Entwicklung und Realisierung einer Mikro-Schweißtechnologie und deren Modultechnik zum Verbinden von Cu-Litzen-SmartTex an Leiterplatten – TexWeld

Steinbeis

Steinbeis-Innovationszentrum Intelligente Funktionswerkstoffe, Schweiß- und Fügeverfahren, Exploitation
Otto-Schmerbach-Straße 19, 09117 Chemnitz

ITP Gesellschaft für Intelligente Textile Produkte

Smart-Textiles-Workshop in Jena – 04.11.2025

PD Dr.-Ing. habil. K. Alaluss
M.Sc. S. Pahl

SAB Sächsische Aufbaubank

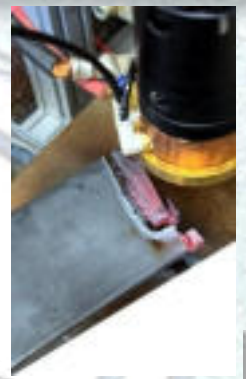
Das FuE-Verbundprojekt wird durch die SAB gefördert.

Arbeitsbereiche – Kompetenzen

Steinbeis-Innovationszentrum, Intelligente Funktionswerkstoffe, Schweiß- und Fügeverfahren, Exploitation

„Angewandte Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Prototypen, Industrieeinsatz“

▶ **Fügetechnische Werkstoff-verarbeitung:**
- Leichtbau-Funktionswerkstoffe,
- Mischverbindungen anwendungs-optimierte Werkstoffe,
- Faserverstärkte Komposite,
- Multi-/Smartmaterialien.

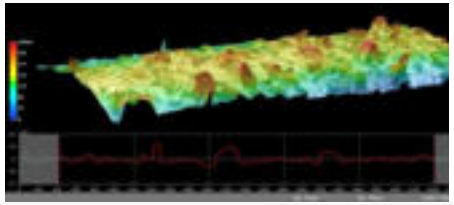


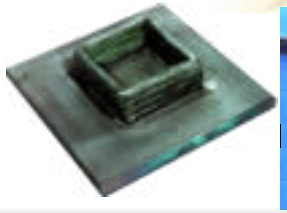
▶ **Fügetechnolgie**
- Lichtbogen-Schweiß-/Löt-Schneidverfahren
- Laser-Schweiß-/Lötverfahren
- Mechanische, hybride Fügeverfahren
- Mikro-Widerstandspunktschweißen

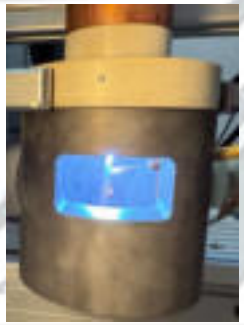
▶ **Bauteile – Gestaltung:**
- Ganzheitliche Konstruktion von Brennersystemen und gefügten Bauteilen/-gruppen
- Numerische Simulationen von Funktionswerkstoffen und Fügeverbindungen

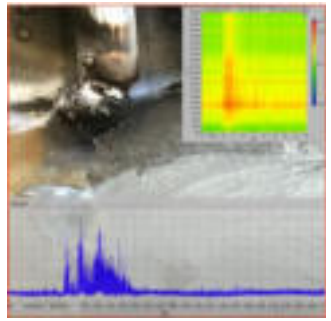
Steinbeis-Innovationszentrum Intelligente Funktionswerkstoffe, Schweiß- und Fügeverfahren; Exploitation

▶ **Digitalisierung & künstliche Intelligenz:**
- Intelligente Überwachungs- und Fehlererkennungssysteme,
- Additive Fertigung (AM-Technologie)
- Inline-Fügeprozessüberwachung und Online-Prüfen von Fügeverfahren







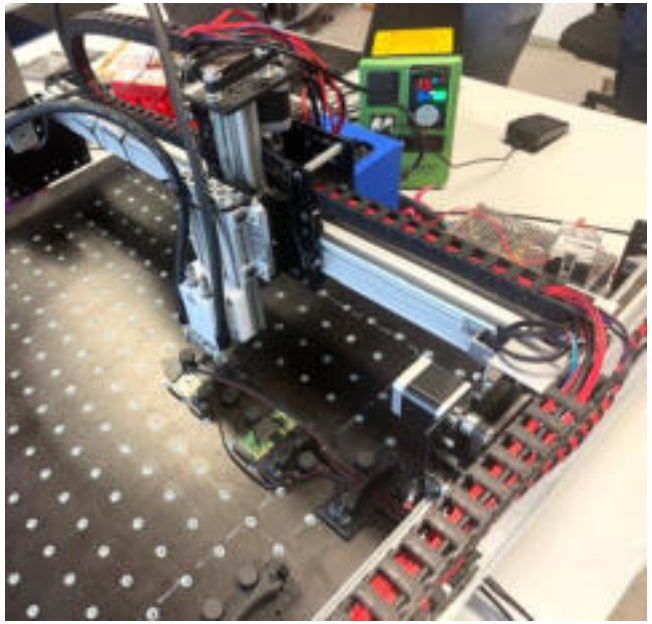


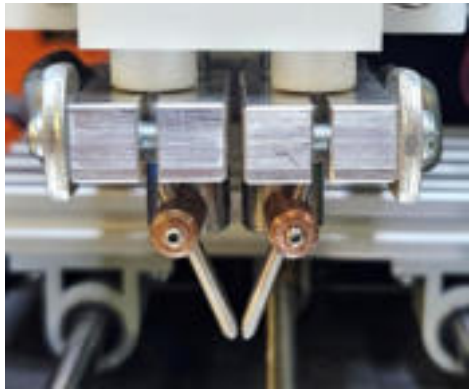
125077-2020-10-01

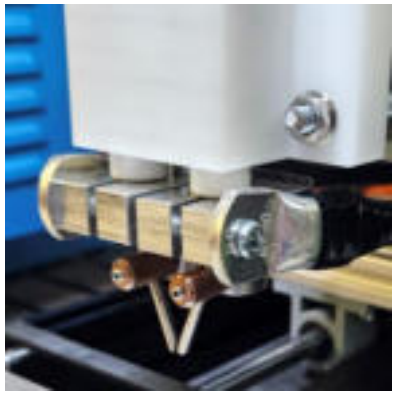
Gliederung

Mikro-Schweißtechnologie und deren Modultechnik – SmartTex – TexWeld

- ► Ausgangsituation – Zielstellung
- ► Herausforderungen bei Realisierung der Mikro-Schweißtechnologie zum Verbinden von SmartTex – Leiterplatten „Litzen/Platinen“
- ► Lösungsansatz: Entwicklung einer Mikro-Schweißtechnologie mit ihrer Modultechnik
- ► Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen:
- ► Applikationen: Herstellung von Musterteilen – geschweißte Textilbänder an Platinen
- ► Zusammenfassung/Ausblick







125077-2020-10-01

© 2025 Steinbeis | Technologie.Transfer.Application. | www.steinbeis.de

Ausgangsituation – Zielstellung

125077-2020-10-01

Ausgangsituation

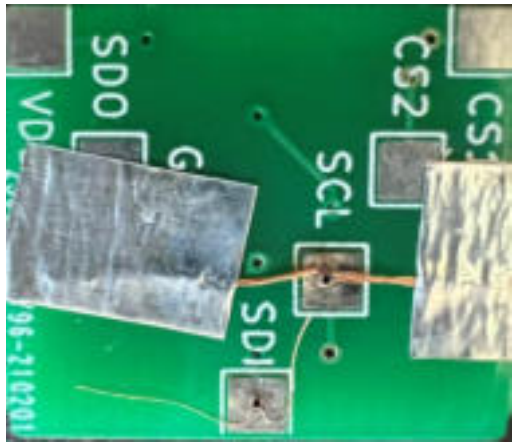
Mikro-Schweißtechnologie und deren Modultechnik – SmartTex – TexWeld

- **Steigender Bedarf an industrietauglicher, wirtschaftlich effektiver Lösung zum prozesssicheren Schweißen von mikroelektronischen Bauteilen – SmartTex:**
  - Mikroelektronische Bauteile - Leiterplatten: Litzen/Platinen u.a.
  - Schädigung von Substratmaterial durch Schweißverfahrensprozesse wie: **Mikro-Laser**, **Plasma**, …,
  - Haftfestigkeit der Schweißverbindungen ist von Prozessart/-leistung abhängig,
  - Qualität, Festigkeit der Verbindungen bei o.g. Verfahren **ungenügend**,
  - z.Zt. ist der **Lotprozess** manuell realisierbar!

- **Elektrische Kontaktierung von Dünndrähten und Platinen für Sensortechnik**
  - Litzen-/Drahtdurchmesser: **0,2 – 0,8 mm,**
  - Werkstoffe: Kupfer, Aluminium, Nickel und deren Legierungen,
  - Schutzisolierung muss **entfernt** werden.

Fehlerfreie Kontaktverbindung mit guter Haftfestigkeit der Litzen an Platinen bei guter elektrischer Leitfähigkeit der Kontaktstelle.

- Festkörperlaser/Scheibenlaser
- Laserleistung: bis zu 400 W
- kurze Pulse bei hoher Pulsenergie
- Cu-Litze (D = 0,8 mm)

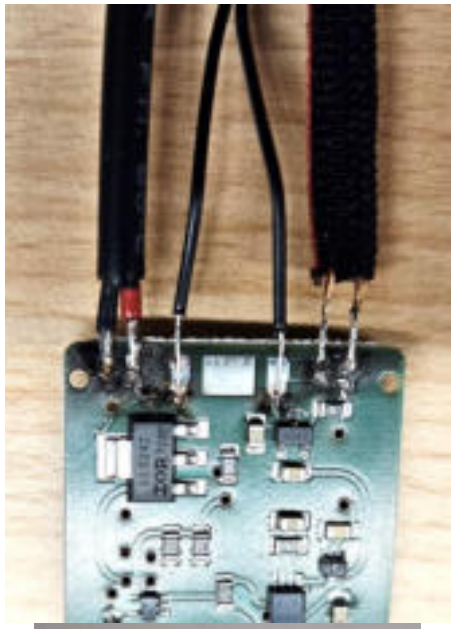


125077-2020-10-01

Zielstellung

Mikro-Schweißtechnologie und deren Modultechnik – SmartTex – TexWeld

- **Entwicklung einer innovativen und automatisierbaren Mikro-Schweiß-verfahrenstechnologie mit ihrer Modultechnik zum Verbinden von Kupferlitzen an Platinen – Leiterplatten – SmartTex:**
  - Herstellung qualitätsgerechter, stoffschlüssiger Verbindungen mit geforderter Verbindungsqualität,
  - Vermeidung von Beschädigungen textiler Umgebungsstrukturen,
  - Reduzierung von Fertigungsschritten/-zeiten,
  - Hohe Werkstoff- und Geometrieflexibilität des Verfahrens,
  - Verfahrenseignung für industrielle Anwendung,
  - Geringe Anschaffungs- und Fertigungskosten,
  - Nachhaltige Ressourcenschonung → Materialeinsparung mittels stoffschlüssiger Verbindung ohne Zusatzwerk-/Hilfsstoffe.



125077-2020-10-01

Herausforderungen, Probleme bei Realisierung der Mikro-Schweißtechnologie zum Verbinden von SmartTex – Leiterplatten „Litzen/Platinen“

125077-2020-10-01

Herausforderungen bei Realiserung der Schweißverbindungen von SmartTex – Leiterplatten „Litzen/Platinen

► Herausforderungen bei Realisierung der Schweißverbindung von SmartTex – Leiterplatte „Litzen/Platinen“ wie z.B.:

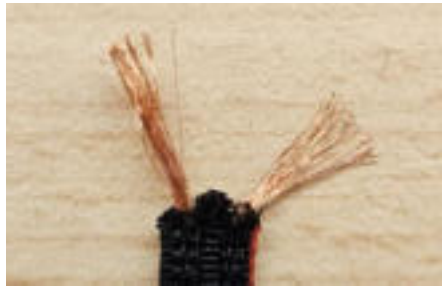
- Metallisierungsschicht **zu dünn** (≤ 0,4 µm) → Gefahr von Durchbrennen/Schädigung der Platine,
- Litzen-Beschaffenheit → OF-Zustand (Rundheit des Querschnitts; Unebenheit der Mantelfläche),
- Fehlerhafte **Litzenbeschichtung** → Luft/Gaseinschlüsse innerhalb der Litze
- Litzen aus **feinen Einzeldrähten** (< 0,1 mm) → **Prozessgrenze**,
- Schweißung zwischen **Einzeldrähten**, nicht zwischen Drähten und Platine;
- Kein Kontakt der Elektroden oder einer Elektrode mit Litze.

- 0,2 – 0,3 mm
- Litzen isoliert
- Litzen voll umschlossen

- 0,2 – 0,3 mm
- Litzen mit Elastan
- Litzen einseitig umschlossen

- 0,2 – 0,3 mm
- Litzen mit Nylon
- Litzen „frei“

- 0,8 mm und 0,3 mm
- Litzen mit Elastan
- Litzen voll umschlossen



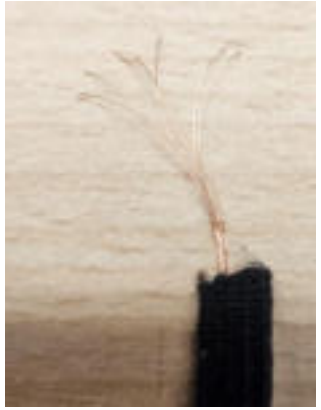
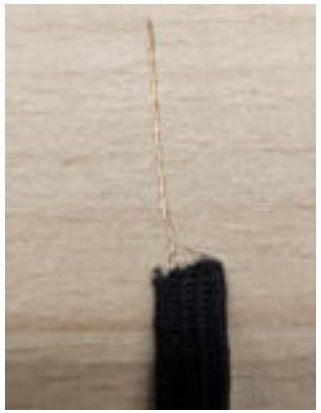
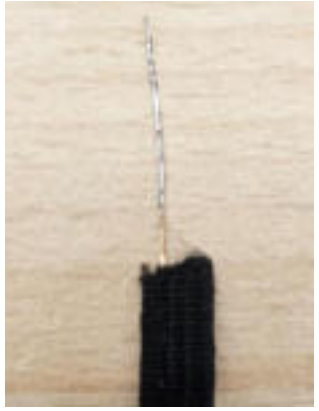
- 0,3 mm
- Litzen frei im Textil eingebettet u. voll umschlossen

125077-2020-10-01

© 2025 Steinbeis | Technologie.Transfer.Application. | www.steinbeis.de

Herausforderungen bei Realiserung der Schweißverbindungen von SmartTex – Leiterplatten „Litzen/Platinen

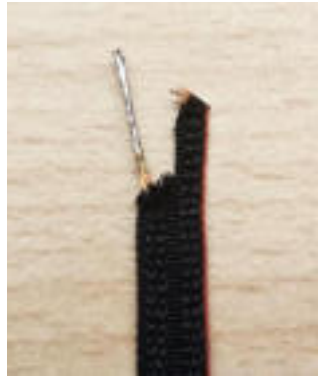
Litzendurchmesser: 0,3 mm

Litzendurchmesser: 0,5 mm

Parallel, blank

Verdrillt, blank

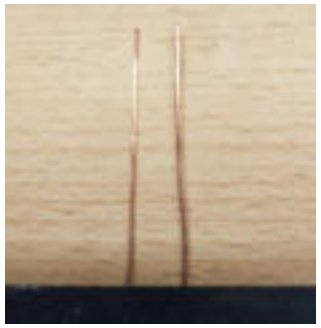

Verdrillt, beschichtet

Litzendurchmesser: 0,8 mm

Parallel, blank

Verdrillt, blank

Verdrillt, beschichtet



Kupferdraht:
0,5 mm (links) +
0,8 mm (rechts)

125077-2020-10-01

Entwicklung der Mikro-Schweißtechnologie mit ihrer Modultechnik:

- einseitiges Widerstandpunktschweißen,
- Schweißkopfentwicklung/-aufbau,
- Schweißenergieausführung → Schweißstromquelle und deren Technik,
- Schweißkopf-Bewegungssystem „elektr./pneum.“.

125077-2020-10-01

Entwicklung der Mikro-Schweißtechnologie mit ihrer Modultechnik

Cu-Litzen:
- versch. Durchmesser
- beschichtet/ unbeschichtet
- Einzeldrähte parallel/verdreht

KS-Platinen:
- KS mit Kupfer/Gold oder Silber beschichtet.
- Verschiedene Baugröße

Mikro-Schweißprozessentwicklung
zum Verbinden von Litzen/Platinen

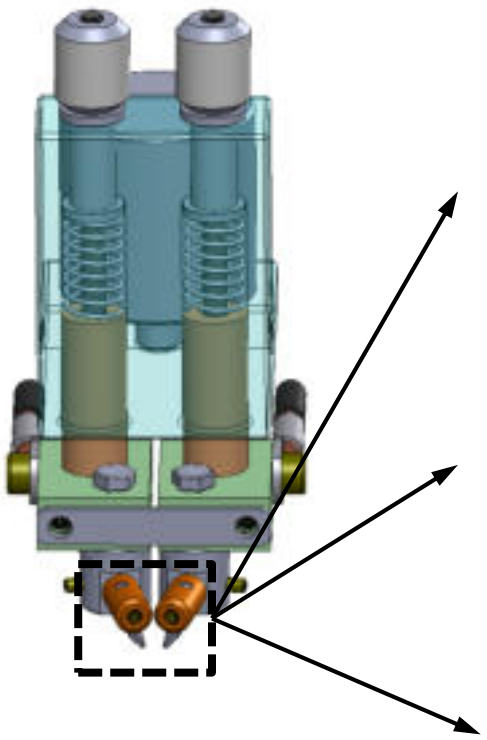
Integration geeigneter Schweißstromquelle und Schweißkopfbewegungs-system:
- Gleichstromquelle „Kondensatorentladung“ für Mirko – RP-Schweißen
- elektr. bzw. pneumatisches Bewegungssystem mit Steuerung- und Regelungseinheit

Entwickl. des Schweißkopfsystems mit:
- 2-Elektrodenaufbau aus **W** bzw. **Mo**-Material,
- Elektrodenhalter mit Abstandjustierung,
- Isolationsmaterialien, elektr. Anschlüsse,
- Federkraftsystem für Presskrafteinstellung,
- …

125077-2020-10-01

Entwicklung des Schweißkopfes und dessen Funktionsteile

Schweißkopfadaption – Bewegungssystem



Aufgebautes Schweißkopfmodell

Variante A (0,8 mm):
- gerade Elektrodenspitze
- flache Kontaktfläche
- ohne Neigungswinkel

Variante B (0,8 – 1,1 mm):
- versetzte Elektrodenspitze
- flache Kontaktfläche
- ohne Neigungswinkel

Variante C (0,8 – 2,0 mm):
- gerade Elektrodenspitze
- ballige Kontaktfläche
- mit Neigungswinkel

Variante T: T-Elektrode (**1,0 – 1,2 mm**)

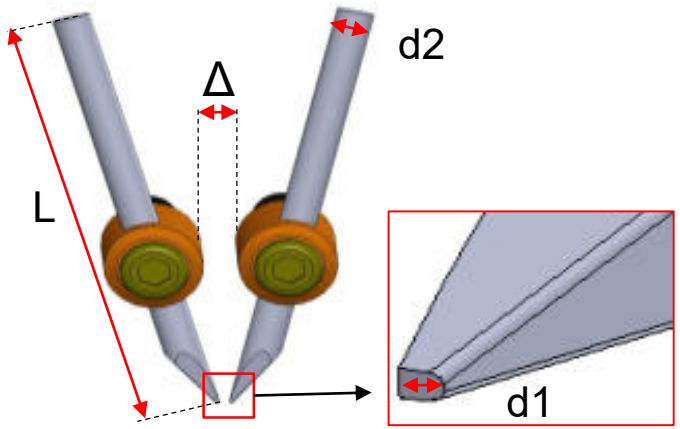
Schweißkopfprototyp

125077-2020-10-01

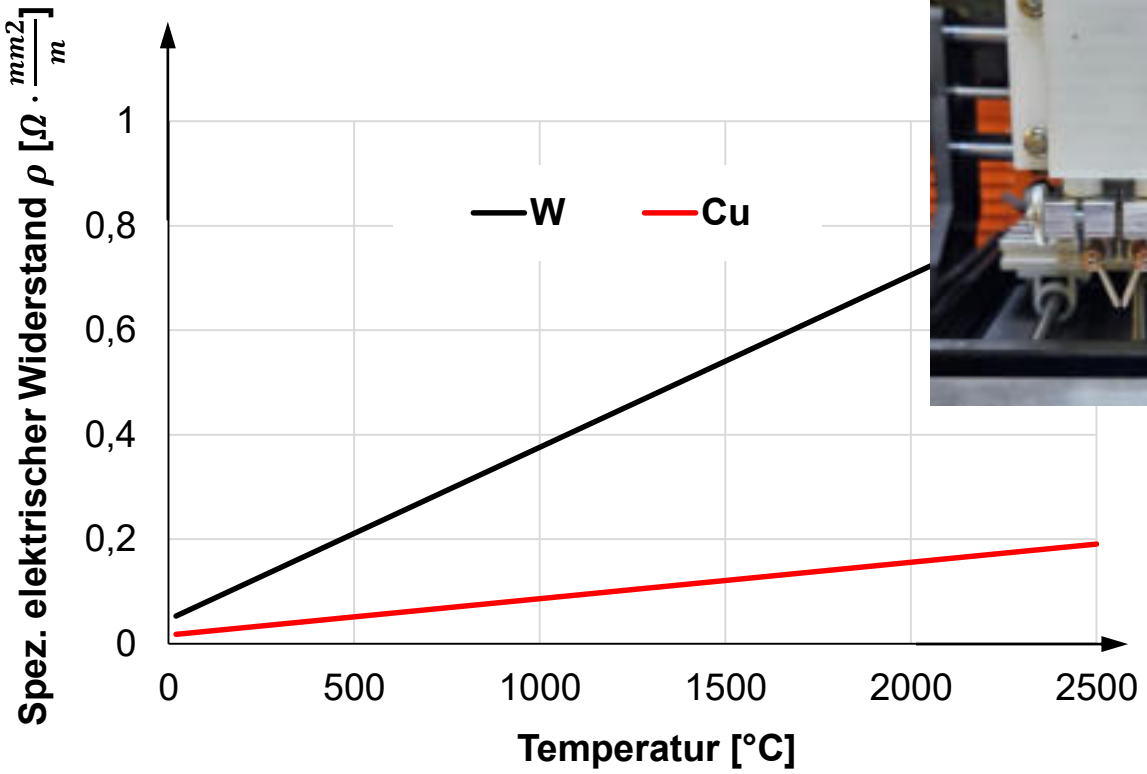
Elektroden

Entwickl. der Mikro-Schweißtechnologie mit ihrer Modultechnik

Schweißkopfsystementwicklung/-aufbau



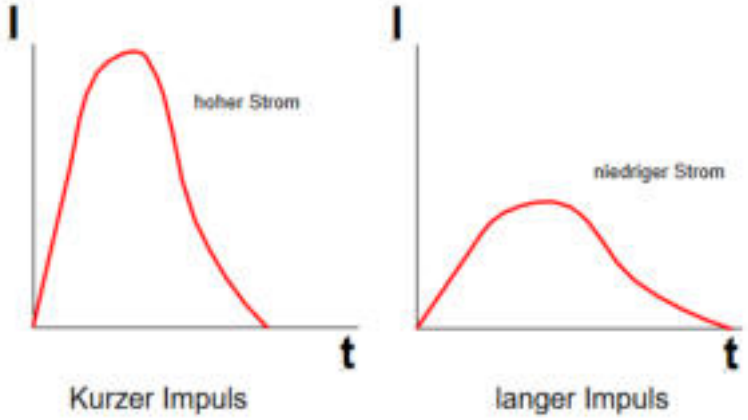
Geometrie von Cu-Litzen (un-/beschichtet)			
Ø Cu-Litzen [mm]	0,3	0,5	0,8
Elektroden-Geometrie			
Kontaktflächen-Durchmesser [mm] d1	0,8 – 2,0 mm		
Elektrodenschaft-Durchmesser [mm] d2	3,2 mm		
Elektrodenschaft-Länge [mm] L	20 – 40 mm		
Abstand zw. Elektroden [mm] Δ	1 – 3 mm		
Neigung [°] – einstellbar	0 – 30		



125077-2020-10-01

► Verwendete Stromquelle mit Schweißkopf – Taktzeitfrequenz und Stromleistung

- **Prinzip: Kondensatorentladung**
- **Prozessparameter**
  - Cu-Stecker mit Ø 0,7 – 0,8 mm
  - **Nennleistung: 42 kW**
  - Max. Schweißspannung: **6 V**
  - **Max. Schweißstrom: 7 kA**
  - Max. Schweißenergie: 840 J
  - **Pulszeit: 0 – 20 ms**
  - Leistungsanpassung: 0-99 Stufe (0,2 ms/Stufe)



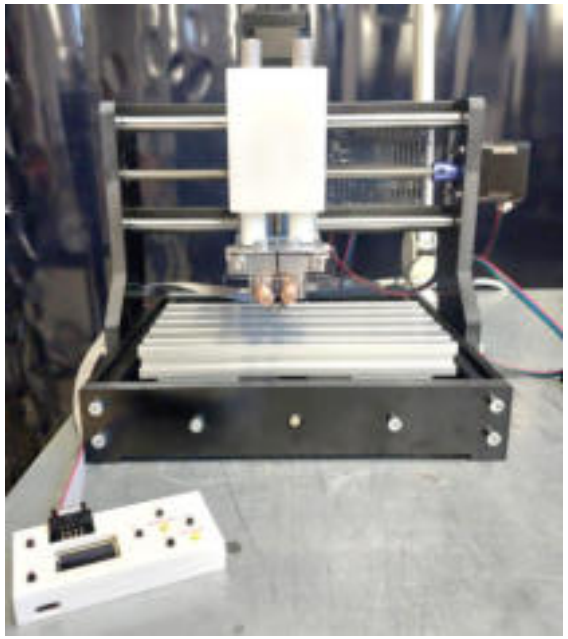
125077-2020-10-01

1) NC-pneumatisches Bewegungssystem und dessen Spezifikation:

- Betriebsdruck: **0,35 – 0,55 MPa**
- Höheneinstellung (Z-Achse): **90 – 190 mm**
- Presskraft: **3 – 30 N**
- Verfahrgeschwindigkeit: **einstellbar**

2) CNC-elektrisches Bewegungssystem und dessen Spezifikation:

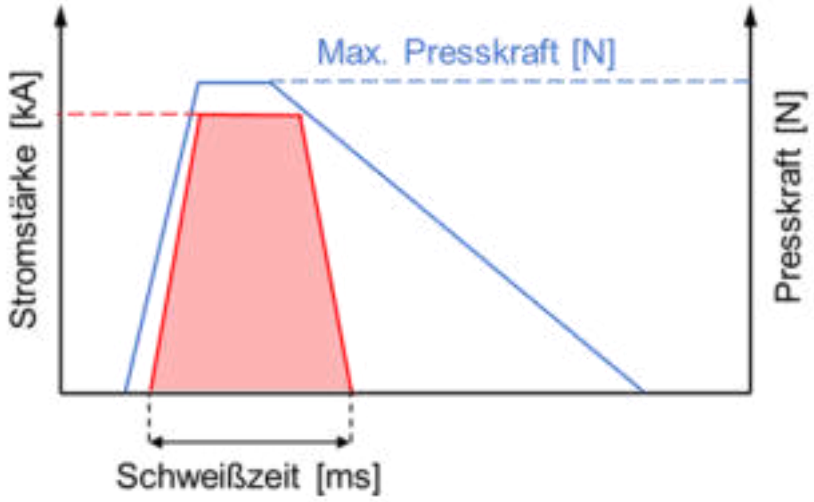
- 3-Achse-Bewegung: **X/Y/Z-Achse**
- Schritte: 0,1/1/5/10 mm
- Presskraft: **3 – 80 N**
- Verfahrgeschwindigkeit: **einstellbar**



125077-2020-10-01

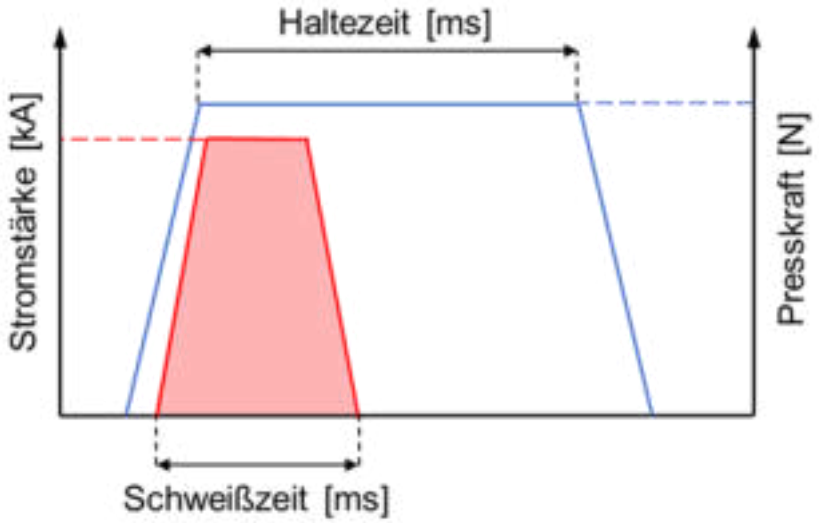
► Wirkprinzip des elektrischen und pneumatischen Bewegungssystems

Wirkprinzip der Prozessparameter für pneumatisches System



- **Kontinuierliche Bewegung**
- Haltezeit durch verlangsamten Rücklauf des Schweißkopfes (Haltezeit = „Todpunkt“ Hubzylinder)

Wirkprinzip der Prozessparameter für elektr. System



- **Diskontinuierliche Bewegung**
- Haltezeit, Hin- und Rücklauf frei steuerbar

125077-2020-10-01

Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen:

- Elektroden/Litzen/Platinen: Geometrie, Werkstoffe, OF-Zustand
- Prozessparameter „Schweißstrom/-zeit, Presskraft, …“,
- Schweißverbindungs- und Qualitätsnachweis.

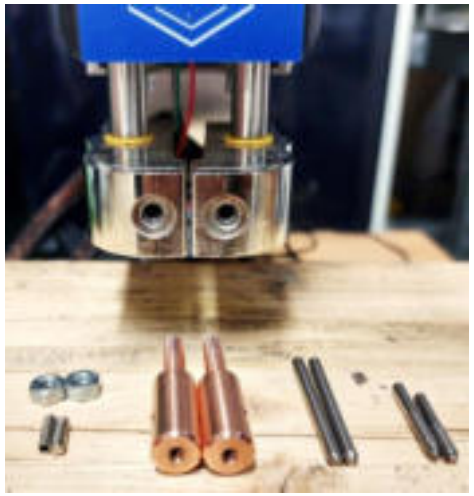
125077-2020-10-01

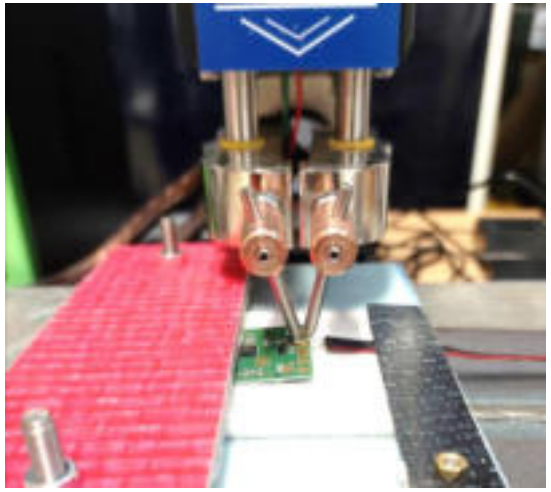
Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

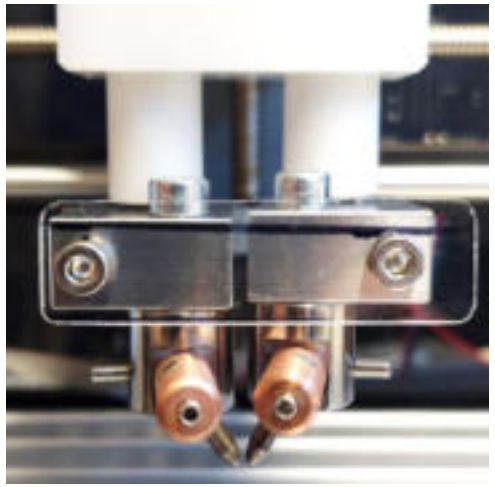
Charakterisierung der Mikro-Schweißprozesstechnologie durch Prozessparametervariation

Pneu. NC-System → Stromstärke → Presskraft → Schweißzeit → Cu-Litzen-Durchmesser → Zusatz-material

Elektr. CNC-System → Stromstärke → Presskraft → Schweißzeit → Cu-Litzen-Durchmesser → Zusatz-material







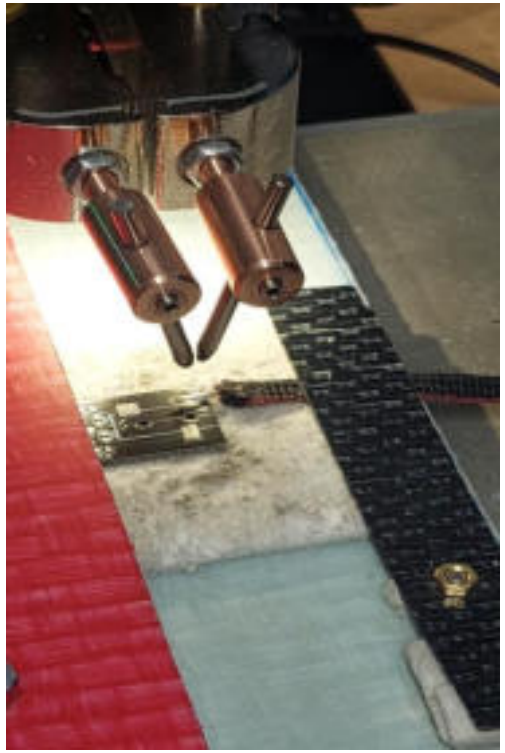
125077-2020-10-01

Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

Charakterisierung der Mikro-Schweißprozesstechnologie durch Prozessparametervariation

► **Ermittlung geeigneter Prozessparameter zum Verbinden von unterschiedlichen Cu-Litzen-Ø an Textilbändern mit Leiterplatten (Platinen) durch:**

- Funktionalitätsnachweis des Gesamt-schweißkopfsystems (Stromquelle, Bewegungs-, Elektroden-, Federkraft- und Steuerungssystem, …);
- geeignete Elektrodenmaterialanwendung: Cu, W, Mo;
- Ermittlung optimaler Elektroden-Kontaktfläche und **Bauform;**
- Bestimmung optimaler Prozessparameter:
  - Elektrodenbauform: A, B, C, T
  - Stromstärke, Schweißzeit, Presskraft für Verbinden unterschiedlicher **Cu-Litzen-Ø** bei beschichteten und unbeschichteten Litzenmaterialien.



Schweißkopf mit pneu. Bewegungssystem

Schweißkopf mit elektrischem Bewegungssystem

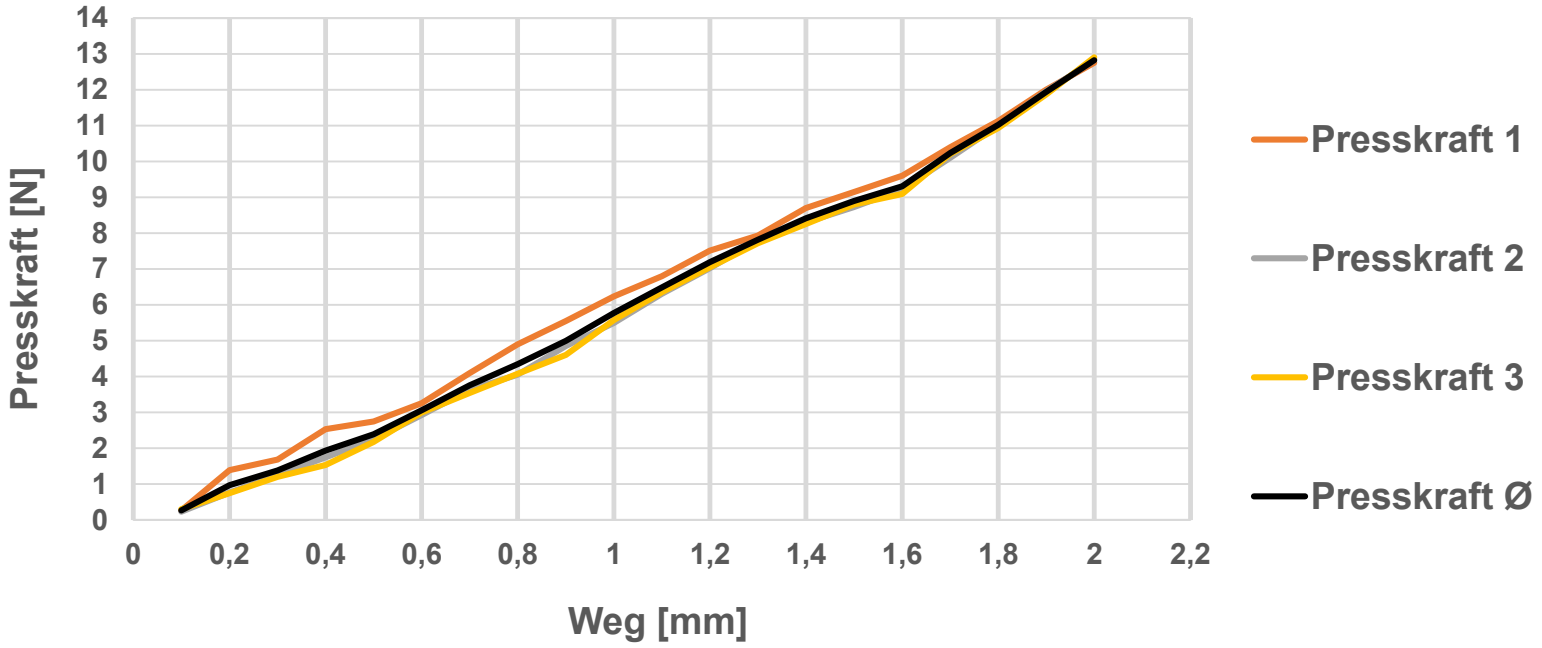
125077-2020-10-01

Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

Prozessparameter „Schweißstrom/-zeit, Presskraft, …“,

► Versuchsergebnisse zur Presskraft mit elektrischem CNC-System:

- Presskraftmessung ohne Federung
- 0,1 mm Verfahrweg **≈ 0,6 N**
- Federung ist im Betrieb bei **~ 7** N einsetzbar.



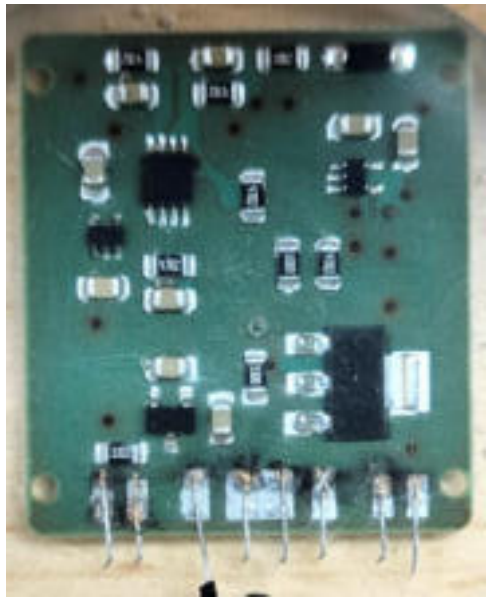
125077-2020-10-01

Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

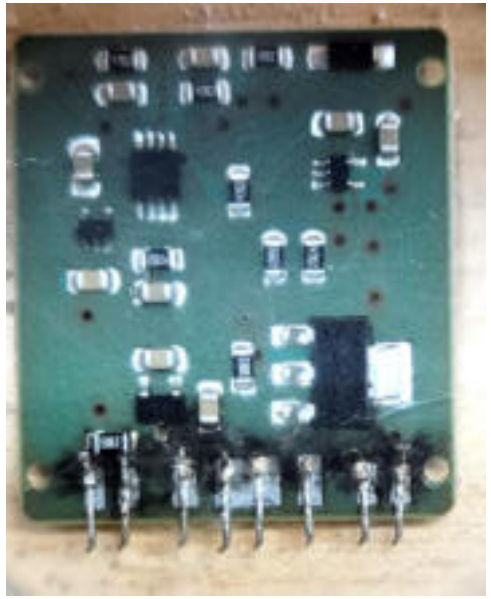
Charakterisierung der Mikro-Schweißprozesstechnologie durch Prozessparametervariation

► **Versuchsergebnisse mit C1,5-Elektroden, beschichtete Litzen (0,3 – 0,8 mm) und elektrischem Bewegungssystem:**

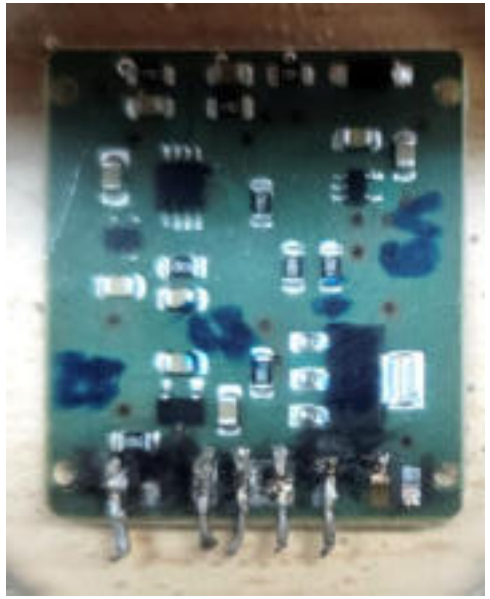
Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform**: C1,5**
Litzen-Ø: 0,3 mm,
beschichtet



Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform**: C1,5**
Litzen-Ø: 0,5 mm,
beschichtet



Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform**: C1,5**
Litzen-Ø: 0,8 mm,
beschichtet



125077-2020-10-01

© 2025 Steinbeis | Technologie.Transfer.Application. | www.steinbeis.de

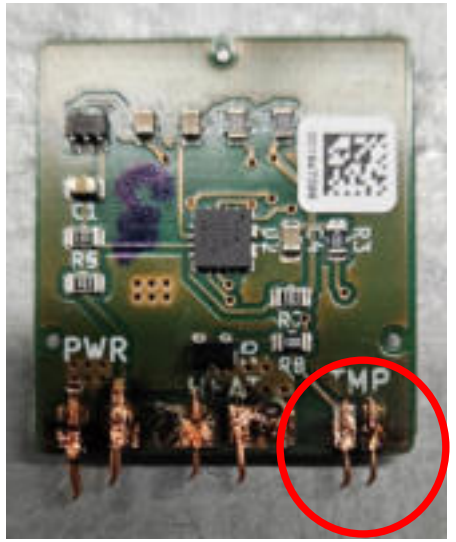
Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

Charakterisierung der Mikro-Schweißprozesstechnologie durch Prozessparametervariation

► **Versuchsergebnisse mit C1,5-Elektroden und Voll-Cu-Draht, unbeschichteten Litzen (0,8 mm) am elektrischem Bewegungssystem:**

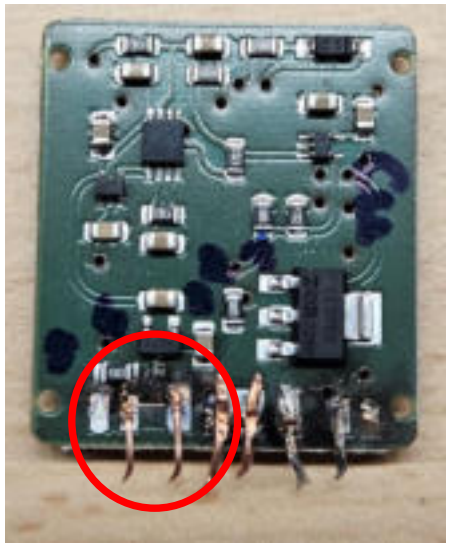
Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Cu-Draht: Ø 0,3 mm, blank:

Prozessparameter:
I: 0,4 – 0,5 kA,
F: 5,5 – 5,7 N, ts: 3 ms



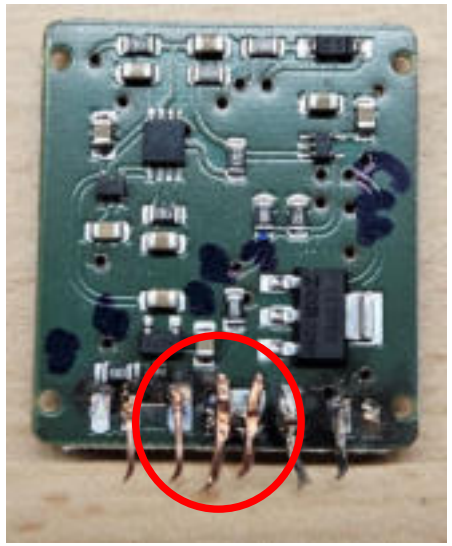
Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Cu-Draht: Ø 0,5 mm, blank

Prozessparameter:
I: 0,7 – 1,1 kA,
F: 6,7 – 7,6 N, 4 ms



Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Cu-Draht: Ø 0,8 mm, blank

Prozessparameter:
I: 1,6 – 1,7 kA,
F: 7,8 – 8,5 N, ts: 6 ms



Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **T1,0**
Cu-Litze: Ø 0,8 mm, unbeschichtet

Prozessparameter:
I: 0,4 – 1,1 kA
F: 8,0 – 11,1 N, ts: 8 ms

125077-2020-10-01

Untersuchungsergebnisse unter Praxisbedingungen

Charakterisierung der Mikro-Schweißprozesstechnologie durch Prozessparametervariation

► Experimenteller Vergleich von elektrischem und pneumatischem Bewegungssystem:

Elektrisches Bewegungssystem:
geschweißte Litzen-Ø: **0,3 – 0,8 mm**
(0,3 – 0,8 mm beschichtet, 0,8 mm unbeschichtet)

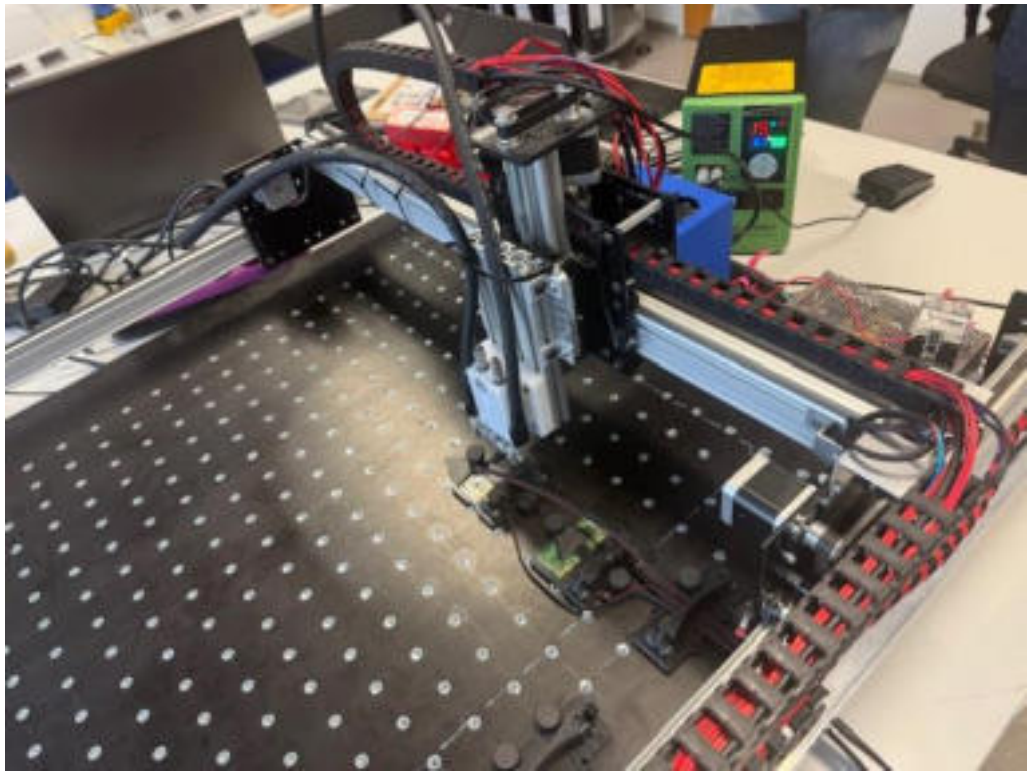
Pneumatisches Bewegungssystem:
geschweißte Litzen-Ø: **0,3 – 0,8 mm**
(0,3 – 0,8 mm beschichtet, 0,8 mm unbeschichtet)

Prozessparameter von elektrischem und pneumatischem Bewegungssystem sind ähnlich → einfache Parametrisierung des elektrischen Systems; → **elektrisches Bewegungssystem (CNC) bevorzugt**

125077-2020-10-01

© 2025 Steinbeis | Technologie.Transfer.Application. | www.steinbeis.de

► Prozesstechnische Umsetzung des entwickelten Mikro-Schweißkopfes und dessen Modultechnik an ITP-Anlagentechnik zum Verbinden von Cu-Litzen-SmartTex an Leiterplatten



125077-2020-10-01

Applikationen
Herstellung von Musterteilen – geschweißte Textilbänder an Platinen

125077-2020-10-01

Applikationen

Herstellung von Musterteilen – geschweißte Textilbänder an Platinen

Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,3 mm, beschichtet

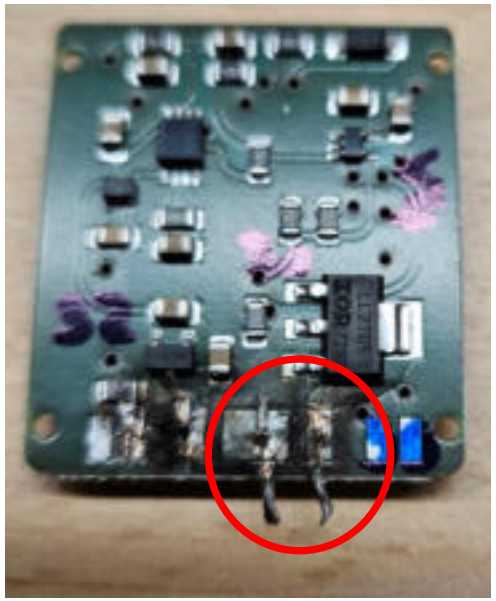
Prozessparameter:
I: 0,3 - 0,5 kA,
F: 3,4 - 3,8 N; ts: 3 ms

Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,5 mm, beschichtet

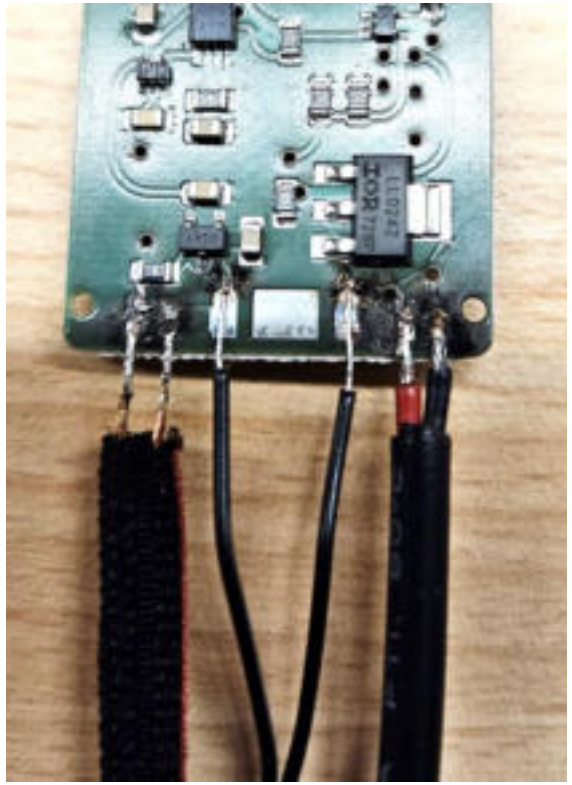
Prozessparameter:
I: 0,3 - 0,6 kA,
F: 5,6 - 6,1 N; ts: 3 ms

Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,8 mm, beschichtet

Prozessparameter:
I: 1,0 - 1,3 kA,
F: 9,5 - 10 N; ts: 7 - 8 ms



Geschweißte Musterteile:
Litzen-Ø: 0,3 – 0,8 mm



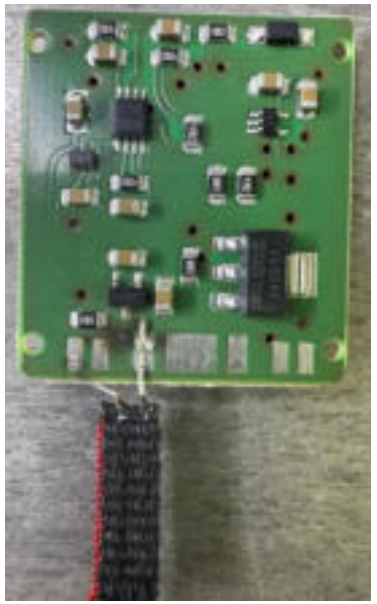
125077-2020-10-01

Applikationen

Herstellung von Musterteilen – geschweißte Textilbänder an Platinen

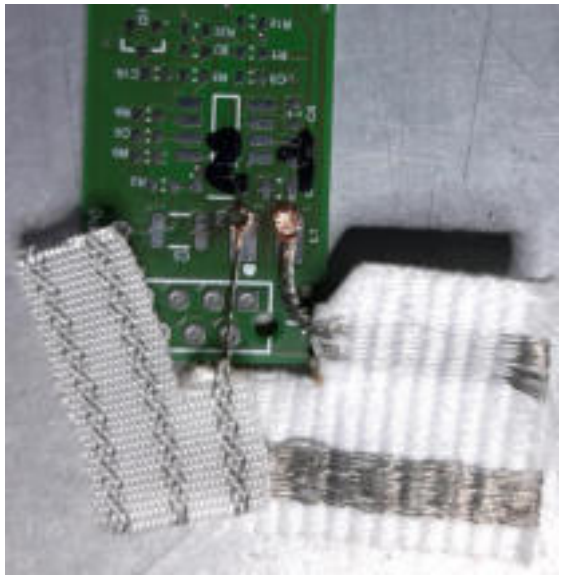
- **Geschweißte Musterteile – Textilbänder an Platinen – mit elektrischem und pneumatischem Bewegungssystem**

Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,3 mm, beschichtet

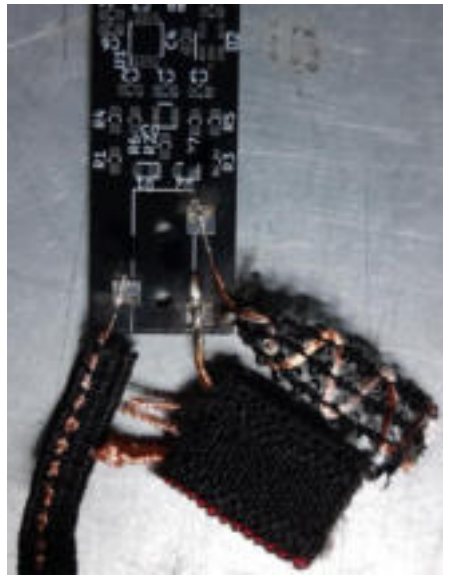


Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,5 mm, beschichtet

Gute Schweißverbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,8 mm, beschichtet



Gute Schweiß-verbindung
Elektrodenbauform: **C1,5**
Litzen-Ø: 0,3 - 0,8 mm, beschichtet



125077-2020-10-01

Zusammenfassung, Ausblick

125077-2020-10-01

Zusammenfassung/Ausblick

- Ein **Schweißkopfsystem** und dessen **Bewegungssystem** sowie Schweißenergieausführ. → **Schweißstromquelle** zum Verbinden von **SmartTex an Leiterplatten** „Litzen/Platten“ wurde erfolgreich entwickelt, prozesstechnisch untersucht und umgesetzt.
- Bei eingesetzter **Elektrodenform** (**A, B, C, T**)/-größe **ist** die **C-Form** am **effektivsten** (geringes Anhaften bei reproduzierbaren Schweißungen).
- **Elektrodenmaterialien: Wolfram** bzw. **Molybdän** ermöglichen **gute Schweißergebnisse → Wolfram-Elektroden** bevorzugt.
- **Als Materialien sind: Platinen**: **KS** mit **Metallisierungsschicht** → Kupfer/Gold; Silber; **Litzen**: **isolierter**, **beschichteter** oder **blanker Zustand**.
- **Geeignete Schweißparameter** (**Strom, Zeit, Kraft**) zum **Verbinden un-/beschichteter Litzen**, Textilbänder mit Leiterplatten:
  - alle **Litzen-Querschnitte** (**0,3 mm; 0,5 mm; 0,8 mm**) **schweißbar → 0,3 (Thermosensor)**; **0,5 - 0,8** beschichtete Litzen
  - **runder Querschnitt** (verdrillte Einzeldrähte plus beschichtet) sorgt für bessere Stabilität und definierte Durchmesser (kein Verkippen, kein Spreizen).
- Mittels Herstellung von Musterteilen - geschweißte Textilbänder an Platinen wurde die **Funktionalität** entwickelter **Mikro-Schweißtechnologie** „einseitiges Mikro-Wiederstandpunktschweißen “ **nachgewiesen**.
  - Schweißstrom/-zeit**: bis zu 1,5 kA, Schweißzeit bis zu 10 ms**
  - Bewegung elektrisch: Presskraft **bis zu 15 N** eingesetzt.

Ausblick: vollständige Integration der **Schweißtechnologie und deren Modultechnik** in das **Gesamtsystem** unter **Optimierung** der **Anlagenkomponenten,** Herstellung von **Musterbauteilen** mit **definiertem Qualitätsnachweis**

125077-2020-10-01

Steinbeis

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

PD Dr. Ing. habil. Khaled Alaluss
Tel.: +49 371 27096-146
Fax: +49 371 27096-144
E-Mail: khaled.alaluss@stw.de
Adresse: Steinbeis-Innovationszentrum, Intelligente Funktionswerkstoffe, Schweiß- und Fügeverfahren, Exploitation
Otto-Schmerbach-Str. 19, PF 55, 09117 Chemnitz

MEHR ÜBER UNS: www.steinbeis.de www.steinbeis-magazin.de
www.stw.de/su/1644
Publications: ResearchGate | GoogleScholar

125077-2020-10-01

facebook.com/Steinbeisverbund
instagram.com/steinbeisverbund
youtube.com/c/steinbeisverbund
twitter.com/SteinbeisGlobal
vimeo.com/Steinbeis
transfermagazin.steinbeis.de

© 2025 Steinbeis | Technologie.Transfer.Application. | www.steinbeis.de
Steinbeis-Innovationszentrum Chemnitz – Germany
www.steinbeis.de/su/1644