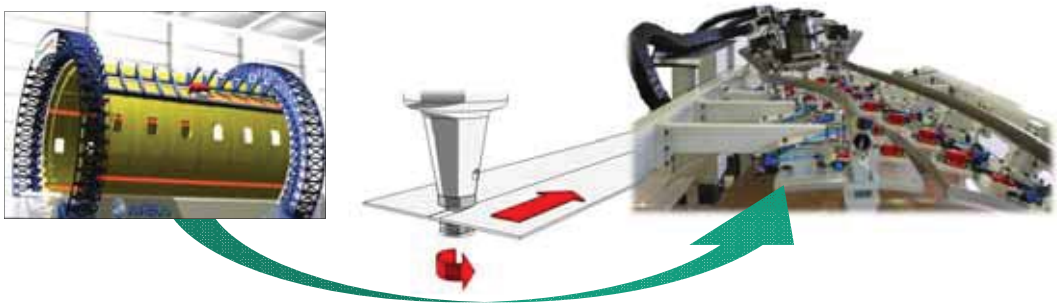
KONZEPT ZUM FÜGEN VON 3D-SCHALEN IN DER LUFTFAHRT

S. Schulze, V. Richter-Trummer, J. Silvanus, M. Pacchione, A. Grimm, G. Göbel, J. Standfuß, E. Beyer



© Fraunhofer IWS
S. Schulze, 25.02.2016

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
ELAN-AUSY
AIRBUS
AIRBUS GROUP INNOVATIONS
Fraunhofer IWS Dresden

Konzept zum Fügen von 3D-Schalen in der Luftfahrt

Inhalt:

- Motivation
- Technologieeinsatz in der Luftfahrzeugfertigung
- Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts
- Entwicklung des Schweißwerkzeugs
- Gesamtsystem und Ergebnisse
- Zusammenfassung

© Fraunhofer IWS
S. Schulze, 25.02.2016

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
ELAN-AUSY
AIRBUS
AIRBUS GROUP INNOVATIONS
Fraunhofer IWS Dresden

Motivation

- Stand der Technik: Nieten von Flugzeugrumpfstrukturen
- Erhöhtes Gewicht, hohe Taktzeiten…
- **Ziel:** Anzahl Überlappverbindungen ↓ → Gewicht ↓ → Kosten ↓

- Rührreibschweißen (FSW) ermöglicht Gewichtsreduzierung bei gleichzeitiger Kostensenkung

- Flexibles Tooling notwendig (Spanntechnik und Anlagentechnik)

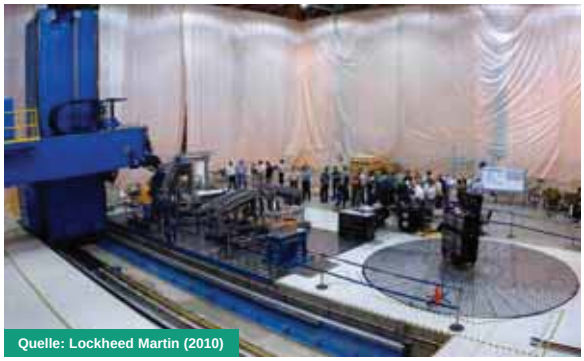
Genietete Überlappverbindung

Rührreibgeschweißter I-Stoß

Technologieansatz in der Luftfahrzeugfertigung

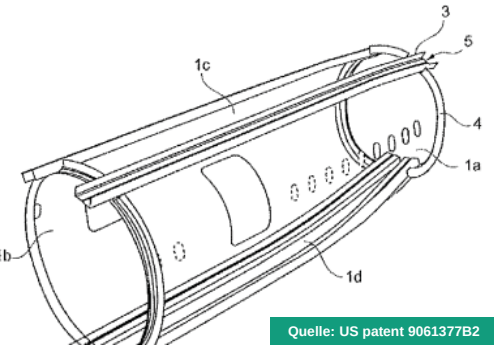
Quelle: NASA (2016)

Quelle: Lockheed Martin (2010)



VS.

Quelle: Fraunhofer-IWS

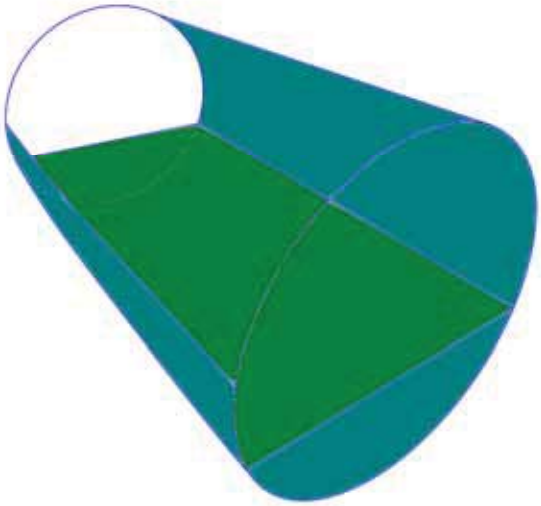


Quelle: US patent 9061377B2

Technologieansatz in der Luftfahrzeugfertigung

Schema des Ansatzes:

- Aktuell: manuelles Nieten der Schalensegmente

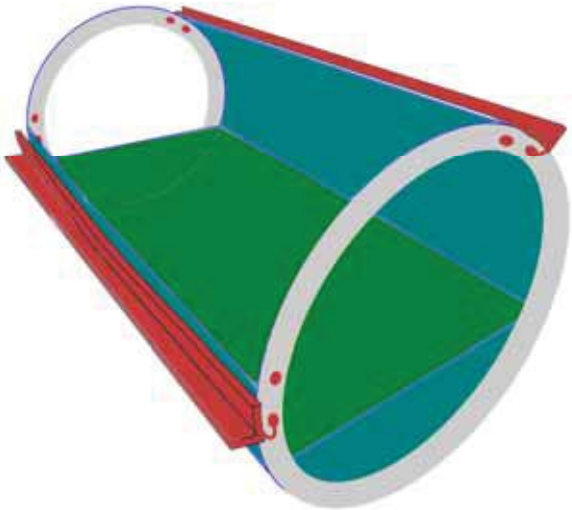


Technologieansatz in der Luftfahrzeugfertigung

Schema des Ansatzes:

- Einsatz der FSW-Technologie an ähnlich komplexen Montagestationen

- Wesentlich höherer Automatisierungsgrad

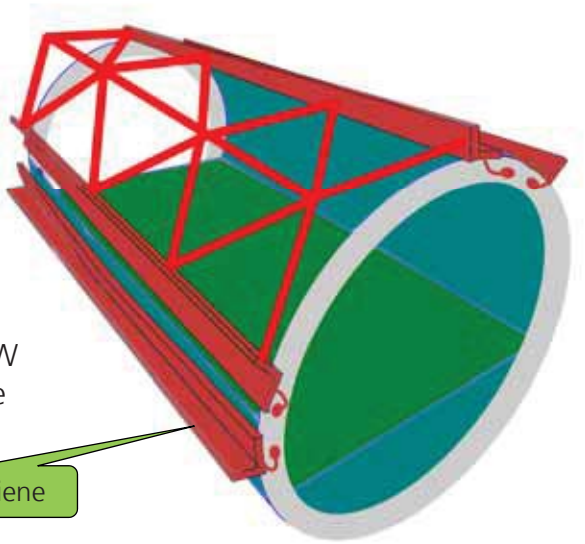


Technologieansatz in der Luftfahrzeugfertigung

Schema des Ansatzes:

- Toleranzmanagement basiert auf einer Referenzschiene

- Kantentrimmen und FSW entlang Referenzschiene

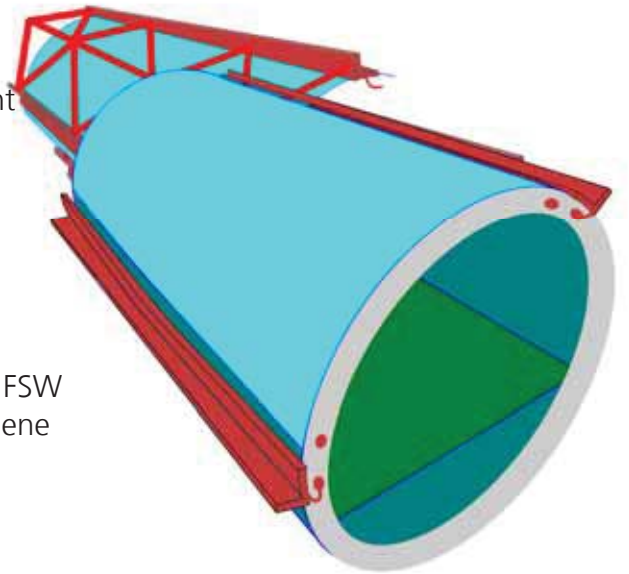


Technologieansatz in der Luftfahrzeugfertigung

Schema des Ansatzes:

- Toleranzmanagement basiert auf einer Referenzschiene

- Kantentrimmen und FSW entlang Referenzschiene



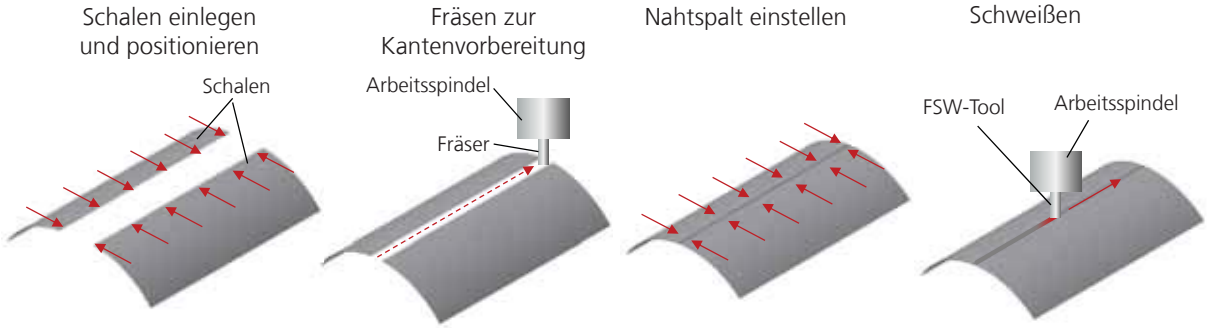
© Fraunhofer IWS
S. Schulze, 25.02.2016
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
ELAN-AUSY
AIRBUS
Fraunhofer IWS Dresden

Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts

Technologieansatz ist Grundlage für die Entwicklung einer 3D-fähigen Pilotanlage mit Führungswagen und Versteifungssystem

- "Lean FSW Tooling", Kosten ↓
- Konzept **MUVAX**: "**M**ulti **U**se **V**acuum **A**ssisted e**X**oskeleton

Prozessschritte:



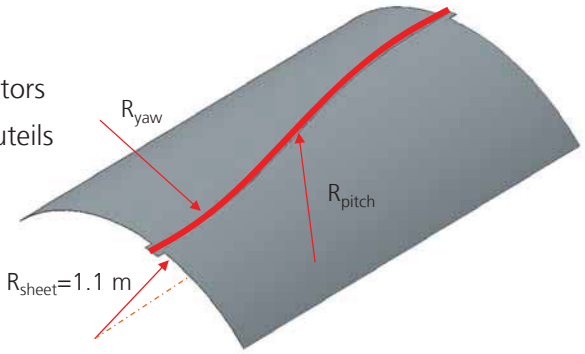
Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts

MUVAX – 3D Demonstratorbauteil

Herausforderung:

- Darstellen der in für Flugzeugrumpfstrukturen relevanten Krümmungen in **einem** Demonstrator

- Evaluation aller Funktionalitäten:
  - Spannen der Fügepartner
  - Fräsen der Blechkanten
  - Rührreibschweißen des Demonstrators
  - Ausspannen des geschweißten Bauteils



Definierte Kurvenradien am Demonstratorblech

Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts

MUVAX – Trolley

Arbeitsspindel

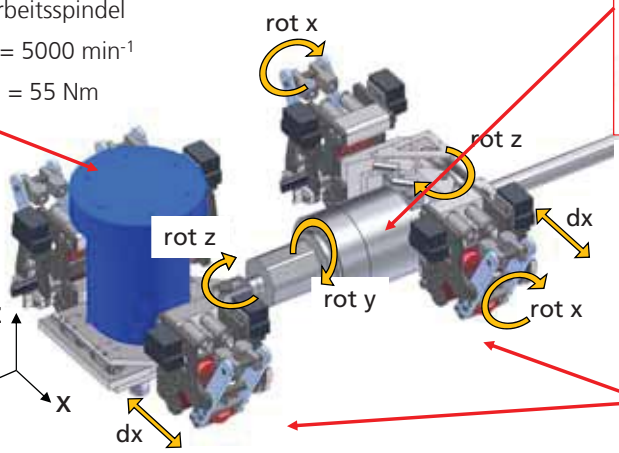
n = 5000 min^{-1}

M = 55 Nm

Kugelgewindeantrieb

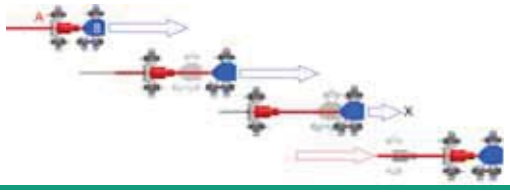
v_f = 1,2 m/min

F_{max} = 5 kN



Radsatz mit integriertem Bremssystem

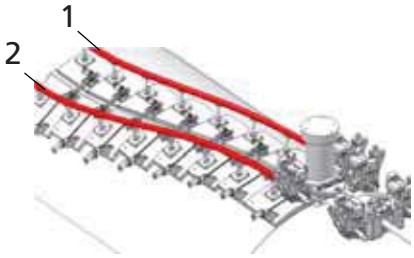
Bewegungsschema:



Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts

MUVAX – Schienen- und Vakuumspannsystem

- **Schienen:** 3D-gebogene Rohre
  - Schiene 1: Referenzschiene - fixiert
  - Schiene 2: parallel beweglich zur Demonstratorlängsachse
- Schienen und Vakuumpads verbunden

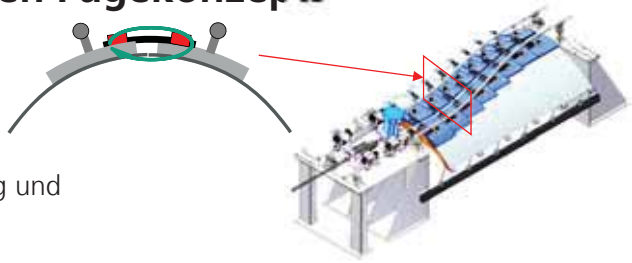


Vakuumpads (Unterseite)

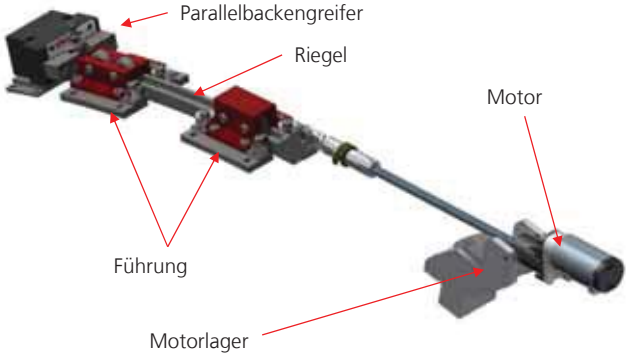
Vakuumpads und Schienensystem

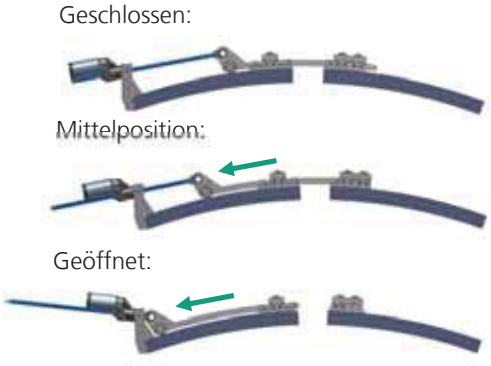
Entwicklung des neuartigen Fügekonzepts

MUVAX – Dynamic Bolts



- Riegelsystem zur Kraftpfadverkürzung und Positionierung der Demonstratoren

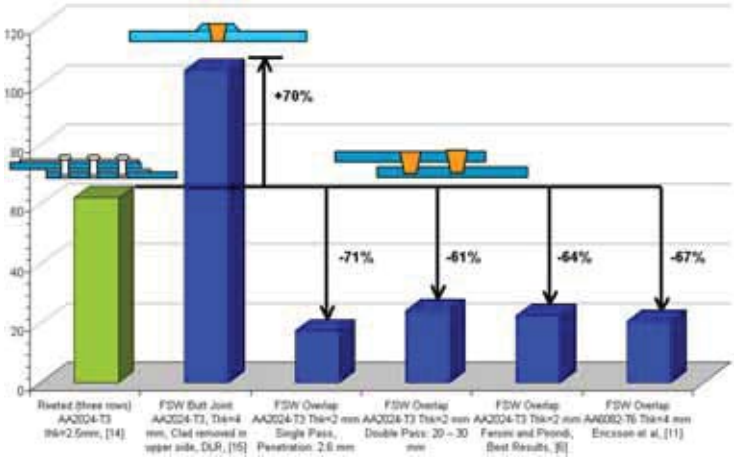


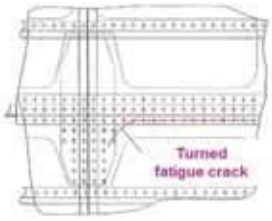


Bewegungsablauf Dynamic Bolts

Entwicklung des Schweißwerkzeugs

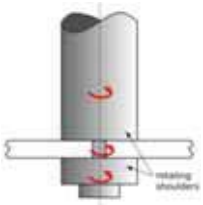
- Ersetzen der Niettechnologie durch FSW zum Fügen von Längs- und Umfangsnähten
- Einseitiger Zugang & eingeschränkter Bauraum
- Reduktion des Wärmeeintrags
- Schweißen von 2024 T3, 2198 T8 and 5028 H116 mit t = 2,0 … 4,0 mm

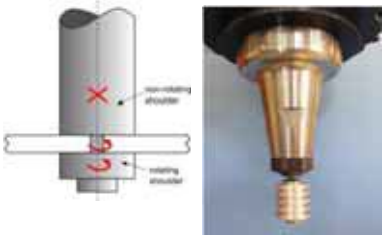


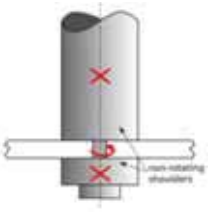


Entwicklung des Schweißwerkzeugs

- Entwicklung eines kompakten DeltaN-Schweißwerkzeugs :







„Bobbin Tool“:
- Großer Wärmeeintrag
- Wärmeableitung sehr gering
- Hochbelasteter Pin

DeltaN1:
- Wärmeeintrag wie bei 1-Schultertool
- Wärmeableitung zwischen „Bobbin Tool“ und Standardtool
- Pin weiterhin höher belastet

DeltaN2:
- Niedriger Wärmeeintrag, ähnlich 1-Schulter DeltaN FS
- Wärmeableitung hoch
- Pin extrem hochbelastet

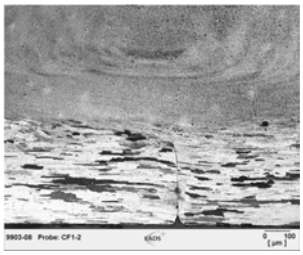
Eingeschränkte Eignung: Blechdicken < 4,0 mm nur bei EN AW-6xxx möglich

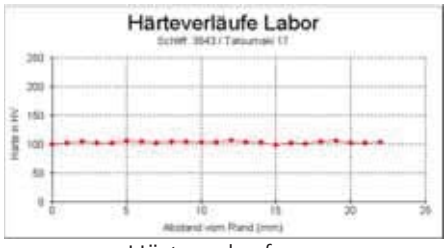
Erfolgreiches TRL3 im Jahr 2014 Alle Legierungen schweißbar

Eingeschränkte Eignung: Hochbelastbarer Pin erforderlich → 2016

Entwicklung des Schweißwerkzeugs

- Anwendungsfall: Längsnaht-Ergebnisse an EN-AW 5024 H116 mit t = 3,2 mm





Härteverlauf

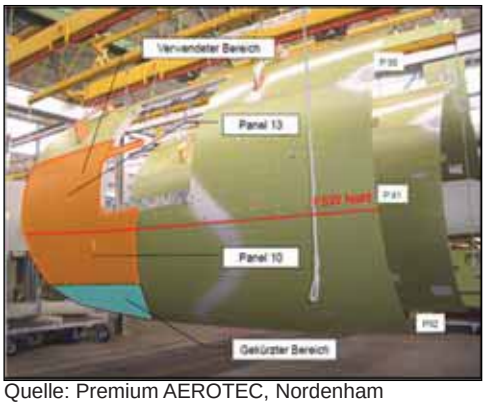
Nahtquerschnitt

Kein LOP-Risiko, hierdurch kein NDI notwendig

Premiere:
Erste erfolgreiche 2-Schulter-Werkzeug-Naht an EN-AW 5024

Entwicklung des Schweißwerkzeugs

- Standzeitermittlung an EN-AW 2024-T3 t = 3,2 mm
- Geforderte Nahtlänge ist 32 m: 16 m für „long range panel“ und Sicherheitsfaktor 2.0

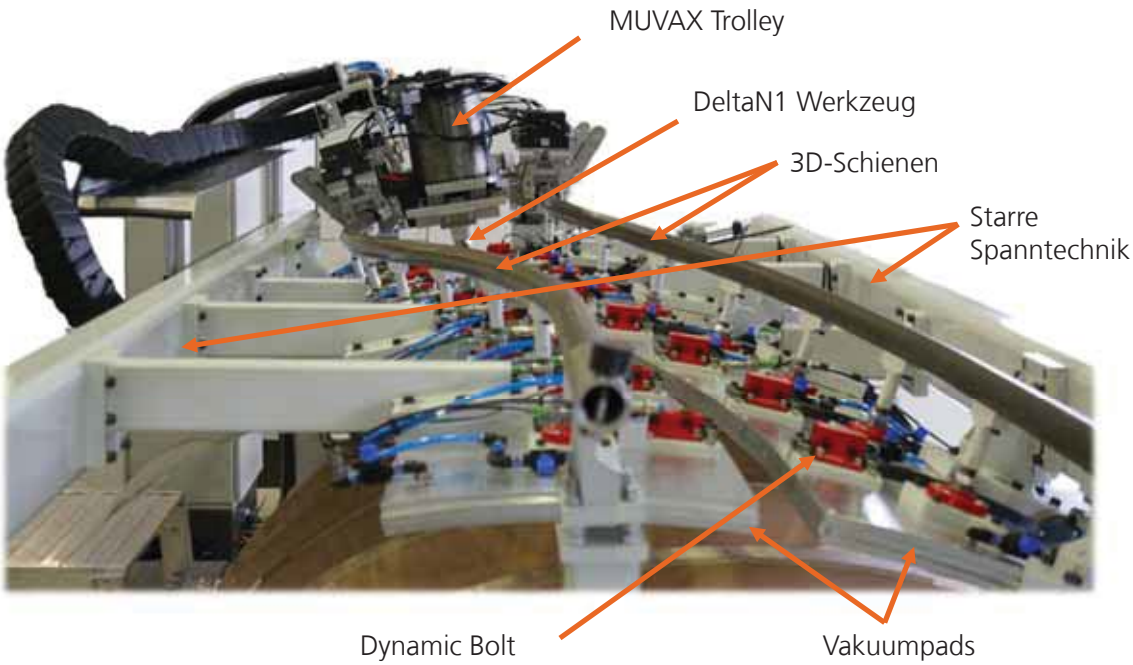


Quelle: Premium AEROTEC, Nordenham

Detail einer 1.000mm langen DeltaN FS-Nahtoberfläche

Erfolgreiche Standzeitevaluation:
- Mehrmaliges Erreichen von **34 m** Schweißnahtlänge mit DeltaN1 ohne Werkzeugversagen
- Alle Proben ohne Nahtfehler

MUVAX Gesamtsystem

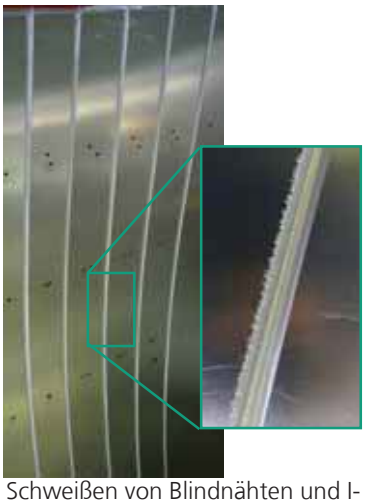


Schweißergebnisse mit MUVAX-Konzept

Erprobung des Gesamtsystems:

- Spannen mit Vakuum
- Fräsen im vakuumgespannten Zustand
- Schweißen der Demonstratorbauteile

Video: Kinematik des MUVAX-Konzepts



Schweißen von Blindnähten und I-Stößen mit v_f 200 … 900 mm/min

Schweißergebnisse mit MUVAX-Konzept

- Keine LOP vorhanden
- Stop & Go Zone mit leicht verändertem Gefüge, jedoch keine Nahtfehler
- Nahtüberhöhung hinter Schweißwerkzeug im Stop-Bereich sichtbar

Typischer Querschliff MUVAX-Naht

Längsschliff Stop & Go Region

Zusammenfassung

- Neuentwicklung eines Anlagensystems zum FSW von dünnwandigen Großkomponenten erfolgreich
- Neuartiges Schweißwerkzeug (Delta N1) entwickelt und Standzeit von 34 m nachgewiesen
- 3D-Fähigkeit des MUVAX-Systems nachgewiesen
- Erfolgreich geschweißte Demonstratorbauteile

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt
Dipl.-Ing. Sebastian Schulze
Fraunhofer IWS
01277 Dresden
http://www.iws.fraunhofer.de
sebastian.schulze@iws.fraunhofer.de