

Werkstoffentwicklung

Wettbewerbsvorteile durch die Optimierung von Werkstoffen und Verarbeitungsprozessen

von Uwe Diekmann, Kamen

Überlegene Produkte erfordern optimierte und angepasste Werkstoffe. Für die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Werkstoffe ist die gesamte Prozesskette von der Schmelze über die Umformung bis zur Wärmebehandlung zu betrachten. In der Steuerung der Evolution der Werkstoffeigenschaften über die Herstellprozesskette liegt der Schlüssel zum Erfolg. Die Metatech GmbH in Kamen/NRW ist ein führender Hersteller und Distributor von Simulationssystemen für diese Aufgabenstellung. Das Kundenspektrum reicht von Aluminium-Herstellern, Gießereien bis hin zu Anwendern in der Automobilindustrie mit Schwerpunkt in Deutschland, Österreich, Schweiz.

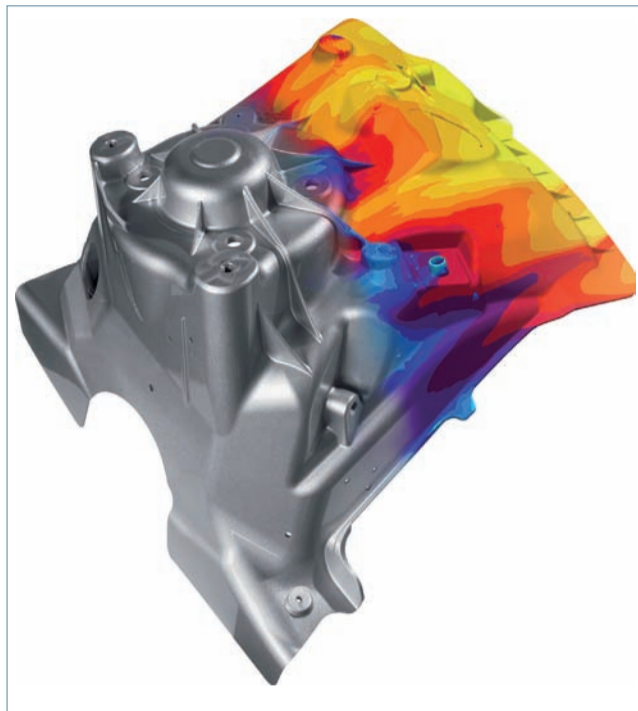


Abb. 1: Federbeinstütze / Simulation

Die Eigenschaften von Aluminiumlegierungen lassen sich in weiten Bereichen beeinflussen. Dabei sind die legierungstechnischen Möglichkeiten vielfältiger, als bei den meisten anderen metal-

lischen Werkstoffen. Der Grund hierfür liegt in der Vielzahl der möglichen Legierungselemente, die mit dem Aluminium

unterschiedliche Phasen bilden können. Für die Optimierung von Legierungen ist die genaue Kenntnis entscheidend, welche Phasen sich bei welcher Temperatur ausbilden können, da diese Phasen wiederum die Eigenschaften wesentlich beeinflussen.

Die Beherrschung dieser Vielfalt ist rein experimentell und auch mit Expertenwissen nicht möglich, so dass für zielgerichtete Variationen und Neuentwicklungen moderne Simulationsmethoden unverzichtbar sind. So können mit der sogenannten CalPhaD-Methode die stabilen und metastabilen Phasengleichgewichte auch von komplexen Legierungen mit mehr als 10 Legierungselementen berechnet werden. Bild 1 zeigt ein Produkt der GF Automotive, das mit Hilfe hochentwickelter Simulationswerkzeuge optimiert worden ist.

Metatech bietet mit den Systemen JMatPro und MatPlus JM praxistaugliche Werkzeuge an, mit denen die vielfältigen Möglichkeiten moderner Aluminium-Legierungen schneller erschlossen werden können.

Berechnung von Phasengleichgewichten

Folgende praktische Fragestellungen können mit der Berechnung von Phasengleichgewichten beantwortet werden:

- Welche Phasen sind bei welcher Temperatur stabil?
- Wie sind die einzelnen Phasen zusammengesetzt?
- In welchen Phasen sind wie viele Legierungselemente gelöst?

Hervorzuheben ist, dass diese Fragen heute in der industriellen Praxis durch die Verwendung einer ausgereiften und benutzerfreundlichen Software (JMatPro) beantwortet werden können – ohne das hierfür spezifische Ressourcen/Stabsstellen geschaffen werden müssen. So können beispielsweise optimale Temperaturen für das Lösungsglühen einer T6 Wärmebehandlung analysengenaue bestimmt werden.

Grundlage der Berechnung in JMatPro ist die Verwendung der etablierten CalPhaD Methode zur Ermittlung von Phasengleichgewichten [1]. Bei der Entwicklung von JMatPro wurde von vornherein auf einfachste Bedienbarkeit sowie den Einsatz von schnellen und robusten Algorithmen geachtet. Als thermodynamische Datenbanken kommen die etablierten CalPhaD Datenbanken der Fa. Thermotech zum Einsatz, die im wissenschaftlichen Umfeld fest etabliert sind.

Bild 2 zeigt beispielhaft die Löslichkeit der Legierungselemente in einer AlSi10MnMg-Druckgusslegierung als Funktion der Temperatur.

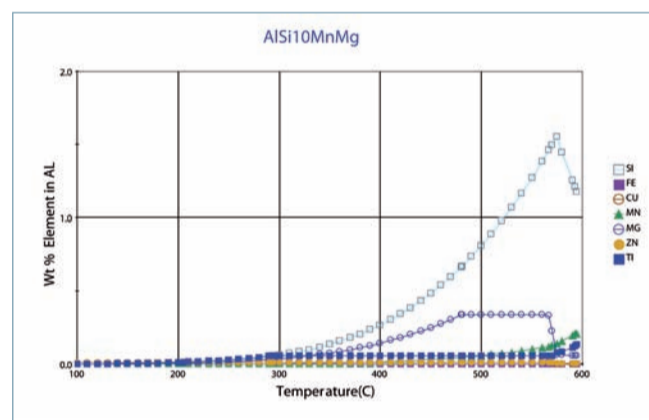


Abb. 2: Löslichkeit der Legierungselemente in einer AlSi10MnMg-Druckgusslegierung

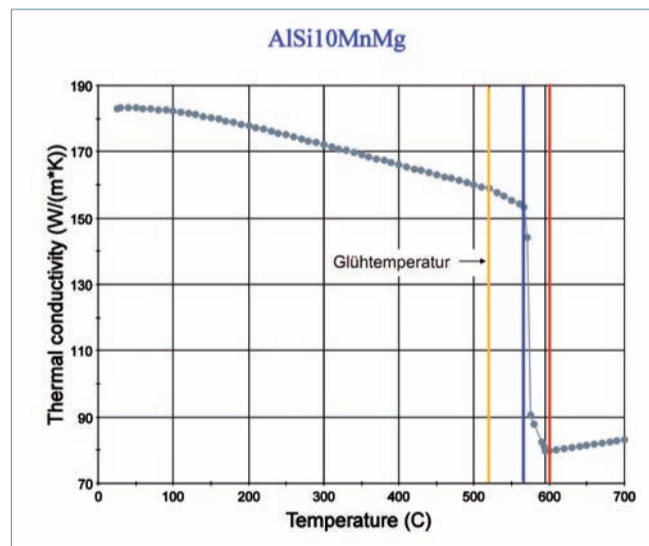


Abb. 3: Wärmeleitfähigkeit einer lösungsgelöhten AlSi10MnMg-Legierung

Eliminieren Sie Längen- und Geschwindigkeitsmessfehler

NDC
TECHNOLOGIES

LaserSpeed
BETA LaserMicro

Berührungslose Messung

- ▶ Höchste Messgenauigkeit ($\pm 0,05\%$)
- ▶ Automatische Vorwärts- und Rückwärtsmessung mit Stillstandserkennung
- ▶ wartungsfrei, ab Werk kalibriert
- ▶ Produktunabhängig (heiss, kalt) – Profile, Brammen, Rohre, Warmband, Kaltband
- ▶ Perfekt für Stranggussanlagen und Walzwerke
- ▶ Schnelle Amortisierung



www.laserspeed.eu/AP2 Melden Sie sich noch heute! +49 231 758 930
Measured by Commitment

Berechnung von Werkstoffdaten

Für die Auslegung von Produkten und Prozessen mit FEM-Methoden sind physikalisch konsistente und temperaturabhängige Werkstoffeigenschaften unverzichtbar, wie z.B. Wärmeleitfähigkeit, E-Modul, und Ausdehnungskoeffizienten. Darüber hinaus werden Daten zu Phasenumwandlungen sowie Fließkurven benötigt.

Konsistente Daten sind jedoch allgemein schwer verfügbar, da eine experimentelle Ermittlung wegen der erforderlichen statistischen Absicherung sehr zeit- und kostenintensiv ist. Dazu kommt, dass bereits ein Werkstoff (eine Werkstoffbezeichnung) in Abhängigkeit von der Spannweite der chemischen Zusammensetzung und der Vorgeschichte der Herstellung deutlich schwankende Eigenschaften haben kann.

Die erforderlichen Daten für unterschiedliche Legierungsvarianten können mit JMatPro in kurzer Zeit analysengenaue berechnet werden. Ergebnis der CalPhaD Berechnung sind die Anteile der verschiedenen Phasen und deren Zusammensetzung als Funktion der Temperatur im Gleichgewicht. Diese Information ist Grundlage für die Berechnung der Gleichgewichtseigenschaften. Für jede Phase sind Eigenschaften als Funktion von Temperatur und Zusammensetzung in der zugrundeliegenden Datenbank vorhanden, so dass die Werkstoffeigenschaften durch Anwendung von Mischungsregeln ermittelt werden können.

Diese Daten können dann direkt an die CAE-Zielsysteme exportiert werden, z.B. an Magmasoft für die Erstarrungssimulation oder Ansys für allgemeine Berechnungen. Bild 3 zeigt beispielhaft die Wärmeleitfähigkeit einer lösungsgelöhten AlSi10MnMg-Legierung als Funktion der Temperatur.

Kinetik und Wärmebehandlung

Moderne Aluminiumlegierungen erhalten durch Ausscheidungshärtung ihre hohe Festigkeit. Aus einem Lösungszustand scheiden sich bei der Auslagerung fein disperse Partikel aus. Die Evolution der

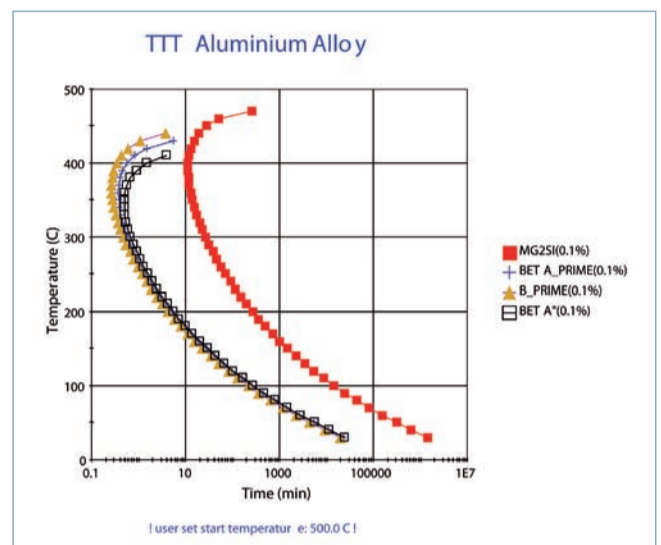


Abb. 4: Ausscheidungsdiagramm einer AlSi10MnMg-Legierung

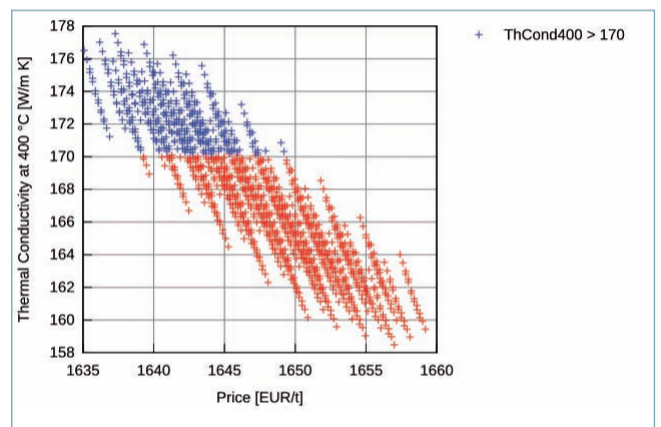


Abb. 5: Graphisches Auflösen von Zielkonflikten am Beispiel Wärmeleitfähigkeit-Preis in MatPlus

Ausscheidungsphasen hängt vom Legierungssystem, der Lösungsglüh- und Abschreckbehandlung sowie von der Auslagerungstemperatur ab.

Demzufolge ist die Bestimmung der Ausscheidungskinetik für die Optimierung der Werkstoffeigenschaften erforderlich. JMatPro berechnet kontinuierliche und isotherme Ausscheidungsdiagramme unter Verwendung eines modifizierten Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorow (JMAK) Ansatzes. Bild 4 zeigt ein berechnetes Ausscheidungsdiagramm für eine AlSi10MnMg-Legierung nach Lösungsglühen bei 500 °C.

Für die T5 und T6 Wärmebehandlungen berechnet JMatPro darüber hinaus die Peak-Festigkeiten als Funktion der Auslagerungstemperatur und die Hochtemperaturfestigkeit als Funktion der Temperatur und Belastungsgeschwindigkeit. Diese Informationen sind für die Auslegung von Umformprozessen von Bedeutung.

Legierungsoptimierung mit MatPlus

Welche Auswirkungen haben Analysenschwankungen auf Produkte und Prozesse?

Eine Werkstoffbezeichnung beschreibt keine exakte chemische Analyse – für jedes chemische Element gibt es mehr oder weniger große zulässige Bereiche.

Mit dem neuen MatPlus besteht erstmals die Möglichkeit, systematisch ein breites Spektrum an chemischen Analysen zu untersuchen und somit Optima in einem größeren Lösungsraum zu identifizieren.

So können beispielsweise die thermo-physikalischen Eigenschaften von 1000+ Varianten berechnet und graphisch ausgewertet werden.

Bild 5 zeigt beispielhaft eine Auswertung über 1152 Varianten einer AlSi10MnMg, bei der die Wärmeleitfähigkeit der Legierungen bei 400 °C über einen Preisindex für die Legierung aufgetragen wurde. In dieser Ansicht wurden die Werkstoffe mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit (>170 W/mK) ausgewählt. Durch Verknüpfung mit weiteren Selektionskriterien ist dann die Bestimmung einer optimalen Analyse möglich.

Zusammenfassung

Mit JMatPro und Mat Plus bietet die Metatech GmbH Herstellern und Anwendern von Aluminium-Legierungen hochentwickelte Software-Werkzeuge für die Optimierung von Produkten und Prozessen. JMatPro erzeugt dabei analysengenaue und konsistente Werkstoffdaten, die für FEM-Simulationen benötigt werden. MatPlus ermöglicht die systematische Optimierung von Legierungen innerhalb der zulässigen Analysebereiche.

www.metatech.pro

Literatur:

- [1] N. Saunders, A.P. Miodownik, CALPHAD – Calculation of Phase Diagrams, Pergamon Materials Series vol.1, ed. R.W. Cahn (1998), Oxford: Elsevier Science.