

関西製造所新製鋼工場の立ち上げ概要

Installation and Operation of Steel Making Plant of Kansai Steel Division

俵 穰/Minoru Tawara・関西製造所 副所長

森谷 徹/Toru Moritani・関西製造所 特殊管製造部 専任部長

亀川憲一/Ken-ichi Kamegawa・関西製造所 特殊管製造部 製鋼工場 工場長

山口英良/Hideyoshi Yamaguchi・関西製造所 特殊管製造部 製鋼工場 副長

真屋敬一/Keiichi Maya・関西製造所 特殊管製造部 製鋼工場 参事

要 約

関西製造所における電気炉プロセス設備の統廃合による生産体制効率化のため、電気炉—インゴット鑄込を主流とする二工場（尼崎工場と大阪工場）を大阪工場に集約した。

本投資における主要な新設備は、以下のとおりである。

- ①最新鋭 40 t ツインシェル式直流電気炉
- ②Ni系ステンレスの最適プロセス確立を目的とした 40 t AOD 炉
- ③水平連続鑄造機の設備増強

その結果、大幅な生産性向上、各種原単位低減などのコスト合理化が可能となった。

Synopsis

The Kansai Steel Division has brought two electric arc furnace processes for ingot production in the Osaka and Amagasaki plants together at the Osaka plant for greater efficiency and cost reduction in steel making.

The main facilities established by this unification are:

- (1) 40 ton twin-shell direct current electric arc furnace,
- (2) 40 ton AOD furnace for optimum steel making process for stainless steel, and
- (3) Renewed horizontal continuous casting machine.

Productivity has improved as a result of this unification.

1. 緒 言

生産設備の統廃合は資産の効率化を通し、経営基盤の強化に貢献する。

当所では、電気炉溶製・インゴット鑄込を主流とする二工場、すなわち、

- ①ステンレス、高合金を溶製する製鋼工場（尼崎地区、旧 鋼管製造所内）
- ②大型鍛鋼、小ロット炭素鋼を溶製する製鋼工場（大阪地区、旧 製鋼所内）

を大阪地区へ、また各地区に分散していたビレット分塊・鍛造工程を尼崎地区へ集約した。

本投資における主要な新設備は、電力、電極原単位の低減を目的とした最新鋭 40 t ツインシェル式直流電気炉、および Ni 系ステンレスの最適生産プロセスの確立を目的と

した 40 t AOD 炉であり、更にビレット供給能力強化のため、上記溶製プロセスの下工程として尼崎地区に水平対向型高速鍛造設備を新設した。

本起業の主な目的は、大幅な生産性の向上、各種原単位の低減、および造塊プロセスの集約によるコスト低減などである。

本報告においては、上記の電気炉統合起業の概要、および 2、3 の技術開発について紹介する。

2. 電気炉統合の概要

2-1 設備概要

今回の合理化による新設の設備を含め、大阪地区の主要な設備の仕様を第 1 表に示した。材料溶解は二基の直流電

第1表 主要設備の概要
Table 1 Specifications of facilities

設 備	目的および内容	設備仕様
ツインシエル方式 直流電気炉 (新設)	①ツインシエル方式 (2 炉体 1 電源方式) →Ni 溶製炉および非 Ni 溶製炉 →Ni 汚染防止, 補修・装入, 時間短縮 ②直流タイプ →電力原単位低減 電極原単位低減	製作社名: 大同特殊鋼㈱ 炉 容: 40 t(2 基) 容 量: 25 MVA 495~350 V 50~60 kA 炉 寸 法: 炉殻径 4.9 m 炉殻高さ 1.8 m 電 極 径: 24 インチ 水冷化率: 炉蓋 100 % 炉壁 75~85 % 出鋼方式: EBT 方式(非 Ni 系) 出鋼傾動方式(Ni 系)
AOD 炉 (新設)	①Ni 系ステンレスの最適プロセス →従来の VOD 溶製に比べ, 生産性向上, 耐火物コストの大幅低減 ②ただし, 高純度フェライトのような極低 N 鋼に対しては, 一部 AOD-VOD プロセスを採用	製作社名: 大同特殊鋼㈱ 炉 容: 40 t 基 数: 2 基(稼働炉・予備炉) 形 式: 炉体交換方式 炉 寸 法: 炉高 5.7 m 炉径 3.7 m 底吹羽口: 4 本 底吹ガス: (内管); 酸素 0.2~1.3 Nm ³ /min/t (外管)+(内管); Ar/窒素 0.2~1.3 Nm ³ /min/t 上吹ガス: なし 出鋼方式: 台車出鋼
LF-VOD 炉 (既設)	①炭素鋼, CrMo 鋼対応 LF+真空処理 ②高純度フェライト対応 LF+真空脱炭	製作社名: 大同特殊鋼㈱ [大阪地区設置 '84.5 月] 炉 容: 30~55 t 電極加熱: 7 500 kVA 酸素上吹: 30 Nm ³ /min 粉体上吹: 鉄鉾石(脱炭促進) 生石灰(脱硫促進) 10~200 kg/min 真 空 度: 到達 10 Pa 排気能力: 250 kg/h(60 Pa) ホッパー数: 15 基
水平 CC (移設増強)	①高速鋳込および連鋳化 →(Vc) アップ(従来比 1.5 倍) →T/D 容量アップ(1.5 → 6.0 t) ②プッシュ・バック制御 (高速鋳込中のホットティア破断抑制) ③T/D 容量アップ (介在物浮上効果の増大)	製作社名: 住友重機械㈱・住友金属工業㈱ [尼崎地区設置 '89.1 月] 鋳片寸法: 0.183~0.336 mφ ストランド数: 1 機 長: 21 m モールド: ストレート形式 0.35 m 鋳込速度: max 2.0 m/min 鍋 支 持: トラバーサ T/D 容量: 6.0 t 電磁攪拌: モールド, ストランド 2 次冷却: ミスト式
造 塊 (新設)	①鋼塊鋳造台車 ②取鍋移動台車(トラバーサ)鋳造	台 車 数: 3 ライン 7 台車

気炉, 二次精錬は AOD 炉および真空脱ガス機能を有する LF-VOD 炉, 鋳込は水平型の連続鋳造機(以降, 水平 CC と称す)および取鍋移動台車を有する造塊設備を所有する。

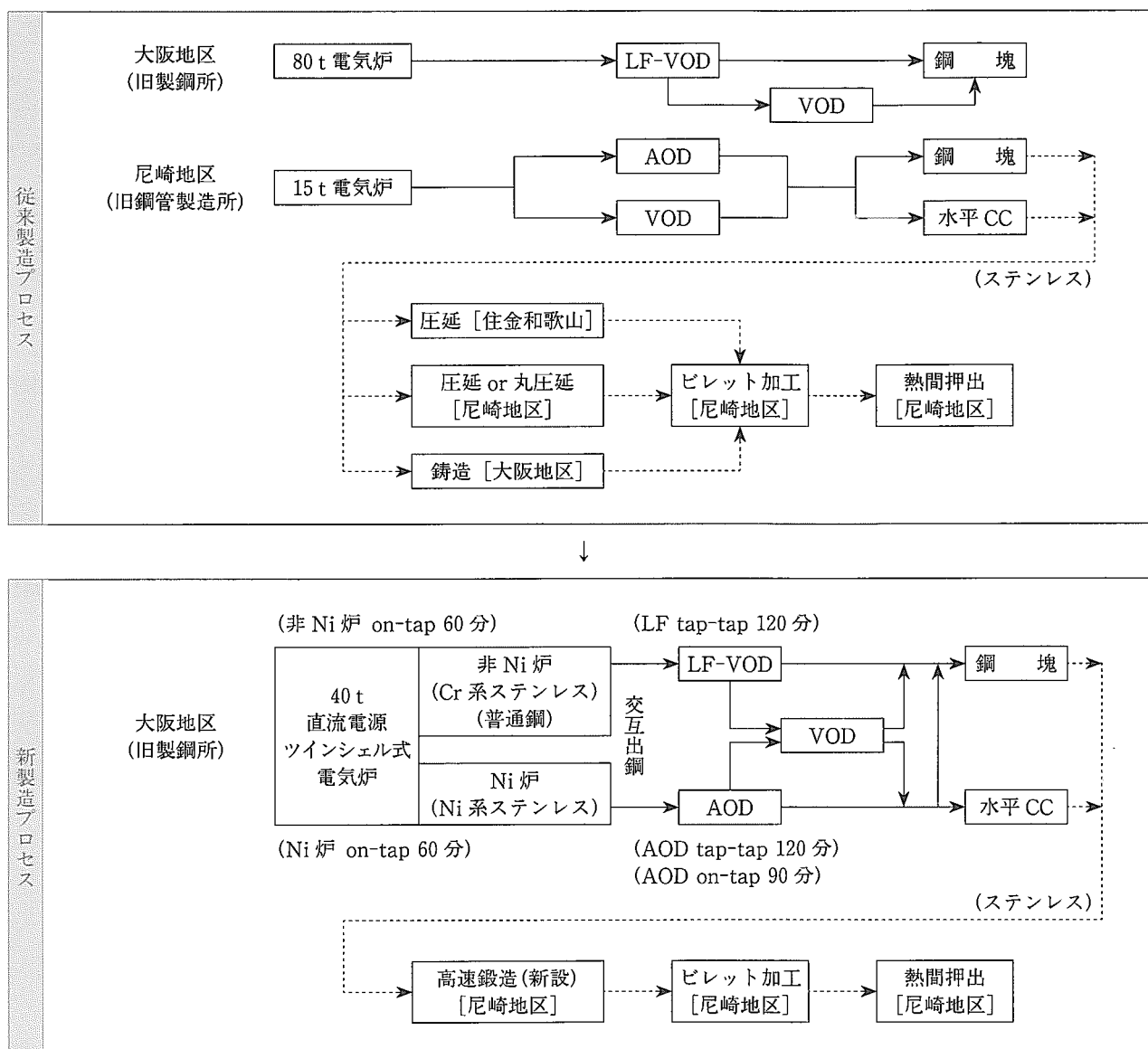
2-2 プロセス変更

第2表に示すように大阪地区と尼崎地区に併設していた電気炉から鋳込までの溶製プロセスを, 大阪地区に集約した。

また, ステンレスについては, 各地区に分散していたヒ

第2表 プロセスの変遷

Table 2 Improvement of steel making process



(注)新プロセスにおいては、夜間操業(10時間)にて非 Ni 炉, Ni 炉を交互に出鋼

(注)on-tap 時間 ; 材料装入(または注湯)から出鋼までの時間

tap-tap 時間 ; 前 ch 出鋼から次 ch 出鋼までの時間

レット分塊・鍛造工程を高速鍛造の新設により、尼崎地区に集約した。

3. 電気炉立ち上げ状況

3-1 操業概要

第1図に設備の概念を示す。二つの直流電気炉炉体に対し、ひとつの電源から交互に切り替えて電力を供給する。

すなわち、一方の電気炉を通電・溶解後、出鋼作業を実施する直前に電源供給を切り替え、他方の電気炉の通電が開始される。また、一方の電気炉の通電初期に、他方の電気炉の炉内補修および材料挿入が実施される。これによって、

電気炉操業の効率化が可能となる。

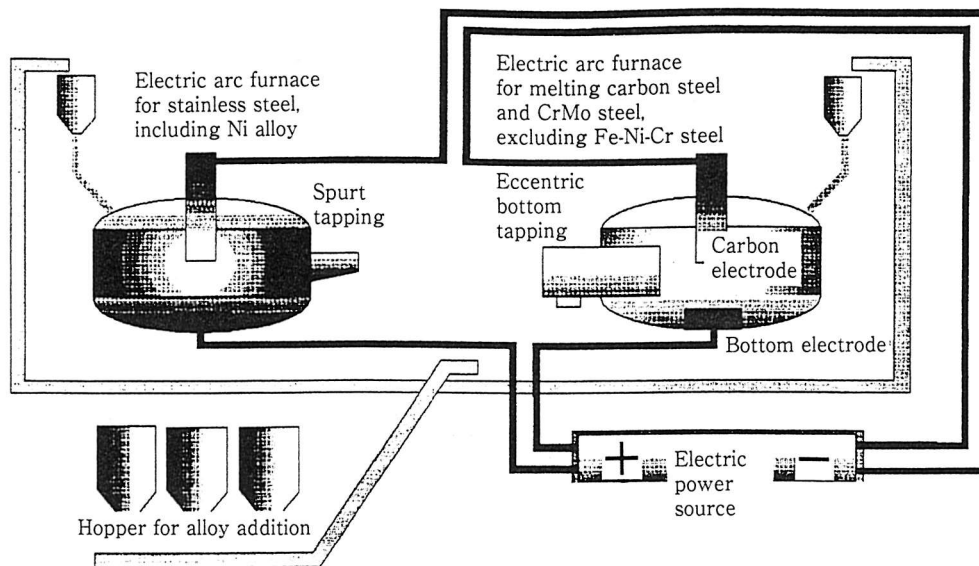
二基ある電気炉の一基は、Ni 系ステンレス溶解専用で出鋼機からの傾動出鋼構造となっており、もう一基の電気炉は、非 Ni 系(炭素鋼, Cr-Mo 鋼)溶解専用で偏心炉底出鋼構造となっている。

3-2 底吹攪拌

CO 脱炭反応による溶鋼攪拌の期待できない Ni 炉において、その溶解促進に対して、底吹攪拌技術は重要である。そこで、最適攪拌状態を把握すべく溶鋼内の温度分布に及ぼす底吹羽口位置の影響について伝熱シミュレーションを実施した。

その結果、底吹羽口は、出鋼口側の炉底に2本設置(第

技術報文

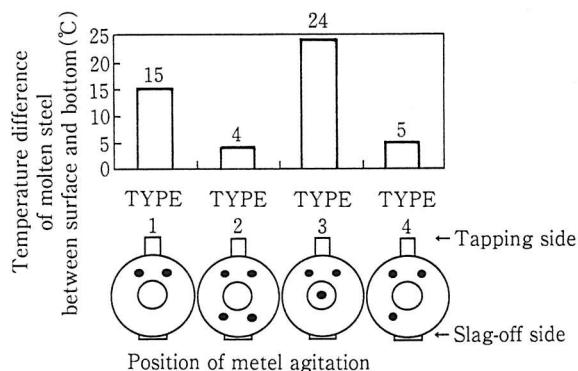


第1図 40t 直流電気炉の概略図

Fig.1 Schematic profile of 40t electric arc furnace

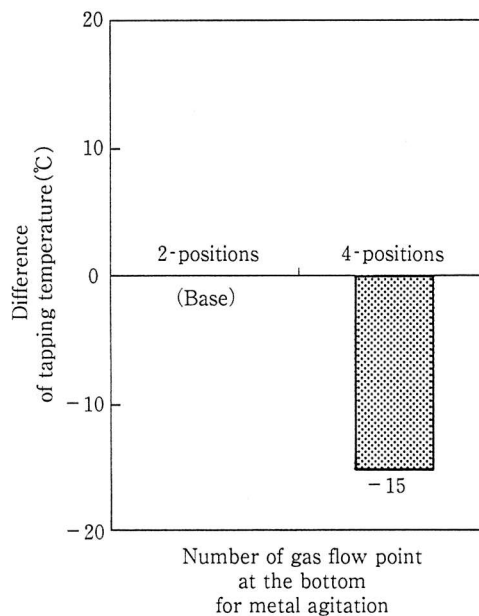
2図の TYPE 1) するよりも、炉底電極を挟んだ対角線上に羽口を設置した場合(第2図の TYPE 2, 4)の方が温度均一効果が大きいことが判明した。

そこで、4本羽口タイプ(第2図の TYPE 2)をオンライン適用した結果、溶け残りトラブルが減少すると同時に、第3図に示すように、出鋼温度の低減が可能となり、エネルギー向上が図れた。



第2図 電気炉での溶鋼温度均一性に及ぼす攪拌位置の影響

Fig.2 Effect of metal agitation positions in electric arc furnace on the temperature uniformity of molten steel



第3図 電気炉出鋼温度低減に及ぼす底吹き4孔化の効果

Fig.3 Effect of 4-position metal agitation on decrease of tapping temperature

4. 新 AOD 炉立ち上げ状況

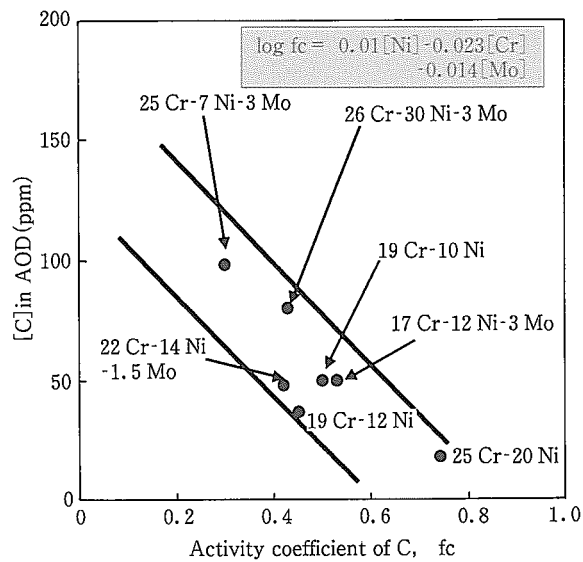
4-1 脱 C 実績

AOD 操業実績における鋼種別の低 C 化の到達最小値について、炭素活量係数、 f_c を用いて整理した結果を第4図に示す。 f_c が小さい鋼種(高 Cr 高 Mo 低 Ni の鋼種)は

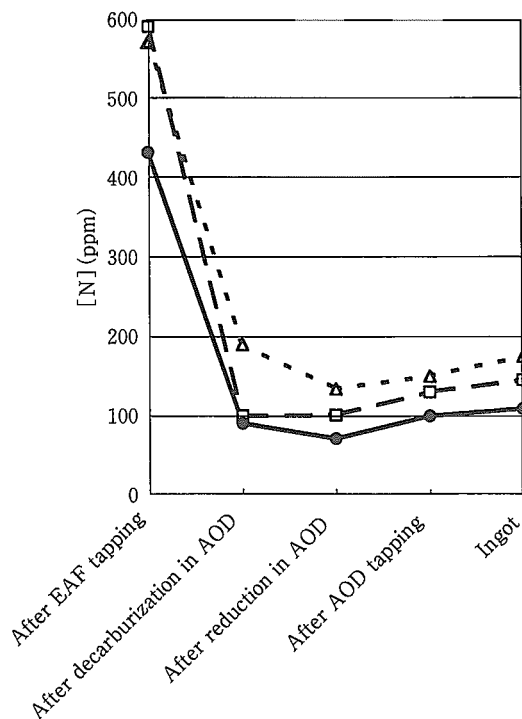
ど、低 C 化が困難であることが定量的に確認された。これにより、鋼種ごとの脱 C 限界をほぼ把握でき、新鋼種溶製の際に到達 C レベルの予測が可能となった。

4-2 AOD 脱 N

低 N 鋼溶製の例を第5図に示す。以下に示す管理により、例えば 18Cr-8Ni 鋼において安定して製品 $[N] \approx 150 \sim 200$ ppm を保証している。

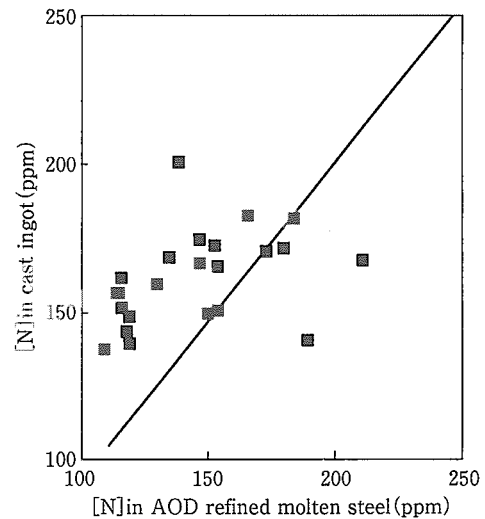


第4図 AOD 到達 [C] と炭素活量係数の関係
Fig.4 Relation between min [C] in AOD and activity coefficient of carbon in various kinds of steels



第5図 18Cr-8Ni における脱窒挙動
Fig.5 Behaviors of removal of nitrogen from 18Cr-8Ni steel

- ①目標 [N] に応じた処理前 [C] の設定 (AOD 脱 C 時間確保)
- ②[N] ピックアップ (第6図) を考慮した AOD での必要脱N量の規定



第6図 AOD 出鋼時の N ピックアップ
Fig.6 [N] pickup by AOD tapping

5. Ti 入りステンレス鋼の品質改善

5-1 背景

SUS 321 等の Ti 入りステンレス鋼は、電気炉統合前は VOD (尼崎地区) で溶製されていたが、統合後は下記 2 種の選択が可能となった。

- ①低コストではあるが、大気下での脱 N、および出鋼時の N ピックアップ等から極低 N 化が困難な AOD プロセス
 - ②耐火物コスト・作業性が劣るものの、真空脱 N による極低 N 化が可能な VOD (大阪地区) プロセス
- 統合後両プロセスについて、精錬方法と品質問題、特に TiN 起因の鋼塊肌性状との関係を比較調査した。

5-2 製品 N の影響

低 N ステンレス鋼の製品 N レベルと鋼塊肌との関係を第 3 表にまとめた。製品 [N] が低いほど、Ti 入りステンレスの鋼塊肌成績が優れることが判明し (写真 1, 2 参照)、それにより鍛造前の鋼塊肌手入率も低減された。

この結果から、安定した品質の鋼塊を得るには、低 N 化が不可欠であり、VOD 法を適用することとした。

第 7 図、第 8 図は、AOD と VOD (大阪地区) の各種鋼種の [N] レベルを比較したものである。例えば、SUS 321

第3表 製品[N]と鋼塊肌の関係

Table 3 Relation between nitrogen in product and ingot surface

プロセス	電気炉統合前 [尼崎地区] VOD(現：撤去)	電気炉統合後 [大阪地区]	
		AOD(新設)	VOD(既設)
製品 N (ppm)	70～100	140～160	36, 40
鋼塊肌成績	△ 〔Ti ≥ 0.5 mass %にて 鋼塊肌悪化(TiN 起因 のパウダ巻き込み)〕	× 〔Ti 濃度によらず鋼塊肌 悪(TiN 起因のパウダ 巻き込み)〕	○ 〔良好〕
写 真		Photo 1	Photo 2

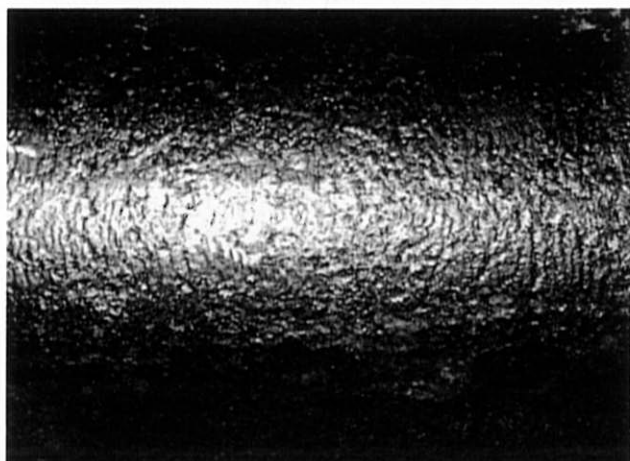
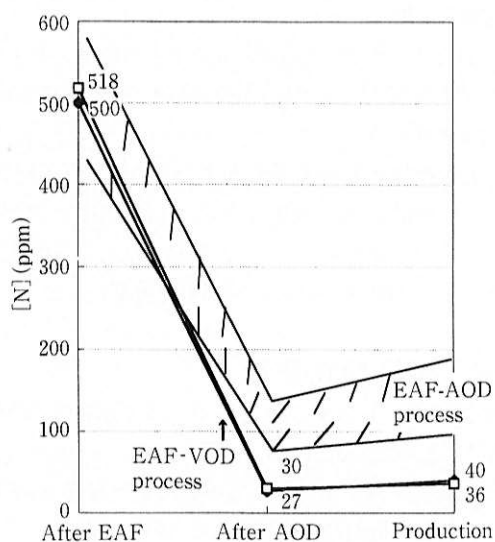


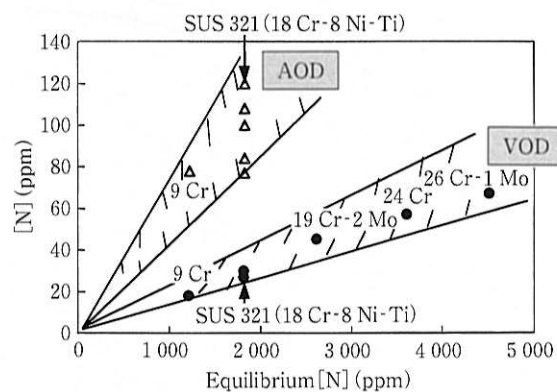
写真1 AOD プロセスにおける鋼塊肌
Photo 1 Ingot surface produced by AOD process



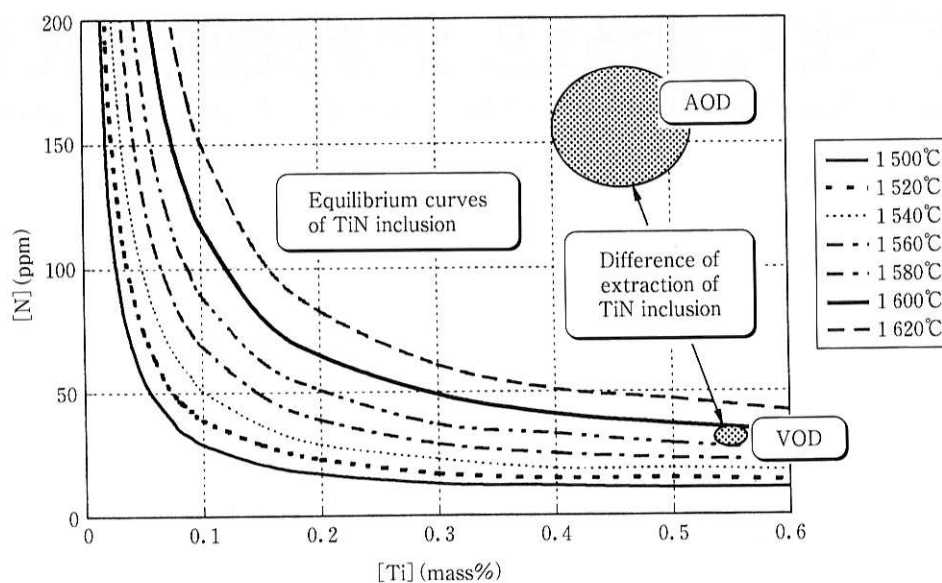
写真2 VOD プロセスにおける鋼塊肌
Photo 2 Ingot surface produced by VOD process



第7図 SUS 321 (18 Cr-8 Ni-Ti)における脱窒挙動
Fig.7 Behaviors of removal of nitrogen from SUS321 (18Cr-8Ni-Ti)



第8図 AODとVODの脱窒比較
Fig.8 Comparison of nitrogen in VOD refined steel with that in AOD



第9図 SUS 321 (18 Cr-8 Ni-Ti)における TiN の実績値と計算値の比較

Fig.9 Comparison of observed [Ti] vs. [N] with calculated ones for SUS321 (18Cr-8Ni-Ti)

では VOD により、到達 $N \leq 30$ ppm、製品 $N \leq 40$ ppm が得られている。これは旧 VOD (尼崎地区) の到達 $N \leq 70 \sim 100$ ppm に比べ、大幅に低減している。

この改善は、VOD (大阪地区) でのシール強化等種々の N ピックアップ抑制対策によるものである。

また、鋼塊肌成績の向上は第9図に示す TiN 平衡計算からも判るように、極低 N 化により TiN 生成量が減少し、それによってインゴット casting 時のメニスカス近傍で補足される TiN 量が減少し、パウダー固化などによる casting 不良が低減したものと推定される。

6. まとめ

関西製造所において、ツインセル式直流電気炉、AOD

炉の新設、水平連続鋳造機の増強を行い、2 工場(尼崎工場と大阪工場)を大阪工場に集約した。

その結果、大幅な生産性の向上・各種原単位の低減等コスト合理化とともに、低 N 化等により製品品質も向上した。



俵 穰 / Minoru Tawara

関西製造所 副所長

(問合せ先: 06(466)6152)