

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

Nr. 1 Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen

Nr. 2: DWI - Leibniz-Institut für Interaktive Materialien

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16964 N**

Antibakterielle Beschichtung auf textilen Flächengebilden für (medizin-)technische Anwendungen

(Bewilligungszeitraum: 01.08.2011 - 31.01.2014)

der AiF-Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. - EFDS

Bremen, 15.05.2014

Aachen, 13.05.2014

Ort, Datum

Dr. Klaus Vissing

Dr. Elisabeth Heine

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1. Zusammenfassung	3
1.1 Motivation	4
1.2 Stand der Technik	5
1.3 Wissenschaftliche-technische Problemstellung	6
1.4 Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU	7
1.5 Innovativer Beitrag und industrielle Anwendungsmöglichkeiten der erzielten Ergebnisse	7
1.6 Zusammenstellung aller Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Vorhaben veröffentlicht wurden oder in Kürze veröffentlicht werden	8
1.7 Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts.....	8
2. Untersuchung der Metallteilchenagglomeration.....	9
2.1 Patent- und Produktrecherche.....	9
2.2 Auswahl und Charakterisierung geeigneter Bahnware.....	14
2.3 Untersuchungen der Metallpartikelagglomeration	17
2.4 Charakterisierung der Plasmapolymerschicht	21
3. Charakterisierung der Diffusion von Metallionen	22
3.1 Auswahl und Charakterisierung geeigneter textiler Flächengebilde	22
3.2 Optimierung der Beschichtung bezüglich antibakterieller Wirkung, Farbe und Langzeitstabilität.....	22
4. Untersuchung von Beschichtungsprozessen	30
4.1 Auswahl und Charakterisierung geeigneter textiler Flächengebilde	30
4.2 Optimierung auf die Bedürfnisse der textilen Flächengebilde.....	31
4.3 Untersuchung zum Einfluss der Freisetzung von Wasserdampf aus den verschiedenen Substratmaterialien	32
4.4 Beschichtung von textilen Flächengebilden und Charakterisierung der antibakteriellen Wirkung	34
4.5 Entwicklung eines in-situ Messsystems zur qualifizierten Beschichtungsherstellung	36
5. Analytik	38
5.1 Wiederholgenauigkeit	38
5.2 Robustheit	40

5.3 Entwicklung einer validierbaren Charakterisierungsmethode	41
Beschreibung der Testung der antibakteriellen Wirkung	43
Bestimmung des Silbergehaltes durch Schwermetallanalyse nach Aufschluss mit Salpeter- und Flusssäure	49
6. Ermittlung geeigneter Verpackungsmethoden	52
6.1 Untersuchung geeigneter Sterilisationsmethoden	52
6.2 Charakterisierung des Einflusses der Sterilisation auf die antibakterielle Wirkung und Lagerungsstabilität	54
7. Herstellung eines Demonstrators	55
8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	56
Referenzen	59
Anhang A: Antimikrobielle Wirksamkeit von mit Kupferoxid beschichteten PET-Folien	62
Anhang B: Nachweis der Teilchenagglomeration nach der Lagerung	69

1. Zusammenfassung

Aufgabe des Projekts war die Abscheidung einer antibakteriellen Beschichtung auf textilen Flächengebilden mit Hilfe der Niederdruck-Plasmatechnologie. Es wurden Substratmaterialien in Hinsicht auf die Silberagglomeration, der antibakteriellen Wirkung, der Wickelbarkeit und des Wassergehalts analysiert. Optimale Materialien zeichnen sich dadurch aus, dass sie wenig Wasser enthalten und die Fasern unter Wassereinwirkung nicht quellen. Aus Gründen der Beschichtungskosten sollte die Bahnware möglichst dünn aber trotzdem mechanisch belastbar sein, ohne dass sich das Material stark streckt. Geeignete Kandidaten sind die Kunstfasern Polyester und Polyamid, die sich vergleichsweise einfach trocknen lassen.

Die antibakterielle Beschichtung wurde hinsichtlich des Silbergehalts und der Schichtdicken der SiO_x-Schichten hin optimiert. Bei sehr hohen Silbergehalten konnten Schichtablösungen bzw. Teilchenagglomeration beobachtet werden. Für glatte Substrate wie PET-Folie konnte ein optimaler Silbergehalt von 2.5 µg/cm² ermittelt werden. Der Einfluss der Releaseschichtdicke bleibt im relevanten Schichtdickenbereich bis ca. 60 nm zu vernachlässigen. Eine hohe Porosität hingegen führt zu einer gravierenden Beschleunigung des Ionenreleases. Abbildung 27 zeigt eine optimale Beschichtung auf einer PET-Folie.

Diese Beschichtung wurde auf die Bahnwarenbeschichtungsanlage übertragen. Im Vordergrund stand die Problematik der Wasserdesorption aus dem Polyester/Polyamidgewebe, die teilweise durch gezielte Zugabe von Sauerstoff gelöst werden kann. Es konnte gezeigt werden, dass sich hinreichend trockene textile Flächengebilde erfolgreich beschichtet werden konnten. Neben der Beschichtungsherstellung lag der Focus auf der in-situ und ex-situ Prozesskontrolle bzw. Schichtanalytik. Die Emissionsspektroskopie kann während des Beschichtungsprozesses Schwankungen exakt detektieren. Als Prüfmethode für die Beschichtung selber steht nun die Ellipsometrie als zerstörungsfreie Methode zur Verfügung.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Verpackung und die Sterilisationsmethoden gelegt. Wenn die Gammasterilisation zur Anwendung kommen muss, sollte während des Sterilisierens keine Luftsäule über dem Flächengebilde stehen. Eine Vakuumverpackung bzw. eine dicht gewickelte Metallfolie schützt die Beschichtung vor dem Angriff von Stickstoffoxiden, die durch die ionisierende Strahlung der Umgebungsluft entstehen, in ausreichendem Maße.

Die entwickelte Beschichtung bzw. der Beschichtungsprozess stellt im Bereich der Medizintechnik ein interessantes Verfahren dar, wenn im Markt ein gewisser Preis durchsetzbar ist. Für Massentextilien erscheint die Methode nicht brauchbar zu sein. Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.