

Ultraschallschweißen metallischer Schäume mit Blechen

C. Born, H. Kuckert, G. Wagner und D. Eifler

1 Einleitung

Damit die spezifischen Vorteile von Schaumstrukturen industriell genutzt werden können, ist neben der Beherrschung des Herstellvorgangs deren Einbindung in kompakte Bauteile erforderlich. Aus diesem Grund besteht insbesondere im Bereich des Fügens von Schäumen ein erheblicher Forschungsbedarf.

Verschiedenste Fügeverfahren, wie Kleben, Löten, Diffusions-, Laserstrahl- oder Ultraschallschweißen, werden derzeit auf ihre Eignung zum Verbinden von zellularen und kompakten Materialien untersucht [1]. Das Ultraschallschweißen stellt durch seine verfahrensspezifischen Vorteile, wie kurze Schweißzeiten, geringe Füge­temperatu­ren, keine aufwendigen umweltbelastenden Oberflächen­vorbereitungen, ein leistungsfähiges Sonderschweißverfahren dar. Ziel der Untersuchungen ist die Überprüfung der Ultra­schallschweißbarkeit metallischer Schäume mit Blechen sowie die Charakterisierung der Eigenschaften der erzeugten Werkstoffverbunde.

2 Schweißverfahren und Schweißsysteme

Beim Ultraschallschweißen (Abb. 1) wandelt ein Generator die Netzspannung von 50 Hz in eine hochfrequente Wechselspannung um. Diese wird in einem piezoelektrischen Konverter in eine mechanische Schwingung gleicher Frequenz transformiert. Die Formgebung des angeschlossenen Boosters und der Sonotrode ermöglicht die Feinabstimmung der Schwin-

gungsamplitude. Die Sonotrode leitet diese in Form von Scherwellen in die Fügeteile ein. Zur besseren Übertragung der Schwingung ist die Sonotrode in der Koppelfläche kreuzgeriffelt profiliert und wird durch eine statische Kraft mit 5–15 MPa auf das Deckblech gedrückt. Der Metallschaum ist auf einer Gummiunterlage rutschfest positioniert, um die zum Fügen erforderliche Relativbewegung zwischen den Verbundkomponenten zu ermöglichen. Der Fügeprozess ist mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren wie Punkt-, Rollnaht- und Torsionsschweißen realisierbar. Die Abläufe sind grundsätzlich vergleichbar, sie unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Sonotrodengeometrie und -bewegung. Die eingesetzten Anlagen, die auf der Basis industrieller Ultraschallschweißanlagen entstanden sind, weisen Modifikationen auf, die ein optimales Fügen unterschiedlichster Materialkombinationen ermöglichen. So sind hochgenaue Messsysteme integriert um die Parameter Schweißzeit, Schweißdruck, Amplitude, Schweißgeschwindigkeit und Temperatur zu überwachen. Eine Auswertung dieser Schweißparameter führt zu ersten Aussagen bezüglich der mechanischen oder optischen Qualität der Ultraschallverbindung.

Das Ultraschall-Punktschweißen ermöglicht das punktuelle Verbinden von Deckblech und Schaum auf einer Schweißfläche, die in etwa den geometrischen Abmessungen der Sonotrodenkoppelfläche entspricht. Derzeit sind Fügungen bis zu einer Sonotrodenfläche von 100 mm² realisierbar. Die ermittelten Schweißzeiten betragen Bruchteile einer Sekunde. Aufgrund der geringen Energieeinbringung handelt es sich beim Ultraschallschweißen um ein Fügen im festen Zustand, das heißt ohne ein flächiges Aufschmelzen der Verbundkomponenten. Beim Ultraschall-Rollnahtschweißen ist die Sonotro-

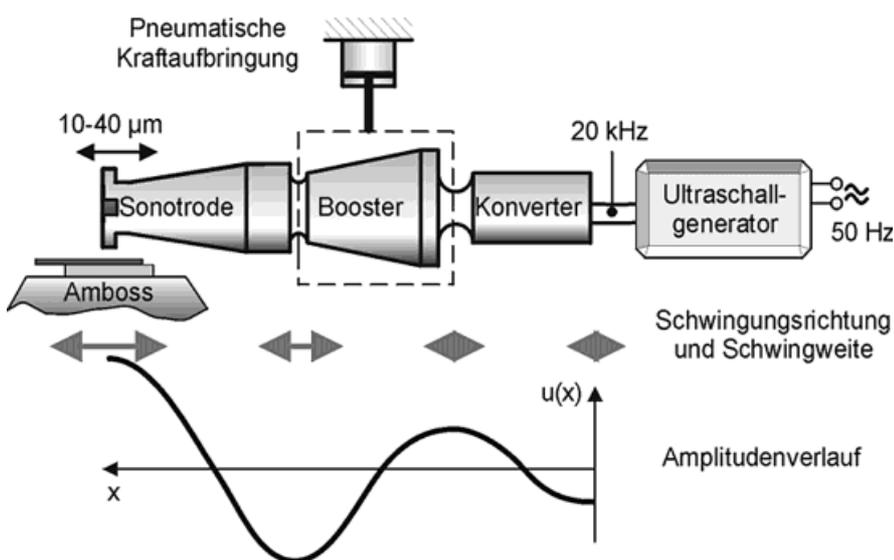


Abb. 1. Prinzip des Ultraschallschweißens

Fig. 1. Principle of ultrasonic-welding

de radförmig ausgebildet und rollt während des Schweißprozesses auf den Fügepartnern ab. Die Ausbildung der Schweißnaht ist dementsprechend linienförmig mit einer variierbaren Breite von 1–5 mm. Derzeit können Schweißnahtlängen bis zu 500 mm realisiert werden [2]. Die Erzeugung rotations-symmetrischer bzw. ringförmiger Fügungen ist mit Hilfe einer Torsionsschweißanlage möglich. Hierbei wird das Schweißwerkzeug nicht wie bei den beiden oben angeführten Verfahren zu longitudinalen Schwingungen, sondern zu Torsionsschwingungen angeregt. Die geeignete Amplitude liegt bei allen Techniken in einem Bereich von 5–50 µm und ist abhängig von den technologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Verbundkomponenten.

3 Schweißversuche

Neben den Schweißparametern sind die Ausgangsmaterialien beziehungsweise die Werkstoffpaarungen der zu fügenden Bauteile weitere Faktoren, die die Ultraschallschweißbarkeit beeinflussen. Es werden daher Versuche sowohl mit pulvermetallurgisch hergestelltem Schaum (AlSi7) mit und ohne Deckblech als auch mit schmelzmetallurgisch hergestelltem Schaum (AlSi8) durchgeführt. Bei der zum Ausgleich von Oberflächenunebenheiten benötigten Folie zwischen den Verbundkomponenten handelt es sich in allen Fällen um Al99,5w. In Abb. 2 sind ultraschallgeschweißte Verbindungen zwischen den genannten zellularen Materialien und dem austenitischen Stahl X5CrNi1810 dargestellt. Die Sonotrodenkoppelfläche beträgt hierbei $10 = 10 \text{ mm}^2$.

Die aus dem Herstellungsprozess der Schäume resultierende Gushaut und das durch Walzplattierung aufgebrachte Deckblech weisen bei den pulvermetallurgisch hergestellten Werkstoffen eine geschlossene Oberfläche auf. Im Gegensatz dazu steht bei schmelzmetallurgisch hergestelltem Schaum nur eine Wabenstruktur zur Verbindungsbildung zur Verfügung. Druckbeanspruchung führt dadurch schneller zur Schädigung der Schaumstruktur. Die Schweißfläche ist bei gleichbleibender Sonotrodenfläche bei schmelzmetallurgischen Schäumen wesentlich geringer als bei Schäumen mit Gushaut oder Plattierung. Diese Tatsache spiegelt sich in einer schlechteren Schweißbeignung wider.

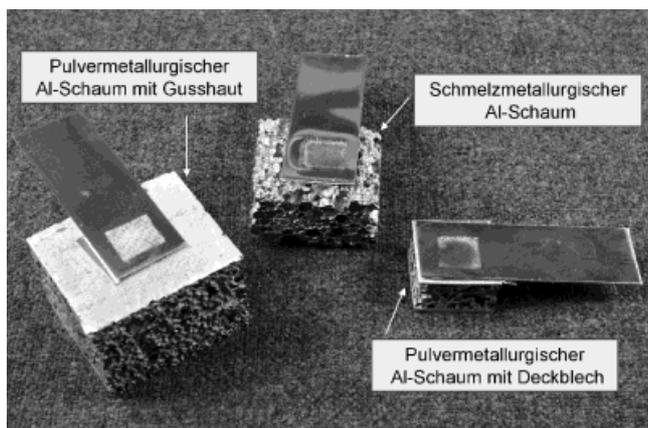


Abb. 2. Punktschweißung unterschiedlicher Schaumwerkstoffe mit dem austenitischen Stahl X5CrNi1810

Fig. 2. Spot-welding of different foam-types with the austenitic steel X5CrNi1810

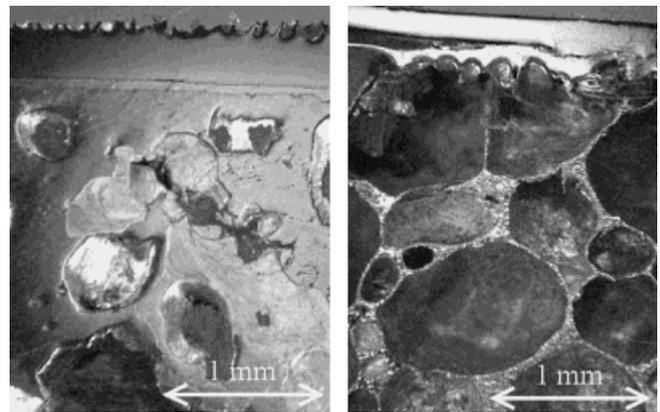


Abb. 3. Mikroskopische Aufnahmen der Fügezonen von pulvermetallurgischem (links) und schmelzmetallurgischem (rechts) Al-Schaum mit X5CrNi1810

Fig. 3. Microscopy of welding zones of powder-metallurgical (left) and melt route (right) Al-foam with the austenitic steel X5CrNi1810

Wie in Abb. 3 dargestellt, zeigen metallografische und mikroskopische Untersuchungen die Unterschiede in der Schweißflächenbildung bei verschiedenen Werkstoffkombinationen. Bei der Materialkombination PM-Schaum/Blech bildet sich eine annähernd homogene Fügezone, wogegen bei der Kombination SM-Schaum/Blech Fügungen nur im Bereich der Zellstege zustande kommen bzw. oberflächennahe Zellstege durch die aufgebrachte Schweißkraft Schädigungen erfahren.

Neben den Schäumen wurden in den Untersuchungen auch die Werkstoffe der kompakten Materialien variiert. Abb. 4 zeigt, dass Metallschäume durch Ultraschallschweißen mit unterschiedlichen Metallen, zum Beispiel mit dem austenitischen Stahl X5CrNi1810, mit der Eisenbasislegierung NiCo2917 und mit Aluminium Al99,5 verbunden werden können, womit eine hohes Anwendungspotential gegeben ist.

Um das Anwendungsspektrum zu vergrößern, wurden ferner die Verbunde erfolgreich mit Hilfe der unterschiedlichen Verfahren Punkt-, Rollnaht- und Torsionsschweißen hergestellt (Abb. 4). Im Hinblick auf maximal ertragbare Beanspru-

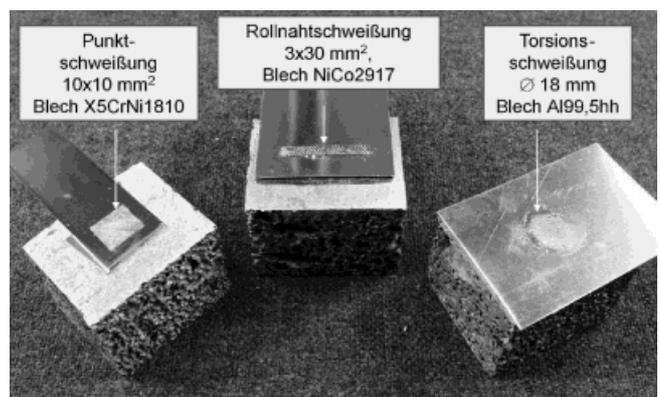


Abb. 4. Ultraschallschweißen von Metallschaum mit unterschiedlichen Blechwerkstoffen und unterschiedlichen Schweißverfahren

Fig. 4. Ultrasonic-welding of metal-foam with different sheet-materials and different welding methods

chungen gilt es, in weiterführenden Untersuchungen die optimalen Schweißparameter zu ermitteln und deren Wechselwirkung mit den Eigenschaften der Ausgangswerkstoffe zu prüfen. So ist zum Beispiel der Zusammenhang der Plateauspannung, die Deformationen im Schaum anzeigt und der auf die Schweiß- bzw. Sonotrodenfläche bezogenen Schweißkraft von Interesse. Die Beurteilung der mechanischen Eigenschaften der Verbunde erfolgt in quasistatischen Verformungsexperimenten.

4 Zusammenfassung

Die Schweißneigung von zellularen metallischen Werkstoffen mit kompaktem Material mittels Ultraschallschweißen konnte erstmals aufgezeigt werden. Dabei sind sowohl unterschiedliche Schaum- als auch Blechwerkstoffe einsetzbar. Des Weiteren können zum Verbinden der Komponenten unterschiedliche Schweißverfahren benutzt bzw. verschiedenartige Schweißnahtgeometrien realisiert werden, womit grundsätzlich die Möglichkeit, das Ultraschallschweißen dieser Materialkombinationen vielfältig anzuwenden, gegeben ist. Eine belastbare Ultraschallfüugung entsteht durch ein Zusammenspiel vieler Faktoren wie Schweißkraft, -amplitude, -zeit, bzw. -geschwindigkeit sowie Werkstoffkombination,

-geometrie und -oberfläche. Gegenstand weiterführender Untersuchungen sind Studien, zur Beschreibung des Einflusses dieser Faktoren im Hinblick auf optimale mechanische Eigenschaften der Werkstoffverbunde. Die mechanische Beanspruchbarkeit der erzielten Fügungen wird zunächst in quasistatischen Verformungsexperimenten untersucht. Die Zusammenhänge zwischen der Mikrostruktur und den physikalischen Messgrößen beziehungsweise die Bindungsmechanismen werden mit Hilfe metallografischer sowie mikroskopischer Methoden untersucht.

5 Literatur

1. N. N., Aluminiumschaum, Aluminium Zentrale e.V., Merkblatt W 17 1. Auflage, 1999, Kapitel 4.
2. Kuckert, H., Schlicker, U., Roeder, E., Eifler, D., Schweißen und Schneiden, 1999, 51, 391–397, Thermische Eigenspannungen beim Ultraschall-Rollnahtschweißen von Glas-Metall-Verbunden – Teil I: Ermittlung der Eigenspannungen.

Anschrift: C. Born, H. Kuckert, G. Wagner, D- Eifler, Lehrstuhl für Werkstoffkunde, Universität Kaiserslautern

Eingangsdatum: 15.3.00

[T 221]

DVS-Neuerscheinung

Die Schweißtechnische Praxis, Band 14

Aichele

125 Arbeitsregeln für das Schutzgasschweißen

Leitfaden für Ausbildung und Praxis

4., überarbeitete und erweiterte Auflage. 2000, 134 Seiten.
DM 48,-, ISBN 3-87155-546-0

Es gehört zum Erfahrungsschatz des in einer motorisierten Welt lebenden Menschen, daß er Regeln beachten muß, um sich im Straßenverkehr behaupten zu können. Was im Straßenverkehr so einleuchtend wirkt, scheint oft vergessen zu werden, wenn es um die Arbeitswelt geht. Jedes Handwerk; jedes Gewerbe, jedes Arbeitsverfahren hat seine Regeln. Wer sie nicht beachtet, riskiert Gefahren, schlechte Arbeitsergebnisse, defekte Geräte, im schlimmsten Fall Gefahren für Gesundheit und Leben.

Dies gilt selbstverständlich auch für das Schutzgasschweißen. Hier muß der Schweißer eine Vielzahl von Arbeitsregeln beachten, wenn er erfolgreich arbeiten will. Gelegentlich treten plötzlich Probleme beim Schutzgasschweißen auf: Poren in der Schweißnaht, der Drahtvorschub stockt, der Brenner wird heiß oder das Gerät funktioniert überhaupt nicht mehr. Was tun? Der einfachste Weg ist sicher, nach dem Kundendienstmonteur des Herstellers zu rufen. Bis dieser kommt, vergeht Zeit, und es kostet Geld. Dabei wäre in vielen Fällen das Problem zu vermeiden gewesen, wenn man die einfachsten Arbeitsregeln des Schutzgasschweißens beachtet hätte, denn die Mehrzahl der beim Schutzgasschweißen entstandenen Probleme ist „hausgemacht“.

125 solcher Regeln und Empfehlungen sind in diesem Band zusammengestellt, mit jeweils kurz gefaßtem Text, einer bildlichen Darstellung, einer Erläuterung sowie der Bezeichnung des möglichen Fehlers und seiner Beseitigung. Sie sollen dem Anwender helfen, Fehler zu vermeiden, sein Schweißgerät in Ordnung zu halten und sicher damit zu arbeiten.