

中華人民共和國  
工場(上海大隆機械廠)近代化計画  
調査報告書  
(要約)

1988年12月

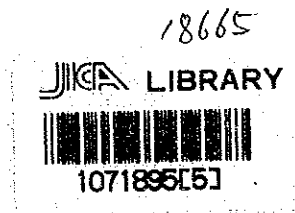
国際協力事業団



鉦計工
C R (3)
88 - 166



中華人民共和國  
工場(上海大隆機械廠)近代化計画  
調査報告書  
(要約)



1988年12月

国際協力事業団



# 目 次

序章	-----	1
1.	調査団派遣の経緯 -----	1
2.	調査の目的 -----	1
3.	調査対象範囲と内容 -----	1
4.	調査団の構成と日程 -----	3
第1章	現地本格調査結果による両者の基本的合意事項（骨子） -----	4
1.	二次精錬 -----	4
2.	生産計画 -----	4
3.	特に注意すべき技術検討内容 -----	4
第2章	上海大隆機械廠の概要 -----	6
1.	工場の沿革 -----	6
2.	工場現況 -----	6
第3章	近代化についての技術的提案 -----	9
1.	製品別生産計画 -----	9
2.	二次精錬設備の比較 -----	11
3.	（AOD 要約では省略）	
4.	電気炉操業の改善 -----	33
5.	近代化に必要とする製鋼工場設備仕様 -----	39
6.	鑄鋼工程についての提案 -----	45
7.	生産管理 -----	48
8.	原料管理 -----	51
9.	教育訓練についての提案 -----	54
1.0.	近代化への実施Schedule -----	57
1.1.	経済効果の概要 -----	58



# 序 章

## 1. 調査団派遣の経緯

中華人民共和国政府は、1982年の党大会において、西暦2000年までに工場の生産を1980年の水準の4倍に拡大する計画を発表し、計画達成の一環として既存工場の近代化を強力に推進しており、わが国に対しても協力を要請してきた。

本調査は、国際協力事業団が中華人民共和国国家経済委員会と1988年3月10日署名した「中華人民共和国工場近代化計画調査実施細則」に拠り、上海大隆機械廠（以下、「機械廠」という）に対し、1988年3月に行われた事前調査に引き続き、大同特殊鋼株式会社からの3名の専門家によって構成された上海大隆機械廠近代化計画日本代表調査団（以下、「調査団」と言う）により、1988年5月14日から25日の間に行われた。

## 2. 調査の目的

本調査は機械廠に対し、1988年3月に行われた事前調査の結果に基づき、既存設備の利用に重点を置いた生産管理と製造技術に関する近代化計画、特に機械廠の鑄鍛分工場内の製鋼工場へ、AODを中心とした二次精錬技術と設備を採用することによる増産と高品位なステンレス鋼の製造を行うことを骨子とした近代化計画を提案することを目的としている。

また、この調査の実施中に機械廠のカウンターパートに対し調査手法などの技術移転を行う。

## 3. 調査対象範囲と内容

事前調査で合意された実施細目に基づき、大同特殊鋼株式会社から派遣された3名の専門家による機械廠の現地調査を行い、調査結果を勘案して工場の改善ならびに近代化計画を立案する、というものであり、その詳細を以下に示す。

### 3.1 現地調査

機械廠の鑄鍛分工場、製鋼工場その他を対象とし、生産工程としてはScrapなどの原材料管理から造塊および鑄鋼工程の一部までであり、製品としては鋼塊と鑄鋼製品を対象とした。

(1) 工場概要調査

鑄鍛分工場の操業の実状と、近代化のための工場配置、既存設備、生産の実態、設備導入SPACE などについて調査した。

(2) 生産工程調査

生産性の向上および近代化のため原材料受入れ実態、操業（溶解、出鋼、造塊）の状況を調査した。

(3) 生産管理の実態調査

鑄鍛分工場を中心とした生産管理について原料・資材調達管理、在庫管理、工程・品質管理、教育・訓練などの実状を調査した。

(4) 近代化調査

機械廠が希望する近代化計画に関して、生産計画、生産品目、生産量、品質Level、実施Schedule、最終目標生産量への達成段階を調査した。

### 3. 2 国内分析

機械廠への導入を推奨すべき設備と技術について、日本での実績と、機械廠へ導入のために機械廠が備えるべき諸条件を調査・解析する。

更に次の内容を含めた近代化計画を立案・提示する。

(1) 近代化計画の内容

(2) 計画実施Schedule

(3) 近代化に要する経費

(4) 近代化計画実施上の留意点



#### 4. 調査団の構成と日程

##### 4. 1 構成

1988年 5月に行われた本格調査のための調査団の構成は次の通りであった。

氏 名	所 属	担 当
常世田 靖一	大同特殊鋼株式会社 海外技術協力部 主査	団長・総括、設備計画
中山 次男	大同特殊鋼株式会社 海外技術協力部 主査	生産工程
杉村 邦彦	大同特殊鋼株式会社 海外技術協力部 副主査	生産管理、資材調達

##### 4. 2 調査日程

昭和63年5月14日から5月25日の間に行われた。

上海大隆機械廠には、5月15日から22日までの実質7日間訪問し所定の調査を行った。

機械廠訪問の最終日（5月22日）には調査団と機械廠の間によって、「現地本格調査結果による両者の基本的合意書」の内容確認と署名が行われた。

また、5月24日には北京市にて、国家経済委員会および国際協力事業団北京事務所へ調査結果報告を行った。

## 第1章 現地本格調査結果による両者の基本的合意事項（骨子）

### 1. 二次精錬設備

二次精錬設備としては、AOD、VOD、およびLFVを検討対象とする。

### 2. 生産計画

二次精錬設備の採用後の生産計画の量と鋼種は下表（表-1）の通りとする。

表-1 近代化後の二次精錬対象鋼種（製品量 t/y）

鋼種	INGOT	鋳鋼
00Cr17Ni14Mo	1,000	0
00Cr18Ni10	5,000	0
0Cr13	300	0
35CrMoA	11,600	0
42CrMoA	5,000	0
2-3Cr13	100	500
ZG20CrMo	0	2,500
WCB WCC	0	5,000
ASTM A487(4Q)	0	2,000
1Cr18Ni9Ti	2,000	0
合計	25,000	10,000

### 3. 特に留意すべき技術検討内容

#### (1) 電気炉生産能力の向上

機械廠鋳鍛分工場の製鋼生産能力は、電気炉(EAF)によって決定されている。二次精錬設備採用に伴い、EAFの生産能力の向上についても検討する。

#### (2) 原材料（廃鋼）置場

現在「機械廠の廃鋼置場は不足である」と考えられている。このことが溶解能力の不足を来している。廃鋼置場についても検討する。

(3) 品質LEVEL

改造計画達成後の、各工程ごとの達成可能な品質LEVELを検討する。また、二次精錬の採用による鋳鋼品の品質向上についても検討する。

(4) 歩留向上

E A Fおよび造塊工程の歩留向上対策について検討する。二次精錬工程においても歩留向上対策に関しては十分な配慮をする。

(5) 二次精錬設備配置

二次精錬設備配置の検討に際しては、現状の設備配置、建屋条件、CRANE 条件などを考慮し、可能なかぎり設備投資金額を少なくすることを前提とする。

## 第2章 上海大隆機械廠の概要

### 1. 工場の沿革

機械廠は1902年に創立されて以来86年の歴史を有する中国国内では有数の機械メーカーである。上海市内に本工場を有し、最終需要家と接触しやすい状況にあり、需要家との技術的検討に有利な立場にある。その技術水準もかなり高いものとの評判を得ている。

鑄鋼品の製造技術としては40年の歴史を誇っており、その製品規模も最大5tまで製造可能である。製品は中国国内ばかりではなく海外にも輸出されている。

### 2. 工場現況

#### 2.1 全工場

上海市に本工場（上海光復西路5号）のほかに3つの分工場を有している。これらの分工場は本工場の管理下にある。

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| (1) 鑄鍛分工場      | (本社工場から北東約16km) |
| (2) チェーン分工場    | (本社工場から南西約8km)  |
| (3) 超高圧設備製造分工場 | (本社工場から北約1km)   |

主なる製品は次の通りである。

- 高圧Pump、超高圧Pump
- 高圧Valve その他Stop valve
- Ammonia pumpおよび高圧Compressor
- 高圧容器
- Roller chain
- 石油および天然Gas 掘削用Housing

#### 2.5 鑄鍛分工場

##### (1) 概要

- (A) 沿革：1979年から1980年にかけて、本社工場内の熱間工場のうち鑄鋼工程と鍛造工程を現在地（呉淞地区）へ移設したことにより、本鑄鍛分工場が発足した。  
上海市では電気炉を最初に採用した工場である。

(B) 総人数：1,500 人 (内、技師62名、間接管理部門 147名)

(C) 工場敷地面積： 72,000m<sup>2</sup>  
建屋面積： 41,600m<sup>2</sup>

(D) 生産実績(1987 年)

鋼塊用溶鋼	19,553t	鑄鋼用溶鋼	8,890t	合計	28,443t
製 品 鋼塊	18,000t	鑄鋼	5,500t	合計	23,500t

(2) 組織

鑄鍛分工場は本社工場の生産系統に属されている。

鑄鍛分工場は工場長および副工場長の下に15の辦公室があり、さらに112 のGROUP がある。

製造部門としては製鋼(16 GROUP)、造形(19 GROUP)、精整(10 Group)、および鍛造(13 Group)がある。

(3) 主要設備

(A) 電気炉 (2 基) 公称能力：5t 実出鋼量：12t Trans.容量：5,000kVA

(B) 電気炉出鋼用Crane (2 基) 最大定格荷重：30t Crane レール高さ：10m

(C) 受配電所 受電容量：15,000kVA 通電容量：8,000kVA 短絡容量： 800kVA

(D) 酸素供給設備

付近のAir separating factoryからPipingで当工場へ搬送している。

供給能力：600 m<sup>3</sup>N/h

Tank容量：40m<sup>3</sup>N (未使用)

(E) Argon 供給設備

現在はcylinderで購入している。

将来AOD などで大量にArgon が要求される場合は、付近のAir separating factory からPipingで当工場へ搬送できる。その場合 200m<sup>3</sup>N/h が保証されている。

(F) 集塵装置 (1式) 形式：BAG FILTER式 処理風量：60,000m<sup>3</sup>N/h (1,000m<sup>3</sup>N/h)  
吸引圧力：245mmAq

(G) 鑄造設備

- 砂処理機 : 55t/h x 1基
- 砂型乾燥炉 : 3基
- 砂落とし装置 : 1基
- Shot blaster : 1基
- 焼鈍炉 : 3基 (都市ガス焼き)

(H) 鍛造設備

- 1.600t PRESS : 1基
- 3t、2t、Steam hammer : 各1基
- 250kg、560kg、Air hammer : 各1基
- 連続熱処理炉 : 3基 (都市ガス焼き)
- Batch 炉 : 11基 (都市ガス焼き)

### 第3章 近代化についての技術的提案

#### 1. 製品別生産計画

##### 1.1 製品別生産計画

鑄鍛分工場での1987年実績と、二次精錬設備採用後の生産計画(1988年から1992年までの五ヶ年計画完了時)は表-2に示す通りである。

表-2 1987年生産実績と二次精錬設備採用後の生産計画 [溶鋼量(t/y)]

鋼種	1987年生産実績			二次精錬設備採用後			増加率 %
	INGOT 向け	鑄鋼向け	計	INGOT 向け	鑄鋼向け	計	
構造用炭素鋼	10,914	7,993	18,907	1,135	11,274	12,409	-34.4
低合金鋼	7,213	830	8,043	17,091	8,364	25,455	+216.5
軸受鋼	605.4	0	605.4	409	0	409	-32.4
炭素工具鋼	469.1	0	469.1	564	0	564	+20.2
合金工具鋼	211.0	0	211.0	0	345	345	+63.5
Stainless 鋼	140.5	67	207.5	8,636	2,182	10,818	+5,113.5
合計	19,553	8,890	28,443	28,180	21,820	50,000	+75.8

表-3に二次精錬対象量を鋼種別に示した。

表-3 二次精錬対象量 (鋼種別) (t/y)

鋼種	将来最大見込量		鋼種区分	主な用途
	INGOT	鑄鋼		
00Cr17Ni14Mo	1,000	0	Stainless 鋼	Pump本体
00Cr18Ni10	5,000	0	Stainless 鋼	化学工業、計器
0Cr13	300	0	Stainless 鋼	Turbine 羽根
35CrMoA	11,600	0	低合金鋼	自工場Chain
42CrMoA	5,000	0	低合金鋼	歯車
2-3Cr13	100	500	Stainless 鋼	Valve、Pump
ZG20CrMo	0	2,500	低合金鋼	Turbine 本体
WCB WCC	0	5,000	炭素鋼	低中圧Valve
ASTM A487(4Q)	0	2,000	低合金鋼	BOP
1Cr18Ni9Ti	2,000	0	Stainless 鋼	石油化学
合計	25,000	10,000	-	-

1. 2 二次精錬対象鋼種の目標品質

現在、鑄鍛分工場で生産されている溶鋼品質については、Blow hole と非金属介在物が多い、などの多くの問題がある。これらの問題点を二次精錬の採用により減少させたい、というのが機械廠の計画である。

表-4 に二次精錬対象鋼種の内、特殊な要求がある鋼種の仕様を示した。

表-4 特殊仕様

鋼種	特殊仕様とその理由 (分析値は鍋下)
ZG20CrMo鋼	<p>[H] : <math>\leq 4\text{ppm}</math>    <math>\text{Sb} \leq 0.025</math>    <math>\text{S} \leq 0.005</math>    <math>\text{P} \leq 0.005</math></p> <p>中国石油工業部からの海洋石油掘削諸設備用の鑄鋼品の注文。 機械的性質と化学成分は次の通りの要求がある。</p> <p><math>\text{H}_2</math> : <math>\leq 3\text{ppm}</math>    <math>\text{O}_2</math> : <math>\leq 40\sim 60\text{ppm}</math>    <math>\text{N}_2</math> : <math>30\sim 75\text{ppm}</math></p> <p><math>\text{As} : \leq 0.005\%</math>    <math>\text{Sn} : \leq 0.005\%</math>    <math>\text{Sb} : \leq 0.005\%</math></p> <p><math>\text{H}_2\text{S}</math> 腐蝕に耐えること、また、<math>700 \sim 1.000\text{kg/cm}^2</math>耐圧であること。</p>
00Cr18Ni10	<p>[H] : <math>\leq 4\text{ppm}</math>    [O] : <math>\leq 50\sim 70\text{ppm}</math>    [N] : <math>140 \sim 250\text{ppm}</math></p> <p><math>\text{Pb} \leq 0.005\%</math>    <math>\text{As} \leq 0.005\%</math>    <math>\text{Sn} \leq 0.0015\%</math>    <math>\text{Sb} \leq 0.006</math>    <math>\text{S} \leq 0.005</math>    <math>\text{P} \leq 0.005</math></p>



2. 二次精錬設備の比較

2. 1 二次精錬法の概要

表-5 に二次精錬法とその特徴を示した。また、電気炉と組合わせた二次精錬法を図-1 に示した。

表-5 二次精錬法とその特徴 ○ 優れている △やや優れている

名 称	精 錬 機 能						特 徴
	脱水素	脱 酸	脱 炭	脱 硫	酸化物 還元	温度 制御	
DH法	○	○					迅速、効果的な脱Gas 大量処理 温度降下小 確実・容易な合金添加
RH法	○	○					
VOD 法	○	○	○		○		極低炭Stainless Cr歩留向上 電気炉の生産性向上
AOD 法	△	○	○	○	○		
FINKL VAD 法	○	○	△		○	○	自由度が大きい真空精錬 脱酸、介在物の低減 成分調整と温度制御が容易
ASEA SKF法	○	○	○	○	○	○	
DAIDO LF法	○	○	○	○	○	○	

Stainless 鋼の二次精錬（炉外精錬）に適する方法は、表-5 で明らかのようにVOD 法あるいはAOD 法である。

また、低介在物、低水素および低硫黄が要求される合金鋼の精錬にはASEA SKF法あるいはDAIDO LF法（以下、LFV 法という）が適している。ただし、LFV 法に比べASEA SKF法は脱硫速度が遅く、脱硫時間がLFV 法の5～8倍かかる。よってここではLFV 法のみを取上げる。

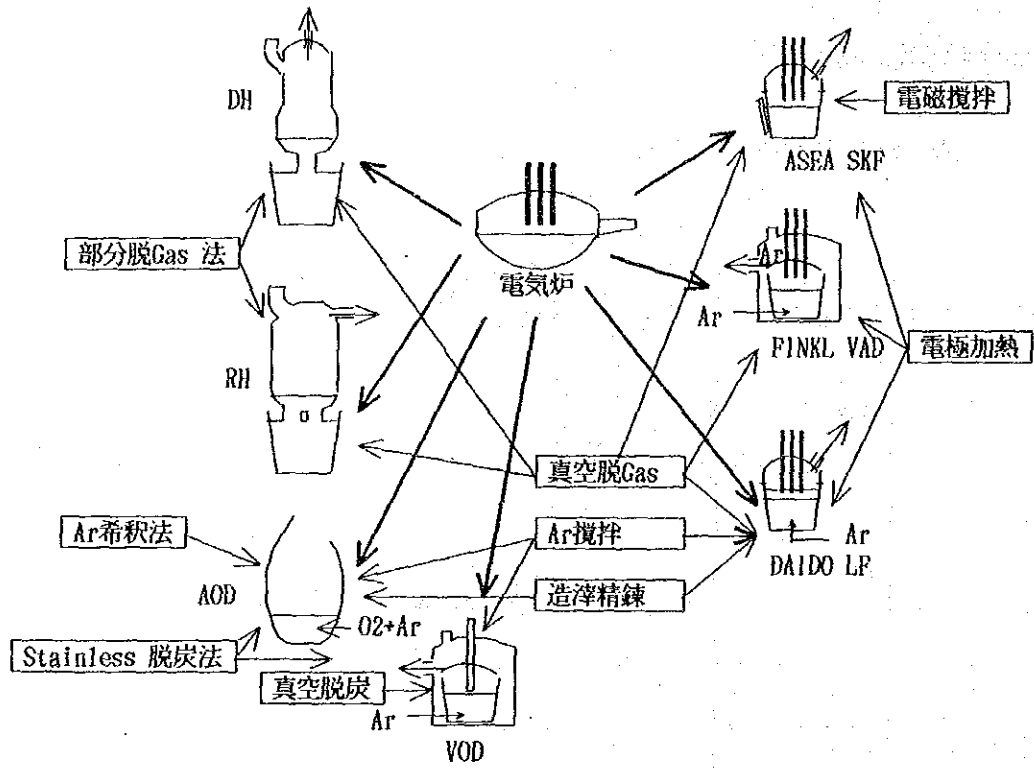


図-1 二次精錬 (炉外精錬) 法の機能

## 2. 2 二次精錬法の設備機能と工程

### (1) AOD 法

#### (A) 概要

AOD (ArgonOxygen Decarburization))は1968年USA のUnion Carbide 社によって開発され。この二次精錬炉はStainless 鋼の多量生産に適したものであり、電気炉などの溶解炉で原料を溶解した後、AOD に溶鋼を移し、ここで脱炭、脱硫、成分調整などを効率的に行うものである。

現在、AOD は全世界で90基以上が稼働している。

#### (B) 設備構成

AOD Process の設備機構を図- 2 に示す。

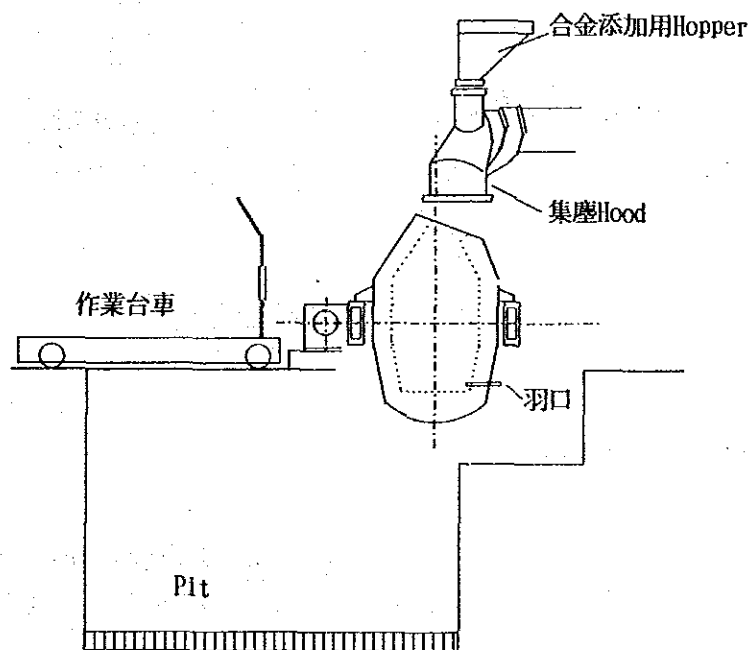


図- 2 AOD Vessel周辺設備 (概要)

(C) 溶製Pattern

AOD によるStainless 鋼と低合金鋼の溶製の基本Pattern は図-3の通りである。

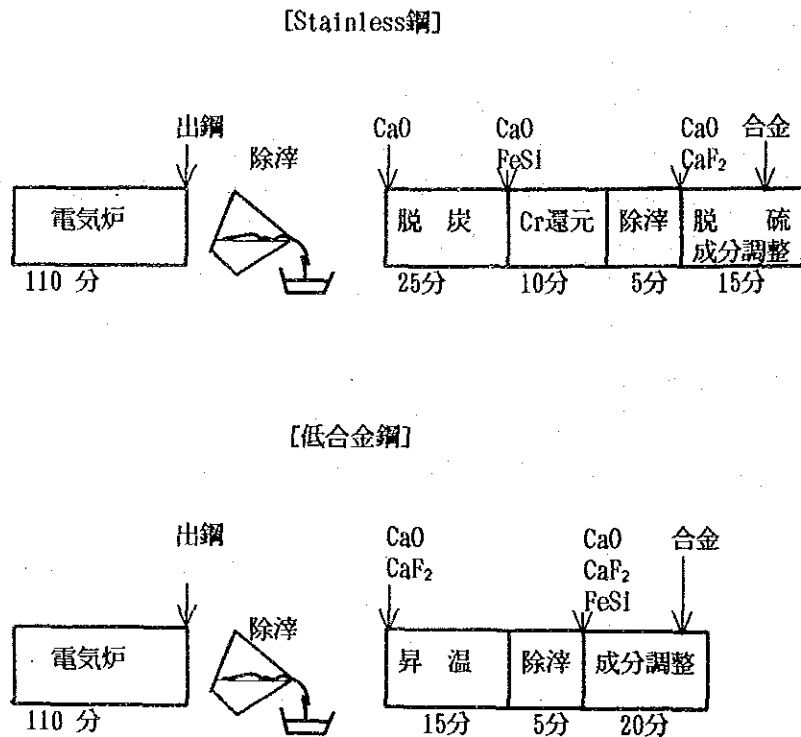


図-3 AOD 法による溶製の基本Pattern

(D) 成分Control

AOD 炉はその強力な攪拌によって、高塩基度Slagの条件下で、超低 [S] の溶製を可能としており、S 分配率(S)/[S] を200 以上にすることも可能である。

(2) VOD 法

(A) 概要

VOD Process は1965年にWest Germanyで開発され、現在は世界各国で60基以上が稼働している。

このProcess は真空Tank内の取鍋中の溶鋼に酸素を吹込むことによって、金属の酸化を抑制しながら、脱炭反応を促進させるものである。

(B) 設備構成

VOD の主設備を図-4に示す。

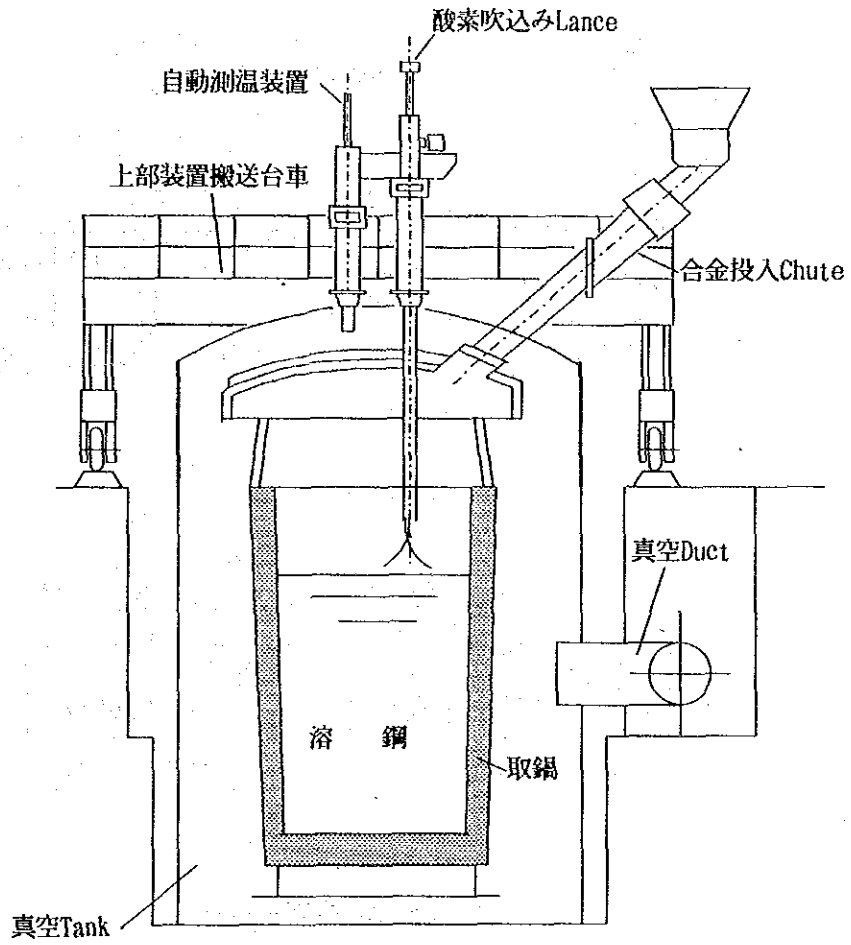


図-4 VOD の設備の概略構成

(C) 溶製Pattern

VOD 法によるStainless 鋼と低合金鋼の溶製Pattern を図-5に示す。一般的にはVOD による二次精錬時間はAOD 法よりも長い。

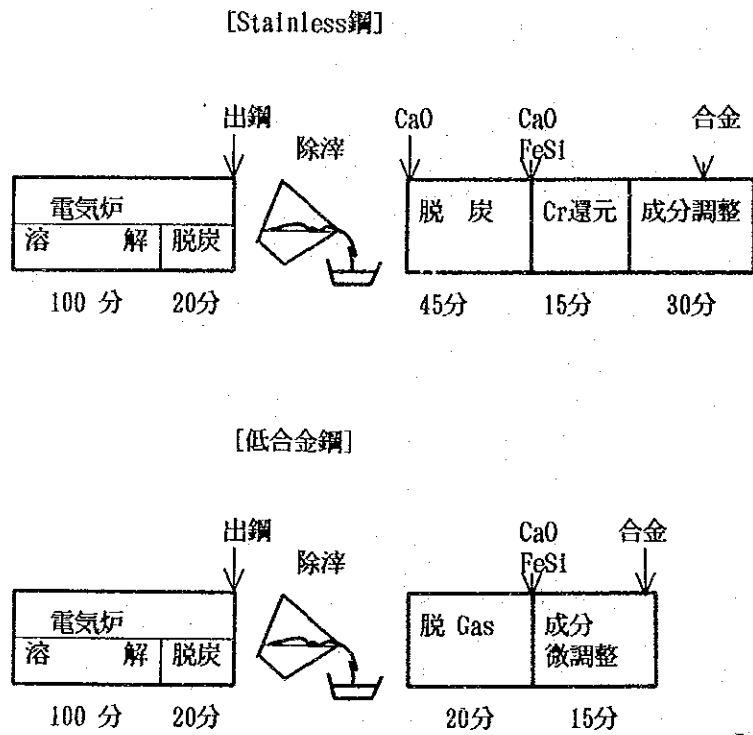


図-5 VOD 法の溶製Pattern

(D) 成分Control

VOD 法による成分調整の特徴は、AOD やLPV の2つの方法と比較して、窒素の除去が比較的容易にできることである。

脱Hおよび脱Nに対してはVOD 法は有効なProcess であるが、Slag量が少ないために脱Sは不利である。

### (3) LFV 法

#### (A) 概要

前に述べたAOD 法とVOD 法はStainless 鋼の溶製Process として開発されたものであるが、LFV 法はすべての鋼種に対して、有害元素の除去、成分および铸造温度のControl を容易に、かつ、厳密に行うために開発されたものである。

LFV の精錬機能の主なものは次の4つである。

- 1 Ar gasによる強力な溶鋼の攪拌
- 2 無酸化雰囲気での精錬
- 3 塩基性Slagの使用
- 4 Submerged arc による加熱

#### (B) 設備構成

LFV の主な設備の構成を図-6に示す。図-6はLFV の加熱時における概念を示している。脱炭、脱Gas 時には取鍋を脱Gas station に移行するか、あるいは、LF加熱用上蓋を移動し、真空用上蓋を取鍋に被せる。

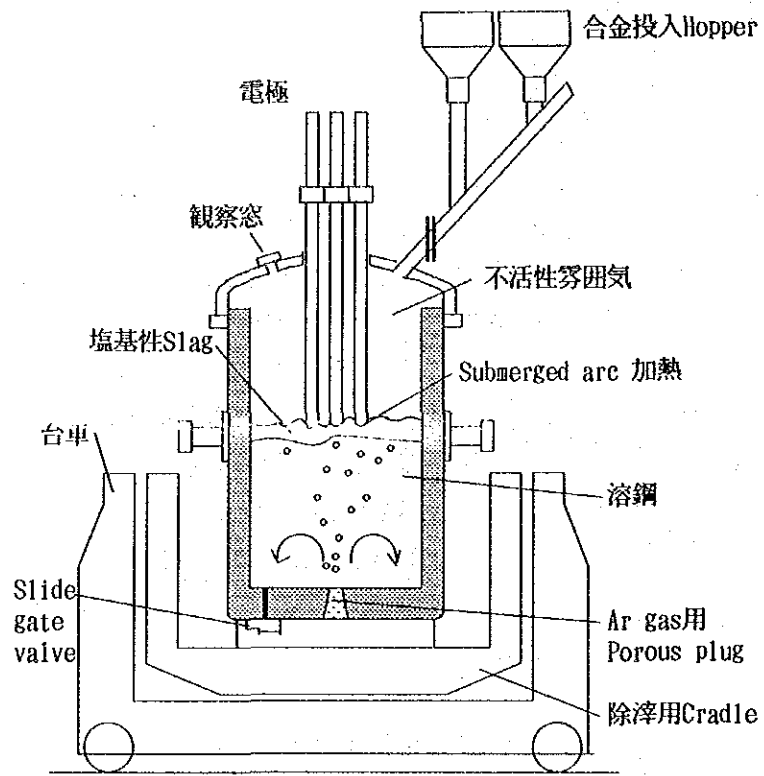


図-6 LFV の主要設備構成



(C) 溶製Pattern

LFV 法によるStainless 鋼と低合金鋼の代表的なPattern を図-7 に示す。

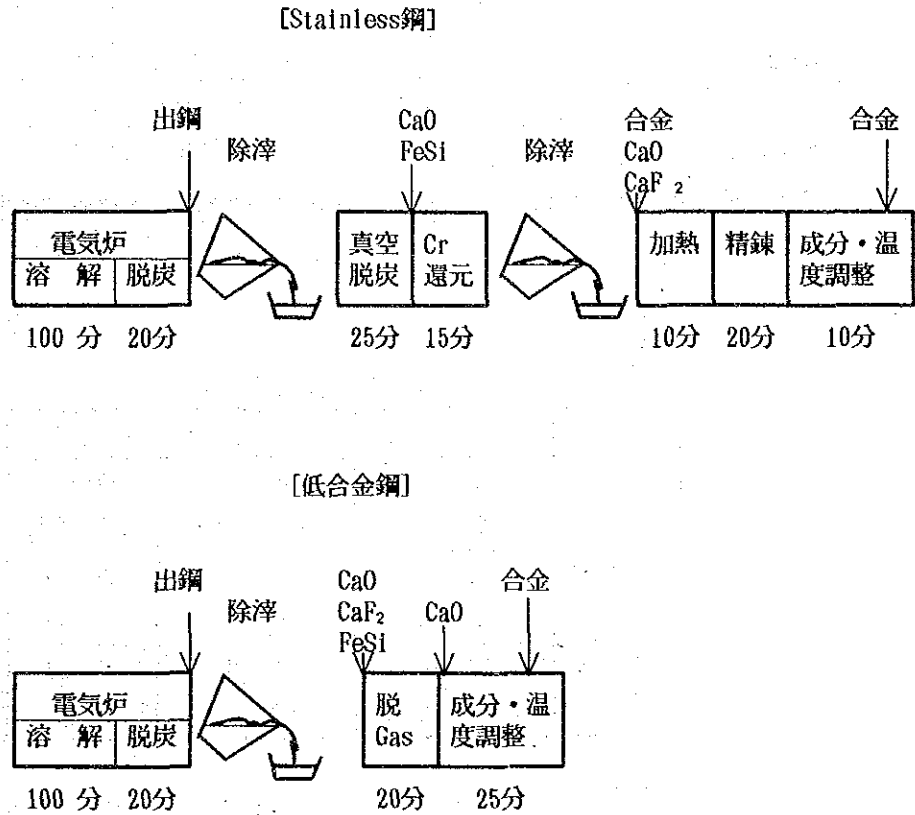


図-7 LFV 法の溶製Pattern

(D) 成分Control

高塩基性Slagを用い、還元性雰囲気中で溶鋼を強力に攪拌することにより極低S鋼の溶製が可能となる。また、同じ理由から成分も非常に狭い範囲内に制御することができる。

LFV 法による成分値のバラツキは非常に小さく、次の成分範囲の制御が可能である。

- C% : 0.03% 以内
- Si% : 0.05% 以内
- Mn% : 0.05% 以内
- Cr% : 0.05% 以内

(E) 温度調整

製品の表面の性状や内部の空孔は溶鋼の铸込時の温度条件に強く影響されるため、品質管理の上で厳密な温度調整を行うことは極めて重要なことである。LFV 法はこの点について非常に優れている。

2. 3 Process と品質

溶製される鋼の品質はAOD、VODあるいはLFVのどれを採用するかによって異なる。

ここではそれぞれのProcessによる品質をNi-Stainless鋼、Cr-Stainless鋼および低合金鋼について述べる。

(1) 酸素

表-6 Process別の処理後の酸素量 (ppm)

	Ni-Stainless鋼	Cr-Stainless鋼	低合金鋼
AOD	50~100 $\bar{X} = 65$	40~100 $\bar{X} = 60$	30~60 $\bar{X} = 40$
VOD	50~100 $\bar{X} = 70$	40~80 $\bar{X} = 65$	30~50 $\bar{X} = 35$
LFV	50~80 $\bar{X} = 65$	30~60 $\bar{X} = 60$	15~30 $\bar{X} = 20$

これら3つのProcessにあつては、見掛の上では鋼中の酸素量減少に対してLFVが最も優れており、AODが最も劣っている。

一方、Alなどの[O]との化学的親和力が強い脱酸剤を用いることによって、[O]の $\bar{X}$ を低Levelまで下げることが可能であるが、脱酸について3つのProcessを比較する場合、Processの固有の性質の差異よりもAl、Si、C値がどの程度まで許されるか、という鋼種要因による差の方が大きい。

(2) 水素

表-7 鋼中水素量比較 (ppm)

	Ni-Stainless鋼	Cr-Stainless鋼	低合金鋼
AOD	3~7 $\bar{X} = 4.0$	2~5 $\bar{X} = 3.5$	2~4 $\bar{X} = 3.0$
VOD	2~3 $\bar{X} = 2.5$	1.5~3 $\bar{X} = 2.0$	1~2 $\bar{X} = 1.2$
LFV	2.5~3.5 $\bar{X} = 3.0$	2~3 $\bar{X} = 2.5$	1~2 $\bar{X} = 1.5$

上表で明らかなように脱窒素については、AOD 法は他の方法に比べて効果的ではない。

(3) 窒素

表-8 鋼中窒素量比較 (ppm)

	Ni-Stainless鋼	Cr-Stainless鋼	低合金鋼
AOD	100 ~ 350 $\bar{X} = 200$	80 ~ 230 $\bar{X} = 160$	70 ~ 130 $\bar{X} = 100$
VOD	60 ~ 100 $\bar{X} = 80$	55 ~ 90 $\bar{X} = 75$	50 ~ 70 $\bar{X} = 65$
LFV	60 ~ 130 $\bar{X} = 90$	60 ~ 100 $\bar{X} = 80$	55 ~ 80 $\bar{X} = 70$

上表で明らかなように、低窒素鋼を溶製するProcessとしてはVODが最も適しており、AODは脱窒素を得意としていない。

(4) 機械的性質

二次精錬を行った場合、Ni Stainless鋼ではCharpy衝撃値、硬さ、伸びについて有意差が認められ、Cr Stainless鋼と低合金鋼についてはCharpy値が不純物の低減によって改善される。

2. 4 溶解歩留と原単位の比較

Ni Stainless鋼(AISI 304)、Cr Stainless鋼(AISI 403)および低合金鋼(JIS SCM440)の3鋼種について溶解歩留、原単位および製造Costを比較した結果を表-9に示す。

比例費の中で特に注意しなければならないことは、AODと取鍋の耐火物Costである。

Stainless鋼の溶製では、Vessel内の溶鋼は高温状態で長時間保持され、かつ、強力な攪拌精錬が行われるため、耐火物の損傷が著しい。

AOD Vesselは溶製と溶製の途中の冷却によって、Spallingが発生し易く、また、目地の開きも生じやすいためAOD Vesselの寿命は極端に短縮される。このため、AODの操業Costの低減は、如何にしてTap to tap時間の短縮し、また、如何にして連続操作を行うかに懸かっている。

図-8はAODと取鍋の寿命とCostの関係を指数で示したものであり、表-10の耐火材料Costは指数1.0で算出したものである。

図-8で明らかなように、AODの稼働率が50%の場合と連続操作の場合ではCost比率が1:2.4になり、如何に操作 방법이 Costに大きな影響を与えるかが判る。

## 2.5 要員比較

現在の7人/班以上の要員を増加することなく電気炉と二次精錬設備の操作が可能である。  
表-9に近代化後の鑄鍛分工場の製鋼の要員と日本のD社の製鋼の要員を示す。

表-9 近代化後の製鋼要員 (人数/班)

	電気炉	二次精錬設備			合計
		AOD	VOD	LFV	
鑄鍛分工場	5	2	2	2	7
日本D社	3	2	2	2	5

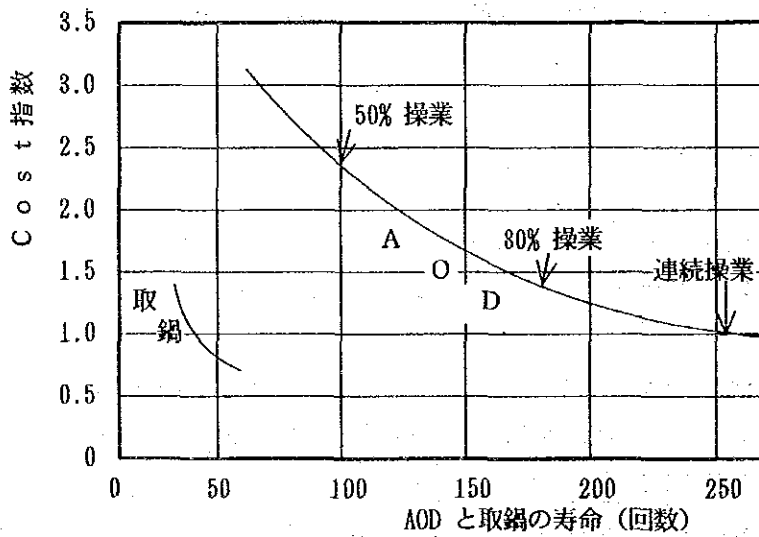


図-8 Vesselと取鍋寿命とCost

表-10 電気炉-二次精錬Process 別原料費と製造比例費比較 (日本D社の実績値からの想定)

	原材料・ 資材単価 (元)	A O D						V O D						L F V						
		Ni Stainless鋼		Cr Stainless鋼		低合金鋼		Ni Stainless鋼		Cr Stainless鋼		*低合金鋼		Ni Stainless鋼		Cr Stainless鋼		低合金鋼		
		原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	原単位	原単価	
電力	0.159/kWh	440	70.0	520	82.7	625	99.4	479	76.2	566	90.0	688	109.4	527	83.8	623	99.1	688	109.4	
電極	8.0kg	3.6	28.8	4.2	33.6	5.1	40.8	4.2	33.6	4.9	39.2	5.6	44.8	4.6	36.8	5.4	43.2	5.6	44.8	
s a r C	O <sub>2</sub>	0.178 /Nm <sup>3</sup>	27.8	4.9	22.2	4.0	25.0	4.5	16.4	2.9	13.1	2.3	30	5.3	16.4	2.9	13.1	2.3	27.0	4.8
	Ar	7.08 /Nm <sup>3</sup>	4.7	33.3	13.8	97.7	10.9	77.2	0.3	2.1	0.3	2.1	-	-	0.7	5.0	0.7	5.0	0.7	5.0
	N <sub>2</sub>	0.09 /Nm <sup>3</sup>	12.6	1.1	-	-	-	-	0.6	0.1	0.6	0.1	-	-	0.6	0.1	0.6	0.1	0.6	0.1
LNG (燃料)	0.275 /kg	4.1	1.1	4.1	1.1	4.1	1.1	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	
溶 解 材 料	CaO	0.06/kg	67.9	4.1	57.7	3.5	68.9	4.1	58.9	3.5	47.1	2.8	35.0	2.1	70.7	4.2	56.5	3.4	56.5	3.4
	CaF <sub>2</sub>	0.11/kg	8.8	1.0	7.5	0.8	15.2	1.7	1.9	0.2	1.6	0.2	2.1	0.2	3.5	0.4	3.1	0.3	3.1	0.3
	FeSi (75%)	2.55/kg	13.0	33.2	11.0	28.1	10.3	26.3	11.3	28.8	10.4	26.5	7.0	17.9	11.3	28.8	10.4	26.5	7.0	17.9
	Al	8.2/kg	3.8	31.2	3.2	26.2	1.5	12.3	5.0	41.0	4.0	32.8	0.6	4.9	5.0	41.0	4.0	32.8	1.5	12.3
	加炭材	0.14/kg	9.1	1.3	7.7	1.1	26.0	3.6	-	-	-	-	15.0	2.1	-	-	-	-	15.0	2.1
(小計)	-	-	70.8	-	59.7	-	48.0	-	73.5	-	62.3	-	27.2	-	74.4	-	63.0	-	36.0	
耐 火 材 料	電気炉	[2.9/kg]	4.1	[12.0]	4.1	[11.9]	4.1	[11.9]	12.4	[36.0]	12.4	[36.0]	6.2	[18.0]	12.4	[36.0]	12.4	[36.0]	4.1	[11.9]
	AOD	[9.0/kg]	4.0	[36.0]	3.1	[27.9]	2.6	[23.4]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	取鍋	[4.0/kg]	6.0	[24.0]	6.0	[24.0]	6.0	[24.0]	18.0	[72.0]	14.4	[57.6]	6.0	[24.0]	23.4	[93.6]	18.7	[74.8]	14.8	[59.2]
	移送鍋	[4.9/kg]	1.2	[5.9]	1.2	[5.9]	1.2	[5.9]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(小計)	-	-	77.9	-	69.7	-	65.2	-	108.0	-	93.6	-	42.0	-	129.6	-	110.8	-	71.1	
真空用蒸気	-	-	-	-	-	-	-	-	12.0	-	10.4	-	5.0	-	12.0	-	10.4	-	5.0	
(比例費合計)	-	287.9		348.5		336.2		308.7		300.3		234.0		344.9		334.2		276.5		
原材料費	-	[3,835.9]		[1,370.5]		[839.8]		[3,835.9]		[1,370.5]		[839.8]		[3,835.9]		[1,370.5]		[839.8]		
(比例費+原材料費)	-	4,123.8		1,717.0		1,176.0		4,144.6		1,670.8		1,073.8		4,180.8		1,704.7		1,116.3		
溶解歩留 (%)	-	96.4		96.3		96.8		95.8		95.4		96.0		95.8		95.4		96.0		
溶鋼t当り単価 (元/t)	-	4,277.8		1,785.0		1,214.9		4,326.3		1,751.4		1,118.5		4,364.1		1,786.9		1,162.8		

[ ]: 日本国内単価を参考にして算出した。

\* : VODを採用した場合、低合金鋼はVODでは処理できず、電気炉→Ladle Degassingによって処理される。したがって、VODの場合のみ電気炉→Ladle Degassing費用を示した。  
 なお、Ladle Degassing (LD)法とは、電気炉で精錬と最終成分調整をした溶鋼を、取鍋へ出鍋し、溶鋼が入った取鍋をVODの真空Tank内におき、真空処理を行って[H]、[O]および[N]の除去をするProcessである。



## 設備費の比較

表-12に示されている二次精錬設備の設備費は表-11に示されている設備概略仕様に基づいて算出されたものである。

また、設備費は設備本体設計、製作、工事用資材、据付け工事費を含めて日本国内Baseで算出し、輸出に関わる一切の費用は含まれていない。

鑄鍛分工場の特種事情による費用（例えば、近隣のAir separation工場からの直接配管による酸素・Arの移送のための費用、もし、必要がある場合の取鍋Craneの増強のための費用など）は設備費に含まれていない。

表-11 設備概略仕様

項目	AOD	VOD	LFV
公称能力(t)	10	10	10
最大容量(t)	13	13	13
最少容量(t)	6	6	6
主電源変圧器 二次電流 電極径	3相60Hz 150kVA — —	3相60Hz 100kVA — —	3相60Hz 5,000kVA 14,000A 10 inch
真空排気装置  蒸気使用量 真空排気能力 真空排気時間 最低真空度	—  — — —	2段Booster 付き 3段Booster、 6段Ejector 7t/h 7kg/cm <sup>2</sup> 0.5Torr、150kg/h 10Torr まで 5分 0.3Torr	2段Booster 付き 3段Booster、 6段Ejector 7t/h 7kg/cm <sup>2</sup> 0.5Torr、150kg/h 10Torr まで 5分 0.3Torr
Ar供給 酸素供給 窒素供給 Ar Tank 酸素Tank 窒素Tank	15m <sup>3</sup> /min 23m <sup>3</sup> /min 15m <sup>3</sup> /min 10m <sup>3</sup> (液化Ar) 10m <sup>3</sup> (液化酸素) 10m <sup>3</sup> (液化窒素)	— 2m <sup>3</sup> /min — — 5m <sup>3</sup> —	0.2m <sup>3</sup> /min — — — (Cylinder) — —
Hopper	8-hopper (CaO、CaF <sub>2</sub> 、Fe-Si、SiMn 低炭素Fe-Cr、高炭素Fe-Cr、 Coke、予備)		
集塵装置	Bag filter 1,300Nm <sup>3</sup> /min	— —	— —
Package boiler	—	16t/h	16t/h
Crane 負荷	40t	30t	30t



表-12 概略設備費用 (元)

	項 目	設備費FOB	工事費用			合計	
			工事用資材	人工	人件費		
	人x日						
A O D	AOD 本体	2,500,000	750,000	4X7+5x10	30,000	3,280,000	
	AOD 駆動装置	1,750,000	40,000	3X5	6,000	1,796,000	
	Valve stand と配管	650,000	130,000	4X15	23,000	803,000	
	電気・計装	1,100,000	200,000	6x15	34,000	1,334,000	
	Hoodとその付帯設備	250,000	20,000	3x4	5,000	275,000	
	Gas 貯蔵・供給設備	1,250,000	63,000	5x10	19,000	1,332,000	
	合金投入装置	1,000,000	(設備に含まれる)			1,000,000	
	集塵装置	5,000,000	(設備に含まれる)			5,000,000	
	Vessle予熱装置	50,000	10,000	5x7	13,000	73,000	
	基礎工事 設計	- 2,000,000	(工事用資材+人件費)				750,000 2,000,000
	[合計]					17,643,000	
V O D	VOD 本体	1,375,000	413,000	5x15	17,000	1,795,000	
	Tank台車	1,625,000	488,000	5x20	38,000	2,151,000	
	電気・計装	1,000,000	180,000	6x10	23,000	1,203,000	
	Hoodとその付帯設備	400,000	(設備に含まれる)			400,000	
	酸素貯蔵・供給設備	(既存設備使用)	35,000	3x7	8,000	43,000	
	Package Boiler	2,000,000	50,000	3x19	21,000	2,071,000	
	(本体)	(1,250,000)	(10,000)	(3X4)	(4,500)		
	(電気・計装)	(500,000)	(15,000)	(3X5)	(6,000)		
	(配管・その他)	(250,000)	(25,000)	(3X10)	(10,500)		
	合金投入装置	1,000,000	(設備に含まれる)			1,000,000	
真空系統	1,500,000	650,000	4x15	23,000	2,173,000		
基礎工事 設計	- 625,000	(工事用資材+人件費)				500,000 625,000	
	[合計]					11,961,000	
L F V	LFV 本体	1,625,000	500,000	5x10	19,000	2,144,000	
	Tank台車	1,625,000	488,000	5x20	38,000	2,151,000	
	電気・計装	2,750,000	500,000	6x15	35,000	3,285,000	
	Hoodとその付帯設備	400,000	(設備に含まれる)			400,000	
	合金投入装置	1,000,000	(設備に含まれる)			1,000,000	
	真空系統	1,500,000	650,000	4x15	23,000	2,173,000	
	基礎工事	-	(工事用資材+人件費)				600,000
	設計	1,000,000				1,000,000	
	[合計]					12,753,000	

表-12の通り、最も設備費が少額なProcessはVODでありAODが最も高価である。  
VODの建設費用11,961元を(100)とすれば、他のProcessのその比率はAOD(148)、LFV(107)である。

## 2. 7 最適二次精錬設備

鑄鍛分工場に最も適切な二次精錬設備を、品質、生産性および製造Costの面から考察する。

### (1) 品質

#### (A) 酸素

表-13に鑄鍛分工場の酸素要求仕様と各方法で可能な酸素Levelとを比較する。

表-13 酸素要求仕様と各Processで可能な酸素Level

鋼種	0018CrNi10		ZG20CrMo	
対象量	5,000t/y (Ingot)		2,500t/y (鑄鋼製品)	
目標[O]値	50~70ppm		40~60ppm	
到達可能 酸素Level	AOD	50~100ppm $\bar{X}=65ppm$	30~60ppm $\bar{X}=40ppm$	
	VOD	50~100ppm $\bar{X}=70ppm$	30~50ppm $\bar{X}=35ppm$	
	LFV	50~80ppm $\bar{X}=65ppm$	15~30ppm $\bar{X}=20ppm$	

0018CrNi10鋼(Ni-Stainless 鋼)は海洋石油掘削用として特に低酸素を要求されている。上表によれば、到達可能な酸素LevelはすべてのProcessで不満足である。ただし、脱酸剤(A1)の添加およびSlag controlによって要求酸素Levelの50~70ppmは可能である。したがって、Stainless 鋼の精錬で脱酸剤としてのA1の添加およびSlag controlが可能であるAOD法とLFV法が、この鋼種については適性である。要求酸素Levelが最も低いZG20CrMo鋼(40~60ppm)は低合金鋼であり、そのCr%は0.50~.80%に過ぎないため、40~60ppmまでの脱酸は可能である。

#### (B) 水素

水素について最も厳しい鋼種は表-14に示したZG20CrMo鋼と0018CrNi10鋼である。

表-14 水素要求仕様と各Processで可能な水素Level

鋼種	0018CrNi10		ZG20CrMo	
対象量	5,000t/y (Ingot)		2,500t/y (鑄鋼製品)	
目標[H]値	$\leq 4ppm$		$\leq 4ppm$ $\leq 3ppm$ 海洋石油掘削設備用	
到達可能 水素Level	AOD	3~7ppm $\bar{X}=4.0ppm$	2~4ppm $\bar{X}=3.0ppm$	
	VOD	2~3ppm $\bar{X}=2.5ppm$	1~2ppm $\bar{X}=1.2ppm$	
	LFV	2.5~3.5ppm $\bar{X}=3.0ppm$	1~2ppm $\bar{X}=1.5ppm$	

VOD と LFV 法では要求水素Level を満足することができる。しかし、AOD 法では 0018CrNi10鋼と、ZG20CrMo鋼の海洋石油掘削設備用の要求水素Level を満足することはできず、水素Level が外れる場合がある。

(C) 窒素

窒素要求Level の厳しい0018CrNi10鋼とZG20CrMo鋼についての到達可能な窒素Level を表-15に示した。

表-15 窒素要求仕様と各Process で可能な窒素Level

鋼種	0018CrNi10		ZG20CrMo	
対象量	5,000t/y (Ingot)		2,500t/y (鑄鋼製品)	
目標[N]値	140 ~ 250PPM		30 ~ 75ppm	
到達可能 窒素Level	AOD	100 ~ 350ppm $\bar{X} = 200ppm$	70 ~ 130ppm $\bar{X} = 100ppm$	
	VOD	60 ~ 100ppm $\bar{X} = 80ppm$	50 ~ 70ppm $\bar{X} = 65ppm$	
	LFV	60 ~ 130ppm $\bar{X} = 90ppm$	55 ~ 80ppm $\bar{X} = 70ppm$	

0018CrNi10鋼に対しては各Process とも平均値では問題はないが、バラツキを考慮するとAOD 法では上限の250ppm以上の窒素になる場合がある。

VOD 法とLFV 法では下限値が外れる恐れがあるが精錬期での窒素添加により目標範囲に入れることができる。

ZG20CrMo鋼に対してはAOD 法では目標窒素範囲に入れることはできないと考えられる。LFV 法でも脱窒素のために特別な対策を採用しなければならない。

(D) 微量元素

表-16 微量元素に対する要求仕様

鋼種	0018CrNi10		ZG20CrMo	
			一般	海洋石油掘削用
対象量	5,000t/y (Ingot)		2,500t/y (鑄鋼製品)	
目標 値 (%)	[Pb]	$\leq 0.005$	-	-
	[As]	$\leq 0.005$	-	$\leq 0.005$
	[Sn]	$\leq 0.0015$	$\leq 0.025$	$\leq 0.005$
	[Sb]	$\leq 0.008$	$\leq 0.005$	$\leq 0.005$

若干の[Pb]は各Process とも脱炭精錬時に除去することは可能であるが、その他の微量元素は原料の成分によって影響される。したがって、微量元素規格の厳しい鋼種を溶製する場合は、成分が明らかな原材料を使用しなければならない。

(E) 硫黄

脱硫は高塩基度で、かつ、強力な攪拌精錬を特徴とするAOD 法とLFV 方によって0.005%以下の[S] は得ることは可能である。

しかし、VOD 法では特別な脱硫法を採用しなければ0.005%以下まで[%S]を下げることは困難である。

(F) 磷

最も[%P]の規格が厳しい鋼種は、やはり0018CrNi10鋼とZG20CrMo鋼であり、その値は0.005%である。

AOD 法はStainless 鋼の脱炭と強力な還元攪拌が本来の機能であるが、炉底部の羽口からGas の吹込みによる強力な攪拌と高塩基度Slagによる効率的な脱磷が行われる。

目標値である0.005%以下の[%P]はAOD 法では可能であるが、他の2つのProcess ではAOD 法ほどの強力な攪拌を行うことができないため、このLevel までの脱磷は不可能である。

(G) 品質面での比較のまとめ

表-17 各Process による品質比較

	[O]	[H]	[N]	[Pb]	[S]	[P]
AOD	○	△	△	△	◎	◎
VOD	○	◎	◎	△	X	X
LFV	○	◎	◎	△	◎	X

◎ 全鋼種に対して目標成分値を得ることができる。

○ 一部の鋼種の操業方法を変更することで目標成分値を得ることができる。

△ 一部の鋼種に対しては、操業方法を変更することで目標成分値を得ることができない。

X 全く不適當である。

品質目標値をすべて満足するProcess はない。しかし、品質面から見るとXがないAOD が最も適していると言える。

(2) 溶解・精錬費用（原材料費と比例費）

溶鋼1t当りの溶解・精錬費用（原材料費と電力、Gas 費用などの比例費）について Process 毎、鋼種毎に比較をまとめたものが表-18である。

表-18 原材料費と比例費（元/溶鋼t）

	AOD			VOD			LFV		
	Ni系 stain- less	Cr系 stain- less	低合 金鋼	Ni系 stain- less	Cr系 stain- less	低合 金鋼 注	Ni系 stain- less	Cr系 stain- less	低合 金鋼
製造費用	4,277	1,785	1,214	4,326	1,752	1,119	4,364	1,787	1,163

注： VOD の場合では低合金鋼はVOD で処理せず、電気炉→Ladle Degassing 処理によって生産する。

表-19 二次精錬方法別溶解費用（元）

	Ni系Stainless 鋼	Cr系Stainless 鋼	低合金鋼	合計金額
AOD	35,646,907	2,366,910	41,973,018	80,006,835
VOD	36,048,558	2,323,152	38,678,235	77,049,945
LFV	36,366,045	2,369,562	40,192,182	78,927,789

表-19は各Process による溶解費用に大きな差はないことを示している。

最も金額の少ないVOD を100 とするとAOD は104、LFV は102である。

ただし、AOD は連続作業を行った場合の溶解費である。間欠作業を行えばAOD の耐火物費用が激増し、溶解費用はさらに高くなる。

(3) 設備費

二次精錬各Process の設備費と設備償却費は表-20の通りである。

表-20 設備費と設備償却費

	設備費	月間設備償却額	二次精錬対象溶鋼 t 当り設備償却額
AOD	17,643,000元	110,092元	29.9元
VOD	11,961,000元	74,637元	20.2元
LFV	12,753,000元	79,579元	21.6元

(4) 推奨する二次精錬法

機械廠鑄鍛分工場に最も適切であると考えられる二次精錬設備を、品質とCostおよび生産性の観点から推奨するために、いままで述べた事柄を以下にまとめる。

(A) 品質

前述のように、品質に関してはいずれのProcess も全ての項目を満足することはできない。しかしながら、その中でAOD が最も具備すべき条件を供えている。したがって、品質面からはAOD を推奨する。

(B) Cost

溶鋼Cost（比例費、原材料費、労務費および設備償却費）について、二次精錬設備導入後の初年度について比較する。

表-21 Process 別溶鋼Cost比較 (元/t)

	AOD	VOD	LFV
溶製Cost	1,809.1	1,742.3	1,784.7
労務費	1.1	1.1	1.1
設備償却費	29.9	20.2	21.6
合計	1,840.1 (104.3)	1,763.6 (100)	1,807.4 (102.5)

上表から明らかなようにProcess による溶鋼Costにはほとんど差がない。最もCostが高いAOD と最も安いVOD との差は僅か4.3%である。

しかし、Stainless 鋼のみを対象とするならば、AOD の溶製Costが3,935.6 元/tに対し、VOD では3,972.6 元/tであり、その差がAOD のほうが37元/t有利となる。設備費の差9.6 元/tを考慮にいれてもCostの総計ではAOD の方が27.4元/t低くなる。

(C) 生産性

2.2 項で述べた各Process での一般的な操業Pattern から、電気炉+二次精錬設備での操業時間を表-22にまとめる。

表-22 各Process 別操業時間 (min/heat)

	Stainless 鋼	低合金鋼
電気炉+AOD	110 + 55-165	110 + 40-150
電気炉+VOD	120 + 90-210	120 + 35-155
電気炉+LFV	120 + 80-200	120 + 45-165

明らかにAOD 法における操業時間が短い。

以上のことから鑄鍛分工場へ導入する二次精錬設備としてAOD を推奨する。

#### 4. 電気炉操業の改善

##### 4. 1 現状と近代化後の電気炉操業

電気炉では年間51,840tの溶鋼を生産しなければならない。現状の Tap to tap 時間 (215 分) のまま近代化後も電気炉操業を続けると、その溶鋼生産量は電気炉 1 基で年間約24,000tの溶鋼しか溶製できない。2 炉で溶製しても、年産約48,000tの生産になり3,840t/yの不足になる。

さらに、AOD を導入した場合、AOD の処理時間は、最も長時間のNi系Stainless でも55分である。AOD 操業は、連続操業が前提であるため、電気炉は 2 炉を稼働させその Tap to tap 時間は110min (55min x 2) でなければならない。

##### 4. 2 電気炉操業技術の基本的考察

鑄鍛分工場の製鋼工場の電気炉は電力、電極、耐火物など多額の比例費を要しており、Tap to tap の短縮の他にもこれらの改善は大きな課題である。

これらの比例費と Tap to tap 時間について鑄鍛分工場の実績と日本の A 社の実績を比較したものが表 - 2 3 である。

表 - 2 3 電気炉の原単位と操業時間の比較  
( t = 装入重量 )

項 目	鑄鍛分工場 <sup>注1</sup>	日本の A 社 <sup>注2</sup>
電力 (kWh/t)	709	559
電極 (kg/t)	11.85	5.2
酸素 (N m <sup>3</sup> /t)	31.9	18.8
(補修材(kg/t))	22.4	5.33
(取鍋煉瓦(kg/t))	3.73	3.29
Tap to tap 時間(min)	215	125

注<sup>1</sup> 1987年実績

注<sup>2</sup> 日本 A 社の設備仕様

公称能力 : 10t

実能力 : 17.3t

変圧器容量 : 5MVA

炉殻内径 : 3,350mm

表 - 2 3 に示されているように、鑄鍛分工場の比例費は日本の A 社と比較して非常に高い。また、Tap to tap 時間も長い。

これらの原因と対策は次の通りである。

##### (1) 電気炉特性

鑄鍛分工場の電気炉では高電流操業が行われている。

電力原単位および電極原単位の低減のために高電圧・低電流操業が望ましい。



## (2) 酸素富加操業

電力原単位の低減とTap to tap 時間の短縮の手段としては、前述の送電条件の改善のほかに、 $Q$  の増大、すなわち、酸素富加操業が有効である。

溶鋼中に酸素を吹込むことによる酸化熱により、溶鋼の昇温を図るものである。図-9には酸素の使用量と電力原単位の関係を示した。

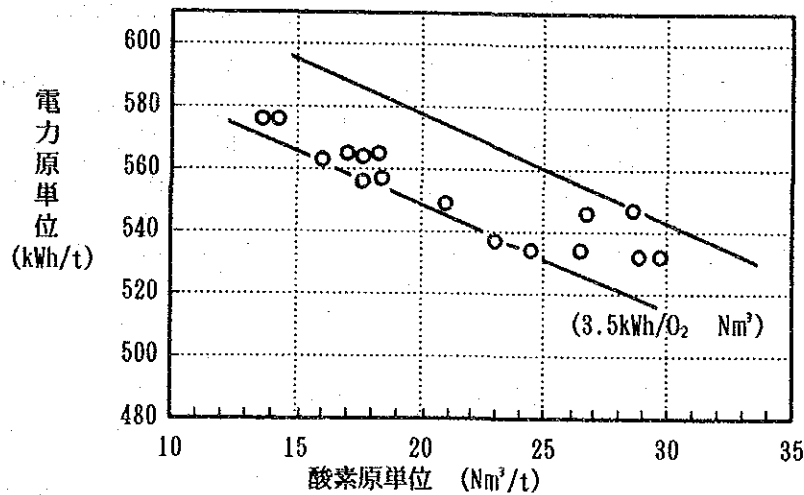


図-9 電力原単位と酸素原単位の関係

図-9のように1Nm³/tの酸素吹込みによって約3.5kWh/tの電力原単位の低下が達せられる。しかし、吹込み酸素量が過大の場合はSlag中の(FeO)の増加によって溶解歩留が低下する。

このため、酸素吹込み時の[C]の限界は歩留を悪化させないために0.10%以上にすべきである。

## (3) Carbon Injection (C-Injection)

高電圧・低電流送電は導体損失と電極原単位低減の有効な手段であるが、Long Arc化によってArcが露出し、輻射熱が炉壁を通して外部に放出されたり、炉壁煉瓦の損傷にもつながる。

図-10のように、Long Arcによる欠点を補うために、原料の溶解後の湯面平滑期にSlagと溶鋼の界面にC-Powder Injectionを行う。

(FeO) とC-Powerrとが反応してCO Gasの気泡が多量に発生する。泡立ったSlagによってArc は完全に覆われるためArc 熱は効果的に溶鋼へ伝達される。

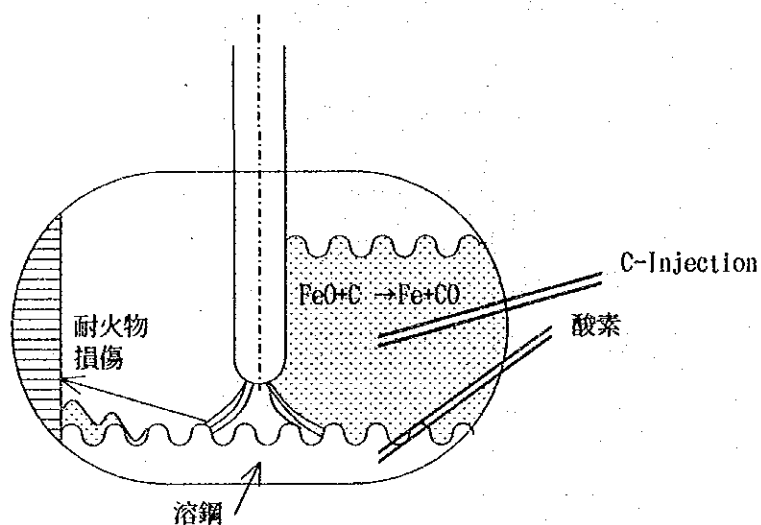


図-10 C-Injection の概念図

C-Injection は熱効率の改善と炉壁耐火物の溶損防止に役立つだけでなく、酸素富加操作によって増加したSlag中の(FeO)を減少させる効果もあり、溶鋼歩留の改善の面からも現在の製鋼法の中では最も優れたProcessである。

#### 4.3 鋳鍛分場の電気炉操業についての考察

鋳鍛分場の現状の電気炉操業方法とその原単位について考察する。

##### (1) 現状の操業Pattern

現状の操業Pattern を図-11に示す。

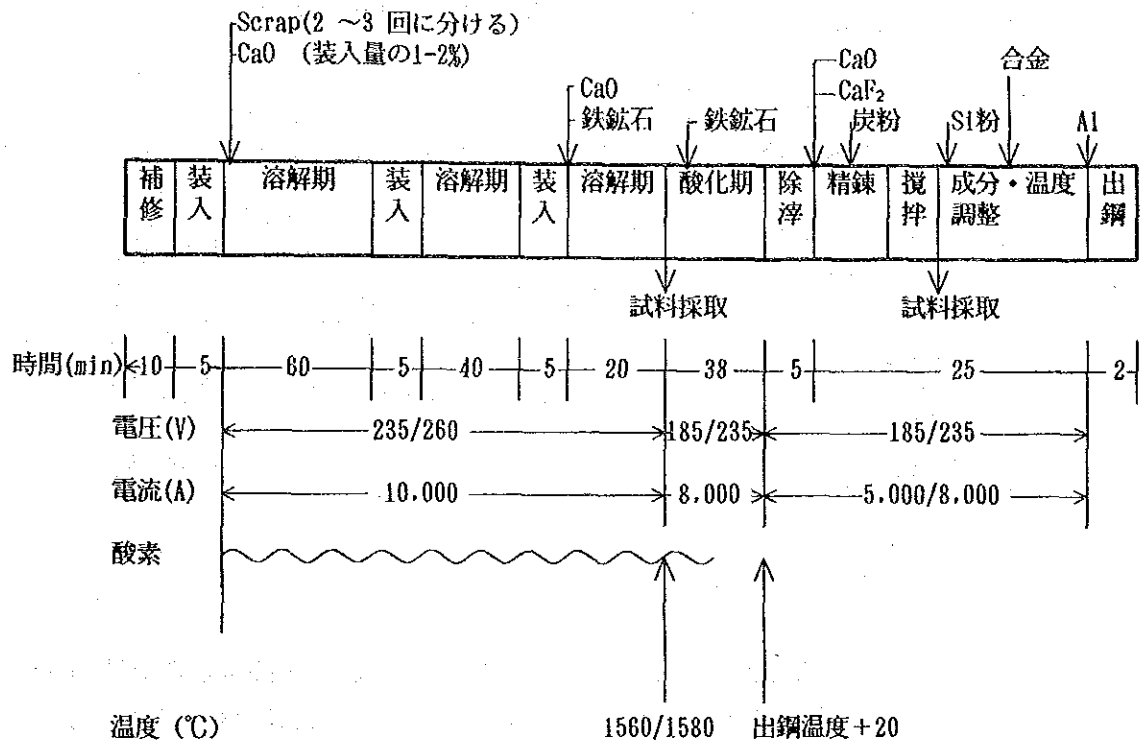


図-11 鑄鍛分工場の電気炉操業Pattern の一例

(2) 電気炉の原単位と能率

表-23で示したように、鑄鍛分工場の電気炉の原単位とTap to tap 時間について日本のA社と比較するとかなり劣っている。

これらの原因として次のことが考えられる。

- ① 電気炉の操業が複雑化しており、このためTap to tap 時間が長引くことによって各種の原単位が悪化している。
- ② 送電条件が適切でない。

図-12には日本における製鋼能率と(変圧器容量/装入重量)の関係を示す。

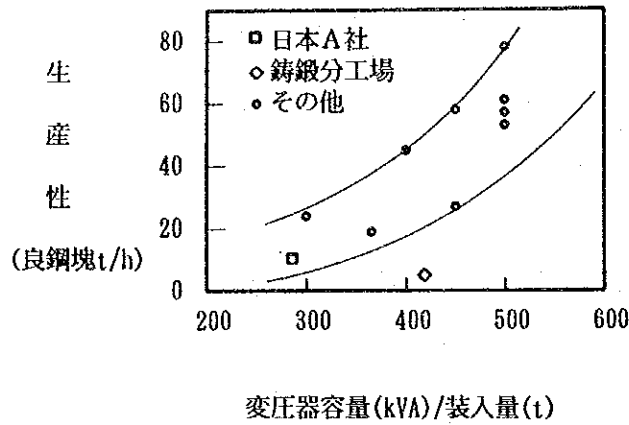


図-12 電気炉生産性と変圧器容量の関係

(3) 電気炉の操業方法の改善

(A) 送電条件の選択

電力と電極の原単位を低減させるためには高電圧・低電流操業が望ましい。  
現状の変圧器容量と電気炉設備だけから電圧と電流について考察する。

電気炉の最大電圧は炉壁が受ける熱負荷によって決定される。  
熱負荷を示す指標(Index)として、耐火物損耗指数(Rf)を用いる。

10~15t 電気炉でのRfは WCPのない状態では50程度、WCP が設置されている電気炉  
では80~100 とされている。鑄鍛分工場の電気炉の寸法から計算した値を適用する  
と、鑄鍛分工場の電気炉では最大300Vまで電圧を増加することができる。

(B) 電気炉操業Pattern

近代化後の鑄鍛分工場の電気炉の操業Pattern は次の二通りになる。

- ① 溶解、精錬、成分・温度調整を全て電気炉で行うPattern
- ② 溶解だけを電気炉で行い、精錬、成分・温度調整はAODで行うProcess

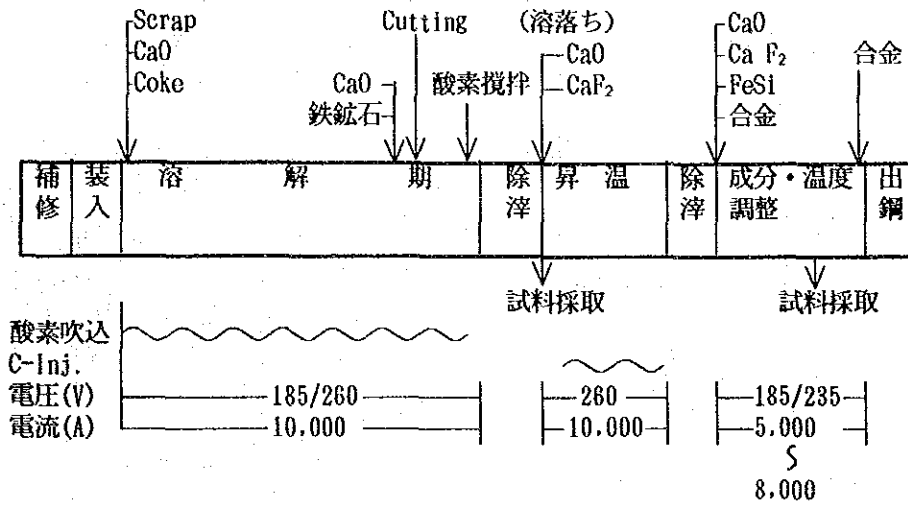


図-13 推奨する基本的操業Pattern

5. 近代化に必要とする製鋼工場設備仕様

鑄鍛分工場の近代化計画の主要な項目はAODの採用である。これと同時に電気炉ではC- Injectionの導入を伴った電気炉操作法の改善が要求される。

5. 1 製鋼工場Layout

図-14に近代化後の鑄鍛分工場の製鋼工場設備Layoutを示す。

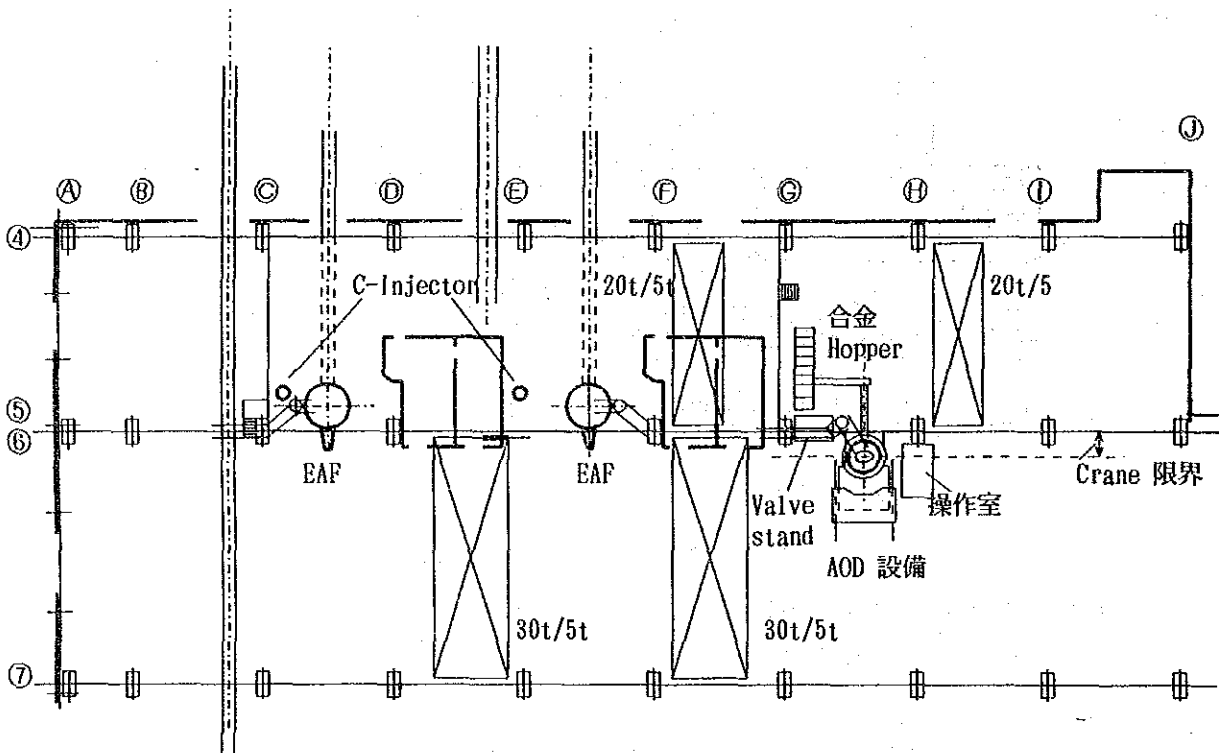


図-14 近代化後の鑄鍛分工場の製鋼工場設備Layout

AODは造塊棟の柱列③と④の間に設置される。AODの受鋼角度におけるVessel孔は30t取鍋Craneの有効範囲内であればならない。

AODの溶鋼注入、冷却材装入、出鋼のために30t-Craneの補助巻きは⑦柱列側になければならない。

合金Hopperは溶解棟に設置され、Scrap 装入Craneによって合金などはlooperへ充填される。

Valve standは柱列⑤と⑥の直下に位置すべきである。

操作室はVesselの状態を常に監視できる位置でなければならない。

## 5. 2 設備仕様

### (1) AOD Vessel

#### (A) Shell 寸法

鑄鍛分工場のAODのShell高さは約4m、内径は約2.2mである。

#### (B) AODのFree boardと溶鋼深さ

12t AODの場合のFree boardは2,250mm程度になり、その溶鋼深さは1,250mm程度になる。

#### (C) ShellとVesselの重量

Vessel重量は使用される耐火物の種類によって異なるが、AODに使用される耐火物は比重の大きい高級煉瓦である。

Vessel全体の重量は12t炉の場合は約33tになる。Vesselの交換に用いられる鑄鍛分工場の取鋼Crane能力は30tであるので33tのVessel重量は微妙な数値である。設計段階では、煉瓦選定を行った上で詳細な計算がなされなければならない。Vessel重量が30tを超える場合にはCrane能力の増大を考える必要がある。

### (2) AOD 傾動装置

AODのVessel中に溶鋼が入っている場合のTrannionにかかるTorqueは大きい。12t炉の場合は約16tのTorqueがかかる。Motor-減速機はこのTorqueに耐えることはもちろん、強力な酸素攪拌に伴う溶鋼の振動にも耐えるものでなければならない。

AODのMotorは高速と低速の2段切替えが必要である。受鋼、出鋼時には低速、その他の傾動は高速で行われる。

高速： 1.0rpm

低速： 0.2rpm

多くの場合、傾動TrannionにはValve standにおける吹込みGasの切替えのために、角度検出装置が接続されている。

(3) Valve stand と配管

AOD 精錬の各Step毎に酸素、窒素、Argon の量を調整し、また、精錬角度を外れる場合（受鋼、出鋼、Samplingと測温、予熱）は酸素、窒素、Argon の代わりに空気を吹込むなどの切替えを行う。

表-24 羽口での各Gas 圧力 (kg/cm<sup>2</sup>-G)

Gas	Tuyer		Shroud	
	許容圧力範囲 (kg/cm <sup>2</sup> -G)	設計流量率 (Nm <sup>3</sup> /min)	許容圧力範囲 (kg/cm <sup>2</sup> -G)	設計流量率 (Nm <sup>3</sup> /min)
O <sub>2</sub>	最大	14	—	—
	最少	3	—	—
Ar	最大	14	6	1.5
	最少	3	3	0.3
N <sub>2</sub>	最大	14	6	1.5
	最少	3	3	0.3

(4) 電気・計装

AOD の精錬は、従来の電気炉操業と異なり、理論的な反応によって進行する。これを遠隔・自動操作するために完全な自動制御化が必要である。

自動化あるいは遠隔操作化すべき項目は次の通りである。

- (A) Gas 関係
  - ① Valve stand 入口と羽口への供給圧力調整
  - ② Gas の種類の切替え
  - ③ 精錬Step毎のGas 流量設定値の選択と流量制御
- (B) Vessel傾動のPattern 化と予め定められた角度への自動傾動
- (C) 合金・添加物の自動投入（種類と重量）
- (D) 集塵hoodの旋回（合金・添加物の自動投入、受鋼、出鋼時との連動）
- (E) 操業Platformの駆動
- (F) 乾燥用Burnerの自動燃焼制御とBurnerの昇降
- (G) Slag台車の前後進
- (H) Pit 内の酸素欠乏警報と送風機の起動
- (I) 冷却水Pump起動



(5) Hoodとその付帯設備

AOD は多量のGas を発生するため、それを吸引するための水冷式のHoodをAOD 炉頂に設置しなければならない。

HoodはVesselを傾動することなく、精錬角（直立角）の状態のまま合金、副原料をAOD に投入できるように、水冷投入Chute を備える必要がある。

水冷投入Chute には、高温Gas がChute を通って排出しないようにDamperも必要である。

合金・副原料はConveyorを通過して水冷投入Chute に至る。

(6) Gas 貯蔵・供給設備

多量のGas を消費するAOD の操業のために、安定したGas を供給できるGas 貯蔵・供給設備が要求される。

Gas 貯蔵・供給設備の能力を設定するためには、Gas 製造企業の鑄鍛分工場への供給能力によって変わる。すなわち、鑄鍛分工場のGas 供給依頼を受けたGas 製造企業がどのくらいの時間で供給できるか、また、一回の供給可能な量はどの位かによって鑄鍛分工場のGas 貯蔵容量が決定される。

(7) 合金投入装置

AOD では多量の合金、副原料を使用するため、作業時間の短縮と正確な量の投入を行うために、自動投入装置が必要である。もし、合金、副原料の投入を人力で行うとすれば、投入の場合毎にAOD VesselをSampling角まで傾動させなければならない。この時はTuyer gas は空気に置き換えられ、精錬は中断される。投入作業も高温なVesselに対して行われるため、作業者の負担は大きくなる。

図-15 に合金投入装置の一例を示す。

(8) 集塵装置

AOD は多量のGas と粉塵を発生させるため、製鋼工場内の作業環境と工場周辺的环境保全のため十分な能力を有する集塵装置が必要である。

集塵機的主要仕様は次の通りである。

集塵機形式 : Bag filter  
風量 : 1.300 m<sup>3</sup>/min  
濾過材 : Tetron  
送風機 : 500mmAq 100kW (90kW)

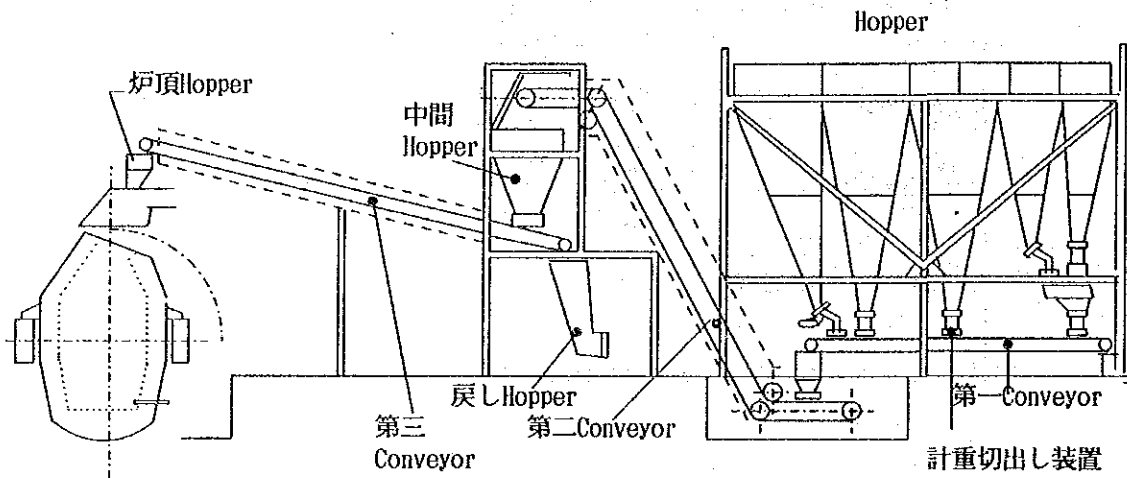


図-15 合金投入装置

(9) Vessel予熱装置

予熱装置として具備すべき事項は次の通りである。

- ① 火炎が長く安定していること
- ② 自動着火装置と火炎監視装置が備わっていること
- ③ Vessel耐火物の乾燥・予熱には長時間を要するため自動温度設定ができること
- ④ Burnerの昇降は遠隔操作ができること。また、上昇動作は消火確認と連動されていること

燃焼装置の主な仕様は次の通りである。

Burner形式 : 内部混合高圧Long flame

重油使用量 : 40~300 ℓ/h

送風機圧力 : 250mmAq 60m<sup>3</sup>/min

(10) C-Injection 装置

電気炉操業の改善のためにC-Injection 装置の採用を推奨する。

吹込み能力 : 20~100kg/min

Tank容量 : 1.2 m<sup>3</sup>

圧縮空気圧力 : 最大 10kg/cm<sup>2</sup>

吹込み圧力 : 最大3.5kg/cm<sup>2</sup>

## 6. 鋳鋼工程についての提案

### 6.1 現状と品質

鋳鋼品全生産量の1.63%の不良率(Scrap率)は、日本のD社のLevelに比較して非常に高い。D社の一般砂型品の不良率は1%以下である。

表-25 日本のD社のと鋳鍛分工場の欠陥

日本のD社		鋳鍛分工場	
Blow hole 異物かみ欠陥	0.22%	Blow hole	0.59%
		砂噛み	0.11%
		非金属介在物	0.45%
		(小計)	1.15%
割れ	0.35%	表面割れ	0.10%
		Pipe	0.09%
		(小計)	0.19%
寸法不良 型こわれ等	0.36%	形状不良	0.15%
		その他	0.14%
		(小計)	0.29%
合計	0.89%		1.63%

表-25の両者比較を見ると、鋳鍛分工場ではBlow holeと介在物を含めた異物欠陥が圧倒的に多い。表ではPipeを割れに属させているが、これをBlow holeの欄に入れるとその割合は更に増加する。

鋳鍛分工場の鋳造工程では、Blow Holeと非金属介在物の減少を図ることが急務である。

### 6.2 鋳鋼品の欠陥とその対策

#### (1) Gas欠陥

Gas欠陥の防止対策は、溶鋼中のGas成分 [O]、[H]、[N]量と鋳型からの発生Gasを抑えることである。

#### (A) 酸素Gasの影響

[O]を固定するAl、Si、Mnなどの脱酸剤の添加が要求される。炭素鋼ではS o l. Al量が0.03%以上必要である。

(B) 水素Gasの影響

許容限度は鋼種によって異なる。

炭素鋼(SC37)では4ppm、Martensite stainless鋼(SCS1)では9ppm、Austenite stainless鋼(SCS13)では10ppmである。

これはNiおよびCrの添加によって[H]の固溶度が高くなるためである。

(C) 窒素 Gasの影響

炭素鋼(SC37)では120ppmに[N]を抑える必要があるが、Stainless鋼ではBlow holeの予防に関しては[N]量は関係がない。

(D) 全 Gas圧力の影響

$Sol. Al = 0.01\%$ 、 $[H] = 2ppm$ のとき  $[N] < 100ppm$ にしなければならない。

(E) 鑄型に起因する Gas欠陥

鑄型からの発生Gasは、鑄型中に添加される粘結材の熱分解によって生じたGasである。したがって、鑄型の種類によって発生Gasの種類と発生Gas圧力に差があるのは当然である。Furan型が生型とCO<sub>2</sub>型に比べてGas圧力が高いことが判る。

Furan樹脂中のN%とGas欠陥数はN含有量の低いものほどGas欠陥が少ない。

したがって、近代化に際してのFuran型導入時には鑄型に起因するGas発生に対して、配慮する必要がある。

以上の考察により、AODを採用することにより[H]は2~7ppm、[N]は70~350ppmの範囲となり、Gas欠陥の防止にかなりの効果が期待できる。しかし、炭素鋼のGas欠陥の防止には電気炉での溶製に十分気をつけなければならない。

(2) 異物かみ欠陥

(A) 異物かみ欠陥の発生源

発生源としては、溶解から鋳込工程までの間に溶鋼に接するすべてのものが異物かみの発生源と考えられる。

主な異物かみは、脱酸生成物、Slag、耐火物、鋳型砂およびSlagと耐火物または砂の反応したものである。

(B) 異物かみ欠陥の防止対策

異物かみ発生源を断つことは、耐火物などの検討はされているが、著しく困難であるため、現状では生成した異物を押湯まで浮上させ、製品の内部に残さないよう、湯道方案の検討が行われている。

湯道方案を決定するための実験には、透明鋳型を用いた水Model 実験法が採用される。

如何に溶鋼の澱みがない湯道設計を行うかが異物かみ防止対策となるが、製品形状が複雑なため、標準化できずに製品ごとに湯道方案を作成するなどの試行錯誤を行っているのが一般的な実状である。

6. 3 AOD 導入による鋳鋼品の仕上工数の減少

AOD を採用することにより、鋳鋼品の表面品質の向上などの理由により、その仕上（溶接、研磨）工数が減少した、との報告がある。

工数減少割合は鋳鋼製品の形状、鋼種によって異なるが、平均で29%、Ni系Stainless 鋼では20%、Cr系Stainless 鋼では30%、一般鋼では34%の仕上工数減少となっている。

## 7. 生産管理

### 7. 1 内容の変化に伴う生産管理上の対応

AODの導入によって、鑄鍛分工場の生産品の品質は改善され、改善した新製品が更に需要を生み受注増加となって相乗効果が期待できる。

生産管理は二次精錬工程の追加によって、量の増加と共に、より複雑化と事務量の増加をもたらすが、そのための次の管理基準を整備し、対応を考慮しておく必要がある。

以下に生産内容の変化に伴う生産管理上の考慮すべき諸点を述べる。

#### (1) 社内発生屑の管理

特殊鋼製造では、品質管理上と原価の低減のために、社内発生屑を適正な管理基準に従って運用することが重要である。

#### (2) 生産管理基準の確立

製造技術の改善、工場努力による生産性向上が実績として把握され、製造標準が改定されるSystemを確立させなければならない。

AODの導入のため工程が増加され、生産管理面では、計画及び管理が複雑化するので、計画値及び管理基準を整備して標準化することが必要である。

##### (A) 電気炉・AOD組入計画における溶解編成

合金鋼、Stainless 鋼等合金成分の高い鋼種の溶製が増加するため、溶解成分の残存等から成分的中が困難なものが出てくる。

そこで、品質確保のため、溶解編成（順序）の基準を設定する必要がある。

##### (B) 電気炉・AODの操業Matching

鑄鍛分工場は、二つの電気炉とAODの組合わせ操業となるが、電気炉とAOD双方の操業原価節減及びAODの寿命の延長を図るため、待ち時間を最少限にした計画を組む必要がある。

また、後工程の準備のためのAODの待ち時間を最少にするよう計画し、管理を徹底していく必要がある。

(C) 鋼塊歪割防止のための処理計画

高C低合金鋼やCr系Stainless 鋼の中には歪割の発生し易い鋼種が含まれており、量の増加に伴ない歪み割れ防止のための処理計画も必要となろう。

(3) 特別管理

鋳鍛分工場では、AODを導入することで生産量が約2倍に、しかも、新規受注品が社内工程に大量に流れることになるため、通常の生産管理システムだけでは混乱が生じやすいため、次のような補完的なシステムが必要である。

- ① 新製品特別管理
- ② 異常品発生管理

(4) 受注品の構成と将来計画

鋳鍛分工場では、受注先の構成が次の割合となっている。

国家	44.2%
社内他工場	
直需	26.4%
営業努力による受注	29.4%

近代化後の生産能力増加により、現状の生産量を上回る量の販売は主に直需と営業努力による受注によるものである。従って、今後の受注品の傾向は鋼種としては低合金鋼、Stainless 鋼を主体となるため多品種、小Lot、短納期の受注が増加すると考えられる。そのため、営業部門と生産管理部門の緊密な連携が図られるSystemにしておく必要がある。

(5) 受注調整

(A) 注文品の変更

仕様、量、納期などの受注内容の変更があった場合、注文品が既に生産計画に組入れられているか、または製造途中にある場合の変更は工程を混乱させ、不良在庫を増加させるとか、異材を発生させる要因となる。

AOD工程の加入により小Lot受注が増加すると考えられるので、小Lotをまとめて後に溶解および精錬が行われることから、変更は他の注文への影響、製造品の取扱い上迅速かつ適切な措置が要求される。

予め営業と生産管理との間で注文についてのの変更可否の条件を取り決めるとよい。



(B) 不良品発生による調整

通常標準歩留と過去の不良率を基準に生産計画が立案され、製造されるが、Stainless 鋼、合金鋼等高合金になれば基準を超えた不良、低い歩留が発生しやすいため再製造による納期遅延を生じやすい。

生産管理部門は異状品発生通知に基づいて、営業との間で顧客への影響を最小限に食い止める迅速な対応が必要である。

7. 2 製鋼工場工程管理についての提言

現状と近代化後とを生産量・物流の面で比較するとAOD工程の追加と共に生産量が約2倍に増加し、鋼種の拡大が図られている。これは、屑鉄、合金鉄、耐火物の使用量が約2倍になり搬送に要する時間および種類、数量が計画通りに遂行されないと次工程の作業が混乱し、生産計画が未達になる問題を含んでいる。従って、正常な生産活動を計画通りに実行するためには、資材・設備・人の面から現状実施されている管理方法を見直し改善する必要がある。

本章では予想される問題点を指摘すると共に、日本の製鋼工場で幅広く活用されている管理方式、すなわち実行が容易であるCheck に重点を置いた管理方法を示す。この方法の特徴は、標準によって作業方法を規定し、作業結果は計画値と対比することによって把握、物流は各伝票によって誤りを無くし、検討会議などで実施を点検、Follow up することによって実作業に反映させる方式を紹介した。

8. 原料管理  
 8. 1 原料管理の重要性

AOD 導入後には、AOD の対象鋼種の電気炉操業では単に原料を溶解するだけになり、電気炉の Tap to tap 時間は2時間以内に短縮されるであろう。この場合、原材料管理部門は電気炉の生産性を阻害しないように、電気炉の作業予定に即した準備、供給を行わなければならない。

現在の電気炉1基だけの操業では、原材料の準備を203分～205分で行っている。電気炉の Tap to tap 時間が215分であるから、現状では10～12分の余裕があることになる。

しかし、近代化後の電気炉の Tap to tap 時間は110分になるため、原料準備時間が現状のままであるならば、原料準備遅れのために電気炉の Tap to tap に対しても93～95分の遅れを生じさせることになる。

8. 2 Scrap 置場管理

鑄鍛分工場の製鋼工場に隣接する Scrap 棟は 2,700 $m^2$  の面積を有しており、その貯蔵能力は1,200tである。鑄鍛分工場では Scrap 棟の貯蔵能力の不足を、2,000 $m^2$  の屋外仮置場で補っているが、Scrap の運搬費用の増加と管理の複雑化を避けるために、Scrap 棟の貯蔵能力増加を図らなければならない。

貯蔵能力の向上策として、Scrap 棟に図-16に示すような仕切りを設けることが必要である。

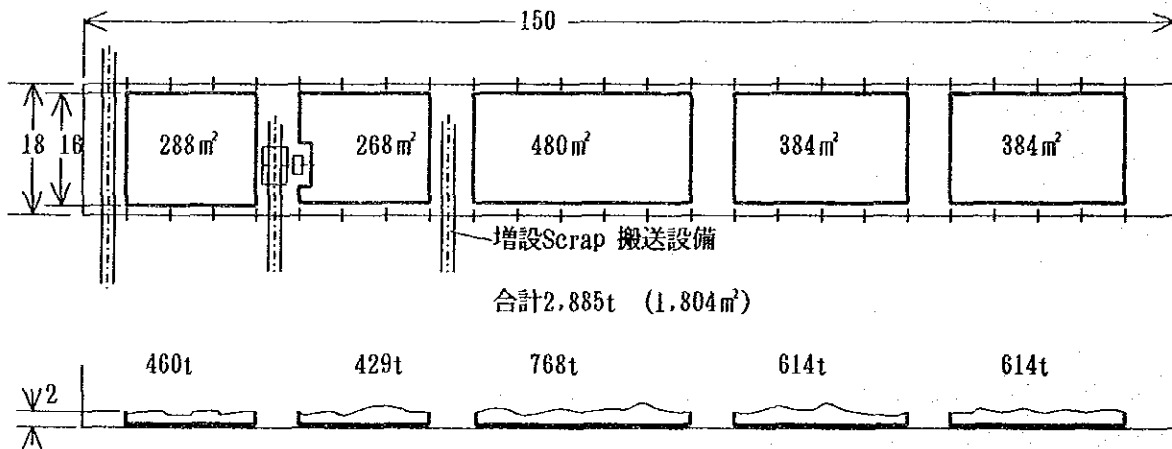


図-16 貯蔵能力向上対策

仕切りは貯蔵能力の増加のばかりでなく、Scrap の品種区分のためにも要求されるものである。

8. 3 工場内発生Scrap の取扱い

鑄鍛分工場内で発生したScrap の取扱いについても、そのScrap が高価なものであるため総合的（工場全体的）な管理体制を確立しなければならない。

8. 4 Layoutの改善と物流

現状は電気炉1基の操業であるため、原料の物流について大きな問題は発生していないが、生産量が2倍になる近代化の段階で、現状の物流のままでは生産に支障を来す。

調査団はAOD の導入後の原料の置場Layoutおよび物流について以下のように提案する。

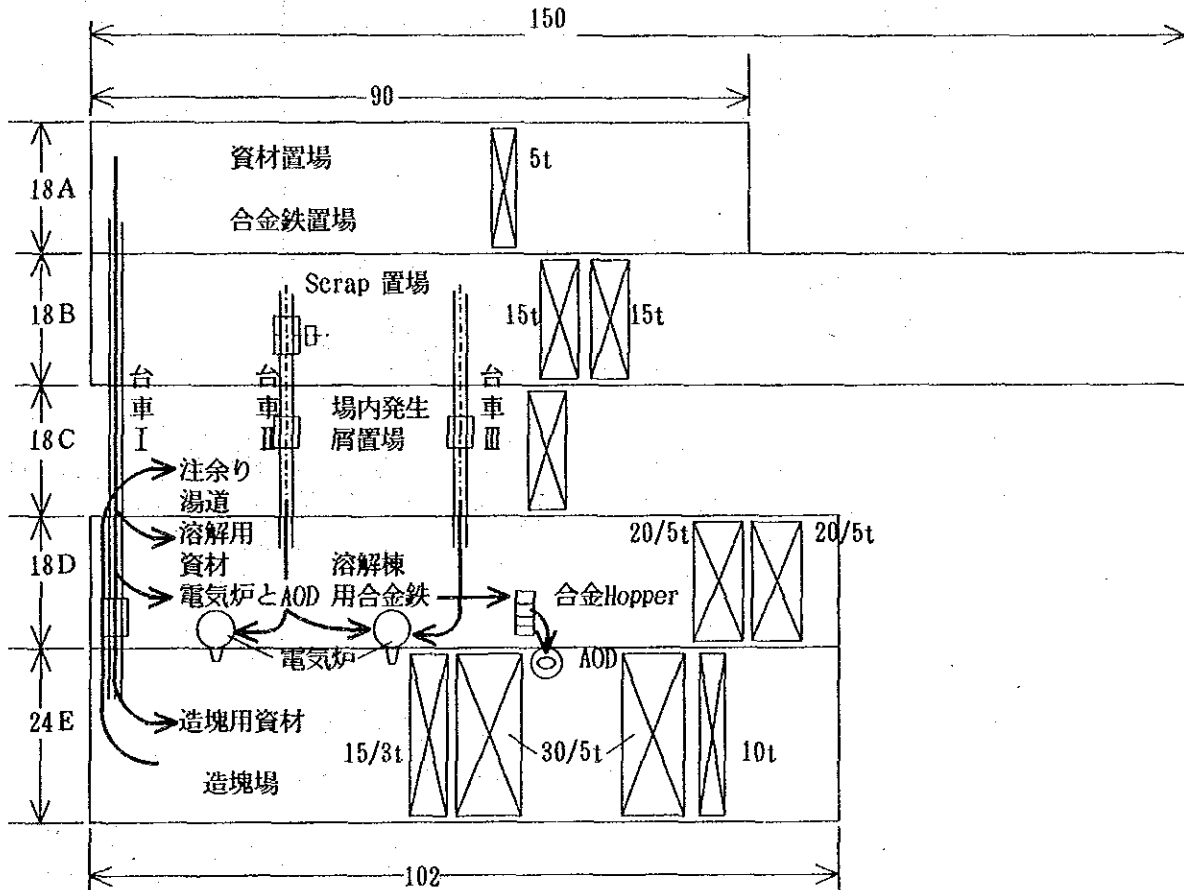


図-17 AOD 導入後の物流

## 8. 5 原料の購入

AOD の導入は生産性と歩留の向上、品質の改善が主目的であるが、低品質、低価格な原料の使用が可能であることも大きな効果の一つである。

AOD の導入によって使用可能となる低価格な原料を表-29に示す。

表-29 AOD において使用可能な低価格原料

銘 柄	備 考
[Cr] FeCr	高Si高炭素のFeCr
[Ni] 酸化Ni 触媒Ni	NiO 脱硫触媒用Niであり、硫黄分が多い
[Mo] 酸化Mo 触媒Mo	MoO <sub>2</sub> 脱硫触媒用Moであり、硫黄分が多い
[Stainless屑] 研削粉	Stainless 鋼のGrinder による研削時に発生するものであり、硫黄分が多い

以上の原料は日本では広く使用されている低価格な原料である。鑄鍛分工場でも、これらの原料市場の状態を調査し、可能であれば使用することを推奨する。

## 9. 教育訓練についての提案

### 9. 1 AOD導入のための教育

#### (I) AOD立上げ時の教育

AOD設備の立上げ時に、設備の順調な立上げを行うためには、関係者に対し適確な時期に適切な内容の教育訓練を施す必要がある。

##### (A) 実機による体験教育

立上げ 6カ月前頃、中国国内のAOD設置工場にて、実機による操業を体験することが望ましい。

##### (B) 技術標準の作成

鋳鍛分工場に適合した技術標準類を確立する必要がある。

##### (C) 操業標準・安全標準の作成

技術員の作成した技術標準を基礎に、技術員と作業責任者により、如何にAOD設備を安全にかつ効率的に操業するかという観点より、実機による体験教育及び従来の現場の操業経験を踏まえて操業標準と安全標準を確立する必要がある。

##### (D) 操業教育

上記の各標準が確定すると、その標準に基づき実操業に入る前に操業方法及び作業手順を現場作業員全員に理解させておかねばならない。

##### (E) 本稼動による実践教育

本稼動以降 3カ月程度は、実際の予定された生産を行いながら操業方法を確立するための実践教育の期間である。この期間を最短にするために今までに述べた事前の準備業務及び事前教育があると言える。

(2) 関係部門の教育

(A) 経営幹部への教育及びPR

AOD導入決定時に経営幹部が判断できる経営的技術的情報は提供されていると思われる。建設の進捗状況、立上げ時の稼働状況の的確な報告は、経営幹部のAODに対する正しい認識を促進させるという教育的見地からもきわめて重要な側面である。

(B) 資材関係者への教育

AOD導入により、従来使用されていた廃鋼、合金原料、副資材に加えるに新たにStainless関係のそれらが加わることになる。

新しい管理体制にあわせて担当者の教育を実施することが要求されよう。

(C) 販売員に対する教育

AOD導入により新鋼種の拡販のための販売員の教育が必要となってくる。販売員にはすくなくとも次の知識が要求される。

- ・需要家に対し新鋼種の金属的性質、用途について説明し説得する知識
- ・新鋼種の技術仕様の範囲
- ・計画に組入るための標準日数

製品の販売時点までに、販売員に対する教育を設ける必要がある。D社においては、販売員に対する教育あるいは、Back upとして次の事を行っている。

- 新鋼種開発時に工場技術者による担当販売員に対する技術的教育
- 新鋼種の型録、技術資料を作成し販売員の営業活動を援助する。
- 需要家に対する拡販に対し、技術者を同伴させ技術奉仕活動を行う。
- その他販売員強化に対する教育

(D) 生産管理担当者に対する教育

技術担当者と下記の項目について確立を計るとともに、その内容について担当者に熟知させておく必要がある。

- ・ 鋳型編成の在り方・溶解編成の基準
- ・ 標準工程・標準日数
- ・ 標準能率・標準歩留
- ・ 原単位
- ・ 工程別品質の基準

(E) 検査担当者に対する教育

新鋼種に対する品質管理基準を確立し、検査担当者に検査標準を熟知させる。

- ・ 工程別品質の基準
- ・ 発生しやすい不良問題
- ・ 異常品の処置標準

(F) 後工程に対する教育

新工程に対する一般的な啓蒙教育とともに、次のことについて熟知させておく。

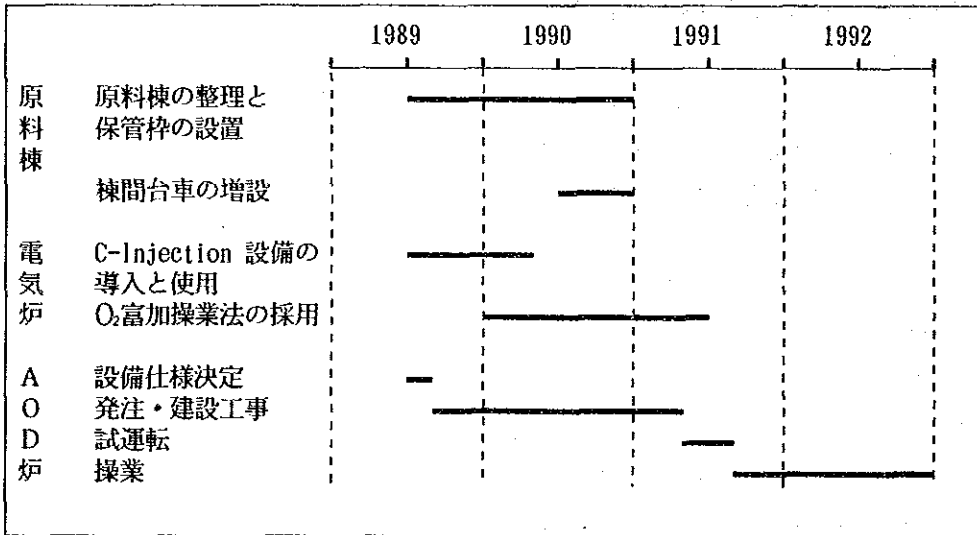
- ・ 発生屑の管理区分
- ・ 発生しやすい不良問題
- ・ 異常品の処置標準

10. 近代化への実施 Schedule

鋳鍛分工場における、1988～1992年の5ヶ年計画による近代化の中で、調査団の推奨する主な設備投資と技術改善は次の通りである。

- (1) 原料 (Scrap) 棟の整理と保管枠の設置による保管量の増大化
- (2) 原料 (Scrap) 棟と溶解棟の棟間台車の増設による電気炉の Tap to tap 時間の短縮
- (3) 電気炉のO<sub>2</sub>富加操業とC-Injection Process の採用による Tap to tap 時間の短縮
- (4) 操業時間が短縮されるためこれに対応できるように気送管、試料準備設備及び分析機器の近代化も合わせて考慮すべきである。
- (5) Stainless 鋼の増産と、品質改善

これらの近代化計画が円滑に遂行するための実施Scheduleを以下に記述する。





11. 経済効果の概要

表-25 AOD導入の経済効果の概要

		1987年	近代化後(1992年)	
製品量(t/y)		23,660.4	39,050	
売上(元/y)		55,147,000 (2,331元/t)	182,279,000 (4,668元/t)	
製造 原 価  元 / y )	人件費	3,975,000 (1,500名)	3,975,000 (1,500名)	
	固 定 費	工場管理費 <sup>注1</sup>	2,190,000	2,190,000
		金利(7.8%)	-	1,376,000
		償却(7.488%一定率)	-	1,321,000
		(小計)	6,165,000	8,862,000
	比 例 費	原材料費	33,449,000	74,431,000
		比例加工費	9,563,000	14,482,000
		(小計)	43,012,000	88,913,000
	合 計	49,177,000	97,775,000	
	税引前利益(元)		5,970,000	84,504,000

注1 鑄鍛分工場の管理費 現状92.55 元/t—— 調査資料より (近代化後の管理費は現状と同じ)





