

学位論文の審査結果の要旨

本論文ではプレス加工や放電加工など加工現場での実用を想定し、音波を利用した微細穴検査手法を提案した内容を検証し、その考察をまとめた内容である。例えば、微細穴に照射した音波の反射音を利用した検査技術、微細穴からの透過音を利用した検査技術、ヘルムホルツ共鳴現象を利用した新しい検査技術を提案している。いずれの検査技術も、スピーカとマイクロホンが検査装置に組み込まれている点では同じであるが、要求検査精度や装置構造、検査対象のサイズなどに合わせて検査方法を任意に選択することで多様な微細穴検査を実現できることが特徴的である。

第1章では、研究背景と現状の微細穴部品の形状検査に関連する計測・評価技術を説明し、本研究の目的を示している。

第2章では、反射音を利用した微細穴検査技術を提案した、その検証と考察を行っている。微細穴境界面での断面積変化による音波の反射率を推定し、穴径によって反射率が異なることから反射音を利用することで微細穴径を検査できると仮定し、実証実験により微細穴部品からの反射音を計測することで、直径100 μm の微細穴部品に対し $\pm 1 \mu\text{m}$ の穴径差を検査できることを示してある。

第3章では、さらなる穴径の検査分解能の向上を目的とし、透過音を利用した微細穴検査技術を提案してある。音圧校正された標準マイクロホンを用いて微細穴の透過音を検出することで、微細穴の高精度な穴径検査が可能であると仮定した。実験により直径100 μm の微細穴部品に対し、 $\pm 0.12 \mu\text{m}$ の穴径差の検査性能を有することを示している。

第4章では、ヘルムホルツ共鳴現象を利用した小穴検査技術を提案し、その検証と考察について述べてある。本研究では検査容器の開口部に小穴部品を配置し、開口率の変化によってヘルムホルツ共鳴周波数が変わる現象を利用し、穴径を検査する手法を提案してある。検査実験では検査容器内に配置したスピーカへ周波数掃引した電気信号を入力し、容器内に発生した音圧を標準マイクロホンにより計測することで共鳴周波数を求めた。ドリル加工した穴部品の穴径差によって、

共鳴周波数が異なることを確認し，穴径の検査が可能であることを示している．

以上の結果から，本研究で提案した3つの検査手法は，いずれも音波を用いて微細穴を検査することから穴径と流量保証が可能であり，流量制御を目的とした微細穴部品の検査に適している．高速かつ簡便に検査できることや，非破壊検査であることも特徴として挙げることができる．従って，本研究で得られた成果は非破壊検査の基礎的知見を得ることができ，学術的及び工学的な知見を与えるものであり，今後の非破壊検査に有益な指針となる内容である．よって，本論文は博士（工学）論文として十分な内容である．

公表主要論文名

- ・ 長洲 慶典，中山 昇，ヘルムホルツ共鳴利用を利用した小穴検査技術，日本塑性加工学会誌（2018年10月 4日 論文審査結果：掲載可，発行月未定）
- ・ Yoshinori Nagasu, Noboru Nakayama, Kazunori Itoh, Makoto Otani, Keigo Oguchi, Kakumasa Eguchi, Micro-hole diameter inspection using audible sound, Key Engineering Materials, 656-657, 2015, pp. 755-760. (2014年9月発表)
- ・ 長洲 慶典，中山 昇，伊東 一典，大谷 真，江口 稷正，低周波音響信号利用による微細穴検査技術，精密工学会誌，Vol.80, No.11, 2014, pp. 1023-1030. (2014年11月発行に掲載)
- ・ Yoshinori Nagasu, Kakumasa Eguchi, Kazunori Itoh, Makoto Otani, Noboru Nakayama, Micro-hole inspection using low-frequency sound, Journal of JSEM Vol.14, Special Issue, 2014, pp. 105-109. (2013年11月発表)