

Experimentelle Simulation der Oberflächenrissbildung beim Stranggießprozess mit Hilfe des IMC-B Versuchs

Pawel Krajewski¹, Christian Bernhard¹, Roman Krobath¹, Thomas Schaden² und Sergiu Ilie³

¹Lehrstuhl für Eisen- und Stahlmetallurgie, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

²Siemens VAI Metals Technologies GmbH, Linz, Österreich

³voestalpine Stahl GmbH, Linz, Österreich

Eingegangen am 28. April 2014; angenommen am 2. Mai 2014; online publiziert am 27. Mai 2014

Zusammenfassung: Die wesentlichen Qualitätsmerkmale von Stranggussprodukten umfassen die Innenqualität (u. a. Seigerungen, Innenrisse, Reinheitsgrad) und die Oberflächenqualität (u. a. Oberflächenrisse, Oszillationsmarken, Schlackeneinziehungen). Risse an der Oberfläche entstehen durch eine überkritische Verformung, die im Falle von Querrissen meist in Zusammenhang mit Temperaturbereichen verminderter Duktilität des vergossenen Werkstoffs steht. Die experimentelle Bestimmung des Verformungslimits in Abhängigkeit von Stahlzusammensetzung, Temperaturführung und Biegetemperatur ist das Ziel des neuen In-Situ Characterization Bending (IMC-B) Versuchs. Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Möglichkeiten und erste Ergebnisse des IMC-B Experiments.

Schlüsselwörter: IMC-B, Oberflächenrisse, Duktilität, Stranggießprozess, Biegeversuch

Experimental Simulation of Surface Cracking during Continuous Casting Process Using the IMC-B Experiment

Abstract: Continuous casting of steel free of surface cracks is still one of the major quality challenges in the whole steel production. The key roles for the phenomenon of surface cracking are played by the critical strain and the temperature-dependent material's phenomena. The new In-Situ Characterization Bending (IMC-B) method will enable the investigation of the critical strains with respect to the cracking under the main continuous casting

boundaries. This publication presents potential and interesting results of the IMC-B experiment.

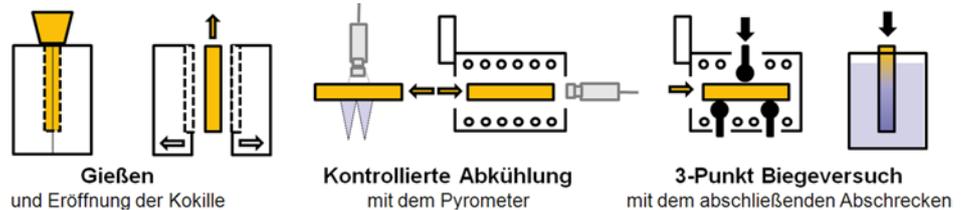
Keywords: IMC-B, Surface cracks, Ductility, Continuous casting, Bending test

1. Einleitung

Oberflächenrisse stellen besonders bei hochlegierten und mikrolegierten Stählen eine massive Qualitätsbeeinträchtigung dar. Bei einer großen Anzahl dieser Stähle muss aufgrund der Oberflächenrissbildung die Brammenoberfläche direkt nach dem Stranggießen geflämmt werden. Das verursacht einen Kostenanstieg der gesamten Stahlproduktion. In schweren Fällen ist die Reparatur der Brammenoberfläche unmöglich, und die ganze Bramme muss verschrottet bzw. wieder umgeschmolzen werden. Die Bildungsmechanismen von Oberflächenrisen sind immer mit kritischen Dehnungen und temperaturabhängigen Materialphänomenen verbunden. Ein gutes Verständnis dieser Mechanismen spielt eine entscheidende Rolle für die Identifizierung der Ursachen für die Oberflächenrissbildung und für die Entwicklung von den bestimmten Maßnahmen zur Vermeidung von Oberflächenrissbildung. Weiter ist das Wissen über kritische Dehnungen zur Vermeidung der Rissbildung wesentlich für die Entwicklung von neuen Brammenstranggießanlagen. Diese Ziele waren die Motivation für die Entwicklung des neuen innovativen In-Situ Material Characterization Biegeversuchs (IMC-B). Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Möglichkeiten und erste Ergebnisse des IMC-B Experiments.

Dipl.-Ing. Dr. mont. P. Krajewski (✉)
Lehrstuhl für Eisen- und Stahlmetallurgie,
Montanuniversität Leoben, Franz-Josef Straße 18,
8700 Leoben, Österreich
Tel.: +43 3842 402 2257
E-Mail: Pawel.Krajewski@unileoben.ac.at

Abb. 1: Durchführung des IMC-B Versuchs. [1]



2. Versuchsdurchführung und numerische Simulationen

Der IMC-B Versuch besteht aus drei Schritten:

- Schmelzen der Legierung im Induktionsofen und Herstellung einer Probe durch Abguss in eine Kokille,
- Kokillenöffnung, Probenabkühlung an der Luft und anschließend Abkühlung bzw. Halten im Wärmebehandlungsofen,
- Weitere Abkühlung im zweiten Wärmebehandlungsofen, Biegeversuch im diesem Ofen mit nachfolgendem sofortigem Probenabschrecken im Wasser. Der Versuch wird mit definiertem Stempelweg und konstanter Dehnrate durchgeführt.

In Abb. 1 werden alle drei Schritte des IMC-B Versuchs dargestellt. Die Probe wird nach dem Biegeversuch metallographisch auf Oberflächenrisse mit dem Stereo- und Lichtmikroskop untersucht.

Die Zugdehnungen werden mit Hilfe von FE-Simulationen in Abaqus berechnet. Die Proben werden dann durch die maximale berechnete Zugdehnung charakterisiert.

3. Experimentelle Serie

Das Ziel der Versuchsserie war die experimentelle Untersuchung der Rissanfälligkeit von einem 0,17% C, 0,017% Nb Stahl unter stranggießnahen Bedingungen. Die Proben wurden nach der Erstarrung in der Kokille und einer definierten Abkühlzeit bzw. nach der Erreichung der definierten Temperatur aus der Kokille entnommen. Nachfolgend wurden die Proben an der Luft abgekühlt und anschließend 2 min bei konstanter Temperatur im Wärmebehandlungsofen gehalten. Als nächstes wurden die Proben im zweiten Wärmebehandlungsofen bis zur Versuchstemperatur (zwischen 760 und 960°C) abgekühlt. Anschließend erfolgte die Durchführung des Biegeversuchs mit nachfolgender sofortiger Abschreckung der Probe in Wasser. Der Stempelweg wurde zwischen 0 und 3 mm variiert.

4. Zusammenfassung

Das IMC-B Experiment ermöglicht die Untersuchung der Rissanfälligkeit von Stählen unter Stranggießbedingungen:

- Die Proben erhalten typische Materialfehler wie z. B. Mikroporen und charakterisieren sich durch kolumnare Austenitkörner, welche ähnlich denen der Brammenoberfläche des Stranggieß-Produktes sind,
- Definierte Probenabkühlung bis zur Versuchstemperatur,
- Die Proben zeigen Risse schon bei kritischen Dehnungen von 1,24% und einer Temperatur von 760°C. Diese Dehnungen entsprechen jenen der Rückbiegezone beim Stranggießprozess.
- Die gefundenen Oberflächenrisse sind überwiegend interkristallin. Der proeutektoide Ferritfilm ist gut erkennbar. Bei höheren Temperaturen wurden auch transkristalline Risse gefunden.

5. Danksagung

Der österreichischen Bundesregierung (insbesondere dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und dem Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend) sowie dem Land Steiermark, vertreten durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH und die Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH, wird für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten im Rahmen des von der Materials Center Leoben Forschung GmbH abgewickelten K2 Zentrums für „Materials, Processing und Product Engineering“ im Rahmen des Österreichischen COMET Kompetenzzentren Programms sehr herzlich gedankt.

Literatur

1. Bernhard C.; Krajewski P.; Schaden T.; Ilie S.: In-situ-Biegeversuch zur experimentellen Simulation der Bildung von Oberflächenrisse im Stranggießprozess, Fachausschuss für physikalische Chemie und metallurgische Verfahrensentwicklung des VDEh, Präsentation, Düsseldorf am 28.03.2014