

# Deflectometric analysis of high volume injection molds for production of occupational eye wear

Alexis Speck<sup>1,\*</sup>, Benedikt Zelzer<sup>1</sup>, Marco Speich<sup>2</sup>, Rainer Börret<sup>2</sup>, Achim Langenbucher<sup>1</sup>, Timo Eppig<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Experimental Ophthalmology, Saarland University, Kirrberger Straße 100, 66424 Homburg/Saar, Germany

<sup>2</sup> Center for Optical Technologies, Aalen University of Applied Sciences, Anton-Huber-Straße 13, 73430 Aalen, Germany

Received 7 September 2012; accepted 31 August 2013

## Abstract

**Purpose:** Most of the protective eye wear devices currently on the market are manufactured on simple polycarbonate shields, produced by injection molding techniques. Despite high importance of optical quality, injection molds are rarely inspected for surface quality before or during the manufacturing process. Quality degradation is mainly monitored by optical testing of the molded parts. The purpose of this work was to validate a non-contact deflectometric measurement technique for surface and shape analysis of injection molds to facilitate deterministic surface quality control and to monitor minor conformity of the injection mold with the design data.

**Material and Methods:** The system is based on phase-measuring deflectometry with a operating measurement field of  $80 \times 80 \text{ mm}^2$  ( $\pm 18^\circ$  slope), a lateral resolution of  $60 \mu\text{m}$  and a local sensitivity of some nanometers. The calibration was tested with a calibration normal and a reference sphere. The results were crosschecked against a measurement of the same object with a tactile coordinate measuring machine.

Eight injection molds for production of safety goggles with radii of +58 mm (convex) and -60 mm (concave) were measured in this study. The molds were separated into two groups (cavity 1 and 2 of the tool with different polishing techniques) and measured to test whether the measurement tool could extract differences. The analysis was performed on difference height between the measured surface and the spherical model.

## Deflektometrie zur Untersuchung von Spritzgießwerkzeugen für die Herstellung von Sicherheitsbrillen

### Zusammenfassung

**Ziel der Studie:** Schutzbrillen aus Polycarbonat werden in der Regel im Spritzgussverfahren hergestellt. Trotz des hohen Stellenwerts der optischen Qualität der Scheiben werden die Spritzgusswerkzeuge und deren Oberflächenbeschaffenheit vor oder während des Prozesses nur sporadisch getestet. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Validierung eines berührungsfreien Deflektometriemesssystems zur Oberflächen- und Formuntersuchung von Spritzgusswerkzeugen für Schutzbrillen, die für eine regelmäßige deterministische Kontrolle der Oberflächenqualität im Prozess integriert werden kann.

**Material und Methoden:** Das System basiert auf phasenmessender Deflektometrie mit einer Messfeldgröße von  $80 \times 80 \text{ mm}^2$  ( $\pm 18^\circ$  Neigung), einer lateralen Auflösung von etwa  $60 \mu\text{m}$  und einer lokalen Auflösung von einigen Nanometern. Getestet wurde die Kalibrierung mit einem Kalibriernormal und einer Referenzsphäre. Die Ergebnisse wurden mit einer taktilen Koordinatenmessmaschine geprüft.

Vermessen wurden 8 Spiegelensätze eines Schutzbrillenmodells mit einem Radius von +58 mm (konvex) und -60 mm (konkav). Die Spiegelensätze waren in zwei Gruppen eingeteilt: (Kavität 1 und Kavität 2 des Spritzgusswerkzeugs). Für die Tauglichkeitsprüfung des Systems

\* Corresponding author: Alexis Speck, Experimental Ophthalmology, Saarland University, Kirrberger Straße 100, Bldg. 22, D-66421 Homburg/Saar, Germany.

E-mail: alexis.speck@mx.uni-saarland.de (A. Speck).

**Results:** The device could derive the surface change due to polishing and discriminate between both polishing techniques, on the basis of the measured data. The concave nozzle sides of the first group (cavity 1) showed good shape conformity. In comparison, the nozzle sides of the second group (cavity 2) showed local deviations from design data up to 14.4 µm. Local form variations of about 5 µm occurred in the field of view. All convex ejector sides of both groups (cavity 1 and 2) showed rotational symmetric errors and the molds were measured in general flatter than design data.

**Conclusion:** We applied a deflectometric system for measuring and evaluating specular reflective injection molding tools to optimize the production process of occupational eye wear. The surface quality could be inline monitored in the production processes for actual spectacle models.

**Keywords:** Safety goggles, eye protection, deflectometry, 3D-measurement, injection molding, manufacturing

## Introduction

Work in hazardous zones with risk of chemical, thermal or mechanical injuries requires protection with safety goggles. Occupational eye wear such as safety shields and goggles are usually manufactured by polycarbonate injection molding [1] [2] [3]. A typical molding tool (referred to as tool) for safety goggles includes two or more cavities (hollow of the tool where the liquid plastic is to be injected) for simultaneous production of multiple identical parts in one step. Each tool is split into a nozzle side (NS) and ejector side (ES), where the sample is to eject. With parallel processing each cavity is split into nozzle and ejector side. A cavity itself consists of specular reflecting inserts made from hardened steel, the so called mold inserts or mirror inserts, hereinafter referred as molds, which form the optical surface of the spectacle (Figs. 1 and 2). During injection of the liquid polycarbonate the tool is closed. After a

short cooling period, the tool is opened and the plastic lenses are unloaded automatically.

The optical performance requirements of the goggles mainly focus on the refractive power (to be zero) and transparency [4] [5] [6]. Protective effect and optical performance should be both addressed adequately [7] [8]. In addition to the refractive power and low order aberrations such as axis error and prismatic effect (caused by any manufacturing fault, e.g. mold-positioning), high order optical aberrations such as spherical aberration, coma and trefoil also play a role for imaging performance but are not addressed by normative regulations. Other potential reasons for optical aberrations are deficient tools or molds and process parameters of injection molding such as temperature, pressure and polycarbonate viscosity. Optical aberrations can be detected by sophisticated optical testing of the spectacle, such as wave-front sensing [7]. Poor optical quality of the spectacle, due to outworn mold

**Ergebnisse:** Das Messsystem konnte die Oberflächenveränderung durch den Poliervorgang zuverlässig erkennen und zwischen Poliertechniken unterscheiden. Die konkave Düsenseite der ersten Gruppe (Kavität 1) wies eine gute Formtreue auf. Im Vergleich hatte die Düsenseite der zweiten Gruppe (Kavität 2) lokale Formabweichungen vom sphärischen Modell bis zu 14,4 µm. Im Sichtbereich zeigten sich lokale Abweichungen von etwa 5 µm. Die Auswerferseiten beider Gruppen wiesen durchgehend rotationssymmetrische Fehler im zweistelligen Mikrometerbereich auf. Die gemessenen Radien der Spiegeleinsätze waren höher als die vorgegebenen Werte.

**Zusammenfassung:** In dieser Arbeit beschreiben wir die Vermessung und Untersuchung von spiegelnd reflektierenden Spritzgusswerkzeugen zur Optimierung des Produktionsprozesses für Sicherheitsschutzbrillen. Die Oberflächenqualität kann vor und während der Produktion von aktuellen Schutzbrillenmodellen zyklisch geprüft werden. Wir waren in der Lage, verschlissene Einsätze und Defekte zu detektieren und können damit bedarfsgerechte Revisionszyklen einleiten und damit empirische Überarbeitungsintervalle ersetzen. Dieses Messverfahren ist ein wichtiger Beitrag zur Inline-Kontrolle des Werkzeugverschleißes und lässt sich direkt in den Prozess integrieren.

**Schlüsselwörter:** Schutzbrillen, Augenschutz, Deflektometrie, 3D-Messung, Spritzgießen, Fertigungsprozess

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10732576>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10732576>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)