

# 球状黒鉛鋳鉄鋳物への熱バランサー適用効果

ヤンマーキャステクノ(株) ○石川知哉, 小谷友勝, 荻野知也  
東北大学 ACS センター 糸藤春喜 (株) ツチヨシ産業 川畑哲秀

## 1. 緒言

近年、船用ディーゼルエンジン部品であるフライホイールは、高出力化及び省エネ化に伴い、厚肉の片状黒鉛鋳鉄から薄肉の球状黒鉛鋳鉄へと代替が進んでいる。しかし、球状黒鉛鋳鉄品の中でもフライホイールのような板状鋳物は、引け巣の無いものを製造することが非常に難しいとされている。事実、引け巣欠陥が多発し、製品品質に悪影響を及ぼしていた。

本研究では、フライホイールに対し、引け巣対策に有効とされる熱バランサーの適用を試みた。以下に、その効果を従来方案品と対比しながら報告する。

## 2. 試験方法

熱バランサーを適用したフライホイールを、図1に示す。造型は自硬性フランププロセスとし、鋳型強度 4.6~4.25MPa に設定した。溶湯の炭素当量は、黒鉛膨張を最大限利用し、且つ浮上黒鉛の晶出を抑えるべく、4.15~4.25 を目標とした。元湯は、3t低周波誘導炉で溶製し、置き注ぎ法により球状化・接種処理を行った。鋳込み温度は、1593±20K の範囲を目標とした。

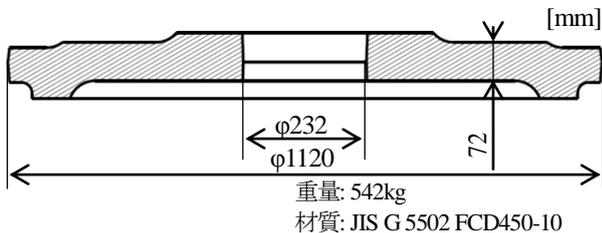


図1 フライホイール素材の概要

荒加工後、目視検査(VT)を行い、内部欠陥の検出には、超音波探傷試験(UT)を実施した。検出されたFエコー(欠陥エコー)は、5%以上を欠陥とした。判定結果は、板面の総面積に対する引け巣占有率、これを引け巣面積率として評価した。引け巣の発生状況を詳細に把握するため、Fエコーが検出された部位を切断し、浸透探傷試験(PT)を行った。更に、本部品は、回転体として重量のバラツキも重要となるため、機械加工後に静バランスの計測も実施した。

同品に対して適用した従来方案品についても、同様の品質を調査した。

## 3. 試験結果

表1に、化学成分の分析結果を示す。熱バランサー方

案品と従来方案品の引け巣面積率と静バランスを、図2に示す。従来方案と比べ、引け巣面積率及び静バランス共に、大幅に改善されたことが分かる。

溶解費及び廃却に伴う追加原価を含めたトータル製造コストの比較結果を、表2に示す。数値は、従来方案1を100としたときの比率で示してある。熱バランサー方案は、従来方案と比較し、溶湯費は高くなったものの、引け巣及び静バランスが改善されて廃却数が0となったため、製造コストが大きく低減できた。

熱バランサーは、鋳物の引け巣防止に有効なばかりでなく、自身も引けない方案であることが分かった。但し、鋳型材に起因の引け巣状ガス欠陥には、注意を要する。

表1 各方案における化学成分 [mass%]

	C	Si	Mn	P	S	Mg	Ce
従来方案1	3.70	2.32	0.27	0.025	0.009	0.050	0.012
方案2	3.72	2.36	0.26	0.026	0.009	0.043	0.012
熱バランサー	3.57	2.39	0.20	0.015	0.010	0.042	0.012

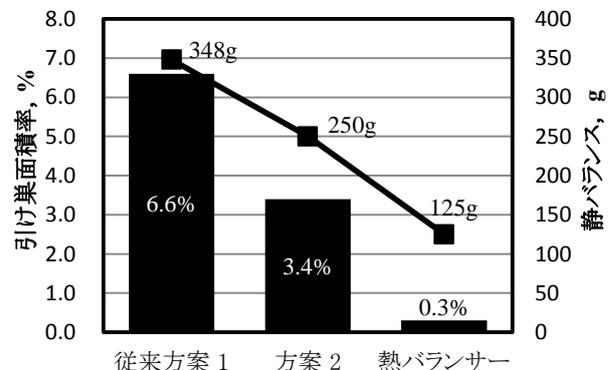


図2 引け巣面積率と静バランスの比較

表2 製造コストの比較

	従来方案1	方案2	熱バランサー
溶湯費	100	99	113
廃却損失	100	88	0
製造コスト	100	74	44

## 4. まとめ

熱バランサー適用により、以下の効果を確認した。

- (1) 引け巣面積率が、皆無なまでに減少した。
- (2) これにより、静バランスが大きく改善した。
- (3) 製造コストを、大幅に低減できた。

# バッチ型脱硫システムの開発

ヤンマーキャステクノ(株) ○荻野 知也, 上田 英明, 井上 高志  
田中 康夫, 中野 哲也, 福本 智史

## 1. 緒言

弊社はディーゼルエンジン用のシリンダーブロックやシリンダーヘッドを FC250~FC400 の材質にて製造している。更に今後は FCV や FCD 部品も製造すべく、現在これらの材質の製造技術確立に取り組んでいる。まず、FCV や FCD を製造するには溶湯中の硫黄(以下 S と表記)量を低減する必要がある。しかしながら、弊社は高周波炉を保有しておらず、冷材から溶解することができない。従って、キュポラ溶湯を脱硫する必要があるが、連続脱硫するほどの生産計画もない。そこで、バッチ型の脱硫システムを開発することにした。

## 2. 脱硫方法の選定

バッチ型の脱硫方法として、取鍋を用いたサンドイッチ法およびワイヤー法を候補とし、それぞれの方法で脱流テストを実施した。なお、脱硫後の S 目標値は 0.015% 以下とした。両方法とも脱硫剤として球状化剤を使用し、サンドイッチ法ではカバー剤として生石灰を用いた。脱硫剤は溶湯重量に対して約 2%~3% 添加した。専用取鍋を製作し、脱硫は処理量 1t、処理温度  $1703 \pm 20K$  で実施した。そのときの試験結果を表 1 に示す。その結果、いずれも S 値が目標値以下になり、どちらの方法においても脱硫が可能であることが明らかとなった。

表 1 脱硫剤と脱硫テスト結果

	脱硫剤中の Mg 量,%	元湯の S 量,%	脱硫後の S 量,%
サンドイッチ法	5.5	0.072	0.005
ワイヤー法	7.5	0.068	0.006

そこで、他の項目でサンドイッチ法とワイヤー法を比較検討した。初期投資やコスト面ではサンドイッチ法の方が優位であったが、成分値のばらつきや安全性・職場環境を重視して、ワイヤー法を採択した(表 2)。

表 2 サンドイッチ法とワイヤー法の比較

評価項目	重要度	サンドイッチ法	ワイヤー法
品質(バラツキ)	5	0	1
安全度	5	0 (溶湯の飛散、未溶解)	1
ランニングコスト	4	1	0
初期投資	3	1	0 (装置の作製)
職場環境(集塵)	3	0 (大気集塵)	1 (局部集塵可)
トータル		7	13

## 3. 脱硫装置の開発

キュポラ近傍の限られたスペース内に設置できるように脱硫装置を設計・製作した。その外観写真を図 1 に示す。毎回所定の位置に取鍋が設置されるようにし、作業者が操作ボタンを押すと取鍋蓋の開閉およびワイヤー挿入までの一連動作が自動で行われるようにした。

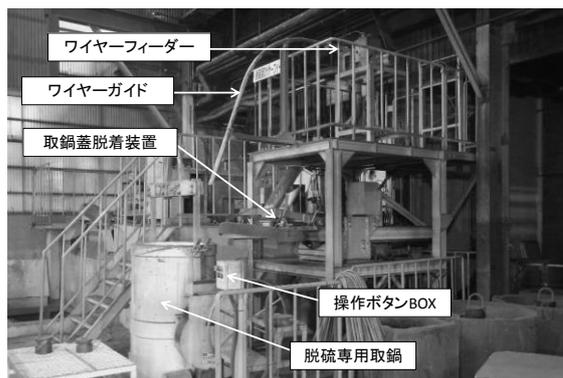


図 1 脱硫装置の外観

## 4. 脱硫コストの低減

次に、ワイヤー中の Mg 量を増加させ、挿入するワイヤー量を低減することで処理コストの低減を図った。ワイヤー充填剤中の Mg 量を 7.5%、10%、15% と変化させ、溶湯重量に対して Mg 添加量が 0.23% となるようにワイヤーを挿入し、脱硫試験を実施した。その結果を図 2 に示す。いずれのワイヤーも S 値の目標値である 0.015% 以下を満足し、それほど反応も激しくないことから、コストが最も低い 15%Mg ワイヤーで量産することにした。

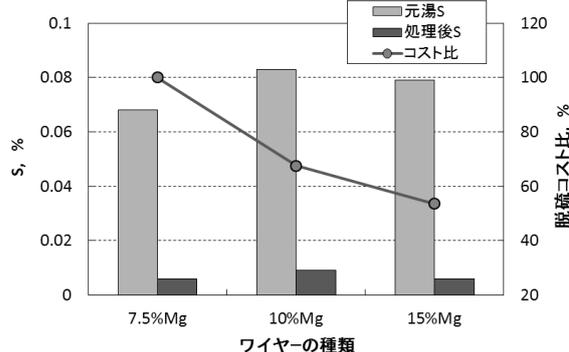


図 2 ワイヤーの種類と脱硫効果

## 5. まとめ

ワイヤー法を用いた脱硫システムを開発することにより、キュポラ溶湯からバッチ型の脱硫が可能となった。今後は脱硫コストの更なる低減と品質安定のため、ワイヤー成分およびワイヤー挿入量の適正化を図る予定である。

# 低硫黄系フラン鑄型による職場環境及び球状黒鉛鑄鉄の鑄肌品質の改善

ヤンマーキャステクノ(株) ○小谷友勝, 佐藤理紗, 荻野知也, 安達将志, 目次真一

## 1. はじめに

当事業部においては主に船舶用ディーゼルエンジン部品を鑄造から機械加工まで一貫生産している部品メーカーである。生産規模はおよそ 13000t/年、製品重量は10kg~10t, 主たる製品材質はFC, FCDである。今回は、有機自硬性ラインにおける改善活動について紹介する。

## 2. 取組みの背景

有機自硬性フランプロセスでは、用いられるフラン樹脂はフルフリルアルコールをホルムアルデヒド(以下、HCHO と称す)、尿素で変性させたもので、それ故造型時にHCHOが発生する。また硬化触媒となる硬化剤には硫酸、有機スルホン酸などの強酸が用いられることから、注湯時の亜硫酸ガス(以下、SO<sub>x</sub> と称す)の発生が避けられない為に作業環境を悪化させていると同時に、鑄型からの浸硫による球状化阻害が問題となり、加工面において鑄肌品質不良(球状化不良)が発生していた。

そこで、本改善活動では注湯時に発生する SO<sub>x</sub> の発生を抑制させ、作業環境の改善並びに球状化阻害を抑制するべく、低S系のフラン樹脂を用いて対策を試みた。

## 3. 取組み内容とその効果

代替フラン樹脂の選定には、コストの点も考慮し現行使用している階級品と同等の組成を持ち合わせる市販品を別途 2 種類選定した。これらは、同一造型条件下において現行品より立ち上がりに優れる特性を持ち合わせており、硬化剤中の酸の量を低減出来る事から SO<sub>x</sub> 発生抑制に期待が持てる。

はじめに、現行樹脂に対する代替樹脂の基本的特性を把握する為に基礎試験を展開した。珪砂及びクロマイトサンドを用いて抗圧力並びに表面安定度の測定を実施すると同時に、造型混練砂及び試験後の試験片の一部を用いて各種ガス発生量の比較を実施した。また、鑄込み時の SO<sub>x</sub> 発生量の違いが浸硫に及ぼす影響評価も合わせて実施した。評価は、再生砂を用いて造型した□100×100サイズの試験鑄型に対して同一溶湯を用いて鑄込みを実施し、基地組織観察による浸硫深さ及び鑄込み時の SO<sub>x</sub> 発生量の測定を実施した。これらの基礎試験結果を取り纏めると図1のような結果が得られ、作業環境並びに品質に対してガス発生量の点から総合的にすぐれる樹脂Cをラインテスト用に選定する事とした。

次に実ラインでの効果検証を試みた。再生砂による抗圧力も現行樹脂 A より代替樹脂 C の方が、立ち上がり、最終強度の点において幾らか優れていた。また、ライン上でのガス発生量は、基礎試験結果と同様に低減できる

という結果を得た。その低減効果は、ラインテストの方がより顕著に現れ、SO<sub>x</sub>発生量においては、鑄込み直後で50%弱の削減と大幅な低減が可能となった。その結果を図2に示す。

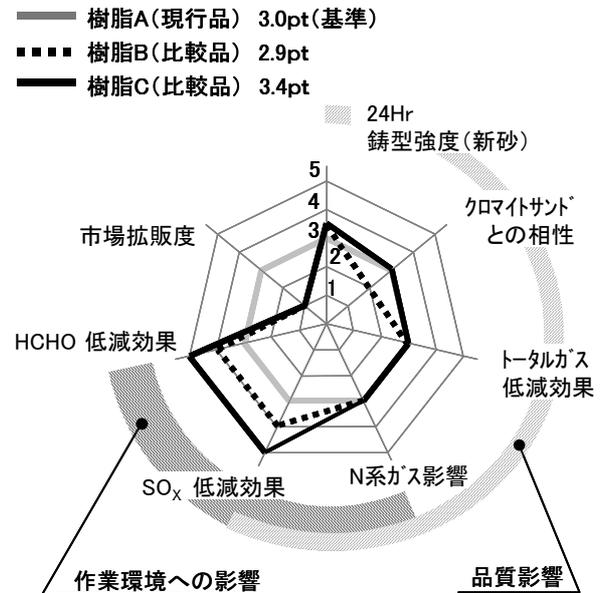


図1 基礎試験における樹脂特性評価

鑄込み材質:FCD450, 鑄込み温度:1320°C, 樹脂:0.84PHS

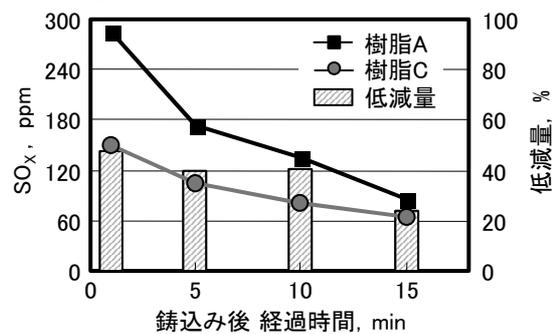


図2 ラインでの SO<sub>x</sub> 発生量比較

## 4. まとめ

職場の作業環境改善と鑄物品質向上を狙い、低S系フランの導入検討を実施し改善を行った結果、

- (1) 代替選定した樹脂を使用することにより、HCHO及びSO<sub>x</sub>発生量の低減が図れた。
- (2) SO<sub>x</sub>発生量と組織不良深さの間には相関が見られた。樹脂Cを用いることで、品質改善(球状化不良対策)が図れる可能性が見出された。