

また Fischer²⁾ によると

$$K = [\%Zr][\%O]^2 < 1 \sim 4 \cdot 10^{-10} \dots \dots \dots (8)$$

となつている。これらの式より計算すると $[O] = 0.0035\%$ において $[Zr] < 2 \times 10^{-5}\%$ となる。

熔鉄の C 量が高い場合には Zr や Si 量の増加が認められている²⁾ が、本実験においては低炭素にもかかわらず Zr および Si 量は増加しているが、1 熔解のみの実験しか行なわなかつたので、明確な結論を得ることはできない。

IV. 結 言

アルミナ、マグネシアおよびジルコニアの 3 種類の坩堝を用い、1550°C と 1650°C で 5~120mn 軟鋼を熔解した結果つぎの結論が得られた。

アルミナ坩堝では、坩堝材の不純物 SiO_2 が Al により解離が促進されたかあるいは Al により直接還元された。そして Si は一様に増加し、Al は一様に減少した。その減少割合はマグネシア坩堝の場合より小さく、2 h 保持後 0.28% であった。熔湯の再酸化はわずかに起つていますが、これは SiO_2 の解離および熔湯の Al 量が多かつたため、その酸化による Al_2O_3 の増加によるものと思われる。したがつて坩堝の Al_2O_3 の解離は起つていてと思われる。

マグネシア坩堝も不純物として含まれている SiO_2 が熔湯中の Al により還元され、最高 0.24% まで増加した後減少した。これは Al の減少がアルミナ坩堝の場合よりも速く、Al 量が低くなつたことと、 $MgO + Si = SiO(g) + Mg(g)$ なる反応によるためと思われる。再酸化は 1550°C では 30mn 以上の保持でゆるやかに起り、1650°C では 30~60mn の間で激しく起つていて、したがつて MgO の解離は進行している。

ジルコニア坩堝では Si は増加し、また Zr も 0.066% と増加した。したがつて坩堝材と熔湯との反応は激しいと思われる。

文 献

- 1) M. OLETTE: International Symposium on the Physical Chemistry of Process Metallurgy, Preprint (1959, April)
- 2) W. A. FISCHER, A. HOFFMANN: Arch, Eisenhüttenw, 29 (1958), 333
- 3) J. D. FAST: Stahl u. Eisen 73 (1953), 1484
- 4) Basic Open Hearth Steelmaking AIME (1951)
- 5) F. D. RICHARDSON, J. H. E. JEFFES: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 160 (1948), 261
- 6) 斎藤恒三, 川合保治: 学振 19 委報告 5862

(72) セミキルド大型鋼塊の特性について

八幡製鉄所技術研究所

加藤 健・今井純一・〇梶岡博幸

Features of Large Semikilled Ingots.

Takeshi Kato, Junichi Imai

and Hiroyuki Kajioka.

I. 緒 言

成品の大型化や圧延工場の合理化にともない、近時圧延用鋼塊も大型化されてきたが、その内部性状に関する報告は少ないようである。

セミキルド鋼塊は気泡、パイプ、偏析などの欠陥を有し、これらは成品歩留や材質に直接関係しているため、セミキルド鋼塊を製造する場合、欠陥の許容限度が問題とされている。これらの欠陥は脱酸状況、注入条件、鋳型形状によつて左右されるので、鋼塊の大型化にともない、鋼塊の内部性状が異なることは想像される。すなわち、鋼塊重量によつて製造条件を変更する必要があると思われる。

6 t 鋼塊を製造する場合には鋳型に Al を投入し脱酸を調整するような状態の熔鋼でも、16 t 鋼塊では鋳型での Al を使用できず、しかも分塊でのパイプ切捨が大きくなることを大型鋼塊の使用によつて経験した。そこで大型化と脱酸度の関係を明らかにするため、16 t および 20 t セミキルド鋼塊を切断し、内部調査を行ない大型鋼塊の特徴について考察を加えた。

II. 供試鋼塊および調査方法

Table 1. Ladle analysis and degree of deoxidation of ingots tested.

Weight of ingots	Added in a ladle (%)		Ladle analysis (%)			Pouring rate mm/s
	Si	Al	C	Si	Mn	
16 t	0.13	0.008	0.22	0.10	0.56	11.5
20 t	0.10	—	0.13	0.07	0.90	8.6

試験鋼塊はいずれも塩基性平炉で熔製した厚板用扁平鋼塊であり、鋼塊性状に関係ある製造記録や取鍋分析は Table 1 に示すとおりである。鋼塊は切断し、気泡の分布状況、パイプ量、偏析などを調査した。比較のために 20 t 鋼塊と同一取鍋の熔鋼を 4 t 鋳型に注入し、その鋼塊の切断調査も行なつた。

脱酸度の検討に当つては、すでに報告した脱酸剤投入量と管状気泡発生圈の関係より、管状気泡発生圈を推定し、実測値との比較を行なつた。しかし、推定に使用

した鋼塊と大型鋼塊では注入速度や鋼中 Mn% が異なっていたので、多くの鋼塊²⁾を参考にしながら、これらの要因についても考察した。

III. 調査結果および考察

1. マクロ組織 20 t 鋼塊の縦断面のマクロ組織を Fig. 1 に示す。鋼塊頭部肌近くに分布する管状気泡は認められず、表面直下にある小さな表面気泡もない。パイプ天井部は小さな粒状の気泡を含む部分と比較的長いパイプ性の気泡を含む部分から成り立っていて、後者は非常に厚い鋼塊内のパイプは非常に小さく、パイプ内に水を満たして測定した結果では 0.37% であつた。セミキルド鋼塊のパイプを小

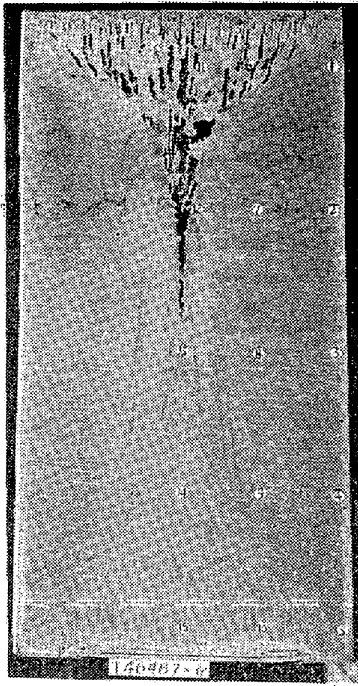


Fig. 1. Macro-structure of a 20 t semikilled ingot.

さくするためには気泡の生成量を多くし、凝固収縮を気泡によつて置換しなければならないといわれているが、大型鋼塊では管状気泡が少ないにもかかわらず、パイプが非常に小さく、セミキルド鋼塊としては理想的な状況を示している。

2. 管状気泡発生圏(熔鋼の脱酸度) 20 t 鋼塊では気泡が認められなかつたが、同一取鍋の熔鋼で製造した 4 t 鋼塊の管状気泡発生圏は 60 mm であつた。Si% や Al 投入量より推定した管状気泡発生圏は 780 mm であるので、さきに実験した鋼塊に比べ脱酸度が強くなっていること、とくに 20 t 鋼塊の方がその傾向が強いことが伺える。16 t 鋼塊の管状気泡発生圏も推定値で 320 mm、実測値で 0 mm で同じような傾向を示していた。実測値と推定値が異なる原因としては、推定に当つて Si や Al は考慮しており、C% も大差ないので、結局注入速度の影響、鋼中 Mn% の影響、大型化の影響が考えられる。

空気酸化のためと思われるが、セミキルド鋼では注入速度が大きくなると鋼塊頭部が膨脹しやすいことを経験

している。仮りに注入速度の影響として次式^{註)}を採用し、鋼中 Mn および鋼塊重量により分類し、管状気泡発生圏の推定値

$$h = h_1 + 16(v - 21.4)$$

h : 注入速度を考慮した発生圏 mm

h_1 : 文献 1 より推定した発生圏 mm

v : 注入速度 mm/s (21.4: 1) の平均速度と実測値を比較すると Fig. 2 のごとくである。同図に

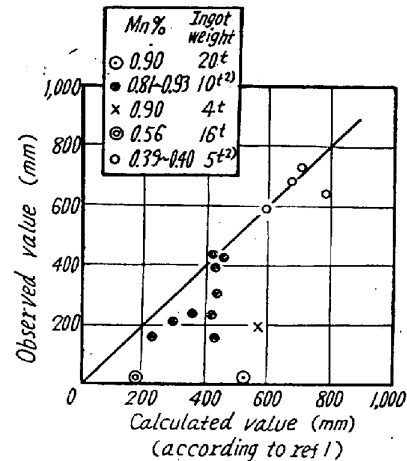


Fig. 2. Effect of ingot weight on degree of deoxidation as a function of the lenticular blowhole zone.

は参考のためほかの目的で切断した多くの鋼塊例²⁾も併示した。Mn の高い鋼塊では管状気泡発生圏が短くなっているが、大型鋼塊では Mn や注入速度の影響を考慮しても管状気泡発生圏がいちじるしく短いことがわかる。すなわち、同一熔鋼でも大型鑄型に注入した方が熔鋼のガス発生圧が低いようである。同一熔鋼でガス発生圧に相違があるのは注入時の問題であり、大型鋼塊では (i) 同一注入速度とした場合注入流の径が大きくなるので注入流の表面酸化が小さい。 (ii) 注入初期のスプラッシュ、末期の注入流の乱れによる空気酸化が緩和される。 (iii) 断面積が大きくなっているので注入面の動揺が小さく注入表面での酸化が小さい、ことなどのため注入中の熔鋼の空気酸化が小さくなるのであろう。したがって、大型鋼塊では気泡は少なくなり、大型鋼塊を製造する場合には脱酸剤使用量を少なくしうようである。一方、脱酸剤使用量を少なくし、管状気泡が発生しても、大型鋼塊の場合には鋼塊内で管状気泡が発生している部分の体積が残りの体積に較べていちじるしく小さくなるので鋼塊頭部が膨脹する懸念はそれだけ小さい。すなわち、大型化した方が脱酸は安定する。

3. パイプ 20 t 鋼塊の同一取鍋の熔鋼で製造した 4

t 鋼塊のパイプ量は 1.54% で、脱酸度から考えれば大型鋼塊のパイプ量はこの値より大きくなるはずであるが逆に小さくなっていた。パイプ性の気泡を含む部分の厚さは 20 t 鋼塊で 492mm, 4 t 鋼塊で 68mm であり、20 t 鋼塊がいちじるしく厚い。セミキルド鋼塊のパイプには脱酸度以外に鑄型の形状が関係していて、鑄型の(断面積/高さ)が大きくなるほど、パイプ性の気泡を含む部分が厚くなりパイプが小さくなることをさきに報告したが、大型鋼塊では鑄型のこの特性値が大きくなっているので、熔鋼のガス発生圧が低いにもかかわらずパイプが小さくなったのであろう。

4. 偏析 鋼塊内部の偏析としてはパイプ周辺の濃厚偏析部、入偏析線、V 偏析線があり、小型セミキルド鋼塊の場合と大差ないが、大型鋼塊では鑄型の断面積を大きくしたので、V 偏析が不明瞭で、入偏析が明瞭であった。

偏析の基本法則は偏析性凝固にあるが、偏析程度は凝固時の熔鋼の運動の影響を強く受ける。すなわち、脱酸度や鋼塊重量により異なる。もつとも偏析しやすい元素である S の偏析度を選び、鋼塊重量との関係を示すと Fig. 3 のごとくである。キルド鋼塊よりも鋼塊重量の影響を若干強く受け、20 t 鋼塊の場合 S で取鍋分析値の 3 倍程度になる。しかし、この値は径 20mm のドリルでもつとも強く偏析している部分より得たもので、その範囲は狭く、実用上問題になることはない。

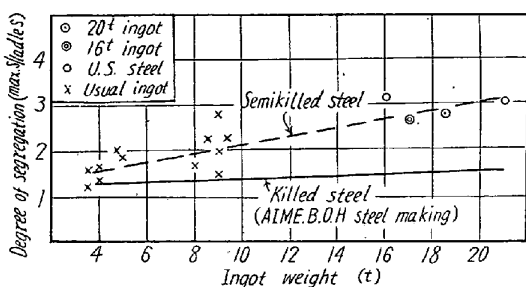


Fig. 3. Maximum segregation of S in semikilled ingots as a function of ingot weight.

IV. 結 言

大型鋼塊にすると、偏析はやや大きくなるが、気泡が少なくかつパイプも非常に小さい鋼塊が製造できることが明らかになった。したがって、偏析の点を除けば鋼塊の性状は大型化の方が有利である。また、脱酸度を弱くしても鋼塊頭部が破れ熔鋼が吹き出す傾向は大型化により小さくなるので、大型化の方が脱酸が安定し、製造しやすくなるといえる。パイプが小さいのは鑄型の形状のためであり、気泡が少ないのは大型化により注入中の熔鋼の空気酸化が少なくなるためであると考えた。し

かし、その機構については明らかでなく、さらに別の機会に考察を加えたい。

註) 文献 1. Fig. 4 の各点のバラツキと注入速度の関係より求めた。

文 献

- 1) 鉄と鋼 43 (1957) 1104~1110
- 2) " 45 (1959) 267~269 および 1042~1043

(73) 熱延薄板用キャップド鋼

八幡製鉄所戸畑製造所

御手洗良博・○藤巻 弘昭

Mechanical Capped Steel for Hot Rolled Sheet.

Yoshihiro Mitarashi and Hiroaki Fujimaki.

I. 緒 言

キャップド鋼は良好な歩留と偏析が少ないという点で秀れた特徴をもち、このことは製鋼、圧延能率向上のための鋼塊大型化にさいし、とくに考慮すべき要件である。

さきに、キャップド鋼塊の基本的特性と応用の一例について当所の状況が報告^{1)~3)}され、その中で、実用化にさいしての各種要件が示唆されているが、今回は純酸素転炉による薄板用大型鋼塊への適用について、その製造条件、および実際作業における鋼塊、鋼片、成品の性状について若干調査、検討を行なったので、その結果を報告する。

II. 調 査 対 象

対象としたヒートは純酸素転炉で熔製された。つぎの 2 種類の薄板材と、これと同程度のリムド薄板材である。

低炭キャップド鋼は、C=0.05~0.13%, Mn=0.27~0.42% の 82 ヒートで 14 t 徳利型偏平鑄型に注入した。中炭キャップド鋼は C=0.16~0.27%, Mn=0.40~0.53% の 11 ヒートでフルート付およびフラットの 20 t 徳利型偏平鑄型に注入した。熔製、圧延はこれと同程度のリムド鋼に準じて行なわれた。脱酸度、注入条件をいろいろ変更し現場的なキャップド鋼塊の製造条件を検討し、さらに S-print, 化学分析、機械試験などおよび各種作業記録により鋼塊から熱延成品までの各種性状を調査した。

III. 調 査 検 討

(1) キャップド鋼塊の製造

キャップド鋼塊は、その利点の一つに材質の均一性が挙げられるが一方、セミキルド鋼的な表面性状の高感受性という欠点をもっている。表面欠陥、とくにワレは鋼