

■ Energieeffizienz bei der Wärmebehandlung

Energieeffiziente Wärmebehandlung der Gusslegierungen

AlSi7Mg0,3 und AlSi9Cu3(Fe)

Von Dr. mont. Salar Bozorgi, Scientist am LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

In der Forschungsarbeit am LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen wurde eine modifizierte energieeffiziente T6-Wärmebehandlung an Gussteilen der beiden Legierungen AlSi7Mg0,3 und AlSi9Cu3(Fe) im Pilotmaßstab angewendet, wobei ein Teil der Gießhitze der Gusslegierung für die anschließende Lösungsglühtung ausgenutzt wurde. Durchgeführte Berechnungen des Energieinsparpotentials dieser kontinuierlichen, energiesparenden Wärmebehandlung ergaben einen Vorteil von bis zu 260 kJ pro Kilogramm Gussgewicht gegenüber einer konventionellen T6-Wärmebehandlung. Um Proben nach der energieeffizienten Wärmebehandlung zu produzieren wurden die Gussteile direkt mit ca. 300°C aus einer Squeeze Casting Maschine in einen Lösungsglühofen chargiert, anschließend in Wasser abgeschreckt und warmausgehärtet.

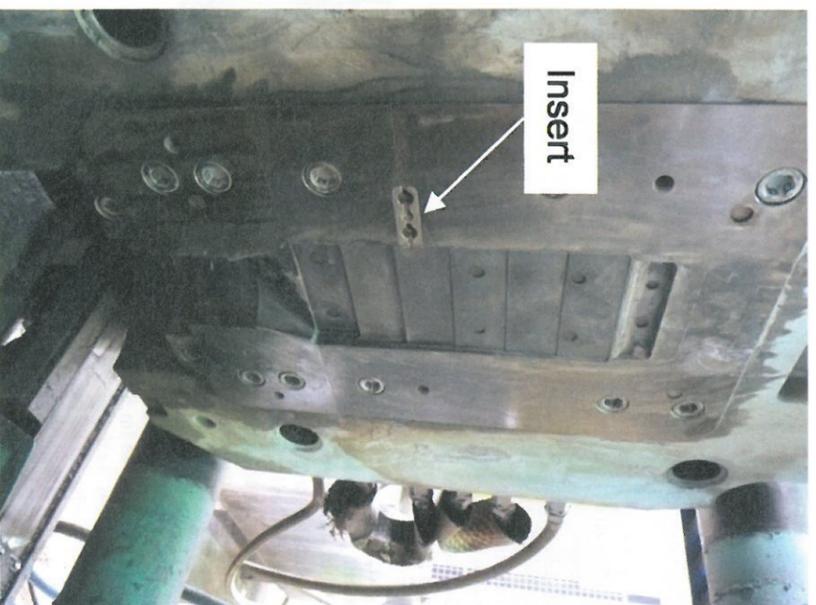


Abbildung 1: Kokille mit Insert, Squeeze Casting Verfahren am LKR

Die Prozessparameter Lösungsglüh-temperatur, Abschreckdauer und -temperatur wurden für alle Proben der konventionellen und energieeffizienten T6-Wärmebehandlung der jeweiligen Legierung konstant gehalten, um die mechanischen Eigenschaften und die Gefüge zu ermitteln. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich Dehngrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und vorhandener Phasen zwischen den Proben der beiden Wärmebehandlungen gefunden werden. Im Gegensatz dazu zeigte die Variation der Lösungsglühdauer der beiden T6-Wärmebehandlungen (konventionell und energieeffizient), je nach Legierungssystem unterschiedliche Effekte auf die mechanischen Eigenschaften.

Formelzeichen) als Wärme im entnommenen Gussteil stehen. Die derzeit ablaufenden Prozesse in den Gießereien sehen keine Nutzung dieser Wärme vor, das Gussteil wird nach dem Gießen entweder in Wasser abgeschreckt oder kühlt an Luft aus.

Um die gewünschten Wärmebehandlungszeiten einhalten zu können, ist eine Temperaturmessung im Gussteil während der Wärmebehandlung unerlässlich. Hier ist der kontinuierliche Wärmebehandlungsprozess insofern anspruchsvoll, als das die Temperaturmessung bereits beim Entformen beginnen sollte. Mit Referenzstellen, an denen die Temperaturmessung erfolgt, konnte nicht weitergearbeitet werden, da die Temperatur beim Chargieren

Legierung	T6-Teilschnitt	Temperatur	Temperatur-Schmelzwert	Dauer
AlSi7Mg0,3	Lösungsglühn	535°C	500°C	2, 4 und 6 h
	Wärmaushärten	170°C	165°C	6 h
AlSi9Cu3(Fe)	Lösungsglühn	490°C	485°C	2 und 6 h
	Wärmaushärten	180°C	175°C	3,5 h

Tabelle 1: Details der durchgeführten T6-Wärmebehandlungen

Die Wärmebehandlung stellt einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor in den Gießereien dar, da zum einen relativ viel Energie zum Aufheizen der Gussteile verwendet wird und zum anderen durch mitunter lange Behandlungszeiten die Produktivität der Ofen gering ist. Es ist daher von großem Interesse, den Energiebedarf und die Behandlungszeiten zu reduzieren, auch im Hinblick auf steigende Energiepreise und CO₂-Restriktionen. Bei Betrachtung der Wärmebilanz einer Druckgussform, wird deutlich, dass unter den gegebenen Annahmen ca. 25% der in den Prozess eingebrachten Energie (Schmelzenenergie sowie

in den Ofen unbekannt ist. Im Zuge dieser Arbeit musste daher ein Konzept erarbeitet werden, das es ermöglicht, die Temperatur des Gussteils direkt nach dem Gießen zu messen. Dafür wurde in die bewegliche Form der Kokille auf Höhe der 6mm-Stufe ein Hohlraum gefräst, in welchen Inserts mit Nut eingelegt wurden. In Abbildung 1 ist die Kokille mit einem solchen Insert dargestellt.

Um den Einfluss der kontinuierlichen energiesparenden Wärmebehandlung auf die mechanischen Eigenschaften, sowie die Phasenauscheidung und das Gefüge beurteilen und vergleichen zu können, wurden für jede Legierung je eine Gießserie nach der konventionellen Methode und eine nach der kontinuierlichen Methode gegossen. Um zusätzlich den Effekt der Dauer der Lösungsglühbehandlung zu untersuchen, wurden die Gussteile einer Gießserie unterschiedlich lang lösungsgelüht. Als Zeitspannen für die Lösungsglühtung wurden 2, 4 und 6 Stunden, sowohl für die konventionelle als auch kontinuierliche Wärmebehandlung gewählt.

Die Wärmebehandlungsparameter der beiden untersuchten Legierungen sind in Tabelle 1 dargestellt, diese wurden sowohl für die konventionelle als auch für die energieeffiziente Methode der jeweiligen Legierung verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die gemittelten mechanischen Kennwerte aus den Zugproben der 6mm-Stufen und der 14mm-Stufen z.B. der Legierungen AlSi7Mg0,3 und in Abbildung 2 dargestellt. Ausgewählte Gefügebilder der Legierung AlSi7Mg0,3 werden in Abbildung 3 gezeigt.

Bei beiden untersuchten Legierungen konnte kein signifikanter Unterschied der mechanischen Eigenschaften zwischen Proben konventioneller und kontinuierlicher Wärmebehandlung bei gleicher Lösungsglühdauer gefunden werden. Bei der Legierung AlSi7Mg0,3 zeigen Proben der energieeffizienten Wärmebehandlung bei beiden Wandstärken (6 mm und 14 mm) geringfügig größere Festigkeiten als die konventionellen Proben.

Aufgrund der überschnellenden Standardabweichung können jedoch keine bedeutenden Unterschiede ermittelt werden. Die Dehn Grenzen liegen, je nach Lösungsglühdauer, zwischen 230 und 250 MPa



APR-Autor Dr. mont. Salar Bozorgi, Scientist am LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

(6mm-Stufe) bzw. 240 und 250 MPa (14mm-Stufe), die ermittelten Zugfestigkeiten zwischen 300 und 320 MPa (6mm-Stufe) bzw. 300 und 310 MPa (14mm-Stufe). Die Schwankungen der Kennwerte sind relativ gering, was der natürlichen Streuung von Gussproben entspricht.

Bei der Legierung AlSi9Cu3(Fe) zeigt der Vergleich der mechanischen Eigenschaften energieeffizienter und konventioneller Proben keine Unterschiede in den Festigkeiten. Bei 6mm-Proben liegen die Dehn Grenzen zwischen 310 und 320 MPa, bei Proben der Wandstärke 14 mm sind diese geringfügig geringer, zwischen 290 und 310 MPa. Die Zugfestigkeiten liegen zwischen 370 und 380 MPa (6mm-Stufe) bzw. 320 und 350 MPa (14mm-Stufe). Die Streuung (bis zu 8 MPa) dieser Festigkeitswerte lässt keine wesentlichen Unterschiede der Festigkeitswerte zwischen Proben der energieeffizienten und konventionellen Wärmebehandlung identifizieren.

Zusammenfassung

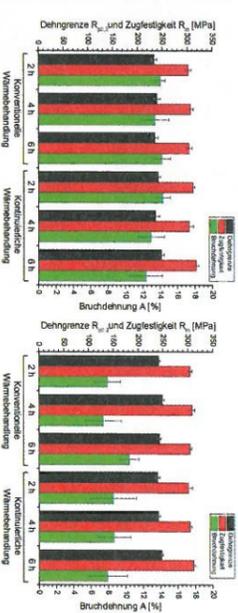
In dieser Arbeit wurde das Energieinsparpotential einer energieeffizienten Wärmebehandlung ermittelt und deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften zweier typischer Aluminium-Gusslegierungen im Vergleich zur konventionellen Wärmebehandlung bestimmt.

Für das Handling von Gießegewichten hat das Siegerländer Unternehmen Vetter Kranetechnik eine spezielle Verstelltraverse entwickelt. Gießegewichte werden beim Fertigungsprozess in einer Gießerei zum Beschweren von Gussformen benötigt.

Intralogistik

Einfaches Handling von Gießegewichten

Bei einem Thüringer Unternehmen Meuselwitz Guss stehen die bis zu 10 m hohen Gussformen zu vier bis sechs m über Flur. Auf diese Gussformen werden dann Deckel als Verschluss positioniert. Damit diese beim Abgießen zentriert auf die Form bleiben, müssen sie mit



Mechanische Kennwerte der Legierung AlSi7Mg0,3 im T6-Zustand, die Zeitmaschine bezieht sich auf die Dauer der Lösungsglühtung bei 535°C, Wärmaushärtung 3,5 h bei 170°C, Wasserabschreckung, linke Seite 6mm-Stufe, rechte Seite 14mm-Stufe

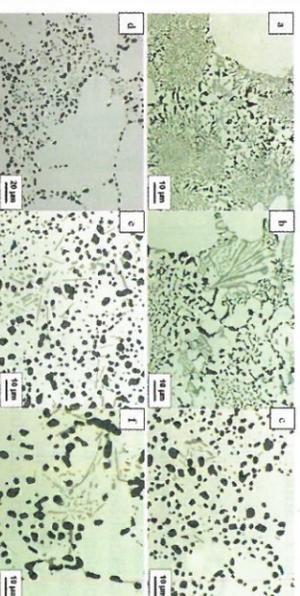


Abbildung 3: Die Legierung AlSi7Mg0,3, a) Gusszustand, 6mm-Stufe, b) Gusszustand, 14mm-Stufe, c) konventionelle Wärmebehandlung, 6mm-Stufe, T6-Zustand (Lösungsglühn 6 h bei 535°C, Wasserabschreckung, Wärmaushärtung 6 h bei 170°C), d) konventionelle Wärmebehandlung, 14mm-Stufe, T6-Zustand (Lösungsglühn 6 h bei 535°C, Wasserabschreckung, Wärmaushärtung 6 h bei 170°C), e) kontinuierliche Wärmebehandlung, 6mm-Stufe, T6-Zustand (Lösungsglühn 6 h bei 535°C, Wasserabschreckung, Wärmaushärtung 6 h bei 170°C), f) kontinuierliche Wärmebehandlung, 14mm-Stufe, T6-Zustand (Lösungsglühn 6 h bei 535°C, Wasserabschreckung, Wärmaushärtung 6 h bei 170°C).

Dabei nutzt die energieeffiziente T6-Wärmebehandlung bestehend aus Lösungsglühen, Abschrecken und Wärmaushärten, die Gießwärme im Gussteil für die Lösungsglühtung.

Weder bei der Gusslegierung AlSi7Mg0,3 noch AlSi9Cu3(Fe) konnten signifikante Unterschiede der mechanischen Eigenschaften (Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung) zwischen Proben der energieeffizienten und konventionellen Wärmebehandlung festgestellt werden. Die Variation der Lösungsglühdauer zeigte je nach Legierung bzw. Lösungsglüh-temperatur unterschiedliche Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften der abgeschreckten und warmausgehärteten Proben. Bei der Legierung AlSi7Mg0,3 mit relativ hoher Lösungstemperatur zeigte eine

Verlängerung der Lösungsglühdauer keine signifikanten Auswirkungen bei Proben der Legierung AlSi9Cu3(Fe) mit relativ geringer Lösungsglüh-temperatur jedoch bewirkte die Verlängerung der Dauer der Lösungsglühtung eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften.

Die durchgeführten Untersuchungen implizieren, dass die energiesparende kontinuierliche Wärmebehandlung ohne Einbußen an Festigkeiten und Bruchdehnung für die beiden Legierungen angewendet werden kann, wodurch erhebliche Einsparungen an Energie und CO₂-Emissionen möglich sind. Demgegenüber stehen jedoch Investitionskosten für neue Anlagen und eine unter Umständen komplexere Guss-teillogistik.

www.lkr.at

Gewichts gezogen werden. Zudem signalisiert eine farbige Lampe das Erreichen der korrekten Hubposition. Erst dann wird das Gewicht sicher angehoben und auf der Gussform platziert. Danach wird die Traverse entlastet und die Aufnahme lösen sich aus der Aufnahme mulde. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die nötige Stückzahl an Gewichten auf der Form ruht. Jetzt ist alles vorbereitet für einen erfolgreichen Abguss.

Der Betreiber schätzt, dass er mit dieser Spezialtraverse allein durch das vereinfachte Anschlagen der Last eine Zeitersparnis von ca. 30-40 Prozent bei jedem Abguss erzielt.

www.vetter-kran.de