

Zusammenfassung der Masterarbeit

Thema: Ermittlung der Störgrößen telezentrischer Strahlengänge an einer Glasringprüfmaschine und deren Einfluss auf die Messgenauigkeit

In dieser Arbeit werden die Oberflächengeometrien von Glasringen sowie die Objektivfehler telezentrischer Objektive untersucht und deren Einfluss auf die Messgenauigkeit ermittelt. Ausgangspunkt für diese Untersuchung ist das Auftreten von Verformungen der Glasringe, welche bei telezentrischen Messungen zu Messfehlern führen.

Eine Firma in Weingarten, bei der diese Masterarbeit absolviert wurde, stellt Sortiermaschinen her, in denen die Teile optisch mit verschiedenen angeordneten Kameras und anschließender Bildverarbeitung auf bestimmte festgelegte Merkmale geprüft und anschließend in Gut- und Schlechteile sortiert werden. In der Prüfanlage dieser Firma werden die zu prüfenden Teile, auf den sich drehenden Glasringen an den Kamera- und Beleuchtungssystemen vorbeigeführt.

Ein immer wieder auftretendes Problem sind Verformungen der Glasringe, die aus handelsüblichem Floatglas hergestellt sind. Bis jetzt gibt es keine Möglichkeit, die Glasringe vor der Verwendung in den Sortiermaschinen zu prüfen. Sie werden in die Sortiermaschinen eingebaut und alle optischen Komponenten aufwändig justiert. Wird dann festgestellt, dass ein Glasring aufgrund seiner Verformungen ungeeignet ist, wurde bereits viel Zeit in die Justierung investiert und der Austausch des Rings ist aufwändig und zeitintensiv, da einige Komponenten hierzu abmontiert werden müssen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, mit dem Prüfaufbau Glasringe schnell und zuverlässig vor ihrer konkreten Verwendung in den Sortiermaschinen prüfen zu können und gegebenenfalls auszusortieren.

Mit Hilfe des Prüfstands, dessen Aufbau in Kapitel 3.1. erläutert wird, werden die, auf drei Auflagen aufliegenden, Glasringe optisch und mechanisch hinsichtlich ihrer Geometrie untersucht und Störgrößen telezentrischer Strahlengänge ermittelt. Seine Funktion wird erprobt und Optimierungen vorgenommen. In weiteren Schritten wird der natürliche Durchhang eines Glasrings aufgrund der Schwerkraft, zwischen zwei Auflagepunkten im Abstand von 120° , ermittelt. Dieser Durchhang und die Dejustierung der Auflagehöhe werden mit Cosinusfits angenähert und anschließend herausgerechnet, wie in Kapitel 3.2.3. beschrieben. Der Vorteil ist, dass somit bei drei Auflagen keine zeitaufwändige Justierung der

Auflagenhöhe mehr notwendig ist und nur die Verformungen betrachtet werden, die nicht aus der Wirkung der Schwerkraft resultieren.

Die Gründe für die zu Problemen führenden Verformungen der Glasringe sind die natürliche Durchbiegung aufgrund des Eigengewichts, überlagert mit den Formfehlern des Materials. Da der Glasring nur am Innenrand von drei oder sechs Auflagen gestützt wird, neigt er sich am Außenrand, wo er nicht gestützt wird, nach unten. Der daraus resultierende Verkippungswinkel des Glasrings kann über den Abstand der Messtaster, die diesen am Innen- und Außenradius mechanisch abtasten und deren Höhendifferenz berechnet werden. Abhängig vom Abstand des zu prüfenden Teils zur Außenkante des Rings ergibt sich daraus der Höhenmessfehler, der von der telezentrischen Optik detektiert wird (Formeln siehe Kapitel 3.2.1). Dieser Fehler kann zu einer fehlerhaften Beurteilung und Sortierung der Prüfteile auf den Sortiermaschinen von dieser Firma führen.

Aus diesen Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass mit zunehmender Höhendifferenz der Messtaster, der Verkippungswinkel und der Höhenmessfehler der Optik (bei gleichbleibender Position des Prüfteils) größer werden. Je größer dieser Winkel ist, desto größer wird die Differenz, die über das aufgenommene Bild von dieser Firma, der Bildverarbeitungssoftware, berechnet wird. Das heißt, eine große Höhendifferenz zwischen Innen- und Außenradius des Glasrings führt zu großen Messfehlern der optischen Messungen.

Der Abstand des zu prüfenden Teils zur äußeren Glasringkante beeinflusst den Höhenmessfehler ebenfalls. Mit zunehmendem Abstand von der Außenkante vergrößert sich dieser.

Für jeden geprüften Glasring werden die maximale Differenz des äußeren Messtasters und die Standardabweichung des Verkippungswinkels berechnet. Als Grenze für die ausreichende Qualität für optische Messungen wird der Wert $\pm 0,05$ mm der maximalen Differenz des äußeren Messtasters festgelegt. Aus dieser Bewertung resultiert, dass von den 35 geprüften Glasringen 13 aufgrund ihrer Verformungen ungeeignet sind. Dies entspricht ungefähr 37 %.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Fehler unabhängig von der Drehlage des Glasrings, zuverlässig detektiert werden. Auch die Wiederholbarkeit der Prüfungen wird in Kapitel 4.1.3. bewiesen. Eine FEM-Analyse, die Berechnung der Durchbiegung anhand eines Balkenmodells und Vergleichsmessungen an der Hochschule bestätigen die Größenordnungen der Ergebnisse der Glasringuntersuchungen.

Weitere Untersuchungen zeigen, dass die unterschiedlichen Ringdicken ebenfalls eine wesentliche Rolle spielen. So haben diese und die Radialschrauben einen Einfluss auf die unterschiedlichen Anfangshöhen der Glasringe bei den Prüfungen.

Durch die Belastung mit verschiedenen Gewichten wird die Stabilität des Versuchsaufbaus bzw. der Glasringhalterung untersucht, wie sie durch schwere Prüfteile zustande kommen kann. Aus diesen Ergebnissen kann das Fazit gezogen werden, dass der Versuchsaufbau in dieser Hinsicht Verbesserungspotential besitzt. So führt bereits die Belastung mit 200 g zu einer Neigung der gesamten Halterung mit Glasring von 50µm. Daraus resultieren wiederum größere Verkippungswinkel und somit höhere Messfehler, was zu fehlerhaften Beurteilungen von Prüfteilen durch die Bildverarbeitungssoftware visiTeach+ führt.

Für die optische Prüfung werden in dem Glasringprüfaufbau zwei verschiedene telezentrische Objektive verwendet. Diese Objektive werden, wie in Kapitel 3.3. beschrieben, in einem separaten Aufbau auf ihre Telezentriefehler und rotationssymmetrische Verzeichnung untersucht, um Aussagen über ihre Qualität treffen zu können. Dazu werden Bilder eines gleichmäßigen Punkte-Patterns in verschiedenen Arbeitsabständen mit unterschiedlichen Blendeneinstellungen aufgenommen und mit Hilfe eines Matlab-Programms ausgewertet. Die Verzeichnung wird dabei durch das Brown-Conrady-Modell angenähert und die Fehler zwischen Ist- und berechneten Koordinaten durch das Gauß-Newton-Verfahren minimiert. Die Ergebnisse sind zum einen der Verlauf des Abbildungsmaßstabs über den Arbeitsabstand und zum anderen die Korrektur der rotationssymmetrischen Verzeichnung. Anhand dieser Ergebnisse können Rückschlüsse auf die Qualität des jeweiligen Objektivs und dessen optimale Blendeneinstellung gezogen werden. Die drei telezentrischen Objektive werden in Kapitel 4.2.4. anhand der resultierenden Untersuchungsergebnisse verglichen.

Der Vergleich ergibt, dass das Objektiv Xenoplan von SchneiderKreuznach den kleinsten Telezentriefehler aufweist und somit für telezentrische Messungen in einem Bereich von ± 8 mm um den Fokus, am besten geeignet ist.

Auch heute, ungefähr acht Monate nach Fertigstellung dieser Arbeit, wird der daraus entstandene Prüfaufbau regelmäßig zur Glasringprüfung verwendet und die Glasringe automatisch anhand festgelegter Grenzwerte in Qualitätsstufen einsortiert. Die nicht geeigneten Glasringe werden dann vor ihrer Verwendung in den Sortiermaschinen aussortiert. Die dadurch gewonnene Zeitersparnis und die Qualitätsverbesserung haben sich bestätigt und es konnten noch weitere Erfahrungen zur Glasringqualität gesammelt werden.