

Bericht 5124/2003

AiF-Nr. 12.753

DVS-Nr. 3.050

Lichtbogenschweißen von zylindrischen Hohlkörpern (Buchsen, Muttern etc.) mit magnetisch bewegtem Lichtbogen an Aluminiumwerkstoffen

Der Bericht darf nur ungekürzt und unter Nennung der Urheberschaft der SLV München, NL der GSI mbH, veröffentlicht werden. Die gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München.

Der Bericht enthält 73 Seiten.

Juni 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vorgehensweise	3
2.1	Aufgabenstellung	3
2.2	Geräte und Prüfmethoden (Übersicht)	3
2.3	Versuchsprogramm	4
3	Stand der Technik / Theorie	5
3.1	Lichtbogenbolzenschweißen	5
3.2	MPB-Schweißen	5
3.3	Buchsenschweißen	6
3.4	Anwendungen	7
3.4.1	MBP-Schweißen	7
3.4.2	Buchsenschweißen	7
3.5	Grundlagen der Lichtbogenbewegung	8
3.6	Problemstellungen beim AI-Buchsenschweißen	9
4	Experimentelle Randbedingungen	10
4.1	Versuchsdurchführung	10
4.1.1	Buchsenschweißanlage 1 mit Handschweißpistole	10
4.1.2	Buchsenschweißanlage 2 der SLV München (stationär)	10
4.1.3	Buchsenschweißanlage 3 mit Handschweißpistole	11
4.1.4	Buchsenschweißanlage 4 der Fa. HBS (stationär)	11
4.1.5	Schweiß- und Randbedingungen	11
4.2	Meßeinrichtungen	12
4.2.1	Spulenmagnetfeld	12
4.2.2	Meßgrößen des Schweißablaufes	12
4.3	Werkstoffe und Probenabmessungen	12
4.4	Prüfmethoden	13
5	Ergebnisse	15
5.1	Entwicklung der Zusatzvorrichtung	15
5.1.1	Feldformung	15
5.1.2	Schutzgaszufuhr	18
5.1.3	Vergleich und Zusammenfassung	19
5.2	Schweißablauf beim AI-Buchsenschweißen	19
5.2.1	Startphase	20
5.2.2	Anlaufphase	20
5.2.3	Umlaufphase	21
5.2.4	Eintauchphase	21
5.2.5	Lichtbogenbeobachtung mit Hochgeschwindigkeitskamera	21
5.3	Beurteilung bisher ausgeführter AI-Buchsenschweißungen	22

5.3.1	Anschmelzverhalten des rotierenden Lichtbogens	22
5.3.2	Polung	22
5.3.3	Ansicht und Einbrandform	23
5.3.4	Belastbarkeit	23
5.4	Optimierung der Randbedingungen	24
5.4.1	Schweißanlage 4 der Fa. HBS	25
5.4.2	Schutzgaswirkung	25
5.4.3	Buchsengeometrie	27
5.4.4	Buchsendurchmesser	29
5.4.5	Blech- und Oberflächenvorbehandlung	30
5.5	Verfahrenstechnische Einflüsse, Legierung EN AW-ALMg3	31
5.5.1	Stromstärke und Schweißzeit	31
5.5.2	Abhub	32
5.5.3	Eintauchtiefe	32
5.5.4	Eintauchgeschwindigkeit	33
5.5.5	Magnetfeld	33
5.5.6	Gasart	34
5.5.7	Stromquelle	34
5.6	Erreichte Verbindungseigenschaften	35
5.7	Werkstofftechnische Untersuchungen	36
5.8	Wiederholbarkeit	37
6	Diskussion	38
7	Zusammenfassung	39
8	Schrifttum	42
9	Anhang	45
9.1	Tabellen	45
9.2	Bilder	49

Zusammenfassung

Mit dem Schweißen kleinerer Buchsen, Hülsen, Muttern etc. mittels eines am Bauteil rotierenden Lichtbogens – genannt Buchsenschiweißen - wurde bereits 1999 in der industriellen Serienfertigung an legierten Stählen begonnen. Diese Verfahrenstechnik ist nun auch für den Leichtbauwerkstoff Aluminium von industriellem Interesse.

Beschrieben wird das Buchsenschiweißen vorwiegend an den Werkstoffen ENAW-AlMg3 und EN AW-AlMgSi1 im Durchmesserbereich 12 bis 20 mm Außendurchmesser. Dies entspricht Innengewindebuchsen M 6 bis M 12, die an gleichartigen gelochten Blechen der Dicke 2 bis 4 mm angeschweißt werden.

Vorhandene Buchsenschiweißanlagen werden an die Erfordernisse einer dynamischen Kurzzeiterwärmung und –erstarrung des Werkstoffs Aluminium angepasst.

Der Prozeß gliedert sich in eine Anlauf- und eine Umlaufphase des Lichtbogens. Die Dauer der Anlaufphase hängt sehr stark von der Feldgestaltung der Zusatzvorrichtung und der Schutzgaswirkung ab. Anhand von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen wird die Lichtbogenbewegung genau analysiert. Erkennt wird eine vergleichsweise lange Anlaufzeit bis zu 100 ms bei ungünstigen Rand- und Feldbedingungen. Das bevorzugte Brennen des Lichtbogens an Orten geringer Austrittsarbeit z. B. an Oxiden wirkt rotationshemmend.

Ausgehend davon sind in diesem Bericht wesentliche Einflußfaktoren ermittelt und optimiert, die das Anlaufen des Lichtbogens erheblich beschleunigen. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen praktischen Einsatz gegeben. Im Schweißspalt wird ein gutes Umlaufen bei radialen Feldstärken zwischen 20 und 40 mT erzielt. Höhere Axialanteile des Magnetfeldes stören die Lichtbogenstabilität.

Mit dem Sondergas Ar+30%He mit 300 ppm Sauerstoff wird das beste Umlaufverhalten im Vergleich zu einfachen Argon-Heliumgemischen erzielt. Bereits nach 20 ms werden Umlauffrequenzen von 250 Hz überschritten. Die Schweißungen zeichnen sich durch verbesserte Gleichmäßigkeit des Wulstes und gute Belastungsfähigkeit bei Drehmomentprüfungen aus.

Bruchflächenuntersuchungen zeigen Bindefehler trotz guter Anschmelzung von Buchse und Blech. Der Bruch verschweißter Bereiche erfolgt als feiner Wabenbruch.

Die untersuchten Werkstoffe (u.a. EN AW-AlMg3 und EN AW-AlMgSi1) beeinflussen das Schweißverhalten kaum. Das entstehende feindendritische Schweißgefüge weist Porenanteile zwischen 5 und 20 % auf.

Die Wiederholbarkeit beim Al-Buchsenschweißen für einen Serieneinsatz ist derzeit noch nicht gegeben. Die Hauptproblematik – die Erzeugung eines geeigneten Anlaufverhaltens – konnte systematisch mit Hilfe des projektbegleitenden Ausschusses verbessert werden. Das Buchsenschiweißen wird von der Forschungsstelle in Zusammenarbeit mit Hersteller- und Anwenderfirmen fortgeführt.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.