

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE A ŘÍZENÍ KONFEKČNÍ VÝROBY

**ANALÝZA Vlivu POUŽITÉHO STEHU A ŠVU NA VODIVOST
ANTISTATICKÝCH KONFEKČNÍCH VÝROBKŮ**

Analysis of the influence of the used stitch and seam on the antistatic apparel
conductivity

Evid.č. 443/09

Autor bakalářské práce: Aneta Malínková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivana Dosedělová

Rozsah práce:

Počet stran textu: 43

Počet obrázků: 18

Počet tabulek: 8

Počet grafů: 5

Počet příloh: 6

Zadání bakalářské práce
(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Prostějově, dne 18.5.2009

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Ivaně Dosedělové a RNDr. Ludmile Brichtové za konzultace a připomínky k obsahu a formě této bakalářské práce. A dále panu Ing. Vladimírovi Ohlídalovi CSc. za poskytnuté cenné informace, rady a celkový přínos při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vlastností antistatických šicích nití a textiliemi firmy VÚB a.s. se sídlem v Ústí nad Orlicí. Hlavním cílem bakalářské práce bylo zhodnocení použití vybraných zástupců stehů, švů a hustoty stehu na vodivost při použití různých druhů antistatických šicích nití a při jejich aplikaci do konfekčně využitelných textilií na antistatické ochranné oděvy.

V teoretické části budou popsány elektrické vlastnosti a použití antistatických šicích nití u druhů švů a stehů v ochranných konfekčních výrobcích.

V experimentální části bude měřen odpor daných vzorků s následným vyhodnocením jejich naměřených hodnot.

KLÍČOVÁ SLOVA: antistatická šicí nit, steh, šev, vodivost

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the question of the quality of the antistatic sewing threads and textiles of VÚB a.s., based in Ústí nad Orlicí. The principal aim of the thesis is to evaluate the use of selected examples of stitches, seams and the stitch density on the conductance while using various kinds of antistatic sewing threads, and applying them in ready-made available textiles to antistatic protective clothing.

In the theoretical part, the electrical characteristics and the application of the sewing thread at variety of seams and stitches in the protective ready-made clothing are described.

The electrical resistance of the samples in question is measured and the measured values are evaluated afterward in the experimental part.

KEY WORDS: antistatic sewing thread, stitch, seam, conductance

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ba	bavlna
PAD	polyamid
PES	polyester
s	směrodatná odchylka
t	teplota [°C]
v	variační koeficient [%]
\bar{x}	průměr

OBSAH

Úvod	9
1. Šicí nitě	11
1.1 Rozdělení šicích nití	11
1.1.1 Podle materiálového složení	11
1.1.2 Podle struktury a technologie výroby	12
1.2 Označování šicích nití	12
2. Antistatické šicí nitě	14
2.1 Přehled používaných vodivých a nevodivých vláken	14
2.2 Konstrukce antistatických šicích nití	16
2.3 Požadavky na antistatické šicí nitě a jejich vlastnosti	17
3. Elektrické vlastnosti látek	19
3.1 Vedení proudu v pevných látkách	19
3.2 Elektrostatický náboj	20
3.2.1 Vznik elektrostatického náboje vlákna	21
3.2.2 Omezení elektrostatického náboje	23
3.3 Elektrická vodivost a odpor jako fyzikální veličina	23
3.4 Elektrická vodivost a odpor jako vlastnost délkových textilií	25
4. Druhy stehů a švů	26
4.1 Stehy	26
4.2 Švy	27
4.3 Vliv prošití na vodivost textilie	28
5. Antistatické oděvy	32
5.1 Rozdělení antistatických oděvů	32
5.2 Označení antistatických oděvů	33
5.3 Antistatické plošné textilie a jejich struktura	34
6. Analýza používaných stehů a švů při aplikaci antistatických šicích nití do konfekčních výrobků	36
7. Testování elektrostatických vlastností textilií	39
8. Experimentální část	41
8.1 Popis testovaných materiálů	41

8.2	Výběr druhů stehů a švů	43
8.3	Příprava vzorníků	45
8.4	Použité stroje a zařízení	46
8.5	Postup měření	48
8.6	Vyhodnocení naměřených dat	50
9.	Závěr	56

Úvod

V současné době dochází k neustálému zdokonalování šicích nití. Vlastnosti šicích nití jsou určovány jednak druhem a kvalitou vlákenné suroviny, ale také konstrukcí nitě a její doúpravou ovlivňující vlastnosti šicích nití. Je velmi důležité sladit vlastnosti šicích nití s šitým druhem materiálu a funkcí, kterou má výrobek ve finální podobě plnit. Má totiž spolu s šitým materiálem rozhodující vliv na kvalitu oděvního výrobku.

Nutnost vývoje antistatických šicích nití, úprav a textilií si vyžádal rozvoj a zpracování syntetických vláken. Týká se ale i vláken přírodních. Ty ale mají menší sklon k hromadění statického náboje především vzhledem k jejich vyšší elektrické vodivosti.

Velkým problémem je statická elektřina. Jakákoliv manipulace s látkami a materiály schopnými se elektrizovat, např. při tření nebo těsném styku, vede ke vzniku elektrostatického náboje. Nemůže-li být náboj odváděn, může dojít k jeho nahromadění a za určitých podmínek k tomu, že se náboj vybije pomocí jiskrového výboje.

Elektrostatický náboj může být nebezpečný pro některé profese a prostředí díky vlivům, které v daném prostředí působí. Je příčinou řady nepříjemných problémů při zpracování i ve výsledném užívání. Může ohrozit zdraví lidí, způsobit výbuch hořlavých par a plynů nebo znehodnotit různé druhy elektronických součástek. Jedná se např. o prostředí čerpacích stanic, textilního, chemického a papírenského průmyslu, zdravotnictví a farmaceutického průmyslu a v neposlední řadě o prostředí elektrotechnického průmyslu a prostory pro speciálně čisté provozy.

Jednou z příčin poškození elektrostatickým výbojem je prostřednictvím oděvů, na kterých může být generována statická elektřina. Všechny oděvy chránící proti elektrostatickému výboji musí splňovat požadavky příslušných norem. Antistatické materiály použité na tyto ochranné oděvy jsou doplněny o vodivé vlákno.

Z firem u nás zabývajících se výrobou a výzkumem přízí, především pro speciální a technické účely, je společnost VÚB a.s. Ústí nad Orlicí, kde již došlo k několika zásadním technologickým inovacím. Jednou z nejvýznamnějších je technologie rotorového předení a zahájení výroby první rotorové přádelny na světě, čímž předstihli řadu zemí.

Tato bakalářská práce se dá rozčlenit do dvou částí – teoretickou a experimentální. Teoretická část se zabývá elektrickými vlastnostmi a požadavky antistatických nití a textiliemi. Druhy stehů a švů používaných u antistatických ochranných oděvů a jejich

platnými normami. Druhá, experimentální, část je zaměřena na vytvoření vzorníků a měření jejich odporů s jejich následným vyhodnocením naměřených hodnot. Cílem této práce je vyhodnotit vlastnosti dodaných vzorků šicích nití, vliv jednotlivých stehů, švů a hustoty stehu šitých antistatickými nitěmi na výslednou vodivost textilních výrobků.

1. Šicí nitě

Šicí nitě řadíme do drobné textilní přípravy. Šicí nitě neplní v dnešní době jen funkci spojovací, začišťovací a ozdobnou textilních materiálů, ale také svými charakteristickými vlastnosti doplňuje a přispívá k finálním vlastnostem výrobků, konkrétně v tomto případě konfekčního oděvu.

Šicí nit můžeme definovat jako délkový textilní útvar kdy jeden rozměr, konkrétně délka, převyšuje o několik řádů rozměr druhý, tedy průměr. Je tvořena z jedné nebo několika přízí skaním nebo jinou technologií.

Jejich kvalitu můžeme posuzovat z hlediska užitných vlastností neboli jak plní svoji funkci v konfekčním oděvu i po jeho údržbě a z hlediska zpracovatelských vlastností, kterými jsou myšleny šicí schopnosti nitě. Ke zlepšení kvality bývají podrobeny zvláštním úpravám podle požadavků na konkrétní šicí nit.

Vývoj směřuje již několik let k výrobě spíše syntetických nití, nejvíce polyesterových. Je to především z toho důvodu, že disponují větší pevností, pružností a jsou celkově odolnější. Z přírodních materiálů je to stále bavlna, přírodní hedvábí apod. .

1.1 Rozdělení šicích nití

Šicí nitě lze rozdělit z několika hledisek podle různých kritérií.

1.1.1 Podle materiálového složení

- nitě z přírodních vláken
 - bavlněné
 - lněné
 - z přírodního hedvábí
- nitě z vláken přírodního polymeru
 - viskózové
- nitě z vláken syntetického polymeru
 - polyesterové
 - polyamidové

- speciální nitě
 - jedná se o nitě, které díky svým vlastnostem, speciálnímu materiálu a složení jsou používány pro zvláštní účely
 - do této skupiny můžeme zařadit jak antistatické šicí nitě, tak speciální nehořlavé, antibakteriální, chirurgické, teflonové apod. [1]

1.1.2 Podle struktury a technologie výroby

- staplové, střížové - příze z vláken přirozené nebo dělené délky
- hedvábné
 - monofilové - jedná se o jedno nekonečné vlákno
 - multifilové - jedná se o více nekonečných vláken
- jádrové - vyrobeny opředěním, obeskáním jádra
- zvláštní, speciální - elastické, tmelené apod. [1]

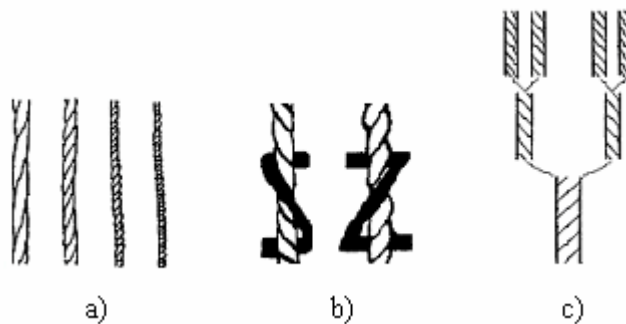
Dále se šicí nitě mohou rozdělovat např. podle použití, úpravy, konstrukce nití a dalších hledisek.

1.2 Označování šicích nití

Označování šicích nití se provádí podle platných norem a zvyklostí. Na každé cívce s nití je několik důležitých údajů, kterými jsou: označení jemnosti, druh suroviny, název a výrobce, délka návinnu a etiketní číslo. Označování šicích nití tzv. etiketním číslem je funkcí průměru šicí nitě, které pomáhá určit číslo strojní šicí jehly. Pro velkoodběratele se někdy mohou uvádět i např. některé fyzikální vlastnosti, počet zákrutů a další charakterizující parametry. U většiny šicích nití je jemnost uváděna v texech, která vyjadřuje hmotnost šicí nitě v gramech na jednotku délky 1000 m.

Přízím se před seskáním v nit dodává zákrut. Tento zákrut dodává jak potřebnou pevnost výsledné nitě, tak i zajišťuje jejich soudržnost. Zákrut příze a šicí nitě je vždy opačný. Zákrut přízí a skaných nití je významný pro výsledný charakter příze i šicích nití. Konkrétně směr zákrutu (obr.1 b) a počet zákrutů (obr.1 a). Pro tyto parametry se používá označení směru zákrutu Z - pravotočivá a směru zákrutu S - levotočivá.

Šicí nitě jsou převážně přímo skané, tzn. že šicí nit se skládá ze dvou, tří, výjimečně čtyř jednoduchých nití. K označení skaní se používá symbolu \times nebo $/$ s číselnou hodnotou za symbolem, která udává počet seskaných nití. Dalším způsobem skaní je tzv. vícenásobné, kterým se dosahuje hrubých tlouštěk. Pro zvláštní použití je možné šicí nitě vyrábět z více nití (obr.1 c).



Obr.1: Schématické zobrazení nití [2]

2. Antistatické šicí nitě

Antistatické úpravy šicích nití mohou mít dočasný nebo trvalý efekt. Všeobecně se dává přednost úpravám trvalým před dočasnými, které nezaručují stabilitu a stálost antistatických vlastností. Trvalých úprav se dosahuje pomocí tzv. vodivých vláken.

Speciální skupinu šicích nití tvoří právě antistatické šicí nitě. Tyto šicí nitě tvoří ve výrobku kromě typických funkcí jako jsou spojovací apod., které byly již jmenovány, také funkci vodivého prvku. Ten ve spojitosti s antistatickými oděvy zlepšuje nebo dodává výsledné vlastnosti konfekčnímu výrobku.

Antistatické šicí nitě jsou nejčastěji složeny z konstrukcí vodivých přízí, které obsahují vodivé a nevodivé podíly, které se dále seskávají s přízemi např. ze syntetických vláken. Právě s použitím směsí s běžnými textilními vlákny lze ladit výslednou vodivost i v rozsahu několika řádů. Vodivé příze jsou vytvářeny z vodivých vláken různými technologickými postupy, které jsou patentovány výrobci.

2.1 Přehled používaných vodivých a nevodivých vláken

Právě vodivá vlákna jsou jedním z nejefektivnějších způsobů k získání antistatických šicích nití odstraňující elektrostatický náboj. Jsou to především kovová vlákna a vlákna s uhlíkovým podílem, která jsou nejpoužívanější. Vodivá vlákna mohou mít různou konstrukci, která není stanovena žádným předpisem ani normou a je dána pouze technologií daného výrobce.

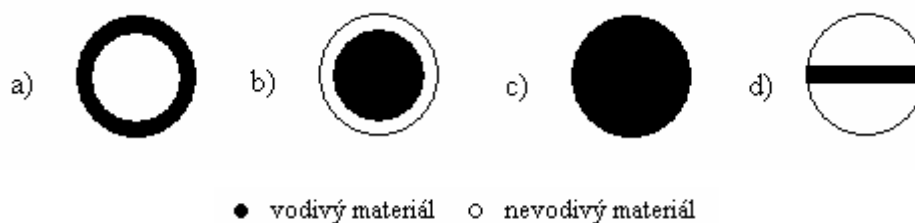
Rozdělení nejčastěji používaných vodivých vláken:

- Kovová - u kovových vláken je velikost vodivosti závislá na použitém kovu. Vlákna mohou být např. měděná, ocelová, stříbrná apod., obtížně se směsují s jinými vlákny, jsou křehká, mají nízkou odolnost proti ohybu a kovový omak.
- Uhlíková - vlákna z polyakrilonitrilové suroviny obsahující více jak 90 % uhlíku. Atomy uhlíku jsou spojovány v mikroskopické krystaly, které jsou více či méně přizpůsobeny paralelně k podélné ose vlákna. Vzhledem ke svým výborným vlastnostem jako je elektrická vodivost, pevnost apod. se uplatňuje v řadě oborů.

- Aditivovaná uhlíkem - vlákna jsou aditivovaná částicemi uhlíku, která jsou rovnoměrně rozložena ve struktuře vlákna, ne na jeho povrchu, čímž je výrazně ovlivněna životnost funkčních vlastností vlákna. Jejich nevýhodou je jejich černá barva.
- Vlákna s povrchovým nánosem - např. pokrytím kovovými solemi např. sulfidem měďnatým, který je chemicky nebo jiným způsobem nanesen na povrch vlákna. Vyznačují se spíše nižší vodivostí oproti ostatním vodivým vláknům, a proto jsou určena do méně náročných aplikací. Naopak výhodou je snadná zpracovatelnost těchto vláken s jinými vlákny. [3]

Rozdělení vodivých vláken podle jejich konstrukce:

- Vlákno s vodivým povrchem
- Vlákno s vodivým jádrem
- Vodivé vlákno
- Hybridní vodivé vlákno



Obr.2: Řez vodivými vlákny [3]

Většina polymerních látek se chovají jako nevodiče. Z těchto látek jsou to především vlákna polyesterová, která jsou nejpoužívanější, polypropylenová a polyamidová při výrobě antistatických šicích nití.

Polypropylenová a polyesterová vlákna jsou velmi hydrofobní vlákna což způsobuje, že se vlákna chovají jako izolanty a mohou se nabíjet statickou elektřinou. Třou-li se tato vlákna s jinými vlákny, nabíjí se většinou záporně a druhý materiál kladně vzhledem k tomu, že stojí tato vlákna blíže k zápornému konci triboelektrické řady (viz tab. 2, 3). Jejich měrný odpor je 10^{16} - $10^{18} \Omega m$ při $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 65 %.

Polyamidová vlákna jsou vlákna s nízkou navlhavostí, která dosahují při $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 65 % měrného odporu 10^{10} - $10^{11} \text{ } \Omega\text{m}$. Tato vlákna jsou blíže ke kladnému konci v triboelektrické řadě. To znamená, že při tření s většinou vláken se nabíjejí kladně.

Z používaných přírodních vláken, rozdílným od výše zmiňovaných vláken, chovající se jako nevodič je bavlna.

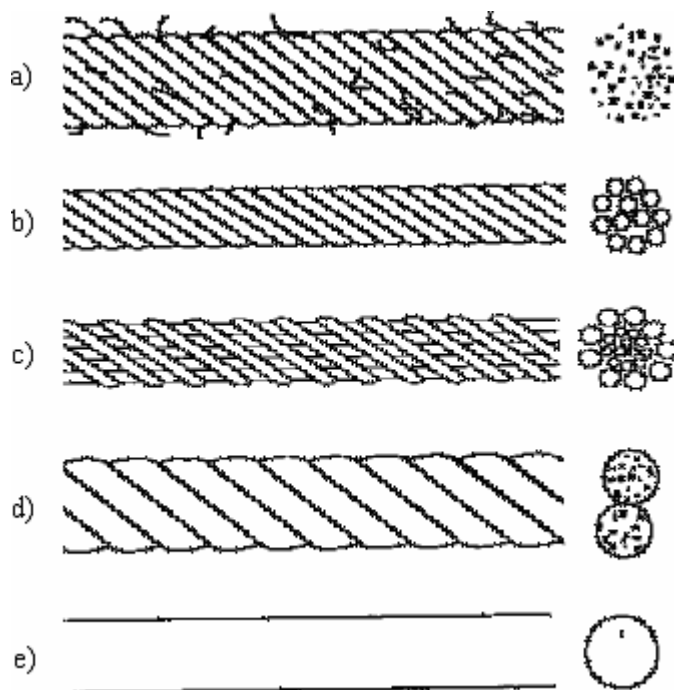
U bavlněných vláken, vzhledem k jejich velké navlhavosti, roste s vlhkostí i jejich elektrická vodivost. Měrný odpor je $2 \cdot 10^7 \text{ } \Omega\text{m}$ při $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 65 %. [9]

2.2 Konstrukce antistatických šicích nití

Každá šicí nit má svoji konstrukci velmi ovlivňující vlastnosti a odolnost výsledné nitě. Základem antistatických nití je jednoduchá příze (obr.3 a) spolu s vodivými přízemi, popř. přímo s kovovými vlákny, popř. jejich částicemi, které jsou různými technologiemi zpracovány do šicích nití.

Možnosti vytvoření antistatických šicích nití jsou:

- z nekonečných vláken tzv. multifilamentární, kdy příze z nekonečných vláken jsou rovnoběžně uloženy a zpevněny zákrutem, popř. ochranným zákrutem nebo tvarována vzduchem v šicí nit (obr.3 b)
- jádrové šicí nitě, které se skládají z jádra - vnitřní části nitě, která je většinou z nekonečných vláken a obalu, kterým je opředeno, obeskáno jádro a to nejčastěji staplovými přízemi (obr.3 c)
- seskáním délkových tzv. staplových přízí (obr.3 d)
- tzv. monofilové šicí nitě vyráběné z termoplastických polymerů, při jejichž výrobě se do polymeru přidávají vodivé částice zajišťující permanentní antistatické vlastnosti (obr.3 e)



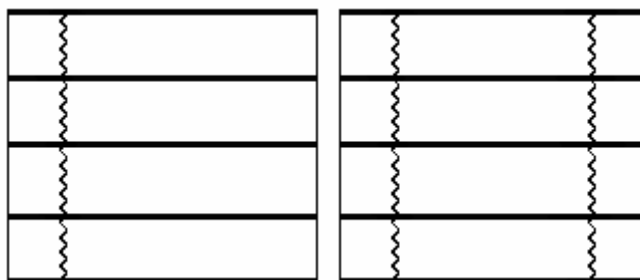
Obr.3: Konstrukce šicích nití [16]

2.3 Požadavky na antistatické šicí nitě a jejich vlastnosti

Vodivé příze vytvořené z vodivých vláken lze zpracovat do šicí nitě téměř jakoukoliv textilní technologií. Kvalita šicí nitě je ovlivněna již od kvality vlákenné suroviny a kvalitou jejím zpracováním do příze, konstrukcí a doúpravou.

Od antistatických šicích nití požadujeme mimo speciální funkce také vlastnosti, které jsou důležité pro jejich kvalitu, jako je tomu i u běžně používaných šicích nití. Aby švy a stehy vydržely namáhání při nošení oděvu a šicí nit namáhání při šití na šicím stroji musí mít především dostatečnou pevnost, vyhovující pružnost, tažnost, odolnost vůči oděru a jemnost. Aby se dále zabránilo přetrhům nitě při šití, musí být stejnoměrně seskaná, hladká bez nerovností a odolná vůči vyšším teplotám. V případě antistatických šicích nití je hlavním požadavkem, týkající se vlastností, tzv. její funkčnost. To znamená vytvoření vodivé cesty nebo zlepšení již existujících antistatických vlastností prostřednictvím této nitě, která se elektricky propojí s vodivou nití zakomponovanou v textilií daného výrobku, oděvu. Např. vodivými proužky ve tkanině, a to v případě dokonalého kontaktu při křížení vodivých cest. Vodivé cesty dosáhneme tedy kombinací antistatické šicí nitě, stehu a švu.

Pro dosažení co nejlepších vodivých vlastností lze předpokládat, že propojením a vytvořením více vodivých cest (obr.4) selepší výsledná vodivost. Na tuto funkčnost má dále obrovský vliv tzv. homogenita antistatické šicí nitě neboli stejnosměrnost rozložení vodivých vláken v přízi a následně v šicí niti. V niti, kde by nebylo dostatek vodivých vláken, by nemusela být výsledná nit vodivá celým svým průřezem a délkou. Tato nestejnomyěrnost by mohla mít za následek nevodivá místa na šicí niti a tím by byla omezena funkčnost nitě nebo by byla celá nefunkční.



Obr.4: Textilie s vodivými proužky prošitá antistatickou šicí nití

3. Elektrické vlastnosti látek

Elektrické vlastnosti látek ve spojení s textilními vlákny mají vliv jak na zpracovatelnost vláken, tak na jejich výsledné vlastnosti. K důležitým znakům vláken, které se řadí do elektrických vlastností patří vodivost a sní spojený odpor a elektrostatický náboj.

3.1 Vedení proudu v pevných látkách

Schopnost pevné látky vést elektrický proud charakterizuje vlastnost elektrická vodivost. Pevné látky můžeme pomocí konduktivity rozdělovat na tři typy (tab.1).

	rozsah konduktivity γ [$S \cdot m^{-1}$]	příklad
vodiče	$> 10^7$	stříbro
polovodiče	$10^7 - 10^{-8}$	křemík
izolanty	$< 10^{-8}$	textilní vlákna

Tab.1: Rozdělení látek podle konduktivity [4]

Aby docházelo ke vzniku elektrického proudu musí být splněny podmínky, že:

- o jsou přítomné volné nosiče náboje, tzv. valenční elektrony
- o látka se nachází v elektrickém poli, které je realizováno pomocí vnějšího zdroje elektrického napětí

Pevné látky můžeme dále rozdělovat podle elektronového toku při průchodu elektrického proudu. Ten je veden pomocí volných elektronů. Je to tedy uspořádaný pohyb částic s elektrickým nábojem. To jestli látka, po připojení na zdroj napětí, povede elektrický proud nebo ne závisí na její struktuře.

Vodiče mají krystalickou mřížku, která se skládá z kladných iontů - kationtů. Valenční elektrony jsou ke kationům vázány kovovou vazbou, která je slabá a z toho důvodu dochází k jejich odtržení. Tyto elektrony jsou vázány k atomovým jádrům zanedbatelnými silami a

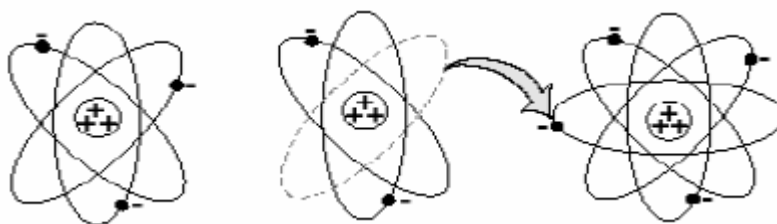
pohybují se neuspořádaným pohybem. Připojením ke zdroji elektrického napětí vyvolá elektrické pole unášivý pohyb elektronů od záporného pólu ke kladnému. U vodičů se vedení elektrického proudu účastní všechny valenční elektrony. Jejich pohyblivost je ovlivňována vnějšími podmínkami a tím je ovlivňována tedy i velikost vodivosti.

Na rozdíl od vodičů, v polovodičích a izolantech nejsou volné valenční elektrony. U polovodičů se vodivost zvyšuje s rostoucí teplotou, dopadajícím zářením a obsahem různých příměsí. Rozlišujeme dva typy vodivosti. Vodivost vlastní a nevlastní. Izolanty elektrický proud nevedou. Nevyskytují se v nich volné částice s elektrickým nábojem nebo se vyskytují pouze v zanedbatelném množství. [4]

3.2 Elektrostatický náboj

Nabíjení elektrostatickým nábojem vyžaduje jistý přesun náboje. Atom se skládá z kladných a záporných nábojů. Každý atom je složen z jádra a obalu, kde jádro je dále složeno z protonů a neutronů a obal z elektronů. Nositeli kladného náboje jsou protony, záporného potom elektrony. Neutrony jsou elektricky neutrální. V atomu, kde součet záporně nabitých elektronů je roven součtu kladných nábojů v jádru, nazýváme jako atom neutrální. Z toho vyplývá, že každá látka složená z neutrálních atomů je také neutrální.

Elektrostatický náboj je nejčastěji vytvořen kontaktem a následným oddělením dvou materiálů. Tento způsob vytvoření náboje je znám jako tzv. triboelektrické nabíjení. Některé atomy nemají přitažlivé síly mezi jádrem a obíhajícími elektrony pro udržení všech elektronů na oběžné dráze. V tom případě mohou být obíhající elektrony přitaženy k vedlejšímu atomu s větší přitažlivou silou a v atomu zůstává nadbytek kladných nábojů a stává se tak pozitivně nabitým. Naopak některé atomy mají vlivem přitažlivých sil tendenci přibrat záporné elektrony a stávají se tak z nich atomy nabitě negativně (obr.5). [5]



Obr.5: Přesun náboje [6]

Elektrostatický náboj souvisí s velikostí elektrického odporu vláken a tedy jejich vodivostí. Nevodivé materiály nejsou schopny vést elektrický proud. Na rozdíl od kovů nedochází tedy k odvedení náboje, tzn. k jeho vyrovnání, který se na materiálu kumuluje a vytváří tak elektrostatické pole a zůstává na povrchu jako tzv. statická elektřina.

Statická elektřina je definována jako elektrický náboj způsobený nerovnováhou elektronů na povrchu materiálu, vytvářející měřitelné elektrické pole, které působí na objekty v jeho blízkosti.[6]

Proces tvorby statické elektřiny můžeme rozdělit do tří fází. Při první fázi dochází k pohybu elektrického náboje tak, že se hromadí na jednom povrchu přebytek elektronů. Při druhé fázi vzniká na kontaktním mezipovrchu elektrická dvojvrstva, ale elektrostatická elektřina se stále neprojevuje, protože se celý systém jeví elektricky neutrální, vzhledem ke kontaktu obou povrchů. Při třetí fázi, při oddělení povrchů dochází ke vzniku statické elektřiny a jejímu případnému postupnému snižování v závislosti na měrném povrchovém odporu.[7]

3.2.1 Vznik elektrostatického náboje vlákna

Existuje šest základních mechanismů vzniku elektrostatického náboje:

- V případě, kdy je vlákno ve styku s kovem, nemohou volné elektrony přecházet z kovu, ale z izolátoru. To vede ke stavu, kdy se vlákna nabíjejí kladně.
- Pokud jsou na povrchu vlákna zásadité resp. kyselé skupiny, dochází při kontaktu s jinými polymery k jejich redistribuci. Počet pohybujících se částic exponenciálně roste s růstem teploty a při styku dvou polymerů se podle typu povrchových skupin nabíjí jeden kladně a druhý záporně. Podle velikosti těchto nábojů se konstruují triboelektrické řady, které podle vzdálenosti jednotlivých polymerů udávají velikost náboje. Čím vzdálenější jsou polymery od sebe, tím větší náboj vzniká (tab.2, 3).

Kladný náboj
Vlna
Nylon
Viskóza
Bavlna
Hedvábí
Acetát
Polyvinylalkohol
Polyester
Polyakrylonitril
Polyetylén
Polytetrafluoretylén
Záporný náboj

Tab.2: Triboelektrická řada podle Hershe a Montgomeryho [7]

Kladný náboj
Lidská kůže, králičí chlupy
Sklo
Slída
Lidské vlasy
Nylon
Vlna
Kůže
Olovo
Hedvábí
Hliník
Papír
Bavlna
Ocel
Dřevo
Jantar
Pečetní vosk
Nikl, měď, mosaz, stříbro
Zlato, platina
Síra
Acetátové hedvábí
Polyester
Silicon
Teflon
Záporný náboj

Tab.3: Triboelektrická řada [6]

- Vlivem tření, kdy dochází ke vzniku teplotního gradientu a pohyblivý náboj, elektrony, přechází z teplejších míst na studenější. Tento mechanismus nevyžaduje dva různé materiály.
- Pokud má jeden materiál na povrchu elektricky nabitou vrstvu, může při vzájemném kontaktu s jiným materiálem dojít k jejímu „stírání“ na původně nenabitý materiál.
- U některých materiálů dochází ke generování náboje při mechanickém napětí tzv. piezoelektrickému jevu. Většina orientovaných vláken má piezoelektrické projevy.
- Náboj se generuje vlivem zvýšené teploty, tzv. pyroelektrické vlastnosti, které má také většina vláken. [7]

Na materiálech, kde je vytvořen elektrický náboj může docházet k následujícím jevům:

- Elektrostatické přitažlivosti, která má za důsledek např. akumulaci prachu na povrchu textilií, špinění apod..
- Elektrostatické odpudivosti, která způsobuje např. špatné vrstvení textilií a pojení více vrstev.
- Elektrostatickému vybíjení způsobující jiskrové výboje, které mohou poškodit elektronické součástky nebo může dojít k explozi.
- Fyziologickým změnám jako je zvýšení krevního tlaku, únavy apod.. [7]

3.2.2 Omezení elektrostatického náboje

Negativním vlivům, které mohou vznikat v důsledku nahromadění elektrostatického náboje je možné zabránit.

Toho můžeme dosáhnout především výběrem vhodného materiálu, snížením vzájemného tření, snížení kontaktního tlaku a rychlosti vzájemného pohybu mezi materiály.

Odvod již vzniklého elektrostatického náboje lze docílit použitím vodičů, uzemněním všech objektů, zvýšením navlhavosti (hydrofilizace), zvýšením relativní vlhkosti vzduchu a antistatickými úpravami.

3.3 Elektrická vodivost a odpor jako fyzikální veličina

Elektrický odpor R můžeme definovat jako vlastnost bránící průchodu elektrického proudu I . Jednotkou elektrického odporu je ohm $[\Omega]$. S rostoucím odporem tedy logicky vyplývá, že klesá elektrická vodivost.

Elektrický odpor je závislý na měrném elektrickém odporu neboli rezistivitě ρ , délce vodiče l $[m]$ a průřezu S $[m^2]$. [8]

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad [\Omega] \quad (1)$$

Schopnost dobře vést elektrický proud popisuje elektrická vodivost. Čím větší je hodnota vodivosti, tím větší elektrický proud I prochází vodičem při stejném napětí U .

Hodnota elektrické vodivosti neboli také konduktance G je dána převrácenou hodnotou elektrického odporu neboli rezistance R .

S ohledem na Ohmův zákon, který vyjadřuje vztah mezi elektrickým odporem, proudem a napětím tedy platí:

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} \text{ [S]} \quad (2)$$

Jednotkou elektrické vodivosti je [Ω^{-1}] zvaný siemens [S].

Měrný elektrický odpor je významnou vlastností materiálů charakterizující el.vodivost. Je definovaný jako hodnota odporu na 1 m délky vodiče a průřezu 1 m². Je převrácenou hodnotou měrné elektrické vodivosti neboli konduktivity γ . Jednotkou měrného elektrického odporu je ohmmetr značený [Ωm]. [8]

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \text{ [\Omega m]} \quad (3)$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \text{ [\Omega m]} \quad (4)$$

Obdobně to platí i v opačném případě. Převrácená hodnota měrného elektrického odporu se rovná měrné elektrické vodivosti. Jednotkou měrné elektrické vodivosti je siemens na metr značený [$S m^{-1}$]. [8]

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \text{ [S m}^{-1}\text{]} \quad (5)$$

3.4 Elektrická vodivost a odpor jako vlastnost délkových textilií

Většina textilních vláken patří mezi elektrické izolanty. Působením vnějších vlivů, třením apod., může docházet ke vzniku elektrostatického náboje, který nevodivé materiály nejsou schopny odvádět. To je způsobeno skutečností, že všechny elektrony jsou vázané k atomovým jádrům nebo sdílené v kovalentních vazbách. Chybějí tudíž volné elektrony, které by mohly přenášet elektrický náboj. Jejich elektrická vodivost však není úplně nulová.

Pro charakterizaci vodivosti polymerů se používá měrného elektrického odporu. Vodivost vlákna σ_E o délce l_v a ploše příčného řezu S_v je definovaná jako poměr plošné hustoty proudu I/S_v a intenzity elektrického pole U/l_v . [7]

$$\sigma_E = \frac{I \cdot l_v}{U \cdot S_v} = \frac{G \cdot l_v}{S_v} \text{ [Sm}^{-1}\text{]} \quad (6)$$

Převrácenou hodnotou měrné elektrické vodivosti je měrný elektrický odpor R_E .

$$R_E = \frac{1}{\sigma_E} \text{ [\Omega m]} \quad (7)$$



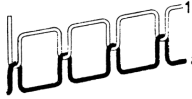
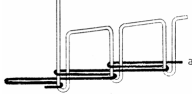
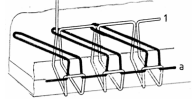
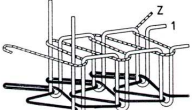
Klasická syntetická vlákna mají měrný elektrický odpor $10^{12} - 10^{14} \text{ }\Omega\text{m}$, antistatická vlákna $10^6 - 10^{10} \text{ }\Omega\text{m}$ a elektricky vodivá vlákna $10^{-7} \text{ }\Omega\text{m}$, nebo nižší. [7]

4. Druhy stehů a švů

4.1 Stehy

Steh můžeme definovat jako rovinný nebo prostorový útvar vytvořený skupinou šicího materiálu v šitém materiálu, jehož opakováním vznikne řádek stehů. Jejich hustotu vyjadřujeme nejčastěji počtem stehů na jednotku délky 1 centimetr.

Podle způsobu vytváření stehů můžeme dělit stehy na ruční a strojové, vázané a řetízkové a podle normy ČSN ISO 4915 (tab.4).

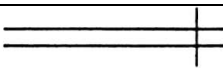
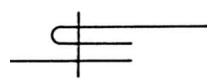
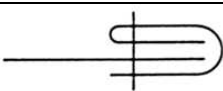
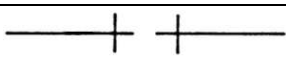
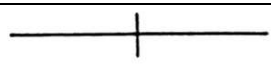
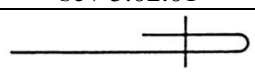
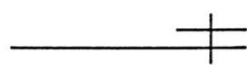
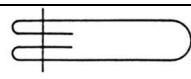
Třída stehů	Název tříd stehů	Rozsah druhů stehů	Příklad zobrazení stehů (1,2...- jehelní nitě; a,b...- spodní nitě; Z,Y...krycí nitě)
Třída 100	jednonitné řetízkové stehy	101-108	 steh č.101
Třída 200	ruční stehy	201-220	 steh č.201
Třída 300	vázané stehy	301-351	 steh č.301
Třída 400	vícenitné řetízkové stehy	401-417	 steh č.401
Třída 500	obnitkovací řetízkové stehy	501-522	 steh č.503
Třída 600	krycí řetízkové stehy	601-609	 steh č.602

Tab.4: Druhy stehů [10]

Norma ČSN ISO 4915 rozděluje, označuje, popisuje a zobrazuje různé druhy stehů do šesti tříd. Jednotlivé stehy jsou značeny třímístným číslem, kde první číslo značí třídu stehu a zbylé dvě značí druh stehu.

4.2 Švy

Podle normy ČSN ISO 4916 rozdělujeme švy do osmi základních tříd (tab.5).

Třída švů	Rozsah švů podle položení materiálů	Název tříd švů	Popis švů	Zobrazení švů
1.00.00	1.01-1.26	hřbetové švy	Vrstvy spojovaného materiálu položené na sebe a spojené v okraji.	 šev 1.01.01
2.00.00	2.01-2.46	přeplátované švy	Vrstvy spojovaného materiálu položené přes sebe.	 šev 2.02.01
3.00.00	3.01-3.32	lemovací švy	Okraj materiálu nebo vrstev materiálů se olemuje proužkem materiálu.	 šev 3.03.01
4.00.00	4.01-4.14	dotykové švy	Materiály ležící vedle sebe dotýkající se okraji.	 šev 4.01.01
5.00.00	5.04-5.44	ozdobné švy	Řádky nebo skupiny stehů vytvořené na jedné vrstvě materiálu.	 šev 5.02.01
6.00.00	6.01-6.08	obrubovací švy	K začištění okraje materiálu.	 šev 6.02.01
7.00.00	7.01-7.82	začišťovací švy	Řádky stehů vytvořené u okraje nebo přes okraj dvou a více vrstev šitého materiálu.	 šev 7.02.01
8.00.00	8.01-8.32	zajišťovací švy	K začištění okrajů navzájem.	 šev 8.06.01

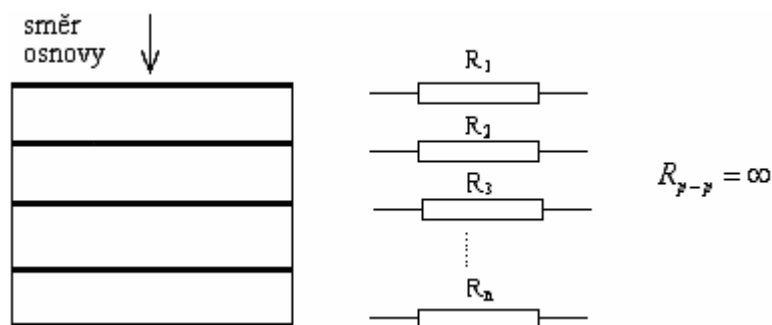
Tab.5: Druhy švů [11]

Šev můžeme definovat jako místo spojení dvou a více dílů oděvních materiálů šitím, lepením nebo jiným způsobem spojování. Vzdálenost od okraje šitého materiálu směrem ke stehovému řádku nazýváme jako švovou záložku. Šířka švové záložky vychází z norem výroby druhů oděvů. Je závislá na použité technologii, materiálu a typu oděvu. Švy mohou být zhotoveny v jedné nebo i ve více operacích spojování.

Norma ČSN ISO 4916 rozděluje, označuje, popisuje a zobrazuje různé druhy švů podle polohy spojuvaného materiálu. Jednotlivé švy jsou označeny pětímístným číslem, kde první číslo značí třídu, další dvě podrobněji popisují způsob polohy materiálu u švu a zbytek dvě způsob šití. Všechny švy jsou zobrazené v řezu. V případě vytvoření švu ve více operacích jsou zobrazovány ve finální podobě. Vzhledem k možnostem vytvoření švu na různých šicích strojích šijícími s rozdílnými stehy se při označování švů uvádí za / číslo typu stehu nebo jejich kombinace, kterými byl šev vytvořen.

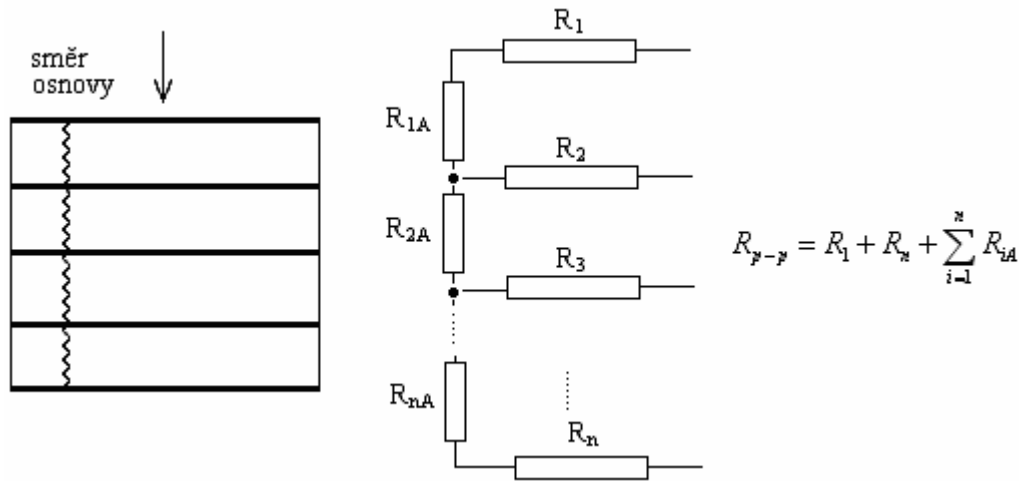
4.3 Vliv prošití na vodivost textilie

Jak již bylo uvedeno, kombinací stehu, švu a typu použité antistatické šicí nitě můžeme významným způsobem ovlivnit výslednou vodivost a funkčnost např. finálního oděvu. Velikost vodivosti výrazně ovlivňuje způsob provedení propojení a vytvoření vodivé cesty. Tímto způsobem, prostřednictvím vytvoření vodivé cesty lze docílit splnění vodivostních požadavků měřených v různých směrech vzhledem k ose výrobků, např. oděvů, podle norem. Z hlediska elektrotechniky, v místech kde se v elektrickém obvodu stýkají alespoň tři součástky dochází k rozdělování nebo ke spojování proudů. Tato místa nazýváme jako uzly. Pro příklad je uvedeno několik možných situací se zjednodušeným elektrickým schématem, které zobrazuje vodivé řádky textilie se způsobem propojení, prošití osnovy nití.



Obr.6: Schéma nepropojené textilie

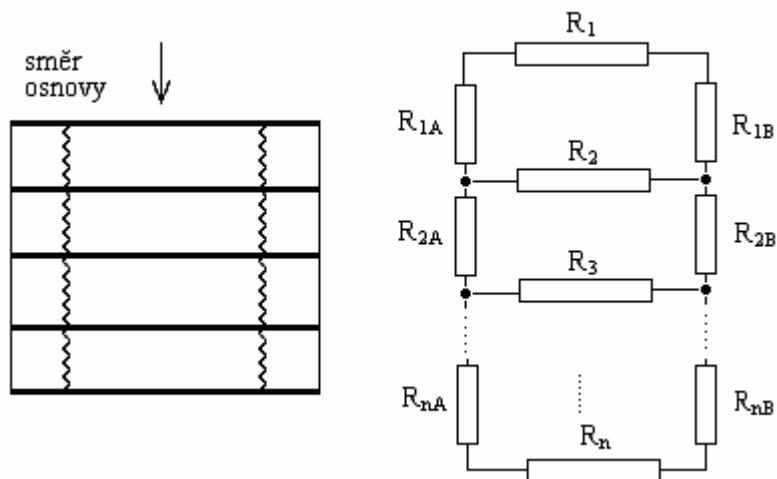
V prvním případě (obr.6) je antistatická textilie bez propojení antistatickou šicí nití. Tkanina je ve směru osnovy nevodivá.



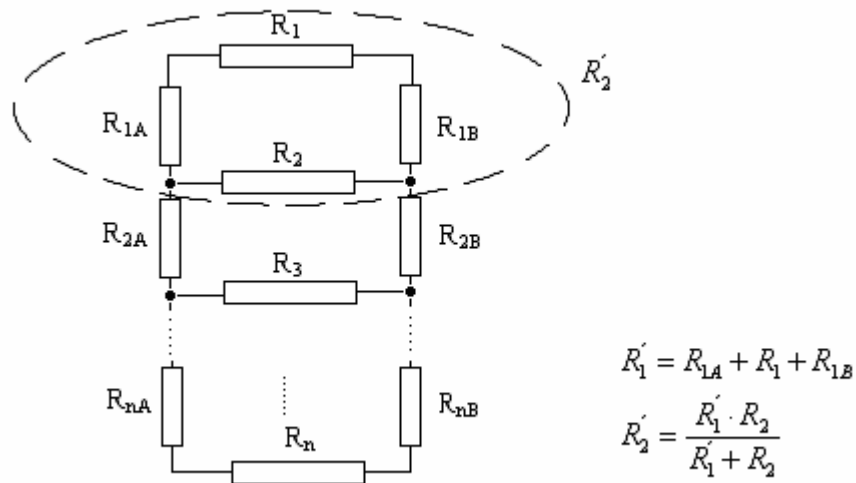
Obr.7: Schéma propojené textilie jedním stehovým řádkem

V případě druhém (obr.7) je textilie propojena jedním stehovým řádkem antistatickou šicí nití. Tkanina se vlivem použité vodivé homogenní šicí nitě, za předpokladu dokonalého kontaktu s vodivými řádky, stane vodivou kdekoli ve směru osnovy i mimo místo prošití.

a)

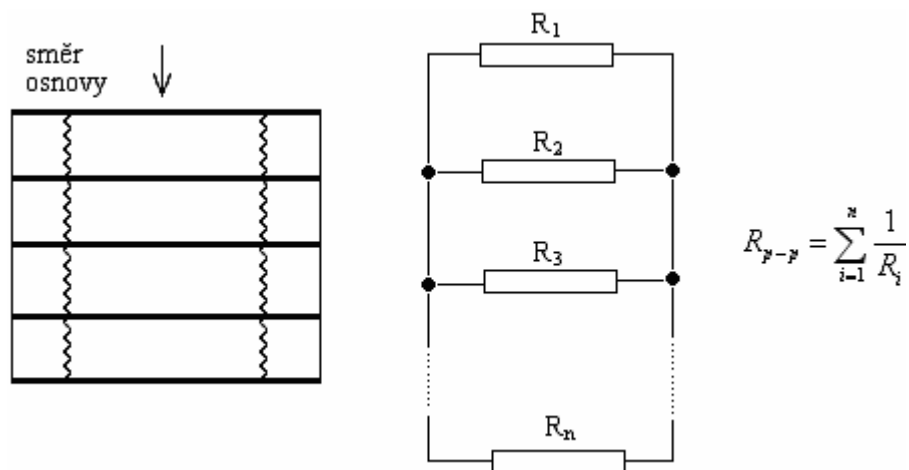


b)



Obr.8: Schéma propojené textilie dvěma stehovými řádky

V dalším případě (obr.8 a) je textilie propojena dvěma stehovými řádky antistatickou šicí nití. Vlivem propojením textilie dvěma řádky stehů se vytvoří dvě paralelní vodivé cesty a výsledný odpor se sníží a zvýší se vodivost ve směru osnovy více než v druhém případě. Jedná se o tzv. řetězový obvod, který se řeší postupným zjednodušováním (obr.8 b).



Obr.9: Schéma propojené textilie kovovou nití

V posledním případě (obr.9) jsou řádky textilie propojeny dvěma řádky kovovou nití. Tento způsob bude vykazovat nejlepší elektrickou vodivost v důsledku vlastnosti kovové nitě jako lepšího elektrického vodiče. Na obr.9 je znázorněn idealizovaný případ, který

předpokládá, že existuje dokonalý kontakt v místě křížení nitě s vodivým řádkem a odpory R_{nA} a R_{nB} jsou zanedbatelné k odporům R_n . Toto zjednodušení lze zdůvodnit tím, že délka úseku, který propojuje vždy dva sousední vodivé řádky, který nesmí být podle normy větší než 10 mm je mnohonásobně menší než vodivý řádek. Za těchto zjednodušujících předpokladů můžeme obecný případ z obr.9 převést na paralelní řazení odporů, kde každá další paralelní větev snižuje výsledný odpor a tím zlepšuje antistatické vlastnosti textilie.

5. Antistatické oděvy

Antistatické oděvy jsou typem ochranného oblečení, které je navrženo jako prostředek pro zabránění a omezení nežádoucích jevů, které mohou mít za následek vznik požárů, výbuchů nebo např. poškození elektronických součástek apod.. Oděvy s antistatickými vlastnostmi se často vyskytují v kombinaci s jinými speciálními funkčními vlastnostmi, např. antibakteriálními nebo nehořlavými, podle uplatnění oděvů.

Nejčastěji se nabízí ve formě trik, pláštěů, košil, polokošil, kalhot, bund, mikin, ale také ve formě pokrývek hlavy, funkčního prádla, rukavic a dalších textilních doplňků.

Vlastnosti ochranných antistatických oděvů jsou předepsány několika evropskými normami. Konkrétně normami ČSN EN 1149-5 a ČSN EN 61340-5-1. Mimo vlastností daných normou je důležitá také trvanlivost těchto vlastností po opakovaném ošetření jako je např. praní, žehlení apod.. Stejně tak se vyžadují vlastnosti jako u klasických oděvů. Vysoký komfort nošení, příjemný omak, prodyšnost apod..

5.1 Rozdělení antistatických oděvů

Antistatické oděvy můžeme rozdělovat do několika kategorií, podle využití v určitém prostředí.

- Antistatické oděvy pro čisté prostory - oděvy, které jsou určeny do čistých prostorů s předepsanou čistotou vzduchu s přísnými hygienickými podmínky jako jsou farmaceutický a potravinářský průmysl, zdravotnictví apod., vzhledem k tomu, že vlivem náboje by mohlo dojít k akumulaci prachových částic, které jsou v těchto prostorech nežádoucí.
- Antistatické oděvy pro ESD - oděvy určené do elektrotechnického průmyslu, kde musí být splněná podmínka pro ochranu elektrostaticky citlivých součástek proti elektrostatickému výboji.
- Antistatické oděvy pro prostory s nebezpečím výbuchu - oděvy určené především do prostorů, kde se manipuluje s hořlavými látky a hrozí riziko požárů jako jsou např. čerpací stanice a chemický průmysl.

5.2 Označení antistatických oděvů

Značení a varovná upozornění jsou důležité pro identifikaci citlivých součástek a ochranných prvků. Používají se především ke značení a varovnému upozornění k informaci uživatelů, že např. elektrostatické součástky jsou citlivé a je nutné dodržovat příslušná opatření, že oděv je chráněn proti statické elektřině apod., aby nedošlo k možným škodám.

Značení se provádí především použitím grafických symbolů, tzv. piktogramů, vycházející z evropských norem. Ty mohou být někdy doplněné nápisy popř. jejich zkratkami v jazyku příslušné země nebo v jednom ze světových jazyků. Jsou umístěny vždy na viditelném místě. Jednoznačnou výhodou těchto symbolů je snadnost porozumění bez znalosti jazyku.

Jedním z nejpoužívanějších piktogramů vycházející z normy ČSN EN 1149-5 je piktogram, který znamená ochranu proti statické elektřině (obr.10).



Obr.10: Ochrana proti statické elektřině [13]

Ve spojení s piktogramy a elektrostatickými vlastnostmi se můžeme setkat se zkratkami jako je ESD, ESDS a EPA, které znamenají:

- ESD (electrostatic discharge) - elektrostatický výboj
- ESDS (electrostatic discharge sensitive device) - součástka citlivá na elektrostatický výboj
- EPA (ESD protected area) - vyhrazený prostor ve kterém lze manipulovat se součástkami ESDS s přijatelným rizikem poškození, které souvisí s elektrostatickým výbojem nebo poli

Dalšími často vyskytujícími se piktogramy jsou ESD piktogramy vycházející z normy ČSN EN 61340-5-1 (obr.11). Jsou určeny k identifikaci součástí a dalších možných prvků, které jsou citlivé na ESD. Přeškrtnutý piktogram zobrazuje statickou citlivost součástky apod. a zakazuje dotyk bez příslušného opatření. Vedlejší piktogram označuje materiály, které chrání před ESD.



Obr.11: ESD piktogramy [6]

5.3 Antistatické plošné textilie a jejich struktura

Základním prvkem konstrukce plošných textilií jsou vazné body. Podle použité technologie výroby rozdělujeme plošné textilie na tkaniny, pleteniny a netkané textilie. Na antistatické oděvy jsou převážně používány pleteniny, které tvoří většinu vyráběných oděvů včetně prádla. Antistatické tkaniny jsou spíše využívány na výrobu pracovních pláštíků a netkané textilie pro technické účely.

Antistatických textilií můžeme dosáhnout několika způsoby. Impregnací materiálu antistatickým prostředkem, přímým pokrytím textilie vodivým materiálem nebo zakomponováním vodivých vláken do konstrukce textilií, který je nejčastější. Způsob zakomponování vodivých nití může být vzhledem k technologii různý.

U tkanin mohou být vodivé nitě zakomponovány:

- o vetkáním ve směru osnovy nebo útku, kterým dochází k vytváření řádků nebo sloupců z vodivé nitě
- o vetkáním jak ve směru osnovy, tak ve směru útku a vytváří tak na povrchu mřížku z vodivé nitě
- o vodivá vlákna jsou směřována s vlákny při výrobě příze a výsledná tkanina obsahuje vodivá vlákna po celé ploše nebo pouze ve směru osnovy či útku, na tkanině se vytváří tzv. melírovaný vzhled

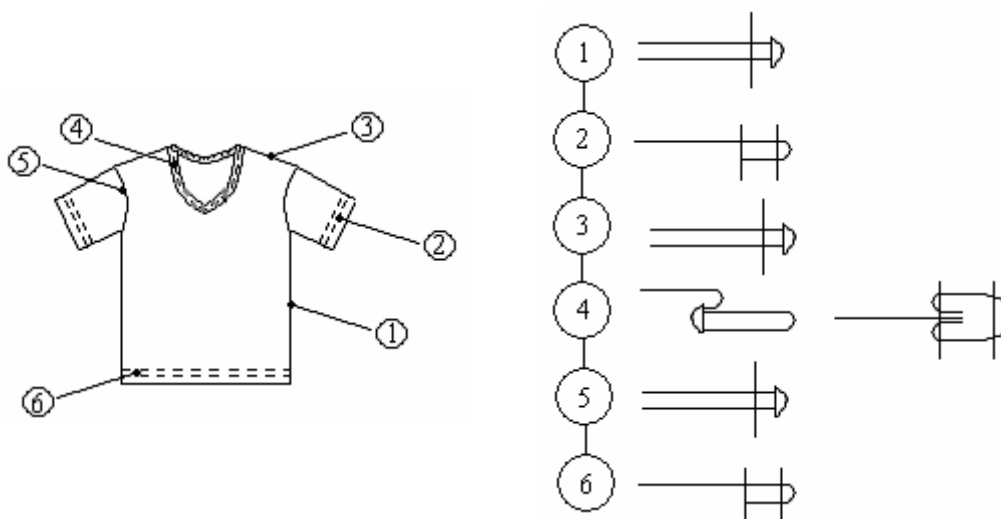
U pletenin je způsob zakomponování vodivých nití závislý na druhu a vazbě pleteniny:

- u zátažných pletenin jsou vodivé nitě uspořádány ve směru řádků
- u osnovních pletenin záleží na vazbě pleteniny, vodivé nitě mohou být usprádané ve směru sloupků a s použitím vhodné vazby uspořádaná i do mřížky

U netkaných textilií jsou vodivá vlákna mísená s vlákny, z kterých je následně plošná textilie vyrobena.

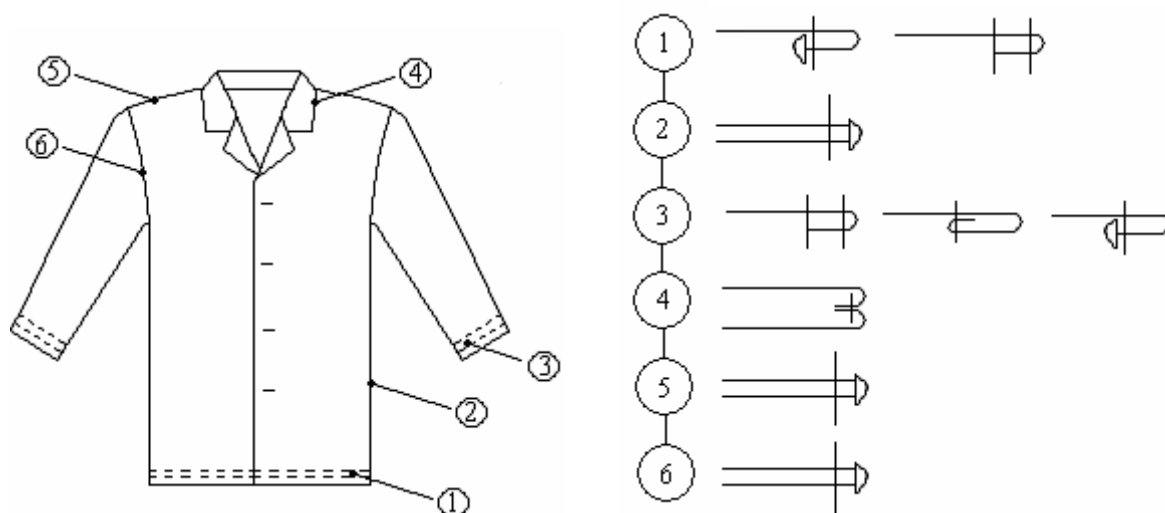
6. Analýza používaných stehů a švů při aplikaci antistatických šicích nití do konfekčních výrobků

Na základě nejčastěji vyráběných druhů antistatických oděvů různých výrobců byla provedena analýza použitých stehů a švů. Jak již bylo řečeno, nejčastěji se antistatické oděvy nabízí ve formě trik, pláštíů, košil, polokošil, kalhot, bund, mikin, funkčního prádla a dalších variantách pracovních oděvů. U většiny těchto oděvů je použití stehů a švů obdobné jako u běžných oděvů a je dáno technologickým zpracováním jednotlivých firem. Proto byly k posouzení vybrány tři druhy oděvů, které svými stehy a švy jsou obdobné u všech dalších oděvů. Konkrétně tričko z pleteniny (obr. 12), dlouhý plášť z tkaniny (obr.13) a pánský spodní kalhotový oděv dlouhý z pleteniny (obr.14).



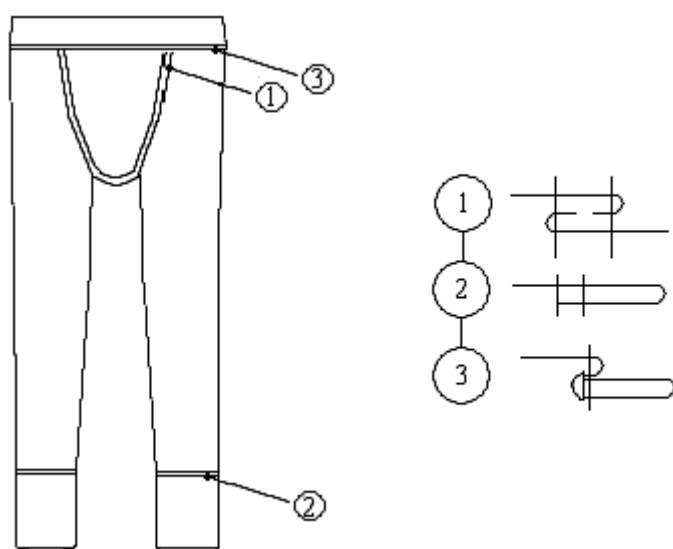
Obr.12: Schématické vyjádření švů - tričko

U oděvů z pletenin jsou používané stehy řetízkové. Dvou a vícenitné řetízkové stehy třídy 400, stehy krycí řetízkové třídy 600 a stehy tzv. začišťovací - obnitkovací řetízkové stehy třídy 500. Někteří výrobci místo stehů šitých antistatickou nití třídy 500 používají běžné nitě a doplňují tento steh stehem ze třídy 400 již antistatickou nití. Řetízkové stehy jsou používány především díky jejich pružnosti. Zajišťují tažnost švů a zabraňují páráni oček u pletenin. Ze švů nejvíce převládá široká řada typů hřbetových švů třídy 1.00.00 a méně potom obrubovacích švů třídy 6.00.00.



Obr.13: Schématické vyjádření švů - plášť

U oděvů z tkanin je na rozdíl od pletenin používáno stehů vázaných třídy 300, které se vykazují vysokou pevností a nižší spotřebou nití na rozdíl od stehů vícenitných řetízkových třídy 400 a stehů obnitkovacích třídy 500. Ze švů je to stejné jako u pletených výrobků. Široká řada typů hřbetových švů třídy 1.00.00 a méně potom obrubovacích švů třídy 6.00.00.



Obr.14: Schématické vyjádření švů - spodní kalhotový oděv

U prádlařských výrobků jsou používány stehy dvou a vícenitné řetízkové třídy 400, krycí řetízkové třídy 600 a stehy tzv. začíšťovací - obnitkovací řetízkové stehy třídy 500. Ze

švů jsou nejpoužívanější švy přeplátované třídy 2.00.00, švy obrubovací třídy 6.00.00 a lemovací třídy 3.00.00 v kombinaci se zmiňovanými stehy.

7. Testování elektrostatických vlastností textilií

Elektrické vlastnosti textilií hodnotíme podle jejich vodivosti. Jak již bylo uvedeno v kapitole elektrické vlastnosti, vodivost je převrácenou hodnotou elektrického odporu. U textilií posuzujeme vlastnosti na základě měření povrchové rezistivity a odporu mezi dvěma body atd., pomocí rezistančních setů. Testování elektrostatických vlastností, elektrických odporů textilií, je podmíněno normami ČSN EN 1149-1, 3, 5 a ČSN EN 61340-5-1.

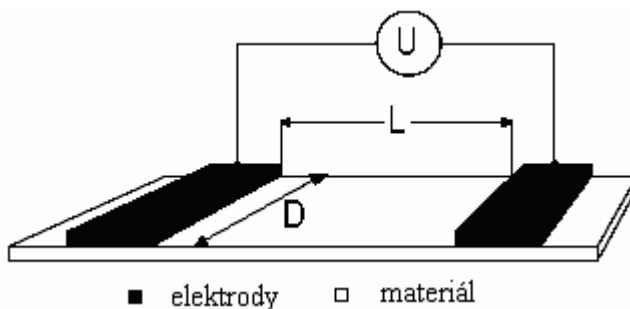
Norma ČSN EN 1149-1, 3, 5 stanovuje materiálové a konstrukční požadavky a podrobněji popisuje zkušební metodu materiálů, které jsou určeny k následné výrobě antistatických ochranných oděvů rozptylující elektrostatický náboj. S touto normou jsou spojeny pojmy povrchová rezistance a povrchová rezistivita.

Povrchová rezistance R_S je definovaná jako podíl stejnosměrného napětí U k proudu I_S tekoucím mezi dvěma elektrodami určeným uspořádáním (obr.15), které jsou v kontaktu se stejnou stranou materiálu. Odpor je stanovený za použití stanovených elektrod. [15]

$$R_S = \frac{U}{I_S} [\Omega] \quad (8)$$

Povrchová rezistivita ρ_S je definována jako podíl poklesu stejnosměrného proudu U na jednotku vzdálenosti elektrod L k proudu I_S na jednotku šířky elektrod D (obr.15).

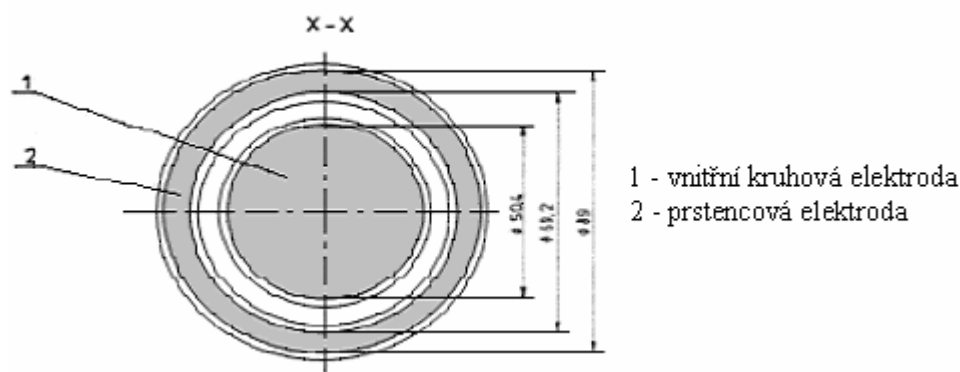
$$\rho_S = \frac{\frac{U}{L}}{\frac{I_S}{D}} = R_S \cdot \frac{D}{L} [\Omega] \quad (9)$$



Obr.15: Uspořádané elektrody [15]

Povrchová rezistivita je vlastnost materiálu. Teoreticky by tedy měla zůstat konstantní bez ohledu k způsobu uspořádání elektrod, jestliže půjde o homogenní materiál. [15] Můžeme ji také určit výpočtem pomocí naměřené povrchové rezistance R_S a geometrického součinitele k měřící prstencové elektrody (obr.16).

$$\zeta = k \cdot R_S \text{ } [\Omega] \quad (10)$$



Obr.16: Měřící prstencová elektroda [12]

Požadavky na splnění normy ČSN EN 1149-1 jsou:

- povrchová rezistance nižší nebo rovna než $2,5 \cdot 10^9 \Omega$ nejméně na jednom povrchu
- u nehomogenních materiálů pravidelný vzorek vodivých vláken
- maximální vzdálenosti mezi vodivými vlákny 10 mm [3]

Norma ČSN EN 61340-5-1 blíže stanovuje požadavky elektronických součástí citlivých na elektrostatický výboj. Týká se pouze výroby a užívání elektronických součástí včetně požadavků na vybavení prostorů pro práci s nimi, k zabránění rizika poškození součástí, které mají napěťový práh odolnosti vyšší než 100 V. S touto normou je spojený pojem odpor mezi dvěma body $Rp-p$. Požadavkem na oděv, chránící před elektrostatickým nábojem, je podle této normy stanovena vzdálenost elektrod při měření na 30 cm ve třech různých místech. Pro každé ze tří měření musí mít spojnice os elektrod různou orientaci vzhledem k ose oděvu se zahrnutím jednoho měření přes šev. Splněním normy je, aby odpor mezi dvěma body $Rp-p$ byl menší nebo roven $10^{12} \Omega$.

8. Experimentální část

8.1 Popis testovaných materiálů

K testování bylo použito několik druhů antistatických šicích nití a plošných textilií poskytnutých VÚB a.s., které se i konkrétně používají pro výrobu speciálních ochranných oděvů. Jednotlivé textilie se lišily svým složením a strukturou. Popis jednotlivých materiálů je uveden níže. Celkem bylo do experimentu zahrnuto 5 antistatických šicích nití a 4 typy plošných textilií z nichž 3 byly antistatické.

Antistatické šicí nitě:

Vzorek šicí nitě č.1

Dvojmo skaná šicí nit VÚB a.s. o jemnosti 12,8×2 tex, které jsou vyrobeny z 70 % PES/ 30 % PES antistat s obsahem uhlíkových částic. Jednoduché příze vypředeny na prstencovém dopřádacím stroji s levým zákrutem S, 1050 zákrutů na 1 metr. Následně seskány pravým zákrutem Z. Tažnost 12,41 %, poměrná pevnost 0,2356 N/ tex.

Vzorek šicí nitě č.2

Trojmo skaná šicí nit VÚB a.s. o jemnosti 12,8×3 tex, které jsou vyrobeny z 70 % PES/ 30 % PES antistat s obsahem uhlíkových částic. Jednoduché příze vypředeny na prstencovém dopřádacím stroji s levým zákrutem S, 1050 zákrutů na 1 metr. Následně seskány pravým zákrutem Z. Tažnost 13,10 %, poměrná pevnost 0,2486 N/ tex.

Vzorek šicí nitě č.3

Dvojmo skaná šicí nit VÚB a.s. o jemnosti 12,8×2 tex, které jsou vyrobeny z 92 % PES/ 8% PAD antistat s obsahem stříbrných částic. Jednoduché příze vypředeny na prstencovém dopřádacím stroji s levým zákrutem S. Následně seskány pravým zákrutem Z. Tažnost 12,19 %, poměrná pevnost 0,3063 N/ tex.

Vzorek šicí nitě č.4

Dvojmo skaná šicí nit VÚB a.s. o jemnosti 20×2 tex, které jsou vyrobeny z 92 % PES/ 8% PAD antistat s obsahem stříbrných částic. Jednoduché příze vypředeny technologií bezvřetenového předení, open end - OE, s pravým zákrutem Z. Následně seskány levým zákrutem S. Tažnost 12,48 %, poměrná pevnost 0,2149 N/ tex.

Vzorek šicí nitě č.5

Trojmo skaná šicí nit VÚB a.s. o jemnosti 61 tex s kovovým nekonečným vláknem. Je vyrobena z 42 % PES/ 23 % ba a 28 % kov. Jednoduché příze vypředeny s levým zákrutem S. Následně seskány pravým zákrutem Z.

Plošné textilie:

Vzorek textilie A

Vrchový materiál, tkanina ze 100 % bavlny. Plošná hmotnost textilie 155 g/ m². Vazba plátňová. Povrch textilie bez jakékoliv povrchové úpravy.

Vzorek textilie B

Vrchový materiál, melírovaná tkanina VÚB a.s.. Vazba plátňová. Osнова ze 100 % bavlny, útek z 90 % ba/ 10 % PES antistat.

Vzorek textilie C

Vrchový materiál, mřížková tkanina VÚB a.s.. Vazba plátňová. Mřížka 5×10 mm z vodivé příze s jemností nití 29,5 tex a složením 75 % bavlna/ 25 % PES antistat. Výplň mřížky z nevodivé příze s nití jemnosti 29,5 tex a složením 65 % bavlna/ 35 PES.

Vzorek textilie D

Vrchový materiál, pletenina s vodivým proužkem VÚB a.s.. Vazba žebrová, oboulícní. Tmavá vodivá příze - jemnost příze 25 tex, složení 75 % bavlna/ 25 % PES antistat. Světlá nevodivá příze - jemnost příze 20 tex, složení 50 % bavlna/ 50 % PES.

Vzorek textilie E

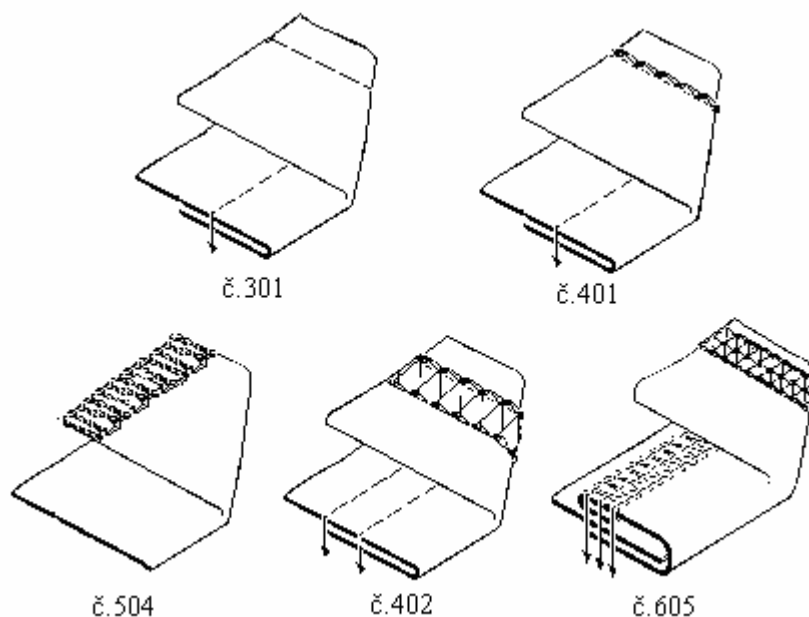
Vrchový materiál, pletenina s vodivým proužkem VÚB a.s.. Vazba hladká, jednolící. Tmavá vodivá příze - jemnost příze 22 tex, složení 75 % bavlna/ 25 % PES antistat. Světlá nevodivá příze - jemnost příze 22 tex, složení 100 % bavlna.

8.2 Výběr druhů stehů a švů

Výběr stehů a švů byl proveden podle nejčastěji používaných stehů a švů v konfekčních oděvech, u kterých jsou antistatické šicí nitě a textilie uplatňovány. Dále na základě jejich složitosti a struktury a možných porovnávacích znaků.

Vybrané druhy stehů (obr.17):

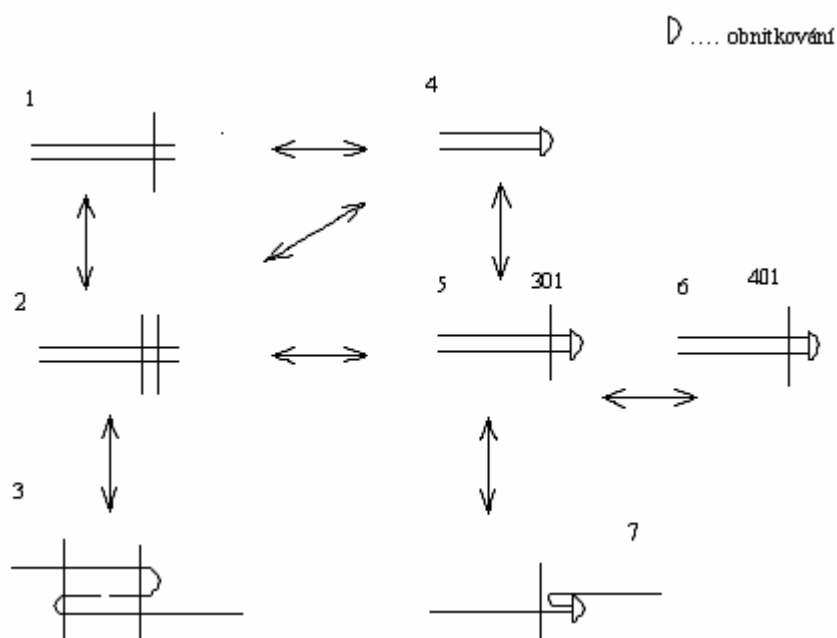
- dvounitný vázaný steh - č.301
- dvounitný řetízkový steh - č.401
- spodem krycí dvouřádkový třínitý steh - č.402
- oboustranně krycí pětinitý řetízkový steh - č.605
- třínitý obnitkovací steh - č.504



Obr.17: Znázornění použitých stehů

Vybrané druhy švů (obr.18):

- 1.01.01/301 - hřbetový šev č.1
- 1.01.03/301 - hřbetový šev č.2
- 2.06.01/301.301 - přeplátovaný šev č.3
- 1.01.03/504 - hřbetový šev č.4
- 1.01.01/301.504 - hřbetový šev č.5
- 1.01.03/401.504 - hřbetový šev č.6
- 1.01.03/301.504 - hřbetový šev č.7



Obr.18: Znázornění použitých švů

Na obrázku 18 jsou schématicky znázorněny vybrané druhy švů včetně jejich položení a způsobu sešití. Jednotlivé šipky mají znázorňovat předpokládané porovnávání jednotlivých způsobů provedení švů v závislosti na společných, případně lišících, se znacích.

K posouzení vlivu hustoty stehů byl vybrán jeden zástupce - steh č.301, dvounitný vázaný, jako steh nejpoužívanější a základní v konfekčních ochranných výrobcích. V provedení:

- dvounitný vázaný steh s hustotou 2 stehy do cm
- dvounitný vázaný steh s hustotou 3 stehy do cm
- dvounitný vázaný steh s hustotou 4 stehy do cm

8.3 Příprava vzorníků

Na základě způsobu jednotlivých měření vzniklo několik typů vzorníků. Vzorníky vznikly ve dvou fázích, kdy vznik druhé skupiny vzorníků byl dán výsledky měření první skupiny vzorníků k jejímu potvrzení.

V první skupině vzorníků byly vytvořeny tyto typy:

Vzorník typu č.1

První typ vzorníku je složen ze čtyř vzorků vytvořených rozdílnými antistatickými šicími nitěmi. Každý z těchto vzorků je zhotovený z tkaniny ze 100 % bavlny o rozměrech 50×50 cm. Na každém vzorku bylo ve směru osnovy vytvořeno 5 rozdílných stop řádků vybraných druhů stehů. Rozestupy mezi jednotlivými řádky byly minimálně 5 cm, aby nedošlo k vzájemnému ovlivnění při měření (z důvodu velikosti elektrod).

Vzorník typu č.2

Vzorky vzorníku druhého typu jsou vytvořené z melírované tkaniny z vzorku textilie B o rozměrech 25×30 cm, kde kratší rozměr je ve směru útku. Stopy řádků stehů jsou vytvořeny ve směru osnovy. U těchto typů je vždy použito pouze šicí nitě s nejvyšší vodivostí (šicí nit č.2). Byly vytvořeny 3 sady:

- a) Na každém jednom vzorku z první sady je vytvořena jedna stopa řádku příslušného stehu vybraného k měření. Co jeden vzorník, to jeden druh stehu. Celkem vznikne tedy pět vzorků první sady.
- b) Na tkanině jsou vytvořeny dva řádky stehů a to jeden 5 cm od levého okraje tkaniny a druhý 5 cm od okraje pravého. Byly použity stehy č.301 (jako steh nejjednodušší svoji strukturou) a č.605 (jako steh nejsložitější). Celkem vzniknou dva vzorky druhé sady.

- c) Třetí sada vzorků je tvořena vzorky s rozdílnou hustotou stehu (dvounitného vázaného č.301). Celkem vzniknou tři vzorky. Řádky stehů jsou vytvořené na všech vzorcích 5 cm od levého okraje.

Vzorník typu č.3

Třetí typ vzorníku je tvořen sedmi vzorky, tzn. sedmi zvolenými švy k měření (obr.20), vytvořené z melírované antistatické tkaniny z vzorku textilie B o rozměrech 25×30 cm, kde kratší rozměr je ve směru útku. Jednotlivé švy byly zhotoveny ve směru osnovy a bylo použito pouze šicí nitě s nejvyšší vodivostí (šicí nit č.2).

V druhé skupině vzorníků byly vytvořeny vzorky z antistatických pletenin a tkaniny s vodivou mřížkou podle první skupiny vzorníků.

Podle typu vzorníku č.2 - sady a, b byly z pleteniny typu D a E zhotoveny vzorky šité pouze stehem č.605. Došlo tedy k rozšíření o čtyři vzorníky. Dále na těchto typech textilií byly vytvořeny stejným způsobem vzorky podle typu vzorníků č.2 - sady a, ale pouze stehem č.605 dva vzorky. Na textili D šicí nití č.4, na textili E šicí nití č.3. Na tkanině s vodivou mřížkou byla rozšířena skupina vzorníku č.3 už jen o švy č.1, 3, 5 a 7. Posledním vzorkem zařazeným k měření byl typ vzorníku č.1 a č.2 - sady b, které byly zhotoveny šicí nití č.5 s kovovým nekonečným vláknem na pletenině typu E.

8.4 Použité stroje a zařízení

Zařízení, které bylo použito k experimentu můžeme rozdělit na dvě skupiny. První na zařízení k vytvoření vzorníků a druhé k samotnému provedení měření (příloha 2).

Jednotlivé vzorníky byly připraveny na technologické laboratoři KKV v Prostějově na:

- Jednohlohovém šicím stroji s vázaným stehem JUKI – DDL - 5530N
- Jednohlohovém šicím stroji s řetízkovým stehem Yamato CF - 2308
- Tříhlohovém šicím stroji s krycím stehem Brother FD4 - B272 - 011
- Třínitném overlocku Mauser special type 504 - 4 - 45

Jejich samotné měření bylo podle typu měření prováděno v prostorách laboratoře VÚB na měřících přístrojích:

- High Rezistance Set MaaB Technolog firmy ABE.TEC, s.r.o.
- Soustředné prstencové sondy firmy Charleswater
- Zařízení VÚB pro měření lineární rezistance nití

High Rezistance Set MaaB Technolog firmy ABE.TEC, s.r.o. obsahuje přenosný měřicí přístroj pro měření rezistance s LCD displejem - ohmmetr (tab.6), dvě měřicí válcové elektrody (tab.7) a spojovací vodiče. Souprava slouží k měření rezistance mezi dvěma body. Měří se elektrický odpor mezi těmito elektrodami, které jsou v definované vzdálenosti umístěné od sebe.

Rozměry	308 × 92 × 57 mm
Hmotnost	500 g
Napájení	bateriové 9 V
Pracovní teplota	5 – 40 °C
Vztažná teplota	23±2 °C
Rozsah měření vysokých odporů	2 MΩ, 20 MΩ, 200 MΩ, 2 GΩ, 20 GΩ
Nízké odpory	20 Ω, 200 Ω, 2 kΩ
Interní paměť	127 měření

Tab.6: Technické parametry měřícího přístroje, ohmmetru

Rozměry	69×80 mm
Průměr měřené plochy	63 mm
Hmotnost	2,27 kg
Rezistance	R < 10 Ω

Tab.7: Technické parametry válcové elektrody

Soustředná prstencová sonda (tab.8) firmy Charleswater slouží k měření povrchové rezistance spolu s ohmmetrem a spojovacím vodičem. Je složena ze soustavy soustředně uspořádaných elektrod, konkrétně elektrody válcové a prstencové, s geometrickým součinitelem pro výpočet měrného elektrického odporu, rezistivity.

Rozměry	67×120 mm
Vnitřní průměr elektrody	30 mm
Vnější průměr elektrody	63 mm
Hmotnost	2,5 kg
Geometrický součinitel	10

Tab.8: Technické parametry prstencové sondy

Přístroj, na kterém byl měřen lineární odpor nití je měřící zařízení vyrobené VÚB a.s.. Toto zařízení je složeno ze dvou válcových elektrod přes které je měřená nit vedena. Vedení nitě a její přítlak zajišťují dva napínače, diskové brzdíčky. Válcové elektrody jsou vzdáleny od sebe 1 cm. Stejně jako ostatní měřící součásti je zařízení připojeno pomocí spojovacího vodiče k ohmmetru.

8.5 Postup měření

Na základě vytvořených vzorníků byl pomocí setu na měření rezistance, prstencové elektrody a zařízení k měření lineárního odporu nití měřen:

- Lineární odpor antistatických šicích nití
- Povrchový odpor stehů - vzorník typu č.1
- Povrchový odpor a odpor mezi dvěma body referenčních textilií
- Odpor mezi dvěma body - vzorník typu č.2 a, b, c a vzorník typu č.3

Všechna tato měření byla provedena za zkušebních podmínek:

- Teplota okolí: 24,3 °C
- Relativní vlhkost ovzduší: 30 %
- Zkušební napětí: 100 V

Postup na měřícím přístroji, na ohmmetru, je následující. Měřící přístroj připojíme pomocí spojovacích vodičů k elektrodám. Zapneme měřící přístroj, zvolíme měřící napětí, v našem případě 100 V, a rozsah měřícího zařízení. Pomocí tlačítka na boku zařízení začneme

měřit. Výsledkem měření je numerická hodnota s desetinnou tečkou v příslušné násobné jednotce. V případě, že se na displeji objeví jen jedna číslice, konkrétně číslo 1, je měřený odpor vyšší než zvolený rozsah a musíme jej změnit. Jestliže je hodnota malá, přepneme na rozsah nižší.

První měření, které bylo provedeno, bylo měření tzv. lineárního odporu šicí nitě pomocí zařízení VÚB a.s.. Šicí nit byla navedena do dvou diskových brzdíček přes dvě válcové elektrody vzdálené na 1 cm. Nit musí být při měření mezi elektrodami v napnutém stavu, který zajišťují právě diskové brzdíčky. Nit byla takto proměřena celkově v deseti různých místech pro statistické zpracování dat. Jednotlivá měření tohoto typu byla provedena na všech celkově pěti antistatických šicích nití.

Druhé měření, které bylo provedeno, bylo měření povrchového odporu u všech typů vzorků vzorníku č.1, stehů na tkanině ze 100 % bavlny, pomocí prstencové sondy. Vzorník byl rozložen na rovinný povrch svou lícni stranou směrem nahoru a jednotlivé řádky stehů byly proměřeny tak, že prstencovou sondu umísťujeme svým středem na jednotlivé řádky stehů a to v pěti různých místech pro statistické zpracování hodnot.

Před měřením dalších vzorníků došlo k proměření referenčních textilií použitých k vytvoření všech vzorníků s výjimkou č.1. Konkrétně k proměření povrchového odporu a odporu mezi dvěma body. Při měření povrchového odporu byla měřicí prstencová sonda přikládána na líc povrchu textilie v pěti různých místech stejně tak jako u odporu mezi dvěma body za použití dvou kruhových elektrod, které byly pokládány v osové vzdálenosti 10 cm od sebe z důvodů rozměrů jednotlivých vzorků. Odpor byl proměřován ve dvou směrech. Ve směru osnovy a útku u tkanin, v případě pletenin ve směru řádků a sloupků, na rovinném povrchu.

Měření odporu mezi dvěma body u vzorníku typu č.2 (sady a, b, c) byl proveden vždy stejným způsobem. Dvě měřicí elektrody byly položeny na líc materiálu na rovinném povrchu s osovou vzdáleností 10 cm. Směr měření, uspořádání elektrod, byl prováděn ve směru osnovy (popř. u pletenin ve směru sloupků) vždy na stejné pomyslné vertikální ose, která byla středová od stopy řádků stehů. U každého vzorku došlo vzhledem k velikosti vzorníků k proměření ve třech různých místech této osy pro statistické zpracování naměřených hodnot.

Poslední měření bylo u vzorníku č.3 provedeno stejným způsobem jako u předešlého případu (vzorníku č.2) s doplněním o odpor přes šev, který byl měřen stejně ve třech různých místech, ale se změnou uspořádání elektrod. U odporu přes šev jsou elektrody uspořádány na

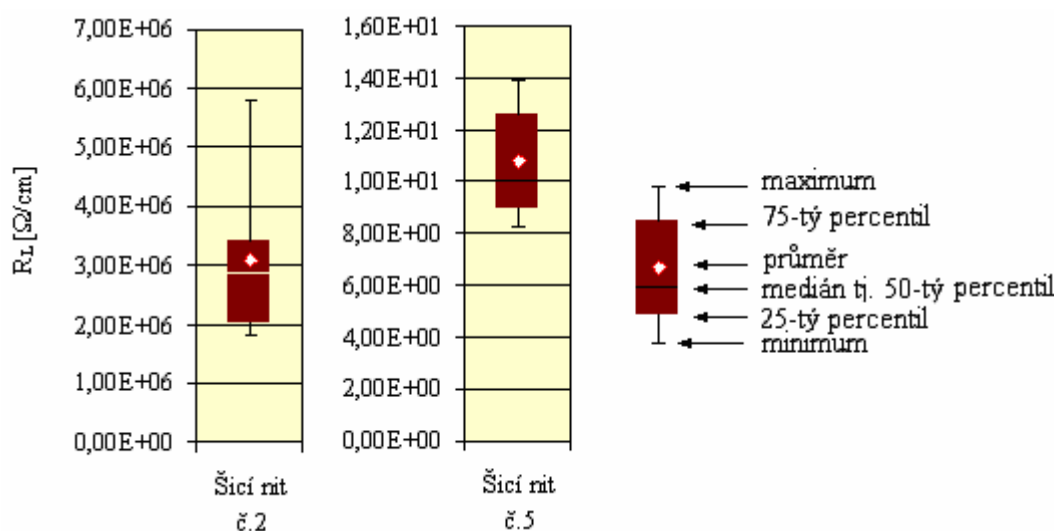
vzdálenost 10 cm od sebe ve směru útku, horizontální osy přes šev. Šev leží při měření ve středu vzdálenosti dvou elektrod.

8.6 Vyhodnocení naměřených dat

Lineární rezistance šicích nití

V tab.1 (příloha 1) jsou uvedeny naměřené hodnoty rezistance na délkovém úseku 1 cm šicí nitě. Výsledky měření ukazují, že šicí nit č.3 a 4 obsahuje úseky s relativně velmi dobrou vodivostí (nízkým odporem), ale zároveň úseky nevodivé, které negativně ovlivňují funkčnost nitě. V této souvislosti je nutné poznamenat, že k dispozici byly pouze vývojové vzorky šicích nití ze staplových přízí. Při podrobnějším pohledu na konstrukci nitě je patrné, že rozložení vodivých vláken v přízi je nerovnoměrné a rovněž podíl vodivé složky 8 % se ukazuje jako nedostatečný.

Šicí nitě č.1 a č.2 vykazují oproti předcházejícím svoji funkčnost mnohem vyšší. Splňují požadavky kladené na elektrostaticky vodivý materiál (odpor menší než 10^9) a neobsahují nevodivé úseky. Jako perspektivní nit s nejlepší vodivostí se ukázala šicí nit č.2, proto byla využita při dalších experimentálních zkouškách k posuzování vlivu navazujících parametrů. Pro porovnání jaký vliv na vodivost nitě má její složení byla zařazena nit s kovovým vláknem. Tato nit vykazuje řádově nižší rezistanci, tedy vyšší vodivost, ve srovnání s nitěmi vyrobených z antistatických přízí (graf č.1).

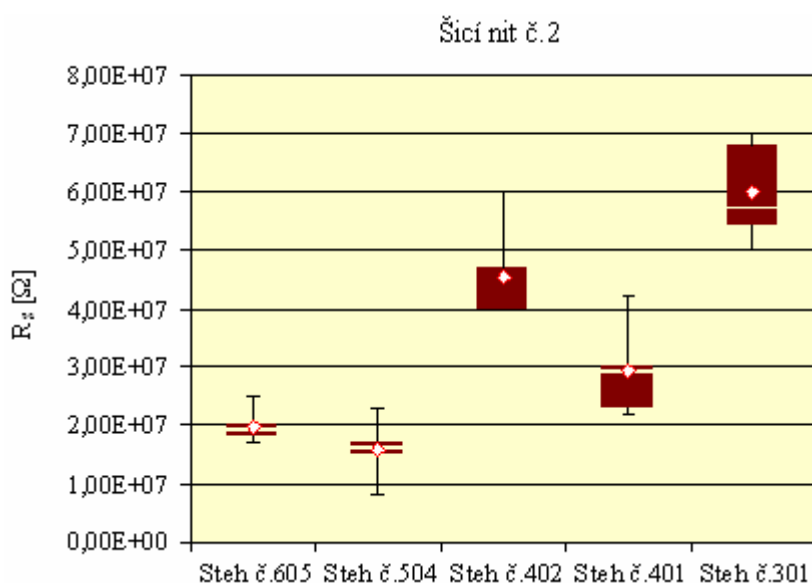


Graf č.1: Lineární rezistance šicích nití

Vodivost šicí nitě č.5 je dána díky vodivosti použitého kovového vlákna. Tato nit však není vhodná do konfekčních oděvů a svými vlastnostmi je vhodná spíše do technických aplikací. Nit je tuhá a při šití se kovové vlákno trhá, čímž dochází k přerušení vodivé cesty. Při přetržení kovového vlákna by mohl vzniklý hrot působit dráždivě na lidskou pokožku.

Povrchový odpor stehů

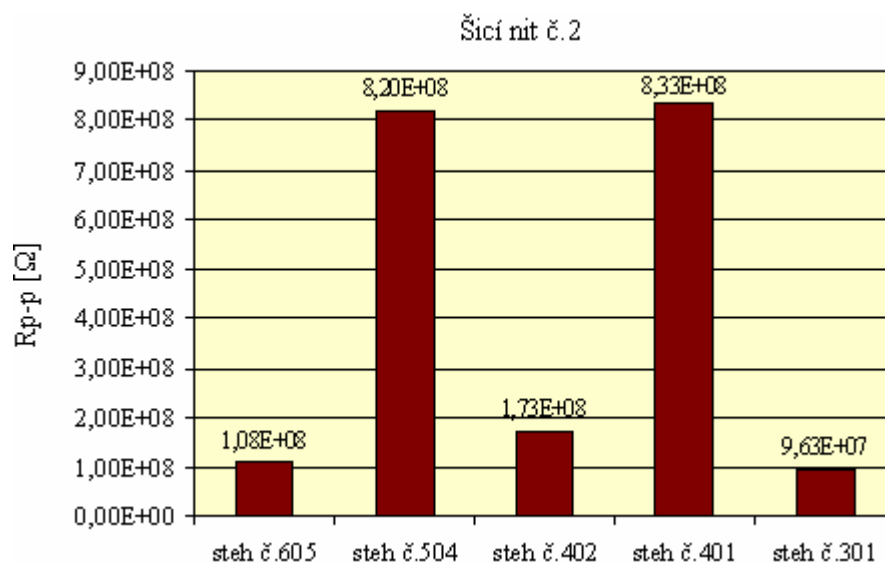
Měření povrchového odporu stehů bylo provedeno na všech typech šicích nití. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze 1 (tab.2 - 10). Při posouzení vodivosti se berou v potaz hodnoty povrchové rezistivity. U stehů šitých nití č.4 a 3 se vlivem jejich nedokonalostí nepodařilo v případě nitě č.3 vodivost určit. V případě nitě č.4 je hodnota vodivosti nízká. Z těchto důvodů se k vyhodnocení braly v potaz pouze stehy šité nití č.1, 2 a 5. Mezi jednotlivými stehy se vodivost ve většině případech řádově nezměnila. Výsledné vyhodnocení vodivosti jednotlivých stehů je ale silně ovlivněno kolísáním naměřených hodnot povrchové rezistance. Toto kolísání je způsobeno tím, že nit je seskána nejen z vodivých přízí, ale také s nevodivými složkami. Vlivem skacího zákrutu dochází k tomu, že při měření se vždy jen některá místa dostanou do kontaktu s měřicí elektrodou. To vede k nepřesnému zhodnocení. Jak vyplývá z grafu č.2, neprokázalo se, že by steh měl výrazný vliv na změnu vodivosti. Neprokázalo se, že by stehy tvořené více nitěmi dosahovaly vyšší vodivosti než stehy tvořené nižším počtem nití. Nedá se však vyvrátit, že právě díky variabilitě naměřených hodnot nedošlo ke zkreslení některé z pozic stehů ve vyhodnocení.



Graf č.2: Měrný povrchový odpor stehů

Měření vlivu prošití textilie antistatickou nití

Jako zásadní lze konstatovat, že díky prošití antistatické tkaniny, která je vodivá pouze ve směru útku a ve směru osnovy nevodivá (příloha 1, tab.13) se textilie ve směru kde byla nevodivá stala elektrostaticky vodivou (příloha 1, tab.14). Nejvyšší vodivosti dosahovala antistatická textilie při použití dvounitného vázaného stehu. I když je oproti ostatním stehům tvořen steh pouze jednou jehelní a jednou spodní nití je možné, že vlivem jeho provázání, napětí, umístěním vazných bodů v textiliu a jeho jednoduchou konstrukcí dojde k lepšímu styku nitě a vodivých vláken oproti zbylým řetízkovým stehům, kde dochází k provázání na rubní straně a steh není tak pevný, naopak je pružný a kontakt nitě není tak dokonalý. Pro zbylé již jen řetízkové stehy platí, že s rostoucím počtem nití roste i vodivost s přihlédnutím na seřízení napětí nití (graf č.3). Srovnáme-li steh č.504 a č.402, steh č.402 díky většímu napětí nití ve stehu dosahuje vyšší vodivosti a to i přesto, že jsou oba stehy tvořeny stejným počtem nití. Lze předpokládat, že vodivost je u stehů ovlivněna seřízením napětí nití u šicích strojů. Toto tvrzení by bylo však nutné dále ještě experimentálně ověřit.



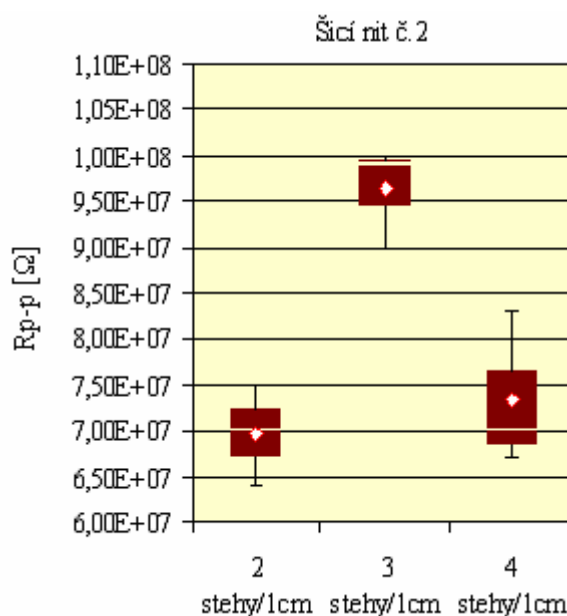
Graf č.3: Odpor stehů mezi dvěma body

Prošitím textilie dalším řádkem stehů (vzorník č.2 - sada b) se výsledná vodivost ještě zvýšila, ve srovnání s předcházejícím případem (vzorník č.2 - sada a), a došlo k potvrzení předem stanovených teoretických předpokladů (příloha 1, tab.15). Tyto závěry byly i dále potvrzeny na stejných typech vzornících s použitím dvou pletenin s vodivým proužkem

(příloha 1, tab.19, 20). Při vytvoření vzorku s nití s kovovým vláknem je výsledná vodivost významně lepší díky dokonalosti elektrických vlastností této nitě (příloha 1, tab.22).

Pro doložení funkčnosti případně nefunkčnosti šicích nití č.3 a 4 byly ověřeny elektrické vlastnosti na antistatických pleteninách. Při měření odporu mezi dvěma body nebyl odpor naměřen z čehož vyplývá další důkaz o nefunkčnosti těchto nití, kde předcházející důkazy vyplynuly z měření lineárního odporu a povrchové rezistivity stehů s těmito typy antistatických nití.

Z výsledků hustoty stehů (příloha 1, tab.16) nelze vyhodnotit závislost vlivu hustoty na výslednou vodivost. Výsledné hodnoty se při změně počtu stehů na 1 cm nezměnily vzestupným případně sestupným směrem tak, aby bylo možné závislost konstatovat (graf č.4). Hustota stehu nemá na vodivost zásadní vliv.



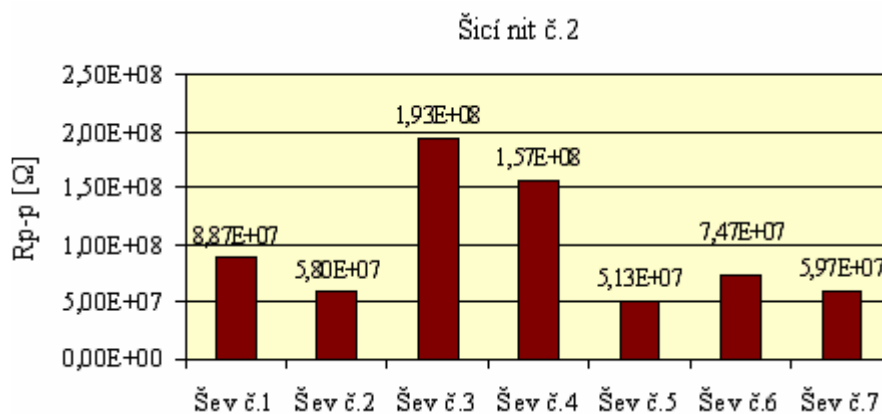
Graf č.4: Odpor mezi dvěma body hustoty stehů

Všechna tato vyhodnocení, provedená na antistatických textiliích, jsou ovlivněna stejně jako v předcházejících případech nedokonalostí antistatické nitě a vodivé příze v textili, kde v důsledku výskytu míst bez vodivých vláken se snižuje pravděpodobnost kontaktu mezi jednotlivými antistatickými vlákny nitě a textilie (příloha č.6). Dochází tak k rozdílům v naměřených hodnotách odporů.

Stejně jako u prošití textilie stehem bylo potvrzeno, že také vytvořením švu lze docílit, aby textilie, která je vodivá pouze ve směru útku (příloha 1, tab.13) se ve směru kde

byla nevodivá stala elektrostaticky vodivou (příloha 1, tab.17). Tkanina dodaná k vytvoření vzorníků švů vykazuje tzv. anizotropii rezistivity. To znamená, že odpor je závislý na směru ve kterém ho měříme. V tomto případě ve směru osnova, ve směru útku a přes šev. Podle předem stanovených porovnávacích parametrů můžeme na základě vyhodnocení konstatovat následující.

Při porovnání švů č.1 a 2 je podle naměřených hodnot vodivost dvou řádků stehů vyšší než při použití jednoho řádku. Tyto řádky stehů však musí být v těsném kontaktu, jak je znatelné ve srovnání se švem č.3. Při porovnání švů č.1 a 4 je vzhledem k použití stehů u švů vodivost vyšší při použití švu č.1 s ohledem na předcházející konstatování, vlivu stehu na vodivost. V případě kombinace švu č.4 se stehem č.301 a č.401 vzniknou dva nové švy, kdy se oproti původnímu vodivost výrazně zlepší. Kombinací těchto stehů se opět prokázalo, že při použití stehu dvounitného vázaného je vodivost vyšší než při stehu dvounitném řetízkovém. U porovnání švů č.5 a 7 byla naměřena vodivost nižší u švu č.7, kde nedošlo oproti švu č.5 k propojení dvou vrstev textilie dvounitným vázaným stehem, ale pouze k propojení jedné vrstvy antistatické textilie (graf č.5). V případě hřbetových švů je vodivost švů výrazně ovlivněna použitým stehem.



Graf č.5: Odpor švů mezi dvěma body ve směru osnova

Hodnoty odporu mezi dvěma body naměřené ve směru útku přes šev (příloha 1, tab.17) jsou ve všech případech nižší než hodnoty podél švu, ve směru osnova. To je dáno kombinací vodivých cest obsažených v útku tkaniny a vodivé cesty vytvořené švem. Prošitím antistatickou nití jsme docílili podstatné zlepšení vodivostních parametrů textilie.

Sešitím dvou dílů antistatické textilie s vodivou mřížkou, kde vodivá vlákna jsou obsažena jak v osnově tak v útku, se vodivost použitím antistatické nitě nezlepšila. Naopak došlo k mírnému snížení způsobené nedokonalým stykem vodivých míst v šicí niti s vodivými místy ve tkanině (příloha 1, tab.21).

9. Závěr

Cílem této práce bylo zhodnocení vodivosti antistatických šicích nití a jejich vlivu na změnu vodivosti při použití typu stehů, švů a hustoty stehu pro antistatické ochranné oděvy. Antistatické ochranné oděvy jsou nezbytnou součástí v místech, kde může dojít vlivem elektrostatického výboje k nežádoucím nebezpečným jevům podle prostorů, do kterých je ochranný oděv určen.

Úvod této bakalářské práce se zaměřoval na typy antistatických šicích nití, na jeden z nejefektivnějších způsobů jejich získání, jejich konstrukci a požadavky, které jsou na antistatické nitě kladeny pro dosažení jejich nejlepších vlastností. Seznamovaly jsme se s elektrickými vlastnostmi látek a antistatickými oděvy včetně jejich používaných stehů, švů a způsoby testování těchto oděvů podle příslušných norem.

V experimentální části bylo snahou ukázat, že se vodivost vlivem použité antistatické nitě mění a jakým vlivem za použití stehů, švů a hustoty stehu. Bylo provedeno měření vzorků šicích nití, textilií a vytvořených vzorníků, které se lišily svým materiálovým složením, konstrukcí textilií a provedením. Na základě naměřených hodnot byly vyhodnoceny vlivy ovlivňující vodivost u sledovaných parametrů a stanoveny závěry.

Lze říct, že z vývojových antistatických šicích nití, splňující požadavky pro elektrostaticky vodivý materiál, se podle normy ukázaly šicí nitě č.1 a 2. Díky funkčnosti těchto nití se za pomoci stehů a i švů dosáhlo toho, aby se textilie vodivá pouze v jednom směru, např. útku, stala vodivou i ve směru prošití (vytvoření švu). Tím zároveň dochází i ke způsobu splnění vodivostních požadavků podle norem, aby textilie nebo výsledný oděv splňoval vodivostní požadavky v různých směrech vzhledem k jejich ose. V případě propojení textilie dalším stehovým řádkem v opačném kraji textilie se vodivost ještě oproti předcházejícímu případu, kdy byla textilie propojena jedním stehovým řádkem, zvýšila. Tohoto potvrzení lze využít především u oděvů v bočních švech pro dosažení lepších elektrických vlastností oděvu. Na základě experimentálního ověření můžeme konstatovat, že lepší vodivosti dosahují stehy vázané ve srovnání s řetízkovými. U řetízkových stehů roste vodivost s počtem nití ve stehu a je ovlivněna seřazeným napětím nití, které by bylo vhodné pro potvrzení dále experimentálně ověřit. U švů je výsledná vodivost vysoce ovlivněna použitým typem stehu, přesněji jeho vodivostí. Při experimentálním ověření vlivu hustoty stehu

naměřené hodnoty nedosahovaly takových hodnot, aby bylo možné vyhodnotit závislost. Hustota stehu č.301 nemá na vodivost vliv.

V rámci experimentu bylo provedeno porovnání antistatických šicích nití ze staplových přízí a nitě s kovovým vláknem. Nit s kovovým vláknem díky vodivosti použitého kovového vlákna dosahuje ve srovnání s nitěmi ze staplových přízí řádově vyšší vodivosti. Tato nit se však nehodí díky svým vlastnostem k použití do konfekčních oděvů. Je vhodná spíše pro technické aplikace apod..

Antistatické nitě mají vysoký vliv na výslednou vodivost oděvů, kterou můžeme za použití stehů a švů částečně regulovat. Vzhledem k tomu, že většina antistatických oděvů je na trhu zastoupena především z pletenin, z hlediska řetízkových stehů, bude u těchto oděvů výhodnější pro dosažení vyšší hodnoty vodivosti využít stehů s vyšším počtem nití popř. kombinacemi stehů s nižším počtem nití. U oděvů z tkanin při použití stehu dvounitného vázaného není nutné brát z hlediska vodivosti ohled na seřízení jeho hustoty.

Lze předpokládat, že v případě zlepšení dokonalosti vývojových šicích nití, zvýšením podílu vodivé příze v niti a stejně tak i v textiliu by se snížila pravděpodobnost kontaktu nevodivých míst. Naopak by se zvýšila pravděpodobnost kontaktu vodivých míst mezi vodivou přízí v textiliu a vodivou přízí v niti a výsledná vodivost by byla ještě výrazněji vyšší.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ZOUHAROVÁ, J.. Výroba oděvů I.. TU v Liberci, 2002.
- [2] Konstrukce přízí a nití I., II.. [cit. 26-01-2009]. Dostupné na internetu
<http://www.amann.cz/cz/techinfo/frame_techinfo.html>.
- [3] Ohlídal, V.. Antistatické textilie pro specifické aplikace. VÚB a.s., Ústí nad Orlicí, 2007.
- [4] LSTIBUREK, F., VOŽENÍLEK, L.. Základy elektroniky II. 1 vyd. Praha: SNTL, 1985.
- [5] Teorie antistatiky. [cit. 10-02-2009]. Dostupné na internetu
<<http://www.antistatika.cz/teorie-antistatiky-kat.html>>.
- [6] Elektrostatický výboj. [cit. 15-02-2009]. Dostupné na internetu
<http://www.esda.org/esd_fundamentals.html>.
- [7] MILITKÝ, J.. Textilní vlákna. TU v Liberci, 2005.
- [8] Elektrický odpor a vodivost. [cit. 2-02-2009]. Dostupné na internetu
<http://web.telecom.cz/tyrbach/Odpor_a_vodivost.pdf>.
- [9] MARŠÁLKOVÁ, M., LEDROVÁ, Z.. Antistatické textilie pro čisté provozy, 1. etapa: Bariérové textile, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2004.
- [10] Norma ČSN ISO 4915:1991, Textilie; Druhy stehů, třídění a terminologie, Český normalizační institut, 1993.
- [11] Norma ISO 4916:1982, Textiles; Seam types, Classification and terminology, International Organization for Standardization, 1982.
- [12] Norma ČSN ISO 1149-1:2006, Ochranné oděvy – Elektrostatické vlastnosti – Část 1: Zkušební metoda pro měření povrchového měrného odporu, Český normalizační institut, 2006.
- [13] Norma ČSN ISO 1149-5:2008, Ochranné oděvy – Elektrostatické vlastnosti – Část 5: Materiálové a konstrukční požadavky, Český normalizační institut, 2008.
- [14] Norma ČSN ISO 61340-5-1:2001, Elektrostatika – Část 5-1: Ochrana elektronických součástek před elektrostatickými jevy – Všeobecné požadavky, Český normalizační institut, 2001.
- [15] Povrchová rezistance a rezistivita. [cit. 1-03-2009]. Dostupné na internetu
<http://www.trekinc.com/pdf/1005_Resistivity_Resistance.pdf>.

[16] MÁLKOVÁ, L.. Analýza šicích nití; bakalářská práce. TU v Liberci, Fakulta textilní, 2000.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Tabulky naměřených hodnot

Příloha 2: Použité stroje a zařízení

Příloha 3: Příklad vyráběných typů vodivých vláken a antistatických šicích nití

Příloha 4: Vzorník jednotlivých vzorků textilních materiálů

Příloha 5: Snímky pořízené videokamerou

Příloha 6: Vzorníky k měření

Příloha 1

--- odpor nenaměřen, nevodivé místo

Lineární odpor nití R_L [Ω / cm] $U = 100$ V									
Šicí nit č.1	6,10E+06	Šicí nit č.2	2,10E+06	Šicí nit č.3	6,20E+06	Šicí nit č.4	7,70E+02	Šicí nit č.5	1,36E+01
	7,30E+06		3,20E+06		2,40E+07		7,20E+02		9,58E+00
	4,90E+06		1,90E+06		8,40E+09		1,10E+03		8,52E+00
	2,80E+06		5,80E+06		---		4,40E+06		8,88E+00
	2,90E+06		3,50E+06		5,40E+07		---		1,24E+01
	3,70E+06		1,80E+06		---		9,40E+02		8,26E+00
	4,00E+06		4,80E+06		4,40E+06		---		1,04E+01
	8,80E+06		2,60E+06		---		6,10E+02		1,39E+01
	2,40E+06		3,10E+06		2,50E+04		---		1,27E+01
	4,00E+06		2,00E+06		---		4,80E+02		9,38E+00
x	4,70E+06		3,08E+06		---		---		1,08E+01
s	1,99E+06		1,26E+06		---		---		2,07E+00
v	42,39		40,99		---		---		19,21

Tab.1: Lineární odpor antistatických šicích nití

Povrchový odpor stehů R_S [Ω] Šicí nit č. 1 100 V									
Steh č.504	2,00E+06	Steh č.402	1,10E+07	Steh č.605	4,40E+06	Steh č.401	4,20E+06	Steh č.301	5,40E+06
	2,10E+06		5,90E+06		6,70E+06		3,10E+06		5,00E+06
	3,60E+06		9,40E+06		5,30E+06		2,80E+06		7,60E+06
	2,90E+06		1,40E+07		5,60E+06		4,80E+06		4,30E+06
	4,30E+06		1,30E+07		6,20E+06		6,50E+06		1,30E+07
x	2,98E+06		1,07E+07		5,64E+06		4,28E+06		7,06E+06
s	8,80E+05		2,86E+06		7,86E+05		1,33E+06		3,17E+06
v	29,51		26,86		13,94		30,98		44,88

Tab.2: Povrchový odpor stehů - šicí nit č.1

Měrný povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
Šicí nit č. 1 100 V									
$\zeta = k \cdot R_S \quad k = 10$									
Steh č.504	2,00E+07	Steh č.402	1,10E+08	Steh č.605	4,40E+07	Steh č.401	4,20E+07	Steh č.301	5,40E+07
	2,10E+07		5,90E+07		6,70E+07		3,10E+07		5,00E+07
	3,60E+07		9,40E+07		5,30E+07		2,80E+07		7,60E+07
	2,90E+07		1,40E+08		5,60E+07		4,80E+07		4,30E+07
	4,30E+07		1,30E+08		6,20E+07		6,50E+07		1,30E+08
\bar{x}	2,98E+07		1,07E+08		5,64E+07		4,28E+07		7,06E+07
s	8,80E+06		2,86E+07		7,86E+06		1,33E+07		3,17E+07
v	29,51		26,86		13,94		30,98		44,88

Tab.3: Měrný povrchový odpor stehů - šicí nit č.1

Povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
Šicí nit č. 2 100 V									
Steh č.504	1,50E+06	Steh č.402	4,00E+06	Steh č.605	1,70E+06	Steh č.401	2,30E+06	Steh č.301	5,70E+06
	1,70E+06		4,00E+06		1,80E+06		2,90E+06		7,00E+06
	1,60E+06		4,00E+06		2,00E+06		2,20E+06		5,40E+06
	8,00E+05		6,00E+06		2,50E+06		4,20E+06		6,80E+06
	2,30E+06		4,70E+06		1,90E+06		3,00E+06		5,00E+06
\bar{x}	1,58E+06		4,54E+06		1,98E+06		2,92E+06		5,98E+06
s	4,79E+05		7,79E+05		2,79E+05		7,14E+05		7,86E+05
v	30,33		17,15		24,20		24,45		8,01

Tab.4: Povrchový odpor stehů - šicí nit č.2

Měrný povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
$\zeta = k \cdot R_S \quad k = 10$									
Šicí nit č. 2 100 V									
Steh č.504	1,50E+07	Steh č.402	4,00E+07	Steh č.605	1,70E+07	Steh č.401	2,30E+07	Steh č.301	5,70E+07
	1,70E+07		4,00E+07		1,80E+07		2,90E+07		7,00E+07
	1,60E+07		4,00E+07		2,00E+07		2,20E+07		5,40E+07
	8,00E+06		6,00E+07		2,50E+07		4,20E+07		6,80E+07
	2,30E+07		4,70E+07		1,90E+07		3,00E+07		5,00E+07
x	1,58E+07		4,54E+07		1,98E+07		2,92E+07		5,98E+07
s	4,79E+06		7,79E+06		2,79E+06		7,14E+06		7,86E+06
v	30,33		17,15		24,20		24,45		8,01

Tab.5: Měrný povrchový odpor stehů - šicí nit č.2

Povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
Šicí nit č. 3 100 V									

Tab.6: Povrchový odpor stehů - šicí nit č.3

Povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
Šicí nit č. 4 100 V									
Steh č.504	1,60E+10	Steh č.402	4,00E+11	Steh č.605	3,00E+11	Steh č.401	7,00E+10	Steh č.301	7,10E+10
	4,80E+09		4,30E+09		3,00E+11		2,00E+10		7,40E+10
	7,10E+09		2,00E+11		2,80E+11		1,40E+10		8,40E+10
	9,30E+09		5,00E+11		2,30E+11		6,00E+11		4,40E+10
	9,10E+09		1,90E+10		2,00E+11		7,80E+10		2,60E+10
x	9,26E+09		2,25E+11		2,62E+11		1,56E+11		5,98E+10
s	3,74E+09		1,99E+11		4,02E+10		2,23E+11		2,15E+10
v	40,41		88,58		15,34		142,76		35,90

Tab.7: Povrchový odpor stehů - šicí nit č.4

Měrný povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
$\zeta = k \cdot R_S \quad k = 10$									
Šicí nit č. 4 100 V									
Steh č.504	1,60E+11	Steh č.402	4,00E+12	Steh č.605	3,00E+12	Steh č.401	7,00E+11	Steh č.301	7,10E+11
	4,80E+10		4,30E+10		3,00E+12		2,00E+11		7,40E+11
	7,10E+10		2,00E+12		2,80E+12		1,40E+11		8,40E+11
	9,30E+10		5,00E+12		2,30E+12		6,00E+12		4,40E+11
	9,10E+10		1,90E+11		2,00E+12		7,80E+11		2,60E+11
\bar{x}	9,26E+10		2,25E+12		2,62E+12		1,56E+12		5,98E+11
s	3,74E+10		1,99E+12		4,02E+11		2,23E+12		2,15E+11
v	40,41		88,58		15,34		142,76		35,90

Tab.8: Měrný povrchový odpor stehů - šicí nit č.4

Povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
Šicí nit č. 5 100 V									
Steh č.504	3,35E+01	Steh č.402	2,78E+01	Steh č.605	5,49E+01	Steh č.401	5,80E+02	Steh č.301	5,48E+02
	4,77E+01		3,87E+01		5,64E+01		7,88E+02		7,38E+02
	4,15E+01		3,10E+01		4,79E+01		5,91E+02		6,63E+02
	4,05E+01		2,24E+01		5,88E+01		6,66E+02		7,54E+02
	5,13E+01		3,41E+01		5,53E+01		6,39E+02		6,88E+02
\bar{x}	4,29E+01		3,08E+01		5,47E+01		6,53E+02		6,78E+02
s	6,16E+00		5,53E+00		3,64E+00		7,45E+01		7,29E+01
v	14,36		17,95		6,66		11,41		10,75

Tab.9: Povrchový odpor stehů - šicí nit č.5

Měrný povrchový odpor stehů R_S [Ω]									
$\zeta = k \cdot R_S \quad k = 10$									
Šicí nit č. 5 100 V									
Steh č.504	3,35E+02	Steh č.402	2,78E+02	Steh č.605	5,49E+02	Steh č.401	5,80E+03	Steh č.301	5,48E+03
	4,77E+02		3,87E+02		5,64E+02		7,88E+03		7,38E+03
	4,15E+02		3,10E+02		4,79E+02		5,91E+03		6,63E+03
	4,05E+02		2,24E+02		5,88E+02		6,66E+03		7,54E+03
	5,13E+02		3,41E+02		5,53E+02		6,39E+03		6,88E+03
\bar{x}	4,29E+02		3,08E+02		5,47E+02		6,53E+03		6,78E+03
s	6,16E+01		5,53E+01		3,64E+01		7,45E+02		7,29E+02
v	14,36		17,95		6,66		11,41		10,75

Tab.10: Měrný povrchový odpor stehů - šicí nit č.5

Povrchový odpor referenčních textilií R_S [Ω]							
$U = 100V$							
Textilie B	2,70E+05	Textilie C	1,90E+05	Textilie D	1,30E+06	Textilie E	2,00E+06
	1,10E+05		2,10E+05		1,40E+06		2,00E+06
	7,90E+04		2,00E+05		1,50E+06		2,00E+06
	2,10E+05		2,10E+05		1,30E+06		2,00E+06
	1,50E+05		2,10E+05		1,50E+06		2,00E+06
\bar{x}	1,64E+05		2,04E+05		1,40E+06		2,00E+06
s	6,88E+04		8,00E+03		8,94E+04		0,00E+00
v	42,02		3,92		6,39		0,00

Tab.11: Povrchový odpor textilií

Měrný povrchový odpor referenčních textilií R_s [Ω]							
$\zeta = k \cdot R_s \quad k = 10$							
$U = 100V$							
Textilie B	2,70E+06	Textilie C	1,90E+06	Textilie D	1,30E+07	Textilie E	2,00E+07
	1,10E+06		2,10E+06		1,40E+07		2,00E+07
	7,90E+05		2,00E+06		1,50E+07		2,00E+07
	2,10E+06		2,10E+06		1,30E+07		2,00E+07
	1,50E+06		2,10E+06		1,50E+07		2,00E+07
\bar{x}	1,64E+06		2,04E+06		1,40E+07		2,00E+07
s	6,88E+05		8,00E+04		8,94E+05		0,00E+00
v	42,02		3,92		6,39		0,00

Tab.12: Měrný povrchový odpor textilií

Odpor mezi dvěma body referenčních textilií R_{p-p} [Ω]								
$U = 100V$								
Vzorek textilie B, útek →						\bar{x}	s	v
5,30E+06	1,10E+06	2,10E+06	2,70E+06	1,40E+06		2,52E+06	1,50E+06	59,41
Ve směru osnovy ↓ > než rozsah měřícího přístroje						---	---	---
Vzorek textilie C, útek →								
6,80E+05	6,40E+05	6,00E+05	6,40E+05	6,00E+05		6,32E+05	2,99E+04	4,74
Ve směru osnovy ↓								
5,70E+05	6,20E+05	5,70E+05	5,70E+05	6,00E+05		5,86E+05	2,06E+04	3,51
Vzorek textilie D, ve směru řádků →								
1,40E+07	1,30E+07	1,40E+07	1,20E+07	1,20E+07		1,30E+07	8,94E+05	6,88
Ve směru sloupků ↓ > než rozsah měřícího přístroje						---	---	---
Vzorek textilie E, ve směru řádků →								
1,90E+07	1,60E+07	1,60E+07	1,60E+07	1,60E+07		1,66E+07	1,20E+06	7,23
Ve směru sloupků ↓ > než rozsah měřícího přístroje						---	---	---

Tab.13: Odpor mezi dvěma body textilií

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
První skupina, vzorník typu č.2 a				\bar{x}	S	v
Steh č. 504	8,00E+08	8,30E+08	8,30E+08	8,20E+08	1,41E+07	1,72
Steh č. 402	1,70E+08	1,70E+08	1,80E+08	1,73E+08	4,71E+06	2,72
Steh č. 605	1,10E+08	1,20E+08	9,50E+07	1,08E+08	1,03E+07	9,51
Steh č. 401	8,70E+08	8,00E+08	8,30E+08	8,33E+08	2,87E+07	3,44
Steh č. 301	1,00E+08	9,90E+07	9,00E+07	9,63E+07	4,50E+06	4,67

Tab.14: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 a

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
První skupina, vzorník typu č.2 b				\bar{x}	S	v
Steh č.301	3,90E+07	3,80E+07	3,90E+07	3,87E+07	4,71E+05	1,22
Steh č.605	5,20E+07	5,20E+07	5,40E+07	5,27E+07	9,43E+05	1,79

Tab.15: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 b

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
První skupina, vzorník typu č.2 c				\bar{x}	S	v
2 stehy/1cm	6,40E+07	7,50E+07	7,00E+07	6,97E+07	4,50E+06	6,45
3 stehy/1cm	1,00E+08	9,90E+07	9,00E+07	9,63E+07	4,50E+06	4,67
4 stehy/1cm	7,00E+07	8,30E+07	6,70E+07	7,33E+07	6,94E+06	9,47

Tab.16: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 c

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω]						
U = 100V						
První skupina, vzorník typu č.3				\bar{x}	s	v
šev č.1 ↓ po osnově	9,00E+07	8,80E+07	8,80E+07	8,87E+07	9,43E+05	1,06
přes šev	1,60E+07	3,20E+07	1,10E+07	1,97E+07	8,96E+06	45,54
šev č.2 ↓ po osnově	5,90E+07	6,20E+07	5,30E+07	5,80E+07	3,74E+06	6,45
přes šev	7,10E+06	6,30E+06	1,10E+07	8,13E+06	2,05E+06	25,24
šev č.3 ↓ po osnově	4,90E+08	5,10E+07	3,80E+07	1,93E+08	2,10E+08	108,85
přes šev	6,50E+06	7,10E+06	7,20E+06	6,93E+06	3,09E+05	4,46
šev č.4 ↓ po osnově	2,30E+08	1,30E+08	1,10E+08	1,57E+08	5,25E+07	33,51
přes šev	9,80E+06	5,90E+06	5,20E+06	6,97E+06	2,02E+06	29,05
šev č.5 ↓ po osnově	4,90E+07	5,90E+07	4,60E+07	5,13E+07	5,56E+06	10,83
přes šev	4,10E+06	5,10E+06	5,00E+06	4,73E+06	4,50E+05	9,50
šev č.6 ↓ po osnově	7,50E+07	8,90E+07	6,00E+07	7,47E+07	1,18E+07	15,86
přes šev	5,80E+06	6,30E+06	1,30E+07	8,37E+06	3,28E+06	39,23
šev č.7 ↓ po osnově	5,90E+07	7,00E+07	5,00E+07	5,97E+07	8,18E+06	13,71
přes šev	6,50E+06	4,20E+06	7,20E+06	5,97E+06	1,28E+06	21,48

Tab.17: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.3

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω]				
100 V				
Druhá skupina, vzorník typu č.2 a, textilie D		\bar{x}	s	v
Steh č.605 š.n.3	> než rozsah měřicího přístroje	---	---	---
Steh č.605 š.n.4	> než rozsah měřicího přístroje	---	---	---

Tab.18: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 a, textilie D

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
Druhá skupina, vzorník typu č.2 a-b, textilie D				\bar{x}	S	v
Steh č.605 1×	9,80E+07	9,50E+07	1,00E+08	9,77E+07	2,05E+06	2,10
Steh č.605 2×	5,00E+07	4,70E+07	4,90E+07	4,87E+07	1,25E+06	2,56

Tab.19: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 a-b, textilie D

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
Druhá skupina, vzorník typu č.2 a-b, textilie E				\bar{x}	S	v
Steh č.605 1×	1,20E+08	1,20E+08	1,20E+08	1,20E+08	0,00E+00	0,00
Steh č.605 2×	5,60E+07	5,40E+07	5,60E+07	5,53E+07	9,43E+05	1,70

Tab.20: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 a-b, textilie E

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] U = 100V						
Druhá skupina, vzorník typu č.3				\bar{x}	S	v
šev č.1 ↓ po osnově	6,30E+05	6,30E+05	6,30E+05	6,30E+05	0,00E+00	0,00
přes šev	3,00E+06	2,40E+06	2,00E+06	2,47E+06	4,11E+05	16,66
šev č.3 ↓ po osnově	6,00E+05	6,00E+05	6,00E+05	6,00E+05	0,00E+00	0,00
přes šev	1,30E+06	1,40E+06	1,50E+06	1,40E+06	8,16E+04	5,83
šev č.5 ↓ po osnově	6,30E+05	6,60E+05	6,70E+05	6,53E+05	1,70E+04	2,60
přes šev	1,00E+07	1,10E+07	1,00E+07	1,03E+07	4,71E+05	4,56
šev č.7 ↓ po osnově	6,50E+05	6,40E+05	6,70E+05	6,53E+05	1,25E+04	1,91
přes šev	1,10E+07	1,20E+07	1,20E+07	1,17E+07	4,71E+05	4,04

Tab.21: Odpor mezi dvěma body druhé skupiny vzorníku typu č.3

Odpor mezi dvěma body R_{p-p} [Ω] 100 V						
Druhá skupina, vzorník typu č.2 b, šicí nit č. 5				\bar{x}	S	v
Steh č.301	8,80E+06	8,80E+06	8,80E+06	8,80E+06	0,00E+00	0,00
Steh č.605	5,60E+06	5,80E+06	6,30E+06	5,90E+06	2,94E+05	4,99

Tab.22: Odpor mezi dvěma body vzorníku typu č.2 b, šicí nit č.5

Příloha 2

Použité stroje a zařízení:

a) Měřící technika



Obr.1: Soustředná prstencová sonda [1]



Obr.2: High Resistance Set [1]

b) Šicí technika



Obr.3: Jednohavlý šicí stroj s řetězovým stehem Yamato CF-2308



Obr.4: Jednohavlý šicí stroj s vázaným stehem JUKI – DDL – 5530N



Obr.5: Třínitý overlock Mauser spezial type 504-4-45



Obr.6: Tříjehlový šicí stroj s krycím stehem Brother FD4-B272-011

Příloha 3

Příklad vyráběných typů vodivých vláken a antistatických šicích nití

R.STAT/N

Výrobce je francouzská firma R.Stat, zabývající se výrobou vodivých přízí a vláken. Základem vlákna je polyamid 6.6, na jehož povrch je chemickou cestou nanášena vrstva sulfidu mědi. Lineární odpor vlákna je 10^5 Ohm/cm , jemnost 3,3 dtex, délka 40 mm. Výrobce doporučuje obsah vlákna ve směsi 1 % až 2 % k dosažení antistatických účinků. [2]

R.STAT/S

Vlákna jsou produktem francouzské firmy R.Stat. V tomto případě se jedná o vlákno z ušlechtilé oceli o délce 60 mm. Vlákno dodává výrobku vysokou elektrickou vodivost a také antibakteriální účinky. [2]

SilveR.STAT

Výrobce je francouzská firma R.Stat. Základ vlákna tvoří polyamid do kterého je naroubováno stříbro. Jemnost vlákna je 4 dtex a délka 40 mm. Vlákno má stříbrnou barvu, drsnější omak. Poměrná pevnost vlákna je $0,3712 \text{ N/tex}$, tažnost 63,64 %. Lineární elektrický odpor dosahuje hodnot $10^3 \text{ } \Omega/\text{cm}$. [2]

Shieldex

Výrobek německé firmy STATEX. Základním materiálem vlákna je polyamid 6 nebo 6,6 pokovený stříbrem. Jemnost vlákna 1,5 dtex, délka 40 mm, poměrná pevnost $0,37 \text{ N/tex}$, tažnost 49,9 %, střední hodnota lineárního odporu je menší než $100 \text{ } \Omega/\text{cm}$. Po dohodě s výrobcem jsou možné i nižší hodnoty odporu. [3]

Epitropní vlákno

Výrobek anglické firmy Epitropic Fibres sestává z uhlíkových částic pevně zabudovaných v polyesterovém vláknu. Vlákno obsahuje také antimikrobiální aditivum, takže vykazuje i antibakteriální vlastnosti. Dá se směšovat s běžnými textilními vlákny. Jemnost vlákna je 3,3 dtex. Podle údajů výrobce již 1 % epitropního vlákna zabraňuje nežádoucím účinkům způsobených statickou elektřinou u běžného oblečení. 2-5 % epitropního vlákna je potřeba u textilií pro průmyslové filtry a ochranné pracovní oděvy. [4]

316L

Pod tímto označením firma Epitropic Fibers vyrábí další vodivé vlákno. Jde o vlákno z nerezové oceli s délkou vlákna 51 mm a lineárním odporem 70 Ω / cm. Dodává se ve formě pramene ze 100 % vlákna 316L, který se může směšovat se syntetickými nebo přírodními vlákny. Případně ve formě směšového pramene v poměru 50 % 316L/ 50 % PES, nebo směšové příze v poměru 20 % 316L/ 80 % PES s jemností příze 200 dtex. [4]

Nega - Stat

Výrobek americké firmy Barnet. Jedná se o dvousložkové vlákno s trojbodovým uhlíkovým jádrem obklopené polyesterovým obalem. Díky polyesterovému obalu je zajištěna dlouhá trvanlivost vlákna. Dodává se v jemnostech 39/ 6, 78/ 12 dtex. Obvykle se seskává s nosnou přízí, která se používá pro základní tkaninu. Využití nachází v široké škále tkanin a výrobků od spodního prádla po oděvy do čistých bezprašných prostor, do těžkého průmyslu a průmyslových aplikací. [5]

X- Static

Vlákno X- Static vyrábí italská firma LIFE SRL. Jedná se rovněž o bikomponentní vlákno, kde nosným prvkem je polyamid na který je nanesena vrstva stříbra. Díky vysoké vodivosti stříbra má vlákno velmi dobré antistatické účinky a hodí se i pro aplikace ke stínění před elektromagnetickým zářením. Dodává se jako filament v jemnostech dtex 22/ 3,33/ 10/44/ 13, ale také jako staplové 2,0 dtex o délce 38 mm. Přítomnost stříbra dodává vláknu rovněž antibakteriální účinky. [6]

Belltron

Vlákno Belltron japonské firmy Kanebo je vodivé bikomponentní vlákno. K dispozici v šesti různých konstrukcích, třech barvách a různých délkách. Skládá se z matrice polymeru a vodivé vrstvy z uhlíku nebo bílé kovové sloučeniny. Vodivá vrstva je vedena napříč vláknem a kontinuálně ve směru osy vlákna. Dá se směšovat i s jinými vlákny. Lineární odpor vlákna je podle typu od 10^{-1} - 10^2 Ohm/ cm. [7]

I-tech 20

Je vodivá šicí nit firmy Amann Group se sídlem v Německu. Je vyrobená z nekonečných polyamidových vláken, kombinovaná s Inox / vlákno z nerez oceli, které zajistí odvod elektrického náboje nebo statické elektřiny. PAD/ PES-Inox multif. [8]

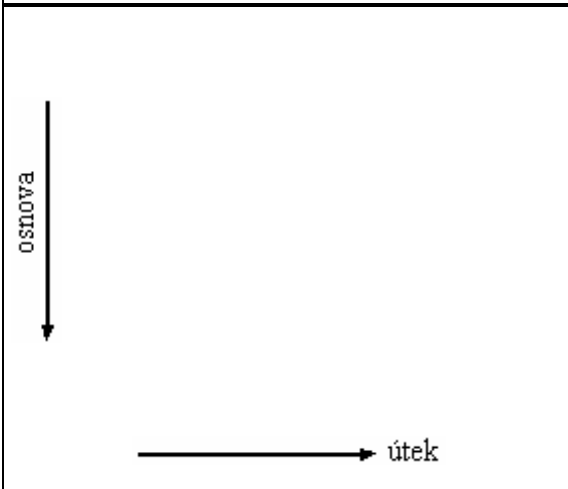
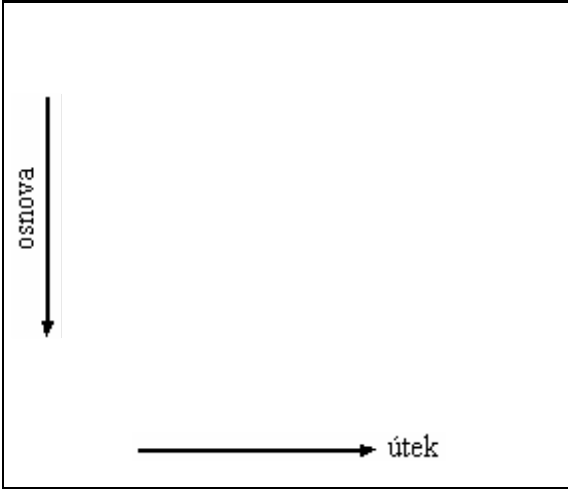
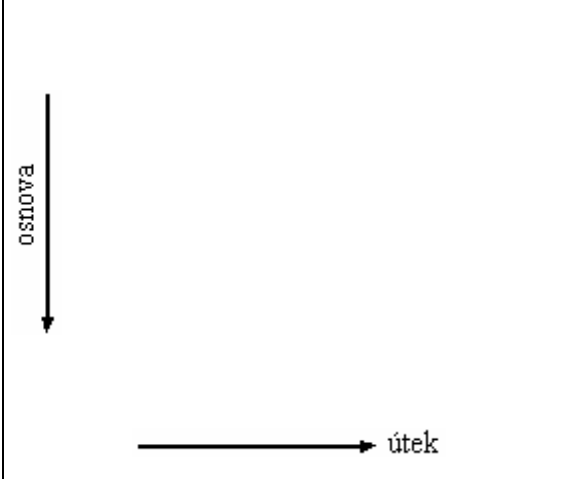
Dalšími výrobci šicích nití jsou mimo Amann Group např. Coats (Velká Británie), Gütermann (Německo), Hedva a.s. (ČR - Šumperk).

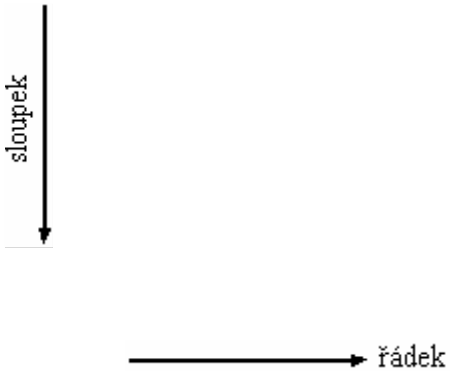
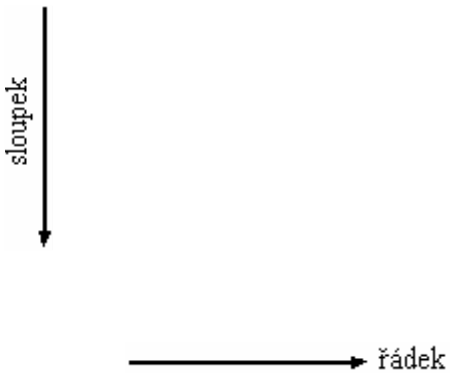
Příloha 4

Vzorník jednotlivých vzorků textilních materiálů

Vzorek šicí nitě č.1	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 70 % PES/ 30 % PES antistat s obsahem uhlíkových částic ○ jemnost 12,8×2 tex
Vzorek šicí nitě č.2	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 70 % PES/ 30 % PES antistat s obsahem uhlíkových částic ○ jemnost 12,8×3 tex
Vzorek šicí nitě č.3	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 92 % PES/ 8 % PAD antistat s obsahem stříbrných částic ○ jemnost 12,8×2 tex
Vzorek šicí nitě č.4	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 92 % PES/ 8 % PAD antistat s obsahem stříbrných částic ○ jemnost 20×2 tex OE
Vzorek šicí nitě č.5	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 42 % PES/ 23 % ba/ 28 % kov ○ trojmo skaná šicí nit s kovovým nekonečným vláknem o jemnosti 61 tex

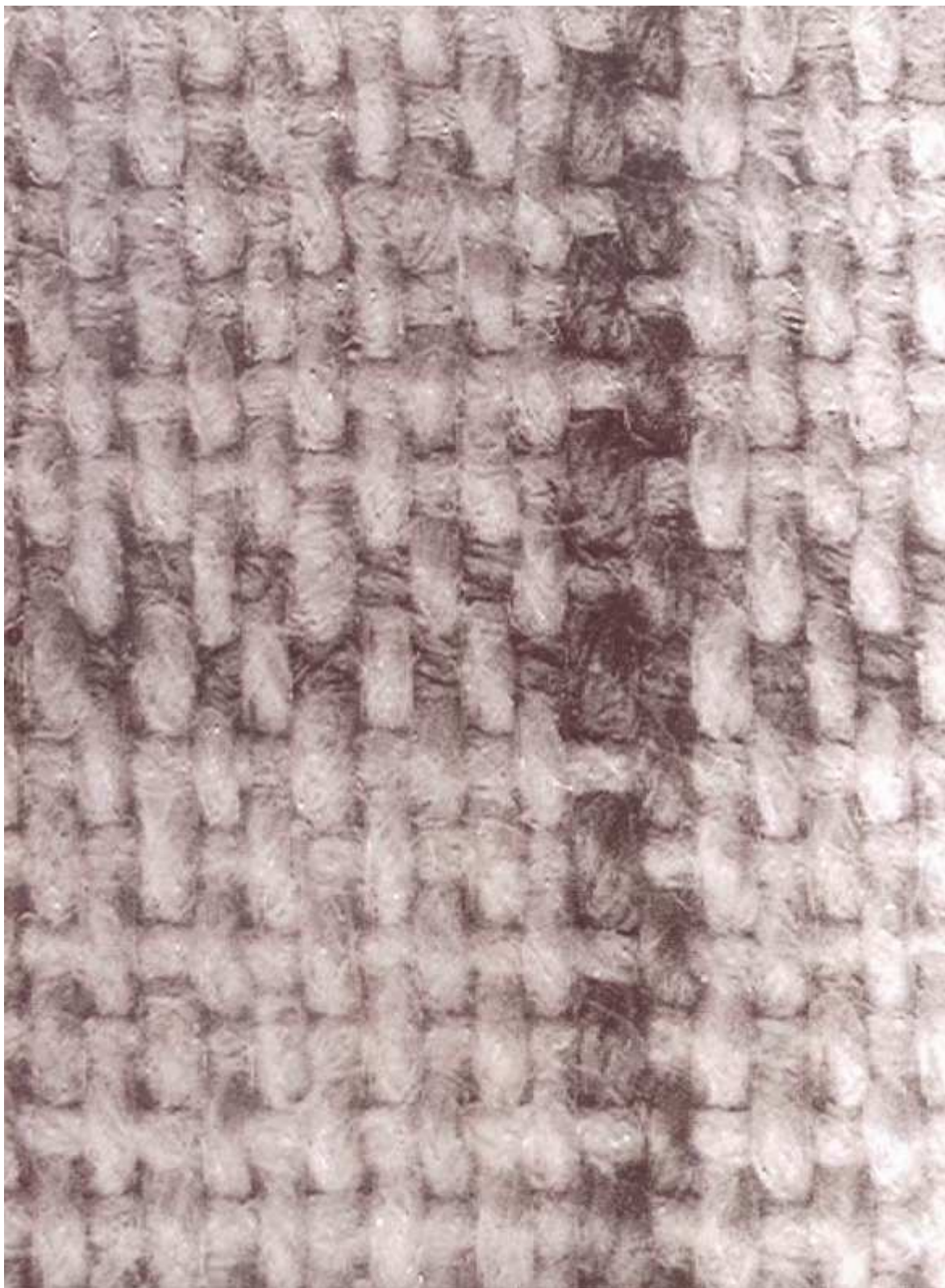
Tab.1: Vzorky antistatických šicích nití

Vzorek textilie A	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ tkanina 100 % bavlna ○ plátňová vazba ○ plošná hmotnost 155 g/ m²
Vzorek textilie B	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ antistatická tkanina VÚB a.s. ○ plátňová vazba ○ osnova - 100 % bavlna ○ útek - 90 % bavlna/ 10 % PES antistat
Vzorek textilie C	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ antistatická mřížková tkanina VÚB a.s. ○ plátňová vazba ○ vodivá příze - 75 % bavlna/ 25 % PES antistat ○ nevodivá příze - 65 % bavlna/ 35 % PES

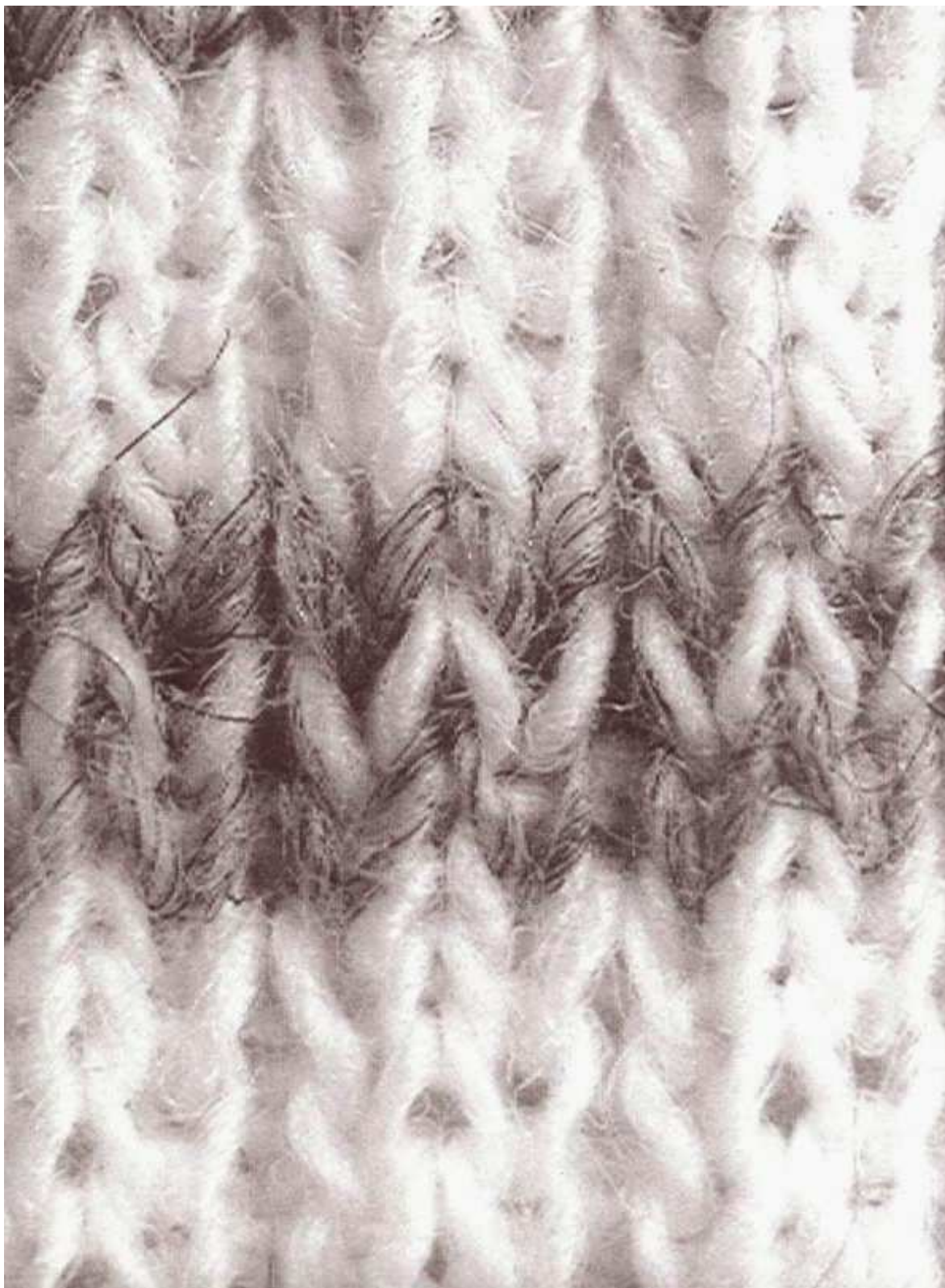
Vzorek textilie D	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ antistatická pletenina s vodivým proužkem VÚB a.s. ○ vazba žebrová, oboulícní ○ vodivá příze - 75 % bavlna/ 25 % PES antistat ○ nevodivá příze - 50 % bavlna/ 50 % PES
Vzorek textilie E	Popis vzorku
	<ul style="list-style-type: none"> ○ antistatická pletenina s vodivým proužkem VÚB a.s. ○ vazba hladká, jednolícní ○ vodivá příze - 75 % bavlna/ 25 % PES antistat ○ nevodivá příze - 100 % bavlna

Tab.2: Vzorky použitých textilií

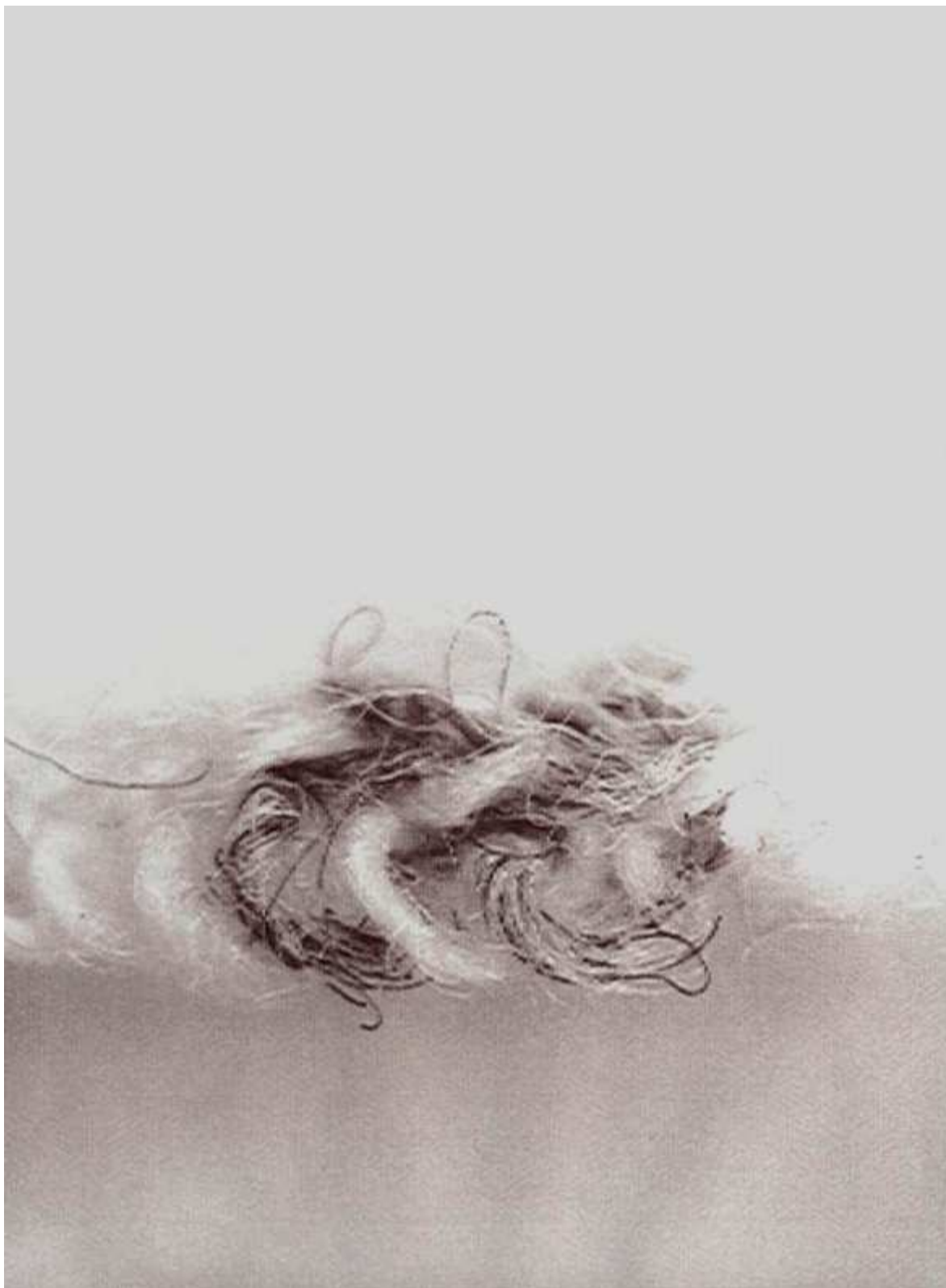
Příloha 5



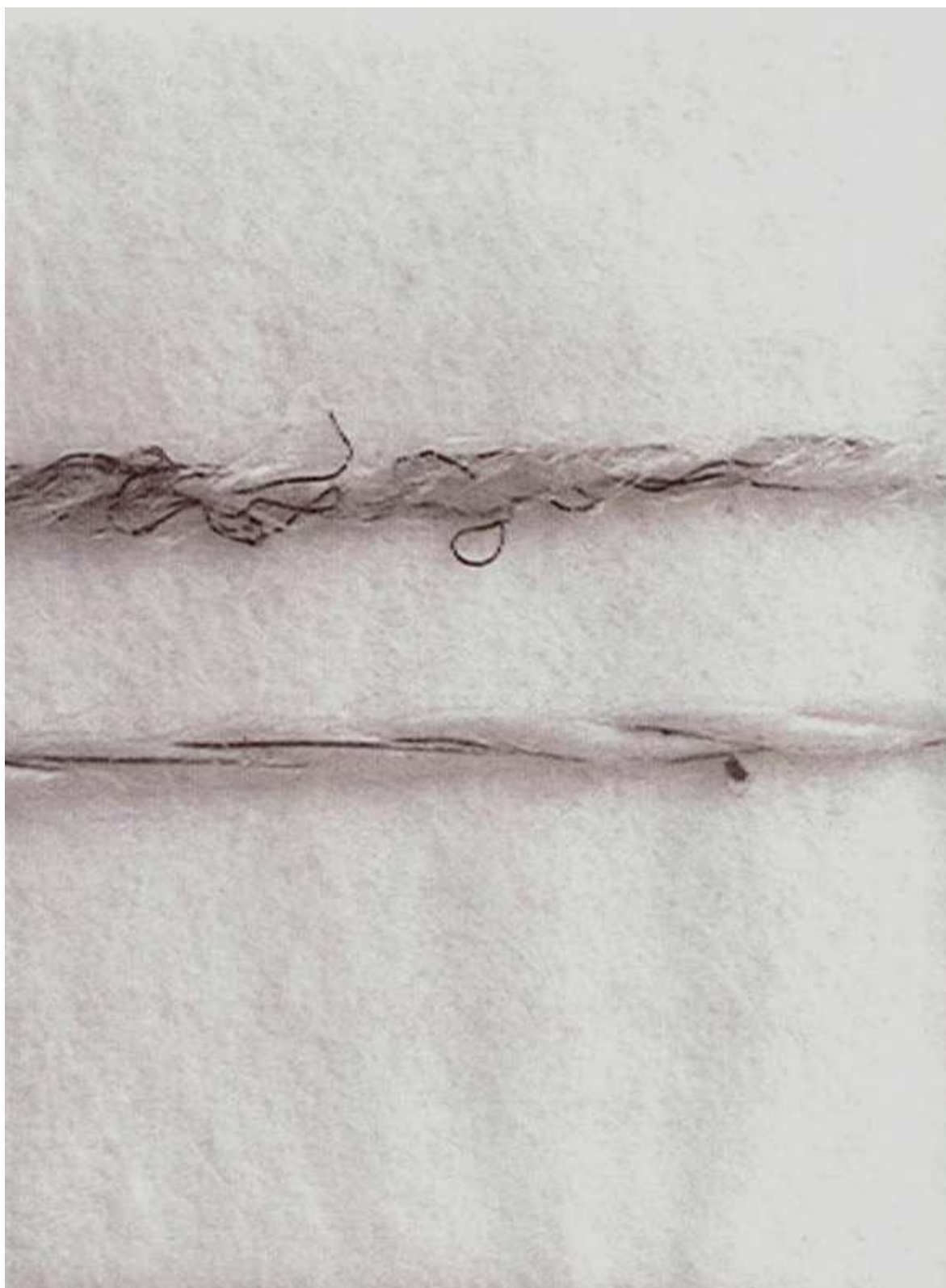
Obr.1: Detail antistatické tkaniny s vodivou mřížkou tvořená ze dvou vodivých přízí v osnově a útku



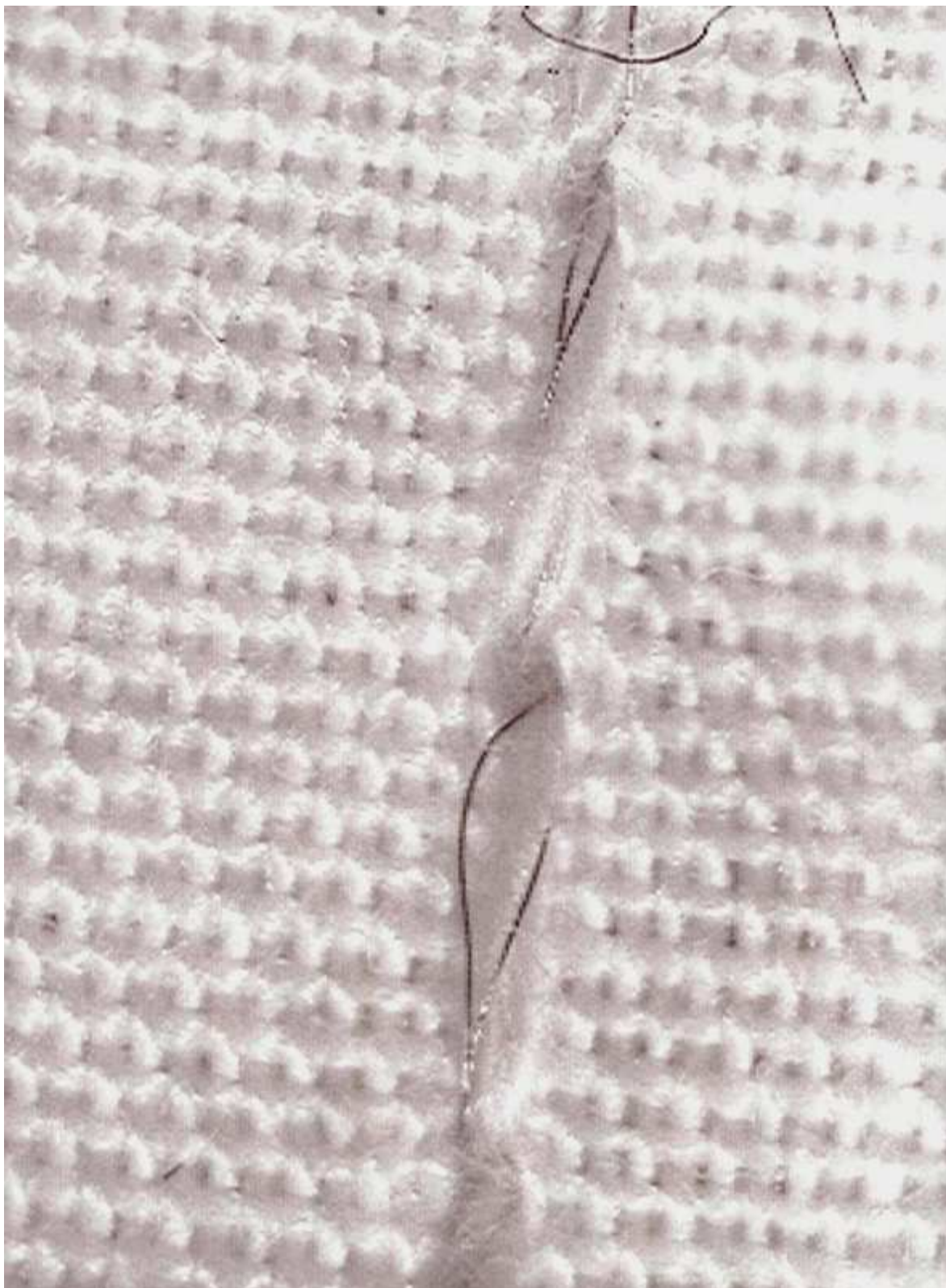
Obr.2: Detail vodivého proužku v antistatické pletenině, kde dvě antistatické příze jsou odděleny nevodivou přízí



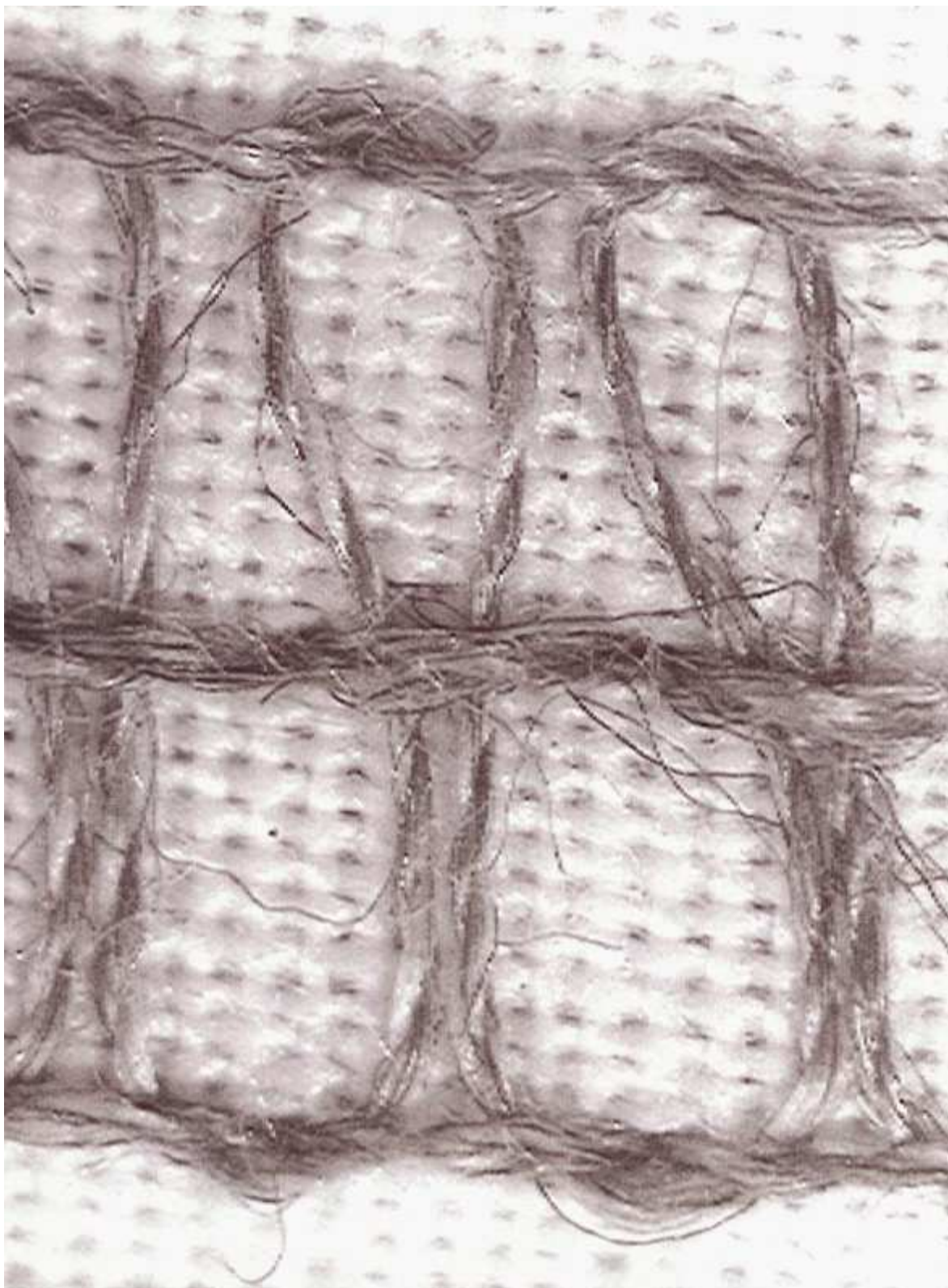
Obr.3: Detail příčného řezu antistatické pleteniny v místě vodivého proužku, vytvořeného ze dvou vodivých přízí



Obr.4: Detail antistatické šicí nitě ze staplové příze (výše) a antistatické šicí nitě s kovovým vláknem (níže)



Obr.5: Detail antistatické šicí nitě ze s přetrženým kovovým vláknem



Obr.6: Detail stehu č.605 šitého antistatickou šicí nití č.1 ze staplové příze



Obr.7: Detail stehu č.605 šitého antistatickou šicí nití s kovovým vláknem

Použitá literatura příloh

- [1] ESD testery. [cit. 10-03-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.abetec.cz/produkty/esd/esd-testery-127.htm> >.
- [2] Antistatická vlákna. [cit. 10-03-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.r-stat.com/GB/somproduitsgb.html> >.
- [3] Antistatická vlákna. [cit. 10-03-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.swicofil.com/statexshieldex.html> >.
- [4] Antistatická vlákna. [cit. 16-02-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.epitropicfibres.co.uk/products.htm> >.
- [5] Antistatická vlákna. [cit. 10-03-2009]. Dostupné na internetu
< http://www.barnet.com/html/nega_stat.html >.
- [6] Antistatická vlákna. [cit. 16-02-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.x-staticfiber.com/> >.
- [7] Antistatická vlákna. [cit. 12-03-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.swicofil.com/belltron.html> >.
- [8] Antistatická vlákna. [cit. 12-03-2009]. Dostupné na internetu
< <http://www.amann.cz/cz/katalog/techx.html> >.

Příloha 6