

Glasschweißen mittels ultrakurzer Laserpulse

Glass welding by ultra short laser pulses

Projektträger / Fördermittelgeber: Bayerisches Laserzentrum GmbH
Executing Organisation: Bayerisches Laserzentrum GmbH

Aufgabenstellung

Glas wird in vielen Bereichen wie z. B. Optik, Elektronik oder Biomedizin eingesetzt. Hierbei ist es häufig notwendig, mehrere Glasbauteile miteinander zu fügen. Bisherige etablierte Fügeverfahren weisen i. d. R. Beschränkungen auf, wodurch sie nur anwendungsspezifisch einsetzbar sind. Im Vergleich hierzu bietet Glasschweißen mittels ultrakurzer Pulse, ein über viele Jahre am blz intensiv untersuchtes Verfahren, eine deutlich höhere Flexibilität. Es wurde bereits gezeigt, dass mit diesem Verfahren hergestellte Schweißungen vergleichbare mechanische Eigenschaften und Dichtheit aufweisen wie das Grundmaterial selbst. Dennoch werden Effekte wie z.B. Blasenbildung beim Schweißen beobachtet, die die erreichbare Festigkeit verringern. Aktuelle Forschung soll das Prozessverständnis erweitern, um solche Herausforderungen überwinden zu können.

Vorgehensweise

Die ultrakurzen Laserpulse werden stark in die Nähe der Fügeebene der Glasmaterialien fokussiert. Die hohe Intensität im Fokus erzeugt ein Plasma das heiß genug ist, die Glasbauteile bei genügend hohen Pulswiederholraten miteinander zu verschweißen. Der Schweißprozess wurde mit einer Hochgeschwindigkeitskamera beobachtet und anschließend die Geometrie sowie chemische Zusammensetzung der Schweißnaht analysiert. Aus den Messergebnissen wurden die dem Glasschweißen mittels ultrakurzer Laserpulse zugrunde-liegenden physikalischen Effekte abgeleitet.

Ergebnisse

Die beobachteten Gasblasen enthalten hauptsächlich Sauerstoff unter hohem Druck. Die Gasbildung wird durch den Laser sowie die hohen Temperaturen der Glasschmelze verursacht. Obwohl das Gas kontinuierlich generiert wird, sammelt es sich in größeren Blasen, die aufgrund der Eötvös- Regel vom Laserfokus mitgezogen werden. Dieser Effekt kann genutzt werden, um die Gasblasen aus empfindlichen Bereichen herauszubewegen, um so die Festigkeit der Schweißnaht zu verbessern.

Task

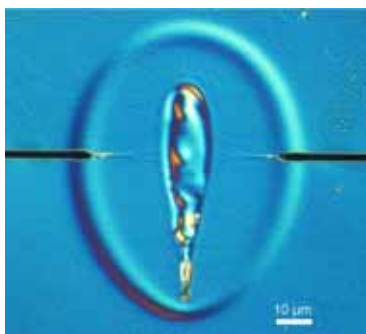
Glass is a versatile material and as such used in optics, electronics or biomedicine. However, the actual applications most often require an assembly of several glass parts. Although established methods for glass joining exist they have limitations making them highly application-specific. In contrast to this a novel approach for fusion welding of glass using ultra short laser pulses, extensively investigated by the blz over many years, offers much better versatility. In the past, high mechanical robustness and hermeticity of the welding seams comparable to that of bulk material has been achieved. Even so challenges still remain such as bubble formation inside the weld seam reducing the achievable strength. The aim of current research is to enhance the process understanding for purposeful improvements of specific procedures to overcome these challenges.

Approach

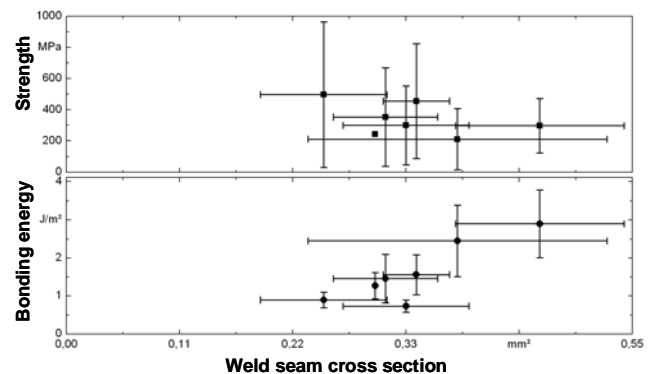
The ultra short laser pulses are focused strongly into the glass material near the joining interface. The resulting high intensities at the focal spot generate plasma hot enough to weld the adjacent glass parts at high pulse repetition rates. During welding the process was observed by high speed camera. Geometry and chemical composition of the resulting welding seams were measured. The results were then used to determine the underlying physical processes that occur during glass welding with ultra short laser pulses.

Results

The gas bubbles mainly consist of oxygen exhibiting a high pressure against the adjacent glass. The gas generation is induced by the laser as well as the high temperatures within the glass melt. Though the gas is generated continuously it coalesces into larger bubbles that are dragged along with the laser spot due to the Eötvös rule. This effect can be exploited to move the bubbles purposefully from sensitive regions inside the welding seam thus increasing the seam strength.



Geätzter Querschliff einer Schweißnaht (Material: BF33)
Etched cross section of a welding seam (material: BF33)



Abhängigkeit der Scherfestigkeit und der Bindungsenergie vom Schweißnahtquerschnitt
Dependence of shear strength and bonding energy on welding seam cross section