

LÖTEN VAKUUMDICHTER FENSTER FÜR MEDIZINTECHNISCHE PRODUKTE

SOLDERING OF HERMETICALLY SEALED WINDOWS FOR BIOMEDICAL DEVICES

Die Miniaturisierung von Endoskopen für minimal-invasive operative Eingriffe vermindert die Risiken und die Dauer von Operationen und senkt gleichzeitig die Schmerzbelastung des Patienten. Neuartige optische Designs und miniaturisierte Komponenten, z. B. Gradientenindexlinsen, erlauben die Verkleinerung von Endoskopobjektiven. Für die dauerhafte Funktion eines Endoskops sind ein hermetisch dichter Verschluss mit einem optisch transparenten Fenster sowie die Langzeitstabilität der Fügeverbindung während mechanischer Reinigung und Desinfektionsprozessen notwendig. Durch Löten erzeugte stoffschlüssige, metallische Fügeverbindungen stellen eine autoklavierbare Alternative zu polymerbasierten Klebstoffen dar.

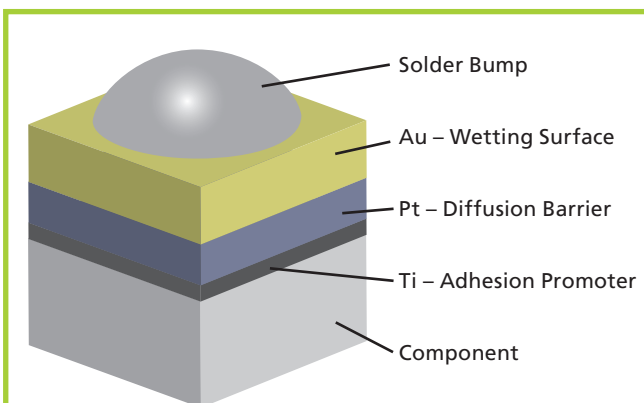
Miniaturization of endoscopes for minimally invasive diagnostic medical procedures reduces risk and duration of surgery, as well as lowering the patient's burden of pain. New optical designs and miniaturized optical components, such as gradient index lenses, allow for the downsizing of endoscopic systems. To ensure long-lasting operation of the endoscope both during usage and cleaning processes, the objective has to be hermetically sealed with an optical transparent window. This sealing has to provide long term stability and resist mechanical cleaning and disinfection procedures. Soldering can provide material fit, metal-based joints that permit for processing in steam autoclaves as an alternative to polymeric adhesives.

1 Montagevorrichtung mit fixierter Baugruppe einer Endoskopspitze mit Solderjet-Bondkopf.

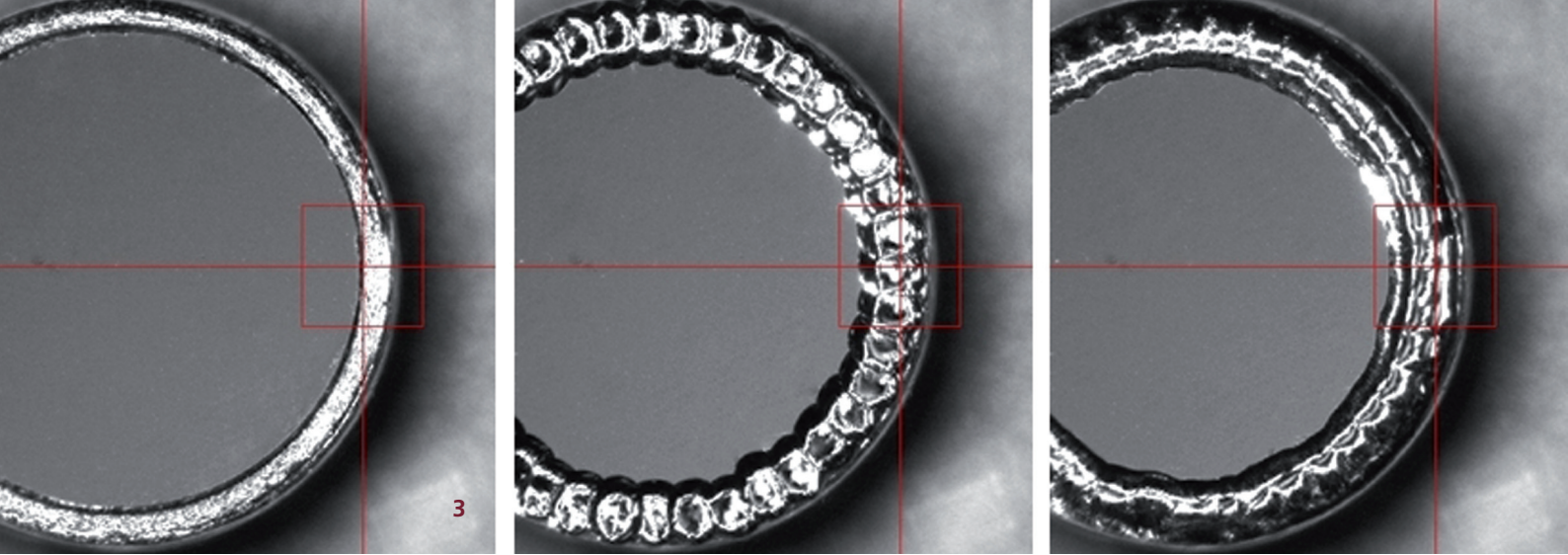
1 Mounting device and fixated subassembly of an endoscopic tip with Solderjet bond-head.

Das laserbasierte Solderjet Bumping erlaubt bei lokal und zeitlich begrenztem Eintrag thermischer Energie die flussmittelfreie Verbindung von unterschiedlichen metallischen bzw. metallisierten Materialien (Abb. 2). Bei diesem Verfahren werden Lotkugeln mit einem Durchmesser im Bereich von 80 μm bis 760 μm vereinzelt, in einer Platzierkapillare (Abb. 1) durch einen Laserpuls umgeschmolzen und aus der Kapillare durch einen Stickstoffstrom ausgestoßen, um beide Fügepartner zu benetzen. Die Verwendung von Edelmetallen als lötfähige Metallisierung sowie der mechanische Impuls des Lottropfens verbessern die Benetzungseigenschaften im flussmittelfreien Prozess. Die Auswahl aus verschiedenen Lotlegierungen, von niedrigschmelzenden BiSn-Loten über bleifreie Zinn-basierte Lote bis zum hochschmelzenden eutektischen AuSn-Lot, sowie die Variation der Prozessparameter erlauben die flexible Anpassung an unterschiedliche Benetzungsverhältnisse und komplexe Fügegeometrien /1/.

Laser-based Solderjet Bumping allows for the flux-free creation of solder joints between different metallic or metalized materials with localized and time-restricted insertion of thermal energy (Fig. 2). The process singulates solder spheres with diameters ranging from 80 μm to 760 μm from a reservoir and feeds them to a placement capillary (Fig. 1). Next to the joint geometry, the solder sphere is then heated and melted by a laser pulse and jetted as a liquid solder droplet towards to both components to be joined by means of nitrogen pressure. The usage of noble metallization and the kinetics of the solder droplet enhance wetting in the flux-free process. The selection from a wide variety of solder alloys ranging from the low-melting BiSn alloy over lead-free tin-based solders to the high-melting eutectic AuSn solder alloy, as well as the parameterization of the process allow for precise adjustment to different wetting behaviors and complex shaped joining geometries /1/.



2 PVD Dünnschichtmetallisierung zur Erzeugung von Benetzungsschichten auf nichtmetallischen Komponenten. / PVD metallization system to provide wettable surfaces on non-metallic components.



Unter Nutzung des Solderjet-Verfahrens werden für Endoskopobjektive Saphirfenster (Durchmesser 1,2 mm) durch überlappende Platzierung von Au80Sn20-Lotkugeln (Durchmesser 100 µm) mit Edelstahlkapillaren hermetisch dicht verlötet (Abb. 1, 4). Für den Lötprozess ist es notwendig, die Oberflächen beider Fügepartner lokal mit einer benetzungsfähigen Metallisierung zu versehen (Abb. 2). Dafür kommt eine etablierte PVD-Dünnschichtmetallisierung (Haftvermittler: Titan, Diffusionsbarriere: Platin, Benetzungsschicht: Gold) mit einer Gesamtdicke von 500 nm zum Einsatz. Bereits durch die überlappende Platzierung der schmelzflüssigen Lotkugeln, d. h. in nur einem Umschmelzschritt pro Lottropfen, wird die hermetische Versiegelung erzielt (Abb. 3, Mitte). Ein nachfolgender zusätzlicher Umschmelzvorgang zur Homogenisierung der Lotnaht ist optional (Abb. 3, rechts). Leckratenuntersuchungen mit Helium weisen Leckraten besser als 10^{-8} mbar·l/s bis $4 \cdot 10^{-9}$ mbar·l/s auf. Nach Überdruckprüfung (5 bar, Stickstoff) und vier Autoklavierzyklen (134 °C; 2,1 bar; Wasserdampf) zeigen optische Inspektion und Leckratenprüfungen keine Veränderung der Demonstratoren.

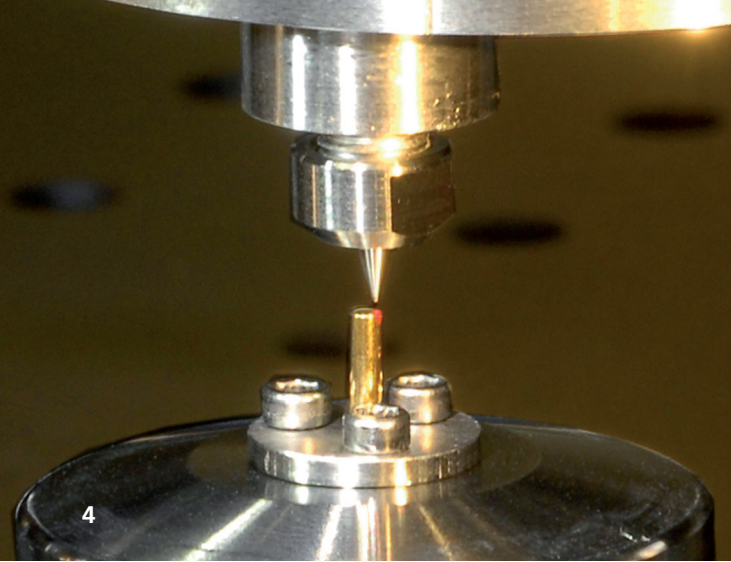
Die Untersuchungen zeigen, neben bisherigen Ergebnissen zu erzielbaren Bondkräften und Fügegenauigkeiten im sub-µm-Bereich, die Eignung des vorgestellten Fügeverfahrens für den hochpräzisen Aufbau medizintechnischer Mikrosysteme und hybrider mikrooptischer Systeme /2/. Solderjet Bumping erlaubt die Erzeugung multifunktionaler stoffschlüssiger Verbindungen, die neben mechanischer, elektrischer und thermischer Kontaktierung auch die Funktion der hermetischen Versiegelung erfüllen können.

Das Projekt wird mit Mitteln des BMBF innerhalb des Rahmenkonzepts »Forschung für die Produktion von morgen« (FKZ 02PC2063) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien, betreut.

Windows made of sapphire (diameter 1.2 mm) have been soldered to endoscope tips made of stainless steel by subsequent placement of eutectic AuSn solder spheres (diameter 100 µm) using the Solderjet Bumping technique (Fig. 1, 4). The window and the endoscope tip are covered with a wettable metallization by a physical vapor deposition process (PVD) to allow for soldering (Fig. 2). The established PVD process provides a thin film metallization system consisting of titanium, platinum, and gold with an overall thickness of 500 nm assisting flux-free processing. The overlapping placement of liquid solder droplets leads to hermetic sealing of the joint in only one reflow step per solder drop (Fig. 3, center). An additional reflow of the complete solder joint to provide homogenization is therefore optional or even unnecessary (Fig. 3, right). Measurements of leakage rate with helium showed results better than 10^{-8} mbar·l/s to $4 \cdot 10^{-9}$ mbar·l/s. Pressure test (5 bar, nitrogen) and four sterilization cycles in an autoclave (134 °C, 2.1 bar, steam) showed no detectable change during optical inspection and measurement of leakage rate.

In addition to present results on bonding forces and sub-micron joining accuracy and repeatability the investigation shows the suitability of Solderjet Bumping for the precision packaging and assembly of biomedical microsystems and hybrid-optical systems /2/. The technique allows for the creation of multi-functional, material fit joints that provide mechanical, electrical, and thermal contacting as well as hermetical sealing.

This research and development project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the Framework Concept "Research for Tomorrow's Production" (fund number FKZ 02PC2063) and managed by the Project Management Agency Forschungszentrum Karlsruhe, Production and Manufacturing Technologies Division.



Literatur/References

/1/ Beckert, E., Oppert, T., Azdasht, G., Zakel, E., Burkhardt, T., Hornaff, M., Kamm, A., Scheidig, I., Eberhardt, R., Tünnermann, A., Buchmann, F.: Solder Jetting - A Versatile Packaging and Assembly Technology for Hybrid Photonics and Optoelectrical Systems, IMAPS 2009.

/2/ Burkhardt, T., Kamm, A., Beckert, E., Eberhardt, R., F. Buchmann, Tünnermann, A.: Solderjet bumping for the assembly of optical fibers, VII. ITG Workshop Photonische Aufbau- und Verbindungstechnik, edited by U. H. P. Fischer-Hirchert, pp. 42-46, ISBN 978-3-86955-008-4 (2009).

3 *Saphirfenster gelötet in Edelstahlkapillare (Links: Fügestelle vor dem Lötprozess, Mitte: Lotapplikation durch Solderjet Bumping, Rechts: Zweites Umschmelzen zur Homogenisierung der Lotnaht). / Window soldered into stainless steel capillary (left: Joining geometry before soldering, center: Application of solder alloy by Solderjet Bumping, right: Second reflow for homogenization of solder joint).*

4 *Platzierkapillare des Solderjet-Bondkopfes an der Fügestelle einer Endoskopspitze. / Placement capillary next to joint geometry of the assembly.*

AUTHORS

Thomas Burkhardt

Marcel Hornaff

Wieland Stöckl

Erik Beckert

Ramona Eberhardt

CONTACT

Thomas Burkhardt

Phone +49 3641 807-339

thomas.burkhardt@iof.fraunhofer.de

Dr. Ramona Eberhardt

Phone +49 3641 807-312

ramona.eberhardt@iof.fraunhofer.de