管内面に形成される液膜の超音波測定

Ultrasound Measurement of Liquid Film on Pipe Inner Surface

*和田 裕貴[1]，佐川 淳[2]，佐藤 聡[1]，柴本 泰照[1]，与能本 泰介[1]
[1]日本原子力研究開発機構，[2]水戸電子ソリューション株式会社

本研究では、測定可能液膜厚さをより小さくするために共振周波数 15MHz の圧電素子と独自の駆動回路を用いた超音波液膜厚さ測定装置を製作した。本装置を水-空気系における垂直管内上昇環状液膜流に適用した結果、良質な受信波形を取得でき、受信波形に基づいて推算した液膜厚さは概ね妥当な結果となった。

キーワード：超音波，液膜

1. 緒言：超音波を用いた液膜計測において 0.1 mm 以下の薄い液膜を高精度で測定するためには、信号の立ち上がりが大きい、高周波数、高減衰、高 SN 比の高品質な超音波パルスの利用が要求される。従来研究では、これらの信号品質と測定結果の不確かさについての考察が不十分なままに、極めて薄い液膜厚さの定量性を論じているものが多くある。本研究では、高品質な超音波パルス波形を独自回路で生成･利用することにより、0.1 mm 以下の薄い液膜厚さを高精度で計測する技術開発を進めている。

2. 測定体系：共振周波数 15 MHz の圧電素子（素子サイズ：5 mm × 5 mm）を厚さ約 6 mm のアクリル製配管外側に貼付け、配管内を流れる環状液膜流を測定した（図 1 参照）。

3. 結果：図 2 に垂直円管内上昇環状流の液膜厚さの測定とその評価結果を示す。本評価では、流路内壁での単独の反射波を実験とシミュレーションから求め（緑線）、これをベースとしてある液膜厚さ δ を仮定した合成反射波を媒質の音響インピーダンスと液膜内多重反射も考慮して計算し（赤線）、実測値（青線）に最小自乗フィットさせることで δ を求める。薄い δ では、キャリア信号周期に近接した反射波を検出する必要があり、これを可能とするには立ち上がりが大きい高減衰のパルス波形が必要である。図 2 から、本計測では極めて高い分解能の超音波パルスが得られ、これは先行研究との大きな違いであり、独自の駆動回路を用いることで実現した。これにより、多重反射波を考慮した合成波形は実験結果と良好に一致した。このときの液膜厚さは 50 μm である。

4. 結論：本研究では、従来実施されてきた超音波液膜測定装置よりも高い共振周波数 15 MHz の圧電素子と独自の駆動回路を用いて円管内液膜流を測定した結果、先行研究に比べて良質な波形が得られ、それに起因して高い信頼性の下、液膜厚さ測定が実現された。

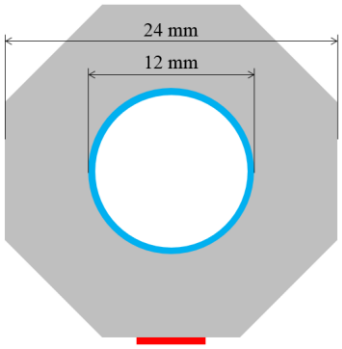

図 1　測定体系
（■：圧電素子、■：母材、■：液膜）

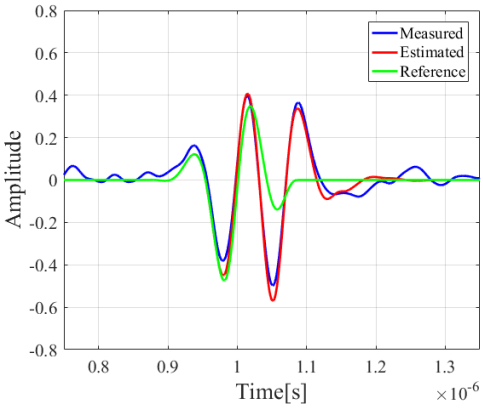

図 2　液膜測定時の受信波形
（青色：測定値、赤色と緑色：固気界面反射波の測定値に基づくシミュレーション）

*Yuki Wada[1], Jun Sagawa[2], Akira Satou[1], Yasuteru Sibamoto[1] and Taisuke Yonomoto[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Mito Electronic Solution