

# Entwicklung von Auslegungsrichtlinien für das Kaliberwalzen einer calciumhaltigen Magnesiumlegierung

**SFU 2023**

Jennifer Mantel\*, Max Stirl, Madlen Ullmann, Ulrich Prahel

Institut für Metallformung, TU Bergakademie Freiberg, Bernhard-von-Cotta-Str. 4, 09599 Freiberg

\*Korrespondenzautor: Jennifer Mantel, jennifer.mantel@imf.tu-freiberg.de

## Abstract

Das Thema Klimaschutz und daraus folgend auch beispielsweise eine Einsparung fossiler Brennstoffe ist ein großer Forschungsschwerpunkt, wobei vor allem im Automobil- und Transportbereich die Substitution der klassischen Materialien wie Stahl durch Leichtbauwerkstoffe, wie Aluminium- und Magnesiumlegierungen, von Interesse ist. [1] Aufgrund der hexagonalen Kristallstruktur des Magnesiums, bringt die Verarbeitung nahezu einzigartigen Herausforderungen mit sich. Dabei wird durch das Hinzulegieren von Calcium, beispielsweise in ZAX-Legierungen – mit Zink, Aluminium und Calcium – die Umformbarkeit bei Raumtemperatur durch eine schwächer ausgeprägte Textur mit einem Basalpol-split verbessert. [2] Um die ersetzten Bauteile in den Fahrzeugen zu verbinden, wird beispielsweise das Schweißen verwendet. Dieses Verfahren profitiert allerdings von einer artgleichen Schweißung, wo Grundwerkstoff und Schweißdraht ähnliche Zusammensetzungen besitzen. Zum Schweißen, und auch für eine drahtbasierte additive Fertigung, sind Drähte mit ca. 1 - 1,6 mm Durchmesser nötig, die ausschließlich über einen Ziehprozess erreicht werden können. Für die Herstellung der Vorprodukte von Drähten für das Ziehen rücken die Verfahren Strangpressen und Kaliberwalzen in den Fokus. Für letzteres fehlen allerdings grundsätzliche Erfahrungswerte und Forschungsergebnisse, die aber für eine Anwendung und Einführung in die Wirtschaft unabdingbar sind. Als vorteilhaft gegenüber dem Strangpressen werden dabei die Herstellung größerer Produktionsmengen in der gleichen Zeit und die stärkere Kornfeinung angesehen. Um die wirtschaftliche Nutzung der Magnesiumlegierungen sicherzustellen, müssen allerdings vorher die Herausforderungen der Herstellung, wie vor allem die starke Rissneigung, verstanden und nachfolgend verhindert werden. Um eine Verbesserung der Auslegung von Kaliberstraßen für Magnesiumlegierungen zu erreichen, wurden die Werkstoffkennwerte bestimmt, die für eine Simulation nötig sind.

In Laser-Flash-Analysen und mithilfe des Hochtemperaturkalorimeters und der Archimedeswaage wurden die Werte  $c_p$ ,  $\alpha$  und  $\lambda$  für die Werkstoffe AZ80 und ZAX210 bestimmt. Diese sind für die Auslegung des Walzprozesses wichtig, da sie eine bessere Temperaturführung im Prozess ermöglichen, was Phänomene wie Korngrenzenaufschmelzungen oder eine verminderte Umformbarkeit durch zu niedrige Temperaturen vermeidet. Des Weiteren wurden Walzversuche zur Bestimmung der Breitungskoeffizienten nach Wusatowski für die Legierung ZAX210 durchgeführt und Werte für den Werkstoffkoeffizienten und den Temperaturkoeffizienten bestimmt. Für die Kaliberwalzung von AZ80 wurden einmal Vorversuche und danach Validierungsversuche für eine Simulation durchgeführt. Bei den Vorversuchen wurden verschiedene Ausgangsdurchmesser verwendet, was zu der Erkenntnis führte, dass ein Ausgangsdurchmesser von 15 mm zu einer rissfreien Walzung im Anstichoval führte. Zusätzlich verdrehte sich der

Stab dabei nicht im Kaliber. In den Validierungsversuchen traten dagegen bei mehreren Stäben Risse an den Kanten auf, was vermutlich auf ein verändertes Anfangsgefüge zurückzuführen ist. Die Kaliberwalzversuche zur Feststellung der Breitungskoeffizienten nach dem Freiburger Breitungmodell für ZAX210 wurden nach den Angaben von Dressler [3] inklusive der Wärmebehandlung durchgeführt, die rissfreie Walzungen an der Triostraße vorgenommen hatte. Die jetzigen Versuche waren allerdings nicht erfolgreich, da die mittlere Sehnenlänge bei Dressler im Vergleich geringer war (608 zu 213  $\mu\text{m}$ ). Zusätzlich kam es im vorliegenden Material nach der Wärmebehandlung vermehrt zu Ausscheidungen an den Korngrenzen, welche durch EDX-Messungen als aluminium- und calciumhaltig identifiziert wurden, was auf  $\text{Al}_2\text{Ca}$  und komplexe ternäre Ausscheidungen hinweist. Diese sind mögliche Rissinitiierungspunkte, jedoch nicht durch Korngrenzenaufschmelzungen, sondern ausschließlich über eine Schwächung der Verbindung an den Korngrenzen, die in nachfolgenden Forschungen beispielsweise durch eine kleinere Korngröße ausgeglichen werden können. Hier besteht Bedarf, den Prozessablauf, auch in Hinblick auf die Wärmebehandlung, zu verbessern. Bei Zylinderstauchversuchen konnten Werte für das Freiburger Fließkurvenmodell ermittelt werden. Die Simulation wurde mit zwei analytischen Berechnungsprogrammen, die am Institut für Metallformung entwickelt werden, für den Werkstoff AZ80 durchgeführt. Da das Freiburger Breitungmodell bei großen Unterfüllungen, wie es hier im Anstich immer der Fall war, durch seine empirische Natur nur begrenzt gute Ergebnisse liefert, wurden Werte eines anderen Projektes hinzugezogen, wodurch durch den Ersatz des, in diesem Projekt fast vollständig gefüllten, Quadratkalibers durch ein flächengleiches Rechteck ermöglicht wurde, den ersten Stich nicht zu unterfüllen. Die Tendenz der berechneten Werte stimmen dabei mit denen der realen Werte überein, allerdings liegen die Füllgrade für die Anstichlage Quadrat-Oval konstant unter den realen Ergebnissen. Durch die Anisotropie des Magnesiums ist es also möglich, dass diese Kaliberfolge – und wahrscheinlich auch andere, in dieser Arbeit nicht getestete Kaliberfolgen – speziell an den Werkstoff angepasst werden muss. Diese Hypothese muss allerdings durch weitere Untersuchungen validiert werden.

Zusammenfassend wurden viele Werkstoffparameter für eine vollständige, simulative Darstellung des Kaliberwalzprozesses der Magnesiumlegierungen ZAX210 und AZ80 bestimmt. Allerdings ist eine Beachtung sowohl des Bruchumformgrades in Abhängigkeit des Spannungszustandes als auch die Einbindung der werkstoffabhängigen Breitung im Zusammenhang mit der Kaliberfolge nötig. Dieser Ansatz wird jetzt im Projekt CLEAN-Mag weiterverfolgt.

**Keywords** *Kaliberwalzen, Magnesiumlegierungen, ZAX210, AZ80*

## Literatur

- [1] Bundesregierung, "Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021," 2021.
- [2] K. Neh, M. Ullmann, and R. Kawalla, "Substitution of rare earth elements in hot rolled magnesium alloys with improved mechanical properties," *Mater. Sci. Forum*, vol. 854, pp. 57–64, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.854.57
- [3] K. Dressler, "Entwicklung einer Umform- und Wärmebehandlungsstrategie für das Kaliberwalzen der calciumhaltigen Magnesiumlegierung ZAX210 - Diplomarbeit," TU Bergakademie Freiberg, 2021