

- 1 Aktor für eine Tankklappenverriegelung
- 2 Greifer mit FG-Drahtaktoren
- 3 Tankklappe

ANWENDUNGEN THERMISCHER FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

Was sind FGL?

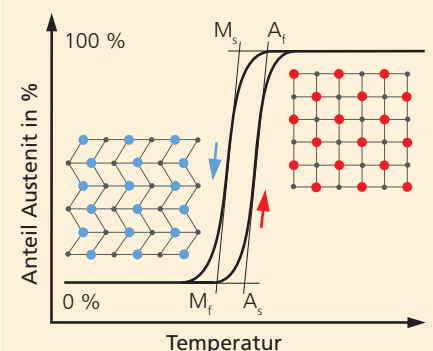
Ausgewählte metallische Legierungen, verschiedene Kunststoffe und Faserverbundwerkstoffe sowie einige chemische Substanzen können sich an definierte geometrische Formen erinnern, wenn eine bestimmte physikalische Indikatorgröße auf sie einwirkt. Dieser Vorgang wird auch als Memoryeffekt bezeichnet. Er setzt eine spezielle Materialkonditionierung voraus, die für die Formeinprägung entscheidend ist. Physikalisch indizierende Größen können Temperatur, Magnetismus und Licht sein. Einige der genannten Materialien sind heute noch Gegenstand der Werkstoffforschung. Für die praktische Anwendung sind thermische Formgedächtnismaterialien am weitesten erschlossen.

Das Prinzip der Phasenumwandlung

Thermische Formgedächtnislegierungen haben die besondere Eigenschaft, sich nach einer bleibenden plastischen Verformung

unterhalb einer bestimmten kritischen Temperatur durch Erwärmung über diese Temperatur wieder an ihre ursprüngliche Form zu erinnern und diese erneut einzunehmen. Für das Auftreten des Formgedächtniseffektes ist eine reversible austenitisch-martensitische Phasenumwandlung Voraussetzung. In Analogie zu Stahl wird die Hochtemperaturphase des Werkstoffs auch als Austenit und die Tieftemperaturphase als Martensit bezeichnet.

Prinzip der Phasenumwandlung



A = Austenit; M = Martensit
(s = Start, f = Finish)

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

Abteilung Adaptronik und Akustik

Nöthnitzer Straße 44
01187 Dresden

Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. André Bucht
Telefon +49 351 4772-2344
andre.bucht@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de



Eigenschaften thermischer Formgedächtnislegierungen

Im Bereich metallischer Formgedächtniswerkstoffe sind Nickel-Titan-Legierungen als Halbzeuge in Form von Drähten, Stäben, Rohren und Blechen kommerziell verfügbar. Diese bieten bei entsprechender Materialkonditionierung einen guten Kraft-Weg-Kompromiss, der sie für Aktoranwendungen qualifiziert.

Die erreichbaren Dehnungen des Festkörperaktors betragen bis zu 5 Prozent. Dabei entstehen nutzbare Kräfte bis zu 150 N/mm^2 Aktorquerschnitt. Der Werkstoff bietet somit eine sehr hohe spezifische Energiedichte, was zu sehr kleinen und leichten Aktoren führt. Der genutzte Effekt beruht auf Gefügeumwandlungen und ist somit einer Ermüdung ausgesetzt. Bei entsprechender Auslegung sind jedoch Zyklenzahlen über 1 Mio. möglich.

Die Umwandlung vom martensitischen in den austenitischen Gefügestand findet in einem engen Temperaturintervall von 5 bis 10 K statt. Die Umwandlungstemperatur hängt maßgeblich von der Legierungszusammensetzung ab und kann bei NiTi-Legierungen im Bereich von -110°C bis 120°C eingestellt werden. Die Änderung des Gefügestandes geht mit einer signifikanten Änderung der Werkstoffeigenschaften einher. Neben der Änderung des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens tritt zum Beispiel auch eine Änderung des spezifischen elektrischen Widerstandes auf.

Anwendungsbeispiel: Stellantrieb

In vielen Einsatzbereichen, zum Beispiel im Automobilbau und Maschinenbau, werden oft Antriebe kleiner Leistung benötigt. Sie übernehmen Stellaufgaben wie Entriegelungen oder das Öffnen bzw. Schließen von Klappen. Oft kommen dafür Elektromotoren mit nachgeschaltetem Getriebe zum Einsatz. Aufgrund des hohen spezifischen Arbeitsvermögens sind Drahtaktoren aus thermischer FGL eine geeignete Alternative.

Das Fraunhofer IWU entwickelt deshalb zusammen mit verschiedenen Industriepartnern für unterschiedliche Anwendungsbereiche Antriebe auf Basis von thermischen Formgedächtnislegierungen. Typische Einsatzbereiche sind Anwendungen mit Aktorwegen bis 20 mm und Aktorkräften bis ca. 100 N. Im Fokus der Entwicklung stehen sowohl vergleichsweise einfache Stellantriebe mit Auf/Zu-Funktion als auch positionsgeregelte Antriebe. Der gefügeabhängige elektrische Widerstand der Aktoren erlaubt eine Erfassung der aktuellen Aktorposition ohne externen Wegsensor.

Die Vorteile FG-basierter Stellantriebe sind vor allem in einem deutlich reduzierten Bau- und Gewicht zu sehen. Darüber hinaus entstehen durch die Reduktion der Komplexität meist deutlich geringere Kosten für die Komponente. Vor der Entwicklung eines Antriebes sind jedoch in jedem Fall die Eigenschaften von FGL kritisch an den Anforderungen der jeweiligen Antriebsaufgabe zu spiegeln und eine Abschätzung des Verbesserungspotentials durchzuführen.

Anwendungsbeispiel: Thermosensitive Aktorik

In technischen Prozessen entsteht häufig ungewollt Wärme. Ursache können Reibungseffekte, thermische Verluste in Motoren oder durch Bearbeitungsprozesse entstehende Wärme sein. Insbesondere bei zeitlich oder örtlich inhomogenen Wärmequellen entstehen dadurch veränderliche Prozessbedingungen, die einen ungünstigen Einfluss auf die Qualität des Prozesses oder auf den Verschleiß beteiligter Komponenten haben.

Durch den Einsatz thermischer Formgedächtnislegierungen als thermosensitive Aktorik, steht ein Werkzeug zur Verfügung, um gezielt auf diese thermisch induzierten Prozessvariationen zu reagieren. Damit ist es möglich, zum Beispiel thermische Deformationen zu kompensieren oder Wärmeströme gezielt zu steuern. Als Halbzeuge kommen in der Regel Bleche, Stäbe oder Rohre zum Einsatz, die eine Übertragung der Prozesswärme in den Aktor erlauben. Im Gegensatz zu Stellantrieben liegen die Kräfte meist im ein- oder zweistelligen kN-Bereich, die Wege jedoch lediglich bei 1 bis 2 mm. Der Entwicklungsprozess derartiger strukturintegrierter Aktoren geht immer von der Ermittlung stationärer und transients Temperaturfelder aus. Auf dieser Basis werden eine geeignete Aktorgeometrie und ein Einbauplatz für den Aktor festgelegt. Im