Leibniz Universität Hannover Institut für Werkstoffkunde

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fr.-W. Bach

Zwischenbericht DVS-Nr.: 07.060 / IGF-Nr.: 16.036 N

Projektlaufzeit: 01.04.2009-31.03.2011
Berichtszeitraum: 01.04.2009-11.09.2009

1 Forschungsthema

„Bor- und phosphorfreie Nickelbasislote für das Löten im Schutzgasdurchlaufofen“

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Der stetig steigende Kostendruck bei der löttechnischen Fertigung von Edelstahlbauteilen, wie sie beispielsweise in Form unterschiedlichster Wärmeübertrager millionenfach in Kraftfahrzeugen, Anlagen der Energie- und Klimatechnik sowie im allgemeinen Anlagenbau benötigt werden, erfordert einen effektiven Einsatz der zu verarbeitenden Lotwerkstoffe, einen hohen Automatisierungsgrad bei der Vorbelotung der zu fügenden Komponenten und nicht zuletzt ein ökonomisches Lötverfahren. Bei den Herstellern o. g. Bauteile wird das Hartlöten in einem Schutzgasdurchlaufofen favorisiert, da dieses Verfahren in der Massenfertigung wesentlich kostengünstiger als das hierzu konkurrierende Löten in einem Vakuumofen ist. Gleichwohl gibt es werkstoff- und verfahrensbedingte Grenzen hinsichtlich der löttechnischen Verarbeitbarkeit in einem Schutzgasdurchlaufofen. Die absolut kontaminationsfreien Prozessbedingungen und die weitaus höheren Prozesstemperaturen, die in Hochvakuumöfen realisiert werden können, lassen die Verarbeitung eines erweiterten Werkstoffspektrums zu, während Schutzgasdurchlauföfen insbesondere hinsichtlich der erreichbaren Arbeitstemperaturen beschränkt sind. Gegenwärtig stellt 1100°C Lotverarbeitungstemperatur einen Schwellwert für die industrielle Verwendung eines Durchlaufofens dar. Nickelbasislote, die bevorzugt aufgrund des Anforderungsprofils an löttechnisch hergestellte Edelstahlbauteile verwendet werden, enthalten grundsätzlich Phosphor oder Bor, damit diese Arbeitstemperatur erreicht werden kann. Mit der Verwendung derartiger Lote müssen erhebliche Nachteile im Hinblick auf die erreichbaren Verbindungsfestigkeiten und/oder Korrosionsbeständigkeiten in Kauf genommen werden, die die Lebensdauer insbesondere hochbeanspruchter Bauteile limitieren. Seitens der Industrie besteht folglich ein großer Bedarf an in ihren technologischen Eigenschaften verbesserten Hochtemperaturloten für das Löten von Edelstahlbauteilen in kontinuierlichen Schutzgasofenprozessen.

3. Forschungsziel

Zielsetzung des Projektes ist die Entwicklung von phosphor- und borfreien Nickelbasisloten mit Verarbeitungstemperaturen kleiner 1100°C. Die für die Schmelzpunkterniedrigung notwendigen Halbmetalle sollen hierbei durch die Metalle Kupfer und Mangan jeweils in Kombination mit Silizium substituiert werden. Die zu entwickelnden Lote aus den Systemen Ni-Cr-Cu-Si bzw. Ni-Cr-Mn-Si sollen vordergründig für die Verarbeitung in einem Schutzgaslötprozess dienen, für die bislang aufgrund der verfahrensbedingten Grenzen in der erreichbaren Prozesstemperatur keine phosphor- und borfreien Ni-Cr-Lote zur Verfügung stehen.

4. Stand der Forschungsarbeiten

Im Berichtszeitraum wurden zunächst aus einer Analyse der den Lotsystemen Ni-Cr-Cu-Si und Ni-Cr-Mn-Si zugrundeliegenden bekannten Zwei- und Dreistoffsysteme Parameterfenster bezüglich der Zusammensetzung ermittelt, die Liquidustemperaturen unter

1100°C in den Vierstoffsystemen erwarten lassen. Daraufhin wurden verschiedene Lote aus den Systemen Ni-Cr-Cu-Si respektive Ni-Cr-Mn-Si schmelzmetallurgisch hergestellt. Um eine intensive Durchmischung zu gewährleisten und eine homogene Zusammensetzung sicherzustellen, wurden die Legierungen in einem Hochvakuumofen mehrfach umgeschmolzen. Die Mn-haltigen Lote wurden aus den kommerziell erhältlichen Lotpulvern BNi5 (Ni10Si19Cr) und BNi8 (Ni23Mn4,6Cu7Si) hergestellt, sodass sie neben Ni, Cr, Mn und Si auch eine geringe Menge Cu enthalten. Die Lote des Systems Ni-Cr-Cu-Si wurden aus der Legierung CuSi3 sowie den Komponenten Nickel (Reinheit 99,8 %) und Silizium (Reinheit 99,9999 %) hergestellt.

Die Lotlegierungen wurden dann mittels Differential Scanning Calorimetry (DSC) analysiert, um den Schmelzbereich zu bestimmen. Die DSC ist eine thermoanalytische Methode, welche das Verhalten einer Probe / Substanz als Funktion der Temperatur bei Anwendung eines bestimmten Temperaturprogramms untersucht. Gemessen wird der Differenzwärmestrom zwischen der zu untersuchenden Probe und einer Referenzprobe. Der gemessene Wärmestrom wird über die Zeit integriert und es resultiert daraus die Reaktionswärme (z. B. Schmelzenthalpie, Verdampfungsenthalpie etc.) der ablaufenden Reaktion. Alle untersuchten Lote wurden mit einer linearen Rate von 10 K/min von 30 °C auf 1180 °C aufgeheizt. Anschließend erfolgte die Abkühlung mit einer konstanten Rate von 20 K/min auf 300 °C. Dieser Zyklus wurde für jede Legierung zweimal durchlaufen. Beispielhaft sind in Abbildungen 1 und 2 DSC-Kurven zweier Lotsysteme dargestellt, bei denen der Schmelzbereich unterhalb von 1100 °C liegt. Die zugehörigen Gußgefüge sind in den lichtmikroskopischen Aufnahmen dargestellt.

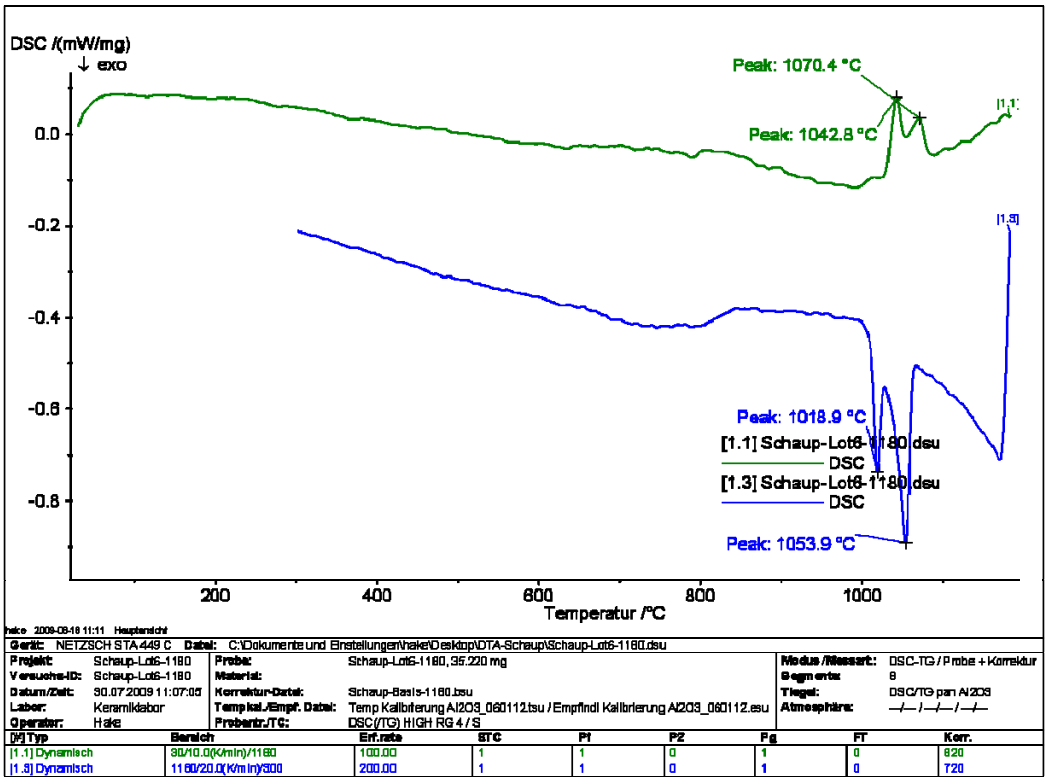
Aktuell werden vergleichende Untersuchungen mittels Stromdichte-Potential-Messungen zur ersten Einschätzung des Korrosionsverhaltens durchgeführt.

Die Arbeiten verlaufen planmäßig.

Nächste PBA-Sitzung: Oktober 2009

5 Durchführende Forschungsstelle

Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover
An der Universität 2
30823 Garbsen
Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fr.-W. Bach
Projektleiter: Dr. rer. nat. U. Holländer



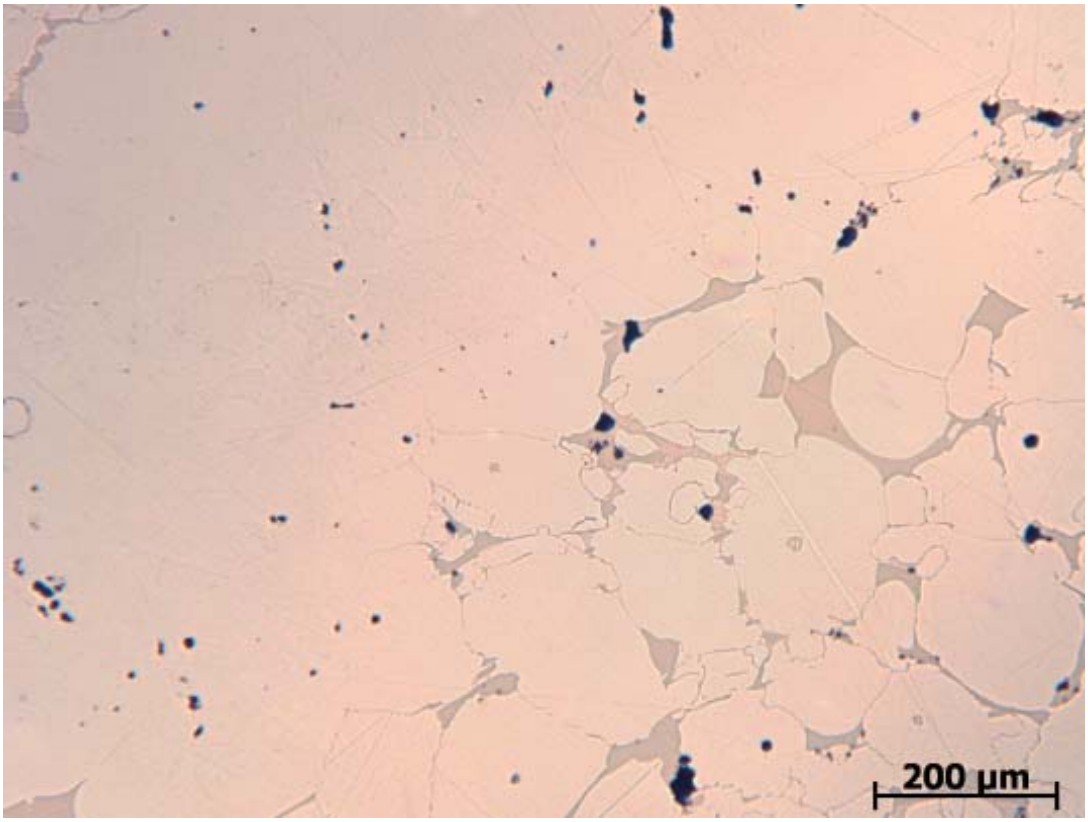
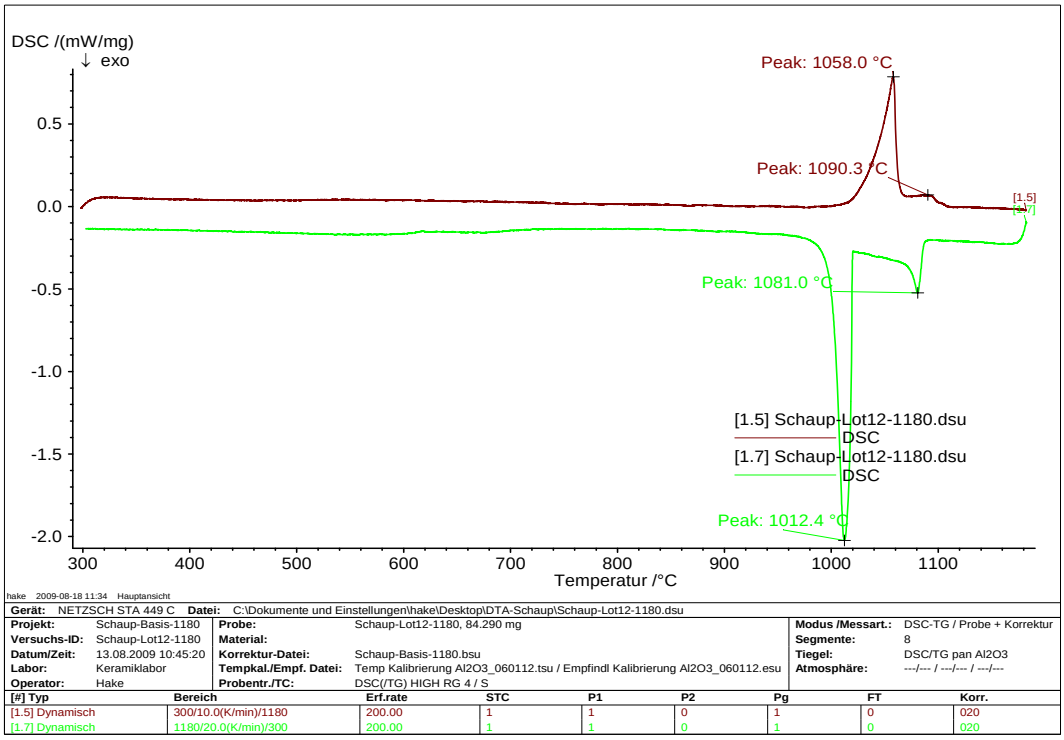


Abbildung 1: oben: DSC-Untersuchung eines NiCrCuSi-Lotes; unten: zugehöriges Schliffbild des Gussgefüges



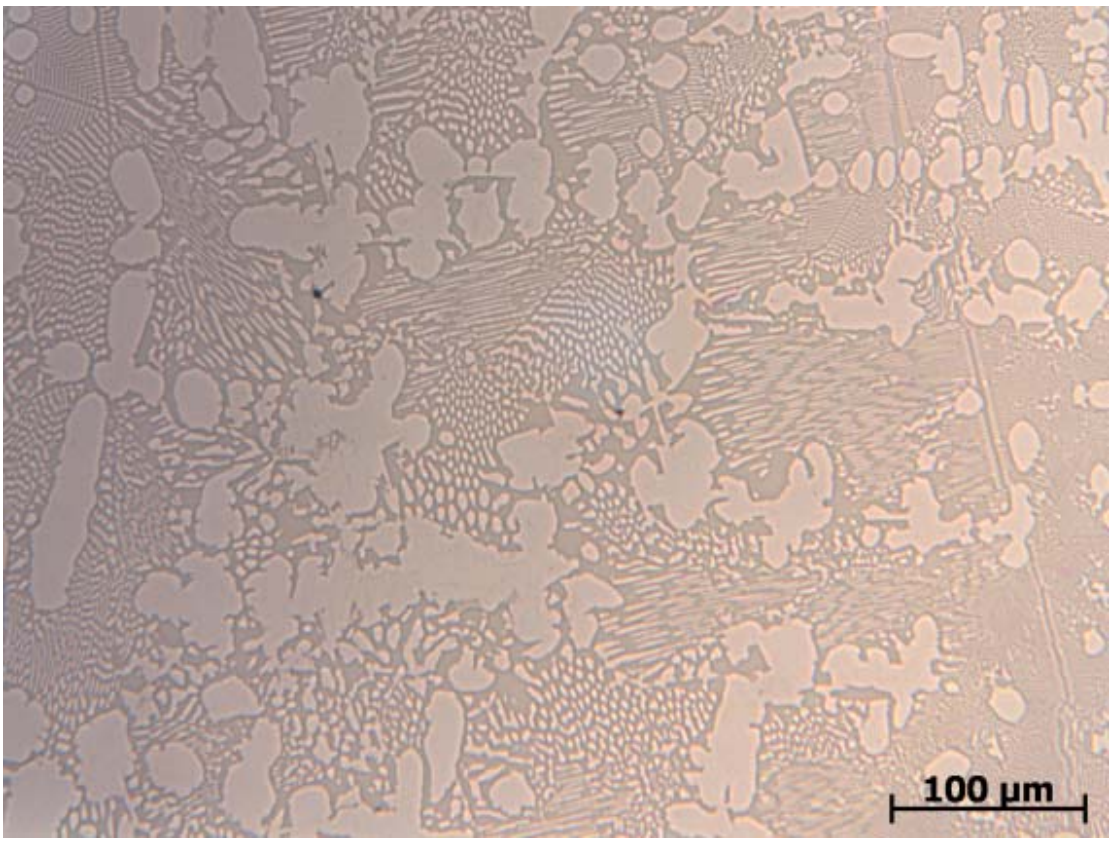


Abbildung 2: oben: DSC-Untersuchung eines NiCrMnSi-Lotes; unten: zugehöriges Schliffbild des Gussgefüges