

ALUMINIUM-STAHL-BLECH-VERBINDUNGEN – EMP-FÜGEN MACHT ES MÖGLICH

DIE AUFGABE

Das elektromagnetische Pulsfügen (EMP) ist ein neues Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen artungleicher Werkstoffe in der Festphase. Es beruht auf dem physikalischen Prinzip, ein leitfähiges Material in einem veränderlichen Magnetfeld mit Hilfe des magnetischen Druckes lokal stark zu beschleunigen, umzuformen und schließlich gezielt mit einem zweiten Material kollidieren zu lassen. Dabei treten in dem Auftreffbereich lokal begrenzte, aber sehr große Deformationen und Kollisionsdrücke auf, die schließlich zum Kaltverschweißen führen.

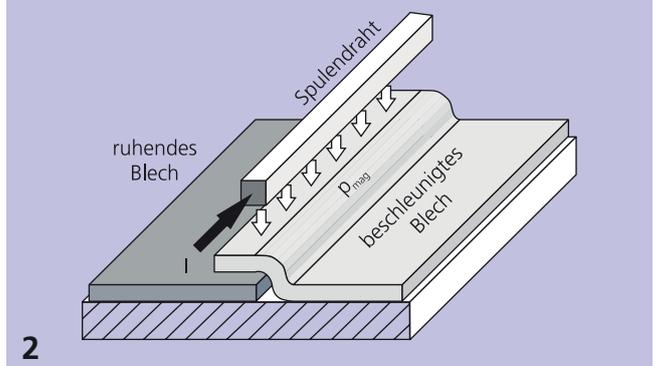
Das Prinzip wurde am Fraunhofer IWS Dresden in den vergangenen Jahren erfolgreich für das stoffschlüssige Verbinden von rotationssymmetrischen Bauteilen im Überlappstoß angewandt. Dabei konnten unter anderem Aluminium-Stahl-, aber auch Aluminium-Kupfer- und Kupfer-Stahl- Verbindungen mit sehr guter Reproduzierbarkeit ohne die Ausbildung von spröden, intermetallischen Phasen in der Verbindungszone erzeugt werden. Die Dimensionen der verwendeten Werkzeugspulen zur Hochgeschwindigkeitsumformung des Außenrohres sind auf die hohen mechanischen Belastungen abgestimmt und garantieren eine hohe Anzahl an durchführbaren Pulsvorgängen.

Eine Anwendung des Magnetpulsschweißens für das Fügen von ebenen Blechstrukturen ist ebenfalls möglich. Eine Herausforderung stellt dabei allerdings die Spulengestaltung dar. Der Spulendraht sollte einerseits eine hohe mechanische Stabilität und andererseits einen geringen Leiterquerschnitt zur Erzeugung großer Magnetfelder aufweisen. Die Lösung dieser gegensätzlichen Forderungen erfordert eine neuartige Spulenkonstruktion.

UNSERE LÖSUNG

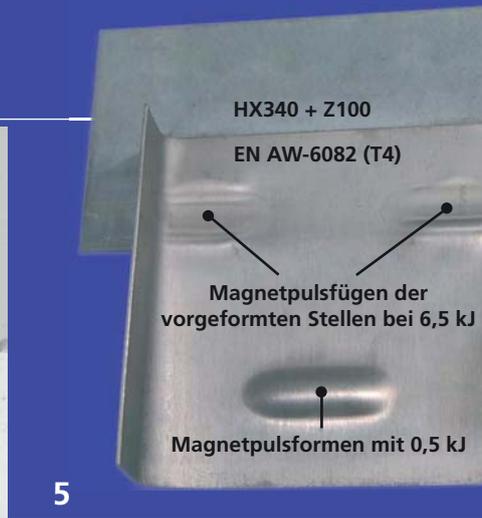
Unter Berücksichtigung der notwendigen Ströme und den zu erwartenden Kräften wurde für das elektromagnetische Pulsfügen ebener Bleche eine Werkzeugspule entwickelt, die das in Abbildung 2 dargestellte Prinzip umsetzt.

Schematische Abbildung zur Wirkweise einer Flachspule beim elektromagnetischen Pulsfügen von Blechen



Vorversuche zeigten, dass ein einzelner Schweißprozess nahezu unabhängig von der Nahtlänge maximal 30 μ s dauert. Mit Hilfe eines High-Speed-Kamerasystems konnten die Auftreffgeschwindigkeiten zwischen beiden Blechen ermittelt werden (Abb. 4). Sie erreichen Werte bis 300 m s^{-1} .

Diese Ergebnisse dienten als Eingangsgrößen für die am Fraunhofer IWS durchgeführten numerische Simulationen zur Ermittlung der zu erwartenden Stoßbelastungen, welche in die Abstützung des ruhenden Blechs eingeleitet werden. Um einen hohen Wirkungsgrad der Werkzeugspule zu gewährleisten, erfolgten weitere FEM-Simulationen zur Beurteilung und Optimierung der komplexen magnetischen Druck- sowie Stromdichteverteilung.



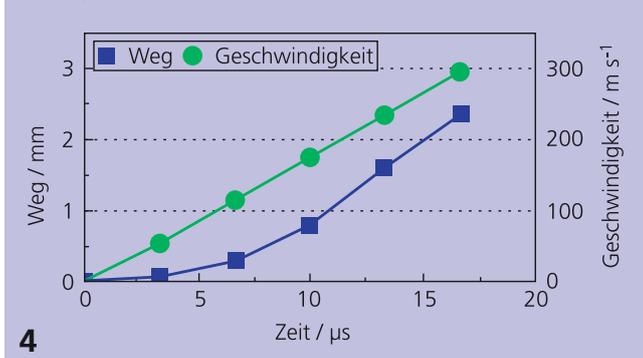
ERGEBNISSE

Die Spulengeometrie wurde so gestaltet, dass sie flexibel an die jeweilige Fügeaufgabe angepasst werden kann. Unterschiedlich breite und auch konturierte Spulenstege sind in die Vorrichtung einsetzbar. Dadurch kann der magnetische Druck in seiner Verteilung und Intensität an die beteiligten Materialien und Blechstärken angepasst werden.

Die Abstützung des ruhenden Bleches ist so gestaltet, dass nahezu endlos lange Fügestellen im Überlappstoß hergestellt werden können. Eine integrierte Höhenverstellung der Abstützung ermöglicht es außerdem, sowohl Bleche unterschiedlicher Dicke einzulegen als auch Blech-Profilverbindungen zu realisieren.

Abbildung 3 zeigt den Querschliff einer linearen Fügezone zwischen verzinktem Stahlblech und einem Aluminiumblech mit der für das elektromagnetische Pulsfügen typischen, welligen Struktur. Erste mechanische Tests zeigen, dass die Festigkeit der stoffschlüssigen Verbindung über der des Grundwerkstoffs Aluminium liegt, was auf die Verfestigung, die während des Hochgeschwindigkeitsumformens und der Kollision auftritt, zurückzuführen ist.

Gemessene Position des beschleunigten Bleches während des elektromagnetischen Pulsfügens (High-Speed Aufnahme mit 300.000 Bildern pro Sekunde)



Neben der Schnelligkeit des Verfahrens ist die Einsparung aufwendiger Vor- oder Nachbehandlungen ein großer Vorteil des Verfahrens. Es ist somit sowohl für die Herstellung von Halbzeugen als auch im Montageprozess geeignet, da artungleiche Materialien im Überlappstoß gefügt und sofort weiter verarbeitet werden können.

Das Verfahren ist auch im Karosseriebau anwendbar, wo Überlappverbindungen üblicherweise durch Widerstandspunktschweißungen am Flansch zweier aufeinanderliegender Stahlbleche erzeugt werden. Mittels Magnetpulsschweißen ist es zudem möglich, stoffschlüssige Hybridverbindungen in dieser Konfiguration zu erzeugen. Ein Fügespalt dient als Beschleunigungsstrecke für das Material in der Fügezone. Um unnötigen Positionieraufwand im Montageprozess zu vermeiden, werden dafür lokale Sicken in das Blech eingebracht. Anschließend können die Fügepartner wie gewohnt mit einem Nullspalt aufeinander gelegt und schließlich in den Sickenbereichen mittels Magnetpulsschweißen verbunden werden. Das Bauteil in Abbildung 4 zeigt sowohl eine mittels Magnetpulsumformung erzeugte Sicke als auch die magnetpuls geschweißte Steppnaht zwischen dem Aluminium- und dem Stahlblech.

- 1 Werkzeugspule aus Kupfer mit mittigem Spulensteg
- 3 Lichtmikroskopische Aufnahme der Fügezone im Querschliff
- 5 Stahl-Aluminium-Hybridplatte aus zweistufigem Fügeprozess

KONTAKT

M.Sc. Jörg Bellmann

+49 351 83391-3716

joerg.bellmann@iws.fraunhofer.de

