

(昭和 34 年 5 月寄稿)

## 文 献

- 1) H. Schenck, Riess & Brüggemann: Z. Elektrochem, 38 (1932) 562
- 2) H. Schenck: Stahl u. Eisen 56 (1936) 201
- 3) F. Körber & W. Oelsen: Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. Eisenforsch, 17 (1935) 39
- 4) T. E. Brower & B. M. Larsen: Trans. A.I.M.E. 172 (1947) 137
- 5) T. E. Brower & B. M. Larsen: Trans. A.I.M.E. 172 (1947) 164
- 6) B. M. Larsen: A.I.M.E. National Open Hearth Steel Committee Iron & Steel Division 1956
- 7) L. S. Darken: Electric F'ce. Proceedings A.I.M.E. 6 (1948) 55
- 8) L. S. Darken: Basic open hearth steelmaking A.I.M.E. (1951) 592
- 9) 丹羽, 下地, 伊藤: 学振 19 委 4668
- 10) 丹羽, 下地, 学振 19 委 4897
- 11) K. L. Fetters & J. Chipman: A.I.M.E. 145 (1941) 95
- 12) C. R. Taylor & J. Chipman: A.I.M.E. 154 (1943) 228
- 13) E. T. Turkdogan & J. Pearson: Journal of Iron and Steel Institute 173 (1953) 217
- 14) G. H. Huff, G.R. Bailey & J. H. Richards: Journal of Metals. 4 (1952) 1162
- 15) F. Körber: Z. Elektrochem. 43 (1937) 450

## 真 空 造 塊 法 の 特 徴\*

(真空鑄造鋼と普通鋼との比較—I)

鈴木登能弥\*\*・朝熊 利彦\*\*

## Special Features of Vacuum Ingot-Casting Process.

(Comparison of vacuum and air-cast steel—I)

Tonoya Suzuki and Toshihiko Asakuma

## Synopsis:

The authors studied the vacuum ingot-casting from June, 1955.

The first degassing unit was put in operation in September 1957, and, in addition, 3 units were developed. At the present time, they can make 4 ingots with 6t to 20t continuously.

Special features of vacuum ingot casting process are as follows:

- (1) The oxidation of the pouring stream and surface of the steel are prevented as there is no oxygen in the vacuum chamber.
- (2) When the steel enters the vacuum, the steel stream is divided up into little drops with diameter of  $1\mu$  to 10mm.
- (3) The sources of hydrogen from bricks and patching are eliminated.
- (4) There is a greater latitude with regard to the pouring speed.
- (5) The scum and non-metallic inclusions are floated by the violent boiling and bubbling.
- (6) Under the vacuum 2 mmHg to 5 mmHg, 60% of hydrogen and 30% of oxygen are removed.

\* 昭和 33 年 4 月および 10 月本会講演大会にて講演 \*\* 関東特殊製鋼

## I. 結 言

一般に鋼にはガスおよび非金属介在物が存在し、性能を減少せしめる結果となる。ことに水素は白点および白点状欠陥の主因をなすものとして古くから知られ、鋼の水素吸収防止または水素低減に対して溶解造塊に多くの努力が払われている。しかし理想的の溶解法、装入材料添加物により細心の注意をもつてしても、水素 3ppm 以下を望むことはきわめて困難である。鋼中にもたらされる水素を拒否し得ないとすれば、製鋼以後の過程においてこの水素が欠陥を生ぜしめないよう多大の犠牲を払わねばならない。熔湯中に含まれるガス、とくに水素は真空熔解を行わなくても、真空中で細滴として落下させればかなりの量が除かれ、白点その他の欠陥を除去し得ることが判明したので、真空熔解が技術的、経済的に困難とされる大量の熔鋼を処理するいわゆる真空鑄造法が発達し、工業的に採用されるようになった。工業的方法として現在、取鍋脱ガス法、流滴脱ガス法、真空造塊法吸入脱ガス法等がある。湿度がとくに悪条件下にあるわが国にあつては、当然採り上げるべき問題であると考え昭和 30 年 6 月より独自に真空造塊法の研究を進め、昭和 32 年 9 月に 20 t 鋼塊に対する設備を完成し、生産材質の面に貢献するところがきわめて大きかつた。その後生産的に伸張せしめるために若干の改造、増設を行つて現在 20 t, 10 t, 10 t, 6 t 鋼塊を連続して鑄造することができるようになった。

## II. 真空造塊法の特徴

中間取鍋は普通の取鍋と同じであるが、気密を保持し得る構造でなければならない。鑄造開始後取鍋の耐火物を通して空気が侵入するから、(空気の侵入量はほぼ  $10^3$  l/mmHg/s 程度である) 金属製遮筒による防止方法が講ぜられる<sup>1)</sup>。ノズル、ストッパーの材質は普通のものが用いられるが、ノズルの形状は流滴の散乱、および温度の調節のため異型の用いられる場合もあるといわれる。鑄込開始に当つて熔鋼によるシール、すなわち鍋中にある程度のヘッドを生じた後、平衡弁を開いて真空タンクの蓋と取鍋との空間を排気しておき、所要量の熔鋼が貯えられた時にストッパーを引上げると、熔鋼は Al 板を溶かして真空容器内の鑄型を充たす。この場合熔鋼

は真空の作用を受けて空気中における落下速度の約 2 倍となり、従つて鑄込継続、すなわち湯切れ防止とシールの維持、空気のまき込み防止のため、中間取鍋内のヘッドは普通鑄込の場合より当然大きくしなければならず、少なくとも 300mm 以上が必要であろう。一般に鑄込終了後はただちにリーク・バルブを開いて、大気圧を回復させ大気中で凝固させる。ノズル 30~40 mm  $\phi$  を使用し、鑄込速度は 1500~2800 kg/mn である。真空度の変化は鑄込前 0.2~0.9 mmHg が鑄込開始と同時に 2~5 mmHg となり、一般に鑄込終了まで大体この真空度を維持する。熔鋼の真空タンク内における現象は、空気中における普通鑄造と色々の点で異つており、これが多くの利点を生む結果となつている。

### (1) 鋼流の酸化防止

熔鋼が空気中を落下するとき、その容積の 20~30 倍以上の空気と接触し、それと当量の酸素が反応するとすれば、1.4~4 kg/t の酸化物を造ることになる<sup>2)</sup>。しかし真空タンク内には酸素がほとんど存在しないから、鑄込過程における熔鋼の酸化は防止される。

### (2) 滴下熔鋼の微細化

熔鋼が真空室に入ると、静圧と瞬間的の圧力降下によつて微細な小滴に飛散し、相当の拡がりをもつて落下する。流滴の大きさは鋼束中心部では 10 mm  $\phi$  内外の大きさであるが、その周辺は砂状程度(数  $\mu$  のものもある)となつている。一例としてその大きさを Table 1 に示す。

拡がりには熔鋼のガス量、ノズルの形状、室内の真空度によつて左右され円錐体を形成する。真空度 10 mmHg 以下において 60°C ~70°C の範囲に最も多量に落下し、全範囲は約 90°C となることを認めた。これは空気中における造塊ではきわめて好ましくない状態であるが、真空鑄造においては熔鋼の表面積を増大させ、脱ガスに役立つ。しかしこのような利点がある反面、鋼の表面層がスポンジ状となるおそれなしとせず、肉眼的には普通鋼塊と見分けがつかないが、鍛造時深い亀裂を発生し(ときに深さ 70~80 mm に達する)、歩留を低下させるか、あるいはスカーフィングに余分の工数を要することになる。

Fig. 1 は筆者ら<sup>3)</sup>の考案した装置を示し一度分散した熔鋼をふたたび収集して鑄型内に導入する漏斗とポンプの吸引力を分散矯正して鑄型の中心部に落下させるよう

Table 1. Distribution of small droplet.

| Size of small droplet (mesh) | 16 | 20  | 30   | 40   | 80   | 100 | 120~220 |
|------------------------------|----|-----|------|------|------|-----|---------|
| Weight (%)                   | 47 | 2.5 | 11.3 | 17.4 | 17.0 | 2.0 | 2.8     |

にしたものである。漏斗によつて鋼流の鑄型外に散るのを防止するが真空ポンプは鑄造中たえず排気しているから、軽い鋼粒は鑄型内を落下する途中で吸気側に引かれその一部が鑄型壁に接触して凝固し、造塊中

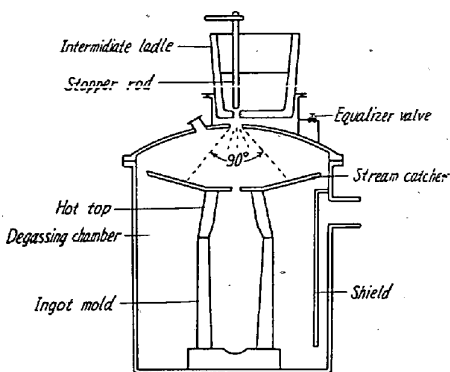


Fig. 1. Schematic outline of vacuum stream degassing system.

に縦に細長い凝固殻を先行させるのでタンクの吸気孔付近に取付けた矯正板によつて吸引力を一局部に集中させることなく分散させ凝固殻の発達を防止し鑄型内を一樣に上昇して脱ガスされた健全な鋼塊を得ることができ

(3) 鑄型、押湯煉瓦などに含まれる水分の除去

空気中における加熱では、押湯煉瓦その他の耐火材に含まれる水分を完全に除去することはできない。真空処理は痕跡をも除く有効な手段で、鋼のあらゆる水素吸収源を除去する。Fig. 2(a)は空のタンクを6000 l/mnをもつて1気圧から減圧し、7 mn後に1 mmHgとなったことを示し、Fig. 2(b)は赤熱乾燥した押湯煉瓦を入れて排気した時19,000 l/mnの排気速度で開始したが、容易に真空度は上昇せず、15 mn後に1 mmHgとなったことを示す。

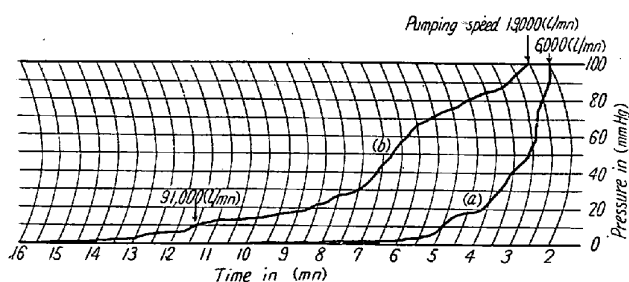


Fig. 2. Variation of pressure in (a) the blank chamber, (b) the chamber containing the ingot mold.

これは明らかに押湯煉瓦その他に含まれる水分、その他のガスが放出されたために、排気時間が長くなったものである。同様にタンク上部に使用する中間取鍋の乾燥も等閑視することはできない。これら耐火材の乾燥度が操業中の圧力の変化におよぼす影響の例はFig. 3のごとくである。

押湯煉瓦および中間取鍋はともに新しいもので、しか

も乾燥が充分に行われていなかった。平衡弁を開いたとき、すでに4 mmHgとなり、鑄込中も熔鋼の加熱によつて耐火材から水分、ガスを多量に発生し、真空度は異常に劣化している。真空処

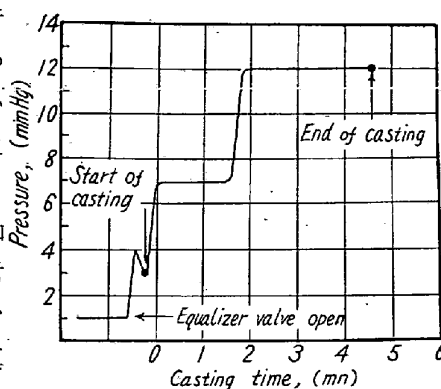


Fig. 3. Variations in pressure during vacuum casting.

理によつて熔鋼の水素吸収源が除去されるとはいえ、中間取鍋および押湯の耐火材は充分に乾燥することが大切である。中間取鍋の取付時期ノズル先端とAl板との距離などにも問題があり、とくに乾燥が不充分なときは種々の不祥事を生ずることがある。

(4) 鑄込条件の選択範囲

脱ガスを完全に行うには真空にさらされる熔鋼の表面積が大きく、かつ長時間となるように鑄込速度は遅い方が有利な筈である。しかし鋼流は真空内で急激に散乱するから、鑄込速度はさほど遅くする必要はない。U.S. Steel Corp. では3~10t/mn<sup>4)5)</sup>、Bochumer では5 t/mn<sup>6)</sup>、Bethlehem Steel Co. では17t/mn<sup>7)</sup>という例がある。大気鑄造の場合鑄込速度はつぎの因子によつて左右され一定の範囲がある<sup>8)</sup>。(i) 速度が遅過ぎると、温度が下るため非金属介在物の分離が悪く、また空気による酸化も多くなつて欠陥を生じ易い。(ii) 速度を大きくすることは横割れ、縦割れなどを伴ない易い。前述のごときスポンジ状の造塊を避ける目的で初期に高温鑄込を行つたことがあるが、鑄型の損傷がはなはだしく実際的ではなかつた。中間取鍋を経由するからといつても、空气中鑄込の温度と同様でよく、ノズルが一度開孔されれば、真空の作用を受けて同じノズル径に対し、鑄込速度は約2倍となるので、ストッパー事故を起すこともない。要するに真空造塊においては、鑄込温度や速度の影響はさほど敏感ではなく、必要に応じて適当なものを選び得る利点がある。

(5) 沸騰によるスカム、非金属介在物の浮揚、

鑄型内を上昇する熔鋼は激しい沸騰を起し、スカム、非金属介在物の浮揚に役立つ。熔鋼面は沸騰のため約300 mm上昇し、鑄造が終つて大気圧を回復すると沸騰は停止し、ふたたび湯面の下降するのが観察された。したがつて鑄込終了時近くになると、熔鋼が溢出するおそれがあり、これは真空度の劣化およびタンクの損傷とな

るので、注入鋼量の調節が重要な操作である。のぞき窓から鑄込状況をとらえ、鑄型を充す鋼量を調節することはできるが、正確に見極めることは難しい。熔鋼が鑄型の一定位置、例えば押湯と本体との境目に達したときに、電氣的に回路を形成するとく端子を挿入して置けば、ベル、ランプなどによつて表示することができる。また簡単な方法として、注入時間の測定がある。筆者らは両者を採用し好結果を得ている。脆弱な押湯耐火材は激しい沸騰によつて侵食され、熔鋼中に懸吊されるおそれがあるから注意を要する。Bethlehem<sup>7)</sup>では鑄造終点付近における沸騰波動を静止させるため、排気系を遮断しているようである。

### (6) 脱ガス

鑄込時熔鋼の水素含有量は 3~6 ppm 程度となり、特殊鋼または大型鋼塊においては白点の生成を防止するため、熱処理にかなりの犠牲を払わなければならない。もしこれを 2 ppm 以下に鑄造できれば、白点または白点類似の欠陥はほぼ完全に除去されるであろう。Table 2 は昨年 1 年間の熔解について鑄込条件が出鋼以後のガスの変化におよぼす影響を示す。

Table 2. Comparison of gas contents in liquid steels, air-vs. vacuum-cast.

| Gas | Tap.     | Ladle.   | Ingot                | Pouring method |
|-----|----------|----------|----------------------|----------------|
| O   | 0.0031%  | 0.0037%  | 0.0027%<br>0.0044%   | vacuum<br>air  |
| H   | 0.00040% | 0.00049% | 0.00020%<br>0.00050% | vacuum<br>air  |

Note: average in 1958

### (7) 蒸発し易い金属、酸化物の蒸発

蒸気圧の高い金属および酸化物は真空鑄造により蒸発する。タンク内面に付着したダスト、ポンプのフィルターに沈澱したダストを分析した結果は Table 3 の如くで、Mn, Cu, Sn などの蒸発しているのが見られる。これらのダストは非常に微細で (1 $\mu$  以下のものも相当ある) 発火性のももある。しかも排気速度を減殺せぬよう真空鑄造における集塵には種々の困難を伴う。

## III. 真空鑄造によるガス含有量の低下

Table 3. Chemical analysis of fume in vacuum casting (%).

|                   | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO | MnO   | Sn   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Cu   |
|-------------------|------------------|-------------------------------------|-------|------|--------------------------------|-------|-------------------------------|------|
| In vacuum chamber | 12.42            | 42.42                               | 17.62 | —    | 8.86                           | —     | 0.06                          | —    |
| On pump filter    | —                | 23.14                               | 51.40 | 2.85 | tr                             | 14.17 | —                             | 1.66 |

真空鑄造の最も大きな機能は、水素その他のガスを低減することにある。前述のごとく造塊時熔鋼と空気との接触によるガスの吸収は防止されるが、このほか真空にさらされることによつて熔鋼中のガスを積極的に除去することができる。Table 4 は真空造塊の脱ガス効果を示す数例である。

### (1) 脱水素効果

いかなる製鋼法も鋼中のガスを最低にするよう努力している。水素について各種熔解法による平均水素含有量を見れば Table 5 のごとくである<sup>9)</sup>。

現在の製鋼法によつて得られる鋼は熔解度を相当に下廻つてはいるけれども白点発生限界以下にするとはいいい切れない。熔鋼の凝固過程における水素の熔解度には相当大きな変化があつて、水素による欠陥を防止するためには少なくとも $\alpha$ 鉄中の最高熔解度以下にしなければならない。すなわち熔鋼中の水素を 2.5 ppm (2.8cc/100g)<sup>10)</sup> 以下にする必要がある。一方鋼の水素溶解度におよぼす圧力の影響として周知の Sievert の法則がある。

$$[H] = K\sqrt{P_{H_2}}$$

Karnauchov および Morozov<sup>11)</sup> はこの熔解恒数を鋼について求め次式を提出している。

$$\log [H] / \sqrt{P_{H_2}} = \log K = -1745/t + 0.888$$

Fig. 4 に上式より 1500°C および 1600°C における水素溶解度と圧力との関係を示した。これより熔鋼の水素含有量が 5ppm (5.6cc/100g) の場合に水素を析出させるには、鑄込温度を 1500°C として圧力は 50mmHg 以下になつていなければならない。

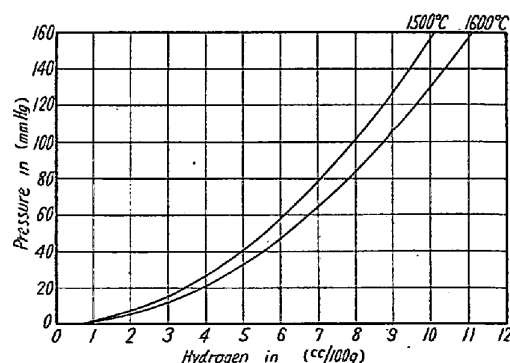


Fig. 4. Relation between solubility of hydrogen and pressure at 1500 and 1600°C.

Table 4. Hydrogen, oxygen and nitrogen contents in air-and vacuum-poured steels.

| Heat No. | Type of steel | Pouring method | Ingot weight<br>t | Gas content, ppm |    |                          |
|----------|---------------|----------------|-------------------|------------------|----|--------------------------|
|          |               |                |                   | H                | O  | N                        |
| 7915     | Ni-Cr-Mo      | A              | 5.5               | 5.6              | 18 | 110<br>100<br>130<br>120 |
|          |               | V              | 5.5               | 1.8              | 6  |                          |
| 7955     | "             | A              | 5.5               | 3.9              | 15 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.3              | 5  |                          |
| 7982     | "             | A              | 5.5               | 6.4              | 16 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 2.3              | 13 |                          |
| 8033     | "             | A              | 5.5               | 4.0              | 40 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.9              | 25 |                          |
| 8420     | "             | A              | 5.5               | 3.5              | 40 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 2.0              | 21 |                          |
| 8428     | "             | L              | —                 | 5.1              | 37 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.9              | 23 |                          |
| 8449     | "             | A              | 5.5               | 5.2              | 44 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.2              | 17 |                          |
| 8160     | Cr            | A              | 3.0               | 3.6              | 34 |                          |
|          |               | V              | 3.0               | 1.1              | 15 |                          |
| 8218     | "             | A              | 5.5               | 3.2              | 31 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.8              | 21 |                          |
| 8286     | "             | A              | 6.0               | 4.1              | 42 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.2              | 36 |                          |
| 8335     | "             | A              | 4.5               | 3.0              | 40 |                          |
|          |               | V              | 5.5               | 1.7              | 31 |                          |
| 8416     | "             | A              | 3.0               | 6.5              | 75 |                          |
|          |               | V              | 7.8               | 1.3              | 38 |                          |
| 9095     | "             | L              | —                 | 2.7              | 29 |                          |
|          |               | V              | 10.0              | 1.2              | 24 |                          |
| 9076     | "             | L              | —                 | 3.4              | 36 |                          |
|          |               | V              | 16.0              | 1.1              | 29 |                          |
| 8038     | C             | A              | 3.0               | 3.5              | 57 |                          |
|          |               | V              | 3.0               | 1.5              | 26 |                          |
| 9110     | "             | L              | —                 | 4.7              | 37 |                          |
|          |               | V              | 12.0              | 2.0              | 31 |                          |
| 9238     | "             | L              | —                 | 6.1              | 57 |                          |
|          |               | V              | 6.0               | 1.5              | 54 |                          |
| 9243     | "             | L              | —                 | 6.8              | 56 |                          |
|          |               | V              | 12.0              | 1.8              | 26 |                          |
| 70004    | W             | A              | 0.2               | 7.5              | 40 |                          |
|          |               | V              | 3.0               | 2.2              | 24 |                          |
| 8338     | Cr-Mo-V       | A              | 4.5               | 3.1              | 50 |                          |
|          |               | V              | 4.5               | 1.9              | 23 |                          |

A: ai, V: vacuum, L: steel in ladle

Table 5. Hydrogen contents of commercial low-alloy steel.

| Steel-making practice | H <sub>2</sub> at tap, ppm           |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Basic open-hearth     | avg. 5.0<br>3.5<br>4.9<br>2.0<br>6.5 |
| Acid open-hearth      |                                      |
| Basic electric        |                                      |
| Acid electric         |                                      |
| Basic bessemer        |                                      |

この圧力は以上のごとき前提に対し脱水素を行うに必要な最高圧力である。そして白点を防止するために水素を少なくとも 2.5ppm 以下とするには、10mmHg 以下

にしなければならないことが明らかである。このようにして現在真空造塊法においては一般に 10mmHg 以下を採用しているのは理論的にも妥当なことが判明する。筆者らは実験当初 1~2 t 鋼塊について 7~36 mmHg の真空度で平均 50% の脱水素を認め、真空鑄造の工業化へ踏切つたものである。熔鋼中の水素試料は真空鑄造鋼、普通鋼ともに鑄造終了後押湯部より採取し、真空熔融法によつて分析した。空气中で熔解し造塊するときは鋼中の水素は大気中の湿度に支配される傾向があり、3 ppm 以下になることはきわめて稀れである。(Fig. 5) 真空処理を行えば、一般に 50% 以上 60% 程度の水

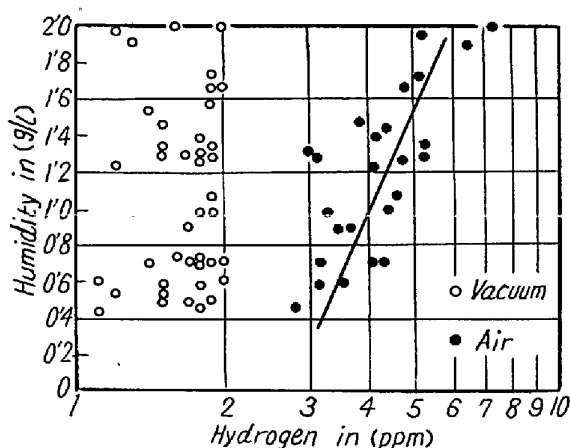
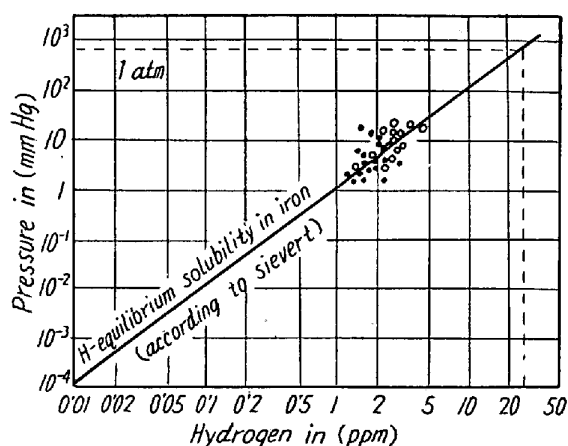


Fig. 5. Effect of humidity and casting condition on hydrogen in steel.



The authors' results, ○ Bochumer's results  
Fig. 6. Hydrogen contents after vacuum treatment.

素が除去され、脱水素前の水素量いかにかわらず、2ppm 以下が期待される。そして Fig. 6 のごとく真空鑄造によつて得られる最終水素量は 1600°C における熔鉄の平衡熔解度にほぼ一致し、この短期間の真空処理によつてきわめて効果的に脱水素の行われていることがわかる。

#### (2) 脱酸

酸素は平均 30% 少なくなっている。真空鑄造における脱酸反応は次式に示され、熔鋼表面 CO の分圧、す

$$[\%C][\%O]/P_{CO} = K$$

なわち真空度が脱酸効果に大きく影響してくることになる。しかし実際には [O] の活量に対する C および合金元素などが関係しているのできわめて複雑であり、また鑄造過程におけるごとき短い時間にこの平衡が完全に実現されるとは思われないが、鋼流の微細化によつて反応面積が拡大されることが脱酸に寄与すると考えられる。Table 4 に示す例では、Al 100~400 g/t が添加されて

いるが、酸化物の安定化されていない低合金鋼においては、酸素の減少しているのが見られる。実際に鑄型内へ注入された熔鋼が C 反応により激しく沸騰しているのを観察し、鑄込終了後熔鋼からは火花、焰などは全然発生しない。また後述の非金属介在物の残渣分析において真空鑄造鋼は普通鋼よりも約 30% 少なくなっている。

#### (3) 脱窒素

真空処理の際生成される CO 気泡中へ N が拡散し、脱窒素効果も期待されるが、筆者らの場合ほとんど変化がない。ベツセマー鋼で 30~50% 除去されるといわれるが<sup>12)</sup>、一般に窒素含有量は流動状態の脱ガスではほとんど減少しないと考えるべきであろう。N は Al, Cr のごとき合金元素と強く結合していることと、拡散速度が小さいので、脱窒素効果を上げるには 20μHg 以下の真空度を必要とする<sup>13)</sup>。なお真空鑄造鋼の統計的資料として 20カ月間の O, H の分析結果は Table 4 に示す値を裏書している。

## IV. 結 言

最近真空技術の鉄鋼工業への適用は目覚ましいものがあり、一般に真空処理にはつぎの 3 方法がある。(1) 真空鑄造、(2) 真空インダクション熔解、(3) 真空アーク熔解でこれらはそれぞれに特徴があつて適用範囲が異なるであろうが、真空鑄造は設備費、処理費がともに低廉で大量の熔鋼を処理し得るところに強味がある。真空鑄造に関して諸外国に先がけて古くからすぐれた基本的概念が知られ、湿度の高い気候状況から見て早急に採り上げるべき問題であると考え、昭和 32 年 9 月より操業を開始した。空気中における普通の鑄造とは異つた多くの特徴があり一般の製鋼法では得られない有効な脱ガス法である。(昭和 34 年 4 月寄稿)

#### 文 献

- 1) U. S. Patent 2,784,961:  
特許公報: 昭 32-8256, 熔融金属の真空鑄込装置
- 2) T. E. Brower, J. W. Bain and B. M. Larsen: J. Metals 3 (1950) 6, 851~861
- 3) 鈴木・朝熊: 実願 33-5485, 特願 34-3034
- 4) J. N. Hornak and M. A. Orechski: J. Metals, 10 (1958) 471~475
- 5) I. E. Madsen: Iron Steel Engr., 34 (1357) 1, 143
- 6) A. Tix: St. u. Eisen; 76 (1956) 2, 61~68; Iron & Steel, 29 (1956) 3, 81-86; J. Met-

- als, 9 (1956) 4, 420~424
- 7) J. H. Stoll: Blast Furnace and Steel Plant, 46 (1958) 6, 595~605
- 8) Iron & Coal Trades Review: 172 (1956) 22, 1039~1041
- 9) D. J. Carney: Gases in Metals, ASM (1953) 111
- 10) C. A. Zapffe: Metals Handbook, ASM (148) 1208
- 11) M. M. Karnauchov and A. N. Morozov: Vodik a dusik v oceli, SNTL (1953) 40
- 12) Iron & Coal Trades Review: 174 (1957) 10, 1075~1077
- Foundry Trade J.: 103 (1957) 2142, 527
- 13) K. C. Taylor: Report on the meeting for Stream Degassing Unit.

## 中炭素鋼の顕微鏡組織と機械的性質および 超音波透過性との関係について\*

西原 守\*\*・中野 平\*\*・牧岡 稔\*\*

### Effect of the Normalized Structure in Medium Carbon Steel on Mechanical Properties and Ultrasonic Transmissibility.

*Mamoru Nishihara, Taira Nakano and Minoru Makioka*

#### Synopsis:

With the aid of a lot of materials picked up at the production plant as samples for microphotography, an investigation was made to try to study statistically the relation between the microstructure and the mechanical properties (ductility and toughness) to clarify the effect of acicular pearlitic structure recognized in normalized medium carbon steel on its mechanical properties. The results were summarized that the mechanical property varied according to the microstructure and the microstructure, in the course of becoming coarse, made both its ductility and toughness decreased and the standard deviation of the impact value increased.

At the same time the ultrasonic transmissibility was investigated on various microstructures made by the laboratory treatment by which the relation between the microstructure and the apparent ultrasonic attenuation coefficient became ascertained.

#### I. 緒 言

中炭素鋼の焼準組織を観察すると、針状性フェライトを含む粗大なパーライト組織の認められる場合がしばしばある。一般に、このような針状性の組織は、オーステナイト結晶粒度の粗い場合や、オーステナイトからの冷却速度がある範囲内にある場合に発生しやすいことが知られているが<sup>1)</sup>、この種の組織が材料の機械的性質におよぼす影響や、最近鋼材の品位判定上重要視されるようになった超音波透過性との関係について、具体的に試験されたデータが比較的少ないように見受けられるので、著者らは、鋼材の品質管理の際検出した種々の顕微鏡組織を示す材料を現場的に求め、顕微鏡組織が機械的性質や超音波透過性におよぼす影響について調査を行った。

#### II. 実 験 材

実験材は、塩基性 10 t 電気炉で熔製した 2.5 t 鋼塊を直径 200 mm 程度の丸棒に鍛伸後、850°C / 5 h 空冷、620~670°C / 8 h 空冷の処理を行った焼準→低温焼鈍材で、Table 1 に示す成分範囲の材料である。このような同一製作履歴のものでも、チャージによつては、均一微細パーライト、針状性フェライトを含む粗大パーライトあるいはこれらの混在した組織を示すものが現われたので、実験に都合のよいチャージ約 20 チャージを選択して、実験材とした。供試材の代表的な顕微鏡組織は、

\* 昭和33年10月本会講演大会にて発表

\*\* 神戸製鋼所，神戸研究部