

Reibpunktschweißen im Karosseriebau sowie bei Luft- und Raumfahrtkomponenten

Messe Schweißen & Schneiden, Düsseldorf, 26.09.2017

Dipl.-Ing. Ludwig Appel, Michael Serve, Prof. Dr.-Ing. Heidi Cramer, GSI mbH, NL SLV München

Reibpunktschweißen im Karosseriebau sowie bei Luft- und Raumfahrtkomponenten

Inhalt

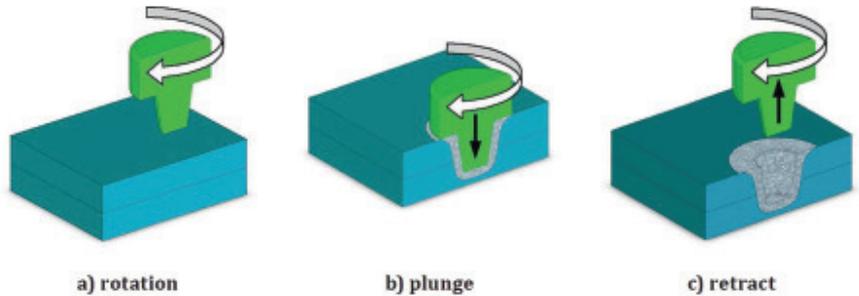
- Verfahrensvarianten und Normung
- Prozessablauf beim Reibpunktschweißen
- Anwendung bei Aluminium-Blechverbindungen
PKW-Aluminium-Motorklappe/Schließblech
- Reibpunktschweißen als Lochschlussverfahren
- Anwendung FSW-Endlochschluss (Raketen-Aluminiumtank)
- Reibpunkt-Steppnahtschweißen zur Rissreparatur
- Literatur - Forschungsberichte

Reibpunktschweißen - Normung und Begriffe

Entwurf: DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 18785, Part 1 - 5, 2016

„friction stir spot welding“ FSSW - 5 Ausführungsvarianten:

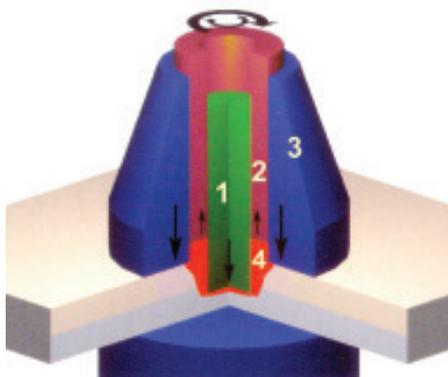
- 1) basic FSSW (FSW-Punkt)
- 2) refill FSSW
- 3) stitch FSSW (FSW-Kurzbahn)
- 4) swept FSSW (FSW-Kreisbahn)
- 5) swing FSSW (ähnlich zu 3)



Prinzip des basic FSSW
/ISO 2016/

Reibpunktschweißen - Refill FSSW

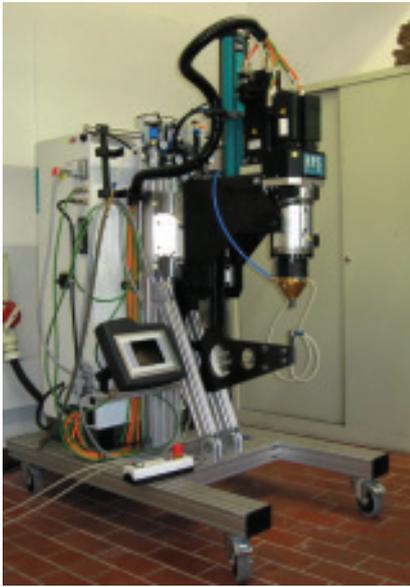
Prinzip eines wärmearmes Fügeverfahrens für Überlappverbindungen



/RIFTEC/

- Reibwerkzeug aus 3 Komponenten:
Stift (1) und Hülse (2) drehend, Stempel (3) nichtdrehend
- Stempel (3) drückt die Bleche gegen eine Unterlage
- Stift (1) dringt drehend in den Werkstoff ein
- Hülse (2) zieht sich - gleichsinnig drehend - zurück
→ erzeugt Raum für verdrängten Werkstoff (4)
- bei anschließend umgekehrter Hubrichtung (Stift (1) zieht zurück, Hülse (2) schiebt vor) wird der vorher verdrängte Werkstoff (4) wieder zurückverdrängt → Reibloch wird geschlossen
- variable steuerbare Hubhöhe von Stift und Hülse ermöglichen eine flexible Anpassung der Einreibtiefe bei unterschiedlichen Blechdicken oder Mehrblechverbindungen - ohne Werkzeugwechsel
- Ablauf mit modifizierter Hubfolge: Hülse taucht zuerst ein

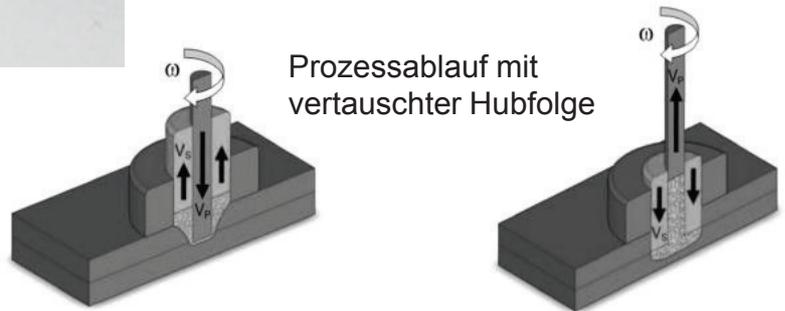
Reibpunkt-Schweißzange Harms&Wende RPS100



Dreiteiliges Reibwerkzeug

- Stempel
- Hülse (Ø9 mm)
- Pin

erzeugt Punktverbindung ohne Locheindruck



Prozessablauf mit vertauschter Hubfolge

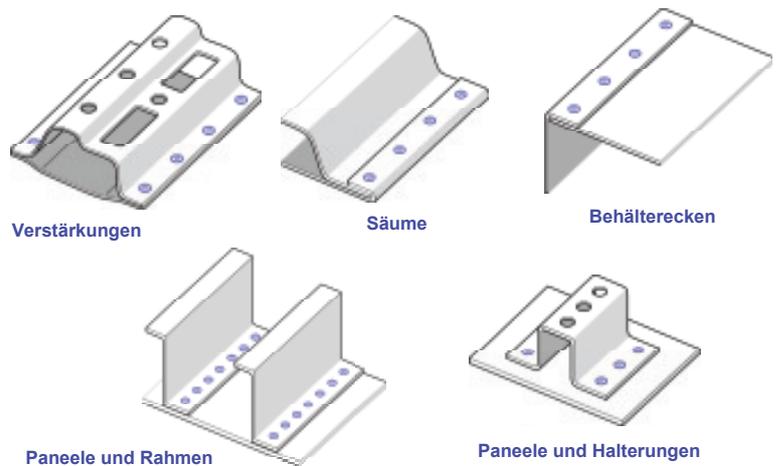
RPS - Anwendungen an Al-Blechüberlappverbindungen

Anwendungen:

- Alternative zum Widerstandspunktschweißen und zu mechanischen Fügeverfahren
- Blechanbindungen an Gussteilen (Space-Frame)
- Wiederholung von Schweißungen an selber Stelle möglich (Reparaturmöglichkeit, auch für andere Schweißverfahren)

Eigenschaften:

- keine Schmelze, geringe Wärmebelastung
- keine Begrenzung der Punktzahl (kein minimaler Punktabstand, Nebenschluss)
- gute Schweißleistung für unterschiedliche Blechdicken, Mehrblechverbindungen, Sonderlegierungen (auch Guss- und PM-Werkstoffe)
- Schweißzeit und Werkzeugstandmenge sind blechdicken-/werkstoffabhängig

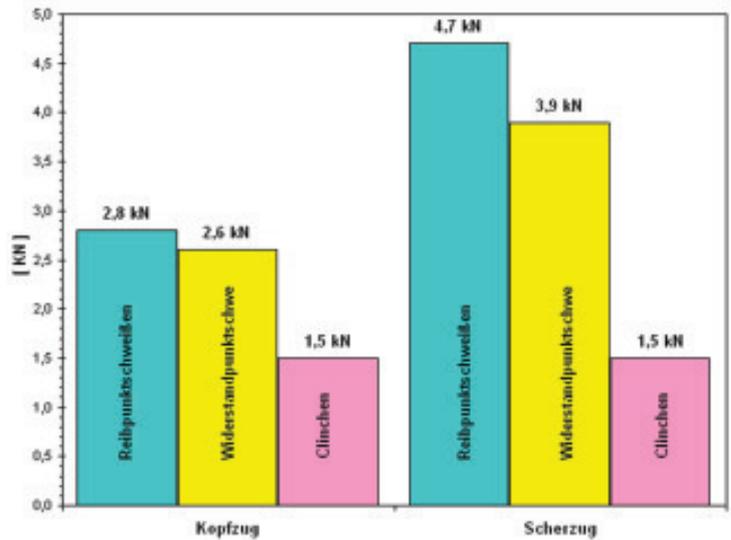
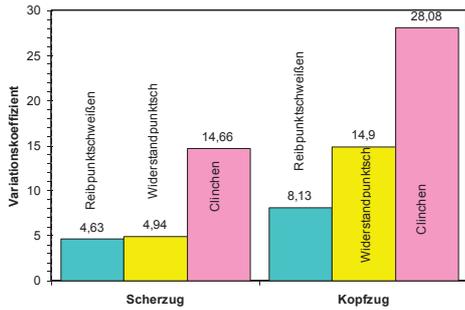


Vergleich: Festigkeitseigenschaften punktförmiger Verbindungen

Punkt - \varnothing

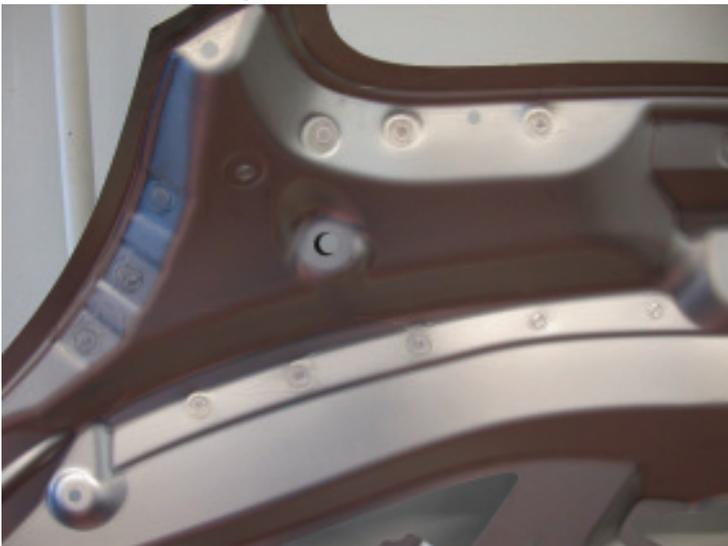
- **Reibpunktschweißen** 9 mm
- **Widerstandspunktschweißen** 7 mm
- **Clinchen** 8 mm

AlSi1,2Mg0,4(AW-6016) / AlMg3Mn(AW-5454)
 $t = 1,2 / 2,0$ mm



Reibpunktgeschweißte PKW-Aluminium-Frontklappe (Schließblech)

Versuchs-Prototyp / Audi /



Reibpunktgeschweißte PKW-Aluminium-Frontklappe (Schließblech)

Versuchs-Prototyp / Audi /

- Fertigungsalternative zum Widerstandspunktschweißen und zum mechanischen Fügen im Karosseriebau
- Fügen unterschiedlicher Blechdicken und Mehrblechverbindungen ohne Werkzeugwechsel
- geringere Flanscbreiten
- einfachere Oberflächenvorbereitung
- einseitig blechebene Verbindung
- vereinfachtes Reparaturschweißen
- ohne Fremdwerkstoff guter Korrosionsschutz und einfaches Recycling

Frontklappe
AlSi1Mg0,8 / t = 1,15 mm

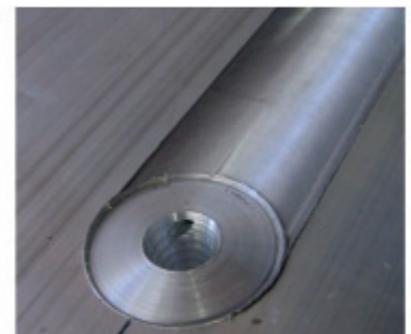
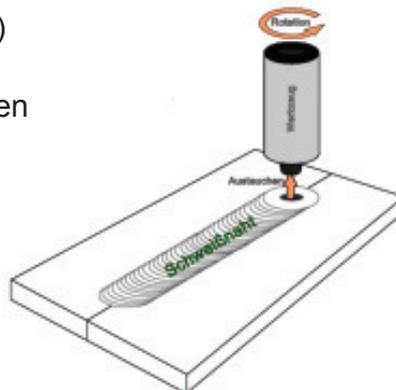


Reibpunktschweißen als Lochschluss- und Reparaturverfahren

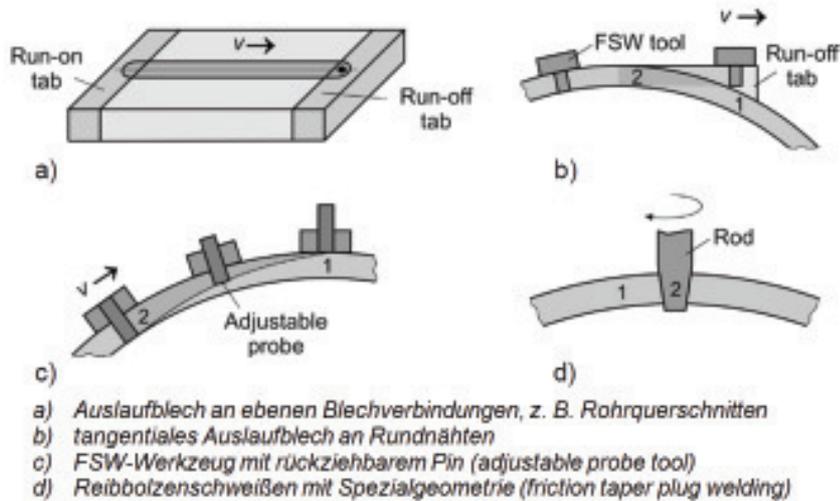
- **Endlochschluss beim Rührreibschweißen**
- **Reparaturverfahren** für ausgebohrte Fehlstellen (z.B. Gussfehler, Schweißnahtfehler)

RPS: reibbasiertes Lochschlussverfahren mit geringer Werkstoffbeeinflussung (keine Aufschmelzung)

Der Schmelzschweiß-Lochschluss ist meist keine geeignete Alternative



Endlochschluss beim Rührreibschweißen - bisherige Varianten



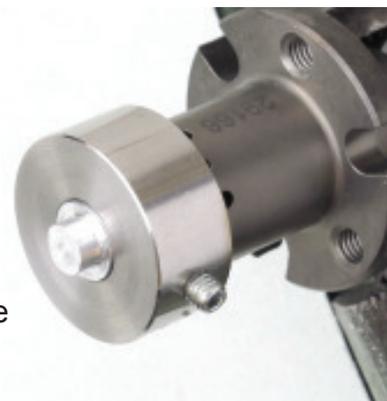
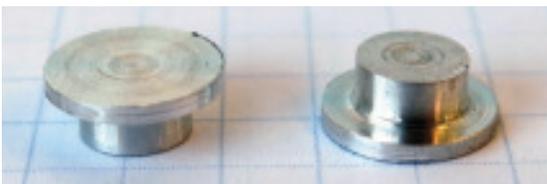
FSW-Rundnähte erfordern zwingend einen geeigneten Endlochschluss !

Reibpunktschweißen als Lochschluss-/Reparaturverfahren

Modifizierte Anwendung des Reibpunktschweißens mit Plug (Stopfen) als Zusatzwerkstoff



Bohrung als Sackloch mit Lochbodendicke 0,2 mm (links), oder als Durchgangsbohrung (rechts), reibpunktgeschweißt mit Oberflächen-Bearbeitungszugabe



Reibwerkzeug mit aufgesetzter Positionier-/Zentrierhilfe und Plug

Reibpunkt-Lochschluss an einer FSW-Naht

Querzugprobe und Makro-Schliffbild

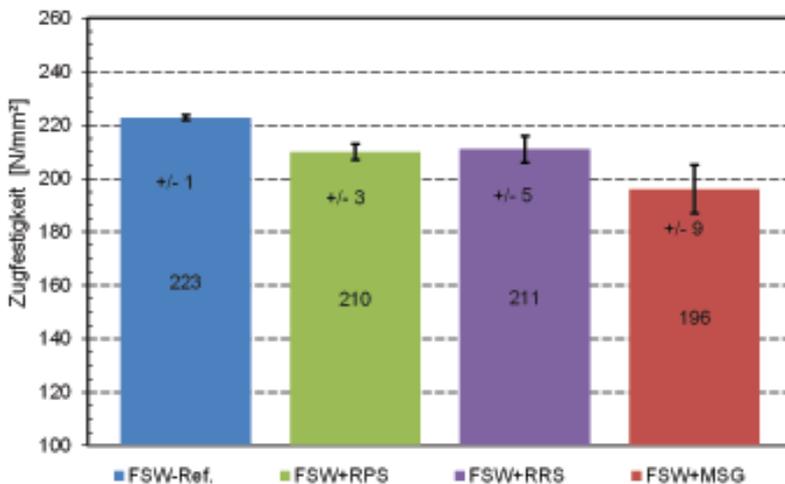


Blech AlMg3 F29,
Blehdicke 3 mm
Sackloch $\varnothing 6$ mm
Lochbodendicke 0,2 mm

Plug AlMg2,7Mn
RPS-Punkt- $\varnothing 9$ mm

fehlerfreie Verbindung an den Punkträndern
und am Lochboden an der Blechunterseite

Lochschluss-Querzug-Festigkeitsvergleich

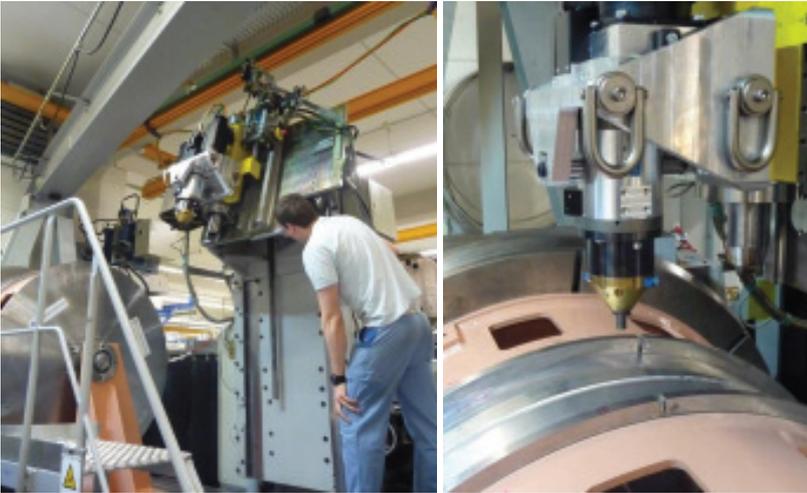


Vergleich an Querzugproben zur

- FSW-Naht ohne Lochschluss,
- sowie FSW-Nähten mit Lochschluss durch
 - Reibpunktschweißen (RPS),
 - Rotations-/Reibbolzenschweißen (RRS)
 - MIG-CMT-Schmelzschweißen (MSG)

Blech AlMg3 F29, Blehdicke 3 mm
RPS und RRS mit Bolzen/Plug aus AlMg2,7Mn
MSG mit Zusatzdraht AlMg5

Anwendung: FSW-Rundnaht mit Reibpunkt-Endlochschluss



/ MT Aerospace /

- Reibpunkt-Schweißkopf am FSW-Portal zum Endlochschluss an einer FSW-Rundnaht
- Einseitiges Schweißen unter Verwendung vorhandener FSW-Spanntechnik ohne Umspannung des Bauteils
die Anpresskraft des FSW-Portals ersetzt die Zangen-Klemmkraft
- Al 2219, Blechdicke 4 mm

Lochschluss an Al-Werkstoffen mit Reibschweißverfahren

Reibbasierte Verfahren zur Anwendung als FSW-Endlochschluss oder für Reparaturaufgaben

Reibpunktschweißen mit Zusatzwerkstoff (Plug)



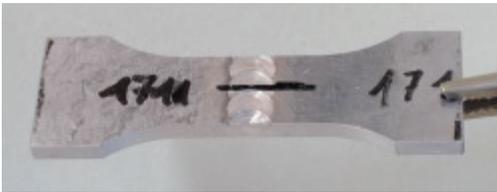
Rotationsreibschweißen (Reibbolzenschweißen)



Vorteile:

- Geringe Werkstoffbeeinflussung - auch für nicht schmelzschweißgeeignete FSW-Legierungen
- Rührreibschweißen, Endlochbearbeitung und Lochschluss sind in einer Aufspannung möglich
- - Z.T. auch als allgemeine Reparaturverfahren für Al- oder Cu-Werkstoffe bzw. Schweißnahtfehler einsetzbar

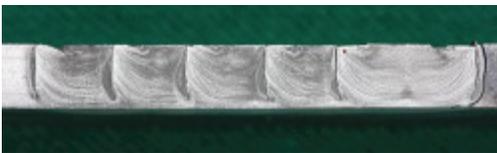
Sonderanwendung Reibpunkt-Steppnahtschweißen zur Rissreparatur ohne Zusatzwerkstoff



Zugprobe und Längsschliff einer Reibpunkt-I-Steppnahtschweißung an **Aluminiumguss** AlSi9MnMoZr (Castasil-37)



Prüfquerschnitt 4 x 18 mm,
Bruchlast 14,78 kN,
Zugfestigkeit 205 N/mm²



Blechdicke 4 mm,
Punktdurchmesser/-abstand 9/5 mm,
Einschweißtiefe 3,6 mm,
Reibzeit 3,5 s je Punkt

Reibpunktschweißen - Zusammenfassung

- Fertigungsalternative zum Widerstandspunktschweißen und zu mechanischen Fügeverfahren
- Reparatur- und Lochschlussverfahren
- keine Schmelze, geringe Wärmebelastung → gute Schweißeignung für Sonderlegierungen (auch Guss- und PM-Werkstoffe)
- Fügen unterschiedlicher Blechdicken und Mehrblechverbindungen ohne Werkzeugwechsel
- einfache/keine Oberflächenvorbereitung
- mögliche Einschränkungen: vergleichsweise lange Schweißzeiten, Werkzeugkosten

Forschungsberichte / Literatur:

- /1/ Reibpunktschweißen von Überlappverbindungen an Aluminiumknet- und -gusslegierungen im Vergleich. IGF/AiF-Nr. 15.317 N, DVS-Nr. 5.041
- /2/ Untersuchung zum reibbasierten Schließen des Endloches beim Rührreißschweißen (FSW). IGF/AiF-Nr. 17.750 N, DVS-Nr. 05.052

Diese IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS wurden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

www.slv-muenchen.de