

Das räumliche Gefüge von Al-Si-Gusslegierungen und die Konsequenzen für die mechanischen Eigenschaften

Forschungsstelle: Universität des Saarlandes, Funktionswerkstoffe, Saarbrücken

Laufzeit: 2011 bis 2014

Ergebnisse:

Im abgeschlossenen Projekt wurden im Wesentlichen zwei Themengebiete abgedeckt. Zum einen wurde eine quantitative Klassifizierung der Al-Si Gusslegierungen entwickelt und zum anderen die Ursachen der Veredelungswirkung des Strontiums untersucht.

Klassifizierung der Al-Si Gusslegierungen

Die entwickelte Klassifizierung basiert auf der quantitativen Auswertung metallographischer Schliffe. Hierzu werden Form- und Größenparameter der Silizium-Teilchen im Gefüge mit einer geeigneten Software (aquinto a4i, Zeiss AxioVision etc.) bestimmt und mit eines Tabellenkalkulationsprogramms (z.B. Microsoft Excel) bewertet. Die Analyse erfolgt dabei nach folgendem Schema:

- Metallographische Präparation
- Lichtmikroskopische Aufnahme der Mikrostruktur
- Bestimmung des Dendritenarmabstandes
- Segmentierung der Si-Phase
- Bestimmung objektbasierter Parameter (für alle Si-Teilchen im Bild):
 - MaxFerret – maximaler Objektdurchmesser
 - Fläche – Fläche des Objektes
 - Umfang – Umfang des Objektes
 - Konvexer Umfang – Umfang des Polygons, das das Objekt umschreibt
- Automatisierte Auswertung in einem Excel-Arbeitsblatt.

Als Ergebnis erhält man die Einteilung der Mikrostruktur in die Klassen „unveredelt“, „inhomogen veredelt“ und „homogen veredelt“. Für inhomogen veredelte Proben wird zusätzlich ein Veredelungsgrad bestimmt, der Werte zwischen 0% und 100% annehmen kann. Die Ergebnisse der quantitativen Analyse wurden mit Hilfe eines Ringversuchs, an dem sich 13 Labore aus Industrie und Forschung beteiligt haben, validiert.

Veredelungswirkung des Strontiums

Unveredelte und Sr-veredelte AlSi7 Legierungen wurden im Transmissionselektronenmikroskop (TEM und STEM) und mittels Atomsondentomographie (APT) untersucht. Die chemische Zusammensetzung und die Elementverteilung im Silizium wurden mit strukturellen Defekten korreliert. Das unveredelte Silizium enthält nanoskalige Al-Segregationen. Der Al-Gehalt liegt über der Löslichkeitsgrenze und führt dazu, dass Al-Atome zu Gitterdefekten diffundieren. Diese Strukturen beeinflussen das plattenförmige Wachstum des eutektischen Siliziums jedoch nicht.

Das korallenartige, veredelte Si zeigt eine hohe Dichte von Defekten, die mit Al und Sr angereichert sind. Dabei wurden 3 unterschiedliche Typen von Segregationen nachgewiesen:

- Linienförmige Segregationen, die oft eine V-Form zeigen. Diese Defekte begünstigen die abgerundete Morphologie des Siliziums und führen zur Bildung irregulärer Zwillingsgrenzen.
- Bereiche mit einer hohen Dichte an nanoskalierten Al-Sr Segregationen. Diese entstehen durch eine Anreicherung von Al und Sr vor der Erstarrungsfront und behindern das Si-Wachstum
- Ebenenförmige Segregationen an Korn und Zwillingsgrenzen.

Im veredelten eutektischen Silizium sind insgesamt 430 ± 160 At.-ppm Al und 40 ± 10 At.-ppm Sr gelöst. Die Gesamtkonzentration an Al ist damit ca. 4mal höher als im unveredelten Silizium, was zeigt, dass Al gemeinsam mit Sr in die Si-Phase eingeschlossen wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass Defekte im Silizium, an denen sich Al und Sr anreichern, eine entscheidende Rolle spielen. Durch lokale ternäre eutektische Reaktionen entstehen Sr/Al Nanocluster, die die Defekte (Stapelfehler, Versetzungen) im Silizium pinnen und so das Wachstum beeinflussen.

Der vollständige Schlussbericht liegt vor und kann schriftlich angefordert werden bei der

Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.
Hansaallee 203 - 40549 Düsseldorf
Fax: 0211 / 687140245 - Mail: Ingeborg.Klein@bdguss.de