

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

Thermische Formgedächtnislegierungen (FGL) sind formveränderbare Materialien. In das FGL-Ausgangsmaterial wird eine beliebige Zielform eingepreßt, an die es sich nach einer mechanischen Verformung „erinnert“ und in welche es bei Erreichen einer bestimmten Temperatur zurückkehrt. Grund für diese als Formgedächtnis (Shape-Memory) bezeichnete Eigenschaft ist die Änderung der Gitterstruktur (Martensit und Austenit) der Legierung in unterschiedlichen Temperaturbereichen. Der Effekt ist vor allem bei Nickel-Titanlegierungen zu beobachten.

Bei energieautarker Auslösung des FG-Effekts wird die Aktivierung durch die Umgebungstemperatur erreicht. Soll ein Aktor sehr gezielt angesteuert werden, kann die Temperaturänderung auch über Widerstandsheizern durch die Zufuhr von elektrischer Energie geregelt werden.

Die Verformung des Werkstoffs kann je nach Halbzeug als Stellkraft im Zug-, Druck- oder Biegemodus genutzt werden. Hierbei lassen sich im Verhältnis zum Eigengewicht des Aktors sehr hohe Kräfte realisieren. Häufig werden Drahtaktoren unter Zugbelastung eingesetzt.

Bei Abkühlung der FGL behält der Draht die „eingepreßte“ Form, vor dem erneuten Auslösen des Effekts muss sie wieder mechanisch verformt oder „rückgestellt“ werden.

Eine weitere Eigenschaft von FGL ist der sogenannte pseudoelastische oder superelastische Effekt, der dann nutzbar wird, wenn die Umwandlungstemperatur unter der Einsatztemperatur liegt. Beim superelastischen Effekt ist der Werkstoff unter Einwirkung einer mechanischen Belastung extrem verformbar (bis zu 8%). Bei Entlastung kehrt der Werkstoff selbstständig in seine Ausgangsform zurück. Der superelastische Effekt wird häufig für Federelemente genutzt.

BESONDERE MERKMALE

- Die Bewegung geschieht lautlos, fließend und „organisch“
- FGL sind korrosionsbeständig und biokompatibel
- Die Aktivierungstemperatur wird über die Legierung (Materialzusammensetzung) definiert
- Die Zielform der FGL wird im Vorfeld „antrainiert“ und ist beliebig redefinierbar
- Spezielle Umformtemperaturen und die Aktormaße können nach Wunsch in Grenzen angepasst werden
- Die Bewegung des FGL-Aktors in die eingepreßte Form erfolgt gemächlich
- FGL-Halbzeuge sind am Markt etabliert, werden vielfach verwendet und sind frei erhältlich
- Die entstehende Zugkraft eines Drahts mit 2mm Durchmesser reicht aus um 50kg anzuheben

MATERIALZUSAMMENSETZUNG

Nickel-Titan-Legierungen (Nitinol);
selten: Kupfer- und Eisen-Basislegierungen

HALBZEUGE

Draht; Feder; Stab; Rohr; Blech

MATERIALSTÄRKE

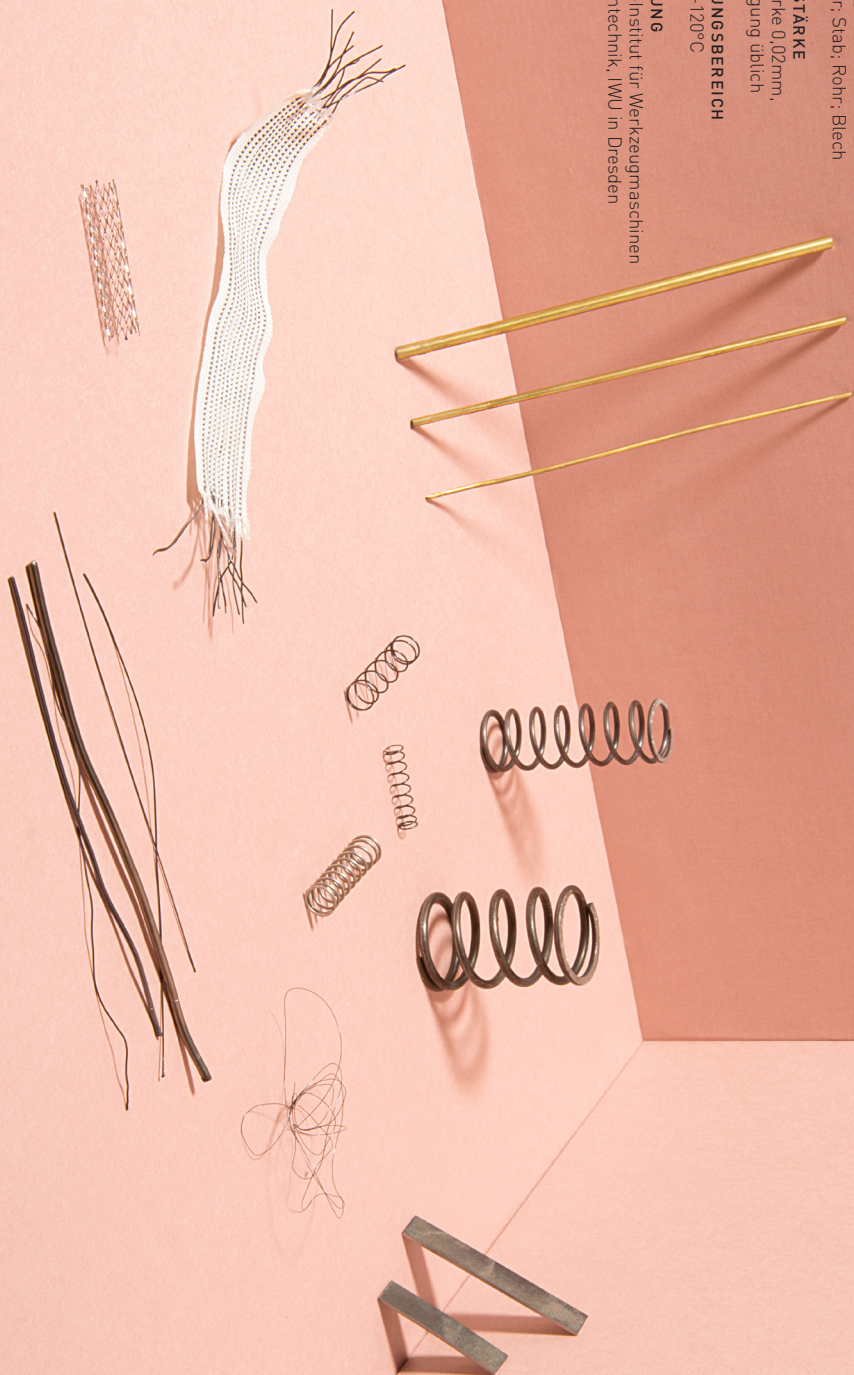
ab Drahtstärke 0,02mm,
Maßanfertigung üblich

UMWANDLUNGSBEREICH

-100°C bis +120°C

ENTWICKLUNG

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen
und Umformtechnik, IWM in Dresden



V.l.n.r.:

FGL-Röhre aus Kupfer-Basislegierung, NiTi-Legierungen als Federelemente, FGL-Bleche und -Drähte, Stent aus superelastischem FGL, Gewebe mit integrierten FGL-Drähten

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN
**FUNKTIONSPRINZIP EINER
 THERMISCHEN FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG**

Bei Erwärmung zieht sich ein zuvor gelängter FGL-Draht, hier in Federform (3), wieder zusammen (1). Kühlt der Draht ab, behält er die durch Erhitzen angenommene Zielform (2). Bevor der Effekt erneut genutzt werden kann, muss der Draht mechanisch in die Ausgangsform (3) zurückgeführt werden. Dieser Rückstellvorgang (hier Längung der Feder) erfolgt beispielsweise durch ein Gewicht, das in das Aktorsystem integriert wird.

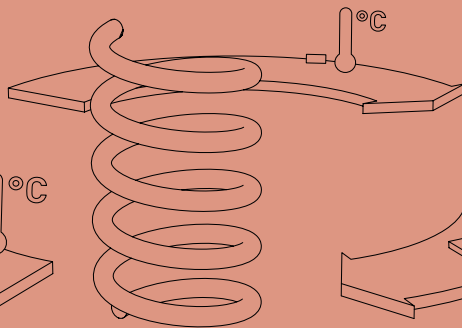
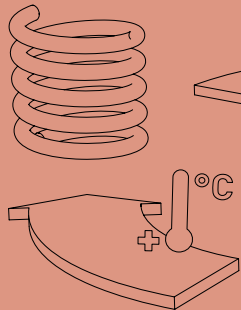
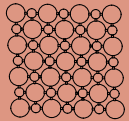
MATERIALFUNKTIONEN

AKTOR
 SENSOR

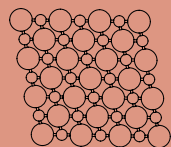
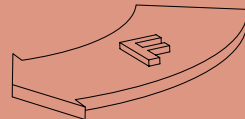
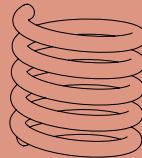
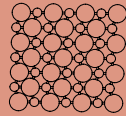
EINFLUSSPARAMETER

Legierung, Aktor-Geometrie,
 (Umgebungs-) Wärme,
 Art der Verformung (Zug,
 Druck, Biegung, Torsion)

**(1) HOCHTEMPERATURPHASE
 MARTENSIT**



**(2) NIEDERTEMPERATURPHASE
 VERZWILLINGTE MATERIALSTRUKTUR**

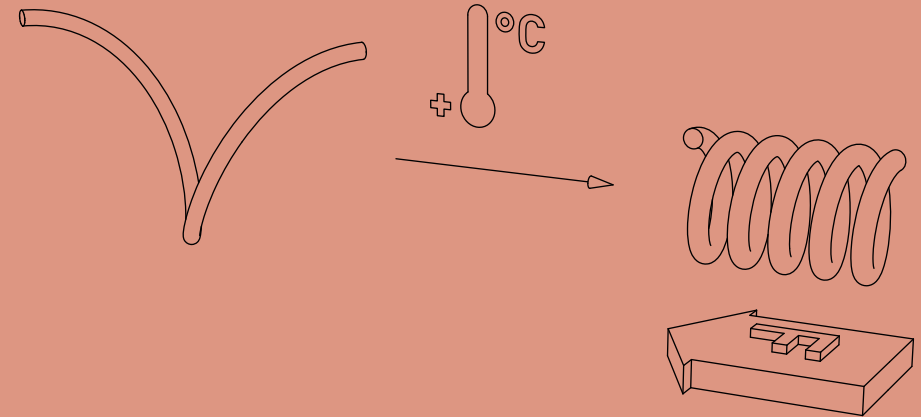


**(3) VERFORMTES
 MARTENSIT**

THERMISCHER FORMGEDÄCHTNISEFFEKT

INPUT AKTOR
 thermische Energie

OUTPUT AKTOR
 Kraft, Verformung



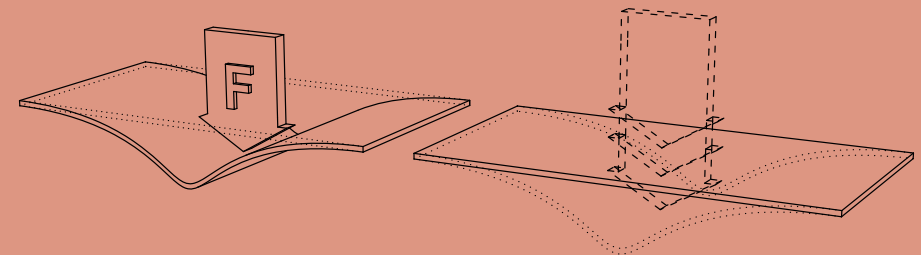
SUPERELASTISCHER EFFEKT

BEDINGUNG

Material liegt bei Einsatztemperatur
 in Hochtemperaturphase vor

EFFEKT

Selbstständige Rückkehr des Materials
 in die Ausgangsform sobald es
 entlastet wird (Kraft F lässt nach)



FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG ALS SENSOR

Für bestimmte Regelungsentwürfe können der thermische FG-Effekt und der pseudoelastische Effekt als Sensoren genutzt werden. Mittels Widerstandsmessung wird die Verformung bzw. Temperatur detektiert.

AKTORISCHE LEGIERUNGEN

INPUT thermische Energie
OUTPUT Messung von Widerstandsänderung
 zur Bestimmung der Verformung

SUPERELASTISCHE LEGIERUNGEN

INPUT mechanische Energie
OUTPUT Messung von Widerstandsänderung
 zur Bestimmung der Verformung