Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fr.-W. Bach

4. Zwischenbericht FA7, Sept 09

Projekt DVS/AiF 7.058/15.444N:

Niedrig schmelzende Aluminiumhartlote aus dem System Al-Si-Zn

Projektlaufzeit: *01.12.2007-30.11.2009*

Berichtszeitraum*: 31.01.2009-31.08.2009*

Einleitung

Für eine löttechnische Verarbeitung hochlegierter Aluminiumwerkstoffe existieren gegenwärtig keine Lotsysteme, die den hierfür notwendigen Anforderungen an die maximal zulässigen Verarbeitungstemperaturen der Grundwerkstoffe sowie den gewünschten grundwerkstoffähnlichen Festigkeiten und Korrosionsbeständigkeiten der Fügezone gleichermaßen gerecht werden und zudem großserientauglich – beispielsweise in Form einer Lotplattierung – appliziert werden können. Folglich reduziert sich die Aluminiumlöttechnologie auf wenige, zum Teil speziell für eine Lötanwendung optimierte, niedrig legierte Werkstoffe. Ein Großteil der auf dem Markt befindlichen Aluminiumknet- und Gusslegierungen, welche sich insbesondere durch hohe Festigkeiten und kostengünstige Fertigungsrouten bei deren Verarbeitung auszeichnen, sind als Konstruktionswerkstoffe für Bauteile, die einer prozesssicheren, löttechnischen Fertigung bedürfen, nicht oder nur sehr begrenzt einsetzbar.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollen Hartlotlegierungen aus dem Dreistoffsystem Al-Si-Zn entwickelt und qualifiziert werden, die anwendungsspezifische Arbeitstemperaturen von 520°C bis 570°C aufweisen. Die Lote sollen wie die konventionellen AlSi-Hartlote als Folien, Drähte und ggf. als Lotplattierungen oder Lotpasten eingesetzt werden können und für das Löten von Aluminiumknet- und Gusslegierungen, die bislang aufgrund ihrer niedrigen Solidustemperaturen nicht hartgelötet werden können, geeignet sein. Des Weiteren sollen die zu entwickelnden Lotlegierungen sowohl beim Ofenlöten als auch für das Löten mittels lokaler Erwärmungsverfahren (Flammlöten, Induktionslöten, Laserlöten, NonVac-EB-Löten, ggf. MIG-Löten) verwendet werden können.

Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

Gemäß Arbeitsplan wurden sowohl Drähte für Lötversuche als auch Bolzen zur Herstellung von Zugproben aus unterschiedlichen Al-Si-Zn-Loten hergestellt, Abb. 1 +2. In Tabelle 1 sind die wesentlichen mechanischen Kennwerte der getesteten Legierungen (sowohl nur stranggepresst als auch mit anschließender Wärmebeahandlung) dargestellt und mit den Werten einer AlSi12-Gußlegierung verglichen.

Abbildung 1:
Draht und Zugbolzen der Lotlegierung Al56,5Si5,9Zn37,6

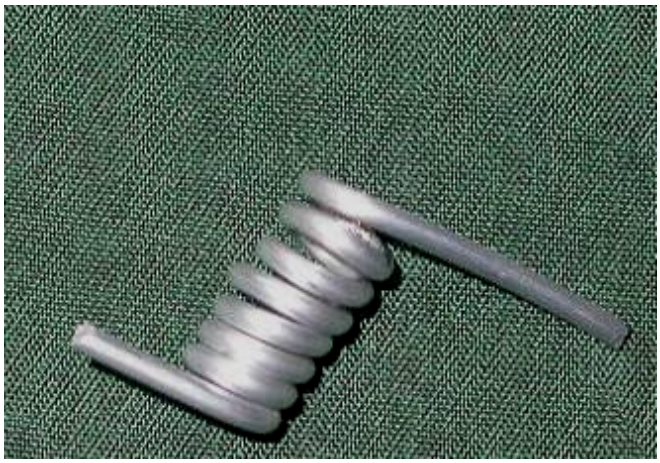


Abbildung 2:
Draht Al56,5Si5,9Zn37,6 wärmebehandelt

Tabelle1: Mechanische Kenngrößen ausgewählter Legierungen

Probe	Elazititätsmodul / *GPa*	$R_{p0,2}$ / *MPa*	R_m / *MPa*	Bruchdehnung A_5 / %
Stranggepresst				
Al56,5Si5,9Zn37,6	64	345	393	7
Al74,6Si9,3Zn16,2	64	205	347	12
Wärmebehandelt				
Al56,5Si5,9Zn37,6	67	253	325	12
Al74,6Si9,3Zn16,2	73	232	334	12
GK-AlSi12g [Aluminiumtaschenbuch 15. Auflage, 466]	-	80-110	170-230	6-12

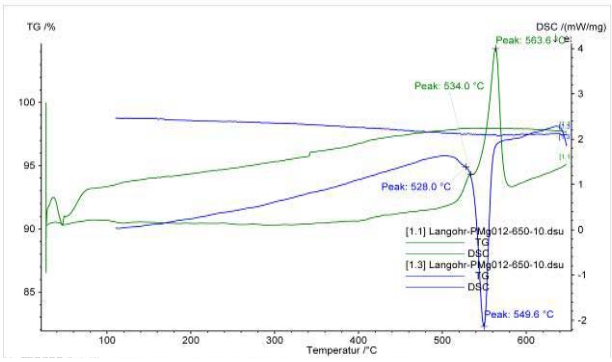
Weiterhin wurden gemäß Arbeitsplan Lotlegierungen mit Zusammensetzungen mit bis zu 2 wt% Mg modifiziert. Hierzu wurden die Komponenten Al, Zn, Si (Reinheit>99,98%) und Mg in einem mehrstufigen Prozess legiert. Zunächst wurde eine Vorlegierung aus Al-Si in einem kontaminationsfreien Hochvakuumprozess hergestellt. Im nächsten Schritt wurde in einem Schutzgasprozess Zink und eine Magnesiumvorlegierung zulegiert, wobei zur intensiven Durchmischung mehrfach umgeschmolzen wurde.

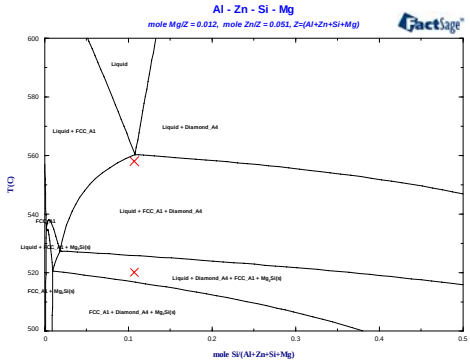
Zur Bestimmung des genauen Schmelzbereichs und der Umwandlungsenthalpien von Al-Mg-Si-Zn-Legierungen in Abhängigkeit des Mg-Gehalts (1 wt% bis 2 wt%) erfolgten DSC-Messungen, wobei geschlossene Tiegel verwendet wurden, um Messeinflüsse durch ggf. abdampfendes Zn zu minimieren. Die gewonnenen Daten dienen zur Bestimmung der Liquidus- und Solidustemperaturen im Vierstoffsystem (aus der Literatur bislang keine Messdaten verfügbar), deren Kenntnis essentiell für die Festlegung der Lötprozessparameter ist.

Die gemessenen Schmelzbereiche sind in der unten aufgeführten Tabelle 2 dargestellt.

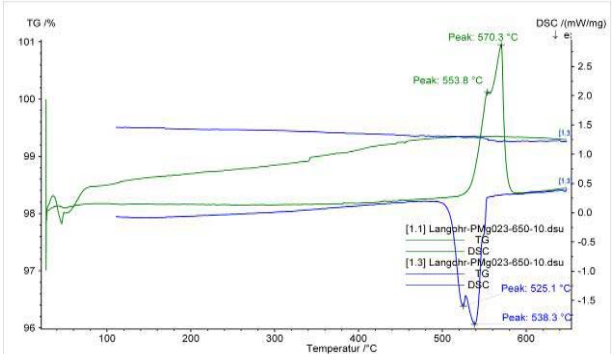
Tabelle 2: mit Mg modifizierte Legierungen					
Lotlegierung	Stoffmengenanteile/%				Schmelzbereich/°C
	Al	Mg	Si	Zn	experimentell
Al77,2Mg1Si10,3Zn11,5	83,0	1,2	10,7	5,1	520-558
Al78,7Mg2Si11,2Zn8,1	82,8	2,3	11,3	3,6	529-560

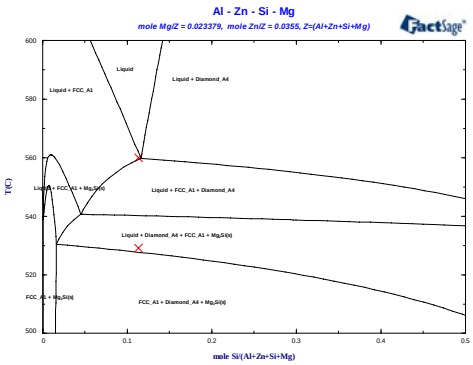
Die DSC-Messungen an Lotlegierungen auf der eutektischen Fläche bis 2,3 at% Magnesium bestätigen die zuvor theoretisch berechneten Liquidus- und Solidustemperaturen im Vierstoffsystem, wie in der Abbildung 3 mit roten Kreuzen dargestellt.





Lotlegierung Al77,2Mg1Si10,3Zn11,5





Lotlegierung Al77,2Mg2Si11,2Zn8,1

Abbildung 3:
DSC-Analysen und berechneter isoplehter Schnitt im Vierstoffsystem AlMgSiZn

Die Lotlegierung Al82,8Si11,3Mg2Zn3,6 wurde in einem Flammlötprozess mit einem geeigneten kommerziellen Flussmittel gelötet. Lichtmikroskopische Aufnahmen metallographischer Schliffe der Lötnaht weisen eine ausgezeichnete Benetzung und Kapillaraktivität der eingesetzten Legierung nach, Abb. 4.

Weiterführend zu den im letzten Berichtszeitraum vorgestellten Stromdichte-Potenzialmessungen wurden Korrosionsuntersuchungen lotbenetzter Proben (GW: EN AW 6060) in einer Salzsprühnebelkammer mit 5 wt% NaCl-Lösung bei 35°C (gemäß DIN 50021 SS) über 91 Stunden und 720 Stunden durchgeführt. Auf den Proben vorhandene Flussmittelreste wurden vorab vollständig entfernt. Die Folgen der korrosiven Belastung sind in den unten aufgeführten Schliffbildern (Abb.5) zu erkennen. Während innerhalb der ersten 91 Stunden bei allen Proben keine in die Tiefe gehenden Korrosionsschäden festzustellen sind, werden nach 720 Stunden Auslagerung an allen Proben deutlich Korrosionserscheinungen in Form von selektiver

Korrosion unter Kornauflösungen im Lötgut beobachtet. Tendenziell ist hierbei festzustellen, das der Grad der Gefügeauflösung bei den höher zinkhaltigen Lot größer als in der Lotvariante mit nur 16,2 wt% Zink ist, was im Einklang mit den früher durchgeführten elektrochemischen Korrosionsmessungen steht.

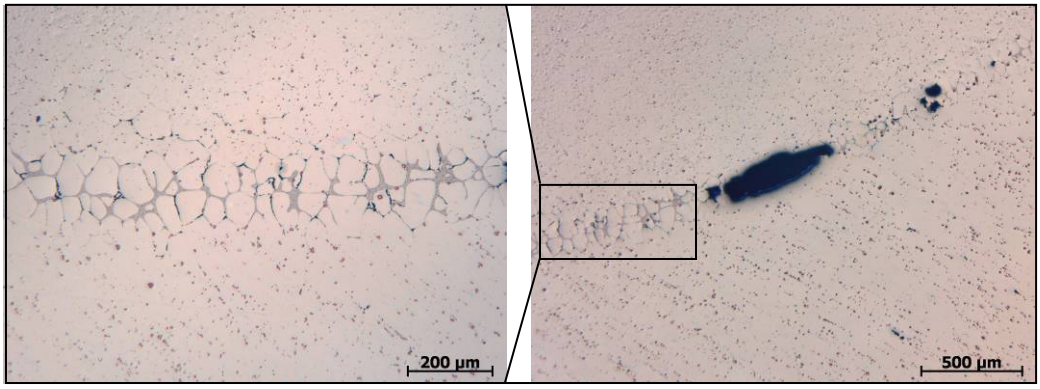


Abbildung 4:
Lötprobe, flammgelöteter Einsteckverbindungen
Löttemperatur Al82,8 Mg2Si11,3Mg2Zn3,6 566 °C
GW: EN AW 6082 und EN AW 5049

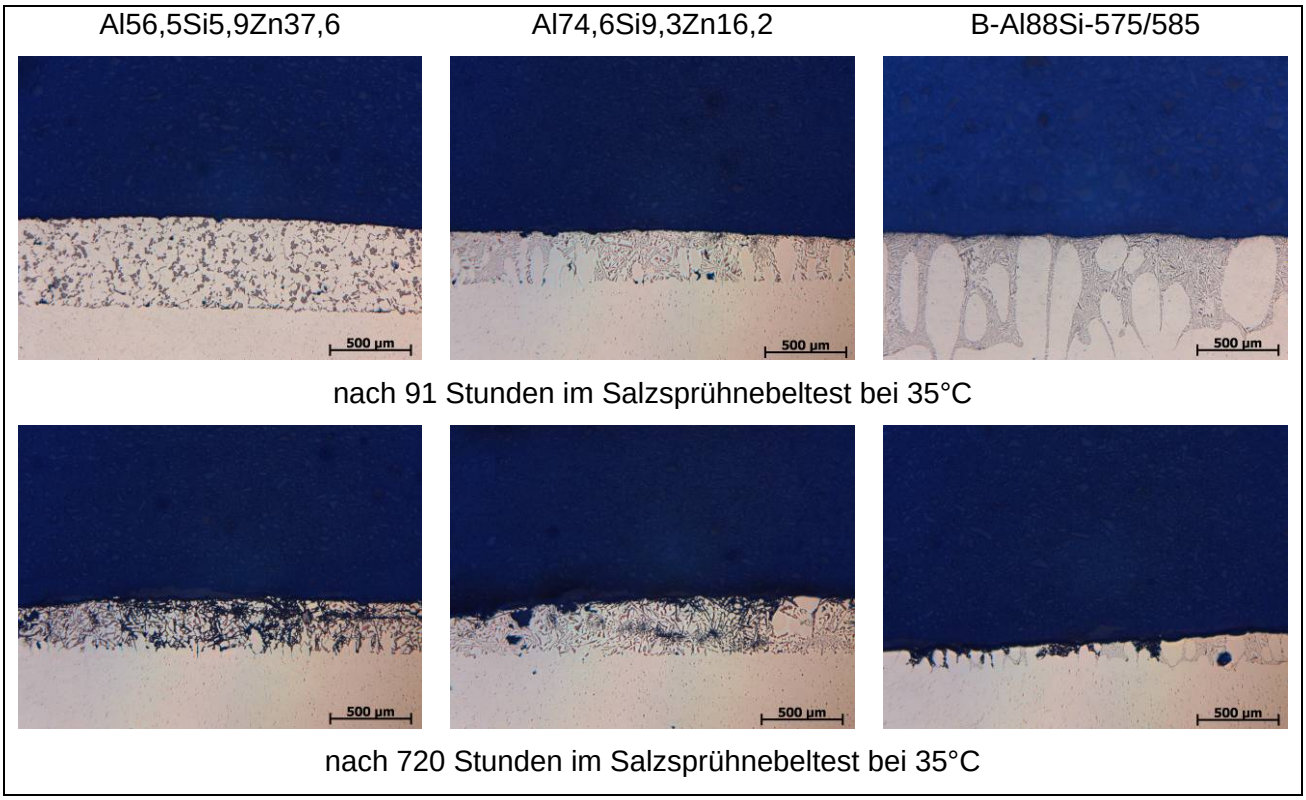


Abbildung 5:
lichtmikroskopische Aufnahmen metallographischer Schliffe ausgelagerter Benetzungsproben

Zudem wurden in einem Flammlötprozeß Bauteilmuster, die von einer Firma des projektbegleitenden Ausschusses zur Verfügung gestellt wurden, erfolgreich gelötet (siehe Abb. 6), wobei sowohl die Referenzlote ZnAl5 und Alsi12 als auch zwei Lote aus dem Dreistoffsystem Al-Zn-Si eingesetzt wurden.

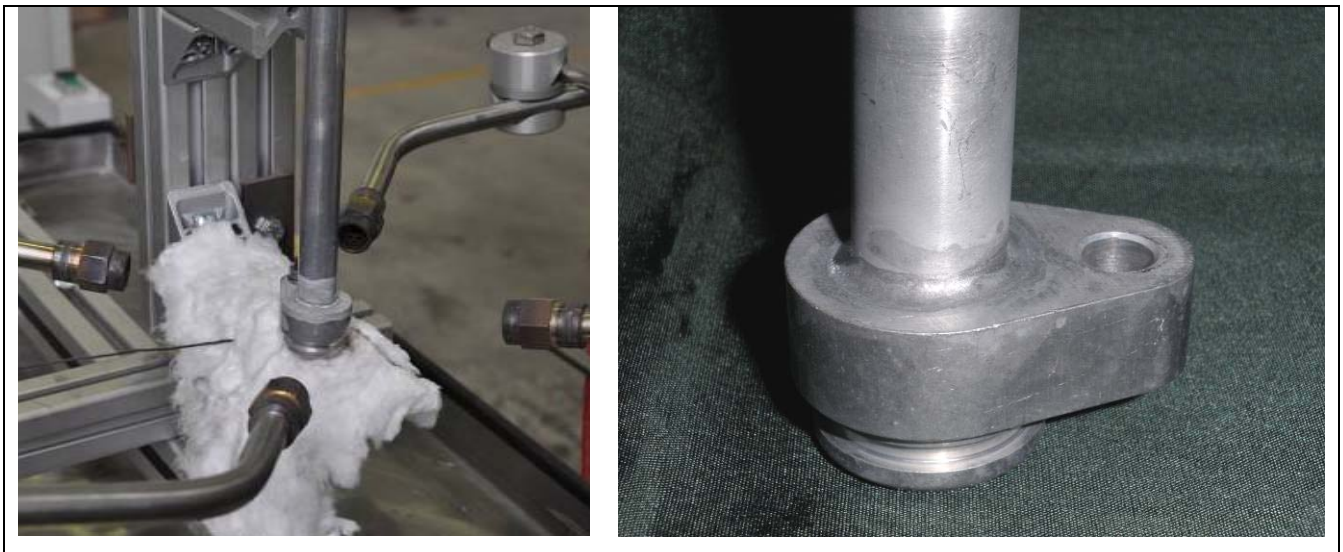


Abbildung 6:
Links: Versuchsanordnug zum Flammlötprozeß an Bauteilmustern
Rechts: Lötprobe, flammgelötetes Bauteilmuster, Löttemperatur Al82,8Si9,3Zn16,2 534 °C

Die aktuellen Arbeiten befassen sich mit der Durchführung von Zugversuchen an gelöteten Zugproben und Korrosionsuntersuchungen mit Mg-modifizierten Loten sowie Untersuchungen an den zuvor gelöteten Bauteilmustern im Salzsprühnebeltest.

Letzte PBA-Sitzung: 19.05.2009 in Garbsen (Institut für Werkstoffkunde)

Nächste PBA-Sitzung: 29.09.2009 in Witten (Institut für Werkstoffkunde)

Die Arbeiten verlaufen plangemäß.