



Messtechnik in der Magnetohydrodynamik

Jürgen Czarske, TU Dresden,
Sven Eckert, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Liebe Leserinnen, liebe Leser von tm,

die Magnetohydrodynamik (MHD) beschreibt das Verhalten von elektrisch leitenden Fluiden, die mit magnetischen und elektrischen Feldern wechselwirken. Eine große technische Bedeutung weist die magnetische Strömungsbeeinflussung von flüssigen Metallen und Halbleitern auf. Mit geeignet ausgelegten magnetischen Feldern kann einerseits die Turbulenz gedämpft werden, womit beim Stranggießen von Stahl eine Verbesserung der Materialgüte erreicht werden kann. Andererseits können magnetische Felder für das berührungslose Rühren von Metall- und Halbleiterschmelzen genutzt werden. Dabei wird z. B. die flüssige Phase vor der Erstarrungsfront homogenisiert, um verbesserte mechanische Eigenschaften von Gussteilen zu erreichen oder eine hochwertige Qualität gezogener Kristalle zu gewährleisten.

In diesem Themenheft möchten wir hochaktuelle messtechnische Verfahren für ausgewählte Bereiche der MHD vorstellen. Grundsätzlich werden Prozessmesstechniken sowohl für die Überwachung von Stoffströmen als auch für die Untersuchung der Grundlagen der MHD benötigt. In beiden Fällen beschränken wir uns in diesem Themenheft auf nicht invasive Messtechniken, womit Fluidströmungen störungsfrei erfasst werden können.

Die ersten drei Beiträge gehen auf die Messung des Durchflusses ein. Diese Messaufgabe ist in vielen Industriezweigen, wie bei der chemischen Verfahrenstechnik von Säuren, Laugen, Salz- und Glasschmelzen, Halbleiterschmelzen und flüssigen Metallen von großer Bedeutung. Für die Überwachung und Regelung dieser Prozesse ist die Durchflussmessung essentiell. Beispielsweise können Aluminiumlegierungen unter Einbezug von Durchflussmessungen in Gussprozessen präzise dosiert werden, wodurch u. a. Energie eingespart wird. Die Messaufgabe ist aber sehr komplex: metallische Schmelzen weisen eine hohe chemische Aggressivität und

ein komplexes Benetzungsverhalten auf. Hierzu stehen kommerziell kaum Messtechniken zur Verfügung. Die Forschung, Entwicklung und Anwendung von kontaktlosen Durchflussmesstechniken wird in dieser Ausgabe näher dargelegt.

Im Beitrag „Kontaktlose Durchflussmessung in Metallschmelzen“ werden von Dominique Buchenau et al. induktive Verfahren vorgestellt, die u. a. mittels eines Aufbaus aus Mess- und Empfangsspulen die Phasenverschiebung eines hochfrequenten Magnetfeldes auswerten, um Durchflussmessungen bis zu Fluidtemperaturen von 800 °C vorzunehmen. Im vorliegenden Artikel wird das Verfahren an Natrium- und Bleischmelzen demonstriert.

Rico Klein et al. stellen in „Lorentz-Kraft-Anemometrie für die berührungslose Durchflussmessung von Metallschmelzen“ ein Messprinzip dar, welches auf der Kraftwirkung basiert, die ein felderzeugendes Magnetsystem durch eine elektrisch leitfähige, strömende Flüssigkeit erfährt. Dieses Verfahren ist wie die im ersten Beitrag vorgestellte Messtechnik für die kontaktlose Erfassung, Regelung und Dosierung von Metallschmelzen von großer Bedeutung.

„Lorentz-Kraft-Anemometrie für die berührungslose Durchflussmessung von Elektrolyten“, ein Beitrag von André Wegfraß et al., beschreibt eine Variante der Lorentz-Kraft-Anemometrie, die auch für Stoffe mit schwacher elektrischer Leitfähigkeit angewendet werden kann. Ein interferometrisches Messverfahren stellt die Grundlage für die Erfassung kleiner Kräfte dar.

Die nachfolgenden drei Beiträge gehen auf die Untersuchung komplexer Strömungszustände mittels hochaufgelöster Geschwindigkeitsmessungen näher ein. Beim Stranggießen von Stahl und bei der Kristallzüchtung von Halbleitern ist die Kenntnis der Strömung unerlässlich, um die industriellen Prozesse verbessern zu können. Es wurden verschiedene Messtechniken entwickelt, die primär nicht in Konkurrenz zueinander stehen, sondern

sich für verschiedene Anwendungsgesichtspunkte ergänzen.

Frank Stefani et al. berichten in „Grundlagen und Anwendungen der kontaktlosen induktiven Strömungstomographie“ über ein neuartiges, völlig berührungsloses Messverfahren, das auf der Induktion elektrischer Ströme in bewegten, elektrisch leitfähigen Fluiden unter dem Einfluss schwacher magnetischer Messfelder beruht. Die Messung des durch die Strömung verzerrten Magnetfeldes außerhalb des Flüssigmetalls, mittels Hall- und Fluxgate-Sensoren, ermöglicht über die Lösung des inversen Problems die weitgehende Rekonstruktion des Strömungsfeldes. Das neue Verfahren wurde für die Erfassung der Strömungsstruktur beim Stahlstranggussverfahren erfolgreich eingesetzt.

Die Ultraschall-Messtechnik erlaubt hohe örtliche und zeitliche Auflösungen von Fluidströmungen, benötigt aber eine Kopplung zwischen Sensor und Fluid. Sven Eckert et al. beschreiben in „Messung von Geschwindigkeitsfeldern in Flüssigmetallen mit der Ultraschall-Doppler-Methode“ wie zeitliche und örtliche Muster in Flüssigmetallen gemessen und für die Optimierung von Magnetfeldern in MHD-Prozessen genutzt werden können. Für heiße Fluide, wie flüssiges Aluminium oder Bronze, wurden zur Kopplung zwischen dem Medium und dem Wandler akustische Wellenleiter genutzt.

Markus Burger et al. stellen mit dem Beitrag „Modulares Ultraschall-Array-Doppler-Velozimeter zur Messung von komplexen Strömungen in Flüssigmetallen“ ein neuartiges Messsystem für MHD-Strömungen bei

Raumtemperatur vor. Mit einem speziellen Zeit-Multiplexverfahren wurde eine hohe Zeit- und Ortsauflösung erreicht. Im Vergleich zu etablierten Ultraschall-Messverfahren wurde mit diesem Messsystem den Belangen der Metallurgie und Kristallzucht hinsichtlich bildgebender Messungen in mehreren Ebenen Rechnung getragen. Die Messergebnisse können für die Auslegung maßgeschneiderter Magnetfelder genutzt werden.

Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen der Beiträge!



Prof. Jürgen Czarske ist Leiter der Professur für Mess- und Prüftechnik an der TU Dresden. Hauptarbeitsgebiete: Laserbasierte Strömungs- und Schallmesstechnik, Ultraschall-Flow-Mapping, Laserbasierte Oberflächenmesstechnik, 3d-Formmesstechnik, Turbomaschinensensorik, Fasersensorik

Adresse: TU Dresden, Professur für Mess- und Prüftechnik, Helmholtzstr. 18, 01062 Dresden, E-Mail: juergen.czarske@tu-dresden.de



Dr. Sven Eckert ist Leiter der Abteilung Magneto hydrodynamik am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR). Hauptarbeitsgebiete: Messtechnik für Flüssigmetalle, Strömungskontrolle beim Gießen und Erstarren metallischer Legierungen, Flüssigmetall-Zweiphasenströmungen, MHD-Turbulenz

Adresse: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Postfach 510119, 01314 Dresden E-Mail: s.eckert@hzdr.de