



Experimentelle und numerische Untersuchung der Strömungsaggressivität von Sonotroden zur Analyse der Kavitationserosion

F. Schreiner, R. Skoda

Lehrstuhl für Hydraulische Strömungsmaschinen, Ruhr-Universität Bochum

Es wird der standardisierte Kavitationserosions-Testfall einer Sonotrode experimentell und numerisch untersucht. Zur experimentellen Ermittlung einer zeitlich hochaufgelösten Wandlast werden Polyvinylidendifluorid (PVDF)-basierte Drucksensoren auf der Gegenprobe verwendet und numerisch nachgebildet. Zur CFD-Simulation wird ein kompressibler in-house Löser verwendet, der mit zeitlicher Auflösung im Bereich von Nanosekunden die Druckwellendynamik akkurat abbildet. Eine Variation des Spaltabstandes zwischen dem oszillierenden Sonotrodenkopf und der stationären Gegenprobe resultiert in Betriebszuständen unterschiedlich stark ausgeprägter Strömungsaggressivität. Diese wird auf der Gegenprobe mittels Wandlast-Spektren bewertet, welche aus den Sensorsignalen generiert werden. Zusätzlich ermöglicht die Analyse des Frequenzspektrums der gemessenen und in der Simulation reproduzierten Wandlasten eine Beurteilung der Schädigungsdynamik. So lässt sich der mit starker Schädigung verbundene gewaltige Kollaps eines sich über mehrere harmonische Schwingungszyklen des Sonotrodenkopfes aufbauenden Hohlräume als subharmonische Frequenz des Sensorsignals identifizieren, wie Mottyll & Skoda [1] bereits zeigten. Mit zunehmendem Spaltabstand wird eine Abnahme der Wandlast auf der Gegenprobe und ein Anstieg der subharmonischen Frequenz deutlich. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation. Aus den numerischen Ergebnissen wird weiterhin die lokale Verteilung der Strömungsaggressivität für unterschiedliche Wandbereiche jeweils am Sonotrodenkopf und an der Gegenprobe abgeleitet. Hierzu werden erosionsensitive Wandzonen in der Form einer Erosionswahrscheinlichkeit, siehe Skoda et al. [2], ermittelt und Wandlasten durch statistische Auswertung von wandnahen Einzelblasenkollapsen (siehe Mihatsch et al. [3] und Blume & Skoda [4]) bestimmt. Die gemessene Abnahme der Last auf der Gegenprobe mit zunehmendem Spaltabstand wird bestätigt, während lokal die Aggressivität am Sonotrodenkopf zunimmt. Die statistische Verteilung der Kollapse dient zusätzlich als Eingabe in ein Erosionsmodell.

[1] S. Mottyll, R. Skoda. Numerical 3D flow simulation of ultrasonic horns with attached cavitation structures and assessment of flow aggressiveness and cavitation erosion sensitive wall zones. *Ultrasonics Sonochemistry*, **31**:570-589 (2016).

[2] R. Skoda, U. Iben, A. Morozov, M. S. Mihatsch, S. J. Schmidt, N. A. Adams. Numerical simulation of collapse induced shock dynamics for the prediction of the geometry, pressure and temperature impact on the cavitation erosion in micro channels. *WIMRC 3rd International Cavitation Forum 2011* (2011).

[3] M. S. Mihatsch, S. J. Schmidt, N. A. Adams. Cavitation erosion prediction based on analysis of flow dynamics and impact load spectra. *Physics of Fluids*, **27**:103302 (2015).

[4] M. Blume, R. Skoda. 3D flow simulation of a circular leading edge hydrofoil and assessment of cavitation erosion by the statistical evaluation of void collapses and cavitation structures, *Wear*, **428-429**: 457-469 (2019).

E-Mail: felix.schreiner@ruhr-uni-bochum.de, Internetseite: www.hsm.rub.de