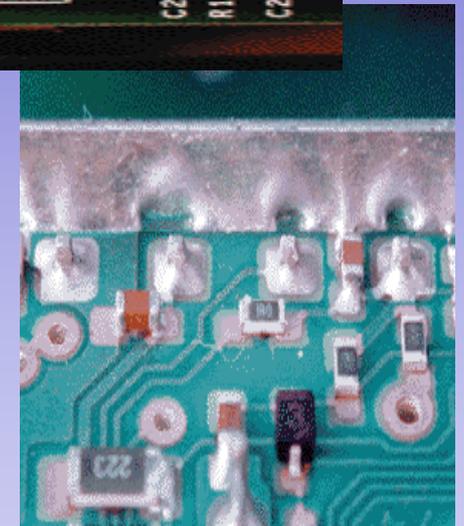
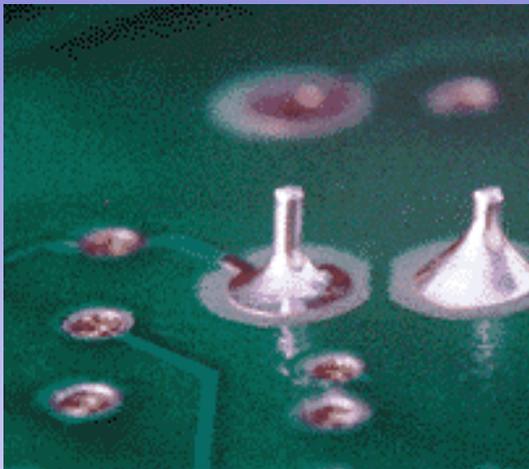
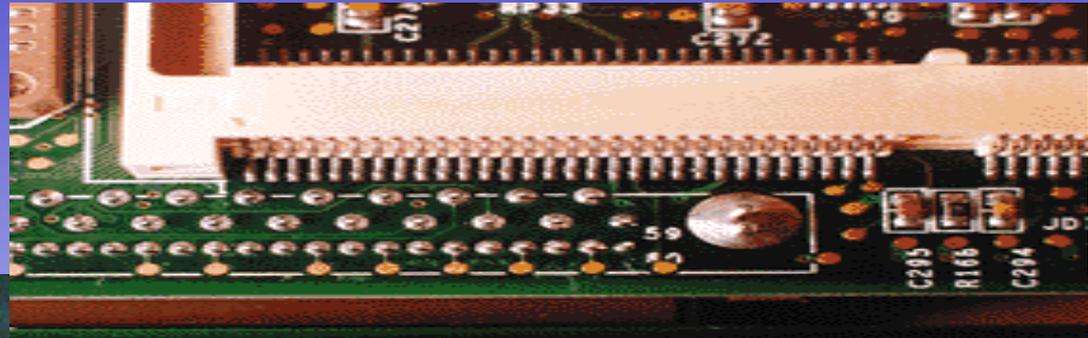


Kontaktierverfahren

Löten Schweißen Wickeln



Allgemeines zur Kontaktierung

- die Miniaturisierung der Bauelemente hat die Technologie zur Kontaktierung zu einem wesentlichen Problem bei der Montage werden lassen
- 30-50% aller Fehler und Ausfälle bei Geräten sind auf unzulängliche Verbindungstechnik zurückzuführen
- Anforderungen an eine Kontaktstelle ergeben sich aus ihrer elektrischen und mechanischen Funktion
- für eine unerwünschte Änderung der Eigenschaften einer Kontaktstelle sorgen chemische und elektrochemische Korrosion -> Kontaktstelle muss Korrosionsbeständig sein
- wichtige Auswahlkriterien für Verfahren zur Kontaktierung von Leiterplatten mit Bauelementen sind:
 - Art der Materialpaarung
 - Zuverlässigkeit der Verbindung
 - Wirtschaftlichkeit
 - thermische und mechanische Belastung

Allgemeines zur Kontaktierung

Die vielen Forderungen, denen ein Kontaktierungs-verfahren gerecht werden muss, haben zu einer Vielzahl von Verfahren geführt, von denen hier folgende vorgestellt werden:

- Kolbenlöten
 - Ofenlöten
 - Schwalllöten
 - Aufschmelzlöten
 - Lichtstrahllöten
 - Lichtbogenpunktschweißen und -löten
 - Laserschweißen und -löten
 - Wickeln
 - Infrarotlöten
 - Reflowlöten

Kolbenlötén

Kolbenlötén

Verwenden eines gas- oder elektrisch beheizten Kolben aus Kupfer mit einer Kolbentemperatur von ca. 400°C. Ist ausschließlich zum Weichlötén geeignet. Flußmittel sind erforderlich. Aufgrund der geringen Wärmeeinbringung ist das Kolbenlötén auf das Verbinden kleiner, dünnwandiger Bauteile beschränkt.

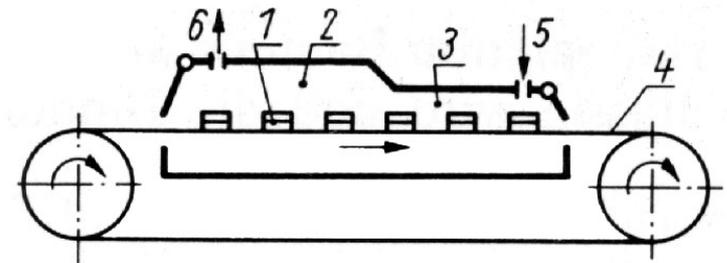
Eigenschaften

Übergangswiderstand: 1...3mOhm
Ausfallrate: $10^{-9} \dots 10^{-10} \text{ h}^{-1}$
Raster: 5mm
Vorbereitung: Anschlüsse vorverzinne, Drähte ablängen, Abisolieren
Anwendung: Reparatur, Kleinserie
nicht automatisierbar



Quelle: ELV Katalog
2005

Ofenlöten



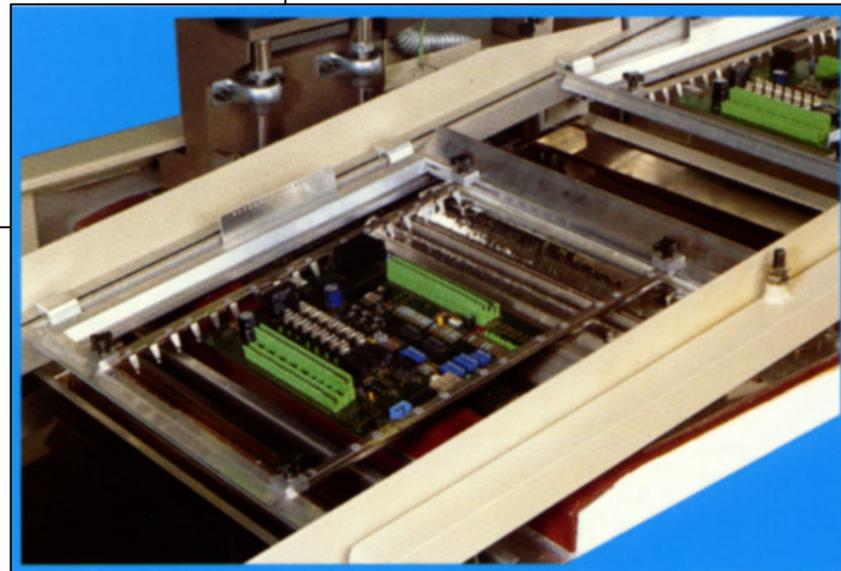
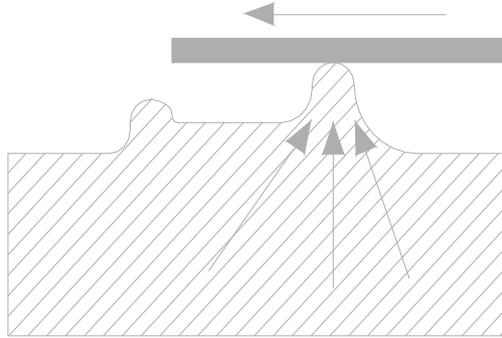
- 1 Verbindungspartner;
- 2 Lötzone; 3 Kühlzone;
- 4 Transportband;
- 5 Schutzgaseingang;
- 6 Schutzgasausgang

Quelle: Konstruktionselemente der Feinmechanik

Ofenlöten

Die Bauteile werden in einem auf die Arbeitstemperatur erwärmten gas- oder elektrisch beheizten Stufen-, Durchlauf- oder Muffelofen gelötet. Die Lötflächen sind mit Lot und Flussmittel zu versehen. Der Ofen wird mit einem Schutzgas gespült und unterstützt die Wirkung des Flussmittels oder kann es ersetzen. Das Verfahren ist für große Stückzahlen kleiner Teile besonders geeignet.

Schwalllötten



Die Schwalllötung hat sich bei der Kontaktierung steckbarer Bauteile mit Leiterplatten am besten bewährt.

Das Prinzip besteht darin, dass die Leiterplatte geradlinig durch den Kamm einer Lötwellen geführt wird. Dabei werden sämtliche Bauelementeanschlüsse mit der Leiterplatte verbunden.

Wichtig für die Qualität der Lötung sind der Einfahr- und Ausfahrwinkel sowie die Form der Lötwellen.

Die Ausbildung einer Sekundärwelle, die etwas niedriger als die Hauptwelle gehalten wird, soll die Zapfen abschmelzen, so dass keine Kontaktstelle eine bestimmte Länge überschreitet.

Moderne Schwalllötanlagen sind komplexe Fertigungseinheiten, die am Ende einer Bestückungsstraße eingeordnet werden. Sie erledigen nacheinander die folgenden Verfahrensschritte.

Fluxen

In diesem Arbeitsgang wird das Flussmittel durch Wellen- oder Schaumfluxen gleichmäßig auf die Lötseite aufgetragen.

Trocknen und Vorwärmen

Nach dem Passieren der Fluxstrecke

werden die Leiterplatten leicht angewärmt und teilweise mit heißer Luft angeblasen.

Dabei verflüchtigen sich die Lösungsmittel des Flussmittels. Mittels Wärmestrahlung werden die Platten stärker angewärmt. Dies bereitet die gewünschte reduzierende Wirkung des Flussmittels vor. Ein weiterer Zweck ist die Vermeidung des Hitzeschocks der Leiterplatte.



Der Lötprozess

Die Leiterplatte wird über den Kamm einer Lötwellen geführt. In der ersten Phase wird das aufgetragene Flussmittel wirksam. An den metallisch reinen Stellen kommt es zu dem gewünschten Bindungsprozess zwischen Leiterplatte, Lötzinn und dem Bauelement.

Die Temperatur des Lötzinn liegt zwischen 240°C und 270°C.

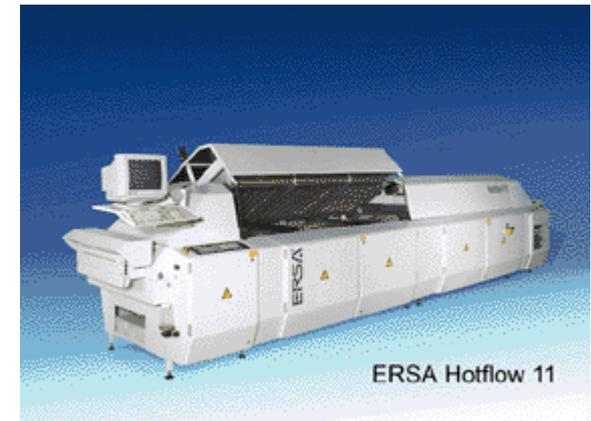
Die Transportgeschwindigkeit der Leiterplatte während des Lötprozesses beträgt ca. 0,5 bis 0,3 m pro Minute.

Dem Lötbad wird ständig mit Zinn angereichertes Lot zugeführt.

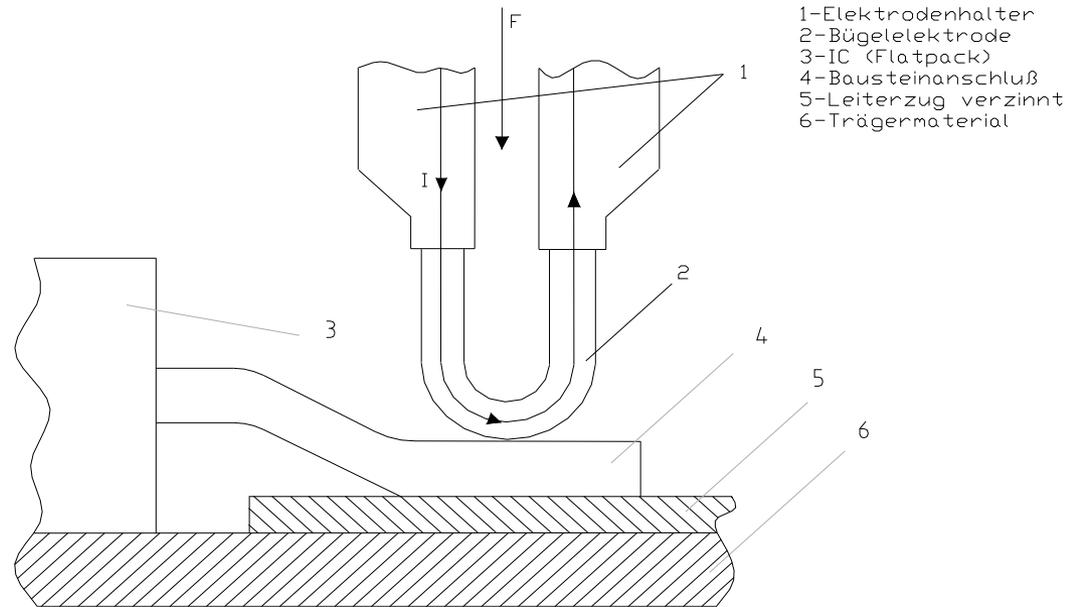
Nachbehandlung

Nach dem Durchfahren des Lötschwalles wird die Leiterplatte von Flussmittelresten befreit. Eine plötzliche Abkühlung muss unbedingt vermieden werden, da sonst Rissbildungen an den Lötstellen (durch unterschiedliche thermische Ausdehnungsprozesse)

begünstigt werden.



Aufschmelzlöten mit Bügelelektrode



Aufschmelzlöten ist ein speziell entwickeltes Verfahren zur Kontaktierung von Flatpacks auf Leiterplatten.

Dabei fließt der Elektrodenstrom nur durch den Bügel und nicht durch die Kontaktstelle.

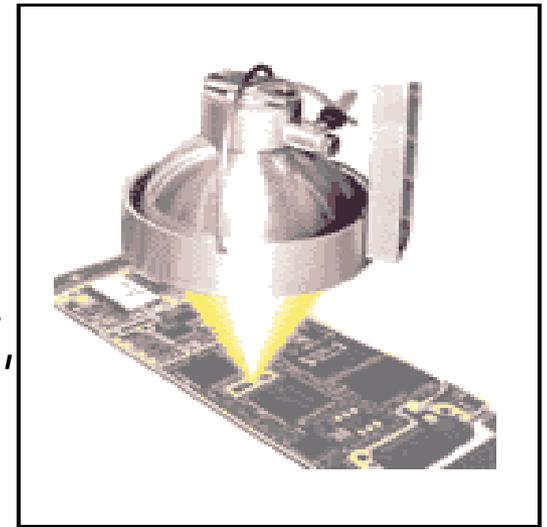
Der Bügel wirkt, wie beim LötKolben, als elektrisch beheiztes Kontaktierwerkzeug. Das Aufschmelzen wird durch indirekte Wärmezufuhr mittels Wärmeleitung erreicht. Damit ist auch die Gefahr von Potential-unterschieden zwischen den Bauteilanschlüssen nicht mehr gegeben. Somit können bei entsprechender Gestaltung der Bügel alle Anschlüsse des Flatpacks gleichzeitig mit den Kontaktierflächen der Leiterplatte verbunden werden. Eine wesentlich höhere Produktivität als beim Widerstandslöten ist möglich.

Der Bügel ist eine Molybdän- oder Wolframelektrode, welche die hohe Löttemperatur (800-1000°C) verträgt und vom Lot nicht benetzbar ist. Die Bügellänge wird den verschiedenen IC Größen angepasst. Die Verbindungsfestigkeit ist geringer als beim Schwalllöten, da beim kontaktieren nur ein Verschmelzen der Verbindungspartner erfolgt.

Nach dem Abschalten des Lötimpulses muss die Elektrode bis zum Erstarren des Lotes auf der Kontaktstelle verbleiben, damit eine feste und einwandfreie Kontaktierung erfolgt (ca. 50 ms).

Ein wesentlicher Vorteil des Aufschmelzlöten gegenüber dem Widerstandslöten ist eine höhere Packungsdichte auf der Leiterplatte.

Lichtstrahllöten



Das Prinzip des Verfahrens beruht darauf, dass die von einer Strahlungsquelle emittierte elektromagnetische Strahlung beim Auftreffen auf die Verbindungspartner absorbiert und in Wärme umgesetzt wird.

Die Fokussierung erfolgt bei Punktstrahlern durch rotationselliptische Spiegel, in deren Brennpunkten die zu verbindenden Partner angeordnet werden. Bei Bandstrahlern kommen zylinderelliptische Spiegel zum Einsatz. Wichtig ist bei beiden Spiegeln, dass sie für eine nahezu 100%-ige Reflexion sorgen.

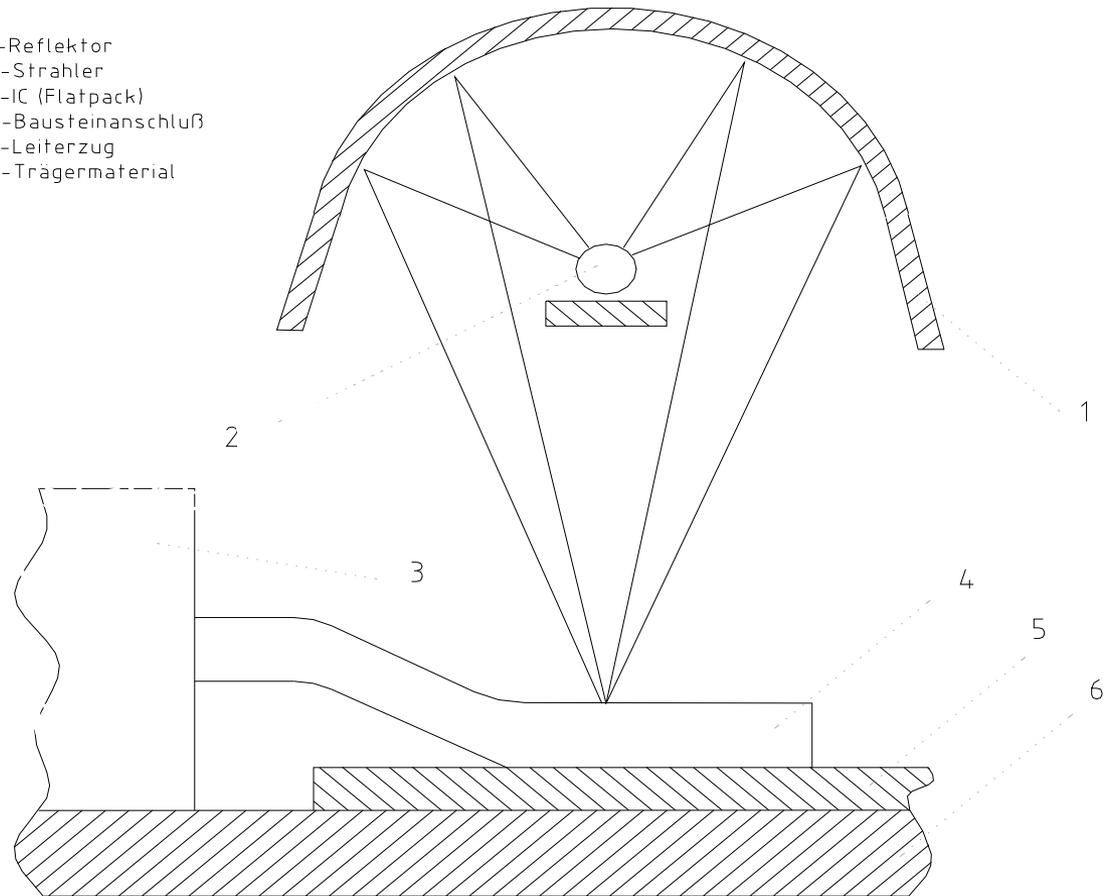
Die Kontaktierung der Anschlüsse aufsetzbarer Bauteile kann bei kontinuierlicher Bewegung der Leiterplatten erfolgen. Die Transportgeschwindigkeit bestimmt somit die Dosierung der in die Kontaktstelle einzubringende Energie.

Durch den großen Brennfleckdurchmesser wird die Lotschicht sowohl auf den Bauteilanschlüssen als auch auf den Kontaktierflächen gleichzeitig aufgeschmolzen wird. Durch den relativ großen Brennfleckdurchmesser ist jedoch die thermische Belastung hoch. Deshalb sollte bei Anwendung dieses Verfahrens Epoxid-Glashartgewebe als Trägermaterial zum Einsatz kommen.

Die Verwendung von Flussmitteln bringt höhere Verbindungsfestigkeit bei gleichzeitiger Erhöhung der Transportgeschwindigkeit der Leiterplatte.

Ein Nachteil des Lichtstrahllöten ist die Notwendigkeit langer Bauteilanschlüsse, denn dadurch sinkt die Packungsdichte der Bauteile auf der Leiterplatte.

- 1-Reflektor
- 2-Strahler
- 3-IC (Flatpack)
- 4-Bausteinanschluß
- 5-Leiterzug
- 6-Trägermaterial



Lichtbogenpunktschweißen und -löten

Das Verfahren ist gekennzeichnet durch einen kurzzeitige brennenden Lichtbogen, der sich zwischen einer Wolframelektrode und dem Werkstück ausbildet. Das Zünden des Lichtbogens erfolgt in einem definierten Abstand zur Leiterplatte. Durch das Umspülen der Schweißstellen mit Argon ist eine saubere und blanke Schweißpunktoberfläche erreichbar.

Vorteil des Verfahrens ist das sich eine spezielle Oberflächenbehandlung der Verbindungspartner erübrigt.



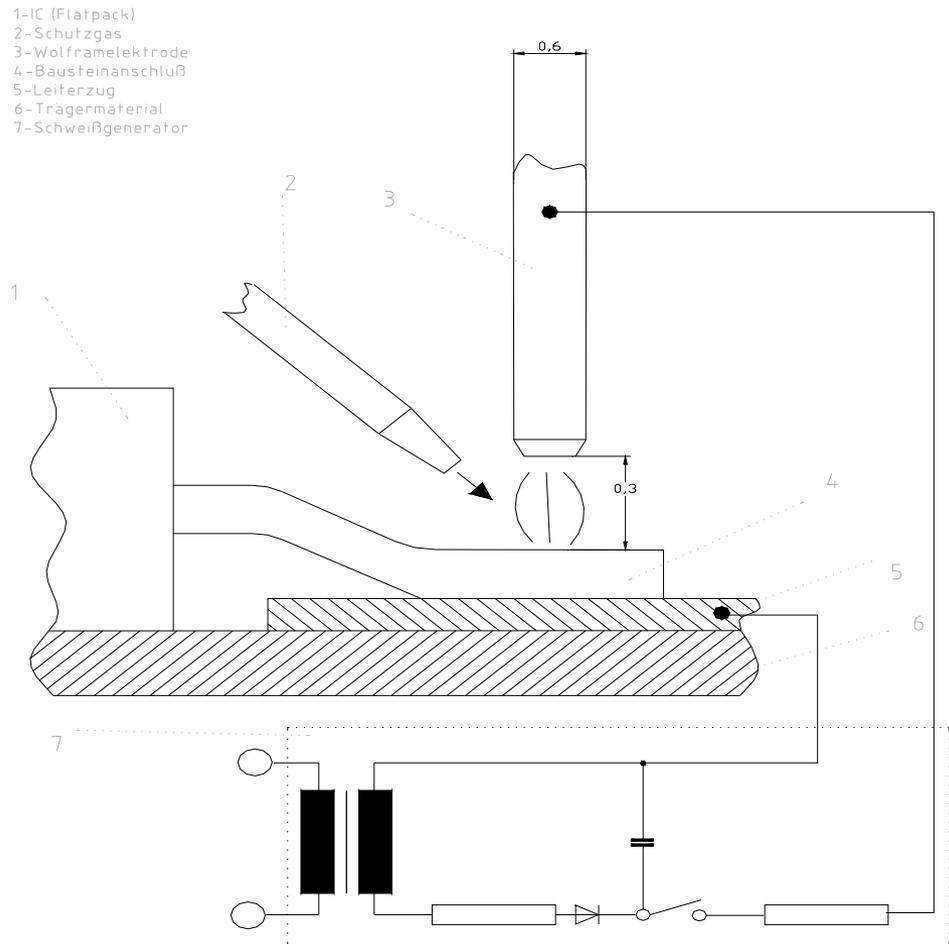
Die Übertragung der Wärme zum Aufschmelzen des unteren Verbindungspartners erfolgt nur durch Wärmeleitung, so dass der Bauteilanschluss und die Kontaktierfläche in einem guten thermischen Kontakt stehen müssen.

Die Kontaktierung aufsetzbarer Bauteile auf Leiterplatten erfordert genaue und über einen längeren Zeitraum stabile Brennbedingungen des Lichtbogens.

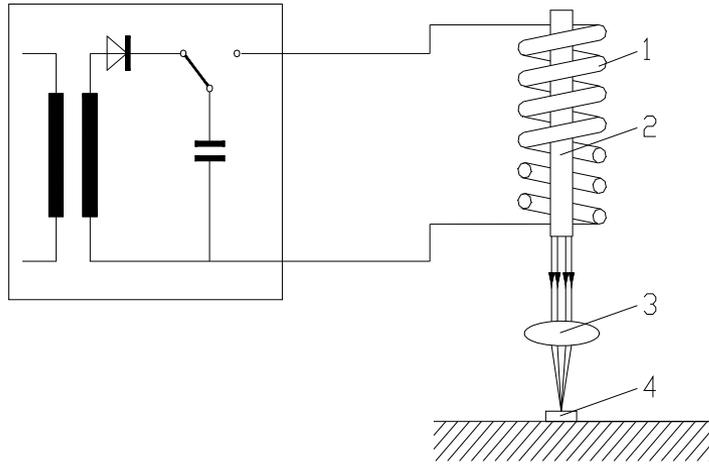
Eine hohe Arbeitsproduktivität wird erzielt bei zeilen- und spaltenweiser Anordnung der Bauteile auf der Leiterplatte. Diese können bei definierter Geschwindigkeit der Leiterplatte unter der Elektrode in guter Kontaktqualität verbunden werden.

Die Lötzeit beträgt ca. 300 ms.

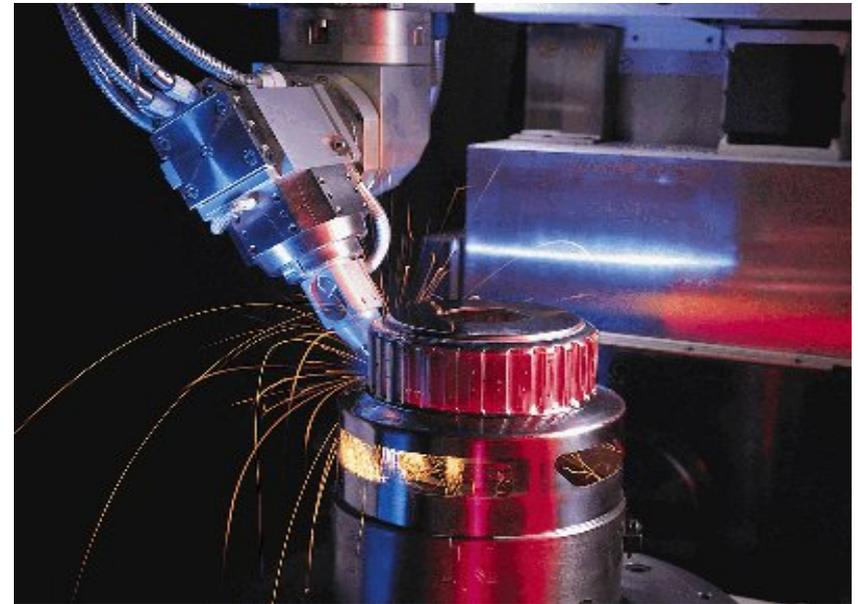
Ein Nachteil beim Lichtbogenpunktschweißen ist der Elektrodenabbrand zu beachten. Demzufolge ist eine Nachstellung der Elektrode vorzunehmen.



Laserlöten



- 1 Lichtquelle
- 2 Laserkristall
- 3 Linsensystem
- 4 Werkstück



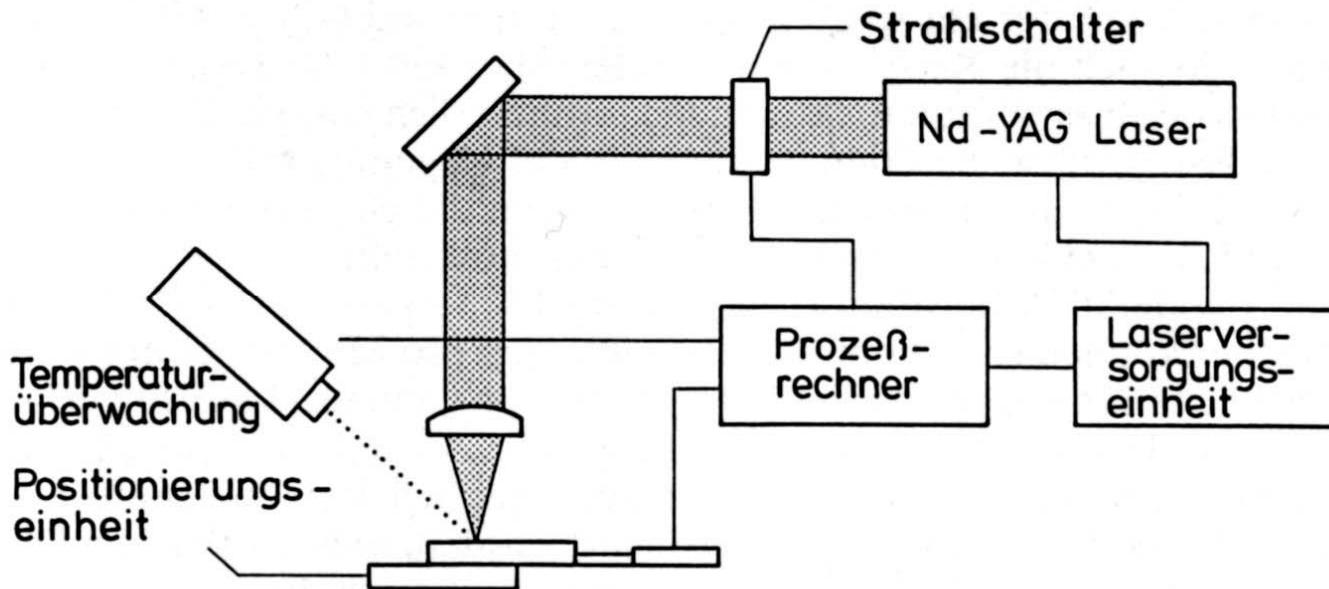
- gebündelter Lichtstrahl mit hoher Strahlungsdichte

- Umsetzung der elektromagnetischen Energie des Strahles in Wärme

Laserlöten

Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung

Aufbau für ein geregeltes Laserlötverfahren



Schematische Darstellung einer temperaturgeregelten Laserlötanlage

Laserlöten

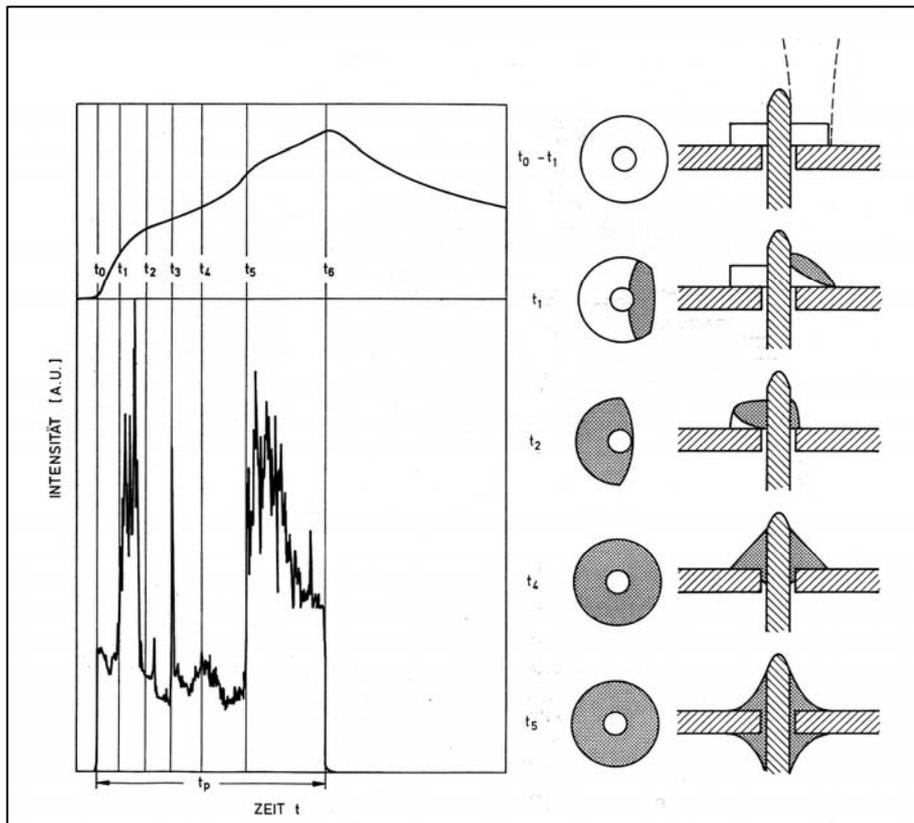
Auswahl des Lasers nach

- Volumen, Arbeitstemperatur, Lötgeometrie, Materialeigenschaften sowie die gewünschte Taktzeit der Bearbeitung
- zusätzlich ist zu beachten, dass die beteiligten Materialien wellenlängenabhängig sind
- Zum Löten insbesondere geeignete Laser sind der CO₂-Laser und der Nd-YAG-Laser
- Durch die kürzere Wellenlänge und der dadurch besseren Absorption in Metallen kann mit einem Nd-YAG-Laser kleinerer Ausgangsleistung die gleiche Lötzeit eingehalten werden

Laserstrahlparameter

- Strahlintensität muss so eingestellt sein, dass weder im Lot die Verdampfungstemperatur noch im Grundmaterial die Schmelztemperatur erreicht wird
- Strahldurchmesser sollte möglichst so groß wie die Lötstelle sein, um die Lötstelle homogen zu erwärmen

Laserlöten

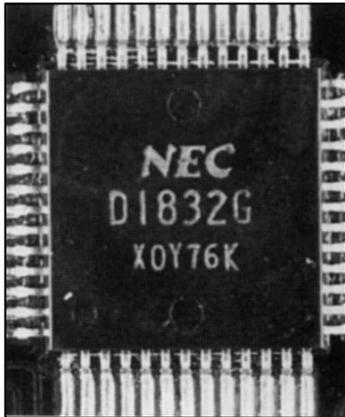


Temperaturverlauf und zeitliche Änderung der reflektierten Laserleistung während einer Stiftflötung.

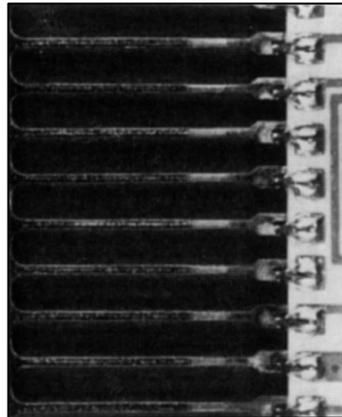
- Laserleistung 40 W
- Prozessdauer 0,6s
- Lötmenge 16 mg

Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung

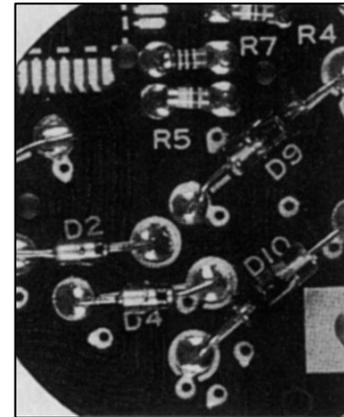
Laserlöten



a)



b)



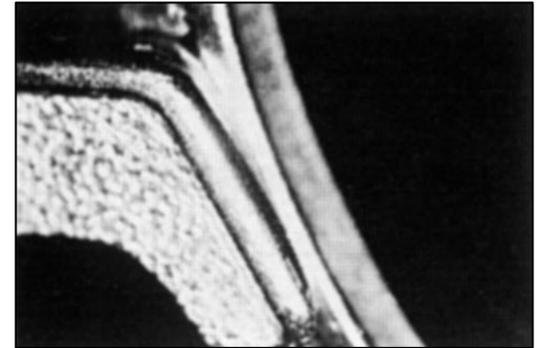
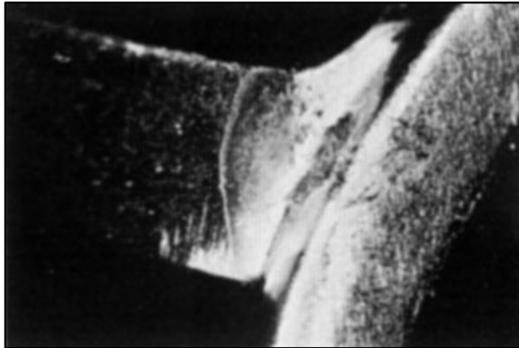
c)

Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung

Beispiele zum Laserstrahlweichlöten

- a) IC-Lötung auf Epoxyglas
- b) Zuführung an Keramiksubstrat
- c) Dioden, Widerstände und Kondensatoren auf Epoxyglas

Laserlöten



Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung

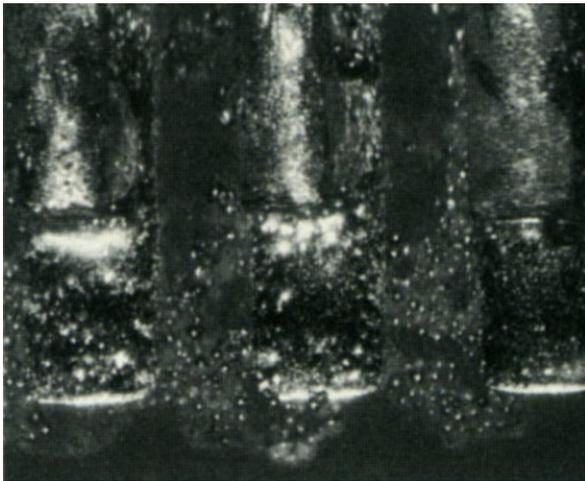
Das Fügen von metallischen Werkstücken sehr kleiner Geometrien (ca. 10-200 μm) birgt oft Probleme in sich, welche aber mit der Laserlötung (Hart-, Weichlöten) ohne Gefahr des Überhitzen der benachbarten Teile, mechanische Spannung, Rissgefahr durch zu hohe Temperaturen, gelöst werden können.

Füllmaterial

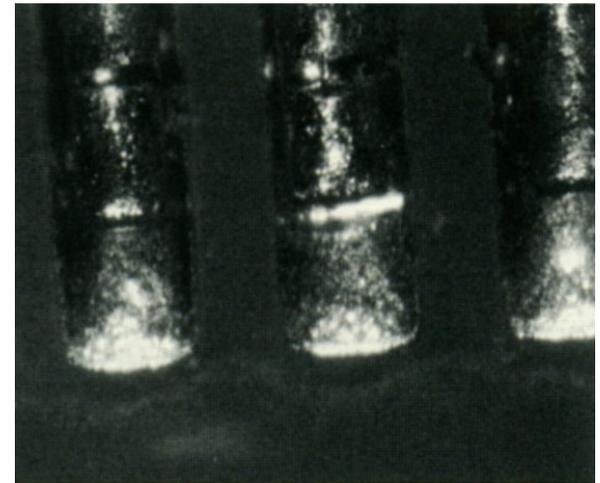
Legierungen aus Silber, Kupfer, Zink, Gold, Nickel, Silizium

Laserlöten

Die Führung der Oberflächentemperatur über die eingestrahelte Laserleistung führt zu einer erhöhten Prozesssicherheit und einer höheren Lötqualität



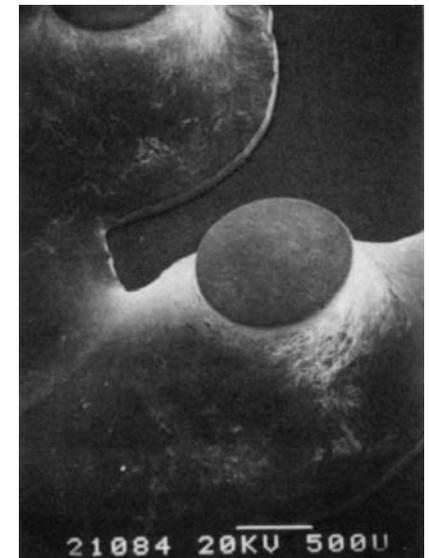
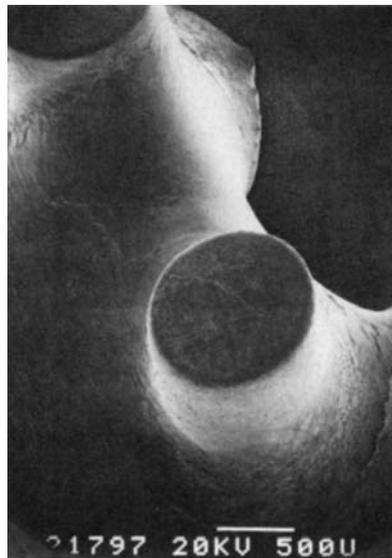
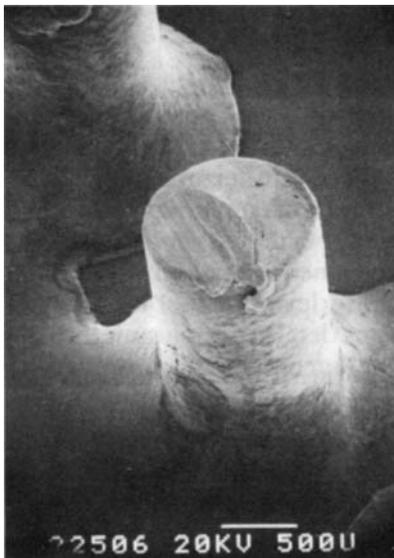
Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung



Quelle: Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung
mit Temperaturregelung

ohne Temperaturregelung

Laserlöten



Quelle: Der Laser in der industriellen Fertigungstechnik

Oberflächen eines handgelöteten, wellengelöteten und eines lasergelöteten Kontaktes

Möglichkeiten für das Verschweißen von bandförmigen Anschlüssen auf Kontaktierflächen von Leiterplatten

- Endverschweißung: Der Laserstrahl schmilzt das Anschlussende und einen Teil des Leiterzuges auf
- Zentralverschweißung: Der Laserstrahl wird nur auf den Anschluss gerichtet und muss diesen durchschmelzen
- Lochverschweißung Der Laserstrahl schmilzt ein Loch und durch dieses einen Teil des Leiterzuges.

Auf Grund der komplizierten Positionierung bei Loch- und Endverschweißung kommt nur die Zentralverschweißung zum Einsatz!

•Nachteile:

1. Kühlung des Lasers aufgrund der großen Wärmeentwicklung bei geringem Wirkungsgrad
2. geringe Eindringtiefe der optischen Strahlung in Metalle
3. mechanische Strahlpositionierung durch Bewegung der Leiterplattenaufnahme

Lösung 1.Problem: Einsatz von Festkörperlasern im Impulsbetrieb

Lösung 2.Problem: hoher Energieaufwand bei möglichst kurzwelligem Licht (Bsp.: Rubinlaser $\lambda = 0,69 \text{ mm}$)

- Einsatz für Lötzwecke

Wegen relativ langer Impulsdauer Einsatz von quasikontinuierlichen bzw. kontinuierliche Festkörperlasern sowie Gaslasern

Höhere Laserausgangsleistung aufgrund von Reflexionsverlusten nötig, können aber durch absorbierende Oberflächenschichten ausgeglichen werden.

Fazit: Laserschweißen und -löten sind zur Zeit großtechnisch für die Kontaktierung von Bauteilanschlüssen auf Leiterplatten noch zu schlecht beherrscht.

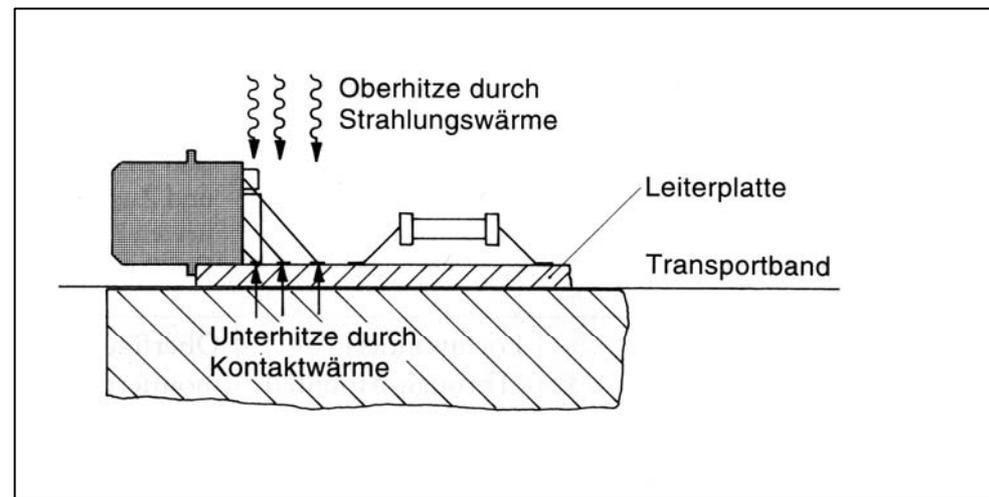
Infrarot-Löten

Die Baugruppe wird von jeder Seite einer langweiligen Infrarotstrahlung ausgesetzt. Sobald alle Lötunkte aufgeschmolzen sind, wird die Baugruppe abgekühlt. Dieses Verfahren wird auch kombiniert mit einer Wärmeübertragung durch Kontaktwärme. Dabei wird die Kontaktwärme als Unterhitze der Baugruppe zugeleitet.

Eigenschaften

Übergangswiderstand:	1...3mOhm
Ausfallrate:	$10^{-9} \dots 10^{-10} \text{ h}^{-1}$
Raster:	5mm
Vorbereitung:	Anschlüsse vorverzinnen,
Anwendung:	SMD Bauelemente verlöten

Löten von SMD-Bauelementen
mit Oberhitze durch Strahlungswärme
und Unterhitze durch
Kontaktwärme



Das 19-Zoll-Aufbausystem Band 2

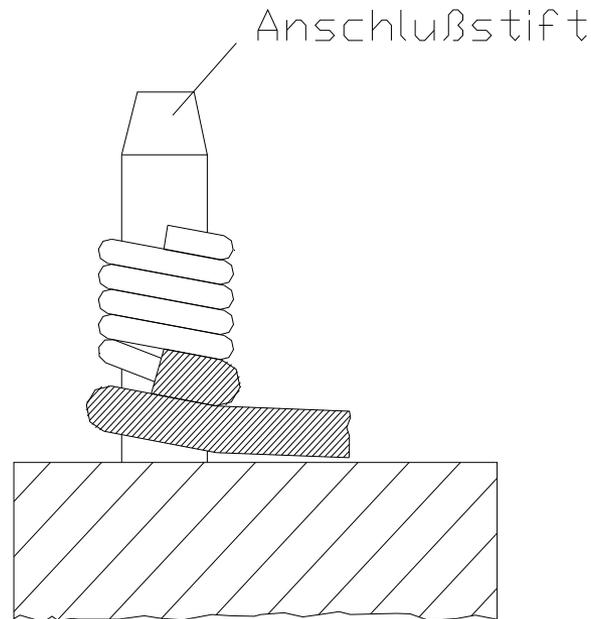
Verdrahtung

Kontaktierverfahren

Reflowlöten

Übergangswiderstand:	1...3mOhm
Ausfallrate:	$10^{-9} \dots 10^{-10} \text{ h}^{-1}$
Raster:	5mm
Vorbereitung:	Anschlüsse vorverzinnen,
Anwendung:	SMD Bauelemente verlöten

Drahtwickelverbindungen (wire-wrap)

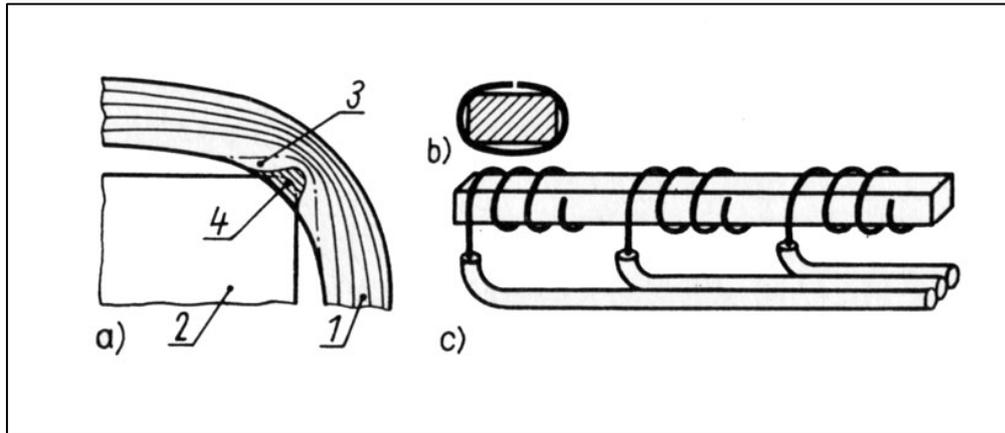


Einsatz in der Geräte-
rückverdrahtung

Vorteil:

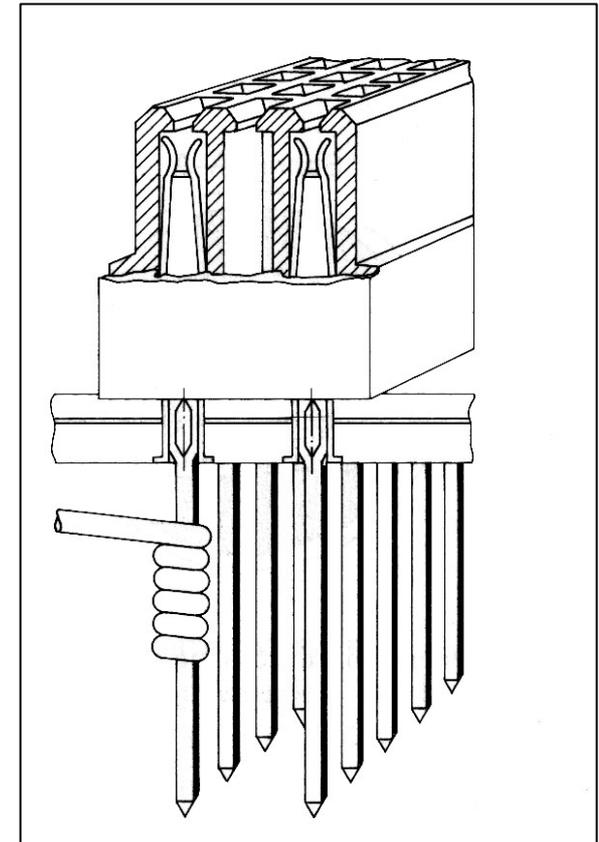
hohe Zuverlässigkeit bei extremen Klimaverhältnissen

Wickeln in der Geräterückverdrahtung



Das 19-Zoll-Aufbausystem Band 2

- a) Kontaktzone
- b) Stiftquerschnitt
- c) Dreifachwickel auf einem Anschlussstift
- 1) Anschlussdraht
- 2) Anschlussstift (Wickelfahne)
- 3) plastifizierte Zone
- 4) stoffschlüssige Zone

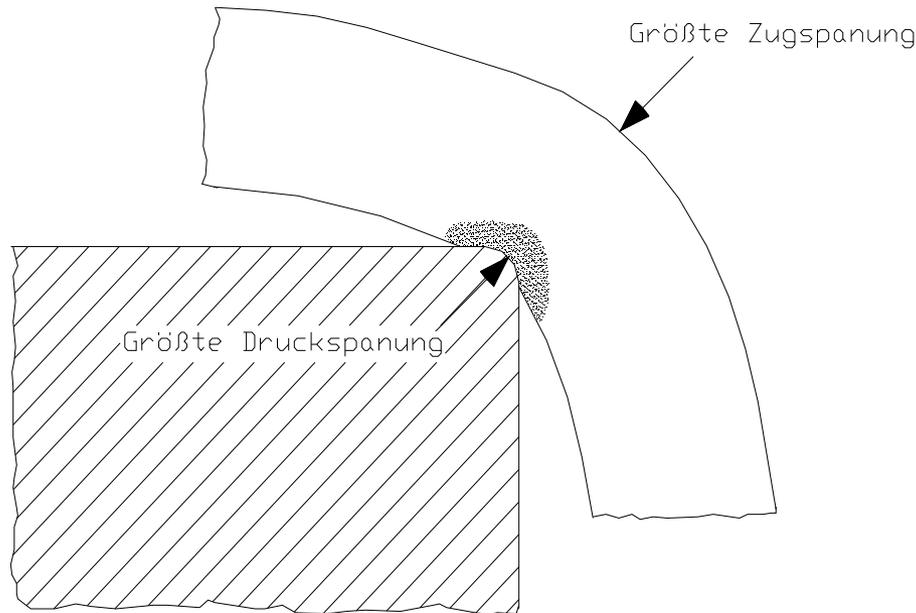


Das 19-Zoll-Aufbausystem Band 2

- Allgemeines:

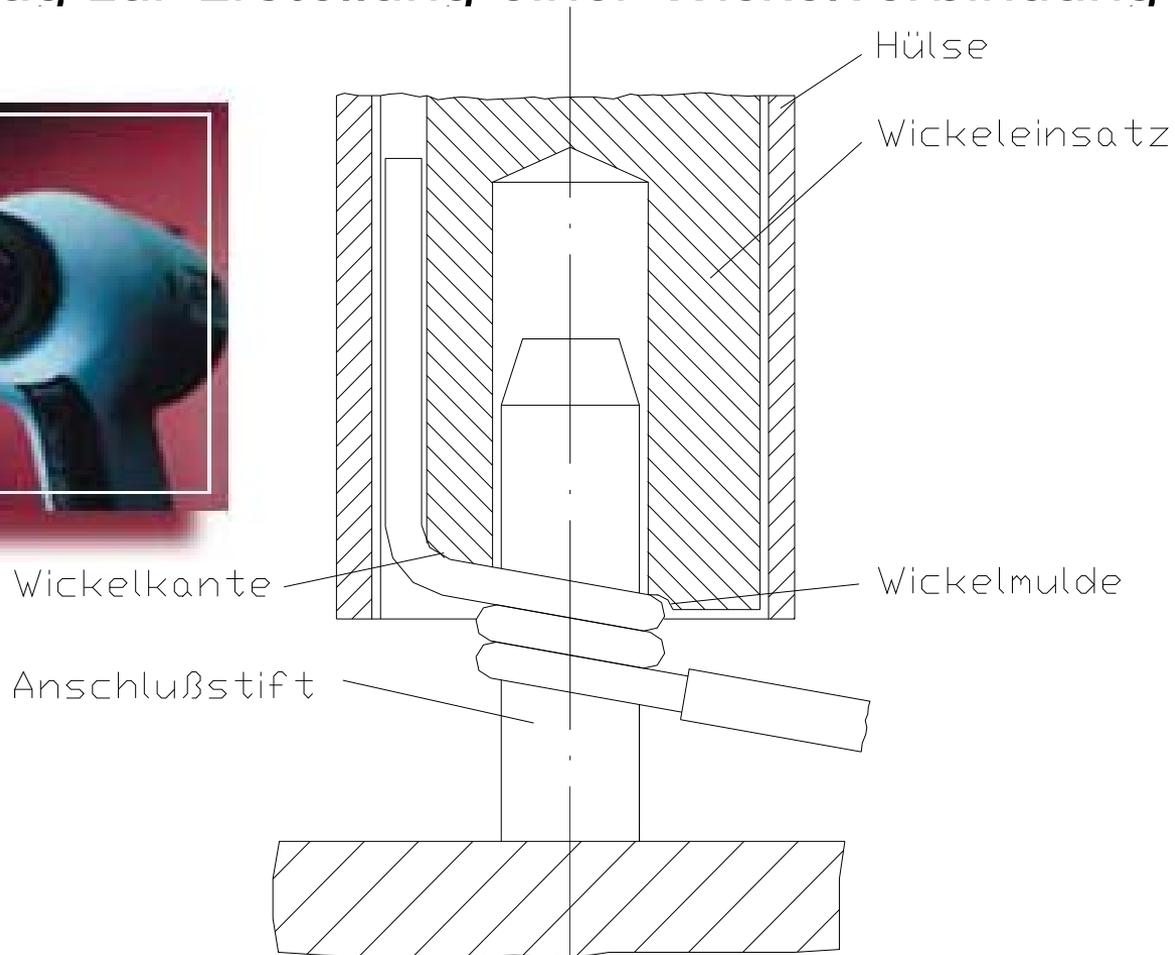
- Drähte werden in mehreren Windungen(5-8) unter einem bestimmten Zug auf die Anschlussfahnen der Steckverbinder gewickelt

- Vorraussetzung sind scharfkantige Anschlussfahnen



Entstehende
Spannung
bewirkt eine Kalt-
verschweißung

Werkzeug zur Erstellung einer Wickelverbindung



Wickelpistolen können durch Druckluft, elektrisch oder von Hand betrieben werden.

- Besonderheiten:

- Drehzahl des Werkzeuges nicht relevant, Beschleunigung muss beachtet werden

- Wickeldrahtdicke nur von aufzubringendem Wickelmoment abhängig

- bis zu 3 Wickel pro Anschlussfahne möglich

- besondere Wicklungen bei erhöhter mechanischer Belastung

- Anforderungen an Verdrahtungsautomaten:

- Alle zu verbindenden Anschlüsse müssen in einer Ebene liegen

- Das Rastermaß muss standardisiert sein

- Die Anschlussfahnen müssen einheitliche Abmessungen haben

- Die Abstandstoleranzen zwischen beliebigen Wickelstiften müssen den vom Automaten geforderten Wert haben

FAZIT:

- große Betriebssicherheit auch bei extremen Umweltbedingungen
 - gasdichte Wickelverbindungen trotz großer Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit, schädlicher Atmosphäre und Vibrationen
- > extreme Anwendungen