

高強度アルミ鋳造品の矯正方法の検討

Examination of straightening method of High strength and low toughness aluminum Alloy castings

南相馬技術支援センター 機械加工ロボット科 仲沼岳 安齋弘樹
 応募企業 ニダック精密株式会社

反りが発生している高強度アルミ鋳造品の矯正において、振動を付与することで矯正する方法について可能性を検討した。今回、加圧による内部応力を持たせた試験片に周波数及び加速度を変化させて正弦波振動を加えたが、内部応力の解放を確認できなかった。

Key words: CAE、応力、振動試験

1. 緒言

申請企業では、アルミ鋳造品を製造している。鋳造では、凝固収縮などの影響による変形や反り、製品内部には残留応力が発生し、原型と全く同じ寸法にすることは難しい。そのため、鋳造後の切削加工により精度を上げているケースもある。しかし、肉厚の薄いアルミ鋳造品においては、加工による修正が難しいため、変形や反りのある鋳造品はそのまま製品不良となり、不良率上昇の一因となっている。ある製品においては、生産数の約5%が不良となっているケースがみられる。そこで、この当該不良率の低下には、切削加工以外での反りの矯正が求められている。

切削加工以外の方法としては、外力による矯正と熱による矯正が代表的であるが、外力による反りの矯正を行うと、薄肉の場合は耐久性の低下等につながる可能性が高い。一方、熱による内部応力の解放は、今回の製品の耐熱温度が低いため、適用が難しい。そのため、熱に代わるエネルギーの入力が必要となってくる。青木らは、溶接歪みに対して振動による内部応力の低減を検討しており¹⁾、今回は、実験の単純化のため、単純な形状の試験片に加振による矯正を試みた。

2. 実験

2.1 実験概要

今回想定している製品形状は箱型であり、アルミの材質はAC4Cである。この材料の特徴は、伸びが少なく、極めて靱性が低い。そのため、無理に外力を加えた矯正を行うと、割れが発生するため、矯正が困難な材料の一つである。

青木らの研究では、内部応力発生個所に固有振動数の正弦波振動を付与することで内部応力の解放を図っている。本研究では、これを参考に、加振することで内部応力を開放し矯正を行う方法を検討することにした。検討項目としては、加振方法、振動数、及び加速度である。

特に加振方法については、青木らは局部加振を用い

ているが、これを全体振動に置き換えることができれば、様々な形状に容易に応用が可能と考え、全体振動で検討を行うこととした。振動数及び加速度は、今回想定している材料が極めて靱性が低いことを考慮する必要がある。

ここで、内部応力で歪んだ試験片の入手が難しいため、正常な試験片に加圧により疑似的に内部応力を発生させた。その内部応力を振動により解放することができれば、加圧解放後の試験片は変形した状態を保つため、変形したままであれば、内部応力の解放があり、元に戻れば、内部応力の解放がなかったと判断される。また、加圧によって発生した内部応力で変形させてはならないため、加圧量も検証する必要がある。

以上より、本研究では、問題解決のため、①CAEによる応力解析、②加圧により発生させた内部応力と変形の関係の確認、③全体振動による内部応力の解放を検討した。なお、申請企業から短時間で矯正を実施したいとの要望があり、矯正時間を1時間以内とした。

2.2 CAE解析

今回は加圧により内部応力を疑似的に発生させるため、内部応力を把握する必要があるが、加圧時の内部応力を計測することは困難であるため、CAEを用いて内部応力を事前に把握することとした。なお、CAEの数値解析には、COMSOL Multiphysicsを用いた。

また、今回の実験には、実験の単純化のために実際の製品形状と異なる形状の試験片を用いた。形状は、解析が容易に行える「コの字型」を用いており、材料は手に入りやすいアルミニウム合金A5052を用いた。試験片寸法は50mm×50mm×20mm、側面の板厚は5mm、天板の厚さは2mmとした。

2.3 矯正方法

加圧で発生した内部応力の影響により、試験片が塑性変形しないか確認を行う必要がある。

はじめに、試験片をプレートに挟みこむことで加圧した。この状態で1時間保持し、加圧を解放した状態で、試験片が変形しているかどうかの確認を行った。

加圧したときの様子を図1に示す。

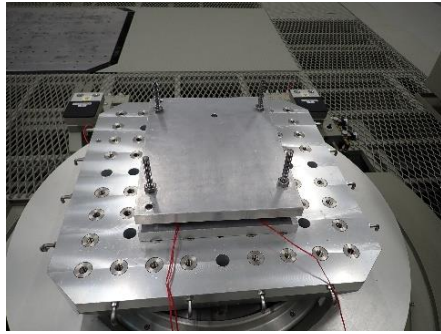


図1 プレートを用いた矯正

変形の評価については、ひずみゲージを使用し、変形量を測定した。本試験では、コの字型試験片を変形させるため、スペーサーを使用した。スペーサーの設置方法を図2に示す。コの字型試験片にスペーサーを対辺に設置し、上からプレートを挟むことで変形させる方法を用いた。変形していた場合は、塑性変形が起きているため、この時の内部応力の分布をCAEにより把握する。変形していなかった場合は、弾性変形が起っていたことになる。

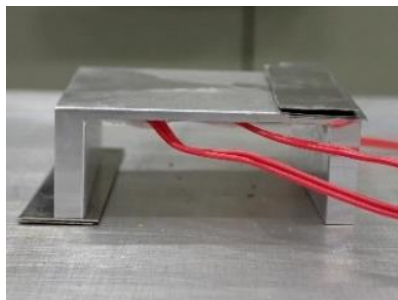


図2 スペーサー設置方法

ひずみゲージの設置の様子を図3に示す。コの字型試験片の天板裏側に、左右と中央の計3カ所ひずみゲージを取付けた。

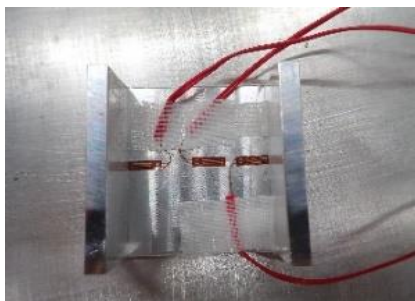


図3 ひずみゲージ設置

その後、加圧により発生した内部応力によって弾性変形している条件において、試験片全体に1時間振動を加え、振動終了後、加圧を解放した状態で、振動前後の変形の有無を調べることにした。応力が解放され

ると、復元力がなくなるため、試験片は変形したままとなるが、応力が解放されなかった場合は、それが復元力となり、試験片は元の形状に戻っていくと予想される。また、加振する場所の選定は非常に重要であるが、今回は複雑な治具を必要としない全体での加振を行った。

振動の発生にはエミック(株)製 FC-080k/60 を用いた。装置の外観を図4に、性能を表1に示す。

また振動条件は、加速度と周波数の影響を調べるために、加速度を 98m/s^2 と 392m/s^2 の2種類、周波数を 200Hz と 400Hz の2種類とし、正弦波振動を1時間付与した。



図4 FC-080k/60 外観

表1 使用した振動試験機の性能

周波数範囲	5~2000Hz
最大変位	60mm _{p-p}
最大加速度	889.0m/s ² (サイン)
最大搭載質量	1000kg

3. 結果

3.1 変形のみによる矯正

振動を加えずに 0.4mm、及び 0.6mm 変形させた状態で加圧し、1 時間保持した際のひずみゲージの変化を表2に示す。ここで、プラスは引張、マイナスは圧縮を表している。この時の最大内部応力を CAE 解析の結果を用いて推測すると、0.4mm で 94MPa、0.6mm で 142MPa であった。また、この時の CAE 解析の結果を図5、及び図6に示す。

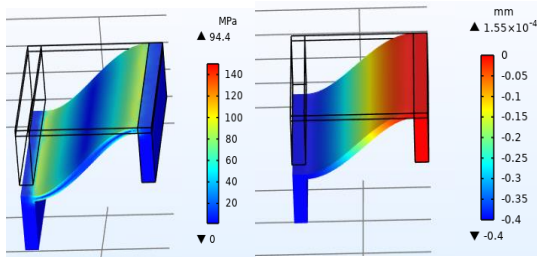
0.4mm 変形させた状態では、加圧前後における3個のひずみゲージの値に差がみられない。一方で、0.6mm 変形させた状態では、加圧前後における3個のひずみゲージの値に符号の差がみられる。これは、片側には引張が、もう一方には圧縮が発生していることを示しており、よって、使用した試験片は変形したと考えられる。

これより、実製品に適用させる際には内部応力を

142MPa以上とすることで、変形させることが可能と考える。

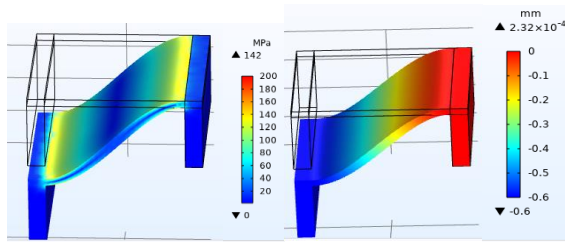
表2 変形のみ加えた前後のひずみゲージ値 (単位: $\mu\epsilon$)

	矯正前			矯正後		
	左側	中央	右側	左側	中央	右側
0.4mm変形時 (内部応力 94MPa)	0	0	0	19	5	1
0.6mm変形時 (内部応力142MPa)	1	1	1	97	-28	-29



(a) 応力分布 (b) 変形量

図5 0.4mm 変形時の CAE 解析結果



(a) 応力分布 (b) 変形量

図6 0.6mm 変形時の CAE 解析結果

3. 2 振動を加えた矯正

弾性変形である 0.4mm 変形させた状態に対して、正弦波試験を実施した。この結果を表3に示す。加振により、全体的に伸び傾向が見られ、熱膨張が起こっていると予想される。これにより、一部応力が緩和されていると思われるが、内部応力の解放までには至らなかった。取りはずし後に、定盤とハイトゲージにより試験片の高さを測定したが、両端とも同じ高さであり、加圧や加振による変形は見られなかった。今回の条件では、内部応力の著しい減少は見られなかったと推察する。

表3 加振前後のひずみゲージ値 (単位: $\mu\epsilon$)

	加圧のみ			加圧+加振			差		
	左側	中央	右側	左側	中央	右側	左側	中央	右側
200Hz,98m/s ²	528	199	-336	623	257	-267	95	58	69
200Hz,392m/s ²	732	180	-642	841	243	-561	109	63	81
400Hz,98m/s ²	687	147	-558	798	240	-457	111	93	101
400Hz,392m/s ²	674	192	-472	799	288	-348	125	96	124

4. 結言

高強度アルミ鋳造品に加圧、及び振動を加えた効果について、次の結果を得た。

- ・発生した内部応力によって弾性変形している条件において、試験片全体に正弦波振動を付与したが、変形は維持せず、内部応力の解放までには至らなかった。
- ・今回、全体振動では矯正への効果が低いことがわかったため、今後、部分振動や局部加圧への効果について検討をしていく必要がある。

参考文献

- 1) 青木繁、西村惟之、廣井徹磨、天野豊、"振動を利用した溶接残留応力の低減"、日本機械学会論文集 (C編) 61 巻 592 号(1995-12)、pp. 226-230