

Aluminium und Nickel als mischkristallverfestigende Elemente in hochsiliziumhaltigen Gusseisen mit Kugelgraphit

Vortragender: Matthias Lövenich B.Sc.
Betreuer: Philipp Weiß M.Sc.

Einleitung und Motivation

- hochfeste Gussbauteile, Sicherheitsbauteile (Potenzial zur Leichtbauweise z.B. im Automobilbau)
- Sehr günstiges Verhältnis von Festigkeit zu Dehnung [Löblich, 2012]
- Stand der Technik: EN GJS 500-14 [DIN EN 1563, 2012]

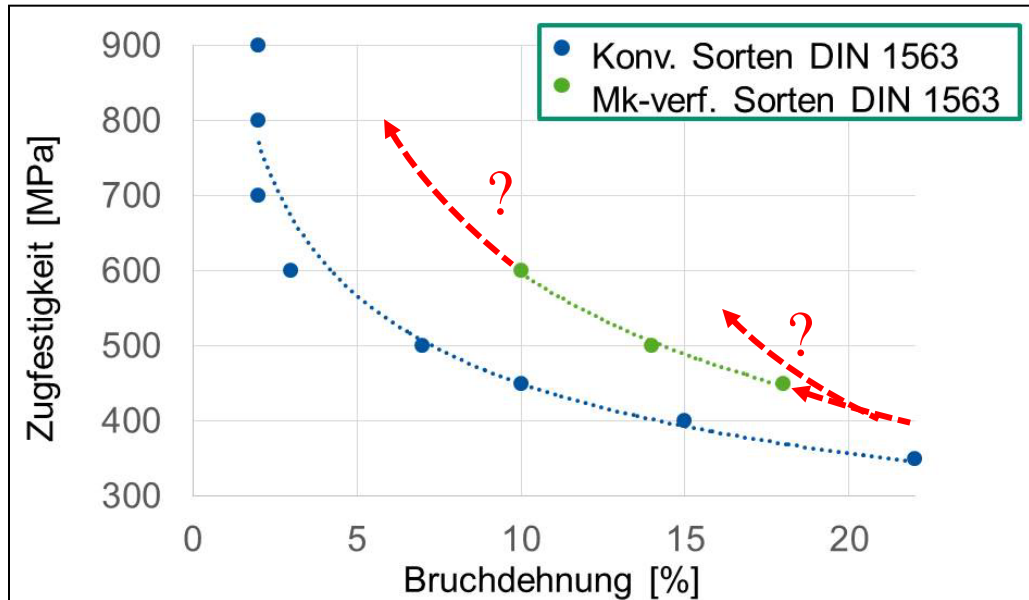


Diagramm 1: Konzept der Legierungsentwicklung

- Einsatzgebiete: Querlenker, Radaufhängung oder Schwenklager [Goroncy, 2012], Hydrauliksteuerblöcke [Herfurth, 2011], Schwenkgehäuse [Larker, 2008]
- Mischkristallverfestigung mit Silizium nur bis 4,3 Gew.-% möglich [Löblich, 2012]

Ziel der Arbeit: Mischkristallverfestigung durch Nickel und Aluminium

Aluminium in Gusseisen:

- + Starker mischkristallverfestigender Effekt (R_m steigt um 65 MPa pro Gew.-%) [Banszerus*, 2015]
 - + graphitisierende Wirkung (vollferritische Matrix) [Janakiev, 1971]
 - Herabsetzung der gießtechnologischen Eigenschaften [Banszerus*, 2015]
 - Förderung von Graphitentartungen [Hasse, 2008]
- Maximal 0,9 Gew.-% Aluminium

Nickel in Gusseisen:

- + mischkristallverfestigender Einfluss (R_m steigt um 36 MPa pro Gew.-%) [Brachmann*, 2014]
 - + Sprödbruchtemperatur wird weniger stark angehoben als durch Silizium [Hasse, 1996]
 - Perlitstabilisierende Wirkung (Absenkung der eutektoiden Temperatur) [Brachmann*, 2014]
- Maximal 2,0 Gew.-% Nickel

Bei einem festen Siliziumgehalt von 3,8 Gew.-%

* Interne Forschungsergebnisse des Gießerei-Instituts

Versuchsdurchführung

- Formenbau: furanharzgebundene Form (Paratoluolsulfonsäure & Furanharz), mit Drahtgeflecht verstärkt
- Gattierung: Kreislaufmaterial, Reinaluminium (99,9%), Reinstnickel (99,9%), Reinsteisen, FeSi (76,7%), Impfmittel SMW 605, Magnesiumbehandlung mit VL63 M3 (0,3 Gew.-% Cer)
- Einbringung des Aluminiums über eine Kelle
- 5 Minuten Halten bei 1500 °C (Schmelzereinigung)
- Magnesiumbehandlung über das Tauchglockenverfahren, anschl. Pfannenimpfung



Bild 1 und Bild 2: Formenbau



Bild 3: Einbringung Aluminium



Bild 4: Magnesiumbehandlung



Bild 5: Abguss

Ergebnisse: Metallographie (Nodularität)

- Nodularität sinkt mit zunehmendem Aluminiumgehalt signifikant
- Nickel wirkt der Abnahme geringfügig entgegen
- Aluminium verursacht keine Graphitarten im untersuchten Zusammensetzungsbereich

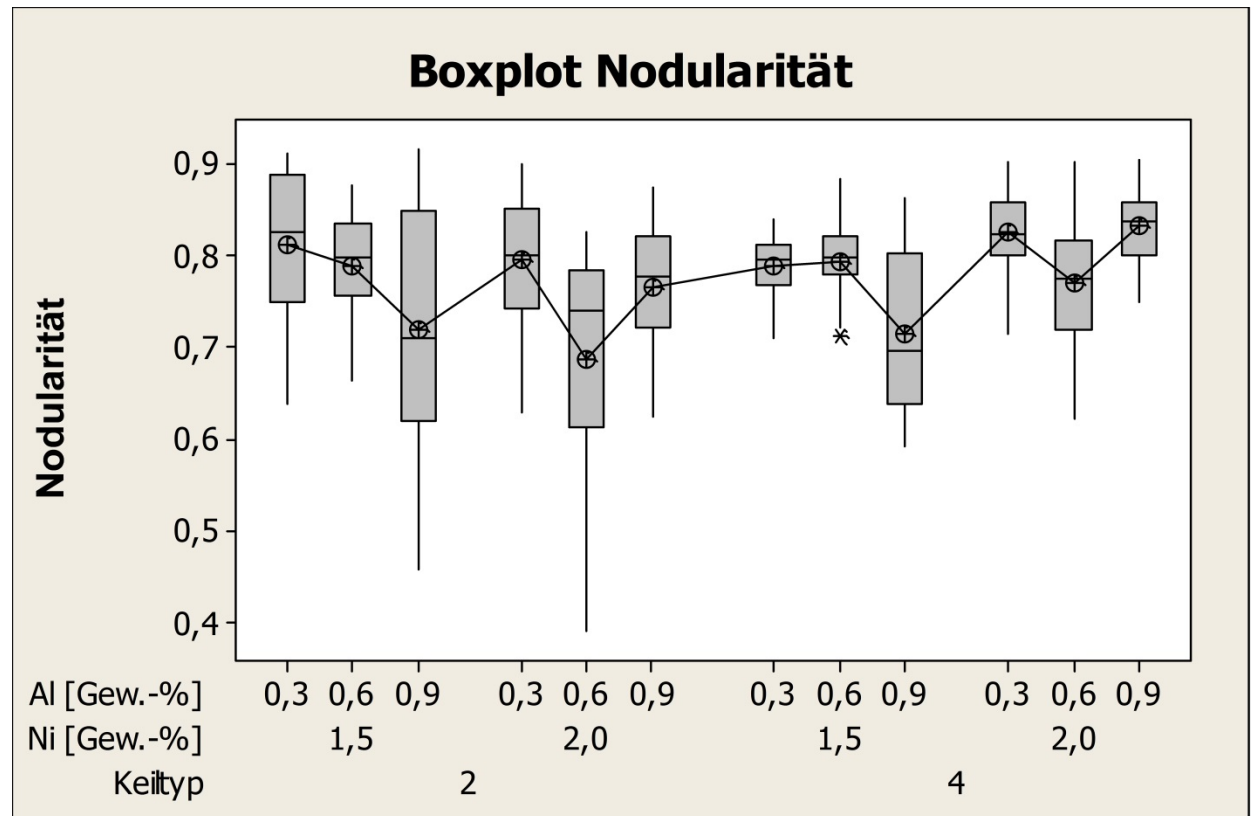


Diagramm 2: Darstellung der Nodularität als Boxplot

Ergebnisse: Metallographie (Perlitanteil)

- Bei Y2-Keilen erhöhte Perlitanteile von bis zu 8,5 %
- Aluminium wirkt graphitisierend, Nickel perlitisierend:
- Bei 1,5 Gew.-% Nickel überwiegt die graphitisierende Wirkung des Aluminiums erst ab 0,6 Gew.-%
- Bei 2,0 Gew.-% Nickel überwiegt die graphitisierende Wirkung des Aluminiums ab 0,9 Gew.-%

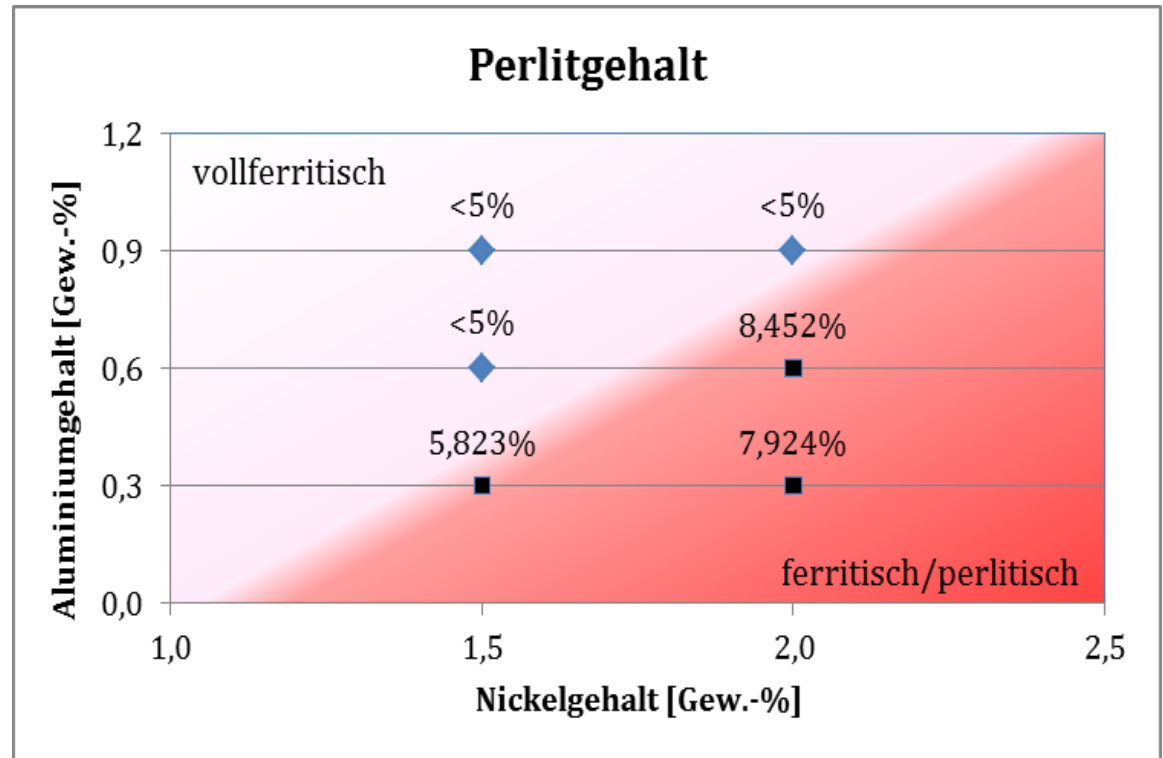


Diagramm 3: Übersicht der Perlitanteile für die analysierten Zusammensetzungen

Ergebnisse: mechanische Eigenschaften

- Zugfestigkeit steigt mit zunehmendem Aluminium- und Nickelgehalt (Mischkristallverfestigung)
- Bruchdehnung sinkt mit zunehmendem Legierungsgehalt
- 670 MPa Zugfestigkeit mit 15% Bruchdehnung (0,3 Gew.-% Aluminium und 2,0 Gew.-% Nickel)

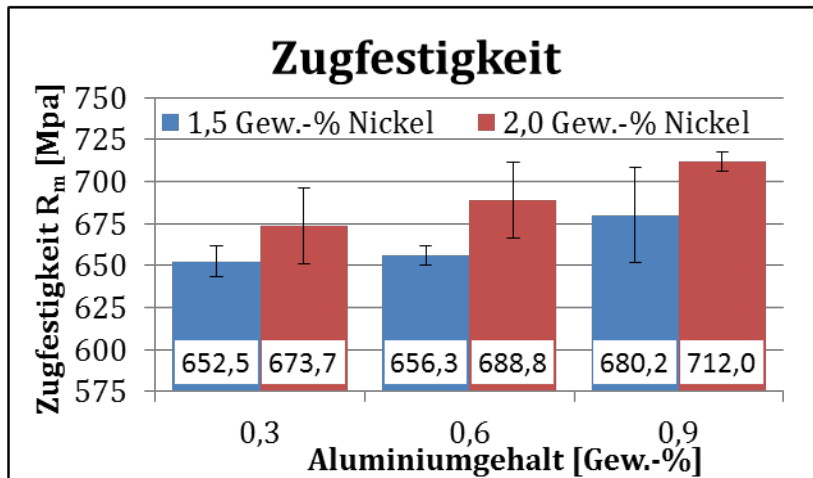


Diagramm 4: Zugfestigkeiten der untersuchten Legierungen

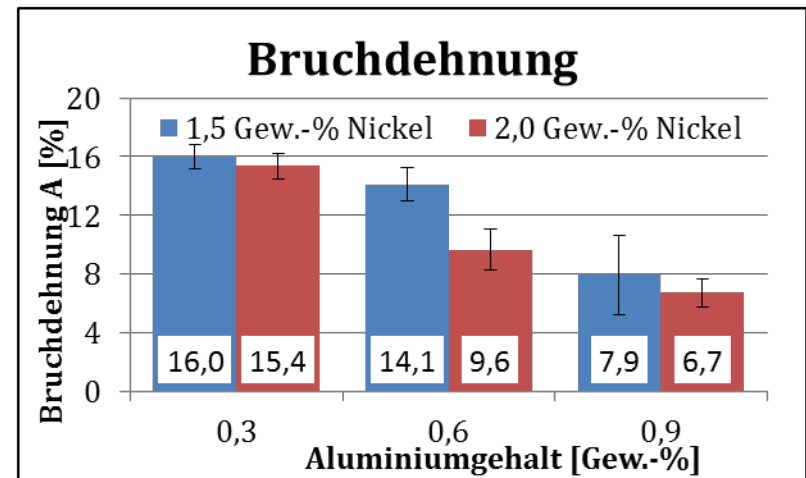
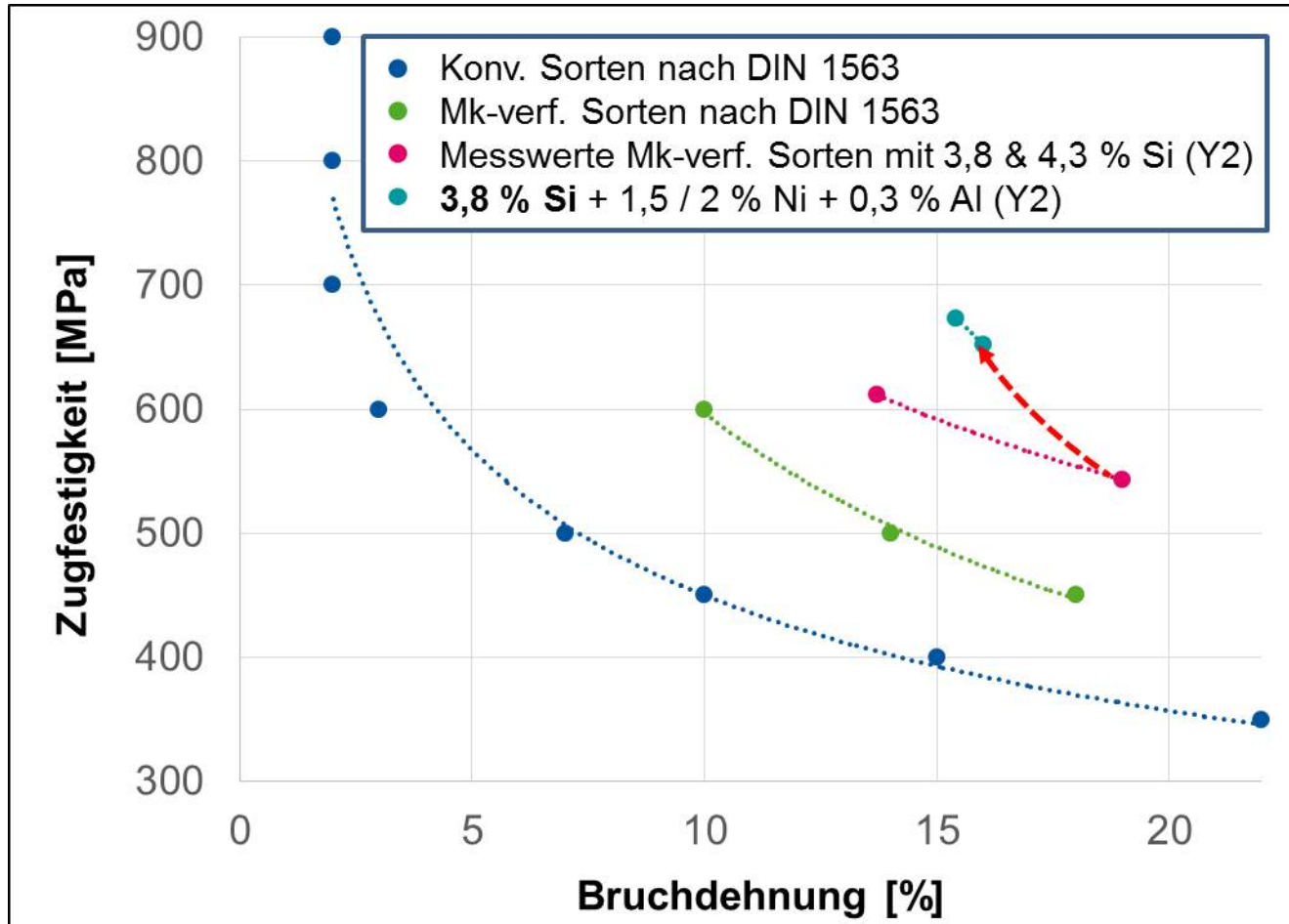


Diagramm 5: Bruchdehnungen der untersuchten Legierungen

Ergebnisse: mechanische Eigenschaften



FAZIT:

Die genormte Sorte EN GJS 500-14 wird erheblich verbessert hinsichtlich einer erhöhten Zugfestigkeit und gleich bleibender Dehnung

Diagramm 6: Zugfestigkeit gegen Bruchdehnung für verschiedene Gusseisensorten mit Kugelgraphit

Fazit

- Aluminium wirkt graphitisierend und Nickel perlitisierend, Das Auftreten von erhöhten Perlitanteilen liegt genau im untersuchten Zusammensetzungsbereich
- Untersuchten Legierungskonzepte zeichnen sich aus durch:
 - + höhere Zugfestigkeit als die genormte Sorte (+170 MPa)
 - + ähnliche Bruchdehnung wie die genormte Sorte
 - + Einstellung einer vollferritischen Matrix sehr gut möglich
 - + Keine Graphitentartungen im untersuchten Legierungsbereich
 - + akzeptable Gießbarkeit
- Durch die Substitution von einem Teil des Siliziums durch Aluminium und Nickel werden höhere Festigkeiten erreicht, während die Bruchdehnung nur sehr gering abfällt
- Ausreizung dieser Kombination noch nicht abgeschlossen, durch Reduzierung des Siliziumgehaltes können die Eigenschaften vermutlich weiter gesteigert werden

Quellen:

Cen T. K. *Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit.* In N. Gießereiwesen. DIN EN 1563. 2012, p. 1-49.

Gorony J. *Neues Gusseisen wiegt Leichtbaudefizite auf.* VDI Nachrichten, 2012, 1-4.

Hasse S. *Gefüge der Gusseisenlegierungen.* Edition ed. Berlin: Schiele & Schön Verlag, 2008.

Hasse S. *Duktiles Guseisen.* Edition ed.: Schiele & Schön, 1996.

Herfurt K., Gorski R., Beute K., Hering M. *GOPAC C 500F - Gusswerkstoffe für den Maschinenbau mit höherer Festigkeit und Bruchdehnung bei sehr homogener Härteverteilung.* Technologie & Trends, 2011, 98, 68-79.

Janakiev N. *Aluminiumlegiertes Gusseisen mit Lamellen und Vermiculargraphit für extreme Beanspruchungen.* Giesserei-Praxis, 1971, 319-327.

Larker R. *American Foundry Society/Ductile Iron Society – Solution Strengthened Ferritic Ductile Iron ISO 1083/JS/500-10 Provides Superior Consistent Properties in Hydraulic Rotators,* Vindeln, Schweden, 2008, p. 169-177

Löblich H. *Werkstoff- und Fertigungstechnische Grundlagen der Herstellung und Anwendung von hoch Siliziumhaltigem Gusseisen mit Kugelgraphit.* Schlussbericht der Forschungsstelle(n) Institut für Gießereitechnik GmbH Düsseldorf, 2012.

Interne Untersuchungen am Gießerei-Institut der RWTH:

Banszerus P. *Aluminium als mischkristallverfestigendes Element in hochsiliziumhaltigem Gusseisen mit Kugelgraphit.* Bachelorarbeit RWTH Aachen University, 2015.

Brachmann J. *Einfluss von Nickel auf die mechanischen Eigenschaften von Silizium-mischkristallverfestigtem Gusseisen mit Kugelgraphit.* Masterarbeit RWTH Aachen University, 2014.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!