

3216

アルミニウム合金ダイカストに対するPRPC法適用の有効性について (ダイカスト内鑄巣挙動のX線CT非破壊観察による評価)

Applicability of PRPC Process on Aluminum Alloy Die Castings
(X-ray CT Non-destructive Observation of Deformation Behavior of Porosity inside Die Castings)

○正 半谷禎彦 (群大工) 阿久澤功 (群大院) 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)

Yoshihiko HANGAI, Isao AKUZAWA, Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma
Soichiro KITAHARA, Gundai Co., Ltd.

Osamu KUWAZURU, Nobuhiro YOSHIKAWA, The University of Tokyo

Key Words : Die Casting, Porosity, PRPC Process, Aluminum Alloy, ADC12, X-ray CT, Compression, Bonding

1. 緒言

アルミニウム合金ダイカストは、複雑な形状の製品であっても生産性が良く、寸法精度が良好であることから、自動車部品などに広く利用され、その生産量は年々増加している¹⁾。しかし、ダイカストにおける空洞欠陥(以後、「鑄巣(いす)」と称する)の発生は不可避であり、鑄巣に起因する製品強度の低下や、カーエアコン用コンプレッサーなど耐圧性部品の圧漏れが問題となっている^{2), 3)}。鑄造中に発生してしまった鑄巣は、含浸処理^{4), 5)}などの後処理を施すことで対策が講じられているのが現状である。

含浸処理は圧漏れ防止を目的に、有機溶剤などの含浸剤により鑄巣をシールする方法である。しかし、含浸処理は煩雑で時間がかかる処理であり、生産性の低下を招く。また、含浸剤廃液による環境汚染が懸念されることや、製品の強度向上に対しては何ら効果が得られないことなど課題も多い。

この対策として著者らはPRPC (Porosity Reducing Post Compression) 法を試みている。PRPC法は、ダイカスト後の製品に対して圧縮荷重を負荷することで、鑄巣体積の縮小や鑄巣の圧着・消滅により鑄巣数の低減を実現し、製品の圧漏れ防止や強度向上を目的とする方法である^{6), 7)}。一度のプレス加工で済むため、生産性を低下させない。また、環境汚染の心配も少ない。

圧漏れ防止は、圧漏れの経路となる鑄巣が閉口し、鑄巣壁どうしが一ヶ所でも接触することで実現できるものと思われるが、圧着を伴わない場合には、製品使用中の再開口が懸念される。

そこで、本研究ではPRPC法により閉口した鑄巣が圧着しているか否かを検討するために、室温下または高温下で圧縮荷重負荷を行ったADC12アルミニウム合金ダイカストに対して、引張荷重負荷を行い、荷重負荷前後の再開口の有無を確認する。鑄巣形状変化の観察にはX線CTを用いる。X線CTは非破壊で内部の鑄巣形状を観察することが可能であり、荷重負荷前後で同一の鑄巣の形状変化を比較するのに有効な方法である。これにより、ADC12アルミニウム合金ダイカストに対するPRPC法の有効性について検討する。

2. 実験方法

2. 1 実験手順

PRPC法適用を想定した圧縮荷重負荷、鑄巣圧着の有無を確認するための引張荷重負荷およびX線CT撮像を以下の手順で行った。

- (1) 圧縮荷重負荷前(初期状態)の試験片をX線CT撮像する。
- (2) 室温下または高温下で、試験片の高さ方向に変位制御で圧縮荷重負荷を行う。ある時間変位を保持し、その後、完全に除荷する。
- (3) 圧縮荷重負荷された試験片をX線CT撮像する。
- (4) 圧縮荷重負荷された試験片に対して、破断するまで引張荷重負荷を行う。
- (5) 引張荷重負荷により破断された試験片をX線CT撮像する。

2. 2 試験片

荷重負荷前後で同一の鑄巣に着目して観察するために、圧縮荷重負荷と引張荷重負荷の両方が可能な試験片を作製した。この試験片を以後「圧縮引張試験片」と称する。圧縮引張試験片外観をFig. 1に示す。試験片の作製方法は、まず、ADC12アルミニウム合金ダイカスト製品をコールドチャンバ法により大気開放で作製した。次に、作製したダイカスト製品から、ワイヤカット放電加工により、圧縮引張試験片を切り出した。この寸法の試験片であれば、圧縮時に座屈がほとんど起こらず、引張時のチャッキングも可能である。

2. 3 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。X線源はタングステンである。断面の解像度は512×512で、1ピクセルの大きさはほぼ0.032mmである。高さ方向の解像度は、断面の解像度とあわせるために、スライスピッチを0.032mmとした。収集ビュー数(撮像データ取り込み数/試料1回転)は1200回、収集アベレージ数(撮像データの平均処理回数)は3回である。用いたX線管電圧は80~130kV、X線管電流は200μAである。X線CT撮像

は、Fig. 1 のAで示す試験片の平行部について行った。

2. 4 画像処理方法

X線CT撮像により得られた画像に、スライスピッチ分の厚みを持たせて積層させることで、三次元画像を得る。その画像に対して適切な閾値を設定し、等値面を取ることで鋳巣とアルミニウム合金の識別を行い、鋳巣形状の抽出を行った。画像処理には、(株)くいんとのVOXELCON 2006を用いた。

3. 実験結果

Fig. 2 に室温圧縮の場合、Fig. 3 に高温圧縮の場合の結果を示す。上段が試験片の全撮像領域に内在していた鋳巣の三次元分布状況であり、白い部分が鋳巣を表している。図は試験片を真横から見たものである。下段が、上段において黒線で囲んだ鋳巣の変形状況である。圧縮荷重負荷前後における鋳巣の分布を比較すると、室温圧縮、高温圧縮ともに、圧縮荷重負荷により、鋳巣の体積が縮小し、鋳巣の数が低減されていることが分かる。特に黒線で囲んだ鋳巣は、室温圧縮、高温圧縮に関わらず、鋳巣の一部が閉口し鋳巣壁が接触している。引張荷重負荷前後における鋳巣の分布を比較すると、室温圧縮した試験片よりも高温圧縮した試験片において、鋳巣体積および鋳巣数ともに変化が小さい。特に黒線で囲んだ鋳巣は、室温圧縮では再開口しているのに対し、高温圧縮では閉口したままである。これは、高温圧縮では圧着が起き、引張荷重を負荷しても再開口しなかったためと考えられる。

4. 結言

PRPC法を適用したADC12アルミニウム合金ダイカストに対して、引張荷重負荷を行い、X線CTにより圧縮引張負荷前後の鋳巣変形挙動を観察した。高温圧縮では鋳巣の圧着が観察され、PRPC法により圧漏れ経路を遮断できる可能性があることが示されたと考えられる。

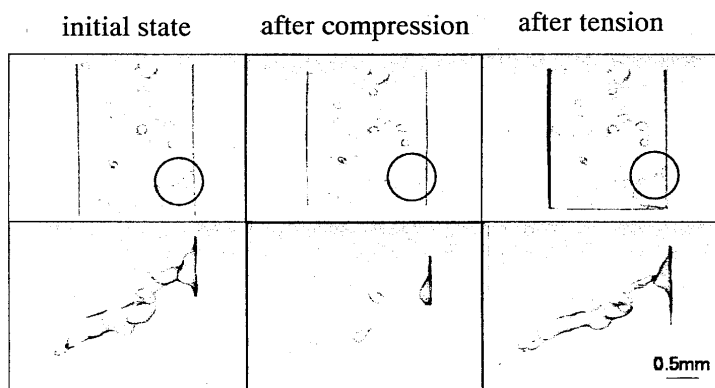


Fig.2 Three-dimensional porosity maps and geometry of porosity extracted from the three-dimensional porosity maps in PRPC process of room temperature

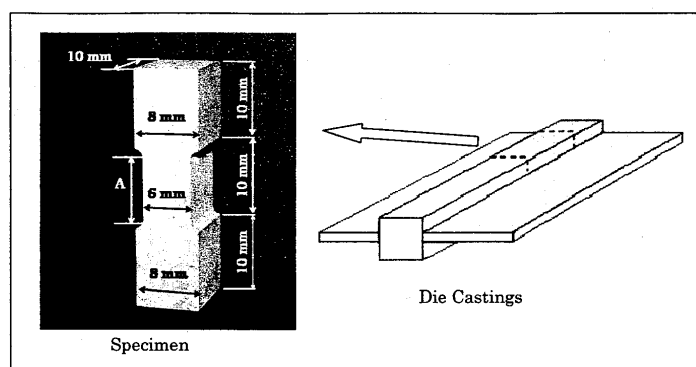


Fig. 1 Manufacturing process and picture of the specimen used for the experiments, which is cut out from die castings. Region A shows the observation part of X-ray CT.

謝辞

本研究の一部は、財団法人群馬大学科学技術振興会の助成を受けて行われた。また、本研究の遂行に当たり、東京都立産業技術研究センターの佐藤健二氏には有益なご助言を賜った。X線CT撮像では東京大学生産技術研究所の針谷耕太氏、高温圧縮試験、および引張試験では群馬県立群馬産業技術センターの西村光彦氏にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本ダイカスト協会編：ダイカストって何？（日本ダイカスト協会）(2003) 2
- 2) 岡安光博，金沢憲一，西直美：鑄造工学 **70** (1998) 779
- 3) ダイカスト研究部会編：ダイカストの鑄造鋳巣・不良及び対策事例集（社団法人日本鑄造工学会）(2000).
- 4) 菅野友信，植原寅蔵：ダイカスト技術入門（日刊工業新聞社）(1997) 246
- 5) 増田善彦：アルトピア **32** (2002) 4, 30
- 6) 半谷禎彦，北原総一郎，天田重庚：日本金属学会誌 **69** (2005) 723
- 7) 半谷禎彦，阿久澤功，北原総一郎，桑水流理，吉川暢宏，天田重庚：鑄造工学 **78** (2006)

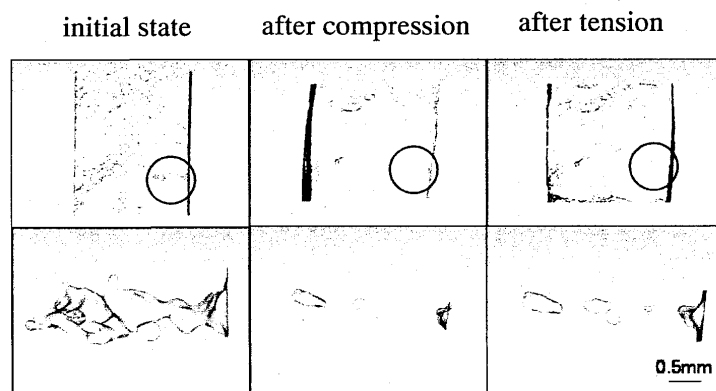


Fig.3 Three-dimensional porosity maps and geometry of porosity extracted from the three-dimensional porosity maps in PRPC process of high temperature