

ELTRO-Druck II – Entwicklung einer Technologie zur Herstellung von hochleitfähigen gedruckten Strukturen auf Textilien mittels ChromoJet-Technik

INNO-KOM-Ost MF 150063

Abstract

Das Drucken hochleitfähiger Strukturen ist bisher sehr zeit-, material- und kostenintensiv. Für eine schnelle Umsetzung von gedruckter Elektronik soll die Digitaldrucktechnik eingesetzt werden. Dabei zu verdruckende hochleitfähige Substanzen basieren auf Silber- oder Kohlenstoffpartikeln, die in ein Pasten- bzw. Bindersystem eingebracht und in der Schwebelage gehalten werden müssen.

Das Ziel des Projektes, die Herstellung gedruckter leitfähiger Strukturen auf textilen Trägermaterialien unter Nutzung der ChromoJet-Spritzdrucktechnik, wurde erreicht.

Die eigens dafür entwickelte Bypass-Technologie eignet sich sowohl für das Verdrucken von Silbernanodraht-Dispersionen als auch für das partielle oder vollflächige Bedrucken von Substraten mit Hilfsmitteln der Textilveredlung.

The printing of highly conductive structures has been very time-consuming, material- and cost-intensive. The digital printing technique should be used for a fast implementation of printed electronics. Highly conductive substances to be printed are based on silver or carbon particles which have to be incorporated into a paste or binder system and kept in suspension.

The target of the project, the production of printed conductive structures on textile materials using the ChromoJet injection printing technique, was achieved.

The specially developed bypass technology is suitable for both the printing of silver nanowire dispersions and the partial or full-surface printing of substrates for finishing.

Aufgabenstellung

Ein neu etabliertes Verfahren für die Herstellung leitfähiger Drucke auf textilen Substraten ist das digitale Spritzdruckverfahren ChromoJet. Es ist flexibler und weniger kostenintensiv als der derzeit eingesetzte Siebdruck, wenn es um schnelle Designwechsel geht.

Im vorangegangenen Projekt ELTRO-Druck (INNO-KOM-Ost MF110132) sind leitfähige Polymere genutzt worden, um leitfähige Strukturen für Sensoren und Heizungen mittels der ChromoJet-Technik auf Textilien zu erzeugen. Mit den gedruckten Strukturen sind sowohl ein Berührungssensor als auch eine Heizstruktur, integriert in einem Shirt, als Demonstrator aufgebaut worden. Weiterführende Forschungsarbeiten mit KMU nach Abschluss des Vorhabens zeigen weiteren Forschungsbedarf, wenn es um die Langzeitstabilität der elektrischen Kennwerte sowie die Haftung der leitfähigen Schichten geht.

Ziel des hier vorgestellten Forschungsvorhabens ist demzufolge die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung von hochleitfähigen gedruckten Strukturen auf Textilien mittels ChromoJet-Technik, welche über Langzeitstabilität der Leitfähigkeit verfügen.

Lösungsweg

Dabei zu verdruckende hochleitfähige Substanzen basieren auf Silber- oder Kohlenstoffpartikeln, die in ein Pasten- bzw. Bindersystem eingebracht und in der Schwebe gehalten werden müssen. Letzteres gelingt mit der gemeinsam mit J. Zimmer Maschinenbau GmbH (Klagenfurt, Österreich) entwickelten Bypass-Technologie für die Chromojet-Technik (Abbildung 1).

Der Bypass hält die Druckpaste in ständiger Bewegung. Die Tinte strömt kontinuierlich alternierend zwischen zwei Vorratsgefäßen am Druckkopf vorbei. Sedimentation und Entmischung von Tinten mit Funktionspigmenten werden somit verhindert.



Abbildung 1: Chromojet-Druckkopf mit Bypass-Technologie

Ergebnis und Anwendungen

Mit der neu entwickelten Bypass-Technologie werden Sedimentationserscheinungen und Entmischung von Tinten mit Funktionspigmenten verhindert. Somit kann erstmals die Sedimentation in Dispersionen mit Metallpigmenten über Stunden hinweg unterdrückt werden, allerdings können Metallpigmente $> 1 \mu\text{m}$ die Schutzfilter nicht passieren.

Die Simulationen zur Berechnung der Flächenwiderstände von verdruckten Dispersionen mit metallisch leitfähigen Pigmenten zeigen, dass bei verdruckbaren Feststoffgehalten von unter 10 % erst bei Partikelgrößen von $< 50 \text{ nm}$ mit Flächenwiderständen von unter $10 \Omega/\square$ gerechnet werden kann (Abbildung 2).

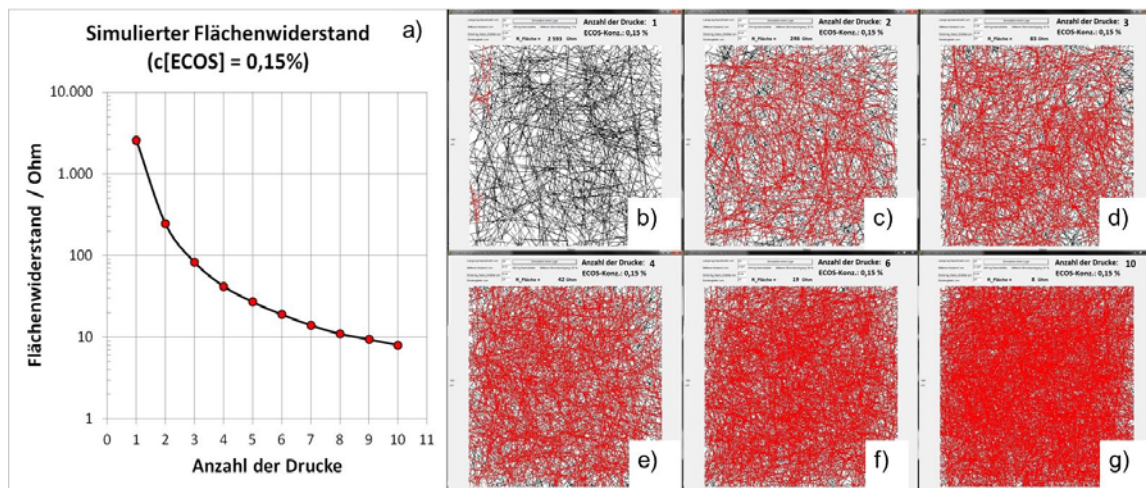


Abbildung 2: Simulation von Silbernanodrahtdrucken: a) Simulierter Flächenwiderstand in Abhängigkeit von der Anzahl der Drucke, b-g) Simulation der Verteilung der Nanodrähte (mit dem eigens dafür im Rahmen des Projektes entwickelten Simulationsprogramm)

Druckversuche mit verdünnten Dispersionen von Silbernanodrähten bestätigen die Simulation. Silbernanodrähte mit einem Durchmesser von ca. 5 nm und einer Länge von 50 nm lassen sich problemlos in Konzentrationen von 0,1–0,25 % mit der ChromoJet-Technologie verdrucken. Für Konzentrationen > 0,25 % muss für einen reproduzierbaren homogenen Druck die Bypass-Technologie zum Einsatz kommen.

Für Flächenwiderstände < 10 Ω/□ müssen verdünnte (0,1–0,25%ige) Tinten bis zu 10-fach bzw. Tinten mit Konzentrationen von 1–5 % mit der Bypass-Technologie verdruckt werden.

Experimente mit der Bypass-Technologie zeigen generell, dass nur metallische Nanomaterialien zur gewünschten Leitfähigkeit führen, wie die Simulation und die REM-Aufnahmen von verdünnten und gedruckten Silbernanodrähten zeigen. Durch den Einsatz von Silbernanodrähten wurden Widerstände von 8 Ω/□ gemessen und damit auf Textilien leitfähige Drucke realisiert.

Die für die ChromoJet-Anlage entwickelte und angebaute Bypass-Technologie eignet sich sowohl für das Drucken von Silbernanodraht-Dispersionen als auch für das partielle oder vollflächige Bedrucken von Substraten mit Avivagen und Ausrüstungen in der Textilveredlung.

Mit dem digitalen Druckverfahren und den entsprechend angepassten Tinten auf der Basis von Silbernanodrähten können gedruckte hochleitfähige Strukturen in verschiedenen Layouts hergestellt werden. Flächenwiderstände von weniger als 10 Ω/□ sind realisiert worden. Unter Verwendung der Bypass-Technologie und beim Einsatz einer 3–4%igen Silbernanodraht-Dispersion können selbst Flächenwiderstände von weniger als 1 Ω/□ bis hin zu 0,2 Ω/□, wie für elektronische Schaltungen erforderlich, erzielt werden.

Im Projekt sind beispielhaft Interdigitalstrukturen und Heizstrukturen in Form von vollflächigen Drucken mit Tinten auf der Basis von leitfähigen Polymeren und kohlenstoffhaltigen Zusätzen

realisiert und in Funktionsmustern umgesetzt worden. Diese haben jedoch Flächenwiderstände im Kiloohmbereich und sind für elektronische Verschaltungen ungeeignet.

Mit leitfähigen Polymerdrucken lassen sich Flächenwiderstände Bereich von 100–1000 Ω/\square realisieren, die jedoch weder langzeitstabil noch strombelastbar sind. Lediglich mit Silbernanodraht-Dispersionen sind Flächenwiderstände unter 10 Ω/\square realisierbar. Über die gedruckten Flächen können elektrische Ströme realisiert werden, wie sie für textile Heizungen benötigt werden. Unter Stromfluss stellen sich langzeitstabile Widerstände ein.

Ansprechpartner: Dr. Yvonne Zimmermann
Tel.: 03661 / 611 310
E-Mail: y.zimmermann@titv-greiz.de