

NEUARTIGES BIEGEN VON FLACHGLAS MIT LOKALER ERWÄRMUNG

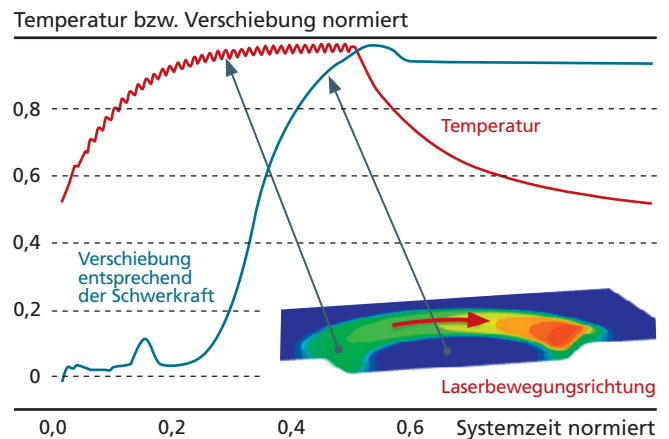
Seitdem Smartphones und Tablets weit verbreitet sind, hat der Werkstoff Glas an Popularität in neuen Produkten zugenommen. Vorwiegend werden in den elektronischen Endgeräten noch ebene Scheiben eingesetzt, da sie leicht herstellbar sind. Neue Herstellverfahren und der Wunsch von Designern und Anwendern haben dazu geführt, dass inzwischen speziell geformte Glasteile immer häufiger den Weg in Produkte wie gebogene Fernsehbildschirme und Smartphones mit gebogenen Rändern finden.

Dreidimensional geformte Glasteile

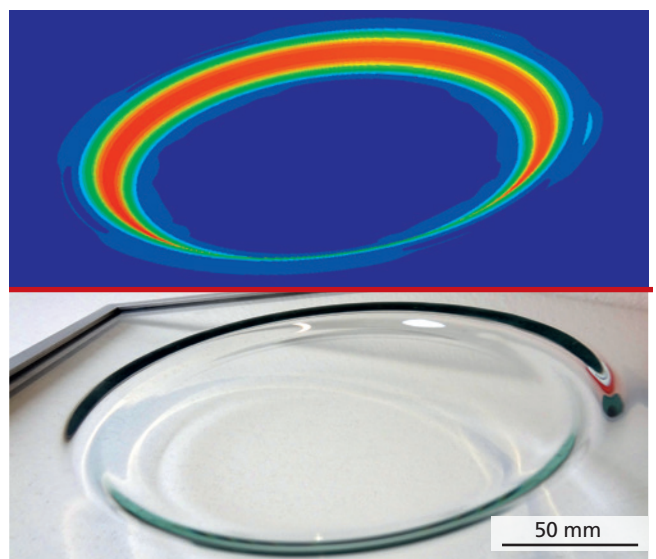
Dreidimensional geformte Glasteile sind deutlich aufwendiger herzustellen als flache, da neben dem Zuschnitt zusätzlich ein Formgebungsprozess erforderlich ist. Aufwand und Kosten für die Herstellung dreidimensional geformter Glasteile hängen stark von der Geometrie und den Anforderungen an die geometrische Genauigkeit, Oberflächenqualität und Stückzahl ab. Nur bei großen Stückzahlen lohnen sich Investitionen in kostspielige Formen. Für die Herstellung kleinerer Losgrößen mit raschem Wechsel zwischen unterschiedlichen Produktgeometrien besteht Bedarf an einer wirtschaftlichen prozesstechnischen Lösung.

Weltweit einzigartige Glasbiegeanlage mit lokaler Erwärmung durch Laserstrahlung

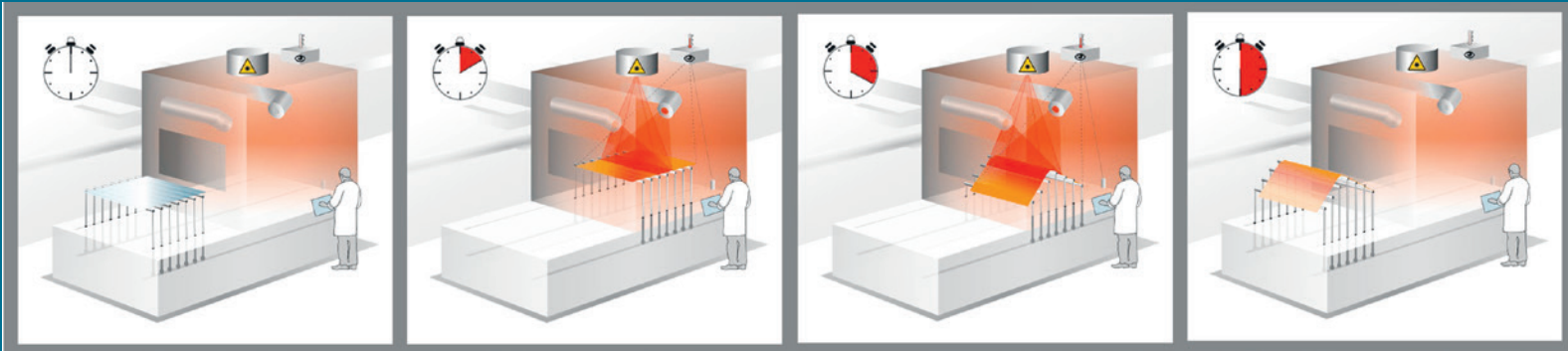
Am Fraunhofer IWM steht im eigens dafür errichteten Forschungstechnikum eine weltweit einzigartige Glasbiegeanlage zur Verfügung. Damit führen wir prozesstechnische Entwicklungen an Gläsern mit Abmessungen bis zu 1x1 Metern durch. Je nach Anwendungsfall werden für den Biegeprozess unterschiedliche Technologien zur Aufbringung von Biegekräften und der Erwärmung des Glases eingesetzt. Mittels einer während des Prozesses verstellbaren Form lassen sich



1 Simulierte Temperaturentwicklung an laserbestrahltem Ring und vertikale Verschiebung im Kreismittelpunkt in normierten, dimensionslosen Einheiten.



2 Simulationsmodell nach einer Laser-induzierten Deformation unter Schwerkraft, die Farbskalierung entspricht der Materialdehnung (oben), und reelles Ergebnis einer solcherart Form-frei hergestellten Geometrie (unten).



Schematischer Prozessablauf mit lokaler Erwärmung und flächiger Temperaturmessung in der Biegeanlage im Industriemaßstab.

effektiv Oberflächenabdrücke im erweichten, geformten Glas reduzieren. Verschiedene Wärmequellen erhitzen das Glas gezielt lokal, zum Beispiel ein Hochleistungs-CO₂-Laser mit Strahlführung über ein Scannersystem. Dieses System wird genutzt, um bei speziellen Biegeprozessen die Formgebung über die Temperaturführung des Glases zu steuern. Außerdem ist in die Anlage eine flächige Inline-Temperaturmessung der Glasoberfläche integriert. Zur Darstellung industrienaheer Serienprozesse mit hoher Reproduzierbarkeit lassen sich die einzelnen Prozessschritte wie Einfahren, Erwärmen, lokale Erwärmung, Formverstellung oder Kühlen über eine einheitliche Steuerung automatisieren.

Mit Simulationsmethoden und Laborexperimenten entwickeln wir Industrieprozesse

Die Glasformgebung findet durch das Zusammenspiel von Glaswerkstoff, Temperatur (diese bestimmt die Glasviskosität), Schwerkraft und Zeit statt. Die Wechselwirkungen der Prozessparameter untersuchen wir in Simulationsmodellen und lassen diese Ergebnisse in die Prozessentwicklung einfließen. In einem speziell entwickelten Verfahren wird Flachglas Form-frei in verschiedenste Formen gebogen. Im Simulationsmodell wird der Wärmeeintrag durch die Laserstrahlung modelliert und die zeitliche Entwicklung des Temperaturfeldes in lateraler Richtung und über die Glasdicke berechnet. Im Diagramm in Abbildung 1 sind durch die Simulation berechnete Kurvenverläufe von der Temperaturentwicklung im laserbestrahlten Ringmittelpunkt und die zeitlich korrespondierende Verschiebung im Kreismittelpunkt dargestellt. Wie im realen Versuch senkt sich die vom erwärmten Ring eingeschlossene Kreisfläche unter Schwerkraft-Einwirkung ab. Es entsteht eine »tellerartige« Geometrie (Abbildung 2). Durch eine exakte Lasersteuerung wird die Glasktemperatur im Umformbereich kontrolliert. Nach Abschalten des Lasers, im Beispiel in Ab-

bildung 1 bei Systemzeit 0,5, senkt sich das Glas noch einige Sekunden ab (Verschiebung in Richtung nach unten nimmt zu, blaue Kurve), ehe die Temperatur so weit erniedrigt ist, dass keine viskose Verformung mehr stattfindet. Beim weiteren Abkühlen werden die Verformung des Glases und damit auch die Verschiebung des Kreismittelpunktes durch die thermische Längenausdehnung des Glases dominiert. Im Beispiel hebt sich der Tellerboden um wenige Zehntelmillimeter an (blaue Kurve wird niedriger ab der Systemzeit 0,55). Die Aufheizphase für das Glas sowie der Laser- und Umformprozess sind nach wenigen Minuten abgeschlossen: bei 4 mm dickem Glas nach etwa 10 Minuten. Für das anschließende Kühlen wird mit den am Fraunhofer IWM vorhandenen Einrichtungen deutlich mehr Zeit (einige Stunden) aufgewendet. Bei einer industriellen Umsetzung lassen sich die Kühlzeiten jedoch durch eine entsprechende Anlagentechnik, beispielsweise mit einer Kühlkaskade, drastisch reduzieren.

Mit den erarbeiteten Simulationstools und versuchstechnischen Einrichtungen, die mit umfassenden Prozessdatenerfassungen ausgestattet sind, unterstützen wir unsere Kunden bei der Entwicklung komplexer Biegeprozesse und bei Prozessoptimierungen, insbesondere zur Umsetzung von Prozessverkürzungen, Steigerung der Qualität und Kostensenkungen. Zudem erarbeiten wir Lösungen zur Realisierung von Formenvielfalt und erbringen Machbarkeitsnachweise.

Tobias Rist, Dr. Rainer Kübler