

機械加工部品の空隙検査方法

電子部 ○仮屋一昭，久保敦，伊藤博雅

機械技術部 市来浩一

1. はじめに

機械加工部品等では，内部空隙の有無と深さ位置が問題になることがある。例えば，アルミダイキャストを用いた機械加工部品等は，鋳造，熱処理，表面処理，切削加工，検査等を経て製品となる。ダイキャストの内部空隙は鋳造時に発生するものの，現在の工程では，切削加工後の検査でしか発見されない。このため，内部空隙を鋳造直後に計測できれば，不良として工程から取り除くことができ，大きなコスト削減となる。また，機械加工部品に限らず，内部の状態が製品の性能，機能に影響を与えるおそれのある電子デバイス，材料等では，非破壊による内部の状態観察が必須となっている。現在では，非破壊による内部観察の方法として，X線，X線CT，超音波，近赤外線（農産物等）等が広く利用されているが，今回は，内部空隙の深さ位置の推定を行うため，超音波顕微鏡を用いた手法について検討したので報告する。

2. 方法

2. 1 超音波顕微鏡の概要

超音波は，液体，気体，固体中でも伝搬が良好。欠陥，接合部の界面等の不連続部でよく反射する。指向性が鋭く直進する。人間に無害である。などの理由から広く非破壊検査の手法として用いられている。超音波顕微鏡の特徴は，探触子が点集束型であり，また，高周波数（10MHz～200MHz 日立超音波顕微鏡 mi-scape シリーズ）のため，微細な空隙（10 μ m ～）の観察が可能であることである。図1は，超音波顕微鏡で観察した電子デバイスの内部イメージである。図2は，超音波エコーの一般的な波形のタイムチャートである。探触子から送信された超音波は，被検体の表面，界面，底面で反射し探触子に戻ってくる。超音波顕微鏡で得られる画像は，計測したい各エコーにゲート（例えば，図2の①のような計測範囲）を設定し，ゲート内の反射強度の最大値を画像構成時の各画素の濃度値に変換している。この

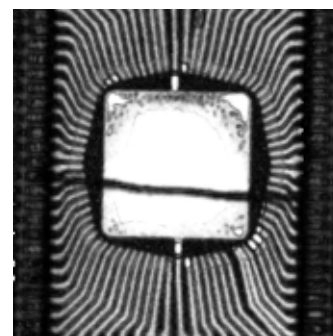


図1 内部イメージ

ため，画像上からは，空隙等の横，縦方向の位置しか確認できない。深さ位置の推定には，表面エコーから界面エコーまでをオシロスコープ等で計測し，算出しなければならない。また，最新の超音波顕微鏡では，深さ位置を推定するために表面エコーから界面エコーまでの時間を画像化したツールも備わっている。このツールは，実時間計測を行う必要から，設定したしきい値を反射強度が越えたポイントまでの時間を計測しているため，波形の形状によっては，界面エコーの強度画像と異なった波形を計測する場合があります。深さ画像上から空隙等の深さ位置を推定するには熟練を必要とする。

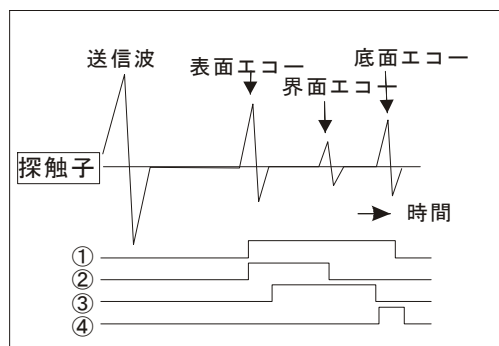


図2 タイムチャート

これらのことから，反射強度の画像上で空隙等と推定されるポイントを，反射強度の画像濃度値と

反射エコーの波形データから、簡易に深さ位置を推定する方法を検討した。

2. 2 計測方法

図2のタイムチャート①は、表面から底面までの時間差、②は、表面から界面（空隙等）までの時間差である。文献等によると、④の底面部の反射エコーには、①の間の情報が積算されているため、内部空隙等の検出には適しているといわれている。しかし、底面エコーから界面の深さ位置の推定はできない。計測の目的は空隙等の位置（縦、横、深さ）を計測することであるため、タイムチャート③で計測した。

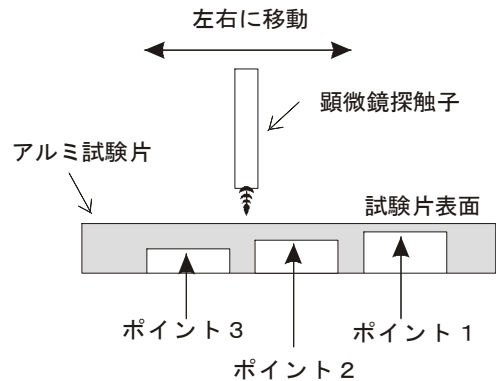


図3 試験片と計測ポイント

実験は、エンドミルで穴の深さを 1mm ずつ変化させて、

空隙の深さ位置を変えた試験片（図3）を作成し、周波数 25MHz 焦点距離 17mm の探触子で各ポイントを計測した。図4は、ポイント1, 2, 3を計測した波形データである。波形は表面波を基準としている。ポイント1の 0.5 μ s 付近の波形が界面エコーで 0.7 μ s, 1.0 μ s 付近に現れているエコーは、2次反射波、および3次反射波である。ポイント2, および3の界面エコーは、0.8 μ s, 1.1 μ s 付近である。深さの推定には、表面エコーから界面エコーまでの時間を用いた。時間を t, 音速を c, 界面（空隙等）までの距離を L とすれば

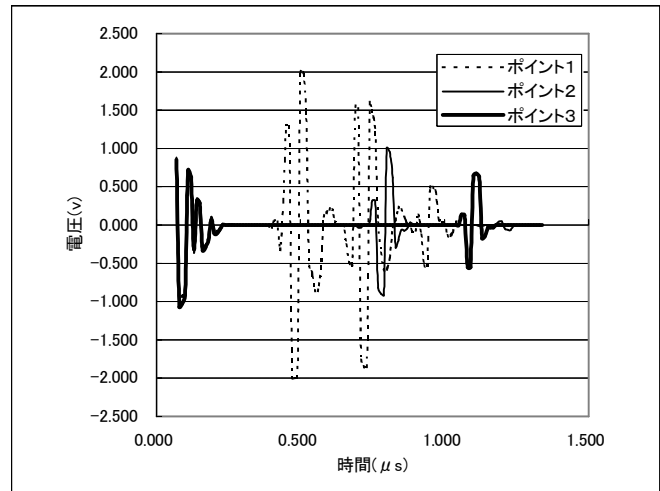


図4 界面エコー

$$L=ct/2 \quad \text{-----式1}$$

である。音速は、被検体の材質によって異なるため、厚さが既知の試験片から、式1に当てはめ、平均音速を求めた。

3. 結果

図5は、深さ位置の計測結果である。

超音波顕微鏡は、波形の処理方法によって、標準画像、(+)画像、深度画像等、いくつかの計測法がある。本計測法をプログラム化したところ、画像上で観察される空隙等の深さ位置の計測が簡易になった。しかしながら、被検体の材質、空隙等の大きさ、形状で計測結果が異なることがあり今後の課題である。

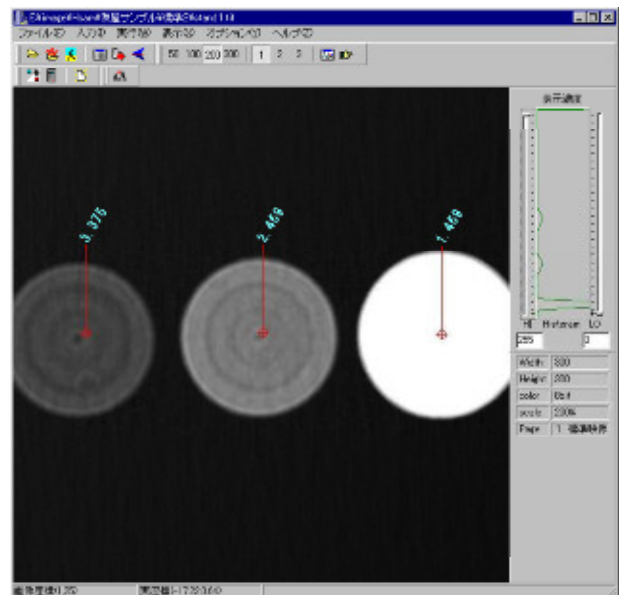


図5 計測結果

参考文献

- 1) 超音波探傷法 日本学術調査会
- 2) 日立超音波探傷映像装置 AT, mi-scope シリーズ 上級編テキスト ほか