

Ⅲ-1-2 A式 500 kg 角型鋼塊

構造用合金鋼をのぞき他の鋼塊には全部二次パイプが発生した。

Ⅲ-1-3 A式 1,200 kg 角型鋼塊

全部の鋼塊は二次パイプが発生し 500 kg 角型鋼塊よりもその位置は深い。

Ⅲ-1-4 B式 500 kg 角および 1,200 kg 角型鋼塊

全鋼塊共頂部は平坦に沈下し本体は勿論押湯部にもパイプは皆無で鋼塊全部を使用し得る。

4-2 偏析結果

押湯上部より本体中央部までの各所より試料を採取して偏析の状況を調査した結果本体には偏析が認められなかつたが一部の鋼塊の押湯上部に Si, S の偏析が認められた。これは注入後添加する Ferrux と接触する部分に出ることからその影響と考えられる。

IV. 考察および結言

今回の試験でA式のもの最初 1,200 kg 角型鋼塊で実施したが全鋼塊の本体上部に二次パイプが発生した。これは鋼塊の上部断面積に比し押湯の径が細くそのために押湯部が先に凝固したものと考えられるので500 kg 角型鋼塊には押湯の径を本体上辺の 3/5 に拡げて試験したが依然二次パイプが発生した。200 kg 丸型鋼塊にはほとんどパイプの発生が認められないが 500 kg 以上の比較的大鋼塊には押湯の径が細いと考えられる。要するに本体よりも押湯が早く凝固する結果で大型鋼塊には Feedex の使用量を多くするかあるいは Feedex の燃焼状態をさらに緩燃性とする必要がある。また本体凝固の遅速は鑄型の設計および造塊条件にも関係するからこれなども考慮する必要がある。200 kg 鋼塊のA式については健全な鋼塊をえているので押湯比は 6% までは減少し得ると考える。その場合経済性はさらに有利となる。

B式と押湯比は 10% であるが健全な鋼塊をえているので圧延歩留の大巾の向上が期待できるので現場作業に流してその点を検討する考えである。

文 献

- 1) 錦織, 酒井, 高橋: 鉄と鋼, 44(1958) 4, p. 312
- 2) G. Fentor, J. Iron & Steel Inst 1 (1957) Aug. p. 396

(23) セミ・キルド鋼塊の研究

脱酸程度と鋼塊内部性状との関連について
Study on Semi-Killed Steel Ingots
(Relation between degree of deoxidation and inner quality of semi-killed steel ingots)

H. Kunitake, et alii.

富士製鉄, 広畑製鉄所, 研究所

工博 葛原 義雄

工博 鵜野 達二

工〇国 武 隻人

I. 緒 言

セミ・キルド鋼板の材質に関し、鋼塊自体の履歴がそのまま鋼板に引継がれるものとして次の問題がある。

すなわち、鋼板の二枚板の発生原因となると考えられるパイプおよびパイプ周辺の硫黄の濃厚偏析、ならびに鋼板中にサルファー・バンドを形成してラミネーションの原因となると考えられている逆V偏析などである。

また、セミ・キルド鋼塊は適正酸素含有量の調節が非常にむづかしいため、厳密には balanced ingot と semi-killed ingot とがふくまれており、鋼塊凝固の理論から、これらの鋼塊内部の性状は脱酸程度によつて変化していることが考えられる。

したがつて、セミ・キルド鋼塊の研究として、そのパイプの大きさ、パイプ周辺の硫黄の偏析状況、逆V偏析の性状および気泡の発生状況を、セミ・キルド鋼塊の脱酸程度との関連において調査することとした。

なお、脱酸生成物の分布および凝固速度と関連しての一次晶の構成などは、今後詳細に検討されねばならない。

II. 調査対象

セミ・キルド鋼塊の頭部形状は脱酸程度が強い場合は flat top であるが、脱酸程度が弱くなるにつれて crown top へと変化する。

したがつて、試験鋼塊は flat top のものと crown top のものおよびその中間のものをえらび、脱酸程度を大、中、小の3段階としそれぞれの鋼塊について、鋼塊を厚みの中央で立割りして鋼塊内部断面の調査をおこなつた。

III. 調査結果およびその考察

セミ・キルド鋼塊における気泡、パイプあるいは偏析などの内部性状と脱酸程度との関連をみていく場合、それらの個々の現象は鋼塊の凝固という問題からたがいに密接な関係があり、それら相互の関係を無視することができないのであるが、前述の関係上、一応それぞれ独立に脱酸程度との関連について説明する。

1. 鋼塊表面近くの気泡について

セミ・キルド鋼塊においては、鋼塊表面近くの気泡は鋼塊頭部に発生する管状気泡と鋼塊全面に発生する表面気泡の2種類があるが、これらの気泡は鋼板の表面疵の

原因となるので、セミキルド鋼塊の製造においてもその発生には自ら限度が生じている。

この試験鋼塊においては、脱酸程度が小のものは鋼塊頭部にわずかに管状気泡が認められるが、脱酸程度が中および大のものは全然認められない。

2. 鋼塊頭部のパイプ部分の状況について

脱酸程度が小のものは、鋼塊頭部に数多くの気泡が存在し、この気泡の分布は丁度逆三角形をなしてキルド鋼におけるパイプの形と同じである。

つまり、キルド鋼においてはパイプとなるべき部分が数多くの気泡によつてしめられているということが出来る。そしてこのような気泡発生がガス圧のために、鋼塊頭部がわずかに膨張して crown top を示すものと考えられる。

脱酸程度が中および大のものは、気泡の存在が少くなり収縮孔であるパイプの発生が認められる。

つまり、脱酸程度が強くなるにつれて気泡の発生が少くなり、気泡が次第にパイプに置換されていく。したがって鋼塊頭部の膨張も認められなくなつて、flat top を示すことが考えられる。

なお、脱酸程度が小および中のものには、パイプ部分より少しはなれた鋼塊中心に porous 部分が存在し、脱酸程度が小のもの程鋼塊下方にそして広い範囲に拡がっている。そして、脱酸程度が中のものでは、その位置が鋼塊頭部の方へ移動しその範囲もせまくなり、脱酸程度大のものでは、ついにパイプ直下の porous 部分と一致していることが認められる。

これは鋼塊の凝固末期におけるガス発生の際の痕跡で、その発生位置とその発生を示すものと考えられる。

3. パイプ部分の大きさおよびその位置

鋼塊のパイプの大きさは圧延の際の圧着の難易に影響するので、内部断面のパイプ部分に水を入れて、パイプおよびその周辺の porous 部分は入る水の量からパイプ部分の大きさを推定した。この結果は脱酸程度の大中小にしたがつて約 2.5%、2.0%、0.4% であつた。

つまり脱酸程度によつてパイプおよびその周辺の porous 部分の大きさがいちじるしく変化し、脱酸程度が強い程パイプの大きさが大きいことが明瞭に示されている。また、パイプの大きさはガス発生と密接な関係があり、パイプの大きさの調整は非常に微妙であることが推定される。

なお、キルド鋼塊のパイプの大きさは約 3.0% である。

次に、パイプ部分の位置、つまり鋼塊頭部表面からパイプ直下までの距離は、脱酸程度の大中小にしたがつて約 450mm、540mm、350mm となつている。

つまり、パイプ部分の位置は脱酸程度によりことなり脱酸程度小のものが一番浅く、脱酸程度中のものが一番深くパイプ部分を内蔵していることを示している。これは鋼塊凝固末期の気泡発生がガス圧が溶鋼の収縮におよぼす影響と考えられるが、興味深い事実である。

IV. 鋼塊内部の偏析について

サルファー・プリントおよびチェック分析による各元素の等濃度曲線図から次のことが認められる。

i) リムとコア

いずれの鋼塊もリムとコアの区別はなく、鋼塊全体が均質である。

ii) 逆V偏析

脱酸程度が大および中のものには逆V偏析が認められるが、脱酸程度小のものには認められない。

iii) 沈殿晶部の負偏析

脱酸程度が大および中のものには沈殿晶部の負偏析が認められるが、脱酸程度小のものには認められない。

iv) 鋼塊頭部の正偏析

鋼塊頭部の正偏析はパイプ部直下に集る傾向があり、偏析の程度は脱酸程度の大中小の順序で次第に増加する。なお、脱酸程度小のものには、パイプ部下方の porous 部分にもわずかながら硫黄の正偏析が認められる。

v) Bridge 下面の負偏析

脱酸程度が中および大のものにおいて鋼塊頭部のパイプの bridge 下面は負偏析を示している。このことはパイプ中に異物が存在しなければ非常に圧着しやすい状態にあるということができる。

以上セミ・キルド鋼塊の偏析状況は、脱酸程度によつてリム鋼とキルド鋼の間を巾広く変化することが認められる。したがつて、脱酸程度の調整により偏析状況を変えることが可能である。

また、脱酸程度の変化によつて逆V偏析を消失させると鋼塊頭部の正偏析が増すこととなり、両者の関係はたがいに相反する立場にあることが認められる。

また、逆V偏析および沈殿晶部の負偏析の生成は、単に脱酸程度によつてのみ支配されるものでないが、逆V偏析と沈殿晶部の負偏析はたがいに随伴して生成することが認められる。

V. 総 括

セミ・キルド鋼塊の内部性状は脱酸程度によつて変化し、脱酸程度の弱い場合はリム鋼に類似した性状をも

ち、脱酸程度の強い場合はキルド鋼に類似した性状をもつことが明らかにされた。

簡単に、脱酸程度の弱い場合および強い場合のセミ・キルド鋼塊の特徴をのべると、次のように考えられる。

脱酸程度の弱いセミ・キルド鋼塊は、凝固初期においてガス発生がきわめて小さいので、表面気泡が表皮近くに小さく発生するのみで、負偏析のリム層の発達認められない。ただ鋼塊頭部においては、ガス発生圧より溶鋼圧が相対的に小さくなるので、管状気泡が生成する。

凝固が鋼塊中心に進むと、ガス生成元素の濃縮により再びガス発生が認められ、鋼塊中心に porous 部分、鋼塊頭部のキルド鋼におけるパイプ部に数多くの気泡を生成する。したがって溶鋼の収縮によるパイプが存在せず、パイプ部分の容積はきわめて小さい。

この場合、ガス圧によつて鋼塊頭部が膨張して crown top を示し、また気泡発生により溶鋼が動き凝固が一樣に進行して、逆 V 偏析および沈殿晶部の負偏析ができない。たゞ、数多くの気泡の発生により、気泡内面は一般に純粋であるが一部に不純物が遊離して、鋼塊中心の porous 部および鋼塊頭部のパイプ部分に正偏析を生ずる。

次に、脱酸程度の強いセミ・キルド鋼塊は、凝固初期にガス発生がほとんどおこらないので、表面気泡および管状気泡ができない。

凝固中期においては、凝固速度が緩かになるため、不純物を多くふくむ熔融点の低い溶鋼は鋼塊頭部へ上昇し純粋な結晶が鋼塊底部に集り、いわゆる逆 V 偏析と沈殿晶部の負偏析が生ずる。

凝固末期においては、鋼塊頭部でガス生成元素の濃縮がおこりわずかではあるが気泡を発生し、溶鋼の収縮によるパイプとこれら気泡発生による porous 部分で鋼塊頭部のパイプ部分を形成する。したがってパイプ部分の容積は大きい。また、溶鋼の動きが少いのでマクロ的偏析が生じ難く、わずかにパイプ部分直下に正偏析をおこすにすぎない。なお、鋼塊頭部表面からの凝固で不純物は下方に析出するので、bridge 下面は純粋で負偏析を示し、鋼塊頭部はむしろ収縮気味で flat top となる。

結局、セミ・キルド鋼塊は脱酸程度により、以上のごときリムド鋼類似のものとキルド鋼類似のものを両極端として、両者の中間を巾広く変化しているが、このような鋼塊内部性状の変化は、脱酸程度の強弱がガス発生圧に影響し、このガス発生の時期およびその強さが鋼塊の凝固の状況を変化させることに基因するものと考えられる。

(24) キャップド鋼塊について

Mechanically-Capped Steel Ingots

H. Kajioka, et alli.

八幡製鉄所技術研究所

工 加藤 健・工 今井 純一

・工 広瀬 豊・工 梶岡 博幸

I. 結 言

キャップド鋼はリムド鋼に比し偏析が少く、歩留が高いので諸所で採用されていることは衆知のごとくである。キャップド鋼を特定な鋼種に適用した場合の文献はあるが、その根本的問題であるキャップド鋼塊の性状と製造要因の関係については多く調査されていないようである。一方、鋼塊が次第に大型化されしかも成品の均一性に対する要望が強くなるにつれてキャップド鋼がリムド鋼にとつてかわるような傾向が認められる。このような情勢に鑑み、キャップド鋼の適用鋼種やそれに応じた造塊型式決定の参考資料とするためにキャップド鋼塊の性状と製造要因の関係について若干の検討を加えた。

II. 実験の範囲

対象とした鋼塊は 60 t 塩基性平炉で熔解した C = 0.07~0.09%, Mn = 0.40~0.50% の徳利型 8 t 扁平鋼塊で取鍋での Al 投入量により脱酸の程度を変化させた。これらの鋼塊を切断時にはコーナーサンプルを取りソリドスキンの厚さ、リム部の厚さを測定し、偏析を調査した。

III. 実験結果および検討

(1) ソリドスキンの厚さ

熔鋼の静圧がある程度以上になるとリミングアクションが弱まり、発生するガスが気泡として残るようになる。熔鋼の静圧が管状気泡の発生を許す臨界値 (h mm) になるに要する時間は注入速度 (V mm/sec) によつて定まり h/V sec である。この時までには表面から凝固した厚さ ($k\sqrt{h/V}$ mm) がソリドスキンの厚さ (D_s mm) であるので、 $D_s\sqrt{V} = k\sqrt{h}$ なる関係がある。 h は脱酸程度および注入速度の函数であるが、 h mm におよぼす V の影響は比較的小さいから、脱酸度の尺度として取鍋投入 Al % を取り $D_s\sqrt{V}$ との関係を示すと Fig. 1 のごとくきわめて明瞭な関係があり、ソリドスキンの生成機構に関しては上述のごとき定性的な説明が可能であることが明らかになった。

以上取扱つてきたソリアスキンの厚さは表面から各気泡までの平均値であるが実際には注入流による湯面の動揺や鑄型の表面状況により凝固速度が局部的にことなる