

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

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

Projektträger | Fördermittelgeber: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, Programm: ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Executing Organisation: Federation of Industrial Research Associations, Program: ZIM – Central Innovation Program SME of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy

Aufgabenstellung

Im Rahmen des Projekts sollte ein Laserbearbeitungsverfahren zur Mikrostrukturierung von Spritzgusswerkzeugen für die Herstellung spritzgegossener optischer Komponenten entwickelt werden. Ziele waren die Entwicklung sowohl einer systemtechnischen Lösung in Form eines Bearbeitungskopfes zur Laser-Interferenzstrukturierung von Werkzeugoberflächen als auch der Prozesstechnik zur parallelen Herstellung periodischer Strukturen im Sub-Mikrometerbereich in Materialien, die für Spritzgusswerkzeuge verwendet werden. Der Interferenzaufbau soll eine einfache Einstellung unterschiedlicher Interferenzwinkel (max. 90°) sowie das Umschalten zwischen Zwei-, Drei- oder Vier-Strahl-Interferenz ermöglichen.

Vorgehensweise

Anhand einer optischen Simulation wurden ein reflektives Objektiv designet und die angestrebten Intensitätsverteilungen überprüft. Anschließend wurde das Objektiv vom Projektpartner gefertigt und mit einem räumlichen Lichtmodulator (SLM) kombiniert. Zur Untersuchung der Reflexionsreduzierung insbesondere bei der Wellenlänge von 589 nm wurden die erforderlichen Strukturen in unterschiedlich geformte Spritzgusswerkzeugoberflächen eingebracht, vermessen und abgeformt (Abb. 1).

Ergebnisse

Durch die Kombination des entwickelten Objektivs mit einem SLM ist es möglich den Interferenzwinkel bis zu 90° variabel einzustellen und zwischen einer unterschiedlichen Anzahl an Teilstrahlen umzuschalten (Abb. 2 und Abb. 3). Durch die Auslegung des Laser-Interferenzsystem auch für 532 nm Laserwellenlänge können Nanostrukturen bis in den Periodenbereich 350 nm – 590 nm erzeugt werden. Allerdings lassen sich diese Strukturen im Spritzgussprozess schlechter abformen als im Bereich 760 nm – 1070 nm.

Task

In this research project a laser process should be developed to texture injection molding tools with microstructures for producing injected molded optical components. The aims were the engineering of a system solution in kind of a processing head for laser interference structuring of surfaces of working tools as well as a processing technique for parallel production of periodic structures in the area of nanometers in materials which are used for injection molding tools. The interference setup is to enable a simple adjustment of different interference angles (max. 90°) and a change between two, three and four beams interference.

Approach

The reflective objective was designed using optical simulation and manufactured by the project partner. It was combined with a spatial light modulator (SLM). The required structures were engraved in differently shaped injection tool surfaces (fig. 1), measured and molded to investigate the reduction of reflection especially at the wavelength of 589 nm.

Results

The combination of the developed objective with a SLM allows the variable adjustment of the interference angle up to 90° and the switch between different beam numbers (fig. 2 and fig.3). Because of the possibility to use also a wavelength of 532 nm at the interference system nanostructures in the periodic range of 350 nm – 590 nm were engraved. Yet, these structures clogged more than structures in the range of 760 nm – 1070 nm during the molding process.

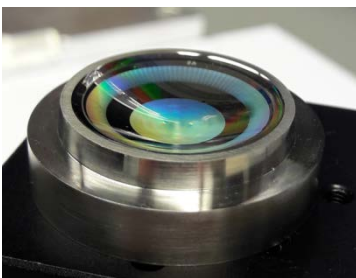


Abb. 1: Laserstrukturierter asphärischer Spritzgusseinsatz
Fig. 1: Laser textured aspheric injection mold

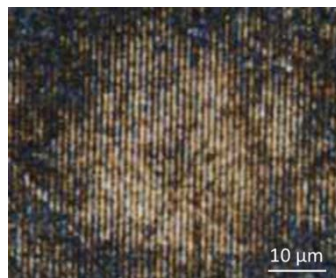


Abb. 2: 2-Strahl-Interferenz auf 1.2343
Fig. 2: 2 beam interference on 1.2343

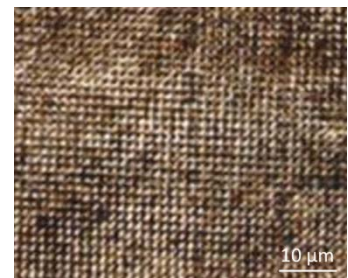


Abb. 3: 4-Strahl-Interferenz auf 1.2343
Fig. 3: 4 beam interference on 1.2343