

画像処理によるアルミダイキャスト製品の穴に生じるバリの定量化

森 大樹*, 中村 敬*

Quantification of Burrs Generated on the Peripheral Edge of Holes of Aluminum Die-Cast Products by Image Processing

Daiki MORI and Kei NAKAMURA

1. はじめに

アルミダイキャスト製品の製造は、熔融したアルミニウム合金を金型に充填し、急熱急冷が繰り返される過酷な条件下で行われるため、用いる金型には摩耗が生じ易くなる¹⁾。金型に摩耗が生じれば、アルミダイキャスト製品にも大きなバリが発生し始めるなど、金型の状態が製品の品質に及ぼす影響は大きく、品質管理において、金型の状態把握は非常に重要な課題である。そこで本報告では、金型の状態を把握するための一手法として、金型の磨耗と製品に生じるバリの大きさの関係に着目し、画像処理によるバリの特定と大きさの定量化を試みた。

2. 実験方法

アルミダイキャスト製品の外観は複雑な形状が多く、生じるバ리를画像処理で全て特定することは困難であるため、本実験では、形状が円形である「穴」のみを対象として、バリの特定を行った。

2.1 アルミダイキャスト製品の撮影

図1に示す撮影装置を用い、10個のアルミダイキャスト製品(175×175×55 mm, 以下、サンプルとする)を評価した。サンプルには、撮影装置上面に取り付けたリングライト(外径260 mmφ, 内径200 mmφ)で375 lxの白色光を照射し、366 mmの距離から撮影した。カメラの解像度は1920×1080 [px]に設定し、露光時間及びホワイト

バランスは、暗室内における本装置の照明環境下にて自動調整とした。

また、サンプルの設置位置については、図2に示すガイドを用い、ガイドに沿わせた位置にサンプルを押し当てることで揃えた。ただし、ガイドに接触するサンプル側面にバリが生じ、平坦でないものがあつたため、最大15 mm程度の位置ずれが生じた。

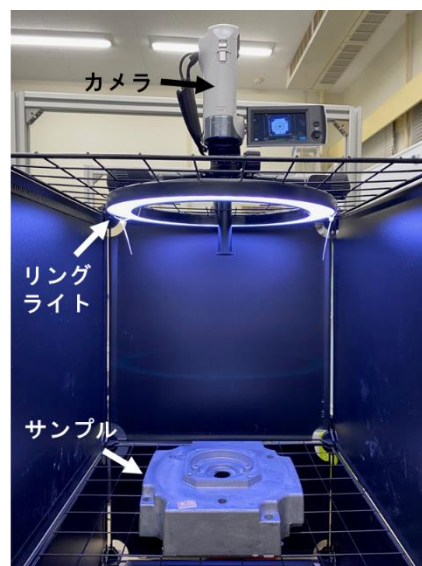


図1 撮影装置



図2 サンプル位置合わせ用のガイド

* ものづくり研究課

2.2 画像処理によるバリの定量化

プログラミング言語は Python を使用し、画像処理のライブラリには OpenCV を用いた。

画像処理は、画像からサンプルの穴を検出する手法と、得られた穴の画像からバリを検出し、その大きさを定量化する手法で行った。サンプルの穴の検出については、サンプルの設置時に位置ずれが生じなければ不要な作業となるが、既述したように最大 15 mm 程度の位置ずれが生じたため実施し、バ리를特定した²⁾。また、サンプルには、図 3 に示すように 8 つの穴が存在するため、#1～#8 として識別した。バリの大きさの定量化については、面積は穴の内側の二値化画像から算出し、バリの高さは、穴の縁から中心に向かう最長の長さを計測して求めた。各処理の詳細について、以下に述べる。

2.2.1 穴の検出

以下の手順により、サンプルの穴を検出した。

- (1) サンプルの画像を、大津の手法³⁾により二値化し、さらに白黒反転を行うことにより図 4(a) を得た。
- (2) 二値化画像から穴以外の不要な領域を除去するためにモルフォロジー変換^{4,5)}を行った。具体的には、画像の収縮と膨張を組み合わせる白色ノイズを除去するオープニング処理で、比較的面積の大きい円以外の白色領域を除去した。その一方で、背景に点在する黒色ノイズを除去するために、画像の膨張と収縮を組み合わせたクロージング処理を行った。本手法で用いたオープニング処理のフィルタサイズは 25×25 [px] の矩形カーネルであり、クロージング処理は 2×2 [px] の矩形カーネルである。
- (3) モルフォロジー変換後の画像 (図 4(b)) から輪郭検出を行い、穴を特定した。ただし、モルフォロジー変換で除去しきれないノイズが残留した場合には、その面積に閾値を設定することで除去した。以上の処理により、白色領域の穴を特定した。
- (4) 特定した穴の輪郭がノイズ除去の影響で変形されていることを考慮し、求めた最小外接矩形の上下左右に 20 [px] ずつマージンを持たせ

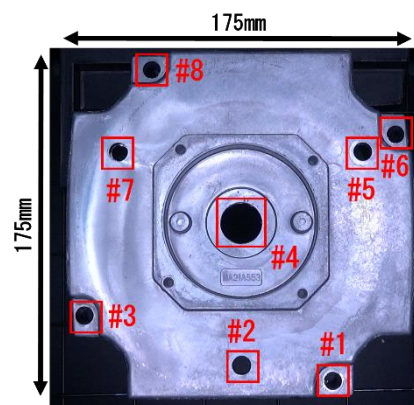


図 3 サンプルの穴を識別するための番号

て、トリミングを行った。穴の検出結果を図 5 に示す。

なお、本手法は画素値の差を用いた画像処理であり、図 6 に示すような穴が未貫通の場合には、検出ができず対象外とした。#7 の穴については、10 サンプル中 7 サンプルが未貫通であり、穴の総数は 73 となった。

2.2.2 バリの検出

以下の手順により、バ리를検出した。

- (1) 図 5 を二値化し、バリの輪郭検出を行った。ここでは、バリの形状を残すために、モルフォロジー変換は実施しなかった。
- (2) 得られた輪郭に対し、外接円の推定を行ったが、ノイズの影響により複数の外接円が出現した (図 7(a))。これらの外接円の中から、画像の中心に最も近い位置にある外接円を抽出し、穴として検出した (図 7(b))。
- (3) 検出した外接円でマスク処理を行い、穴の内側のみを表示させたマスク画像 (図 7(c)) を得た。
- (4) マスク画像に対し、二値化を行うことでバ리를検出した。ここでは、閾値を穴とバリの分離が十分にできる画素値 100 に設定した。得られた画像を図 8(a) に示す。

2.2.3 バリの大きさの定量化

図 8(a) の白画素数を合計し、画像中のバリの面積を求めた。同図を極座標変換し、極座標系にバ리를並べ (図 8(b))、 r 軸の最長の白画素数をバリの高さとして評価した。ここでは、全サンプル

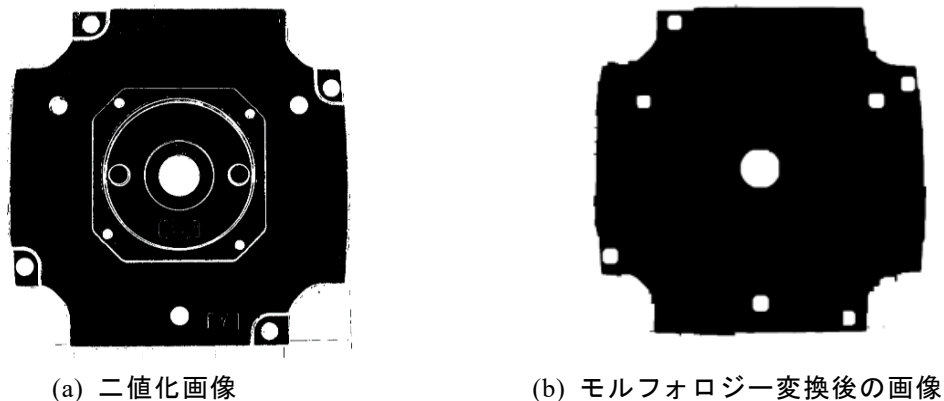


図4 サンプルの穴を検出するために行った画像処理

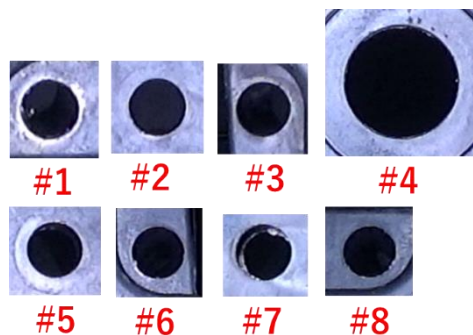


図5 サンプルの穴の検出結果 (図3画像の例)



図6 未貫通の穴 (#7) の一例

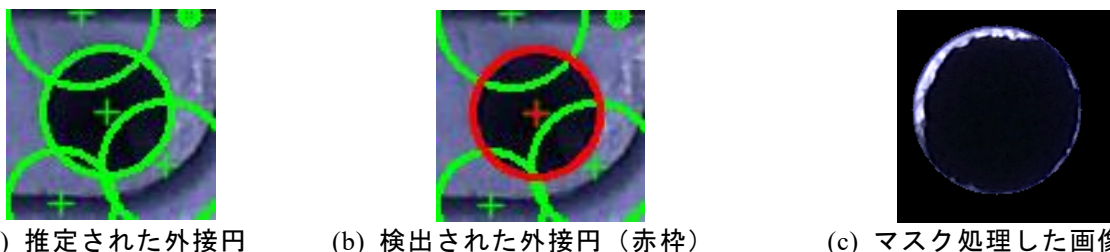


図7 バリを検出するために行った画像処理

から各穴のバリの面積とバリの高さの平均値および標準誤差を求めた。

なお、#7の未貫通の穴は、穴がバリで埋まっていると見なし、貫通している穴の面積と半径の平均値を、バリの面積および高さとして定量化した。

3. 実験結果

各穴におけるバリの面積の平均値を図9に、バリの高さの平均値を図10に示す。ここでは、標準誤差をエラーバーで示した。これらの図には、他の穴に比べて穴径が大きい#4を併記したが、#4のバリは、#7を除けば、穴径ほどの差にはならな

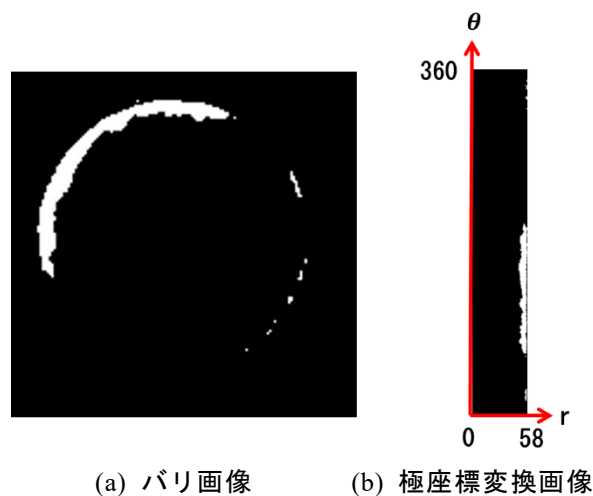


図8 検出したバリの二値化画像

かった。また、未貫通の穴となり易い#7については、バリの面積と高さが共に大きい傾向となり、どちらの手法を用いてバリを評価しても、得られる結果の傾向に大きな差異は認められなかった。

4. まとめ

アルミダイキャスト製品に生じるバリについて、画像処理を用いた評価を試みた。その結果、バリの面積と高さのどちらを選択した場合においても、得られる結果に大きな違いは認められず、画像処理の過程で極座標変換が不要な面積を用いた手法が、より簡便に評価できることを確認した。

5. 今後の課題

本実験の結果は、限られたサンプルの種類や数で得られたものであり、今後、精度を高めるためには、撮影条件なども含めた改善が必要となる。また、実際のアルミダイキャスト製品では、打痕やピンホールといった不良も生じるため、バリ以外の評価についても検討を進める必要がある。

謝辞

本研究にあたり、アルミダイキャスト製品のご提供を頂きました三重ダイキャスト工業株式会社様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐々木英人ほか：“アルミニウム合金ダイキャスト金型のメンテナンス”，*铸造工学*，88(6)，p358-363 (2016)
- 2) 大重貴彦：“鉄鋼製品の品質評価のための自動検査技術”，*計測と制御*，55(3)，p228-233 (2016)

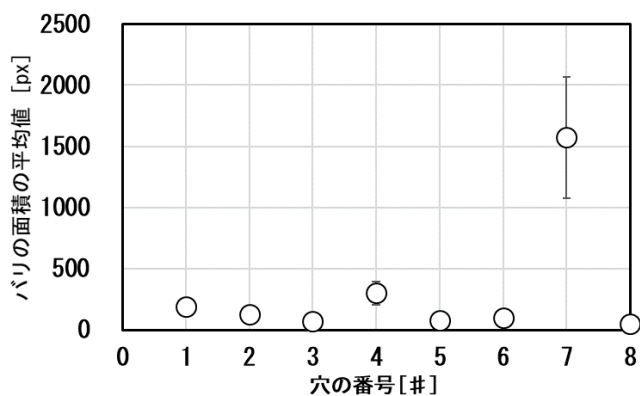


図9 各穴におけるバリの面積の平均値

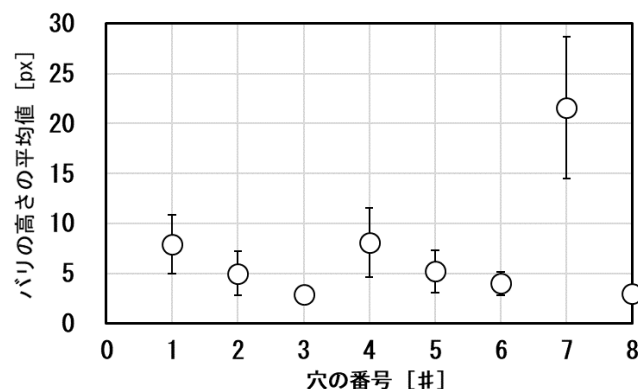


図10 各穴におけるバリの高さの平均値

- 3) N. Otsu: “A threshold selection method from graylevel histograms”. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 9(1), p62-66 (1979)
- 4) G. Mathero: “Random sets and integral geometry”. New York: Wiley (1975)
- 5) J. Serra: “Image analysis and mathematical morphology”. New York: Academic (1982)