

# 球状黒鉛鋳鉄品の鋳造残留応力について（１）

機械電子・金属材料担当 佐藤 眞知夫

## 1. 目的

球状黒鉛鋳鉄品は、比較的強度の高いことや適度な靱性も有していることから広い産業分野で構造物や機械部品等の素材として用いられ、近年はより一層の高品質化や高機能化を目指して、鋳造法の改良や組織制御、熱処理・表面改質など機械的性質の向上を目的とする研究が行われている。

輸送機械分野ではコスト低減等の必要から、軽量かつ高精度で鋳造欠陥のない鋳物の製造が追求され、この動向は、他の製造分野にも波及すると考えられる。

鋳物製品の薄肉軽量化を図る上で、技術的問題となるのは、①寸法精度 ②湯境い欠陥の発生 ③チル生成 ④引け欠陥などがあるが、この他に鋳造残留応力の問題がある。

鋳造残留応力は、鋳込み後の冷却過程で、肉厚変化から凝固冷却速度の不均一等により内部応力を生じ、製品の変形及び静的強度や疲労強度に影響を及ぼすことが推測されるが、これらについては未だ十分な研究が行われていない。そこで、球状黒鉛鋳鉄製バルブを一例として測定試験を行い、この問題を考えるデータを得ることとした。

## 2. 内容

球状黒鉛鋳鉄製仕切弁の弁箱を供試品として、外表面部の残留応力の測定を行い、引張または圧縮残留応力の別とその大きさを確認する。しかる後、試料の一個を適当な温度で焼きなましを施し、残留応力を除去する。

その後、弁箱に内圧をかけ外表面部の歪み（ひずみゲージによる）及び変位の測定を行い、内圧による応力と弁箱の変形量を、熱処理を行わない試料と比較し、弾性域において鋳造残留応力がこれらにどの程度影響を及ぼすか検討する。

供試品として、同一ロットの水道用ソフトシール仕切弁の弁箱（鋳放し品、呼び径 75mm、材質 F C D 450 相当）2 個及びフタを用意した。鋳物はショットブラスト処理が施されている。

残留応力の測定は、理学電機機製 X 線応力測定装置 M S F - 3 M を使用し、 $\sin^2\psi$  法により、並傾法かつ入射 X 線角度固定の  $\phi$  - 一定法により行った。

鋳造残留応力の測定は、ショットブラスト加工の影響層を除去する必要がある。そこで、黒皮面の残留応力を測定すると同時に、表面から約 1 mm をディスクグラインダで研削除去し、加工層の影響が残らない程度まで、電解研磨を行った後、残留応力を測定した。

## 3. 試験結果

黒皮面にショットブラストにより生成されたと考えられるおよそ  $-300 \text{ MPa} \sim -400 \text{ MPa}$  の圧縮残留応力が認められた。黒皮面から約 1 mm 深さにおいて、明確な応力の存在が認められなかった。鋳肌を研削除去後、電解研磨を行うと測定面がどうしてもある程度の曲率を持ち、測定精度に良い影響を与えない。そこで、測定面をなるべく平坦にし、測定面をマスクングし、入射 X 線に揺動をかけるなど測定精度向上を図った。

その結果、ふたフランジ部に  $-120 \text{ MPa} \sim -240 \text{ MPa}$  程度の圧縮残留応力が認められたが、弁箱胴部については応力値は小さく、信頼限界幅も小さくならなかった。

追加実験として、熱処理による残留応力の付加効果を確認するため、変態を起こさない 823 K まで昇温 (275K/1hr) 後、1 h r 保持した後、空冷（急冷）したものを測定したところ、このような条件では熱処理による残留応力は生じないし、ショットブラストによる生じた圧縮残留応力は殆ど消滅することが分かった。

内圧作用時のひずみによる応力及び変位測定を行って、残留応力による相乗効果を試験する予定であったが、残留応力を確認できなかったため、実験は中止した。

## 4. 今後の課題

鋳造残留応力が明確には認められなかった要因としては、バルブの弁箱は、胴部及び配管フランジに続く円筒部などの肉厚がフランジ以外はほぼ一様であることから、鋳物の肉厚不同による残留応力生成に対する寄与率は減少する可能性は考えられる。しかし、鋳造残留応力は鋳物形状の相異でも各部の冷却速度の不均一さにより生じるため、一概には言えない。

その他の原因として、今回、測定に用いた供試品は鋳造後ほぼ 1 年を経過していたため、応力弛緩による残留応力の減少ないし消滅も考えられるが、鋳込後の鋳物の変形や鋳造後の長期にわたる時効的な残留応力の変化、変形の仕方などに関し、系統的に行われた実験データ、事例報告等が発表されていないため安易に結論づけることは出来ない。

今後の方向として、供試品形状、鋳込条件、鋳物の結晶粒度、組織、組成、後処理等の諸条件を勘案した上で、最も適切な残留応力測定方法を確立し、鋳物の薄肉軽量化のための基礎的データを得ることとしたい。