

# Kontaktní struktury na textilních substrátech

David Michal, Jan Řeboun

Katedra technologií a měření

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

dmichal@ket.zcu.cz

## Contact Structures On Textile Substrates

**Abstract – This paper deals with contact structures on textile substrates. The topic of contact structures is important, because of it being the weakest link in the field of smart textiles. Once the conductive paths of a product are destroyed, the whole product is useless. Necessity of finding ideal technique and parameters for its creation is a must for successful product.**

*Keywords – Contact structures; Resistive welding; Smart textiles*

### I. ÚVOD

Ačkoliv koncept integrace elektronických prvků do oblečení není zcela nový, kvůli technologickým obtížím je stále ve svých počátcích. Se stále se zvyšujícími požadavky uživatelů začíná docházet k narážení na materiálové limity současné doby. Proto je velké množství energie a prostředků investováno směrem smart textilií, aby bylo možné tyto nároky plnit. Tento článek se tak zabývá jedním z možných způsobů, jak vytvářet kvalitnější a odolnější kontaktní struktury pro tento obor, a to metodou odporového svařování.

### II. KONTAKTNÍ STRUKTURY

Přestože se dají smart textilie rozdělit do mnoha kategorií a odvětví, všechny mají stejný základ a tím je textilní substrát. Použití těchto chytrých oděvů je velmi rozsáhlé a zpravidla cílí do oblastí vyžadujících vysokou odolnost. Jedná se např. o sport, zdravotnictví nebo třeba armádu a složky IZS. Tato odolnost samozřejmě závisí na použitých prvcích, jako jsou samotné senzory, aktuátory nebo řídicí obvody. Ve velké míře je však odolnost závislá také na substrátu, na němž jsou prvky umístěny a stejně tak i na vytvořených kontaktních strukturách, jež se starají o propojení jednotlivých prvků. Kvalita těchto spojů se odvíjí od zvolených materiálů, jak pro substrát, tak i pro vodivé části, ale i od metody použité pro vytvoření těchto struktur. [1]

#### A. Vodivá vlákna a tkaniny

Aby mohla být vodivá vlákna a tkaniny použity pro oblečení, musí být flexibilní a elastické, jinak není možné zajištění pohodlí při nošení. Musí být snadno ohýbatelné, stříhatelné a formovatelné. Čím více jsou upnuté, tím více flexibilní musí být. Proto by vlákna měla být velmi jemná ( $<1$  Tex) a lehká (obvykle  $<300\text{g/m}^2$ ).

Materiály pro vodivá vlákna lze rozdělit dle původu jejich vodivosti:

- Příirozeně vodivá kovová vlákna – stříbro, nikl, nerezová ocel, titan, hliník, měď.
- Modifikovaná vodivá kovová vlákna – nejčastěji pokovená polymerní vlákna.

- Uhlíková nanovláknna – princip založen na uhlíkových nanotrubicích.
- Vodivé polymery – Polypyrrol, Polyaniline, PEDOT.

Vodivé tkaniny jsou výsledkem snažení integrovat vodivá vlákna do textilních nosičů. K tomu je možné použít celou řadu technologií. Mezi ty patří a) vyšívání, b) šití, c) tkaní, d) netkané textilie, e) pletení, f) předení, g) splétání, h) nanášení vodivé vrstvy, i) tisk, j) chemická úprava. [1]

### *B. Výroba kontaktních struktur*

Při vytváření vodivých spojení ve smart textiliích je důležité, aby jednotlivé vodivé cesty byly od sebe vzájemně izolované pro zamezení vzniku zkratu ohybem nebo například vlhkostí. Možností pro vytváření vodivých spojení je celá řada, některé vycházejí přímo z technologií vyvinutých pro masovou výrobu mikroelektroniky, naopak některé jsou vytvořené specificky pro textilie.

Způsobů vytvoření kontaktních struktur je mnoho, od jednoduchých forem mechanického spojování (sešití, krimpování), přes metody svařování (odporové, ultrazvukové), až po vodivá či nevodivá lepidla. Pro tento článek byla použita metoda odporové svařování. Ta funguje na principu vzniku tepla průchodem proudu skrze elektricky vodivé komponenty. Pro vznik svaru musí být proud přiložen po určitý čas a elektrody musí být odpovídající silou přitlačeny na místo, kde požadujeme vznik spoje. Existují dva základní typy odporového svařování, lišící se způsobem přiložení elektrod. Prvním je přímé svařování, kdy je každá elektroda přiložena z jedné strany, vzájemně proti sobě. V případě nepřímého svařování je proud přiveden dvěma paralelními elektrodami z jedné strany látky. [2]

### *C. Měření odporu kontaktních struktur a zátěžové testy*

Hlavním důvodem svařování je minimalizace stejnosměrného odporu v místě spoje (kontaktní odpor) a dosažení jeho dlouhodobé stability. Pro jeho měření je nejvhodnější tzv. 4-vodičová metoda (orig. Greek cross). Do výsledné hodnoty se totiž nepromítne odpor přírodních kabelů, materiálu ani samotného měřícího vybavení.

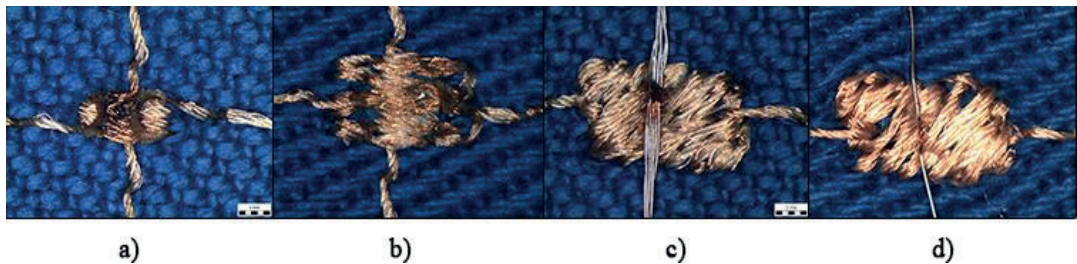
Aby vytvořené kontaktní struktury byly použitelné v praxi, je nutné je nejdříve detailně charakterizovat a testovat. Testy se odvíjejí od potenciálních aplikací. Mezi nejčastěji používané testy patří praní, teplotní cykly, natahování a nošení. [3]

## III. PRAKTICKÁ REALIZACE A ZKOUŠKY KONTAKTNÍCH STRUKTUR

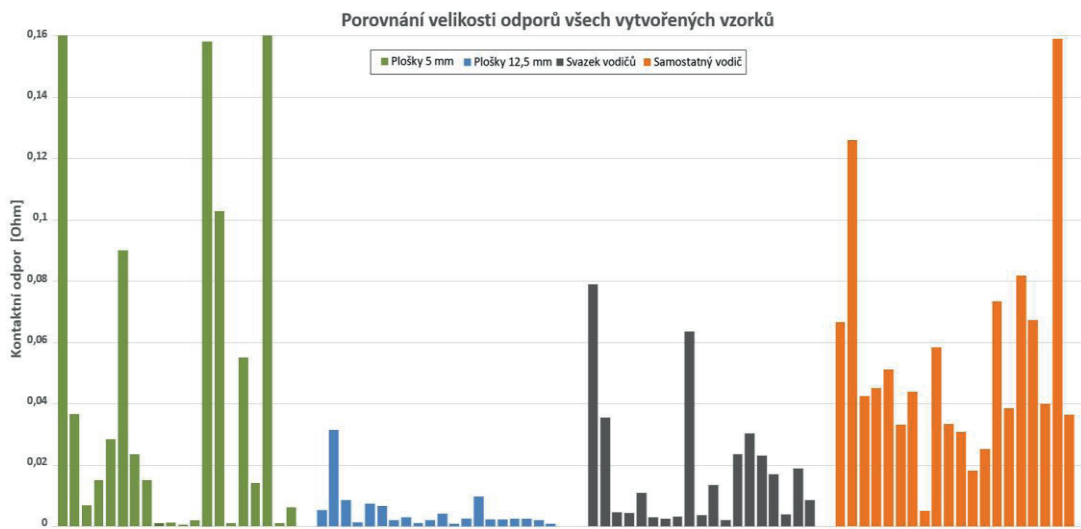
Byl proveden návrh a realizace prvotních vzorků společně s vhodnými přípravky pro měření vybraných parametrů kontaktních struktur. Po vytvoření, měření a komplexní analýze těchto prvotních vzorků byla poté vytvořena série testovacích vzorků s parametry vhodnými pro zátěžové testy.

Realizované vodivé motivy byly vyšity hybridní šicí nití, která se skládala z polyesterových vláken a osmi mosazných mikrodrátků s průměrem 30  $\mu\text{m}$ , označení 25a. Byly realizovány čtyři typy motivů s kontaktními strukturami. Dva motivy obsahovaly přešité křížení, pro vytvoření kontaktu mezi sebou. Jeden motiv měl plochu přešité plošky 5  $\text{mm}^2$  a druhý 12,5  $\text{mm}^2$ . Zbylé dva motivy křížení neobsahovaly, ale na stejném místě jako vzorky předchozí měly také přešité plošky větší velikosti, pro přivaření dvou typů vnějších vodičů. Jeden typ je svazek sedmi drátků, každý o průměru 120  $\mu\text{m}$  a druhý je jeden vodič z tohoto svazku. Zvolená krajní mez odporu pro

vytvořené vzorky byla zvolena  $1 \Omega$ . Fotografie vytvořených vzorků a jejich hodnoty odporů lze vidět na Obrázku I. a II.



**Obrázek I.** a) Ploška 5mm<sup>2</sup> b) Ploška 12,5mm<sup>2</sup> c) Svazek vodičů d) Samostatný vodič

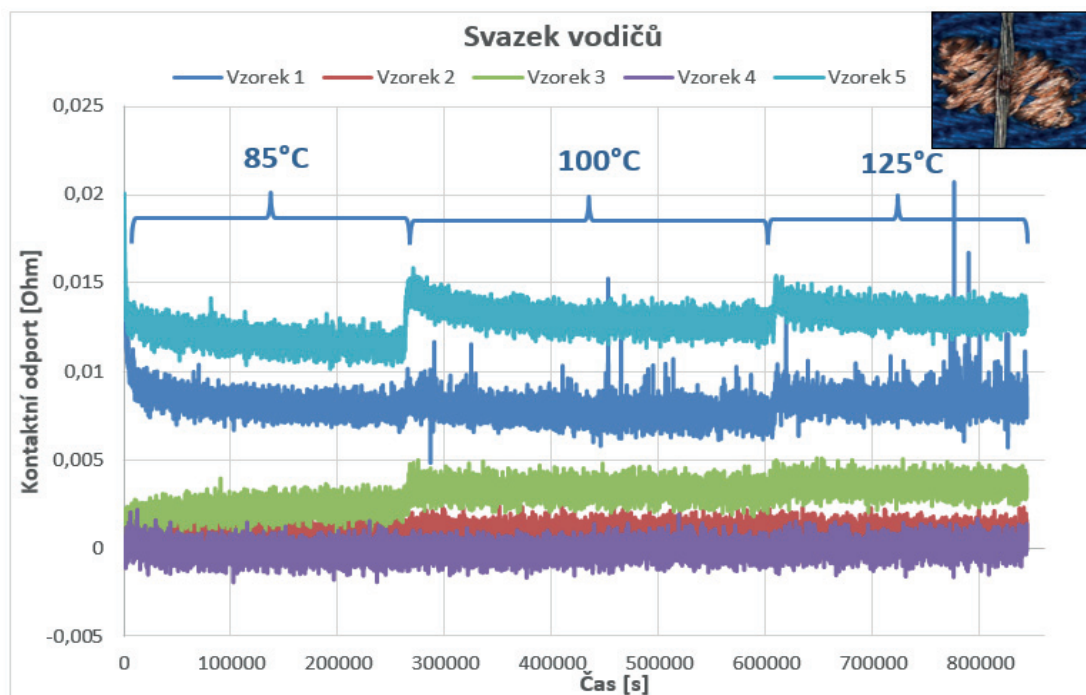


**Obrázek II.** Hodnoty odporů vytvořených vzorků

Většina vzorků se pohybuje v řádu setin mΩ, až na několik výjimek, které dosahují desetin Ω. Takové vzorky se převážně vyskytují mezi motivy s přivařeným jedním externím vodičem.

Při výběru vhodných zátěžových testů byl brán zřetel na potenciální aplikaci těchto typů kontaktů. Ta zahrnuje kromě běžného nošení i vystavení náročným podmínkám (vysoké a nízké teploty). Vzorky proto absolvovaly testy v komoře při zvýšených konstantních teplotách, v komoře šokové a pro ověření mechanické odolnosti i testy prací. Testy v teplotních komorách byly dlouhodobé a příklad grafického vyhodnocení lze vidět na Obr. I.

Prací testy se ukázaly jako nejnáročnější, kdy kombinace vody, detergentu a mechanického namáhání může vytvořený kontakt rozvolnit nebo úplně zničit. To byl případ vzorků s externími přivařenými vodiči. Místa spojů byla zapouzdřena fixačním tmelem, ale i přesto byly vzorky s jedním vodičem až na výjimky úplně zničeny. Vzorky se svazkem testy zvládly o něco lépe, avšak nárůst odporu byl stále markantní. U vzorků s přešitými ploškami se ukázalo zapouzdření jako velmi efektivní způsob ochrany kontaktů a i v případě jeho nepoužití došlo pouze k mírnému nárůstu odporu.



**Obrázek III. Příklad grafu hodnot získaných z měření v komoře**

U všech vzorků, které absolvovaly teplotní i šokové komory byl nárůst jak v průběhu testu, tak i po nich téměř zanedbatelný. Ukázalo se tak, že všechny vytvořené vzorky jsou velmi odolné vůči tepelnému i šokovému namáhání.

#### IV. ZÁVĚR

Celkově bylo vytvořeno 80 ks vzorků. Byly provedeny 3 série testů v teplotní komoře, 2 série testů v šokové komoře a 4 série pracích testů. Po absolvování všech těchto zátěžových zkoušek 65 vzorků stále splňuje limit jednoho ohmu, většina z nich se však pohybuje hluboko pod touto hranicí v řádech několika dsetin nebo setin ohmu. Lze tedy konstatovat, že s dostatečnou přípravou je odporové svařování vhodné k vytváření kontaktních struktur na textilních substrátech.

#### PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005 a projektu SGS-2018-016: Diagnostika a materiály v elektrotechnice.

#### LITERATURA

- [1] SARIF ULLAH PATWARY, Md Syduzzaman. Smart Textiles and Nano-Technology: A General Overview. *Journal of Textile Science & Engineering* [online]. 2015, roč. 05, č. 01, s. 1–7. ISSN 21658064. Dostupné z: doi:10.4172/2165-8064.1000181
- [2] READ, Most. News & Events Novel joining methods applicable to textiles and smart garments. 2015, č. September 2005, s. 1–10.
- [3] M. MITKOVÁZ, M. N. KOZICKI, A. J. WALTONL a V. A. O. VDA. Suspended Greek. *Test*. 2005, roč. 18, č. April, s. 1–4.