

SKF (IGF 21321 N)

Strukturdesign von Hochleistungs-FGL auf Cu-Basis durch unidirektionale Erstarrung

01 Problemstellung

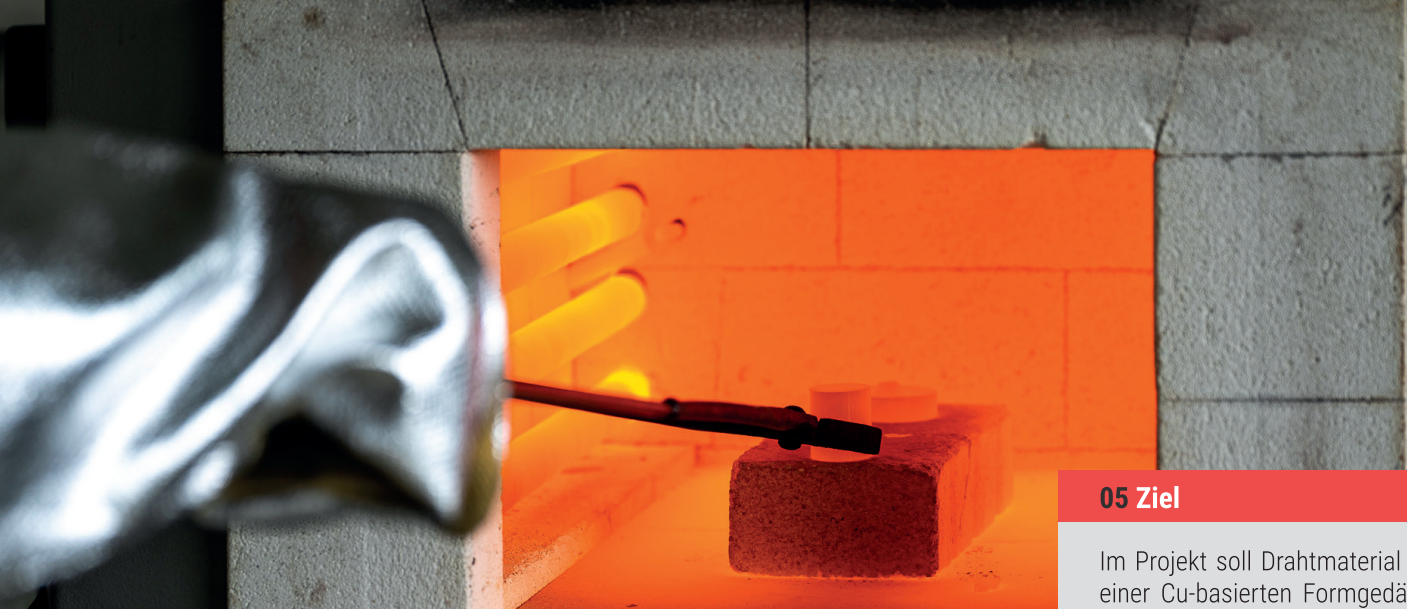
Formgedächtnislegierungen (kurz: FGL, engl. SMA für „shape memory alloys“) sind eine Klasse von „smarten“ Materialien, die auch in Kleinantrieben eingesetzt werden. Die kommerziell häufigsten FG-Werkstoffe basieren auf Nickel-Titan und sind in einem begrenzten Temperaturbereich bis ca. 90°C einsetzbar. Legierungssysteme auf Kupfer-Basis haben nicht nur Kostenvorteile, sondern können auch leicht an einen großen Temperaturbereich bis 200°C angepasst werden. Bei konventionell hergestellten Cu-FG-Drähten führt ihr Umwandlungsverhalten zu großen inneren Spannungen an den Korngrenzen des Materials. Dadurch sind die nutzbare Dehnung, und die Wiederholbarkeit der Umwandlung, wesentlich geringer als bei NiTi-FGL, weswegen sie für viele Anwendungen nicht in Frage kommen.

02 Lösungsweg

Die mechanischen Eigenschaften lassen sich über die Größe, Form und Orientierung der Körner beeinflussen. Kann man einen gerichteten Erstarrungsvorgang erreichen, dann liegen die Körner in einer säulenförmigen Struktur nebeneinander. Bei einer Belastung parallel zur Ausrichtung, z.B. in einem Aktordraht, gibt es dadurch eine geringe Dichte an quer orientierten Korngrenzen, während die längs orientierten Korngrenzen bei Verformung aneinander vorbei gleiten können. Versuche an einkristallinem Material haben gezeigt, dass sich die Eigenschaften des Materials dadurch erheblich verbessern lassen.

Modifiziertes Stranggussverfahren

Statt aufwendiger Verfahren aus der Einkristallherstellung, wie sie bereits kommerziell genutzt werden, wird im Projekt ein modifiziertes Stranggussverfahren eingesetzt. Durch eine Parameterstudie zum Einfluss der Schmelz- und Kokillentemperaturen sowie der Gießgeschwindigkeit und Kühlbedingungen auf die Kornstruktur werden Prozessfenster für die Erzeugung gerichtet erstarrten Materials bestimmt. Das hergestellte Material wird mit konventionell durch Feinguss und Drahtziehen hergestelltem Material der gleichen Legierung verglichen. Die wesentlichen Vergleichsmerkmale sind neben Festigkeit und Duktilität die reversible Dehnung durch den Formgedächtniseffekt, sowie die maximale Anzahl an FG-Aktivierungszyklen, bis das Material aufgrund von Ermüdungseffekten einen kritischen Wert der reversible Dehnung unterschreitet.



05 Ziel

Im Projekt soll Drahtmaterial aus einer Cu-basierten Formgedächtnislegierung hergestellt werden, welches eine gerichtete, säulenartige Kornstruktur hat, die entlang des Drahtes orientiert ist. Durch Aufbau auf industrieüblichen Verfahren soll dafür ein Herstellprozess entwickelt und Prozessfenster festgelegt werden, die eine Erreichung der säulenartigen Kornstruktur garantieren.

Verbesserte Formgedächtniseigenschaften

Für das hergestellte Material sollen im Vergleich mit konventionellem Material verbesserte Formgedächtniseigenschaften und erhöhte Ermüdungsresistenz nachgewiesen werden.

Projektlaufzeit:
01.08.2020 – 31.07.2022

03 Nutzen für KMU

Der Einsatz von Cu-basierten statt NiTi-basierten FGL soll KMU Kostenersparnis und einen erweiterten Einsatzbereich ermöglichen. Insbesondere sollen die höheren erreichbaren Betriebstemperaturen genutzt werden, sowie die erhöhte Schaldynamik aufgrund der besseren Wärmeleitfähigkeit. Im Projekt werden Parameter ermittelt, um eine Werkstoffoptimierung bereits im ersten Herstellungsschritt zu erreichen, sowie konkrete technische Maßnahmen, um den Herstellprozess mit geringen Investitionskosten auf Basis eines erprobten Industrieverfahrens zu implementieren.

04 Herstellprozess und Erstarrungsvorgang

Eine Stranggussanlage mit sekundärem Induktor wird durch eine eigens entwickelte Graphitkokille so modifiziert, dass die Legierung bis nahe an die Austrittsöffnung heran flüssig bleibt und durch intensive Kühlung schnell erstarrt. Die Erstarrungsfront wird dabei durch Optimierung der Prozessparameter in eine nahezu ebene Form gebracht. Durch den Kokillendurchmesser von 2 mm steht erzeugtes Material für vorhandene Prüfverfahren zur Verfügung und kann mit geringem Aufwand auf industrieübliche Maße verjüngt werden.



Das IGF-Vorhaben 21321 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW), Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid, 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 Deutschen Bundestages gefördert.

INDUSTRIE.
FORSCHUNG.
WISSENSCHAFT.



Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW)

AiF ALLIANZ
INDUSTRIE
FORSCHUNG

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages