

AMAG TopCast® Alloy Designer

Innovative Recycling-Gusslegierungen als Antwort auf künftige Bauteil-Anforderungen

Der ständig wachsende Innovationsdruck, ausgehend von der Automobilindustrie, bedeutet für Forschung und Entwicklung von Gusslegierungen eine besondere Herausforderung. Anspruchsvolle Werkstofflösungen für neue Produkte, aber auch die Überarbeitung bestehender Bauteile, rücken immer mehr in den Fokus der Zusammenarbeit zwischen der AMAG casting GmbH und ihren Partnern.

Auch der Druck nach verstärktem Einsatz von Recyclingaluminium und der damit verbundenen Erhöhung der Recyclingquote gewinnt zunehmend an Bedeutung. Denn rezykliertes Aluminium benötigt nur ca. 5 % der Energie, die für die Herstellung von Primäraluminium aus Tonerde benötigt wird. Im Zuge der aktuellen CO₂-Diskussion ist das ein wichtiges Argument für den Einsatz von Recyclingaluminium.

Gezielte technologische Optimierung der chemischen Zusammensetzung mit der Möglichkeit einer Simulation und Prognose von mechanischen Werten tritt verstärkt in den Vordergrund, um das kundenspezifische Anforderungsprofil möglichst exakt im Vorfeld bestimmen zu können.

Mit dieser Zielsetzung hat sich AMAG casting intensiv mit der Optimierung der am häufigsten eingesetzten Recyclinglegierung AlSi9Cu3Fe (EN-AC 460000) befasst, die als kostengünstiges Vormaterial sowohl im Druckguss als auch im Kokillenguss vielseitige Verwendung findet.

Da die Toleranz der Legierungselemente in der Norm weite Grenzen zulässt, schwanken die mechanischen und gießtechnologischen Eigenschaften in einem relativ breiten Feld.

In vielen Kundengesprächen wurde deutlich, dass dieser große Spielraum bei der chemischen Zusammensetzung trotz konstanter Gießparameter plötzlich Ausschuss

und Instabilitäten im Prozess verursachen kann, z. B. durch:

- schwankende mechanische Eigenschaften
- Auftreten von Lunkern und Poren (Röntgenausschuss)
- Gießfehler durch schlechtes Fließ- und Formfüllungsvermögen der Schmelze.

Andererseits verlangen die gestiegenen Anforderungen an Gussteile hinsichtlich Festigkeit, Duktilität, Warmfestigkeit u.a. immer häufiger maßgeschneiderte Legierungen je nach Anwendungsgebiet.

Da darüber in der Fachliteratur bisher nicht berichtet wurde, hat AMAG casting die Charakterisierung und Optimierung der Legierung AlSi9Cu3Fe gestartet und Ergebnisse wiederholt publiziert [1-4].

Der Einfluss der Hauptlegierungselemente auf die mechanischen Eigenschaften wurde nach einem systematischen Versuchsplan ermittelt. Zur Ermittlung der gießtechnologischen Eigenschaften wurden technologische Proben abgegossen und entsprechend ausgewertet.

Aus den statistischen Auswertungen des umfangreichen Datenmaterials erfolgte mittels Regressionsanalyse die Ableitung eines Rechenmodells zur Vorhersage der mechanischen und gießtechnologischen Eigenschaften.

Dies wurde in einer eigenen Software-Applikation, dem „AMAG TopCast® Alloy Designer“, implementiert. Damit steht jetzt ein Tool zur Verfügung, welches es ermöglicht, für unsere Kunden die anwendungsspezifisch optimale Legierungszusammensetzung innerhalb der Norm der Legierung AlSi9Cu3Fe (EN-AC 46200) zu ermitteln.

Zur Güte und Genauigkeit des entwickelten Modells wird auf Abbildung 1 verwiesen. Die Gegenüberstellung von Messwerten und Rechenwerten für die Streckgrenze und die entsprechende Korrelation sprechen für die Güte des Modells und die erreichte hohe Reproduzierbarkeit.

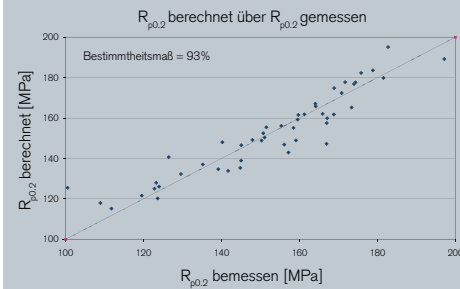


Abb. 1: Rechenmodell zur Streckgrenze, Vergleich von gemessenen Werten und zugehörigen Prognosewerten

Eingabe der Analyse	Vergleichsleg. ¹⁾ AMAG A	Neue Legierung ¹⁾ AMAG B
Si	11.00	11.00
Cu	3.50	2.25
Mn	0.55	0.30
Mg	0.50	0.10
Fe	1.20	0.40
Zn	0.30	0.50

¹⁾ rot: außerhalb der Grenzen EN AB-46000 (GD Variante)

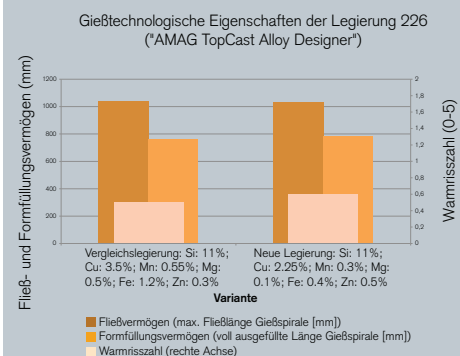
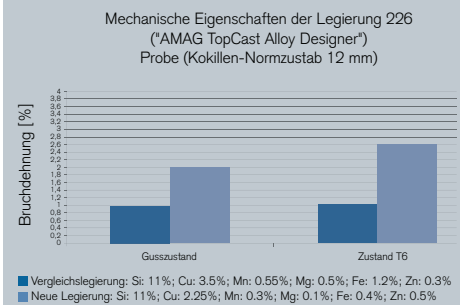
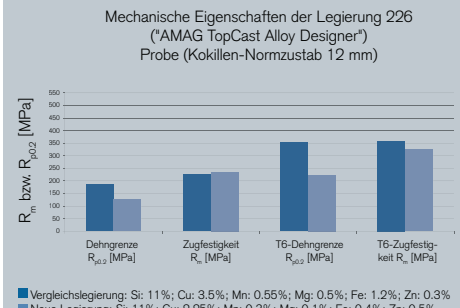


Abb. 2: AMAG-TCAD-Auswertungen

Durch die laufende Erweiterung und Optimierung der AMAG-TCAD-Software zeichnet sich die aktuelle Version durch folgende Besonderheiten aus:

- Aussagen zum qualitativen und quantitativen Einfluss der Legierungselemente Si, Cu, Fe, Mn, Mg, Zn
- Einbeziehung signifikanter Wechselwirkungen der Legierungselemente untereinander (wenn diese einer metallkundlichen Interpretation standhalten)
- Vorhersage des Einflusses einer optimierten T6-Wärmebehandlung
- Vorhersage des Fließ- und Formfüllungsvermögens
- Prognose der Legierungsneigung zur Makro- und Mikrolunkerung sowie Einfallstellenbildung
- Vorhersage des Speisungsverhaltens
- Berechnung der mechanischen Eigenschaften in realen Gussteilen abhängig von der lokalen Erstarrungsgeschwindigkeit.

Abbildung 2 zeigt einige Elemente aus der aktuellen Bedieneroberfläche des „AMAG TopCast® Alloy Designer“, wie sie für die gezielte Kundenberatung eingesetzt wird. Berechnet werden die mechanischen und gießtechnologischen Werte für 2 unterschiedliche (frei wählbare) Analysen (AMAG A und AMAG B). Die angegebenen mechanischen Kennwerte gelten für das „defektfreie“ Gefüge eines 12 mm-Normzugstabes (ohne Kornfeinungs- und Veredlungszusätze).

Den Formgießer interessieren aber besonders die an unterschiedlichen Positionen im Gussteil selbst erreichbaren mechanischen Eigenschaften, z. B. an kritischen Querschnitten. Dazu wurde in das Modell der Einfluss der lokalen Erstarrungsgeschwindigkeit integriert. Eine schnelle Erstarrung führt zu einem feinen Gussgefüge, verbunden mit einer Erhöhung von Bruchdehnung und Zugfestigung bei gleichzeitig geringer Steigerung der Streckgrenze (Hall-Petch-Beziehung). Die

lokale Erstarrungsgeschwindigkeit kann aus der gießtechnologischen Erstarrungssimulation ermittelt werden, oder indirekt durch Auswertung eines Schlibbildes. An realen Gussteilen bestimmt man im Gefüge dazu die Zellgröße (ZG). Im Gussteil wird aus der fraglichen Stelle eine Schlibprobe entnommen und daran die ZG ermittelt. Mit Hilfe des AMAG TCAD lassen sich die mechanischen Eigenschaften für diese Position dann vorhersagen.

Zur Verifizierung der AMAG-TCAD-Vorhersagewerte für mechanische Eigenschaften wurden unterschiedliche repräsentative Druckgussteile analysiert. Dabei wurden bewusst Zugproben aus unterschiedlichen Wanddicken beprobt. An den gerissenen Proben wurde die ZG am Schlibbild vermessen. Neben der ZG wurde der Term „1/Wurzel aus Zellgröße“ berechnet, der sich aus der Hall-Petch-Beziehung als Einflussgröße auf die mechanischen Eigenschaften ergibt. Wie das Beispiel in Abbildung 3 zeigt, stimmen die Vorhersagewerte des Modells mit real ermittelten Bauteileigenschaften auch für Druckgussteile im Bereich kleiner Wanddicken sehr gut überein.

Kundennutzen

Mit der Entwicklung der vorgestellten neuen Software, dem AMAG TopCast® Alloy Designer, hat AMAG casting einen wichtigen Schritt getan, um als kompetenter Partner unsere Kunden in der Werkstoffwahl zu beraten.

Insgesamt ergeben sich durch den AMAG-TCAD für einen praktischen Einsatz bei unseren Kunden folgende Möglichkeiten:

- 1. Neues Gussteil:** Bei Kenntnis der lokalen Erstarrungszeit (bekannt aus der gießtechnologischen Erstarrungssimulation) erfolgt, abhängig von den geforderten mechanischen Eigenschaften, eine gezielte Legierungsauswahl.

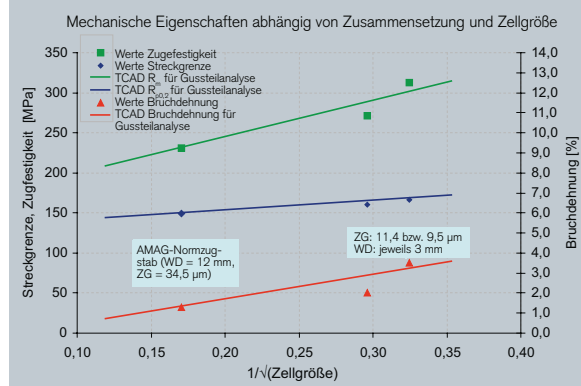


Abb. 3: Mechanische Eigenschaften Druckgussteil PKW – Ölwanne

2. In Serie produziertes Gussteil: Optimierung der Legierungszusammensetzung mit dem Ziel der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften. Reduktion von Gießausschuss durch Verbesserung der gießtechnologischen Eigenschaften (z. B. Fließvermögen, Lunkerverhalten ...)

3. Qualitätskontrolle der Eigenschaften an kritischen Gusspositionen: Die AMAG-TCAD-Werte gelten für defektfreie Gussteile (unveredelt, nicht wärmebehandelt). Liegen die real gemessenen Werte von Bruchdehnung und Zugfestigkeit unterhalb der Vorhersagewerte, so sind mehr oder weniger ausgeprägte Defekte an den jeweiligen Probenpositionen im Realteil zu erwarten (Poren, Einschlüsse, Oxide ...). Dieses „technologische Benchmarking“ zeigt direkt an, welches Optimierungspotenzial bei Schmelzequalität und/oder Dimensionierung von Gieß- und Speisersystem vorliegt. ■

Literaturverzeichnis

[1] H. Suppan, J. Knaack, H. Böttcher, P. Pucher, H. Antrekowitsch, P.J. Uggowitzer: „Einfluss der chemischen Zusammensetzung der Gusslegierung AlSi9Cu3 auf die mechanischen und gießtechnologischen Eigenschaften“; Deutscher Gießereitag 2009 Berlin
 [2] P. Pucher, H. Antrekowitsch, H. Böttcher, H. Kaufmann, P.J. Uggowitzer: „Einfluss der Legierungszusammensetzung auf die mechanischen Eigenschaften und das Fließvermögen der Sekundärlegierung A226 (AlSi9Cu3) im wärmebehandelten Zustand“; Giessereipraxis 3(2009), S. 71-78
 [3] P. Pucher, H. Antrekowitsch, H. Böttcher, H. Kaufmann, P.J. Uggowitzer: „Einfluss der Legierungszusammensetzung auf die mechanischen Eigenschaften der Sekundärlegierung A226 (AlSi9Cu3) im wärmebehandelten Zustand“; Giessereipraxis 11(2009), S. 354-358
 [4] H. Kaufmann: „Anwendungsorientierte Legierungsadaption für wärmebehandelte Recyclinglegierungen vom Typ AlSi9Cu3“; Deutscher Gießereitag 2010 Dresden

