

2. 製鋼法の進歩発達

2.1 製鋼法

2.1.1 平炉製鋼法

(i) 最近の進歩

平炉製鋼法における最近の進歩の状況は生産量の増大、製鋼能率の向上、燃料原単位の低減などに、如実に示されている。生産量は図 2.1 に示すごとく 1961 年には、わが国平炉史上最高の 1700 万 t の生産を達成し、^{付1)} 製鋼能率、燃料原単位についても図 2.2 のごとく、成績は向上の一途をたどっている。^{付2)}

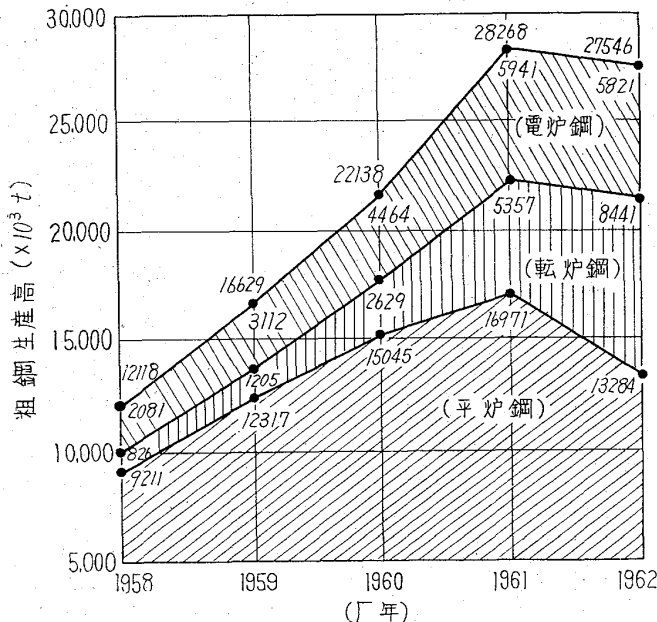


図 2.1 粗鋼生産高推移

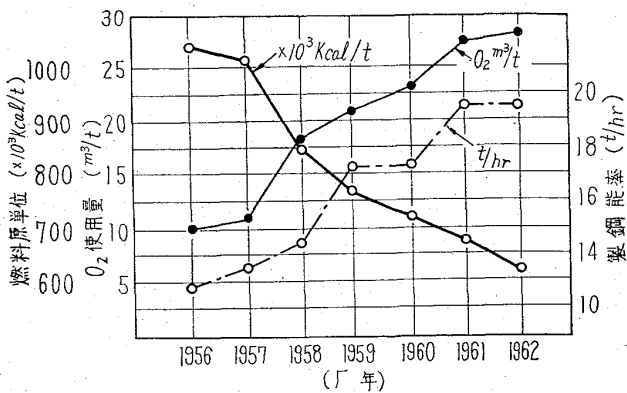


図 2.2 O₂ 使用量、製鋼能率、燃料原単位推移

このような発展の最大の理由は酸素の大量使用であるが、これに付随して、塩基性耐火物の発展、炉体構造の改善、原燃料使用の合理化などの技術的進歩があつた。

また、新しい手法を用いた工場管理法などの研究がなされている。以下個々について略述する。

(ii) 酸素製鋼の進歩

図 2.2 にわが国における酸素使用量の増加およびこれに伴う製鋼能率の向上、燃料原単位の低下状況を示す。^{付2)}

酸素の使用方法は、わが国においてはほとんどすべてがドアーの覗き孔からランスパイプを鋼浴中に吹き込んでいる。酸素が使用され始めた当時は、主として精錬期に限られていたが、その後溶解促進にも使用されるようになり、塩基性天井の採用と相まって、酸素の使用量は急激に増加した。溶解促進に使用されて昇熱が容易となった結果受銑時期も早いほど有利となり、また酸素の供給速度が大きいほど良く、圧力が高いほど良い結果が得られることも判明している。

助燃、二次空気の酸素富化^{付3)}も若干行なわれているが、さらに酸素の大量使用方法の一つとして、水冷ルーフランスによる鋼浴面への吹込法も開発され、アメリカでは盛んに使用されている。わが国においては2~3の工場では試験が行なわれたが、効率が悪いという結果がでていた。最近では Oxy-Fuel バーナーなども開発され、ますます酸素の大量使用の傾向が強くなっている。

ランスパイプについても、当初においては、通常のパイプを使用していたが、カロライズ加工が発達してその使用が盛んになり、パイプの消耗は極めて少なくなった。またダスト対策としては、集塵機が設置されたが、その他にも酸素中に水または水蒸気を添加してダストの発生を防止する試験が行なわれた。^{付5)}

現在では全国平均で 25~30 m³/t 程度の酸素が使用されているが、工場によつては 50~60 m³/t とほぼ LD 転炉と同量の酸素を使用して高能率の作業を行なっているところもある。^{付2)}

冷銑炉においてもカッチングとベッセマライジングを主として 25 m³/t 程度まで酸素を使用して溶銑炉同様に著しい向上がみられている。

(iii) 耐火物の進歩

(a) 塩基性天井の採用

酸素の大量使用に伴つて、炉体の侵食が著しくなり、炉の寿命の延長のために、炉体構造、耐火物の開発が必要になつた。従来の珪石煉瓦の天井では酸素の使用には不適當であり、塩基性天井が採用されるようになった。

た。

当初においては、侵食の著しい天井中央部前裏壁寄りだけに、一列置きに塩基性煉瓦を使用したゼブラ天井が採用され、ついで天井全面にゼブラを採用したスーパーゼブラ方式となり、さらに全塩基性天井に移行し、現在ではほとんどすべての平炉は、全塩基性天井で作業を行なっている。この塩基性天井の採用は酸素の大量使用を促進する結果にもなった。

塩基性天井の構造は吊天井であり、一般にはまだアーチ型の構造となっているが、工場によつては垂直吊天井を採用し、寿命の延長、補修の簡易化をはかつて好成績を挙げているところもある。

(b) 炉体、耐火物の冷却

塩基性耐火物の発展によつて炉体の寿命は大幅に延長しているが、それでもなお激しい侵食があるため炉体を冷却することが多くなった。天井に関しては、圧縮空気やスチームを天井面に吹付けて冷却しているところもあり、炉壁については水冷冷却箱を前裏壁に挿入して寿命を延長するのが一般的となっている。工場によつてはドアー、炉壁の冷却部を強制循環式のボイラーにしている。

(c) 炉の修繕補修方式

従来天井煉瓦については効果的な補修方法がなかつたが近年熱間補修材が開発され煉瓦の補修が行なわれるようになった。ルーフクロームなどのペーストを熱間で天井に噴射して補修することにより、従来の450回程度の天井寿命が800回以上にも延長している例がある。

またBRI-GUNなどの使用により炉体ばかりでなく取鍋の熱間補修も行なわれており、今後ますます開発されるものと考えられる。

修繕に関しても、メルツベーレンス式平炉のごとく簡易化されたものもあり、鋼滓室のスラグの除去についても従来大修繕の際に行なわれていたが、現在では熱間爆破で修繕期間の短縮がはかられている。

(iv) 炉体構造

最近平炉工場の新設はほとんど行なわれていないが、既設工場における増設あるいは改造の際には、能率の向上を目的として炉容の大型化が行なわれている。図2・3に最近の1回当りの出鋼量の変化を示す。^{付1)}

また、酸素の使用によるダストの堆積、蓄熱室の目詰まりを防ぐために、鋼滓室の拡大、格子積の目の拡大などが行なわれ、また燃料が重油に切替えられたことによつて、ほとんどの平炉は単一昇降道を採用している。

一方、従来の上部構造を全く改め、前裏壁を炉内側に傾動させて天井スパンを短くしデット・スペースを小さく

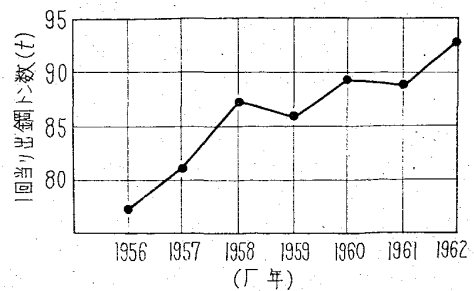


図 2・3 一回当り出鋼トン数推移

くして熱効率を高め、また炉体煉瓦を鉄皮につけて炉の修繕を容易にするメルツベーレンス式平炉が1959年以降、わが国においても2~3の工場において採用されており、好成績を挙げている。

その他新しい型式の平炉として、アジャックス式平炉も開発されているが、わが国では現在のところ採用されていない、また酸素の使用に伴ない炉床の損傷が激しくなり、床直しなど、非製鋼時間が増加した。これを減少させると同時に炉体築造を容易にし、また形状を常に安定させる目的で、スタンプ炉床のかわりに、煉瓦炉床が考案され、1960年頃から各社で採用されるようになった。これにより、非製鋼時間の短縮および炉床材原単位的大幅な切下げが得られているが、なお問題点も残っておりまだ全面的に採用されるにはいたっていない。

(v) 原燃料使用の合理化

(a) 原料

平炉の能率向上のためには、装入時間および溶解時間の短縮が一つの大きな要因である。そのためには溶銑を使用することが有利なのは当然であり、最近では高炉の建設と相まって、溶銑の使用割合はしだいに増加しつつある。^{付1)}(図2・4)

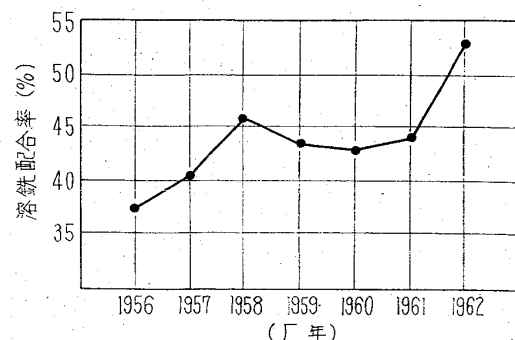


図 2・4 溶銑配合率推移

また、増産時にはスクラップの不足およびコストの問題から低廉なバンドル・スクラップの使用が検討され鋼種に応じて装入の管理が行なわれている。

最近の酸素の大量使用に伴なつて集塵機の設置が多くなり、その捕集ダストについては高炉、平炉における使

用などその利用が広く検討されている。

(b) 燃焼の合理化

平炉燃料は戦後発生炉ガスが逐次減少し、現在では重油とコークス炉ガスの混焼がその大部分を占めるようになった。これとともに炉の下部の構造が変わってきたがさらにバーナーの構造、重油品質の検討も行なわれ、

A・C・Cの採用もあつて燃焼の合理化が行なわれた。また鋼浴温度の測定方法も進歩発達し、燃料原単位の切下げ、能率品質の向上に貢献している。

(vi) その他

最近の鋼材の品質に対する要求はますます厳しくなり、精錬、脱酸などの研究が多数行なわれている。たとえば、最近ではラジオ・アイソトープを利用して鋼浴の動きなども検討されている。また分析方法でも、カントバックなどが採用され成分、塩基度の調整が容易になり、品質向上に役立っている。

科学的管理方式の平炉作業への適用も種々検討され、集中出鋼の防止、精錬造塊の作業管理、鑄型管理、鑄鍋の最適保有数の決定などに利用されている。

参考資料

題名	報告元
付1.) 鉄鋼統計要覧	鉄鋼統計委員会
付2.) 平炉作業調査表	日本鉄鋼連盟
付3.) 第25回製鋼部会 二次空気の酸素富化による平炉床直作業の改善 (資料 No. 679)	
付4.) 平炉製鋼法の進歩 (昭和34年7月発行) 製鋼部会	鋼管鶴見
付5.) 第13回製鋼部会 鋼浴酸素への水添加によるダスト発生減少について (資料 No. 360)	富士広畑

2.1.2 転炉製鋼法

(i) 転炉製鋼法の歴史

1949年デュラー博士の発案により酸素を鋼浴の上から吹付ける試験を開始し、ついに1952年リンツ (VÖEST) 1953年ドナヴィッツ (ÖAMG) でそれぞれ30t炉2基がLD法として工業化された。もちろん、その源は遠く1856年のヘンリー・ベッセマーの予言に基づいていることはいうまでもない。

1963年9月現在ソ連を除く世界の純酸素転炉は155基 (平均炉容80⁰t) 年産能力は4,600万tで、現在建設

中のものを含めると216基となり年産能力も10,250万tと増大する。

日本においても1957年八幡製鉄に50t2基1958年日本鋼管に42t2基が稼働を始め、1963年9月現在16工場34基 (平均炉容77⁰tが稼働し世界第一の設備能力(1,500万t)を有する現状である。

(ii) 純酸素上吹転炉法の概要

LD転炉は、主としてタールドロマイトで内張りされた塩基性転炉で、炉体上部に出鋼口をもっている。

LD法は平炉法に比べて、①極めて高能率である。(LD60t3基は200t平炉5~6基に相当する) ②製品品質がすぐれている。③生産原価が安い。(4ドル/tぐらい安いとされている) ④工場建設費が安い、といった有利性を持ち、いまや世界各国で稼働している。LD転炉鋼は[P]は溶銑Pによつて異なるが、0.030%以下、[N]は0.0020%以下が容易に得られ、脱硫も極めて良好で、[O]も平炉と同程度またはそれ以下である。また[H]は平炉の3.5~6ppmに対し1~2ppmと少ない。LD鋼の性質はこうした有害元素が少ないのであらゆる点で平炉鋼と同等もしくは優れている。

ただ、LD法においても低磷鋼を得るには必ずから溶銑中の[P]に限界があり、途中排滓による2-スラグ法で低磷鋼を製造できるが、一般に最高0.5%とされている。この上限はミネソタを使用し溶銑Pが2%近い欧州各国にとつてLD法を改良する必要性を生じ、開発されたのがOLP法であり、LD-AC法である。その他、類似の方法として、ボンベイ法、クルップ・エッセン法などがある。

(iii) 純酸素転炉法の発展

(a) 炉容の大型化

世界におけるLD転炉の容量は、数年前までは30t級が大半を占めていたが、操業の安定と能率向上を目的として炉容は大型化の傾向が著しく、米国で最高300ネットトンの大型転炉まで建設されている。

(b) 廃ガス処理設備

LD転炉においては、熱エネルギーの有効利用と大気汚染防止のために、廃熱利用のボイラーと集塵装置を設備しているのが普通である。しかしながら、最近転炉廃ガスを未燃焼のまま回収する技術が進歩してきた。すなわち、フランスのIRSID-CAFL法やドイツのクルップ法があるが、世界で始めて工業化に成功したのは八幡製鉄と横山工業の共同開発によるOG法で現在4基が順調に稼働している。

(c) 原料配合

LD 転炉では通常 15~30% の屑鉄配合率で操業されており、平炉製鋼法に比して融通性が少ないが、比較的価格の安定した銑鉄に主体をおいているので原料需給計画は安定しやすい。しかしながら、地理的条件その他で屑鉄配合率を高くせざるを得ない場合もあり、各所にて屑鉄高配合試験が行なわれている。たとえばリンツなどにおける重油吹込みによる 50% の屑鉄配合試験、尼崎製鉄の高冷銑試験、コークス添加試験などがあり、溶銑配合率低下への努力が払われている。もちろん製鋼時間は延長するが、今後実用化の可能性は十分あると思われる。

(d) 高級鋼の溶製

LD 転炉による薄板は冷間加工性、深絞り性などにおいて特に優れており、また船体用厚板の製造でも平炉鋼と同様、各国の船級協会の承認をえている。極厚の板材や高張力鋼板、機械構造用炭素鋼および中炭素高張力棒鋼なども生産されており、高炭素鋼や低合金鋼などの高級特殊鋼溶製分野への開拓が行なわれている。わが国でも同様の機運にある。

(e) 計算機制御

LD 転炉プロセスは平炉その他の製鋼プロセスと較べ比較的計算化が容易であり、物質および熱バランスから理論的に終点の温度、成分の決定が可能である。一方電子計算機の進歩発展に伴ない、1960年秋頃より計算機制御の転炉操業への適用が強力に推進されて一部実際に操業されている。

2.1.3 電気炉製鋼法

(i) 電気炉粗鋼生産高の推移

電気炉による最近 5 年間の粗鋼生産高の推移は図 2.1 に示すとおりで、生産比率は 1958 年の 17.1% から 1962 年の 21.1% と増加している。これは主として電弧炉による普通鋼の生産が大きくなったためでもある。すなわち、1960年の調査によると、電気炉全基準能力の約 60% が普通鋼である。以下に電気炉鋼の 96% 能力をもつ電弧炉の最近の進歩について略述する。

(ii) 設備の合理化

生産性の向上および原単位の低下を図るために、つぎのような合理化が行なわれてきた。

(a) 炉容量の大型化

戦前は 30 t 炉が最大であったが、1960年以降逐年 60 t 以上の大型炉が設置され、1962年には 250 t 炉 (40,000

kVA, 最高 2 次電圧 700 V) という世界最大の炉が稼働を開始するいたつた。

(b) 変圧器容量の増大と 2 次電圧

炉容の大型化と並行して、製鋼能率の上昇、電力および電極原単位の低下のために、変圧器容量は増大され、2 次電圧が上げられてきた。かくて合金鋼の電力原単位は戦前 1,000 kWh/t を越えていたものが、現在は、600 kWh/t を切るようになった。

(c) 電磁誘導攪拌装置の設置

ASEA 社によつて開発された、電磁誘導攪拌装置は炉容の大型化による溶鋼成分の不均一や、鋼浴の上下部の温度差をなくし、除滓を容易ならしめて、精錬作業を能率的にし、品質を向上させるもので、わが国にも逐次採用されつつある。

(d) 炉頂装入方式の設置

炉頂装入方式は現在ほとんど全基に採用され装入時間は大幅に短縮された。

(e) 電極昇降装置の改善

電極昇降装置はアンプリダイン方式などの採用により改善され昇降速度が従来の約 5 倍と増大し、応動も極めて短くなつた。この結果電極使用量は減り、電圧フリッカーも防止され、電極の湯中「つつこみ」による [C] 上昇もなくなつた。

(iii) 操業法の進歩

操業上の進歩として、(a) 酸素の利用、(b) イマージョン・パイロ・メーターの使用、(c) カントバックなどの利用による迅速分析 (d) ガス分析の利用、(e) 不活性ガス吹き込みによる鋼中水素の低下などが挙げられる。また一部の工場では溶銑、あるいは、酸素上吹転炉で吹精した溶鋼を原料として使い、電弧炉の製鋼時間を大幅に短縮し、電力原単位も 300 kWh/t 以下に切下げているところもある。

耐火物については、電鑄煉瓦や高純度マグネシヤ・スタンプ材の利用開発が活発に行なわれている。

2.1.4 その他の製鋼法

平炉、転炉および電気炉以外の製鋼炉として挙げられるものに、カルド炉、ローター炉およびシェーキング・コンバーターがあるが、これらは、回転または偏心運動をして熔鋼と鋼滓または添加物との反応がより迅速に行なわれるように考案されたものであり、以下個々について略述する。

(i) カルド法

カリング博士らの発明したもので、1956年にスウェーデンのドムナルベットで初めて30t炉の工業化試験が成功した。本法は転炉を水平より15~20°位おこした位置で、炉軸を中心に毎分5~30回転させながら、純度95~98%の酸素を、比較的低压で吹きつけて精錬するものであるが (a) 広範囲の鋼種の成分調整が容易であること (b) 原料銑の燐の制限が、比較的少ないこと (c) 発生したCOガスを炉中でCO₂に燃焼させるので、スクラップあるいは鉱石使用量が増加でき、融通性に富んでいること (d) 局部加熱が少ないのでダスト・ヒュームの発生量が少ないこと (e) 鉄分歩留が高いこと (f) 低窒素鋼が得られ易いことなどが利点として挙げられている。しかしLD転炉に比べて、まだ能率が低いこと、炉のライニングの寿命が短いこと、などの欠点がある。

現在世界では、30tから150tまでのカルド炉が合計12基設置されていて、日本でも建設の動きがある。

(ii) ローター法

1952年西独のオーバーハウゼンで始めて試みられてから今日まで世界で60tないし100t炉が数基建設されただけに止まっている。本法は、カルド法と似ている点が多いが、水平円筒型の炉で、毎分1回転以上であることなどが異なり、脱硫、脱燐が容易であること、特に高炭素領域でも低燐鋼が得られ易いこと、集塵が容易であること、鉱石の多量使用が可能であることなどの特長があるが、カルド法と同様、炉のライニング寿命が短い、生産性がLD転炉に比べて低いなどの欠点がある。

(iii) シェーキング・コンバーター法

スウェーデンのカリング博士が発明したもので、本法は転炉または、取鍋（この場合はシェーキング・レードルと称する）をある偏心率で（容器の縦軸中心が描く小円の半径で）毎分50回前後の偏心回転運動させることを骨子としたものであり、この際発生する特殊な波動運動によつて添加剤あるいは、造滓材と溶鋼との混合・攪拌が有効かつ迅速に行なわれる。今日欧州を主として2~30t/ch容量のもものが23基あり、わが国でもフェロ・ニッケルおよび溶銑脱硫用のものがそれぞれ1基稼働している。現在ではシェーキングレードルとして製鋼用または鋳物用溶銑の脱硫に利用されているものがほとんどであるが、このほかに、脱燐、脱炭、脱珪、脱クロム、脱チタンおよび脱バナジウムなどの一般の精錬ならびに加炭、合金鉄の添加などの成分調整と非常に広汎な用途がある。

溶銑の脱硫例を挙げると、CaC₂ 8 kg/t 使用処理時間10分程度で[S]は0.036%から0.005%に低下し（脱硫率86%）その際の温度降下は40°C程度（5t容量炉）である。酸化精錬の場合は、強力な攪拌によつて局部加熱が避けられ、[P]や[Cr]の優先酸化が可能である。

2.2 造塊法

造塊法における最近の進歩発展は目ざましいものがある。すなわち従来の造塊法と根本的に異なる連続鑄造法の開発およびこれの実用化、鋼塊品質の飛躍的向上をもたらした各種真空処理法の発展さらに大型圧延機の出現に伴う鋼塊の大型化、押湯保温法の研究による鋼塊品質、歩留の向上など枚挙に暇がない。

真空処理および連続鑄造については節を改めて述べるがここでは造塊法一般の進歩を説明する。

2.2.1 鋼塊の大型化

リムド鋼、セミキルド鋼は従来主として10t以下の単重であつたが、近年生産能率および鋼塊歩留の向上を目的として大型鋼塊の研究が積極的に推進され、現在では20t程度までに大型化されるにいたつている。

大型鋼塊の製造に当たり最も問題となるのは偏析の増大で図2.5に示すごとくりムド鋼では鋼塊単重が大き

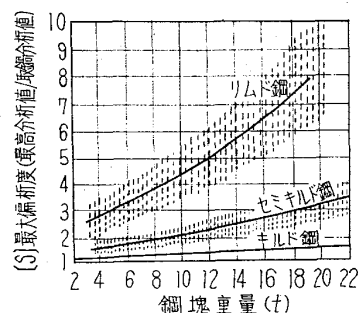


図 2.5 鋼塊重量と偏析度との関係

なるにしたがい [S] 最大偏析度は直線的に著しく増加する。このため特に大型リムド鋼ではリミングアクションとの関連もあつて、2,500~3,000 mmの高さが一般的に限度とされてきた。

このために精錬作業における [S] の低下、適正なる脱酸法、造塊時の蓋打作業の改善、注入速度のコントロール、下注法の採用などについても種々検討が加えられ、現在では実際作業として単重20t程度高さ2,500 mm程度の大型リムド鋼塊が製造されるようになっていく。一方キャップド鋼塊はリムド鋼より偏析が少なくか

つ分塊歩留が高いので板、棒などを対象に適正な脱酸基準、トラックタイム、鑄型形状などその製造条件に十分な研究が加えられ、その結果現在20t程度までの大型鋼塊が製造されている。

2.2.2 押湯保温の方法

押湯保温には種々の方法があるが、その選択は偏析、パイプ減少による品質上のメリット、分塊歩留向上による原価切下げ、作業性の良否、各工場の特殊事情さらには価格などを考慮して決められている。

近年発熱性押湯煉瓦、保温材の使用がかなり普及してきた。これは従来は特殊鋼の分野にのみ使用されていたものであるが、使用量の増加、製造者側の改善などにより価格も逐次低下し、これに応じて普通鋼の分野へ進出してきたものである。

一方鋼塊が大型化すると電弧加熱による保温が一般には有利と考えられているが、その普及の程度はさして大きくなっていない。しかし設備上の制約を解決してゆけばさらに伸びると思われる。

加熱源としてガスを利用する方法もあるがまだ実用の域には入っていない。

従来より一般的に利用されている普通煉瓦とわら灰あるいはCaSi系発熱剤との組み合わせによる方法は普通鋼の分野ではなお高い使用比率をもっている。

2.2.3 鑄 型

(i) 鑄型管理

優良鋼塊を製造するためには合理的な鑄型管理を行なうことが必要である。このため鑄型処理ヤードを独立した建屋として持ち、型抜・手入・型据えなどの作業を円滑に行なう方式が新たに採用されつつある。また転炉工場では従来のピット注入方式に変わり工程能力の高い台車注入方式が全面的に採用されている。同時に適正なる鑄型常備数および使用サイクルの決定、冷却床の整備および鑄型の修理、廃却基準などについて技術的検討が行なわれ、鋼塊品質の向上、原価の低減に著しい効果を挙げている。

(ii) 材 質

鑄型材質としては従来キュポラ鉄が主体を占めていたが近き将来新しい材質のものが大幅に採用されるにいたるであろう。

またダクタイル鑄鉄も一部採用されている。代表的な成分は表2.4は示すとおりである。

表 2.4 鑄型成分の一例

	C	Si	Mn	P	S
キュポラ鉄	3.5/3.9	1.0/1.4	0.5/0.9	<0.3	<0.07
ダクタイル鑄鉄	3.5/3.9	1.4/2.0	0.5/0.8	<0.1	<0.03
高炉鉄	4.0/4.3	0.5/0.9	0.7/1.0	<0.3	<0.03

ダクタイル鑄鉄は主として小型鑄型にしているが、変形の点で問題があり広くは採用されていない。

高炉鉄直鑄鑄型は1954年富士製鉄で製造されて以来、急速に普及しつつある。耐用寿命がキュポラ鉄鑄型と同程度であること、製造コストがかなり低減されることなどの理由で今後特に一貫メーカーでは高炉鉄鑄型が全面的に常用化されるであろう。

(iii) 塗 料

従来の油性塗料にかわつて、最近では鋼塊の表面欠陥防止を目的とし、弗化物系塗料、Al粉末や黒鉛を混ぜた水性塗料などが実用化され効果をあげている。

なお、塗布方法はその大半がスプレーガンの使用にかわつている。

(iv) 定盤の改良

メカニカルパイプの防止による分塊歩留の向上を目的としウエル定盤が採用され、また最近では上注鋼塊に対して黒鉛定盤が広く使用され、定盤付きの防止、定盤原単位の低下に役立っている。

2.2.4 取 鍋

最近一回当たり出鋼量の増大に伴ない取鍋容量も著しく増加している。このため、注入時間の短縮を目的としたダブルストッパー方式が実用化され、また空冷式ストッパーも一部採用されている。またノズル取付け方式も内挿より外挿に変わり、現在では転炉工場のみならず平炉、電炉工場においても外挿式取鍋が広く使用され、取鍋常備数の低減、準備作業の単純化に役立っている。

ストッパー操作も従来のハンドル操作に変わりボタンもしくはレバーによるAuto-pour方式が漸次採用されつつあり、造塊の近代化に貢献している。

2.2.5 新しい造塊法

(i) ガスシール造塊法

一般に鋼中に存在する非金属介在物の大部物は注入作業にその源を発しているといわれている。この注入中の酸化物の形成および鑄型内スプラッシュの酸化を防止するため、アルゴン、窒素などの不活性ガスでシールして注入するガスシール造塊法が研究され、種々試験が行な

われている。対象としてはアルミキルド鋼を始め鍛造用鋼，ステンレス鋼などの特殊鋼が多く，介在物の減少による検定歩留の向上に相当効果を挙げており，さらに発展するであろう。

なお，この方法は後述の真空処理によつて減少された鋼中のガス含有量を保持できる点で，極めて有利である。

(ii) 衣造塊法

衣造塊法によつて美しい鋼塊肌をつくるというアイデアはその操作など，種々問題があり，まだ実用化されるにいたっていない。一部の特殊鋼では有用と考えられ，この技術開発は今後の大きな課題といえよう。

(iii) 加圧铸造法

造塊分塊工程を省略し溶鋼から直接スラブもしくはブルームを製造する方法で，アメリカではすでに数社が採用しているといわれている。図2.6に示すごとく，取鍋を気密室に入れた後，加圧すると取鍋直上にセットされた黒鉛鑄型に溶鋼が耐火材管を通つて鑄造される。この方法は一般キルド鋼および特殊鋼にのみ応用されるもので種々の寸法のスラブが容易に製造されること，表面状態が良いこと，介在物が少ないことなどの理由で連続鑄造よりすぐれているとの見方もある。しかし適用鋼種に制限があり，かつ大量生産には向いていないこと，また実際操業上のトラブルが予想されることもあつて，わが国では，まだ検討の段階にあり今後の推移に注目したい。

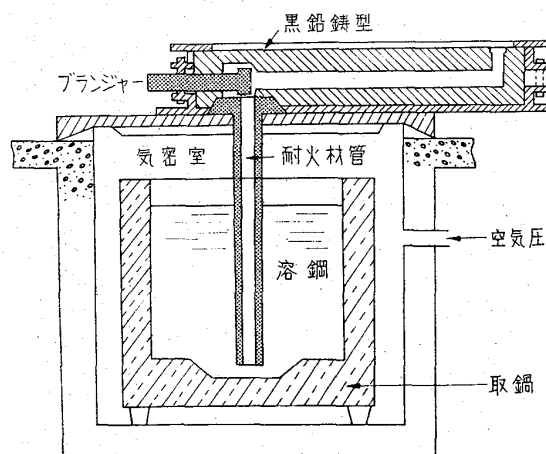


図 2.6 加圧鑄造設備概略

2.3 連続鑄造

2.3.1 連続鑄造の現況

鋼の連続鑄造という着想はすでに19世紀中葉にあつたが，これが工業化されたのは第2次世界大戦後のことである。1959年以前に稼働を開始した連続鑄造設備は24基であつたが1960年以降今日までさらに43基が稼働を始め

なお急速に発展を続けている。

しかし，年間でみると1962年現在，大きなところでソ連邦 120万t，イギリス80万t，西ドイツ50万t程度であり，これらにフランス，日本，アメリカ，カナダなど10数カ国で稼働している若干の鑄造能力を加えても普通造塊法と分塊法の組み合わせに比べれば決して大きくはない。

機種別にみて現在世界の連続鑄造法の主流をなしているものは Concast グループであり表2.5に示すように全体の過半数を占めている。これらのほとんどのグループが強制上下往復運動鑄型法を採用している。

表 2.5 連続鑄造法グループ別の設備設置状況

グ ル ー プ	会社数	工場数	機数
Concast グループ	25	26	34
Mannesmann-Böhler グループ	10	11	12
Continuous Casting Co. グループ	3	3	3
ソ 連 邦	—	7	8
そ の 他	10	10	10
計	—	57	67

わが国でも Concast グループのもの2基がそれぞれ1955年，1961年から順調に稼働を続けており1基はブルームもしくはジレットを，他方はスラブおよびブルームを製造している。その後特殊鋼メーカー5社が連続鑄造採用を決定し，数社が計画中である。

なお現在安定して製造されている鋼種はステンレス鋼低合金鋼および炭素鋼とほとんどすべてのキルド鋼にわたっている。寸法についてはジレットもしくはブルームで最小 50 mm φ 最大 360 mm × 460 mm，スラブは最小，45 mm × 300 mm 最大 225 mm × 1,500 mm となつている。

2.3.2 今後の発展

連続鑄造法は今後研究すべき幾多の問題点をもつているが鋼塊分塊法に比べて多くの点で有利であることがすでに実験的にも工業的にも立証されている。すなわち，一例として，Dillinger 社の経験から下された推定付¹⁾を掲げると。

- (a) 所要敷地面積が少ない。
年間200万tの場合鋼塊分塊法の50%ですむ。
- (b) 建設費が安い。

年間200万tの場合鋼塊分塊法の71%である。

付 1) Stahl und Eisen, 82 (1962), p. 1469

(c) 歩留は高く、作業費は少ない。

歩留は鋼塊分塊法より5~15%ほど高い。

作業費は年間200万tの場合鋼塊分塊法の37%である。

(d) 製品の品質が向上する。

連続铸造した鑄片の表面状況は平滑で欠陥なく鋼塊法よりも優れている。また内部も急冷による効果で偏析が少なく組織はち密で均一性に富んでいる。

(e) オートション化に有利である。

前述の利点にもかかわらず今日ではなおいかにしてマスプロに対応する大規模設備を実現させるかが問題であり、これとともにAlキルド鋼やリムド鋼には品質上の問題が残っている。しかしこの解決も時間の問題となりそうである、すなわち真空脱ガスとの結合、S型連続铸造機の登場、各種自動制御の適用など精力的に研究がなされているからである。

S型連続铸造機は図2.7に示すごときものである。

溶鋼を円弧状の鑄型に鑄込み、そのまま円弧にそつて鑄型から引抜き、スプレー帯放冷帯を通して凝固を完了せしめたのち4分の1円弧を経たところで鑄片を水平に屈曲せしめ、所定の長さに切断して機外に搬出する。従体の垂直型に比べて、S型のものでは溶鋼静圧が小さくなり、表面欠陥が生じ難くなるので引抜き速度したがつて能率を向上せしめうる。そして設備高さを垂直型の $\frac{1}{2}$ 以下にすることができるから設備費動力費の大幅節減が可能である。なおこのタイプの鑄造機は、早くも12機計画されている。

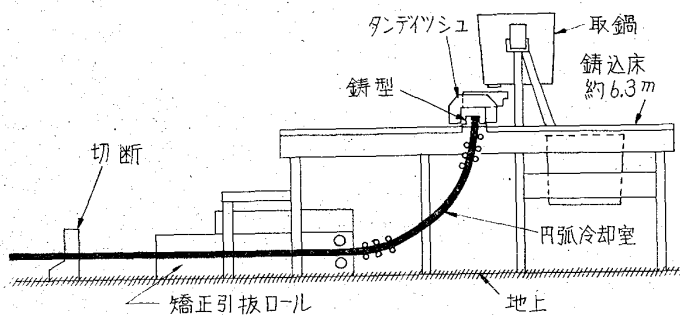


図 2.7 S型連続铸造機

2.4 溶鋼の真空処理

2.4.1 概 要

鉄鋼の品質を向上させるために溶鋼を真空処理して脱ガスし純化しようとする試みは古くから考えられてきており1865年にヘンリー・ベッセマーが米国特許を取得しているのに始まり、現在の工業的規模での真空処理にい

たるまでに100年近い歳月を要した。これが加速度的に進歩を示したのは第2次大戦後の真空技術の進歩と鉄鋼品質に対する厳しい要求とが溶鋼の真空処理のめざましい発展を促したからである。品質についての要求程度によつて大きくわけて2種の工業的な真空処理が行なわれている。

その一つは真空溶解、他はいわゆる真空脱ガスである。前者は真空中で溶解するもので、耐熱合金などの高度の品質要求に応ずるものであり、後者は大気中で精煉される大量の鉄鋼の脱ガスによる品質向上を安価に行なうのに用いられている。真空溶解の分野は、特殊鋼に限られているので、ここでは以下の4種の真空脱ガス法について述べることにする。なお日本鉄鋼協会共同研究会新技術開発部会では「真空冶金の研究」を特に取りあげており、先に、本協会誌に、研究内容を発表されている。

2.4.2 真空鑄造法

1950年頃西独のポフマー・フェライン社で、初めて工業的規模で行なわれて以来、各国で広く採用されるようになり、逐次大量化してきた。本法は真空タンク中に、設置された鑄型に真空のために流滴化された溶鋼を注入するものであるが、その脱水素効果は極めて優れており、白点などの水素に起因する鋼材欠陥の排除のため卓越した手段となり長時間焼鈍の節減などによるコスト切り下げをもたらした。かくて現在では、ロールのごとき鑄造材やタービン・ローターのごとき大型重要鍛造材、さらに、重要圧延鋼材の製造のためほとんど不可欠の方法となつている。わが国では、18社が本法を採用し、数トンから250トン級までの鋼塊を生産している。

2.4.3 DH法

1955年頃西独のドルトムント・ヘルダー・ヒュッテンユニオン社が本法を開発して以来今日までに10トンないし350トンの溶鋼を処理する設備が、世界各国11社に建設された。本法の対象は、平炉、転炉あるいは電気炉を問わず、また鋼種も、普通鋼から高合金鋼までにわたつている。これは、本法が、出鋼と、鑄造の間に入る工程で、処理能力も他の真空脱ガス法と比べて大きく、大量生産用にも適するからである。取鍋に受鋼されたままの溶鋼を、吸上管を通して、繰り返し真空槽に吸い上げることによつて、脱ガスを行ない、その後脱酸剤あるいは合金鉄を添加するもので、酸化介在物の減少に著しい効果をあげることができる。わが国では、現在1社に採用され70トン設備が稼働している。

2.4.4 循環脱ガス法

本法は1958年に開発された。ルール・シュタール・ヘラウス方式で取鍋中の溶鋼を、連続的に真空槽中に吸上管で吸い上げ、排出管から取鍋に戻す間に脱ガスを行なうもので、前述のDH法と同様の特色をもっている。DH法では取鍋あるいは真空槽を上下運動させるが、本法では溶鋼の循環は真空と吸上管中に注入されるアルゴンガスによつて行なわれる。わが国では1社が採用している。

2.4.5 取鍋脱ガス法

1952年ソ連のエナキエル工場で16トン容量の取鍋脱ガスが行なわれて以来、現在までに、世界で6.5ないし90トンの設備が7基建設された。わが国では1社が採用している。本法は、受鋼した取鍋を、真空タンクに入れて取鍋上部から脱ガスを行なうので、溶鋼静圧の影響を受け、脱ガス能率がわるく、電磁誘導などによる攪拌が必要となる。

以上述べたように、わが国でも、種々の溶鋼の真空処理法が実施あるいは開発されている。現状であるがこれらはずぎの2つの目的達成のため有用であるから、ますます設備数が増加するとともに、進歩発達すると考えられる。品質向上、コスト切下げのために、今後増々進歩発達すると考えられる。

- ① 品質向上による歩留の向上と、コストの切り下げ
- ② 真空処理によつて初めて製造可能な新品種の開発

2.5 製鋼法の将来

以上現在各国で稼働している製鋼法全般の進歩発達を概括的に述べた。これらの製鋼法の比較はその原料事情、総合的な原価および品質より論ぜられるべきものであり、将来における姿については、にわかに即断できないが、ここに今後の展望を試みたい。

最近10年間の製鋼界における最大の収穫はいうまでもなくLD転炉法の出現であつた。他の製鋼法に比しての優位性はすでに述べたところである。原料事情その他により本法の採用のおくれている国々でも近い将来大幅に進出してくると思われ、今後粗鋼生産におけるLD転炉法の優位は動かすことのできないものとなるだろう。

LD転炉法の比重を位置づけるものの中特に大きいものは、(i)今後のスクラップ価格の推移、(ii)高級鋼特に高炭素低合金鋼の製鋼技術がいかに確立されて行くかの点である。後者については、わが国を始めとして各国

のエンジニアの努力がここに集中されている。計算機制御の成功がこれをどこまで解決してくれるか今後の推移に注目したい。カルドー、ローターの2法はこの観点から極めて好都合であるが、原価面においてもLD法とは、かなり差があり、その将来における発展はLD転炉における高級鋼溶製技術の進歩の度合にかかっているとみてよい。この2製鋼法ではどちらかといえばカルドー法の優位は動かさないところであるが、現状におけるカルドー法の進出は主として高磷銑対策としてのものであり、この点わが国と欧州大陸特にフランス、ベルギーの製鋼界では事情をまったく異にしている。

LD転炉の進出はスクラップ事情をそれだけ緩和する方向に働く、わが国製鋼界は従来スクラップの長期安定購入の点で種々の苦衷を味わってきたが、今後産業発展によりスクラップ化の速度が大きくなることも相まつて平炉の活躍の余地はなお大きいと見なければならぬ。電炉法が従来につづいて特殊鋼、高合金鋼の分野を略独占することは間違いあるまいが、上述のスクラップ事情を背景とし、大型弧光炉を駆使して普通鋼の領域に進出してくることもまた否定できない。大型電炉方式では効率も平炉法に肉迫してくるからである。しかしその程度はそう大きくはならないだろう。少なくとも今後の製鋼の発展が溶銑を使用する一貫化の方向に向かう以上、そこには自から限度がなければならず、見方によれば新設電炉の一部はむしろLD法との合併による高級鋼の製造に使用されるようになると思われる。もちろん単独製鋼メーカーにおいてはその方向はまったく一変する。ここでは大型電炉は魅力ある設備たるを失わない。

この間に伍して平炉製鋼法はいかに推移して行くだろうか。平炉のメリットはどこにあるか、日本の平炉を考える場合、単独メーカーの特殊の例を除けば単位工場として新設されることはまずあり得ないだろう。その進む道は現有設備の更新という形において現われてくる。すなわち設備能力を飛躍的に増大することなく、老朽化をその時点として次第に大型化、合理化の方向に向い、生産性においてもなお一層の酸素利用と相まつて今後かなりの技術的発展を示すだろう。逆にいえばそうでなければ転炉・電炉の間に伍して行けないといい得る。今後のスクラップ事情はなおこれをフレキシブルに使用できる平炉の存在を必要とするわけであるが、LD転炉技術の進歩とも兼ね合いわれわれ平炉エンジニアとしてはその技術を一層躍進さすべき責務を負っていることを忘れてはならぬ。かくして初めてわれわれは友として転炉・電炉を受入れ、長短相補なつて鉄鋼業全体の進歩に

貢献できるわけである。

真空処理法のうち、普通高級鋼を対象とする DH 法、循環脱ガス法の問題は鋼材品質に対する要求が今後いかに高度になつて行くかにかかっているが、高度の要求はそれだけ価格の上昇を招くものであり、自ら限度があるだろう。技術的になお解決すべき点も少なくない。

製鋼界全体を眺めた場合、残つたもう一つの論争は連続鑄造法の進展に向けられる。ここでは普通鋼に限つて論ずることとするが、各国の動きを見ても本法が今後さらに採用され鋼塊法にとつてかわることは明らかである。いくつかの問題点もいずれ技術的解決を見るだろ

う。しかし、その置換えの速度は、戦後の合理化により新設された分塊圧延機がなお稼働をつづける以上決して早いものとは考えられない。

いずれ設備能力の拡大に際し分塊法に対して補助的役割を果たしながら次第次第に連続鑄造法が浸透してくるのではなからうか。また、鋼塊の大型化も現状の 20 t 位ではなおその余地を残している。おそらく 30 t 近くまでは進むと考えられこれによる原価の逡減はより大型分塊機への改造の時期とも関連し、あるいは連続鑄造法との角逐に発展するかも知れない。