

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Obor 3106 – T – 004

Zaměření: Netkané textilie

Katedra netkaných textilií

Téma: Studie využití polysiloxanového prostředku „LUKOFIX TNA 41“ ke zlepšení deformačních vlastností netkaných textilií

Theme: The study of utilization of polysiloxanes polishing agent „LUKOFIX TNA 41“ deformation properties of nonwovens for improving

Dagmar Malířová

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Bohuslav Charvát

Rozsah práce:

Počet stran textu: 60

Počet obrázků: 18

Počet tabulek: 19

Počet rovnic: 8

Počet grafů: 5

Rozsah příloh:

Počet příloh: 4

Počet stran: 42

Počet grafů: 84

ANOTACE

Záměrem této diplomové práce je zhodnotit vliv polysiloxanového prostředku LUKOFIX TNA 41 na deformační vlastnosti netkané textilie.

Teoretická část této se zabývá popisem chemické struktury polysiloxanů a jejich aplikací.

Účelem experimentální části je dosáhnout zlepšení deformačních vlastností netkané textilie. Dále práce zkoumá pevnostní a tažnostní charakteristiky netkané textilie.

ANNOTATION

The intention of this diploma work is evaluating of polysiloxane agent LUKOFIX TNA 41 influence for deformation properties of nonwovens.

The theoretical part deals with description of polysiloxan's chemical structure and their application.

The purpose of the experimental part is improvement reaching of deformation properties of nonwoven. Next this work investigates strength and elongation characteristics of nonwoven.

PROHLÁŠENÍ

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

V Liberci, dne 1.5.2004

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

„Děkuji vedoucímu diplomové práce RNDr. Bohuslavu Charvátovi za rady, vedení při zpracovávání diplomové práce a trpělivost.“

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST	9
2.1	Polysiloxany.....	9
2.1.1	<i>Polysiloxanové přípravky</i>	<i>9</i>
2.1.2	<i>Specifické vlastnosti polysiloxanových přípravků</i>	<i>9</i>
2.1.3	<i>Chemická stavba polysiloxanů</i>	<i>10</i>
2.1.3.1	Úvod pro polysiloxanovou chemii	10
2.1.3.2	Příprava lineárních polysiloxanů	11
2.1.3.3	Popis specifických vlastností polysiloxanů	13
2.1.3.4	Rozdělení polysiloxanových přípravků podle reaktivnosti	14
2.1.3.5	Rozdělení polysiloxanových přípravků podle modifikace	16
2.1.3.6	Síťování polysiloxanů.....	19
2.1.4	<i>Rozložení polydisperzní emulze</i>	<i>21</i>
2.1.5	<i>Praktické aplikace polysiloxanů.....</i>	<i>22</i>
2.1.5.1	Textilní aplikace	22
2.1.5.2	Lékařské aplikace	23
2.1.5.3	Další aplikace	23
2.2	Mechanicko-fyzikální vlastnosti textilií.....	23
2.2.1	<i>Mechanické charakteristiky.....</i>	<i>24</i>
2.2.2	<i>Rozdělení mechanických charakteristik.....</i>	<i>24</i>
2.2.3	<i>Základní typy zkoušek pro studium mechanických vlastností.....</i>	<i>25</i>
2.3	Teorie stlačení	26
2.3.1	<i>Stlačení textilií</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Součinitel zaplnění.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Souvislost mezi stlačením a zaplněním.....</i>	<i>27</i>
2.4	Vybrané zkušební metody pro experiment	27
2.4.1	<i>Stanovení ukazatelů hmotnosti dle ČSN 80 0845.....</i>	<i>27</i>
2.4.2	<i>Stanovení tloušťky dle ČSN 80 0844</i>	<i>28</i>
2.4.3	<i>Stanovení tloušťky dle ISO 9073-2</i>	<i>28</i>
2.4.4	<i>Stanovení odporu proti stlačení dle EN ISO 3386-1</i>	<i>28</i>
2.4.5	<i>Stanovení trvalé deformace v tlaku EN ISO 1856.....</i>	<i>29</i>
2.4.6	<i>Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti.....</i>	<i>31</i>
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
3.1	Cíl experimentu a plán experimentu	32
3.2	Výroba netkané textilie pro experiment.....	32
3.2.1	<i>Definice netkané textilie</i>	<i>32</i>
3.2.2	<i>Popis technologie výroby vlákenné vrstvy.....</i>	<i>33</i>

3.2.2.1	Příprava vláknenné vrstvy a její zpevnění	33
3.2.2.2	Plošná hmotnost vpichované textilie vyrobené při experimentu	35
3.2.2.3	Výpočet počtu vpichů na jednotku plochy textilie	35
3.2.3	<i>Parametry výrobních strojů</i>	36
3.2.4	<i>Materiál pro přípravu vzorků</i>	36
3.2.5	<i>Impregnace netkané textilie</i>	38
3.2.5.1	Přípravek LUKOFIX TNA 41	38
3.2.5.2	Příprava aviváže	39
3.2.5.3	Aplikace aviváže	39
3.2.5.4	Impregnace fulárem	40
3.3	Měření	42
3.3.1	<i>Měření odporu proti stlačení</i>	42
3.3.2	<i>Měření trvalé deformace v tlaku</i>	46
3.3.2.1	Měření trvalé deformace v tlaku za studena	47
3.3.2.2	Měření trvalé deformace v tlaku za tepla	49
3.3.3	<i>Měření pevnosti v tahu</i>	51
4	DISKUSE VÝSLEDKŮ	55
5	ZÁVĚR	59
	POUŽITÁ LITERATURA	60

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

tzv.	takzvaný, -á, -é
jt.	je to
např.	například
PDMS	polydimetylsiloxan
T _g	teplota skelného přechodu [°C]
sk.	skupina
DMS	dimetylsiloxan
MPS	methylpolysiloxan
příp.	případně
NT	netkaná, -é textilie
VV	vlákenná vrstva
VS	vlákenná surovina
σ	napětí [N.m ⁻²]
F	síla [N]
S	plocha [m ²]
v _ε	rychlost deformace [m.s ⁻¹]
γ	měrná hmotnost útvaru [kg.m ⁻³]
ρ	měrná hmotnost vláken [kg.m ⁻³]
LUCIA	Laboratory Universal Computer Image Analyser

1 ÚVOD

Zajímavým prvkem v oblasti netkaných textilií je využití chemických prostředků. Chemické prostředky ovlivňují svým charakteristickým složením mechanické a jiné vlastnosti netkaných textilií. Cílem je dosáhnout zlepšení těchto vlastností, ale někdy dochází díky nesprávnému použití naopak ke zhoršení vlastností.

Testování deformačních vlastností se uplatňuje u výrobků, které podléhají deformacím způsobených vnějším tlakem. Jedná se například o výrobky, které se používají jako bytové NT určené k čalounickým a nábytkářským účelům, výrobky používané v automobilovém průmyslu a také ve zdravotnictví.

Aplikace chemických prostředků a studie jejich vlastností je vedena nároky spotřebitelů. Cílem je zlepšení užitných vlastností výrobků. U výrobků, které jsou opakovaně namáhány na tlak, dochází časem k opotřebení, které se projevuje snížením tloušťky těchto výrobků a tím i snížením spotřebitelského komfortu. Toto určují v první řadě vlastnosti textilních vláken jako je ohybová tuhost vláken, měrná hustota vláken a délka vláken, ale i struktura výrobků, která je dána technologií výroby.

Použitím emulzních prostředků – aviváží, na polysiloxanové bázi, dojde k vytvoření filmu na povrchu textilních vláken. Povrch vláken se vyhladí a tím dojde k výraznému snížení koeficientu tření. Tím je vláknům umožněn lepší vzájemný prokluz a snadnější návrat do původní polohy. Výsledkem by měly být menší hodnoty trvalé deformace.

Mezi další přednosti polysiloxanových prostředků patří výborný odperlující efekt spojený s příjemným, tzv. silikonovým omakem. Takto upravený materiál se stává hydrofobním.

Předmětem zkoumání této práce je právě zlepšení mechanických vlastností NT, zejména deformačních. Toho se dá např. docílit užitím polysiloxanového prostředku LUKOFIX TNA 41, který se vyrábí v Lučebních závodech a.s. Kolín.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Polysiloxany

2.1.1 Polysiloxanové přípravky

Přípravek LUKOFIX TNA 41 je na bázi polysiloxanů, přesněji jt. silikonová emulze modifikovaná aminoskupinou. Účelem teoretické části tedy bude popsat chemický charakter a vlastnosti polysiloxanů.

Polysiloxanové přípravky mají mnohostranné využití. Jsou to produkty, které díky variabilitě struktury našly uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích a také v lékařství. Polysiloxany ovlivňují molekulovou strukturu textilních vláken, rozložení mezimolekulových sil a adhezi. Také mění charakter povrchových interakcí a frikčních sil. Obecně se dají polysiloxany charakterizovat jako polymery založené na křemíkových vazbách a jejich synonymem v běžné technické praxi jsou silikony. Mají vynikající teplotní odolnost o neobvykle širokém teplotním rozsahu (-75 až 200 °C a více), ale poměrně nízkou chemickou odolnost. Odolávají stárnutí a ozónu a také alifatickým rozpouštědlům, olejům a tukům. Nevýhodou je nízká odolnost vůči aromatickým olejům, palivům, vysokotlaké páře a oděru.

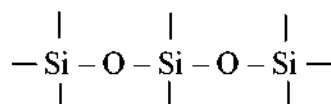
2.1.2 Specifické vlastnosti polysiloxanových přípravků

- Nízké povrchové napětí
- Vysoká molekulární pružnost a kohezi
- Nízká toxicita
- Vynikající teplotní odolnost
- Nízká citlivost ke změně teplot
- Vysoký bod vzplanutí
- Vysoký bod lomu
- Výborné dielektrické vlastnosti
- Vysoká propustnost pro plyny [2]

2.1.3 Chemická stavba polysiloxanů

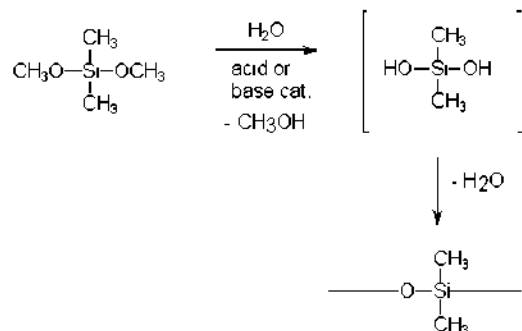
2.1.3.1 Úvod pro polysiloxanovou chemii

Polysiloxany jsou polykondenzáty, které se jinak nazývají silikony. Pod pojmem silikony se dnes zahrnují všechny organokřemičité sloučeniny. Z nich největší význam mají právě polyorganosiloxany. Základním skeletem silikonu je polysiloxanový řetězec. (viz. obr.1) Řetězec je tvořen křemíkovými a kyslíkovými atomy.



obrázek 1: Polyorganosilikonový řetězec

Tato třída polymerů může být syntetizována hydrolýzou, vhodnými funkčními deriváty, na silikony. Charakteristickým znakem je, že přidané skupiny (halogeny, alkoxidy, karboxyly nebo aminy) připojené k silikonu reagují snadno s vodou a hydrolyzují je na silanoly. Tyto analogy silikonů z alkoholů jsou také nestabilní a ve většině případů rychle dimerizují k výrobě siloxanů. Dvojfunkční variace vede k lineárním polymerům, jak je dále ukázáno na polymerizaci dimetyldimetoxyasilanu. (viz. obr. 2)

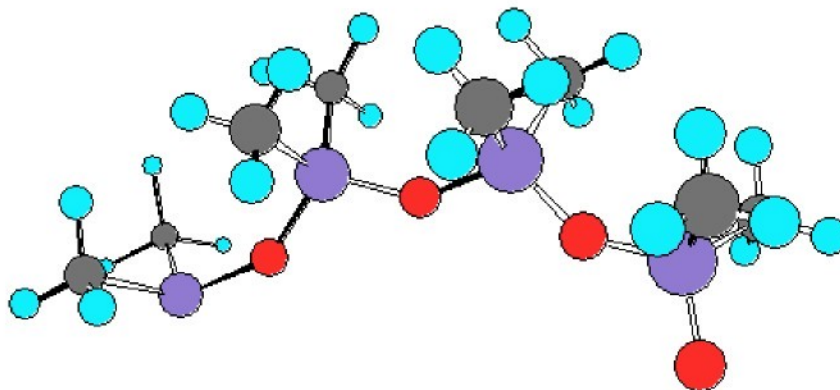


obrázek 2: Vznik lineárního polymeru

Vysvětlivka – acid or base catalyst – kyselý nebo zásaditý katalyzátor

Nahoře ukázaný polymer je polydimetylsiloxan (PDMS), lépe známý jako silikonový olej. Charakteristickým znakem je, že v hlavní větvi nejsou uhlíkové atomy; PDMS má anorganický řetězec. Skelný přechod T_g je u PDMS nejnižší ze všech polymerů, proto je velmi ohebný. Ohebnost získává také díky Si-O vazbě. Protože oxidy

křemíku jsou více stálé než vazba Si – Si (křemík – křemík), jsou řetězce snadno vyrobitelné právě z oxidů křemíku a jsou nazývány siloxany. [2]

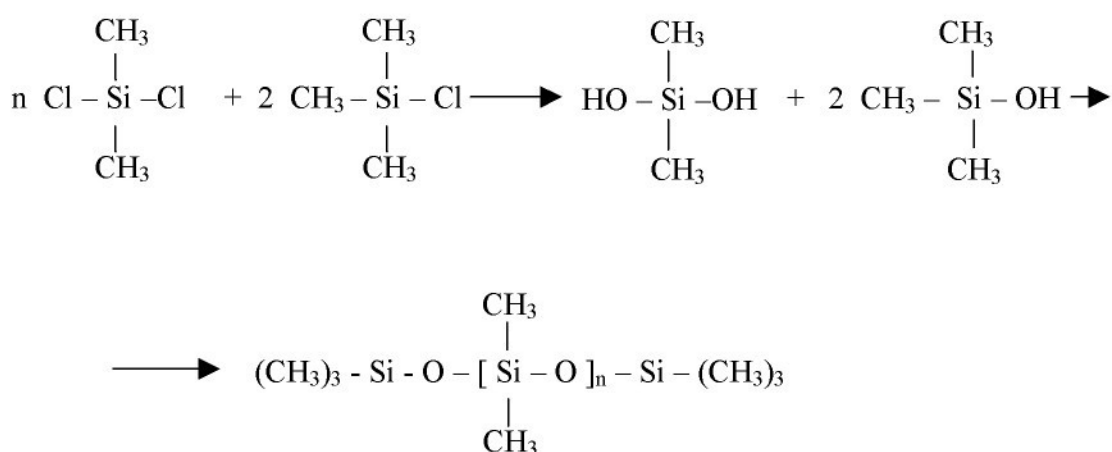


obrázek 3: Polydimetylsiloxan

2.1.3.2 Příprava lineárních polysiloxanů

Lineární polysiloxany lze připravit dvěma způsoby:

- Polymerací cyklických siloxanů
- Polykondenzací silanolů (produkty hydrolýzy alkyl- resp. arylchlorsilanů)



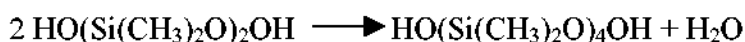
obrázek 4: Polykondenzace silanolů

Lineární polysiloxany jsou ve velkém rozsahu relativních molekulových hmotností kapalné. Jejich významnou vlastností je dále malá závislost viskozity na teplotě a velká

tepelná odolnost. Malá viskozita polyorganosiloxanových kapalin je důsledkem slabých vedlejších mezimolekulových vazebných sil těchto polymerů a velké ohebnosti řetězců. Makromolekulární lineární polysiloxany s nejvyšším polymeračním stupněm jsou kaučukovitého charakteru a po zesíťování (vulkanizaci) přecházejí v silikonovou pryž. Použije-li se k syntéze polysiloxanů vícefunkčních monomerů, získají se zesíťené produkty, které slouží jako pojiva pro nátěrové hmoty a skelné lamináty s velkou tepelnou odolností.

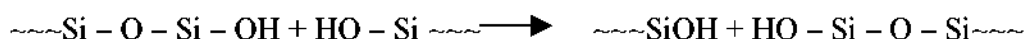
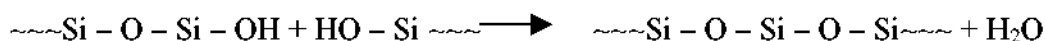
Vazba Si-O dodává polysiloxanům vynikající chemickou stálost a odolnost vůči oxidaci a hydrolýze. [3]

Homokondenzace, také nazývána polykondenzace, je reakce ve které dvě molekuly obsahující silanolovou skupinu kondenzací vytvoří polymer. Toto je ilustrováno v reakcích níže:



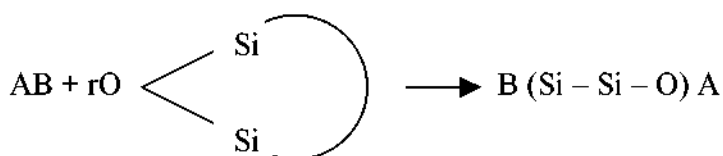
Chemické chování skupiny SiOH na konci polymerního řetězce je silně ovlivněno dvěma strukturálními efekty. Jednak účinkem elektronů působících na malou vzdálenost a molekulové spolupůsobení ovlivňující vzdálená místa v polymerním řetězci.

Malá vzdálenost strukturálních efektů, která způsobuje kondenzační reakci je chápána jako neobvyklost, protože siloxanová vazba se štěpí snáze než reaktivní hydroxylová skupina. Stejným způsobem by mohl polysiloxan aktivovat hydroxylovou skupinu v monomer, což vysvětluje vysokou reaktivitu molekuly při polykondenzaci. Tyto reakce jsou ukázány dole:



Výsledky nalezené chemiky ukázaly, že geometrie orbitalů a jejich vzájemné interakce stabilizují silanolovou strukturu a zesilují vazbu křemíku s hydroxylovou skupinou (ve skutečnosti vytvoření částečné dvojné vazby).

Další způsob, jak lze formovat polysiloxany je reakce otevření kruhu, které mají formu buď nepravidelného nebo blokového kopolymeru. V této reakci je vazba křemík-kyslík rozbita a řetězec se prodlužuje. Polymerace nastane pouze pokud je některý z komonomerů v roztoku. Nižší množství tohoto komonomeru, znamená větší délku řetězce a vyšší stupeň polymerace. Všeobecná rovnice pro tuto reakci je:



Iniciátor AB, může být buď kyselina nebo zásada.

Iniciátory pro cyklosiloxanovou polymeraci:

- a) Zásadotvorný iniciátor: GOH , GOSi= , GOR , GR , GSR
- b) Kyselinotvorný iniciátor: HF , HI_3 , HCL-FeCl_3 , H_2SO_4 , $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$

Kde G je alkalický kov nebo čtyřmocný amonný iont nebo fosfonová skupina a R je alkyl, polystyryl, nebo poly(trimethylsilylvinyl). Když je jako základ použita silná kyselina nebo zásada, je reakce vratná a rovnovážná konstanta K je reprezentována vztahem:

$$K = [\text{SiOSi}] [\text{H}_2\text{O}] / [\text{SiOH}]^2$$

Reakce je ukončena neutralizací s kyselinou nebo zásadou.[4]

2.1.3.3 Popis specifických vlastností polysiloxanů

Ohebnost

Důležitým pojmem pro pochopení modifikací polymerů je ohebnost. Ohebnost je ovlivněna teplotou zesklenní T_g . Čím vyšší ohebnost, tím nižší teplota zesklenní. Ohebnost řetězce může být určena strukturální analýzou, která zhodnotí izomerní stavy polymeru a energetické rozdíly mezi nimi. Nevýhodou při experimentu je délka řetězce. Dlouhý řetězec dovoluje více stupňů volnosti pro rotaci a pohyb. Všechny z těchto stupňů musí být studovány současně.

Ohebnost polysiloxanů je způsobena dvěma druhy pružnosti. Je to pružnost v krutu a ohybová pružnost. Pružnost v krutu je schopnost atomů otáčet se kolem chemické vazby. Předpokládá se, že délka vazby a úhly zůstanou nezměněny. Ohybová pružnost se vyskytuje tam, kde je velká zábrana mezi nevazebnými atomy. Existují zde nepříznivé úhly pro krut. Například, vazba Si-O-Si je velmi ohebná a může se měnit od 135° do 180° . Na druhé straně vazba O-Si-O je spíše neohebná a může se měnit jen v rozmezí od 102° do 112° . Tyto polymery mohou být vyrobeny, díky této proměnné struktuře, s různou ohebností, ale také se zvýšenou tuhostí. Např. sloučením dvou polysiloxanových řetězců do strukturního žebříku, vložením skupin s vysokou ohybovou tuhostí, nebo přidáváním objemné skupiny na stranu řetězce. Účinkem změny struktury dojde ke změně T_g . Např. objemné skupiny, které brání pružnosti následně zvyšují T_g .

Povrchová energie a povrchové napětí

Nízká povrchová energie a povrchové napětí, je dalším klíčovým rysem polysiloxanů. Povrchová energie může být měřena různými technikami, včetně míry úhlů kontaktu mezi polymerem a vodou. Důvodem pro tak nízkou povrchovou energii jsou metylové skupiny, které nemají mezi sebou prakticky žádné vzájemné interakce. Povrchovou energii dále ovlivňuje bod varu. Pokud je bod varu nízký je i povrchová energie nízká. [4]

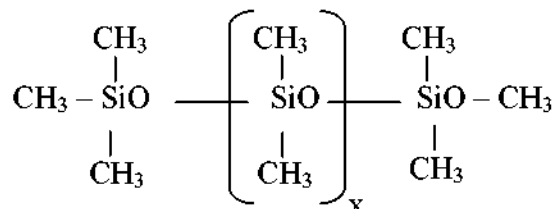
2.1.3.4 Rozdělení polysiloxanových přípravků podle reaktivnosti

Klasifikace

Silikony mohou být klasifikovány jako nereaktivní, konvenčně reaktivní a organoreaktivní typy.

Nereaktivní silikony

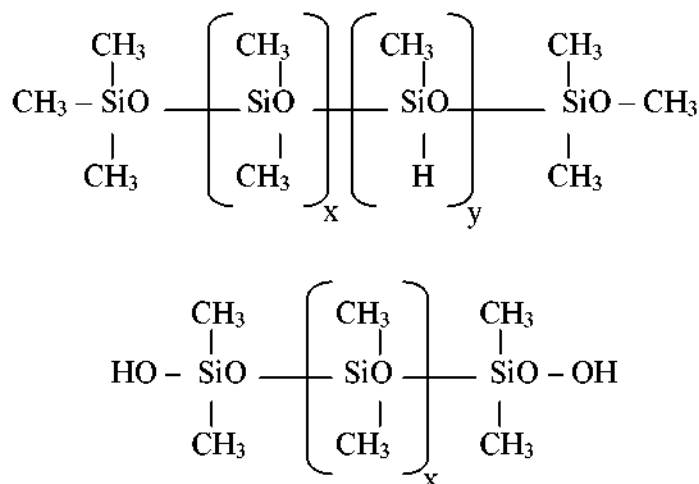
Jako nereaktivní silikony jsou označovány dimetylpolysiloxanové polymery. Protože jsou tyto silikony nerozpustné ve vodě, používají se jako emulze, nebo při tvarování a válcování a jako emulgátory používané ve vodných lázních.



obrázek 5: Nereaktivní silikony - dimetylpolysiloxan

Konvenčně reaktivní silikony

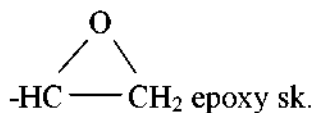
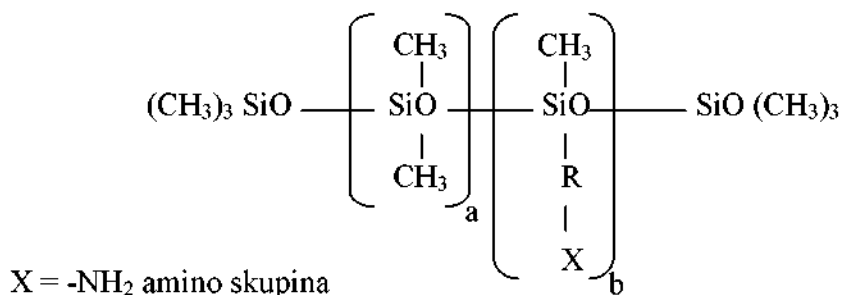
Konvenčně reaktivní silikony jsou na bázi dimetylpolysiloxanu modifikovaného vodíkem nebo –OH skupinou.



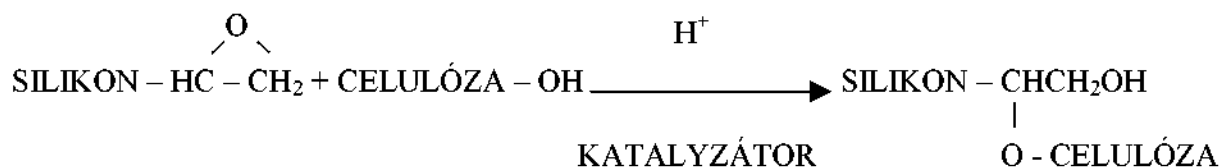
obrázek 6: Konvenčně reaktivní silikony

Organoreaktivní silikony

Organoreaktivní modifikace silikonů jsou dimetylsiloxanové polymery, které jsou modifikovány funkčními skupinami schopnými reagovat s vlákny, lisovanými pryskyřicemi, latexovými systémy, nebo navzájem mezi sebou. Amino a epoxy reaktivní skupiny jsou příklady používaných funkčních skupin. Použití organoreaktivních silikonů modifikovaných epoxy skupinou (obr. č. 7) může být demonstrováno při navázání na celulózu během velmi známé kysele katalyzované reakce alkoholu s epoxidem (obr. č. 8). [5]



obrázek 7: Organoreaktivní silikony, používané funkční skupiny

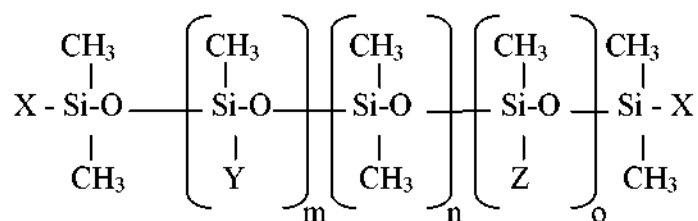


obrázek 8: Model reakce epoxy silikonu a celulózy

2.1.3.5 Rozdělení polysiloxanových přípravků podle modifikace

Použití v textilním průmyslu

Největšího uplatnění dosáhly metylpolysiloxany všeobecného vzorce viz. obr. 9.



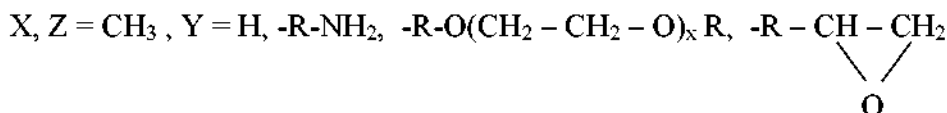
obrázek 9: Obecný vzorec metylpolysiloxanu

U metylpolysiloxanů různou modifikací postranních, koncových nebo obou druhů skupin byly získány sloučeniny různých a mnohdy i protichůdných vlastností, které se ve formě olejů různé viskozity, emulzí či mikroemulzí nebo roztoků v organických rozpouštědlech využívají v textilním průmyslu. Silikonové sloučeniny můžeme tedy rozdělit na nemodifikované a modifikované.

Nemodifikované jsou takové, u kterých jsou X, Y, Z v základním skeletu reprezentovány alkyl- nebo arylkupinou, v převážné většině však metylskupinou. Jedná se o dimethylpolysiloxany ve formě olejů až past v širokém rozsahu viskozit (v textilním průmyslu od 200 do 100 000 mPa.s). Vyznačují se mimořádnou hladicí schopností. Jejich měkčící účinek, zajišťující typický hebký omak, je založen právě na této vlastnosti, stejně tak jako zlepšování úhlů zotavení při kombinaci se síťovacími přípravky. Mimořádně nízké povrchové napětí DMS olejů a jejich chemická netečnost je předurčilo pro přípravu vysoce účinných odpěňovačů pro vodné prostředí.

Možnosti modifikace základního MPS skeletu jsou značně rozsáhlé. Z hlediska textilního průmyslu zatím přicházejí v úvahu hlavně následující:

a) Modifikace jedné postranní skupiny



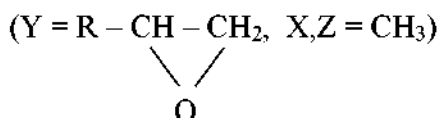
V případě, že je postranní skupina reprezentována vodíkem, vzniká velmi reaktivní systém. V přítomnosti vody a vhodných katalyzátorů se vlivem hydrolyzy tvoří silanolové skupiny, které při vyšší teplotě vytvářejí kyslíkové můstky mezi polysiloxanovými řetězci, tedy po aplikaci na textilní materiál se zesítí a vytvářejí vysoce účinný, stálý vodoodpudivý účinek.

Tyto metylhydrogenpolysiloxany nacházejí také využití jako síťovadla pro další typy modifikovaných polysiloxanů nebo dokonce i jako surovina pro jejich výrobu.

Zavedením aminoskupiny do postranního řetězce ($Y = -\text{R}-\text{NH}_2$, $X, Z = \text{CH}_3$) lze připravit vysoce účinná změkčovadla. Vlivem svého více nebo méně výrazného náboje poskytují určitou stálost na celulosových materiálech. Aplikací význam se však projevil jak u všech přírodních, tak i syntetických materiálů.

Velmi zajímavou skupinou jsou metylpolysiloxany modifikované polyalkylenoxidovou skupinou ($Y = -\text{R}-\text{O}(\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O})_x \text{R}$, $X, Z = \text{CH}_3$). Se stoupajícím stupněm modifikace stoupá hydrofilnost molekuly, což se projevuje ve vlastnostech komerčního produktu. Nízkomodifikované produkty vedou k velmi dobré emulgovatelnosti jinak špatně zpracovatelných surovin. Se stoupajícím stupněm modifikace stoupá hydrofilita vzniklých sloučenin, vedoucích až k formám rozpustným ve vodě, které umožňují snížit povrchové napětí pracovních lázní až na úroveň 20 mN.m^{-1} .

Methylpolysiloxany s postranní epoxidovou skupinou



jsou jednou z mála variant polysiloxanů, které jsou schopny se vázat chemickou vazbou, což vede k mimořádně stálým úpravnickým efektům. Zavedením epoxyskupin do molekuly dochází též ke zvýšení měkčícího účinku, ale menšího než v případě aminoskupin. Jsou však bezpečnější vůči žloutnutí při vysokých fixačních teplotách.

b) Vícenásobná modifikace postranních skupin

$X = \text{CH}_3$, $Y, Z =$ různé výše uvedené skupiny

Zde je možná řada různých kombinací. Pro textilní účely se zpravidla využívá jen dosažení permanentního účinku zavedením epoxyskupin do hydrofilního polysiloxanového skeletu.

c) Modifikace koncových skupin

$X = \text{OH}$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$ atd., $Y, Z = \text{CH}_3$

Je zde řada možností, přesto přichází v úvahu většinou jen hydroxylová nebo vinylová skupina. V obou případech je tím dána možnost dodatečného vzniku mimořádně velkých molekul ve formě tuhých elastomerních filmů. Pokud se k tomu využije hydroxylových koncových skupin, jedná se o kondenzační zesílení za přítomnosti síťovadla (H-polysiloxanu či polyalkoxysiloxanů) a katalyzátorů, většinou na bázi organokovových či epoxyaminových sloučenin. Teplota urychluje průběh polykondenzace.

Pokud jsou koncové skupiny nenasyčené (vinylskupiny), může dojít za určitých podmínek k adičnímu zesílení. Je k tomu zapotřebí síťovadlo, katalyzátor (většinou platinový) a inhibitor, který zajišťuje, že k zesílení dochází teprve při určité teplotě.

U přípravků s koncovými nenasyčenými skupinami lze dosáhnout zesílení též vysokoenergetickým zářením, což se již v praxi využívá.

Zesílením dochází ve všech případech k tvorbě vysoce elastických makromolekul, které se kromě svých základních vlastností jako polysiloxany vyznačují mimořádnou stálostí vůči chemickému čištění a praní v drastických podmínkách ošetřování textilií.

Na tomto místě se nesmí zapomínat ani na možnost vzniku iontových sloučenin. Zavedením např. alkylu zakončeného aniontovou sulfoskupinou dochází k tvorbě smáčedla nebo emulgátorů, jejichž účinek se ruší vyšší teplotou vlivem nestability molekuly. Zakončení řetězce kvarterní skupinou vede k tvorbě zajímavých bakteriostatických či baktericidních sloučenin.

d) Modifikace koncových i postranních skupin

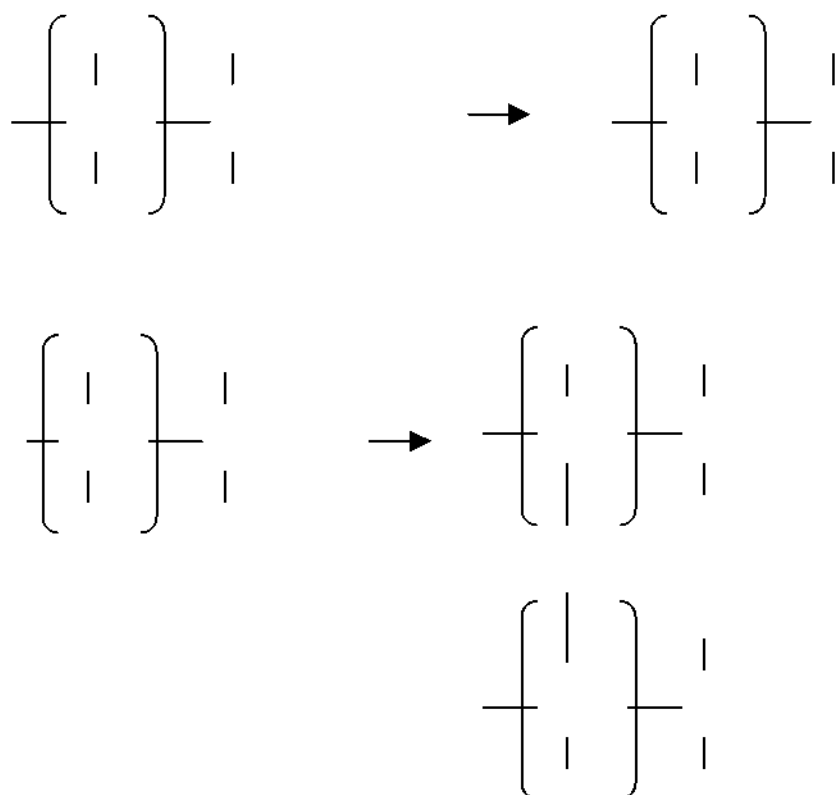
Zde přichází v úvahu také řada variant, ale ve většině případů se využívá koncových skupin k zajištění permanentnosti vlastností, kterých bylo dosaženo modifikací skupin bočních.

Na závěr tohoto stručného přehledu možných variant modifikací polysiloxanového řetězce je nutné znovu připomenout, že téměř všechny jsou aplikovatelné z vodného, příp. emulzního prostředí, nebo z roztoků v organických rozpouštědlech, a to buď jako takových, nebo zahuštěných. Efekty mnohdy nejsou úplně stejné, ale většinou záleží na možnostech aplikátora. [6]

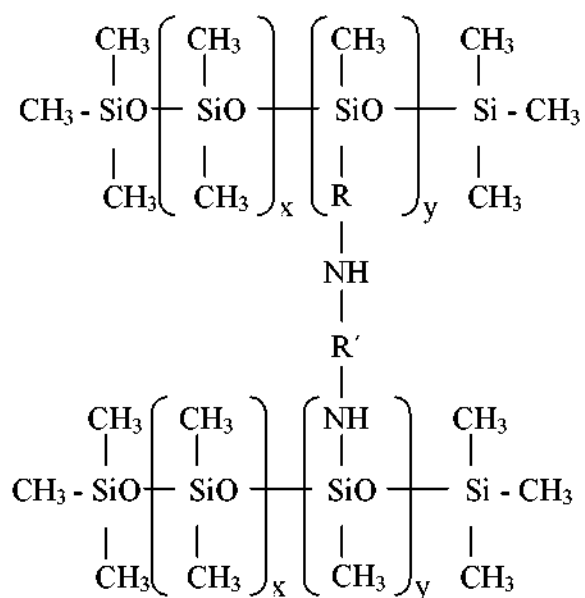
2.1.3.6 Sítování polysiloxanů

Podstatou sítování je vzájemné spojování polymerních řetězců, tzn. zvětšování makromolekul. Sítování má mimořádný význam, protože dochází k podstatným změnám vlastností, např. se zvyšuje odolnost vůči rozpouštění a tavení, zvyšuje se tvarová stálost a odolnost vůči chemikáliím. Míra změny vlastností polymerů sítováním závisí na koncentraci vytvořených příčných kovalentních vazeb. Obvykle se vytváří jedna příčná vazba na 50 – 200 strukturních jednotek v řetězci makromolekuly.

V tomto případě zesíťená struktura vzniká vzájemnou reakcí makromolekul s vhodnými funkčními skupinami. Funkční skupinou je zde aminoskupina ($R - NH_2$). Jedná se o samosítující systém. Za vyšších teplot proběhne eliminační reakce.



obrázek 10: Princip síťování



obrázek 11: Síťování aminoskupinou

2.1.4 Rozložení silikonové emulze

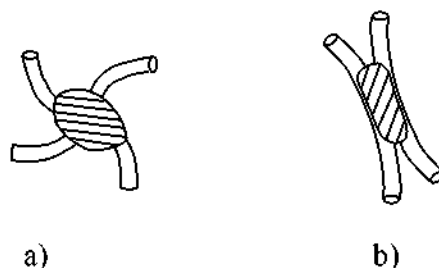
Hlavním předmětem zkoumání této práce bylo nanesení silikonové emulze dvěmi odlišnými způsoby na NT a následný vliv na vlastnosti této NT. Také se odlišovala struktura vlákněných útvarů, na které byla silikonová emulze nanesena – impregnována. V jednom případě se jednalo o anizotropní útvar – VV v podobě mykané vlákněné suroviny. VV se vyznačovala objemností a vlákna byla ve vysoké míře uspořádána v podélném směru. V druhém případě šlo také o vesměs anizotropní útvar, ale v podobě vpichované NT. Vlákna byla ve VV více nahuštěna a nebylo zde tak patrné paralelní uspořádání vláken, i když převažující. Toto ovlivňuje výsledné rozložení silikonové emulze.

Impregnací vzniká textilie s typickým rozložením pojiva vůči vláknům, které se nazývá segmentová struktura.

Mírou smáčení pevného povrchu kapalinou je úhel, který svírá tečna k povrchu kapky kapaliny s pevným povrchem. Je-li tento úhel menší než $\pi/2$, jde o smáčivý povrch, tedy povrchové napětí a povrchová energie na rozhraní pevná látka – kapalina jsou menší než na rozhraní pevná látka – vzduch. Celková hodnota povrchové energie soustavy vlákna-disperze-vzduch je tím menší (a soustava je tím energeticky stabilnější), čím větší část povrchu vláken je pokryta disperzí. Na obr.12 jsou znázorněny situace kdy je kapkou kapaliny pokryta malá plocha (a) a velká plocha (b) povrchu vláken. Z uvedeného vyplývá, že v procesu syčení VV, odžímávání a sušení, kdy dochází k pohybům úseků vláken a vzájemnému působení složek, budou úseky vláken preferovat polohy podle obr. 12b. Částice pojiva pak mají tvar fólií a protažených segmentů s velkou plochou styku s vlákny. Jejich tvar závisí zejména na možnosti úseků vláken změnit své polohy. Tato možnost je dána pohyblivostí úseků vláken a souvisí s mírou nahuštění vláken a předzpevněním VV, např. vpichováním. Tvar segmentů pojiva není příliš ovlivněn koncentrací pojivé disperze a stupněm odmačky. Tyto parametry ovlivňují zejména tloušťku segmentů.

Segmentová struktura vede ke značné fixaci úseků vláken, které se pak nemohou při malých zatíženích přeskupovat. Znamená to vyšší ohybovou tuhost a hodnotu počátečního modulu v tahu impregnovaných textilií. Ohebnost a splývavost pojených textilií proto do značné míry závidí na deformovatelnosti pojiva. Na druhé straně velká plocha styku pojiva s vlákny znamená nižší požadavky na hodnoty adheze vlákno-pojivo.

[8]



obrázek 12: Rozdělení kapalného pojiva na povrchu vláken při vysokém (a) a nízkém (b) povrchovém napětí vlákno-pojivo

2.1.5 Praktické aplikace polysiloxanů

2.1.5.1 Textilní aplikace

Variabilita struktury polysiloxanů, velikostí molekul, modifikací i konzistence, a tím i vlastností, je značně rozsáhlá. Toho se využilo při vývoji pomocných přípravků pro textilní průmysl. Podle technologické posloupnosti lze uvést následující možnosti nebo již realizovaný stav. Díky svým vlastnostem našly silikony uplatnění např. jako významné součásti preparací při výrobě chemických vláken. Od nich jsou požadovány tyto základní vlastnosti:

- Možnost výrazného ovlivnění koeficientu tření
- Potlačení elektrostatického náboje
- Dobrá mísitelnost s dalšími komponentami
- Dobrá vypratelnost při zušlechťovacích procesech v textilním průmyslu

Možnosti využití

- a) Předúprava a barvení
 - Stabilizace peroxidových lázní
 - Praní
 - Barvířské přípravky
- b) Smáčecí přípravky a odpěňovače
- c) Odpěňovače v textilním tisku
- d) Konečné úpravy

- Hydrofobní úprava
- e) Modifikátory omaku
- f) Aditiva při nemačkových nebo nežehlivých úpravách
- g) Zátěrové nebo vrstvicí úpravy
- h) Hladící schopnosti
- i) Zušlechťování vlněných či směsových materiálů [7]

2.1.5.2 Lékařské aplikace

- Protézy
- Umělé orgány
- Obličejové rekonstrukce
- Cévky
- Umělá kůže
- Kontaktní čočky

2.1.5.3 Další aplikace

- Membrány
- Elektrotechnické izolační látky
- Odpěňovače
- Lepidla a ochranné nátěry
- Dielektrické tekutiny
- Těsnící, plnicí, povrstvovací materiály [4]

2.2 Mechanicko-fyzikální vlastnosti textilií

Mechanické vlastnosti popisují schopnost tělesa změnit tvar a případně i objem (tj. deformovat se) v důsledku působení vnějších mechanických sil. Deformace tělesa je tedy změnou tvaru a objemu. Vnější síla vyvolává v tělese napětí σ , což vede ke vzniku odpovídající deformace ε . Tomu odpovídá vztah, který je použitelný pokud je rozložení síly F v ploše namáhaného průřezu S rovnoměrné.

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

2.2.1 Mechanické charakteristiky

Modul

Modul je odpor materiálu proti deformaci, obecně definovaný jako poměr aplikovaného napětí a vzniklé deformace, tj. σ/ϵ . Mechanické zkoušky odpovídají různým modulům, např. modul v tahu, modul ve smyku, relaxační modul. Čím je daný modul látky vyšší, tím vyššího napětí je třeba k dosažení dané deformace.

Poddajnost

Poddajnost je inverzní veličinou k modulu. Charakterizuje se jako schopnost materiálu deformovat se za daných podmínek. Je definována jako poměr vzniklé deformace a aplikovaného napětí, tj. ϵ/σ . V závislosti na druhu experimentu a způsobu namáhání můžeme stanovit např. poddajnost v tahu, ve smyku, poddajnost všestranného stlačení, kríповou poddajnost. Čím větší má látka poddajnost, tím více se při stejně velkém napětí deformuje.

Pevnost

Pevnost materiálu je definována jako největší konvenční napětí, které způsobí rozdělení materiálu na dvě části.

Tažnost

Tažnost je největší protažení, kterého je dosaženo při přetrhu vzorku.

Modul, poddajnost, pevnost a tažnost lze považovat za základní fyzikální charakteristiky.

2.2.2 Rozdělení mechanických charakteristik

1. Podle účinku vnějších sil dělíme mechanické vlastnosti na:

A. Deformační

- Elastické
- Viskoelastické

- Plastické

Popisují průběh deformace materiálu.

B. Destrukční

Jedná se např. o pevnost, odolnost v oděru. Popisují mechanické porušování (destrukci) materiálu.

2. Podle časového režimu namáhání dělíme vlastnosti na:

- Statické

U statických vlastností se velikost podnětu v čase nemění.

- Dynamické

U dynamických vlastností se velikost podnětu v čase mění, buď periodicky nebo neperiodicky.

2.2.3 Základní typy zkoušek pro studium mechanických vlastností

Při stálosti struktury polymerního materiálu a neproměnnosti vnějších podmínek (způsobu upnutí a namáhání, teploty, tlaku a vlhkosti) se v experimentech mohou měnit tři veličiny: napětí σ , deformace ε a rychlost deformace v_ε . Podle toho, kterou z těchto tři proměnných držíme během zkoušky na konstantní hodnotě, rozlišujeme:

a) Zkoušky s konstantní deformační rychlostí (pracovní křivka, $v_\varepsilon = \text{konst.}$)

Při nichž sledujeme závislost $\sigma - \varepsilon$, přičemž vzorek se prodlužuje s konstantní rychlostí. Podle norem se u textilních materiálů volí rychlost deformace tak, aby došlo k přetrhu za předepsanou dobu. Tím je možné porovnávat vlastnosti různých materiálů.

b) Zkoušky s konstantním napětím (křepová zkouška, $\sigma = \text{konst.}$)

Vzorek je zatížen stálým deformačním napětím, sledujeme postupný růst deformace s časem.

c) Zkoušky s konstantní deformací (relaxace napětí, $\varepsilon = \text{konst.}$)

Vzorek je deformován konstantní rychlostí na určitou hodnotu deformace.

Po zastavení deformace je registrován pokles napětí s časem. [4]

2.3 Teorie stlačení

2.3.1 Stlačení textilií

Stlačitelnost hmoty vláken závisí na tvaru vláken a na jejich mechanických vlastnostech, tzn. Na jejich elastické, viskoelastické a plastické deformaci.

Elastická (Hookovská) deformace je okamžitá, časově nezávislá a dokonale vratná. U vysoce krystalických polymerů je velmi malá a uplatňuje se především při velmi krátkých časech měření. U textilních vláken se prakticky nevyskytuje.

Viskoelastická deformace je deformace časově zpožděná za podnětem. V průběhu doby zatížení narůstá, po odlehčení postupně, v závislosti na čase mizí. V principu je dokonale vratná. Doba návratu do původního nedeformovaného stavu, však může být u některých polymerů velmi dlouhá.

Plastická deformace je časově závislá a dokonale nevratná.

V reálné látce se tyto deformace prakticky nevyskytují odděleně. Zpravidla lze nalézt oblasti namáhání, ve kterých je za určitých podmínek jeden typ chování převažující. Viskoelastické vlastnosti jsou pro polymerní látky typické.

2.3.2 Součinitel zaplnění

Hustota vláken ve vlákenném útvaru se ve starších pracích charakterizuje měrnou hmotností útvaru γ . Čím je útvar poréznější, tím menší je jeho hmotnost. Vedle pórovitosti je však měrná hmotnost závislá na měrné hmotnosti vláken ρ . Hodnoty tak nejsou pro různé materiály souměřitelné.

Proto byla navržena veličina vyjadřující podíl celkového prostoru útvaru zaplněného objemem vláken. Užívá se pro ni název zaplnění. Zaplnění je bezrozměrná veličina ležící v intervalu $< 0;1 >$. Původně byl tento pojem chápán ploše, jako poměr součtu ploch řezů vláken k celkové ploše řezu přízí.

2.3.3 Souvislost mezi stlačením a zaplněním

Zaplnění charakterizuje hustotu vláken ve vlákenném útvaru a vyjadřuje podíl celkového prostoru vlákna, který je zaplněn objemem vláken. Vlákná ve vlákenném útvaru jsou buď směrově uspořádána nebo mohou být uložena v různých směrech. Vlákná se vzájemně dotýkají a v místech dotyku vzniká kontakt schopný přenosu sil a energií. Hustota kontaktů je dána vlastnostmi vláken a vlastnostmi jimi vytvořené struktury. Tyto kontakty mají svůj význam pro zajištění potřebné pružnosti a odolnosti NT vůči opakovanému stlačování.

Každý materiál se nestlačuje na stejnou hodnotu tloušťky. Některé materiály lze stlačit až na setinu původní tloušťky, některé pouze na desetinu. Odpor proti stlačení lze ovlivnit volbou technologie a vláken ve směsi, jakožto složky zajišťující odpor proti stlačení. Zotavovací schopnost závisí na struktuře textilie, deformačních vlastnostech vláken atd. [10]

2.4 Vybrané zkušební metody pro experiment

2.4.1 Stanovení ukazatelů hmotnosti dle ČSN 80 0845

Podstata zkoušky

Metoda spočívá ve vážení kusů plošných textilií nebo jednotlivých vzorků na vahách o předepsané přesnosti a ve výpočtu hmotnosti odpovídající jednotce délky, jednotce plochy a jednotce objemu.

Zkušební zařízení

Pro provedení zkoušky se použijí váhy s přesností 0,2 % měřené hmotnosti.

Stanovení plošné hmotnosti

Plošná hmotnost m_s jednotlivého vzorku se vyjadřuje v $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$. Vypočítá se dle vzorce:

$$m_s = m / (L \cdot W) \quad (2)$$

m – hmotnost jednotlivého vzorku (g)

L – délka vzorku (m)

W – šířka vzorku (m)

Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost m_V jednotlivého vzorku se vyjadřuje v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Vypočítá se dle vzorce:

$$m_V = m / (L \cdot W \cdot d) \quad (3)$$

m – hmotnost jednotlivého vzorku (kg)

L – délka vzorku (m)

W – šířka vzorku (m)

d – tloušťka vzorku (m)

2.4.2 Stanovení tloušťky dle ČSN 80 0844

Stanovení tloušťky plošné textilie v mm je vzdálenost mezi lícovou a rubovou stranou textilie, nacházející se mezi dvěma rovnoběžnými deskami pod stanoveným tlakem. Vzorky byly proměřeny náhodně po celé ploše. Výsledná hodnota vznikla zprůměrováním naměřených hodnot. Měření tloušťky podle této normy bylo aplikováno na vzorky pro zjištění pevnosti a stanovení trvalé deformace v tlaku.

2.4.3 Stanovení tloušťky dle ISO 9073-2

Podle této speciální normy pro netkané textilie byla testována tloušťka NT pro měření odporu proti stlačení. Tato norma je určena pro NT, jejichž tloušťka je větší než 20 mm a testovací plocha je 40.000 mm^2 . Dané tloušťky se dosahuje naskládáním 5 vrstev NT na sebe. Použitý tlak měřicího přístroje je 20 Pa. Doba zatížení do měření 10 s.

Odchyłka od normy: testovací plocha má rozměr $17.671,458 \text{ mm}^2$.

2.4.4 Stanovení odporu proti stlačení dle EN ISO 3386-1**Podstata zkoušky**

Spočívá ve stlačování zkušební vzorku konstantní rychlostí a registraci zatěžovacího cyklu.

Zkušební zařízení

Musí být schopno stlačit zkušební těleso mezi povrch podložky a stlačovací desku pohybující se vertikálně konstantní rychlostí $100 \pm 20 \text{ mm/min}$. Zkušební stroj musí umožňovat měření síly požadované k vyvození specifikovaného stlačení s přesností $\pm 2 \%$ a měření tloušťky zkušebního tělesa při zatížení s přesností $\pm 0,2 \text{ mm}$.

Zkušební vzorky

Použito bylo vždy 5 zkušebních vzorků ve tvaru kruhu o průměru $d = 150 \text{ mm}$.

Postup zkoušky

Zkušební vzorek se umístí mezi čelisti zařízení. Nastaví se rychlost posuvu pohyblivé čelisti a výška, na kterou se má těleso stlačit. Před zatěžovacím cyklem se uvede do chodu registrační zařízení přístroje. Vzorek se postupně deformuje do doby, než je dosažena nastavená hodnota deformace. Potom je zkoušený vzorek stejnou rychlostí odlehčován. Registrační zařízení zaznamenává hodnoty zatěžovací a odlehčovací křivky a to celkem v pěti cyklech.

Vyhodnocení

Z hodnot získaných registračním zařízením přístroje se sestrojí grafy zatěžovacích a odlehčovacích křivek. Po výběru dvou bodů, charakterizující zkoumanou oblast grafu, je jimi vedena sečna. Sečna svírá s osou h (změna tloušťky) úhel β . Tangens úhlu β se nazývá modul tuhosti, který charakterizuje odpor proti stlačení.

Odpor proti stlačení CC_{xx} (compression stress/strain characteristic) při jakémkoliv procentuálním stlačení (v kilopascálech) se vypočítá dle vzorce:

$$CC_{xx} = 1000 \cdot \frac{F_{xx}}{A} \quad (4)$$

F_{xx} – síla zaznamenaná při 5. zatěžovacím cyklu při stlačení o $xx \%$ (N)

A – plocha povrchu zkušebního tělesa (mm^2)

2.4.5 Stanovení trvalé deformace v tlaku EN ISO 1856

Tato norma platí pro stanovení trvalé deformace v tlaku měkkých lehčených hmot, včetně tenkých materiálů, za podmínek konstantní deformace, teploty a doby.

Trvalá deformace v tlaku (compression set) je rozdíl mezi počáteční a konečnou tloušťkou zkušebního tělesa z lehčeného materiálu po stlačení na určitou dobu za dané teploty a po stanovené době zotavení, přičemž se tento rozdíl vztahuje na původní tloušťku. Vyjadřuje se v procentech.

Podstata zkoušky

Zkušební těleso o známé výšce se stlačí na předepsanou deformaci za podmínek zkoušky. Po daném čase se zkušební těleso odlehčí a stanoví se změna tloušťky, ze které se výpočtem určí trvalá deformace v tlaku.

Podmínky zkoušky

Zkoušku trvalé deformace v tlaku lze provádět za třech podmínek:

- A. Při teplotě 70 ± 1 °C po dobu 22 hodin.
- B. Při teplotě kondicionování zkušebních těles po dobu 72 hodin.
- C. Při dohodnuté teplotě i době.

Zkušební zařízení

Je složeno ze dvou plochých, kovových desek opatřených čtyřmi šrouby. Desky mají větší rozměr, než zkušební těleso a je možné mezi nimi zkušební těleso stlačovat.

Zkušební vzorky

Vzorky musí mít rovnoběžnou horní a dolní plochu a vertikální boky. Rozměry zkušebního tělesa jsou 100x100 mm. Zkouší se 5 vzorků.

Postup zkoušky**METODA A**

Zkušební těleso se stlačí na 50 % původní výšky. Ve speciálních případech lze zkušební těleso stlačit i o 75% původní výšky. V rozmezí 15 min se stlačené zkušební těleso vloží do termostatu o teplotě 70 ± 1 °C a ponechá se zde 22 hodin. Po uplynutí doby se vyjme a umístí na rovnou podložku, kde se kondiciuje 30 min. V prostředí, které bylo použito před zkouškou. Potom se opět změří výška zkušebního tělesa a to stejným způsobem, jako před stlačením.

METODA B

Postup zkoušky je shodný jako u metody A, ale zkušební těleso se stlačuje po dobu 72 hodin při teplotě kondicionování.

METODA C

Postup zkoušky je opět shodný s metodou A s tím rozdílem, že doba stlačení, teplota i stupeň stlačení jsou stanoveny speciálními požadavky.

Vyhodnocení

Trvalá deformace v tlaku E (%)

$$E = \left(\frac{h_0 - h_1}{h_0} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

h_0 – původní tloušťka zkušebního tělesa (mm)

h_1 – tloušťka zkušebního tělesa po zotavení (mm)

2.4.6 Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti

Podstata zkoušky

Působí se zatížením v podélném směru ke zkušebnímu vzorku stanovené délky a šířky při konstantním přírůstku prodloužení.

Zkušební zařízení

Trhací přístroj s konstantním přírůstkem prodloužení, vybavený registračním zařízením pro záznam hodnot použitého zatížení a vzdálenosti svorek.

Zkušební vzorky

Odebere se 5 zkušebních vzorků v podélném a příčném směru o šířce $50 \pm 0,5$ mm o dostatečné délce, která umožní, aby vzdálenost svorek byla 200 mm.

Postup zkoušky

Svorky trhacího přístroje se nastaví na vzdálenost 200 mm. Zkušební vzorek se upne a vyrovná tak, aby ukazatel hodnoty zatížení byl na nulové poloze. Při konstantním přírůstku prodloužení 100 mm/min se pro každý zkušební vzorek zaznamená křivka zatížení – prodloužení.

Vyhodnocení

Z křivky zatížení – prodloužení se zjistí maximální pevnost při přetrhu v Newtonech a prodloužení zkušebního vzorku při maximální pevnosti při přetrhu. Z výsledků se vypočítá průměrná pevnost při přetrhu v Newtonech s přesností na 0,1 N a průměrná hodnota prodloužení v procentech s přesností na 0,5%. Vypočítá se variační koeficient výsledků.

Odchylka od normy: vzdálenost čelisti byla z důvodu vyšší tažnosti vzorků nastavena na 100 mm

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíl experimentu a plán experimentu

Cíl experimentu

V experimentální části práce byl předmětem zkoumání účinek přípravku LUKOFIX TNA 41 na netkanou textilii. Účelem bylo zjistit zda dochází ke zlepšení deformačních vlastností NT a zejména bylo smyslem experimentu zjištění zda postup výroby NT ovlivňuje její deformační vlastnosti (viz. VÝROBA A a VÝROBA B). Dále práce zkoumá pevnostní a tažnostní charakteristiky netkané textilie.

Plán experimentu

1. Příprava vláknenné suroviny (VS), mykání VS, impregnace VS a výroba vláknenné vrstvy (VV) pomocí vpichovacího stroje – **VÝROBA A**.
2. Příprava VS, mykání VS, výroba VV pomocí vpichovacího stroje, impregnace VV – **VÝROBA B**.
3. Provedení mechanických zkoušek u obou variant vyrobených zkušebních vzorků.
4. Porovnání mechanických charakteristik v závislosti na koncentraci naneseného přípravku LUKOFIX TNA 41 u **VÝROBY A** i u **VÝROBY B**. Porovnání mechanických charakteristik v závislosti na koncentraci u obou variant vyrobených vzorků. Srovnání výsledků s hodnotami, kterých dosáhly vzorky s nulovou koncentrací přípravku LUKOFIX TNA 41.

3.2 Výroba netkané textilie pro experiment

3.2.1 Definice netkané textilie

Netkané textilie

Netkané textilie jsou vrstvy vyrobené z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením anebo kohezí anebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním.

Vpichované netkané textilie

Vpichované netkané textilie jsou vrstvy vyrobené provazováním vláknenné vrstvy svazky vláken vzniklými přeorientací části vláken účinkem průniku jehel s ostny.

U vpichovaných netkaných textilií dochází k redukci tloušťky vláknenné vrstvy, k přeorientaci všech vláken a ke změnám délky i šířky útvaru. [8]

3.2.2 Popis technologie výroby vláknenné vrstvy

3.2.2.1 Příprava vláknenné vrstvy a její zpevnění

Pro výrobu VV byla použita polyesterová vlákna o jemnosti 6,7 dtex a délce staplu 80 mm. Vláknena byla dávkována v navážce 160 g ke vstupnímu ústrojí laboratorního válcového mykacího stroje. Průchodem vláknenného materiálu se zajistilo dostatečné rozvolnění vláknenných smotků a současně došlo k napřimění a paralelizaci vláken. Vláknenné rouno nebylo vytvořeno pomocí kladeče. Pavučinka byla namotávána na válec na výstupu stroje. **VÝROBA A** je tímto připravena k dalšímu zpracování.

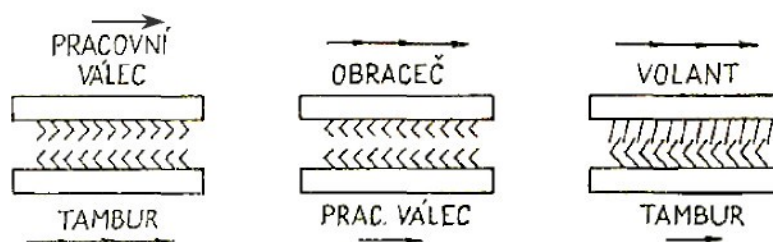
Vláknenná vrstva u **VÝROBY B** se z výstupu mykacího stroje navedla do vpichovacího stroje, kde byla zpevněna. Rouno bylo předkládáno vpichovacímu stroji s převážně podélnou orientací vláken.

Příprava vláknenné vrstvy – MYKÁNÍ

Pro výrobu netkaných textilií jsou běžně využívány válcové mykací stroje (vlnářské). Tyto pak bývají speciálně vyvinuty pro výrobu netkaných textilií. Výhodou válcových mykacích strojů je větší výrobní šířka 1,5 – 3 m a vyšší produkce. U starších válcových strojů je to 30 – 50 kg.hod⁻¹, u novějších 20 – 1000 kg.hod⁻¹.

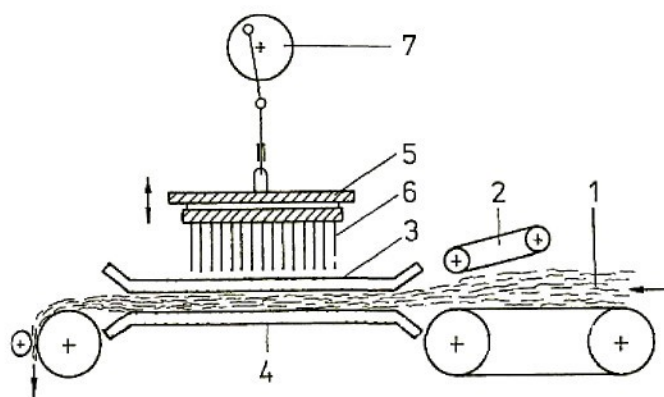
Základem vlnářského mykacího stroje je soustava válců opatřených drátkovými nebo pilkovými pracovními povlaky. V tomto případě byl použit drátkový mykací stroj. Drátky, resp. hroty povlaků jsou na válcích ve vzájemném postavení :

- a) Na mykání (tambur – pracovní válec)
- b) Na snímání (obraceč – pracovní válec)
- c) Na povytažení (volant – tambur)



obrázek 13: Vzájemné postavení pracovních potahů mykacího stroje

Podstatou funkce klasického válcového mykacího stroje je postupné ojednocování vláken a jejich uspořádání převážně ve směru vystupující pavučinky. Takové uspořádání vláken se nazývá anizotropické. Jeho důsledkem jsou rozdílné vlastnosti pavučiny i VV vzniklé jejím vrstvením v různých směrech. [8]



Obrázek 14: Schéma vpichovacího stroje

1 – vlákenná vrstva, 2 – vstupní ústrojí, 3 – stěrací rošt, 4 – opěrný rošt, 5 – jehelná deska, 6 – vpichovací deska, 7 – pohon jehelné desky

Zpevnění vlákenné vrstvy – technologie vpichování

Vpichování je dosud nejrozšířenějším způsobem zpevňování VV.

Podstatou vpichování je provazování VV svazky vláken vzniklými přeorientací části vláken účinkem průniku jehel s ostny. V průběhu vpichování dochází také k podstatné redukci tloušťky VV, k výrazné přeorientaci všech vláken a ke změnám délky a změnám délky a i šířky útvaru.

VV je přiváděna vstupním zařízením mezi dva perforované rošty. Otvory v rostech pronikají periodicky vpichovací jehly umístěné v jehelné desce. Ostny jehel zachytávají skupiny vláken vrstvy, přeorientovávají je kolmo k vrstvě a protahují vrstvou. Vrstva je posunována odtahovými válci po spodním roštu, tzv. opěrném. Při zpětném pohybu soustav jehel zabezpečí vrchní, tzv. stěrací rošt vysunutí jehel z VV.

Míra zpevnění VV souvisí mimo jiné s počtem vpichů na jednotku plochy vrstvy. Produkce stroje je tedy funkcí počtu jehel v jehelné desce a dosažitelné frekvence jehelné soustavy.

Základními parametry procesu vpichování jsou:

- Počet vpichů na jednotku plochy textilie v_p (m^2)
- Hloubka vpichu (mm)
- Typ a způsob rozmístění vpichovacích jehel
- Tahovými vlastnostmi, délkou, jemností a povrchovými vlastnostmi vláken souvisejícími s typem a koncentrací preparace

Soudržnost vpichovaných textilií spočívá na tření mezi vlákny. Při deformaci textilie se vlákna přeorientovávají ve směru působící síly. Přitom se zvětšují jejich vzájemné třecí plochy a současně síla, kterou jsou k sobě přitlačována. [8]

3.2.2.2 Plošná hmotnost vpichované textilie vyrobené při experimentu

Velikost vzorku $0,8 \times 0,6 \text{ m} = 0,48 \text{ m}^2$ 74,8 g
 1 m^2 156 g

3.2.2.3 Výpočet počtu vpichů na jednotku plochy textilie

$$v_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v} = \frac{1600 \cdot 200 \cdot 1}{0,31 \cdot 10^4} = 103 \text{ vp} \cdot \text{cm}^{-2}$$

kde:

a – počet jehel na 1 m desky ve všech řadách [1]

f – frekvence desky [min^{-1}]

p – počet průchodů textilie strojem [1]

v – rychlost odvádění textilie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

3.2.3 Parametry výrobních strojů

Pro výrobu vzorků byly použity tyto stroje, jejichž parametry byly nastaveny na uvedené hodnoty.

Válcový mykací stroj

- Vstupní rychlost dopravníku – $0,9 \text{ m.s}^{-1}$
- Rychlost snímacího válce – $0,7 \text{ m.s}^{-1}$
- Výstupní rychlost – $0,4 \text{ m.s}^{-1}$

Vpichovací stroj

- Hloubka vpichu – 11 mm
- Počet vpichů – $103 \cdot 10^{-4} \text{ vp.m}^{-2}$
- Frekvence vpichování – 200 min^{-1}
- Typ jehel – 15 x 18 x 32 x 3,5 RB
- Příváděcí rychlost dopravníku – $0,29 \text{ m.s}^{-1}$
- Rychlost odváděcích válců – $0,31 \text{ m.s}^{-1}$
- Počet průchodů textilie strojem – 1x

Pozn.: Nízký stupeň zpevnění byl zvolen záměrně, aby vlákna v textilií nebyla příliš fixována, a aby byly do určité míry možné prokluzy mezi vlákny. Tímto bylo možno názorněji sledovat rozdíly v mechanických vlastnostech textilie vlivem rozdílného tření mezi vlákny při různých koncentracích sušiny.

3.2.4 Materiál pro přípravu vzorků

Polyester PES

- Jemnost – 6,7 dtex
- Délka – 80 mm

Charakteristika polyesterových vláken

Jde o kondenzační produkt s esterovou vazbou v hlavním řetězci.

Obecný vzorec:

- Diol: $\text{HO} - (\text{CH})_n - \text{OH}$
- Dikyselina: $\text{HOOC} - \text{R} - \text{COOH}$

Klasická PES vlákna se vyrábějí z polyetylentereftalátu PET.

- Etylenglykol: $\text{HO} - (\text{CH}_2)_2 - \text{OH}$
- Kyselina tereftalová: $\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$

Příprava polyesteru:

- a) Přímá esterifikace kyseliny tereftalové a etylenglykolu
- b) Reesterifikace dimethyltereftalátu DMT

Výroba

- zvlákňování z taveniny
- výsledkem je předorientované vlákno, které je prakticky amorfní
- následným dloužením za tepla ($75 - 90^\circ\text{C}$) probíhá krystalizace a orientace a vzniká fibrilární struktura

Vlastnosti

- pevnost $3,8 - 7,2 \text{ cN.dtex}^{-1}$
- tažnost $50 - 70 \%$
- navlhavost $0,3 - 0,4\%$
- teplota tání 256°C
- elastické zotavení $85 - 90\%$
- sorpce vody $0,3 - 0,4\%$
- měrná hmotnost 1360 kg.m^{-3}

Výhody

- dobrá schopnost zotavení
- vysoká pružnost a objemnost
- dobrá odolnost vůči chemikáliím včetně dlouhodobého účinku, s výjimkou silných kyselin a zásad
- odolnost proti oděru
- dobrá termoplasticita
- dobrá termická odolnost

Nevýhody

- náročnější barvení
- žmolkování
- nízká navlhavost
- nabíjení elektrostatickou elektřinou [11]

3.2.5 Impregnace netkané textilie

3.2.5.1 Přípravek LUKOFIX TNA 41

Charakteristika

Je to neinogenní emulze silikonového elastomeru modifikovaného aminem.

Vyrábí se v Lučebních závodech a.s. Kolín. Používá se zejména jako změkčovací a hladící přípravek.

Fyzikálně-chemické vlastnosti

tabulka 1: Fyzikálně-chemické vlastnosti silikonové emulze LUKOFIX TNA 41

<i>Parametr</i>	<i>Jednotky</i>	<i>Hodnoty</i>
<i>Vzhled</i>		Mléčně bílá emulze
<i>Obsah sušiny</i>	hm. %	Min. 41
<i>Emulgační systém</i>		Neinogenní
<i>Mísitelnost</i>		Vodou neomezená
<i>Viskozita</i>	mPa.s/20°C	10 – 20
<i>Hustota</i>	kg.m ⁻³	980 – 1010
<i>pH</i>		9,0 – 10,0

Možnosti použití

- Dodává textilním materiálům měkký a splývavý omak
- Je jednosložkový a pro své zesílení nepotřebuje žádnou další komponentu
- Vykazuje vysokou stálost v praní a v chemickém čištění
- Poskytuje mírný odperlivý účinek
- Jako přísada při nemačkové a nežehlivé úpravě zvyšuje úhel zotavení ze zmačkání, zvyšuje pevnost dotržení (Elmedorf) a odolnost vůči oděru
- Výrazný pozitivní vliv na nemačkovost umožňuje snížit dávkování síťovacích přípravků, a tím i obsah volného formaldehydu v upraveném materiálu
- Příznivě ovlivňuje komfort nošení textilních výrobků
- Zlepšuje šitelnost materiálu

Aplikace

LUKOFIX TNA 41 je vhodný pro všechny druhy textilních materiálů, především pro aplikaci impregnačním způsobem. Nelze použít v tryskových strojích.

Základní podmínky aplikace

- Dávkování: 10-30 g.l⁻¹ LUKOFIX TNA 41
- PH lázně: v případě potřeby se upraví kyselinou octovou na požadovanou hodnotu.
- Sušení: více než 120 °C [12]

3.2.5.2 Příprava aviváže

Příprava silikonové emulze ve vodě

Postup

Pomocí odměrného válce bylo odměřeno příslušné množství přípravku LUKOFIX TNA 41, který byl poté zředěn vodou na objem 1 litr. Obsah odměrného válce se pak přelil do připravené vany. Pro zlepšení smáčivosti bylo do lázně přidáno 0,02% saponátu.

3.2.5.3 Aplikace aviváže

Aviváž se nanášela na NT impregnačním způsobem a to pomocí fuláru. Přípravek byl nanášen v koncentrační řadě 10 g.l⁻¹, 20 g.l⁻¹ a 30 g.l⁻¹.

VÝROBA A

Před impregnací bylo potřeba zjistit konstantní hmotnost rouna. Vzorek byl vážen v sušárně do té doby, než byl hmotnostní rozdíl mezi dvěma měřeními zanedbatelný. Tím bylo zamezeno přivažku vlivem vlhkosti vzduchu. Následovala impregnace fulárem. Poté se rouno vysušilo v teplovzdušné komoře při teplotě 140 °C opět do konstantní hmotnosti za účelem stanovení množství sušiny v textilií. Zvýšením teploty výrobku na teplotu 140 °C dochází k zesíťování přípravku LUKOFIX TNA 41 a také proud vzduchu v teplovzdušné komoře zamezil migraci silikonové aviváže.

Tímto postupem bylo opět získáno vlákněné rouno, které se dále zpracovávalo mykáním a vpichováním, viz. **VÝROBA B**.

VÝROBA B

Před impregnací bylo potřeba opět zjistit konstantní hmotnost. V tomto případě byla vyrobena již hotová NT – zpevněná vpichováním. Toto se provádělo stejným způsobem jako při **VÝROBĚ A**. Dále byl nanesen přípravek LUKOFIX TNA 41 a to impregnací fulárem. NT pak byla vysušena při 140 °C za současného zesíťování přípravku. Výsledkem byl vzorek o konstantní hmotnosti, díky které bylo zjištěno množství sušiny v textilií.

3.2.5.4 Impregnace fulárem

V tomto případě při nanášení aviváže impregnací prochází zpevněná a nezpevněná VV nádrží se silikonovou aviváží. Přitom dojde k prosycení vrstvy aviváží. Dále vrstva prochází dvojicí válců, mezi nimiž je odždímana. Ve vrstvě zbude požadované množství aviváže regulovatelné přtlakem ždímacích válců.

Předpokladem k tomu, aby došlo k prosycení VV aviváží, je dobrá smáčivost povrchu vláken, to je nízké povrchové napětí mezi disperzí a vlákny. To většinou nebývá problém vzhledem k tomu, že aviváž je stabilizována povrchově aktivními látkami, které snižují jejich povrchové napětí.

Stupeň odmačku *so* se vyjadřuje jako množství kapaliny ve vlákenné vrstvě po průchodu ždímacími válci v procentech (hmotnost suché vrstvy je 100%). Dosažený stupeň odmačku je závislý na mnoha proměnných (hydrokopicita, jemnost a tuhost vláken, viskozita aviváže, povrchové napětí, materiál povrchu válců), prakticky je však regulovatelný zejména přtlakem válců. Dosahované hodnoty odmačku se pohybují v rozsahu 80-400%.

Stupeň odmačku (%)

$$so = \frac{M_m - M_s}{M_s} \cdot 100 \quad (6)$$

M_m – hmotnost mokré vrstvy (g)

M_s – hmotnost suché vrstvy (g)

Přtlak válců je definován jako síla vztažená na jednotku délky svěrné linie válců a dosahuje hodnot až 50 000 N.m⁻¹.

Parametry fuláru použitého pro experiment:

- délka ramene $d = 0,52$ m
- přtlak ždímacích válců 3557,2 N.m⁻¹

tabulka 2: Základní parametry vyrobených NT při výrobě A – mykání, impregnace, vpichování

Označení vzorku	c [g.l ⁻¹]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	P [%]	M [g.m ²]	X [g.m ²]	s [g.m ²]	v [%]
0	0	72,6	-	-	-	-	-	-	-
	0	73,1	-	-	-	-	-	-	-
	0	73,6	-	-	-	-	-	-	-
	0	74,6	-	-	-	-	-	-	-
	0	75,2	-	-	-	-	-	-	-
	0	75,8	-	-	-	-	-	-	-
A10	10	73,1	74,5	1,4	1,92	2,92	3,09	0,36	11,61
	10	73,2	74,5	1,3	1,78	2,71			
	10	74,2	72,8	1,4	1,89	2,92			
	10	74,7	76,2	1,5	2,01	3,13			
	10	75,5	74	1,5	1,99	3,13			
	10	82,5	84,3	1,8	2,18	3,75			
A20	20	65,8	67,4	1,6	2,43	3,33	3,47	0,17	4,91
	20	70,7	72,4	1,7	2,41	3,54			
	20	75,1	76,8	1,7	2,26	3,54			
	20	75,2	76,8	1,6	2,13	3,33			
	20	77,2	78,8	1,6	2,07	3,33			
	20	77,6	79,4	1,8	2,32	3,75			
A30	30	70,3	72,1	1,8	2,56	3,75	4,10	0,39	9,45
	30	74,3	76,2	1,9	2,56	3,96			
	30	74,4	76,7	2,3	3,09	4,79			
	30	74,5	76,3	1,8	2,42	3,75			
	30	74,7	76,7	2	2,68	4,17			
	30	76,5	78,5	2	2,61	4,16			

Význam použitých symbolů pro tabulky 2 a 3

c – koncentrace lázně (g.l⁻¹)

m_0 – konstantní hmotnost vzorku před impregnací (g)

m_1 – konstantní hmotnost vzorku po impregnaci a sušení (g)

m_2 – hmotnost silikonového přípravku ve vysušeném vzorku (g)

P – hmotnostní podíl sušiny ve vzorku (%)

M – množství sušiny v 1 m² NT (g.m²)

Průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient jsou počítány z hodnoty M .

Pozn.: Velikost impregnovaných vzorků byla volena tak, aby byla využita maximální plocha NT. Vycházelo se z předpokladu, že přípravek bude rovnoměrně nanesen na plochu NT. Tzn., že velikost vzorku neovlivňuje nanesené množství.

tabulka 3: Základní parametry vyrobených NT při výrobě B – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorku	c [g.l ⁻¹]	m ₀ [g]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	P [%]	M [g.m ⁻²]	X [g.m ⁻²]	s [g.m ⁻²]	v [%]
B10	10	60,5	60,9	0,4	0,66	0,83	0,94	0,18	18,70
	10	62,8	63,2	0,4	0,64	0,83			
	10	63,6	64,2	0,6	0,93	1,25			
	10	64,2	64,6	0,4	0,62	0,83			
	10	64,4	64,8	0,4	0,62	0,83			
	10	64,8	65,3	0,5	0,77	1,04			

Pokračování tabulky č.3

B20	20	45,9	46,8	0,9	0,62	1,88	1,87	0,19	10,07
	20	46,2	47	0,8	1,73	1,66			
	20	46,5	47,5	1	0,62	2,08			
	20	46,8	47,8	1	2,14	2,08			
	20	46,9	47,8	0,9	0,62	1,88			
	20	48,7	49,5	0,8	1,64	1,66			
B30	30	49,6	50,9	1,3	2,62	2,71	2,71	0,13	4,90
	30	49,8	51	1,2	1,64	2,50			
	30	50,1	51,4	1,3	1,64	2,71			
	30	50,2	51,5	1,3	2,59	2,71			
	30	52,9	54,2	1,3	1,64	2,71			
	30	53,7	55,1	1,4	2,61	2,92			

3.3 Měření

3.3.1 Měření odporu proti stlačení

Odpor proti stlačení byl měřen podle normy EN ISO 3386-1, viz. kap. 2.4.4. Testováno bylo vždy 5 vzorků o jedné aplikované koncentraci. Jeden vzorek obsahoval 5 vrstev vpichované NT.

Postup měření odporu proti stlačení

Vlastnímu měření předcházelo měření tloušťky NT. Tímto byla zjištěna hodnota, z které bylo vypočteno stlačení vzorku o 80% původní tloušťky. Toto bylo provedeno podle normy ISO 9073-2 pro NT, které mají tloušťku větší než 20 mm. Cílené hodnoty 20 mm bylo dosaženo naskládáním 5 vrstev NT na sebe. Vzorky měly tvar kruhu o průměru $d = 150$ mm. Zvolený tvar vycházel z kruhového tvaru stlačovací desky. Zkušební vzorky byly vloženy mezi stlačovací čelisti a zatíženy silou $F = 0,35$ N, která odpovídá 20 Pa.

Poté byly vzorky znovu vkládány mezi kovové čelisti a stlačovány vždy v 5 cyklech na výšku, která odpovídá 80%-ům původní výšky. Rozdíl oproti normě byl v rychlosti zatěžování. Rychlost zatěžování byla 50 mm/min. Po dosažení nastavené hodnoty tloušťky, výšky došlo k odlehčení vzorku na nulovou hodnotu. Poté byl zkoušený vzorek v 6. cyklu opět deformován na stanovenou mez. Po dosažení dané hodnoty deformace byla sledována relaxace napětí po dobu 120 s. Výsledkem byly relaxační křivky, ze kterých byla zjištěna změna síly po relaxaci, tj. rozdíl mezi max. silou, na kterou byl vzorek stlačen a silou po relaxaci vzorku. Naměřené hodnoty, jejich statistické zpracování a grafické zpracování jsou uvedeny v Příloze III.

V programu LABTEST byly zaznamenány hodnoty síly potřebné ke stlačení na požadovanou tloušťku v závislosti na deformaci vzorku. Ze získaných hodnot byly sestrojeny grafy (viz. Příloha II) a vypočten odpor proti stlačení v kilopaselech (viz. tab. 5 a 6).

Odpor proti stlačení (kPa)

$$CC_{xx} = 1000 \cdot \frac{F_{80}}{A} \quad (7)$$

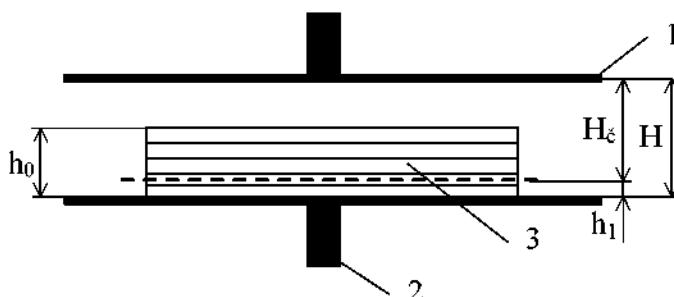
F_{80} – síla zaznamenaná v 5. zatěžovacím cyklu při stlačení o 80% (N)

A – plocha povrchu zkušebního tělesa (mm^2)

Pozn.: Pro výpočet byla plocha povrchu zkušebního tělesa $17671,458 \text{ mm}^2$.

tabulka 4: Použité seřízení stroje

Parametr	Hodnota
Rychlost zatěžování [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	50
Max. deformace vzorku [%]	80
Počet cyklů [-]	5
Doba relaxace [s]	120
Rozsah cely [N]	5000



obrázek 15: Náskres stlačení vzorků na stroji LABTEST

1 – horní zatěžovací čelist, 2 – dolní pevná čelist, 3 – stlačovaný vzorek NT

H – nastavená vzdálenost čelistí

H_{δ} – výška horní čelisti při deformaci vzorku

h_0 – tloušťka nestlačené NT

h_1 – stlačení na 80% původní tloušťky

tabulka 5: Vyhodnocení odporu proti stlačení – výroba A – mykání, impregnace, vpichování

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m ⁻²]	m_v [kg.m ⁻³]	Max. síla 1. cyklus [N]	Max. síla 5. cyklus [N]	Odpor proti stlačení [kPa]
0.1	28,759	29,2	1627,43	55,73	354,738	345,705	19,563
0.2	29,145	29,5	1649,27	55,91	347,183	338,315	19,145
0.3	29,045	29,4	1643,61	55,91	340,122	330,432	18,699
0.4	28,987	28,9	1640,33	56,76	315,815	312,531	17,686
0.5	28,058	28,9	1587,76	54,94	476,433	464,773	26,301
A 10.1	29,756	29,9	1683,85	56,32	353,917	335,195	18,968
A 10.2	29,897	30,8	1691,82	54,93	350,304	344,227	19,479
A 10.3	30,047	30,8	1700,31	55,20	352,767	327,147	18,513
A 10.4	30,031	30,9	1699,41	55,00	352,494	325,278	18,407
A 10.5	29,951	30,1	1694,88	56,31	352,982	334,891	18,951
A 20.1	29,007	32,3	1641,46	50,82	350,304	335,195	18,968
A 20.2	30,126	32,2	1704,78	52,94	349,647	349,318	19,767
A 20.3	30,156	32,2	1706,48	53,00	357,037	332,731	18,829
A 20.4	30,017	31,9	1698,61	53,25	349,282	348,457	19,719
A 20.5	30,146	32,0	1705,91	53,31	352,132	328,405	18,584
A 30.1	31,346	32,8	1773,82	54,08	342,931	326,490	18,476
A 30.2	30,215	33,0	1709,82	51,81	342,749	327,147	18,513
A 30.3	30,147	32,5	1705,97	52,49	350,961	323,042	18,280
A 30.4	30,184	32,1	1708,07	53,21	343,158	328,117	18,568
A 30.5	30,167	32,9	1707,10	51,89	342,702	326,152	18,456

Význam použitých symbolů pro tabulky 5 a 6

m – hmotnost pěti vzorků (g)

h – tloušťka pěti vzorků (mm)

m_s – plošná hmotnost (g.m⁻²)

m_v – objemová hmotnost (kg.m⁻³)

První dvojčíslí v označení vzorku značí koncentraci LUKOFIXU TNA 41.

tabulka 6: Vyhodnocení odporu proti stlačení – výroba B – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m ⁻²]	m_v [kg.m ⁻³]	Max. síla 1. cyklus [N]	Max. síla 5. cyklus [N]	Odpor proti stlačení [kPa]
B 10.1	28,306	29,4	1601,79	54,48	1376,74	1333,55	75,463
B 10.2	31,185	28,3	1764,71	62,36	1395,14	1377,24	77,936
B 10.3	28,156	29,5	1593,30	54,01	1328,30	1304,65	73,828
B 10.4	30,215	28,0	1709,82	61,06	1390,54	1378,72	78,020
B 10.5	31,302	28,1	1771,33	63,04	1361,96	1358,84	76,895
B 20.1	29,307	28,3	1658,44	58,60	1184,27	1125,96	63,716
B 20.2	31,872	29,4	1803,59	61,35	1158,32	1141,73	64,609
B 20.3	29,256	29,0	1655,55	57,09	1218,59	1206,93	68,298
B 20.4	29,126	28,4	1648,19	58,04	1169,65	1146,17	64,860
B 20.5	30,542	29,1	1728,32	59,39	1133,68	1082,28	61,245

Pokračování tabulky č.6

B 30.1	30,158	29,1	1706,59	58,65	1041,88	1012,97	57,322
B 30.2	32,579	30,0	1843,59	61,45	1058,96	1052,23	59,544
B 30.3	29,258	28,8	1655,66	57,49	1051,24	1016,59	57,527
B 30.4	30,269	28,9	1712,88	59,27	1045,82	1017,90	57,601
B 30.5	29,156	30,1	1649,89	54,81	1118,74	1104,61	62,508

tabulka 7: Statistické zpracování hodnot z tabulky 5 a 6

Označení vzorku	Zpracovávaný parametr	X	s	v [%]
0	Tloušťka [mm]	29,180	0,277	0,951
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1629,679	24,768	1,520
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	55,849	0,647	1,158
	Max. síla 1. cyklus [N]	366,858	62,970	17,165
	Max. síla 5. cyklus [N]	358,351	60,758	16,955
	Odpor proti stlačení [kPa]	20,279	3,438	16,955
A 10	Tloušťka [mm]	30,500	0,464	1,520
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1694,054	6,665	0,393
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	55,551	0,702	1,264
	Max. síla 1. cyklus [N]	352,493	1,335	0,379
	Max. síla 5. cyklus [N]	333,348	7,545	2,263
	Odpor proti stlačení [kPa]	18,864	0,427	2,263
A 20	Tloušťka [mm]	32,120	0,164	0,512
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1691,451	28,121	1,663
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	52,663	1,043	1,980
	Max. síla 1. cyklus [N]	351,680	3,189	0,907
	Max. síla 5. cyklus [N]	338,821	9,510	2,807
	Odpor proti stlačení [kPa]	19,173	0,538	2,807
A 30	Tloušťka [mm]	32,660	0,365	1,117
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1720,956	29,586	1,719
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	52,969	0,956	1,814
	Max. síla 1. cyklus [N]	344,500	3,616	1,050
	Max. síla 5. cyklus [N]	326,190	1,912	0,586
	Odpor proti stlačení [kPa]	18,459	0,108	0,586
B 10	Tloušťka [mm]	28,660	0,730	2,547
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1688,191	86,174	5,104
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	58,990	4,391	7,444
	Max. síla 1. cyklus [N]	1370,536	26,932	1,965
	Max. síla 5. cyklus [N]	1350,600	31,506	2,333
	Odpor proti stlačení [kPa]	76,428	1,783	2,333
B 20	Tloušťka [mm]	28,840	0,472	1,637
	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1698,819	66,919	3,939
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	58,893	1,608	2,731
	Max. síla 1. cyklus [N]	1172,902	31,536	2,689
	Max. síla 5. cyklus [N]	1140,614	44,854	3,932
	Odpor proti stlačení [kPa]	64,546	2,538	3,932

Pokračování tabulky č.7

B 30	Tloušťka [mm]	29,380	0,622	2,117
	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1713,724	78,044	4,554
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	58,334	2,440	4,182
	Max. síla 1. cyklus [N]	1063,328	31,632	2,975
	Max. síla 5. cyklus [N]	1040,860	39,011	3,748
	Odpor proti stlačení [kPa]	58,901	2,208	3,748

Význam použitých symbolů pro tabulku 7

A – VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

B – VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace

Dvojčíslí uvedené za velkým písmenem značí koncentraci LUKOFIXU TNA 41.

Průměr $\bar{X}$ a směrodatná odchylka s mají jednotky dle zpracovávaného parametru. Variační koeficient v je v procentech.

3.3.2 Měření trvalé deformace v tlaku

Trvalá deformace v tlaku byla měřena podle normy EN ISO 1856, viz. kap. 2.4.5. Testováno bylo vždy 5 vzorků o jedné aplikované koncentraci. Jeden vzorek obsahoval 5 vrstev vpichované NT.

Postup měření trvalé deformace v tlaku

Zkušební vzorky byly nastříhány na rozměry 100x100 mm a testovány mezi dvěma kovovými deskami (viz obr.16), kde došlo k jejich stlačení asi na 50% původní výšky (tloušťky) viz. norma EN ISO 1856, metoda A. Kovové desky jsou ve tvaru čtverců o rozměrech 150x150 mm. V rozích jsou umístěny 4 utahovací šrouby s matkami, pomocí kterých je regulována vzdálenost kovových desek.

Test probíhal dvěma způsoby:

1. Za studena (bez tepelného působení)
2. Za tepla



obrázek 16: Pomůcka pro měření trvalé deformace v tlaku

1 – kovové desky, 2 – vzorek NT, 3 – utahovací šrouby

S výjimkou teploty, při které byly vzorky ponechány stlačené, se od sebe postupy nijak neliší. Po odečtení výšky před a po stlačení byly hodnoty dosazeny do vztahu a vypočteny hodnoty trvalé deformace E .

$$E = \left(\frac{h_0 - h_1}{h_0} \right) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (8)$$

h_0 – původní tloušťka zkušební tělesa (mm)

h_1 – tloušťka zkušební tělesa po zotavení (mm)

3.3.2.1 Měření trvalé deformace v tlaku za studena

tabulka 8: Základní parametry zkoušených vzorků, tloušťky vzorků a výpočet trvalé deformace E při měření trvalé deformace v tlaku – ZA STUDENA, VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

Označení vzorku	m [g]	m_s [g.m^{-2}]	m_v [kg.m^{-3}]	h_0 [mm]	h_1 [mm]	E [%]
0.1	11,32	1132	30,349	37,3	35,4	5,09
0.2	10,45	1045	21,726	48,1	46,6	3,12
0.3	10,98	1098	28,010	39,2	37,8	3,57
0.4	10,65	1065	26,296	40,5	38,8	4,20
0.5	10,94	1094	25,324	43,2	41,5	3,94
A 10.1	11,22	1122	36,667	30,6	30,0	1,96
A 10.2	10,47	1047	32,215	32,5	31,7	2,46
A 10.3	11,62	1162	38,477	30,2	29,6	1,99
A 10.4	10,58	1058	34,351	30,8	30,1	2,27
A 10.5	10,69	1069	35,281	30,3	29,7	1,98
A 20.1	10,69	1069	33,616	31,8	31,3	1,57
A 20.2	11,44	1144	38,007	30,1	29,6	1,66
A 20.3	10,55	1055	34,032	31,0	30,6	1,29
A 20.4	10,57	1057	34,656	30,5	30,1	1,31
A 20.5	10,75	1075	35,246	30,5	30,0	1,64
A 30.1	10,83	1083	35,743	30,3	29,9	1,32
A 30.2	9,75	975	31,967	30,5	30,3	0,66
A 30.3	11,02	1102	35,779	30,8	30,4	1,30
A 30.4	11,12	1112	36,821	30,2	29,8	1,32
A 30.5	10,69	1069	35,049	30,5	30,1	1,31

Význam použitých symbolů v tabulkách 8,9 a 11,12

m_s – plošná hmotnost (g.m^{-2})

m_v – objemová hmotnost (kg.m^{-3})

h_0 – výška zkušební vzorku před stlačením (mm)

h_1 – výška zkušební vzorku po stlačení (mm)

E – trvalá deformace v tlaku (%)

První dvojčíslí v označení vzorku značí koncentraci LUKOFIXU TNA 41.

tabulka 9: Základní parametry zkoušených vzorků, tloušťky vzorků a výpočet trvalé deformace E při měření trvalé deformace v tlaku – ZA STUDENA, VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorku	m [g]	m_v [g.m ⁻²]	m_v [kg.m ⁻³]	h_0 [mm]	h_1 [mm]	E [%]
B 10.1	11,83	1183	33,608	35,2	34,7	1,42
B 10.2	11,65	1165	35,846	32,5	32,1	1,23
B 10.3	11,65	1165	34,467	33,8	33,3	1,48
B 10.4	11,68	1168	33,371	35,0	35,0	0,00
B 10.5	11,49	1149	32,735	35,1	34,6	1,42
B 20.1	12,77	1277	33,873	37,7	37,4	0,80
B 20.2	12,40	1240	35,328	35,1	34,8	0,85
B 20.3	11,99	1199	31,973	37,5	37,1	1,07
B 20.4	11,89	1189	33,493	35,5	35,2	0,85
B 20.5	11,97	1197	32,177	37,2	36,9	0,81
B 30.1	9,72	972	31,558	30,8	30,7	0,32
B 30.2	10,21	1021	32,620	31,3	31,1	0,64
B 30.3	11,54	1154	36,635	31,5	31,4	0,32
B 30.4	11,49	1149	35,906	32,0	31,8	0,62
B 30.5	11,45	1145	36,581	31,3	31,1	0,64

tabulka 10: Statistické zpracování hodnot z tabulky 8 a 9

Označení vzorku	Zpracovávaný parametr	X	s	v [%]
0	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1086,80	33,33	3,07
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	26,34	3,21	12,18
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	41,66	4,19	10,06
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	40,02	4,28	10,69
	Trvalá deformace E [%]	3,98	0,74	18,61
A 10	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1091,60	48,76	4,47
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	35,40	2,36	6,67
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	30,88	0,94	3,03
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	30,22	0,85	2,82
	Trvalá deformace E [%]	2,13	0,22	10,53
A 20	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1080,00	36,73	3,40
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	35,11	1,73	4,93
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	30,78	0,65	2,12
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	30,32	0,65	2,16
	Trvalá deformace E [%]	1,49	0,18	12,06
A 30	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1068,20	54,70	5,12
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	35,07	1,85	5,27
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	30,46	0,23	0,76
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	30,10	0,25	0,85
	Trvalá deformace E [%]	1,18	0,29	24,91
B 10	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	1166,00	12,08	1,04
	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	34,01	1,20	3,53
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	34,32	1,16	3,39
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	33,94	1,22	3,59
	Trvalá deformace E [%]	1,11	0,63	56,54

Pokračování tabulky č.10

B 20	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1220,40	37,35	3,06
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	33,37	1,37	4,10
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	36,60	1,21	3,30
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	36,28	1,19	3,28
	Trvalá deformace E [%]	0,87	0,11	12,67
B 30	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1088,20	85,54	7,86
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	34,66	2,39	6,91
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	31,38	0,43	1,38
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	31,22	0,41	1,31
	Trvalá deformace E [%]	0,51	0,17	33,73

Význam použitých symbolů pro tabulku 10

A – VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

B – VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace

Dvojitě uvedené za velkým písmenem značí koncentraci LUKOFIXU TNA 41. Průměr X a směrodatná odchylka s mají jednotky dle zpracovávaného parametru. Variační koeficient v je v procentech.

3.3.2.2 Měření trvalé deformace v tlaku za tepla

tabulka 11: Základní parametry zkoušených vzorků, tloušťky vzorků a výpočet trvalé deformace E při měření trvalé deformace v tlaku –ZA TEPLA, VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

Označení vzorku	m [g]	m_s [g.m^{-2}]	m_v [kg.m^{-3}]	h_0 [mm]	h_1 [mm]	E [%]
0.1	11,12	1112	34,427	32,3	16,5	48,92
0.2	11,26	1126	35,188	32,0	16,2	49,38
0.3	10,95	1095	34,006	32,2	16,6	48,45
0.4	10,98	1098	33,994	32,3	16,5	48,92
0.5	11,05	1105	33,587	32,9	17,7	46,20
A 10.1	10,74	1074	35,329	30,4	18,4	39,47
A 10.2	10,64	1064	34,885	30,5	18,4	39,67
A 10.3	10,59	1059	34,836	30,4	18,6	38,82
A 10.4	11,05	1105	36,711	30,1	18,6	38,21
A 10.5	11,04	1104	36,800	30,0	17,9	40,33
A 20.1	11,55	1155	37,138	31,1	19,9	36,01
A 20.2	11,58	1158	37,235	31,1	20	35,69
A 20.3	11,49	1149	37,184	30,9	19,9	35,60
A 20.4	11,47	1147	35,844	32,0	21,2	33,75
A 20.5	11,52	1152	36,923	31,2	19,8	36,54
A 30.1	9,71	971	32,915	29,5	19,4	34,24
A 30.2	10,28	1028	34,497	29,8	19,7	33,89
A 30.3	10,70	1070	36,395	29,4	19	35,37
A 30.4	10,88	1088	36,146	30,1	19,8	34,22
A 30.5	11,89	1189	39,633	30,0	19,9	33,67

tabulka 12: Základní parametry zkoušených vzorků, tloušťky vzorků a výpočet trvalé deformace E při měření trvalé deformace v tlaku – ZA TEPLA, VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorku	m [g]	m_s [g.m^{-2}]	m_v [kg.m^{-3}]	h_0 [mm]	h_1 [mm]	E [%]
B 10.1	12,11	1211	38,202	31,7	19,7	37,85
B 10.2	12,01	1201	38,127	31,5	19,5	38,10
B 10.3	12,08	1208	38,968	31,0	19,2	38,06
B 10.4	12,13	1213	37,906	32,0	19,7	38,44
B 10.5	12,11	1211	38,202	31,7	18,7	41,01
B 20.1	12,47	1247	36,145	34,5	23,0	33,33
B 20.2	12,43	1243	36,029	34,5	23,5	31,88
B 20.3	11,99	1199	35,058	34,2	22,9	33,04
B 20.4	12,04	1204	35,102	34,3	23,4	31,78
B 20.5	12,05	1205	34,928	34,5	23,2	32,75
B 30.1	11,67	1167	34,324	34,0	24,2	28,82
B 30.2	11,78	1178	34,344	34,3	24,8	27,70
B 30.3	11,56	1156	34,201	33,8	23,8	29,59
B 30.4	11,82	1182	34,663	34,1	24,0	29,62
B 30.5	11,53	1153	33,912	34,0	24,1	29,12

tabulka 13: Statistické zpracování hodnot z tabulky 11 a 12

Označení vzorku	Zpracovávaný parametr	X	s	v [%]
0	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1107,20	12,40	1,12
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	34,24	0,61	1,77
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	32,34	0,34	1,04
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	16,70	0,58	3,47
	Trvalá deformace E [%]	48,37	1,26	2,60
A 10	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1081,20	21,95	2,03
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	35,71	0,97	2,72
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	30,28	0,22	0,72
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	18,38	0,29	1,56
	Trvalá deformace E [%]	39,30	0,82	2,08
A 20	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1152,20	4,44	0,39
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	36,86	0,58	1,58
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	31,26	0,43	1,37
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	20,16	0,59	2,91
	Trvalá deformace E [%]	35,52	1,05	2,97
A 30	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1069,20	80,70	7,55
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	35,92	2,51	6,98
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	29,76	0,30	1,02
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	19,56	0,36	1,86
	Trvalá deformace E [%]	34,28	0,66	1,92
B 10	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1208,80	4,71	0,39
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	38,28	0,40	1,05
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	31,58	0,37	1,17
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	19,36	0,42	2,18
	Trvalá deformace E [%]	38,69	1,31	3,39

Pokračování tabulky č. 13

B 20	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1219,60	23,34	1,91
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	35,45	0,58	1,65
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	34,40	0,14	0,41
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	23,20	0,25	1,10
	Trvalá deformace E [%]	32,56	0,70	2,14
B 30	Plošná hmotnost [g.m^{-2}]	1167,20	12,87	1,10
	Objemová hmotnost [kg.m^{-3}]	34,29	0,27	0,79
	Tloušťka před stlačením h_0 [mm]	34,04	0,18	0,53
	Tloušťka po stlačení h_1 [mm]	24,18	0,38	1,56
	Trvalá deformace E [%]	28,97	0,78	2,71

3.3.3 Měření pevnosti v tahu

Pevnost v tahu byla měřena dle normy ČSN 806103, viz. kap. 2.4.6. Testováno bylo 5 vzorků o jedné aplikované koncentraci a to v podélném a příčném směru.

Zkušební vzorky byly nastříhány na rozměry 200x50 mm. Poté byly upnuty do laboratorního tahacího stroje s programem LABTEST. Z důvodů vysoké tažnosti vzorků byla upínací délka zvolena na 100 mm. Tím došlo k bezpečnému měření vzorků. Rychlost posuvu upínací hlavy byla 100 mm/min.

Pro každý vzorek byla zaznamenána křivka zatížení – prodloužení. Výsledné naměřené hodnoty (síla potřebná k přetržení vzorku, prodloužení vzorku vlivem síly) byly zpracovány do grafů (viz. Příloha IV).

Tabulka 14: Pevnost v tahu pro **PODÉLNÝ SMĚR – VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování**

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m^{-2}]	m_v [kg.m^{-3}]	Pevnost při přetrhu [N]	Prodloužení při přetrhu [mm]
0.1	5,10	1,37	1020	744,53	317,129	116,927
0.2	5,02	1,34	1004	749,25	278,535	121,616
0.3	4,84	1,37	968	706,57	306,126	115,971
0.4	4,34	1,23	868	705,69	165,873	105,321
0.5	4,14	0,88	828	940,91	307,932	123,744
A 10.1	5,13	0,70	1026	1465,71	542,454	148,017
A 10.2	4,63	0,67	926	1382,09	469,207	143,640
A 10.3	4,50	0,64	900	1406,25	519,133	159,398
A 10.4	4,48	0,67	896	1337,31	526,523	145,291
A 10.5	4,60	0,64	920	1437,50	667,762	154,276
A 20.1	4,30	0,65	860	1323,08	637,215	143,976
A 20.2	4,30	0,67	860	1283,58	565,774	142,819
A 20.3	4,23	0,65	846	1301,54	541,961	128,743
A 20.4	4,21	0,67	842	1256,72	558,220	138,081
A 20.5	4,96	0,66	992	1503,03	558,220	138,081

Pokračování tabulky č.14

A 30.1	4,64	0,73	928	1271,23	630,317	153,527
A 30.2	4,89	0,70	978	1397,14	619,314	139,163
A 30.3	4,88	0,73	976	1336,99	657,908	141,168
A 30.4	4,88	0,74	976	1318,92	587,124	133,077
A 30.5	4,53	0,69	906	1313,04	587,124	133,077

Význam použitých symbolů pro tabulky 14 – 17

m – hmotnost vzorku (g)

h – tloušťka vzorku (mm)

m_s – plošná hmotnost (g.m^{-2})

m_v – objemová hmotnost (g.m^{-3})

V tabulce 14 a 15 jsou uvedeny hodnoty pevnosti a tažnosti pro vzorky s nulovou koncentrací Lukofixu TNA

41. První dvojčíslí v označování vzorků značí koncentraci Lukofixu TNA 41 ve vzorcích.

tabulka 15: Pevnost v tahu pro PŘÍČNÝ SMĚR – VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m^{-2}]	m_v [kg.m^{-3}]	Pevnost při přetrhu [N]	Prodloužení při přetrhu [mm]
0.1	4,67	1,47	0,02335	635,37	107,735	161,286
0.2	4,66	1,34	0,02330	695,52	121,859	176,55
0.3	5,07	1,40	0,02535	724,29	105,108	190,64
0.4	4,90	1,44	0,02450	680,56	103,301	162,984
0.5	4,72	1,37	0,02360	689,05	107,571	161,352
A 10.1	4,91	0,75	0,02455	1309,33	238,791	180,741
A 10.2	4,79	0,72	0,02395	1330,56	142,224	150,951
A 10.3	4,78	0,68	0,02390	1405,88	250,616	198,914
A 10.4	4,64	0,67	0,02320	1385,07	133,684	159,120
A 10.5	4,64	0,65	0,02320	1427,69	165,709	172,900
A 20.1	4,23	0,69	0,02115	1226,09	217,606	193,507
A 20.2	4,32	0,68	0,02160	1270,59	215,306	188,154
A 20.3	4,36	0,65	0,02180	1341,54	192,478	172,539
A 20.4	4,30	0,65	0,02150	1323,08	226,802	192,403
A 20.5	4,33	0,70	0,02165	1237,14	222,040	171,765
A 30.1	4,76	0,69	0,02380	1379,71	233,372	187,550
A 30.2	4,73	0,70	0,02365	1351,43	256,364	190,341
A 30.3	4,70	0,68	0,02350	1382,35	232,550	174,903
A 30.4	4,69	0,66	0,02345	1421,21	280,834	191,536
A 30.5	4,65	0,68	0,02325	1367,65	284,283	183,540

tabulka 16: Pevnost v tahu pro **PODÉLNÝ SMĚR – VÝROBA B** – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m ⁻²]	m_v [kg.m ⁻³]	Pevnost při přetrhu [N]	Prodloužení při přetrhu [mm]
B 10.1	4,69	1,27	938	738,58	171,457	134,53
B 10.2	4,16	1,14	832	729,82	166,858	142,517
B 10.3	4,31	0,95	862	907,37	247,824	147,278
B 10.4	4,85	1,11	970	873,87	271,966	146,681
B 10.5	4,44	1,11	888	800,00	238,791	143,553
B 20.1	4,61	1,20	922	768,33	334,866	126,537
B 20.2	4,32	1,21	864	714,05	238,955	131,619
B 20.3	4,54	1,21	908	750,41	211,693	119,547
B 20.4	4,29	1,11	858	772,97	177,862	125,554
B 20.5	4,61	1,09	922	845,87	229,923	151,587
B 30.1	4,86	1,12	972	867,86	291,017	139,251
B 30.2	4,84	1,11	968	872,07	211,201	128,335
B 30.3	4,73	1,05	946	900,95	360,815	128,987
B 30.4	4,86	0,91	972	1068,13	447,693	131,364
B 30.5	4,85	1,02	970	950,98	289,539	134,749

tabulka 17: pevnost v tahu pro **PŘÍČNÝ SMĚR – VÝROBA B** – mykání, vpichování, impregnace

Označení vzorků	m [g]	h [mm]	m_s [g.m ⁻²]	m_v [kg.m ⁻³]	Pevnost při přetrhu [N]	Prodloužení při přetrhu [mm]
B 10.1	4,94	1,27	988	777,95	91,476	193,759
B 10.2	4,86	1,07	972	908,41	103,645	193,737
B 10.3	4,78	1,10	956	869,09	78,010	183,141
B 10.4	4,70	1,22	940	770,49	78,174	206,925
B 10.5	4,53	1,24	906	730,65	86,221	205,662
B 20.1	4,51	1,22	902	739,34	65,364	212,801
B 20.2	4,52	1,23	904	734,96	34,817	168,159
B 20.3	4,47	1,26	894	709,52	30,054	152,111
B 20.4	4,58	1,14	916	803,51	78,502	196,953
B 20.5	4,21	1,02	842	825,49	62,900	169,824
B 30.1	4,57	1,11	914	823,42	107,571	206,233
B 30.2	4,60	1,19	920	773,11	106,093	206,922
B 30.3	5,06	1,21	1012	836,36	92,133	199,976
B 30.4	5,13	1,91	1026	537,17	89,013	216,319
B 30.5	4,69	1,25	938	750,40	97,225	206,893

tabulka 18: Statistické zpracování hodnot pevnosti v tahu a tažnosti

Vzorek	Směr vzorku	Zpracovávaný parametr	X	s	v [%]
0	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	275,119	62,748	22,808
		Prodloužení při přetrhu [mm]	116,716	7,139	6,116
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	109,115	7,358	6,743
		Prodloužení při přetrhu [mm]	170,562	12,916	7,573
A 10	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	545,016	73,878	13,555
		Prodloužení při přetrhu [mm]	150,124	6,578	4,382
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	186,205	54,834	29,448
		Prodloužení při přetrhu [mm]	172,525	18,769	10,879
A 20	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	572,278	37,328	6,523
		Prodloužení při přetrhu [mm]	138,340	6,001	4,338
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	214,846	13,256	6,170
		Prodloužení při přetrhu [mm]	183,674	10,709	5,831
A 30	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	616,357	30,163	4,894
		Prodloužení při přetrhu [mm]	140,002	8,380	5,986
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	257,481	24,838	9,647
		Prodloužení při přetrhu [mm]	185,574	6,712	3,617
B 10	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	219,379	47,451	21,630
		Prodloužení při přetrhu [mm]	142,912	5,101	3,570
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	87,505	10,667	12,190
		Prodloužení při přetrhu [mm]	196,645	9,825	4,996
B 20	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	238,660	58,642	24,571
		Prodloužení při přetrhu [mm]	130,969	12,298	9,390
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	54,327	20,914	38,496
		Prodloužení při přetrhu [mm]	179,970	24,418	13,568
B 30	Podélný	Pevnost při přetrhu [N]	320,053	88,849	27,761
		Prodloužení při přetrhu [mm]	132,537	4,517	3,408
	Příčný	Pevnost při přetrhu [N]	98,407	8,247	8,381
		Prodloužení při přetrhu [mm]	207,269	5,840	2,818

Význam použitých symbolů pro tabulku 18

Písmeno A – použitá výrobní technologie mykání, impregnace, vpichování

Písmeno B – použitá výrobní technologie mykání, vpichování, impregnace

Dvojcísli za písmenem označuje danou koncentraci Lukofixu TNA 41 ve vzorku.

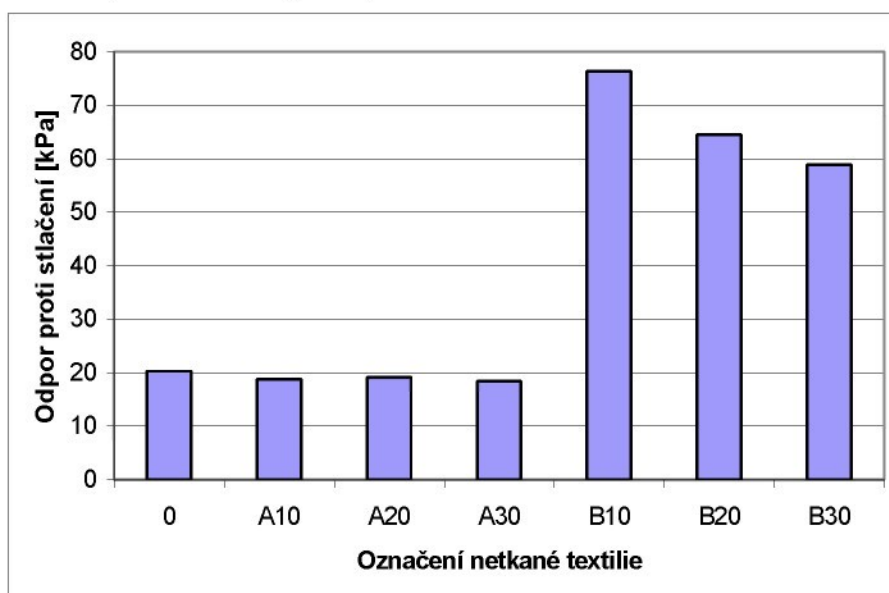
Průměrná hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient byly počítány z pěti hodnot, viz. tabulka 14 – 17.

4 DISKUSE VÝSLEDKŮ

1. Diskuse zpracovaných výsledků odporu proti stlačení

A. Odpor proti stlačení

Graf č.1: Graf porovnání odporu proti stlačení



Označení netkané textilie

A – VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování

B – VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace

0 – 30 – koncentrace Lukofixu TNA 41 v impregnační lázni (g.l^{-1})

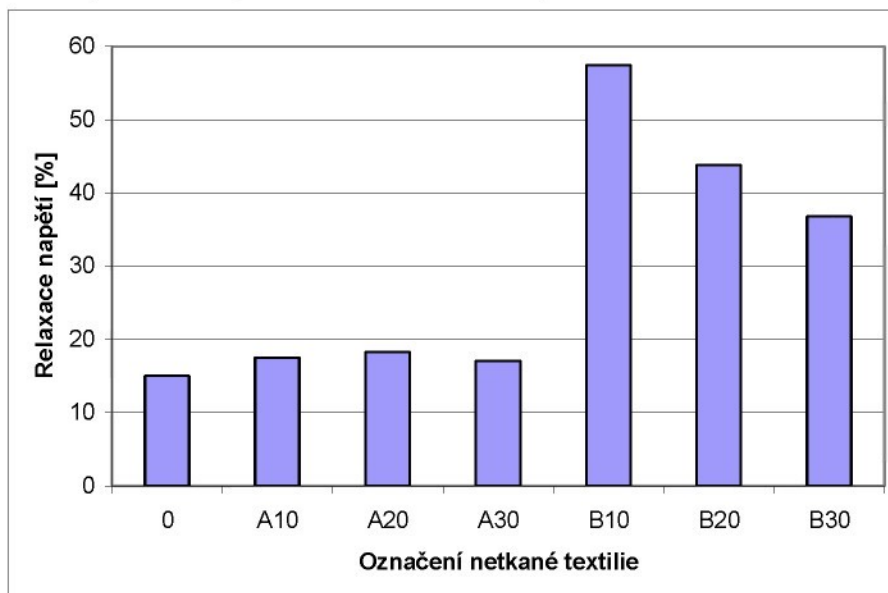
Nejvyšší odpor proti stlačení kladly obecně vzorky NT vyrobené způsobem B. Jejich hodnoty jsou až trojnásobně vyšší než u vzorků vyrobených způsobem A. Toto se dá vysvětlit strukturou rozmístění pojiva na NT. V případě VÝROBY A vzniká v první fázi výroby struktura charakteristická svým paralelním uspořádáním vláken – mykaná vlákenná surovina, díky které se uchytí na povrchu vláken větší množství Lukofixu TNA 41 (viz. obr. 12b, str. 20). U VÝROBY B je impregnována vpichovaná NT, u které její struktura neposkytuje tak vysokou adhezi vlákno-polysiloxanový přípravek.

Vzorky s nulovou koncentrací Lukofixu TNA 41 a vzorky vyrobené technologií A mají srovnatelné hodnoty odporů proti stlačení.

U VÝROBY B je patrné, že se zvyšující se koncentrací Lukofixu TNA 41 klesá odpor proti stlačení.

B. Relaxace napětí

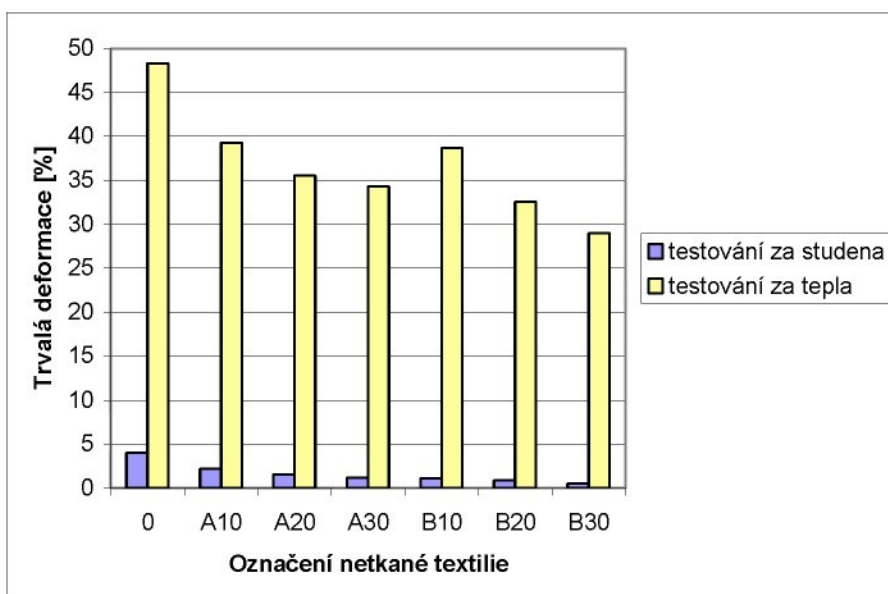
Graf č.2: Graf porovnávající relaxaci u testovaných vzorků



Nejmenší relaxaci napětí prokazuje vzorek s nulovým obsahem Lukofixu TNA 41. Hodnoty relaxace u VÝROBY A jsou srovnatelné s neimpregnovanými vzorky. Nejvyšší relaxaci napětí vykazují vzorky vyrobené dle VÝROBY B, přičemž platí, že nejvyšší relaxaci vykazují vzorky s nejnižší koncentrací Lukofixu TNA 41.

2. Diskuse zpracovaných výsledků trvalé deformace v tlaku

Graf č.3: Graf porovnávající vzorky testované na trvalou deformaci za studena a za tepla



Experiment byl zaměřen na zjištění vlivu, polysiloxanového prostředku aplikovaného v dané koncentrační řadě, na trvalou deformaci vzorků. Test probíhal za studena a za tepla. Na chování NT při delším zatížení má vliv typ vláken a povrchové úpravy.

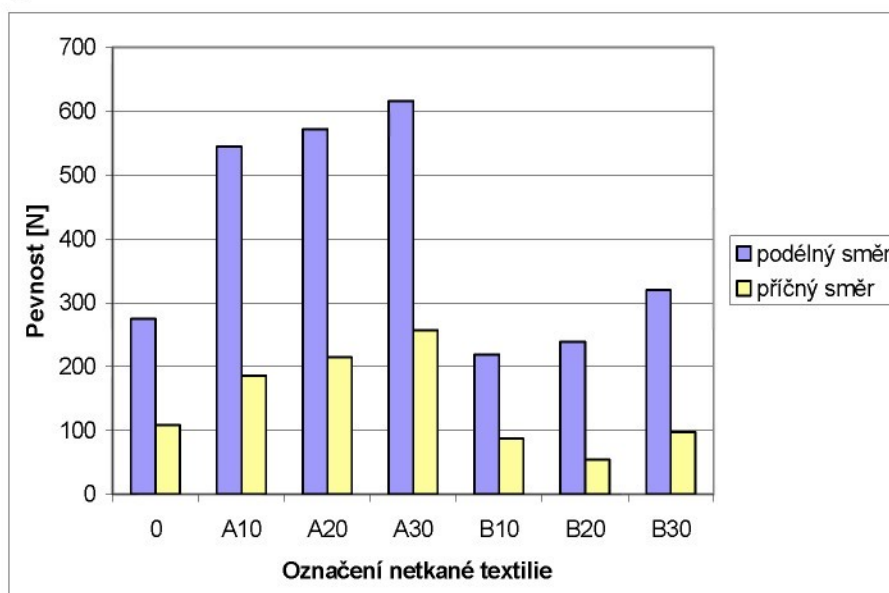
Nejvyšší hodnoty trvalé deformace vykazují vzorky bez impregnace.

Vzorky vyrobené způsobem VÝROBY A mají hodnoty trvalé deformace vyšší oproti VÝROBĚ B. Dá se říci, že tento trend je patrný jak u testování za studena tak za tepla.

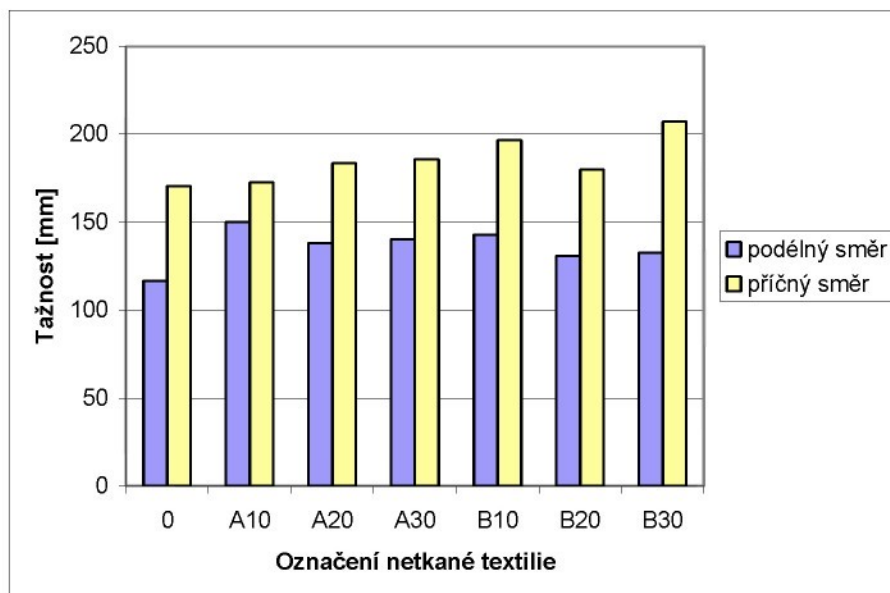
Rozdíly mezi VÝROBOU A a VÝROBOU B při testování za tepla nejsou příliš patrné při 10%-ní koncentraci. Významnější rozdíl nastává až při 20 a 30%-ní koncentraci. Nejnižší hodnotu trvalé deformace mají vzorky VÝROBY B o 30%-ní koncentraci Lukofixu TNA 41.

3. Diskuse zpracovaných výsledků měření pevnosti v tahu a tažnosti

Graf č.4: Graf porovnávající pevnost při přetrhu pro podélný a příčný směr vzorků



Graf č.5: Graf porovnávající prodloužení při přetrhu pro podélný a příčný směr vzorků



Vlivem rostoucí koncentrace Lukofixu TNA 41 v NT dochází ke zvýšení hodnot pevnosti (viz. graf č. 3). Toto je zřejmě způsobeno charakteristickými vlastnostmi Lukofixu TNA 41, který se chová v tomto případě jako pojivo. Hodnoty pevnosti v případě VÝROBY A, kdy je impregnována VS a pak následuje výroba NT, jsou více než dvakrát tak vyšší oproti VÝROBY B, kdy je impregnována již vyrobená NT.

Dá se říci, že u VS ve formě předmykané VV dochází k lepší adhezi Lukofixu TNA 41 na vlákenný materiál, což je dáno typem vzniklé struktury, tzv. segmentové struktury (viz. kap. 2.1.4). Mykáním jsou vlákna paralelizována a tím vzniká větší plocha styku polysiloxanové emulze s vlákny.

Pevnost neimpregnované NT je srovnatelná s pevností NT vyrobené způsobem B s obsahem 20 až 30%-ní koncentrace Lukofixu TNA 41.

S rostoucí koncentrací Lukofixu TNA 41 v NT je tendence k snižování hodnot tažnosti

Při porovnání pevnosti a tažnosti NT v podélném a příčném směru z grafů vyplývá, že tažnost je v příčném směru NT vyšší než ve směru podélném a naopak pevnost je vyšší ve směru podélném. Důvodem je podélně vrstvené rouno, kdy většina vláken je orientována v podélném směru NT a může tak přenášet větší napětí než ve směru příčném.

Z výsledků vyplývá, že Lukofix TNA 41 způsobuje zvýšení pevnosti, pokud bude NT vyrobená způsobem VÝROBY A, kdy je impregnována předmykaná VS.

5 ZÁVĚR

Výsledky měření lze shrnout do následujících bodů:

1. Lukofix TNA 41 v případě měření odporu proti stlačení zvyšuje odpor ve stlačení zejména u VÝROBY B. Vzniklá segmentová struktura na povrchu vláken zvyšuje tuhost NT. V případě VÝROBY A se jeho hodnoty pohybují kolem hodnoty, která odpovídá vzorkům bez impregnace.
2. Lukofix TNA 41 v případě měření trvalé deformace v tlaku snižuje tření na povrchu vláken, což umožňuje jejich prokluz a snadnější návrat do původní polohy jak u VÝROBY A tak i VÝROBY B. Výsledkem je lepší oživení po odlehčení, tzn. menší hodnoty trvalé deformace.
3. Použitá koncentrace Lukofixu TNA 41 je přímo úměrná obsahu sušiny ve vzorku.
4. Lze říci, že dle získaných hodnot z měření se jeví jako vhodnější způsob výroby VÝROBA B. Vzorky vykazují sice vyšší odolnost vůči cyklickému namáhání, ale rozhoduje vyšší hodnota relaxace napětí. Také hodnoty trvalých deformací v tlaku za studena a za tepla jsou příznivější než u VÝROBY A.
5. Předpokládalo se, že vlivem vyrobené vlákenné struktury u VÝROBY A je tento postup vhodnější. Ukázalo se sice, že adheze Lukofixu TNA 41 k vláknům je vyšší oproti VÝROBĚ B, ale v konečném výsledku se Lukofix TNA 41 chová jako pojivo. Tento aspekt se ukázal jako zcela výhodný pro zvyšování pevnosti NT. Pevnost vzorků u VÝROBY A je prokazatelně vyšší než u VÝROBY B.

POUŽITÁ LITERATURA

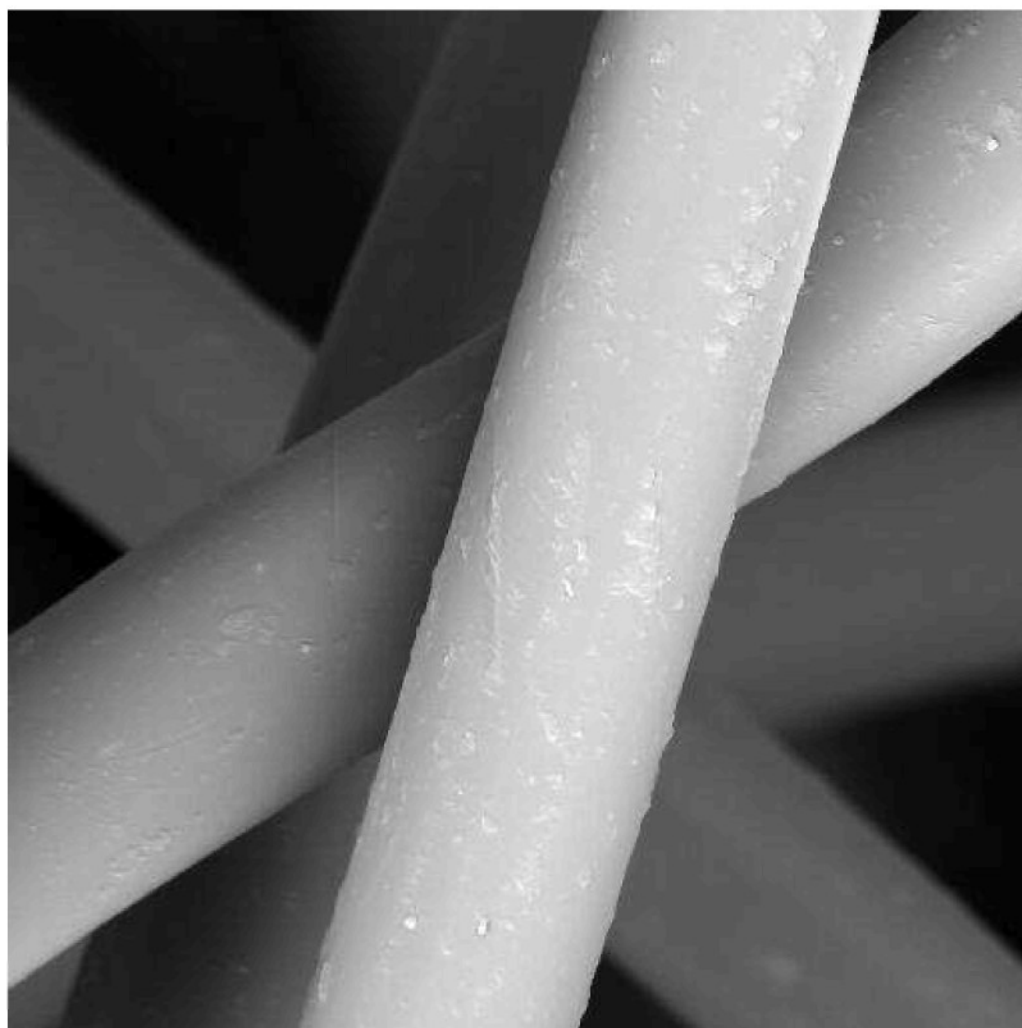
- [1] Consulting in products and applications of silicone. [cit. 27.8.2004].
〈<http://siliconservices.com>〉
- [2] Chem 421: Introduction to polymer chemistry hydrolysis coupling. [cit. 27.8.2004].
〈<http://www.chem.rochester.edu/~chem421/sol-gel.htm>〉
- [3] Mleziva, J., Kálal, J.: Základy makromolekulární chemie, SNTL, Praha, 1986
- [4] Polysiloxanes. [cit. 27.8.2004].
〈<http://www.eng.byffalo.edu/courses/ce435/polysiloxanes/>〉
- [5] Sabia, A. J., Policello, G. A.: The effect of various silicone finishes on the tactile and physical properties of nonwoven substrates, Union Carbide corporation, New York, 1988
- [6] Laš, L., Skálová, T.: Význam přípravků na bázi polysiloxanů pro zušlechťování textilií a československé přípravky na této bázi, Textil č. 47, 1992, s. 110-114
- [7] Tomáš, M. Vliv aviváže na kohezni a frikční síly mezi vlákny. [Bakalářská práce].
Liberec : TU, 2000
- [8] Jirsák, O., Kalinová, K.: Netkané textilie, skriptum TU Liberec, 2003
- [9] Košková, B.: Struktura a vlastnosti, skriptum TU Liberec, 1989
- [10] Nováková, K. Vliv koncentrace nehořlavých vláken typu „Basofil“ na snižování hořlavosti a na změny mechanických vlastností netkané textilie z PP vláken.
[Diplomová práce]. Liberec : TU, 2001
- [11] Militký, J.: Textilní vlákna, skriptum TU Liberec, 2002
- [12] Prospekt fy Lučební závody Kolín a.s.

PŘÍLOHA I

Znázornění impregnovaných vláken pomocí přístroje LUCIA

Počet stran.....3

Počet obrázků.....2



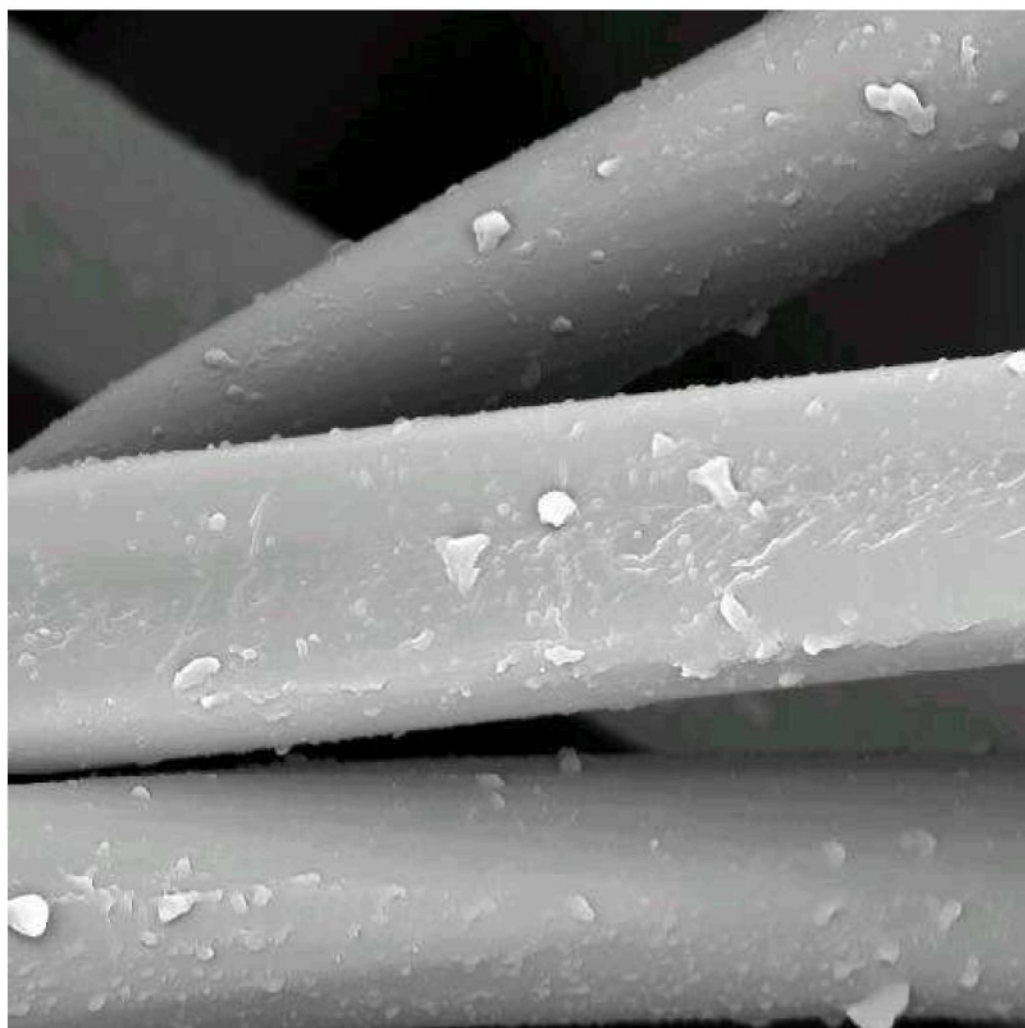
SEM MAG: 1.50 kx
HV: 30.0 kV

DET: BE Detector
DATE: 12/17/02

20 μm

Vega ©Tescan
TU Liberec

obrázek 17: Polyesterové vlákno bez impregnace



SEM MAG: 1.50 kx
HV: 30.0 kV

DET: BE Detector
DATE: 12/10/02

20 μ m

Vega ©Tescan
TU Liberec

obrázek 18: Polyesterové vlákno impregnované přípravkem Lukofix TNA 41

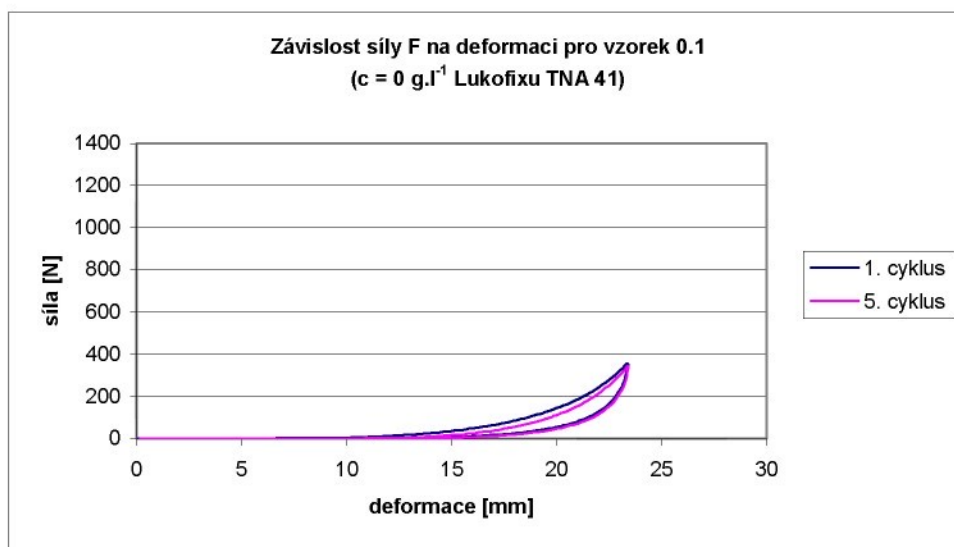
PŘÍLOHA II

Grafické zpracování měření odporu proti stlačení – cyklické namáhání

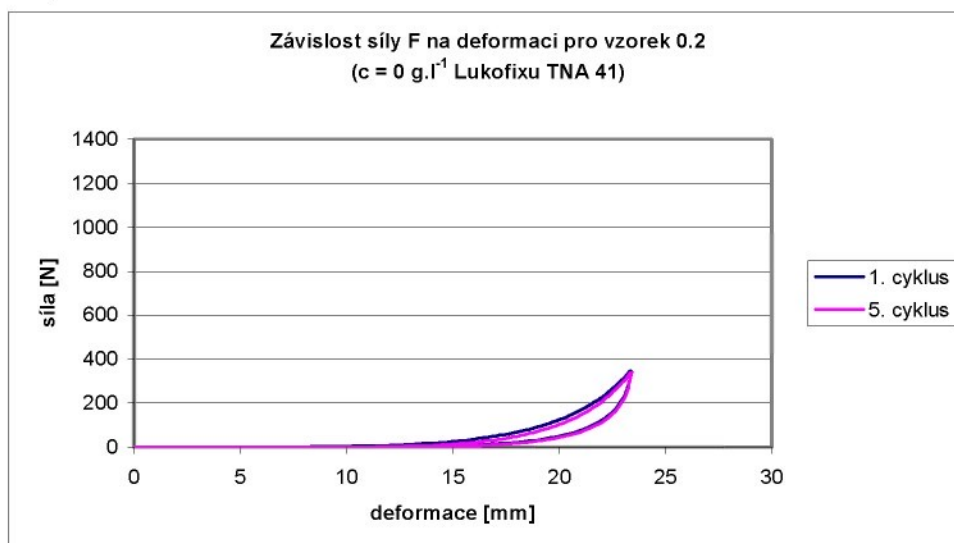
Počet stran..... 15

Počet grafů..... 35

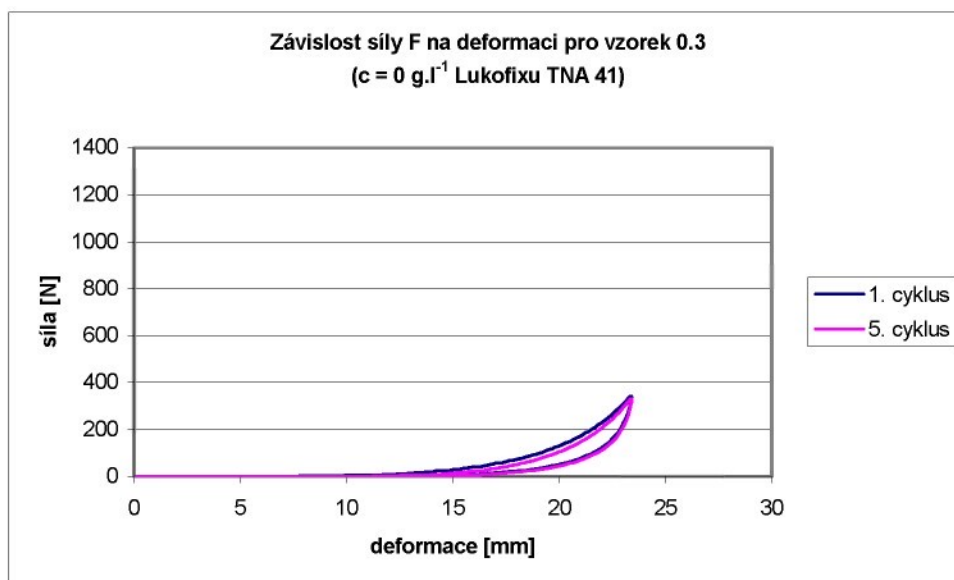
Graf č. 1 – 5: Cyklické namáhání pro vzorky 0.1 – 0.5



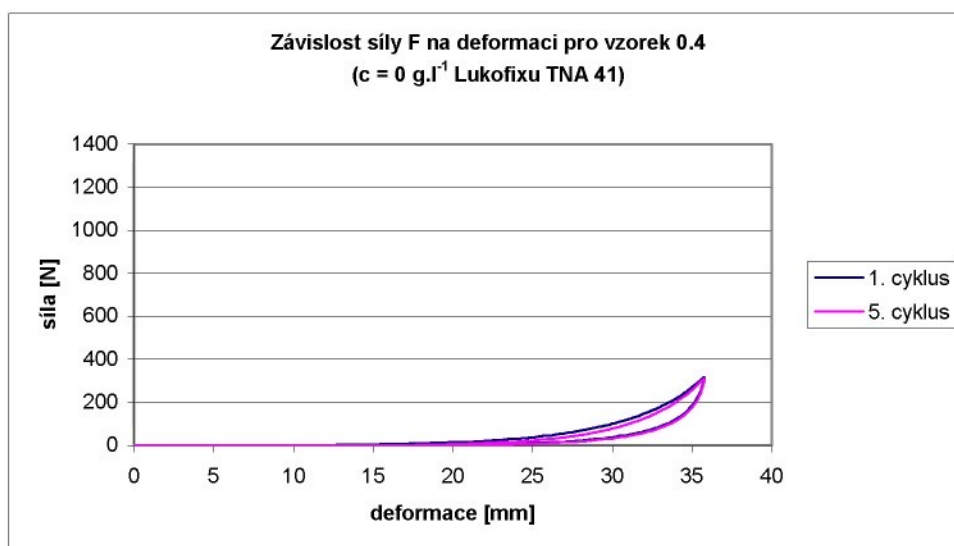
Graf č. 1



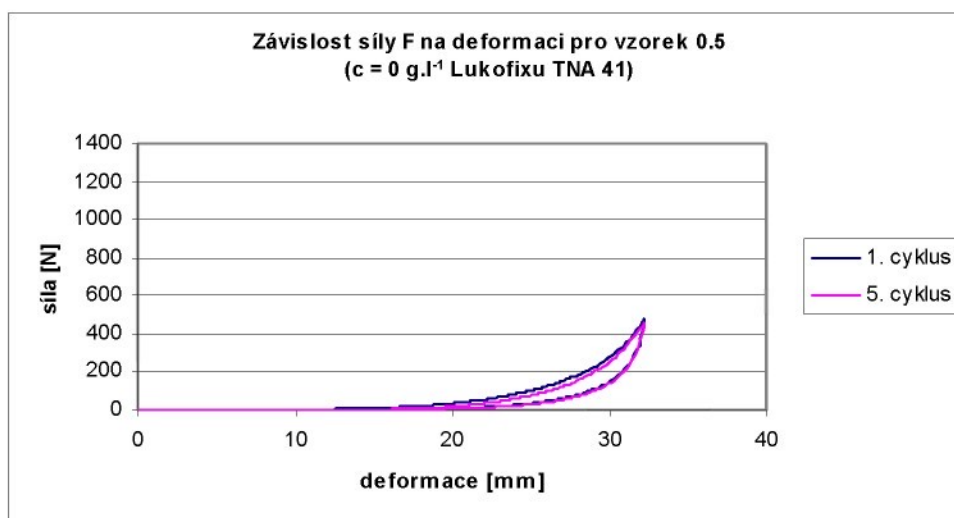
Graf č. 2



Graf č. 3

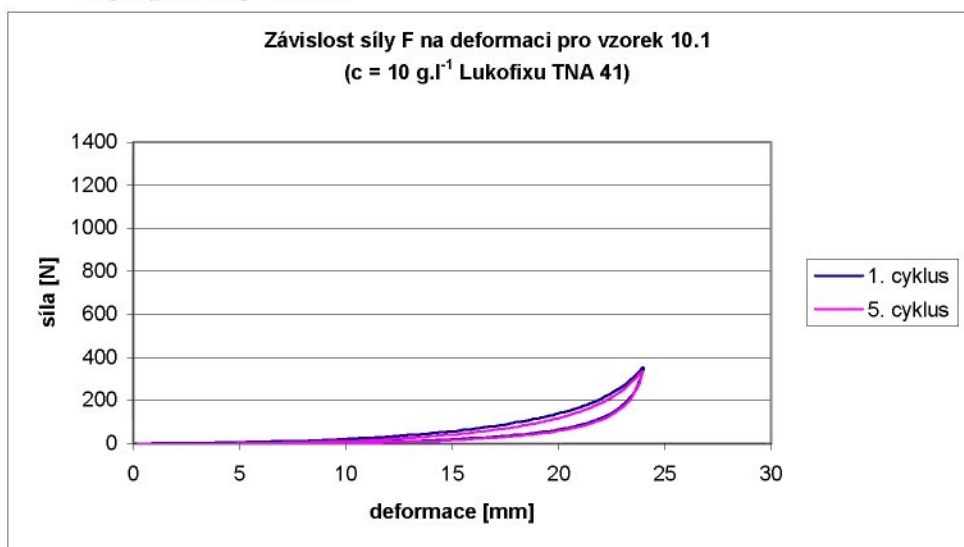


Graf č. 4

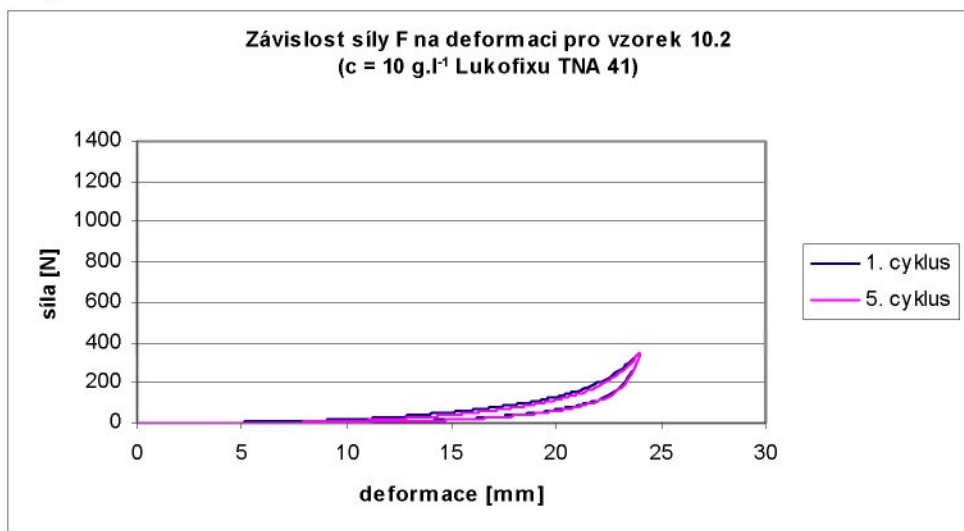


Graf č. 5

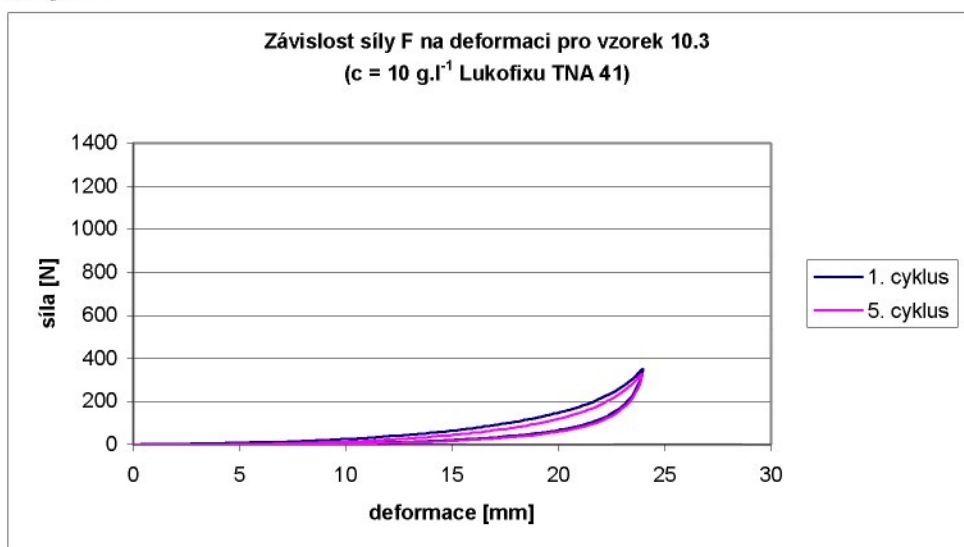
Graf č. 6 – 10: Cyklické namáhání pro vzorky 10.1 – 10.5, VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování



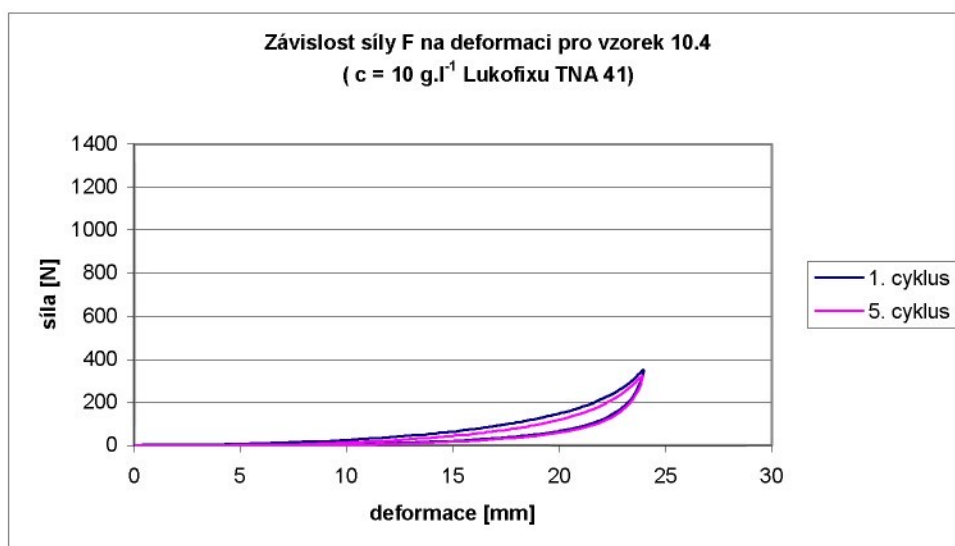
Graf č. 6



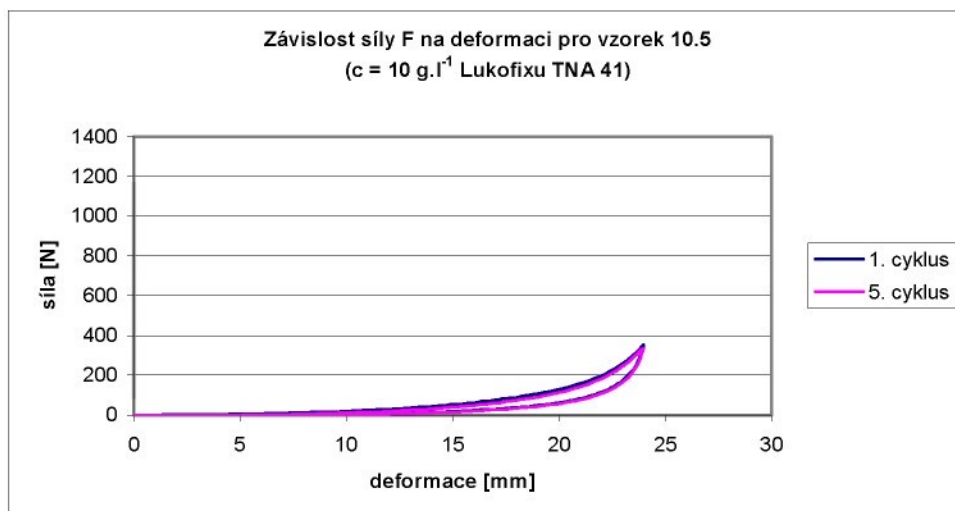
Graf č. 7



Graf č. 8

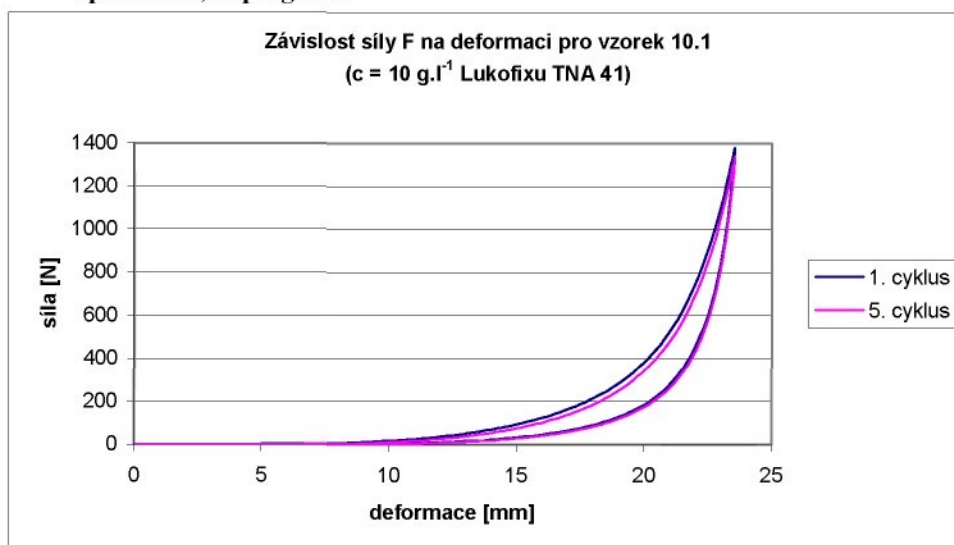


Graf č. 9

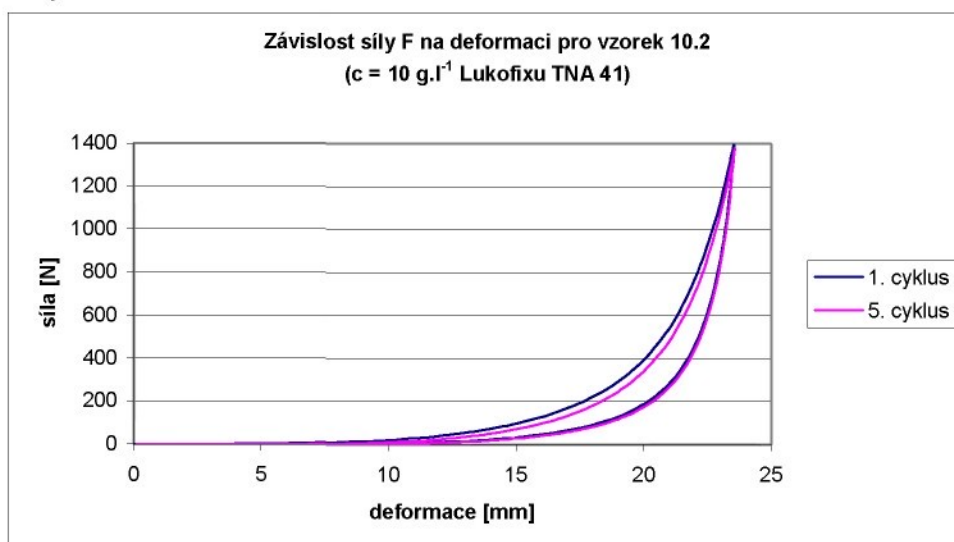


Graf č. 10

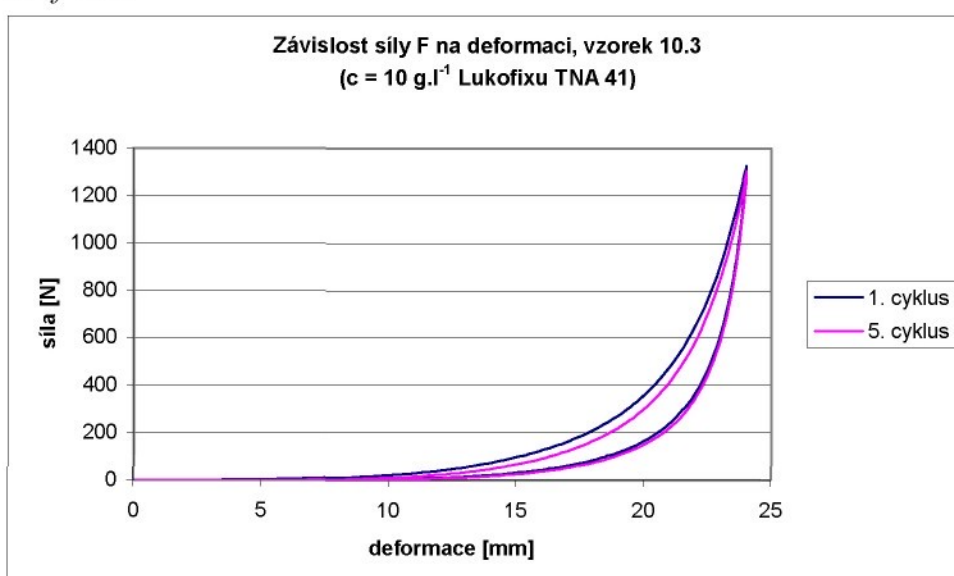
**Graf č. 21 – 25: Cyklické namáhání pro vzorky 10.1 – 10.5, VÝROBA B – mykání,
vpichování, impregnace**



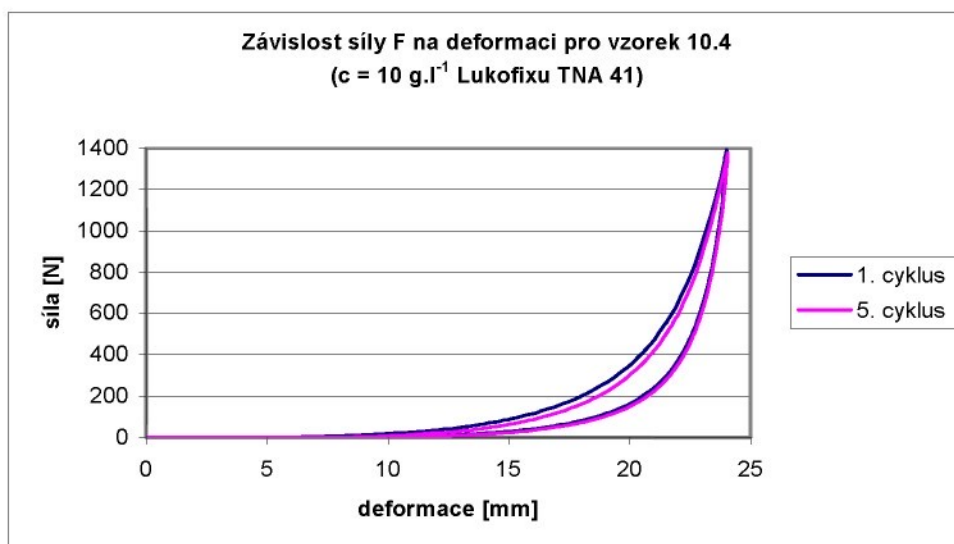
Graf č. 21



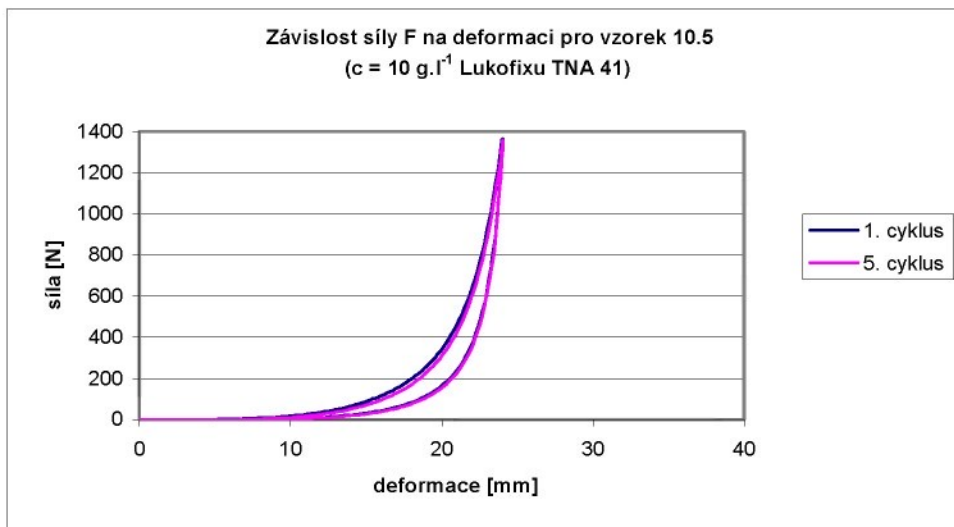
Graf č. 22



Graf č. 23

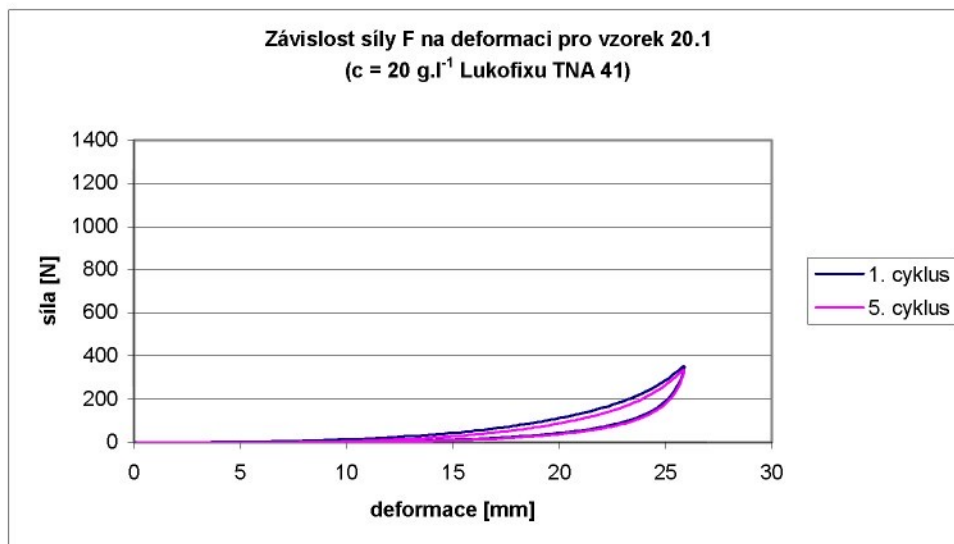


Graf č. 24

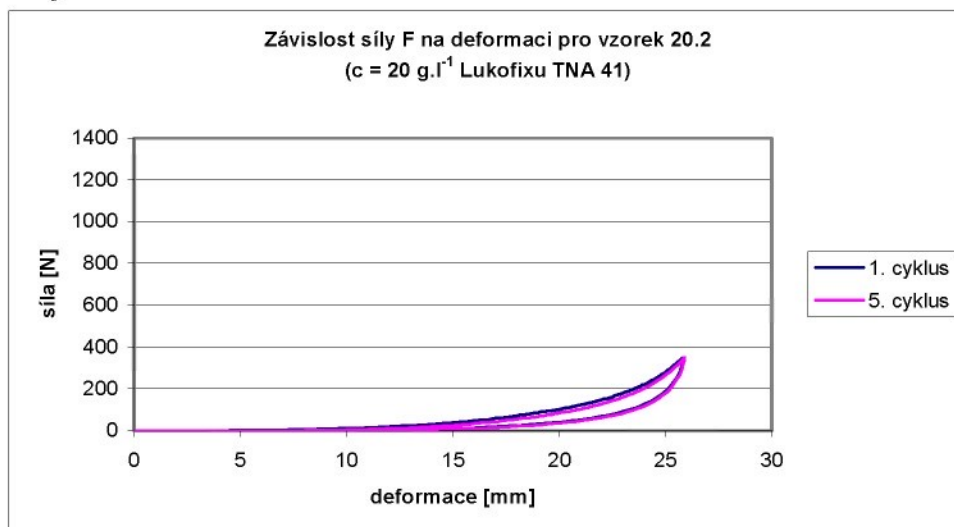


Graf č. 25

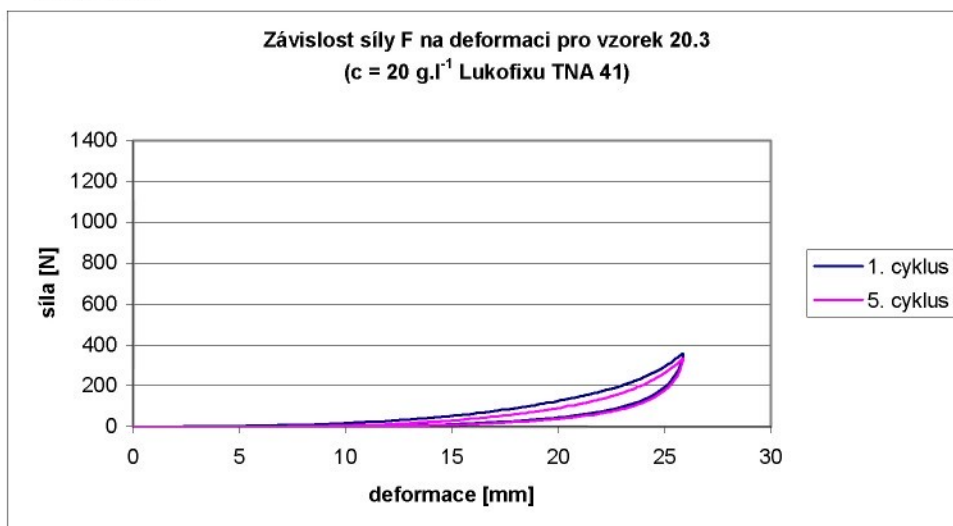
Graf č. 11 – 15: Cyklické namáhání pro vzorky 20.1 – 20.5, VÝROBA A - mykání, impregnace, vpichování



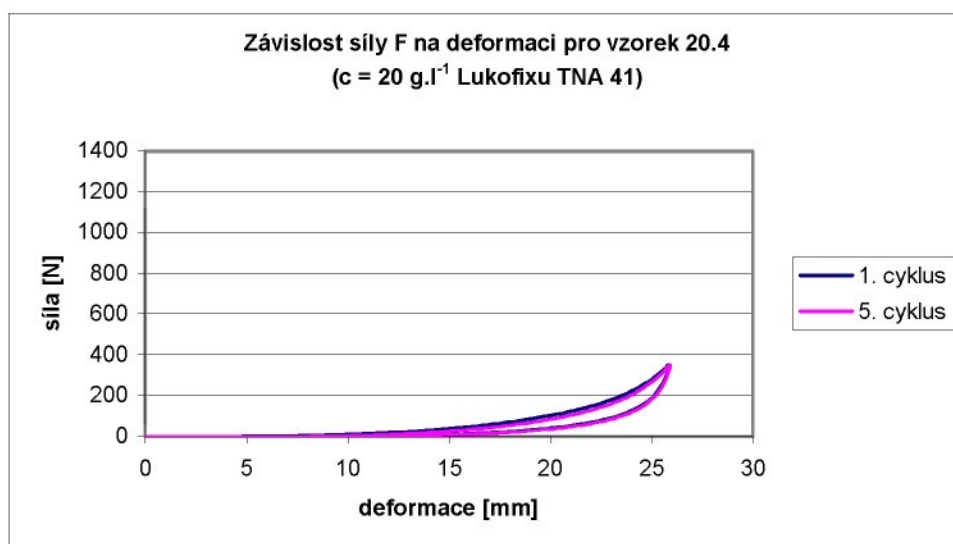
Graf č. 11



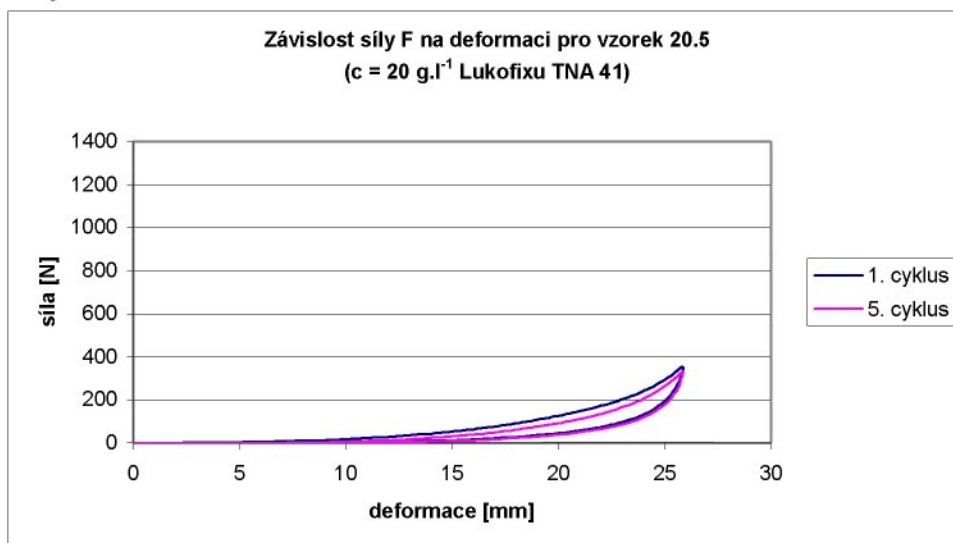
Graf č. 12



Graf č. 13

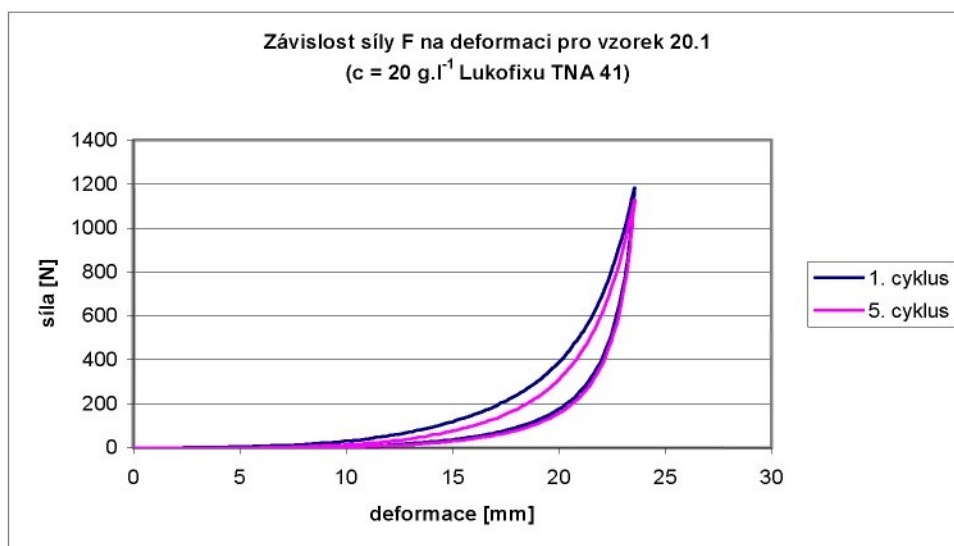


Graf č. 14

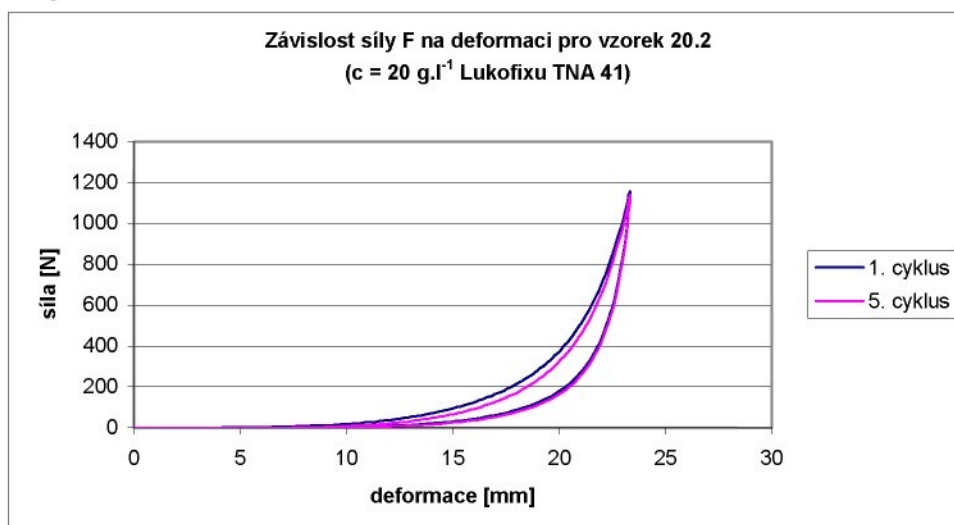


Graf č. 15

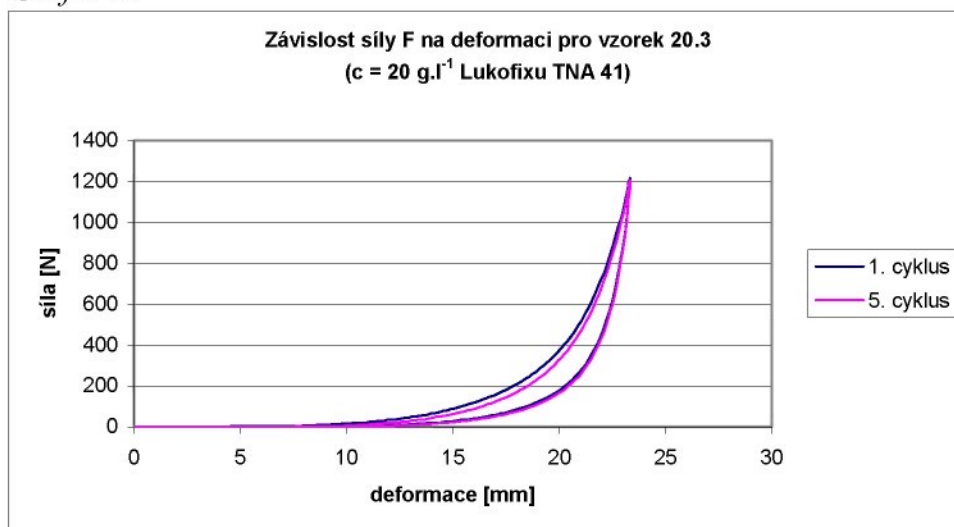
Graf č. 26 – 30: Cyklické namáhání pro vzorky 20.1 – 20.5, VÝROBA B – mykání, vpichování, impregnace



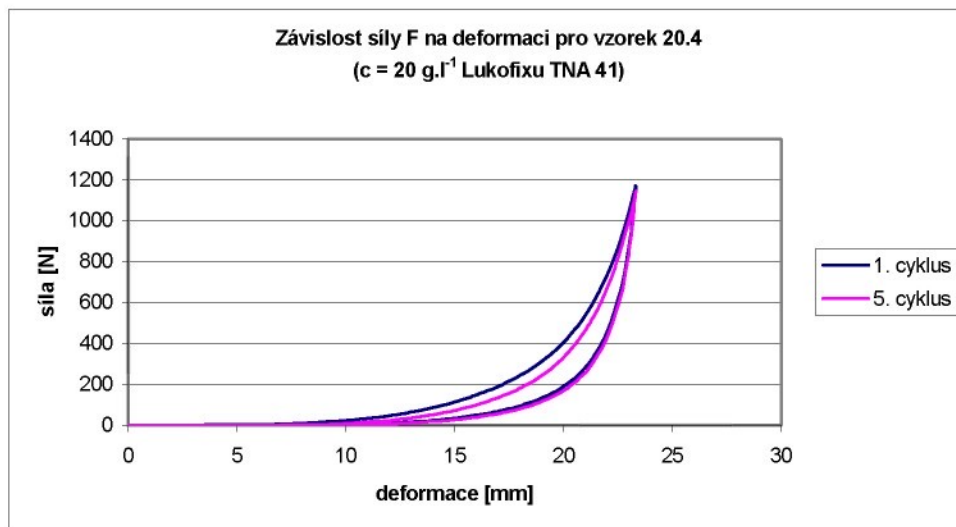
Graf č. 26



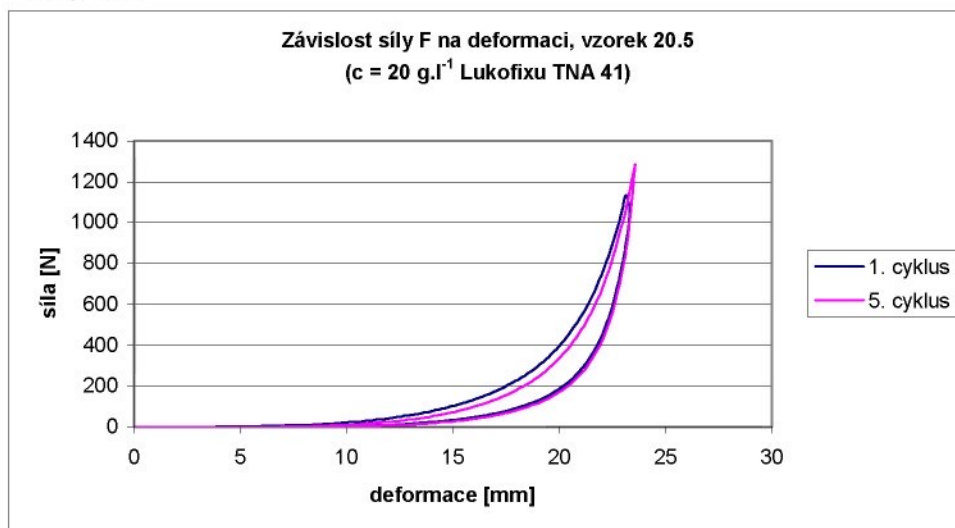
Graf č. 27



Graf č. 28

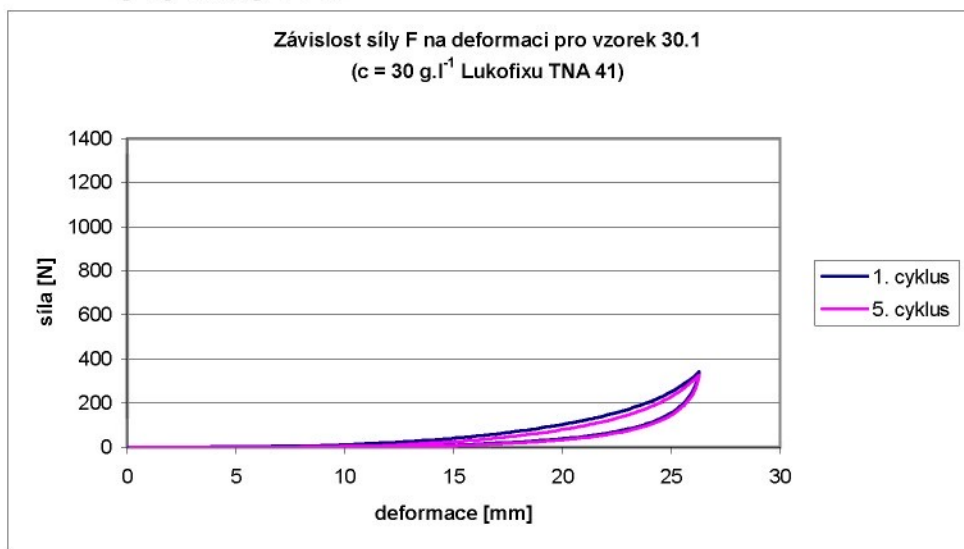


Graf č. 29

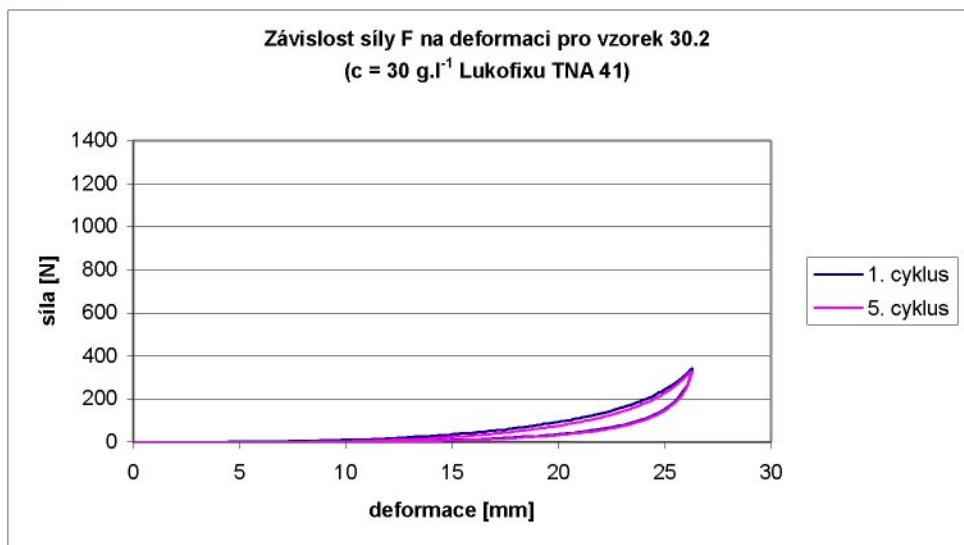


Graf č. 30

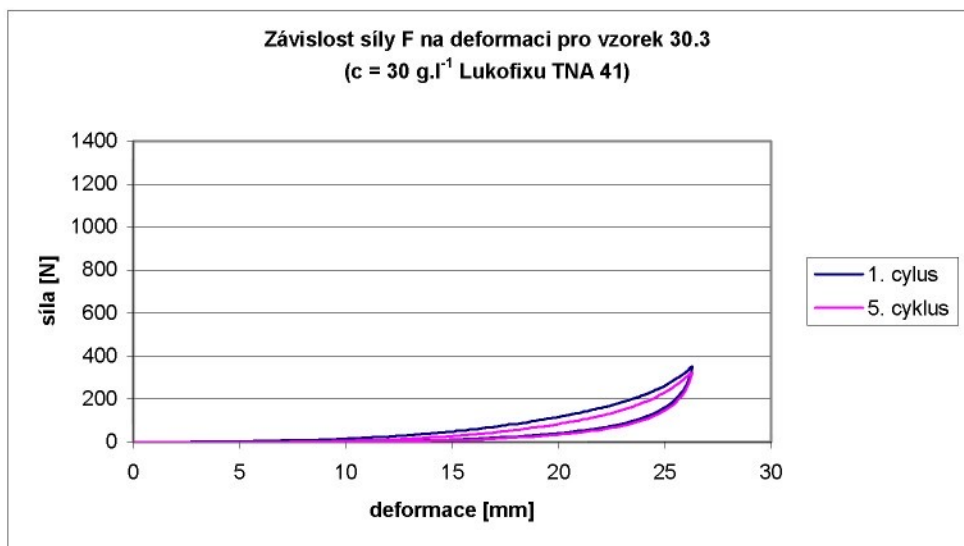
Graf č. 16 – 20: Cyklické namáhání pro vzorky 30.1 – 30.5, VÝROBA A – mykání, impregnace, vpichování



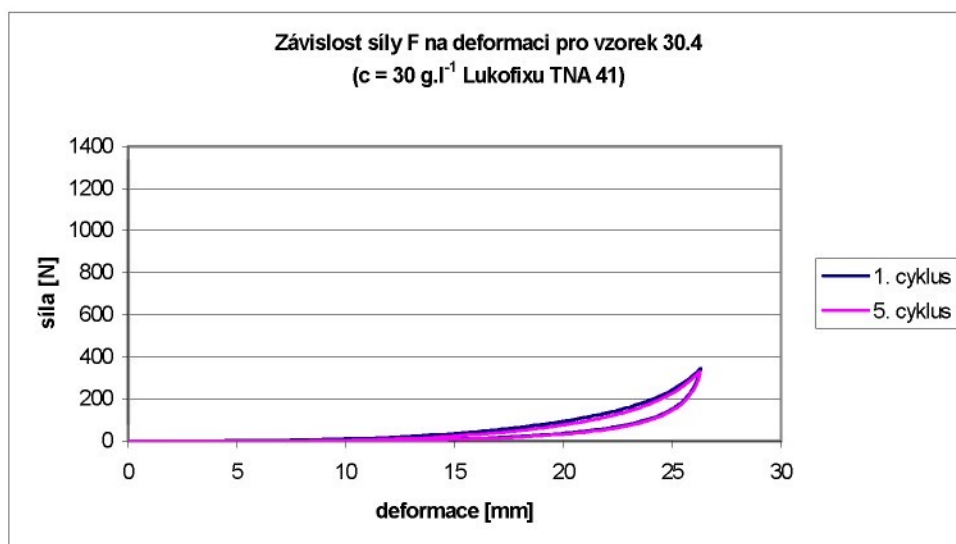
Graf č. 16



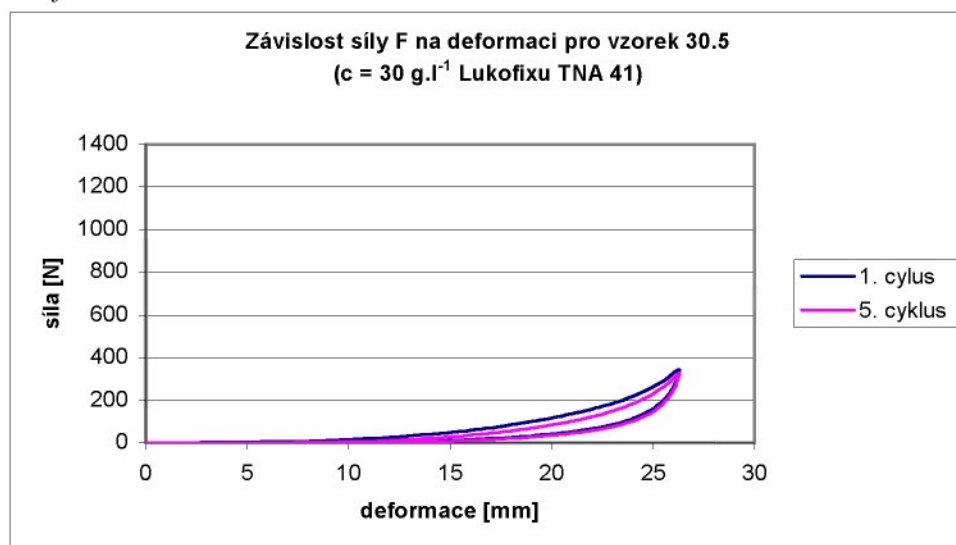
Graf č. 17



Graf č. 18

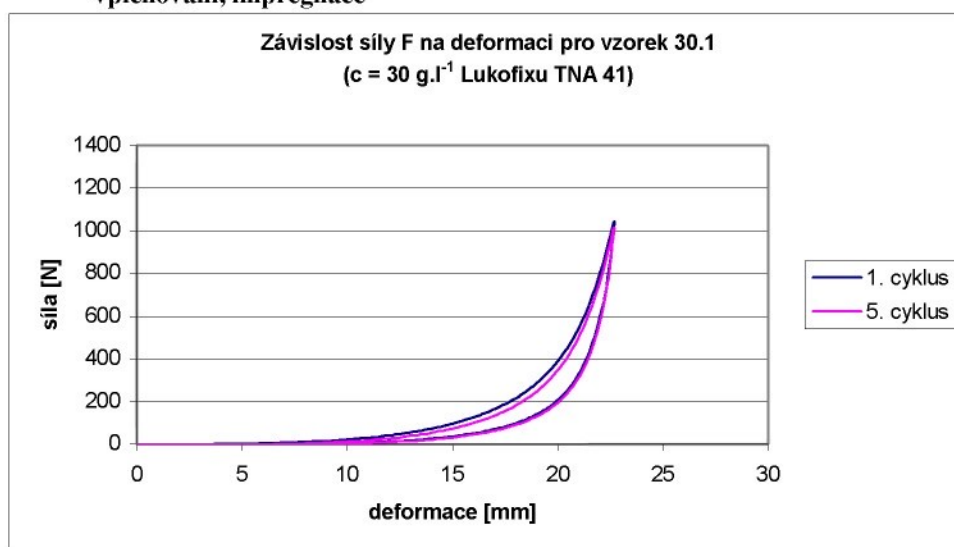


Graf č. 19

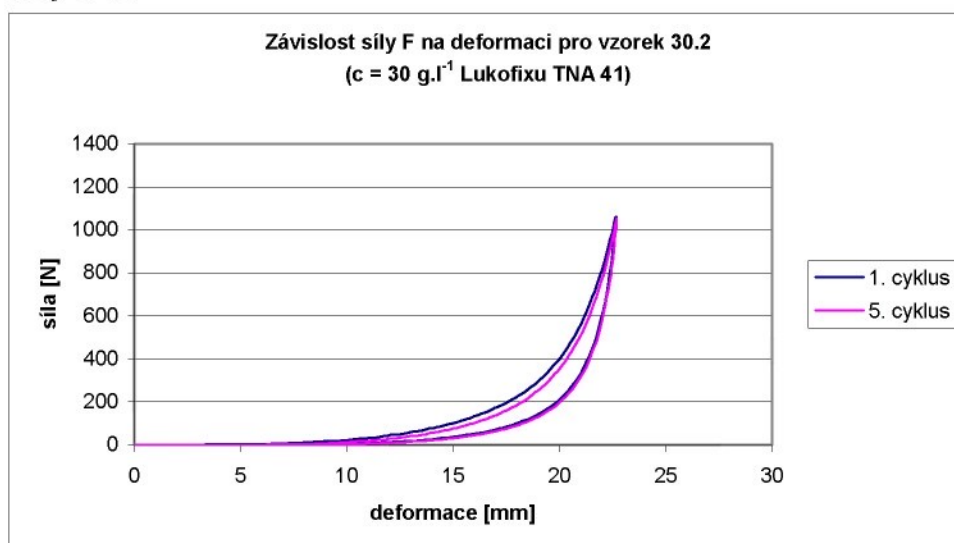


Graf č. 20

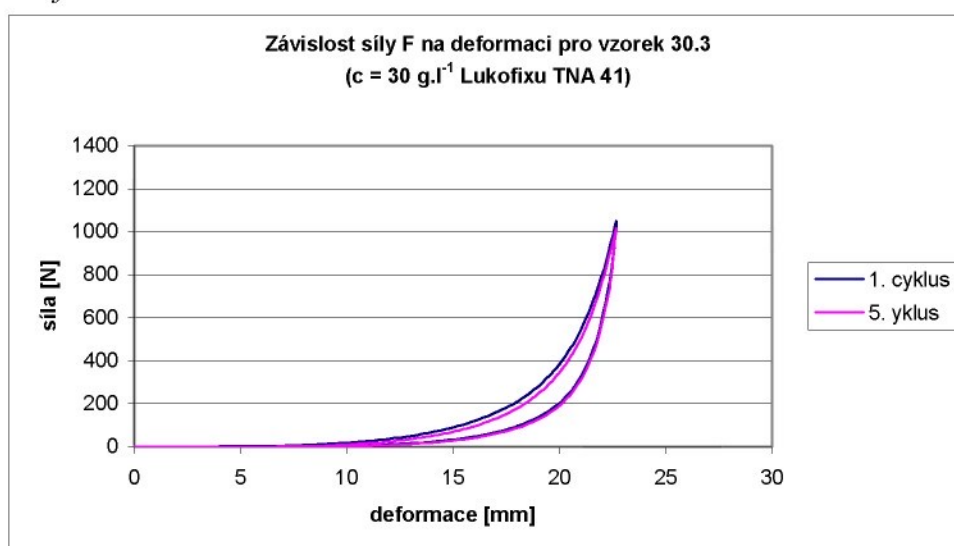
**Graf č. 31 – 35: Cyklické namáhání pro vzorky 30.1 – 30.5, VÝROBA B – mykání,
vpichování, impregnace**



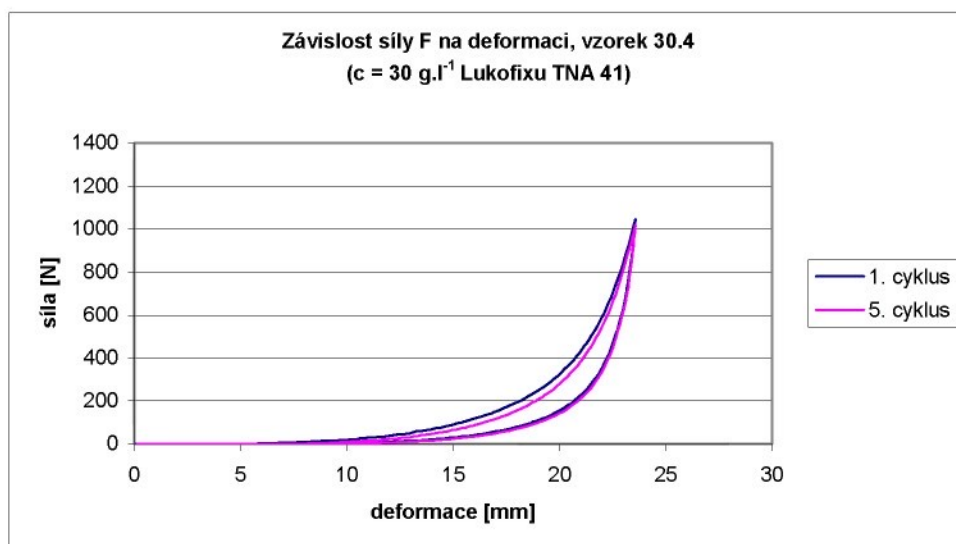
Graf č. 31



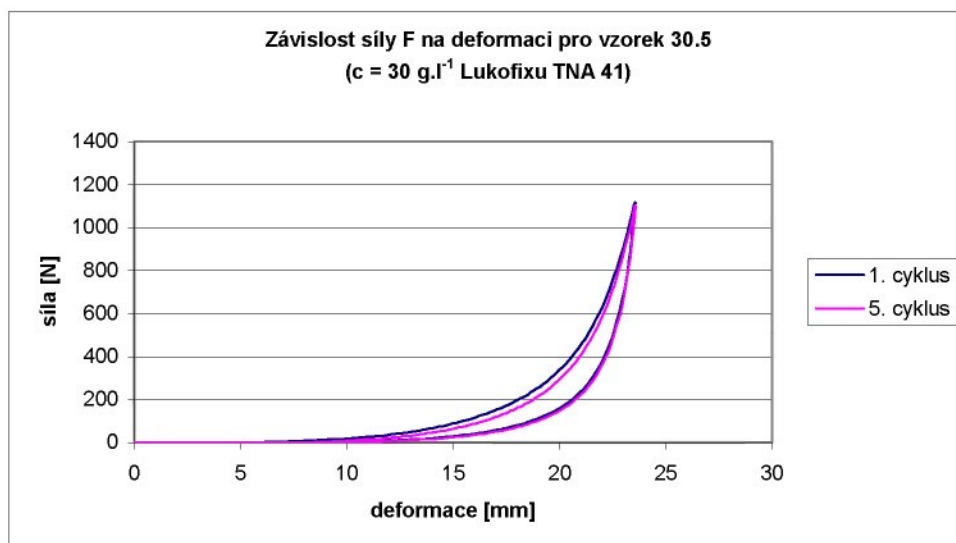
Graf č. 32



Graf č. 33



Graf č. 34



Graf č. 35

PŘÍLOHA III

Grafické zpracování měření odporu proti stlačení – relaxace napětí

Počet stran.....16

Počet tabulek.....1

Počet grafů..... 35

tabulka 19: Statistické zpracování hodnot relaxace napětí

Označení vzorku	Max. síla při relaxaci vláken [N]	Konečná síla po relaxaci vláken [N]	Změna síly po relaxaci [N]	Relaxace [%]	X [%]	s [%]	v [%]
0.1	347,676	295,451	52,225	15,02	15,003	0,536	3,574
0.2	347,348	297,093	50,255	14,47			
0.3	337,338	288,225	49,113	14,56			
0.4	316,308	268,353	47,955	15,16			
0.5	479,061	403,350	75,711	15,80			
A 10.1	343,406	283,134	60,272	17,55	17,511	0,477	2,725
A 10.2	343,735	284,612	59,123	17,20			
A 10.3	333,224	274,265	58,959	17,69			
A 10.4	334,421	273,628	60,793	18,18			
A 10.5	341,302	283,508	57,794	16,93			
A 20.1	341,600	280,670	60,930	17,84	18,275	1,091	5,969
A 20.2	348,497	287,568	60,929	17,48			
A 20.3	337,494	276,729	60,765	18,00			
A 20.4	347,826	285,722	62,104	17,85			
A 20.5	346,229	276,303	69,926	20,20			
A 30.1	328,790	272,787	56,003	17,03	17,091	0,494	2,891
A 30.2	333,060	278,042	55,018	16,52			
A 30.3	328,133	271,309	56,824	17,32			
A 30.4	332,157	276,402	55,755	16,79			
A 30.5	330,296	271,506	58,790	17,80			
B 10.1	1309,25	635,08	674,170	51,49	57,427	3,826	6,662
B 10.2	1423,22	563,47	859,750	60,41			
B 10.3	1433,73	556,58	877,150	61,18			
B 10.4	1390,05	595,50	794,550	57,16			
B 10.5	1381,18	595,34	785,840	56,90			
B 20.1	1295,45	611,43	684,020	52,80	43,826	5,186	11,833
B 20.2	1152,24	698,97	453,270	39,34			
B 20.3	1158,98	672,20	486,780	42,00			
B 20.4	1150,93	661,36	489,570	42,54			
B 20.5	1208,57	695,50	513,070	42,45			
B 30.1	1043,85	653,92	389,930	37,35	36,825	1,822	4,947
B 30.2	1033,01	663,49	369,520	35,77			
B 30.3	1037,28	661,68	375,600	36,21			
B 30.4	1052,39	683,36	369,030	35,07			
B 30.5	1122,84	676,79	446,050	39,73			

Význam použitých symbolů pro tabulku 19

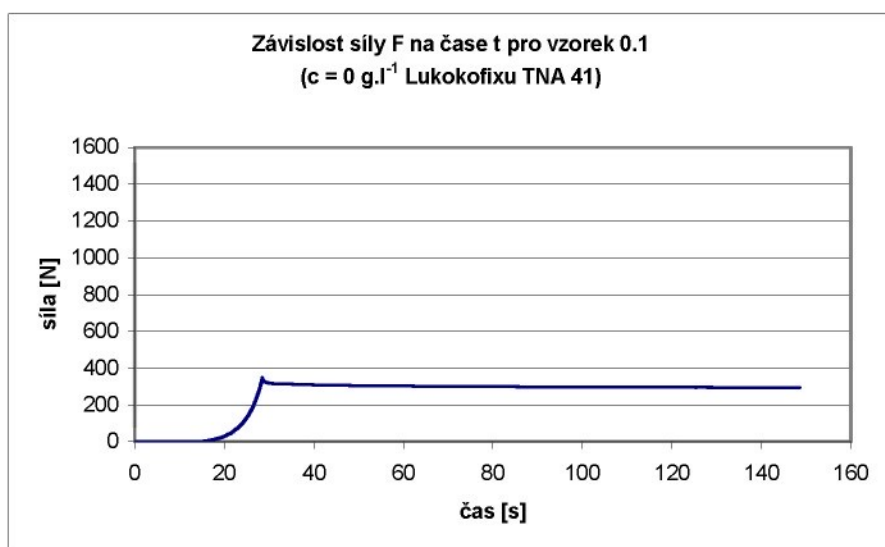
Písmeno A – použitá výrobní technologie mykání, impregnace, vpichování

Písmeno B – použitá výrobní technologie mykání, vpichování, impregnace

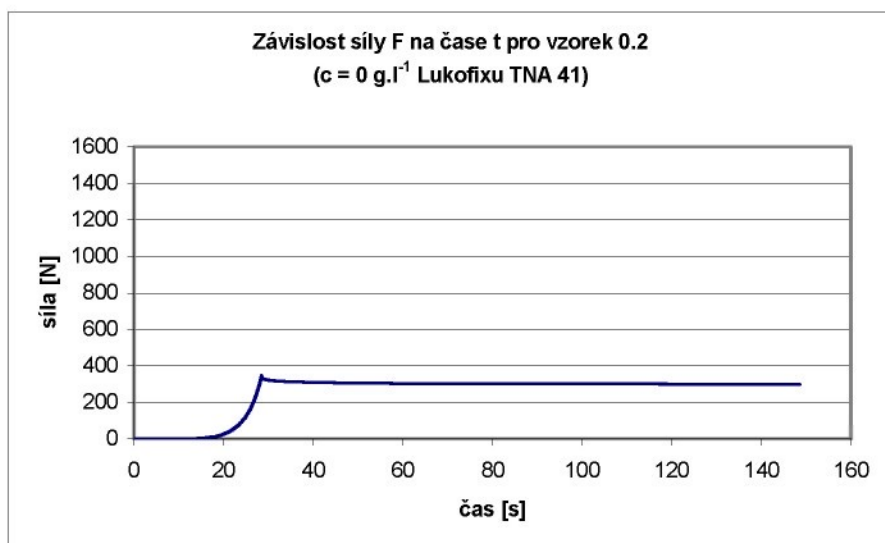
Dvojčíslí za písmenem označuje danou koncentraci Lukofixu TNA 4I ve vzorku. Prvních pět hodnot v této tabulce označuje použití nulové koncentrace.

Průměrná hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient byly počítány z hodnoty relaxace (%).

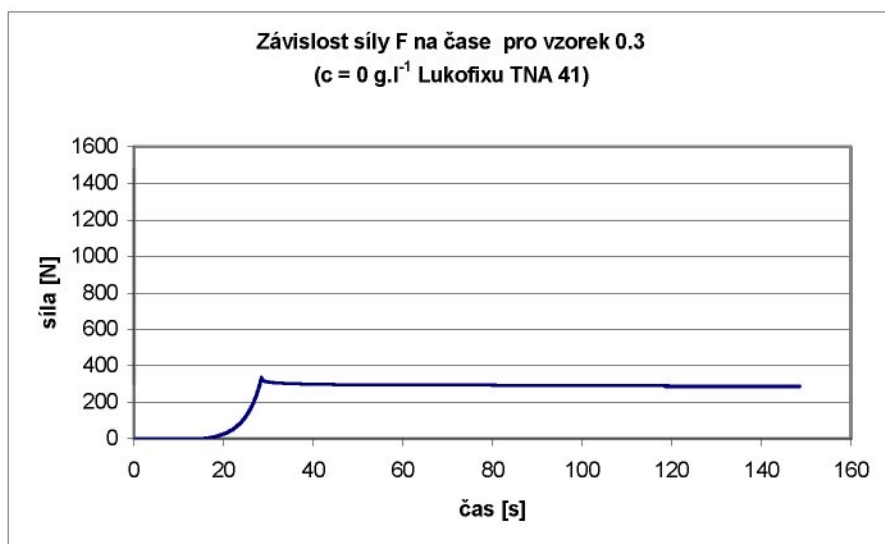
Graf č. 36 - 40: Relaxace napětí pro vzorky 0.1 – 0.5



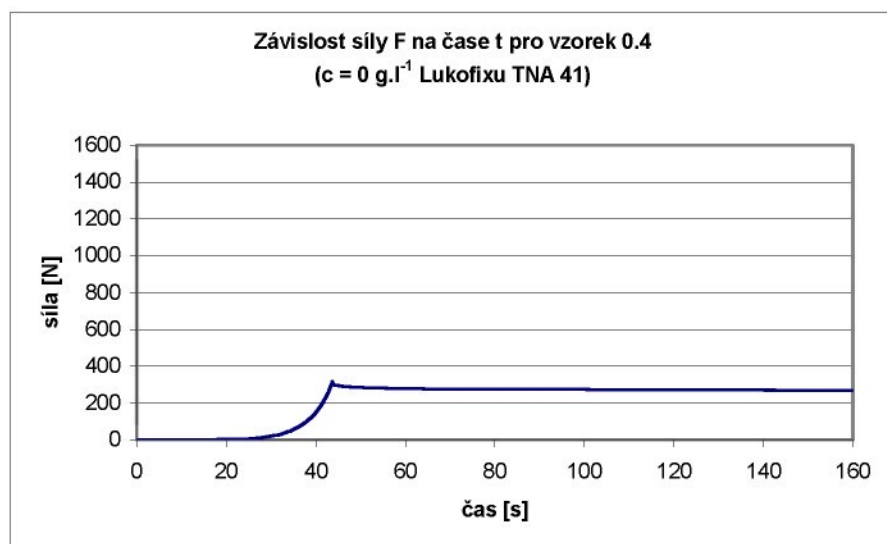
Graf č. 36



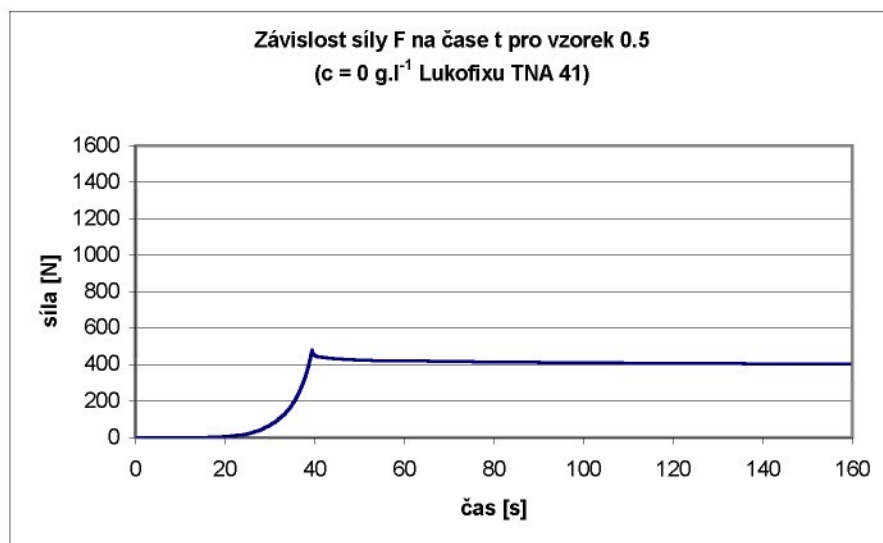
Graf č. 37



Graf č. 38

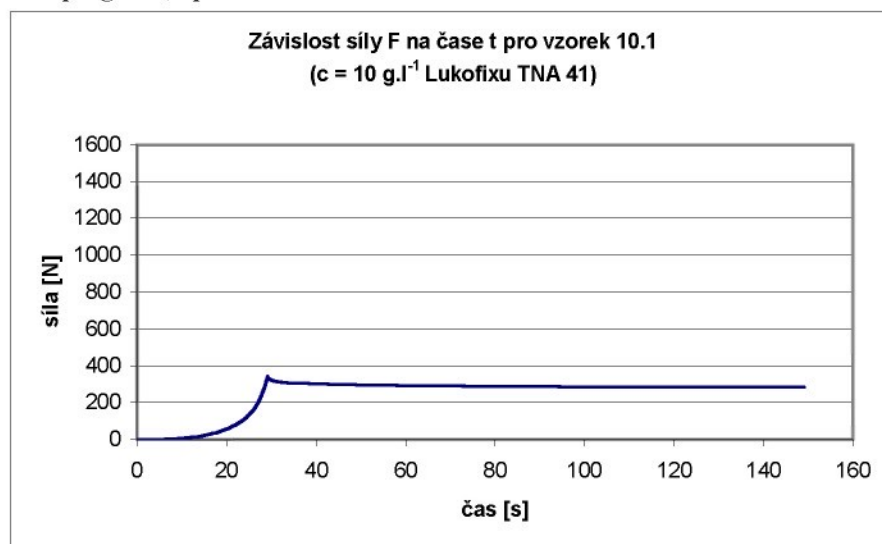


Graf č. 39

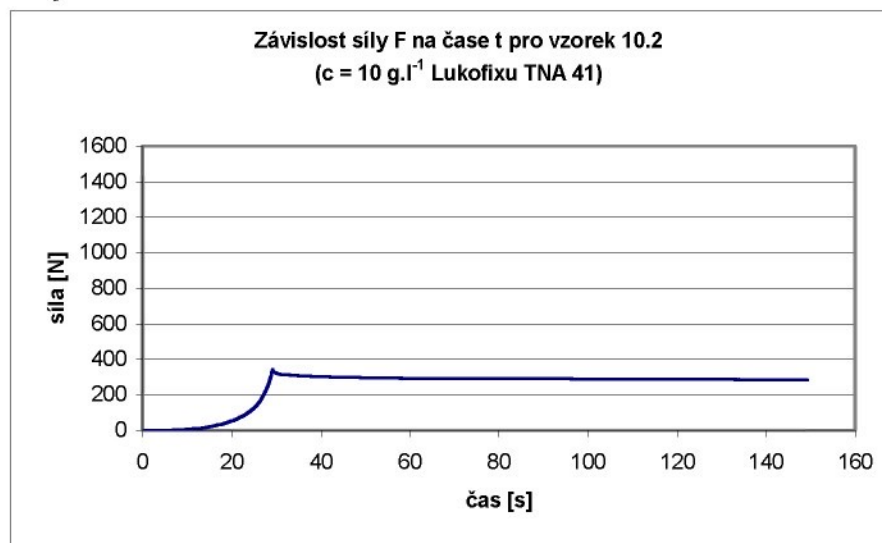


Graf č.40

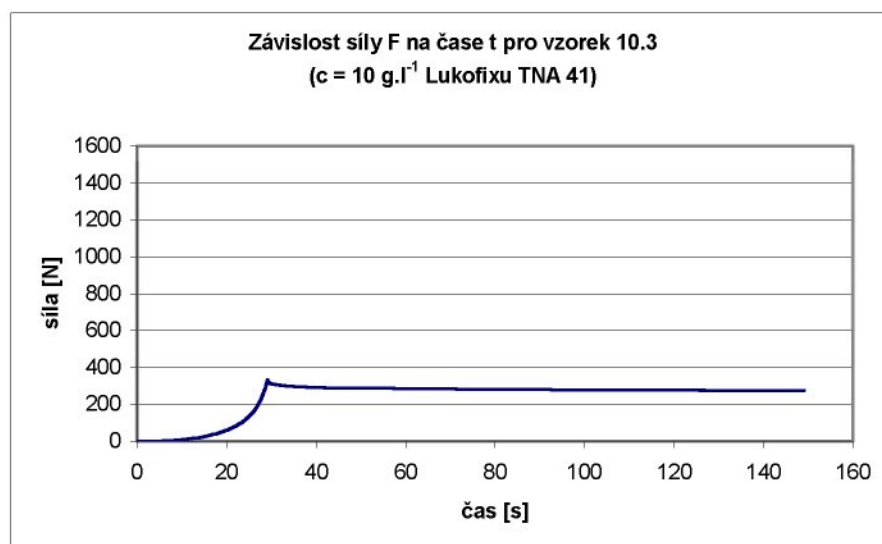
**Graf č. 41 - 45: Relaxace napětí pro vzorky 10.1 – 10.5, VÝROBA A – mykání,
impregnace, vpichování**



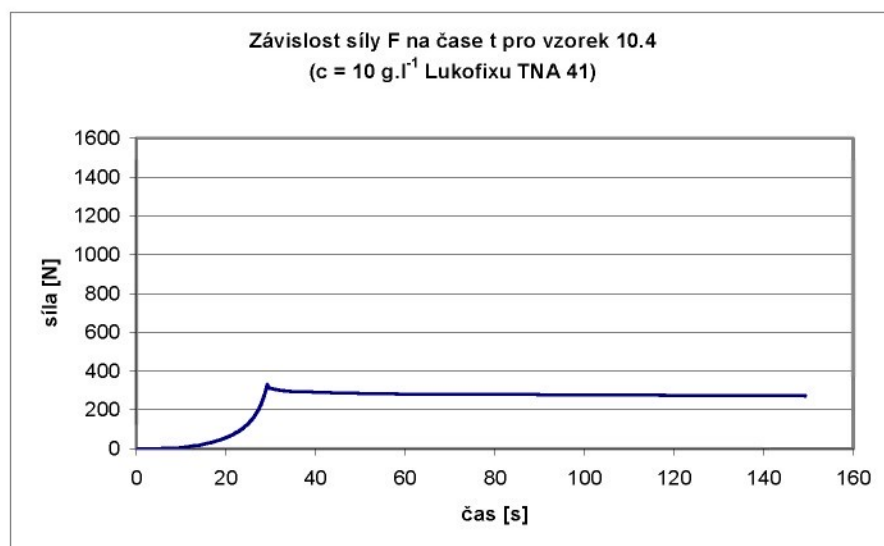
Graf č. 41



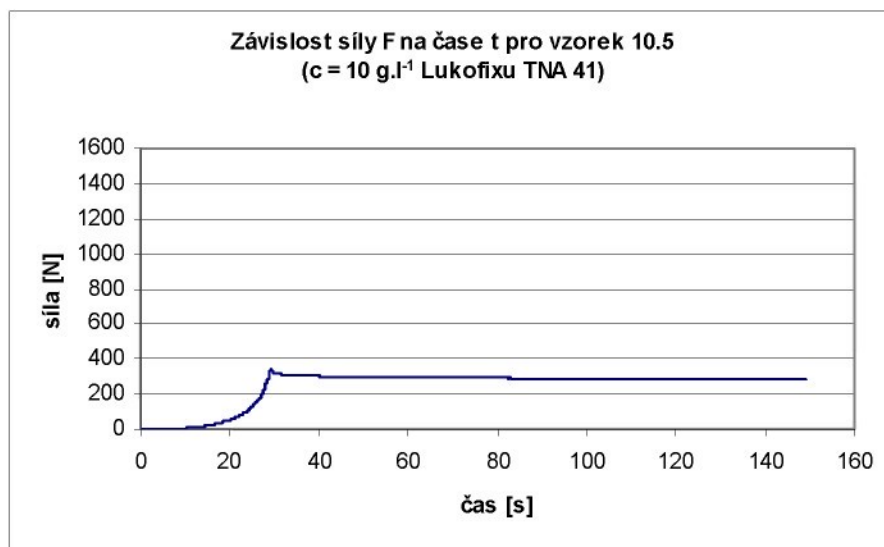
Graf č. 42



Graf č. 43

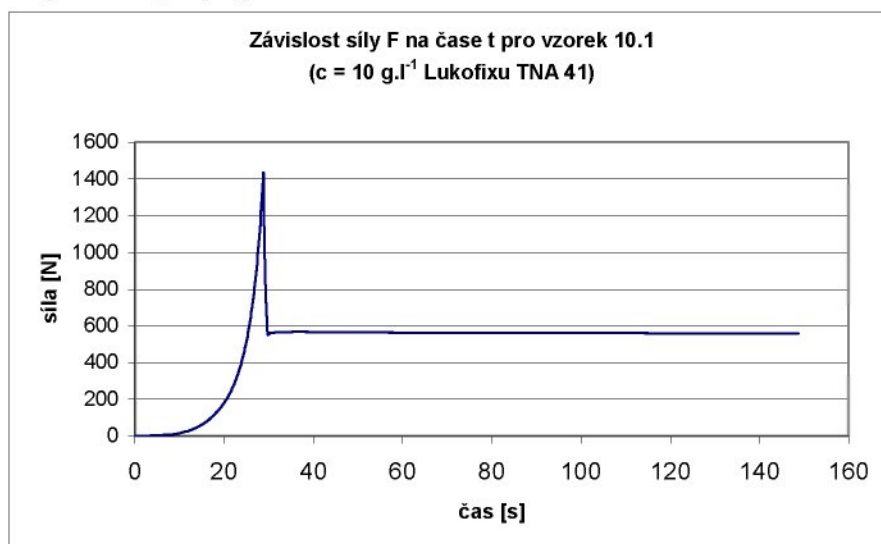


Graf č. 44

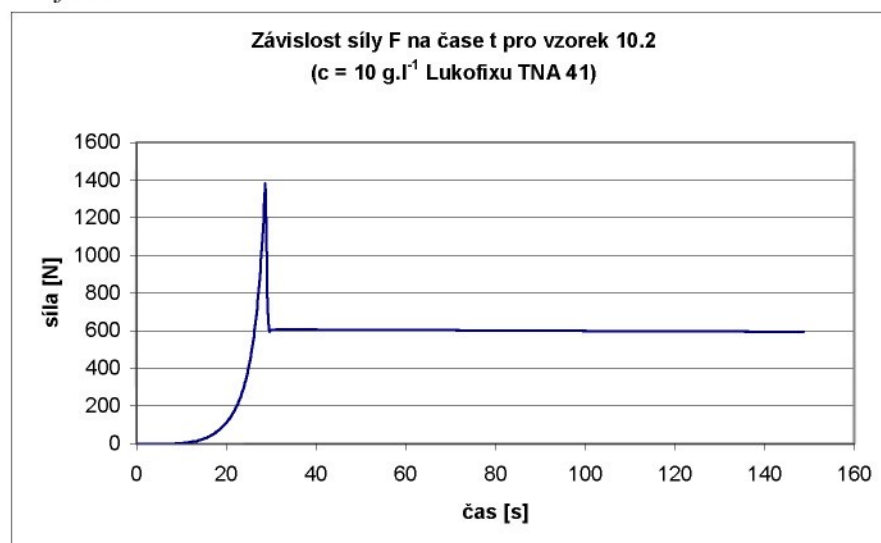


Graf č. 45

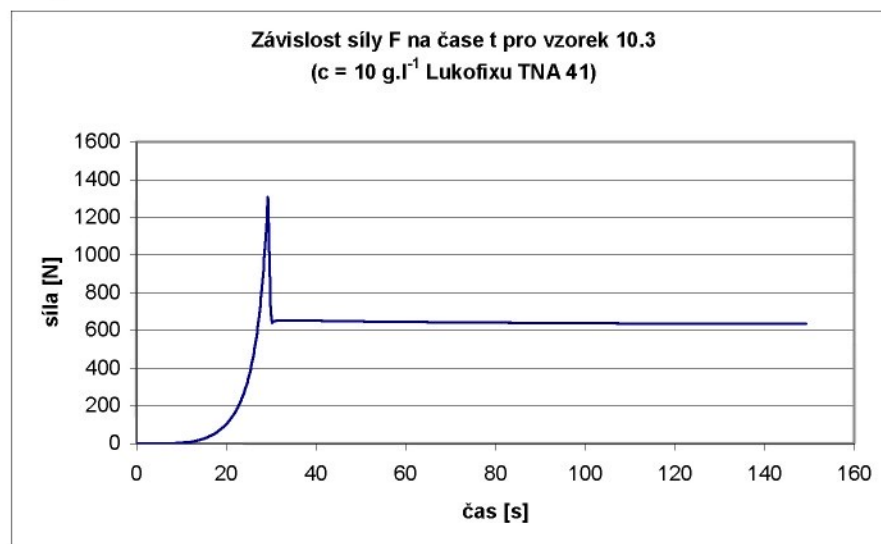
**Graf č. 56 - 60: Relaxace napětí pro vzorky 10.1 – 10.5, VÝROBA B – mykání,
vpichování, impregnace**



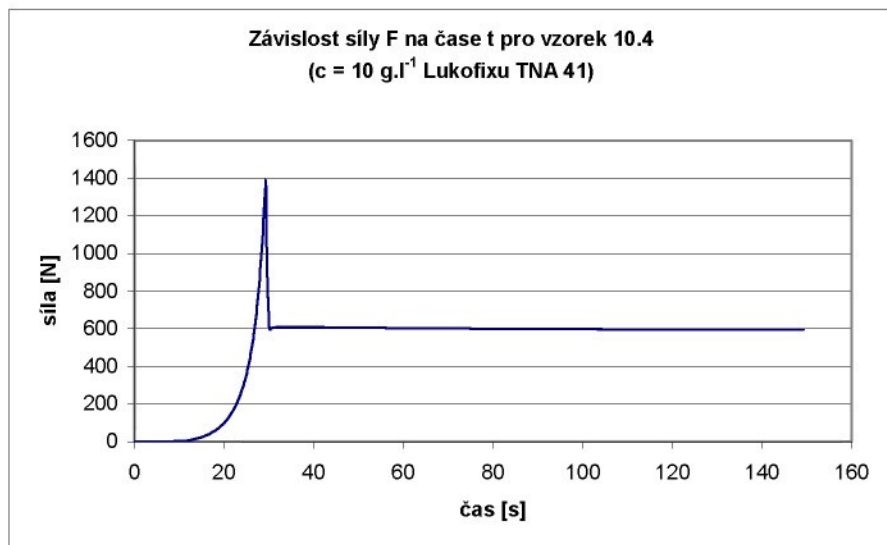
Graf č. 56



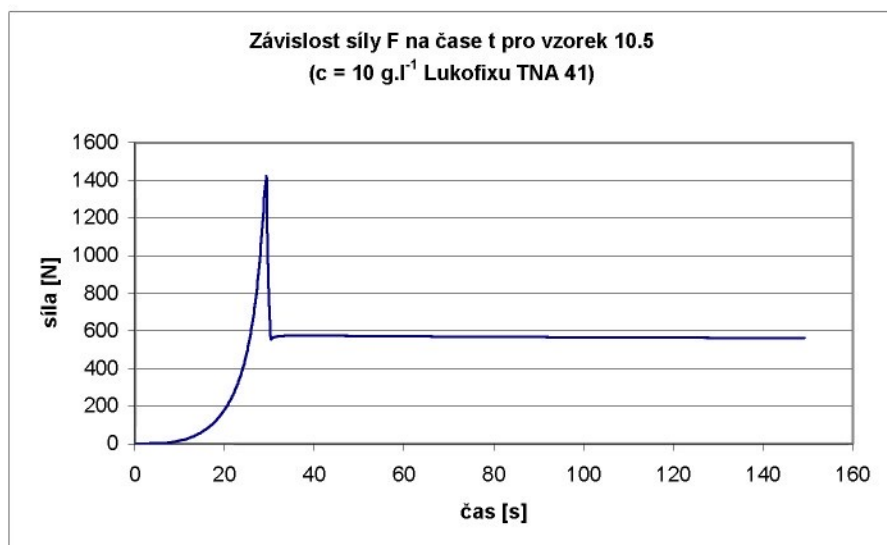
Graf č. 57



Graf č. 58

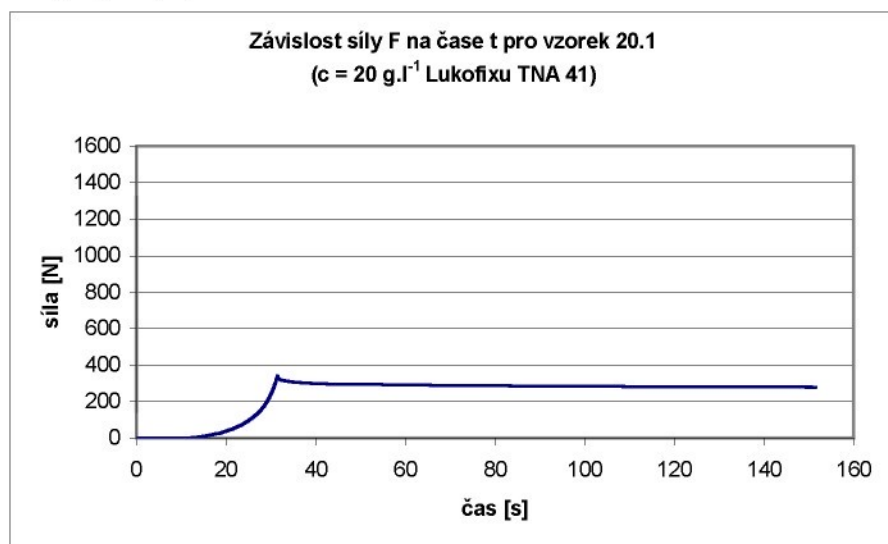


Graf č. 59

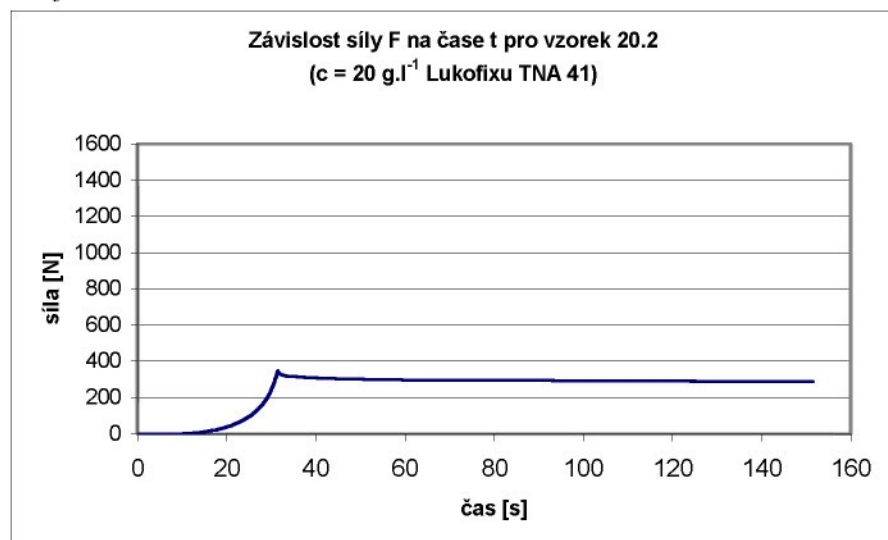


Graf č. 60

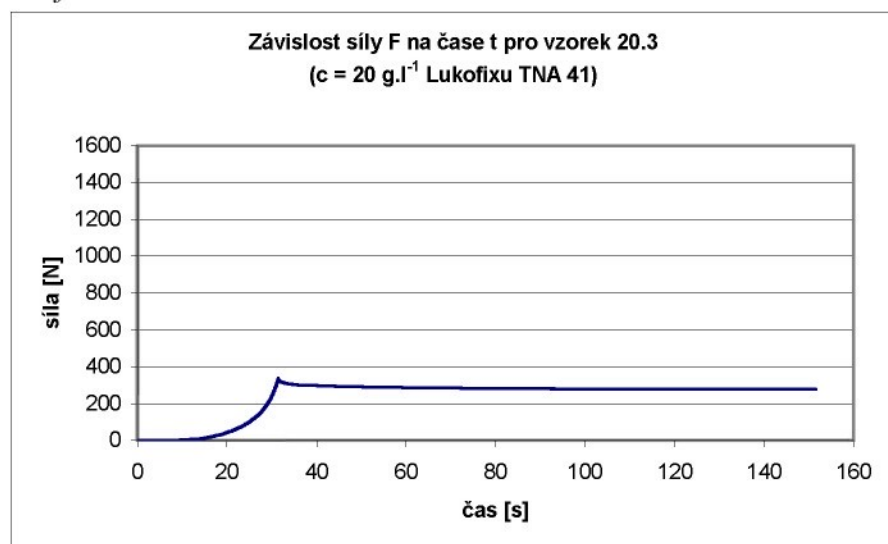
**Graf č. 46 - 50: Relaxace napětí pro vzorky 20.1 – 20.5, VÝROBA A – mykání,
impregnace, vpichování**



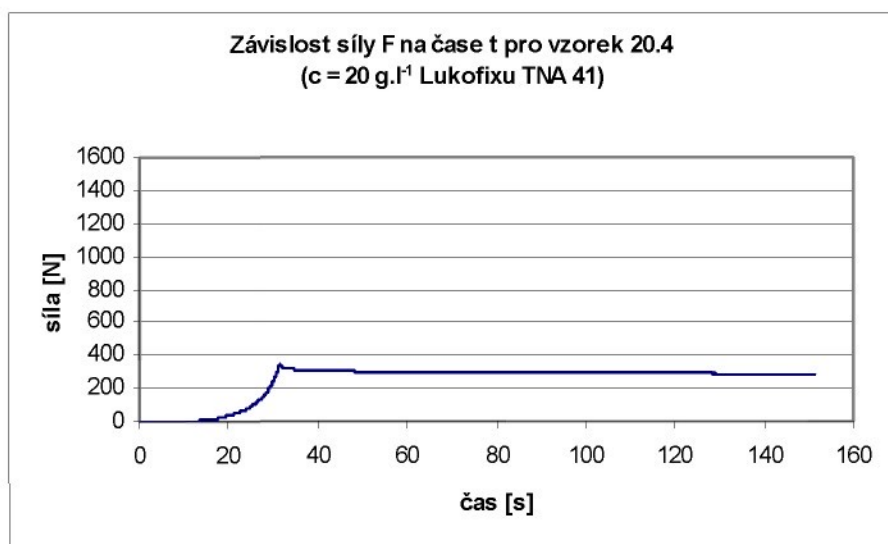
Graf č. 46



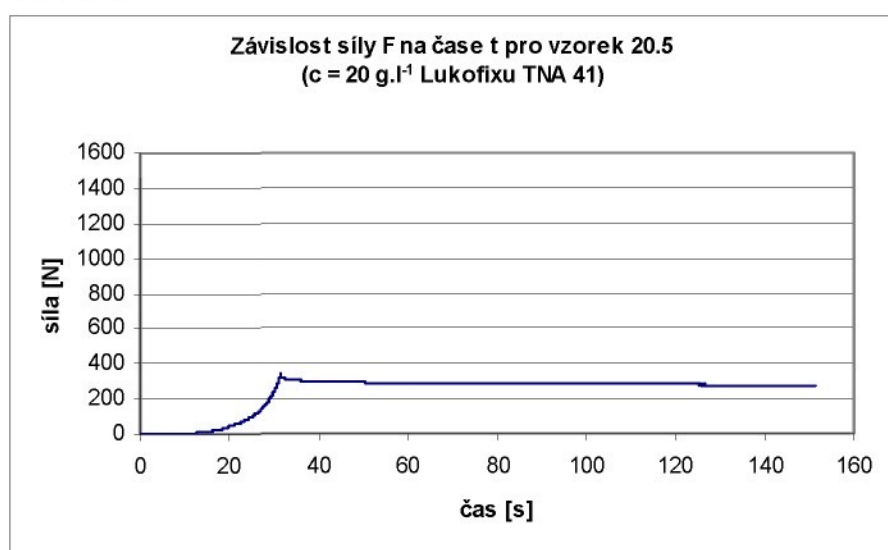
Graf č. 47



Graf č. 48

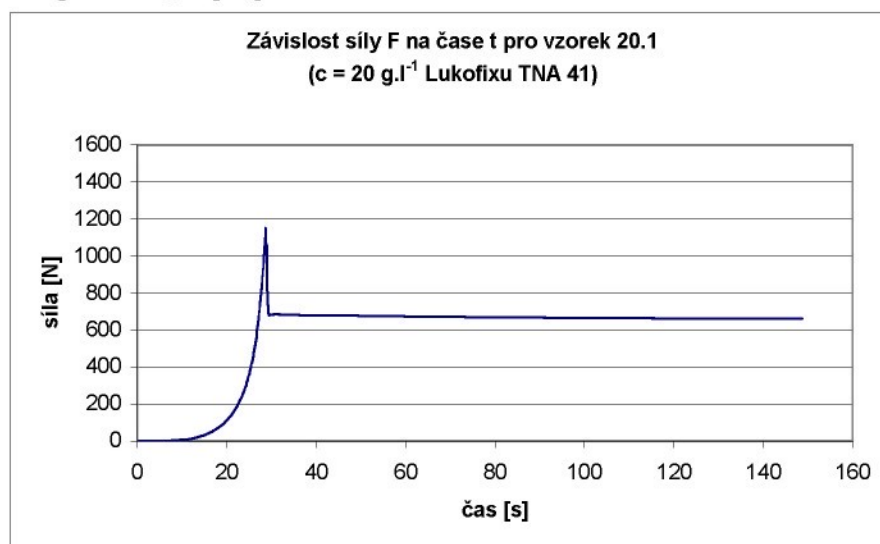


Graf č. 49

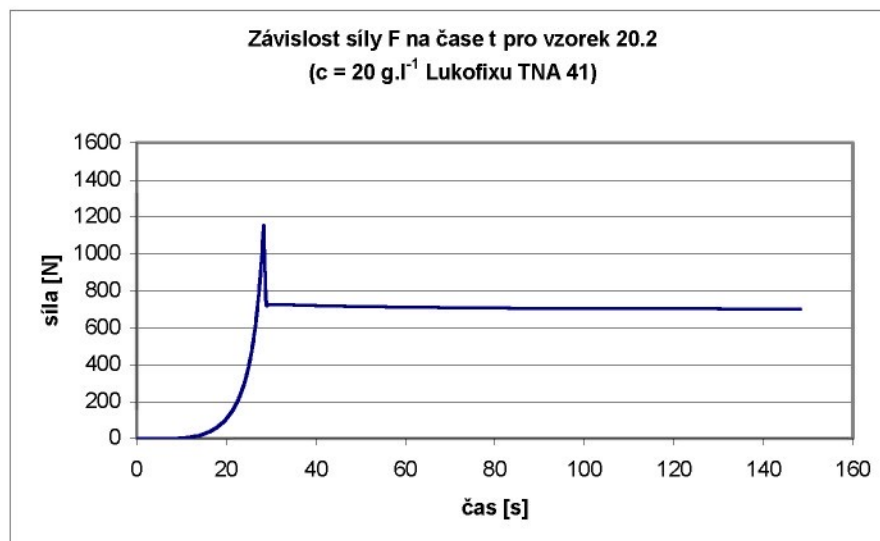


Graf č. 50

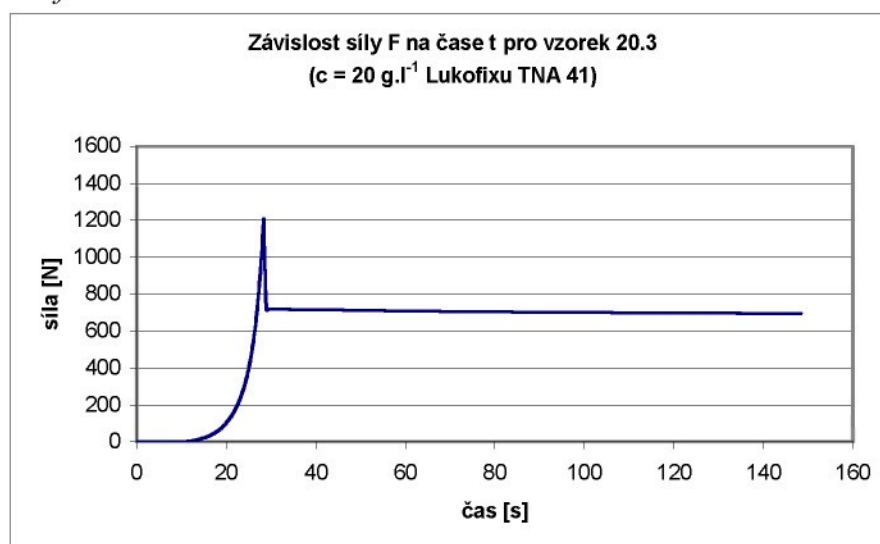
**Graf č. 61 - 65: Relaxace napětí pro vzorky 20.1 – 20.5, VÝROBA B – mykání,
vpichování, impregnace**



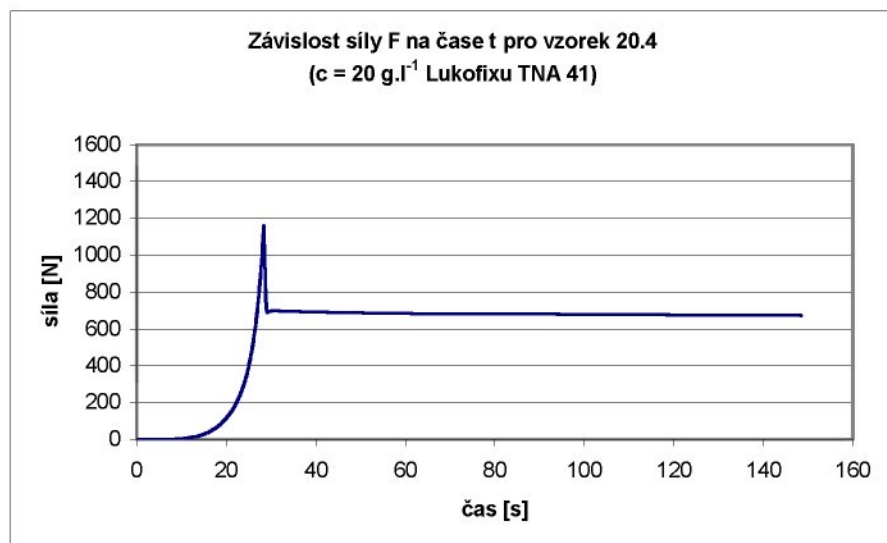
Graf č. 61



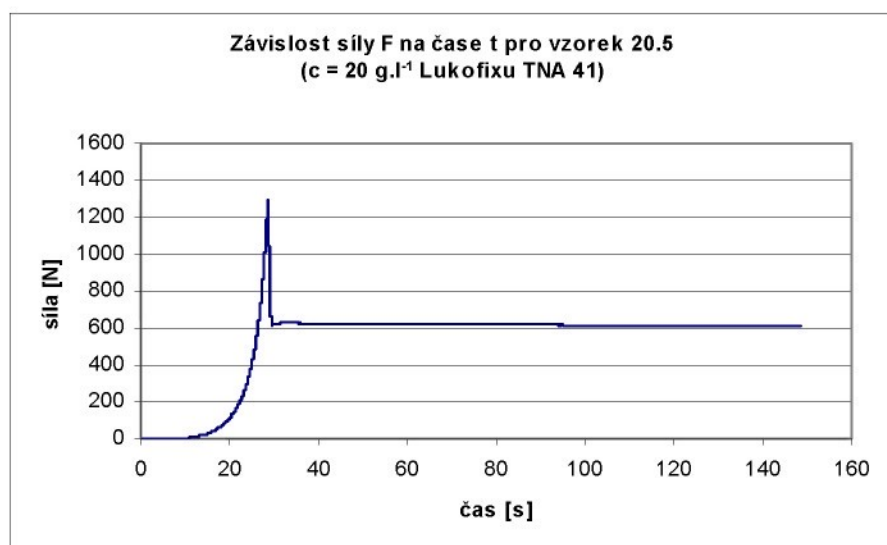
Graf č. 62



Graf č. 63

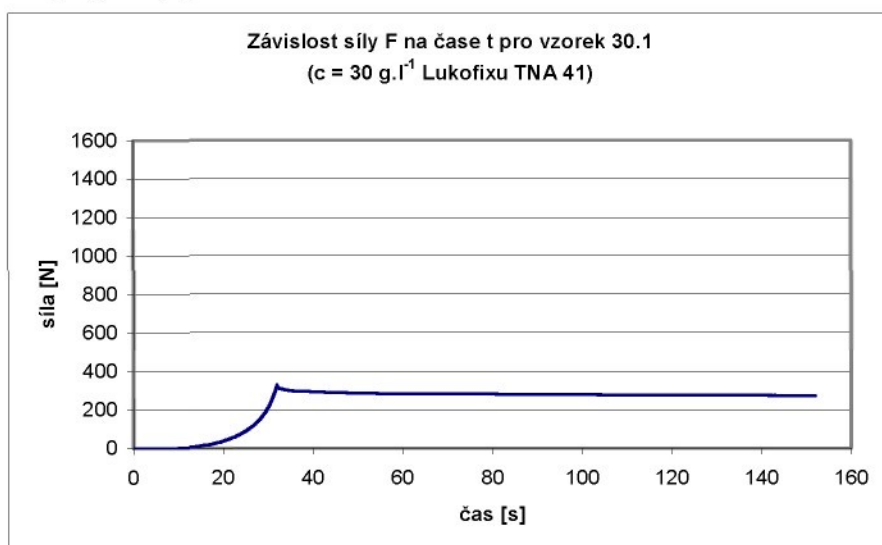


Graf č. 64

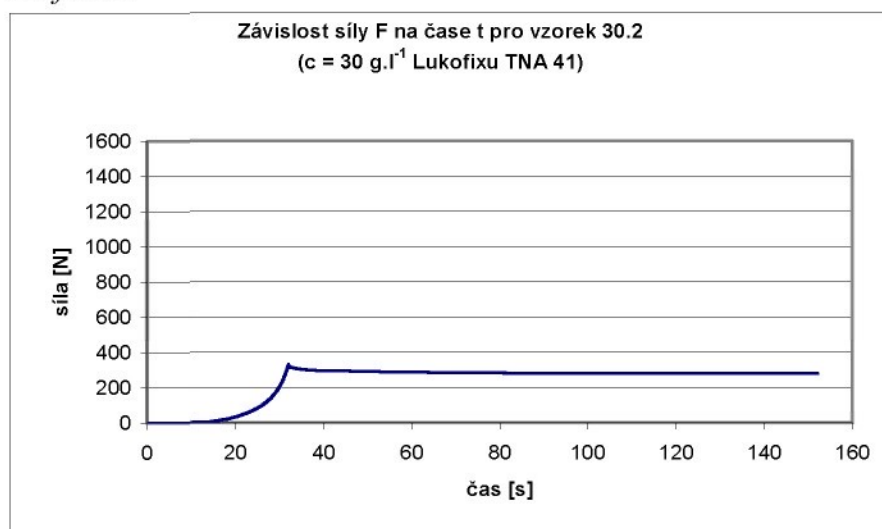


Graf č. 65

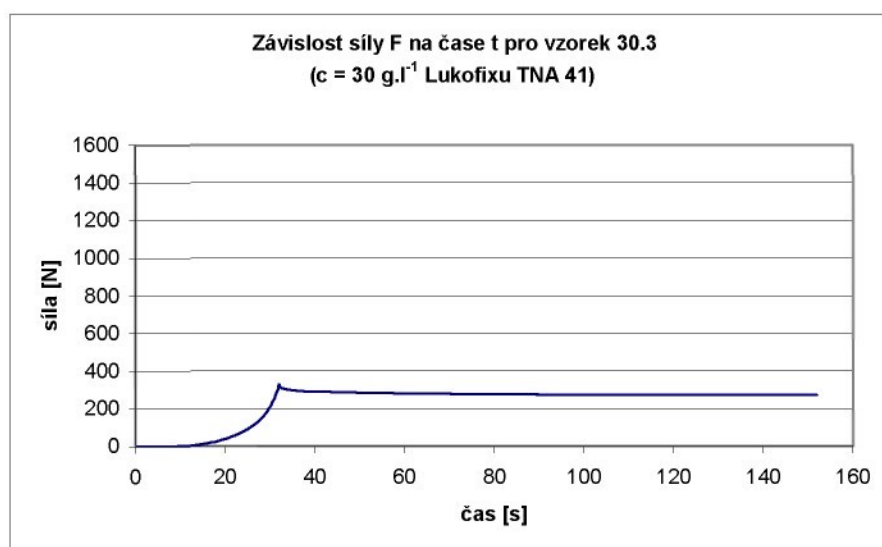
**Graf č. 51 - 55: Relaxace napětí pro vzorky 30.1 – 30.5, VÝROBA A – mykání,
impregnace, vpichování**



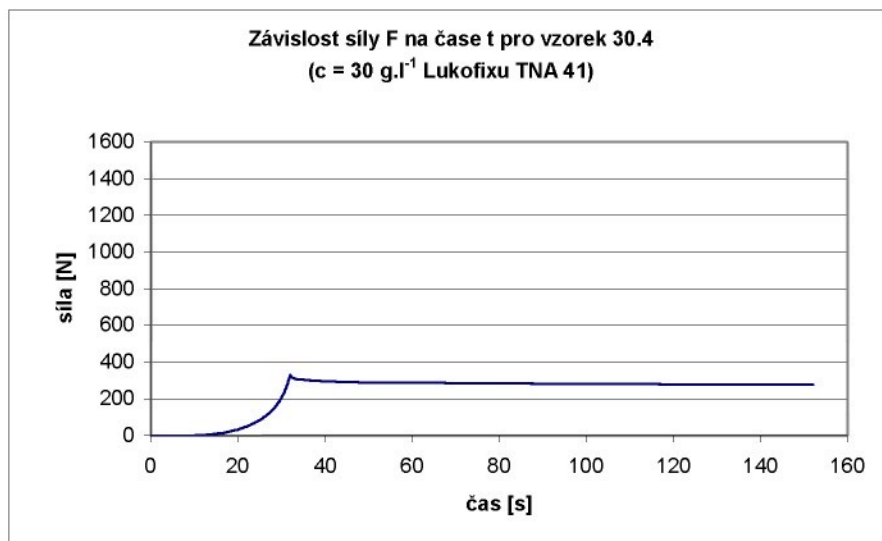
Graf č. 51



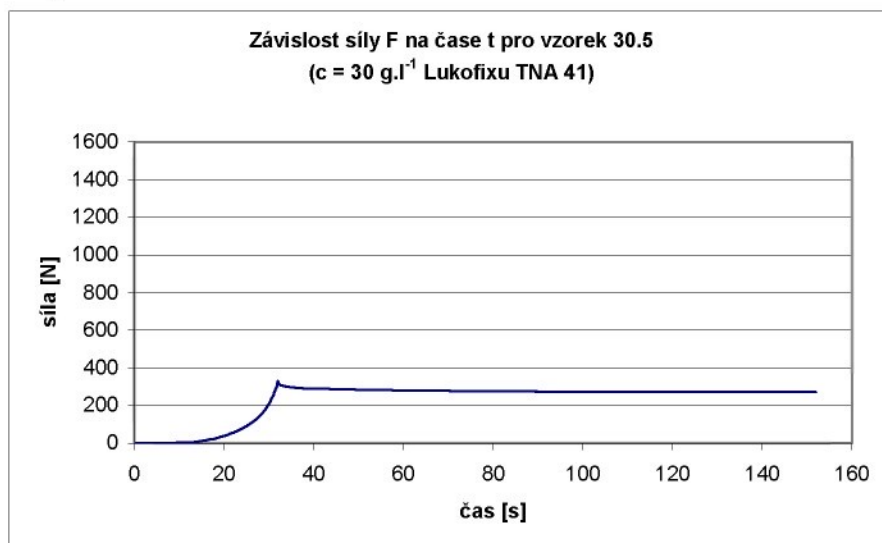
Graf č. 52



Graf č. 53

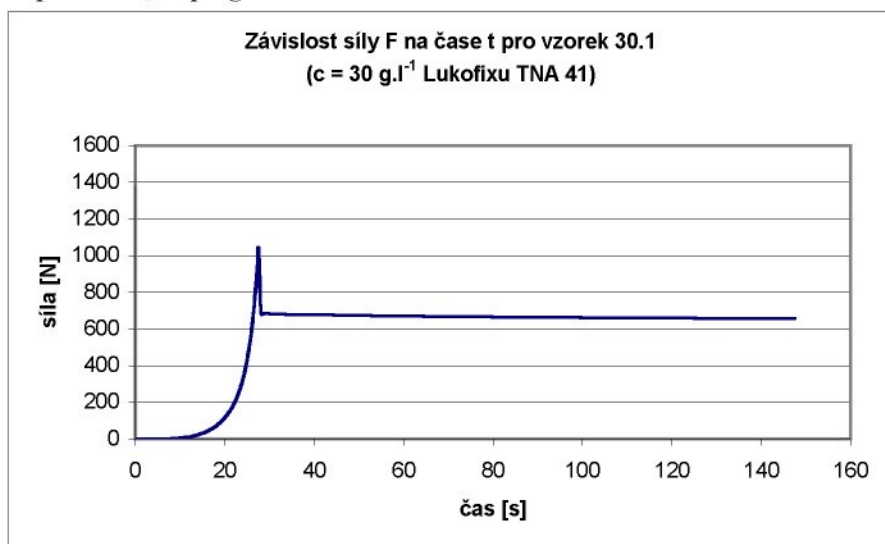


Graf č. 54

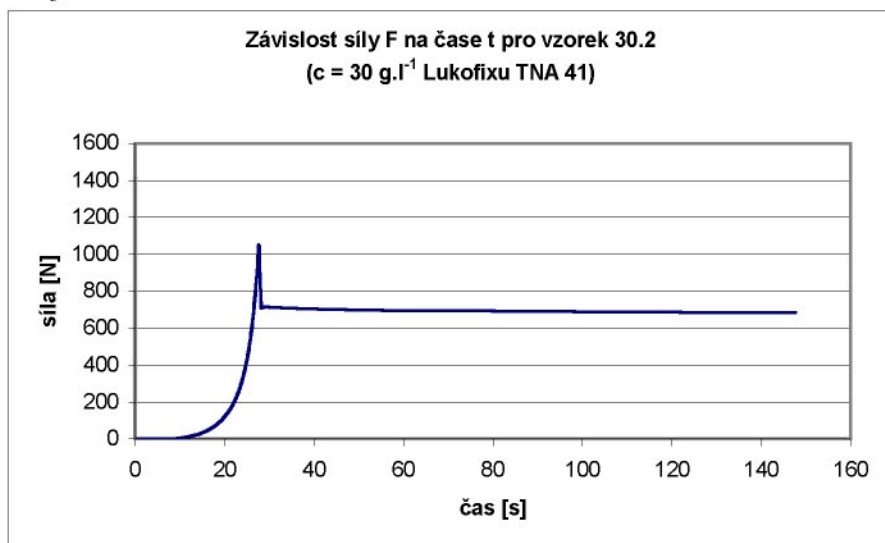


Graf č. 55

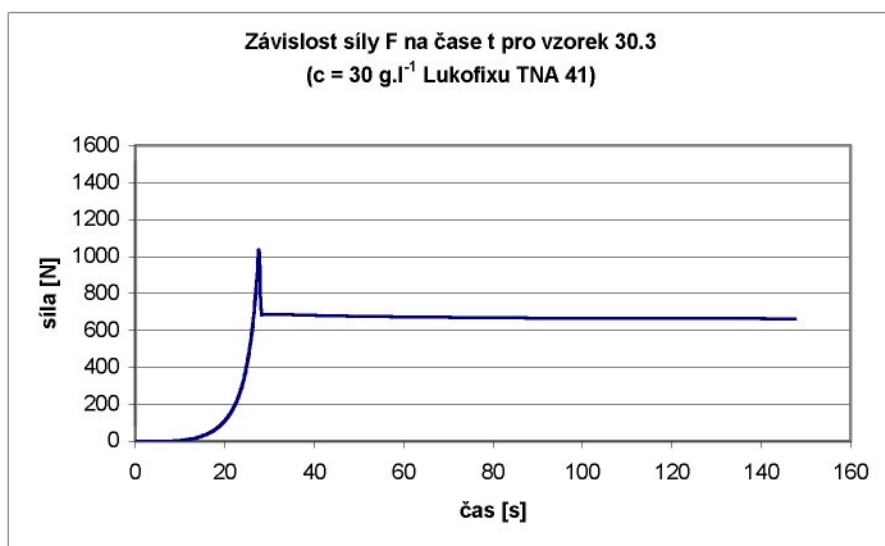
**Graf č. 66 - 70: Relaxace napětí pro vzorky 30.1 – 30.5, VÝROBA B – mykání,
vpichování, impregnace**



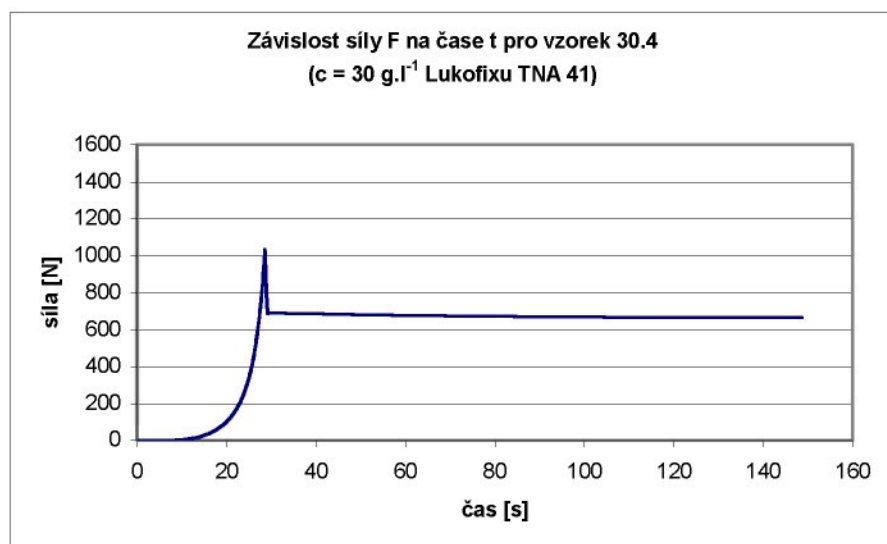
Graf č. 66



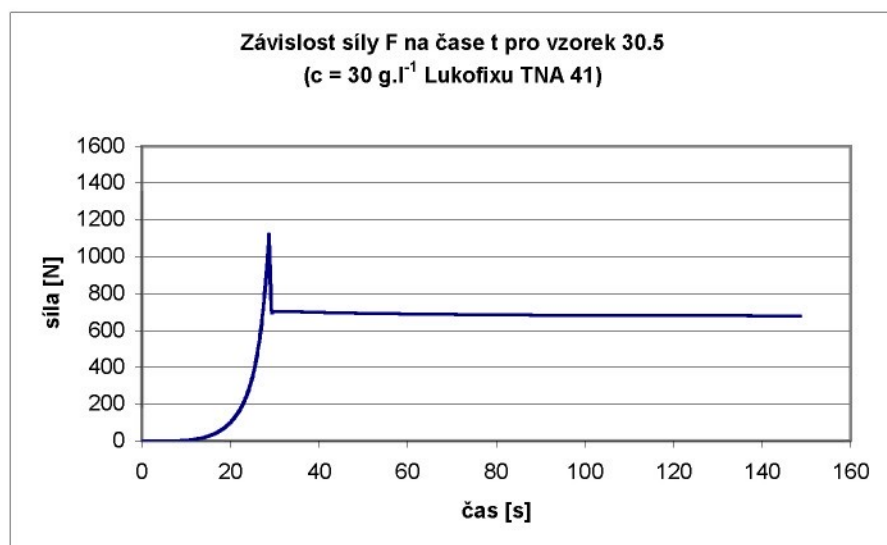
Graf č. 67



Graf č. 68



Graf č. 69



Graf č. 70

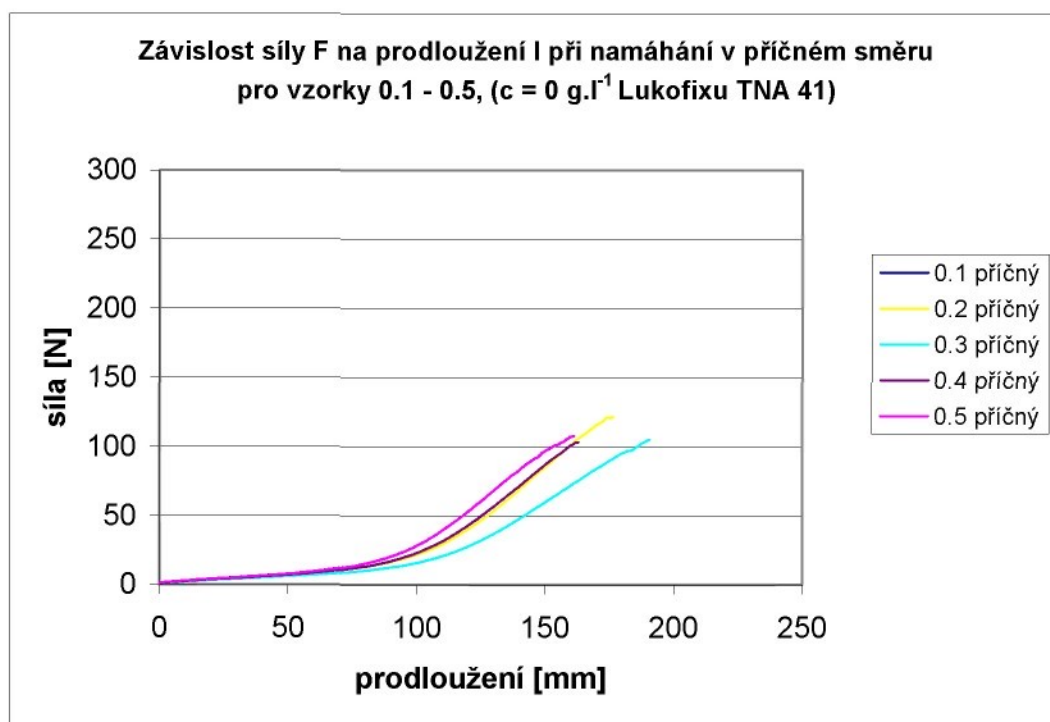
PŘÍLOHA IV

Grafické zpracování měření pevnosti v tahu

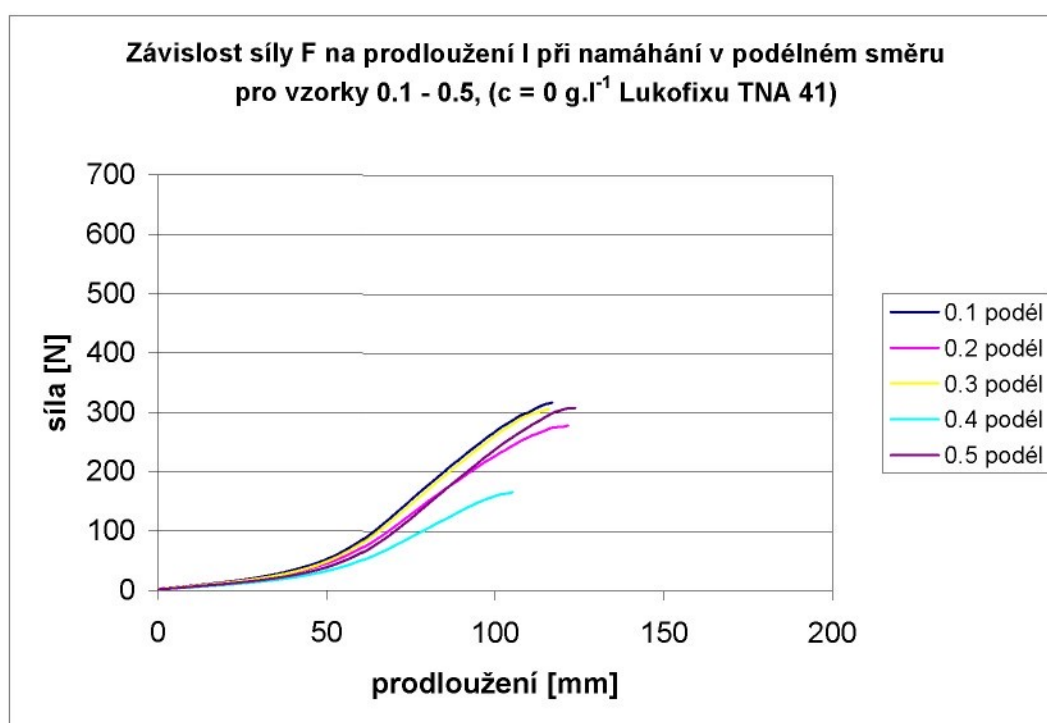
Počet stran.....8

Počet grafů.....14

Graf č.71 a 72: Tahové křivky vzorků 0.1 - 0.5 v příčném a podélném směru



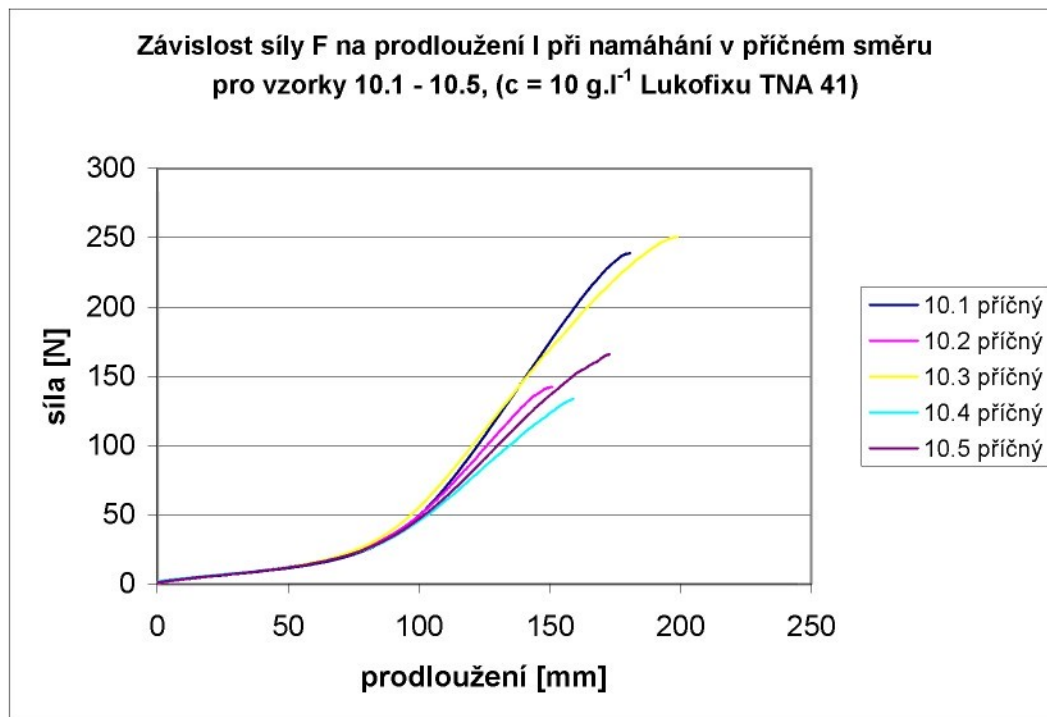
Graf č.71



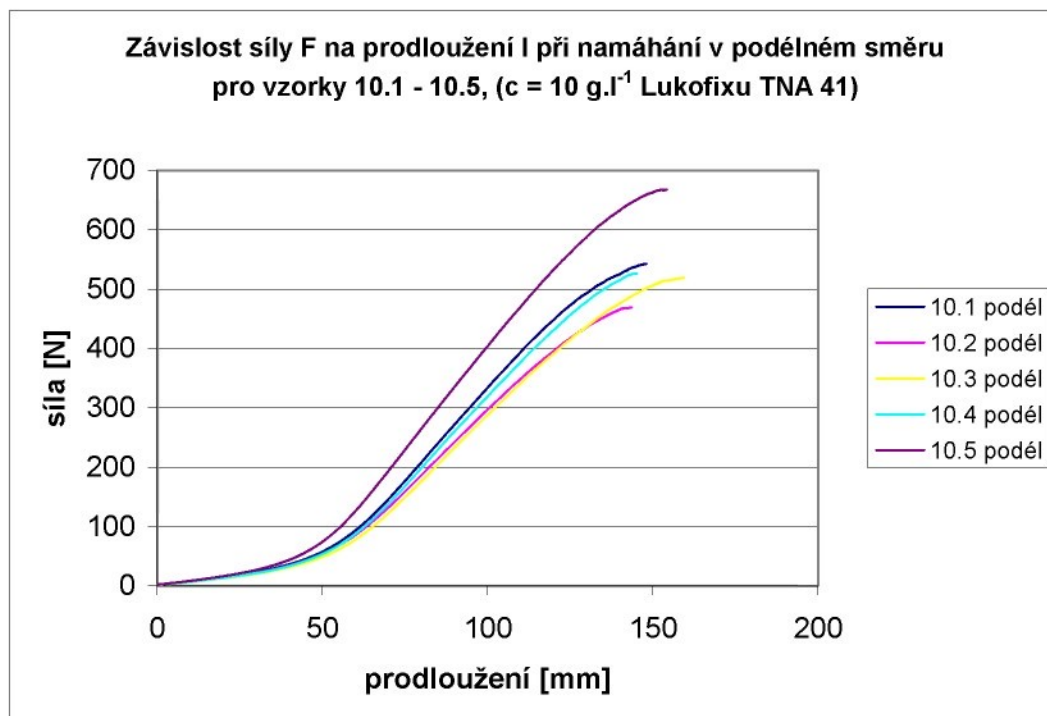
Graf č.72

Graf č.73 a 74: Tahové křivky vzorků 10.1 – 10.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU A – mykání, impregnace, vpichování



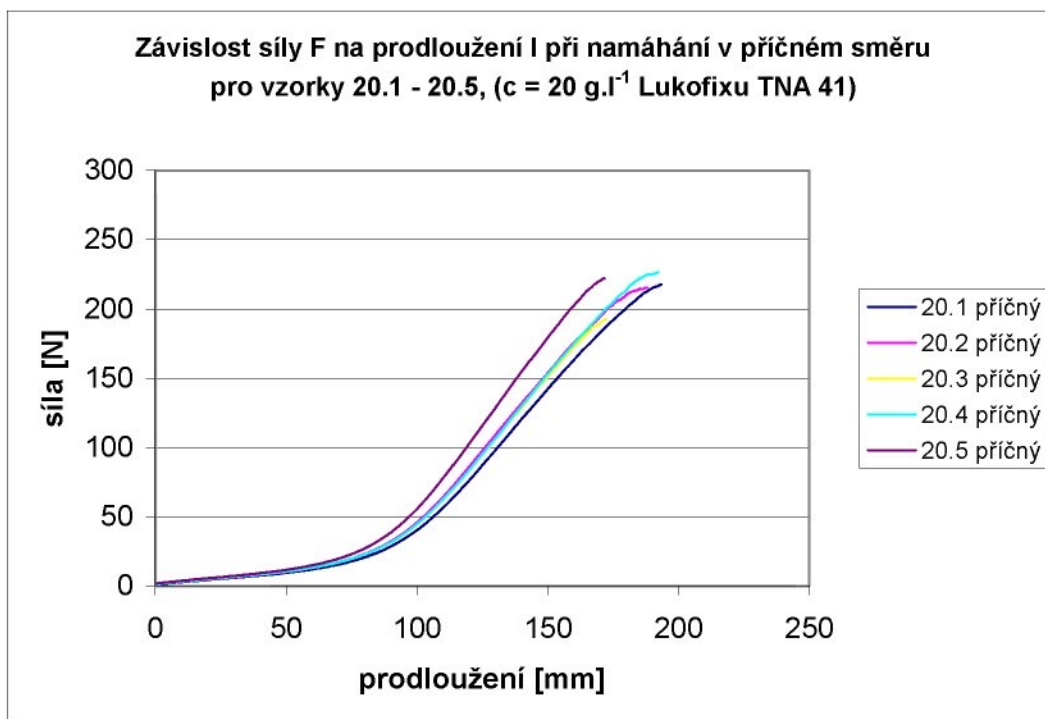
Graf č.73



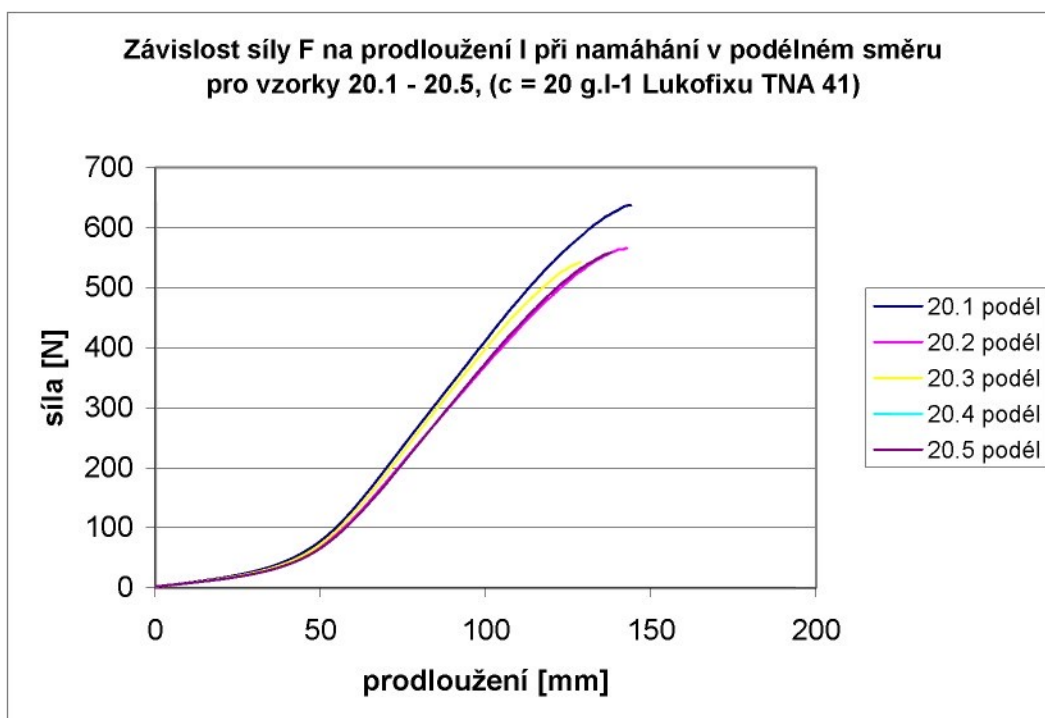
Graf č.74

Graf č. 75 a 76: Tahové křivky vzorků 20.1 - 20.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU A - mykání, impregnace, vpichování



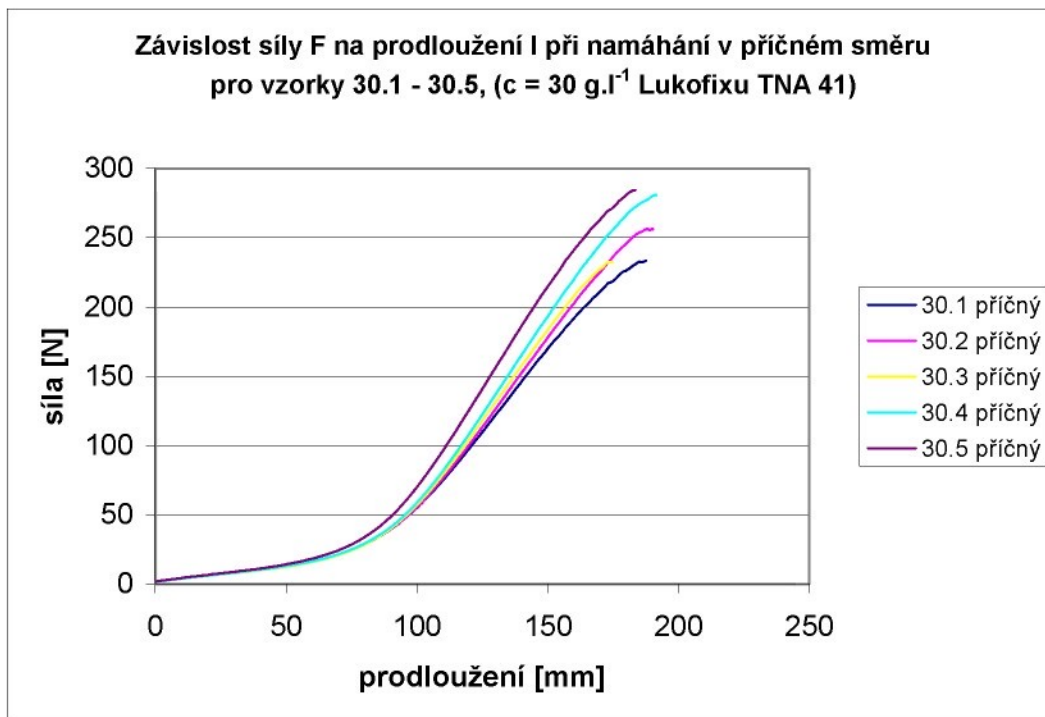
Graf č.75



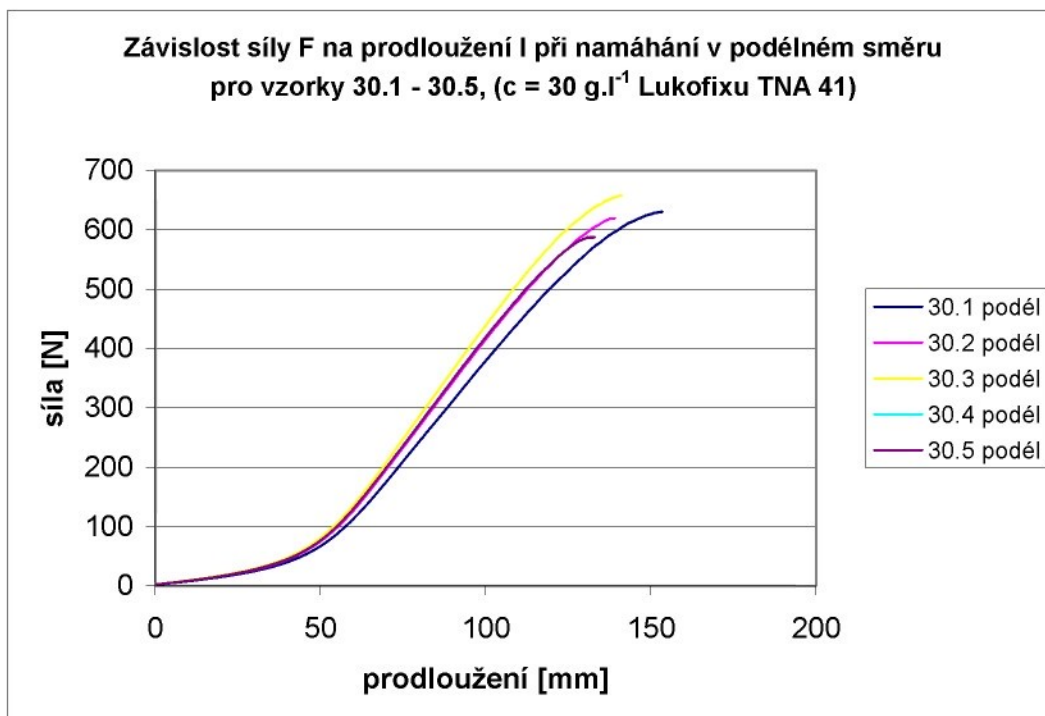
Graf č.76

Graf č. 77 a 78: Tahové křivky vzorků 30.1 - 30.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU A - mykání, impregnace, vpichování



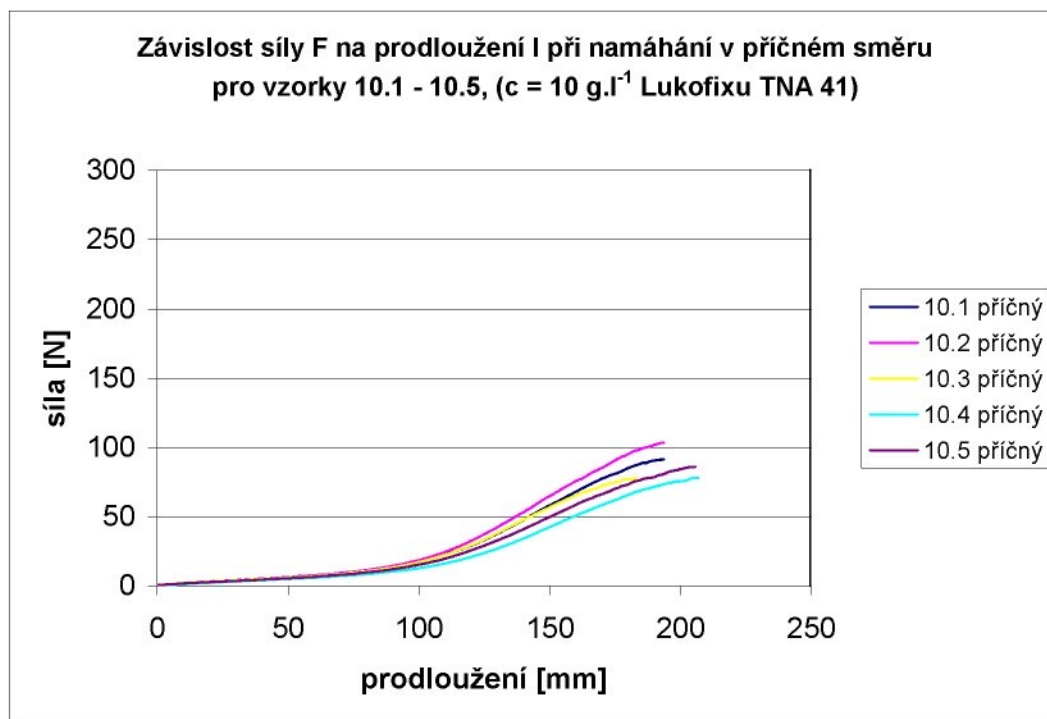
Graf č.77



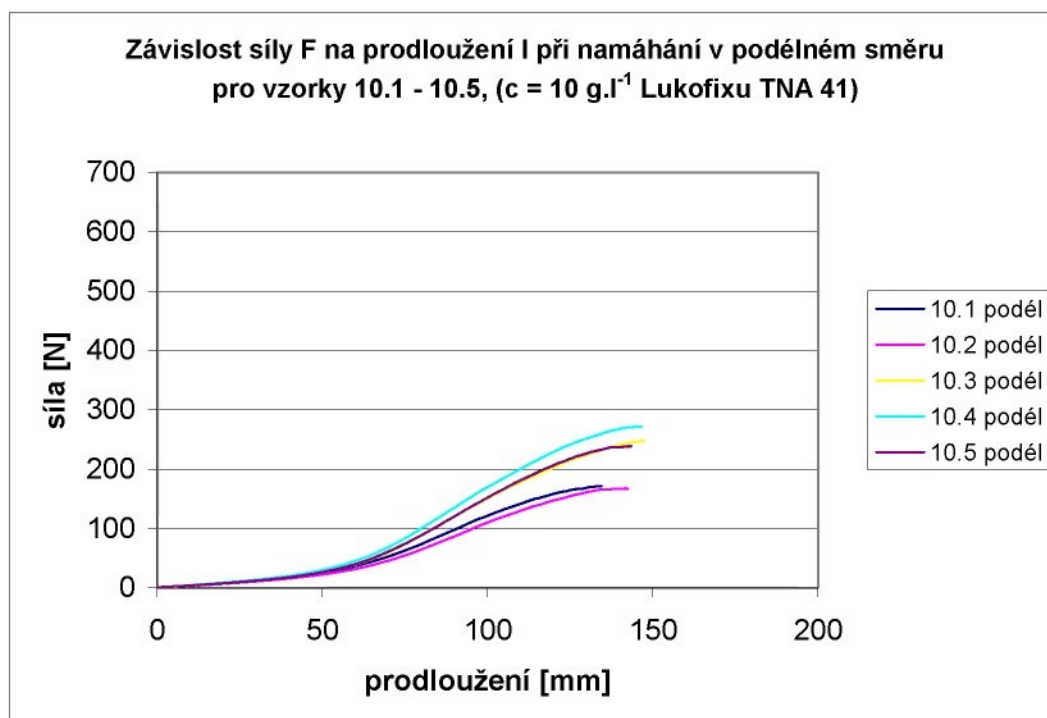
Graf č.78

Graf č. 79 a 80: Tahové křivky vzorků 10.1 - 10.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU B – mykání, vpichování, impregnace



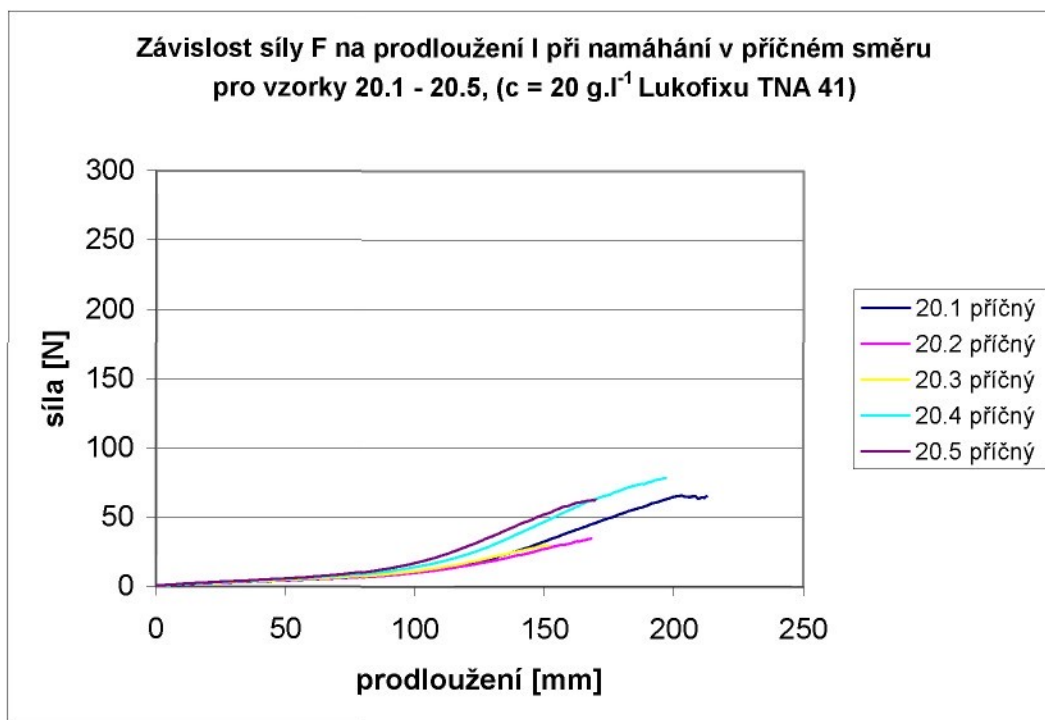
Graf č.79



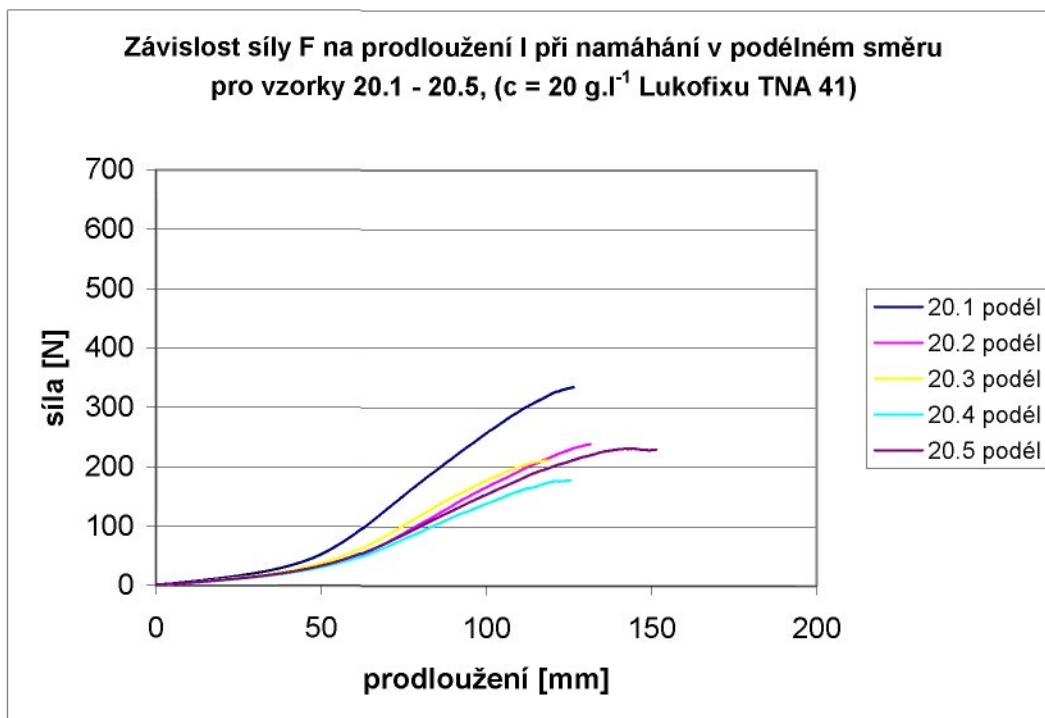
Graf č.80

Graf č. 81 a 82: Tahové křivky vzorků 20.1 - 20.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU B - mykání, vpichování, impregnace



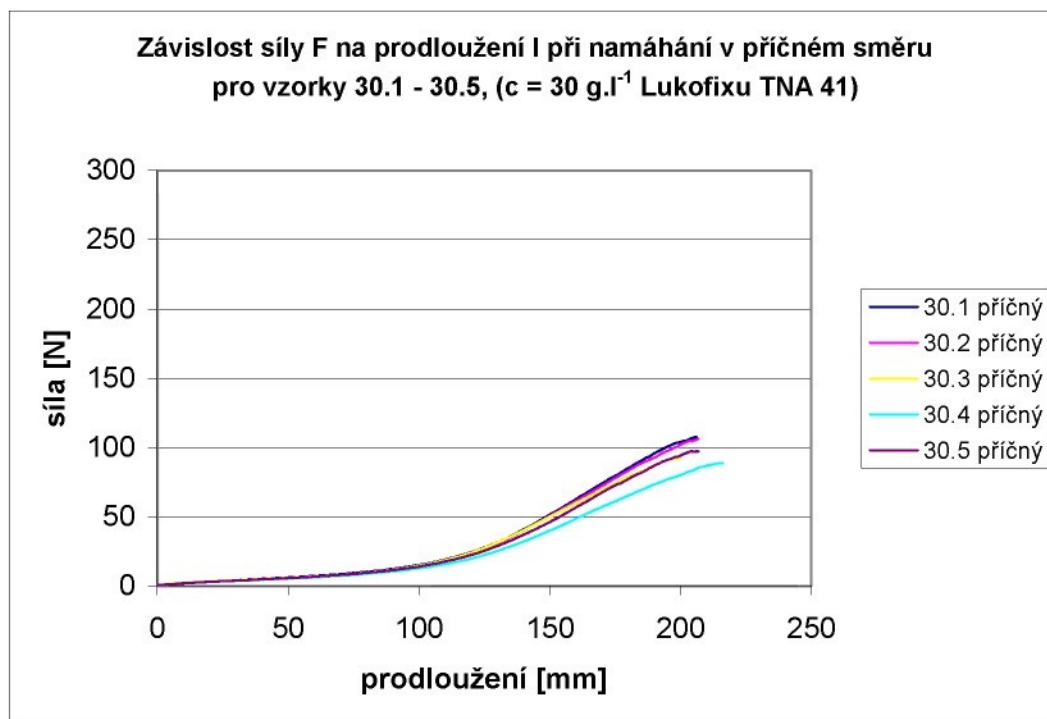
Graf č.81



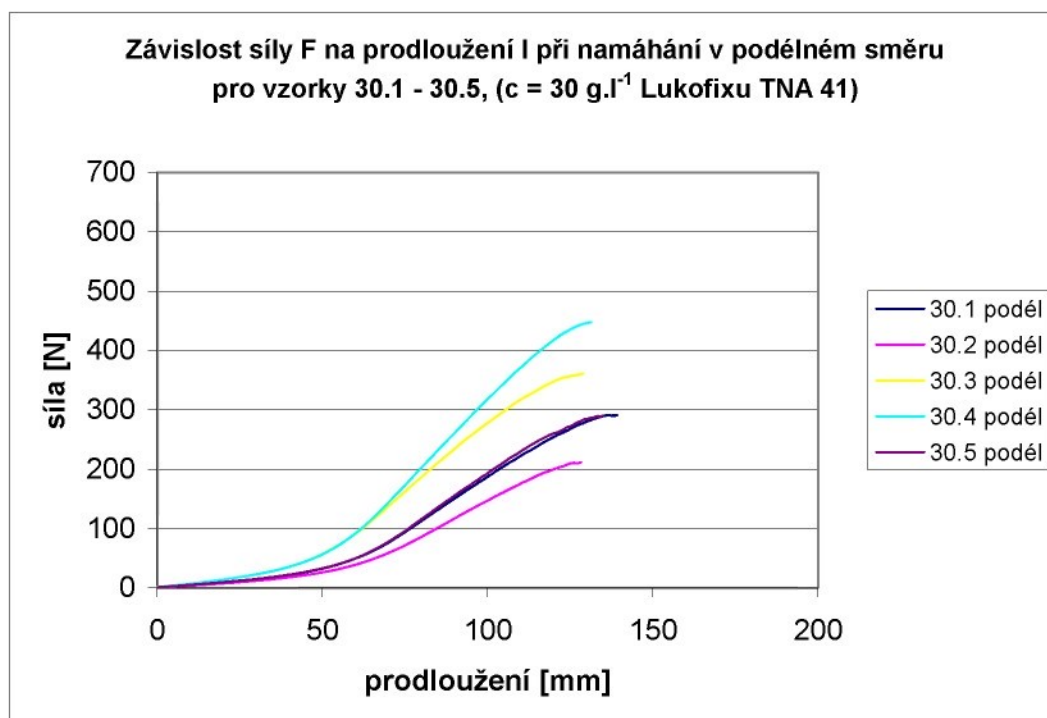
Graf č.82

Graf č. 83 a 84: Tahové křivky vzorků 30.1 - 30.5 v příčném a podélném směru

pro VÝROBU B - mykání, vpichování, impregnace



Graf č.83



Graf č.84