

Quantitative Vorhersage und experimentelle Analyse von Karbiden in hochsiliziumhaltigem Gusseisen mit Kugelgraphit

Forschungsstelle 1: Gießerei-Institut der RWTH Aachen

Forschungsstelle 2: Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau der RWTH Aachen

Laufzeit: 01.04.2015 bis 31.12.2017

Zusammenfassung:Zielsetzung:

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die einzelne und kombinierte Wirkung verschiedener karbidbildender Elemente auf das Gefüge und die Eigenschaften von hochsiliziumhaltigem EN-GJS-500-14 zu untersuchen und zu quantifizieren. Es sollte eine experimentelle und simulationsgestützte Datenbasis zur quantitativen Vorhersage von Karbiden geschaffen werden. Dies soll den Einsatz den prozesssicheren Einsatz von Stahlschrotten, welche mit karbidbildenden Elementen legiert sind, in der Gusseisenproduktion ermöglichen.

Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projekts wurde der einzelne und kombinierte Einfluss der Elemente Cr, Cu, Mn, Mo, Nb und V auf das Gefüge und die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs EN-GJS-500-14 experimentell in Form eines faktoriellen Versuchsplans mit je einem hohen und niedrigen Gehalt pro Element untersucht. Eine Sandform-Gießgeometrie mit drei verschiedenen Gussteilen mit Erstarrungszeiten von 4, 15 und 45 Minuten wurde verwendet, um verschiedene Abkühlbedingungen zu berücksichtigen. Für jeden Abguss wurden 45 kg Gusseisenschmelze hergestellt und gezielt mit den einzelnen karbidbildenden Elementen legiert. Das Gefüge in jedem Gusskörper wurde hinsichtlich des Graphits, der Zusammensetzung der metallischen Matrix und des Anteils von Karbiden metallographisch charakterisiert. Aus den experimentellen Ergebnissen wurden Berechnungsmöglichkeiten zur Vorhersage der Zusammensetzung des Gefüges aus der chemischen Zusammensetzung erarbeitet. Die Graphitkugelbildung wird durch einige karbidbildende Elemente negativ beeinflusst. Zur

Vorhersage des Gefüges wurden Regressionsformeln für den Perlit- und Karbidanteil als Funktion der chemischen Zusammensetzung erstellt. Die Elemente Cr, Cu und Mn haben den größten Einfluss auf den Perlitanteil, während Nb und V die stärksten Karbidbildner sind, jedoch kaum einen Einfluss auf den Perlitgehalt haben. Beim Karbidgehalt spielt die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Elementen eine große Rolle. Die mechanischen Eigenschaften in den Gussteilen wurden ebenfalls mit Hilfe von Zugversuchen charakterisiert und es wurden quantitative Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen mittels Regression erstellt, so dass auch eine Vorhersage für die mechanischen Eigenschaften getroffen werden kann. Auf Seiten der Simulation wurde das am Gießerei-Institut der RWTH Aachen (GI) entwickelte Mikrosegmentierungsmodell erweitert, um das Gefüge im GJS mittels thermodynamisch-kinetischer Werkstoffsimulation vorherzusagen. Das Modell wurde um ein Modul zur heterogenen Keimbildung erweitert und mit experimentell ermittelten Abkühlcharakteristika angeglichen, um die Abkühlbedingungen in realen Bauteilen und die daraus entstehende Kugeldichte korrekt nachzubilden. Zusätzlich wurde ein Modul zur Simulation der eutektoiden Phasenumwandlung eingebaut, um neben der während der Erstarrung entstehenden Karbidmenge auch den Perlitanteil vorhersagen zu können. In Verbindung mit der am Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau (IWM) speziell für Gusseisen entwickelten offenen thermodynamischen Datenbank „Iron-04“ bietet das Modell die Möglichkeit zur quantitativen Perlit- und Karbidvorhersage. Mit den Experimenten und den Vorhersagen des Mikrosegmentierungsmodells wurde eine gute Übereinstimmung erreicht (siehe Bild 1). Die im Projekt erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse werden den Gie-



Das IGF-Vorhaben Nr. 18555N 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:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energieaufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ßereien über eine eigens erstellte Karbid-Datenbank mit Excel-Schnittstelle zur Verfügung gestellt, welche bei der Gattierungsplanung eingesetzt werden kann. Die Datenbank erlaubt die schnelle Vorhersage der zu erwartenden Eigenschaften bei gegebener chemischer Zusammensetzung von EN-GJS-500-14 mittels der in der Datenbank gespeicherten Daten und der in der Excel-Schnittstelle hinterlegten Regressionsmodelle. Für EN-GJS-400-15 kann mit Hilfe der Daten aus IGF Vorhaben 15803 N ebenfalls eine Vorhersage durchgeführt werden. Hierdurch kann die Einsetzbarkeit eines bestimmten Schrottes für die GJS-Produktion ohne weiteren experimentellen Aufwand geprüft werden.

Fazit:

Durch die Anwendung der erarbeiteten Zusammenhänge ist es möglich, Nodularität, Perlit- und Karbidanteil bei gegebener chemischer Zusammensetzung sowie der Erstarrungszeit / dem Modul quantitativ vorherzusagen, ohne

hierfür aufwendige Simulationen betreiben zu müssen. Die Anwendung dieser Möglichkeit eröffnet den Anwendern in den Eisengießereien die Möglichkeit, Stahlschrotte mit karbidbildenden Begleitelementen zur Gusseisenproduktion einzusetzen und hierbei Grenzgehalte sicher einzuhalten. Dies erweitert den Anwendern das Prozessfenster hinsichtlich einsetzbarer Stahlschrotte, so dass Kosten durch die Auswahl günstiger Schrotte gespart werden können. Die Gefahr von Ausschuss wird durch die Vorhersagemöglichkeit erheblich verringert. Das in diesem Forschungsprojekt erarbeitete Werkstoffknowhow leistet damit einen Beitrag zur Stärkung der Wettbewerbsposition der klein- und mittelständisch geprägten Gießereibranche und versetzt die Gießereien in die Lage, auf zukünftige Änderungen in der Zusammensetzung der Stahlschrotte reagieren zu können.

Das Forschungsziel wurde erreicht.

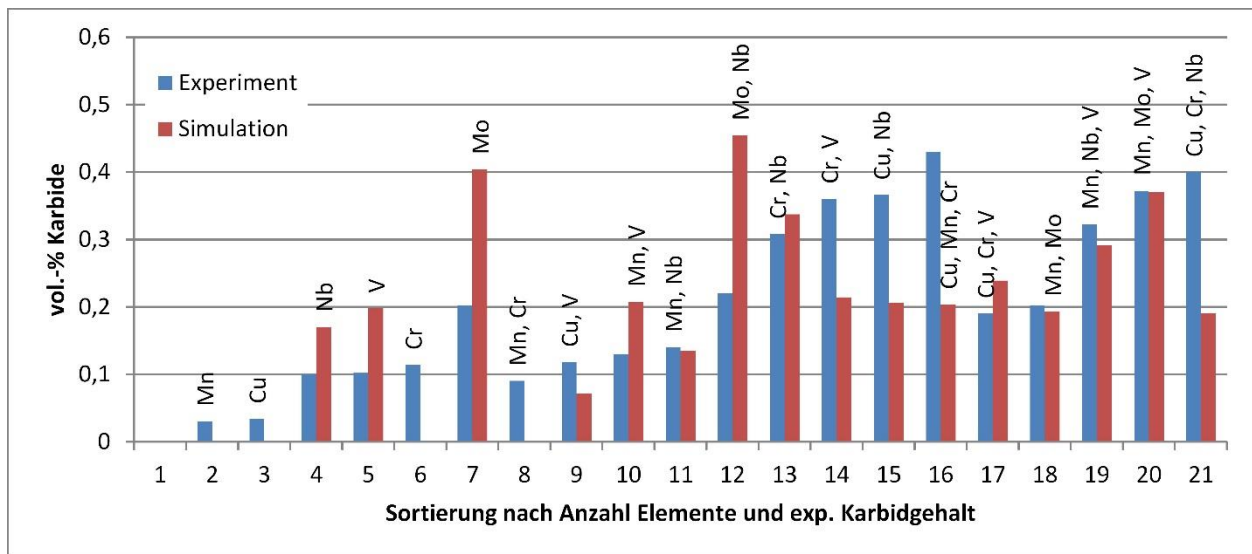


Bild 1: Vergleich zwischen experimentell ermitteltem und per Mikroseigerungsmodell simuliertem Karbidgehalt für 21 Legierungsvariationen

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



Das IGF-Vorhaben Nr. 18555N 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