

*Ilmenauer
Fertigungstechnik*

th
**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Jean Pierre Bergmann

Fachgebietsleiter Fertigungstechnik
Ilmenauer Fertigungstechnik (IFt)
Neuhaus 1
(Schützenhaus)
98693 Ilmenau

Telefon +49 3677 69-2981
Telefax +49 3677 69-1660

jeanpierre.bergmann@tu-ilmenau.de
www.tu-ilmenau.de/fertigungstechnik

Abschlussbericht zum Auftrag

Untersuchung zur Verbindungsbildung an einem Al-Bauteil

Ilmenau, Mai 2012

Technische Universität Ilmenau
Fakultät Maschinenbau
Fachgebiet Fertigungstechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Jean Pierre Bergmann
Neuhaus 1, 98693 Ilmenau, Deutschland
Tel.: 03677 69-2980 Fax: 03677 69-1660

J.P. Bergmann
3.5.2012
S. Janka

Ilmenau, 02.05.2012

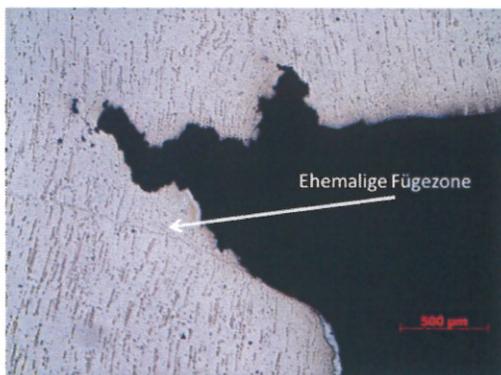
Für den eiligen Leser

Das Schweißen von Aluminium, um innenkonturierte geschlossene Bauteile zur Kühlung herzustellen, fordert nach flächigen statt linienförmigen Anbindungen, um die Bauteilsteifigkeit bzw. das Ausbeulen bei hohem Innendruck zu vermindern.

Die untersuchten Bauteile wurden von der Fa. Voigt, nach dem eigens ernannten Verfahren des Atomic Surface Connection gefügt. Die Prozessentwicklung sowie die Parametrisierung des Verfahrens waren nicht Inhalt der Untersuchung, die das Ziel hatte, zum einen die Art des Schlusses und zum anderen das Verhalten bei hoher Belastung zu bewerten.

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen an Musterproben weisen darauf hin:

- dass die Verbindung bei Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur entstanden ist, d.h. dass es nicht zum makroskopischen Aufschmelzen der Fügepartner gekommen ist.
- dass in der Fügezone eine weitgehend stoffschlüssige Anbindung vorliegt. Lediglich kleinste Bindefehler konnten sporadisch festgehalten werden.
- dass sich bei Belastung, die an einem innenkonturierten Bauteil aufgebracht wurde, bei einem Druck von 240 bar Risse ausgehend von der geometrischen Kerbe im Bauteil bilden und diese nicht in der Fügezone, sondern im Grundwerkstoff fortschreiten, d.h. dass die Fügestelle nicht versagensrelevant ist. Ein Abschälen in der Fügezone ist nicht erkennbar.



Die abgeleiteten Erkenntnisse basieren auf Probematerial, das die Fa. Voigt zur Verfügung gestellt hat. Die untersuchten Verbindungen weisen darauf hin, dass mit der Verfahrensweise des ASC hochfeste Verbindungen hergestellt werden können. Viel mehr ist jedoch hervorzuheben, dass im Fall von Rissbildung, die Fügeverbindung nicht versagensrelevant ist.

1. Einleitung

Im Rahmen eines vorgelagerten Projektes wurden Bauteile der Fa. Voigt Systemtechnik, die über das von Voigt selbst ernannte ASC gefügt worden, methodisch auf die Art der Verbindungsbildung untersucht.

ASC steht für Atomic Surface Connction und wird von der Fa. Voigt als Pressschweißverfahren zur Erzeugung dichter Verbindungen insbesondere im Bereich der Herstellung von Kühlkörpern verfolgt. Grund dafür ist zum einen die Möglichkeit, flächige Verbindungen herzustellen und zum anderen das Schmelzschweißen mit den hoch lokal auftretenden Temperaturen zu umgehen.

Typische Bauteile sind in Abbildung 1 verdeutlicht.



Abbildung 1: Musterbauteile Fa. Voigt.

Aus den bereits durchgeführten Untersuchungen konnte abgeleitet werden, dass ein Stoffschluss zwischen den Fügepartnern nach dem Fügen durch ASC entsteht. Über die Festigkeit der Verbindung konnte dabei nur festgehalten werden, dass Eigenschaften nah dem Grundwerkstoff zu erwarten waren.

Aus diesem Anlass soll im Rahmen des Auftrages das Verhalten der Fügestelle bei Belastung näher untersucht werden.

2. Zielstellung

Ziel des Vorhabens ist es, anhand einer vergleichenden bauteilspezifischen Untersuchung eine Aussage über die Belastbarkeit der Verbindung zu treffen.

3. Experimentelles Vorgehen

Die Arbeiten wurden an zwei vom Auftraggeber gefügten Proben typen durchgeführt. Dafür ist eine Musterprobe ausgewählt worden (vgl. Abbildung 2). Der Grundwerkstoff besteht aus der Aluminiumlegierung AA5754 (AlMg3). Die Probenabmessungen waren:

- Durchmesser 100 mm,
- Boden und Deckel 10 mm Dicke,

- Vertiefung 8,5 mm.

Nach dem Fügen wurde:

- ein Bauteil mit Wasser bis zu 50 bar über einen Zeitraum von 20 Stunden geprüft (Probe 1),
- ein Bauteil mit Öl bis 240 bar über 1 Minuten geprüft (Probe 2).

Als Abschaltkriterien wurden entweder die Zeit oder die sichtbare Verformung des Bauteils herangezogen. Die Druckprüfung erfolgt mit einem Manometer, um einen eventuellen Druckabfall bestimmen zu können.

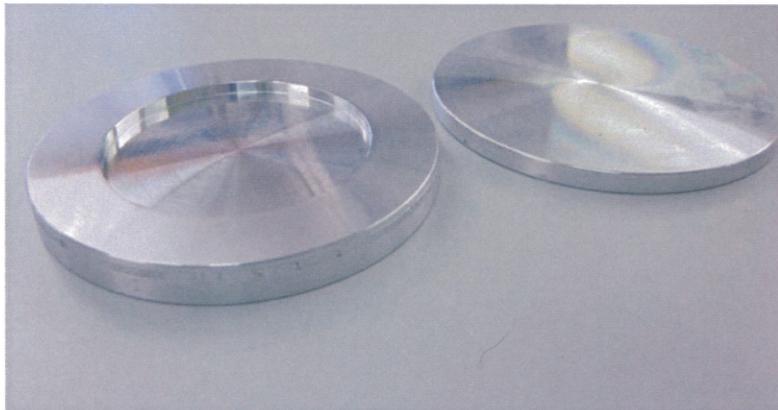
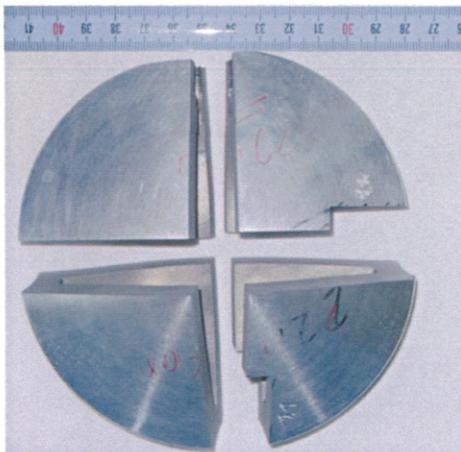
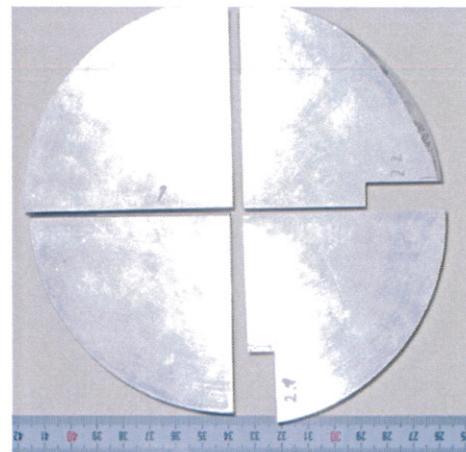


Abbildung 2: Probenhälften

Die Probeentnahme für die Metallographie erfolgte über Drahterosion (Abbildung 3).



a) Probe 2



b) Probe 1

Abbildung 3: Probeentnahme

Die Untersuchungsbereiche wurden metallografisch vorbereitet. Die Präparation erfolgte:

- durch Polieren und Ätzen nach Kroll,
- durch Polieren und Farbätzung mit Kaliumpermanganat und Natriumlauge.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Makroskopischer Befund

An dieser Stelle ist festzuhalten, dass:

- für Probe 1 keine nennenswerte Verformung zu verzeichnen ist,
- für Probe 2 ein „Aufblasen“ mit starker plastischer Verformung zu verzeichnen ist (vgl. Abbildung 4).

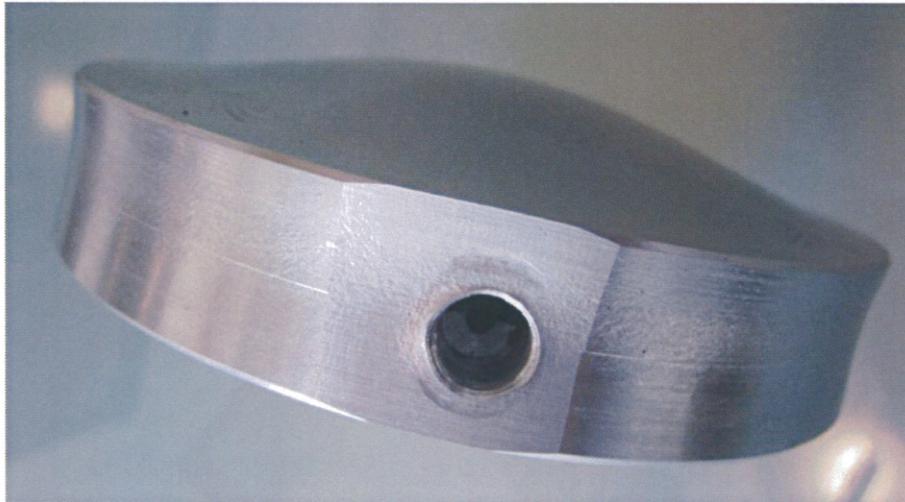


Abbildung 4: Makroaufnahme der Probe 2 nach der Belastung.

4.2 Versagensverhalten

Eine repräsentative Darstellung der Fügezone nach dem Schweißen stellt Abbildung 5 dar. Dieser Bereich ist aus der Probe 1 entnommen worden und spiegelt die Erkenntnisse aus dem vorgelagerten Vorhaben.

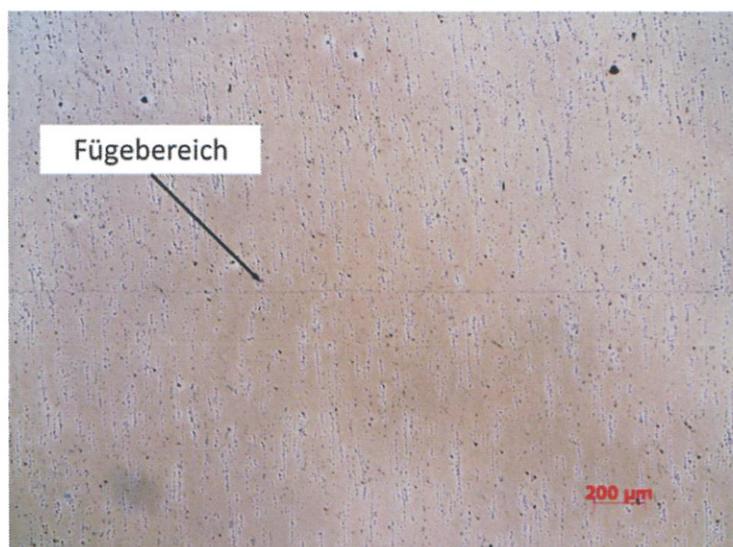


Abbildung 5: Darstellung des Fügebereiches aus Probe 1

Innerhalb der Probe 1 sind metallographisch keine Risse zu erkennen (vgl. Abbildung 6). Lediglich einige ungeschweißte Stellen sind im Verlauf der Fügezone sichtbar.

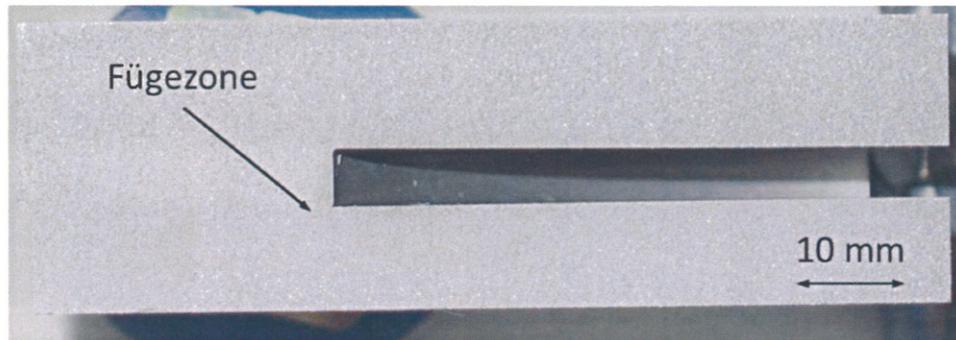


Abbildung 6: Aufnahme der Probe 1 nach Belastung

Abbildung 7 verdeutlicht den Übergang zwischen Deckel und Grundkörper. Dabei ist einerseits die starke Verformung zu erkennen, aber andererseits auch eine Anbindung. Diese Stelle ist an sich auch die geometrische Kerbe, aus der eventuelle Risse beim Innenbelasten ausgehen sollten. Risse konnten an den untersuchten Stellen metallographisch nicht festgehalten werden.

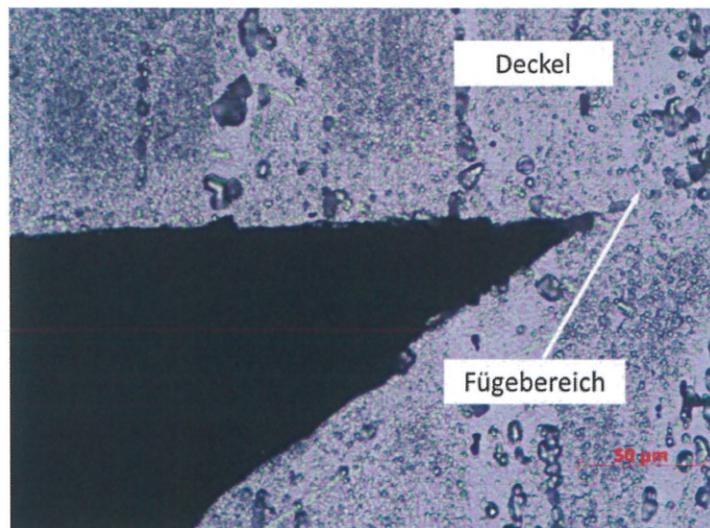


Abbildung 7: Detail Übergang Probe 1

Abbildung 8 verdeutlicht dagegen das Verhalten in der Probe 2. Die Probe wurde bei 240 bar mit Öl für die Dauer von 1 Minute belastet. Die Prüfung wurde auf Grund der starken Verformung abgebrochen.

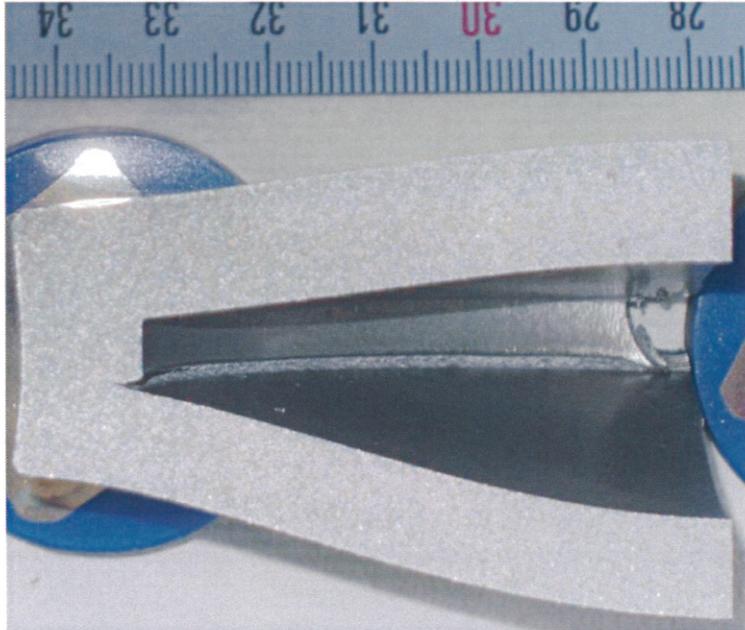


Abbildung 8: Aufnahme der Probe 2 nach Belastung

Der Riss wird im Inneren des Bauteils eingeleitet und zwar an der Kontaktstelle zwischen Deckel und Grundkörper (Kerbwirkung), verläuft jedoch dann in den Grundwerkstoff, während die Fügelinie davon unbetroffen bleibt (Abbildung 9). Sporadisch ist ein Überqueren des Fügebereiches durch den Riss erkennbar (Abbildung 9).

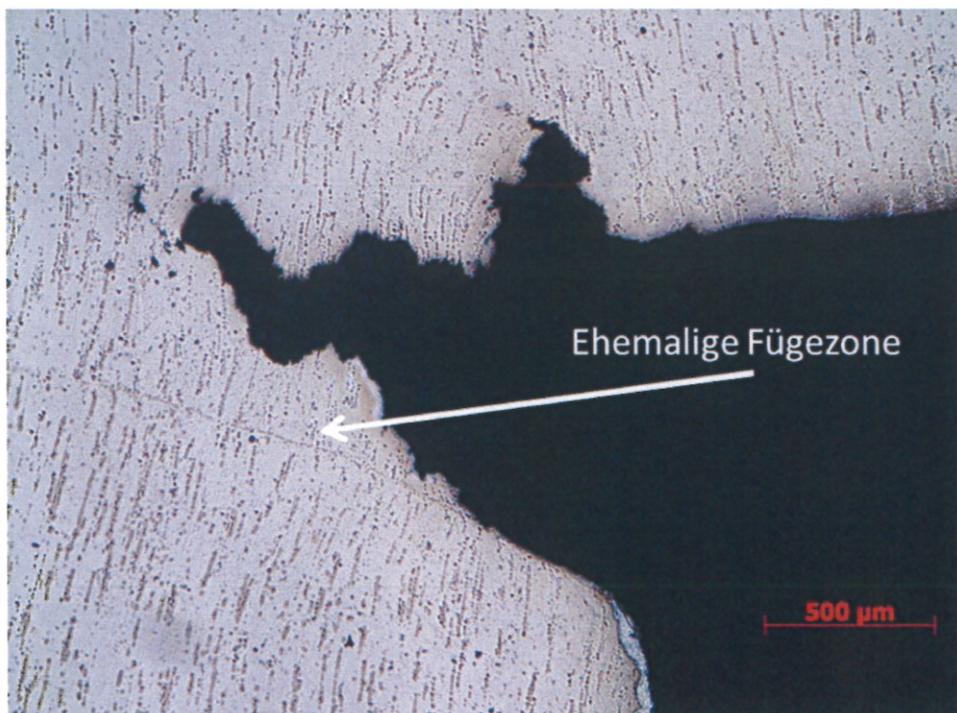


Abbildung 9: Darstellung des Fügebereiches nach Belastung und plastischer Verformung des Bauteils

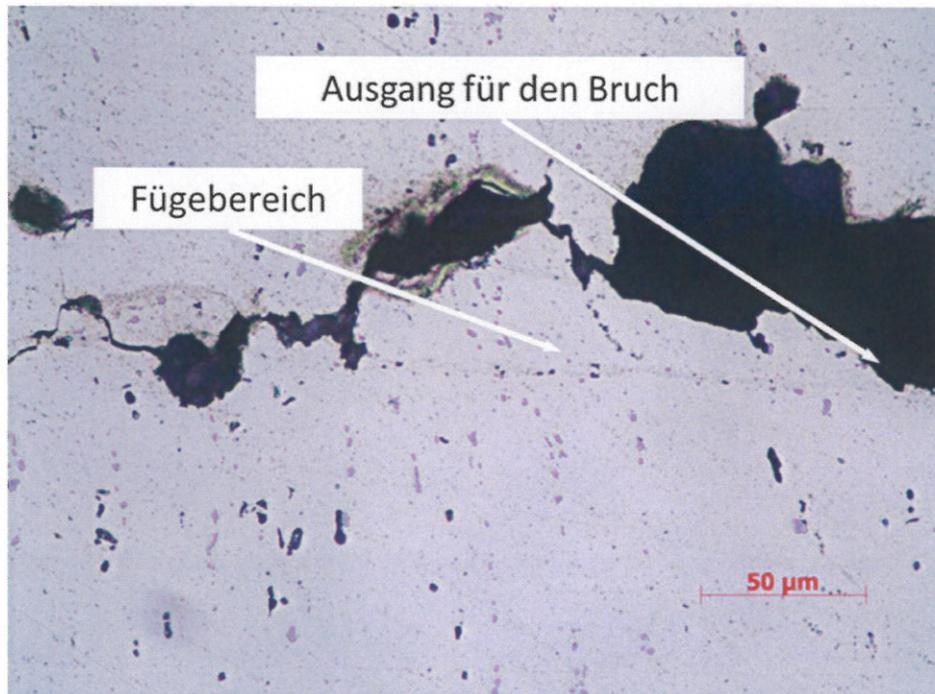


Abbildung 10 Detail des Rissverlaufes.

5. Zusammenfassung

An vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Proben aus Aluminium AA5754 erfolgte eine Untersuchung über das Verhalten der Fügezone bei hoher Belastung. Die Proben wurden vom Auftraggeber mit einem von ihm definierten Verfahren des Atomic Surface Connection gefügt. Die Entwicklung des Prozesses war nicht Inhalt der Untersuchungen, daher kann hier keine Bewertung vorgenommen werden.

Es kann jedoch festgehalten werden, dass unter Einhaltung der Prozessbedingungen von einer nahezu vollständigen Anbindung auszugehen ist. Die morphologische Gestaltung des Fügebereiches ist in einem vorgelagerten Vorhaben untersucht worden. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass diese Proben eine geringere Verformung beim Schweißen erfahren haben.

Die Untersuchungen nach Belastung weisen darauf hin, dass die Verbindung nicht versagensrelevant ist. Der Riss wird an der Überlappstelle zwar eingeleitet (Kerbe), verläuft jedoch in den Grundwerkstoff.