

## Prozesssicheres Kurzzeit-Widerstandsschweißen von Fügeelementen auf pressgehärtete Stähle mit Mittelfrequenztechnik

Kick-Off zum PNF-Projekt ProWiS

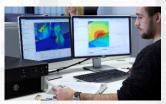
Juli 2021 Attendorn

Dr. Pavel Shcheglov, Marc Stachen, Martin Gatzsch, 0003445

Kira Mitterfellner, Andreas Gusenko























Kooperierende Partner

















#### Motivation

### **Ausgangssituation**



Der Einsatz von hoch- und höchstfesten Materialien im Karosseriebau nimmt stetig zu, sodass auch zunehmend mehr Kurzzeitwiderstandsschweißungen mit hoher Wärmestromdichte z.B. Buckelschweißen oder Verbindungen mit Funktionselementen wie Schweißmuttern an pressgehärteten Blechen durchgeführt werden.

Oft ergibt sich hierbei nur ein kleiner und nicht immer konstanter Schweißbereich, der nicht optimal für die Fertigung ist, sodass das Potenzial des Verfahrens nicht voll ausgeschöpft werden kann. Verstärkt wird dies noch dadurch, dass die Grenzen dieses Schweißbereichs nach allgemeinen und nicht für den Prozess des Kurzzeitschweißens optimierten Kriterien gewählt werden.

In dem IGF-Vorhaben Nr. 19878 BR "Entwicklungen und Untersuchungen von Qualitätskriterien beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit hoher Wärmestromdichte" wurde gezeigt, dass eine Ausweitung der zulässigen Spritzer und Schmelzlinsenanforderungen unter Einhaltung der sonstigen Qualitätskriterien möglich und sinnvoll ist.

Dieser Ansatz sowie neue Entwicklungen im Bereich der Regler-Algorithmen können eine deutliche Erweiterung des industriellen Anwendungsbereichs von Mittelfrequenz (MF) -Schweißungen für warmumgeformte Stähle mit sich bringen. Hierfür müssen jedoch die Anwendbarkeitsgrenzen der vorgeschlagenen Kriterien für konkrete Schweißaufgaben festgelegt werden.

- Material: Oft hochfeste, warmumgeformte Stähle z.B. aus 22MnB5 mit AlSi- Beschichtung
- Prozess: Kurzzeitschweißung lässt durch geringe Schweißzeit vor allem KSR Schweißungen zu, da adaptive Regelung nicht möglich ist
- Element: Schweißmuttern u.ä. Elemente meist für weiche Stähle konstruiert → oft zu kleine Buckel, um in kurzer Schweißzeit (30-60ms) genügend Energie in hochfestes Grundmaterial einzubringen

Quelle: Harms + Wende & IGF Vorhaben Nr. 19878 BR





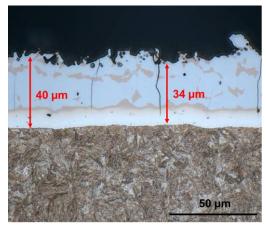


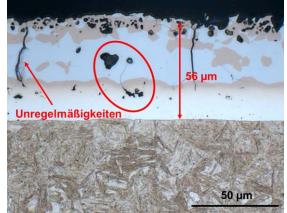


#### **Motivation**

### **Ausgangssituation - Material**

- Die häufig eingesetzten hoch- und höchstfesten, warmumgeformten Stähle weisen prozessbedingt eine unregelmäßige AlSi Schicht mit Poren und Rissen auf.
- Prozessabhängig kommt es zu Schwankungen der Gesamtschichtdicke, die für die schweißunabhängigen Prozesse nicht weiter relevant sind (Beispielhafte Schwankungen in den Abbildungen). Im IGF-Vorhaben ergaben Messungen der Schichtdicke z.B. einen Bereich von 19-33 µm bei dem verwendeten Proben.
- Da die Schichtdicke allerdings durch den Oberflächenwiderstand Einfluss auf den Schweißprozess hat, haben verschiedene Blechchargen und auch einzelne Teile, jeweils andere Voraussetzungen für den Schweißprozess.
- → Die Schichtdicke des Materials hat einen erheblichen Einfluss auf die Qualität bzw. Prozesssicherheit der Schweißung und die Spritzerneigung





Abbildungen1&2: Schwankungen und Unregelmäßigkeiten in der AlSi Beschichtung nach dem Presshärten

Quelle: Harms + Wende & IGF Vorhaben Nr. 19878 BR





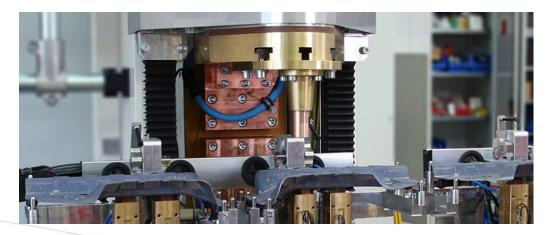




#### **Motivation**

### **Ausgangssituation - Prozess**

- Das Kurzzeitwiderstandsschweißen wird derzeit hauptsächlich beim Buckelschweißen verwendet.
- Die kurzen Schweißzeiten führen meist zu einer Schweißung mit KSR, da eine adaptive Regelung des Schweißstroms bei so kurzen Schweißzeiten nicht möglich ist
- Hierfür werden häufig Kondensatorentladungsschweißanlagen, aber auch Anlagentechnik auf Basis der Mittelfrequenztechnik (MFDC) verwendet
- Das KE-Verfahren zeichnet sich durch sehr hohe Spitzenströme (bis 1000 kA) bei Schweißzeiten im niedrigen Bereich < 20 ms aus.
- Bei der Mittelfrequenztechnik (MFDC) ist es mit entsprechendem Equipment möglich, den, durch den thermischen Umformprozess schwankenden, Oberflächenwiderstand zu Beginn einer Schweißung an der Schweißstelle zu messen.
- So kann ein geeigneter Oberflächenwiderstand als Schwellenwert festgelegt werden, bei dessen Erreichen die Steuerung den Befehl Schweißen Start erhält.













### Zielsetzung und Nutzen

Steigerung der Prozesssicherheit, Flexibilität und Effizienz von Kurzzeitwiderstandsschweißungen pressgehärteter Stähle mit Mittelfrequenztechnik

### **Nutzen und Ergebnis**

- Überblick und Praxistest neuer, innovativer Lösungsmöglichkeiten
- · Potential der unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten bzgl. Festigkeitssteigerung und Zeitbedarf im Vergleich zu KE-Schweißung
- Feststellung der industriellen Anwendbarkeitsgrenzen von Mittelfrequenztechnik und Definition des Übergangsbereichs zu KE-Technik (techn. Spezifikation für zukünftige Projekte) → breiter und flexibler Einsatz der Mittelfreguenztechnik
- Erfassung der spezifischen Qualitätskriterien des Kurzzeitwiderstandschweißens für konkrete Schweißaufgaben (Prozess-Standards)
- Größere Prozesssicherheit und bessere Ausnutzung eines vorhandenen Verfahrens gegenüber SdT
- Ggf. Reduzierung der Spritzer und geringere Belastung der Elektroden, sodass sich der Verschleiß verringert
- Regelmäßige Diskussionen und Austausch im Expertenkreis sowie gemeinsame Gestaltung von ausgewählten Projektinhalte



© acs | automotive center südwestfalen









### **Projektinhalt**

### Übersicht Vorgehen



- Kombination neuer Ansätze der Regelungstechnik für MF-Schweißen mit den Erkenntnissen zur Erweiterung der Qualitätsmerkmale
- Untersuchungen zur möglichen Erweiterung der Schweißbereiche bei kritischen Materialien durch Vorkonditionierung und Vergleich der möglichen Schweißbereiche nach Standard Qualitätskriterien und spezifischen Qualitätskriterien
- Formulierung der anwendungsspezifischen Kriterien für die Schweißtechnik, für den Prozessablauf und für die Qualitätssicherung bei MFDC Kurzzeitwiderstandschweißen

Nr.	Arbeitspaket	Q1	Q2	Q3	Q4
1	Stand der Technik				
	Analyse und Darstellung aktueller Forschungsergebnisse				
2	Auswahl Proben und Qualitätskriterien				
	Materialauswahl & -beschaffung inkl. Presshärten				
	Definition Probekörper				
	Definition Qualitätskriterien				
	Herstellung/Beschaffung geeigneter Prüfvorrichtung				
3	Aufbau Anlagentechnik				
	Definition Referenzsystem & Anlagentechnik				
	Anpassung/Aufbau Anlagentechnik				
4	Parameterfindung und Grundlagenversuche				
	Parameterfindung				
	(Ggf. Untersuchung Schweißeignung unterschiedlicher Buckelgeometrien mit MF: Durchführung und Auswertung)				
	Durchführung Referenzversuche mit aktuell freigegebenen Verfahren (KE-Schweißen)				
	Durchführung statische Festigkeitsuntersuchungen				
5	Versuchsdurchführung Phase 1				
	Durchführung Versuche mit MFDC und neuem Lösungsansatz Phase 1				
	Durchführung statische Festigkeitsuntersuchungen				
	Auswertung Versuche Phase 1				
6	Versuchsdurchführung Phase 2				
	Durchführung Versuche Phase 2 mit adaptiver Vorkonditionierung				
	Durchführung statische Festigkeitsuntersuchungen				
	Auswertung Versuche Phase 2				
7	Auswertung				
	Vergleich der Festigkeitswerte und Prozessparameter				
	Vergleich der Schweißbereiche jeweils mit Standard und spezifischen Qualitätskriterien				
	Auswertung spezifischer Qualitätskriterien				
	Auswertung Anwendbarkeitsgrenzen MF				
8	Projektdokumentation				
	Projekttreffen und Präsentationen Zwischenstand				
	Abschlussmeeting und -präsentation				
	Basisangaben zu Lastenheft MFDC Kurzzeitwiderstandsschweißen				

Quelle: Harms + Wende © acs | automotive center südwestfalen









### **Projektinhalt**

#### **AP1: Stand der Technik**

### 1. Analyse und Darstellung aktueller Forschungsergebnisse

Informationen zu aktuellen Ansätzen der Regelungstechnik und Aufbereitung der Erkenntnisse aus dem IGF-Projekt zur Erweiterung der Qualitätsmerkmale.

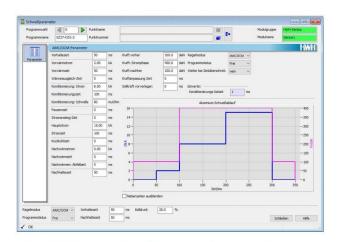


Abb. 2-20 Darstellung XPegasus Aluminium Parameter

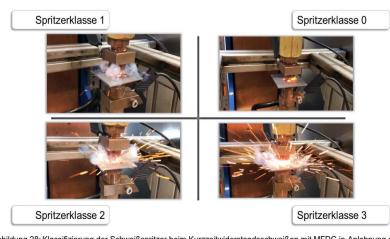


Abbildung 28: Klassifizierung der Schweißspritzer beim Kurzzeitwiderstandsschweißen mit MFDC in Anlehnung an IGF-Vorhaben 18.987BR



#### Task:

Mögliche Qualitätsmerkmale ermitteln, potenzielle Lösungen aufzeigen

Quelle: Harms + Wende; IGF-Vorhaben 19878 BR © acs | automotive center südwestfalen









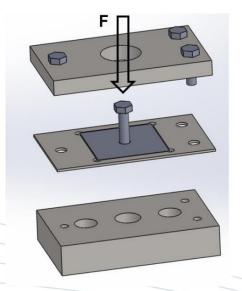
### **Projektinhalt**

### AP2: Auswahl Proben und Qualitätskriterien

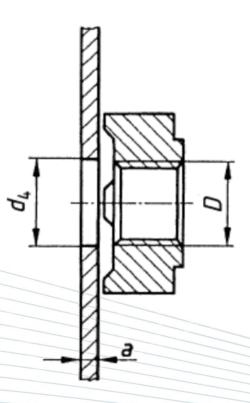
- 1. Materialauswahl und -beschaffung und Presshärten: Festlegung von 2-3 Materialien und Blechstärken z.B. 1,5 mm 22MnB5 AS150;
- 2. Definition Probekörper und Probenzuschnitt z.B. Fügeverbindung zwischen Funktionselement (max. 2und Blechprobe (Standardproben für die Meißelproben nach SEP 1220-2 von 45 x 45 mm). In Abhängigkeit des zu verschweißenden Funktionselements ist der Lochdurchmesser zu dimensionieren.
- 3. Definition Qualitätskriterien: Standardqualitätskriterien nach?, spezifische Qualitätskriterien nach IGF Projekt 19878 BR
- 4. Erstellung einer geeigneten Prüfvorrichtung

#### Task:

- Auswahl & Erstellung Proben (Material, Stärke, Element, presshärten, Zuschnitt)
- Festlegung Qualitätskriterien und Prüfvorrichtung







Quelle: Harms + Wende: IGF-Vorhaben 19878 BR

© acs | automotive center südwestfalen









### Projektinhalt

### AP3: Aufbau Anlagentechnik

- 1. Definition Referenzsystem und Anlagentechnik: Beschreibung der notwendigen mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Schweißmaschine, um möglichst hohe Prozessdynamik zu gewährleisten
- 2. Anpassung/Aufbau Anlagentechnik und Regelungstechnik

#### Task:

- Auswahl Referenzsystem
- Durchführung nötiger Anpassungen



Quelle: Abbildung Gatzsch Schweißtechnik Seite 10 © acs | automotive center südwestfalen









**Projektinhalt** 

### AP4: Parameterfindung und Grundlagenversuche

- 1. Parameterfindung für die gewählten Materialkombinationen
  - Standard Kurzzeitwiderstandschweißen mit MF
  - Herstellung Schliffe, Durchführung Festigkeitsuntersuchungen & Beobachtung weitere Qualitätskriterien
- 2. Ggf. Gegenüberstellung typischer Buckelgeometrien im Bezug auf die Schweißeignung mit MFDC-Kurzzeitwiderstandsschweißen
  - Auswahl typischer Buckelgeometrien (2-4 Stk.)
  - Durchführung Schweißversuche mit gleichen Parametern? oder vorher Parameterfindung
  - Herstellung Schliffe, Durchführung Festigkeitsuntersuchungen & Beobachtung weitere Qualitätskriterien
  - Auswertung der Versuche zur Gegenüberstellung typischer Buckelgeometrien im Bezug auf die Schweißeignung, Schweißbereich sowie Qualitätskriterien mit MFDC-Kurzzeitwiderstandsschweißen. Ziel: Einfluss der Buckelgeometrie auf die Festigkeit/Spritzerneigung/Schweißbereich. Evtl. bessere Eignung einer speziellen Geometrie?
- 3. Durchführung Referenzversuche mit aktuell freigegebenen Verfahren (KE-Schweißen)
  - Herstellung Schliffe, Durchführung Festigkeitsuntersuchungen & Beobachtung weitere Qualitätskriterien



#### Task:

- Grundparameter MF
- Einfluss der Buckelgeometrie auf Schweißeignung
- Informationen Referenzsystem









**Projektinhalt** 

### AP5: Versuchsdurchführung Phase 1

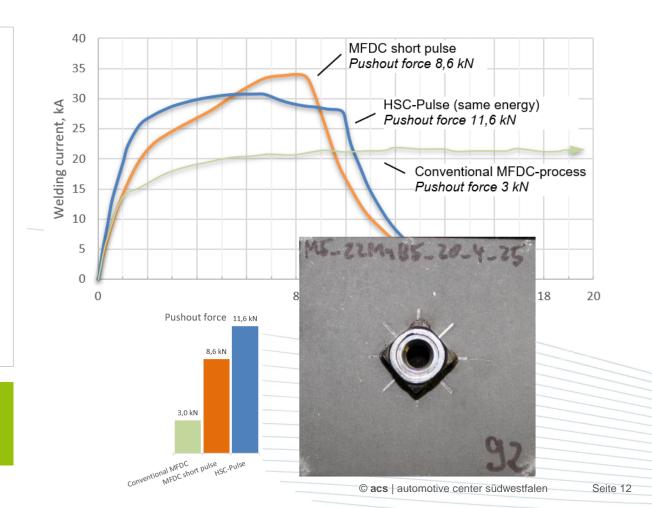
### 1. Optimierung der Prozessdynamik:

Überprüfung der ausgewählten Maschinenkonfiguration und Optimierung der einzelnen Komponenten für schnellen Stromanstieg:

- Einsatz optimierter Regler-Algorithmen im MFDC-Inverter
- Festlegung Sättigungsgrenze vom Schweißtrafo
- Ermittlung des Einflusses der Induktivität im Sekundärkreis der Maschine
- Beobachtung weitere Qualitätskriterien
- 2. Testversuche mit optimiertem Stromanstieg für ausgewählte **Referenz-Kombination**: Ist ein signifikanter Unterschied hinsichtlich Qualitätskriterien feststellbar? Evtl. Vergleich mit Referenzprozessen (KE, MFDC-Standard)

#### Task:

• Festigkeitserhöhung durch Integration optimierter Regler-Algorithmen mit weiteren Komponenten der Schweißmaschine







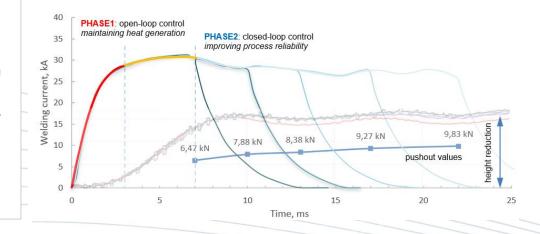




### **Projektinhalt**

### AP6: Versuchsdurchführung Phase 2

- 1. Durchführung Versuche Phase 2: Statt die Variation des Oberflächenwiderstands als nicht zu beeinflussenden Störfaktor für die Schweißung zu betrachten (KE-Schweißprozess), wird der MFDC-Prozess mit geschlossenem Regelkreis eingeführt, um diese Variation zu kompensieren.
  - Auswahl relevanten Störfaktoren (Beschichtung, Blechdicke, Mutter, Buckel etc.)
  - Überwachung verschiedener Prozessgrößen
  - Herstellung Schliffe, Durchführung Festigkeitsuntersuchungen & Beobachtung weitere Qualitätskriterien
  - Ermittlung des Schweißbereichs und Prozessfähigkeitsindizes
- 2. Auswertung Versuche Phase 2: Ist eine signifikante Erweiterung der Schweißbereiche bei (kritischen) Materialien möglich? Wie stark wirken die ausgewählten Störgroßen? Ist ein signifikanter Unterschied hinsichtlich Prozesszeit & Qualitätskriterien feststellbar?
- → Potential der unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten bezüglich Qualitätssicherung



#### Task:

• Erhöhung der Prozesssicherheit durch MFDC-Regelungs- und Überwachungstools

Quelle: Harms + Wende © acs | automotive center südwestfalen









### **Projektinhalt**

### **AP7: Auswertung**

- 1. Vergleich der Festigkeitswerte und Prozessparameter der KE-Schweißungen mit den MF Schweißungen Standard, Phase 1 und Phase 2
- 2. Vergleich der Schweißbereiche der MF Schweißungen Standard, Phase 1 und Phase 2 jeweils mit Standard und spezifischen Qualitätskriterien für den Schweißbereich
- 3. Auswertung spezifischer Qualitätskriterien: Anwendung in der Praxis der Schweißbereichsermittlung. Ist eine signifikante Erweiterung der Schweißbereiche durch Klassifizierung der Spritzerneigung (Praxistauglichkeit) und unter Einhaltung der geforderten Festigkeitswerte und sonstigen Qualitätskriterien zu erreichen? → Erfassung der spezifischen Qualitätskriterien des Kurzzeitwiderstandschweißens für konkrete Schweißaufgaben (Prozess-Standards)
- 4. Auswertung hinsichtlich möglicher Anwendbarkeitsgrenzen von Mittelfrequenztechnik und Definition des Übergangsbereichs zu KE-Technik







#### Task:

Ableitung von Prozess-Empfehlungen und Anwendbarkeitsgrenzen von Mittelfrequenztechnik









### **Projektinhalt**

### **AP8: Projektdokumentation**

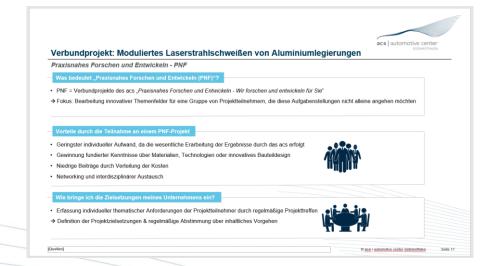
- 1. Projekttreffen und Präsentationen Zwischenstand
- 2. Abschlussmeeting und -präsentation
- 3. Basisangaben zu Lastenheft MFDC Kurzzeitwiderstandsschweißen











#### Task:

- Datenaufbereitung
- Basisangaben Lastenheft
- Abschlusspräsentation









### Organisatorisches und Zeitplanung

#### **Organisation**

Projektbeginn: Q3/2021

Projektlaufzeit: 12 Monate

Proiektkosten

12.800,- EUR je Projektpartner:

### Anmerkungen:

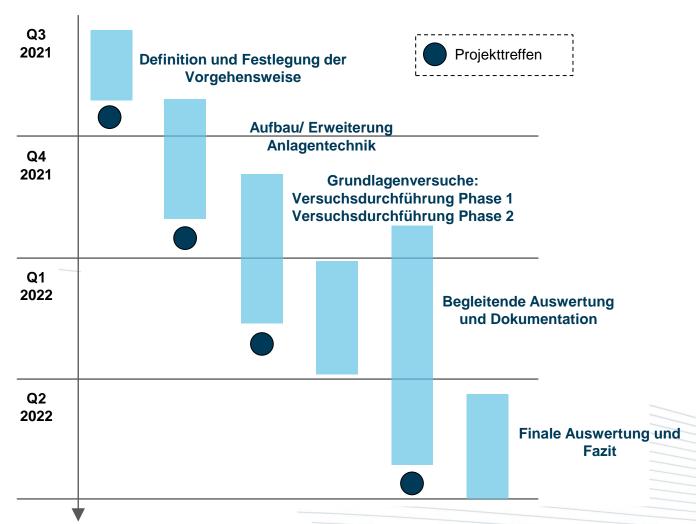
Im Rahmen des Projektes gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Automotive Center Südwestfalen GmbH sowie ggfs. zusätzliche Projektvereinbarungen.

Die Projektkosten sind jährlich im Voraus zu entrichten; Reisekosten sind nicht inkludiert.

Unternehmensspezifische Projekterweiterungen und individuelle Analysen sind möglich.

Für das Projekt ist eine Mindestteilnehmerzahl vorgesehen.

Eine Teilnahme ist auch nach Projektbeginn durch Entrichtung der vollständigen Projektkosten möglich.



# Vielen Dank. Ansprechpartner

### acs - Prozess- und Fügetechnik



Dr.-Ing. Stefan Kurtenbach
Leiter Prozess- u. Technologieentwicklung
T +49 2722 9784-543
E s.kurtenbach@acs-innovations.de



Dipl.-Ing. Andreas Gusenko Leiter Fügetechnik T +49 2722 9784-512 E a.gusenko@acs-innovations.de



M. Sc. Kira Mitterfellner
Projektingenieurin Fügetechnik
T +49 2722 9784-521
E k.mittterfellner@acs-innovations.de



Dominik Schulte
Verfahrenstechniker Fügetechnik
T +49 2722 9784-544
E d.schulte@acs-innovations.de



Florian Schulte
Werkstudent Fügetechnik
T +49 2722 9784-541
E f.schulte@acs-innovations.de

### Kooperierende Partner



Dr. Pavel Shcheglov
Harms & Wende GmbH &Co. KG
Vertriebsingenieur
T +49 40 766904 937
E pavel.shcheglov@harms-wende.de



Mark Stachen
EXPERT Transformatorenbau GmbH
Technischer Vertrieb
T +49 6251 86906 14
E m.stachen@expert-trafo.de



Dipl.-Ing. Martin Gatzsch
Gatzsch Schweißtechnik GmbH
Geschäftsführer
T +49 2722 657522 0
E m.gatzsch@gatzsch.de

