

CRASHSICHERHEIT VON ALUMINIUM-SCHWEISSVERBINDUNGEN

Zur Gewährleistung der passiven Sicherheit von Fahrzeugen müssen die häufig eingesetzten Schweißverbindungen von Strukturbauteilen sowohl genügend Festigkeit als auch gute Verformungseigenschaften aufweisen. Im Rahmen eines AiF-geförderten Vorhabens wurde der Einfluss von lokalen Werkstoffeigenschaften, der Belastungsgeschwindigkeit und Eigenspannungen auf das Verformungs- und Versagensverhalten MIG-geschweißter Al-Legierungen (AW6060 und AW7003) systematisch untersucht, quantifiziert und im Hinblick auf die Crashesicherheit bewertet.

Bauteil-Crashversuche

Als Demonstratorbauteile wurden Kehlnaht-geschweißte Crashboxen verwendet. Die Belastung erfolgte quer zur Längsrichtung des Hohlprofils der Crashboxen, um die Kehlnaht maximal bis zur Belastungsgrenze zu beanspruchen (Abbildung 1). Hierzu wurde das Zweikammer-Hohlprofil durch Aluminium-Kerne verstärkt. Es wurden sowohl statische Versuche als auch Bauteil-Crashtests in einer Fallgewichtsanlage durchgeführt (Masse: 270 kg, Aufschlaggeschwindigkeit: 3 m/s).

Zusätzlich zum Kraftverlauf wurde auch die Verformung der Crashboxen mit zwei Hochgeschwindigkeits-Videokameras aufgezeichnet. Mit ARAMIS® wurden die lokalen Dehnungsfelder im Schweißnahtbereich mit einer 3D-Analyse ermittelt (Abbildung 2). Aufgrund des Aufschlags ist das Signal der Piezo-Kraftmesszelle von Schwingungen überlagert, der mittlere Kraftverlauf ist bis zum Versagen aber gut auswertbar. Die ermittelten lokalen technischen Dehnungen bei Versagensbeginn betragen in der Kehlnaht der Crashboxen mehr als 20 Prozent. Als Ursache für das Versagen im Schweißgut ist vor allem die Mismatch-Situation

mit dem deutlich niedrigeren Festigkeitsniveau des Schweißguts im Vergleich zum Grundwerkstoff anzusehen, die bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten sogar noch zunimmt. Darum kommt es dort mit zunehmender Beanspruchung zu einer Dehnungslokalisation.

Analyse des Versagensverhaltens

Um das Verformungs- und Versagensverhalten der Schweißverbindungen rechnerisch zu analysieren, wurde ein Materialmodell verwendet, das ein dehnratenabhängiges Plastizitätsmodell sowie ein Versagensmodell nach Gurson mit einem zusätzlichen Versagenskriterium nach Johnson-Cook enthält. Dieses Modell erlaubt sowohl die Beschreibung des Werkstoffversagens unter Zug- als auch unter Scherbeanspruchung. Für den Grundwerkstoff wurden die Modellparameter aus Zugversuchen an glatten und gekerbten Proben sowie aus Scherversuchen bestimmt. Für das Schweißgut konnten die Parameter aufgrund des geringen verfügbaren Werkstoffvolumens nur aus Zugversuchen ermittelt werden. Mit den so abgeleiteten Werkstoffparametern wurde eine gute Übereinstimmung mit den Experimenten sowohl im globalen Kraft-Verformungsverhalten als auch im berechneten Versagensort erzielt. Das lokale Versagen im Bereich des Schweißguts erfolgt in den Berechnungen durch Erreichen der kritischen Gurson-Parameter.

Schweißen induziert Eigenspannungen

Die zusätzliche Simulation des Schweißprozesses liefert Eigenspannungen im Bereich der Schweißnaht, die etwa der Hälfte der Streckgrenze des Grundwerkstoffs entsprechen. Diese Eigenspannungen wurden als Anfangsbedingungen



Mit Drahterosion aus der Schweißnaht herauspräparierter Rohling und daraus gefertigte Mini-Rundzugprobe mit etwa 1,8 mm Prüfdurchmesser.

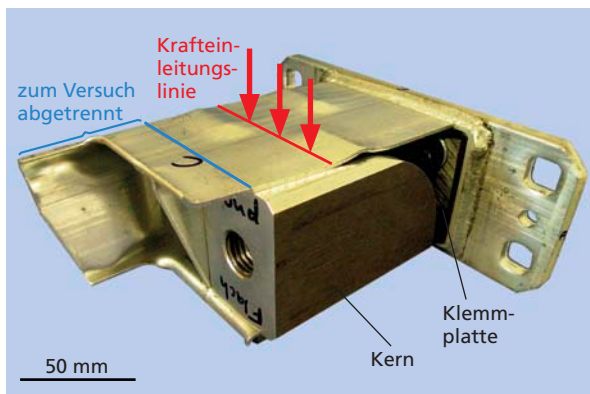
auf das FE-Modell für die Crashsimulationen übertragen. Die Ergebnisse zeigen einen vernachlässigbaren Einfluss der Schweißbeigenspannungen auf das Verformungs- und Versagensverhalten der Crashboxen.

Erfolgreiches Simulationsmodell

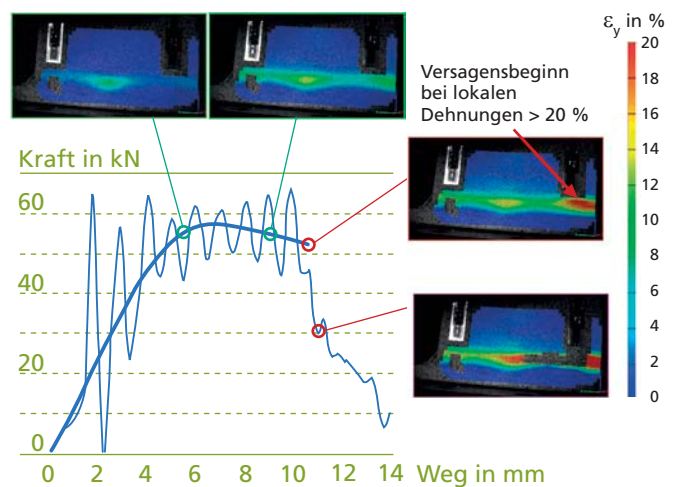
Die Ergebnisse zeigen: Die Verwendung der Schweißzonen-spezifischen, dehnratenabhängigen Fließkurven sowie eine ausreichend feine Diskretisierung im Bereich des Schweißguts sind für die rechnerische Analyse und

eine zuverlässige Bewertung der Belastbarkeitsgrenze erforderlich. Die verwendete Modellkombination ist zur Beschreibung des Versagensverhaltens gut geeignet, wobei sich für das Schweißgut eine alleinige Beschreibung mit dem Gurson-Modell als gute Näherung erwies. Ersatzweise ist eine konservative Versagensmodellierung über eine aus der Bruchdehnung des einachsigen Zugversuchs abgeleitete Grenzdehnung möglich.

Dr. Wolfgang Böhme, Dr. Dieter Memhard



1 Belastung der Crashboxen zur Maximierung der Schweißnaht-Beanspruchung.



2 Analyse eines Crashboxen-Crashtests mit Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahmen und einer 3D-Dehnungsfeldanalyse mit ARAMIS®, $v_0 = 3 \text{ m/s}$.