

鑄造競争力向上クラスター

—実体高強度化によるFCDの用途拡大—

(株)宇部スチール技術開発課 糸 藤 春 喜

1. 経済環境

近隣諸国の球状黒鉛鑄鉄（FCD）製造技術の向上に伴い、大型産業機械メーカーは、単重10tonまでの小・中物FCDの海外調達を急速に進めている。工場を海外へと移転し、現地調達へ踏切った機械メーカーもある。やがて、10tonを超えるような大物が、海外調達の対象となる日もそう遠くはなからう。品質レベルが同等であれば、労働コストが安価なだけに、極自然の成行きと言える。いくらコストダウンをしても追いつかず、競争の対象となりえる相手ではない。輸送代がかかることを考慮しても、トータルコストでやはり負けてしまう。輸送に伴い納期が少し長くなることも、コスト優先から許容せざるを得ない状況となっている。このままでは、現状の流れはもはや止められそうもない。

かつて日本も、欧米の先進国に対して途上国の立場にあった。今は、逆に近隣諸国に対して日本が先進国の立場にあるだけで、特異な現象ではない。来るべき日がやって来たと考えるべきである。共存・共栄の観点から、国内で成熟した品質レベルのものは、近隣諸国にまかせていくべきであろう。しかし、国内鑄物メーカーは、FCDの生産を止める訳にはいかない。機械メーカーとタイアップし、新たな商品開発に取り組むべき時代に来ている。

2. 技術的問題点とその解決

FCDは、鑄鋼（SC）と同等な機械的性質を示すことから、SCの代替材として、その適用事例を伸ばしてきた。しかし、数100kg程度までの小物では問題ないものの、産業機械部品に適用する中・大物では、機械的性質に対する肉厚感受性が強いことが、しばしば問題となる。中・大物FCDでは、図1に示すように肉厚が厚くなるほど強度の低下が大きい。合金や熱処理による高強度化も、SCほど敏感には効果が現れない。

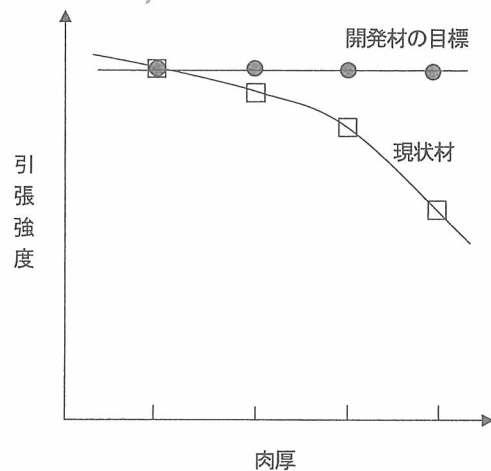


図1 FCDの肉厚感受性

このため、一般商取引で契約される別鑄込み供試材による試験値は、必ずしも実体を反映していないのが現実である。実体へ連結の供試材でさえ、実体強度の参考となっていない場合がある。

FCDの厚肉部には、難解なチャンキー黒鉛と呼ばれる異常黒鉛の晶出傾向が強く、晶出した場合、強度・韌性が極めて低くなる。また、引巣等の鑄造欠陥の制御は、SCよりはるかに難しい。溶接性があまり良くないだけに、欠陥の発生は、鑄物の致命傷（廃却）につながることもある。

上述のような欠点を技術的に克服して、実体強度を向上・保証できれば、近隣諸国に対する技術の差別化が可能となることは間違いない。

一般に、日本製大型産業機械は、海外のそれより製造仕様が厳しいと言われている。しかしその分、品質や性能への信頼性が、群を抜いて高いと言われてきた。この日本ブランドを維持・発展させるためには、我々鑄物メーカーは、機械メーカーにこれまで以上の高品質な鑄物を提供していく必要がある。

3. 技術開発の方向性

開発が期待される技術と従来技術との間には、品質

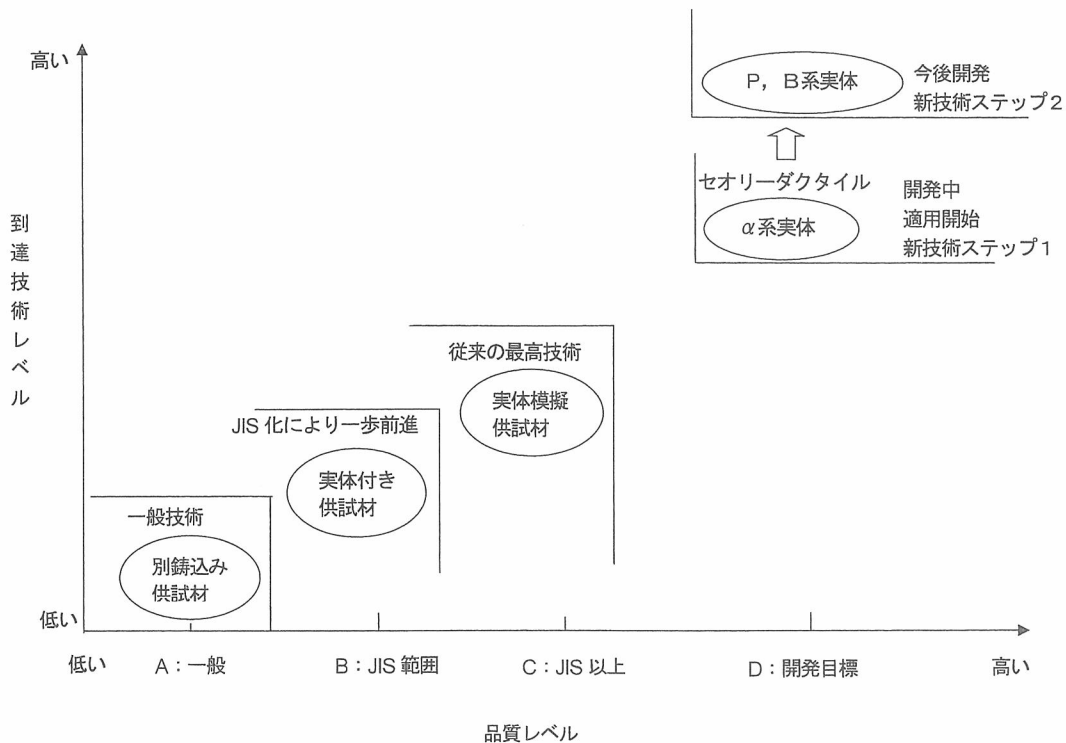


図2 実体強度保証の技術及び品質レベル

表1 機械的性質保証のための制御項目

制御項目	供試材で保証						実体で保証	
	別 casting 込み		実体付き		実体模擬		α系	P, B系
	α系	P, B系	α系	P, B系	α系	P, B系		
化学成分	基本	△	△	○	○	○	○	○
	合金	×	△	×	○	×	○	×
溶解・ casting 込み (過熱、フェーティング)		△	△	○	○	○	○	○
実体	黒鉛組織	×	×	×	×	○	○	○
	基地組織	×	×	×	△	×	△	○
	マクロ欠陥	(△)	(△)	(△)	(△)	(△)	(△)	○
	400°C脆化	×	×	×	×	×	×	○

(注1) α: フェライト、P: パーライト、B: ベイナイト

(注2) ○詳細制御、△概略制御、×制御無

(注3) (△) 非破壊検査の観点より制御

及び技術レベルに大差がある (図2)。当然のことながら、制御項目を大幅に増やさざるを得ない (表1)。従来、最も難しいとされた技術は、実体擬似供試材による強度の保証である。実体と近似凝固時間を有する単純形状、例えば立方体での検証で実施されたために、引巣を始めとする casting 欠陥の発生を考慮する必要がなく、材質面のみ考慮に入れば良かった。しかし、実体での強度保証は、両者を考慮し、制御しなければならない。実体評価部位に casting 欠陥があったのでは、強度の確保・保証はできない。経験に加え、凝固理論の

理解が必要となる。

実体の高強度化は、 casting 欠陥を発生させることなく、黒鉛及び基地組織の両面からアプローチすることとなる。黒鉛組織は、凝固時に決定される。長時間凝固域にチャンキー黒鉛のような異常組織を発生させることなく、黒鉛粒径を小さく、球状化率を高くすることが重要なポイントとなる。基地組織は、凝固制御で潜在的に設定し、固相変態で意図的に決定することがポイントとなる。黒鉛組織を一定に制御・固定し、基地組織をフェライト、パーライト及びベイナイトの3系列に制御すること

で、要求実体強度を満足させることが可能となる。オーステナイト系については、ここでは言及しないこととする。

フェライト系については、セオリーダクタイトのブランド名で既に実用化し、実体強度の保証実績を増やしつつある。豊富な経験と黒鉛球状化理論「サイト説」によって実現した。セオリーダクタイトは、顧客の要望により、表2に示す3種類の方法で実体強度試験を実施している。各々長短があるが、まだエンジニアリングデータが少なく、一元化するまでに至っていない。

表2 大物FCDの実体強度保証要領、経済性及び信頼性

供試材	評 価			評価後の使用	コスト	信頼性
	強度	欠陥	箇所			
実体切断材	直接	直接	任意	不可	破格に高い	最も高い
余長材	間接	間接 (NDT)	取付部に限定 (協議)	可	低い	少し低い
コア材	直接	直接	加工代内に限定 (協議)	可	高い	高い

経験や理論を分かり易く定量化して標準化するには、まだしばらく時間を要す。

3種類の内、最も試験上の制約がなく低コストな方法は、余長部の評価である。しかしこの場合、凝固シミュレーションによる非評価部の予測、超音波特性による黒鉛組織及び引巢の評価、渦電流による基地組織の評価等のコンビネーション技術の確立が必要である。実体対象となると、いずれも困難を極めると思われるが、実現可能と確信している。

4. 用途拡大

現在、FCDへ代替可能なSC製大型産業機械部品は、まだ沢山ある。本技術開発が実現すれば、高品質FCDの用途が拡大すると共に、現FCD品の海外調達の出止めにもつながる。機械及び鋳物メーカーの双方にとってもメリットが期待できる。実現を目指す具体的な展開を以下に示す。

(1) 新規FCD適用機械

- ・密度差による軽量化 (約10%)
- ・製造コストダウン (約30%)
- ・納期短縮 (約20%)

現在SCでFCDへの代替が可能な用途
 キルン用ギヤ、タイヤ、ピニオン
 鍛造プレス用ベッド、フレーム、アンビル、
 クロスヘッド
 圧延ロール用ハウジング
 鋼滓鍋
 発電用ランナ・ボス
 各種高硬度金型類

(2) 既FCD適用機械

- ・従来と同一出力ながら、部品の薄肉・軽量化
- ・従来機種ながら、出力アップ
- ・機械品質・出力の信頼性向上

射出成形機、ダイカスト、
 押出しプレス、粉碎ミル、
 船舶、発電用ミル、
 ガスタービン