

の Mn・Silicate がある。また、気泡痕跡が存在する場合も多い。

IV. 考 察

Ⅲにおいて、キャップド鋼の偏析、鑄造組織、非金属介在物、リム層の性状について主としてリムド鋼塊と比較して調査した結果を報告したが、この結果からみるとキャップド鋼塊は、リムド鋼塊とセミキルド鋼塊の性格の両面をもっていることは明白で、はなはだ興味深い。すなわち、鋼塊の外層部はリムド鋼塊の色彩が、内層部はセミキルド鋼塊の色彩が強い。しかし、外層部についても勿論細部はリムド鋼塊とかなりことなり、切断鋼塊のサルファープリントおよびコーナーサンプルからわかるように気泡の発達著るしく、この点はおもむきを異にする。このように、リム層の性状が両者で異なる理由としては、蓋打ちさせるために脱酸剤の使用量が比較的多いことその他に、キャップド鋼特有の鑄型の形状がリミングアクションの強さに影響をおよぼしているものと推測される。以前からリミング時の捲き込み空気の多少がその強さに影響する³⁾ということがいわれており、この点からもキャップド鋼塊の bottle top 鑄型は不利であるが他に、首および肩の所のフロフィールがリミング時の CO の放出に、ひいてはリミングアクションの強さに影響しているものと考えられる。模型実験でリミングアクションを再現することは非常に困難であるが、open top と bottle top 鑄型での差を定性的に示るために、著者らは透明プラスチック板でジャケットになっている模型の open top と bottle 鑄型を作り(容積約 1.8 l)、溶蠟を満し鑄型壁に接して底部近くからガラスパイプにより温風を吹き込み溶蠟の動きを観察するという初歩的な実験を試みた。その結果では、両方の鑄型内部の溶蠟の動きはかなり異なっており、bottle top 鑄型では首の所がしばられている点が吹き込み空気の放出、ひいては溶蠟の流れに大きく影響していることが観察された。すなわち、鑄型壁近傍の溶蠟の動きについてみると、open top 鑄型では上方への流れが強く壁を洗うように流れるのに対して、bottle top 鑄型では肩、首の所で流れがおさえられる関係上部分的な渦流が多く、上方向への流れが弱いようである。一方、鑄型内中心部での下向流についてみると、bottle top 鑄型では首からのガス放出が少ないだけ下方流は強く、下部にまでおよんでいる傾向がある。以上は単なる模型実験にすぎないので、そのまま実用鋼塊の場合にあてはまると思われるが、このような傾向があることは実際の両者の鑄型に湯をつぎわけた時に観察されるところである。

次に、切断鋼塊の鑄造組織および大型介在物の分布状況からみると、中期以後の凝固状況はリムド鋼よりもむしろセミキルド鋼に類似している。この理由としては、リミングアクションの継続時間が短いから、自由晶を発達させる原因となる結晶核の生成が少なく、また、蓋打ち後は鋼塊内部のガス圧力が高くなるため、常圧では CO を充分発生させる [O] 量をもちながらも CO の発生がおさえられ、中途半端な脱酸の場合のセミキルド鋼とその凝固状況が似てくるものと考えられる。このことは、鑄造組織のみならずコア層内の大型介在物の分布

が両者で非常に似ているのも上記の理由によるものである。

また、キャップド鋼塊の介在物が Mn・Silicate を常にともなっており、リムド鋼の場合と異なっているのは、スカムオフの有無が影響しているものと思われる。

V. あとがき

キャップド鋼塊の性状を偏析、鑄造組織、非金属介在物、リム層の諸点について、主としてリムド鋼塊と比較した結果について述べた。

文 献

- 1) 森永, 他: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1333
- 2) 森永, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1663
- 3) 加藤, 他: 製鉄研究, 200 号 (1952), p. 127

(58) 取鍋内におけるフェロアロイの溶解と混合状況

(製鋼工場における RI の利用—Ⅲ)

八幡製鉄所, 技術研究所

森 久・松尾 翠・○繩田 義訓

〃 戸畑製造所

山口 武和・田中 功

Dissolution of Ferroalloy and Mixing of Metal in Ladles.

(Tracer application of RI to steel works—Ⅲ)

Hisashi MORI, Midori MATSUO

Yoshikuni NAWATA, Takekazu YAMAGUCHI

and Isao TANAKA

I. 緒 言

出鋼中に取鍋に投入したフェロアロイの溶解と混合状況に関して、BOGDANOVA らが RI で標識した Fe-Si, Fe-Mn, Fe-Cr を使用した研究があり、多量の Fe-Si を投入した場合には、各鋼塊試料の計数値が 300 ないし 900 c. p. m と著しく変動することが報告されている。

筆者らは、取鍋内におけるフェロアロイの溶解と混合状況は、合金の融点・比重・粒度などと取鍋内の湯動きの程度などの要因によつて支配されるものと考え、比重と融点が高い合金の例として Fe-Nb を、比重が低く融点が高い例としてコークスをとり、それぞれ¹⁹⁸Au で標識したものを取鍋に投入して、溶解と混合状況をしらべた。また出鋼後の取鍋内の湯動きを知るため、出鋼後取鍋に¹⁹⁸Au を挿入する試験をもあわせて行なつた。

II. 実 験 法

フェロアロイの RI 標識と取鍋への添加法は、Fe-Nb についてはなるべく立方体に近い形状の Fe-Nb 塊の中央部に 3~5mm φ の孔を全体の 3/5 程度の深さまで放電加工によつてうがち、孔の底に 1mm φ × 2mm × 2mm の約 2mC の金属状¹⁹⁸Au を入れ、その上に 2mm 厚さ程度に電解鉄粉を入れてエバタイトで栓をしてよく乾燥した。Fe-Nb の Nb 含有量は 66% である。この標識 Fe-Nb を紙袋入りの約 10kg の Fe-Mn の中央に埋め、平炉より 70 t 取鍋に出鋼中に、全容量の 1/2 まで受鋼したとき鍋内に投入した。コークスの場合は、

数個の 10mm ϕ \times 15mm の中央部に 2mm ϕ の孔をうがち、その中に ^{198}Au の王水溶液をマイクロピペットにより注入し、乾燥した。これを紙袋入りの 10kg の粉コークス中に埋め、70 t 屯取鍋に出鋼の初期に鍋内に投入した。出鋼後取鍋に ^{198}Au を挿入する場合は、金属状の ^{198}Au を 12mm ϕ \times 45mm の黄銅製カプセル内に封入し、カプセルを鋼棒で保持して取鍋ストッパー反対側の鋼浴の約 10cm の深さに挿入した。

試料採取は、すべての試験を通じて注入中に各鋼塊ごとに 60mm ϕ \times 約 40mm の鍋下試料をとり、コークスの溶解試験においては炉裏でタコツボ試料をも採取した。

試料の放射能測定は、前報同様シンチレーションカウンターにより行ない、PI 投入前に採取した試料をバックグラウンド試料、採取した試料のうち計数率の高いものを 1 個抽出して標準試料とし、3 ないし 6 ケの試料を計数する前後にバックグラウンド試料と標準試料とを計数し、前後のバックグラウンドの平均値を差引いて真の計数率を求め、標準試料の真の計数率に対する各試料の真の計数率の比を算出して各試料の放射能相対値とした。このような手順によると、放射能崩壊とカウンターの計数効率のドリフトとをあわせて補正することができる。また鍋下試料の厚さが若干変動することは免れないので、あらかじめ作成した試料重量と計数率との較正曲線を使用して厚み補正を行なった結果、各試料中の ^{198}Au の相対濃度を $\pm 2\sim 3\%$ の精度で定量することができた。タコツボ試料はやや形状が不規則かつ不揃いであり、NaI クリスタルと試料との幾何学的配置の再現性もやや悪いので、タコツボ試料の定量精度は鍋下試料のそれに比べて、やや悪かった。

III. 実験結果と考察

1. Fe-Nb の溶解と混合状況

4 回の試験のうち実験 I では中炭セミキルド鋼（出鋼温度 1590°C）を対象として、約 50mm 立方の Fe-Nb 2 ケ（重量はそれぞれ 540g）を取鍋に投入したところ、鍋下試料に放射能が全く検出されなかつたので、RI の行方を追跡したところ、鍋付きの中に放射能が認められた。すなわち 70 t 取鍋底部周辺部の鍋付（全鍋付重量約 300kg）中の 2 箇所が高い点状の放射線源が残存することがサーベイメーターによつて検知された。この場合は粒度の大きい Fe-Nb が取鍋の底に沈んだまま中心部まで溶解が進行せず、そのまま鍋付として残留したものと考えられる。

実験 II と III は中炭リムド鋼を対象とした。実験 II では約 40mm 立方の Fe-Nb 2 ケ（320g と 240g）を、実験 III では約 30mm 立方の Fe-Nb 3 ケ（105g、102g、96g）を投入した。出鋼温度はそれぞれ 1630°C、1638°C であった。

実験 IV は中炭セミキルド鋼（出鋼温度 1596°C）に約 30mm 立方の Fe-Nb 2 ケ（120g と 91g）を投入した。

実験 II ないし IV における鍋下試料の計数結果を、Fig. 1 に示す。Fe-Nb 投入より注入開始まで 13~25 分を要しているが、注入中の ^{198}Au の相対濃度は測定誤差の範囲内で均一であるとみなしうる。このように Fe-Nb の粒度の上限を 30mm 立方におさえれば、セミキルド

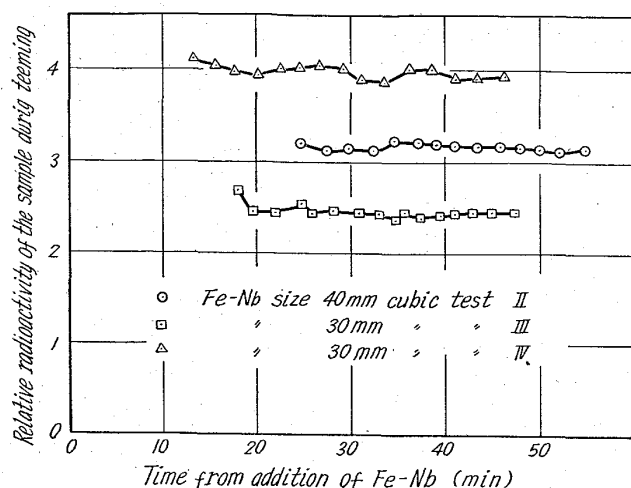


Fig. 1. Dissolution of Fe-Nb (Nb content 66%) in 70t ladle.

鋼・リムド鋼のいずれに投入した場合も均一に混合したので、Fe-Nb のごとく融点が高くかつ比重の大なるフェオロイは、粒度管理を厳密に行なうべきであると考えられる。

2. コークスの溶解と混合状況

4 回の試験のうち、実験 I と II は中炭セミキルド鋼、実験 III と IV は低炭リムド鋼を対象とし、いずれも後鍋に RI 標識コークスを投入した。炉裏タコツボ試料および鍋下試料の計数結果を Fig. 2 に示す。タコツボ試料の採取位置を鋼浴表面から 30~130cm の深さに変えたが、深さと計数値の間には特定の関係は認められなかつた。タコツボ試料と鍋下試料は試料形状が異なるため、両者の計数値を、比較することはできなかつた。しかし図中に線で結んだ計数値相互を比較すると、若干の不均一性が認められる（例えば実験 I の初期の鍋下試料）場合もあるが、全体として實際上均一であるとみなしうる程度である。このような若干の不均一性を生じた原因は、出鋼終了までに標識コークスの溶解が完了せず、出鋼後未溶解のコークスが溶鋼に溶解したためか、あるいは、未溶解のコークスがスラグと反応して燃焼し、スラグ中に入った ^{198}Au が徐々に鋼浴と接触して溶鋼に入ったためであるかは不明である。ただ炉裏で採取したスラグにも ^{198}Au の若干の放射能が認められたので、後者の現象もおこりうると考えられる。このようにコークスは燃焼するが Au はしない点に差があるため、 ^{198}Au を使用するトレーサー法には限界がある。

3. 出鋼後の取鍋内における湯動き

転炉工場では低炭リムド鋼を対象として 4 回試験を行なったが、実験 IV を除き、取鍋は温鍋であつた。 ^{198}Au 挿入時期は、150 t 取鍋に受鋼後 4 ないし 5 分経過して、出鋼時の取鍋内の鍋しい攪拌が一応おさまつた時期をえらんだ。このときの取鍋内鋼浴温度は、1540~1560°C であつた。鍋下試料の計数結果を Fig. 3 に示す。実験 I ないし IV を通じて、注入初期の数鋼塊の計数値は著しく変動し、鋼浴がなお不均一であることを示しているが、 ^{198}Au 挿入後 12 ないし 24 分以降には均一になつている。

平炉工場では、高炭キルド鋼を対象とし、同じチャー

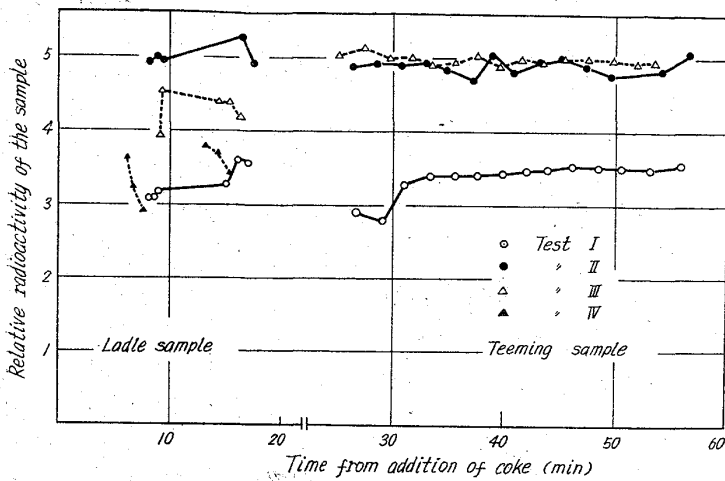


Fig. 2. Dissolution of coke (10mm φ × 15mm) in 70 t ladle.

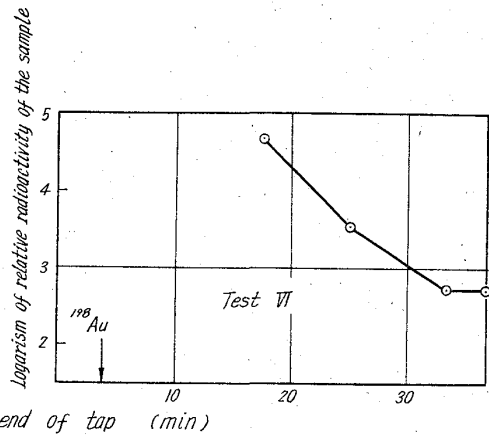
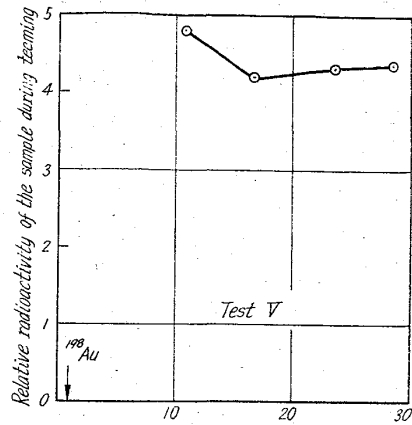


Fig. 4. Mixing of metal in 70 t ladle.

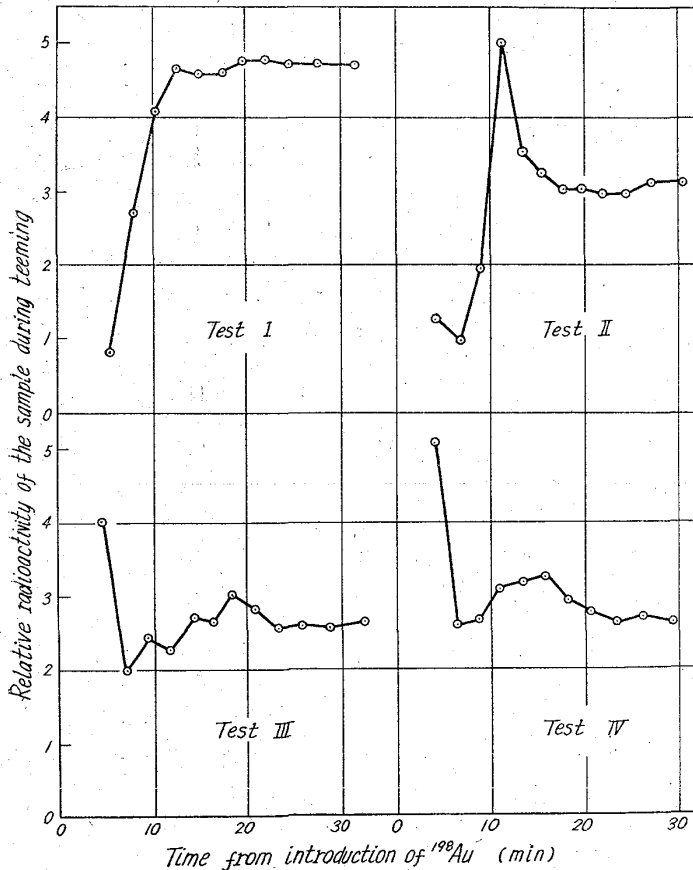


Fig. 3. Mixing of metal in 150 t ladle. (¹⁹⁸Au capsule were put into the metal 4~5 min. after the end of tap).

シの後鍋と先鍋(いずれも冷鍋)に¹⁹⁸Auを挿入した。後鍋に挿入した実験Ⅶでは¹⁹⁸Auカプセルにスラグがまきつき、支持鋼棒から離脱するまでにやや時間を要した。鍋下試料の計数結果をFig.4に示したが、実験Ⅴの最初の試料は10%程度高い値を示した。実験Ⅶでは最初の試料は非常に高い値を示し、注入順に順次急減し

たので、図の縦軸には放射能相対値の対数をとって示した。

取鍋内の溶鋼の流出順序について考察するため、Fig.3における計数値の注入順の推移をしらべてみると、実験Ⅰでは極めて低い値から急増して定常値に達しているが、実験ⅢとⅣでは逆に高い値から減少して極小値になり、再び増加して極大点を経たのち定常値に達している、実験Ⅱではこの中間の様相を呈している。

これらのことは、取鍋内の鋼浴は、出鋼後においても、恐らくは熱的な対流効果によつて循環しており、必ずしも出鋼終了時に底部に存在していた溶鋼が注入初期に排出され、以後順次下層から排出されるものではないことを意味するものと考えられる。もちろん出鋼温度が低く出鋼終から注入開始までにやや長時間経過した場合には、取鍋底部に低温の溶鋼が堆積し、これが注入初期に流出することは、すでに多くの報告にみられるように、注入順の注入温度が中高になることから推測されるところである。

Fig.4の実験Ⅶの結果は、その著しい不均一性からみて、¹⁹⁸Auが対流によつて取鍋底部に移動したまま堆積したためと想像される。

最後に、以上3種類の実験結果から、出鋼後の取鍋内の湯動きはかなり著しいとはいえ、フェロアロイを均一

に混合させるためには、従来の常識通り、出鋼中にその溶解を完了させることが望ましいと考えられる。

IV. 結 言

¹⁹⁸Au で標識した 50mm 立方の Fe-Nb を取鋼でセミキルド鋼種に添加したところ、未溶解のまま鍋付として残留した。しかし粒度を 30mm 立方におさえれば、セミキルド鋼リムド鋼のいずれに添加した場合も溶解し、均一に混合した。10mm φ×15mm のコークスは、實際上均一に溶解混合した。150 t 取鍋に受鋼後 4~5 min のち取鍋に¹⁹⁸Au を挿入した場合、注入初期の溶鋼の放射能は著しくバラツいたが、¹⁹⁸Au 挿入から 12~24 min 後には定常値に達した。70 t 取鍋に¹⁹⁸Au を出鋼後に挿入した 1 例では、注入初期の放射能は著しく高く、以後急減した。

これらのことから、出鋼後の取鍋内の湯動きはかなり著しいとはいえ、フェオアロイを均一に混合させるためには、出鋼中に溶解するようにその粒度規格を管理すべきことがわかった。

文 献

- 1) N. G. BOGDANORA. et. al: A/CONF. 15/p/2218 (1958)

(59) 下注ぎ水張り押湯法における押湯の有効性

(製鋼工場における RI の利用—IV)

八幡製鉄所, 技術研究所

森 久・○松尾 翠・縄田 義訓

〃 戸畑製造所

山口 武和・吉井 等

Effectiveness of Additional Filling Practice Using a Runner Combined With Water Cooled Ingot top.

(Tracer application of RI to steel works—IV)

Hisashi MORI, Midori MATSUO

Yoshikuni NAWATA, Takekazu YAMAGUCHI and Hitoshi YOSHII

I. 緒 言

下注ぎ水張り押湯法を採用した場合、注入時間や押湯時間が長くなるほど鋼塊内のパイプは減少するが、一旦

湯道が凝固してしまえば、以後の押湯は効果がない。

筆者らは、短寿命 RI である ¹⁹⁸Au を押湯時に注入管に添加し、その行方を放射能測定法ならびにオートラジオグラフ法によつて追跡し、湯道の凝固過程や押湯に伴う鋼塊内の湯流れについて検討した。

II. 実 験 法

低炭素鋼 (規格 C; 0.10~0.15%, Si: 0.15~0.30%, Mn: 0.40~0.60%) を 3 管立てで各管それぞれ 5 本の 5.2 t 鋼塊 (鋼塊高さ 182cm) に下注ぎ水張りした。注入管煉瓦は外径 15cm 内径 10cm 高さ 237cm であり、湯道煉瓦は 10cm φ 内径 5cm の K 社製のものである。

¹⁹⁸Au の注入管への添加法は、実験 I ないし V では、1mm φ×2~4mm の金属線状の ¹⁹⁸Au (約 1~2mC) を Al 箔に包み、これをさらに直径 18mm の鋼球とともに Al 箔に包んで、注入終了直後に注入管に投入し、その上にわらをかぶせ鋼塊の水張りを行なつてから、所定の時間に押湯を開始した。押湯の継続時間は 20sec ないし 30sec であつた。実験 VII ないし VIII においては、T 字型の支持鋼棒の下端に薄板製の ¹⁹⁸Au 容器を吊下げたものを注入終了直後に注入管の漏斗に乗せ、その後わらをかぶせ、押湯開始の際に容器内の ¹⁹⁸Au が始めて注入管内の溶鋼に入るようにした。このように改良した理由は、実験 V において、注入終了より押湯開始まで 2min 40sec 経過した場合においても、後述するように湯道内の ¹⁹⁸Au を含む横断面積は 6cm² 存在したが、これは鋼塊の凝固の進行に伴い注入管内の ¹⁹⁸Au を含む溶鋼が押湯開始までに鋼塊に吸込まれた際に残した跡ではないかとも疑われたので、押湯開始時に注入管に添加した ¹⁹⁸Au が湯道に入るか否かを確認しようとしたものである。

放射能測定は、注入管およびピレットはスキヤンニング法で、湯道は試片を採取して、シンチレーションカウンターにより計数した。注入管および湯道断面のオートラジオグラフには、200 番の X 線フィルムを使用した。

III. 実験結果と考察

実験経過の概要は Table 1 に示したごとく、注入終了より押湯開始までの時間を 50sec ないし 2 min 40sec の 5 段階に変化させた。

1. 注入管の調査結果

注入管縦方向の放射能分布は、実験 I ないし V では、一般に鋼塊 Top のレベルに一致する位置に放射能ピークが認められた。¹⁹⁸Au 鋼球が注入管上部で溶解し、押

Table 1.

Test No.	Charge No.	Time from end of pouring to beginning of additional filling	Time for pouring	Pouring metal temp. °C
I	I	50sec	7min00sec	—
II	II	1min20〃	8〃00〃	1538
III	III	1〃40〃	7〃10〃	1543
IV	〃	2〃10〃	6〃35〃	1547
V	〃	2〃40〃	6〃50〃	1535
VI	IV	1〃40〃	5〃05〃	—
VII	〃	2〃10〃	6〃25〃	—
VIII	〃	2〃40〃	5〃45〃	—