

Fügetechnologie im Karosseriebau: Come together!

Die Fügetechnik befindet sich im Umbruch: Der zunehmende Materialmix im Karosseriebau und der steigende Einsatz von Aluminium erfordern ein Umdenken. Als treibende Kraft erweist sich vor allem die Automobilindustrie, die eine Weiterentwicklung der Fügetechnologie anmahnt. Das betrifft nicht nur reinrassige Aluminiumkonstruktionen sondern auch die sogenannte Mischbauweise wie Aluminium mit Stahl oder CFK.

Nichts geht mehr ohne Leichtbau: Diesen Eindruck bestätigt eine aktuelle Studie der Landesagentur für Leichtbau Baden-Württemberg (Leichtbau BW). Danach wird der Leichtbaumarkt in der Transportbranche in den kommenden Jahren bis 2020 nach Marktprognosen auf 140 Mrd. Euro anwachsen und sich gegenüber 2010 etwa verdoppelt haben. Die Nase vorn hat laut Studie die Fahrzeugindustrie. Dazu ein Blick auf das „Automobilland“ Baden-Württemberg: Dort setzen bereits rund 70 Prozent aller Automotive-Unternehmen auf Leichtbau-Technologien. Ein Beispiel dafür ist der Mercedes-AMG GT: Der gewichtsoptimierte Spaceframe besteht zu über 90% aus Aluminium-Komponenten.

Inspiration aus Ingolstadt: Audi Space Frame mit Stanznieten

Das Beispiel zeigt die wichtige Rolle von Aluminium: Den Anstoß zu dieser Entwicklung gab Audi vor über 20 Jahren mit seinem „Audi Space Frame (ASF)“-Concept Car, einem Audi A8 mit einer Karosserie aus Aluminium. Der Fahrzeughersteller ging damals nicht nur bei dem Body-in-White, sondern auch bei der Fügetechnik neue Wege. Zum Einsatz kam damals erstmals das Stanzniet-Verfahren Rivset von Böllhoff, das durch Verwenden eines speziellen Nieteles in einem einzigen Arbeitsgang zwei oder mehr Fügebauteile ohne Vorlochen miteinander verbindet. Laut Böllhoff wurden damals fast 70 Prozent aller Verbindungselemente auf ostwestfälische Art genietet. Dankbar beobachteten die Fügesezialisten aus Bielefeld, dass viele Automobilhersteller bei Aluminium und dünnwandigen Verbundwerkstoffen vom Schweißen zum Stanznieten und Clinchen wechselten.

Doch es bahnt sich eine Renaissance der thermischen Fügeverfahren an: Die Zahl der infrage kommenden Verfahren ist hoch. So nahm das Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (RWTH Aachen) z.B. Schweißen mit Metall- und Wolfram-Inertgas (MIG/WIG) sowie mit Plasma, Elektronen und Laserstrahlschweißen an Atmosphäre und unter Vakuum, Widerstandspunktschweißen sowie das Reibrührschweißen unter die Lupe. Je nach Anwendungsfall eignen sich zum Fügen von Großserien-

Aluminium-Bauteilen laut Oberingenieur Dr.-Ing. Simon Olschok besonders gut Elektronenstrahl- und Laserstrahlschweißen an Atmosphäre, MIG und Reibrührschweißen.

In der Automobilindustrie sind dabei je nach Aufgabenstellung und Losgröße zwei Verfahren besonders im Kommen: So erhielt das Audi-Werk aus Neckarsulm bei dem Wettbewerb um den Innovation Award Laser Technology 2016 den zweiten Preis für die Weiterentwicklung des Laserstrahl-Remoteschweißens, das der Automobilhersteller als erstes Unternehmen der Branche zum Verbinden von konventionellen Aluminiumlegierungen einsetzt. Bewährt hat sich das Verfahren bereits in der Praxis bei leichten Karosseriebaustrukturen (Audi A8-Türenfertigung). Bisher geschah das Laserstrahlschweißen monolithischer Aluminiumverbindungen laut Dr.-Ing. Jan-Philipp Weberpals, Teamkoordinator Laserstrahltechnologie/Sensorik „nur mit taktile geführten Bearbeitungsoptiken“. Das Laserstrahl-Remoteschweißen weise im Vergleich zu diesem taktilen Laserschweißen Zeitersparnisse von etwa 53% auf. Für diese Methode spreche, dass sie die kontrollierte Steuerung des Wärmeflusses im Bauteil ermögliche. Die genaue Positionierung des Laserstrahls im Verhältnis zur Schweißkante senke außerdem den Bauteilverzug und das Risiko von Heißrissen.

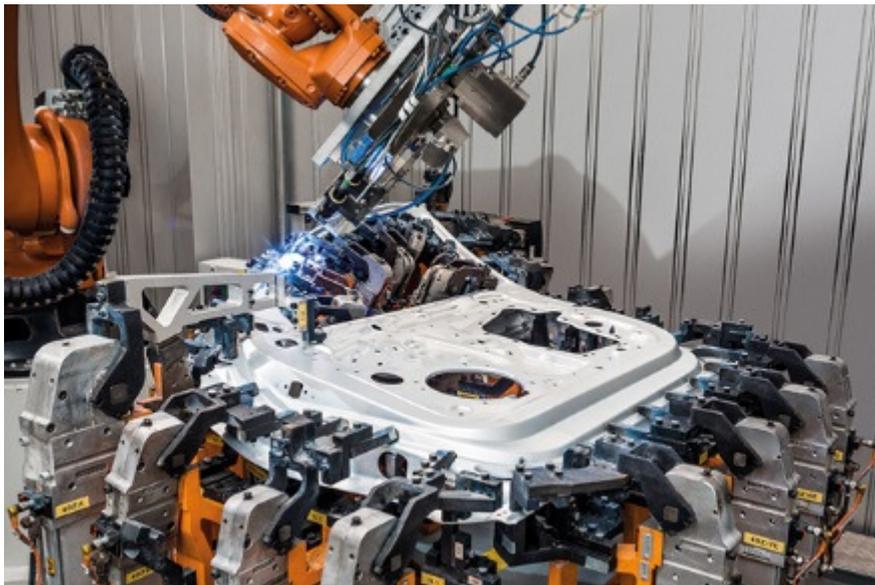


Abbildung 1: Audi als ein Pionier des Laserstrahl-Remoteschweißens von Aluminium

Widerstandsschweißen mit komplexer Prozessführung

Auf thermische Verfahren setzt auch der Automobilhersteller Ford als weltweiter Vorreiter in der erstmaligen Großserien-Anwendung von Vollaluminium-Karosserien. Die Rede ist vom Pick-up-Truck F150, der zum meistverkauften Fahrzeug in den USA avancierte. Wichtig ist bei der Auswahl eines Fügeverfahrens für die Großserie die Robustheit des Fertigungsprozesses, da hier laut Michael Ölscher,

Forschungsingenieur bei Advanced Materials & Processes (Ford Research and Advanced Engineering, Aachen) „in der Regel keine oder nur eine begrenzte Zeit für Nacharbeiten zur Verfügung steht“. Ford setze daher auf das clevere Zusammenspiel von Widerstandsschweißen mit komplexer Prozessführung, integrierter Elektroden-Instandhaltung sowie neuartigem Schweißequipment.



Abbildung 2 Ford geht neue Wege beim Pick-up-Truck F150

Im Kommen ist im Fahrzeug-Karosseriebau unter dem Stichwort Mischbauweise (Multimaterialmix) die Kombination Stahl mit Aluminium. Zu den gängigen Leichtbauverbindungen zählen mechanische Fügeverfahren, Kleben und kombinierten Verfahren Seit längerem gibt es Bestrebungen, die beliebte Werkstoffkombination Aluminium/Stahl thermisch zu fügen. Doch typische physikalische Phänomene wie die zu große Differenz in der Schmelztemperatur, deutliche Unterschiede der Wärmeausdehnungskoeffizienten sowie die sprunghafte Änderung des elektrochemischen Potentials erschweren den Einsatz thermischer Verfahren. Diese Probleme ließen sich bisher mit Hybridtechniken sehr elegant lösen: So haben sich bei der Karosserie des Audi TT sogenannte „kalte“ formschlüssige und zugleich stoffschlüssige Verbindungen bewährt: Es handelt sich um Stanzniet- und Schraubverbindungen, bei denen Klebstoff zwischen Aluminium und Stahl für Korrosionsschutz sorgt und die Festigkeit der Verbindung erhöht.

Zu den größten Herausforderungen beim Schweißen von Stahl an Aluminium zählen die sich bildenden harten und spröden Phasen. Um sie zu verringern, entsteht im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts LaserLeichter („Entwicklung von laserbasierten Füge-technologien für artungleiche

Leichtbaukonstruktionen“) am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) ein auf die Verbindung Aluminium/Stahl hin maßgeschneiderter Laserschweißprozess.

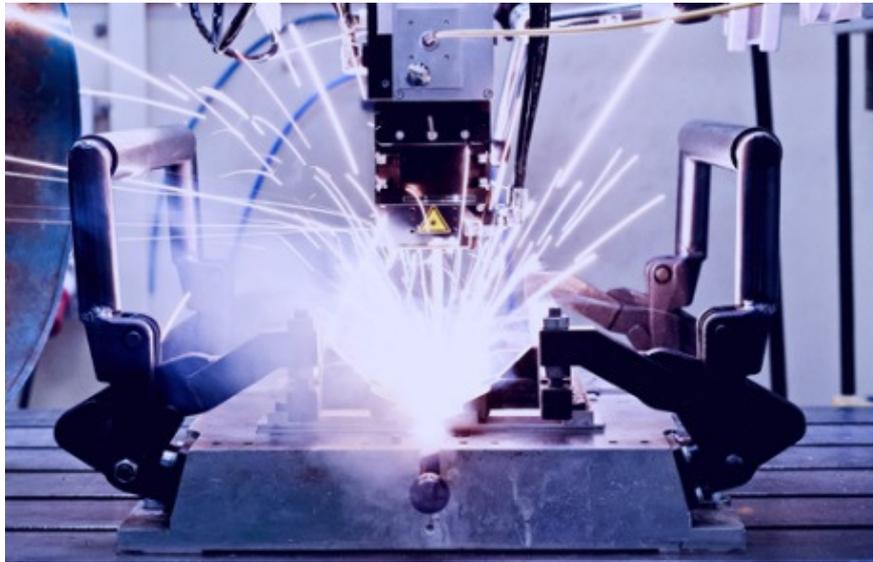


Abbildung 3: Forschungsprojekt LaserLeichter des LZH

Die wichtigste Rolle übernimmt laut Dr. Stefan Kaieler, Head of Materials & Processes Department, die spektroskopische Einschweißstiefenkontrolle: Sie schränkt die Durchmischung der dafür verantwortlichen Elemente ein und verbessert so „deutlich die Eigenschaften der erzeugten Schweißnähte“. Dank der Messung der Emissionen des entstehenden Plasmas können die Forscher die jeweils nötige Einschweißtiefe im laufenden Prozess ermitteln, um die Laserstrahlleistung entsprechend anzupassen. Das LZH untersucht nicht nur Aluminium-Stahl-Verbindungen sondern auch Metall-Kunststoff-Verbünde. Bis die dabei entwickelten Verfahren serienreif sind (Projektende: Februar 2018), müssen Anwender auf industriell bereits bewährte Fügeverfahren zurückgreifen. Die Trumpf Laser- und Systemtechnik bezeichnet beispielsweise das Laser-Remote-Schweißen als ideales Verfahren für das „heiße“ Fügen von Aluminium und Stahl.

Lichtbogenschweißen – Alternative zum Laser?

Eine interessante Alternative zum Laser ist das von Fronius vor über einem Jahrzehnt erfundene Lichtbogen-Schweißverfahren CMT (Cold Metal Transfer), eine Weiterentwicklung des MIG/MAG-Schweißens. 2004 kam eine mit dem Stahlhersteller voestalpine modifizierte Version zum Einsatz, um ein umformfähiges Halbzeug aus Stahl und Aluminium herzustellen. Fronius hat den CMT-Prozess, die Nahtgeometrie, den Zusatzwerkstoff und die Umformbarkeit optimiert. Eine wichtige Rolle spielt der Zusatzwerkstoff. Als besonders geeignet erwies damals eine Aluminiumlegierung mit 3 % Silizium und 1% Mangan (AW 4020), die laut Fronius für „dementsprechende Umformbarkeit, geringe

Korrosionsneigung sowie positive Beeinflussung der Zusammensetzung der intermetallischen Phase (IMP)“ sorgt: Bewährt hat es sich beim Anbinden von leichten Aluminiumbauteilen an die Stahlstruktur, bei denen das konventionelle Punktschweißen nicht infrage kommt. Es ist eine beidseitige Schweißung mit Schweißverbindung auf der Aluminiumseite und Lötverbindung auf der verzinkten Stahlseite. In langjähriger gemeinsamer Arbeit konnten voestalpine und Fronius den Fügeprozess von rund 300 auf 1000 mm/min. erhöhen, doch das Verfahren ist laut Karl M. Radlmayr MBA, Vice President Technology bei voestalpine Metal Forming, noch zu langsam. Die Fügegeschwindigkeit müsse mindestens 3000 mm/min. betragen. Das Stanznietkleben sei daher mit Blick auf die aktuelle Gesamtsituation weiterhin günstiger.

Fazit

Die Ideallösung für das schnelle, prozesssichere und zugleich kostengünstige Fügen ist noch nicht in Sicht. Es müssen daher alle in Sachen Aluminium und Mischbauweise aktiven Teilnehmer – vom Rohstofflieferanten, Anlagenhersteller bis zum OEM – die für sie richtige Fügetechnologie suchen und finden.

Autoren:

Dipl.-Ing. Nikolaus Fecht

Dr. Andreas Thoss

THOSS Media GmbH, Berlin

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Pionierleistung: Audi führte als erster Autohersteller das Laserstrahl-Remoteschweißens von Aluminium in die Serie ein. Bild: Audi

Abbildung 2: Teamwork: Automobilhersteller Ford setzt als weltweiter Vorreiter bei der erstmaligen Großserien-Anwendung von Vollaluminium-Karosserien (Pick-up-Truck F150) auf das clevere Zusammenspiel von Widerstandsschweißen mit komplexer Prozessführung, integrierter Elektroden-Instandhaltung sowie neuartigem Schweißequipment. Bild: Ford

Abbildung 3: Forschungsprojekt LaserLeichter: Das Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) entwickelt für das Fügen von Aluminium und Stahl bis 2018 einen maßgeschneiderten Laserschweißprozess mit Einschweißtiefenkontrolle. Bild: LZH