

METALLISCHE MISCHVERBINDUNGEN – PROZESSSICHER FÜGEN

METALLIC MULTI-MATERIAL JOINTS – RELIABLE JOINING PROCESSES

Increasing demands on technical designs, resource efficiency and recycling capability require an optimized use of materials. The right metallic material in the right place enables to meet these demands and is a suitable solution for a wide range of applications. The focus is on adapted, modern joining technology, as it is often not possible to create the desired multi-material joints conventionally.

Metallic multi-material constructions are becoming increasingly interesting, above all for automotive development, whether in steel-light metal bodies, aluminum-copper contacts for e-mobility or in drive systems. Conventional fusion welding processes are not suitable for manufacturing these multi-material metal joints, e.g. between steel and aluminum, because brittle intermetallic phases are formed. The challenge is therefore to suppress this phase formation as far as possible. At Fraunhofer IWS, low-heat joining processes are therefore being developed to generate loadable direct multi-material joints between metals.

Laser beam welding with transition joint

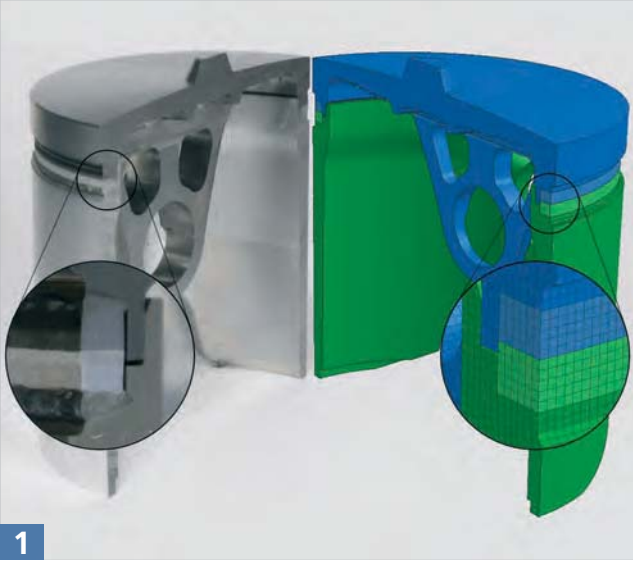
One possibility is a specially prefabricated bimetal strip, e.g. made of steel and aluminum, as a so-called "transition joint". This can be generated using an IWS-developed laser induction roll plating process, which optimizes the strength and formability of the multi-material joint zone. A low-heat laser beam welding process subsequently joins both individual layers directly with the joining partners (steel-steel and alu-

Steigende Anforderungen an technische Konstruktionen, Ressourceneffizienz und Recyclingfähigkeit erfordern einen angepassten Werkstoffeinsatz. Der richtige metallische Werkstoff an der richtigen Stelle ermöglicht es, diese Bedingungen zu erfüllen, und ist Lösung für vielfältige Anwendungen. Angepasste, moderne Fügeverfahren rücken dabei in den Fokus, denn oft lassen sich die gewünschten Mischverbindungen nicht auf herkömmliche Weise herstellen.

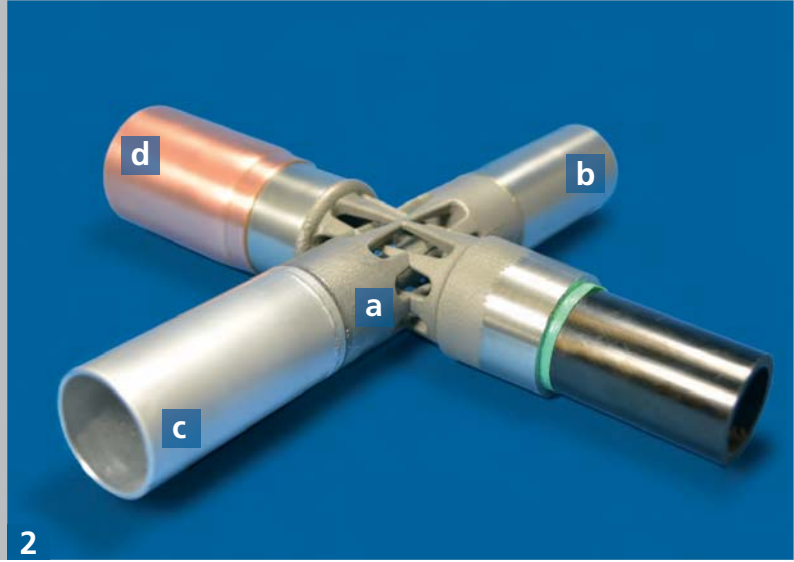
Metallische Mischbauweisen sind vor allem für die Automobilentwicklung zunehmend interessant, sei es in Stahl-Leichtmetall-Karosserien, in Aluminium-Kupfer-Kontakten für die E-Mobilität oder im Antrieb. Die üblichen Schmelzschweißverfahren eignen sich nicht für die Herstellung metallischer Mischverbindungen, z. B. zwischen Stahl und Aluminium, weil spröde intermetallische Phasen entstehen. Die Herausforderung besteht somit darin, diese Phasenbildung weitestgehend zu unterdrücken. Am Fraunhofer IWS werden deshalb wärmearme Fügeverfahren entwickelt, um belastbare stoffschlüssige Mischverbindungen zwischen Metallen zu erzeugen.

Laserstrahlschweißen mit Transition Joint

Eine Möglichkeit bietet ein speziell vorgefertigtes Bimetall-Band, z.B. aus Stahl und Aluminium, als sogenannter »Transition-Joint«. Dieser lässt sich über ein am IWS entwickeltes Laser-Induktions-Walzplattierverfahren herstellen, wobei Festigkeit und Umformbarkeit der Mischverbindungszone optimiert werden. Wärmearmes Laserstrahlschweißen fügt anschließend beide Einzellagen direkt mit den Fügepartnern (Stahl-Stahl bzw. Alu-Alu).



1



2

Im Ergebnis entsteht eine stoffschlüssige Verbindung mit bisher nicht erreichter Belastbarkeit. In einem Kooperationsprojekt wurde auf diese Weise ein Stahl-Aluminium-Mischbaukolben für Hochleistungs-Verbrennungsmotoren entwickelt und prototypisch aufgebaut.

Rührreibschweißen oder elektromagnetisches Pulsfügen

Mechanisch belastbare Mischverbindungen lassen sich aber auch durch direktes Fügen der Metalle mit minimalem thermischen Energieeintrag erzeugen. So ermöglicht z. B. das Rührreibschweißen die sichere stoffschlüssige Verbindung zwischen Aluminium- und Kupferlegierungen. Bei diesem Verfahren wird über ein rotierendes Werkzeug der zu fügende Werkstoff in einen teigigen Zustand gebracht und verrührt. Eine weitere Möglichkeit stellt das elektromagnetische Pulsfügen dar. Dieses Verfahren erzeugt über die elektromagnetische Beschleunigung eines Fügepartners eine kontrollierte Hochgeschwindigkeitskollision mit dem zweiten Fügepartner. Dadurch verschweißen die Oberflächen lokal miteinander. In beiden Fällen sorgt die niedrige Prozesstemperatur für eine haltbare metallische Verbindung, ohne dass sich nennenswerte störende intermetallische Phasen bilden.

minum-aluminum). The result is a material-locking joint with a load capacity never before achieved. In this way, a steel-aluminum piston for high-performance combustion engines was developed and prototypically designed in a cooperative project.

Friction stir welding or electromagnetic pulse joining

Mechanically loadable multi-material joints can also be generated by directly joining the metals with minimal thermal energy input. Friction stir welding enables a reliable metallic joint between aluminum and copper alloys. In this process, the material is softened and stirred using a rotating tool. Another technique is electromagnetic pulse joining. This method generates a controlled acceleration of one joining partner by an electromagnetic field. As a result, both partners collide rapidly and the surfaces weld locally together. In both cases, low process temperature ensures a durable metallurgical bond without critical intermetallic phases.

- 1 *Steel-aluminum piston for combustion engines: The highly loaded piston crown is made of steel, the piston skirt of aluminum.*
- 2 *Demonstrator for metallic mixed joints: (a) Basic body (stainless steel) joined with (b) steel, (c) aluminum or (d) copper.*

CONTACT

Dr. Axel Jahn
 Laser Beam Joining
 +49 351 83391-3237
 axel.jahn@iws.fraunhofer.de

