

Erweiterter Wandsiedeansatz zur Abbildung des Leidenfrost-Effektes an Gussoberflächen

CFD für den Stranggussprozess

Aluminium (Al), das dritthäufigste Element in der Erdkruste, ist durch seine hervorragende Rezyklierbarkeit eine unverzichtbare Ressource für die produzierende Industrie, speziell im Leichtbau. In einer Kooperation zwischen dem CFD-Expertenteam vom LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen und dem Unternehmen ISimQ wurde der Kühlmechanismus eines Al-Stranggussprozesses aus simulativer Perspektive beleuchtet.

Aluminium verfügt aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften, kombiniert mit geringer Dichte, über ein enormes Leichtbau-Potential. Damit jedoch Aluminiumlegierungen auch in der Mobilität der Zukunft eine tragende und nachhaltige Rolle spielen, muss das konventionelle Legierungsportfolio ständig erweitert und den steigenden Anforderungen angepasst werden.

Simulation und experimentelle Validierung

Daraus ergeben sich kontinuierlich neue Herausforderungen bei der Prozessführung zur Herstellung von Al-Legierungen. Die LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Tochtergesellschaft des Austrian Institute of Technology, als größte außeruniversitäre Forschungseinrichtung in Österreich beschäftigt sich mit den Themen Legierungsentwicklung, Prozesstechnik, Umformtechnik und Fügechnik im Leichtmetallbereich. Die Betrachtung dieser Themen erfolgt am LKR seit Anbeginn mit Hilfe von aktuellster Simulationstechnologie, kombiniert mit experimenteller Vali-

dierung in eigenen Labors. ISimQ ist ein innovativer und erfahrener Consultingpartner für den CFD-Bereich (Computational Fluid Dynamics) mit Standorten in Deutschland und Kanada. Der Stranggussprozess (Bild 1) stellt den Ausgangspunkt in der Fertigung von Halbzeugen zur Herstellung von Walz- und Extrusionsprodukten wie Bleche und Crashprofile dar.

Im Wesentlichen wird dabei Metallschmelze in eine Kokille abgegossen und kontrolliert zur Erstarrung gebracht (Bild 2). Essentielles Know-how dieses Prozesses liegt in der Prozessführung und Kühlstrategie, die maßgeblich für die transiente Temperaturverteilung im Barren verantwortlich ist. Die sich einstellende Temperaturverteilung stellt die Randbedingung für die Ausbildung des Materialgefüges dar und trägt damit erheblich zur Gussqualität bei. Moderne Legierungen neigen durch ihre spezifische Erstarrungscharakteristik zu Phänomenen wie Kalt- und Erstarrungsrissen. Diese stellen einen Qualitätsmangel oder gar Ausschussgrund dar.

Aktuelle Software-Werkzeuge, die speziell für den Stranggussprozess konzipiert sind, abstrahieren zumeist die strömungs-

technischen Phänomene der sekundären Wasserkuhlung durch einen transienten Wärmeübergangskoeffizienten an der Gussoberfläche. Der entscheidende Nachteil bei derartigen Methoden ist, dass jede Parametervariation an der Kühlung – zum Beispiel Wasserdurchsatz oder Auftreffwinkel – einer Versuchsdatenerhebung zur Ermittlung der Wärmeübergangskoeffizienten bedarf.

Sensitivität der Kühlparameter analysieren

Aus diesem Grund wird vom LKR mit Unterstützung von ISimQ sukzessive ein CFD-Modell entwickelt, mit dessen Hilfe die transiente Temperaturverteilung im Stranggussbarren physikalisch basierend abgebildet werden kann. Auf Basis dieses Modells soll zukünftig die Sensitivität der Kühlparameter numerisch untersucht werden. Aus vorangegangenen experimentellen Studien zeigte sich, dass sich durch das sekundäre Wasserkühlsystem zwei wesentliche Abkühlcharakteristika einstellen (Bild 3).

Von besonderer Bedeutung ist die Abkühlcharakteristik 1. Das zugrundeliegende

Bild 1: Horizontale Stranggussanlage mit sekundärer Wasserkuhlung.



Bild: LKR

Bilder: shutterstock.com/MuJerc, AIT Austrian Institute of Technology

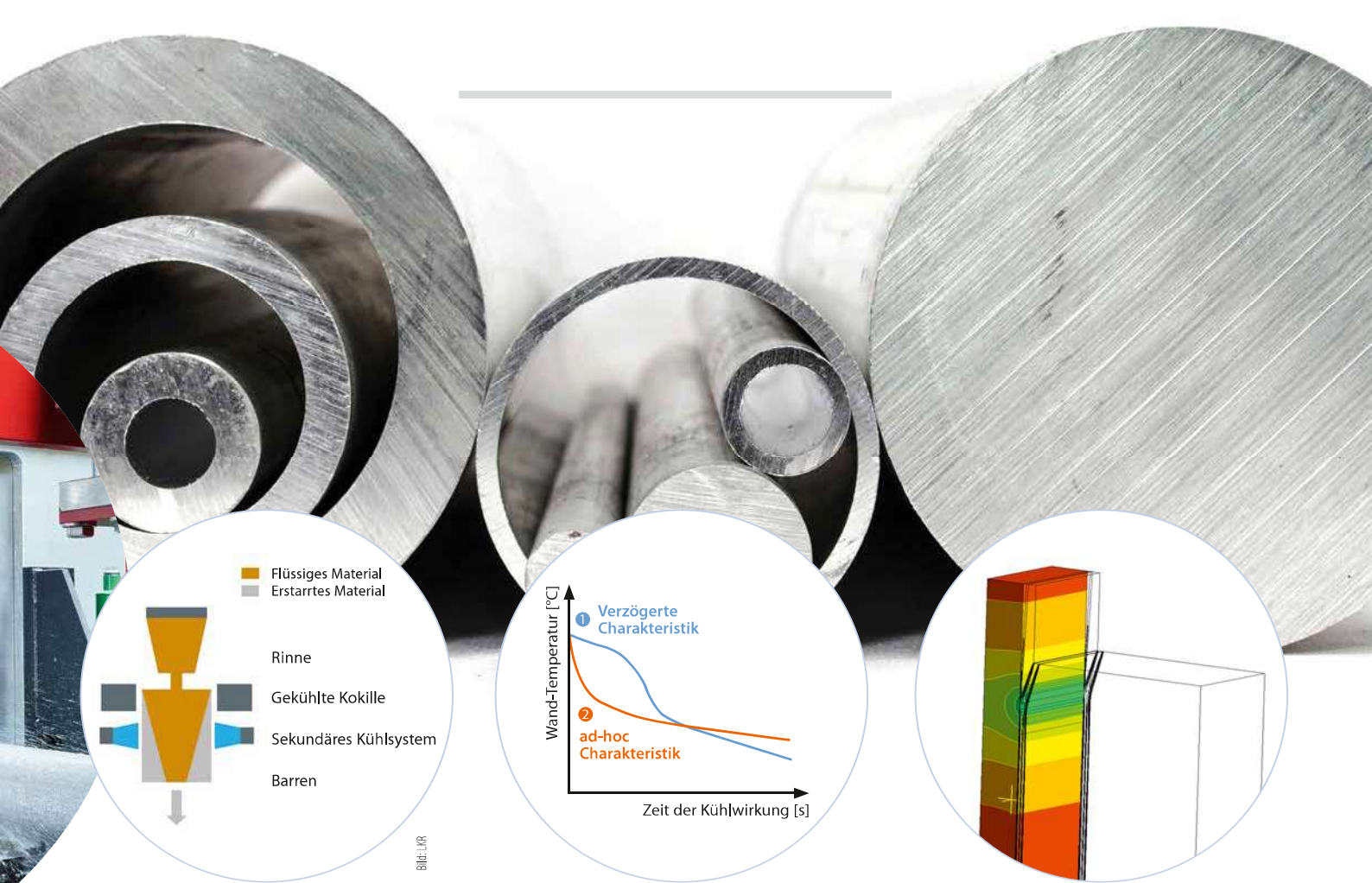


Bild 2: Schematische Darstellung eines vertikalen Stranggussprozesses mit sekundärer Wasserkühlung.

Bild 3: Schematische Darstellung experimenteller Abkühlcharakteristika eines Barrens von Thermoelementen unmittelbar unter der Oberfläche.

Bild 4: Simulationsmodell zur Methodenentwicklung des Wandsiedemodells.

Phänomen hierfür wird als Leidenfrost-Effekt beschrieben. Dabei liegt die Wandtemperatur signifikant über der Phasenübergangstemperatur des Kühlmediums. Dadurch bildet sich an der Oberfläche eine Dampfschicht, durch die der Wärmestrom aus dem Festkörper erheblich geringer ausfällt, als bei direktem Kontakt mit dem Kühlmedium. Dieses Phänomen stellt eine große Herausforderung in der CFD-Simulation dar.

Bei der sekundären Wasserkühlung handelt es sich um eine turbulente, zweiphasige Strömung, wobei die gasförmige Phase aus den Komponenten Wasserdampf und Umgebungsluft besteht. Aus Modellierungs- und Softwaregründen wurde die Zweiphasen-Zweikomponenten-Strömung im Rahmen der Modellentwicklung jedoch nicht als zwei- sondern als dreiphasig mit den „Phasen“ Wasser, Wasserdampf und Luft mit Hilfe eines heterogenen Mehrphasenmodells berechnet. Die Temperatur im Aluminiumblock wird im entwickelten Modell simultan mit der Strömung durch ein CHT-Modell (Conjugate Heat Transfer) mitberechnet.

Von besonderer Bedeutung für die Modellierung des Abkühlvorgangs sind die Wechselwirkungsmodelle in den Massenerhaltungsgleichungen. Um diese adäquat zu beschreiben, wurde vom LKR und ISimQ ein Modell von Chen (1966) auf die vorliegende Dreiphasenströmung erweitert. Der Ansatz berechnet den Massentransfer durch Verdampfung oder Kondensation. In der Nähe von Wänden erfolgt im Integrationsgebiet jeweils eine Verstärkung durch ein Wandsiede- beziehungsweise Wandkondensationsmodell. Diese Modelle dienen dazu, Phasenübergänge in den dünnen, durch das Rechenetz nicht vollständig aufgelösten Bereichen in Wandnähe empirisch zu erfassen.

Recheneffizienz soll weiter verbessert werden

Zur Lösung des mathematischen Modells wurde das gekoppelte, algebraische Mehrgitterverfahren von ANSYS CFX benutzt. Bild 4 zeigt ein typisches Simulationsmodell mit einem Zwischenstatus der Temperaturverteilung. Das von LKR und ISimQ entwickelte Modell inklusive dem Berech-

nungsverfahren dieser Studie bildet die Trends und deren Zeitverlauf richtig ab. Es verfügt über das Potential, künftig industrielle Problemstellungen zu behandeln. Zukünftige Schritte zielen darauf ab, das Modell, bei gleicher Genauigkeit, in der Recheneffizienz zu verbessern, beispielsweise durch Übergang von einem Dreiphasen- auf ein modifiziertes Zweiphasenmodell.



InfoAutoren

Dipl.-Ing. Christian Mühlstätter
AIT Austrian Institute of Technology
LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH
christian.muehlstaetter@ait.ac.at
www.lkr.at

Dr.-Ing. Georg Scheuerer
ISimQ GmbH
georg.scheuerer@isimq.com
www.isimq.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM

M.Sc. Johannes Raitmair
Tel +43 (0) 512-31 90 56-20
johannes.raitmair@cadfem.at
www.cadfem.at