Bild: Sergey Nivens – Fotolia

Schweißen statt löten oder kleben

Fügen von metallischen Elektronik-Bauteilen durch Laser-Mikroschweißen

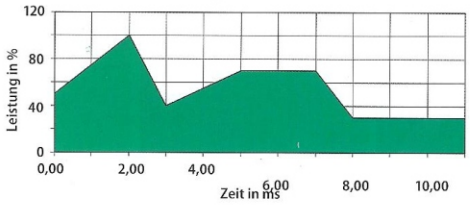
Das Kleben und Löten von elektrotechnischen Bauteilen und Produkten muss immer häufiger durch Schweißen ersetzt werden, weil sie sonst den steigenden Anforderungen nicht genügen. Wolf Produktionssysteme hat ein Laserschweißverfahren entwickelt, mit dem präzise Mikroschweißungen von metallischen Bauteilen – auch unterschiedlichen Metallen – möglich sind.

Autoren: M.Sc. Nico Reinheimer, Dr.-Ing. Ernst Wolf

Konkret werden bei elektronischen Baugruppen und Produkten immer größere Funktionsumfänge und Leistungsdichten gefordert. Die Miniaturisierung nimmt zu. Fügestellen, insbesondere elektrische Verbindungen, müssen für immer höhere Temperaturen ausgelegt werden. Häufig sind dabei auch ungleiche Metalle wie etwa Kupfer mit Eisen zu verschweißen. Das Laser-Mikroschweißen kann diese Aufgabenstellungen vergleichsweise gut erfüllen, weil sich der Energieeintrag über den Laser zeitlich und örtlich sehr gut auf den Fügeprozess abstimmen lässt.

Typische Verbindungsgeometrien

Typische Mikroschweißaufgaben können unterteilt werden in Stumpfstoßschweißen und Überlappschweißen von (mehr oder weniger ähnlich großen) Bauteilen. Bei elektrotechnischen Produkten hat das obenliegende Werkstück allerdings häufig einen wesentlich kleineren Querschnitt als das untenliegende. Das heißt, es ist ein Draht oder im weitesten Sinne ein Blechstreifen beziehungsweise Anschlussbeinchen. Dies ist eine weitere geometrische Anordnung der zu verschweißenden Bauteile und somit können drei prinzipielle Anordnungen der Werkstücke unterschieden werden.



Beispiel für Laser Puls Shaping, eine der Besonderheiten des Quasi-CW-Faserlasers.

Häufig sind die zu verschweißenden Werkstoffe Kupfer, Messing (CuZn) oder Stahl.

Anforderungen beim Lasermikroschweißen

Beim automatischen Mikroschweißen mit Laserstrahlen müssen folgende wesentliche Anforderungen berücksichtigt werden:

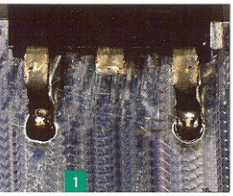
- Beim Stumpfstoßschweißen muss der Spalt genau getroffen werden. Das Spaltmaß sollte minimal (Nullspalt) sein. Zudem sollte der Spalt deutlich kleiner sein als der Fokusdurchmesser der Laserstrahlung, das heißt, er sollte maximal 10 Prozent des Fokusdurchmessers betragen.
- Die Absorption der Laserstrahlung ist beim Werkstoff Kupfer je nach Zustand der Oberfläche stark schwankend.
- Ein definierter Durchmesser der Schweißzone muss sichergestellt werden.
- Eine ausreichende Einschweißtiefe muss sichergestellt werden.
- Zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit und Vermeidung von Fehlern sollte der Schweißprozess überwacht werden.

Entsprechend diesen Anforderungen hat der Hersteller seine Mikroschweißmaschinen entwickelt und die dafür erforderliche Prozesstechnik integriert. Es sind damit sowohl Punkt- als auch Bahnschweißungen durchführbar.

Schweißwerkzeug mit Bearbeitungsoptik

Das Herzstück der Maschine ist das Schweißwerkzeug LSW01 mit Bearbeitungsoptik (siehe Bild Folgeseite). Das Werkzeug wird mithilfe von NC-Dreh- und -Linearachsen relativ zu den Werkstücken positioniert. Als Laserquelle dient ein Quasi-CW-Faserlaser mit einer Wellenlänge von 1.070 nm. Mit einer CW-Leistung von 300 W und einer Pulsspitzenleistung von 3 kW ist dieser Laser auch für etwas „gröbere" Aufgaben noch ausreichend dimensioniert. Die Laserstrahlung gelangt über Lichtleiter in die Bearbeitungsoptik.

Zur exakten Positionierung der Laserstrahlung wird mit einem Bildverarbeitungssystem eine Lageerkennung und entsprechende Positionskorrektur vorge-



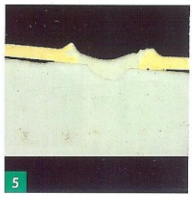


Bild 1: Bauelement-Beinchen aufgeschweißt auf ein Stanzgitter.

Bild 2: Rechteckstift an Weicheisenpaket eines Stators angeschweißt.

Bild 3: Dünndraht aus Kupfer mit 0,2 mm prozesssicher angeschweißt.

Bild 4: Stumpfstoß-Schweißung mit umlaufender Schweißnaht.

Bild 5: Schliffbild der Schweißstelle mit dünnem Draht aus Bild 3.

nommen. Die dafür notwendige hochauflösende CCD-Kamera wurde in den Strahlengang der Bearbeitungsoptik integriert. Darüber hinaus verfügt die Bearbeitungsoptik über eine Wasserkühlung, die bei den hohen Laserleistungen erforderlich ist.

Um die Verschmutzung zu minimieren, verfügt das Schweißwerkzeug über ein Air-Knife. Darunter ist eine scharfe Luftströmung zu verstehen, die verhindert, dass sich Schweißrauch und -partikel auf dem Abschlussglas niederschlagen. Durchdacht ist zudem die Laserstrahlführung: Um die gewünschte Breite der Schweißzone zu realisieren hat das Schweißwerkzeug einen Pendelmechanismus. Damit lässt sich der Laserstrahl in x- und y-Richtung beliebig ausgelenken. Typischerweise beschreibt er eine Kreisbahn mit einem frei programmierbaren Durchmesser mit bis zu 1 mm. Bei Mikroschweißungen liegt die Auslenkung eher im Bereich von 0,1 bis 0,2 mm. Die Frequenz der Auslenkung ist zwischen 5 und 50 Hz programmierbar.

Um eine hohe und reproduzierbare Einschweißtiefe zu ermöglichen, ist nicht nur eine hohe Pulsleistung, sondern auch eine definierte Pulsdauer notwendig. Der verwendete Faserlaser ist dafür entsprechend ausgelegt. Trotz dieser Möglichkeiten führt das ungünstige Absorptionsverhalten von Kupferwerkstoffen zu nicht akzeptablen Schwankungen in der Einschweißtiefe. Durch eine über die Pulsdauer variable Pulsleistung, das so genannte Laser Puls Shaping (siehe Bild vorgehende Seite), kann auch bei Kupfer eine gleichbleibend hohe Einschweißtiefe erreicht werden.

Laserschweißwerkzeug LSW 01 mit Bearbeitungsoptik. Das kompakte Werkzeug ist geeignet für Roboteranbau.

Die beim Makro-Schweißen bekannten Überwachungssysteme sind beim Mikroschweißen nicht anwendbar, sodass eine Echtzeitüberwachung fehlt. Wichtige Rückschlüsse auf den Schweißprozess und die Qualität ermöglicht jedoch eine Infrarotkamera. Dazu muss das örtliche Temperaturprofil und der Temperaturverlauf beim Abkühlen nach der Schweißung ausgewertet werden.

Beispiele für technische Anwendungen

Eine typische Mikroschweiß-Anwendung ist das Fügen von Bauelement-Beinchen auf ein Stanzgitter (Bild 1). Die Dicke und Masse der Unterlage beziehungsweise des Fügepartners ist unerheblich. So ist zum Beispiel auch das Anschweißen eines Anschlusses mit rechteckigem Querschnitt an ein Weicheisenpaket möglich (Bild 2); derartige Weicheisenpakete finden sich zum Beispiel in Elektromotoren.

Mit dem Laserschweißwerkzeug ist es möglich, selbst feinste Drähte mit einem Durchmesser von 0,2 mm anzuschweißen (Bild 3). Voraussetzung dafür ist allerdings, dass der Draht ausreichend an die Unterlage angepresst ist. Das Schliffbild (Bild 5) zeigt, dass der Draht über den ganzen Querschnitt angeschweißt wurde. Auch Stumpfstoßschweißen mit einer umlaufenden Schweißnaht ist möglich (Bild 4). Durch die sehr schnelle Erwärmung und kleine Schweißzonen ist die Wärmebelastung der Werkstücke minimal, Verzug und Rissbildung werden vermieden. *(dw)* ■

Autoren

M.Sc. Nico Reinheimer
Entwicklung Wolf Produktionssysteme

Dr.-Ing. Ernst Wolf
Geschäftsführender Gesellschafter
Wolf Produktionssysteme

all-electronics.de

infoDIREKT 210pr1015
➤ Halle 4, Stand 213