

Trennen von Gläsern mit Laserstrahlung

Verfahren und Anwendungen im Überblick

Thomas Schmidt, ifw - Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH

Der Werkstoff Glas ist in der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken. Egal ob im Automobilbereich, der Halbleiterbranche, bei Elektronikartikeln oder auf der Baustelle – überall kommen Glaswerkstoffe zum Einsatz. Es gäbe mit Sicherheit noch weitere Anwendungsmöglichkeiten, wenn nicht die Herausforderung der Bearbeitung wäre. Glas gehört nun mal zur Gruppe der sprödharten Werkstoffe. Jeder, der schon mal versucht hat, eine Glascheibe durch Ritzen und Brechen zu trennen, wird ein Lied davon singen können. Ein unter Normalbedingungen plastisch verformbares Glas wäre die Lösung aller Bearbeitungsprobleme. Dennoch ist es durch seine Eigenschaften wie chemische Beständigkeit, Transparenz, geringe Wärmeleitung und der geringen Kosten oft das Mittel der Wahl. Glas wird in naher Zukunft wohl nicht neu erfunden werden, wohl aber Bearbeitungsprozesse, die die Glasverarbeitung vereinfachen und damit einen Beitrag hin zu neuen Anwendungsfeldern liefern.

Die Lasertechnik kann an Glaswerkstoffen als Werkzeug dabei behilflich sein. Laserstrahlen sind nahezu beliebig formbar, in ihrer Leistung gut zu regeln und damit zu automatisieren und sie arbeiten verschleißfrei. Wichtig ist die Auswahl einer geeigneten Laserstrahlwellenlänge. In den meisten Fällen ist der CO₂-Laser mit 10,6 µm Wellenlänge das Mittel der Wahl. Am Glas beträgt die Absorption mehr als 90%. Die Strahlquellen im Wellenlängenbereich von 1 µm sind eher ungeeignet, da das Glas hier transparent ist. Ab bestimmten Laserleistungen treten hier aber sogenannte nichtlinear optische Effekte

auf. Einfach ausgedrückt bedeutet das, dass die Laserstrahlung dann auch absorbiert wird. Um diese Leistungsbereiche zu erreichen, werden Ultrakurzpuls-Laser (UKP-Laser) eingesetzt. Deren Pulsspitzen können bis in den Terrawatt-Bereich gehen, allerdings bei Pulszeiten von wenigen Piko- oder gar Femtosekunden. Wird die Entfernung Erde – Mond (ca. 400.000 km) skaliert auf eine Sekunde, dann entspricht eine Pikosekunde der Winzigkeit von 0,4 mm. Interessante Effekte und Bearbeitungsprozesse, die am ifw Jena im Rahmen von Forschungsarbeiten und Dienstleistungen umgesetzt wurden und umgesetzt werden können, sollen nun im Einzelnen vorgestellt werden.

Absprengen:

Ein geläufiges und weit verbreitetes Verfahren zum Trennen von Gläsern ist das Absprengen. Dabei wird das Glas lokal begrenzt erhitzt, wodurch sich auf der Oberfläche Druckspannungen ausbilden. In Kombination mit einem Initialriss verläuft dieser dann entlang der eingebrachten Spannungsspur. Zur lokalen Erwärmung ist der CO₂-Laser bestens geeignet. Dieser wird bei geraden Schnitten linienförmig geformt und über das Glas geführt. Ein nachfolgendes Luft-Wasser-Aerosol friert dabei die Druckspannungen ein. Per Anritzen wird der Prozess schließlich gestartet. Was zunächst sehr vielversprechend klingt, ist aber auch mit einigen Nachteilen verbunden. Am besten ist das Verfahren für lange gerade Schnitte geeignet. Radien sind nur bedingt möglich. Gläser mit einem hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten sind für dieses Verfahren ungeeignet.

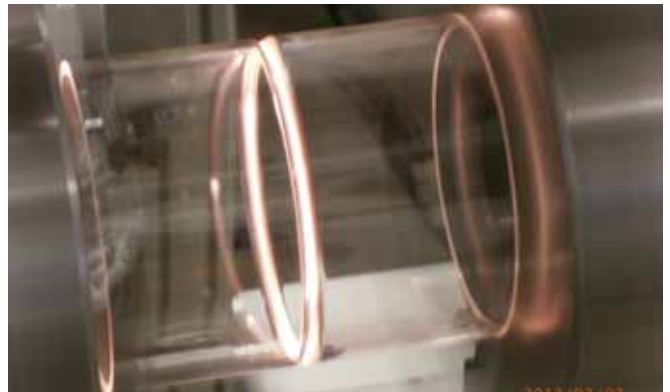
effizienten sind für dieses Verfahren am besten geeignet. Ein weiterer Nachteil ist die Scharfkantigkeit. Die Kante sieht zwar schön aus und ist frei von Mikrorissen, birgt aber auch eine gewisse Verletzungsgefahr und kann mechanisch leicht beschädigt werden. Der Wunsch aller Glasverarbeiter wäre diesbezüglich eine halbrunde, feuerpolierte Kante.



Mit Laser abgesprengtes Fiolaxrohr (Ø12 x 1 mm)

Abschmelzen:

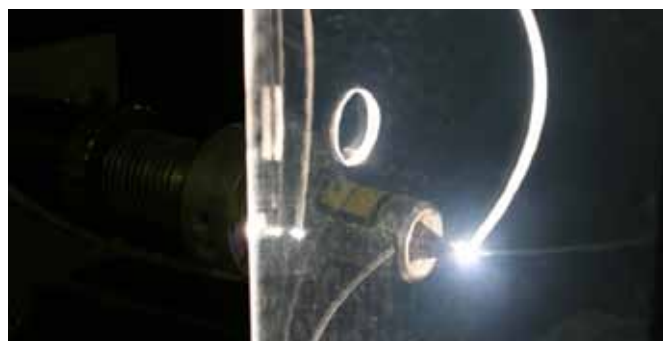
Halbrunde und feuerpolierte Kanten kennt jeder. Diese sind generell an allen Trinkgläsern zu finden. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass die Kante nicht nur verrundet ist, sondern sich eine richtige Wulst ausgebildet hat. Zusätzlich ist meist noch eine mehr oder weniger stark ausgebildete Abschmelzperle zu finden. Das ist die Stelle, an der beim Abschmelzen der letzte Glasfaden reißt. Dieser Abschmelzprozess wird meist mit fein fokussierten Ringbrennern durchgeführt. Deutlich bessere Qualitäten bei kürzeren Prozesszeiten lassen sich erreichen, wenn ein CO₂-Laser verwendet wird. Durch die variable Anpassung des Strahlprofils kann entlang der Abschmelzlinie das Schmelzvolumen deutlich reduziert werden. Das Resultat ist ein feuerpolierter „C-Schliff“, bei dem die Abschmelzperle nicht mehr wahrnehmbar ist. Auf diese Weise kann gerade bei hochwertigeren Gläsern, wie z.B. Sekt- und Weingläser, das aufwendige Zwischenschleifen entfallen. Am ifw Jena wurden mit diesem Verfahren Glasrohre der Dimensionen Ø1,8 x 0,5 mm bis hin zu Ø150 x 4,5 mm getrennt. Trotz der hochwertigen Trennkante gibt es auch hier ein paar Nachteile. Das Verfahren ist derzeit beschränkt auf Rundmaterialien. Flachglas- und Konturschnitte sind nur mit erheblichem steuerungs- und vorrichtungstechnischem Aufwand zu realisieren. Bei Quarzglas gibt es, aufgrund der hohen Verarbeitungstemperatur, zudem die Einschränkung hinsichtlich der Materialstärke, die 2 mm nicht überschreiten sollte. Aber auch an dieser Stelle kann mit der Lasertechnik weitergeholfen werden.



Ø85 x 2,5 mm im Moment des Streckens

Sublimierschneiden:

Bei den bisher genannten Prozessen wurde das Glas nur erhitzt oder geschmolzen. Beim Sublimierschneiden sind die Energiedichten so hoch (>108 W/cm²), dass es schlagartig verdampft wird. Dazu wird auch hier der CO₂-Laser verwendet und scharf auf die Glasoberfläche fokussiert. Hinzu kommt jetzt noch ein Schneidgas, welches das Sublimat aus dem Schnittspalt bläst. Mit diesem Prozess werden bei Flach- als auch bei Hohlglas beliebige Konturschnitte möglich. Die Schnittkante ist senkrecht, nicht scharfkantig und feuerpoliert. Bis zu 8mm dickes Glas kann so geschnitten werden. Was schön klingt, ist leider auch mit Einschränkungen verbunden. Im Prinzip funktioniert dieses Verfahren nur bei Quarzglas. Gründe sind der niedrige thermische Ausdehnungskoeffizient und die hohe Reinheit dieses Materials. Da der Wärmeeintrag sehr lokal erfolgt, kommt es bei Borosilikat- als auch Kalk-Natron-Gläsern sofort zur Rissbildung. Eine Bearbeitung am heißen Glas wäre hier die Lösung, wenn nicht das Problem der Glaszusammensetzung wäre. Die Bestandteile verdampfen unterschiedlich stark, wodurch sich an der Trennkante eine andere Glaszusammensetzung, d.h. eine andere Glassorte einstellt. Dieser irreversible Prozess erzeugt permanente Spannungen im Kantenbereich. Von Seiten der Lasermaterialbearbeitung gibt es aber auch dafür Lösungsmöglichkeiten.



Bohrung in Quarzbehälter Ø400 x 6 mm

Filamentierung:

Bei der Filamentierung werden nichtlinear optische Effekte ausgenutzt. Dafür kommt diesmal ein UKP-Laser zum Einsatz. Der Fokus wird unter die Glasoberfläche in das Material gelegt. Dann tritt ein Phänomen auf, was Selbstfokussierung genannt wird. An der Stelle, an der der Brennpunkt liegt, kommt es zu einer lokalen Erhitzung, der Ausbildung lokaler Spannungen und zu einer Änderung der Brechzahl. Dadurch wirkt dieses kleine Volumenelement wie eine Linse. Unterhalb des ersten Filaments wird so ein zweites Filament erzeugt und so weiter. Wird jetzt noch der Laserstrahl über das Glas geführt, entsteht ein sogenannter Filamentvorhang. Ganz ohne CO₂-Laser geht es aber dann doch nicht. Die lokal begrenzte Erwärmung der Filamentspur bewirkt ein Absprengen entlang der Kontur. Aktuell können so Gläser bis 3 mm Dicke getrennt werden. Der Grund ist vor allem der fehlende Schnittpalt. Daher können die Teile nicht einfach voneinander getrennt werden. Besonders geeignet ist das Verfahren für Gläser hoher thermischer Ausdehnung. Von Nachteil ist hier wieder die scharfkantige und damit anfällige Trennkante. Im Dünnglasbereich unter 500 µm Dicke ist ein weiteres Trennverfahren etabliert, was im Folgenden vorgestellt wird.

Abtragen:

Im Gegensatz zur Filamentierung wird für den Laserabtrag der Brennpunkt auf die Glasoberfläche gelegt. Die ultrakurzen Laserpulse mit ihren enorm hohen Pulsenergien werden absorbiert und sprengen ein kleines Glasvolumen schlagartig von der Oberfläche ab. Daraus geht auch wieder hervor, dass Gläser höherer thermischer Ausdehnung besser funktionieren. Thermisch gesehen handelt es sich aber um ein nahezu kaltes Verfahren, da die Pulse so kurz sind, dass praktisch keine Wärmeleitung zustande kommt. Die zu schneidende Kontur wird mehrfach überfahren, das Glas wird schichtweise abgetragen. Als Resultat entsteht eine scharfkantige, matt erscheinende Trennkante.



Quarzglaszahnrad, Zahnhöhe 1 mm

Dieses Verfahren ist aber nicht nur auf die UKP-Laser beschränkt. Am ifw Jena gibt es seit wenigen Monaten einen Kurzpuls-CO₂-Laser, dessen Pulslängen mit 200 ns etwa um den Faktor 1000 kürzer sind als bei herkömmlichen CO₂-Laserquellen. Der Stand der Technik erlaubt es noch nicht, dass die Pulslängen derzeit noch kürzer werden können. Der große Vorteil ist hier, dass von vornherein schon eine Wellenlänge zum Einsatz kommt, die vom Glas besonders gut absorbiert wird. Im Gegensatz zu typischen UKP-Laser mit Wellenlängen um 1 µm und kleiner funktionieren hier Gläser kleiner thermischer Ausdehnung am besten.

Laserabtrag an BK7 mit KP-CO₂-Laser**Wasserstrahlschneiden:**

Kein Laserverfahren, aber dennoch ein Strahlverfahren, soll zum Schluss betrachtet werden. Nahezu ohne Einschränkungen können beliebige Gläser mittels Wasserstrahl geschnitten werden, und das bis 100 mm Dicke. Einzige Ausnahme bilden vorgespannte Gläser. In einen Wasserstrahl, der mit ca. 3000 bar durch eine Düse von 1 mm Durchmesser gedrückt wird, wird ein Abrasivsand zugemischt. Das Wasser-Sand-Gemisch schleift sich dann durch das Material. Exakt betrachtet müsste dieses Verfahren eigentlich Wasserstrahlschleifen heißen. Entsprechend geschliffen sieht dann auch die Schnittkante aus. Die Kantenqualität lässt sich mittels Vorschubgeschwindigkeit, Druck und Körnung des Abrasivs beeinflussen.



Wasserstrahlschneiden von Borosilikatglas d=80mm

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass es für die verschiedenen Glasarten, Glasdicken und Geometrien jeweils spezielle Lasertrennverfahren gibt. Entscheidend bei der Auswahl sind die Qualitätsanforderungen an die Trennkante und die erforderlichen Bearbeitungsgeschwindigkeiten. Für die groben Schnitte und große Wanddicken ist der Wasserstrahl das ideale Werkzeug.

15. Praxisseminar Kleben am 25. Januar 2017

„Kleben verbindet - 25 Jahre ifw - Moderne Klebtechnik für die Industrie

In den vergangenen 25 Jahren hat auch das ifw einen Beitrag dazu geleistet, die Zukunftstechnologie Kleben, insbesondere für KMU, zugänglich zu machen. Das Seminar bietet Ihnen interessante Vorträge über Grundlagen und neueste Entwicklungen im Kleben und angrenzenden Technologiegebieten. Denken auch Sie über die

Einführung des Klebens in Ihrer Fertigung nach, oder nutzen Sie es schon? Dann treten Sie in einen Erfahrungsaustausch mit anderen Anwendern und Entwicklern.



<http://ifw-jena.de/www/ifw/veranstaltungen/ifqp25nb>

Anzeigen

WERKZEUGE, MASCHINEN, ZUBEHÖR & GLAS



Fusingöfen, Exzentrerschleifer, Sägen etc.

die TGK bietet alles an Werkzeugen und Maschinen an, was das Gestalter Herz höher schlagen lässt.

- Tellerschleifer
- Werkzeuge
- Bandschleifer
- Fusingöfen
- Graviergeräte
- Lötgeräte

Wir freuen uns auf Ihre Anfrage



TGK GmbH

Helleforthstraße 18-20

D-33758 Schloß Holte-Stukenbrock

fon +49.(0)5207 . 9128-0

fax +49.(0)5207 . 9128-40

mail: tgk@tgk.de

web: www.tgk.de

Wir DRUCKEN auf GLAS...www.druckenaufglas.de

Provetto
GLAS