

## 6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie sollte ein Vergleich der mechanischen Festigkeit von gelöteten und verschiedenartig zusammen gelaserten Prüfkörpern aus einer Palladiumbasis-Legierung vor und nach sechsmonatiger chemischer Belastung vorgenommen werden.

Im Vakuum-Druck-Guss-Verfahren sind 80 DIN- gerechte Prüfkörper aus der Palladiumbasis-Legierung BegoPal<sup>®</sup> 300 hergestellt worden. 3 der 10 Serien entstanden aus 5-mal vergossenem Altmetall, die restlichen aus reinem Neumetall. Nach visueller Überprüfung der Prüfkörper erfolgte das Trennen und Zusammenfügen für das jeweils zu testende Fügeverfahren. Serie 3 und 4 (beide aus Neumetall) wurden mit Hilfe von Flamme und Lot zusammengelötet, Serie 5 und 6 aus Neumetall wurden Stoß auf Stoß unter Verwendung eines Lasers sowie in Vorversuchen festgelegter Laserparameterkombinationen von 0,6 mm Fleckdurchmesser, einer Spannung von 310 V sowie einer Impulsdauer von 11,5 ms verschweißt. Die Serien 7 und 8 wurden genauso verschweißt wie Serie 5 und 6, sie bestanden jedoch aus Altmetall. Für die Serien 9 und 10 aus Neumetall, die wie alle übrigen Serien mittig getrennt, aber noch zusätzlich dachfirstartig abgeflacht wurden, wurde zum Zusammenfügen eine Lehre sowie Zulegematerial verwendet. Die Laserparameter wurden für diesen Fügevorgang nicht verändert.

Von allen Serien erfolgte eine durch Mikrohärteeindruck nach VICKERS mit 10 Messpunkten festgelegte EDX-Analyse an der Fügezone, anschließend eine Einlagerung der Serien 4, 6 ,8 und 10 für 6 Monate in Kunstspeichel sowie ein erneuter EDX-Analyse-Vorgang nach chemischer Belastung. So wurden 100 EDX-Messwerte erstellt.

Im Zugversuch nach DIN EN 10002: 1991 sind zunächst die ungefügten Serien 1 (Neumetall) und 2 (Altmetall), ohne chemische Belastung erfahren zu haben, auf ihre Zugfestigkeit überprüft worden. Es sind so Vergleichswerte für die zu testenden Fügemethoden erstellt worden.

Mittelwertig ergaben sich Zugfestigkeitswerte von 829 MPa und 838 MPa für die Serien 1 und 2. Die gelöteten Serien erreichten davon 42 % ( $349 \pm 64$  MPa) bzw., nach Einlagerung in Kunstspeichel, 40 % der Zugfestigkeit der Serie 1. Alle gelöteten Prüfkörper rissen in der Lotnaht.

Die Serien 5 und 6 aus Neumaterial erreichten sowohl vor als auch nach Einlagerung in Kunstspeichel mit 77 % - 82 % sehr gute Zugfestigkeitsergebnisse. Ebenso die mit

Zulegematerial gelaserten Prüfkörper, die 78 % vor und 69 % nach chemischer Belastung erreichen.

Die lichtmikroskopischen Untersuchungen der im Zugversuch entstandenen Bruchflächen zeigten lunkerige Oberflächen der gelöteten Serien, jedoch keine Korrosionserscheinungen. Bei den gelaserten Prüfkörpern zeigten sich Gaslunker sowie teilweise unvollständig durchschweißte Zonen. Es konnten jedoch auch homogene Oberflächen gefunden werden. Die Zugfestigkeit wurde trotz Gaslunker im Vergleich zu homogenen Oberflächen nicht wesentlich erniedrigt. Alle gelaserten Prüfkörper rissen jedoch auch in der Fügezone.

Die durchgeführte EDX-Analyse zeigte bei den gelaserten Prüfkörpern nach der Einlagerungszeit so gut wie keine Veränderung der Haftoxide an der Probenoberfläche. Die Elementverteilung auf den gelöteten Oberflächen wies schon vor chemischer Belastung erhebliche Unterschiede im Vergleich zu den ungefügten Prüfkörpern auf.

Festgestellt werden konnte, dass keine der ausgewählten Fügemethoden unter den für gelötete Prüfkörper geforderten 350 MPa für Zugfestigkeit lag.

In Bezug auf die Zugfestigkeit ist das Lasern, und hier vor allem das Stoß auf Stoß Lasern, dem Löten vorzuziehen, da auch bei unroutiniertem Gebrauch mit einem Laser höhere und nicht nur der Norm zu erfüllende Zugfestigkeitsergebnisse erzielt werden.

## 7 Summary

The submitted study is about the comparison of the mechanical solidity of soldered and differently laser welded test specimens from a Palladium based alloy before and after six month of chemical stress.

By vacuum-pressure-technique 80 DIN meeting test specimens have been produced from the Palladium alloy BegoPal<sup>®</sup> 300. 3 of the 10 series originated from five times cast reused metal, the remaining from pure new metal. After visual check of the test specimens, separating and linking took place for the respective method of fusion to tested. Series 3 and 4, both from metal, was soldered with the help of the flame and solder. Series 5 and 6 from new metal were welded together (butt joint) under application of a laser with in pilot tests found laser-parameter-combination of 0,6 mm diameters, tension of 310 V, and impulse-duration of 11,5 ms. The series 7 and 8 were equally treated like the 5 and 6 series, but consisted of reused metal however. The series 9 and 10 from new metal were cut symmetrical too, but also roof-ridge like, and a gauge was used as well as additional material for welding. The laser parameter were not changed for this fusion.

All series were tested in the zone of fusion through an EDX-analysis, determined with micro-temper-stress-marks after Vickers with 10 measuring points. After the series 4, 6, 8, and 10 were stored for 6 month in artificial saliva, these series were again tested through EDX-analysis after this chemical stress. Altogether 100 EDX test results were established.

First of all, a tension test after DIN EN 10002: 1991 was applied to the genuine series 1 (new metal) and 2 (reused metal) to establish a standard of comparison.

The tension-resistance-factor for the series 1 and 2 reached an average of 829 MPa and 838 MPa. The soldered series achieved 42 % of these results ( $349 \pm 64$  MPa), respectively after treatment with artificial saliva 40 % of the results of the genuine series1. All soldered test specimens broke in the soldered seam.

The series 5 and 6 (new metal) achieved not only before, but also after the treatment with artificial saliva very good tension-test results of 77 % - 82 %, as well as the additional material laser welded test specimens, which achieved 77 % before and 69% after chemical stress (artificial saliva).

The light-microscopic examinations of the fracture-surface after the tests showed surfaces with shrinkholes on the soldered series, but no corrosion. The laser-welded series showed gas-shrinkholes and zones of incomplete welding. However, homogeneous surface could be found too. The resistance was not essentially lowered despite gas-shrinkholes in comparison to homogenous surfaces. All by laser welded test specimens broke, however, in the seam also.

The applied EDX-analysis showed on the laser-welded specimens after the chemical treatment (artificial saliva) basically no change of the adhesive oxides on the surface. The element-distribution on the soldered surface showed considerably differences in comparison to the genuine test specimens already before the chemical treatment with artificial saliva.

With reference to the tensile strength, the laser welding, and here above all the butt joint method, has to be preferred to soldering, under consideration that even the untrained use of laser welding results in higher and not only with standards complying tensile strength.