



MODELLIERUNG UND SIMULATION DES SCHMELZABTRAGENS

Aufgabenstellung

Das Bohren/Abtragen mit Schmelze ist das effizienteste Verfahren zur Herstellung von Bohrungen mit großem Aspektverhältnis in Materialien mit schmelzflüssiger Phase. Das komplexe Verhalten der Schmelze und die Einflüsse von Verdampfung, Oberflächenspannung und Prozessgasen bleiben Gegenstand der Forschung.

Vorgehensweise

Zur Optimierung von Produktivität und Qualität ist ein operatives Modell erforderlich, das die wesentlichen physikalischen Phänomene beschreibt, die für den Abtrag und die Schmelzströmung verantwortlich sind.

Ergebnis

Ein Finite-Volumen-CFD-Code mit Volume-of-Fluid(VoF)-Verfahren zur Berechnung der freien Oberflächen wurde implementiert. Für die Phasenübergänge (Schmelzen, Verdampfen) wurde ein Enthalpie-Modell erstellt. Die Strahlungspropagation innerhalb der Bohrung basiert auf einem Advektions-Verfahren (geometrische Optik), wird jedoch auf ein Beam-Propagation-Verfahren (Wellenoptik) erweitert. Ein Continuous-Surface-Force(CSF)-Modell wird angewendet, um den Rückstoßdruck der Verdampfung und andere Oberflächenkräfte wie die Oberflächenspannung zu modellieren.

Besonderes Augenmerk wurde auf eine adaptive Vernetzung gelegt, die insbesondere an Phasengrenzen notwendig ist, um die entstehenden feinen Strukturen darzustellen, die auf dem Mechanismus der Filmströmung mit Oberflächenspannung und der Verdampfung beruhen.

Anwendungsfelder

Die vorgestellte Simulation beschreibt die Absorption von Laserstrahlung an Werkstückoberflächen, die thermische Diffusion und Konvektion sowie den durch Verdampfung angetriebenen Schmelzfluss. Die Simulation ist frei von Einschränkungen an die geometrische Form der entstehenden Bohrung und kann z. B. mehrfach zusammenhängende schmelzflüssige Gebiete beschreiben. Sie kann daher überall zum Einsatz kommen, wo Werkstoffe durch Laserstrahlung geschmolzen werden und deren Schmelze teilweise durch Verdampfung angetrieben wird. Sie ist zunächst für die Anwendung beim Bohren mit Laserstrahlung entwickelt worden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Urs Eppelt
Telefon +49 241 8906-163
urs.eppelt@ilt.fraunhofer.de

Prof. Wolfgang Schulz
Telefon +49 241 8906-204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de

3 Simulation der Phasen: fest (grau), flüssig (rot) und gasförmig (blau).

4 Simulationsergebnis mit Darstellung der adaptiven Vernetzung.