

共同研究会報告講演

製鋼部会報告

最近の製鋼法の進歩について*

井上 敏 郎**

Development in Recent Steel-Making Technology in Japan.

Toshirō INOUE

1. 製鋼部会の活動状況について

周知の通り、戦後 20 年を経た現在、わが国の鉄鋼業は、その生産量においても、技術においても、真に先進鉄鋼業国と堂々肩をならべるに至った。

この中であつて、製鋼に関する技術も日に日に進歩してきたのであるが、鉄鋼各社が共同してこれら新技術の研究に当り、一段の成果をあげる目的で設立された製鋼部会も昭和 30 年 5 月に第 1 回部会を開催、以来昭和 40 年 7 月の東京における会合で、すでに 31 回を迎え、その間、純酸素転炉の驚異的な発展、真空脱ガス、連続鑄造の発達その他の技術革新を含めて多大の研究成果を収めてきた。

最近の製鋼法の進歩については「鉄と鋼」創立 50 周年記念号に、詳細に紹介されているので、ここでは、製鋼部会に報告されたテーマを中心として、最近の製鋼業界の動向について報告することとしたい。

製鋼部会の活動状況および研究成果に関しては、昭和 37 年 10 月の第 4 回部会報告講演会で、前部会長より第 22 回に到るまでの経過が報告されており、さらに第 11 回部会から第 24 回部会までの研究報告については、「鉄と鋼」増刊号として取りまとめ報告がなされているので今回はそれ以後の第 25 回から第 31 回までの研究報告から見た最近の趨勢について述べたい。

なお、最近の製鋼技術の進歩について述べるとき、粗鋼生産量において第 1 位をしめる純酸素上吹転炉製鋼法を除外することはできない。しかるに、後に述べるように当部会における転炉製鋼法に関する研究発表は、極めてわずかである。これは日本における LD 法特許のライセンスによつて構成されている LD 委員会の主催によつて、年 2 回、LD 技術懇談会という名称で、LD ブループ内での相互の技術交流が行なわれていて、外に対しては LD 法の know-how を防衛する意味から、操業技術の発表を行なわない建前となつているためである。このため、当部会における発表テーマが平炉法に偏する結果となつており、今日の製鋼法の趨勢とはややずれを生じる結果になつていることは遺憾である。

そこで、純酸素上吹転炉技術のみを対象として研究発表を行なつている LD 技術懇談会の状況をも合わせて、最近の製鋼法の進歩について述べることにしたい。

2. 製鋼部会における研究発表の状況

当部会では発足当初より

(1) 鋼塊の欠陥防止対策

(2) 酸素の有効利用

の 2 つを共同研究テーマとして取り上げて現在に至つては、その他に製鋼に関する新技術や、その時々各社共通の関心事についてテーマを選択して研究を行なつてきた。第 25 回以降、上の 2 議題の外に取りあげたものは

(3) ダストの有効利用

(4) 連続鑄造

の二項目で、(3)については、大気汚染問題に伴つて取りあげたテーマ「製鋼炉排ガス除塵装置についての研究」のあとを受けて、集塵によつて発生した大量のダストを如何に経済的に処理するかを研究するために設けられたものであり、(4)については、最近の大きな技術的進歩である鋼の連続鑄造について、当部会においても各社の研究成果を討議することとしたものである。

さらに、以上の特定の議題にとどまらず広く製鋼技術全般にわたる研究が、多数発表され、活発な討議が行なわれた。第 25 回から第 31 回までの部会において、総計 145 本の研究発表特別講演が行なわれたが、これらを極く大ざっぱに分類して見ると第 1 表のようになり最近の傾向を伺うことができると思う。

2.1 平炉製鋼法について

平炉製鋼法においては、ここ 2、3 年は、特に目ぼしい設備技術の革新はない。平炉の新設はもちろんのこと、改造による炉容の拡大もほとんどなく、むしろ、設備費、作業費が安く、生産性の高い純酸素転炉の新設、旧式平炉の休止、あるいは撤去という傾向が顕著であり、また従来平炉工場であつた建家の中に、一部の平炉を取り壊して転炉を新設する例も多く見られる。

このような純酸素転炉の発達に伴つて、同一の高炉工場や酸素工場から、転炉平炉の 2 つの工場に溶銑、酸素を配分している製鉄所がふえており、このような場合平炉は、転炉工場の操業状態の変動によつて、溶銑、酸素の供給が変動することになる。

そこで、これらの変動にいかうまく即応して能率の良い作業を行なつていくかが問題であり、平炉の操業法一般に関する 9 つの報告の中に、たとえば、川崎製鉄による「低溶銑配合における能率、歩留におよぼす諸要因

* 昭和 40 年 10 月本会講演大会にて講演
昭和 40 年 12 月 13 日受付

** 共同研究会製鋼部会長

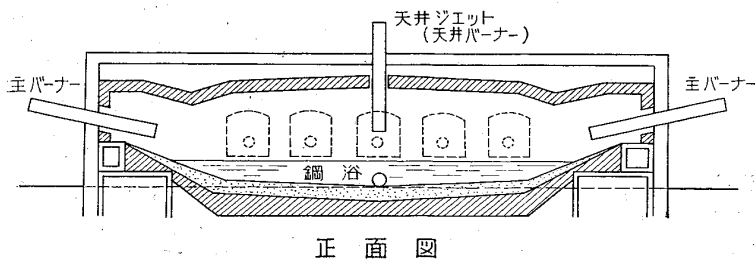
第 1 表 部会提出資料分類。(第25回~第31回)

大分類	小分類	資料数
(1) 平 炉 製鋼法	(1) 操業法一般 (能率歩留を含む)	9
	(2) 酸素使用技術	8
	(3) 集塵, ダスト処理	7
	(4) 脱酸剤, 脱酸法	16
	(5) 炉体改善, 補修方法改善	12
	(6) 精錬法	6
	小 計	58
(2) 造塊法	(1) 鋼塊の欠陥防止 (非金属介在物の研究を含む)	24
	(2) 耐火物, 押湯保温剤 etc.	12
	小 計	36
(3) その他	(1) 連続铸造	11
	(2) 真空脱ガス	5
(4) 転炉		7
(5) 鋼材の品質改善		4
(6) その他		24
	合 計	145

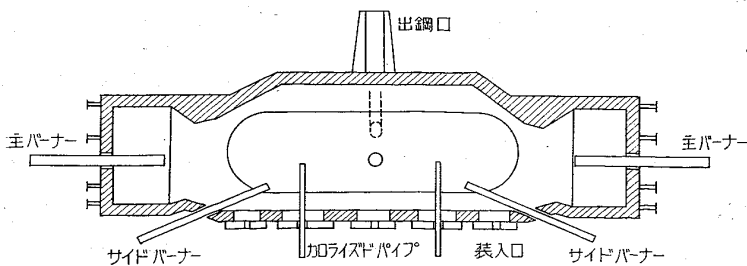
の調査」⁷⁷⁴⁾, 日本鋼管による「冷銑操業における最適作業法の検討」⁷⁷⁷⁾などがあり, また八幡製鉄より銑鉄不足を補うためのコークス入りプレス屑による加炭試験の結果⁷⁴⁷⁾も報告されている。

2.1.1 平炉における酸素の使用法について

平炉における酸素製鋼に関する報告は 8 件で, 酸素の使用法についてはすでに, 検討しつくされた感がある。第 26 回部会において「酸素有効利用」の回答集録が報告されたが, これによると, 平炉における酸素の利用法としては, サイドバーナー, 天井バーナー, 天井ジェットなどが, 種々検討されてきたにもかかわらず, 結局現



正面図



平面図

第 1 図 平炉における酸素使用状況。

第 2 表 酸素バーナー使用状況。(工場数*)

		主バーナー	サイドバーナー	天井ジェット	天井バーナー	計	
		添加	バーナー				
溶洗平炉	現在有	6	0	1	2	9	
	現在無	過去有	8	3	4	10	25
		過去無	0	11	9	3	23
	小 計	14	14	14	15		
冷銑平炉	現在有	7	0	0	1	8	
	現在無	過去有	1	2	2	1	6
		過去無	3	9	9	9	30
	小 計	11	11	11	11		

* 昭和38年現在の状況

在では, 酸素効率や炉材におよぼす影響などの点から最も好ましいランスパイプによる直接吹込法が大部分をしめている。

第 2 表に示すように, カロライズドパイプを平炉の扉についた覗き孔から挿入する方法以外の酸素使用法は, 皆過去のものとなり, 1, 2 の工場における試験的使用に止まっている。

神戸製鋼の 45 t 平炉において, 天井バーナーにより 40 Nm³/t 程度の酸素を使用して能率を上げた例が最近におけるこの種の酸素使用法に関する唯一の報告例である⁷⁶⁶⁾⁸¹⁵⁾。

一方酸素の使用量については, 能率向上のみを目的として, いたずらにトン当り酸素使用量を増すより, 鋼塊コスト面より見た最有利使用量を見出そうという考え方から, 住友金属和歌山平炉では, 酸素使用量が, 能率, 熱量原単位, 天井寿命などにおよぼす影響をしらべ, これによつて年間損益と酸素使用量との関係を求めた結果, 40~45 Nm³/t の使用量が最有利であるとの結論を得ている⁷⁶⁷⁾。

2.1.2 集塵およびダスト処理

上述のように, 平炉における酸素の使用は, 量的にも使用法においても一定の方式が固まつてきたわけであるが, 一方, 酸素吹込によつて発生する酸化鉄の微粉が公衆衛生上問題となつてきた。

昭和 39 年 9 月 1 日より「ばい煙の排出の規制などに関する法律」いわゆる「ばい煙防止法」に基づく, ばい煙の具体的な規制も実施されるに至り, ほとんどの大型平炉で, 湿式または乾式の集塵装置の取り付けを終つてはいるが, 残された問題として, これらの集塵装置に捕集される多量の酸化鉄粉の経済的な処理法が, 関心のまとなり, 第 26 回部会において特別議題として「ダストの有効利用」が採り上げられた。

これに関しては 7 件の報告があるが, ダストの処理法として最も一般的なものは, 鉄鉱石の

代替として再び平炉に装入する方法である。たとえば、日本鋼管鶴見では、5~30 mm のペレットとして⁷⁰²⁾、富士製鉄広畑では、団鉱として⁷⁰³⁾、それぞれ平炉前装入鉄鉱石の代替として用いている。しかし平炉集塵ダストは硫黄含有量がおよそ 0.6% 程度もあるため、再装入できる量には限度があり、自工場で発生したダスト全量をこれによつて消化することは困難なようである。

その他の用法としては、平炉滓粉末との混合によるセメン(ト日新製鋼⁷⁰⁴⁾、護岸工用材料(富士製鉄室蘭⁸⁰²⁾)などが報告されているが、いずれも量的には少ないものようである。

2.1.3 脱酸法について

平炉製鋼法に関する 58 の報告または講演の中で、16 件が脱酸法に関するもので、これが製鋼における不断の関心事であることがわかる。

なかでも、鋼材の欠陥を減少するための脱酸法の検討はひきつづき各品種についてなされており、報告例も多数である。

最近普通鋼に Nb, V, B, Ti などを微量添加して、鋼材の材質を改善することが行なわれているが、八幡製鉄より、セミキルド鋼にフェロニオブおよび発熱性フェロニオブを取鍋添加した場合の歩留などが報告されている⁷⁷⁶⁾。

その他、脱酸剤の在庫管理に関して、モンテカルロシミュレーションによる管理の標準化の試みが八幡製鉄より報告されているが⁷¹²⁾、製鋼工場における I・E 手法応用の一例として興味深い。

2.1.4 炉体および補修方法

平炉炉体の改善や補修の方法については、12件もの報告があるが、前述したように、平炉の新設ということはほとんど考えられていない状態であり、炉体構造のみならず、耐火物についても見るべき改良は、ここ 2, 3 年はほとんど無いようである。大部分が床直法や熱間吹付補修材の使用状況の報告でしめられている。

熱間吹付補修材の使用は、一般化したようであり、中山製鋼で、天井寿命が 50% 延長した例が報告されている⁷⁰⁷⁾⁷⁴⁹⁾。

2.2 造塊技術について

造塊法に関する 36 件の報告のうち 24 件が鋼塊の欠陥防止に関するものであるが、これらはいずれも特に目新しい原理や操業技術の発見といったものではなく、各工場の品質的な要求に応じ、それぞれ作業条件の範囲内でよりきめの細かい改善を追求したものである。鑄型の使用回数、注入速度、精錬条件、その他の種々の要因に関する調査、注入中の皮張り防止用浮板、スブラッシュボードなどの検討がひきつづき報告されている。

造塊法の検討では、キャップド鋼に関するもの、押湯保温材に関するものの 2 つが目立っている。

キャップド鋼については、ここ数年来、リムド鋼の偏析の軽減と鋼片歩留の向上を目的として取り入れられてきたが、神戸製鋼より、6.5 t 程度の鋼塊のキャップド化に先立つ諸調査⁶⁹⁴⁾、富士製鉄室蘭より低炭素キャップド鋼塊の性状調査の結果⁶⁹¹⁾が、それぞれ報告されている。

また発熱性、または断熱性押湯保温材の使用は、かなり普及してその作業性の良さ、鋼片歩留の向上などにより頭部ふりかけ剤の改良と相まって、従来の耐火物押湯枠を駆逐しつつあるようである⁷⁴³⁾⁷¹⁸⁾⁶⁷⁷⁾⁸¹⁷⁾。

その他、R I を利用して、水張り押湯法の効果を調査した報告(八幡製鉄)などがある⁶⁹⁷⁾。

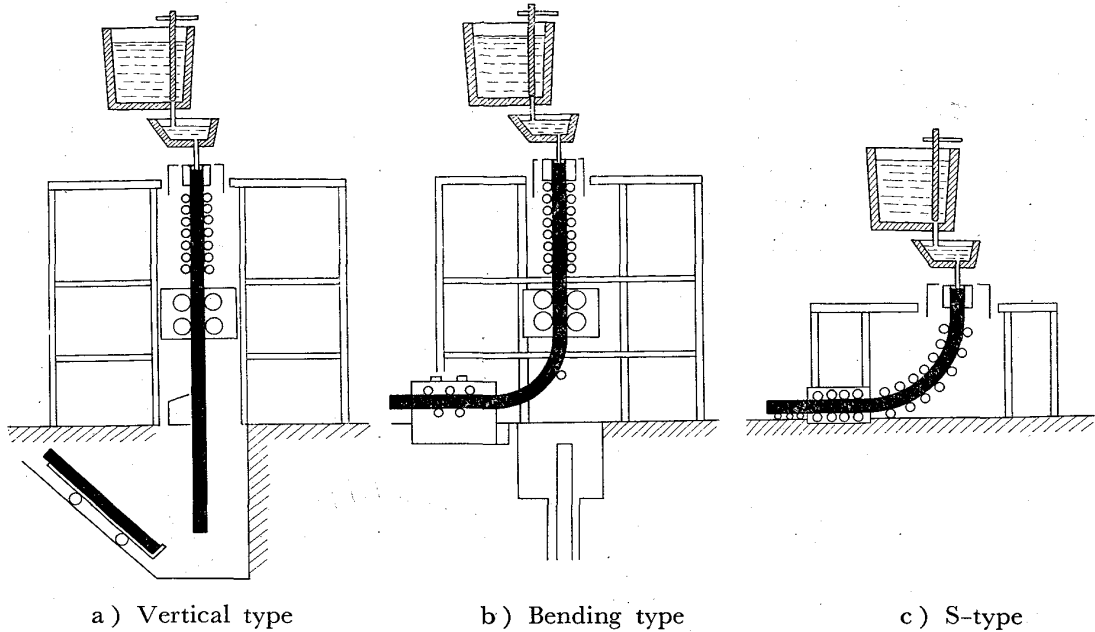
2.3 その他の技術について

2.3.1 連続鑄造

連続鑄造はここ数年来、欧州、ソ連で急速に技術的發展を遂げ、わが国においても、製鋼法の将来の姿を左右する大きな問題として関心が寄せられてきた。このような状況の下に、当部会では、第 27 回部会より 3 回にわたつて連続鑄造法を議題としてとりあげ討論を行なつたが、提出された資料は 11 件にのぼつた。

第 3 表 日本における鋼の連続鑄造設備。

会社名 (所在地)	型式	稼動開始	ストランド 数	取鍋容量 (t)	鑄造断面 (mm)	鋼種
住友金属 (大阪)	Concast	1955/60	2	30	110~260角 300×260	炭素鋼 合金鋼各種
八幡製鉄 (光)	Concast	1960	1	10 50	1200×150(max) 150丸~250角	炭素鋼, 低合金鋼 ステンレス鋼
北日本特殊鋼 (八戸)	DMB	1964	1 or 2	15	90~175角 750×150(max)	炭素鋼 低合金鋼
日本冶金 (川崎)	Concast	1965	1	50	1300×150(max)	ステンレス鋼
富士製鉄 (室蘭)	日立製作所	1965	1	50	150~200角 (slab)	炭素鋼
日立金属 (日立)	日立製作所 (実験機)	1962	1	5	100角 100×200	炭素鋼 特殊鋼
神戸製鋼	神戸-U.S.S.R.	1966 (建設中)	1	50	150~200角	炭素鋼



第2図 連続 鑄造機 の 形式.

現在わが国では、住友金属、八幡製鉄、北日本特殊鋼、富士製鉄、日本冶金の5社において、すでに試験または通常生産が行なわれており、神戸製鋼はソ連の技術を導入して、第1号機を建設中である。この他数社が建設中または計画中である。

部会におけるおもな報告としては、住友金属より鑄片の隅角部のワレに対する鑄造条件、内部割れ発生機構の調査、溶鋼の凝固過程の調査など、連続鑄造の基本的な理論について、種々の報告がなされており⁷⁵²⁾⁷⁶⁹⁾、また八幡製鉄よりは18-8系ステンレスのスラブの鑄造、おなじく18-8ホットコイルの品質および軸受鋼、バネ鋼などの鑄造結果が報告されている⁷³³⁾⁷⁵¹⁾。

その外、日曹製鋼ではドイツより輸入した連鑄スラブについて調査を行ない、スラブ表面疵が問題となるが、下注ぎキルド鋼の圧延結果と比べて、比較的良好な結果を得たと報告している⁷²⁹⁾。

いずれにせよ、鋼の連続鑄造は、今後さらに普及する技術であろうが、この場合現在考えられている各種の設備形式(S-type, Bending type, Vertical type)のうちどれを選ぶべきか、またいかなる鋼種に適用することが最も効果的であるかが問題となってくる。さらに今後、連続鑄造が大規模に採用されるためには、その生産性をいかに高めるかという問題、さらにソ連ではすでに技術的に解決されたといわれているリムド鋼の鑄造などが残された大きな問題であり、積極的な研究の推進が望まれる所である。

なお、1964年度英国鉄鋼協会秋季大会に、日本鉄鋼協会の代表として参加された八幡製鉄太田隆美氏および住友金属牛島清人氏により、第30回部会において、この大会の内容および英国における連続鑄造の開発状況について特別講演が行なわれた。講演後の質疑はすこぶる活発で、この問題に対する各社の関心の強さがうかがわれた⁸⁰⁵⁾⁸⁰⁶⁾。

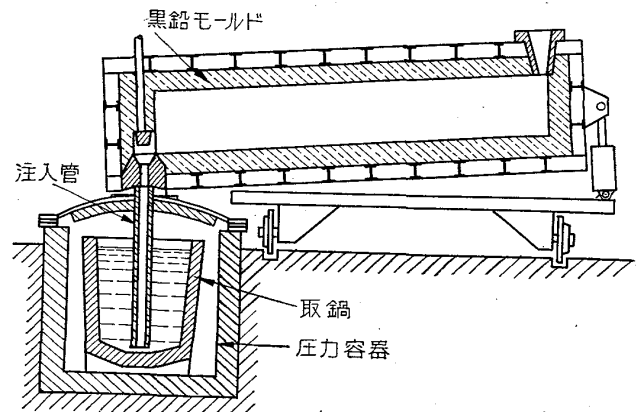
2.3.2 真空脱ガス

鋼の真空処理は、特殊鋼の分野では今や常識的な技術となりつつあるが、普通鋼の分野においても脱ガスによって鋼の品質向上その他を目的とする処理が試みられつつあり、2, 3の報告が行なわれている。たとえば、富士製鉄よりRH法による50キロハイテンおよび船舶用アルミニウムシリコンキルド厚板の処理による成品欠陥の減少⁷¹⁹⁾、八幡製鉄よりDH法による添加合金歩留の向上成分適中精度の向上、成品地疵の減少がそれぞれ報告されている⁷⁶³⁾。

第31回部会では1965年英国鉄鋼協会真空脱ガス会議に鉄鋼協会の代表として出席した八幡製鉄松田亀松氏日本鋼管大久保益太氏らにより、英国における脱ガス技術の状況、および同会議の概況について特別講演が行なわれた⁸²⁶⁾⁸²⁷⁾。

2.3.3 加圧鑄造

2.3.1で述べた連続鑄造と同様に、分塊工程を省略して、溶鋼より直接鋼片を製造する方法に加圧鑄造がある。この方法は約10年前に車輪製造に用いられていたものをAmsted Research Laboratoryが、スラブ、ブルーム、ピレットの製造に開発したもので、黒鉛モール



第3図 加圧 鑄造法.

ドの下部から溶鋼を圧入するものである。鑄片の表面状況、寸法精度が良好だといわれているが、連鑄と比較すると、設備費は安い、工場面積を要し、歩留も多少低い模様である。しかし、リムド鋼以外の鋼種、特に特殊鋼に適しており、鋼片寸法の変更が容易なことが特徴で日本においてははまだ実施例を見ないようであるが、米国では数社が実施している模様である。連続鑄造と類似の効果を期待できる装置として興味をもたれているが、技術的には未解決の部分もある開発途上のプロセスであつて、当部会ではまだこれに関する発表は行なわれていない。

2.3.4 溶銑の予備処理

最近のわが国における溶銑の予備処理の目的は主として脱硫に向けられている。

溶銑脱硫法としては、高炉出銑時にソーダ灰(Na₂CO₃)あるいはCaO、CaC₂などの脱硫剤を溶銑鍋に投入する方法、製鋼炉に溶銑を装入する前に上記脱硫剤を投入する方法、あるいはシェーキングレードルの如き特別の装置を使用して脱硫効果を上げる方法などがある。シェーキングレードルについては、一回処理能力30tの装置により、脱硫剤としてCaC₂を添加して83%の脱硫率を得た報告がある⁷⁶⁾。

現在行なわれている各種の脱硫法もたとえばソーダ灰投入によるものは、脱硫率が不安定であるし、シェーキングレードルによる場合は、脱硫率は高いが、コストがかかるといった点で一長一短があり、さらに安価で確実な硫脱装置の研究開発が望まれる。

3. その他の活動状況

以上部会における発表資料をもとに、最近の状況を述べてきたが、この他に当部会では昭和38年より40年にいたる期間に次のような活動を行なつた。

3.1 製出鋼歩留計算式の統一

第23回部会において、上記歩留計算式の内容がまちまちであり、これを統一すべきであるとの提案があり、在京幹事会で検討を重ね、第4表に示すような統一案を第27回部会に提出、鉄連を通じて各社へ統一算式の実施方の依頼を行ない、昭和39年4月以降の鉄連資料に正式採用した。

3.2 鉄鋼設備共同研究

昭和31年1月、鉄鋼における設備機器の共通的な問題点に関する共同研究、鉄鋼設備の国産化推進などを目的として、鉄鋼協会に設けられた研究委員会の依頼によ

り当部会でも、製鋼の分野で取りあげるべきテーマの検討を行ない、次の2項目を取りあげるよう回答した。

① Oxy-fuel burner

② ストレンゲージを用いたクレーン秤量機

①のOxy-fuel burnerは酸素ランスに液体あるいはガス体燃料を加え、溶銑の酸化反応熱以外に熱源を別に加えてやろうというもので、英国のBISRAにおいてはFuel Oxygen Scrap法と称し、1t電炉の天井からこのバーナーを挿入して試験に成功し、次に大型電炉で実験する予定だということである。この種のバーナーが成功すると、電炉では電力費の節減となり、転炉においてはスクラップの使用割合を上げることができ、高炉休風その他による溶銑不足に対処することができる。

②のクレーン秤量機を取りあげたのは、現在一般に製鋼炉から取鍋へ受けられた溶鋼の重量は、そのまま秤量されることはなく、取鍋内の溶湯面の高さなどから推定しているため正確を期しがたく、正確なクレーン秤量機の開発が要求されているためである。

現在、ストレンゲージを用いたクレーン秤量機ができてきているが、高温、高湿度、あるいは起重機運転のショックのために必ずしも期待通りの精度が得られていない。必ずしもストレンゲージのみならず、プレスダクターあるいは差動トランスなどを利用して造塊の苛酷な使用条件に耐える、精度の高いクレーン秤量機が期待される訳である。

3.3 学振との合同討議

当部会では、学術振興会製鋼第19委員会の提案により、製鋼の基礎的な問題について合同で討議を行なっており、現在まで5回にわたつてその都度異なつたテーマを選んで行なつた。

最近では、第25回部会において「脱酸」、第28回部会で「溶鋼温度の測定」、第31回部会で「鋼中の窒素」について討議を行なつた。

3.4 鑄型分科会の活動状況

製鋼部会の分科会である鑄型分科会では、定例の研究発表以外に39年には鑄型使用状況の調査を行ない、現在「鑄型マニュアル作成小委員会」を設け、メーカーおよびユーザー双方が参加して、鑄型設計の標準化を鋭意検討中である。分科会の活動状況の詳細は、別途取りまとめ報告される筈である。

以上共同研究会製鋼部会の活動状況を報告したが、以下に純酸素上吹転炉および電気炉の最近の状況を概略のべたい。

4. 純酸素上吹転炉

わが国におけるLD法は第5表に示すように、世界第一の設備能力をもち、第4図に見るように、その生産量において1963年度には、わずかながら平炉鋼のそれを凌駕し、64年度においては、平炉鋼の1,341万トンに対して1,867万トンと粗鋼生産全体の45.8%を占めるに至つている。

第6表にわが国の転炉設備の内訳を示した。1965年7月におけるわが国のLD転炉の生産能力は推定約2,700万トンに達し、昭和40年11月現在44基、9社(30t以上のもの)にのぼつている。

冒頭にのべたようにLD委員会との関係上、製鋼部会

第4表 歩留算定式。

項目	算式	備考
対主原料 良塊歩留	$100 \times \frac{\text{良塊トン数}}{\text{主原料トン数}}$	主原料=装入銑鉄(鉄屑)+装入鋼くず
対鉄分 良塊歩留	$100 \times \frac{\text{良塊トン数}}{\text{主原料} + \text{合金鉄} + \text{酸化剤} \times 0.6}$	(1) 合金鉄とは脱酸用アルミ、加炭用炭素以外のフェロアロイ (2) 酸化剤とは鉄銑石鉄マンガン銑石焼結銑スケールおよびスラッジ

第 5 表 世界の LD 転炉.

No.	国 名	1965年前半まで稼動開始しているもの		1965年に建設中または計画中のもの	
		年産能力 (U.S. short tons)	工場数	生産能力	工場数
1	米 国	25,890,000	17	19,350,000	10
2	オーストラリア	2,200,000	2	840,000	2
3	オーストラリア	1,980,000	2	660,000	1
4	ベルギー	3,370,000	6	2,310,000	2
5	ブラジル	1,090,000	3	960,000	2
6	ブルガリア	—	—	1,250,000	1
7	カナダ	3,200,000	2	50,000	1
8	チェコスロヴァキア	—	—	2,200,000	1
9	チェコスロヴァキア	3,630,000	7	240,000	2
10	西ドイツ	8,230,000	11	5,790,000	5
11	ギリシャ	300,000	1	Under const	1
12	インド	920,000	2	880,000	1
13	イタリア	5,300,000	2	—	—
14	日本	29,310,000	20	7,920,000	6
15	ルクセンブルグ	850,000	3	660,000	1
16	マレーシア	—	—	140,000	1
17	オランダ	2,760,000	1	—	—
18	ノルウェー	330,000	1	—	—
19	ペルー	—	—	Under const	1
20	フィンランド	—	—	500,000	1
21	ポランド	—	—	1,300,000	1
22	ポルトガル	230,000	1	—	—
23	スペイン	440,000	1	3,940,000	3
24	スウェーデン	130,000	1	660,000	1
25	チエニル	—	—	100,000	1
26	トルコ	550,000	1	—	—
27	英 国	6,270,000	6	560,000	1
28	USSR	5,060,000	4	8,200,000	5
29	ユーゴスラヴィア	—	—	850,000	1
世界計		102,040,000	94	59,360,000	51

(Kaiser Engineers Division of Kaiser Industries Corp. 発行 L-D Process News Letterによる)

における転炉関係の報告は8篇にすぎないので、LD技術懇談会において発表された資料にもとずいて純酸素転炉の概況をのべることにしたい。

LD技術懇談会は、昭和33年5月に日本鋼管と八幡製鉄の2社によつて、LD法パテントのライセンス同志の情報交換の場として発足したもので、その後、加入会社も増加して、現在12社にのぼつており、LD法の技術に関する多数の研究結果が発表されている。

LD法のライセンスであるBOT社(スイス)を中心とする国際LDグループによる第1回国際LDワーキングミーティングも昭和37年11月東京において開催され、大きな成果をおさめた。

4-1 高炭素鋼の製造について

上述のような転炉の伸長によつて、溶銑操業を行なつてきた平炉は、冒頭にも述べたように転炉によつて、おきかえられる傾向にある。このため、転炉製造鋼種は、従来の低炭素極軟鋼を中心とするものから、さらに、高炭素鋼種へとその分野を拡大して、鋼種の面からも平炉鋼にとつてかわる必要が生じてきた。

高炭素鋼を製造する場合に問題となるのは、脱磷、お

第 6 表 日本の LD 転炉.

1965年11月現在				
社 名	所 在 地	稼動年月	公称 t 数 × 基数	炉 内 容 積 (m³)
日本鋼管	川 崎 水 江 鶴 見	33. 1	42×2	93
		39. 2	42×1	91
		35. 3	60×2	135
		37. 9	60×1	143
		38. 9	60×2	145
八幡製鉄	洞 岡 戸 畑 I 戸 畑 II 戸 畑 塚	32. 9	50×2	120.5
		39. 3	60×1	139.8
		34. 9	60×2	128
		35. 10	70×1	142
		37. 3	130×2	238
40. 6	170×2	275		
富士製鉄	広 畑 室 蘭 釜 石	35. 11	60×2	135
		40. 4	80×1	198
		36. 7	70×2	165
		39. 4	40×1	85
		40. 8	60×2	130
住友金属工業	小 倉 和 歌 山	36. 6	70×2	138
		38. 3	140×2	252
		40. 4	140×1	252
川崎製鉄	千 葉	37. 4	130×2	242.4
		40. 3	140×1	264
神戸製鋼	神 戸 尼 崎	37. 1	60×2	140
		35. 9	30×2	71
東海製鉄	名 古 屋	39. 9	120×2	237
大同製鋼	名 古 屋	—	30×1	—
日新製鋼	呉	40. 4	60×2	141
大阪製鋼	西 島	39. 12	30×2	78.5

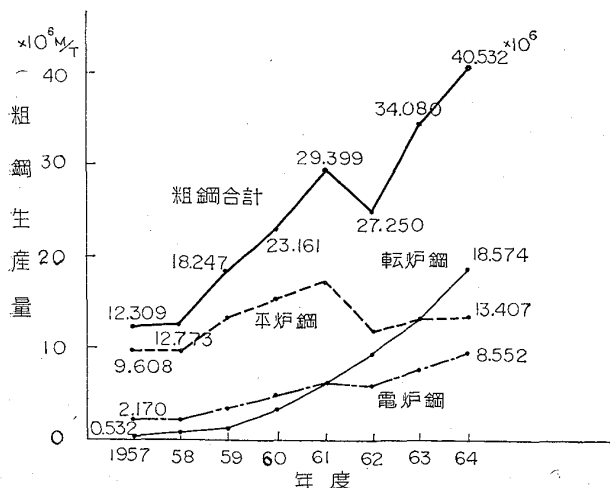
よび炭素量の調整(成分適中)である。

鋼に目標とする炭素含有量を得させる方法としては、加炭量の増加による品質的な問題の発生を避けるために多少能率を犠牲にした。キャッチカーボン法が採用される傾向にある。

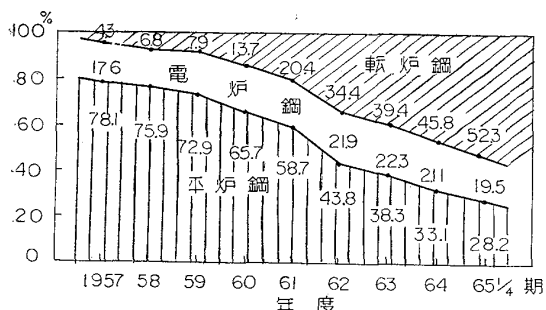
高炭素領域における脱磷については、当初は磷分の高い吹錬初期のスラグを一旦炉外へ排出し、さらに新たに造滓剤を添加して吹錬を行なう2-slag法が行なわれていたが、能率、鉄歩留の点から1-slagにより、中途排滓を行わずに高炭素鋼を吹錬する方法が検討された。

住友金属ではflux中の螢石を増量し、分割投入による滓化の促進をはかり、末期送酸速度を落して1-slagでC 0.55%まで、P 0.03%以下の鋼を製造している。神戸製鋼でも同様の方法によつて、C 0.40~0.45%の鋼を製造し、材質その他を平炉鋼と比較し、全く差異を見出しがたいと報告している。

日本鋼管では、さらに溶銑中のP含有量、吹目目標温度、目標Pなどの条件の組合せによつて、1-slag法、2-slag法、FeSi昇熱法などの組合せによる作業標準を作っている。



製鋼法別粗鋼生産高推移 (鉄連統計資料による)



製鋼法別粗鋼生産割合
第4図 製鋼法別粗鋼生産状況。

この外尼崎製鉄所(神戸製鋼)では、脱磷の方法として、吹錬末期に酸素ランス先端と鋼溶面との距離を大きくして、いわゆる soft blowを行なっている。

4.2 高級鋼の製造

高炭素鋼のみならず、低合金鋼をはじめとして、一部従来の電炉製造鋼種をも含む各種高級鋼の製造が通常生産または試験的に出鋼されている。

クロム・モリブデン系機械構造用鋼(S CM)バネ鋼(S UP)、高張力構造用鋼板などがすでに製造されているが、従来の電炉材に劣らない品質をもつことが明らかとなってきた。

さらに 18-8 系、13 Cr 系程度のステンレス鋼を日本鋼管試験転炉、尼崎製鉄などで試験的に製造している。合金鋼の製造については、一般に脱磷をうまく行ないつつ(復磷を防ぎつつ)多量の合金元素、特に Cr などの添加溶解を如何なる方法で行なうかが問題となってくる。添加せんとする合金元素よりも酸素との親和力の強い金属を同時に転炉内に添加して、その上から酸素を吹き、合金を溶かし込む方法、いわゆる合金吹き(alloying blow)も添加合金の量が多い場合、電炉によるよりもコスト的に有利かどうかは疑問で、これら高合金鋼については、未だ品質的にも、経済的にも、安定した方法を見出すには至っていないが、先にのべた真空脱ガスとの組合せなどによつて低合金鋼の分野では今後ますます転炉による製造が一般化するものと思われる。

4.3 計算機制御について

転炉の Computer Control については LD 法そのものが平炉法に比べて、計算機制御を行ないやすいプロセスであり、他方高能率のため短時間で作業が終了し、手計算や、勘にたよる従来の方法では十分な成績が得られないところからその必要性が感ぜられていた。

現在までに報告されているところでは、昭和 37 年 11 月富士製鉄(広畑)がアナログ計算機による終点温度コントロールを開始したのを皮切りに、各社で開発が行なわれ、現在デジタル計算機によつて on line で実際操業に計算機制御を適用しているのは、日本鋼管、川崎製鉄八幡製鉄(戸畑)、住友金属(小倉)の 4 社であるが、いずれは他の各社とも on line 操業を行なうようになるであろう。

これらはいずれも、吹錬終了時点での鋼浴温度、C 含有量を制御せんとするもので、実際操業から得られたデータの解析によつて求めた数式モデルによつて制御を行ない、open loop となつている。

現在、各社とも適用すべき数式モデルの決定あるいは修正に力を注いでいるようであるが、制御回路も将来は closed loop となるべきものであり、鋼浴の連続测温法の開発などとともに一層の研究が望まれるところである。

4.4 その他の LD 技術の進歩について

4.4.1 LD-AC 法

転炉内へ酸素とともに粉末石灰を吹込む LD-AC 法は、1~2% もの磷を含有する高磷銑を原料とするヨーロッパの転炉で、脱磷を目的として開発されたものである。

わが国においても LD-AC 法の general licencer である日本鋼管において、試験設備による実験が昭和 39 年 8 月より行なわれている。その結果によると、取鍋復磷現象がほとんどなく、従来 2-slag で精錬していた鋼種を 1-slag で精錬でき、能率、歩留の面でメリットがあるとのことである。

4.4.2 多孔ノズル

従来転炉の酸素ランスには、単孔ノズルが付いていたのであるが、昭和 38 年頃から多孔ノズルがわが国で使用され始め、吹錬中のスロッピングの減少、脱磷などに効果があるため、急速に一般化し、単孔ノズルはほとんど無くなった。世界的にも転炉の 3 分の 2 近くがこれを採用している。

4.4.3 非燃焼排ガス回収装置

80% 程度 CO を含む転炉排ガスを燃焼させずに回収する方式は従来のボイラー法にくらべて建設費、運転費が安くなるため、新設の転炉の多くがこれを採用するようになった。

この方法に、八幡製鉄と横山工業の OG 法、IRSID CAFL 法があり、OG 法は八幡製鉄(戸畑、堺)、住友金属(和歌山)、大阪製鋼、日新製鋼(呉)の 5 工場に IRSID 法は東海製鉄に採用されている(川崎-CAFL 法と呼ばれている)。

以上 LD 法における最近の技術的な進歩についておもなものを述べたが、このほかに、炉体についても耐火物の改良や熱間補修などによつて 723 回という持続回数(日本鋼管鶴見)も記録されており、この面での技術の

向上も著しい。

転炉製鋼法は、いふなれば開発途上にある未完成の技術であり、正に日進月歩で、今後さらに大きく発展を遂げて行くものと思われる。

5. 電 気 炉

日本における電気炉鋼の割合は、ここ数年、全粗鋼生産高の大体 20% を維持している。第 4 図にも示した如く、電炉鋼の生産も順調に上昇している。電気炉鋼といえば特殊鋼、特殊鋼といえば電気炉という風に考えられているが、前述のように転炉が特殊鋼の分野に進出しており、最近の Kaiser-Engineers の調査によれば、世界の LD 工場の 1/3 が特殊鋼を溶製しているということである。そこで、電炉でも生産性の向上によるコスト切下げの方向に設備技術が向っている。

炉容においては、最近では 100 t 炉、200 t 炉も出来ている。生産性を上げるためには、炉容の拡大と共に稼働率および作業能率を上げる必要がある。

製鋼時間を短縮して、作業能率を上げるために、溶解期における酸素吹込、高電圧大電流による迅速溶解、あるいは誘導攪拌装置の設置などが行なわれている。またカントバック、蛍光 X 線分析などを利用することによって、分析に要する時間を短縮して、側面的に製鋼時間を短縮している。

休止時間の短縮のためには、耐火物の局部的溶損（ホット・スポット）対策として、炉体回転あるいは、水冷ジャケットの利用、ガン・マシンによる熱間補修などが

ある。この他、外国 (Lukens Steel Co.) では、電気炉にはじめて on line で Computer Control が採り入れられている。

6. 結 言

以上簡単に製鋼部会の最近の活動状況ならびに、製鋼における昨今の関心事であると思われる 2, 3 の新技術について述べたが、将来、鋼材の品質に対する要求は、さらに厳しいものになるだろうが、このような要求を製鋼の段階で如何に経済的に解決して行くか、研究すべき点は多々あると思われる。最近の技術の進歩は、これらの研究を単に冶金学的知識のみによつて解決することを困難にしている。従つて、他の専門分野の人々と密接な連絡を保ちつつ、協同して研究成果をあげて行くべきであろう。

当部会の発会当初から共同研究テーマとして取りあげて来た「鋼塊の欠陥防止対策」と「酸素の有効利用」については、各社の研究発表も出つくした感があるので、新たに、各社が最も関心をもっているテーマを取りあげするため、現在、在京幹事会を通じて各社にお計りしている。

新しいテーマのもとに、さらに大きな研究成果をあげわが国製鋼界の発展に力を尽したい所存である。大方のご協力を切にお願いする次第である。

参考資料

参考のため、文中に、引用した製鋼部会報告資料の資料番号を付した。