

- 1 Zum Abschnitt Motivation: Übermäßige Erwärmung von Klemmstellen, verursacht durch Lockerung (Aufbau / Wärmebildaufnahme / Temperaturskala).
- 2 Zum Abschnitt Lösung: Einbau-, Lockerungs- und Nachstellzustand (Leiter: orange; Stromführung: rot; Schraube: grau; leitfähiger Käfig: hellblau; FGL-Zylinder Martensit: hellgrün; FGL-Zylinder Austenit: dunkelgrün).

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Nöthnitzer Straße 44
01187 Dresden

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Kenny Pagel
Telefon +49 351 4772 2343
Fax +49 351 4772 2303
kenny.pagel@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de

SELBSTNACHSTELLENDEN KABELKLEMMEN MIT FORM- GEDÄCHTNISLEGIERUNG

Einleitung

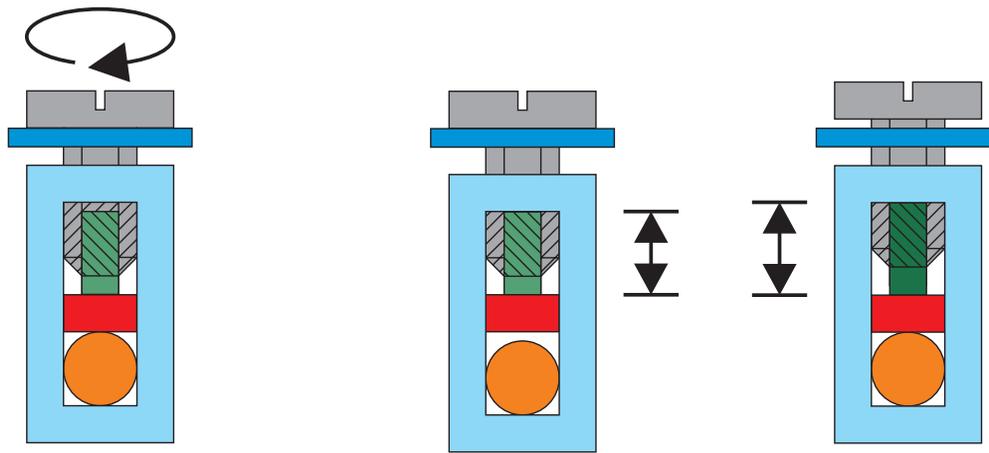
Kabelklemmen werden in der Elektrotechnik zum lösbaren Anschluss und Verbinden von elektrischen Leitern eingesetzt. Dabei kommen mehr- und feindrähtige Leiter mit oder ohne Crimpverbindungen sowie Massivdrahtleiter zum Einsatz. In der Klemmstelle wird der Leiter durch eine mechanische Vorrichtung sicher und beständig während seiner Einsatzdauer geklemmt. Durch die hergestellte Verbindung ist die Übertragung von elektrischer Energie und Information möglich.

Motivation

In der Klemmstelle existiert zwischen dem Leiter und der Stromführung ein Kontaktwiderstand. Dieser wird durch den Fremd-

schicht- und Engewiderstand bestimmt. Der Engewiderstand entsteht durch die Oberflächenrauigkeit der Werkstoffe der Kontaktpartner. Für einen fremdschichtarmen Kontakt wird der Kontaktwiderstand maßgeblich durch die Kontaktkraft bestimmt. Durch unsachgemäße Installation, Vibrationen, Temperaturschwankungen und Kriechen der Werkstoffe kann es zur Lockerung des Leiters und zur Verringerung der Kontaktkraft kommen. Die Stromdichte nimmt durch die verminderte Anzahl an Berührungspunkten stellenweise deutlich zu, es kommt zu einer übermäßigen Erwärmung der Klemmstelle. Dadurch sind Beschädigungen der Klemmen möglich und bei ausreichender Hitzeentwicklung können lockere Klemmstellen Brände verursachen. Klemmen mit einer Nachstellfähigkeit im Falle einer Lockerung sind nur für kleine Leiterquerschnitte und Ströme verfügbar. Mit Hilfe von Elementen





aus Formgedächtnislegierungen (FGL) sollen daher handelsübliche Klemmen mit einer Nachstellfähigkeit aufgewertet werden.

Lösung

Durch vielfältige Untersuchungen nach DIN-Normen an handelsüblichen Klemmen wurde festgestellt, dass Schraubklemmen die beste Basis für eine aktive Kabelklemme mit FGL bieten. Die in der Schraubklemme befindliche Schraube wird dabei durch eine Schraube mit einem Zylinder aus Formgedächtnislegierung ersetzt. Der FGL-Zylinder aus Nickel-Titan ist in eine Bohrung an der Unterseite der Schraube im vorgestauchten Zustand in der Martensitphase eingebracht. Im normalen Betriebszustand verhält sich die selbstnachstellende FGL-Klemme wie eine herkömmliche Schraubklemme. Bei übermäßiger Erwärmung im Fehlerfall findet durch die entstehende Wärme eine

Phasenumwandlung der Formgedächtnislegierung in die Austenitphase statt. Der Zylinder ist bestrebt seinen Ursprungszustand vor der Stauchung anzunehmen, dabei dehnt er sich aus und stellt so die Kontaktkraft wieder her. Durch den wiederhergestellten Kontakt kühlt die Klemmstelle ab und der FGL-Zylinder geht zurück in die Martensitphase, bleibt dabei jedoch ausgedehnt. Die Lockerung wurde dabei kompensiert.

Untersuchungen an Schrauben vom Gewindedurchmesser M10, üblicherweise im Einsatz bis zu 240 mm² Leiterquerschnitt, haben gezeigt, dass eine Lockerung des Leiters kompensiert und ebenso geringe Luftspalte bis maximal 50 µm überwunden werden konnten. Die dabei eingesetzten FGL-Zylinder hatten einen Durchmesser von 6,35 mm und eine Höhe von 10 mm. Durch die Formgedächtnislegierung ist die Klemmstelle in der Lage, eine Lockerung des Leiters mehrmalig zu kompensieren. Die aktive Kabelklemme kann dank des

FGL-Zylinders völlig selbstständig und energieautark arbeiten, da die Energie zur Phasenumwandlung direkt aus der Erwärmung der fehlerhaften Klemmstelle gewonnen wird. Die zusätzlichen Kosten zum Aufwerten der Schraubklemmen liegen nach einer Abschätzung im einstelligen Prozentbereich.

Ausblick

Die selbstnachstellende Kabelklemme mit Formgedächtnislegierung gilt es bzgl. ihrer Leistungsfähigkeit zu optimieren. Dabei stehen Parameter wie die verbleibende Kontaktkraft nach einem Fehlerfall und die Anzahl der möglichen Nachstellzyklen im Vordergrund. Ebenso sind FGL-Zylinder aus anderen Formgedächtnislegierungen interessant in Hinsicht auf ihr Einsatzpotential in Schraubklemmen.

Herausgeber:

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
Postfach 10 05 61
64205 Darmstadt
Tel: +49 6151 705-236
Fax: +49 6151 705-214
info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

Geschäftsführer:

Heiko Atzrodt

Allianzsprecher:

Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz

 **Fraunhofer**
ADAPTRONIK