

203 アルミニウム合金ダイカスト製品内の鑄巣低減のための圧縮処理

Reduction of Casting Defect in Aluminum Alloy Die Casting by Applying Compression

○正 半谷禎彦(群大工) 阿久澤功(群大工) 北原総一郎(グンダイ(株))
正 桑水流理(東大生研) 正 吉川暢宏(東大生研) 天田重庚(群大工)

Yoshihiko HANGAI, Isao AKUZAWA, Gunma University,
1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu-shi, Gunma

Soichiro KITAHARA, Gundai Co., Ltd.

Osamu KUWAZURU, Nobuhiro YOSHIKAWA, The University of Tokyo
Shigeyasu AMADA, Gunma University

Key Words : Die Casting, Porosity, Finite Element Method, X-ray Computed Tomography, Compression, Image-based Modeling, Aluminum Alloy ADC12

1. 緒 言

ダイカスト法は高生産性を有するなど様々な利点を持つ。一方で、鑄巣の発生は不可避である⁽¹⁾。鑄巣は機械的性質の低下や、耐圧部品の気体漏れを招く。その対策方法として、従来から鑄造後の後処理工程で、有機溶剤や無機溶剤を製品に含浸させ、耐圧部品の気体漏れを防止する含浸処理⁽²⁾が行われている。しかし、含浸剤の使用は環境への負荷が大きく、処理時間が長いことから生産性を低下させる。

一方、鑄造後の後処理工程で、製品に軽度の圧縮荷重を負荷し鑄巣の低減を図る鑄巣低減圧縮処理法⁽³⁾⁽⁴⁾が、新たな鑄巣対策として提案されている。一度のプレス加工で鑄巣の低減が可能で、時間のかかる含浸処理工程を省ける可能性があることから、生産性の向上が期待できる手法である。

しかし、製品内部の鑄巣の形状や分布の違いによって圧縮処理の際の低減効果が大きく異なる、といった問題がある。製品内部の鑄巣の形状や分布は、鑄造方案や金型方案、製品形状に大きく依存するため、個々の製品によって異なるものとなっている。そのため、最適負荷様式の検討は内部鑄巣情報を考慮に入れたものであることが不可欠である。

そこで本研究では、製品内部の鑄巣情報を忠実に反映させたイメージベースト有限要素解析⁽⁵⁾⁽⁶⁾の圧縮処理解析への適

用性について検討を行う。本研究の手順は以下の通りである。
①ダイカスト製品から切り出した試験片をX線CTにより観察し、非破壊で鑄巣の分布や形状、変形挙動など内部鑄巣情報を抽出する。②X線CT画像を基に、イメージベーストモデリングを行い、二次元有限要素メッシュを作成する。③作成した有限要素メッシュを用いて圧縮処理解析を行い、得られた解析結果と、実際に圧縮処理を行った試験片のX線CT撮像結果とを比較し、二次元イメージベースト有限要素解析の妥当性を検討する。

2. X線CTによる鑄巣撮像

2・1 試験片 試験片に用いた材料はADC12アルミニウム合金で、試験片形状は直径10mm、高さ10mmの円柱状である。

試験片を作成するために、まず、コールドチャンバ方式ダイカスト法により上底36mm、下底40mm、厚さ10mmのテーパ付円柱

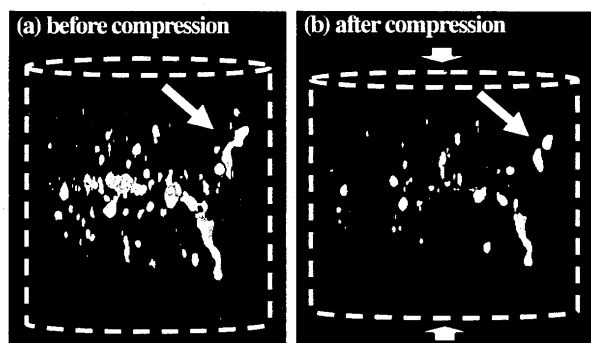


Fig. 1 Three-dimensional distribution of casting defects in a specimen.

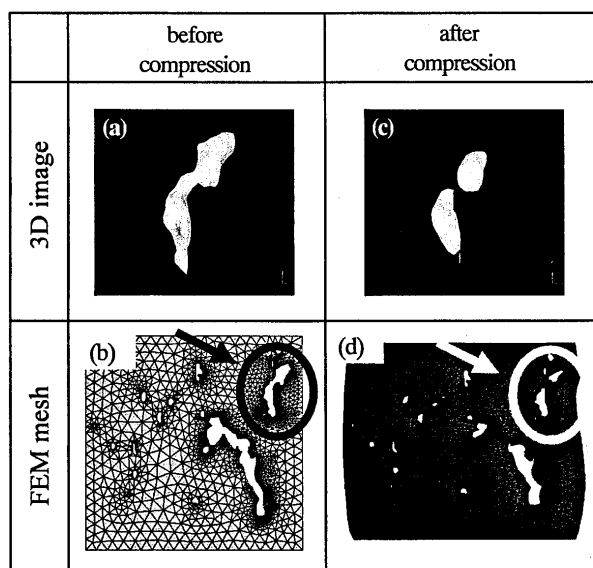


Fig. 2 Three-dimensional images and FEM meshes, before compression and after compression.

を作成した。鋳造圧力は約70MPaで1個取りとした。テーパーは鋳造時に、金型から取り出しやすくするために設けたものである。次に、ワイヤカット放電加工により、テーパー付円柱1個につき本研究で用いる試験片を5個切り出し、本研究で用いた試験片を作成した。

2・2 X線CT撮像方法 X線CT撮像は、(株)島津製作所製のマイクロフォーカスX線CT, SMX-225CTを用いて行った。用いたX線CTの精度と測定時間との関係から、スライスピッチは0.1mmとし、高さ方向に約100枚の画像を得た。断面の解像度は1024×1024で、1ピクセルの大きさはほぼ0.01mmである。

2・3 試験条件 圧縮処理試験は、(株)島津製作所製の精密万能試験機, AG-100kNGを用いて常温で行った。負荷速度1mm/minの変位制御で試験片高さ方向に負荷した。圧縮処理試験により試験片に残留した永久ひずみは初期寸法に対して約12%であった。また、圧縮荷重を負荷する際には、試験片の上下面に潤滑剤などは塗布しなかった。

2・4 鑄巣撮像結果 図1は試験片全領域の鑄巣三次元分布を、試験片の真横から見たものである。図2(a),(c)は図1の矢印で示した鑄巣を拡大したものである。試験片内の白い部分が鑄巣、黒い部分がアルミニウム合金を示す。2・2節で得られたCT画像に、スライスピッチ分の厚みを持たせて積層させることにより作成した(図3(a),(b)参照)。図1から、圧縮負荷により鑄巣体積および鑄巣数が低減しているのが分かる。また、図2(a),(c)から、圧縮荷重負荷により、鑄巣は分断され気体漏れ経路を遮断することが可能であることが分かる。

3. イメージベースト有限要素解析

3・1 イメージベーストモデリング 解析モデルの作成は以下のように行った。まず、図1の三次元画像中で、圧縮後も観察可能な十分大きい鑄巣をなるべく多く含むある断面(中心軸と平行)を抽出した(図3(b),(c)参照)。次に、適切な閾値を設定し、鑄巣とアルミニウム合金の境界輪郭線に対して等値線データを得た。最後に、等値線データを有限要素解析ソフトに取り込み、三角形6節点要素を用いて二次元有限要素メッシュを生成した(図3(c),(d)参照)。ここで、CT画像から等値線データを作成するまでの作業には(株)くいのVOXELCON ver.6.1を用いた。また、有限要素メッシュの生成および有限要素解析はANSYS 8.0を用いた。

3・2 解析条件 生成した有限要素メッシュに対して、二次元弾塑性有限要素解析(平面ひずみ近似)を静的大変形で行った。圧縮負荷は、試験片上面に圧縮方向で1.2mmの変位(圧縮ひずみ12%に相当:実際の圧縮処理試験で生じた永久ひずみ分)を与えることによって実現した。

3・3 有限要素解析の妥当性 二次元イメージベースト有限要素解析の妥当性を評価するために、2章の圧縮処理試験結果と、本節の解析結果の比較を行った。

図2(b)は、生成した有限要素メッシュである。図2(d)は、図2(b)の有限要素メッシュを用いて有限要素法により圧縮処理解析を行ったものである。図2(c)の試験結果と図2(d)の解析結果を、矢印で示した鑄巣形状について比較すると、ほぼ同様の結果が得られた。すなわち、イメージベースト有限要素解析を弾塑性、静的大変形で行えば、二次元解析で妥当な圧縮処理解析を行うことが可能であることが分かる。

4. 結 言

本研究では、ダイカスト製品の鑄巣低減圧縮処理法において、製品内部の鑄巣情報を忠実に反映させた最適負荷様式の検討を行うために、二次元イメージベースト有限要素解析の有効性を検討した。

謝 辞

本研究の一部は、財団法人生産技術研究奨励会の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- (1) Allsop, D. F. and Kennedy, D., *Pressure Diecasting, Part 2 The Technology of the Casting and the Die*, (1983), p.6, Pergamon Press Ltd..
- (2) Kanno, T. and Uehara, T., *An Introduction to Die Casting Technology* (in Japanese), (1997), pp. 245-247, Nikkan-Kogyo-Sinbunsha.
- (3) Hangai, Y. et al., Pore Defect Control in Die Casting by Compression Loading, *Journal of the Japan Institute of Metals*, Vol. 69, No. 8 (2005), pp. 723-726.
- (4) Hangai, Y. et al., Influence of Compression Process on Amount and Morphology of Porosity in Aluminum Alloy ADC12 Die-casting Products, *Journal of Japan Foundry Engineering Society*, in press.
- (5) Tawara, D. et al., Finite Element Analysis Considering Material Inhomogeneousness of Bone Using "ADVENTRE System", *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A*, Vol. 70, No. 697 (2004), pp. 1163-1169.
- (6) Yoshikawa, N. et al., Research Trend of Image-Based Biomechanical Simulation, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A*, Vol. 70, No. 697 (2004), pp. 1157-1162.

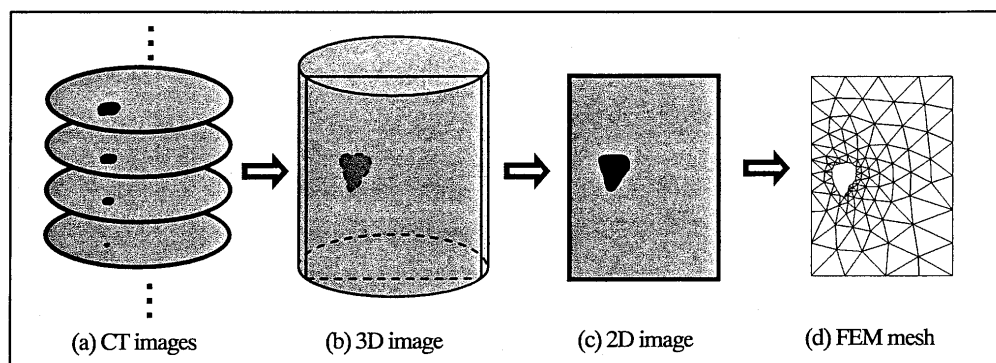


Fig. 3 Schematic to obtain 2D finite element mesh from X-ray CT images.