



SIMULATION DER STABILITÄT EINES WASSERSTRAHL-GEFÜHRTEN LASERSTRAHLS

Aufgabenstellung

Das Bohren und Schneiden mit wasserstrahlgeführter Laserstrahlung ist ein etabliertes Fertigungsverfahren. Um ein besseres Verständnis der physikalischen Grenzen und der technischen Potenziale zu erreichen, werden moderne numerische Werkzeuge wie z. B. OpenFOAM eingesetzt, mit denen reduzierte Modelle entwickelt und Simulationen mit kleiner Berechnungszeit implementiert werden können. Die reduzierten Modelle werden mit experimentellen Daten kalibriert und können relevante Eigenschaften richtig beschreiben. Sie erlauben eine große Anzahl von Berechnungsergebnissen zur Vorhersage der geometrischen Form des Abtrags, der dynamischen Stabilität des Wasserstrahls und der thermomechanischen Belastung des Materials. Diese leistungsstarken, reduzierten Modelle werden zur Weiterentwicklung des Fertigungsverfahrens und für eine agile Produktentwicklung auf Basis einer datenbasierten »Prozesslandkarte« angewendet.

Vorgehensweise

Die sogenannte Volume-of-fluid (VoF)-Methode erlaubt die Berechnung der Strömung von mehrphasigen, interagierenden Phasen, also der flüssigen Phase eines Wasserstrahls, welcher die Laserstrahlung führt, und die den Gasstrahl umgebende Gasphase. Unter Berücksichtigung der Kompressibilität im

- 1,2 *Simulation einer schrägen Bohrung, Seitenansicht (1) und Draufsicht (2).*
- 3 *Simulation der Strömung eines Wasserstrahls in einer Trepanierbohrung.*

abströmenden Dampf und dem Umgebungsgas werden Stabilität und Reichweite des lichtleitenden Wasserstrahls in einer räumlich dreidimensionalen Abtragsvertiefung analysiert. Die Simulation wird mit einem parallelisierten OpenFOAM-Code durchgeführt, um die Berechnungszeit des dynamischen Vorgangs zu verkleinern. Mit einer automatischen Bildverarbeitung wird die Integrität des Wasserstrahls berechnet, um dessen Stabilitätsgrad im abgetragenen Hohlraum quantitativ zu charakterisieren. In einer mehrdimensionalen Prozesslandkarte wird der Stabilitätsgrad in Abhängigkeit der Parameter für das Fertigungsverfahren und die geometrischen Merkmale der Abtragsvertiefung dargestellt.

Ergebnis

Eine Simulation zusammen mit einer automatischen Nachbearbeitung zur Stabilitätsanalyse des Wasserstrahls in einen räumlich dreidimensionalen Hohlraum wird als Werkzeugkette organisiert. Die Stabilität des Wasserstrahls im Laser-Micro-Jet (LMJ)-Verfahren kann mit virtuellen Werkzeugen quantifiziert werden.

Anwendungsfelder

Die entwickelte dynamische Simulation einer Mehrphasenströmung und ihre Analysewerkzeuge werden angewendet, um die erreichbare Qualität des LMJ-Verfahrens zu bewerten und dessen Produktivität zu verbessern. Das virtuelle Werkzeug kann auf andere Fertigungsverfahren mit dominantem Abtrag durch Schmelze übertragen werden.

Ansprechpartner

Dr. Markus Nießen, DW: -8059
markus.niessen@ilt.fraunhofer.de

Prof. Wolfgang Schulz, DW: -204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de