
Abstract

Kurzzusammenfassung

Precision glass molding is a replicative manufacturing technology to produce high-quality and complex functionality glass optics. In contrast to the traditional material removal process, such as grinding and polishing, the optical surface is created by deforming glass blanks into the desired shape at molding temperature. By using precise molding tools with optical surfaces, the molded glass components present high shape accuracy and surface quality; therefore, finishing processes are no longer required.

Precision glass molding is a complex thermo-mechanical process, in which the glass lens undergoes high pressure and high thermal shock. That induces high mechanical stress and high thermal stress inside the glass lens. Therefore, the fracture of molded glass components is a very common phenomenon in the precision glass molding process. The current solutions to this problem involve adjusting process parameters, adapting lens/mold design or changing glass types. In this situation labor-intensive and time-inefficient trial-by-error experiments cannot be avoided.

The fracture of glass is a complex phenomenon. Glass behaves brittle at low temperatures, and brittle-ductile transitions occur at high temperatures during the molding process. The focal point of this work is to study the brittle-ductile transition fracture behavior of glass. Therefore three-point bending is introduced to carry out statistical fracture tests of glass specimens under different temperatures and strain rates, which should influence the parameters of the brittle-ductile transition of glass fractures. A fracture model dependent on temperature and strain rates is developed based on Weibull statistics to quantitatively describe the behavior of glass fractures in statistical fracture tests.

Under the assistance of FEM simulation, the newly developed fracture model can be used to calculate the fracture probability of glass during the precision glass molding process. Moreover, the most probable fracture timing, location of fracture initiation and fracture pattern can be also predicted.

An optimization strategy is also developed for the precision glass molding process. It considers the fracture probability as the quantitative measure of the process quality and the time of the molding cycle as the quantitative measure of the process efficiency. The goal of the optimization strategy is to find out appropriate process parameters, which can create optimal balance between the quality and the efficiency of the PGM process.

Kurzzusammenfassung

Abstract

Das Präzisionsglaspressen ist ein replikatives Fertigungsverfahren zur Herstellung komplex geformter Glasoptiken mit einer hohen Oberflächenqualität. Im Vergleich zu herkömmlichen Zerspanungsprozessen, wie dem Schleifen und Polieren, wird die optische Oberfläche bei diesem Prozess durch die Umformung der Glasrohlinge in die gewünschte Endform bei Umformtemperatur erzeugt. Die Verwendung präziser Presswerkzeuge mit optischen Oberflächen ermöglicht die Herstellung hochgenauer optischer Komponenten ohne eine weitere Nachbearbeitung.

Das Präzisionsglaspressen ist ein komplexer thermo-mechanischer Prozess, in welchem die Glaslinsen hohen Drücken und hohen Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind. Inbegriffen sind dabei auch hohe mechanische Spannungen und hohe thermische Beanspruchungen innerhalb der Glaslinse. Aus diesem Grund zeigen gepresste Glaskomponenten das Phänomen der Bruchneigung. Die derzeitige Lösung für dieses Problem umfasst die Variation der Prozessparameter oder des Linsen- bzw. Formdesigns sowie die Verwendung alternativer Glasmaterialien. Forschungsintensive und zeitineffiziente Experimente über die „Try-and-Error“-Methode lassen sich dabei nicht vermeiden.

Das Brechen von Glas ist ein äußerst komplexes Phänomen. Beim Pressprozesses weist Glas bei geringen Temperaturen spröde Eigenschaften auf, während bei hohen Temperaturen der Übergang zwischen spröde und duktil erreicht wird. Der Fokus dieser Arbeit liegt deshalb auf der Betrachtung des spröd-duktilen Übergangs beim Glaspressen. Der Dreipunktbiegeversuch wird dabei als statistisches Testverfahren für die Analyse des Brechens von Glasproben verwendet. Die Temperatur und die Biegegeschwindigkeit werden dabei variiert, wodurch der Parameter des spröd-duktilen Übergangs in der Bruchstelle vom Glas beeinflusst wird. Ein Bruchmodell wird in Abhängigkeit von der Temperatur und der Biegegeschwindigkeit auf Basis der Weibull-Verteilung entwickelt, um damit quantitativ das Verhalten von Glasbruch durch statistische Testverfahren zu beschreiben.

Durch die Unterstützung einer FEM-Simulation kann das entwickelte Bruchmodell verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeit der während des Präzisionsglaspressens entstehenden Bruchstellen im Glas zu berechnen. Weiterhin können auch der Ort sowie das Muster des Bruchs vorausbestimmt werden.

Zudem wird eine Optimierungsstrategie für das Präzisionsglaspressen entwickelt. Dabei wird die Bruchwahrscheinlichkeit als quantitativer Messwert der Prozessqualität berücksichtigt, während die Zeit des Formzyklus als quantitativer Richtwert der Prozesseffizienz betrachtet wird. Das Ziel der Optimierungsstrategie ist es, Prozessparameter herauszuarbeiten, die ein Optimum zwischen der Prozessqualität- und Effizienz des Präzisionsglaspressens bieten.