

小口径壺型金属部品内面の異物・傷検査

平岡忠志*, 柏木利幸**, 大東啓二***, 乾正史***, 小山滋宏***

抄 録

小口径壺型金属部品内面の異物と傷の有無を画像処理で自動判定する機械を試作した。対象部品内面は金属光沢がありハレーションが発生しやすいこと、壺型形状のため軸方向で輝度ムラがでやすいことが問題である。我々はこれらの問題に、照明に白色拡散反射板と複数画像を用いてハレーションの発生を抑制すること、回転方向で統計をとることで軸方向の輝度ムラを抑制することで対応した。上記の方法に加え、2値化、ラベリング、微分、主成分分析を用いて異物・傷が検出できることを実験で確認した。

1 はじめに

小口径壺型金属部品内面の傷および異物の有無を機械により自動で判定させる。機械の構成は照明器具、内視鏡、カメラ、回転テーブル、ロボシリンダ、計算機である。傷の大きさは 0.2mm 以上かつ長さ 5.0mm 以上のものが対象である。異物の大きさは直径 1.0mm 以上のものが対象である。検査領域は部品内面全域である。首の内径は 15.8mm、胴の内径は 24.8mm、深さは 38.7mm である。

部品内面の形状は壺型で小口径であるため、照明や集光レンズの形状に制約がある。また、部品内面は金属光沢があり、ハレーションが発生しやすい。特に底面と側面の境界凹部は光を集光する効果があり、わずかな光でもハレーションが発生する。また、壺型形状であるため軸方向で輝度の変化が大きい。

2 方法

我々は検査対象面への照明とイメージセンサへの集光方法、ハレーション対策、軸方向の輝度ムラ対策として以下の方法と対策を用いた。

照明方法として、東レ製のルミラーE60V を反射板とした間接照明を用いた。反射板を部品内面の形状に似たように加工し、部品の口から底に向かって挿入した。その反射板に光ファイバーから射出された光を部品の口元付近から照らした。この反射板は光を乱反射させる効果があるので、部品内面に様々な位置、角度から光を照射させることが可能となる。この方法でハレーションがかなり抑制できた。また、

部品内面で反射された光をイメージセンサに集光させるためにカールストルツ社製のボアスコープ 84384CF (斜視タイプ、外径 3.8mm、長さ 150mm) を用いた。この製品は小径で長い、明るく鮮明な画像を撮影できる。

しかし、このままでは凹部でハレーションが起こったり、ボアスコープが部品内面に映りこんだりする問題がある。そこで、高さ方向を3段階に分け、回転方向でそれぞれ 27 枚の画像を撮影した複数枚の画像から、上記問題の影響を除去した合成画像を作成した。合成画像の作成方法は次のとおりである。部品内面に沿って口から底へ向けて 1mm 間隔で黒色の 0.5mm 角の正方形を配置した校正用部品を用意した(図 1 左)。これを 5 度ピッチで回転テーブルにより回転させ、画像を撮影し、四角形の中心位置を求めた(図 1 右)。合成画像の横軸を回転方向とし、縦軸を部品内面に沿った口から底への方向と定義した。正方形の中心位置は撮影画像の 2 次元空間上で検出できること、また合成画像の 2 次元空間上で既知であることより、それらの座標値の変換式を作成できる。正方形の中心以外の領域の変換式は双線形補間により求めた。その変換式を基に、検査対象部品を撮影した複数画像から合成画像を作成した。撮影画像には重複領域があり、合成画像の各画素に対応する撮影画像の画素数は 10 程度存在する。ハレーションした画素を除き、ロバスト推定により平均をとって合成画像を 1 枚作成した(図 3, 図 5)。

上記の合成画像でハレーションの問題は解決され

*電子機械課, **企画情報課, ***ダイトー工業(株)

るが、軸方向で画像の輝度変化が大きい。そこで、画像の各行で平均と分散を計算し、各行でそれらが等しくなるように画像を正規化した（図2）。

この正規化画像に対し、異物検出についてはそのまま2値化し、傷検出については、 9×3 の大きなマスクで微分したのち、2値化した。ラベリング後、傷検出については、各ラベルの主成分の大きさから傷領域を検出した。異物検出については、各ラベルの主成分の大きさのほかに、ラベル境界の微分値の平均を用いた。

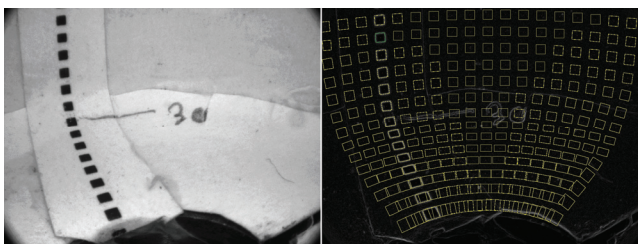


図1 校正用部品と黒色の正方形の検出結果

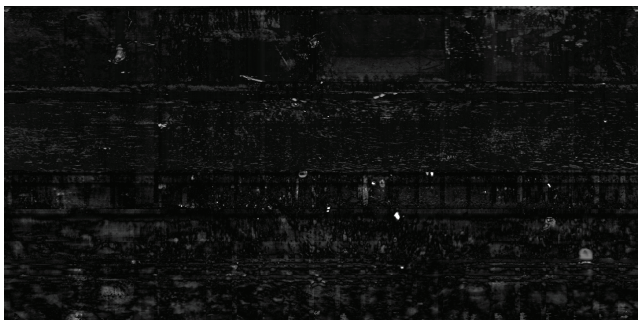


図2 各行で正規化された画像（异物あり）

3 結果

図3は傷ありの合成画像、図5は異物ありの合成画像である。下から1/4ほどの位置にある凹部の輝度は高いが、ハレーションは全くないことがわかる。図5の合成画像に対して各行で平均と分散を正規化した画像を図2に示す。軸方向の輝度ムラが除去できていることがわかる。さらに2値化、ラベリング、微分、主成分分析を用いて、図4に図3から1つの傷を検出した画像を、図6に図5から2つの異物を検出した画像を示す。検出領域を白色で塗り潰し、白色の楕円で囲った。傷と異物が正しく検出されていることがわかる。これらの検査対象部品については、人が異物・傷と指示した領域と機械が検出した領域がほぼ一致していた。

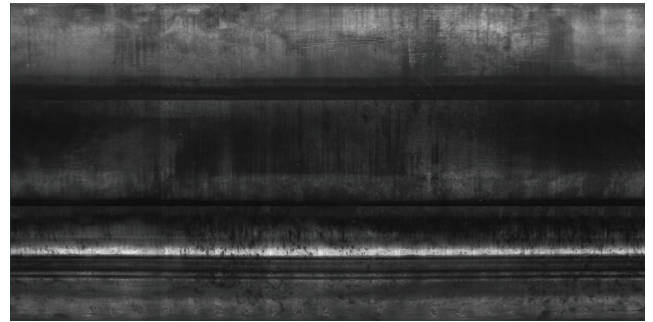


図3 合成画像（傷あり）

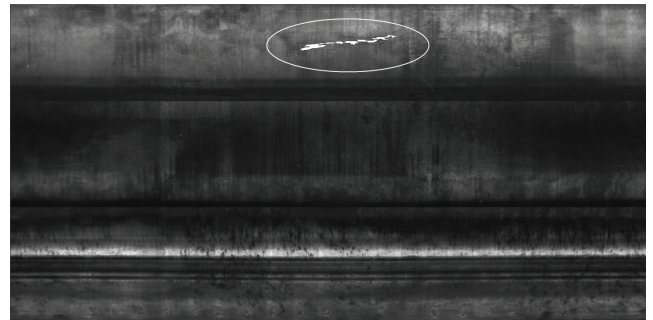


図4 傷検出結果



図5 合成画像（异物あり）



図6 異物検出結果

4 まとめ

白色拡散反射板を用いてハレーションをかなり抑制し、合成画像を作成することでハレーションを完全に抑制した。統計処理により軸方向の輝度ムラを除去し、2値化、ラベリング、微分、主成分分析を用いて異物・傷を正しく検出した。