tomto směru, ale textilii ovlivňují svou přítomností. Projeví se vliv rozhraní, který vede k horšímu mechanickému provázání vrstev, což má za následek nižší pevnost. Dalo by se říci, že tato kombinace (příčné rouno a podélné výztužné nitě) vede k nejlepšímu odstranění anizotropie. Ve směru příčném dodává pevnost sama struktura rouna a ve směru podélném výztužné nitě.

Při hodnocení experimentu CBR testem docházíme k závěru, že nejvýhodnější vyztužení proti účinku síly v protlaku jsou smyčky. Důvod je v tom, že v místě působení síly jsou směry jednotlivých výztužných nití nahodilé a účastní se zatěžování ve všech směrech najednou.

Zkouška pevnosti v dalším trhání poukázala nejpřesvědčeji na vliv výztuže. U vzorku vyztuženého podélnými nitěmi vzrostla pevnost oproti nevyztuženému vzorku o 114 %. V podélném směru klesla. Důvod je obdobný, jak jsem jej popsal při hodnocení pevnosti v tahu. Rovněž u ostatních vzorků došlo k výraznému zvýšení pevnosti v příčném směru. Musíme brát v úvahu, že vzorek odebraný v příčném směru poukazuje na pevnost struktury textilie ve směru podélném.

Závěrem lze říci, že geometrie uspořádání výztužné soustavy nití vede k značnému ovlivnění výsledných vlastností vpichované textilie.

Při zpracování diplomové práce jsem narazil na problém, který se týká závislosti deformačních vlastností na rozdílu modulů pružnosti v tahu. Domnívám se, že při velkém rozdílu těchto modulů, tedy modul pružnosti u výztužných nití je mnohem vyšší než u vpichované textilie, dochází k malému společnému využití jednotlivých pevností. V době, kdy jsou

už armovací nitě přetrženy, dochází teprve k využití pevnosti samotné textilie. Kdyby došlo k vyrovnání modulů, mohlo by dojít k vylepšení vlastností.

Při pokračování ve výzkumu této oblasti by bylo vhodné zaměřit se v další práci tímto směrem. Zabývat se tedy analýzou vlivu modulu pružnosti v tahu výztužné soustavy nití na deformační vlastnosti vpichované textilie.

Seznam použité literatury

[1] Krčma, R., Chrpová, E.: Stroje a mechanická technologie netkaných textilií, skripta VŠST, Liberec 1983

[2] Mrština, V., Fejgl, F.: Textilní technologie vpichování, Praha, SNTL 1982

[3] Krčma, R.,: Netkané textilie, Praha, SNTL 1962

[4] Vinson, J., Chout,: Composite Materials an their Use in Structures, London, Applied Science Publishers LTD 1975

[5] Index 87/3, Kongress

[6] Steinz, S., Domas, J., Mrština,V.: Vpichovaná textilie, popis vynálezu

[7] Steinz, S., Kotrouš, J., Domas, J.: Textilie pro stavební a průmyslové účely, popis vynálezu

[8] Steinz,S., Kotrouš, J., Domas, J.: Způsob výroby vpichované textilie, popis vynálezu

[9] Kysela,Z.: Statické posuzování geotextilií v zeminách, přednáška ČSAV, Praha 1983

[10] Seidl, J.: Výroba textilií vpichováním, podniková skripta, Mimoň 1970

[11] ČSN 80 0829

[12] ČSN 80 0812

[13] Vlčková, A.: Diplomová práce 1986