

Beitrag zur Eigenschaftsoptimierung von ausscheidungs- härtbaren niedriglegierten Kupfer-Titan-Legierungen

Tom Kurdewan, M.Sc. | Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Betreuer

DHBW Stuttgart, Zentrum für Leistungsfähige Werkstoffe (ZLW):
Prof. Dr.-Ing. Andreas Zilly

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Metallformung:
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. mult. Rudolf Kawalla

Bearbeitung

11/2015

-
12/2021

In der Industrie kommen Kupferwerkstoffe in einem sehr breiten Spektrum als reines Kupfer und auch in einer Vielzahl von Kupferlegierungen zum Einsatz. Das Hauptanwendungsgebiet ist die Elektroindustrie, in der vor allem Kupfer in niedriglegierter Zusammensetzung zu Kabeln, Seilen, Drähten, Schienen und Bändern sowie zu einer Vielzahl von Elektrobauteilen verarbeitet wird.

Ein großer Vorteil von reinem Kupfer ist die sehr gute Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom. Dem steht jedoch die eher geringe mechanische Festigkeit als Nachteil gegenüber. Durch verhältnismäßig geringe Zusätze anderer Elemente kann diese Eigenschaft erheblich verbessert werden, was jedoch zu einer Beeinträchtigung der Leitfähigkeit führt.

Mit diesem Zielkonflikt im Blick beschäftigte sich die Dissertation mit der Ausscheidungshärtung und deren Einfluss auf mechanische und elektrische Eigenschaften von Kupfer-Titan-Legierungen mit Legierungsgehalten unter 1 Ma.-% Titan. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Optimierung der erzielbaren elektrischen Leitfähigkeit bei gleichzeitig hoher Festigkeit. Die zentralen Inhalte der Untersuchungen waren:

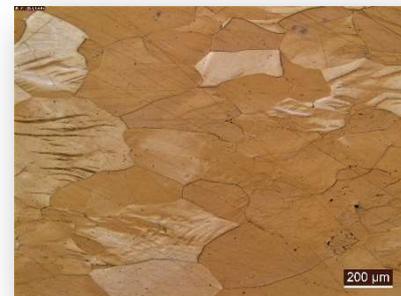


Abb. 1: Kaltumgeformtes Gefüge einer Kupfer-Titan-Legierung

- Der Einfluss des Titangehalts, der Temperatur und Dauer der Wärmebehandlung auf die aus der Ausscheidungshärtung resultierenden mechanischen und elektrischen Eigenschaftsänderungen wurde anhand von Legierungen mit 0,2 Ma.-% bis 1 Ma.-% Titan untersucht.
- Der Einfluss einer erhöhten Versetzungsdichte auf die Ausscheidungshärtung und die daraus resultierenden Eigenschaften wurde anhand von unterschiedlich stark kaltumgeformten und ausscheidungsgehärteten Proben ermittelt.
- Die Untersuchung des Optimierungspotentials der elektrischen Leitfähigkeit durch den Einsatz von geringen Mengen von Aluminium, Nickel, Silizium, Zink und Zinn.
- Die Bestimmung des Einflusses einer Kombination von vorgelagerter Kaltumformung und Einsatz eines dritten Legierungselements auf die aus der Ausscheidungshärtung resultierenden mechanischen und elektrischen Eigenschaften.

In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals nach dem derzeit bekannten Stand der Technik und der Literatur umfassend die Ausscheidungshärtung von Kupfer-Titan-Legierungen mit weniger als 1 Ma.-% Titan untersucht. Bisherige Untersuchungen beschäftigten sich mit dem Bereich von 1,5 Ma.-% bis 6 Ma.-% Titan und in der industriellen Anwendung kommt bisher nur eine Legierung mit 3 Ma.-% Titan

zum Einsatz. Aufgrund der guten, durch Ausscheidungshärtung erreichbaren, mechanischen Eigenschaften werden Kupfer-Titan-Legierungen in binärer Form oder als Mehrstofflegierungen mit Titan als Hauptlegierungselement als Substitutionswerkstoffe für Kupfer-Beryllium-Legierungen angesehen. So kommen diese vermehrt bei Steckverbindern im Automobilbau oder als Werkstoff für den Batteriekontakt oder die Kamera in Smartphones zum Einsatz. Jedoch weisen Kupfer-Titan-Legierungen eine deutlich geringere elektrische Leitfähigkeit als Kupfer-Beryllium-Legierungen auf. Der Ansatz für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen ist, dass durch den Einsatz geringerer Titan-Gehalte in Kombination mit geeigneter Wärmebehandlung und Optimierung durch vorgelagerte Kaltumformung und den Einsatz weiterer Legierungselemente eine möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit bei Erhalt guter mechanischer Eigenschaften erreichbar wird.

Die experimentellen Untersuchungen von Kupfer-Titan-Legierungen mit bis zu 1 Ma.-% Titan und deren Wärmebehandlungen zur Erzielung verschiedener Auslagerungszustände zeigen, dass vor allem Legierungen mit 0,8 Ma.-% bis 1 Ma.-% Titan ein großes Potential hinsichtlich einer Ausscheidungshärtung aufweisen. Bei diesen lassen sich durch die Ausscheidungshärtung gute mechanische Eigenschaften und eine gute elektrische Leitfähigkeit einstellen. Eine deutliche Steigerung dieser Werkstoffkennwerte ist vor allem durch eine vorgelagerte Kaltumformung zu erzielen. Die Verwendung geringer Anteile an Silizium und Zink führten zu einer Beschleunigung der Ausscheidungshärtung bei einem ähnlichen Eigenschaftsprofil. Durch den Einsatz einer vorgelagerten Kaltumformung bei den Legierungen mit geringen Zusätzen von dritten Elementen zeigte sich noch eine erheblich schnellere Aushärtung bei Erzielung guter Ergebnisse für die Härte, Zugfestigkeit und elektrische Leitfähigkeit. Vor allem die schnelle Aushärtung liefert eine gute Grundlage für eine wirtschaftliche und energieeffiziente Herstellung dieser Legierungen in einer industriellen Anwendung.

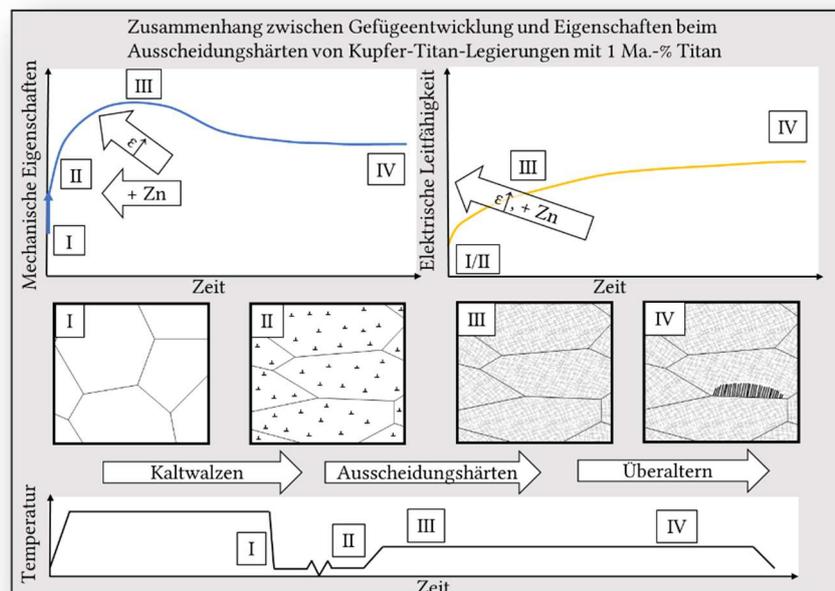


Abb. 2: Einfluss der Kaltumformung und von geringen Zink-Zugaben auf die mechanischen und elektrischen Eigenschaften von CuTi1

Begleitende Publikationen:

Kurdewan, T.; Zilly, A.: Mikrolegierte Nichteisenmetalle - Stand der Technik, Anwendungen und Potentiale. - In: Jost, Norbert (Hrsg.): Tagungsband - Pforzheimer Werkstofftag 2016, (ISSN 0946- 3755)

Kurdewan, T.; Zilly, A.: Kupferlegierungen mit Titan – Wirkmechanismen geringer Legierungsanteile in Werkstoffen mit hoher Festigkeit und guter Leitfähigkeit. – In: METALL Fachzeitschrift für Metallurgie, 2019

Kurdewan, T.; Zilly, A.: Copper-Titanium-Alloys – On the effect of low alloy content in materials with high strength and good conductivity – In: The Metal Forming Conference MEFORM 2020, 2020, (ISBN 978-3-86012-632-5)

Kurdewan, T.: Beitrag zur Eigenschaftsoptimierung von ausscheidungshärtbaren niedriglegierten Kupfer-Titan-Legierungen, TU Bergakademie Freiberg Dissertation. Freiberg 2022. <https://tubaf.gu-cosa.de/api/gucosa%3A77830/attachment/ATT-0/> (Zugriff am 23.03.2022)