435 片状黒鉛鑄鉄の靱性に及ぼす残留オーステナイト、 黒鉛周囲のフェライトの影響

Effects of Retained Austenite and Ferrite around Graphite on Ductility of Austempered Gray Cast Iron

○正 山田銑一 (関東学院大)
三橋篤史 (関東学院大・院)

正 塚原茂男 (関東学院大)
澤田圭司 (関東学院大・院)

Sen-ichi YAMADA, Kanto Gakuin University, Mutsuura-higashi 1-50-1, Kanazawa-ku, Yokohama
Shigeo TSUKAHARA, Kanto Gakuin University
Atsushi MITSUHASHI, Graduate student, Kanto Gakuin University
Keiji SAWADA, Graduate student, Kanto Gakuin University

Three types of heat treated gray cast iron are prepared ; 1st, AGI is made by austempering at 653K after heating at austenitizing temperature 1143K. AGI contains retained austenite(γ_R) about 35%. 2nd, Subzero treatment is used after austempering (AGI-SZ), that the specimen is remained about 5% of γ_R in the bainite matrix. 3rd, α -AGI is made by the austempering after slow cooling from austenitizing temperature to the range of the ferrite and the austenite coexistence temperature. In this process, the ferrite thickness around the graphite is about 15 μ m, and the matrix is the bainite structure. A high elongation on AGI is shown by stress induced transformation of γ_R . But, γ_R is not effective in improving Charpy impact strength. The precipitated ferrite around the graphite prevents the propagation of cracks and the improvement for impact strength. On the bending test, the acoustic emission(AE) counts are observed at high amplitude, if the ferrite does not exist around graphite. The matrix containing the ferrite layer around the graphite, an AE counts are less than that of the one without ferrite. As the results, the ferrite around the graphite is effective in absorbing the energy of a fracture.

Key Words: gray cast iron, austempering, mechanical properties, acoustic emission

1. 緒 言

鑄鉄の強靱化にはオーステンパ処理が有効であるが、オーステンパ処理により基地のベイナイト中に多量のオーステナイトが残留する。この残留オーステナイトは変態誘起塑性によりマルテンサイトに変態し、力学的性質に影響を及ぼす。一方、片状黒鉛鑄鉄では黒鉛が破壊の起点となりやすく、そこからき裂が基地に伝播し靱性を低下させる。従って、黒鉛周囲をフェライトで囲むことにより基地への破壊の伝播を抑制することが期待できる。

本研究では、片状黒鉛鑄鉄について熱処理により基地組織を変化させた試料について引張試験、衝撃試験及び曲げ試験を行い、黒鉛周囲の基地組織が強度、靱性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材の合金組成はマウラーの組織図より基地がパーライト相となる C; 3.19%, Si; 1.56%, Mn; 0.56% で、JIS Y ブロック B 号に鑄造した試料を用いた。この試料から、引張試験には厚さ 5mm、平行部幅 6mm、平行部長さ 25mm の試験片を、衝撃試験には厚さ 5mm、幅 10mm、長さ 55mm の平滑試験片を、また、曲げ試験は衝撃試験片と同じ寸法の試験片の中央部に幅 0.4mm、深さ約 5mm、切欠き先端半径 0.3mm の U 溝切欠き試験片を作製し供試材とした。

2.2 熱処理方法

試験片を下記の熱処理を行って組織の異なる 3 種類

の試料を作製した。AGI は 1143K でオーステナイト化した後、653K の鉛浴中に急冷しオーステンパ処理を行った。この場合の残留オーステナイト量は約 35% であった。AGI-SZ はオーステンパ処理後サブゼロ処理を行ったもので、残留オーステナイト量は約 5% であった。 α -AGI は 1143K から 0.005K/s で 998K まで徐冷した後、オーステンパ処理を行ったもので残留オーステナイト量は約 5%、黒鉛の周囲に約 15 μ m のフェライトを有し基地はベイナイト組織としたものである。

2.3 衝撃試験方法

15J の衝撃試験機のハンマ部分にブリッジに組んだひずみゲージを貼り、計装化したシャルピー衝撃試験機¹⁾を用いて室温で試験を行った。変形抵抗—変形時間曲線から最大変形抵抗より、前半の部分の積分強度を亀裂発生に要するエネルギー、後半の部分の積分強度を亀裂伝播に要するエネルギー²⁾として評価した。

2.4 曲げ試験とアコースティックエミッション測定方法

曲げ試験は三点曲げ試験で支点間距離 40mm とし、荷重速度 8.3×10^{-3} mm/s で行った。その際、試験片の中央の支点より 13mm の位置に AE センサを貼り曲げ試験中のアコースティックエミッション (以下、AE) を測定した。AE の測定方法は既に報告³⁾したものと同様で、AE センサは 10kHz~1.2MHz の感度を有し、ハイパスフィルタ (100kHz) を通して総合利得 66dB に増幅して AE 振幅分布を 5s 毎に荷重出力とともに記録した。

3. 実験結果

3.1 強度と伸び

3種類の試料の応力-ひずみ曲線を Fig. 1 に示した。AGI は引張り強さ 306MPa、伸び 1.00% で、AGI-SZ は引張り強さ 284MPa、伸び 0.40% であった。AGI は強度が強いにもかかわらず大きな伸びを示すのは、引張り試験中に残留オーステナイトが加工の影響を受けて変態誘起塑性を示したことによるものである。 α -AGI は引張り強さ 245MPa、伸び 1.20% であった。また、いずれの試料にも局部伸びは観察されなかった。

3.2 衝撃値とクラック伝播に要するエネルギー

Fig. 2 は衝撃試験結果で、 α -AGI が最も高く約 70.8kJ/m²、AGI は 49.6kJ/m²、AGI-SZ は 54.3kJ/m² であった。衝撃吸収エネルギーをクラックの発生に要するエネルギーと伝播に要するエネルギーに分けると、黒鉛周囲にフェライトを生成させた場合にはクラックの伝播に要するエネルギーが改善される。

3.3 曲げ試験と AE

曲げ試験ではいずれの試料も破断しなかった。荷重とたわみ量の関係を Fig. 3 に示したが、黒鉛周囲にフェライトを生成させた α -AGI は最も大きなたわみを示し、AE 測定でも破壊時の大きな音の発生がほとんど認められなかった。曲げ試験結果から推定した破壊靱性値は AGI が約 23MPa $\cdot$ m^{1/2}、AGI-SZ が約 20MPa $\cdot$ m^{1/2}、 α -AGI は約 15MPa $\cdot$ m^{1/2} であり、黒鉛周囲のフェライトは K_{IC} 値を低下させる。この傾向は基地がパーライトの場合でも同様の傾向³⁾であった。

4. 結論

- (1) 残留オーステナイトは引張り試験で伸び値を大きくするが、衝撃値、曲げ試験におけるたわみに及ぼす影響は小さい。
- (2) 黒鉛周囲のフェライトは衝撃値、曲げ試験におけるたわみを大きくする。とくに、き裂の伝播を抑制する効果がある。
- (3) 破壊靱性値は伸び、衝撃値に対応せず、アコースティックエミッションとの相関性は認められない。

引用文献

- (1) JIS B 7755-1993
- (2) 田中実：日本金属学会会報, 5(1966), 261
- (3) 塚原茂男, 松川孝光, 三橋篤史, 山田統一：铸造工学, 74(2002), 493

Fig. 1 Stress-strain curves of tensile test.

Fig. 2 Voltage-time curves at Charpy impact test.

Fig. 3 Load-deflection curves and total count of AE on bending test.