

Untersuchung der Bildungsmechanismen der Fügezone beim Kollisionsschweißen

Untersuchungen mithilfe eines speziellen Modellversuchsstands lieferte wichtige Erkenntnisse zu den Vorgängen während des Hochgeschwindigkeitsfügeprozesses Kollisionsschweißen. Es zeigte sich, dass die im Fügespalt auftretenden Phänomene je nach Prozessbedingungen schädlich oder vorteilhaft für die Verbindungsbildung sein können.

Projektbeschreibung

Das elektromagnetische Pulsschweißen (EMPS) eignet sich in besonderer Weise zum stoffschlüssigen Fügen artungleicher Metalle, da hohe Festigkeiten erreicht werden können. Jedoch ist die Untersuchung der wahren Vorgänge in der Fügezone aufgrund der begrenzten Zugänglichkeit beim EMPS und dessen instationären Prozessbedingungen sehr herausfordernd. Zu Projektstart waren die eigentlichen Prozesszusammenhänge zwischen Eingangs- (z.B. Werkstoffeigenschaften) und Ausgangsgrößen (z.B. Verbindungsfestigkeit) unbekannt. Als direkte Folge mussten Verbindungen in der Anwendung aufwändig empirisch ausgelegt werden, wodurch erhebliche Verluste der Arbeitseffizienz entstanden.

Aufgrund dessen war das Ziel dieses Vorhabens diese Lücke über eine zielgerichtete Parametervariation zusammen mit zeitlich und örtlich hoch aufgelösten Untersuchungsmethoden zu füllen. Das Kernelement der Untersuchungen war ein spezieller, am PtU entwickelter Modellversuchsstand (siehe Abbildung 1), der genau definierbare und konstante Prozessparameter mit einer guten Beobachtbarkeit kombiniert. Zusammen mit hoch aufgelösten Hochgeschwindigkeitsaufnahmen konnten hier neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Projektdaten

Laufzeit	Okt. 2012 – Aug. 2019
Bearbeiter/-in	Dr.-Ing. Christian Pabst Benedikt Niessen, M. Sc.
Abteilung	Funktions- und Verbundbauweise

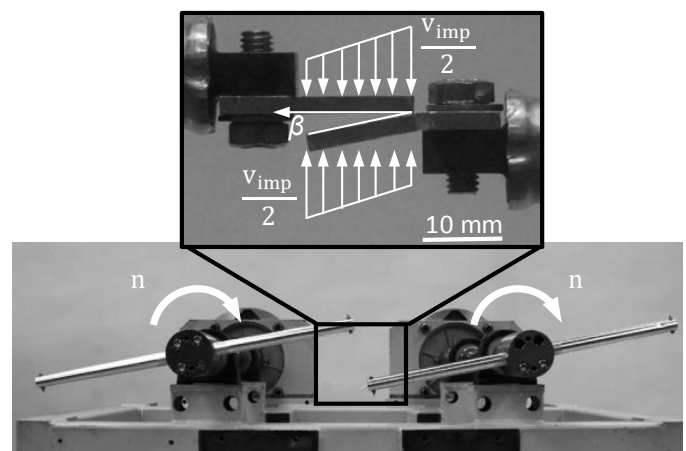


Abbildung 1: Funktionsweise des Modellversuchsstands: zwei angetriebene Rotoren bringen zwei an die Enden montierte Fügepartner unter einer Aufprallgeschwindigkeit v_{imp} und einem Kollisionswinkel β definiert zur Kollision.

Ergebnisse

Der EMPS-Prozess konnte erfolgreich im Modellversuchsstand abgebildet und durch zusätzliche numerische Simulationen validiert werden. Darauf aufbauend wurden die Prozessparameter (Aufprallgeschwindigkeit und Kollisionswinkel) sowie verschiedene Werkstoffe, Oberflächen und Umgebungsmedien gezielt eingestellt und die Auswirkung der Variationen analysiert.

Eine erfolgreiche Verbindungsbildung beim Kollisionsschweißen hängt nach Erreichen einer Mindestgeschwindigkeit maßgeblich vom eingestellten Kollisionswinkel ab. Die resultierende Spaltgeometrie zwischen

Untersuchung der Bildungsmechanismen der Fügezone beim Kollisionsschweißen

Untersuchungen mithilfe eines speziellen Modellversuchsstands lieferte wichtige Erkenntnisse zu den Vorgängen während des Hochgeschwindigkeitsfügeprozesses Kollisionsschweißen. Es zeigte sich, dass die im Fugespalt auftretenden Phänomene je nach Prozessbedingungen schädlich oder vorteilhaft für die Verbindungsbildung sein können.

den Fügepartnern beeinflusst dabei die Interaktion mehrerer Mechanismen. Durch die fortschreitende Kollision entsteht in der Kollisionsfront infolge der hohen Dehnraten ein für das Verfahren charakteristischer Materialstrahl, welcher als Jet bezeichnet wird. Neben dem Jet entsteht weiterhin eine Partikelwolke (siehe Abbildung 2).

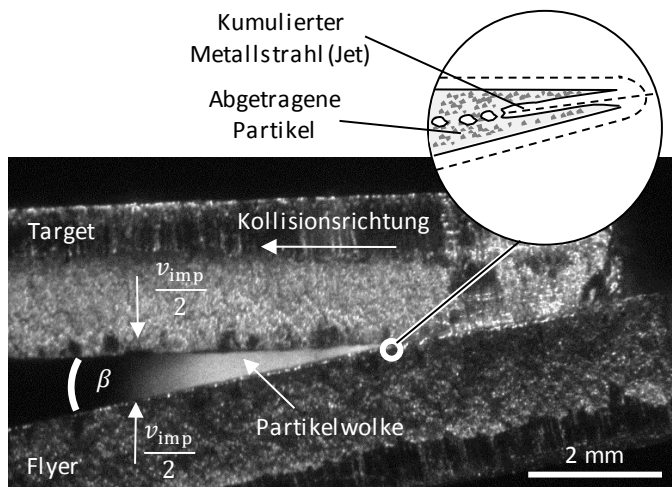


Abbildung 2: Hochgeschwindigkeitsaufnahme des Fugespalts während des Kollisionsschweißprozesses. Im Detail: Ausbildung des Jets als kumulierter Strahl und der Partikelwolke durch abgetragene Partikel.

Für eine erfolgreiche stoffschlüssige Verbindung muss einerseits sichergestellt werden, dass sowohl der Jet als auch die Partikelwolke aus dem Spalt ausgestoßen und nicht durch Reibung mit den Spaltinnenflächen oder

dem im Spalt befindlichen Gas abgebremst werden. Sonst werden sie von der fortschreitenden Kollisionsfront wieder eingeschlossen und verhindern den Kontakt des aktivierten Grundmaterials und so die Verbindungsbildung. Andererseits bestimmen sie über die in ihnen gespeicherte Wärmeenergie die thermischen Zustände in der Kollisionsregion und damit den vorherrschenden Fügemechanismus. So zeigte sich, dass die Verbindungsbildung in Abhängigkeit der Prozessgrößen und den Werkstoffeigenschaften im festen oder flüssigen Zustand erfolgt. Dies wiederum beeinflusst die mechanischen Eigenschaften der Verbindung, etwa durch die Bildung von Poren oder intermetallischen Phasen. Die gewonnenen Erkenntnisse ließen sich erfolgreich auf den EMPS-Prozess übertragen. Damit ist es nun möglich, die Auslegung des EMPS zu vereinfachen und die Verbindungseigenschaften gezielt zu optimieren.

Danksagung

Wir danken der DFG für die Förderung des Teilprojekts A5 „Untersuchung der Bildungsmechanismen der Fügezone beim Kollisionsschweißen“ im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1640 "Fügen durch plastische Deformation" (GR 1818/49-3). Weiterhin gilt unser Dank den Kollegen der Institute IF, IUL, IWW & tff für die Zusammenarbeit und den wissenschaftlichen Austausch. Außerdem bedanken wir uns bei Herrn Stephan Ditscher

Projektdaten

Laufzeit	Okt. 2012 – Aug. 2019
Bearbeiter/-in	Dr.-Ing. Christian Pabst Benedikt Niessen, M. Sc.
Abteilung	Funktions- und Verbundbauweise

Institut für Produktionstechnik und Umformmaschine (PtU)
Otto-Berndt-Straße 2, 64287 Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche
info@ptu.tu-darmstadt.de

PtU
FORMING
EXCELLENCE



Untersuchung der Bildungsmechanismen der Fügezone beim Kollisionsschweißen

Untersuchungen mithilfe eines speziellen Modellversuchsstands lieferte wichtige Erkenntnisse zu den Vorgängen während des Hochgeschwindigkeitsfügeprozesses Kollisionsschweißen. Es zeigte sich, dass die im Fügespalt auftretenden Phänomene je nach Prozessbedingungen schädlich oder vorteilhaft für die Verbindungsbildung sein können.

von der Firma Baumüller Nürnberg GmbH für die Programmierung der Versuchsstandssteuerung.

Projektdaten

Laufzeit Okt. 2012 – Aug. 2019
Bearbeiter/-in Dr.-Ing. Christian Pabst
Benedikt Niessen, M. Sc.
Abteilung Funktions- und Verbundbauweise

DFG



SPP 1640