Thema: „Untersuchungen zum plastischen Fügen von Mischverbindungen mit speziell konturierter Kegelgeometrie“

Das plastische Fügen mit speziell konturierter Fügegeometrie ist ein Fügeprozess für Mischverbindungen, der unter Anwendung der Reibschweißtecknik mehrere Bindungsmechanismen kombiniert. Im Vergleich zum herkömmlichen Reibschweißen von Stumpfverbindungen mit ebenen Reibstirnflächen wird eine kegelförmige Fügezone mit zusätzlicher Konturierung verwendet (Bild 1), die gerundet, scharfkantig, grob- oder feingliedrig ausgeführt ist - vergleichbar einer Kegelschraube, nur ohne Steigung. Aufgrund der bei Mischverbindungen unterschiedlichen Warmverformbarkeit beider Werkstoffe verformt sich nur der weichere Werkstoff und passt sich so der Kontur des härteren Werkstoffes an, die unverformt bleibt. Durch die Rotation und Reibungswärme entsteht eine warmplastische Verschraubung ohne Steigung. Bei der Abkühlung der Verbindung entsteht durch definierte unterschiedliche Schrumpfung beider Werkstoffe ein überlagerter Schrumpfsitz. So werden für die Mischverbindung insgesamt drei Verbindungsmechanismen genutzt: Die plastische mechanische Verklammerung in Hinterschneidungen (Formschluss), die zusätzliche Überlagerung von Schrumpfspannungen, und eine metallische Reibschweißverbindung, die vollflächig oder nur partiell abhängig von der "Schweißeignung" der Werkstoffe und der Oberflächenreinheit entsteht.

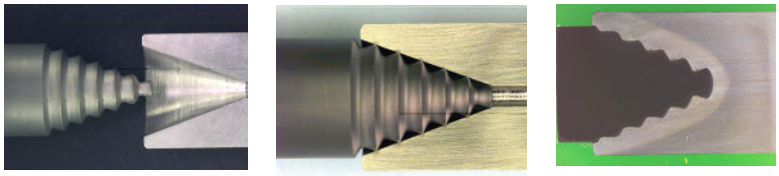


Bild 1: Plastisches Fügen von Mischverbindungen mit Konturkegelgeometrie - Ablauf, schematisch

Zielstellung

Ziel der Untersuchungen zum plastischen Fügen mit spezieller Kegelgeometrie war die Erweiterung des Anwendungsspektrums der Reibschweißtechnik auf Werkstoffkombinationen, die bei herkömmlicher Verbindungsgeometrie bisher nicht oder mit nur unzureichenden Verbindungseigenschaften hergestellt werden können. Dazu sollten geeignete Arbeitsbedingungen (Prozessparameter, Geometrie) erarbeitet, Kennwerte über die Qualität und Belastbarkeit der Verbindungen ermittelt und konkreten Anwendungsfällen erprobt werden.

Ergebnisse

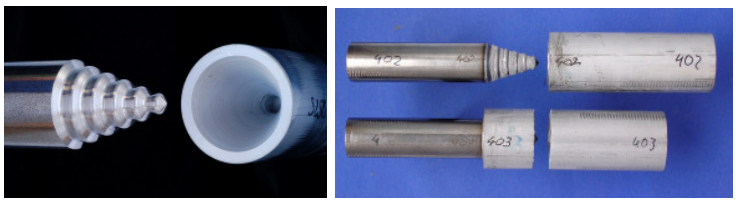
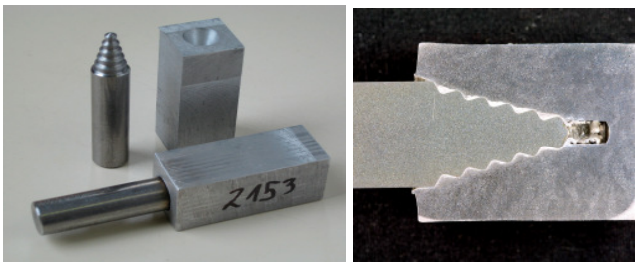


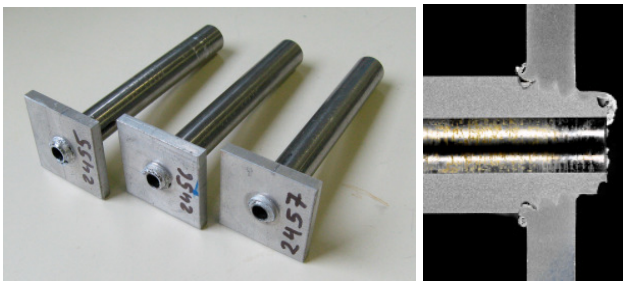
Bild 2: Reibschweißverbindung C45/PMAl mit Konturkegelgeometrie; Rohlinge und Zugproben

Unterschiedlich konturierte Fügeflächen wurden konzipiert, in einem Konturenkatalog zusammengestellt und bezüglich ihrem Verhalten beim plastischen Fügen von Mischverbindungen untersucht. Geeignete Arbeitsbedingungen zeigen sich vor allem bei einer Konturneigung von 15° - sowohl mit feingliedrig scharfkantiger "Gewinde"-Kontur, als auch mit kerbarm gerundeter Kontur. Plastisch gefügte

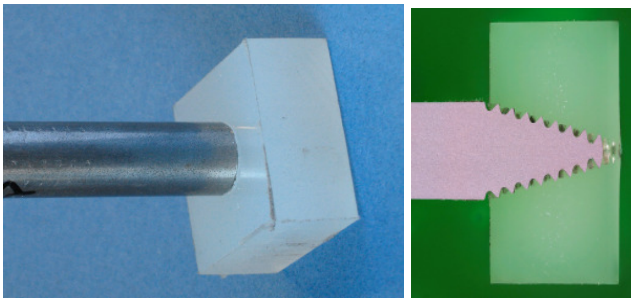
Verbindungen von C45 ∅12 bzw. 20 mm mit dem warm- und verschleißfesten PM-Aluminiumwerkstoff AlSi20Fe5Ni2 erzielen Zugfestigkeitswerte nahe oder über der des PMAl-Grund-werkstoffes (Bild 2). Bei zyklisch-mechanischer Beanspruchung (Biegung wechselnd und Zug schwellend) tritt der Bruch im Konturansatz durch die Stahlwelle (erste Kerbe) auf - vergleichbar dem Bruch einer Verschraubung im Gewindeansatz. Die Verbindung entlang der Fügekontur bleibt unzerstört. Partiell unterbrochene Konturen durch zusätzliche Längsnuten verbessern die Plastifizierung bei reduzierter Einreibtiefe und steigern die Torsionsfestigkeit (C45/PMAl, ∅12 mm, >130 Nm, Abscherung im Stahl).



C45, ∅12 mm / AlSi12(Cu)
Bild 3: Verbindung Stahlbolzen/Alu-Guss



C45, ∅12 mm, Bohrung ∅5 mm / AA-6061 + 15% Al_2O_3, T4), t = 4 mm
Bild 4: Verbindung Stahl-Hohlbolzen/Al-MMC



C45, ∅12 mm / PP, t = 15 mm
Bild 4: Verbindung Stahlbolzen/Kunststoff

Das plastische Fügen erschließt neue Anwendungen für Mischverbindungen hoher Tragfähigkeit, die mit bisherigen Fügetechnologien nicht geeignet herzustellen sind. Aufgrund innerer Verformung ohne Außenwulstbildung ist eine wirtschaftliche Fertigung ohne unmittelbare Vor- und Nachbearbeitung möglich. Untersuchte Applikationsbeispiele, Bilder 3 - 5, von Stahlbolzen in Aluminiumguss (∅12 mm, Auszugkraft 35 kN), von Stahl-Hohlstutzen in Al-MMC-Blech (6061 + 15%Al_2O_3, t = 4 mm) bis hin zu Metall / Kunststoff - Verbindungen (∅ 12 mm C45-Bolzen in PP, Auszugkraft 4,2 kN) zeigen das hohe Innovationspotential, das durch die Untersuchungsergebnisse für viele Arten von Mischverbindungen neu erschlossen wird.

Der Schlussbericht liegt vor.

München, den 01.10.2008

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt
SLV München, NL der GSI mbH