

## Textile Redoxsensoren zum Online-Monitoring und zur Regelung der Konzentration reaktiver Sauerstoffspezies in chemothermischen Desinfektionsverfahren

IGF 20394 N

Zur Gewährleistung einer sachgerechten Hygiene werden Textilien aus hygienisch anspruchsvollen Bereichen überwiegend in chemothermischen Desinfektionsverfahren gewaschen. Nach Erreichen der vorgeschriebenen Temperatur (oftmals 60 °C) erfolgt eine einmalige Dosierung hoher Konzentrationen von Peroxoverbindungen, die einer schnellen thermischen Aktivierung unterliegen und zur Bildung hoher Konzentrationen reaktiver Sauerstoffspezies führen. Reaktive Sauerstoffspezies bewirken eine Textilschädigung.

Vor diesem Hintergrund wurden vom wfk-Institut in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen textile Redoxsensoren entwickelt, die aus einem redoxsensitiven Areal und einem RFID-Transponder bestehen. Bei dem redoxsensitiven Messareal handelt es sich um ein textiles Trägermaterial (Baumwollgewebe), in dem Edelstahldrähte als Elektroden eingearbeitet sind und auf dem sich ein Polymernetzwerk mit redoxsensitiven Einheiten befindet. Als redoxsensitives Polymer wurde acryliertes Polypropylensulfid auf das Messareal appliziert und UV-vernetzt. Die Umsetzung der redoxsensitiven Einheiten durch reaktive Sauerstoffspezies führte zu einer Änderung der elektrischen Eigenschaften der Polymermatrix, sodass sich die Änderung des Oxidationsgrads impedimetrisch verfolgen ließ. Ein Messverfahren und ein Auswertemodell wurden entwickelt. Um den Energiebedarf der Schaltung bzw. des textilen Redoxsensors decken zu können, musste das Messverfahren auf eine Messfrequenz von 10 kHz beschränkt werden.

Zur Energie- und Datenübertragung zwischen Kommunikationsmodul und einem textilen Redoxsensor wurde ein Konzept erarbeitet, welches darauf beruht, eigens entwickelte Spiralantennen gleichmäßig verteilt im Trommelinneren zu positionieren und

## Textile redox sensors for online monitoring and control of the concentration of reactive oxygen species in chemo-thermal disinfection processes

IGF 20394 N

Textiles from hygienically demanding areas are mainly washed using chemo-thermal disinfection processes to ensure proper hygiene.

Once the prescribed temperature (often 60 °C) has been reached, a single dose of high concentrations of peroxide compounds is applied, which are subject to rapid thermal activation and lead to the formation of high concentrations of reactive oxygen species. Reactive oxygen species cause textile damage.

Against this background, textile redox sensors were developed at wfk-Institute in cooperation with the Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems, which consist of a redox sensitive area and an RFID transponder. The redox sensitive measuring area is a textile carrier material (cotton fabric) in which stainless steel wires are incorporated as electrodes and on which there is a polymer network with redox sensitive units.

Acrylated polypropylene sulfide was applied to the measuring area as a redox sensitive polymer and UV-crosslinked. The conversion of the redox sensitive units by reactive oxygen species leads to a change in the electrical properties of the polymer matrix, so that the change in the degree of oxidation could be monitored impedimentally. A measuring method and an evaluation model were developed. The measuring method had to be limited to a measuring frequency of 10 kHz in order to be able to cover the energy requirements of the textile redox sensor.

A concept was developed for energy and data transmission between the communication module and a textile redox sensor. This concept is based on positioning specially developed spiral antennas evenly distributed inside the drum and stimulating

Fortsetzung auf Seite 2

To be continued on page 2

## Fortsetzung:

### IGF 20394 N

simultan anzuregen, um die Feldverteilung des elektromagnetischen Feldes innerhalb der Waschflotte zu maximieren. Zirkular polarisierte Antennen wurden entworfen und auf eine Abstrahlung im Wasser optimiert. Zusätzlich wurde ein miniaturisierter Power-Splitter entworfen, welcher das Signal des Lesegerätes auf mehrere Antennen verteilt. Experimentell konnte verifiziert werden, dass UHF-Transponder unter Wasser mit den gefertigten Spiralantennen lesbar sind.

Eine Schaltung zur Impedanzmessung wurde simuliert, optimiert und als RFID-Modul gefertigt. Das Funktionsprinzip des textilen Redoxsensors wurde verifiziert, indem ein redoxsensitives Messareal, das mit dem RFID-Modul verbunden war, oxidiert wurde. Zudem wurde die Eignung von Kupferlitzen als Dipolantennen für die Verwendung unter Wasser bestätigt.

Ein Prozessleitsystem wurde in eine Waschscheudermaschinen integriert. Ein Auswertungsprogramm, welches das entwickelte Analysemodell zur Bestimmung des Oxidationsgrades des PPS nutzt, wurde in das Prozessleitsystem eingebunden.

Basierend auf den Projektergebnissen lässt sich ein innovatives Verfahren zur in situ Erfassung reaktiver Sauerstoffspezies realisieren, das es textilen Dienstleistungsbetrieben erlaubt, die Konzentration an Peroxoverbindungen während eines desinfizierenden Waschverfahrens zu regeln. Somit lässt sich die Konzentration an reaktiven Sauerstoffspezies im Wäscheposten auf einem zur Desinfektion ausreichenden, aber konstant niedrigen Niveau halten, wodurch die Textilschädigung minimiert wird. Der durch Schmutz bedingte Verbrauch reaktiver Sauerstoffspezies (Zehrung) wird automatisch berücksichtigt, sodass unabhängig vom Wäscheposten eine bedarfsgerechte, geregelte Dosierung erfolgen kann. Durch das Monitoring wird zudem die Prozesssicherheit erhöht, da Konzentrationsschwankungen sofort erkannt und ausgeglichen werden können.

**Der Forschungsbericht ist auf Anfrage beim wfk - Cleaning Technology Institute erhältlich.**

## Continued:

### IGF 20394 N

them simultaneously in order to maximize the field distribution of the electromagnetic field within the washing liquor.

Circularly polarized antennas were designed and optimized for in water radiation. In addition, a miniaturized power splitter was designed, which distributes the signal from the reader to several antennas. It was experimentally verified that UHF transponders can be read under water with the manufactured spiral antennas.

A circuit for impedance measurement was simulated, optimized and manufactured as an RFID module. The functional principle of the textile redox sensor was verified by oxidizing a redox sensitive measuring area that was connected to the RFID module. In addition, the suitability of copper strands as dipole antennas for use under water was confirmed.

A process control system was integrated into a washer-extractor. An evaluation program, which uses the developed analysis model to determine the degree of oxidation of the PPS, was integrated into the process control system.

Based on the project results, an innovative method for the in situ detection of reactive oxygen species can be implemented that allows textile service companies to regulate the concentration of peroxy compounds during a disinfecting washing process.

Thus, the concentration of reactive oxygen species in the laundry can be kept at a level sufficient for disinfection but constantly low, thus minimizing textile damage.

The consumption of reactive oxygen species caused by dirt is automatically taken into account, so that a controlled dosage can be carried out independently of the laundry batch. Monitoring also increases process reliability, as fluctuations in concentration can be immediately detected and compensated.

**The research report is available on request from the wfk - Cleaning Technology Institute**

Das IGF-Projekt 20394 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

The IGF-project 20394 N of the research association Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstr. 14-16, D-10117 Berlin, was supported via the AiF within the funding program „Industrielle Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)“ by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action (BMWi) due to a decision of the German Parliament.