

高強度・球状黒鉛鑄鉄における黒鉛周りのCu濃化の可視化

JFE スチール 石黒康英 市野健司
JFE 継手(現・JFE ミネラル) 高杉英登

Cu を添加した球状黒鉛鑄鉄(FCD)のCuの微視構造は今まで知られていなかったが、インレンズ式FE-SEMの「エネルギー選択型」反射電子検出器⁽¹⁾を使って可視化し、添加したCuが、黒鉛周りに部分的、かつ、フィルム状に濃化している事実を明示することに成功した(Fig. 1)。このCuの分布形態が、黒鉛周りにパーライトのみが形成する現象に影響していると推定される。

最近、FCDの分野では、Cu添加により「鑄放し高強度化」を達成する技術が確立されつつあるが⁽²⁾⁽³⁾、かつて、Cu添加は2%程度までが限界とされてきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。Cuは、基地組織のパーライト化率の増加をもたらす一方で、Fig. 2-(a)に示すように、黒鉛の周囲に、突起状の黒鉛を形成し、切欠き状の凹凸を持つ形状に変化させてしまう為に、強度向上を阻害すると言われてきた。

Fig. 2-(b)は、その限界範囲を超えて、Cuを2.8%添加した球状黒鉛鑄鉄の光顕組織である。0.5%Cu添加の場合(Fig. 2-(a))に比べ、黒鉛周囲の形状も非常に円滑になっており、パーライトで囲まれることが注目される。今までは、Cuは黒鉛近傍のパーライト基地中に多く濃化してパーライトを緻密に安定化させる効果以外は、ほとんど明確にされておらず、なぜ、Cu添加により、球状黒鉛の周囲が非常に円滑になるか、および、黒鉛周りにフェライトが見られなくなってパーライトのみで覆われる形態になるのかは不明であった⁽²⁾⁽³⁾⁽⁶⁾。

Fig. 1は、Cuを2.8%添加した球状黒鉛鑄鉄において、引張試験後の破面の、黒鉛抜け落ち箇所を、FE-SEMを使い、加速電圧：1 kV、WD：3 mmの条件で、インレンズ式の「エネルギー選択型」反射電子検出器⁽¹⁾にて、検出器に印加する阻止電場の電圧⁽¹⁾を900 Vで観察した例である(理論上は0.9~1 keVでの反射電子像)。黒鉛が抜け落ちた部分に、Cu濃化が白いコントラストとして認識できる。添加したCuは、球状黒鉛の周囲を部分的にフィルム状に包み込むように分布している。

このCu濃化は、低加速電圧・エネルギー選択型インレンズ式反射電子像によって、初めて明瞭に可視化したものである。Cuは炭素を固溶しないことから、

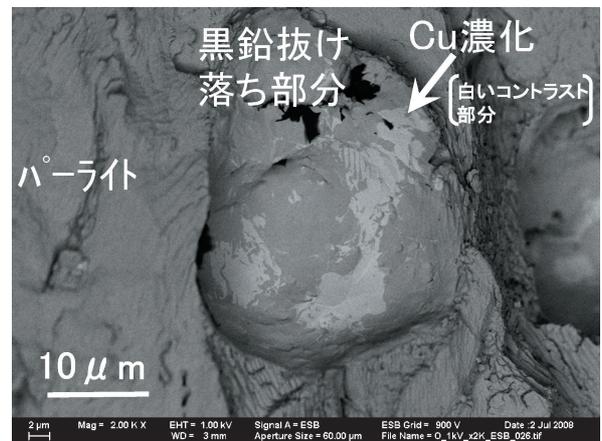


Fig. 1 Cu添加FCD(引張試験後の黒鉛抜け落ち箇所)の「エネルギー選択型」反射電子像。

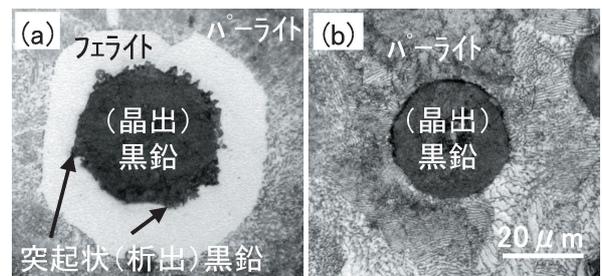


Fig. 2 FCDの光顕写真：(a) 0.5%Cu含有、(b) 2.8%Cu添加。

このようなフィルム状Cuの存在が、球状黒鉛の晶出と析出の挙動に強く影響していることが示唆される。

文 献

- (1) 立花繁明：顕微鏡，**43**(2008)，174-176。
- (2) 福見純一，高杉英登，松川安次，三吉俊幸，石丸良平：鑄造工学会全国講演大会講演概要集，**152**(2008)，63。
- (3) 福見純一，高杉英登，三吉俊幸，石丸良平：鑄造工学会全国講演大会講演概要集，**153**(2008)，129。
- (4) 日本鑄物協会編：鑄物便覧改訂4版，丸善，(1986)10.2.2項。
- (5) 日本金属学会・鑄物分科会編：球状黒鉛鑄鉄の理論と実際，丸善，(1966)，6章。
- (6) 駒田賢一，中江秀雄：鑄造工学会全国講演大会講演概要集，**152**(2008)，5。

(2009年7月16日受理)

Copper Enrichment around Graphite in Cu-added High-Strength Spheroidal Graphite Cast Iron; Yasuhide Ishiguro*, Kenji Ichino*, Hideto Takasugi** (*JFE Steel Corporation, Handa. **JFE PIPE FITTING MFG. CO., LTD., Kishiwada. (Present address: JFE MATERIAL CO., LTD., Kawasaki))

Keywords: Cu enrichment, Cu-added spheroidal graphite cast iron, FCD, energy-filtered backscattered electron image

SEM specimen preparation: fractured surface after tensile testing

SEM utilized: Carl Zeiss ULTRA55

Observation condition: FE-SEM, energy-filtered BSE (accelerating voltage: 1 kV, grid voltage: 900 V)