

**Ermittlung von zyklischen Werkstoffeigenschaften für dünnwandige Gussstücke aus hochsiliziumhaltigen Gusseisenlegierungen**

Forschungsstelle: IfG Institut für Gießereitechnik gGmbH, Düsseldorf

Laufzeit: 2009 bis 2012

**Ergebnisse:**

Durch das Legieren von Silizium bei Gusseisen mit Lamellen- bzw. Kugelgraphit bis ca. 4,3 % erhöhen sich die mechanischen Eigenschaften wesentlich. Die Erhöhung der mechanischen Eigenschaften beruht auf der Mischkristallverfestigung der metallischen Grundmasse, was sich bei GJS zu erhöhten statischen und zyklischen mechanischen Eigenschaften auswirkt. Diese Festigkeiten erreichen Größenordnungen vergleichend mit den konventionellen Sorten GJS 500-7 bzw. 600-3. Auch bei siliziumlegierten GJL konnten die statischen und zyklischen Festigkeiten im Vergleich in der genormten Sorte GJL-250 verbessert werden, obwohl die metallische Grundmasse hier vollperlitisch ausgebildet ist. Im Rahmen von Vorversuchen wurden Siliziumgehalte zwischen 3,5 und 4,3 % bei GJL und GJS in Platten mit Wanddicken von 4 und 10 mm eingestellt. Bei GJS zeigen die Ergebnisse gesteigerte statische Festigkeiten, obwohl die Kugelformen bei steigendem Si-Gehalt zunehmend schlechter wurden. Eine verbesserte Graphitbildung konnte durch die Verwendung einer wismuthaltigen Impfliegierung geschafft werden. Aus den GJS-Vorversuchen ergab sich ein Optimum an statischer Festigkeit und Gefügeausbildung bei einem Si-Gehalt von ca. 4,3 %. Bei den GJL-Vorversuchen wurden ebenfalls 4 und 10 mm Platten vergossen, wobei die Einstellung einer vollperlitischen Matrix nur durch das zusätzliche Legieren von Sn sowie die Verwendung einer strontiumhaltigen Impfliegierung erreicht werden konnte. Aufgrund der schnellen Abkühl- und Erstarrungsbedingungen, insbesondere in der 4 mm Platte, konnte die metallische Grundmasse

trotz vorhandene Anteile an D-Graphit vollperlitisch eingestellt werden.

Im Weiteren wurden im Rahmen der Vorversuche das Lunkerverhalten und die Fließeigenschaften von GJL und GJS mit erhöhtem Si-Gehalt untersucht. Die Fließeigenschaften von Si-legierten GJL und GJS zeigen keine nennenswerten Unterschiede unter den abgegossenen Varianten. Für die Untersuchungen zum Lunkerverhalten wurden sog. Lunkerkreuze abgegossen. Bei Si-legiertem GJL konnten trotz simulierter Porositäten im Lunkerkreuz keine auswertbaren Lunker festgestellt werden. Das Lunkerverhalten von GJS zeigt mit steigenden Si-Gehalten ein vergrößertes Porenvolumen. Unter Berücksichtigung einer durch verschiedene Si-Gehalte veränderten Liquidustemperatur der Schmelze (konstante Gießtemperaturen bei den GJS-Vorversuchsvarianten) in Kombination mit der Lunkerausbildung (Blaslunker) sind diese Ergebnisse nicht repräsentativ zu werten.

Für die Ermittlung der statischen und zyklischen Werkstoffkennwerte von Si-legierten GJL und GJS wurden 4 und 10 mm Platten sowie für GJS 50 mm Normproben in ausreichender Menge für die Schwingprüfung abgegossen. Hierbei wurden jeweils die „optimalen“ Si-Gehalte, welche in den Vorversuchen systematisch ermittelt wurden, ausgewählt. Die erreichten statischen Kennwerte der GJS-Variante entsprechen der ab 2012 genormten Werkstoffsorte GJS-600-10. Hierbei konnte festgestellt werden, dass sowohl die Zugfestigkeit, die 0,2 % Dehngrenze und die Härte

über die verschiedenen Wanddicken nahezu konstant sind. Unterschiede gab es bei der Bruchdehnung, wobei Schlackeneinschlüsse hier das Ergebnis beeinträchtigten. Die Ergebnisse aus der Kerbschlag- und Schlagbiegeprüfung zeigen sehr geringe Werte, daher sind die dynamischen Eigenschaften von Si-legierten GJS als sehr gering einzuschätzen. Die ermittelten Zugfestigkeiten von Si-legiertem GJL von 300 MPa bei 10 mm und 327 MPa bei 4 mm Wanddicke und Härten von 255 bzw. 303 HB zeigen in Bezug auf die Legierungszusammensetzung positive Effekte auf.

Die Ergebnisse aus den Schwingprüfungen bei Si-legiertem GJS zeigen bei den Varianten mit bearbeiteter Oberfläche Schwingfestigkeiten der konventionellen Sorten GJS 600-3 und 700-2 auf. Es konnten jedoch keine wanddickenabhängigen Festigkeitsunterschiede festgestellt werden. Aufgrund der mischkristallverfestigten metallischen Grundmasse werden in den untersuchten Wanddicken trotz stark unterschiedlicher Partikelzahlen keine schwingfestigkeitsrelevanten Effekte gegenüber den konventionellen GJS-Sorten sichtbar.

Ebenso verhält sich das Schwingfestigkeitsverhalten bei den GJS-Varianten mit gestrahlten Oberflächen. Obgleich durch stark unterschiedliche Almenwerte die gestrahlten Oberflächen deutliche Unterschiede aufweisen, konnten keine nennenswerten Effekte im Schwingfestigkeitsverhalten festgestellt werden. Möglicherweise ist hier aufgrund der dünnen Wandstärken die Eindringtiefe der Druckeigenstressungen in Verbindung mit den gewählten Strahlintensitäten verantwortlich. Die erreichten Schwingfestigkeiten von Si-legiertem, bearbeitetem GJL liegen im Vergleich mit konventionellen GJL zwischen

den Qualitäten GJL-300 und GJL-350, wobei hier eine Festigkeitserhöhung bei der 4 mm Wandstärke zu erkennen ist. Ebenso wie bei den GJS-Varianten ist auch hier kein schwingfestigkeitssteigernder Einfluss bei gestrahlten Oberflächen erkennbar. Anhand der Werkstoffkennwerte der GJL-Varianten sind Korrelationen zwischen der Graphitlamellendichte und den statischen und zyklischen Werkstoffkennwerten in Abhängigkeit der Erstarrungszeit zu sehen.

Im Zusammenhang mit der metallographischen Untersuchung der GJS-Schwingproben für die Erarbeitung von Gefüge / Eigenschaftskorrelationen konnten keine Gefügeparameter für das schwingfestigkeitsverhalten einzelner Wöhlerproben verantwortlich gemacht werden. Bei der Beurteilung der einzelnen Wöhlerstäbe wurden je Wöhlerkurve Proben mit gleicher Belastungsamplitude und stark unterschiedlicher Schwingspielzahl bis zum Bruch untersucht. Je nach vergossener Wanddicke entsprachen die analysierten Partikelzahlen den Ergebnissen aus den Vorversuchen, was eine reproduzierbare Probenherstellung bestätigt. Die hier analysierten Gefügeparameter zwischen den verglichenen Proben sowie Bruchflächenuntersuchungen am REM / EDX ergaben keine Zusammenhänge über das Bruchverhalten der untersuchten Varianten.

Die im Rahmen der Untersuchungen ermittelten Werkstoffkennwerte konnten erfolgreich in die Betriebsfestigkeitssoftware implementiert werden. Die Schwingfestigkeitserhöhung des Si-legierten GJS konnte nachgewiesen werden. Zwischen den simulierten und den gemessenen Wöhlerkurven besteht jedoch noch weiterer Anpassungsbedarf bei der Auswahl der simulationsrelevanten Einflussgrößen bzw. -parameter.

Der vollständige Schlussbericht liegt vor und kann schriftlich angefordert werden bei der

Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.  
Sohnstraße 70 - 40237 Düsseldorf

Fax: 0211 / 6871-364 - Mail: Ingeborg.Klein@bdguss.de