

— 服部賞受賞記念論文 —

富士製鉄における環流式脱ガス法の建設と操業*

田地川 健 一**

1. 緒 言

最近鉄鋼材料に対する要求は非常にきびしくなつて、従来の品質では需要家の要求を十分満足させることができなくなつてきた。

今年1月に発表された有名な Madsen 報告の中にも「技術的発展に関する限り 1964 年におけるアメリカ鉄鋼業の最も意義深い動向は連続鑄造でも自動制御でも酸素製鋼でもなかつた。よりよい品質を有する製品を生産するためにあらゆる努力を設備導入に向けねばならないと云うことであつた」。と冒頭に述べている。

第二次世界大戦後ドイツにおいて開発された種々の脱ガス法はよりよい品質の製品をという要求をみたすために開発された方法で各国の主要鉄鋼会社によつて採りあげられ長足の進歩をみせている。

特にアメリカにおいては生産設備の拡張と体質改善に伴い連続鑄造と真空脱ガス法の組み合わせが検討されている。

わが国においても各社において各種の脱ガス設備を採用して品質改善、歩留向上に力をそそいでいる。

環流式脱ガス法はわが国においては富士製鉄広畑製鉄所において初めて採用された設備で処理対象鋼種は造船用アルミニウムコンキルド鋼、低温用鋼、高張力強鋼、エナメルシート用鋼、深絞り用アルミニウム鋼と非常に多岐にわたっている。

これらの鋼種の中で低炭素鋼を未脱酸の状態では処理する方法は富士製鉄において開発された方法であり世界でもまだ例をみないものである。

本報告はこの環流式脱ガス法の建設と操業についてその概要をとりまとめたものである。

2. 溶鋼の真空処理の歴史的背景

鋼に含まれている酸素、窒素、水素などのガス成分を減圧下で処理して除去しこれらのガスに起因する欠陥をなくするという考え方はそう新しいものではない。

19世紀末にはこれらに関する特許が Russell AITKIN および Robert H. GORDON らによつて英国および米国

に提出されている。さらにわが国においても明治の中頃に村田氏によつて低圧鑄造法として特許の申請が行なわれている。しかしながらこれらの方法は当時高性能の真空ポンプがなかつたため大きな効果をあげずに終り1935年頃までは大容量の鋼を真空処理することはまず不可能であつた。

第二次大戦後機械工業の発展に伴ない高性能、高能率のポンプの出現をみ、1950年ドイツの Bochumer Verein 社は真空設備メーカーの協力のもとにいわれる Bochumer Verein 法と呼ばれる溶鋼の真空処理を工業的に行なうことに成功した。これは真空処理技術を工業的に可能ならしめたという点で画期的なものといわなければならない。

これ以後鋼の真空処理技術は急速に進歩し Bochumer Verein 法の変形とも称されるべきものが数多く出現した。さらに当初は大型の鍛造用鋼の脱水素のみを目的としていた真空処理も積極的に減圧下での C-O 反応を進行させる炭素脱酸が高く評価されるにおよんで同じくドイツで開発された環流式脱ガス法 (R-H degassing process) と吸上式脱ガス法 (D-H degassing process) とが脚光をあびてきた。

この方法は Bochumer Verein 法と異なり鋼を長時間熔融状態に保持したままで減圧下で処理するため反応速度の点から Bochumer Verein 法では実現の困難であつた C-O 反応を任意に進行させることができる。したがつて各国とも Bochumer Verein 法の外にこれらの方法を採用しておりさらに最近では簡便法として tap degassing あるいは Stokes 法といった脱ガス方法が開発されてきている。

第1表は 1965 年1月現在の各国の脱ガス設備の設置状況である。第1表に示すごとく各国の大製鉄所は競つて脱ガス設備を設置して品質の改善に努力している。環流式脱ガス設備も建設中のものを含めて世界で4箇所設置されており、さらに近着のスターリ誌によればソ連に

* 昭和40年4月30日受付

** 富士製鉄株式会社広畑製鉄所, 取締役副所長

第1表 各社における真空脱ガス法

1. D-H 脱ガス法

| 会社名 | 事業所名 | 脱ガス容量 | 適用鋼種 | 製鋼炉 |
|---|---|--|--|--|
| Copperweld Steel Co. Bethlehem Steel Co. Crucible Steel Jones & Loughlin Steel | Warren O. Lackawanna N.Y. Midland Pa. Pittsburg Pa. Detroit Mich. | 80 t 300 t 180 t 350 t Twin D-H | 電気炉鋼全搬 冷延機 合金鋼 | 電気炉 電気炉, 平炉 |
| National Forge Co. Luckens Steel National Steel Carpenter Steel Timke Roller Bearing Co. Dortmund Hörder Pader Werk Gebr Bentler Stahl Werk Sudwest faler A.G. Atlas Steel Co. English Steel Corp. | Irvine Pa. Coatesville Pa. Weirton W.Va. Bridge port Conn Canton. Ohio. | 10~40 t 150 t 150 t 40~160 t 20 t 65 t 10~60 t 20~60 t 135 t 135 t 25 t 30~70 t 65 t | 低合金鋼, ステンレス鋼 鋼板 冷延材 合金鋼 合金鋼 パイプ 合金鋼 電気炉鋼全搬 " " 線材 電気炉鋼 普通炭素鋼 冷延材 | 電気炉 LD 平炉 電気炉 平炉 平炉 平炉 平炉 平炉 平炉 平炉 平炉 LD |
| Lancashire Steel Mfg. Co. 八幡製鉄 | Manchester Tinsley parks works 八幡(二製鋼) "(三製鋼) "(五製鋼) | 135 t 135 t 25 t 30~70 t 65 t | 線材 電気炉鋼 普通炭素鋼 冷延材 | 平炉 電気炉 平炉 LD |

2. R-H 脱ガス法

| 会社名 | 事業所名 | 脱ガス容量 | 適用鋼種 | 製鋼炉 |
|---|-------------------------------|------------------|---------------------|-----|
| Ruhr Stall A.G. Armco Steel Co. Bethlehem Steel 富士製鉄 | Butler Bethlehem Pa. 広畑 | 30~90 t 100 t | 鍛造用鋼, 構造用鋼 普通炭素鋼 | 平炉 |

3. 取鍋脱ガス法

| 会社名 | 事業所名 | 脱ガス容量 | 適用鋼種 | 製鋼炉 |
|---|---|--|---|-----------------------|
| Armco Steel Co. Bethlehem Steel Co. Sharon Steel Co. United State Steel Co. | Tarance Bethlehem Sharon Chicago Hoemstead Duquesne Bridgeville Chicago Illi. Canton O. Beaver Falls Pa. Houston Tex. Chicago Illi Huckingen Osnabrück | 310 t 150 t × 2 90~100 t 80 t 70 t 22 t 17.6 t 27.5 t 11.5 t | 合金鋼 普通炭素鋼 合金鋼 普通炭素鋼 リムド鋼 {変圧器用鋼, Ni-Cr 構造用鋼 低合金鋼 | 電気炉, 平炉 電気炉 電気炉 |
| Universal-Cyclops Steel Republic Steel | Chicago Illi. Canton O. | 150 t × 2 | 合金鋼 | 電気炉, 平炉 |
| Babcock & Wilcox Co. Cameron Iron Works Finkle & Sons Co. Mannesmann A.G. Gesrgswarishhitte Dzerzhinsk Enakiv Dneprospets-stal 愛知製鋼 | Chicago Illi. Canton O. Beaver Falls Pa. Houston Tex. Chicago Illi Huckingen Osnabrück 刈谷工場 | 90~100 t 80 t 70 t 22 t 17.6 t 27.5 t 11.5 t | 普通炭素鋼 合金鋼 普通炭素鋼 リムド鋼 {変圧器用鋼, Ni-Cr 構造用鋼 低合金鋼 | 電気炉 電気炉 |

4. その他

| 会社名 | 事業所名 | 脱ガス容量 | 適用鋼種 | 製鋼炉 |
|----------------------------------|--------------------------|-------|------|-----|
| Youngstown Steel and Tube Co. | Youngstown Brier Hill | 200 t | | |

においても軸受鋼の製造に利用しているようである。

3. 環流式脱ガス設備設置までの経過

当広畑製鉄所は昭和35年7月に Bochumer Verein 法による真空脱ガス設備を平炉工場造塊作業場に設置し作業を開始した。この設備によりアルミシリコンキルド鋼あるいは冷延向けアルミキルド鋼を製造し種々調査を行なってきた。

しかしながらこの方法は基本的には溶鋼を脱酸した後真空処理を行なうために本装置で得られる程度の真空度では溶鋼中の酸素が珪素あるいはアルミニウムにより C-O 反応を進行させるに必要な濃度以下に低下しているので真空処理によつて鋼中の C による脱酸はあまり望めず、したがつて注入時の大気による酸化は防止できるが前述のごとく C-O 反応による自己脱酸が進行しないためアルミニウムあるいは珪素によつて生ずる非金属介在物の改善効果は期待薄である。

しかもこの装置により多数の鋼塊を製造するためには真空タンクあるいは中間取鍋が多数必要になるので真空処理作業を適用すべき鋼種の量からみて実際的ではない。

これらの問題を解決する方法として富士製鉄はかねてから環流式脱ガス法に着目していた。たまたま小生昭和35年社命によりソ連および欧米に出張 Dortmund および Ruhr Stahl 両脱ガス法を見学調査し、この Ruhr Stahl A・G・(現在の Rhein Stahl hütten werke) と H・C・Heraeus G・m・b・H の共同開発になる環流式脱ガス法こそわが社が考えている摩薄板高張力鋼の生産に最も適していることを本社に速報し昭和36年3月に正式に技術提携の調印が行なわれた。

導入に先だつて Ruhr Stahl 社において種々の調査を行ないかなりの生産実績を有すること、また当所の生産上の条件に十分適合すること、脱水素については問題ないが Ruhr Stahl 社は鍛造用鋼専門のメーカーで低炭素鋼を真空脱ガス法で脱炭、脱酸するということは未経験でありこれに対してはなんらの Knowhow も有していなかつたが次に記す理由によりこの脱ガス法ならば脱炭作業に最も適していると考えこれを富士

製鉄で開発するという事に決意した。その理由としては前述のごとく脱炭脱酸が効果的に行なわれるほかに

- i) 脱ガス操作が連続的であること
 - a) したがつて生産性が高く作業性が良好である。
 - b) また単位時間に処理する溶鋼が多いから脱ガス槽は小さくてすみ温度降下が小さい。
- ii) 浸漬管を通してガスを吹き込むこと。
 - a) そのため真空槽内部において容易にいろいろな反応を進行させ得る。
 - b) 環流用のガスを適宜コントロールすることにより脱ガスされた溶鋼と取鍋内にある未処理鋼との混合を任意に行なわせることができる。
- iii) C-O 脱酸ができるため非金属介在物の発生量がすくなく表面欠陥あるいは内部欠陥のすくない鋼が得られる。

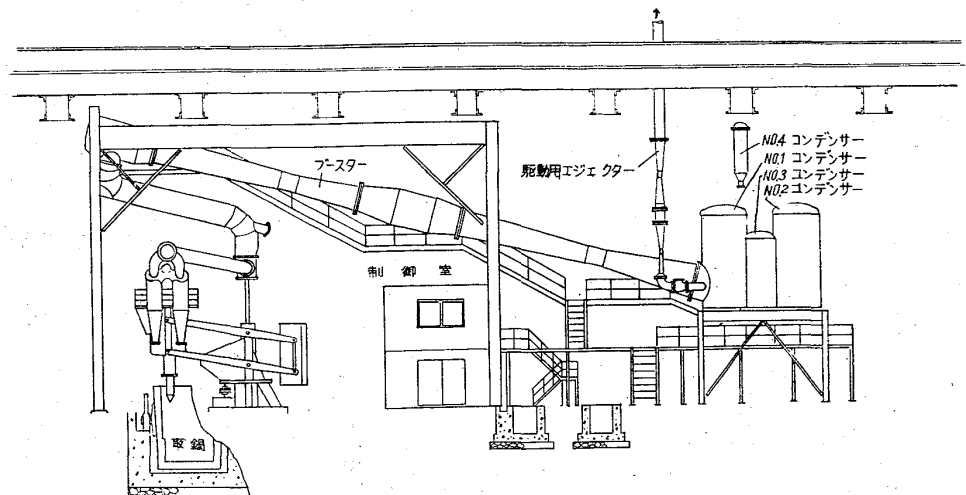
などである。設置に際しては

- i) 幅広い鋼種を処理できること。
 - ii) 脱ガス槽と真空ポンプを隣接して配管し、できるかぎり配管を短かくする。
 - iii) 真空ポンプにスチームエジェクターを使用するがそのスペースが十分とれること。
 - iv) 脱ガス設備以外の設備は新設しないこと。
- などの点を考慮し当所平炉工場造塊作業場に設置することに決定した。

建設工事は昭和38年3月から開始し同年5月に初処理を行ない現在までに約650回、65,000 t 程度の処理を行なっている。

3. 環流式脱ガス設備概要

第1図に脱ガス設備の配置図、写真1に操業中の脱ガス槽の全景を示す。



第1図 R-H 脱ガス設備配置図

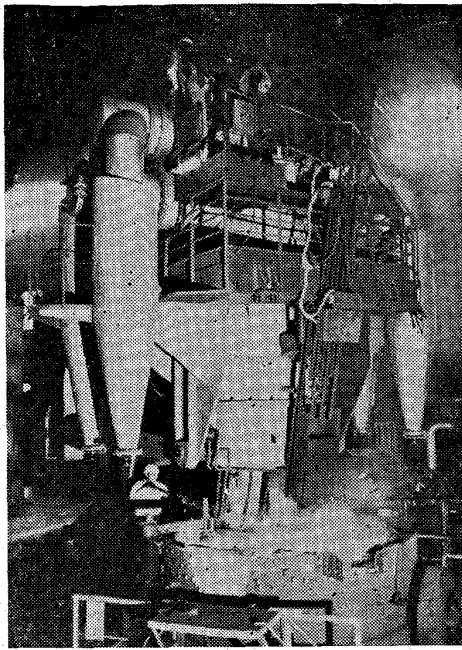


写真1 作業中の脱ガス設備

3.1 真空ポンプ

脱水素を有効に行なわせるにはできるかぎり処理、真空度は低い方が望ましくまた前述の C-O 反応を行なわせるため多量に発生するガスを排気せねばならないから大容量の真空ポンプが必要となる。

さらに脱ガス処理中の温度降下をできるだけ小さくするには極力処理時間を短縮せねばならない。これらの点を考慮して真空ポンプの容量は 0.5 torr において 400 kg/hr (空気換算) と決定し建設費、設置面積、維持費の点からスチームエゼクターを採用することとした。

真空ポンプの仕様は次の通りである。

- a) 形式 2段ブースター型4段スチームエゼクター
- b) 構造 スチームエゼクター 4本
スターテングエゼクター 2本
コンデンサー 4基
- c) 到達真空度 0.2torr
- d) 起動抽気時間 760torr から 1torr まで 3 min

3.2 脱ガス槽

脱ガスを行なうための密閉槽であり槽内はすべて耐火煉瓦によつて内張りされている。脱ガス槽の下部に設けられている上昇管、下降管にはフランジによつて浸漬管が取り付けられており、この接合部より循環用のアルゴンガスあるいは反応性ガスを吹込むことができる。

3.3 温度測定装置

脱ガス作業中の溶鋼温度は任意に測定可能である。すなわち一体のフレームに組込まれた消耗型浸漬温度計3本が3台のサイクロモーターによつて上下方向に移動す

るようになっており操作室からの操作によつて測定され計器室内に表示され記録される。

3.4 合金剤添加装置

初期のものは合金剤を入れた薄鋼板製容器をサイクロモーターにより直接溶鋼内に押込む方法であつたが現在は脱ガス槽頭部に設けられたホッパーより直接脱ガス槽内部の溶鋼に添加する方法を採用している。

3.5 主要計器

| | |
|------------|---|
| 真空記録計 No.1 | 0~760torr |
| 真空記録計 No.2 | 0~12 torr |
| マクレオード真空計 | 10^{-3} ~10torr |
| ガス分析計 | CO, CO ₂ , H ₂ , O ₂ |
| 排ガス流量計 | |
| アルゴンガス流量計 | |
| 溶鋼温度指示記録計 | |
| 蒸気圧力指示計 | |
| 蒸気流量計 | |
| 冷却水給排水温度計 | |

5. 環流式脱ガス法の原理

脱ガス槽下部に設けられている2本の浸漬管を取鍋の中に挿入すると同時に作動した真空ポンプにより脱ガス槽内部は減圧されて溶鋼はその圧力に相当するだけ浸漬管内部を上昇する。このとき上昇管に設けられたアルゴンガス吹込口を通してガスを吹込むと上昇管内部の溶鋼の見掛比重は低下しエアリフトポンプと同じ原理によつて溶鋼は循環し始める。

脱ガス槽内部に噴流となつて吸入された溶鋼はその内部から吹込みガスが放出されるため微粒滴となり表面積が著しく増大して飛散する。この間に溶鋼中の水素、窒素は放出され、さらに C+O→CO の反応が進行してガスとなり排気される。脱ガスされた溶鋼は下降管を通つて取鍋に戻る。

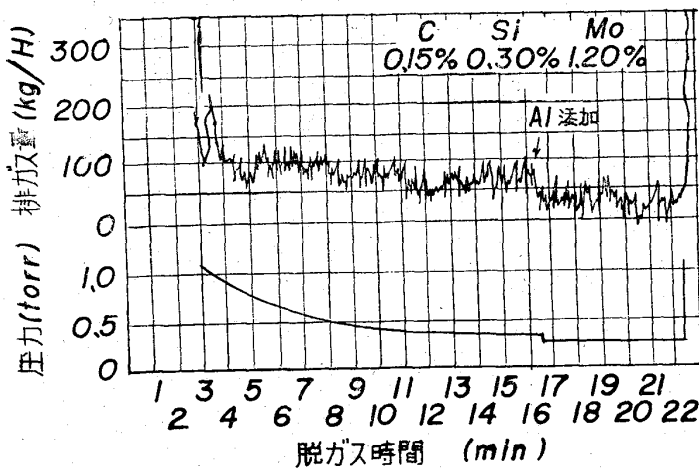
溶鋼が真空槽内部に滞留する時間はせいぜい数秒程度であるがこの間に脱ガスがほぼ完全に進行することは種々の調査によつて確かめられている。取鍋に戻つた溶鋼は取鍋内の溶鋼と混合し前述の過程をくりかえしながら漸次平均ガス成分が減少していく。

6. 操業概要と操業結果

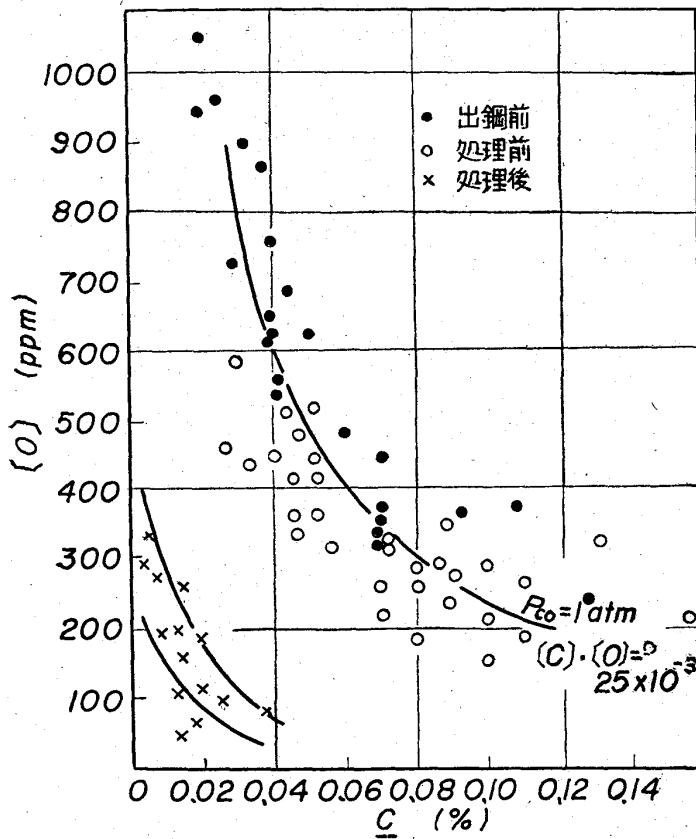
昭和38年5月に第1回の処理を開始して以来38年は作業の習熟と脱ガス条件の把握に努め39年1月に主要鋼種について作業標準を確立した。

6.1 操業概要

脱ガス槽は処理を行なうにさきだつて約 1500°C 程度



第2図 全脱ガス量および脱ガス槽内圧力の変化



第3図 環流式脱ガス法におけるC-O関係

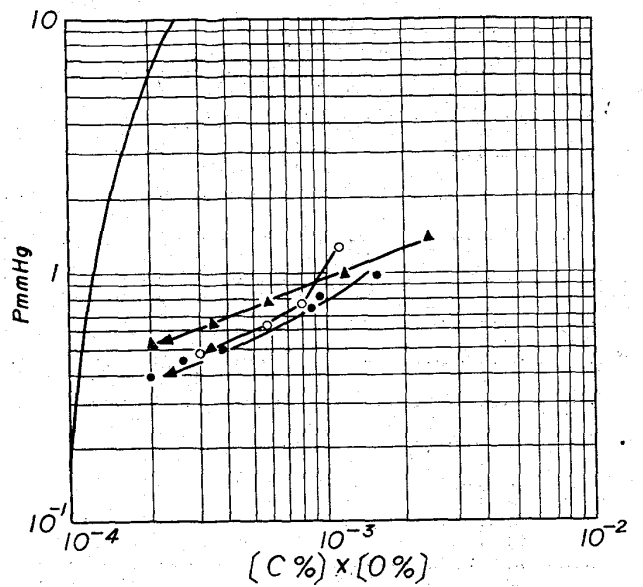
に予熱する。

脱ガス処理は2~3回程度取鍋内全溶鋼を還流せしめたのちホッパーより合金剤を加えさらに混合のために数分程度還流を行なつて処理を完了する。

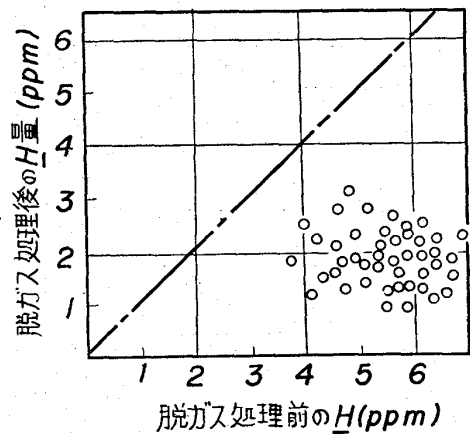
全脱ガス処理時間は20~30minである。この間の温度下は30~40°C程度である。

第2図に排ガス発生量ならびに脱ガス槽の圧力変化の一例を示す。

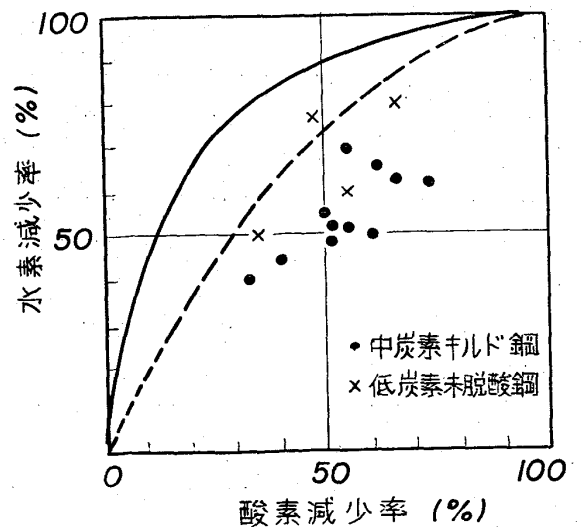
合金剤の添加量は、最大で還流速度の2%ぐらいで



第4図 [C%] × [O%] と処理真空度の関係



第5図 脱ガス処理前後のH量



第6図 酸素減少率と水素減少率の関係

ある。すなわち 20 t/min の還流速度の場合で 400 kg/min 程度の添加が可能である。

合金剤は粒状にして添加するが歩留りが高くかつ非常に安定しているため操作が容易である。

6.2 操作結果

前述のごとく容易に低炭素、低酸素の溶鋼を環流式脱ガス法により得ることができるので当所ではホーロー用鋼その他低炭酸にすることによってその特性が十分に発揮される鋼種の処理を行なっている。

次にまず低炭素鋼を処理した結果について述べ、次いで中炭素鋼について処理した結果について述べる

6.2.1 低炭素鋼

i) 成分変化

(1) 炭素

脱炭反応は処理開始後 3~4 min で開始し上昇管と下降管下の試料に濃度勾配を生じてくる。

鋼中の炭素は酸素と反応して非常に低い値にまで低下させることが可能である。

第3図に処理前後の C と O の関係を示す。

C と O は化学量論的に 12:16 の比で減少しほぼ $P_{CO} = 0.1 \text{ atm}$ 程度の平衡値にちかずにいる。

(2) 酸素

減圧下における溶鋼中の C と O の関係は平衡値からずれてくることはよく知られている。

第4図に当所においては低炭素鋼を処理した場合の $[C\%] \times [O\%]$ の値の時間的变化を示す。

大体 25min 程度の処理で A_{Tix} の示した値に非常に近づいておおよそ $2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 位になっていることがわかる。

(3) 水素

第5図に脱ガス前の水素含有量と脱ガス後の水素含有量の関係を示す。

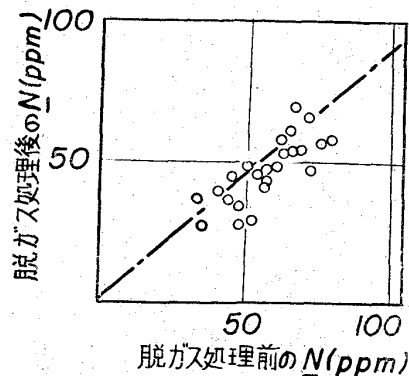
これによると脱ガス後の水素含有量は脱ガス前の水素含有量にほとんど関係なく、平均 2 ppm 位の値を示している。

平均脱水素率は 60% である第6図は水素減少量と酸素減少量の関係を中炭素キルド鋼および低炭素未脱酸鋼の場合について示したものである。

これによると脱ガス前の酸素量の高い極軟鋼の場合の方が水素減少量の高いことがよくわかる。

いいかえれば真空槽内部において脱炭反応を多く行なわせた方が水素減少量が大きい。

これは脱炭反応により生成される CO bubble 中に水素が拡散してゆき除去されることを示しているものと考えられる。



第7図 脱ガス処理前後のN量

(4) 窒素

第7図に脱ガス前後の窒素の変化を示す。これによると窒素はほとんど減少せず平均脱窒素率で 10% 前後である。

(5) 珪素

真空処理により耐火物が溶損されて鋼中の酸素あるいは他の成分が増加することはすでに認められている。本設備においてもシリマナイト系耐火物を用いたときには $0.006 \sim 0.013\%$ 程度珪素が増加した。

現在はコランダム系耐火物を使用しているのでほとんど珪素の上昇は認められていない。

(6) マンガン

マンガンのごとく蒸気圧の高い元素は真空処理によって気化し減少することは多くの実験結果に発表されている。

本法においても平均 0.06% 程度減少する。これは脱ガス処理前の脱酸程度によつて大きく左右される。すなわち脱ガス前の脱酸が弱い場合にはマンガンの減少も大きい。これは脱酸度の弱いほど脱ガス槽内における溶鋼の沸騰が激しく蒸発面積が増大するためであろうと考えられる。

(7) 硫黄、磷

硫黄、磷は脱ガス処理によつてほとんど変化が認められない。

ii) 鋼塊内部状況

写真2は鋼塊内部の収縮孔および気泡の状況を示す写真であり写真3はサルファープリントである。

本図によると非常に特徴的な結果が得られていることがよくわかる。この鋼塊は処理後の成分が C; 0.011% Si; 0.014% , Mn; 0.33% のものであるが Al などの脱酸剤を添加せずに十分鎮静された鋼塊が得られている。すなわち鋼塊頭部は従来のリムド鋼のごときリミングアクションによる膨張および頭部気泡が姿を消してそ



写真2 R-H 処理低炭素鋼塊の内部状況

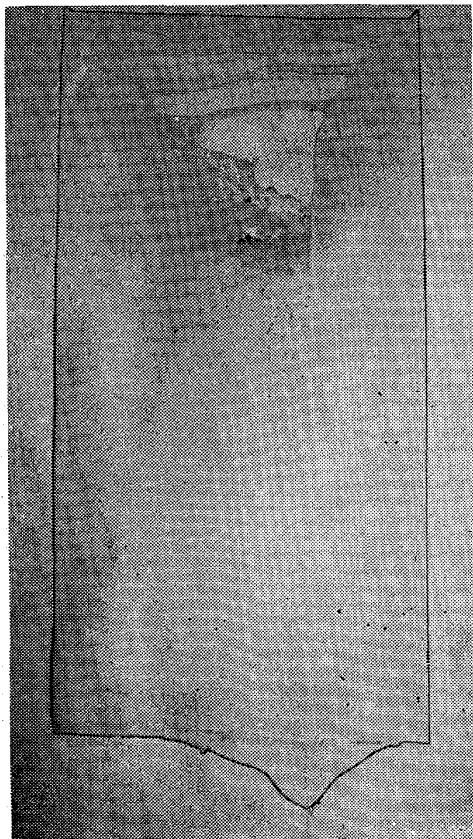
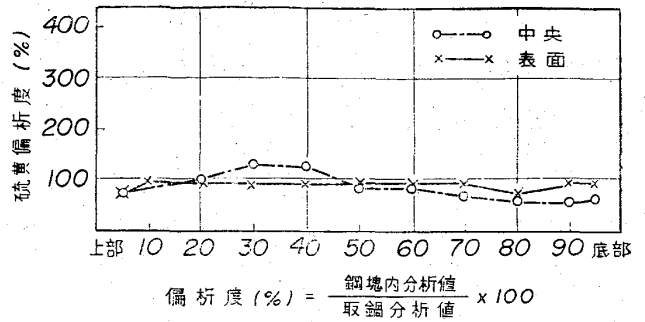


写真3 R-H 処理鋼塊内部のサルファープリント



第8図 R-H 処理鋼塊の硫黄の偏析

の代りにキルド鋼特有の収縮孔が大きく発達している。

(本鋼塊は鋼塊内部状況を明瞭にするために押湯をせずに製造したもので現在は押湯を取付けているためこの収縮孔はなんら問題になっていない。)

いかにすれば従来の化学成分から判断すれば当然リムド鋼と考えられる成分でありながら Fully killed steel が得られている。

さらに当然ではあるが十分減圧下において自己脱酸で進行した結果鑄型内部におけるリングアクションは停止し、リム層は消失している。しかしながらリムド鋼に最も有害である鋼塊頭部における濃厚偏析帯も完全になくなり、かつ写真からはよくわからないが非常に特徴的なことはキルド鋼特有の逆V偏析が非常に少なくなっていることである。

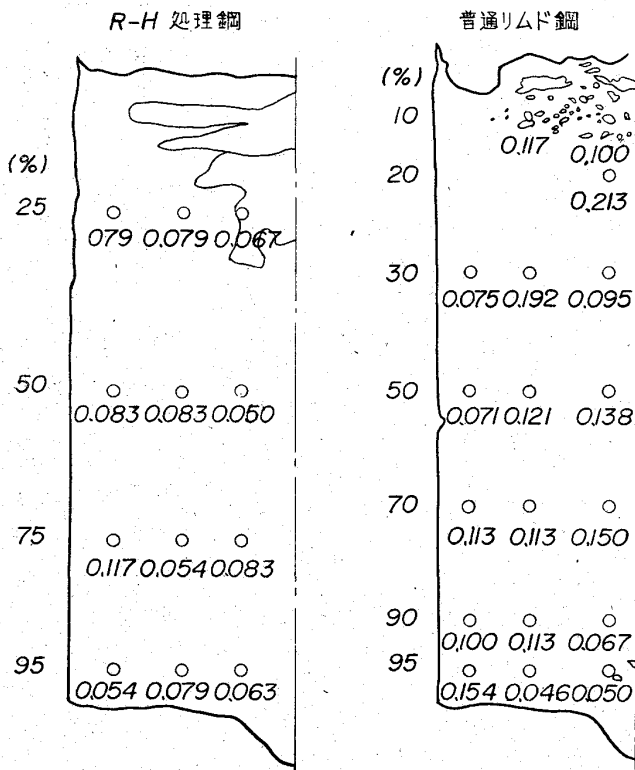
すなわちこの真空処理鋼は偏析に関してはリムド鋼、キルド鋼両者の欠点を消失したものである。第8図に鋼塊頭部から底部にかけてのSの偏析の状況を示す。この図からもいかに偏析に対して非常にすぐれているかがよくわかるであろう。

iii) 非金属介在物

環流式脱ガス法による低炭素鋼は鑄型内部においてリングアクションが停止する結果リム層が形成されず表面性状を問題にするような鋼板の場合には不利になるのではないかということが当初懸念された。

したがってリムド鋼および真空処理鋼の清浄度を調査し比較して、もし真空処理鋼塊の表面層附近の清浄度がリムド鋼におけるリム層の清浄度とほとんど同じであれば真空処理鋼塊で十分従来の表面性状に対する要求を満足できるものと考えられ、さらに前述のごとく頭部の偏析が軽減される結果全体として成品の歩留りが向上するものと考えられる。このような観点から清浄度の調査を行なったその結果を第9図に示す。

本図によると真空処理鋼塊の鋼塊表面附近の清浄度はリムド鋼におけるリム層の清浄度とほとんど大差なく非常に清浄である。さらにリムド鋼の場合には鋼塊中心部



第9図 R-H 処理鋼塊とリムド鋼の内部清浄度

に入るにしたがつて清浄度は悪化しているが真空処理鋼の場合には内部の清浄度は表面附近の清浄度とほとんど同じであり、当初われわれが心配していた表面性状の問題は杞憂に過ぎなかつたものと考えられる。

以上のごとく環流脱ガス処理による低炭素鋼は鋼塊内部においてスキンホール、偏析の点で非常にすぐれておりかつ非金属介在物の非常に少ない良好な鋼塊といふことができる。

6.2.2 中炭素鋼

ここで最も一般的な適用例として 50 キロ級のハイテンに適用した場合の効果について簡単に述べることに止める。

i) 機械的性質

スラブ厚 200mm 鋼板厚み 20mm, 25mm の真空処理鋼板について引張試験、曲げ試験、衝撃試験、フェライト組織、オーステナイト組織などを調査した。その結果真空処理材と非処理材の間にはほとんど差が認められていない。

ii) 表面および内部欠陥

各位置より顕微鏡試料をとり非金属介在物の調査を行なった。その結果真空処理材も非処理材も鋼塊底部相当位置に Al_2O_3 を主体とする非金属介在物が存在することが認められた。しかしながらその量ははるかに真空処理材の方が少ない。

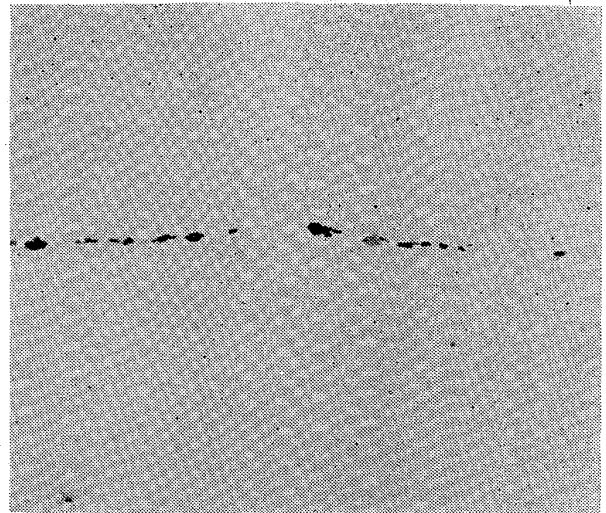


写真4 脱ガス処理材の介在物の形態と分布
×400 (9/10)

第2表 ラミネーションおよびブリスター発生率

| | | 圧延スラブ数 | ラミネーション発生率(%) | ブリスター発生率(%) |
|--------|-----------------------|--------|---------------|-------------|
| 脱ガス処理鋼 | | 330 | 0.3 | 1.2 |
| 未処理鋼 | 平 (同一期間の全キルド鋼) | 2.352 | 3.2 | 3.1 |
| | 炉鋼 (脱ガス処理鋼と同一ヒートの比較材) | 321 | 3.5 | 3.3 |
| | 電気炉鋼 | 3.907 | 1.8 | 2.5 |

代表的な非金属介在物の例を写真4に示す。これは鋼塊底部相当位置の鋼板幅方向中央部の表面直下にみられたものである。鋼板における超音波探傷結果では真空処理材では欠陥の発生はほとんど認められていない。

これは脱水素と非金属介在物の減少とがあいまつて非常に効果を表わしているものであろう。

したがって鋼板におけるラミネーションあるいはブリスターの発生率も第2表に示すごとく真空処理によつて大幅に減少し効果的である。

7. 環流脱ガス法の今後の発展

前述のごとく脱ガス処理することにより鋼板における欠陥発生率は極端に低減し品質向上に寄与する点で大なるものがある。前述の例は50キロハイテンにおける試験結果であるが低炭素未脱酸鋼を処理することによつても非常にすぐれた効果も得られている。

かかる点から考えて今後真空脱ガス設備はますます重要度を増してゆくとともに環流式脱ガス法もまた異なつた形で利用されていくものと考えられる。その中で2～

3について以下述べてみる。

i) 転炉工場における大量生産への適用

低炭素未脱酸鋼の真空処理が容易にかつ生産性高く行なえることが環流式脱ガス法の大きな特徴である。

したがって一列の真空ポンプに2基の脱ガス設備をそなえて交互に使用することにより転炉のごとく早いピッチで出鋼する溶鋼の大半を処理することが可能となる。

ii) 電気炉における炉内脱ガス

この方法は画期的な方法とも考えられるもので電気炉精錬の方法をさらに簡単にかつ清浄で成分の均一な鋼を得ることのできる方法である。

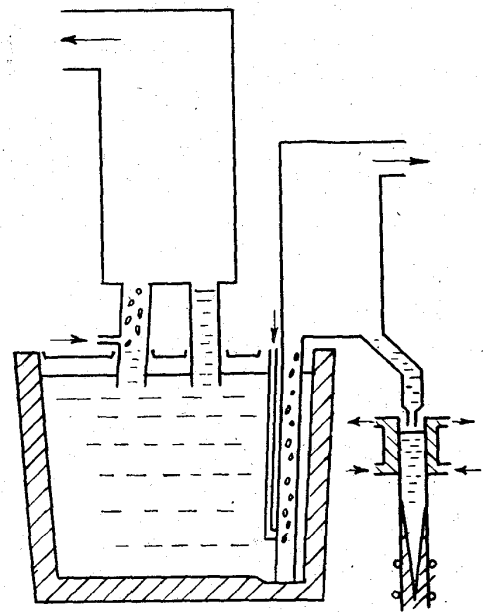
すなわち酸化精錬後除滓して炉内の溶鋼に直接脱ガス槽を浸漬して脱ガスを行なう。これによつて脱水素のみならず脱酸が進行するため非常に清浄な鋼ができる。

さらに温度のコントロールは容易にできまた添加合金剤の攪拌混合が容易であるから非常にすぐれた鋼が得られる。

iii) 連続鑄造との組合せ

第10図に連続鑄造と環流式脱ガス法を組合せた場合のアイデアを示す。

環流式脱ガス法の生産性, 脱ガス能力, 温度降下, 建



第10図 連続真空鑄造

設費などを考えると連続鑄造との組合せは容易に可能のように考えられる。

転炉出鋼—環流式脱ガス—連続鑄造といった工程は今後製鋼技術者に与えられた大きな課題ではなかろうか。