

AUTOMATISIERTE HANDHABUNG BIEGESCHLAFTER MATERIALIEN

Wo setzt die Ingenieursaufgabe an?

Jörg Reiff-Stephan

Zusammenfassung

Das Greifen von biegeschlaffen Materialien z. B. Gummi, Textil, Schaumstoff, FVK-Matten erfolgt industriell heute immer noch zu einem großen Teil manuell. Technische Schwierigkeiten werden durch die biegeschlaffen Materialeigenschaften selber sowie den erhöhten Flexibilitätsanforderungen aufgrund der Fertigung kleinster Losgrößen hervorgerufen. Automatisierungsbemühungen scheitern bisher an flexiblen Greifsystemen zum Handhaben derartiger Bauteile.

Abstract

Mainly, the gripping of non-rigid sheet material (i.e. rubber, textiles, foams, crp-matting) is done manually in industrial processes. Technical difficulties are described by the non-linear material behavior itself as well as regarding to the enhancement of flexibility due to the manufacturing of small batches. Up to now, efforts in automation fail because of the loss of such flexible gripping systems. To enhance the competitiveness in countries with high labor costs, the handling is especially in need of automation. This paper presents an analysis of current design principles of grippers for transportation. The influences of different fabric properties on handling capability are discussed. Based on specific material behavior, gripper types are able to be chosen for best reliability in production process. The design of a hydro-adhesive gripper and its handling features are described as well.

Die automatisierte Bereitstellung wie auch das Greifen biegeschlaffer Werkstoffe in der industriellen Produktion stellt auch heute noch eine ingenieurmäßige Herausforderung dar. Überwiegend werden die zur Bereitstellung und Zuführung von biegeschlaffen Materialien durchgeführten Handhabungsprozesse auch heute noch manuell ausgeführt. Dies birgt ein enormes Potenzial zur Kostenreduzierung durch Automatisierung. Jedoch verhindern die Materialeigenschaften sowie die schwierigen Vorrichtungen weitgehend die Nutzung dieses Potenzials. Insbesondere bei ungewöhnlichen Handhabungsaufgaben wie dem Greifen von forminstabilen bzw. biegeschlaffen faserverstärkten Materialien ist der Anwender oft gezwungen, nach Alternativen zu den herkömmlichen mechanischen oder pneumatischen Greifsystemen zu suchen. Die Anwendung von Greiftechnik bleibt jedoch zumeist auf Großserien beschränkt. Es fehlen die notwendigen Erfahrungen in diesem Bereich, um eine schnelle Lösung zu erarbeiten.

Ziel ist, dass Greiferkomponenten von Handhabungssystemen für den biegeschlaffen Bereich flexibel auf sich schnell ändernde Produktionsbedingungen einstellbar gestaltet sein müssen. Dieser Aufsatz zeigt Einflusskriterien zur Greiferauswahl basierend auf der Handhabungsaufgabe und die möglichen greiftechnischen Werkzeuge auf. Es wird ein Überblick geschaffen und eine Basis zum Suchen der optimalen Lösung aufgezeigt.

» I. EINFLUSSKRITERIEN

Bei der Auswahl eines Greifers für eine bestimmte Handhabungsaufgabe ist eine Vielzahl von Kriterien zu beachten. Diese Kriterien betreffen sowohl die zu handhabenden Gegenstände und das Handhabungsgerät als auch das Fertigungsmittel und dessen vor- und nachgeschalteten Bereich (Hesse und Malisa 2010), Abb. 1 (Szimmat 2007).

» II. STAND DER TECHNIK

Seit Jahren wird an der Entwicklung flexibler Greifwerkzeuge zum automatisierten Handhaben biegeschlaffer Materialien weltweit geforscht. Einen industriellen Einsatz finden sie jedoch nur eingeschränkt beim Einzelteiltransport von großflächigen Bauteilen in der Automobilindustrie. Systeme zum automatisierten Greifen sind für die Konfektionsindustrie bisher nur prototypisch realisiert worden. Ausgehend von den in Abb. 2 dargestellten physikalischen Wirkprinzipien lassen sich mechanische Greifer, pneumatische Greifer sowie Adhäsionsgreifer zum Greifen von biegeschlaffen, textilen Bauteilen unterscheiden. Im Folgenden werden Greiferarten kurz vorgestellt und Ihre Einsatzgrenzen aufgezeigt.

» III. MECHANISCHE GREIFER

Bei mechanischen Greifern werden die Haltekräfte durch Kraft- und/oder Formschluss aufgebracht. Bekannt sind hier Klettverschluss-, Nadel-, Klemmbacken-

	Magazin		Bunker
	geordnet	teilgeordnet	ungeordnet
Symbol			
Beispiel			
Weitere geordnete Speicherformen			

Abb. 1) Speicherformen von flächigen Bauteilen

und Kratzengreifer. Greifer, die nach dem Prinzip des Klettverschlusses arbeiten, besitzen auf der Kontaktfläche eine hohe Anzahl kleiner Häkchen, die sich beim Greifvorgang mit der textilen Oberfläche formschlüssig verhaken. Das Lösen der Verbindung von der Kontaktfläche des Greifers ist schwierig und mit großen Beschädigungen der Textilloberfläche verbunden.

Das Greifen mit Nadelgreifern beruht darauf, dass feine gerade oder gebogene Nadeln in gegenläufiger Richtung in das Material einstecken und so eine Spannkraft im Textil erzeugen. Wird die Einstechtiefe der Nadeln nicht genau justiert, so können die Nadeln beim Vereinzeln durch das Bauteil durchstechen und es werden mehrere Textillagen gegriffen. Somit sind die wesentlichen Nachteile dieser Greiferart die Beschädigungen aufgrund von Fadenverschiebungen oder Fadenbrüchen auf der Materialoberfläche sowie die zeitintensive Nadeljustierung bei wechselnden Materialdicken.

Kratzengreifer bestehen aus mehrschichtigen von U-förmigen Drähten durchstochenen Geweben mit einer

hohen Anzahl von Kratzenden. Zum Greifen werden zwei Greifwirkflächen gegeneinander verfahren. Damit wird eine Spannkraft durch Oberflächenverhakungen der Kratzenden mit den herausstehenden Fasern erzeugt. Gleich dem Nadelgreifer besteht der wesentliche Nachteil darin, dass diese Greifer die Fadensysteme verschieben und mit den scharfen Kratzenden die Oberflächen der Bauteile beschädigen.

» IV. PNEUMATISCHE GREIFER

Bei pneumatischen Greifern werden kraftschlüssige Haltekräfte durch Unterdruck erzeugt und das Bauteil an der Kontaktfläche festgesaugt. Sie können nur bei Materialien mit keiner oder geringer Luftdurchlässigkeit, wie beispielsweise bei Papier, Folien, Leder und beschichteten textilen Materialien, eingesetzt werden. Bei luftdurchlässigen Materialien wie Oberstoffen finden pneumatische Greifer bisher keine erfolgreiche Anwendung. Funktionsstörungen durch Herabsetzung der Haltekraft werden dabei durch starke

Strukturierungen der Materialoberfläche oder bei haarigen Textilien verursacht. Auch kann bei zu großem Volumenstrom eine Vereinzelnung nicht gewährleistet werden. Praktische Bedeutung erlangten Sauggreifer bisher nur in Kombinationen mit mechanischen Greifern.

» V. ADHÄSIVE GREIFER

Adhäsionsgreifer bilden eine Haltekraft, eine kraft- oder stoffschlüssige Verbindung durch Adhäsion mit dem textilen Material aus. Untersuchte Prinzipien sind elektrostatische Greifer, Adhäsionsfolien- und Gefriergreifer. Elektroadhäsive Greifer arbeiten mit elektrostatischen Feldern. Haltekräfte werden durch Polarisation erzeugt. Sie treten dabei nur auf der Oberseite des Bauteils auf, das sich in Kontakt mit dem Greiferdielektrikum befindet. Dieses Wirkprinzip ist daher gut für einen Vereinzelnungsvorgang geeignet. Nachteilig wirken sich die sehr geringen Haltekräfte aus, die einer praktischen Umsetzung bisher entgegenstehen. Aktuelle

		Bauformen		Wirkflächen
Kraftschluss	Reibkräfte	Klemmen		variabel
	Unterdruckkräfte	Haftsauger		klein
		Flächensauger		groß
		Bernoulli		klein
	Elektrostatische Kräfte	Elektroadhäsion		klein
Stoffschluss	Molekulare Kräfte	Adhäsionsfolien		punktuell
		Gefriergreifer		punktuell
Formschluss	Paaren von Formelementen	negatives Abbild		klein
		flexibler Formgreifer		klein
	Oberflächenverhakung	Nadeln		punktuell
		Kratzen		klein
		Klettverschluss		groß

Abb. 2) Physikalische Wirkprinzipien und Bauformen von Textilgreifern

Forschungsbemühungen setzen an diesem Umstand an und führten zu einer Lösung, deren Einsatz im Bereich der Handhabung faserverstärkter Kunststoffe geprüft wird (Brecher, Emonts und Ozolin 2012). Es sei geplant, den Greifermechanismus mit adaptiven Kinematiken zu kombinieren, um ein leistungsfähiges Gesamtkonzept für die Handhabungsaufgaben anbieten zu können.

Bei Adhäsionsfoliengreifern wird ein Klebeband über eine Walze oder einen Stempel auf das zu greifende Bauteil gedrückt. Zum Greifen wird die Adhäsionskraft zwischen Klebeband und Textil genutzt. Gleich dem elektroadhäsiven Wirkprinzip stellen sich nachteilig bei diesem Wirkprinzip die geringen

Haltekräfte dar. Dadurch muss die Größe der Wirkfläche immer in Relation zum Gewicht des Zuschnittes gewählt werden, was die Teileflexibilität stark einschränkt. Strukturierungen der Materialoberfläche verkleinern die Adhäsionsfläche und damit die Haltekräfte. Abstehende Faserenden an der Materialoberfläche können zusätzlich bewirken, dass keine ausreichende Wirkpaarung zwischen Greifer und Materialoberfläche entsteht. Beim Lösen können Faserenden durch das Adhäsionsmittel abgerissen werden bzw. Kleberückstände am Material verbleiben.

Ein weiteres adhäsives Wirkprinzip zum Greifen ist das hydroadhäsive Greifen – auch Gefriergreifen genannt (Abb. 4). Gefriergreifer bilden einen Stoffschluss

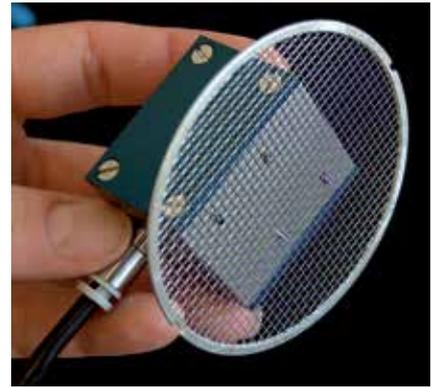


Abb. 3) Nadelgreifer



Abb. 4) Hydroadhäsionsgreifer

zwischen textilen Bauteile sowie der Kontaktfläche des Greifers durch Gefrieren eines Wirkmediums. Die entstehende hydroadhäsive Verbindung ermöglicht hohe Haltekräfte ohne zusätzliche Verspannungen im Textil zu bewirken. Gerade diese Eigenschaften werden in der Konfektionstechnik von Greifsystemen gefordert, da die Textilien mit ihrer großen Fläche bei kleiner Bauteildicke biegeschlaff sind und flächig gegriffen werden müssen.

Das hydroadhäsive Greifen erfolgt dabei derart, dass ein Wassernebel (ca. 0,1 ml) an der Greifstelle aufgesprüht und mit dem Textil an den Greifer angefroren wird. Das Aufsprühen erfolgt über die integrierte Düse, mit der die Wassermenge genau dosiert werden kann. Das anschließende Anfriern des Wassers erfolgt durch ein Kühlelement, welches eine Temperatur von ca. -14°C erzeugt. Dies gewährleistet ein Durchfrieren der geringen Wassermenge innerhalb einer Sekunde. Das Kühlelement soll nicht nur das Wasser frieren, sondern stellt auch gleichzeitig die Greiffläche des Gefriergreifers dar.

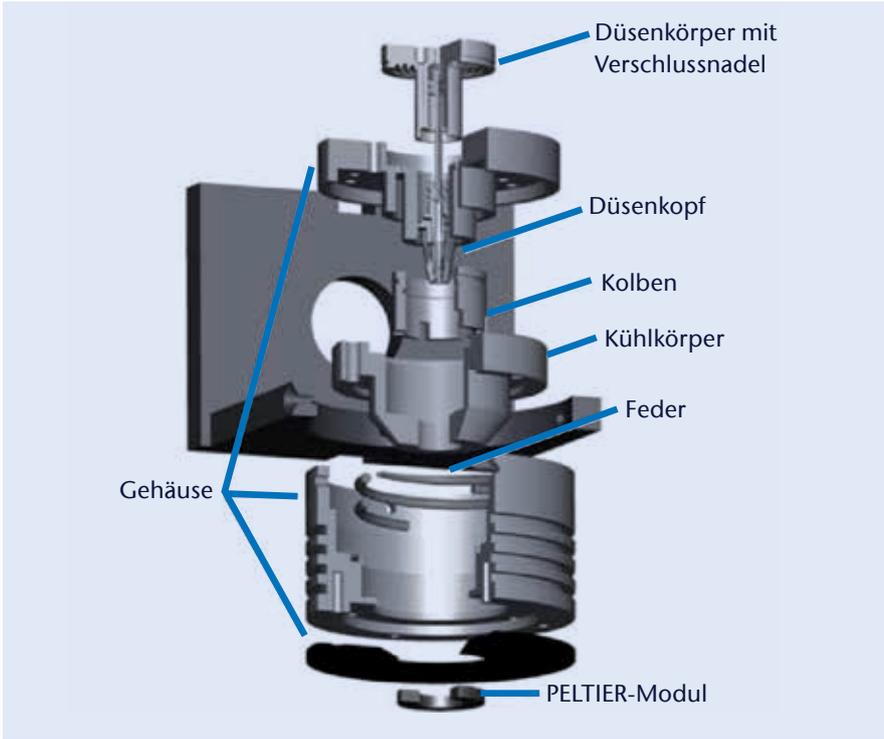


Abb. 5) Explosionsdarstellung eines Gefriergrifers

» VI. AUSWAHL EINES GEEIGNETEN GREIFWERKZEUGES

Basierend auf den Erfahrungen der Einflusskriterienanalyse und dem Wissen um die möglichen Greifwirkprinzipien können durch experimentelle Untersuchungen Erfahrungen aufgebaut und in einer Wissensplattform gesammelt werden. Ein Auszug wird in Abb. 6 vorgestellt. Die dargestellten Parameter beschreiben nur eine Auswahl. Es ist ersichtlich, dass Saug- und mechanische Greifer einen flexiblen Einsatz nahezu garantieren können. In

den Spezialfällen textiler Werkstücke kommen sie jedoch aufgrund nachteiliger Eigenschaften wie beispielsweise der Beschädigung von Oberflächen nur eingeschränkt zum Einsatz. Mögliche Alternativen stellen dann die neuartigen hydroadhäsiven Greifmechanismen dar. Mit der Auswahl des Greifwerkzeuges, basierend auf den Bedingungen der Handhabungsaufgaben, sind die Schritte zur optimalen Prozessgestaltung konzeptionel abgeschlossen (Abb. 6). Für einen stabilen Prozess sollte eine Testphase zum Einsatz der Greifwerkzeuge unter Prozessbedingungen nachfolgend

	Gewebe	Maschinenwaren	Geflechte	Faserverbundstoffe	Vliesstoffe	Filze	Gewirke	Leder	Schaumstoffe	Metallschäume	Folien	Papier
Nadelgreifer	●	●	●	◐	●	●	●	◐	●	◐	◐	◐
Gefriergreifer	◐	◐	◐	◐	●	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Klebegreifer	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Vakuumgreifer	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	●	◐

Abb. 6) Werkstoffabhängige Greiferauswahl

der Auslegung und vor Serieneinsatz erfolgen.

Bereitstell- und Zuführprozesse für Handhabungsaufgaben von biegeschlaffen Materialien stellen hohe Anforderungen an die verwendete Greiftechnik und an das Wissen um die Auslegung anhand der umwelttechnischen Einflüsse. Der Beitrag zielt darauf ab, das Vorgehen bzw. eine Leitlinie zur effektiven Auswahl von auf dem Markt verfügbaren Greifsystemen dem Anwender in die Hand zu geben. Es sind die verschiedenen Möglichkeiten aufgezeigt und innovative Ansätze vorgestellt worden.

LITERATUR

- Rödel, H. (1996): Analyse des Standes der Konfektionstechnik in Praxis und Forschung sowie Beiträge zur Prozessmodellierung. Aachen: Shaker Verlag.
- Seliger, G., Szimmat, F., Niemeier, J., Stephan, J. (2003): Automated Handling of Non-Rigid Parts. In: CIRP Annals 2003 Manufacturing Technology, Montreal, Kanada, 24. – 30.08.2003, 21–24.
- Reiff-Stephan, J. (2009): Technical Design Packaging als Einheit von „Design & Technik“. In: Hentsch, N., Kranke, G., Wölfel, C., Krzywinski, J., Drechsel, F. (Hrsg.): Innovation durch Design: Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis. TUDPress, Dresden, 237–250.
- Hesse, S.; Malisa, V. (2010): Taschenbuch Robotik – Montage – Handhabung. Leipzig: Fachbuchverlag.
- Kordi, M. T. (2009): Entwicklung von Roboter-Endeffektoren zur automatisierten Herstellung textiler Preforms für Faserverbundbauteile. Aachen: Shaker Verlag.
- Stephan, J. (2001): Beitrag zum Greifen von Textilien. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Szimmat, F. (2007): Beitrag zum Vereinzeln flächiger biegeschlaffer Bauteile, Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin, Dissertation TU Berlin.
- Steinke, O., Stephan, J. (2001): Chancen und Risiken für das textile Greifen. In: ZWF 96 (2001) 4, 201–205.
- Brecher, C., Emonts, M., Ozolin, B. (2012): Elektrostatischer Greifer kann textile Halbzeuge handhaben. In: Maschinenmarkt – Das Industrieportal. http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/automatisierung/montagetechnik_handhabungstechnik/articles/354748 vom 27.02.2012.

AUTORENANGABEN

Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Reiff-Stephan
Professur Automatisierungstechnik
Studiengangssprecher Maschinenbau
TH Wildau [FH]
jrs@th-wildau.de