

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ LIBEREC

FAKULTA TEXTILNÍ

KATEDRA NETKANÝCH TEXTILIÍ A EKONOMIKY
TEXTILNÍHO PRŮMYSLU

Vztah vlastností pojiva a textilie pojené
kaučukovou disperzí.

T
V 54/72
Autorské právo se řídí směnicemi MŠK pro závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62 ze dne 13. července 1962 - Věstník MŠK XVII, sbír. 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I. STUDENTSKÁ 5

7. 7. 1972

Svatopluk Zástěra

Vysoká škola: **strojná a textilní**

Katedra: **textilních textilií a
všeobecné textilní průmyslu**

Fakulta: **textilní**

Školní rok: **1971/72**

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro

Svatopluk Z á s t ě r a

obor **08-1-01 technologie textilu, kůže, gumy a plastických hmot**

Protože jste splnil... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnice ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: **Vztah vlastností pojiva a textilie pojené kaučukem
vůči disperzi**

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte literární průzkum faktorů, ovlivňujících vlastností pojených textilií.
2. Proveďte průzkum metodiky vedoucí k určení vztahu vlastností pojiva a vlastností pojené textilie.
3. Experimentálně určete vztah elastických vlastností pojené textilie a pojiva pro textilií pojenou disperzí butadien-akrylonitrilevého kaučuku.

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

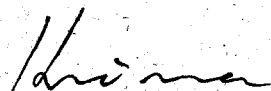
Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Dr. Radko Krčma, CSc.

Konsultanti: Ing. Miroslav Hampl

Datum zahájení diplomové práce: 5.6.1972

Datum odevzdání diplomové práce: 7.7.1972

L. S.



Vedoucí katedry



Děkan

v Liberci

dne 28.2,

1972

P r o h l a š u j i , že předloženou diplomovou
práci jsem vypracoval samostatně s použitím
uvedené literatury.

Svatopluk Zástěra
Svatopluk Zástěra

O b s a h :

1. 0.	Teoretická část	3
1. 1.	Úvod	4
1. 2.	Mechanické vlastnosti pojených textilií	5
1. 3.	Faktory ovlivňující mechanické vlastnosti pojených textilií	7
1. 4.	Kaučuková pojiva a možnosti ovliv- nění jejich vlastností	22
1. 5.	Výsledky literárního průzkumu	24
1. 6.	Plán experimentu	26
2. 0.	Experimentální část	32
2. 1.	Použitý materiál a zařízení	33
2. 2.	Popis experimentu	34
2. 3.	Výsledky a jejich zpracování	37
3. 0.	Diskuze výsledků	66
4. 0.	Použitá literatura	70

1. 0. Teoretická část

1.1 Úvod

Vlastnosti netkaných textilií se do značné míry liší od textilií vyrobených klasickým způsobem a jsou závislé na podstatně jiných faktorech než u klasických textilií.

Cílem hodnocení vlastností netkaných textilií je nejen ověření jejich použitelnosti pro určité oblasti, ale i určení jejich závislosti na různých faktorech. Z těchto závislostí lze pak vyvodit obecně platné závěry. I když tento postup není možný ve všech případech, uplatňuje se i v textilní výrobě projektování textilií o požadovaných vlastnostech. To představuje exaktnější přístup k problémům ovlivňování jejich vlastností.

Cílem této diplomové práce je určení vlivu elastických vlastností pojiva na elastické vlastnosti textilie tímto pojivem impregnované. Také je nutno zjistit souvislost mechanických vlastností. Jde tedy o to, zjistit do jaké míry se vlastnosti pojiva uplatňují v hotovém výrobku.

V tomto případě se jedná o textilii vyrobenou impregnačním způsobem.

1.2 Mechanické vlastnosti pojených textilií

Textilie vyrobené impregnačním způsobem jsou zařazovány do skupiny pojených textilií.

Mechanické a elastické vlastnosti těchto textilií se podstatně liší od příslušných vlastností tkanin a pletenin. Příčinou je úplně jiný mechanismus deformace. Zatímco v klasických textiliích je soudržnost zajištěna třecími silami mezi vlákny, zastávají tuto funkci v pojených textiliích adhezivní spoje. Charakteristická pro pojené textilie je především velká počáteční tuhost, nižší pevnost a větší tažnost. K vyjádření těchto vlastností slouží určité parametry, které vystihují chování textilie při mechanickém namáhání. Vhodnost jednotlivých parametrů a volba dalších je stále předmětem výzkumu. Nejčastěji používanými parametry, které charakterizují tyto vlastnosti jsou:

E počáteční modul pružnosti

σ_p napětí při přetrhu

σ_k napětí na mezi kluzu

ϵ_p relativní prodloužení na mezi pevnosti

ϵ_k relativní prodloužení na mezi kluzu

R_{El} ... elastické zotavení

R_{Pl} ... poměrná nevratnost deformace

Počáteční modul pružnosti představuje konstantu úměrnosti mezi napětím a deformací na počátku namáhání textilie a dává nám představu o strmosti křivky $\sigma - \epsilon$ a tím o počáteční tuhosti textilie. Číselně vyjadřuje napětí potřebné k protažení vzorku o 100% v případě platnosti Hookova zákona. Napětí při přetrhu a příslušné relativní prodloužení jsou parametry, které charakterizují mez pevnosti materiálu, tedy maximální napětí textilie a jemu odpovídající deformaci. Tyto parametry jsou při hodnocení mechanických vlastností textilií nejčastěji posuzovány.

Mez kluzu je hodnota jejíž velikost není přesně definována. Je získávána grafickou metodou z křivky

$\sigma - \epsilon$ a příslušné napětí a deformace jsou odečítány z grafu. Překročení tohoto napětí je charakterizováno výrazným porušováním vláken a adhezních spojů, což je provázeno velkými trvalými deformacemi. Při praktickém používání znamená překročení meze kluzu znehodnocení výrobku.

Poměrné elastické zotavení a poměrná nevratnost deformace určují míru vratnosti deformací při opakovaném namáhání textilie pod mez kluzu. Plastická deformace textilií je nežádoucí, naopak elastické zotavení má být co nejvyšší. Tento typ namáhání do určité míry vystihuje skutečné namáhání materiálu při praktickém použití.

Velikost těchto parametrů se i u různých typů pojevných textilií do značné míry liší. Jednotlivé parametry mají také rozdílnou důležitost pro typ použití. Velikost těchto parametrů lze do určité míry ovlivnit.

1.3 Faktory ovlivňující mechanické vlastnosti pojených textilií

Vnější napětí vložené na pojenou textilii je přenášeno na vlákna, která tvoří základní skelet této textilie. Pojivo zajišťuje rozložení tohoto napětí mezi jednotlivá vlákna v závislosti na distribuci míst spojení. Při zvyšování vnějšího napětí dochází nejprve k deformaci a potom k porušování buď vazných míst, nebo také jednotlivých vláken, což závisí jednak na poměru kohezních vlastností obou složek a dále na stejnoměrnosti míst propojení. Třetí případ - porušování textilie v adhezních spojích je méně pravděpodobné, vzhledem k značné velikosti součtu adhezních sil. Z mechanismu deformace vyplývá, že mechanické vlastnosti pojených textilií jsou závislé na řadě faktorů. Mezi ty, které se projevují nejpodstatněji patří:

1. Vlastností vláken
2. Vlastností pojiva a jeho množství
3. Velikost adheze
4. Struktura textilie

Cílem průzkumu literatury je bližší upřesnění vlivu jednotlivých faktorů.

1.3.1 Vliv vlastností vláken

Vlákna jsou nejpevnějším elementem ve struktuře pojených textilií a přenášejí největší část zatížení. Proto pevnost a deformační vlastnosti textilie závisí na jejich mechanických vlastnostech.

Otázka vlivu mechanických vlastností vláken na vlastnosti pojených textilií byla námětem studií mnoha autorů. Byl sledován počáteční modul pružnosti vláken, jejich jemnost povrchové vlastnosti /u profilovaných vláken/, pevnost chemické složení apod.

Většina badatelů zastává názor, že existuje vnější podobnost křivek σ - ϵ textilních vláken a z nich získaných pojených textilií. Především v pevnosti vláken a odpovídající pevnosti textilií. Tichomirov se také ve své práci zabýval vlastnostmi vláken a jako kritérium pro jejich využití v textili zavádí koeficient využití vláken K.

$$K = \frac{P_p}{m \cdot P_v} \cdot 100 \quad [\%]$$

m počet vláken ve směru namáhání

P_p pevnost textilie při přetrhu

P_v pevnost vláken při přetrhu

Dále vlastnosti pojených textilií závisí na modulu pružnosti vláken. Hearle se spolupracovníky zjistil, že modul pružnosti pojených textilií se zvyšuje přímo úměrně se zvětšením modulu pružnosti vláken. /2/

Na otázku vlivu relativního prodloužení vláken na vlastnosti netkaných textilií není v literatuře jednotný názor. Přesto lze říci, že zvýšení relativního prodloužení vláken přispívá k zlepšení deformačních vlastností pojených textilií /10/.

Z geometrických rozměrů byl zkoumán převážně vliv jemnosti vláken, délky a obloučkovitosti. Mechanické vlastnosti pojených textilií však nejsou těmito faktory příliš ovlivňovány a i separace těchto faktorů je při experimentu velmi nesnadná.

1.3.2 Vliv vlastností pojiva na vlastnosti pojených textilií

1.3.2.1 Vliv mechanických vlastností pojiva

Také mechanické vlastnosti pojiva ovlivňují vlastnosti textilií jimi pojených. Tyto vlastnosti pojiva ovlivňují rozdělení zatížení mezi vlákna a pojivo na sebe přijímá část zatížení, hlavně v těch případech, kdy jsou vlákna uložena převážně ve směru kolmém ke směru namáhání textilie /1/.

Bý již publikovány mnohé práce zaměřené na studium vlastností pojených textilií v závislosti na některých mechanických a elastických vlastnostech pojiv. Tyto práce řeší především otázku souvislosti kohezních vlastností.

Vliv pevnosti pojiva na pevnost pojené textilie studoval R. Michie /3/, který dospěl k následující empirické rovnici:

$$\sigma_r = \frac{13 \sigma_p}{1 + 6 \sigma_p}$$

σ_r pevnost pojené textilie [p/tex]

σ_p pevnost pojiva [p/tex]

Textilie obsahová 18% pojiva. Podle názoru Tichomirova však Michie neuvažoval možnou změnu adheze a nezaručil podmínky výroby pojené textilie se stejnoměrným rozložením pojiva ve všech případech /1/.

V jiné práci anglických vědců nebyla při zkoumání vlivu vlastností pojiva na pevnost textilie použita pojiva různé chemické podstaty, ale změny vlastností bylo dosaženo různým množstvím termoreaktivní pryskyřice v kaučuku. Při tom bylo zjištěno, že pětinašobné zvýšení pevnosti / z 0,1

na 0,5 p/tex / vedlo ke změně pevnosti pojené textilie dvojnásobně /z 3 na 6 p/tex /. Textilie obsahovala 40% pojiva /4/. V práci však nejsou výsledky experimentu blíže objasněny. S těmito výsledky se shodují výsledky výzkumu M. G. Ovečenka a V. G. Zacharové, kteří také zajistili podmínky dovolující měnit pevnost pojiva bez změny struktury textilie. Změny vlastností kaučukového pojiva dosáhli zbotněním v parách organických rozpouštědel. Zvýšením pevnosti kaučuku z 11 na 58 kp/cm² se pevnost pojené textilie zvýšila z 0,45 na 1,67 p/tex /5/. Dále zjistili, že pevnost pojiv a jimi impregnovaných pojených textilií je závislá na chemické podstatě pojiva. Největší pevnost pojených textilií byla dosažena použitím chloroprenového kaučuku. U kaučuků butadienakrylonitrilových lze pevnost měnit změnou počtů polárních skupin v řetězci. To je výhodou tohoto kaučuku.

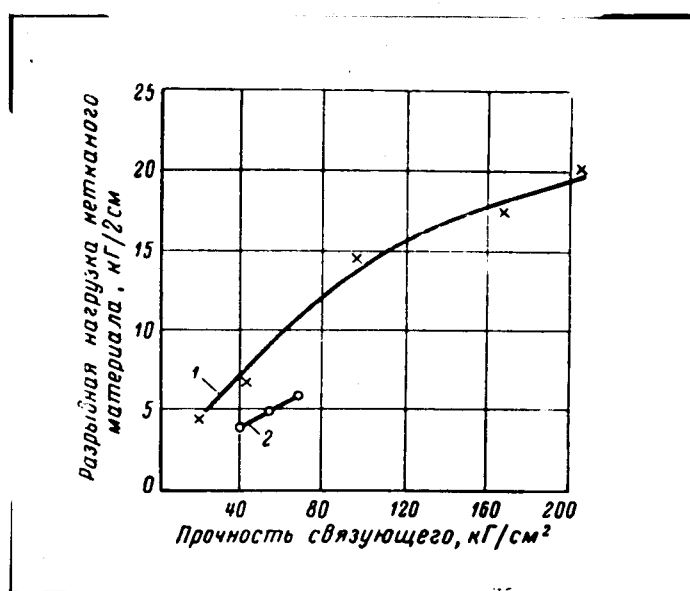
Také Tichomirov ověřoval souvislost mezi pevností pojené textilie v přetrhu a kohezní pevností pojiva. Byly sledovány vlastnosti textilie pojené butadienakrylonitrilovým kaučukem, který obsahoval termoreaktivní pryskyřici. Vlastnosti pojiva a příslušné textilie byly měněny množstvím pryskyřice a teplotou zpracování. Impregnace a sušení materiálu bylo ve všech případech provedeno za stejných podmínek, které vylučovaly změny distribuce pojiva. Také folie pojiva byla vyrobena postupně s různým obsahem pryskyřice. Pevnost folie se měnila od 30 do 70 kp/cm² /při obsahu termoreaktivní pryskyřice od 0 do 20%/. Po určení pevnosti příslušných textilií se zjistilo, že v daném případě existuje korelační závislost blízká přímce /r = 0,998/ /1/.

Odpovídající rovnice měla tvar:

$$\sigma_r = 2,31 + 0,06 \sigma_p$$

σ_r Napětí při přetrhu pojené textilie

σ_p Napětí při přetrhu pojiva



Obr. 1 textilie pojená kaučukovým pojivem 2

Získané poznatky nasvědčují tomu, že pevnost pojiva je pro pevnost pojené textilie velmi důležitá.

Úzkou souvislost mezi pevností pojené textilie a pevností pojiva je podle názoru Tichomirova možno vysvětlit tím, že zvýšením pevnosti pojiva se zvyšuje modul pružnosti pojiva a to přispívá k lepšímu rozdělení pojiva mezi jednotlivá vlákna

a to tím víc, čím víc se zmenšuje rozdíl mezi modulem pružnosti pojiva a vlákna /1/.

Podrobněji se zabýval souvislostí modulů pružnosti textilie a pojiva, tedy mechanickými vlastnostmi v oblasti pružných deformací Hearle. Zjistil, že modul pružnosti pojených textilií, vyrobených impregnací rouna kaučukovými pojivy roste přímo úměrně s druhou mocninou modulu pružnosti pojiva. Modul pružnosti pojiva a příslušné vlastnosti textilie byly měněny botnáním v organických rozpouštědlech /6/.

Další anglický vědec R. Michie /7/ zjistil, že pro textilií o obsahu pojiva 30% platí vztah:

$$E = \frac{700 E_p}{1 + 16 E_p}$$

E modul pružnosti pojené textilie [p/tex]
E_p modul pružnosti pojiva [p/tex]

Z této rovnice plyne, že modul pružnosti pojené textilie v oblasti malých hodnot E_p je přímo úměrný modulu pružnosti pojiva a při vysokých hodnotách E_p na něm prakticky nezávisí. R. Michie to vysvětluje tím, že při nízkých hodnotách E_p závisí deformace pojené textilie na deformaci pojiva a při velkém E_p hraje hlavní roli deformace vláken.

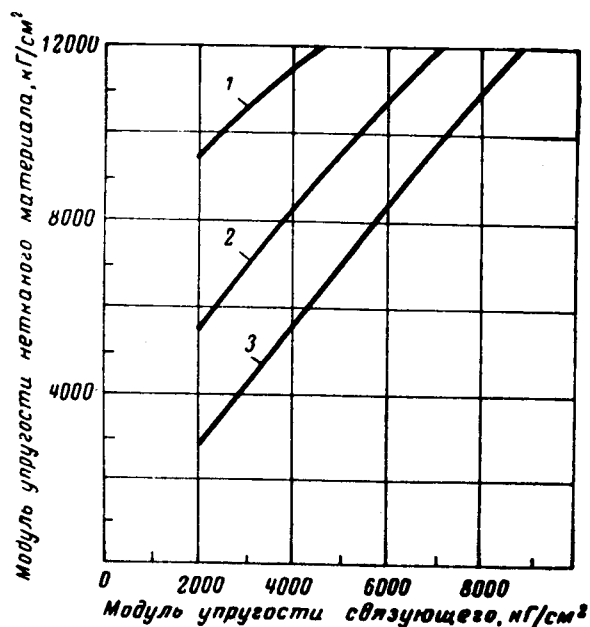
Také J. Hearle s kolektivem zkoumali v další práci souvislost mezi modulem pružnosti pojiva a modulem pružnosti pojené textilie. Vlastnosti pojiva byly měněny použitím 3 až 36% termoreaktivní pryskyřice v butadienakrylonitrilovém latexu. Bylo také měněno množství kaučuku v pojené textilií.

Analýza experimentu ukázala, že zvětšením modulu pružnosti pojiva z 0,2 na 0,5 p/tex se modulpružnosti textilie zvyšuje z 10 na 25 p/tex a pevnost z 3 na 6 p/tex při obsahu pojiva 25 až 40% /4/. Shrnutím výsledků experimentu dospěli k rovnici, která vyjadřuje závislost modulu pružnosti textilií ještě na dalším faktoru - koncentraci pojiva:

$$E_t = C \cdot (1,75 \cdot \ln E_p + 0,685)$$

E_t	modul pružnosti textilie	[p/tex]
E_p	modul pružnosti pojiva	[p/tex]
C	vahový podíl pojiva v textilii	[%]

Podobný experiment prováděl i Tichomirov /1/. Výsledná závislost modulu pružnosti textilie na modulu pružnosti termoplastického pojiva pro různá množství pojiva v textilii je na obrázku.



Обр.2 - кривки 1,2,3,- různé koncentrace pojiva

Další otázkou je souvislost mezi vlastnostmi pojené textilie a relativní prodloužení.

Vliv relativního prodloužení na vlastnosti textilií nebyl dosud detailně studován a ucelené literární prameny tedy chybí. Ve své práci Tichomirov shrnuje dílčí výsledky jednotlivých autorů, kteří se tímto problémem zabývali.

Při namáhání textilie se vliv deformačních vlastností pojiva musí nutně projevit, protože nové rozdělení napětí mezi vlákna je uskutečňováno prostřednictvím pojiva a doprovázeno deformací jeho tenkých vrstev, nacházejících se mezi jednotlivými vlákny, v adhezních spojích a na povrchu vláken.

Předpokládá se, že deformace pojiva je spojena s deformací vláken. Při působení napětí na textilii se vlákna orientovaná ve směru působícího napětí napřimují. Zvlášť patrný je tento efekt u obloučkovaných vláken. To je doprovázeno deformací pojiva nacházejícího se na povrchu vláken a ve formě filmu mezi vlákny. Dále je napětí předdáváno prostřednictvím pojiva k vláknům orientovaným kolmo na směr namáhání. Tato vlákna se působením napětí orientují souhlasně s působící silou, pojivo na povrchu vláken je tedy namáháno na ohyb a segmenty pojiva, vyplňující prostor mezi vlákny jsou namáhána krutem. Pojivo nacházející se v pojené textilii je tedy deformováno více než vlákna.

Na základě těchto poznatků se Tichomirov domnívá, že pro získání kvalitních pojených textilií je nezbytné, aby hodnota poměrného prodloužení pojiva byla vyšší než poměrné prodloužení vláken. Jestliže ϵ pojiva je větší než ϵ vláken deformuje se pojivo společně s vlákny a to příčně orientovanými. Proto pevnost i deformační vlastnosti těchto textilií jsou lepší.

V případě, že ϵ pojiva je menší než ϵ vláken, může dojít po napřímení a protažení podélných vláken k porušení povrchu pojiva na příčných vláknech, protože je zde pojivo nejvíce deformováno. Také množství vazných bodů na příčně orientovaných vláknech se postupně snižuje z výše uvedených důvodů. /1/.

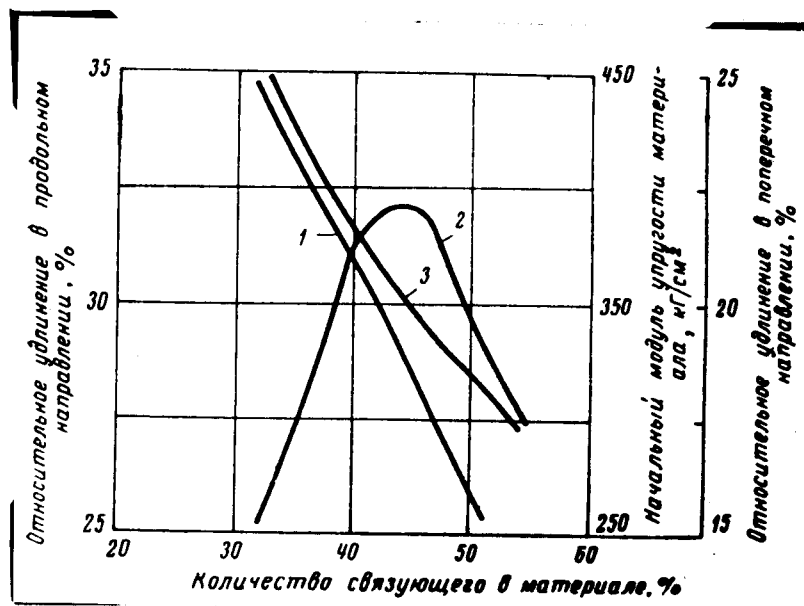
Změna vzájemného vztahu poměrných prodloužení tedy vede ke změně mechanismu porušení spojené textilie.

1.3.2.2 Vliv obsahu pojiva

Vzájemný poměr množství vláken a pojiva podstatně ovlivňuje mechanické a deformační vlastnosti pojené textilie. Ukazuje se, že existuje takové množství pojiva, pro které jsou mechanické vlastnosti a využití vláken pojené textilie optimální. Toto optimální množství pojiva je v různých studiích různě vysoké a není stejné pro všechna pojiva. Podle M. J. Sucharova je to 25 až 30% pojiva z hmoty rouna. Dle R. Krčmy 35%, N. G. Cvečenka 40 až 50%, V. M. Gorčakové 50% /1/.

V práci amerických vědců Winchestera a Whitwella jsou uvedeny výsledky zkoumání vlastností pojené textilie s obsahem pojiva od 12 do 22%. Změnou množství pojiva byla především ovlivněna pevnost při přetrhu, modul pružnosti tuhost a odolnost v oděru. Zvýšení množství pojiva z 12 na 22% bylo provázeno zvýšením pevnosti textilie při přetrhu o 30 až 36%, modulu pružnosti o 20 až 25%, zvýšením tuhosti a modulu pružnosti v ohybu. Současně se snížila odolnost v oděru. Relativní prodloužení se nejprve snižuje /asi 10% pojiva/ a potom znovu zvyšuje /20 až 25%/. /11/.

Blíže se těmito vlastnostmi zabýval Tichomirov. Pro textilii pojenou kaučukovým pojivem získá následující graf.



Obr. 3

- 1 - poměrné prodloužení textilie v podélném směru [%]
- 2 - počáteční modul pružnosti textilie [kp/cm^2]
- 3 - poměrné prodloužení textilie v příčném směru [%]

1.3.3 Vliv adhezních vlastností pojiva

Soudržnost pojených textilií je závislá nejen na vlastnostech vláken a mechanických vlastnostech pojiva, ale i na velikosti adheze. Adheze je souhrn fyzikálních a chemických sil, kterými jsou poutány povrchy vláken a pojiva navzájem /12/.

Adhezní síly jsou vyjadřovány velikostí adhezní práce. To je práce potřebná k překonání soudržnosti dvou různých fází o jednotkovém průřezu. Tato práce je funkcí povrchových napětí obou fází.

Tichomirov zavedl pojem "Kritická kontaktní plocha". Podle něj se vliv adheze projevuje jen u textilií s nízkým obsahem pojiva. Kritická kontaktní plocha je dána vztahem:

$$F_k = \frac{P_v}{P_a}$$

F_k kritická kontaktní plocha / v mm^2 /
 P_v pevnost vláken v tahu /p/
 P_a specifická adheze /p/ mm^2 /

Kritická kontaktní plocha je takový povrch vláken, jež je v kontaktu s pojivem, při kterém je souhrnná pevnost adhezních spojů každého vlákna rovna jeho pevnosti v tahu /1/.

Möschler /14/ našel pro špatné adhezní systémy hodnotu kritické kontaktní plochy 7%.

Překročí-li velikost pojeného povrchu kritickou kontaktní plochu, k čemuž dochází při vyšším obsahu pojiva nebo i při nižším obsahu pojiva a racionální struktuře pojené textilie, nemá velikost adhezních sil vliv na pevnost pojené textilie. Tento případ je u pojených textilií nejčastější.

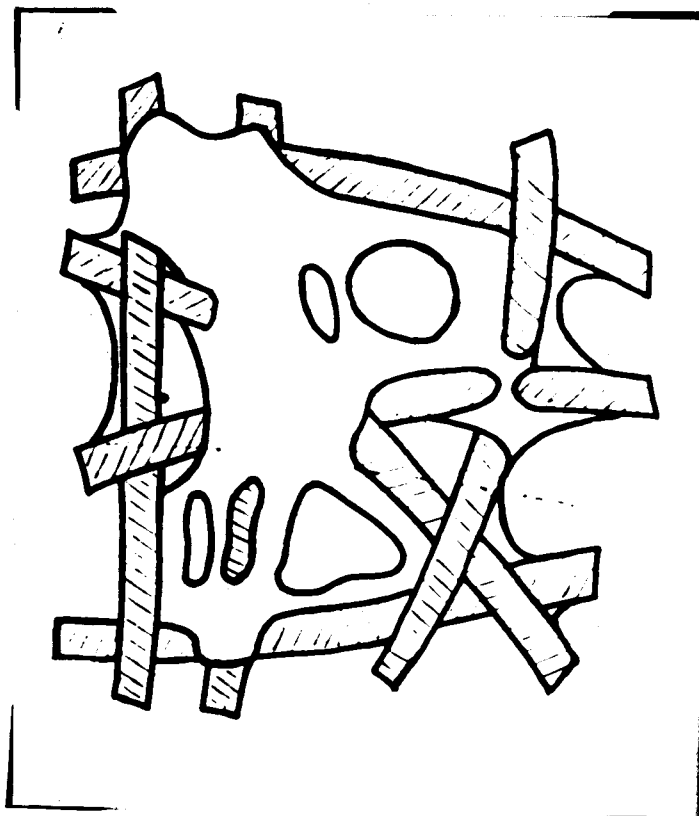
1.3.4 Struktura pojených textilií

Mechanismus deformace není u všech pojených textilií stejný. Závisí na rozmístění pojiva v pojené textilii. Tichomirov rozeznává 3 typy míst propojení vláknenné vrstvy /1/.

1.3.4.1 Segmentová struktura

Pojivo je v rouně rozděleno v podobě segmentů, tj. ve skupinách vytvořenýchvpřekřížením a přiblížením vláken. Tyto shluky jsou v rounu rozmístěny nepravidelně, místy jsou spojeny vytvořeným filmem. Povrch vláken je většinou pokryt filmem vytvořeným pojivem /12/.

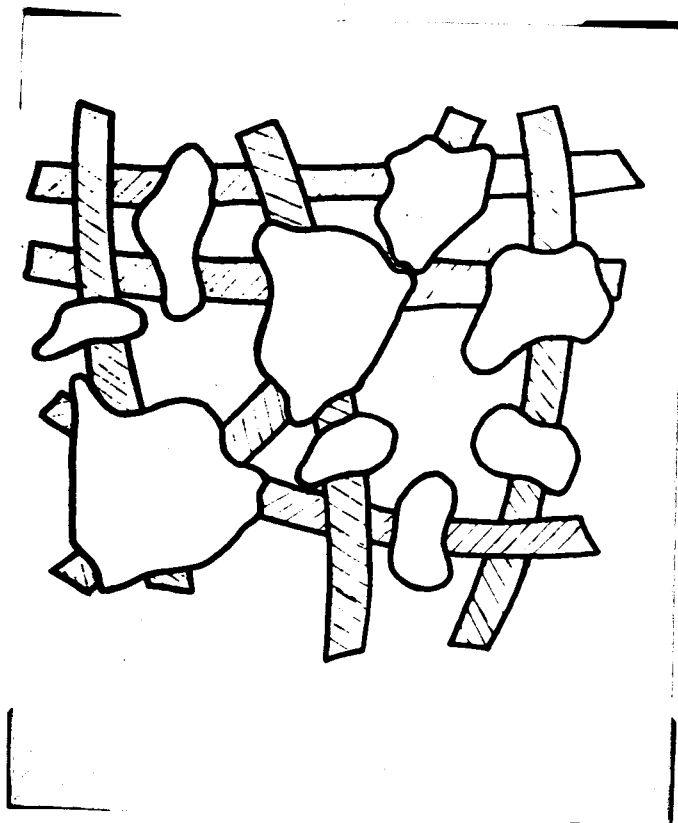
Tato struktura je typická u roun impregnovaných roztoky nebo disperzemi filmotvorných pojiv.



Q.br. 4 Segmentová struktura

1.3.4.2 Aglomerační struktura

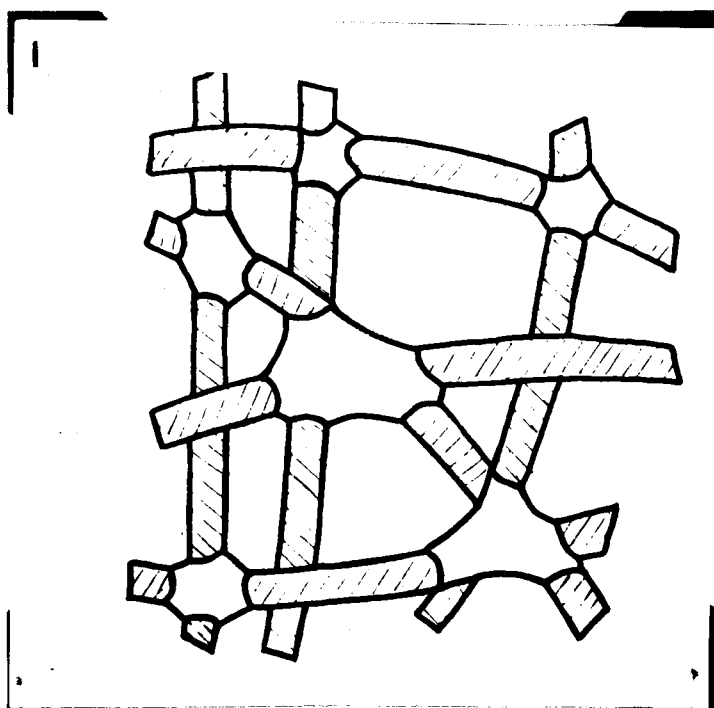
Pojivo je rozděleno mezi vlákny nahodile a nerovnoměrně. Částice pojiva jsou ve shlucích různě velikých a v různém geometrickém uspořádání v rouně. To je závislé na formě pojiva /prášek, folie apod./, technologickém zařízení a dalších vlivech. Vzhled struktury je patrný z obrázku.



Obr. 5 Aglomerační struktura

1.3.4.3 Bodová struktura

Je pokládána mnoha autory za ideální strukturu pojených textilií, u níž bodové spoje mají vlastnosti elastických kloubů nebo pevných spojek /1/. Protože pojivo není na povrchu vláken, má tato textilie lepší vlastnosti v ohybu. Také pevnost je proti netkaným textiliím získaným ostatními technologiemi vyšší. Tato struktura je typická pro použití bikomponentních vláken. Nevýhodou je doposud obtížnost výroby těchto vláken.



Obr. 6 Bodová struktura

Jednotlivé struktury se velmi často nevyskytují v textiliích podle popsaného rozdělení samostatně, ale často vzájemně jedna v druhou přechází. To je značně závislé na technologických podmínkách výroby. Proto je pro objektivnost konečných závěrů nutno doržet stejnou strukturu a tedy i konstantní technologické podmínky.

1.4 Kaučuková pojiva a možnosti ovlivnění jejich vlastností

Jako pojiv pro pojené textilie se ve značné míře používá kaučukových latexů.

Pojem kaučuk je souhrnný název pro vysokomolekulární látky, které za normální teploty jsou v kaučukovitém stavu. Tento stav je v termomechanické křivce ohraničen teplotou zesílnění T_g a teplotou přechodu látky do plastického stavu T_f . Látky v kaučukovitém stavu mají určité specifické vlastnosti, především nízký počáteční modul pružnosti, vysoké procento poměrného prodloužení a nízkou citlivost těchto vlastností vůči změně teploty v mezích T_g a T_f . Tyto vlastnosti jsou velmi výhodné při použití kaučuku jako adhezní složky v pojené textilií.

Formy kaučukových pojiv mohou být různé. Pro aplikaci v pojených textiliích se používá vodná disperze s přísadami stabilizátorů, emulgátorů, antioxidantů, které zajišťují stabilitu latexu i samostatného polymeru. Dále lze použít pigmentů a různých plnidel.

Další výhodou kaučuků je jejich schopnost zesítnění, kterého je možno dosáhnout několika způsoby. Záleží přitom na chemickém složení polymeru a druhu použití. Rozeznávají se však v zásadě čtyři způsoby zesítnění:

vulkanizace sírou

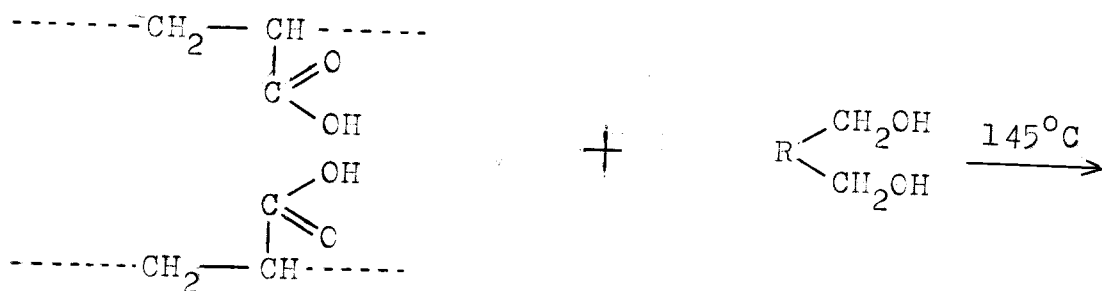
zesítnění ZnO , $NaAlO_2$

zesítnění termoreaktivními pryskyřicemi

samovolné zesítnění

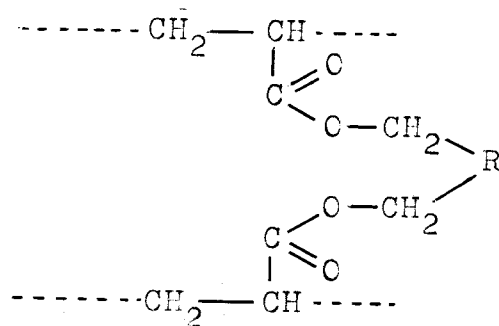
Pro kaučuky použité jako pojiva je nejčastější způsob zesítnění termoreaktivními pryskyřicemi a případně kyslíčnickem zinečnatým. Schopnost tohoto typu zesítnění mají karboxylované latexy. Principem je vytvoření příčných vazeb mezi lineárními řetězci polymeru termoreaktivní pryskyřicí a kyslíkem karboxylové skupiny.

Schema tohoto zesítnění je patrné z obrázku.



Karboxylovaný kaučuk

Termoreaktivní pryskyřice



Zesíťný kaučuk

Tyto vazby snižují pohyblivost makromolekul a zvyšují mezimolekulární síly fyzikálního původu /Van der Waal-sovy/ o silné vazby chemické. Konečným výsledkem je změna mechanických vlastností kaučuku v závislosti na množství příčných vazeb.

1.5 Výsledky literárního průzkumu

Pro pojené textilie je použité pojivo jejich velmi důležitou složkou. Mechanismus deformace pojené textilie je mechanickými vlastnostmi pojiva do značné míry ovlivňován.

Pojivo se účastní deformace pasívně v případě, že je na povrchu namáhaných vláken a ve formě segmentu mezi vlákny, ale působí jako aktivní složka v adhezních spojích a svými deformačními vlastnostmi zajišťuje přenášení napětí postupně na další vlákna. Je tedy složkou textilie, jejíž změnou lze ovlivnit vlastnosti konečného výrobku.

Proto při řešení optimálních nebo i speciálních vlastností těchto textilií je nutno vliv pojiva na textilii studovat. Ze získaných výsledků vyplynou možnosti zlepšení vlastností textilie.

Nedostatky pojených textilií lze alespoň částečně odstranit právě volbou pojiva o vhodných vlastnostech. Záleží ovšem na účelu použití a tedy na tom, do jaké míry jsou tyto vlastnosti důležité.

Souvislost mechanických vlastností pojiva a textilie byla potvrzena mnoha autory a i když nejsou závěry výzkumů vždy shodné, vliv pojiva je zde potvrzen. Souvislost elastických vlastností s výjimkou modulu pružnosti, jehož vliv byl experimentálně stanoven, byla zkoumána nejméně a převážně jen teoreticky. Lze však s největší pravděpodobností očekávat vliv těchto vlastností na vlastnosti textilie.

Cílem této diplomové práce je ověření platnosti uvedených výsledků literárního průzkumu pro daný případ a získání závislostí týkajících se vlivů elastických vlastností. K tomu byl sestaven následující plán experimentu.

1.6 Plán experimentu

1.6.1 Výběr pojiva a vláken a způsobu výroby vzorků

Aby bylo možno určit vliv mechanických a elastických vlastností pojiva na příslušné vlastnosti spojené textilie, je nutno vliv ostatních faktorů eliminovat. To znamená dodržet ve všech vzorcích textilie stejný obsah pojiva, použít rovnou stejného původu a vlastností a zajistit neměnnou strukturu textilie dodržením konstantních technologických podmínek.

Pojené textilie vyráběné impregnační technologií jsou průmyslově získávány impregnací rovnou vodnou disperzí pojiva mezi dvojicí sít /Systém Rodney Hunt/.

Při výrobě vzorků textilie v laboratoři není důležitý způsob impregnace vláknité vrstvy, ale je bezpodmínečně nutné zajistit konstantní obsah pojiva ve všech vzorcích. Toho lze dosáhnout vhodným přítlakem válců laboratorního fuláru.

Jako vláknenné složky textilie bude použito vrstveného viskozového rovnou s orientací vláken převážně v příčném směru.

Výběr pojiva je nutno provádět s ohledem na možnost změny jeho elastických a mechanických vlastností. Pro tento experiment byl zvolen butadienakrylonitrilový latex anglické firmy BP Chemicals, Breon 1571. Jeho vlastnosti jsou dány chemickým složením, přítomností silně polárních nitrilových skupin a vzájemným poměrem butadienu, akrylonitrilu a kyseliny akrylové v řetězci polymeru. U tohoto kaučuku lze tedy měnit mechanické vlastnosti chemickým složením. To však připadá v úvahu již v průběhu výroby polymeru.

Mechanické vlastnosti již připraveného latexu je možno měnit ve velkém rozsahu typem zesíťování popsaným v kapitole 1.5. Vytvoření příčných vazeb se dosáhne přidáním termoreaktivní pryskyřice do latexu.

Vlastní zesíťení probíhá za zvýšené teploty. Kromě pryskyřice je do latexu přidáváno malé množství vhodného katalyzátoru, který vytvoření příčných vazeb urychluje.

Vlastnosti Breonu 1571 jak je udává firma BP Chemicals jsou uvedeny v tabulce /13/.

Tabulka 1

měrná hmota latexu	[g/cm ³]	1,008
viskozita dle Broockfieldda	[cps]	12
koncentrace kaučukové fáze	[%]	40
pH latexu		8
povrchové napětí latexu	[dyn/cm]	30

Ke zkoušení vlastností tohoto kaučuku je nutno vyrobit zkušební vzorky ve formě folií.

Možností získání folií z latexu je několik. Nejvhodnější je lití na rovnou skleněnou desku a koagulace za nepřiliš vysoké teploty. Získanou folii je nutno zpracovat za teploty, při které dojde k vlastnímu vytvrzení kaučuku.

1.6.2 Výběr zkušebních metod

Použité pojivo a pojená textilie spadají do rozdílných oborů výroby a použití. Požadavky na jejich vlastnosti se do značné míry liší. Proto i metody zkoušení jejich vlastností jsou odlišné jak ve svém zaměření, tak i v provádění zkoušek. Jestliže však chceme objektivně porovnat mechanické a elastické vlastnosti pojiva a textilie, musíme zkoušení všech vzorků provádět stejnou metodou. Není proto možné se důsledně držet předepsaných norem.

Mechanické a elastické vlastnosti pojiva a pojené textilie lze zjistit trhací zkouškou a zkouškou elastického zotavení. Rozborem grafických záznamů zkoušek zjistíme parametry definující tyto vlastnosti. Význam těchto parametrů je popsán v kapitole 1.2.

1.6.2.1 Metodika zkoušení

Trhací zkouška: Vzorky textilie upneme do přízové trhačky a namáháme tahovým napětím až do přetrhu. Předem spočítáme procento vahového obsahu pojiva v textili a určíme u každého vzorku tex.

$$\text{tex} = \frac{m}{l} \cdot 10^5$$

m hmota vzorku [g]

l délka vzorku [cm]

$$c_p = \frac{\text{tex}_T - \text{tex}_R}{\text{tex}_T} \cdot 100 \quad [\%]$$

c_p vahové množství pojiva v textili [%]

tex_T ... tex impregnované textilie

tex_R ... tex rouna před impregnací

Vzorky před zkoušením ponecháme jeden den v místnosti, kde budeme měření provádět. Tím zajistíme ve všech vzorcích stejné procento relativní vlhkosti, které je u viskozových vláken velmi

významné z hlediska jejich pevnosti.
U folie postupujeme stejným způsobem.

Zkouška elastického zotavení: Tato zkouška není pro netkané textilie normalisována, ale v literatuře jsou uváděny návody na její provádění /8/. Vzorčky šířky 1 cm namáháme tahovým napětím nižším než je napětí na mezi kluzu /není blíže definováno/, přičemž rychlost posuvu čelistí má být asi 10% upínací délky/min. Po dosažení tohoto napětí okamžitě změníme směr posuvu čelistí, necháme napětí klesnout na nulu a pokračujeme až na původní upínací délku. Zde setrváme 3 minuty a znova opakujeme předchozí postup. Počet takovýchto cyklů je 5 pro každý vzorek.

1.6.2.2. Zyhodnocování zkoušek

Z grafických záznamů těchto zkoušek lze určit všechny potřebné parametry.

Z trhací zkoušky zjistíme:

modul pružnosti	E
pevnost při přetrhu	P_p
prodloužení na mezi pevnosti	Δl_p
pevnost na mezi kluzu	P_k
prodloužení na mezi kluzu	Δl_k

Směrnice přímký z počátku a dotýkající se křivky $P - \Delta l$ až do meze úměrnosti určuje velikost počátečního modulu pružnosti. Číselně se rovná poměru souřadnic libovolného bodu této přímký násobeného upínací délkou

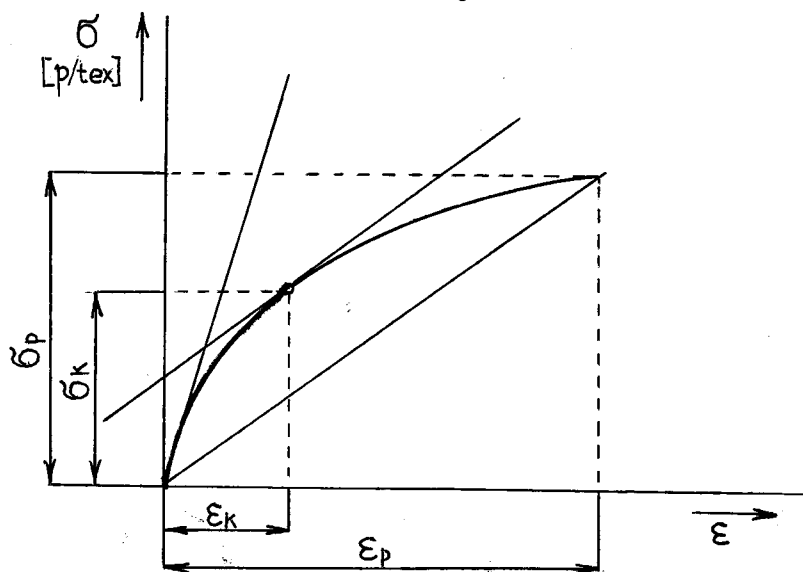
$$E = \frac{P}{\Delta l} \cdot l_0$$

Souřadnice meze pevnosti materiálu P_p a Δl_p jsou určeny bodem maximálního napětí v materiálu.

Tečna ke křivce $P - \Delta l$ rovnoběžná s přímkou proloženou počátkem souřadnic a mezí pevnosti materiálu určuje v místě dotyku mez kluzu materiálu a souřadnice tohoto bodu P_k a Δl_k . Pro lepší porovnávání výsledků dělíme hodnoty P_k , P_p a E texem vzorku a po vynásobení 10^3 dostáváme σ_p , σ_k a E v p/tex.

Poměrná prodloužení ε vypočteme podělením absolutních deformací upínací délkou. Hodnoty ε většinou násobíme 100 a vyjadřujeme je potom v procentech /9/.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \quad [\%]$$



Obr. 7 Křivka napětí - deformace

K představě o kolísání naměřených hodnot kolem průměrné slouží absolutní chyba.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad [x]$$

- δ absolutní chyba
- n počet měření
- x_i hodnota veličiny zjištěná při i -tém měření
- $\bar{x}$ průměrná hodnota měřené veličiny

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [x]$$

Ze zkoušky elastického zotavení zjistíme:

Δl_{Pl} plastická deformace

Δl_{El} elastická deformace

Δl_C deformace celková

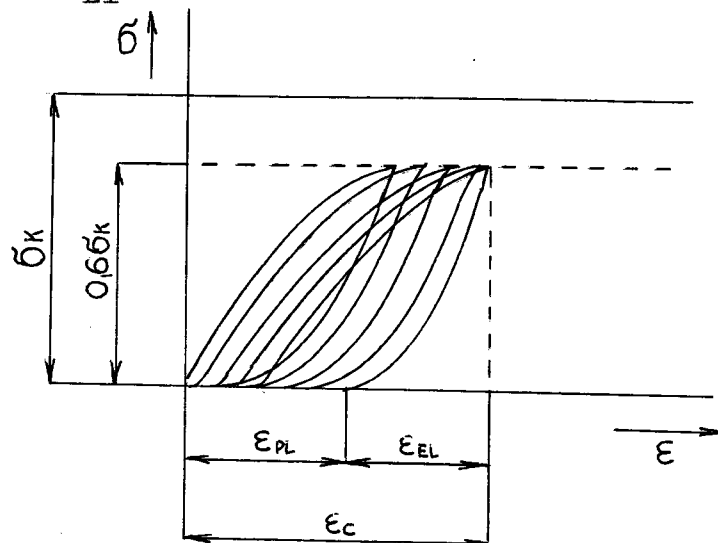
Získávání těchto hodnot je patrné z obrázku. Hodnoty relativního prodloužení se vypočítávají jako u předchozí zkoušky. Přepočtením dále uvedeným dostaneme představu o vzájemném poměru plastické a elastické deformace.

$$R_{Pl} = \frac{\epsilon_{Pl}}{\epsilon_C} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$R_{El} = \frac{\epsilon_{El}}{\epsilon_C} \cdot 100 \quad [\%]$$

R_{Pl} poměrná plastická deformace

R_{El} poměrné elastické zotavení



Obr. 8 Křivka elastického zotavení

Absolutní chybu vypočteme podobně jako u předcházející zkoušky.

1.6.2.3 Vyhodnocení koeficientu využití pevnosti vláken

Tichomirov uvádí ve své práci /1/ vzorec pro výpočet koeficientu využití vláken popsany zde v kapitole 1.3.1. Tento vzorec je pro praktické vyhodnocení tohoto koeficientu velmi těžko použitelný. Především metody určení orientace vláken v rounu jsou velmi pracné a často nepřesné. Proto byl pro tuto práci navržen vzorec sice méně výstižný, ale snadněji upotřebitelný. Udává procento vláken z jejich celkového počtu, které se podílí aktivně na pevnosti textilie při přetrhu. Vychází se z naměřených hodnot σ_p pojiva, σ_p textilie, σ_p vláken a vahového obsahu pojiva a vláken ve vzorku textilie. Při procentním vahovém podílu pojiva P v textilií je jeho podíl na pevnost textilie přepočtený na $\text{tex } P \cdot \sigma_{p,p} / 100$. Procentní vahový podíl vláken v textilií je $100 - P$. Pevnost vláken jaký udává výrobce je $\sigma_{p,v} = 22 \text{ p/tex}$. Souhrnná pevnost vláken ve vzorku je tedy $(100 - P) \cdot \sigma_{p,v} / 100$. Odečteme-li od pevnosti textilie pevnost pojiva, dostaneme podělením souhrnou pevností všech vláken vzorku textilie představu o uplatnění vlákené složky při přetrhu. Pro tento případ, kdy procento pojiva $P = 40\%$ má odpovídající vztah tvar:

$$K = \frac{\sigma_{p,T} - 0,4 \sigma_{p,p}}{0,6 \sigma_{p,v}} \cdot 100 \quad [\%]$$

$\sigma_{p,T}$	napětí textilie při přetrhu	[p/tex]
$\sigma_{p,p}$	napětí pojiva při přetrhu	[p/tex]
$\sigma_{p,v}$	napětí vláken při přetrhu	[p/tex]

Tento výpočet je sice zatížen chybou, protože ne všechno pojivo se podílí aktivně na pevnosti textilie, ale protože struktura by měla být u všech vzorků zachována nezměněna, lze získané výsledky vzájemně porovnat.

2. 0. Experimentální část

2.1 Použitý materiál a zařízení

2.1.1 Materiál

Vláknenná složka textilie: viskozová střiž

jemnost vláken 3,5 den

délka 60 mm

výrobce Spolana Neratovice

Rouno s vlákny orientovanými v příčném směru
o plošné hmotnosti 100 g/m^2 vyrobeno SVÚT.

Pojivá složka textilie: Breon 1571

40% vodná disperze butadien-
akrylonitrilového kaučuku
výrobce BP Chemicals

termoreaktivní pryskyřice
Solapret MH - fenolformal-
dehydový předkondenzát

2.1.2 Použité zařízení a přístroje

Laboratorní fulár

Výrobce VD Liberec, VŠST

šířka 400 mm

skleněná vanička 200 x 300 mm

přízová trhačka WPM

výrobce VEB Thüringer Industriewerk Rauenstein

Horkovzdušná sušárna

Výrobce Chirana

2.2 Postup experimentální práce

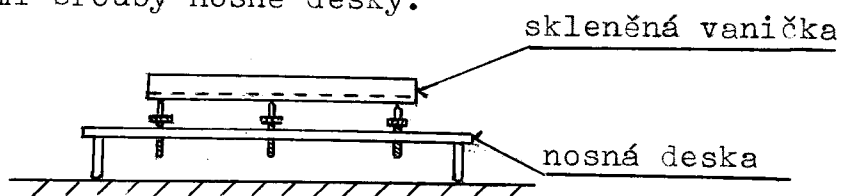
2.2.1 Výroba vzorků

Výroba textilie: rouno vložené mezi dvě kovová síta bylo impregnováno v misce a odmačk přebytečného pojiva byl dosažen válci laboratorního fuláru pneumaticky přitlačovanými. Přítlak byl volen tak, aby byl zajištěn 40% vahový obsah pojiva textilie. Takto upravené rouno bylo usušeno v sušárně, čímž se dosáhlo koagulace pojiva. Pojivo obsahovalo postupně 0 až 25% Solapretu po pěti procentech. Vlastní vytvrzení pojiva proběhlo rovněž v sušárně.

Technologické podmínky výroby rouna

Přítlak fuláru	3 kp/cm
Teplota koagulace	50°C
Teplota zesítní	145°C
Doba zesítní	6 minut

Výroba folií pojiva: kaučukový latex byl lit na skleněnou vaničku ustavenou do vodorovné polohy stavěcími šrouby nosné desky.



Obr. 9 Zařízení na výrobu folií

Vlastnosti kaučuku byly měněny obsahem Solapretu od 0 do 25% /z váhy sušiny latexu/ po pěti procentech. Tento kaučuk na skleněné desce zkoaguloval vlivem odpaření vody za normální teploty. Takto připravená folie byla zpracována podobně jako textilie v sušárně.

Tloušťka folie byla volena 0,5 mm.

Následující tabulka uvádí složení kaučukového latexu pro výrobu folií s množstvím termoreaktivní pryskyřice od 0 do 25%.

Tabulka 2

procento Solapretu C_s	množství latexu [cm ³]	množství pryskyřice [cm ³]
0	75	0
5	71,3	1,5
10	68,3	2,7
15	64,8	3,8
20	62,6	4,9
25	59,6	5,9

Technologické podmínky výroby folie

Teplota koagulace 20°C

Teplota zesítní 145°C

Doba zesítní 6 minut

2.2.2 Zkoušení vzorků

Trhací zkouška byla provedena přízové trhačce WPM. Vzorky byly odebrány z textilie ve směru orientace vláken a ve směru na ni kolmém.

Vzorky pojiva byly získány stříháním vyrobených folií.

Tabulka 3

	pojivo	textilie
šířka vzorku cm	1,5	1,5
upínací délka cm	1	10
počet vzorků cm	10	10

Upínací délku folie pojiva bylo nutno volit kratší s ohledem na velké prodloužení kaučuku. Konstrukce stávajícího zařízení není k podobným měřením přizpůsobena.

Zkouška elastického zotavení byla prováděna pro folie pojiva a vzorky textilie s vlákny orientovanými převážně ve směru kolmém ke směru namáhání vzorku. U podélného směru vláken byla plastická deformace nulová, resp. na daném zařízení neměřitelná. Ani elastická deformace se neměnila. Proto nejsou výsledky této zkoušky pro podélnou orientaci vláken v tabulkách uvedeny.

Tabulka 4

	pojivo	textilie
šířka vzorku cm	1	1
upínací délka cm	10	10
počet vzorků	5	5

Tyto zkoušky byly uskutečněny postupně pro různá množství pryskyřice v pojivu. Namáhání vzorků bylo voleno 60% pevnosti na mezi kluzu určené z trhací zkoušky a přepočtené s ohledem na jiné rozměry vzorků. Počet cyklů 5, čas k vyrovnaní časově závislé elastické deformace je pro každý cyklus volen 3 minuty.

2.3. Výsledky a jejich zpracování

2.3.1 Vzorový výpočet trhací zkoušky

Potřebné veličiny byly získány z grafického záznamu této zkoušky. Pro zjištění poměrných hodnot bylo nutno hodnoty odečtené z grafu přepočítat.

Žádáné parametry

σ_p napětí při přetrhu

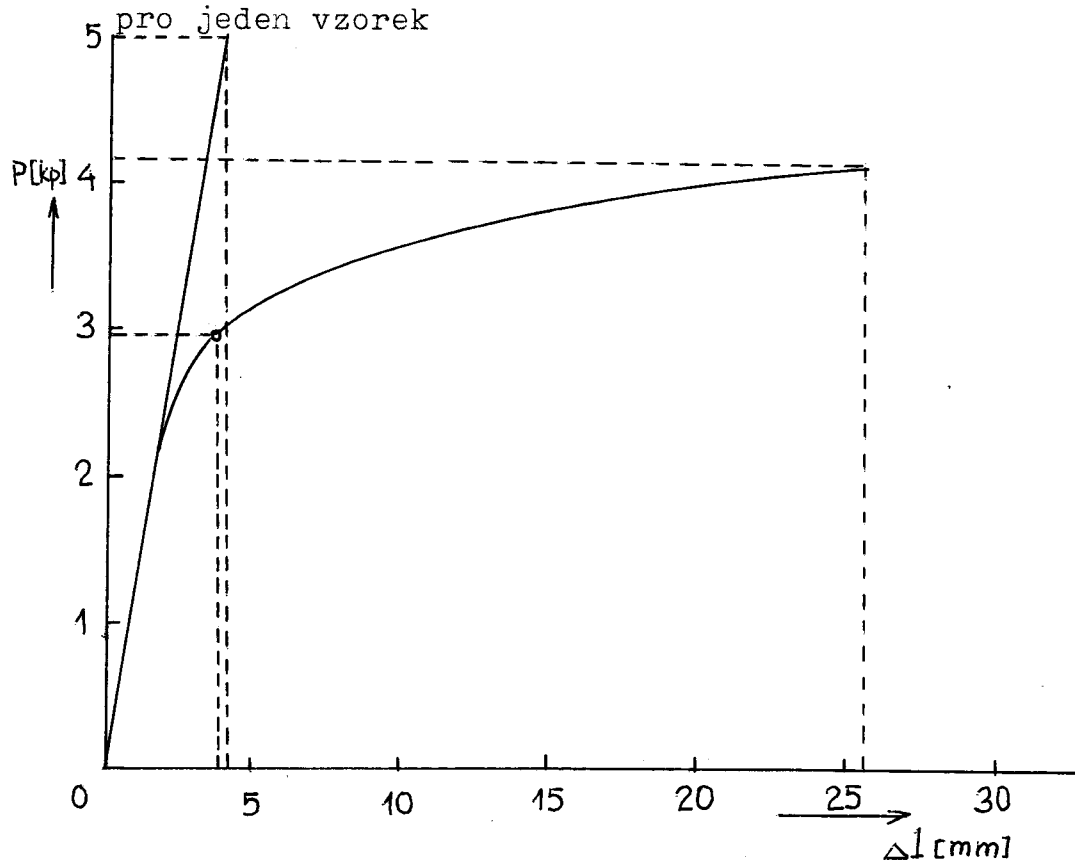
ε_p relativní prodloužení při přetrhu

σ_k napětí na mezi kluzu

ε_k relativní prodloužení na mezi kluzu

E počáteční modul pružnosti

Tyto parametry získáme přepočtem naznačeným zde pro jeden vzorek



Obr.10- Grafický záznam trhací zkoušky

Výpočet pro vzorek textilie s orientací vláken ve směru namáhání, 0% Solapretu v pojivu, číslo vzorku 1.

Výpočet texu:

váha vzorku $m = 3,832 \text{ g}$

délka vzorku $l = 150 \text{ mm}$

upínací délka $l_0 = 100 \text{ mm}$

$$\text{tex} = \frac{m}{l} \cdot 10^3 = \frac{3,832 \cdot 10^6}{150} = 2554$$

Napětí při přetrhu σ_p :

pevnost při přetrhu $P_p = 4,804 \text{ kp}$

$$\sigma_p = \frac{P_p}{\text{tex}} = \frac{4,804 \cdot 10^3}{2554} = 1,881 \text{ p/tex}$$

Poměrné prodloužení při přetrhu ϵ_p :

absolutní prodloužení při přetrhu ... $\Delta l_p = 26 \text{ mm}$

$$\epsilon_p = \frac{\Delta l_p}{l_0} \cdot 100 = \frac{26}{100} \cdot 100 = 26 \%$$

Napětí na mezi kluzu σ_k :

pevnost na mezi kluzu $P_k = 2,880 \text{ kp}$

$$\sigma_k = \frac{P_k}{\text{tex}} = \frac{2,880 \cdot 10^3}{2554} = 1,132 \text{ p/tex}$$

Poměrné prodloužení na mezi kluzu ϵ_k :

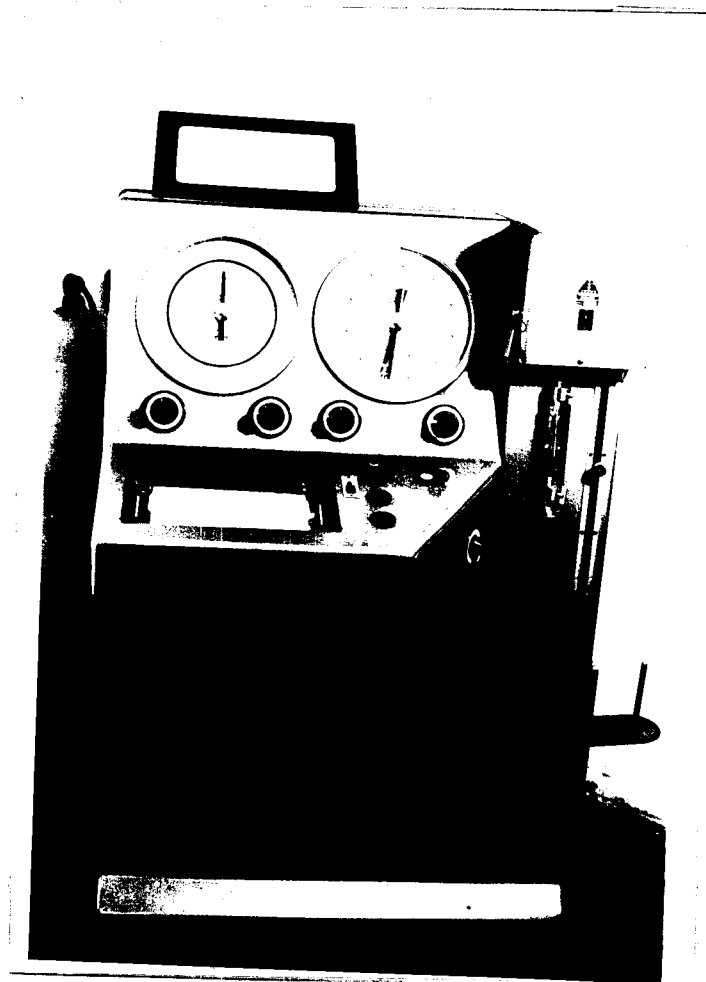
absolutní prodloužení na mezi kluzu .. $\Delta l_k = 3,7 \text{ mm}$

$$\epsilon_k = \frac{l_k}{l_0} \cdot 100 = \frac{3,7}{100} \cdot 100 = 3,7 \%$$

Počáteční modul pružnosti E :

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{P}{\text{p/tex}} \cdot \frac{l_0}{\Delta l}$$

$$E = \frac{5 \cdot 10^3}{2554} \cdot \frac{100}{4} = 49,06 \text{ p/tex}$$



Obr. 12 Přízová trhačka WPM

Průměrná hodnota veličin $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad [x]$$

$$\bar{E} = \frac{533,2}{10} = 53,32 \quad \text{p/tex}$$

Absolutní chyba měření δ :

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\delta_E = \sqrt{\frac{86,05}{90}} = \pm 0,9778 \quad \text{p/tex}$$

U hodnot na mezi kluzu není δ počítána, protože tyto hodnoty slouží pro určení velikosti namáhání při zkoušce elastického zotavení.

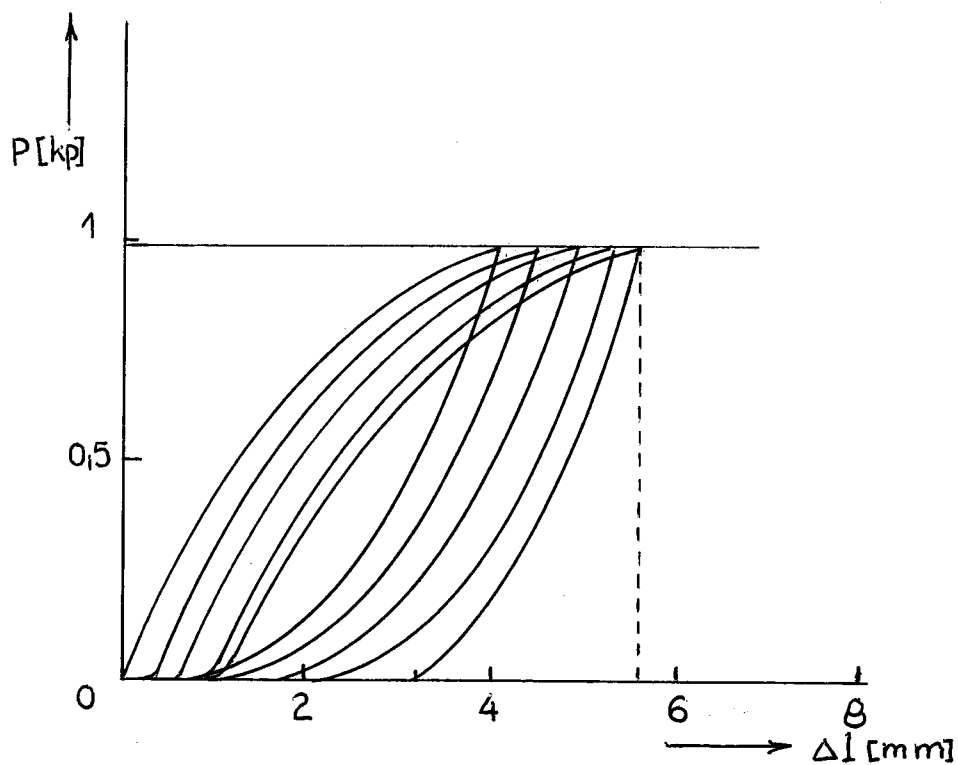
2.3.2 Vzorový výpočet zkoušky elastického zotavení

Hodnoty veličin odečtené ze záznamu zkoušky přepočteme na poměrné. Jde nám o zjištění těchto parametrů

- ϵ_{EL} poměrné elastické protažení
- ϵ_{PL} poměrné plastické protažení
- ϵ_C poměrné celkové protažení
- R_{EL} poměrné elastické zotavení
- R_{PL} poměrná nevratnost deformace

Výpočet pro textilii s orientací vláken kolmou na směr namáhání, O% Solaretu, číslo vzorku 1.

Grafický záznam této zkoušky je patrný z obrázku.



Obr. 11 Grafický záznam zkoušky elast. zotavení

Výpočet požadovaného namáhání $P_{0,6 K}$:

60% pevnosti na mezi kluzu $P_{0,6 K}$ [kp]

Napětí na mezi kluzu 0,952 [p/tex]

Průměrný tex vzorků $\overline{\text{tex}} = 1740$

$$P_{0,6 K} = 0,6 \cdot \sigma_K \cdot \overline{\text{tex}} \quad [\text{kp}]$$

$$P_{0,6 K} = 0,6 \cdot 0,952 \cdot 10^{-3} \cdot 1740 = 0,992 \quad \text{kp}$$

Výpočet průměrného texu:

$$\overline{\text{tex}} = \frac{m_i}{l_i} \cdot 10^3 = \frac{13,050 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{5 \cdot 150} = 1740$$

Výpočet poměrného prodloužení ϵ :

$$\begin{aligned}\text{Absolutní prodloužení po 5 cyklech} \dots \Delta l_{El} &= 2,4 \text{ mm} \\ \Delta l_{Pl} &= 3,2 \text{ mm} \\ \Delta l_C &= 5,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$\epsilon_{El} = \frac{2,4}{100} \cdot 100 = 2,4 \quad \%$$

$$\epsilon_{Pl} = \frac{3,2}{100} \cdot 100 = 3,2 \quad \%$$

$$\epsilon_C = \frac{5,6}{100} \cdot 100 = 5,6 \quad \%$$

Výpočet poměrného elastického zotavení R_{El} :

$$R_{El} = \frac{\bar{\epsilon}_{El}}{\bar{\epsilon}_C} \cdot 100 = \frac{2,6 \cdot 10^2}{6,0} = 44,3 \quad \%$$

$\bar{\epsilon}$ Průměrné hodnoty relativního prodloužení

Výpočet poměrné zbytkové deformace R_{Pl} :

$$R_{Pl} = \frac{\bar{\epsilon}_{Pl}}{\bar{\epsilon}_C} \cdot 100 = \frac{3,4 \cdot 10^2}{6,0} = 56,6 \quad \%$$

nebo též

$$R_{Pl} = 100 - R_{El} = 100 - 43,4 = 56,6 \quad \%$$

Absolutní chybaměření δ :

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\delta_{\epsilon_{El}} = \sqrt{\frac{0,1}{5 \cdot 4}} = \pm 0,0707 \quad \%$$

2.3.2 Výpočet koeficientu využití vláken

$$K = \frac{\bar{\sigma}_{p,T} - 0,4 \bar{\sigma}_{p,p}}{0,6 \bar{\sigma}_{p,v}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Výpočet pro textilii s orientací vláken rovnoběžnou se směrem namáhání, 0% Solapretu.

$$K_0 = \frac{1,891 - 0,4 \cdot 0,310}{0,6 \cdot 22} = \frac{1,767}{13,2} = 13,4 \quad \%$$

2.3.3 Zpracování výsledků v tabulkách a grafech

V tabulkách je uvedeno pro jednoduchost místo
- směr namáhání rovnoběžný s orientací vláken-
- směr podélný -. Směr namáhání kolmý na první
je označen jako směr příčný.

Indexy v grafech:

$V_{T,||}$ vlastnost textilie ve směru orientace
vláken

$V_{T,\perp}$ vlastnost textilie ve směru kolmém na
orientaci většiny vláken

V_F vlastnost folie pojiva

Tabulka 5

Napětí při přetrhu σ_p [p/tex] - textilie - směr příčný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	1,271	1,443	1,563	1,884	2,035	2,263
2	1,196	1,360	1,485	1,772	1,941	2,291
3	1,070	1,321	1,620	1,893	2,127	2,060
4	1,235	1,384	1,681	1,886	1,977	2,174
5	1,193	1,467	1,672	1,682	2,101	2,016
6	1,151	1,290	1,527	1,841	2,110	2,195
7	1,087	1,303	1,562	1,720	1,992	2,201
8	1,332	1,391	1,690	1,864	2,074	2,367
9	1,101	1,411	1,491	1,745	1,963	2,221
10	1,100	1,392	1,681	1,843	2,031	2,260
$\bar{\sigma}_p$	1,182	1,376	1,597	1,813	2,035	2,204
$\pm \delta$	0,0739	0,0168	0,0262	0,0243	0,0209	0,0330

Tabulka 6

Napětí při přetrhu σ_p [p/tex] - textilie směr podélný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	1,881	2,131	2,293	2,441	2,842	2,812
2	1,733	2,073	2,111	2,543	2,721	2,923
3	1,752	2,151	2,372	2,497	2,815	2,991
4	1,871	2,060	2,097	2,451	2,760	2,856
5	2,020	2,017	2,157	2,492	2,929	2,882
6	2,084	2,201	2,330	2,460	2,536	3,010
7	1,815	2,220	2,290	2,331	2,591	3,121
8	2,027	2,180	2,370	2,560	2,720	3,083
9	1,911	1,941	2,314	2,637	2,781	3,105
10	1,821	2,245	2,193	2,516	2,832	2,947
$\bar{\sigma}_p$	1,189	2,122	2,252	2,492	2,753	2,973
$\pm \delta$	0,0383	0,0287	0,0330	0,0258	0,0352	0,0340

Tabulka 7

Napětí při přetrhu σ_p [p/tex] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	0,339	0,488	0,697	0,797	0,802	0,863
2	0,301	0,502	0,699	0,801	0,715	0,801
3	0,301	0,482	0,661	0,769	0,654	0,796
4	0,303	0,473	0,726	0,752	1,006	0,804
5	0,324	0,471	0,631	0,775	1,001	0,893
6	0,321	0,493	0,683	0,734	0,703	0,865
7	0,336	0,501	0,703	0,773	0,801	0,897
8	0,299	0,469	0,663	0,742	0,726	0,937
9	0,285	0,470	0,701	0,771	0,983	0,866
10	0,291	0,481	0,688	0,757	0,790	0,996
$\bar{\sigma}_p$	0,310	0,483	0,685	0,767	0,818	0,872
$\pm \delta$	0,0059	0,0040	0,0085	0,0068	0,0417	0,0201

Tabulka 8

Prodloužení při přetrhu ϵ_p [%] - textilie směr příčný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	29	25	19	15	11	9
2	33	20	13	12	10	10
3	28	18	15	14	12	9
4	30	19	16	14	10	9
5	30	22	16	12	12	9
6	31	17	14	13	12	8
7	28	19	15	12	10	9
8	30	18	16	13	12	11
9	31	21	15	12	11	9
10	29	20	15	13	11	10
$\bar{\epsilon}_p$	30,0	19,9	14,9	13,0	11,1	9,3
$\pm \delta$	0,4830	0,7371	0,3143	0,3333	0,2768	0,2603

Tabulka 9

Prodloužení při přetrhu ϵ_p [%] - textilie směr podélný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	26	20	18	14	14	10
2	30	21	17	16	12	11
3	26	19	18	13	14	11
4	28	18	16	14	12	10
5	27	18	16	15	14	9
6	25	18	19	14	12	10
7	25	22	16	15	12	12
8	27	20	19	16	13	12
9	29	17	17	18	12	12
10	27	20	16	16	13	11
$\bar{\epsilon}_p$	27,0	19,2	17,2	15,1	12,8	10,8
$\pm \delta$	0,4714	0,4422	0,3944	0,3665	0,2906	0,3266

Tabulka 10

Prodloužení při přetrhu ϵ_p [%] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	2098	1854	1579	1536	1293	1011
2	2362	2026	1708	1492	1223	1125
3	2102	1878	1702	1570	1171	1006
4	2003	1883	1810	1402	1402	1011
5	2126	1822	1606	1457	1366	1210
6	2139	2105	1670	1505	1236	1181
7	2310	2025	1872	1484	1306	1049
8	2008	1789	1632	1417	1309	1200
9	2012	1797	1696	1471	1308	1017
10	1920	1888	1704	1469	1203	1112
$\bar{\epsilon}_p$	2108	1907	1698	1480	1282	1092
$\pm \delta$	43,75	34,29	28,03	15,92	23,00	26,41

Tabulka 11

Modul pružnosti E[p/tex]- textilie - směr příčný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	47,14	90,28	105,78	167,34	181,60	202,15
2	44,46	79,05	99,65	149,59	174,50	206,27
3	48,29	75,09	108,59	165,32	180,87	188,91
4	42,55	87,90	122,65	143,54	164,14	190,22
5	49,06	85,95	119,32	156,45	167,76	188,13
6	45,23	76,28	121,23	145,56	166,15	195,45
7	46,76	73,51	121,09	139,59	182,47	191,12
8	47,42	77,47	118,01	145,96	185,26	208,76
9	44,16	80,23	124,35	155,64	181,13	193,10
10	46,88	78,50	122,22	141,03	167,42	198,09
$\bar{E}$	46,20	80,42	116,29	151,01	175,13	196,22
$\pm \delta$	0,6432	1,7995	2,6812	3,1149	2,5448	2,3287

Tabulka 12

Modul pružnosti E[p/tex]- textilie - směr podélný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	49,06	83,06	106,09	127,56	142,38	142,08
2	49,32	89,18	103,27	129,23	132,16	152,10
3	56,08	79,12	101,12	130,18	136,97	156,99
4	54,22	76,46	105,93	118,71	143,24	140,18
5	57,35	79,58	110,02	129,13	126,45	154,02
6	56,28	80,11	96,78	123,55	146,63	149,79
7	50,83	83,59	109,14	119,02	144,96	163,31
8	50,61	81,43	110,26	115,39	129,29	160,03
9	53,31	77,92	104,18	120,12	138,18	152,17
10	56,14	85,66	105,32	118,93	140,66	145,63
$\bar{E}$	53,32	81,61	105,21	123,18	138,09	151,63
$\pm \delta$	0,9778	1,1213	1,3246	1,7174	2,1155	2,2801

Tabulka 13

Modul pružnosti $E[p/tex]$ - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	0,128	0,268	0,321	0,391	0,443	0,471
2	0,103	0,277	0,342	0,411	0,436	0,462
3	0,110	0,261	0,331	0,393	0,417	0,466
4	0,113	0,251	0,317	0,406	0,447	0,445
5	0,121	0,245	0,308	0,389	0,441	0,498
6	0,126	0,270	0,329	0,370	0,421	0,496
7	0,124	0,283	0,327	0,388	0,430	0,480
8	0,101	0,255	0,315	0,388	0,425	0,498
9	0,119	0,259	0,340	0,387	0,459	0,474
10	0,114	0,261	0,330	0,376	0,448	0,511
$\bar{E}$	0,116	0,263	0,326	0,390	0,437	0,480
$\pm \delta$	0,0030	0,0303	0,0035	0,0035	0,0050	0,0059

Tabulka 14

Celkové prodloužení $\epsilon_c [\%]$ - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	176	159	139	125	97	80
2	175	160	139	126	97	78
3	173	158	143	123	101	82
4	175	157	140	121	100	81
5	172	156	142	121	98	80
$\bar{\epsilon}_c$	174,2	158,0	140,6	123,2	99,0	80,2
$\pm \delta$	0,7348	0,5477	0,8307	1,0198	0,8366	0,6640

Tabulka 15

Napětí na mezi kluzu σ_k [p/tex] - textilie-směr příčný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	0,996	1,156	1,289	1,425	1,460	1,562
2	0,957	1,060	1,270	1,291	1,506	1,521
3	0,922	1,126	1,341	1,359	1,462	1,517
4	0,977	1,165	1,269	1,375	1,496	1,621
5	0,948	1,210	1,290	1,431	1,501	1,485
6	0,949	1,059	1,257	1,332	1,462	1,636
7	0,927	1,061	1,222	1,401	1,478	1,591
8	0,944	1,108	1,206	1,361	1,469	1,701
9	0,966	1,162	1,341	1,427	1,503	1,602
10	0,946	1,105	1,345	1,408	1,523	1,650
$\bar{\sigma}_k$	0,952	1,121	1,283	1,381	1,486	1,583

Tabulka 16

Napětí na mezi kluzu σ_k [p/tex] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	0,0971	0,0977	0,0998	0,1036	0,1148	0,1159
2	0,0793	0,1013	0,1102	0,1186	0,1103	0,1029
3	0,0811	0,0915	0,1096	0,1072	0,0976	0,1048
4	0,0892	0,0872	0,0935	0,1051	0,1207	0,1016
5	0,0851	0,0856	0,0933	0,1063	0,1185	0,1156
6	0,0972	0,1010	0,1003	0,1088	0,0987	0,1213
7	0,0876	0,1052	0,1088	0,1034	0,1034	0,1122
8	0,0756	0,0891	0,0919	0,1012	0,1001	0,1251
9	0,0916	0,0903	0,1034	0,1079	0,1236	0,1150
10	0,0772	0,0941	0,0995	0,0961	0,1133	0,1247
$\bar{\sigma}_k$	0,0861	0,0943	0,1010	0,1058	0,1101	0,1139

Tabulka 17

Prodloužení na mezi kluzu ϵ_K [%] - textilie směr příčný						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	4,2	3,8	3,6	2,6	2,0	1,7
2	4,7	3,3	3,7	2,8	2,5	1,8
3	4,4	3,5	3,4	2,5	2,2	1,8
4	4,8	3,8	3,1	2,7	2,5	2,1
5	4,0	3,8	3,4	2,9	2,5	1,6
6	6,0	4,1	3,3	3,4	2,8	2,4
7	4,3	3,4	3,2	2,9	2,1	1,7
8	4,0	3,4	3,3	2,5	2,0	2,0
9	4,3	3,5	3,1	2,7	2,0	1,9
10	4,6	3,3	3,2	2,6	2,3	2,0
$\bar{\epsilon}_K$	4,34	3,51	3,34	2,70	2,25	1,83

Tabulka 18

Prodloužení na mezi kluzu ϵ_K [%] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	151	127	96	78	64	62
2	189	121	93	73	70	57
3	170	129	103	79	66	58
4	162	129	105	73	67	60
5	166	126	107	81	65	60
6	141	130	97	86	62	62
7	183	111	98	80	68	60
8	167	121	98	84	74	61
9	171	127	83	81	69	63
10	155	129	82	77	64	60
$\bar{\epsilon}_K$	161	125	96,1	79,2	66,9	60,3

Tabulka 19

Elastické prodloužení ϵ_{E_1} [%] - textilie						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	2,4	3,1	3,2	3,5	3,7	4,0
2	2,7	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1
3	2,6	3,0	3,1	3,6	3,7	4,1
4	2,5	3,0	3,4	3,5	3,9	4,0
5	2,8	2,8	3,3	3,4	3,9	3,9
$\bar{\epsilon}_{E1}$	2,6	3,0	3,3	3,52	3,8	4,04
$\pm \delta$	0,0707	0,0548	0,0671	0,0374	0,0447	0,0245

Tabulka 20

Plastické prodloužení ϵ_{Pl} [%] - textilie						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	3,2	2,8	2,0	1,5	1,1	0,8
2	3,4	2,8	2,1	1,6	1,2	0,7
3	3,4	2,9	1,9	1,7	1,2	0,7
4	3,4	2,8	2,0	1,6	1,1	0,6
5	3,6	2,7	2,0	1,6	1,0	0,7
$\bar{\epsilon}_{Pl}$	3,4	2,8	2,0	1,6	1,12	0,7
$\pm \delta$	0,0632	0,0316	0,0316	0,0316	0,0374	0,0716

Tabulka 21

Celkové prodloužení ϵ_C [%] - textilie						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	5,6	5,9	5,2	5,0	4,8	4,8
2	6,1	5,9	5,5	5,2	5,0	4,8
3	6,0	5,9	5,0	5,3	4,9	4,8
4	5,9	5,8	5,4	5,1	5,0	4,6
5	6,4	5,5	5,3	5,0	4,9	4,7
$\bar{\epsilon}_C$	6,0	5,8	5,3	5,12	4,92	4,74
$\pm \delta$	0,1284	0,0774	0,0866	0,0624	0,0374	0,0401

Elastické prodloužení ε_{El} [%] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	99	93	90	86	76	70
2	98	93	90	87	77	69
3	98	92	92	85	78	72
4	99	92	90	84	78	72
5	98	91	91	84	77	72
$\bar{\varepsilon}_{El}$	98,2	92,2	90,6	85,2	77,2	71,0
$\pm \delta$	0,3741	0,3741	0,4001	0,5831	0,3741	0,6324

Tabulka 23

Plastické prodloužení ε_{Pl} [%] - pojivo						
Číslo vzorku n	Procento Solapretu v pojivu Cs					
	0	5	10	15	20	25
1	77	66	49	39	21	10
2	77	67	49	39	22	9
3	75	66	51	38	23	10
4	76	65	50	37	22	9
5	75	65	51	37	21	8
$\bar{\varepsilon}_{Pl}$	76,0	65,8	50,0	38,0	21,8	9,2
$\pm \delta$	0,4472	0,3741	0,4472	0,4472	0,3741	0,3741

Tabulka 24

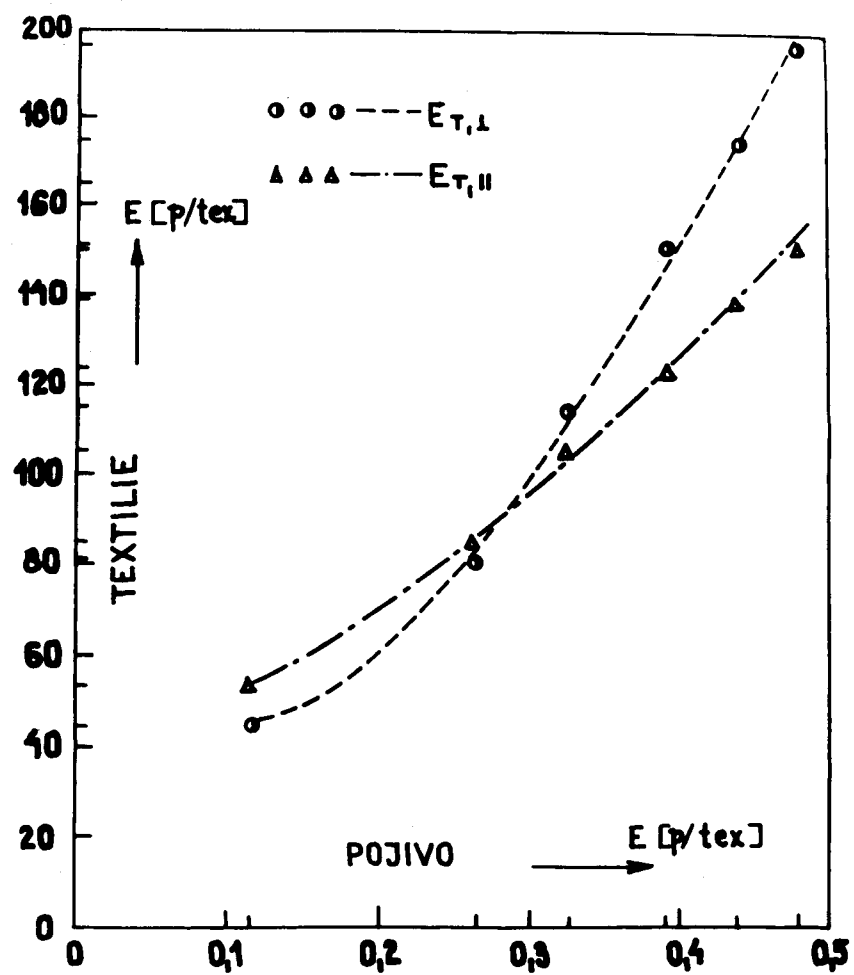
Velikost namáhání $P_{0,6K}$ [kp] Elastické zotavení R_{El} [%] textilie Nevratnost deformace R_{Pl} [%]			
Procento Solapretu Cs	$P_{0,6 K}$	R_{El}	R_{Pl}
0	0,992	43,3	56,7
5	1,136	51,4	48,3
10	1,322	62,3	37,7
15	1,371	68,6	31,4
20	1,486	77,6	22,4
25	1,597	85,4	14,6

Tabulka 25

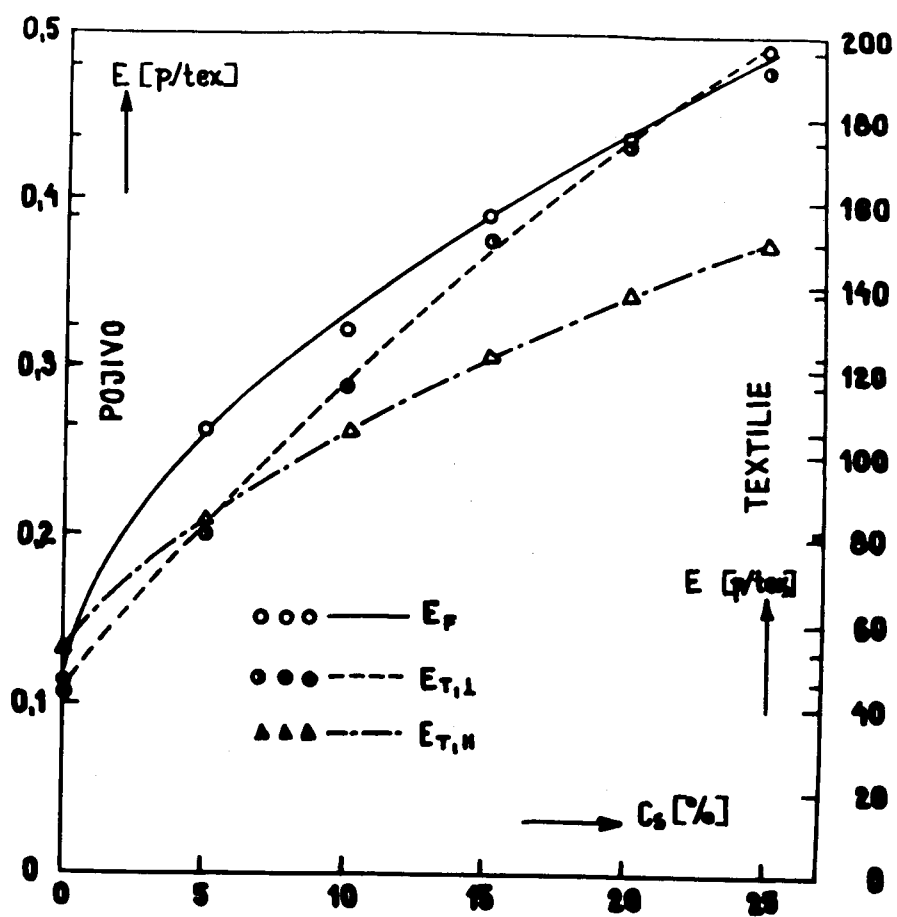
Velikost namáhání $P_{0,6K}$ [kp] Elastické zotavení R_{EL} [%]-pojivo Nevratnost deformace R_{Pl} [%]			
Procento Solapretu C_s	$P_{0,6K}$	R_{EL}	R_{Pl}
0	0,301	56,3	43,7
5	0,328	58,2	41,8
10	0,357	64,5	35,5
15	0,371	69,2	30,8
20	0,384	77,8	22,2
25	0,397	88,7	11,3

Tsbulka 26

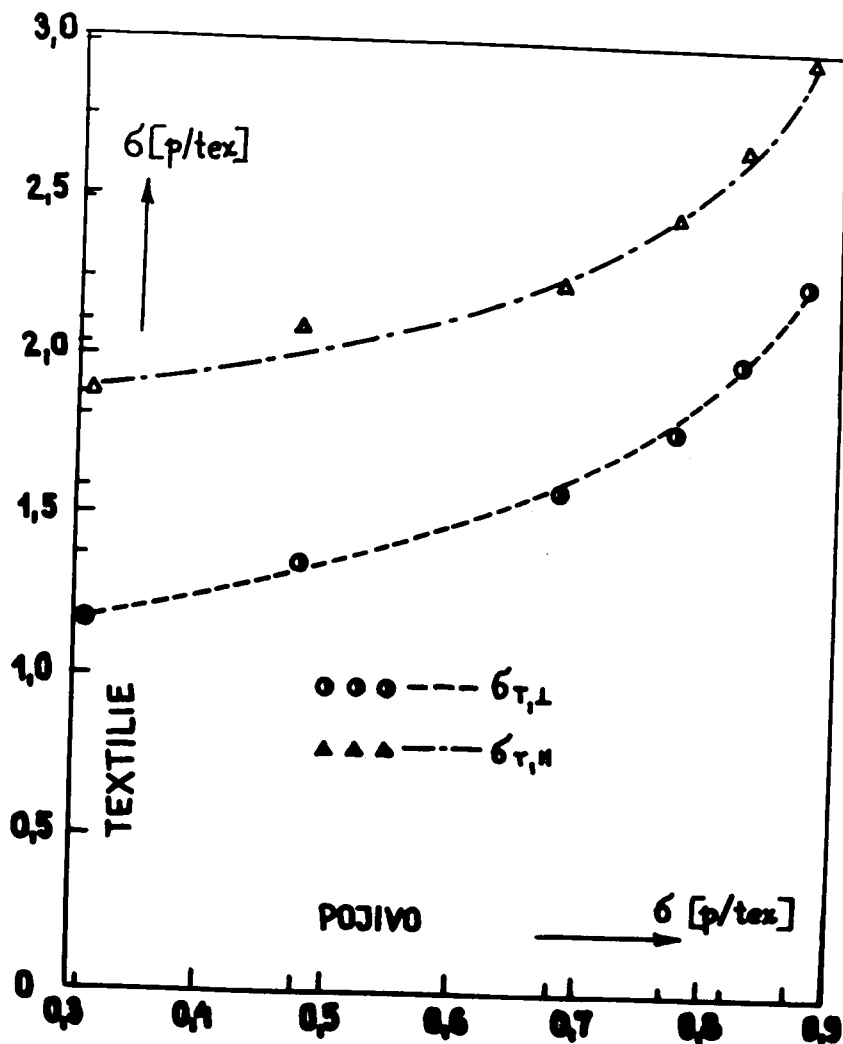
Koeficient využití vláken K [%]		
Procento Solapretu C_s	směr příčný K	směr podélný K
0	8,01	13,4
5	8,97	14,6
10	10,3	15,0
15	11,4	16,6
20	12,9	18,4
25	14,1	19,9



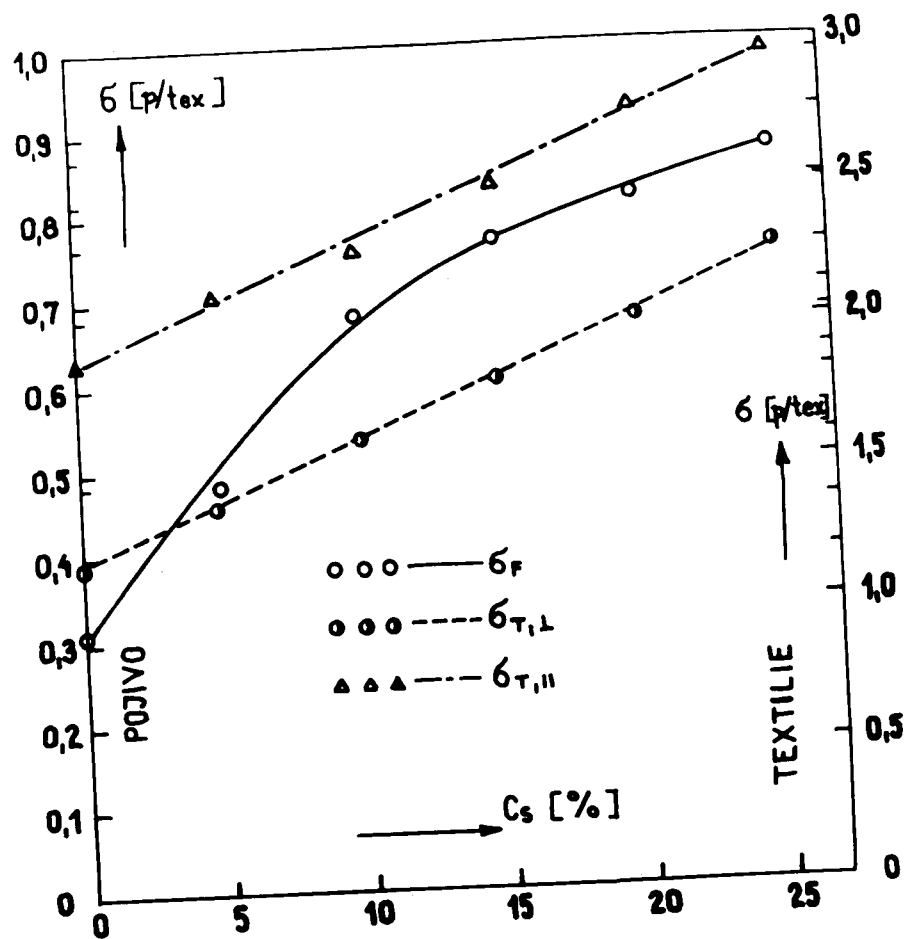
Obr. 13 Závislost modulu pružnosti textilie na modulu pružnosti pojiva



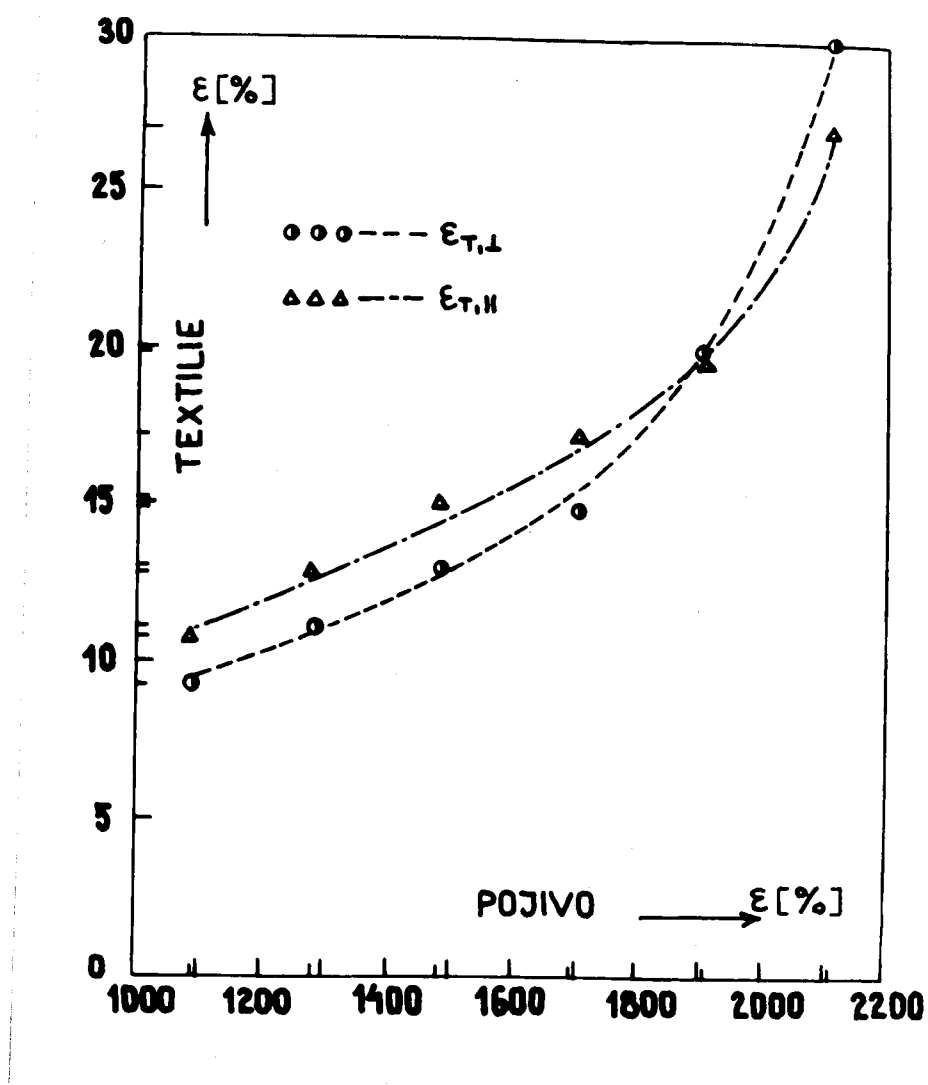
Obr. 14 Závislost modulu pružnosti pojiva a textilie na obsahu Solapretu v pojivu



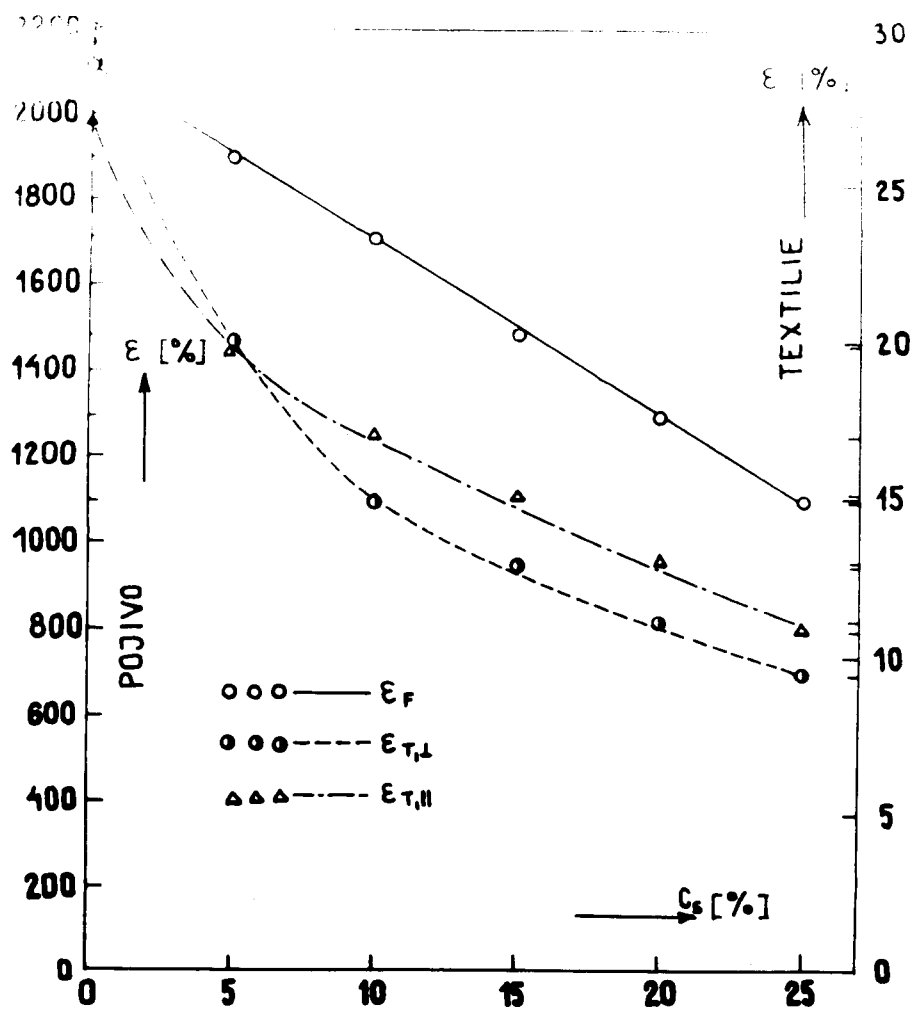
Obz. 15 závislost pevnosti textílie na pevnosti použitého pojiva



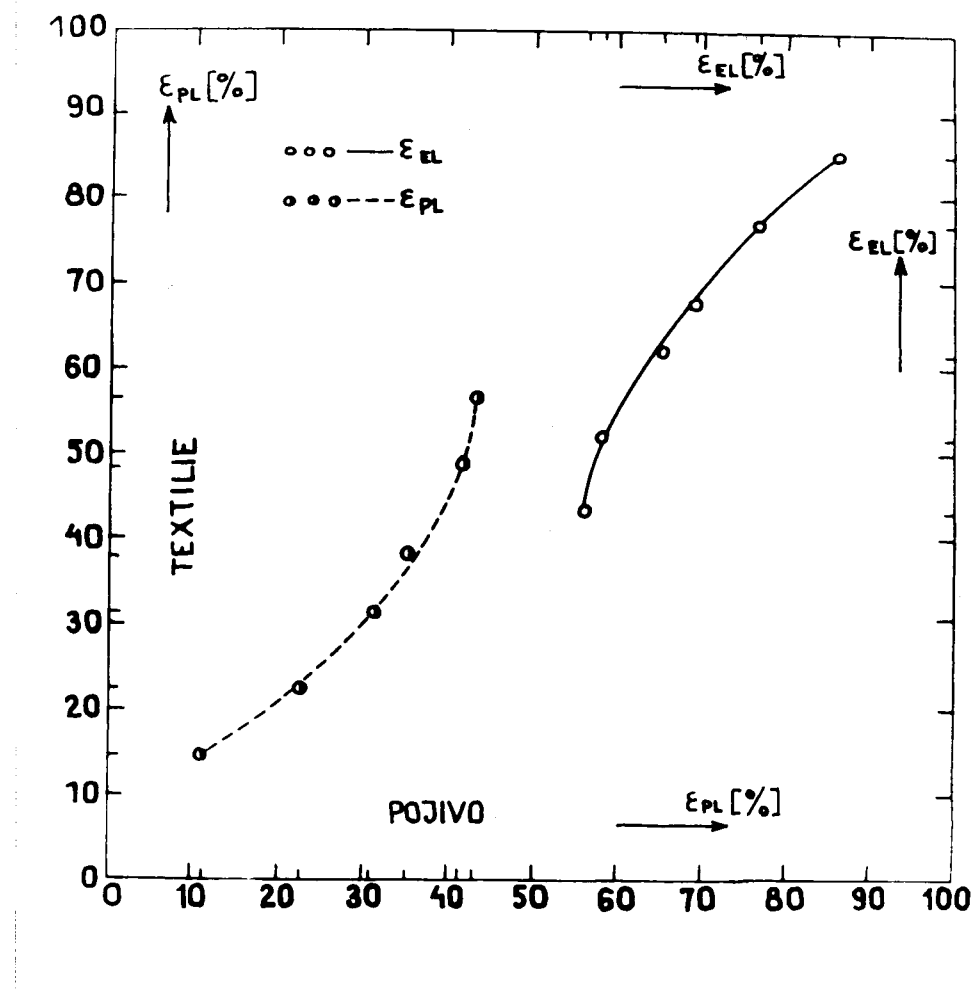
Obr. 16 Závislost pevnosti pojiva a textílie na obsahu Solapretu v pojivu



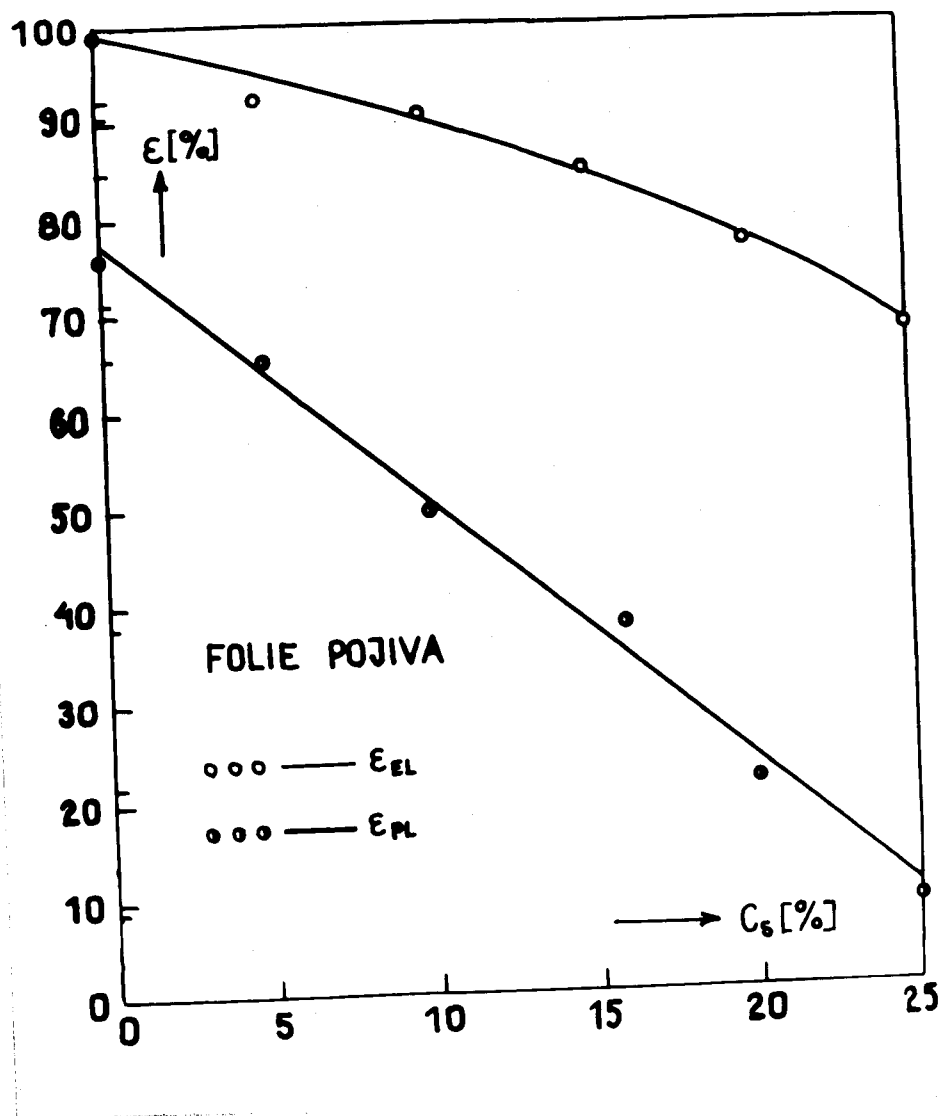
Obr. 17 Závislost prodloužení textilie při přetrhu na prodloužení pojiva při přetrhu



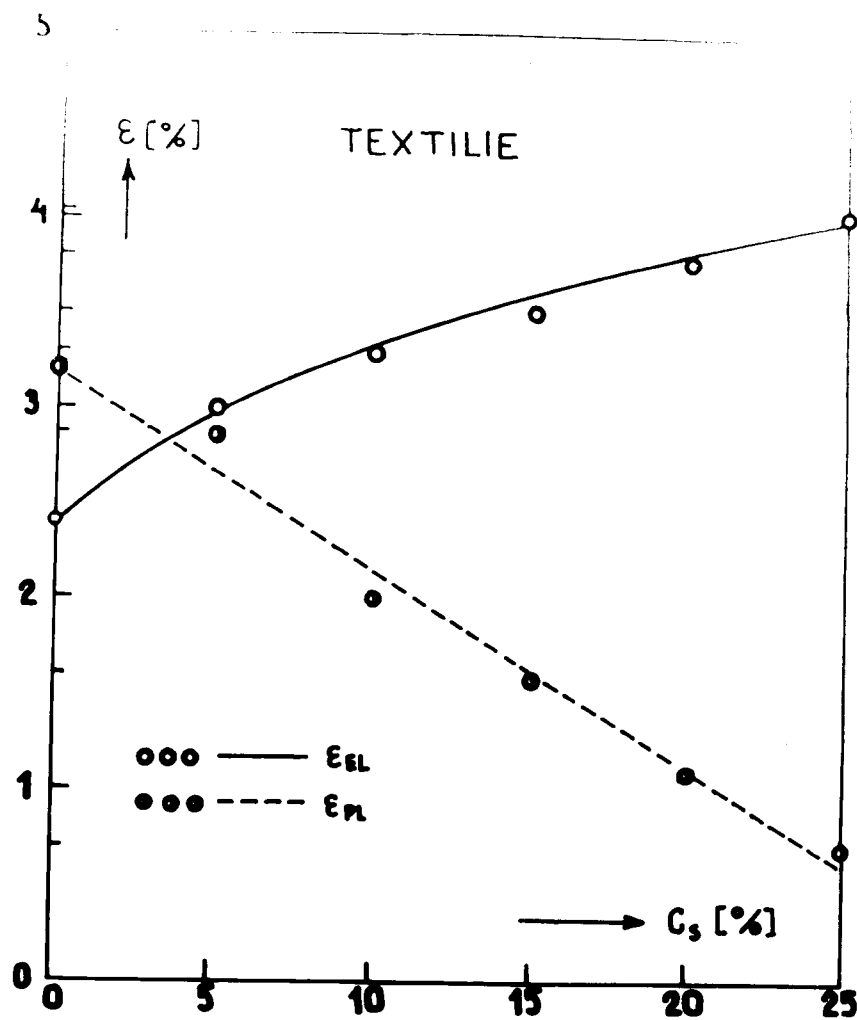
Obr. 18 Závislost relativního prodloužení textilie při přetrhu na obsahu Solapretu v pojivu a prodloužení pojiva při přetrhu na obsahu Solapretu



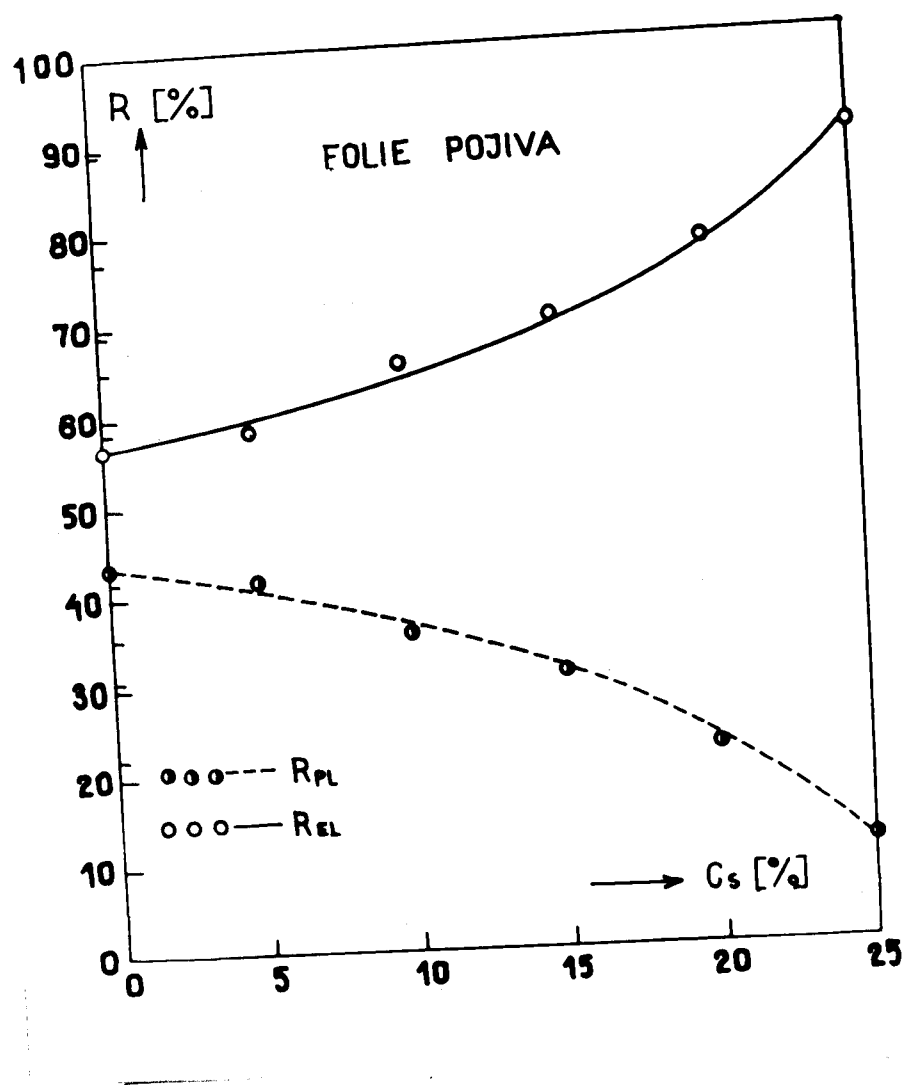
Obr. 19 Závislost elastického a plastického prodloužení pojené textilie na elastickém a plastickém prodloužení pojiva



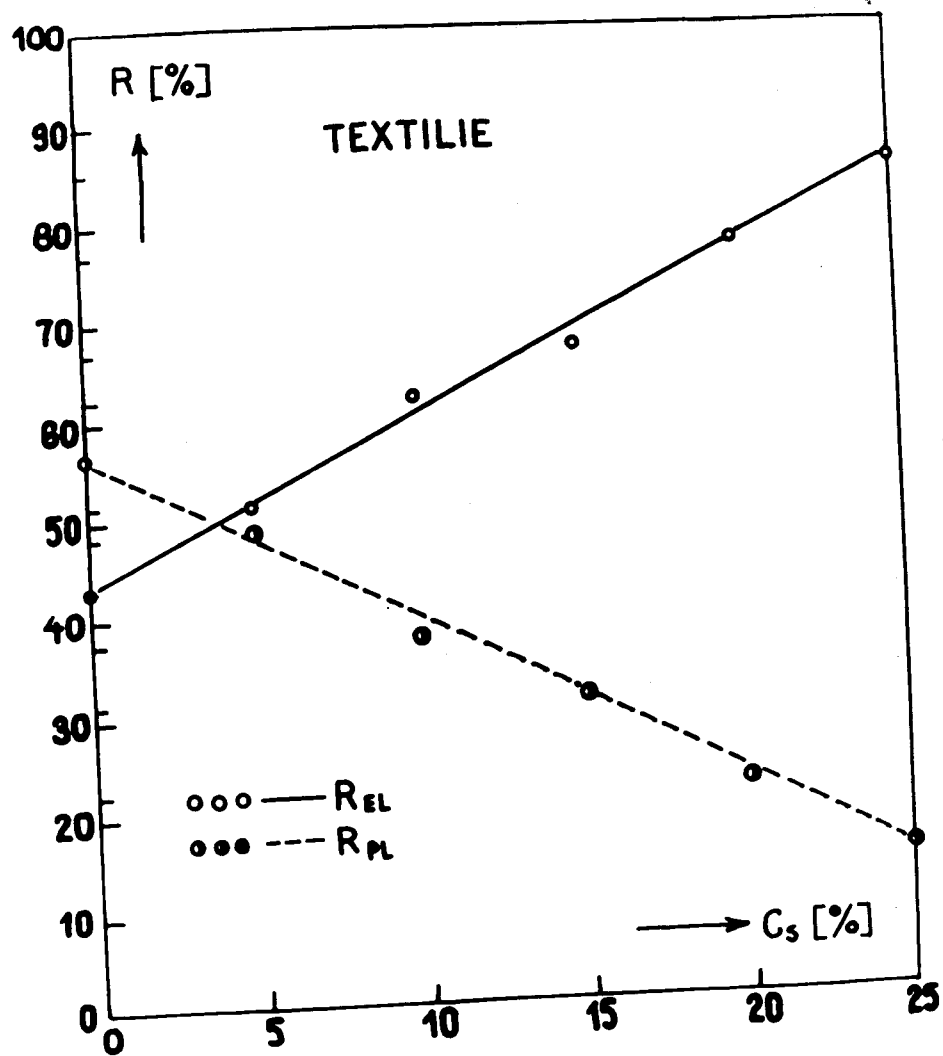
Obr. 20 Závislost poměrného plastického a elastického prodloužení pojiva na obsahu Solapretu



Obr. 21 Závislost poměrného elastického a plastic-
kého prodloužení textilie na obsahu Solapre-
tu v pojivu



Obr. 22 Závislost elastického zotavení a poměrné nevratnosti deformace folie pojiva na obsahu Solapretu v pojivu



Obr. 23 závislost elastického zotavení a poměrné nevratnosti deformace textilie na obsahu Solapretu v pojivu

3. 0. Diskuze výsledků

Diskuse výsledků

Získané závislosti mechanických a elastických vlastností pojené textilie na vlastnosti pojiva jsou vyneseny v grafech.

Zvýšená pevnost pojiva textilií se projevuje u obou typů orientace vláken textilií přibližně stejně. Určíme-li procento využití všech vláken v textilii, dostaneme představu o tom, jak veliký podíl vláken se aktivně zúčastní na pevnosti textilie. Toto procento využití vláken je ve skutečnosti vyšší, protože jen část užitého pojiva je ve vazných bodech a přispívá příznivě k zvýšení pevnosti. Dále je nutno uvážit, že skutečný počet vláken orientovaných ve směru namáhání před vyvozením síly je v obou směrech značně rozdílný, proto skutečné procento využitých vláken bude ve směru namáhání kolmém k převážné orientaci vláken mnohem vyšší.

Vzrůst K nasvědčuje tomu, že nelze zvýšení pevnosti textilie uvažovat jen jako funkci pevnosti pojiva. Proto nelze považovat lineární závislosti mezi pevností pojiva a textilie za správné.

Modul pružnosti a relativní prodloužení textilie se s příslušnými vlastnostmi pojiva mění nejvýrazněji. Pravděpodobně má velmi nízký modul pružnosti pojiva za následek i malou pevnost míst spojení a ve větší míře zde dochází při namáhání k jejich porušení. Tomu nasvědčuje i exponenciální růst závislosti plastických deformací textilie s plastickými deformacemi pojiva. Uplatňuje se zde nejen trvalá deformace pojiva ve vazných místech, ale i jejich rozrušování.

Při vzrůstajícím modulu pružnosti a zvýšení pevnosti je zachováno ještě stále vysoké procento prodloužení pojiva, vazná místa se deformují, tím se napětí rozloží na více vláken a modul i pevnost textilie roste. Uplatňuje se zde vliv pružnosti vláken i pojiva a do meze kluzu nedochází k porušování vazných míst nebo vláken. Tomu nasvědčují malé plastické deformace této textilie.

Vzrůst modulu textilie je vysoký pravděpodobně vlivem vhodného rozložení napětí mezi stále se zvyšující se počet vláken, které se aktivně účastní deformace. Toto zlepšení vlastností se projevuje až do určité velikosti modulu pružnosti, pevnosti a elasticity použitého pojiva . Potom nastává zhoršení těchto vlastností především vlivem malého pojiva, které nezajišťuje využití většího počtu vláken při deformaci /15/.

Možnost zlepšení vlastností spojených textilií tedy existuje. Ty se dají ovlivnit právě vlastnostmi použitého pojiva.

Na závěr bych chtěl poděkovat ing. M. Hamplovi
za cenné rady a odborné vedení této diplomové práce.

Imtzynd Aiskur

V Liberci dne 7.7.1972