

Kurzveröffentlichung des Forschungsvorhabens | IGF-Nr. 19618 N

Textile Anwendungspotentiale (elektro-) thermisch angesteuerter künstlicher Muskeln in 2D-Flächenkonstruktionen

Im Forschungsvorhaben sollten funktionelle textile Muskeln entwickelt und hinsichtlich ihres Steuerungsverhaltens charakterisiert werden. In Hinblick auf mögliche Anwendungen sollten außerdem die Materialzusammensetzung des ausgewählten Polymers und des leitfähigen Materials sowie deren Eignung für einen Verdrillungsprozess untersucht werden. Um den Stand der Technik zur Herstellung von textilen Muskeln nachzuvollziehen, wurden auf Grundlage dessen zunächst verschiedene Herstellungsprozesse in vertikaler und horizontaler Ausrichtung angewandt und optimiert. Bei der thermischen Ansteuerung bzw. Aktivierung der Muskeln wurde zwischen aktiv und passiv unterschieden. Aktiv gesteuerte Muskeln wurden mit einem elektrisch leitfähigen Material in Kontakt oder Umgebung gebracht und elektrothermisch aktiviert, während passive Muskeln thermisch auf Basis der Konvektion angesteuert wurden. Zur Steuerung und gezielten Überwachung des Verhaltens von passiven und aktiven Muskeln unter Wärmeinfluss wurden am eingesetzten Zugprüfgerät Texture Analyser zwei spezielle Messprinzipien programmiert.

Voraussetzung für eine Kontraktion der Muskeln ist, dass sich diese im gespannten Zustand befinden. Praktisch sieht der Versuchsaufbau folgendermaßen aus: Ein Ende des Muskels wird fixiert, während am anderen Ende des Muskels eine Belastung, z. B. in Form von Gewichten oder einer Zugkraft angebracht wird. Eine mögliche Kontraktion des Muskels tritt anschließend ein, wenn der Muskel einer erhöhten Temperatur ausgesetzt wird. Eine zu hohe Belastung der Muskeln oder zu hohe Aktivierungstemperaturen können dazu führen, dass Muskeln sich plastisch verformen und eine Kontraktion ausschließen. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass

Ihr Ansprechpartner zu diesem Projekt:

SERGE LANG
Telefon: +49 7143 271-811
E-Mail: serge.lang@hohenstein.com

Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH
Schlosssteige 1
D-74357 Bönnigheim

das Ausgangspolymer, die Garnfeinheit, die Länge des Muskels und die Gleichmäßigkeit ebenso einen gewichtigen Einfluss auf das Steuerungsverhalten nehmen. Je nach Verwendung eines Muskels konnten Stellbereiche (Kontraktionen) bis zu 5 mm erzielt werden. Das Messprinzip „Halten auf Zeit“ ermöglicht das Messen der entwickelten Kraft von textilen Muskeln unter Wärmeeinfluss. Aus den Daten des Kraftminimums und Kraftmaximums kann die Kraftdifferenz gebildet und ermittelt werden und zeigt, bei welcher Vorspannung die größte Kraftentwicklung stattfindet. Zudem wurden jeweils die Messkurven der unterschiedlichen Ausgangslängen verglichen. Die Kraftdifferenzen zeigten, dass die Ausgangslänge keinen Einfluss auf die Kraftentwicklung nimmt. Somit macht es keinen Unterschied, ob der Muskel aus 0,5 oder 1 m hergestellt wird. Das Messprinzip „Konstante Kraft“ wiederum misst die Kontraktion bzw. das Zusammenziehen von textilen Muskeln unter Wärmeeinfluss. Bei den Messkurven zeigte jeweils die erste Aktivierung eines Muskels ein abweichendes Verhalten im Vergleich zu darauffolgenden Messungen. Durch einen vorausgehenden Thermofixierprozess konnte das Ergebnis der ersten Messung an die darauffolgenden angeglichen werden. In Parallelschaltungsversuchen unter Anwendung der beiden Messprinzipien wurde die Kraftentwicklung bzw. Kontraktion mit steigender Anzahl von Muskeln untersucht. Das Ergebnis der Messmethode zur Kraftentwicklung zeigte einen linearen Anstieg der entwickelten Kraft bei Erhöhung der Anzahl der Muskeln. Die Erkenntnis aus dem Parallelschaltungsversuch unter Verwendung der Messmethode, welche die Kontraktion über die Zeit misst, ist, dass durchschnittlich die gleiche Kontraktion bei Erhöhung der Anzahl der Muskeln unter Erhöhung der Prüfkraft erreicht wird. Das bedeutet, dass sechs parallelgeschaltete Muskeln auch das Sechsfache an Prüfkraft über den gleichen Weg zusammenziehen können. In Langzeituntersuchungen zeigten aktiv gesteuerte Muskeln vielversprechend häufige Wiederholungszyklen. So konnten bei ein und demselben Muskel auch nach über 10.000 Zyklen, bzw. über mehrere Tage hinweg, keinerlei Verschlechterung hinsichtlich des Steuerungsverhaltens und der Leistungsfähigkeit festgestellt werden. Die Muskeln wurden zwischen -40 °C und $+160\text{ °C}$ getestet, die Länge veränderte sich dabei über den gesamten Temperaturbereich, je wärmer desto kürzer. Lösungen, bei welchen der Muskel bei einer bestimmten Temperatur eine Funktion erfüllen soll, sind denkbar. Genauso Anwendungen, bei welchen ein binärer Schalter, Aktuator, oder ähnliches gebraucht wird. Für eine ordentliche Funktion wird eine relativ konstante Vorspannkraft der Muskeln benötigt. Erreichen lässt sich dies durch eine Spannvorrichtung, z. B. in Form einer Feder. Um mögliche Anwendungen und die Funktion der textilen Muskeln demonstrativ darzustellen, wurden Funktionsmuster mit aktiv oder passiv angesteuerten Muskeln erstellt. Vom Blinkrelais als eines der Funktionsmuster wurden weitere Ideen abgeleitet und umgesetzt. Muskeln konnten auch als Überhitzungsschutz, welcher auf Wärme reagiert, eingesetzt werden. Ab einer bestimmten Temperatur kontrahieren die Muskeln so stark, dass ein Stromkreis geschlossen wird, welcher ein visuelles und akustisches Signal bzw. einen Alarm auslöst. Gesteuert werden kann die Auslösegrenze durch die Vorspannkraft.

Die primäre wirtschaftliche Zielstellung dieses Projekts war es, den Unternehmen neue Anwendungspotenziale (elektro-)thermisch angesteuerter Muskeln aufzuzeigen. Die entwickelten Funktionsmuster, die passiv oder aktiv angesteuert werden, dienen der Industrie als Anschauungsmaterial, alternative Aktoren bzw. Steuerungssysteme für ihre Anlagen einzusetzen aber auch als Inspiration. Über die gesamte Herstellungsprozesskette vom Ausgangsmaterial bis zur Integration der Muskeln in entsprechende Maschinen und/oder Geräte wurden unterschiedliche Branchen angesprochen. So können sich z. B. für die kleinen/mittelständischen Garnhersteller neue Kundengruppen aus dem Maschinenbau und der Robotertechnik eröffnen, die für ihre Techniken einen unterstützenden Zweck in textilen Muskeln sehen. Aufgrund des breiten Anwendungsbereiches gedrehter Garne in textilen Flächenerzeugnissen kann sich eine Vielzahl von KMU in Deutschland, die in diesem Forschungsvorhaben erarbeiteten Erkenntnisse zunutze machen.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 19618 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 12-14, 10177 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektleiter:

B. Eng. Serge Lang

Forschungsstelle:

Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH

Schlosssteige 1

D-74357 Bönningheim

Leiter: Prof. Dr. Stefan Mecheels, Dr. Timo Hammer

Schlussbericht:

Zu beziehen über die Forschungsstelle