

Laserstrahlschweißen von Edelstahl-Mikropumpen

Laser welding of stainless steel micro pumps

*Projektträger / Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung, VDI/VDE-IT
Executing Organisation: Federal Ministry for Education and Research, VDI/VDE-IT*

Aufgabenstellung

Für die Realisierung eines autonomen Zellkulturreaktors mit Anwendungen in Bio- und Medizintechnologie soll eine Edelstahl-Mikropumpe mittels Laserstrahlschweißen hergestellt werden. Aufgrund der Funktionalität erfolgt die Herstellung der Pumpe in zwei Schritten. In Prozessschritt 1 werden drei Folien mit einer Gesamtdicke von 300 µm auf einen Pumpkörper geschweißt, welche die Funktion der passiven Ventile der Pumpe ermöglichen. Im zweiten Prozessschritt wird eine Aktormembranfolie auf die Schweißnähte aus Schritt 1 aufgeschweißt, worauf nachfolgend ein Piezoaktor montiert wird, der den Antrieb der Pumpe darstellt. Für diesen Schichtaufbau ist eine Überhöhung der Naht aus Schritt 1 hinsichtlich einer Spaltbildung mit ungünstiger Wärmeabfuhr und Verschlechterung des Totvolumens der Pumpe zu vermeiden. Weitere Anforderungen an die Nähte sind Korrosionsbeständigkeit, Mediendichtheit, Wechselfestigkeit und eine kostengünstige Fertigung.

Vorgehensweise

Als Strahlquelle wird ein Faserlaser höchster Fokussierbarkeit in Verbindung mit einem Galvanometerscanner zur schnellen Strahlableitung verwendet. Damit kann Laserstrahlung mit einer Leistung von maximal 1000 W bei einem Fokusedurchmesser von ca. 50 µm mit einer Geschwindigkeit von bis zu 7000 mm/s über das Bauteil hinweg bewegt werden. Mit dieser Systemtechnik sollen schlanke Nähte mit einem hohen Aspektverhältnis bei geringer Wärmeeinbringung in die Bauteile erzeugt werden. Als Grundlage für gute Schweißergebnisse im Nullspalt wurde zunächst eine Spannvorrichtung mit integriertem Begasungskanal realisiert.

Ergebnisse

Durch Variation bekannter Stellgrößen zur Beeinflussung der Nahtebenheit, wie beispielsweise eine Begasung des Prozesses mit Helium, konnte mittels Schweißversuchen ein geeignetes Parameterfenster zum Fügen der Mikropumpen erstellt werden. Auswertungen der Schweißnähte mittels Laser Scanning Microscope (LSM) zeigen eine ausreichend geringe Nahtüberhöhung kleiner 20 µm bei gleichmäßiger Nahtoberfläche. Aus Querschliffen der Nähte geht hervor, dass eine vollständige Durchschweißung der Folien ohne Unregelmäßigkeiten und eine genügend tiefe Einschweißung in den Pumpkörper vorliegen. Daraus kann die Mediendichtheit der Pumpe abgeleitet werden. Die Schweißzonen zeigen keine Anlassfarben, sodass eine gute Korrosionsbeständigkeit erwartet wird. Entsprechende Tests zur weiteren Verifizierung dieser Annahme sind geplant.

Task

For autonomously operating systems in medicine and biotechnology, for example cell culture devices, a micro pump manufactured of stainless steel is developed. Due to its functionality the micro pump is processed in two steps by laser welding. Within the first step three stainless steel foils with a total thickness of 300 µm are joined with a solid pump body; these three foils constitute the passive valves of the micro pump. In the second step the actor membrane is welded on the micro pump after positioning it on the weld seams out of step one. To get the functionality, a piezo actor is mounted on the actor membrane. One major criterion for the welding process is to avoid the weld seam upset in process step one. High upset would cause a gap between the foils in step two which implements both degraded heat dissipation for welding and a increased displacement volume of the micro pump. Moreover corrosion resistance, media tightness, endurance strength and low cost manufacturing of the micro pump are required.

Approach

The used laser source is a fibre laser with high brightness in combination with a galvanometer scanner for fast beam deflection. This system is able to realise a welding speed up to 6000 mm/s with a laser power of 1000 W focused to a 50 µm diameter. Hence weld seams with high aspect ratio and low heat influence can be generated. Concerning adequate welding results a clamping device with integrated feed of shielding gas has been realized.

Results

With the aid of already existing variables for influencing the planarity of the weld seam, e.g. Helium as shielding gas, it was possible to manage a process window for welding micro pumps. Analyses with laser scanning microscope of weld seams show sufficiently low upset of the seam of less than 20 µm and a uniform surface. Cross sections display full penetration of the seams into the pump body, which indicates media tightness. Moreover around the weld zones there are no tempering colours detectable, which expects good corrosion resistance. Further experimental proofs for those accounts are planned.