

新15トンESR設備

高須一郎*1 上本和雄*2 山田宗平*3

Ichiro Takasu, Kazuo Uemoto and Souhei Yamada

1. はじめに

当社は、従来から特殊溶解設備として、1 t VIM、2 t E S R、5 t V A R を有している。これらの設備から製造される特殊溶解材は、高信頼性を要求される高級材料に適用されており、特に高清浄度化を要求されるものに対して、電気炉-取鋼精錬炉-RH脱ガス工程からなる大気溶解によって造り込まれた高清浄度材を母材として、E S R や V A R による再溶解により高品質製品を供給してきた。

一方、特殊溶解製品の市場は、今後も伸長が見込まれており、拡販も期待される分野であることから、E S R を新設することにより、製造可能寸法範囲を拡大すると共に、給電方式の同軸化、溶解作業の自動化により、生産性と品質のより一層の向上を図った。本報告では、新設された15 t E S R の設備概要および操業状況について紹介する。

2. 新ESRの概要と特徴

E S R (Electro-Slag Remelting) 炉とは、電気炉等で溶解、鑄造後、加工された母材を電極として、熔融スラグ(酸化物およびフッ化物)の抵抗熱(ジュール熱)で母材電極を溶解、精錬する再溶解炉で、電極は溶融し液滴となって熔融スラグを通過する際に精錬され、モールド内に滴下

して鋼塊(インゴット)となる。モールド内に浅い熔融メタルプールを保持しながら順次凝固させる積層凝固の利用により、偏析のない清浄な鋼を製造することができる。

当社E S R の設備の概要を表1に、概略を図1に示す。

本設備は、不活性ガス保護雰囲気型で、最大15 t の鋼塊を2つの溶解ステーションで交互に溶解できるようになっている。また、完全同軸大電流フィードシステム、高精度ロードセル電極フィードシステム、完全電気・機械結合電極フィード駆動システム、自動メルトコントロールシステム、雰囲気保護フードシステムなどを装備しており、コンピュータ化された制御機能およびその信頼性を高めるための炉体構造を有するものとなっている。

表1 E S R 設備主仕様

	新ESR	新ESRの特長
設置メーカー型式	2010.10 ALD ESR F1000/20II型	-
鋼塊重量	2~15t (最大モールド径:φ1000)	
炉体方式	固定式 (2溶解ステーション)	2ステーション交互稼働による高効率生産が可能
給電方式	同軸	電磁場の軸対象化により凝固が均一化
溶解制御方式	メルトレイト(自動)	自動制御により溶解、凝固が安定化
溶解雰囲気	不活性ガスorドライエア(密閉フード)	雰囲気制御強化により清浄度が安定化
電極位置制御	自動電極フィードコントロール	自動位置制御により、溶解、凝固が安定化
電源容量	3000KVA	

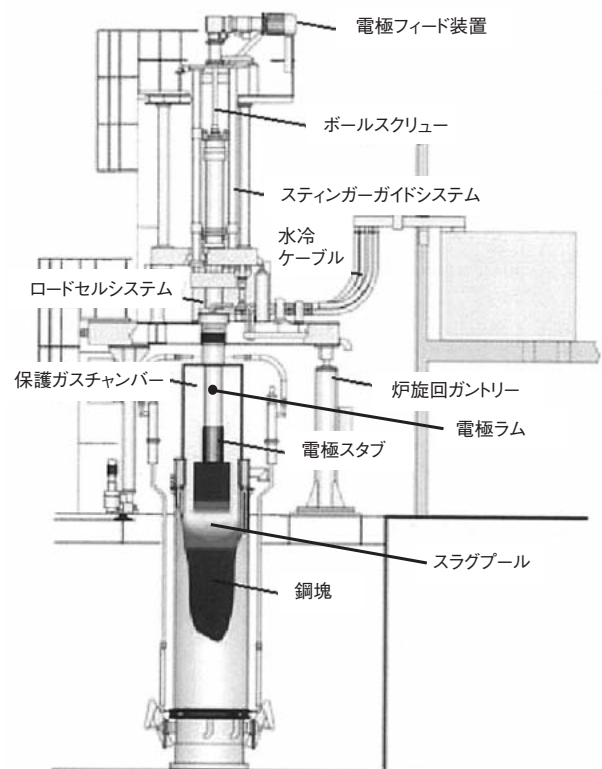


図1 E S R 設備の概略構造図

*1 研究・開発センター 製鋼プロセスグループ長、PhD
 *2 技術企画管理部 製鋼グループ
 *3 製鋼部 第一製鋼課長

- (1) 高精度ロードセル電極フィードシステム
溶解速度の正確な計算のために必要な電極フィードシステム全体の重量を測定するシステムで、外力の影響を除去し摩擦力を秤量システムの系内に入れ込む設計となっている。
- (2) 完全電気・機械結合式電極フィード駆動システム
電動モータ、ディファレンシャルギア、並びに電極ラムを動かすためのボールスクリューから構成される、完全電気・機械結合式電極フィード駆動システムとなっており、ESR材の品質を確保する上で重要な電極の位置制御を信頼性の高い構造としている。
- (3) 自動溶解コントロールシステム
ESRの操業では、大きく分けて、溶解初期、最大通電溶解期、ホットトップ期の3期に分けられる。炉の溶解初期工程の後には、定められた溶解手順書により完全自動運転され、自動電極フィードコントロールシステムで制御され、溶解初期、最大通電溶解期およびホットトップ期まで自動溶解される。これにより、安定した品質が得られると共に、省力が図れるようになっている。
- (4) 雰囲気保護フードシステム
溶解雰囲気制御は、ヒューム排気および密閉型の保護フードおよび不活性ガスの封入により強化されている。

3. 新15t ESR製品の品質特性

新15t ESR炉で溶解した製品の品質特性例について述べる。

3.1 大型鋼塊の品質

(1) 鍛造後のマクロ組織

図2に、QD61（SKD61相当）8t鋼塊の平角製品のTop部およびBottom部のマクロ組織を示す。製品は、ESRで再溶解後、160mm×655mmに鍛造したものである。各部位共に、フレッケル、ピンホール、リングパターン等の欠陥がなく良好なマクロ組織を呈している。

(2) 化学成分

新ESRで再溶解したQD61の成分変動の一例を表2に示す。これは、ESR溶解後、鍛造した鍛片のTop部およびBottom部から試料採取したものだが、主成分の変動がなく安定で良好な結果となっている。

表2 QD61の母材およびESR溶解材の化学成分（mass%）

	C	Si	S	Cr	Mo	V
母材	0.39	0.94	0.001	5.15	1.19	0.81
ESR後 T部	0.39	0.90	Tr	5.13	1.20	0.81
B部	0.38	0.86	Tr	5.09	1.18	0.80

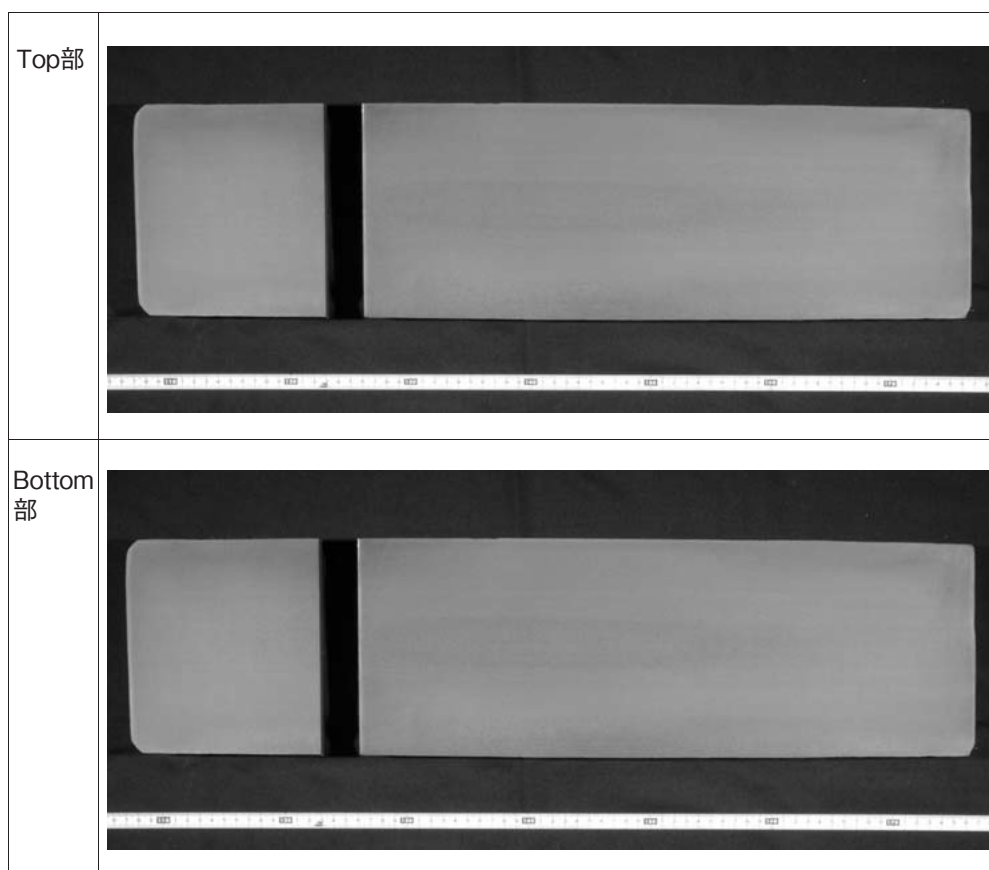


図2 新ESRによる8トン製品のマクロ組織

(3) 清浄度（非金属介在物）

表3に、清浄度を評価する指針として、ASTM-A法（1/4D）での評価結果を示す。表3に示したように、B系、D系共に良好な結果が得られている。また、北米ダイカスト協会（NADCA）において、ESR材は、gradeBの規格をクリアしている。

表3 ESR後のASTM-A法評価結果（QD61）

	A系		B系		C系		D系	
	T	H	T	H	T	H	T	H
ESR後 T部	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
B部	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
NADCA gradeA 規格	1.0	0.5	1.5	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
NADCA gradeB 規格	0.5	0.5	1.5	1.0	0.5	0.5	1.5	1.0

(4) シャルピー衝撃特性

図3に、QD61のシャルピー衝撃値（中心部T方向L面2mm-Vノッチ）について、大気材を100として規格化した時のESR材の衝撃値を示す。ESR材では大気材に比べて、衝撃値で示される靱性が30%向上している。また、NADCAにおいて、大気材はgradeA、ESR材は、gradeBのシャルピー衝撃値規格をクリアしている。

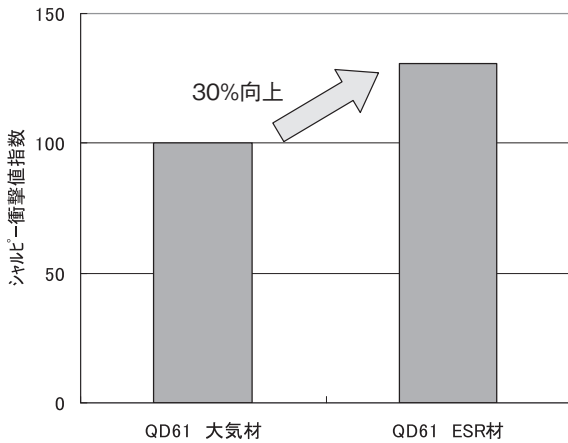


図3 新ESR材の靱性 中心部T方向L面（大気材のシャルピー衝撃値を100として規格化）

4. まとめ

新設した15トンESRの設備の特徴およびその製品品質特性について、その概要を説明した。本設備導入により、大型化への対応が図られると共に品質の安定化が図られている。

今後、この設備の特徴を生かした操業の適正化を進め、更なる品質向上を推進することにより、客先の需要に応じていく所存である。