

# **Einfluss von Feldanordnungen aus Strahl- und Vollkegeldüsen auf die Intensivkühlung bewegter dicker Bleche**

**AiF-Projekt Nr. 20107 BG/1**

## **Forschungsstellen**

Nr. 1: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Strömungsrechnung und Thermodynamik

Nr. 2: Leibniz Institut für Werkstofforientierte Technologien, IWT Bremen

**Laufzeit:** 01.05.2018 - 31.10.2021

In diesem Projekt wurde die Kühlung heißer Bleche mit Wasser aus Einzeldüsen und Düsenfeldern untersucht. Hierfür wurden experimentelle Untersuchungen mit Vollstrahl- und Spraydüsen an der Universität Magdeburg (Forschungsstelle 1) und numerische Modellierung sowie die Durchführung von Simulationen am Leibniz Institut für Werkstofforientierte Technologien IV Bremen (Forschungsstelle 2) durchgeführt.

Gegenstand der experimentellen Untersuchungen waren einzelne Vollstrahl- und Vollkegeldüsen sowie Düsenfelder aus 9 bis 16 Vollstrahldüsen, 2 Vollkegeldüsen, 2 Flachstrahldüsen und Kombinationen aus Voll- und Flachstrahldüsen. Während des Abkühlprozesses wurden die Temperaturen der gekühlten Bleche an der Rückseite mit einer Infrarotkamera gemessen. Ein wesentliches Ergebnis der experimentellen Untersuchungen ist der konkrete Nachweis des Einflusses technischer Parameter wie Anfangstemperatur, Strahlgeschwindigkeit, Blechgeschwindigkeit, Metallart etc. auf die DNB-, die Leidenfrosttemperatur, den Wärmeübergang und den Fortschritt der Benetzungsfrent.

Die numerische Simulation basiert auf einem modifizierten Euler-Euler Mehrphasenmodell. Mit dem entwickelten 3D-Simulationsmodell kann der gesamte Abkühlprozess mit allen dazugehörigen Siedephasen berechnet werden. Auf der Basis der Simulationsergebnisse können Prozesszustände wie z.B. der Leidenfrostbereich, der Wärmeübergangskoeffizient (WÜK), der lokale Wärmestrom oder der Temperaturgradient an der auftretenden Oberfläche, die im Experiment nicht direkt erfassbar sind, detailliert analysiert werden. Das Modell erlaubt die Berechnung bei unterschiedlichen Düsenarten sowie die Düsenanordnung und von dreidimensionalen Düsenfeldern als auch die Analyse der Kühlung einer bewegten Platte (dickes Blech).

In den Ergebnissen aus Experiment und Simulation besteht hinreichende Übereinstimmung. Insbesondere zeigen Experiment und Simulation die gleichen Tendenzen in Abhängigkeit der Veränderung technischer Parameter der Kühlung.

Mit den Ergebnissen des Projekts stehen Kennwerte zur Verfügung, die für die Auslegung und Optimierung von Kühl- bzw. Abschreckenanlagen bewegter Bleche geeignet sind. Die Möglichkeiten eines Transfers in die Industrie sind gegeben.

- ▶ S. B. Gopalkrishna, B. Mehdi, E. Specht: Local Heat Transfer Analysis in Quenching of Metal Plates with Spray Nozzles, Jahrestreffen der ProcessNet- Fachgruppen Fluidverfahrenstechnik und Wärme- und Stoffübertragung, 24.– 26.02.2021, Online-Event
- ▶ N. M. Narayan, S. B. Gopalkrishna, S. Ryll, B. Mehdi, H. Woche, E. Specht, U. Fritsching: Investigation of Heat Transfer in Arrays of Water Jets and Sprays, Modeling/ Simulation and Experimental Approach, European Conference on Heat Treatment – Quenching and Distortion Engineering (ECHT'21) and 2nd International conference on QDE 2021, Bremen 27.- 28.04.2021
- ▶ B. Mehdi, S. Ryll, S. B. Gopalkrishna, H. Woche, E. Specht, N. M. Narayan, U. Fritsching: Quenching of moving metal plates with flat sprays and single full jet nozzle, 3. Aachener Ofenbau- und Thermoprozess- Kolloquium 2021, Aachen 07.- 08.10.2021
- ▶ B. Mehdi, S. Ryll, S. B. Gopalkrishna, E. Specht, N. M. Narayan, U. Fritsching: Experimental investigation of quenching of moving hot metal plate with water using flat sprays, Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Momentum, Heat and Mass

Transfer (MHMT'22), Lissabon 07.- 09.04.2022, Virtual Conference

- ▶ S. B. Gopalkrishna, E. Specht: Inverse Heat Conduction Method to Estimate the unknown Surface Heat Flux during Quenching Process, 7<sup>th</sup> Thermal and Fluids Engineering Conference (TFEC), Las Vegas, USA, Mai 2022
- ▶ S. B. Gopalkrishna, E. Specht: Inverse Heat Conduction with Tikhonov Regularisation to Estimate the Unknown Heat Flux in Quenching of Metals, International Conference on Analysis, Inverse Problems and Applications, July 18-21, 2022, Department of Mathematics, Indian Institute of Technology Madras (IIT Madras), Chennai, India
- ▶ N. M. Narayan, S. Gopalkrishna, S. Ryll, B. Mehdi, E. Specht, U. Fritsching: Numerical modeling and heat transfer analysis for single full jet quenching of moving metallic specimen (2022)

Das IGF-Vorhaben 20107 BG/1 der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen sowie den Abschlussbericht erhalten Sie über das Forschungskuratorium Maschinenbau e.V., Lyoner Straße 18, 60528 Frankfurt oder [info@fkm-net.de](mailto:info@fkm-net.de) (<mailto:info@fkm-net.de>).

#### Intensivkühlung von Metallen bei Härte- und Strangussprozessen

- ▶ Ausgewählte Publikationen zum Forschungsschwerpunkt Wärmeübergang bei der Intensivkühlung von Metallen
- ▶ Kühlstrategien zur Vergleichmäßigung der Oberflächenhärte und zur Minimierung des Verzuges
- ▶ Experimentelle Untersuchungen der Kühlung von Metallen mit Sprays und Vollstrahlen
- ▶ Experimentelle und numerische Untersuchung der Intensivkühlung heißer Metalle mit Wasser aus Strahlfeldern
- ▶ Einfluss von Feldanordnungen aus Strahl- und Vollkegeldüsen auf die Intensivkühlung bewegter dicker Bleche