

Laserstrahlschweißen hochfester Aluminiumlegierungen für den Leichtbau

Der Stellenwert hochfester Aluminiumlegierungen steigt stetig mit dem zunehmenden Bedürfnis nach Leichtbaukomponenten im Automobilbau. Dies ist größtenteils der wachsenden Bedeutung des Fahrzeuggesamtgewichts hinsichtlich der Reichweite elektrisch betriebener Fahrzeuge oder des Schadstoffausstoßes verbrennungsmotorisch betriebener Fahrzeuge geschuldet. Aluminiumlegierungen mittlerer bis hoher Festigkeit, wie beispielsweise die Legierungen EN AW-5083 und EN AW-6082 mit einer Zugfestigkeit von maximal 350 MPa bzw. 300 MPa, sind bereits in der Automobilbranche etabliert. Diese weisen im Vergleich zu einer hochfesten Legierung EN AW-7075 mit mindestens 540 MPa Zugfestigkeit nur etwa die halbe Festigkeit auf.

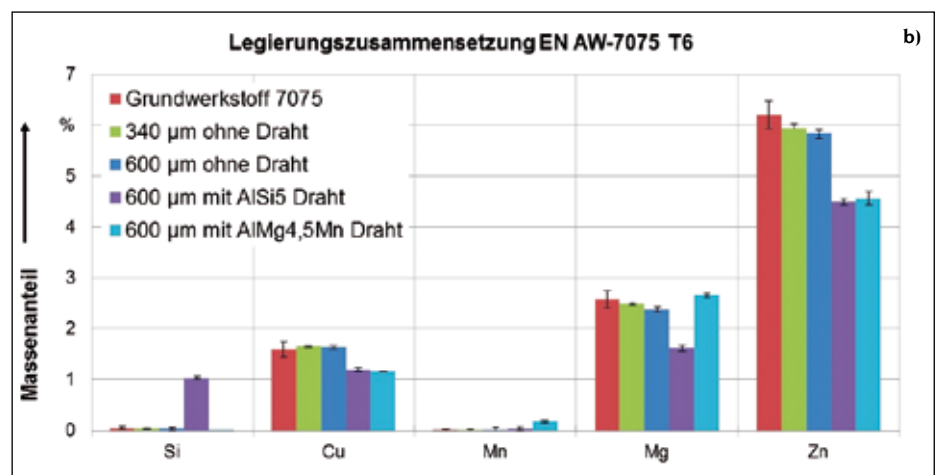
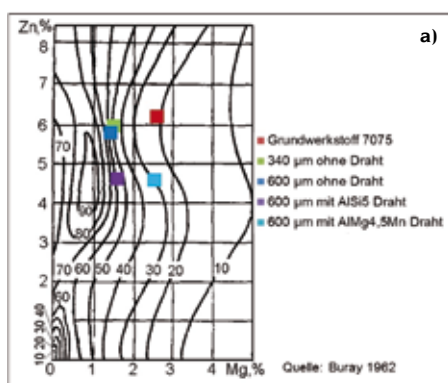
Bislang sind hochfeste Aluminiumlegierungen jedoch fast ausschließlich in der Luft- und Raumfahrt zu finden, da sie aufgrund ihrer Legierungsbestandteile Zink, Magnesium und Kupfer eine hohe Neigung zur Heißriss- und Spritzerbildung beim Schmelzschweißen aufweisen und daher entweder geklebt, genietet oder reibgeschweißt werden. Aufgrund der geringen Grobserientauglichkeit dieser Verfahren werden die Legierungen der 7xxx Gruppe trotz des hohen Leichtbaupotentials kaum in der Massenfertigung der Automobilindustrie eingesetzt.

Aus diesem Grund wird das Laserstrahlschweißen der Legierung EN AW-7075 vor dem Hintergrund einer Anwendung im Leichtbau für elekt-

risch betriebene Fahrzeuge mit einer Förderung durch das bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (StMWi) untersucht. Ziel dabei ist es, unter Anwendung prozess- oder legierungstechnischer Maßnahmen die Schweißbarkeit der Legierung zu verbessern. Dafür werden verschiedene Ansätze verfolgt, die bereits für andere Legierungen bekannt sind. Beispielsweise können durch Variation des Fokusbereichs die Leistungsdichte und damit die Schweißgeschwindigkeit und der Energieeintrag variiert werden. Da Heißrisse durch thermisch induzierte Spannungen bei der Erstarrung initiiert werden, stellt die Verringerung des Energieeintrags durch Reduzierung des Fokusbereichs

eine systemtechnische Maßnahme zur Verringerung der Heißrissbildung dar. Des Weiteren ermöglicht die Zuführung artfremder Zusatzdrähte beim Schweißen eine Verschiebung der Legierungszusammensetzung in der Schweißnaht hin zu einem unkritischen Bereich.

Für die Untersuchung der genannten Maßnahmen werden Schweißversuche im Stumpfstoß an Blechen der Legierung EN AW-7075 T6 mit 1 mm Blechdicke und I-Naht durchgeführt. Dabei wird ein Scheibenlaser mit einer maximalen Laserleistung von 4 kW mit Fokusbereichsdurchmessern von 340 µm und 600 µm eingesetzt. In Kombination mit einem 600 µm Fokusbereichsdurchmesser werden dem Prozess außerdem sowohl der Zusatzwerkstoff AlMg4,5Mn als auch AlSi5 mit einem Durchmesser von jeweils 0,8 mm schleppend zugeführt. Die Schutzgasabdeckung erfolgt beidseitig mit Argon. Die geschweißten Bleche werden sowohl metallografisch mittels Quer-, Längs- und Flachschliffen sowie WDX-Analyse als auch mechanisch mittels Zugversuchen ausgewertet. Anhand der Schliffe werden die Längen der einzelnen Heißrisse zu einer gesamten Heißrisslänge



▲ a) Relative Heißrissanfälligkeit des AlZnMg-Legierungssystems nach Buray mit Angabe der mittleren Konzentrationen und Standardabweichungen aus WDX-Messungen (n = 3) von geschweißten Blechen b)

Konfiguration	Risslänge [mm]	Verringerung der Risslänge ausgehend vom Maximum [%]	Schweiß- bzw. Drahtgeschwindigkeit [m/min]	Laserleistung [kW]
600 µm Fokus	16,7	0,0	10	2,7
300 µm Fokus	13,1	21,7	10	1,8
600 µm Fokus; AlMg4,5Mn Draht	1,5	91,0	9	3,8
600 µm Fokus; AlSi5 Draht	0,2	99,0	8	3,7

▲ Ergebnis der metallografischen Analyse der Heißrisslänge für die geschweißten Proben der Legierung EN AW-7075 T6 und Schweißparameter.



▲ Mittelwert und Standardabweichung (n=6) der Zugfestigkeit der geschweißten Proben aus EN AW-7075 T6 mit Angabe der Mindestfestigkeit des Grundwerkstoffes.

über eine Schweißnahtlänge von 20 mm addiert.

Aus der Analyse der Schiffe geht hervor, dass eine leichte Verbesserung der Heißrissbildung erzielt werden kann, wenn mit kleinerem Fokusbereich geschweißt wird (vgl. Tabelle). Dies liegt darin begründet, dass durch den geringeren Energieeintrag weniger thermisch induzierte Dehnungen bei der Erstarrung auf die Naht wirken, was die Heißrissbildung reduziert.

Weiterhin zeigt sich, dass die Heißrissbildung durch die Verwendung von Zusatzdraht weitestgehend unterdrückt werden kann, da durch den artfremden Schweißzusatz eine Änderung der Legierungszusammensetzung der Naht erreicht werden kann, die zu einer geringeren Heißrissanfälligkeit führt. Aus Abb. 1a ist die relative Heißrissanfälligkeit eines Legierungssystems mit Aluminium, Zink und Magnesium zu entnehmen, wobei

das Maximum der Heißrissanfälligkeit bei etwa 0,8 % Magnesium und 4...5 % Zink liegt. Darin sind die gemessenen Legierungsbestandteile des Grundwerkstoffes und der geschweißten Nähte aus Abb. 1b eingetragen. Es ist zu erkennen, dass bei Schweißungen ohne Zusatzdraht mit beiden Fokusbereichen ein geringer Anteil an Zink und ein hoher Anteil an Magnesium verdampft, wodurch die Legierung in der Naht heißrissanfälliger wird. Dieser Effekt ist bei Verwendung des 340 µm Fokusbereichs im Vergleich mit dem 600 µm Fokusbereich schwächer ausgeprägt, da insgesamt ein geringerer Energieeintrag vorliegt. Damit erhöht sich die relative Heißrissanfälligkeit von etwa 20 % des Grundwerkstoffes auf ca. 50 % bzw. 60 % mit Verwendung eines 340 µm bzw. 600 µm Fokusbereichs.

Der Einsatz von AlMg4,5Mn Zusatzdraht verschiebt die Legierungszusammensetzung in der Naht hinsichtlich der Zink- und Magnesiumkonzentration in einen Bereich mit einer relativen Heißrissanfälligkeit von etwa 30 %, während sich diese mit AlSi5 als Schweißzusatz auf ca. 50 % bis 60 % erhöht. Trotz der Änderung der Legierungskonzentration bei Verwendung der Schweißzusätze mit höherer Heißrissanfälligkeit sind in den Schweißnähten signifikant weniger Heißrisse vorzufinden (vgl. Tabelle).

Im Fall des AlMg4,5Mn Zusatzdrahtes steigt der Mangan Gehalt der Naht von

0,01 Gew-% auf 0,18 Gew-% an, was aufgrund der kornfeinenden Wirkung des Mangans zu einer geringeren Heißrissanfälligkeit führt. Durch den Verlust an Magnesium, der während des Schweißens mit dem Zusatzdraht AlSi5 auf das Niveau der Proben ohne Draht sinkt, stellt sich nach Abb. 1a eine relative Heißrissanfälligkeit von etwa 60 % ein. Trotz dieses hohen Niveaus ist die detektierte Gesamtrisslänge dieser Proben um 99 % geringer als die der Proben, welche mit 600 µm Fokusbereich ohne Draht geschweißt wurden (vgl. Tabelle). Daraus kann abgeleitet werden, dass der eingebrachte Siliziumanteil in der Naht von etwa 1 Gew-% für die Verringerung der Heißrisse verantwortlich ist. Berücksichtigt man, dass die thermische Ausdehnung von Silizium im Vergleich zu Aluminium geringer ist, so kann davon ausgegangen werden, dass die damit geringeren thermisch induzierten Dehnungen während der Erstarrung für eine Verringerung der Heißrisse sorgen.

■ INFO

Kontakt:
Dipl.-Ing. Matthias Holzer
Prozesstechnik Metalle
Bayerisches Laserzentrum GmbH
Konrad-Zuse-Str. 2-6
91052 Erlangen
Tel.: 09131 97790-25
Fax: 09131 97790-11
E-Mail: m.holzer@blz.org
www.blz.org