

Entwicklung von Laser-Prozess- und Systemtechnik zum Einbringen von funktionalisierenden Nanostrukturen in Spritzgusswerkzeuge

Development of laser-process and system technology to produce functionalized nanostructures in injection-molding tools

Projektträger / Fördermittelgeber: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
 Executing Organisation: German Federation of Industrial Research Associations (AiF), Central Innovation Program SME (ZIM) | Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi)

Aufgabenstellung

Aufgrund der steigenden Komplexität von spritzgegossenen optischen Komponenten nimmt die Anzahl der optischen Grenzflächen, an denen sogenannte Fresnel-Verluste auftreten, zu. Diese Verluste werden durch Modifikation der Oberfläche üblicherweise mittels Beschichtungen reduziert. Durch den neuen Ansatz der direkten Laserinterferenzstrukturierung (DLIP) können sogenannte adiabatische Brechungsindexübergänge, d.h. regelmäßige Strukturen in der Größenordnung unterhalb der Wellenlänge des zu transmittierenden Lichtes, in die Oberfläche eingebracht werden. Mittels dieser Strukturen, die direkt ins Spritzgusswerkzeug eingebracht werden, sollen die Reflexionsverluste reduziert werden.

Vorgehensweise

Zur Reduktion der Reflexionsverluste ist eine systemtechnische Lösung eines Bearbeitungskopfes zur DLIP von Spritzgusswerkzeugoberflächen zu realisieren. Dieser prototypische Bearbeitungskopf soll neben der kleinen Strukturgröße (< 400 nm) zur Reduzierung der Fresnel-Reflexionen auch die Einstellbarkeit der Strukturperiode und die Integrierbarkeit in eine bestehende Bearbeitungsanlage ermöglichen. Nach der Erzeugung von periodischen Nanostrukturen in Spritzgusswerkzeugen werden Spritzgusstests durchgeführt, um das Abformverhalten zu untersuchen und ggf. den Abform- sowie den Laserstrukturierungsprozess zu optimieren.

Ergebnisse

Mit dem aufgebauten prototypischen Laserbearbeitungskopf für die flexible DLIP ist es möglich, mit einer unterschiedlichen Anzahl an Teilstrahlen vorher simulierte Interferenzstrukturen unter unterschiedlichen Winkeln zu erzeugen (Bild links). Diese Strukturen können bei ausreichender Laserintensität in das Spritzgusswerkzeug eingebracht werden (Bild rechts). Aufgrund der Komplexität der Anforderungen ist der Bearbeitungskopf hinsichtlich Bedienbarkeit zu optimieren, um diesen in eine Industrieanlage zur Strukturierung von Spritzgusswerkzeugen für Freiformoptiken integrieren zu können.

Task

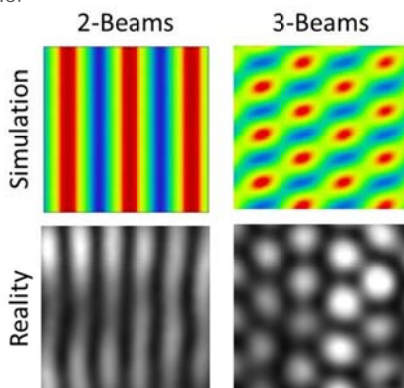
Increasing complexity of injection-molded optical components causes the number of optical surfaces to rise as well. So-called Fresnel-losses occur at these optical surfaces, which are usually reduced by special surface-coatings. By the new approach of direct laser interference structuring (DLIP) these losses can potentially be minimized by an adiabatic change of the refractive index. Here periodic structures in the dimension smaller than the wavelength of the transmitting light are directly introduced into the surface of the injection-molding tools.

Approach

For DLIP on surfaces of injection-molding tools a special processing head is needed. This prototypical processing head has to realize a small structural size (< 400 nm) to reduce the Fresnel-reflections, allow the adjustment of the period of these structures and permit the integration in an existing working plant. Injection-molding tests will be performed after the tools were textured on a nanometer scale, to assess the mold behavior and to optimize the molding as well as the structuring process.

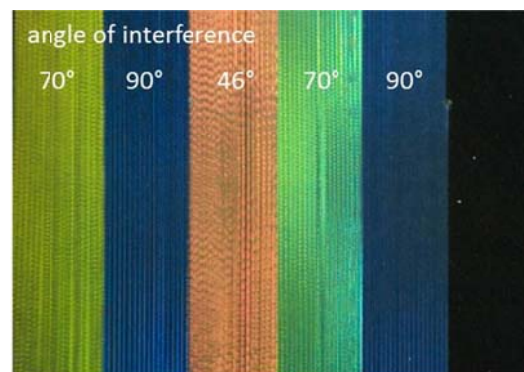
Results

Previously simulated interference structures were realized under different angles with the experimental laser processing head for flexible DLIP (left picture). Sufficient laser intensity makes it possible to create these structures on the injection-molding tools surfaces (right picture). Because of the complexity of the requirements, the actual processing head has to be optimized with respect to usability to be able to be integrated in industrial plants for structuring injection-molding tools of free-form optic.



Picture: Andreas Uyttendaele

Abgleich Simulation und Realität der Interferenzmuster
 Comparison of simulation and reality of the interference patterns



Picture: Andreas Uyttendaele

Interferenzstrukturen auf Kaltarbeitsstahl
 Interference structures on cold worked steel