

# Neue hochfeste Legierung der Serie 3xx

## Fallstudie: Gewichtsreduzierung bei Kfz-Felgen

| Autor Francis Breton

Die am häufigsten verwendeten Aluminiumlegierungen in der Gießereiindustrie sind die Legierungen A356.2 und A357.2. Diese bieten eine mittlere bis hohe Festigkeit bei ausgezeichneter Fließfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Bei Ausführungen mit höherer Festigkeit können sich grobe eisenhaltige Bestandteile bilden, die sich negativ auf die Festigkeit und Duktilität auswirken. Es wurden spezifische Legierungszusätze zu A356.2 und 357.2 zugegeben, um die Bildung der  $\beta$ - und  $\pi$ -Phase zu eliminieren; daraus ergab sich eine Verbesserung des Verhältnisses von Festigkeit zu Duktilität. Der Einfluss der Wandstärke auf die mechanischen Eigenschaften und die Eisenphasen-Morphologie wurde untersucht. Unter Verwendung eines optimierten Kfz-Felgendesigns wurden industrielle Versuche mit der neuen Legierung durchgeführt. Aufgrund der inhärent höheren mechanischen Eigenschaften wurde eine Gewichtsreduzierung von 7 % im Vergleich zu dem ursprünglichen Design erzielt. Die Anforderungen an die Aufprallprüfung bei 13 Grad und 90 Grad sowie die Anforderungen einer Rotations-/Kurvenlauf-Ermüdungsprüfung wurden ebenfalls erfolgreich erfüllt. Die neue Legierung kann daher eine Gewichtsreduzierung bei Kfz-Felgen ermöglichen, könnte aber auch auf andere Marktsegmente anwendbar sein.

Schlüsselwörter: A356.2, 357.2, Kfz-Felgen, hohe Festigkeit, Eisenphasen, mechanische Eigenschaften, Gewichtsreduzierung.

### New High Strength 3xx Series Alloy Case Study: Automotive Wheel Weight Reduction

A356.2 and 357.2 are the most commonly used aluminum alloys in the foundry industry. They provide medium to high strength with excellent fluidity and corrosion resistance. Higher strength variants can be associated with the formation of coarse iron-bearing constituents which have a negative impact on strength and ductility. Specific alloying additions were made to A356.2 and 357.2 to eliminate the  $\beta$ - and  $\pi$ -phase formation and, as a result, improved the strength/ductility ratio. The influence of part thickness on mechanical properties and iron phase morphology was studied. Industrial trials of the new alloy were performed using an optimized automotive wheel design. Due to the inherent higher mechanical properties, a 7 % weight reduction was obtained compared to the original design. Thirteen degree and ninety-degree impact as well as rotary/cornering fatigue testing requirements were also successfully met. The new alloy can therefore allow automotive wheel weight reduction but could also be applicable to other market segments.

Keywords: A356.2, 357.2, automotive wheels, high strength, iron phases, mechanical properties, weight reduction.

### Einführung

Die am häufigsten verwendete Aluminiumlegierung in der Gießereiindustrie ist die Legierung A356.2. Sie bietet gute mechanische Eigenschaften, Fließfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Für höhere Festigkeitsanforderungen wird A357.2 wegen ihres höheren Magnesiumgehalts verwendet. Während des Erstarrens bilden sich grobe eisenhaltige Bestandteile und beeinflussen sowohl die Festigkeit als auch die Duktilität des fertigen Teiles. Die chemische Zusammensetzung und die Morphologie der

Eisenphase werden durch verschiedene Parameter wie Abkühlgeschwindigkeiten und chemische Zusammensetzung der Legierung bestimmt.

Bei A357.2 bildet sich aufgrund des höheren Magnesiumgehalts während der Erstarrung eine  $\pi$ -Phase und absorbiert somit einen Teil des Magnesiums; dieses ist dann für die Ausfällung von  $Mg_2Si$  nicht mehr verfügbar. Um das Verhältnis von Festigkeit zu Duktilität weiter zu verbessern, wurden Manganzusätze vorgenommen, um die Eisenphase in 357.2 oder anderen Al-Si-Mg-Gusslegierungen mit hohem Ma-

gnesiumgehalt zu modifizieren. Mangan ist bekannt für seine Eisenphasen-Umwandlung von  $\beta$  zu  $\alpha$ .

Es wurden Gießversuche im Labormaßstab durchgeführt, um den Einfluss der neuen Legierungsvariante auf die mechanischen Eigenschaften und die Eisenphasen-Morphologie für mehrere Wandstärken zu untersuchen.

Aus den vorläufigen Ergebnissen wurde bei einem realen Felgendesign durch Ausnutzen der höheren mechanischen Eigenschaften eine Gewichtsreduzierung von 7% erreicht. Die leichteren Kfz-Felgen wurden unter Verwendung der Industriestandard-Prüfungen hergestellt und charakterisiert.

### Vorversuche

Im Arvida-Forschungs- und Entwicklungszentrum von Rio Tinto wurden Gießereimasseln unter Verwendung industrieller P0610-Primäraluminium-Masseln hergestellt. Die chemischen Zusammensetzungen der fertigen Teile sind in **Tabelle 1** dargestellt. Der anfängliche Eisengehalt der Masseln war niedriger als die chemische Zusammensetzung in **Tabelle 1**, um eine gewisse Eisenaufnahme während der Produktion zu berücksichtigen.

Im Centre de Métallurgie du Québec wurden mit einer Kurtz-Niederdruckgussmaschine vom Typ AL 7-5 TC Vorversuche unter Verwendung der in **Bild 1** gezeigten Stufenform durchgeführt. Diese Gussform wurde ausgewählt, um die Charakterisierung von drei verschiedenen Wandstärken – 6 mm, 12 mm und 25 mm – zu ermöglichen:



Bild 1: Stufenform für Vorversuche

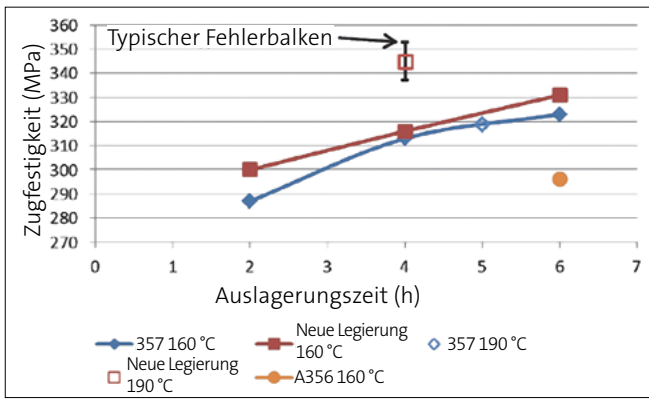


Bild 2: Zugfestigkeits-Alterungskurven der Stufenform

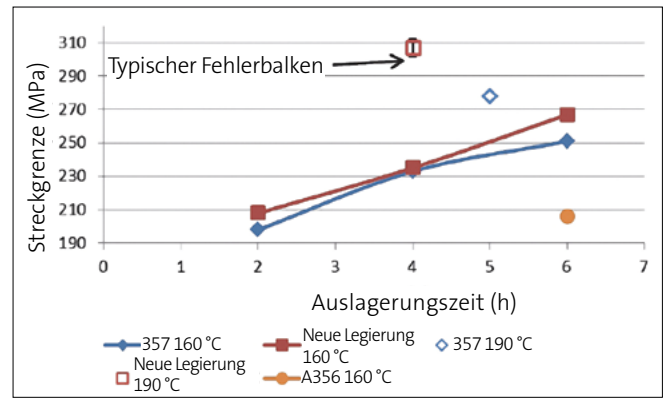


Bild 3: Streckgrenzen-Alterungskurven der Stufenform

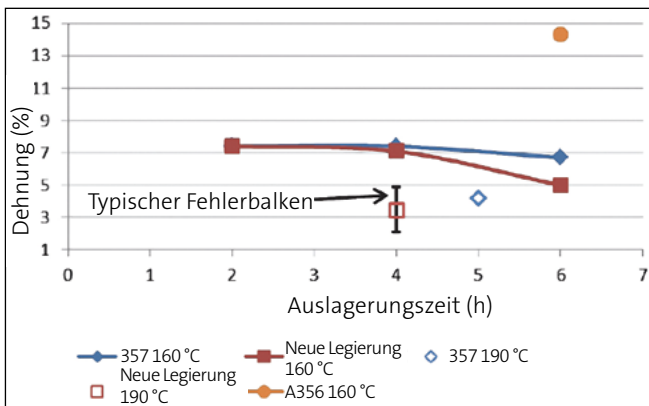


Bild 4: Dehnungs-Alterungskurven der Stufenform

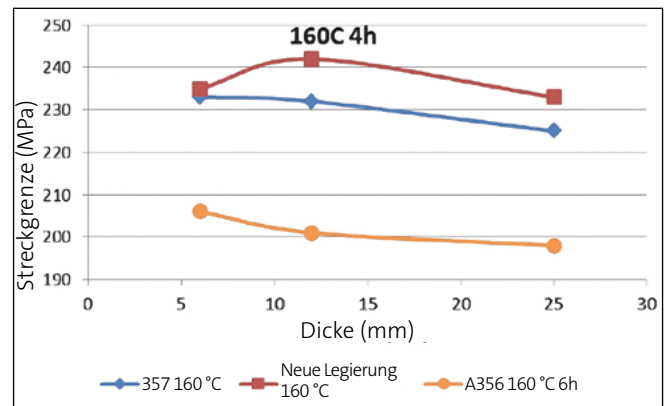


Bild 5: Einfluss der Wandstärke auf die Streckgrenze

Vor dem Gießen wurde die Metallschmelze entgast und mittels Unterdruckdichtprobe kontrolliert, um einen Wasserstoffgehalt unter 0,15 ml/100 g zu erhalten. Strontium wurde vor dem Gießen bei 100 ppm gehalten. Vor der Bearbeitung wurden die fertigen Gussteile einem Lösungsglühen bei 540 °C für vier Stunden unterzogen, gefolgt von einem Abschrecken mit warmem Wasser bei 50 °C. Zwischen dem Abschrecken und der Warmauslagerung fand eine natürliche Alterung von 12 bis 24 Stunden bei Raumtemperatur statt.

Die Alterungskurven wurden bei 160 °C entwickelt. Zu Vergleichszwecken wurde an der neuen Legierung eine Wärmebehandlung bei 190 °C für vier Stunden und an der Legierung A357 bei 190 °C für fünf Stunden durchgeführt. Zusätzlich ist für die Legierung A356, die sechs Stunden bei 160 °C ausgelagert wurde, ein Referenzpunkt verfügbar. Aus jeder Wandstärke wurden drei

Flach-Zugproben nach ASTM B557 bearbeitet. Pro Zustand wurden acht Zugproben durchgeführt. Die mechanischen Eigenschaften des 6 mm dicken Abschnitts sind in den **Bildern 2 bis 4** dargestellt. Der Einfluss der Wandstärke ist in den **Bildern 5 und 6** dargestellt.

**6 mm dicke Bereiche**

In den **Bildern 2 bis 4** nahm bei allen geprüften Legierungszusammensetzungen die Festigkeit zu, während die Dehnung mit längeren Auslagerungszeiten abnahm. Dieser Trend ist bei der Warmauslagerung des Mg,Si-Systems zu erwarten. Die Streckgrenze der neuen Legierung ist um 10 % höher als die von A357 bei Auslagerung bei 160 °C, bei einer vergleichbaren Dehnung. Auch erhöhte sich der Festigkeitsvorteil der neuen Legierung gegenüber A357 bei höherer Auslagerungstemperatur: Bei der neuen Legierung konnte sich mittels Warmausla-

gerung bei 190 °C die Streckgrenze um 15 % (310 MPa gegenüber 270 MPa) bei ähnlicher Dehnung (3,2 % gegenüber 3,5 %) erhöhen. Die neue Legierung zeigte eine um 30 % höhere Streckgrenze (270 MPa gegenüber 205 MPa), aber eine um 64 % geringere Dehnung (5 % gegenüber 14 %).

**Auswirkungen der Abkühlgeschwindigkeiten**

Bei allen Legierungen nehmen Festigkeit und Duktilität mit zunehmender Wanddicke ab. Durch schnellere Erstarrungsgeschwindigkeiten wird der Dendritenarmabstand reduziert und somit sowohl die Festigkeit als auch die Duktilität erhöht. In den **Bildern 5 und 6** wurde die neue Legierung und A356 vier Stunden lang bei 160 °C ausgelagert, während die A356 sechs Stunden lang ausgelagert wurde. Die neue Legierung bot bei einer um zwei Stunden kürzeren Auslagerungszeit eine Verbesserung der Streckgrenze um 20 % im Vergleich zu A356. Außerdem wurde der Unterschied in der Dehnung zwischen der neuen Legierung und A356 mit zunehmender Wanddicke geringer. Die Eigenschaften der neuen Legierung wurden weniger durch Wanddickenunterschiede beeinflusst, als dies bei A356 der Fall war. Zur Untersuchung dieses Phänomens wurden metallographische Proben entnommen.

Tabelle 1: Legierungszusammensetzungen

Legierung	Al	Si	Fe	Mg	Mn	Ti	Sr
	%						ppm
A356	Rest	7,0	0,15	0,37	<0,01	0,10	80
A357	Rest	7,0	0,12	0,48	0,01	0,11	112
Neue Legierung	Rest	6,9	0,15	0,51	0,27	0,10	114

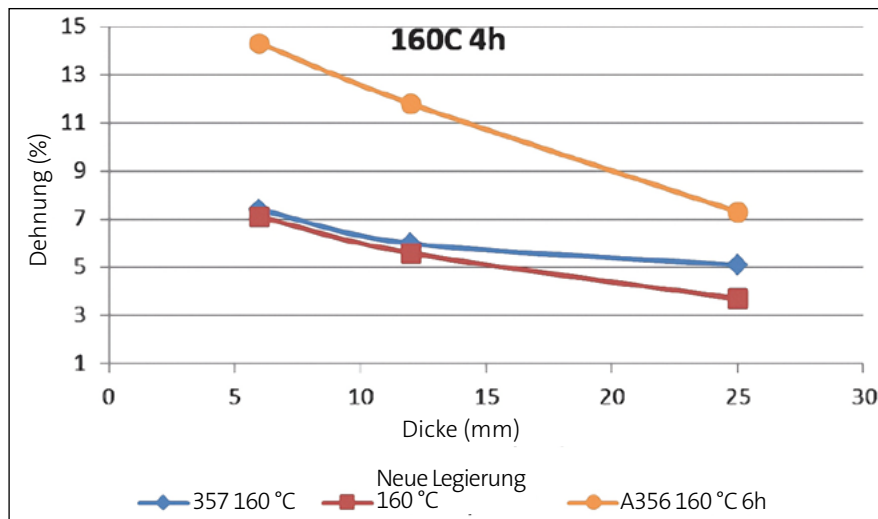


Bild 6: Einfluss der Wandstärke auf die Dehnung

Eisen kann in Aluminiumlegierungen eine Reihe von Phasentypen bilden [2]. In untereutektischen Al-Si-Legierungen, die Eisen, Magnesium und Mangan enthalten, sind drei Eisenphasen vorherrschend:

$\alpha$ -Al<sub>15</sub>(FeMn)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>,  $\beta$ -Al<sub>3</sub>FeSi und  $\pi$ -Al<sub>8</sub>FeMg<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>.

Die Alpha-Phase erscheint hauptsächlich als eine kompakte eisenreiche Phase, die normalerweise aufgrund ihres nur geringen Einflusses auf die Duktilität bevorzugt wird. Die Beta-Phase besteht aus nadelartigen Eisenphasen, welche die Duktilität beeinträchtigen. Schließlich weist die  $\pi$ -Phase eine „Chinesenschrift“-Morphologie auf. Der Nachteil der  $\pi$ -Phase ist ihr Magnesiumgehalt, sodass bei Vorhandensein der  $\pi$ -Phase Magnesium im Intermetall eingeschlossen ist und nicht als Mg<sub>2</sub>Si zur Verstärkung der Legierung verfügbar ist. Daher wird die Alpha-Phase sowohl für die Festigkeit als auch für die Duktilität bevorzugt.

Die Eisenphasen wurden durch optische Mikroskopie unter Verwendung einer Leica DMI8000 und einer Clemex Vision 8.0 Bildanalysesoftware charakterisiert. Die Phasen wurden visuell hinsichtlich Morphologie und Farbe identifiziert, um die Anteile jedes Phasentyps zu bestimmen. Zur Validierung der visuellen Beobachtungen wurden die Proben auch mit einem Tescan Vega 3 Rasterelektronenmikroskop analysiert. Pro Probe werden 21 Bilder mit 4000-facher Vergrößerung aufgenommen und mit einer energiedispersiven Röntgenanalyse-Software (EDX) analysiert (Gesamtfläche von 53.300  $\mu\text{m}^2$ ). Die Gesamtmenge der Eisenphase wird durch ihre Oberfläche auf den Rasterelektronenmikroskop (REM)-Aufnahmen angegeben. Die Ergebnisse sind in den **Tabellen 2 und 3** dargestellt. Typische Mikrogefüge sind in den **Bildern 7 und 8** dargestellt.

Die  $\pi$ -Phase war in der Legierung A357 eindeutig vorhanden. Darüber hinaus nahm die Menge der  $\pi$ -Phase mit zunehmender Dicke zu. Der Eisenphasentyp wurde durch den Mg-Gehalt und die Abkühlgeschwindigkeit beeinflusst. Die  $\pi$ -Phase bildet sich typischerweise in Gießereilegierungen, die 0,5 % Magnesium oder mehr enthalten. Die Zugabe von Mangan zu der neuen Legierung ersetzte erfolgreich die  $\pi$ -Phase durch die  $\alpha$ -Phase; als Ergebnis stand das gesamte Magnesium in der Legierung für die Ausscheidungshärtung zur Verfügung, was die höhere Festigkeit in **Bild 5** erklärt.

Darüber hinaus wurde durch die Zugabe von Mangan der Einfluss der Wanddicke auf die Auswahl der Eisenphase eliminiert. Die Abkühlgeschwindigkeiten in Industrieteilen sind typischerweise viel langsamer als bei den in der aktuellen Studie verwendeten Stufenproben. Daher wird erwartet, dass die neue Legierung in kommerziellen Teilen widerstandsfähiger gegen die  $\pi$ -Phasenbildung ist.

## Industrielle Versuche

### Simulation der Felge

Die während der Vorversuche erhaltenen mechanischen Eigenschaften wurden von einer Firma, die Felgen herstellt, bewertet. Es wurde eine Finite-Elemente-Modellierung ihrer aktuellen Felgen durchgeführt, um das Potenzial der Gewichtsreduzierung für jede Legierung und Wärmebehandlung zu quantifizieren. Aus dieser Modellierung wurde bestimmt, dass sich die beste Kombination aus Legierung und Wärmebehandlung durch die neue Legierung ergab, die vier Stunden lang bei 160 °C ausgelagert wurde. Basierend auf dieser Legierungs-/Wärmebehandlungs-Variante wurde das Gewicht eines aktuellen Felgendesigns, das die OEM (Original Equipment Manufacturer) -Prüfung bestanden

hat, um 7 % reduziert. Die höhere Festigkeit der neuen Legierung im Vergleich zu A356 ermöglichte eine signifikante Wandstärken-Reduzierung für die Felgenbett-, Speichen- und Nabenabschnitte.

### Felgenguss und Charakterisierung

Die Felgenform wurde entsprechend dem leichteren Felgendesign modifiziert und in einer unabhängigen Gießerei wurden Teile hergestellt. Die Felgen wurden sowohl in A356 als auch in der neuen Legierung gegossen, um ihr Mikrogefüge und ihre mechanischen Eigenschaften sowie das Aufprall- und Kurvenlauf-Ermüdungsverhalten zu vergleichen. Nach dem Gießen wurden bei beiden Legierungen hohe Porositätsgehalte beobachtet. Um Luftaustritt während der Versuche zu vermeiden, wurden die Felgen mittels Densal-II-Verfahren heißstatisch gepresst (HIP). HIP hat einen begrenzten Einfluss auf die Legierungsfestigkeit, erhöht die Duktilität geringfügig, verbessert jedoch die Ermüdungseigenschaften im Vergleich zu typischen Gussteilen erheblich. [3] Anschließend wurden die Felgen vier Stunden lang bei 540 °C lösungsgeglüht, in warmem Wasser abgeschreckt und 12 bis 24 Stunden lang einer natürlichen Alterung bei Raumtemperatur ausgesetzt, gefolgt von einer Warmauslagerung. Die Felgen aus A356 wurden sechs Stunden lang bei 160 °C ausgelagert, während die Felgen aus der neuen Legierung vier Stunden lang bei 160 °C ausgelagert wurden. Aus den Naben-, Speichen- und Felgenbettbereichen wurden Probeabschnitte bearbeitet (**Bild 9**). Das gleiche Verfahren wie in den Vorversuchen beschrieben, wurde verwendet, um die Eisenphasentyp-Anteile zu identifizieren (**Tabelle 3**). Typische Mikrogefüge sind in den **Bildern 10 und 11** dargestellt. Es wurden maßreduzierte Flach-Zugproben nach ASTM B557 bearbeitet und geprüft. Die mechanischen Eigenschaften sind in **Bild 12** dargestellt.

Beide Legierungen zeigten einen ähnlichen Dendritenarmabstand und eine ähnliche Korngröße, da sie beide mit den gleichen Gießparametern hergestellt wurden. Die Ergebnisse bestätigten, dass die Zugabe von Mangan zu der neuen Legierung die Bildung der  $\beta$ -Phase verhindert und  $\alpha$ -AlFeSiMn fördert, wie zuvor in den Vorversuchen bei dem Vergleich der neuen Legierung mit 357 beobachtet. In A356-Felgen wurde eine gewisse  $\pi$ -Phase festgestellt.

Die neue Legierung war 15 bis 20 % fester als A356, aber ihre Dehnung wurde geringer. Gemäß den OEM-Standards verringern niedrige Dehnungswerte die Tendenz der Felge, bei Aufprallprüfungen Energie zu absorbieren. Nach den Erfahrungen mit Druckguss und Extrusion ist die einachsige

Tabelle 2: Eisenphasen-Anteile gegenüber Wanddicke

	Wanddicke	SDAS $\mu$ m	Al, Si, Fe ( $\beta$ )	Al, Fe, Si, Mg ( $\pi$ )	Al, Fe, Si, Mn ( $\alpha$ )	Al, Fe, Si, Mn ( $\alpha$ )	Eisenphasengehalt inREM-Aufnahmen (%)
357 160 °C 2 h	6 mm	11	90 %	10 %			0,64
	12 mm	16	70 %	30 %			0,34
	24 mm	18	50 %	50 %			0,63
357 160 °C 4 h	6 mm	12	85 %	15 %			0,46
	12 mm	16	80 %	20 %			0,56
	24 mm	18	60 %	40 %			0,43
357 160 °C 6 h	6 mm	11	55 %	45 %			0,34
	12 mm	14	45 %	55 %			0,39
	24 mm	18	40 %	60 %			0,38
Neue Legierung 160 °C 2 h	6 mm	14		<1 %	<1 %	100 %	0,61
	12 mm	17		<1 %	<1 %	100 %	0,63
	24 mm	20		1 %	<1 %	99 %	0,81
Neue Legierung 160 °C 4 h	6 mm	15		<1 %	<1 %	100 %	0,34
	12 mm	17		<1 %	<1 %	100 %	0,55
	24 mm	18		1 %	1 %	98 %	0,71
Neue Legierung 160 °C 6 h	6 mm	13		<1 %	<1 %	100 %	0,54
	12 mm	17		<1 %	<1 %	100 %	0,81
	24 mm	20		<1 %	20 %	80 %	0,67

Zugdehnung jedoch kein besonders guter Indikator für die Verformungsleistung [4] bei hoher plastischer Belastung. Die wahre Bruchdehnung ist ein nützlicherer Parameter, um die Reaktion auf plastische Verformung zu charakterisieren. Daher wurden an den gebrochenen Zugproben Messungen der wahren Bruchdehnung (Einschnürung)

durchgeführt, um das Verformungspotenzial von A356 mit dem der neuen Legierung zu vergleichen. A356 zeigte höhere Bruchdehnungswerte als die neue Legierung, was darauf hindeutet, dass sie eine bessere Duktilität aufweist. Nach der Finite-Elemente-Modellierung liegt jedoch die erwartete plastische Dehnung für Räder im Einsatz weit unter der Bruchdehnung jeder der Legierungen. Daher wird erwartet, dass beide Legierungen die OEM-Aufprallprüfungen bestehen.

**OEM-Prüfungen**

Die wärmebehandelten Felgen wurden nach den gültigen Spezifikationen bearbeitet und einem typischen Lackeinbrenn-Zyklus unterzogen: 15 Minuten bei 178 °C, gefolgt von 17,5 Minuten bei 165 °C und 20 Minuten bei 140 °C. Die OEM-Prüfungen



Bild 9: Proben-Entnahmestelle in den Felgen

[5] sind in drei spezifische Prüfungen unterteilt: 13°-Aufprallprüfung, 90°-Aufprallprüfung und Rotations-/Kurvenlauf-Ermüdungsprüfung.

Die 13°-Aufprallprüfung wird verwendet, um das Verhalten eines Kfz zu simulieren, das seitlich gegen eine Bordsteinkante rutscht. Der Aufprall erfolgt auf der „Stirnseite“ der Felge an der Verbindung der Spei-

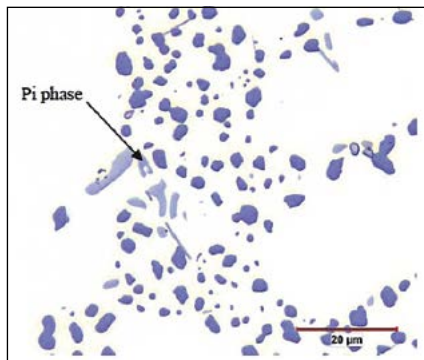


Bild 7: Mikrogefüge von 357 im 12 mm dicken Abschnitt

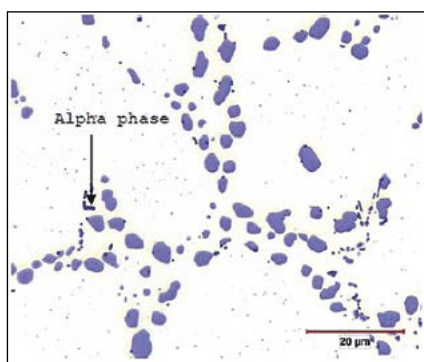


Bild 8: Mikrostruktur der neuen Legierung im 12 mm dicken Abschnitt



WIR HALTEN IHRE  
SCHÜTTGÜTER IN BEWEGUNG 23

**GESCHWEISSTE UND TIEFGEZOGENE  
ELEVATORBECHER**

Lieferbar in jeder Ausführung nach DIN, Muster oder Zeichnung, emailliert oder verzinkt

**FORMSANDBECHER**

Boden und Rückwand leicht gewölbt, alle Ecken stark gerundet, emailliert oder verzinkt

**PAUL HEDFELD GMBH**  
 D-58285 Gevelsberg · Hundeicker Str. 20  
 www.hedfeld.com · hedfeld@hedfeld.com  
 Telefon (0 23 32) 63 71 · Fax (0 23 32) 6 11 67



Tabelle 3: Eisenphasen-Anteile in den Felgen

Legierung	Bereich	Al, Si, Fe ( $\beta$ )	Al, Fe, Si, Mg ( $\pi$ )	Al, Fe, Si, Mn ( $\alpha$ )	Eisenphasengehalt in REM-Aufnahmen (%)
A356	Felgenbett	1 %	20 %	79 %	0,31
	Speiche	<1 %	0 %	99 %	0,15
	Nabe	<1 %	0 %	100 %	0,84
Neue Legierung	Felgenbett	0 %	0 %	100 %	0,41
	Speiche	0 %	0 %	100 %	0,52
	Nabe	0 %	0 %	100 %	0,56

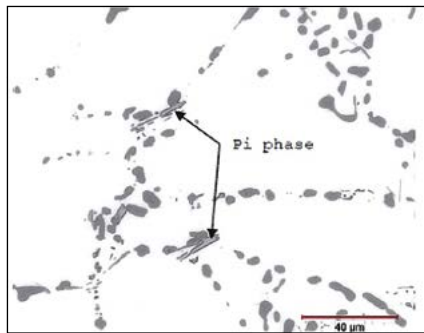


Bild 10: A356-Mikrogefüge im Felgenbettbereich

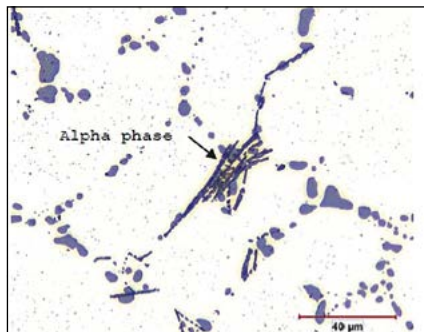


Bild 11: Mikrostruktur der neuen Legierung im Felgenbettbereich

chen mit dem Felgenbett. Es wurde ein Reifen montiert und mit 35 psi unter Druck gesetzt. Anschließend wurde eine 479 kg schwere Last aus verschiedenen Höhen fallen gelassen. Von jeder Legierung wurden fünf Räder geprüft, und beide Legierungen erfüllten erfolgreich die Kriterien beim Herabfallen aus 225 mm Höhe.

Die 90°-Aufprallprüfung wird verwendet, um einen Schlaglochaufprall zu simulieren. Es gibt keine Spezifikation für diese Prüfung an einer MC-Flansch-Felge, wie in der aktuellen Studie verwendet, aber die Prüfung ermöglicht einen Vergleich zwischen den beiden Legierungen. Der Aufprall erfolgt auf dem „innenliegenden“ Flanschbereich des Felgenbettes, wo reale Schlaglochschäden auftreten würden. Eine 175 kg schwere Last wurde aus verschiedenen Höhen fallen gelassen. Diese Prüfung gilt als nicht bestanden, wenn der Reifen in weniger als 30 Sekunden seinen Druck verliert. A356 überstand das Fallenlassen aus 800 mm, die neue Legierung überstand das Fallenlassen aus 900 mm.

Die Rotations-/Kurvenlauf-Ermüdungsprüfung wird durchgeführt, um das Drehen

Tabelle 4: Ergebnisse der Rotations-Ermüdungsprüfung

	Zyklen
A356	394.792
Neue Legierung	467.142

der Räder zu simulieren. Dazu sind keine Reifen auf der Felge montiert. Das angelegte Drehmoment betrug 2606 Nm. Die Kriterien für das Bestehen sind 100.000 Zyklen. Die Maschine erkennt automatisch einen Widerstandsabfall, wenn sich ein Riss bildet, und schaltet automatisch ab. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 4** dargestellt. Beide Legierungen haben die Kurvenlauf-Ermüdungsprüfung mit großem Abstand erfolgreich bestanden. Die neue Legierung übertraf A356 um 18 %.

### Schlussfolgerungen

Eine neue hochfeste Gießereilegierung wurde entwickelt, um der schädlichen  $\pi$ -Phase, die sich normalerweise in Al-Si-Mg-Legierungen mit hohem Magnesiumgehalt bildet, entgegenzuwirken. Die neue Legierung ist 10 bis 15 % fester als A357, abhängig von der Auswahl der Auslagerungsbehandlung, bei vergleichbarer Dehnung. Darüber hinaus wird die neue Legierung weniger durch Wanddickenschwankungen beeinflusst und behält gute Eisenphasen-Morphologien bei.

Industrielle Versuche bestätigten die Vorteile der stärkeren Legierung, um das Gewicht der Felge zu reduzieren. Ein aktuelles Felgendesign wurde unter Verwendung der neuen mechanischen Eigenschaften optimiert und das Felgengewicht erfolgreich um 7 % reduziert. Darüber hinaus bestand das optimierte Felgendesign die Aufprall- und Kurvenlauf-Ermüdungsprüfungen.

Die neue Legierung zeigte Potenzial für Felgenanwendungen; sie wäre aber auch für hochfeste Anwendungen verwendbar, bei denen derzeit standardmäßig A357 verwendet wird. Die neue Legierung kann eine höhere Festigkeit und eine ähnliche Duktilität wie A357 bieten.

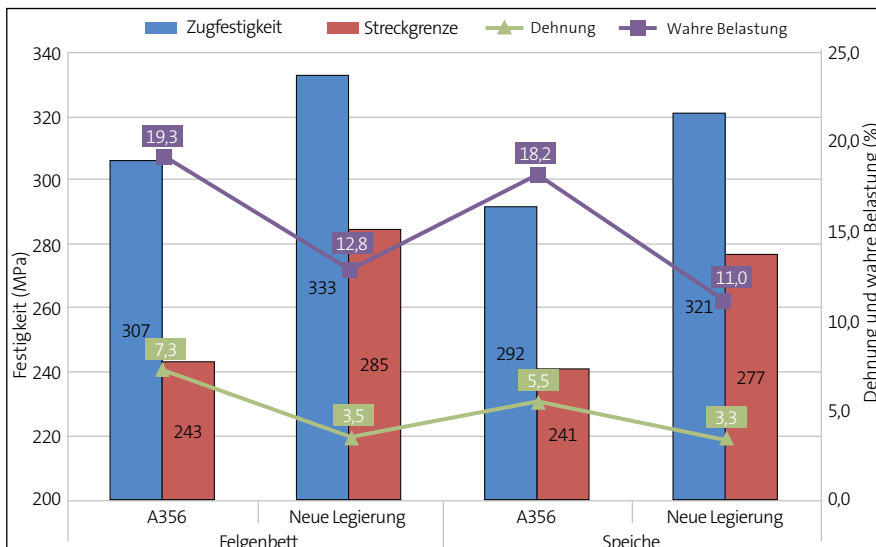


Bild 12: Mechanische Eigenschaften der Felgen



**Francis Breton**

Rio Tinto Arvida Research and Development Centre, Saguenay, Quebec, Canada

Nachdruck aus Trans. Amer. Foundrym. Soc. Paper 19-039, mit freundlicher Genehmigung der American Foundrymen's Society, Deutsche Bearbeitung von Andreas Nebl, Salzweg