

VLASTNOSTI ŠITÝCH SPOJOV POŤAHOVEJ NANOTEXTÍLIE

PROPERTIES OF SEWN JOINTS OF UPHOLSTERY NANO-FABRICS

Anna Vilhanová – Vojtěch Navrátil

ABSTRACT

The paper is aimed at identification of strength and elasticity of sewn joints of upholstery nano-fabrics; the nano-fabrics are new materials in the category of upholstery fabrics. Sewn joints were modeled using the chosen input parameters of the sewn joint. The first modeling factor was the type of connection joint. Have been used the stand of the same material, same thickness but a different construction - staple fibers from infinitely long fibers. The second modeling factor was a stitch length. Strength characteristics of the joints were determined according to the methodology “Strip” – the methodology of measuring of the maximal force at rupture of the joint. To determine the elasticity characteristics, it was used the method of detection of the load capacity and deformation of the joints with mechanical fasteners. The elasticity characteristics of the joints were evaluated through the modulus of displacement. Joint deformation has been detected at intervals from 10% to 100% of F_{max} at break joint with a gradient of the force 10% from F_{max} .

Kľúčové slová: deformation in the joint, maximum force, nano-fabrics, sewn joints.

ÚVOD

Čalúnený nábytok tvorí neoddeliteľnú súčasť prostredia v ktorom bývame, pracujeme, oddychujeme, vzdelávame sa. Ako celok je tvorený komplexom materiálov rôznych vlastností a rôzneho pôvodu, plniacich v konštrukcii čalúneného nábytku rôzne funkcie. Tento komplex je možné rozdeliť do štyroch základných kategórií. Sú to materiály kostry, tvarovacie a kypriace materiály dávajúce čalúneniu základný tvar a mäkkosť, poťahové materiály a poslednou kategóriou sú materiály pomocné a izolačné.

Základnou funkciou poťahových materiálov v čalúnnictve je estetická a dizajnerská finalizácia čalúneného nábytku. Materiálová základňa tejto kategórie je značne rozsiahla a rôznorodá. Poťahové materiály môžu byť prírodné – na báze rastlinnej alebo živočíšnej a syntetické (LIAO *et al.* 2014). Všetky druhy poťahových materiálov sú vo všeobecnosti plošné materiály, ktoré je potrebné, pre potreby vyhotovenia poťahu, spájať. Základnou a takmer jedinou technológiou spájania poťahov čalúneného nábytku je strojové šitie. Spájaním poťahových materiálov šitím vznikajú šité spoje – švy.

Čalúnnické poťahové materiály, s výnimkou prírodných a syntetických usní, sú klasifikované ako plošné textílie a spojovacie prostriedky – nite sú klasifikované ako dĺžkové textílie. Základným prvkom plošných a dĺžkových textílií je textilné vlákno, ktorého vlastnosti vo veľkej miere ovplyvňuje pevnostné a deformačné charakteristiky textílií

(EZAZSHAHABI *et al.* 2015, AKGUN 2015). Základnou fyzikálnou vlastnosťou textilných materiálov plošných aj dĺžkových je pevnosť v ťahu (SODOMKA 2002, ERTAŞ *et al.* 2015). Odolnosť voči namáhaniu v ťahu kolmo na šev je tiež základnou skúmanou vlastnosťou šitých spojov poťahových materiálov v čalúnnictve a vyjadruje sa podľa ISO 13935-1, 2014 ako maximálna sila pri pretrhnutí šva metódou STRIP.

Pevnostné charakteristiky šitého spoja ovplyvňujú faktory vstupujúce do procesu jeho vytvorenia, z ktorých najdôležitejšie sú: typ spájaného materiálu, typ spájacieho materiálu – nite, hrúbka šijacej ihly, dĺžka stehu, typ šitého spoja – švu. Kombináciou týchto faktorov je možné modelovať také šité spoje, ktorých používateľské vlastnosti budú čo najvýhodnejšie. Podľa RODIONOV *et al.* (2013) parametre šitých spojov odevných textílií by mali spĺňať požiadavky rozdelené do troch kategórií. Prvá skupina vlastností spojov vychádza zo štrukturálnych charakteristík šijacej nite, ako je zloženie vlákien, hustota, smer a miera skrútenia. Druhá skupina vychádza z výrobných podmienok, napríklad druh šijacích strojov a typy spojov. Tretia skupina je určená podmienkami použitia šitých výrobkov.

Od typu spojovaného materiálu, jeho materiálového zloženia a konštrukcie, by sa mal odvíjať výber ostatných faktorov podieľajúcich sa na vytvorení šitého spoja. Šijacia ihla pôsobí na spájaný materiál, t.j. textíliu deštruktívne, jej hrúbku je potrebné voliť s ohľadom na hrúbku spájacej nite a spájaného materiálu. Počas procesu šitia dochádza k dynamickému a tepelnému zaťažovaniu šijacej nite (RUDOLF *et al.* 2007).

Pri zaťažovaní šitých spojov dochádza k posunutiu spoja vplyvom pôsobenia spojovacej nite. Posunutie spoja má rôzny charakter a závisí od druhu spojovaného čalúnnického materiálu. Pri textilných tkaninách ako napríklad listová alebo žakárska textília dochádza k zatlačeniu nití spájaného materiálu v oblasti vpichu ihly, ktoré ale po uvoľnení zaťaženia zanikne – nite sa neporušia a vrátia a do takmer pôvodnej pozície. K porušeniu – pretrhnutiu spájaného materiálu dochádza až pri dosiahnutí maximálnej sily pri pretrhnutí šva. Iná situácia je pri šitých spojoch nanotextílie Nanotex. Pri zaťažovaní šitých spojov nanotextílie ťahom dochádza taktiež k posunutiu v spoji, toto posunutie má už ale deštruktívny charakter – spojovacia niť sa zarezáva do spojivovej vrstvy tejto textílie. Tým dochádza k nevratnému poškodeniu spojovanej nanotextílie.

Cieľom predkladaného príspevku bolo experimentálne overenie vplyvu vybraných druhov spojovacích materiálov – nití a dĺžky stehov na veľkosť posunutia šitého spoja – zarezania nite.

MATERIÁL A METODIKA

Nanotechnológie predstavujú štúdium a vývoj materiálov na úrovni nano (SUBBIAH *et al.* 2005). V predkladanom príspevku sú predmetom skúmania šité spoje poťahovej nanotextílie ako nového, moderného materiálu vyznačujúceho sa zvýšenými hydrofóbnymi a adhéznymi vlastnosťami. Tieto, z pohľadu používateľov čalúneného nábytku, zaujímavé vlastnosti sa pri nanotextílii dosahujú tzv. nanoúpravou povrchu nanotextílie (GIBSON *et al.* 2001) pri ktorej sa nanovláknenné povlaky aplikujú elektrostatičky na celý povrch vlákien, ktoré tvoria lícovú stranu nanotextílie. Touto úpravou povrchu vlákien sa dosahuje tzv. samočistiaci efekt, čo znamená, že pri styku povrchu nanotextílie s vodou nedochádza k jej okamžitému vsiaknutiu, ale z vody sa vytvárajú kvapôčky, ktoré rolujú po povrchu a nabaľujú na seba nečistoty z povrchu textílie. Lícová strana nanotextílie má aj vďaka nanoúprave vysokú odolnosť voči oderu - minimálne 70 000 ot. Matindale. Z pohľadu konštrukcie je to textília sendvičovej chemicky spájanej konštrukcie. Podkladovú vrstvu tvorí listová textília, ďalšia vrstva je spojivová a lícová strana je vrstva vlákien

s nanoúpravou (obr. 1). Spojenie jednotlivých vrstiev je na základe chemických väzieb. Základným materiálom všetkých vrstiev je polyester.



Ob.1 Poťahová nanotextília.
Fig. 1 Upholstery nano-fabrics.

Ako spojovacie prvky boli použité 2 typy polyesterových šijacích nití hrúbky 30 tex. rozdielnej konštrukcie. Rozdiel v konštrukcii nití spočíval v dĺžke základných vlákien - filamentov. Niť SYNTON 30 (obr. 2) má vlákna tzv. nekonečnej dĺžky a niť BELFIL S 30 (obr. 3) je strižová pričom pevnosť v ťahu je u oboch nití rovnaká.



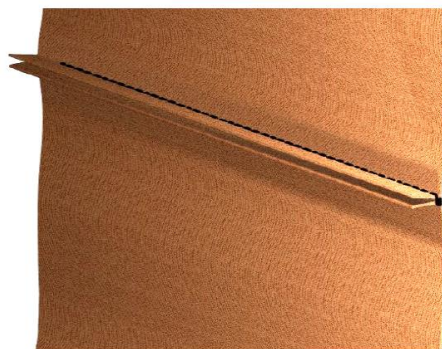
Obr. 2 Niť – nekonečne dlhé vlákna.
Fig. 2 Thread - infinitely long fibers.



Obr. 3 Niť – staplové vlákna.
Fig. 3 Thread - staple fibers.

Pre zhotovenie šitých spojov, ktoré boli predmetom experimentov, sme použili šijaciu ihlu hrúbky 0,8 mm (číslovanie 80). Všeobecne sú dĺžky stehov závislé od konštrukcie šijacieho stroja. V našom prípade to boli dĺžky stehov od 2 mm do 4,5 mm so stúpaním po 0,5 mm.

Predmetom skúmania predkladaného príspevku je jednoduchý šev, ktorý tvorí jeden rad stehov na lícovej strane neviditeľných (ISO 4915, 1991).

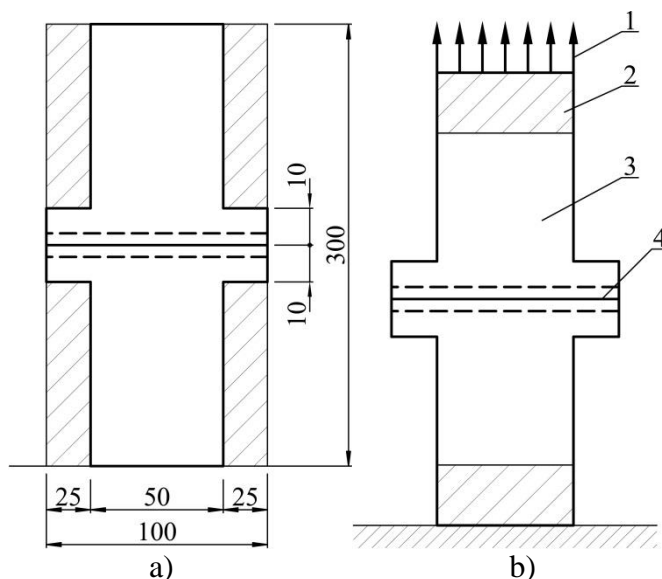


Obr. 4 Jednoduchý šev - rubová strana spoja.
Fig. 4 Simple suture - the reverse side of the connection.

Základnou charakteristikou plošných a dĺžkových textilných materiálov a tiež šitých spojov textílií je pevnosť v ťahu. Dôležitosť tejto vlastnosti je podporená aj vo sfére skúšobných postupov, ktoré sú zakotvené v normách. Normou ISO 13935-1 je stanovený postup pre zisťovanie pevnosti v ťahu textílií, nití a šitých spojov –švov.

Zisťovanie maximálnej sily pri pretrhnutí šva, posunutia v spoji a modulu posunutia

Skúšobná vzorka pre zisťovanie *maximálnej sily pri pretrhnutí šva* metódou Strip podľa metodiky v ISO 13935-1 je definovaná na obrázku 5. Každá skúšobná vzorka sa štyrikrát nastrihne vo vzdialenosti 10 mm od šva do hĺbky 25 mm a vystrihnutím sa upraví na požadovaný tvar (obr. 5a).



Obr. 5 Skúšobná vzorka a schéma zaťažovania (ISO 13935-1, 2014). 1-zaťažovanie v ťahu, 2-upnutie v skúšobnom stroji, 3-skúšobná vzorka, 4-šev, a) tvar a rozmery skúšobnej vzorky (vyšrafovaná časť sa musí vystrihnúť), b) schéma zaťažovania.

Fig. 5 Test sample and loading scheme (ISO 13935-1, 2014). 1-loading strength, 2-clamping in the test machine, 3-test sample, 4- sewn joints, a) the shape and dimensions of the sample (shaded part be cut out), b) loading scheme.

Skúšobná vzorka plošnej textílie so stanovenými rozmermi a so švom v prostriedku sa napína kolmo na šev pri konštantnej rýchlosti až do pretrhnutia šva, pričom sa zaznamená maximálna sila potrebná na pretrhnutie šva (obr. 5b). Vzorka sa zaťažuje konštantnou rýchlosťou predĺžovania 100 mm/min s presnosťou $\pm 10\%$. Východzia vzdialenosť medzi čel'ust'ami a teda upínacia dĺžka vzorky je $200\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$. Čel'uste skúšobného stroja musia udržať skúšobnú vzorku bez preklzavania a nesmú skúšobnú vzorku prerezávať alebo inak poškodzovať. Šírka čel'ustí nesmie byť menšia, ako je šírka skúšobnej vzorky.

Pre vykonanie skúšobných experimentov bolo zvolené skúšobné zariadenie LaborTest.

Šité spoje poťahových textílií boli doteraz hodnotené len z hľadiska maximálnej sily pri pretrhnutí šva bez ohľadu na veľkosť pretvorenia spoja v priebehu zaťažovania. Keďže spoje nanotextílie môžeme charakterizovať ako spoje s mechanickými spojovacími prostriedkami, pre stanovenie veľkosti *pretvorenia – posunutia v spoji* sme použili metodiku podľa BS EN 26891. Posunutie v spoji bolo zisťované od 10 % do 100 % z F_{\max} so stúpaním po 10 %. Podľa metodiky v uvedenej norme sa výpočtom stanovuje *modul posunutia* v intervale od 10 % do 40 % maximálneho zaťaženia.

$$k_s = 0,4F_{est} / v_{i,mod} \quad (1)$$

kde: F_{est} – maximálne zaťaženie
 v_i – modifikované počiatkové posunutie

$$v_{i,mod} = \frac{4}{3}(v_4 - v_1) \quad (2)$$

kde: v_4 – posunutie pri $0,4 F_{max}$
 v_1 – posunutie pri $0,1 F_{max}$

Modul posunutia spoja vyjadruje veľkosť sily potrebnej na vyvolanie jednotkovej dĺžkovej deformácie (posunutia). Predstavuje tiež strmosť silovo-deformačných kriviek.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pevnosť šitých spojov ovplyvňujú faktory, ktoré sa podieľajú na tvorbe šitého spoja jednak materiálovo – spájaný a spájací materiál, a jednak technologicky – hrúbka šijacej ihly, dĺžka stehu, typ spoja. Pri zaťažovaní šitého spoja metódou STRIP dochádza k priečnemu namáhaniu spoja a spôsobuje pri dosiahnutí maximálnej sily, poškodenie nití po celej šírke skúšobnej vzorky. Pri tejto skúške sa vyhodnocuje účinnosť spoja, ktorá by sa mala pohybovať do 80 % z hodnoty pevnosti spájaného materiálu. Hodnota účinnosti šitého spoja vyjadruje vhodnosť zvolených parametrov šitého spoja.

Zaťažovacou skúškou podľa uvedenej metodiky sme zistili maximálnu silu pri pretrhnutí šva na šitých spojoch vyhotovených obidvoma typmi nití pri dĺžkach stehu 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm a 4,5 mm (tab. 1).

Tab. 1 Maximálne sily pri pretrhnutí šva šitých spojov nanotextílie.

Tab. 1 The maximum strength at break seam sewn joints nanotextil.

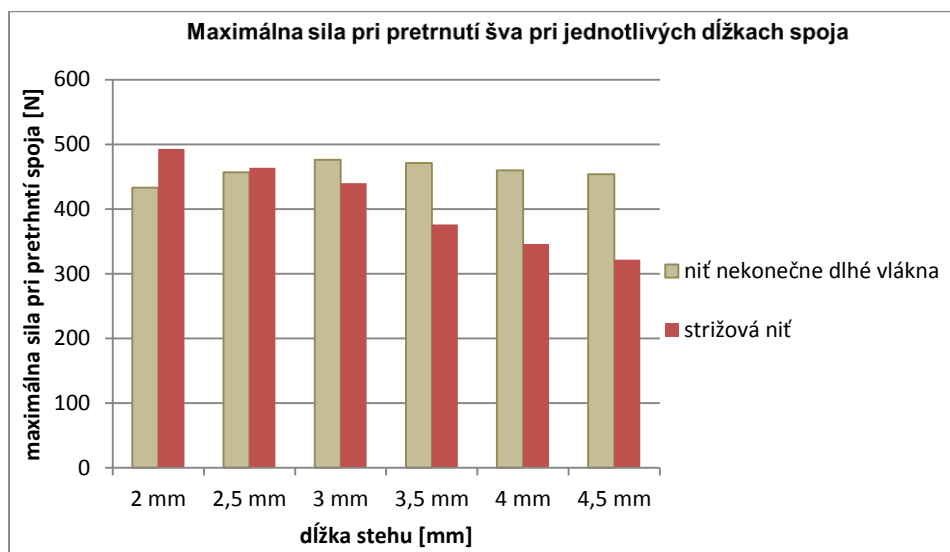
Dĺžka stehu [mm]	Maximálna sila pri pretrhnutí šva [N]					
	Niť – dlhé vlákna			Strižová niť		
	$\phi \bar{x}$ [N]	V [%]	Účinnosť spoja [%]	$\phi \bar{x}$ [N]	V [%]	Účinnosť spoja [%]
2	433	4,49	87	493	7,01	99
2,5	457	4,75	91	464	3,85	93
3	476	7,55	95	440	4,61	88
3,5	471	7,43	94	376	3,73	75
4	460	4,73	92	346	5,29	69
4,5	454	8	91	322	9,98	64

Podľa tabuľky 1 dosiahli spoje s niťou z dlhých vlákien vyhovujúce účinnosti pri všetkých dĺžkach stehu. Spoje s niťou zo strižových vlákien dosiahli pri dĺžkach stehu 3,5 mm, 4 a 4,5 mm účinnosť nižšiu ako všeobecne považované za potrebné.

Pri zaťažovaní šitých spojov tkaných textílií ťahom kolmo ma spoj dochádza k dočasnému narušeniu štruktúry spájaného materiálu – ústup nití vo šve a tým aj k dočasnému posunutiu spoja. Tieto posunutia sa po ukončení zaťažovania vrátia do pôvodnej polohy. Pri nanotextílií dochádza vplyvom zaťažovania k trvalému posunutiu v spoji vplyvom zarezania sa spojovacej nite do nanotextílie v miestach vpichu ihly a tým dochádza k trvalej deformácii spoja.

Pre možnosť stanovenia veľkosti deformácie - posunutia v spoji počas zaťažovania sme zaťažovaciu skúšku v ťahu rozdelili na 10 úsekov so stúpaním po 10 % maximálnej sily

pri pretrhnutí šva. Veľkosť posunutia v spoji v jednotlivých úsekoch zaťažovacej skúšky sme stanovovali výpočtom z rozdielu dĺžkovej deformácie skúšobnej vzorky so spojom a dĺžkovej deformácie skúšobnej vzorky nanotextílie bez spoja zaťažovanej rovnakou silou ako vzorku so spojom.



Obr. 6 Maximálne sily pri pretrhnutí šva.
Fig. 6 The maximum strength at break seam.

Tab. 2 Veľkosť posunutia v spoji – niť nekonečne dlhé vlákna.

Tab. 2 The amount of slip in the joint - thread infinitely long fibers.

zaťaž. sila [N]	dĺžka stehu 2 mm	dĺžka stehu 2,5 mm	dĺžka stehu 3 mm	dĺžka stehu 3,5 mm	dĺžka stehu 4 mm	dĺžka stehu 4,5 mm
10 % Fmax	1,52	1,99	1,06	2,84	1,12	1,68
20 % Fmax	2,16	2,19	1,82	2,39	1,78	2,28
30 % Fmax	2,54	2,83	2,4	3,15	2,34	3,25
40 % Fmax	3,14	3,47	3,22	3,87	3,1	4,41
50 % Fmax	3,68	3,99	4,02	4,78	3,92	5,02
60 % Fmax	4,28	4,57	4,78	5,55	4,7	5,91
70 % Fmax	4,88	5,36	5,66	6,47	5,48	6,71
80 % Fmax	5,64	6,32	7,08	7,27	6,68	7,47
90 % Fmax	7,74	8,46	9,76	8,57	8,4	8,27
100 % Fmax	11,65	9,74	13	9,19	11,6	9,68

Tab. 3 Veľkosť posunutia v spoji – niť strižové vlákna.

Tab. 3 The amount of slip in the joints - thread staple fibers.

zaťaž. sila [N]	dĺžka stehu 2 mm	dĺžka stehu 2,5 mm	dĺžka stehu 3 mm	dĺžka stehu 3,5 mm	dĺžka stehu 4 mm	dĺžka stehu 4,5 mm
10 % Fmax	0	0,3	1,22	2,12	2,12	1,52
20 % Fmax	0	1,48	1,82	3,02	3,02	2,12
30 % Fmax	0	1,9	2,38	3,72	3,82	2,82
40 % Fmax	0,68	2,12	2,7	4,64	4,64	3,52
50 % Fmax	1,02	2,14	3,12	5,48	5,5	4,3
60 % Fmax	1,52	2,48	3,7	6,04	6,26	4,9
70 % Fmax	2,28	3,08	4,32	6,92	6,96	5,48
80 % Fmax	3,32	3,92	5,22	7,62	7,76	5,86
90 % Fmax	6,4	5,18	6,22	8,3	8,56	6,42
100 % Fmax	10	8,12	7,78	9,41	9,52	7,32

Z nameraných hodnôt zaťažovacích síl a veľkosti posunutia spoja sme podľa vzťahu 1 stanovili moduly posunutia overovaných šitých spojov.

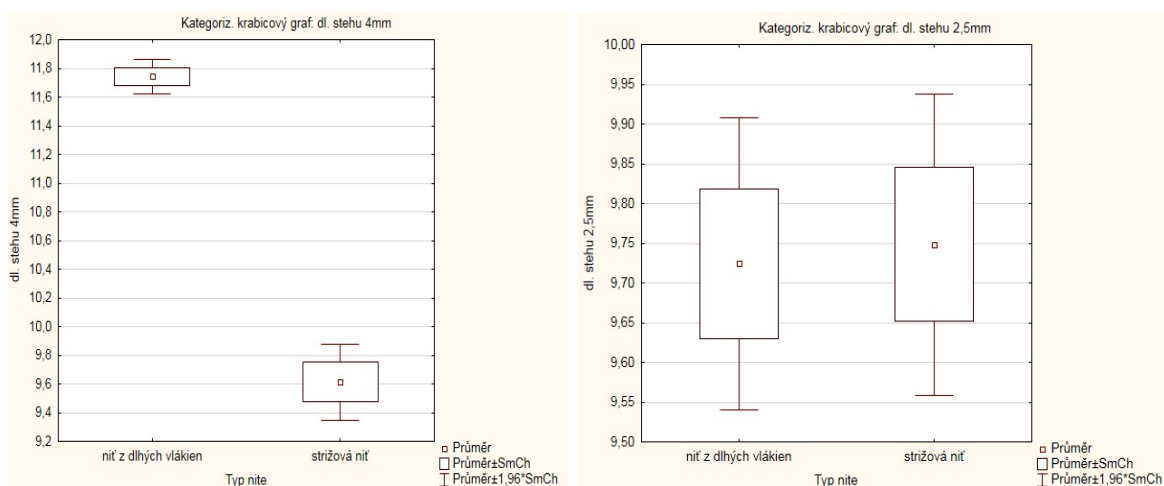
Tab. 4 Moduly posunutia overovaných šitých spojov.

Tab. 4 Modules shift verified sewn joints.

Dĺžka stehu	Modul posunutia k_s [N/mm]	
	niť – dlhé vlákna	strižová niť
2,0 mm	80	217
2,5 mm	93	76
3,0 mm	66	89
3,5 mm	145	18
4,0 mm	70	16
4,5 mm	67	49

Experimenty ukázali, že dĺžka základných filamentov – vlákien spojovacej nite ovplyvňuje veľkosť posunutia v spoji. Pri spojoch, kde spojovacím prvkom bola niť z nekonečne dlhých vlákien sa ako najvýhodnejší prejavil spoj s dĺžkou stehu 3,5 mm. Ako celkovo najvýhodnejší spoj bol na základe stanovenia modulu posunutia vyhodnotený spoj, kde spojovací prvok bola strižová niť s dĺžkou stehu 2 mm. Pri tomto spoji nastalo prvé posunutie až pri zaťažovaní 40 % F_{max} .

Pri štatistickom vyhodnotení posunutí v spoji pri dosiahnutí sledovaných šitých spojov sa jednoznačne preukázalo, že pri spojoch, kde spojovacím prostriedkom bola niť zo strižových vlákien, sa so stúpajúcou dĺžkou stehu toto posunutie znižuje avšak znižuje sa aj dosiahnutá F_{max} (obr. 7).



Obr. 7 Štatistické porovnania posunutí v spojoch.
Fig. 7 Statistical comparison of the displacement of joints.

ZÁVER

Pevnostné a pružnostné charakteristiky šitých spojov poťahových materiálov významne ovplyvňujú kvalitu čalúneného nábytku. Vlastnosti šitých spojov zas ovplyvňujú faktory, ktoré vstupujú do procesu tvorby šitého spoja. Cieľom našich experimentov bolo overiť vplyv konštrukcie spojovacieho materiálu – nite a dĺžky stehu na pevnostné a deformačné vlastnosti spojov podľa metodiky STRIP – ťahom kolmo na šev.

Zo získaných výsledkov vyplynuli nasledovné poznatky:

- z hľadiska F_{\max} možno konštatovať, že niť z vlákien nekonečnej dĺžky vyhovuje pre všetky skúmané dĺžky stehu – účinnosť spoja je nad 80 %,
- z hľadiska deformačných charakteristík spoja hodnotených podľa modulu posunutia vyplýva, že šité spoje, kde spájacím prostriedkom bola niť z dlhých vlákien, mali najvýhodnejší modul posunutia pri stehu dĺžky 3,5 mm,
- pri hodnotení šitých spojov podľa modulu posunutia, kde spájacím prostriedkom bola strižová niť možno konštatovať, že pre tento typ nite je vhodnejšie použiť kratšiu dĺžku stehu.

Z pohľadu navrhovania šitých spojov pre výrobu poťahov čalúneného nábytku považujeme za vhodné uvedené statické pozorovania overiť cyklickým zaťažovaním, ktoré pri používaní čalúneného nábytku vzniká a zaťažuje šité spoje.

LITERATÚRA

- AKGUN, M. 2015. Effect of Yarn Filament Fineness on the Surface Roughness of Polyester Woven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(2): 121–128.
- BS EN 26891, 1991. Timber structures. Joints made with mechanical fasteners. General principles for the determination of strength and deformation characteristics.
- DAUKANTIENE, V. – LAPINSKIENE, M. 2012. Influence of the Deformation Mode on Seam Slippage in Woven Fabrics. *Fibers and Polymers* 2012, 13(8): 1086–1093.
- ERTAŞ, O.G.- ZERVENT ÜNAL, B.- CELIK, N. 2015. Analyzing the effect of the elastane-containing dual-core weft yarn density on the denim fabric performance properties. *Journal of the Textile Institute*, Publisher: Taylor and Francis Ltd. 11p. ISSN 0040-5000.
- EZAZSHAHABI, N. - MOUSAZADEGAN, F. - SAHARKHIZ, S. - LATIFI, M. 2015. Determining Formability Function of Worsted Woven Fabrics in Terms of Fabric Direction. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(2): 1–8.
- GIBSON, P. - SCHREUDER-GIBSON, H. - RIVIN, D. 2001. Transport properties of porous membranes based on electrospun nanofibers. *Colloids and surfaces a-physicochemical and engineering aspects*. No 187, p. 469–481.
- ISO 4915, 1991: Textiles. Stitch types. Classification and terminology.
- ISO 13935-1, 2014: Textiles. Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles. Part 1: Determination of maximum force to seam rupture using the strip method.
- LIAO, X. - LI, J. - HU, J. - WU, X. - LI, G. 2014. A simultaneous measurement method to characterize touch properties of textile materials. *Fibers and Polymers*, 15(7): 1548–1559.
- RENGASAMY, R. S. – SAMUEL WESLEY, D. 2014. Study on Dynamic Needle Thread Tensions in a Single Needle Lock Stitch (SNLS) Sewing Machine. I. Effect of Stitch Length, Check Spring Tension, Fabric Feed Timing and Needle Thread In-take Length. *Fibers and Polymers*, 15(8): 1766–1772.
- RODIONOV, V. A. – BLAGUSHINA, E. V. – DORIOMEDOV, M. S. 2013. Determination of strength properties of sewing seams in technical articles produced by combined sewing threads. *Fibre Chemistry*, 43(3): 175–179.
- RUDOLF, A – GERŠAK, J. – UJHELYIOVA, A. – SMOLE, M. S. 2007. Study of PES Sewing Thread Properties. *Fibers and Polymers*, 8(2): 212–217.
- SODOMKA, L. 2002. *Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií*. Liberec : TU, 281 s., ISBN 80-7083-645-8.
- SUBBIAH, T. - BHAT, GS. - TOCK, RW. - PARARNESWARAN, S. - RAMKUMAR, S. 2005. Electrospinning of nanofibers. *Journal of applied polymer science*, 96(2): 557–569.

Adresa autorov

Ing. Anna Vilhanová, PhD.
doc. Ing. Vojtěch Navrátil, CSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov
T.G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
anna.vilhanova@tuzvo.sk

