

Analyse diskreter Flüssigkeits- Gasströmungen mit optischen Fasersensoren

Aiming Ji

Zusammenfassung

Im Rahmen des Graduiertenkollegs GRK358 mit dem Thema „Optische Messmethoden in den Ingenieurwissenschaften“ wurde am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik an der Dortmund Universität eine faseroptische Messtechnik zur Charakterisierung von Mehrphasenströmungen entwickelt. Die Technik basiert auf der Einkopplung von Laserlicht in eine Faser, wobei die vom benetzenden Fluid abhängige Reflexion des Lichts am Faserende gemessen wird. Durch die Auswertung der Lichtreflexion kann der Phasenwechsel des Fluids am Fasersensor bestimmt werden.

Zuerst wurden hier auf das Faserende aufprallende Wassertropfen mit einer einzelnen Faser untersucht. Dies führt zu einem komplexen Lichtsignal. Dazu wurden theoretische Berechnungen für die Lichtreflexionen am Sensorende durchgeführt und diese mit den Ergebnissen aus Abtropf- und Aufprallversuchen verglichen. Darauf aufbauend wurde die Geschwindigkeit der Wassertropfen mittels zweier in Bewegungsrichtung versetzter Fasern bestimmt. Die gemessenen Geschwindigkeiten der Phasengrenzen wurden durch Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera überprüft.

Im zweiten Abschnitt wurden die Fasersensoren für die Charakterisierung von Schäumen eingesetzt. Mit dem Fasersensor kann die Grenze zwischen dem eigentlichen Schaum und der Blasenströmung einfach bestimmt werden. Durch eine zusätzliche Faser kann die Grenze zwischen dem Schaum und der Flüssigkeit erfasst werden, in der eine hoch beladene Blasenströmung auftritt.

Die Schaumgeschwindigkeit kann durch die Kombination von zwei Fasern gemessen werden. Mit Hilfe des Korrelationsverfahrens wurden die Messdaten ausgewertet. Hiermit können nicht nur die Schaumgeschwindigkeiten, sondern auch die durchschnittlichen Blasengrößen bestimmt werden. Für die Berechnung der Blasengröße wurde ein Korrekturfaktor k eingeführt. Er berücksichtigt die zufällige Positionierung innerhalb von der als sphärisch angenommener Blasen. Nach der Korrektur der Messergebnisse für die Blasengröße besteht gute Übereinstimmung mit den Fotos der Kamera. Außerdem wurde die Gasbeladung des Kugelschaums bzw. des chaotischen Mischbereichs in der Flüssigkeit über eine spezielle Auswertungsmethode berechnet.

Abstract:

Within the graduate colleg "GRK 358" at the chair of mechanical process engineering at Dortmund University a fiber-optic measuring technique was developed for the characterisation of the multiphase flows. The laser light is injected into a fiber, in which the reflection of the light at the end of the fiber is measured, which depends on the fluid in contact. The phase change of the fluid at the fiber sensor can be determined by the analysis of the light reflection signals.

At first, water drops were examined, impinging onto at the end of a single fiber sensor. A complex light signal is generated. Theoretical calculations for the light reflection at the end of the sensor were carried out. Compared to the results of experiments the signals of impingement experiments of the water drops were explained. With this knowledge the speed of water drops was measured by use of a combination of two fibers. The measured speed of the phase boundary by the fiber sensors was validated by the photographs from a high-speed camera. The results of both measuring methods show good agreement.

In the second section the fiber sensors were used for the characterisation of foams. The interface between the foam and the liquid can be simply determined with one fiber sensor. In case of a highly loading gas dispersion in the liquid the interface between the foam and the liquid the application of a second fiber is successful.

The foam speed can be measured by the use of the combination of two fibers. The measured data from the two fibers were evaluated by means of the cross correlation method. Not only the foam speeds, but also the average bubble sizes of the foam can be determined from these signals. A correction faktor k was introduced for the calculation of the bubble size. After correction with this factor, the bubble size agrees well with the bubble size in photos from a camera. In addition, the gas loading of wet foams and gas loading of the gas dispersion in the liquid can be calculated with a special evaluation method.