

配管内気体の水素濃度評価のための配管外側からの気体音速計測技術の開発

Development on Sound Velocity Measurement Technique from Outer Surface of Pipe

Aim to Estimate Hydrogen Concentration in Gas inside Pipe

*松井 祐二¹, 平野 克彦², 小林 亮介²

¹日立・研開, ²日立 GE ニュークリア・エナジー

空気音速(340m/s程度)と水素音速(1290m/s程度)の差を利用し、配管外側から気体音速を計測して配管内側の水素濃度を評価する技術を開発している。今回は、配管内空気に水素を模擬したヘリウムを添加して音速を変化させたときに、配管外側から超音波を送受信して音速変化を計測できる見通しを得た。

キーワード：超音波計測, 気体音速, 配管, ガイド波, 水素濃度計測

1. 緒言

配管内に超音波センサを挿入できる場合には、超音波で直接気体の音速を計測することで水素濃度を評価できる[1]。しかし、配管外側から気体音速を計測する場合には、配管鋼材経由で超音波を気体に伝播させることになるため、超音波受信感度が低下する。さらに、正しい伝播経路を同定しないと音速精度を保証できない。そこで、ヘリウムを使って配管外側から気体音速を計測し、結果の妥当性について検証した。

2. 超音波による配管内気体の音速計測試験

配管外側に入射角 60deg で超音波センサを設置し、配管内気体を伝播した超音波を受信できた(条件を Table 1 に示す)。送信センサから受信センサに超音波が直進する経路(Fig.1(a))と、ガイド波の漏えいによる経路(Fig.1(b))を仮定した。なお、ガイド波の漏えいでは、以下の経路を想定している。配管外側の送信センサから超音波を入射すると、配管鋼材中を長手方向に伝播するガイド波が発生する。ガイド波の一部が配管内側に漏えいして気体中を伝播する。漏えい波が配管対向面に到達すると、対向面でガイド波が発生し、このガイド波を配管外側の受信センサで受信する。

配管内空気に水素を模擬したヘリウムを添加して音速を変化させ、伝播時間の計測値と、上記仮定に基づく経路から音速を算出した。直進経路を仮定した計測音速と理論音速[2]には 15%以上の誤差があったが、ガイド波の漏えいを仮定した計測音速と理論音速は 4%以内の誤差で一致した(Fig.2)。

Table1 Outline specification of experiment

Ultra sonic freq.	500 kHz
Incident angle	60 deg
Material of pipe	Carbon steel
Outer diameter of pipe	Φ457 mm
Inner diameter of pipe	Φ433 mm
Thickness of pipe	12mm
Temperature	15°C

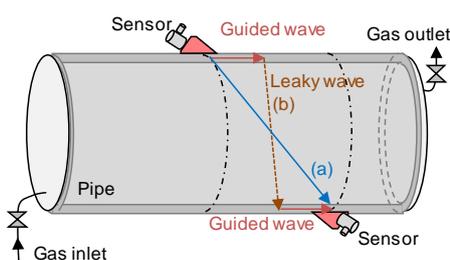


Fig.1 Schematic of ultrasonic meas. experiment for pipe

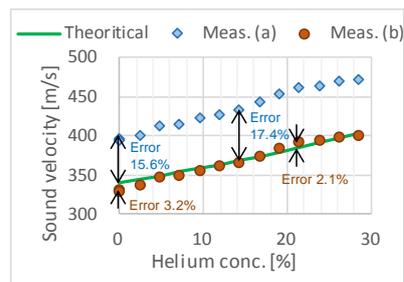


Fig.2 Meas. results of sound velocity for He conc.

3. 結論

ヘリウム添加に伴う配管内気体の音速変化を検出できること、計測音速と理論音速がよく一致したことから、配管外側から超音波送受信する場合でも音速による水素濃度計測が可能となる見通しを得た。

参考文献

[1] 福岡浩彰ほか：超音波によるガス濃度測定法，電子情報通信学会技術報告 信学技報，112(387)，7-12，(2013)

[2] 実吉純一ほか：超音波技術便覧：IV. 資料 1. 気体中の音速度：pp1165 (1978)

*Yuji Matsui¹, Katsuhiko Hirano² and Ryosuke Kobayashi²

¹Hitachi, Ltd. R&D group, ²Hitachi GE Nuclear Energy, Ltd.