

**Entwicklung der Kornfeinung von Stahlschmelzen zur energieeffizienten
Herstellung von endabmessungsnahen Stahlgussteilen**

Forschungseinrichtung:

1. Institut für Metallurgie der TU Clausthal

Laufzeit: 01.03.2017 bis 31.01.2020

Zusammenfassung:

Zielsetzung:

Verschiedene legierte Stahlgusswerkstoffe sind aufgrund ihrer Erstarrungsmorphologie nur schwer gießbar und neigen insbesondere bei größeren Wanddicken zur Ausbildung von Warmrissen. Dadurch kann das attraktive Eigenschaftspotential dieser Werkstoffe nicht voll genutzt werden. In der Vergangenheit gab es Ansätze zur Kornfeinung von Gussstählen durch Behandlungsmittel, die sich bei Strangguss-Werkstoffen als wirksam erwiesen haben.

Ziel des Vorhabens ist die Etablierung der Kornfeinung von Stahlguss-Schmelzen durch Fremdsubstrate sowie die Entwicklung eines robusten Behandlungsprozesses zur material- und energieeffizienten Herstellung von endabmessungsnahen Stahlgussbauteilen. Teilziele sind:

- Verbesserung des Ausbringens durch Verbesserung der gießtechnologischen Eigenschaften
- Verringerung der Wärmebehandlungskosten durch ein feines, seigerungsarmes Gefüge.
- Verbesserung der mechanischen Kennwerte durch Feinkornhärtung und Reduzierung carbidischer Ausscheidungen

Es wird eine Energie- und Materialersparnis von 10 % angestrebt.

Vorgehensweise:

Die im PbA vertretenen Gießereien wählten für sie interessante, jedoch hinsichtlich ihrer Gießbarkeit und Warmrissneigung schwierig einzusetzende Stähle aus. Die Werkstoffauswahl wurde bei Anlauf leicht angepasst.

An diesen wurden Untersuchungen mit der thermischen Analyse durchgeführt. Hieraus sollten Aussagen zum Speisungsvermögen und zum Feinungszustand abgeleitet werden. Lunker- bzw. Warmrissneigung und Fließvermögen wurden mit geeigneten Proben (Tatur- bzw. Sternprobe, Gießspirale) untersucht.

Als Referenzwerkstoff diente der sehr gut erforschte Wälzlagerstrahl 100Cr6, der durch Warmwalzen verarbeitet wird.

Aussichtsreichste Kandidaten zur Kornfeinung sind Cer, Titan und Zirconium. Die thermische Stabilität der von diesen Elementen gebildeten Dispersoide wurde berechnet.

Bei den erfolgreich gefeinten Stählen wurde das durch geringere Seigerung mögliche Potential zur Verkürzung der Wärmebehandlung ermittelt. Die Ergebnisse wurden abschließend in industriellen Versuchen validiert mit dem Ziel, Gießereien eine Handlungsempfehlung zu geben.

Ergebnisse

Die für Eisen- und Aluminiumlegierungen etablierte Verknüpfung des in der thermischen Analyse bestimmten Terminal Freezing Range mit gießtechnologischen Eigenschaften war für Stahlschmelzen nicht erfolgreich.

Die Lunker- und Warmrissneigung der untersuchten Stahlgusswerkstoffe zeigt keine klare Tendenz und konnte auch nicht mit anderen Eigenschaften der Abkühlkurve korreliert werden. Unter den Kornfeinern erwies sich Cer als wirkungsvoller als Titan, so dass sich die weiteren Versuche auf Cer konzentrierten. Die Cer-Zugabe beeinflusst die Oberflächenspannung der Schmelze und erzielt eine Kornfeinung durch keimwirksame Partikel von Ceroxid, Cersulfid und Ceroxisulfid. Dieser Effekt erreicht



Das IGF-Vorhaben Nr. 19362N der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V., Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, wurde über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

abhängig von der Zusammensetzung des Stahls bei ca. 0,01 % Cer ein Optimum. Durch Koagulation der Ausscheidungen nimmt das Kornfeinungsvermögen mit der Zeit wieder ab. Für dickwandige Stahlgussteile wirkt Cer daher nicht mehr kornfeinend. Aufgrund der Koagulation, aber auch wegen der Reaktivität des Cers muss die Zugabe zu einem möglichst späten Zeitpunkt im Prozess erfolgen, da durch Kontakt mit Sauerstoff ein starker

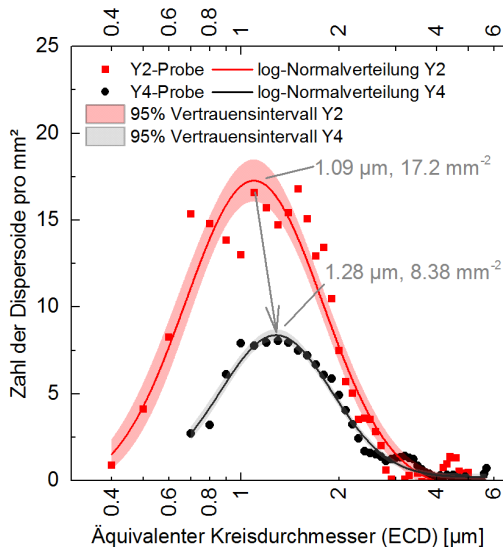


Abbildung 1. Anzahl zusätzlicher Dispersoide im Stahl 1.6740 bei Erhöhung des Cer-Anteils für verschiedene Wandstärken

Abbrand eintritt.

Versuche an austenitisch erstarrenden Stählen am Beispiel des Referenzwerkstoffs 100Cr6 zeigten eine Feinung der Stängelkristallzone durch Verringerung des sekundären Dendritenarmabstands. Dafür wurde das Cer an einem Strang der Stranggießanlage eines Stahlherstellers durch Drahteinspulen zugeführt. Die Verteilung nichtmetallischer Einschlüsse wurde stark verbessert, ebenfalls konnten die statischen Kennwerte leicht verbessert werden.

Zur Verringerung der Warmrissneigung durch Erhöhung der Oberflächenspannung von Stahlguss wurde ein optimaler Gehalt von 0,04 % Cer ermittelt. Eine Kombination von Kornfeinung, die eine geringe Oberflächenspannung erfordert, mit der Verringerung der Warmrissneigung, die bei maximaler Oberflächenspannung eintritt, ist mit Cer daher nicht möglich.

Die durch Verringerung des Dendritenarmabstands mögliche Verkürzbarkeit von Wärmebehandlungen war geringer als erhofft. Die notwendigen Temperaturen und Zeiten sind geringer als in den ungefeinten Stählen, jedoch ist der Unterschied technisch nicht verwertbar.

Als optimaler Zeitpunkt der Cer-Zugabe hat sich die Formimpfung herausgestellt. Die Entwicklung von Impflingen mit ausreichender Festigkeit stellte sich als schwierig heraus, so dass diese erst gegen Ende des Vorhabens zur Verfügung standen. Validierungsversuche konnten daher nur noch stichprobenartig erfolgen.

Den statischen Kennwerten entsprechend wurde bei Stahlgusswerkstoffen nur eine geringere Steigerung der Schwingfestigkeit durch die Kornfeinung bewirkt.

Fazit

Der Mechanismus der Kornfeinung von Stahlschmelzen mit Cer kann mit den Ergebnissen aus dem Vorhaben besser verstanden werden.

Die Kornfeinung mit Cer zeigt einen messbaren Effekt für austenitisch und ferritisch erstarrende Stähle. Durch Bildung keimwirksamer Ausscheidungen konnte die Menge endogenen Gefüges erhöht werden. Mit Verringerung der Oberflächenspannung war eine Feinung der Stängelkristallzone durch einen kürzeren Dendritenarmabstand möglich.

Die langsame Erstarrung von Stahlgussteilen schränkt allerdings die Nutzbarkeit der kornfeinenden Effekte von Cer ein.

Das Forschungsziel wurde teilweise erreicht.

Der vollständige Schlussbericht liegt vor und kann schriftlich angefordert werden bei der
 Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.
 Hansaallee 203 - 40549 Düsseldorf
 Fax: 0211 / 6871 40 245 - Email: fvg@bdguss.de