

Resumé

Ultralydsflowmåling baseret på akustisk overførselstid (Transit Time Ultrasonic Flowmeter) er en udbredt og veletableret teknologi til at måle væskers strømnings-hastighed. Dog er målingen af multifasestrømning stadig en stor udfordring, specielt for industrielle anvendelser. Tilstedeværelsen af flere faser i strømningen giver typisk problemer med målingers repeterbarhed, som reducerer målenøjagtigheden drastisk. Ren eksperimentel udvikling af nye flowmålere til at håndtere flere faser er både økonomisk og tidsmæssigt dyrt. Et attraktivt alternativ til ren eksperimentel udvikling vil være benyttelsen af en matematisk model.

I denne afhandling præsenteres udviklingen af en numerisk model, som simulerer udbredelsen af akustiske bølger i ultralydsflowmålere. De grundlæggende ligninger er første ordens dynamiske elasticitetsligninger udvidet således at der tages hensyn til baggrundsstrømningen i flowmåleren. Det akustiske medie bliver modelleret ved at sætte forskydningsmodulet til 0. Differentialer med hensyn til sted bliver tilnærmet med Fourier kollokation, som giver muligheden til at bruge den velkendte Fast Fourier Transform metode. Integrationen i tid bliver udført ved brug af eksplicit fjerde ordens Runge-Kutta Finite Difference metoden. Yderligere bruges adaptive teknikker til stedsdiskretiseringen for at øge opløsningen af faseovergange i mere komplekse geometrier.

Den udviklede numeriske model er, så vidt vi ved, den første pseudospektrale model som løser akustisk lydudbredelse i et heterogent medium i bevægelse.

Modellen bliver sammenlignet med analytiske løsninger og andre numeriske metoder. Efterfølgende sammenlignes med eksperimentelle resultater i et stillestående, heterogent medium. En direkte sammenligning er ikke ligetil på grund af forholdsvis store unøjagtigheder i ultralydstransducernes materialeparametre. Derfor præsenterer vi en alternativ sammenligningsmetode: den målte elektriske energi sammenlignes med den simulerede akustiske energi, hvor begge energier er normaliserede med hensyn til resultater i et homogent medium. Energital som funktion af gasmængde i væsken undersøges og en god overensstemmelse (afvigelse under 2.1%) opnås. Denne fremgangsmåde bliver herefter anvendt på et stort sæt eksperimentelle målinger foretaget på et industrielt flerfasestrømningsanlæg. Dette demonstrerer modellens brugbarhed til at give et godt estimat af signalafvigelsen for en given gasmængde og størrelse af gasinklusionerne.

Det præsenterede arbejde er, så vidt vi ved, det eneste offentlige studie som diskuterer simuleringen af ultralydsflowmålere med flerfasestrømning og sammenligning med eksperimentelle resultater i et sådant omfang.