

ingot scumはこのような凝固面における Mn 反応生成物を主体とする浮遊スラグのリミングアクションによる捲込みに起因するものと考えられる。したがってかかる残存熔鋼内のスカム粒子の浮上はリミングアクションの強弱とその持続時間に関係し、リム完成、頭部閉塞による頭部からの凝固の進行によつて妨げられるが、これらの関係を Fig. 3 にスラブ内層状スカムの深さを鋼塊に換算して各鋼塊の 90% 高さにおけるリミングアクションの継続時間との関係を示した。ここにリミングアクションの継続時間は次式で示される蓋置後のリミング持続時間である。

$$\text{蓋置後のリミング持続時間(sec)} = \frac{\left(\frac{\text{鋼塊 90\%位置でのリムの厚さcm}}{K}\right)}{-\text{蓋置時間 (sec)}}$$

K: 凝固係数であり 0.27 として計算した。

このように蓋置後のリミングの持続とともに徐々にスカムの浮上は完成し、18~20 分を過ぎると急速にスカムの浮上が完成しているが、これはリミングアクションのきわめて長い場合に起ると考えられるスカム粒子の凝集による浮上速度増大によつて説明される。すなわち、Stokes の法則にもとづいて計算するとこの領域のスカム粒子の平均径は 30 μ であり、初期領域のスカム粒子の平均径の 5 倍に相当する。

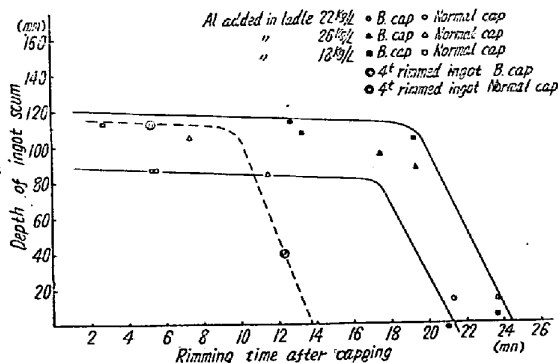


Fig. 3. Relation between depth of ingot scum and rimming time after capping.

IV. 総 括

1) リムド鋼のスラブ頭部の支配的欠陥は頭部 500~700 mm にわたつて存在する層状を呈するスカムと 250~500 mm に存在する mechanical pipe でありその分布は熔鋼の脱酸度に支配されることが確認された。

2) 半球形の窪みのある蓋はその適正なる使用により Ingot scum の浮上に有効であり、これに伴うコア部偏析状況の変化も必ずしも有害でないことが確認された。

3) リムド鋼塊内に存在するかかるスカムの生成とその浮上を支配する因子を明らかにした。すなわちスカム

の粒子の浮上は蓋置後のリミングアクションの持続時間に関係し、それを支配する熔鋼の性状およびスカム粒子の凝集によつて支配されると考えられる。

(31) 鋼塊の異常偏析について

On the Abnormal Segregation of Steel Ingots.

Y. Abe, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工 小池与作・工 武林英夫・工〇阿部泰久

I. 緒 言

灼熱炉内において鋼塊を倒立装入し灼熱炉内でのパイプ内面の酸化を出来るだけ防止すればパイプの圧着は容易となり鋼塊の圧延歩留りが向上する。また鋼塊のホールディングタイム, トラックタイムを出来るだけ短縮すれば熱経済の点より有利である。一方鋼塊の完全凝固前に鋼塊を転倒すると鋼塊内のパイプが移動し成品に悪影響をおよぼすことが知られている。鋼塊の早期動揺は異常な位置にパイプを移動させるだけの問題であるか, また他の悪影響をおよぼすか, これらの点について不明な点がある。鋼塊の早期動揺について 2, 3 の結果をえたのでここに報告する。

II. 実験方法

試験鋼塊は重量約 500 kg (頭部径 240 mm, 底部径 290 mm, 高さ 800 mm) の下広鋼塊であり実験に際しては同一チャージの熔鋼を 3 本ないし 4 本試験鑄型に上注し注入後完全凝固まで静置したものを標準に, 他の鋼塊は完全凝固前に早期動揺を行い鋼塊内部の偏析状況を調査した。実験は 3 回, 11 本の試験鋼塊につき行い鑄込条件は出来るだけ同一条件におさえた。熔鋼の化学成分はほゞ次のとおりである。C: 0.17~0.24%, Mn: 0.41~0.52%, Si: 0.08~0.12%, P: 0.09~0.12%, S: 0.030~0.032%, 試験鋼塊は完全凝固後垂直方向に切断し切断面をシーパーにて仕上げ研磨後サルファー・プリントおよび偏析部の顕微鏡検査を行つた。試験鋼塊の早期動揺は次のとおりである。

- (1) 垂直捲込み, 垂直凝固 (標準鋼塊)
- (2) 注入終了後 9 分にて転倒そのまま凝固
- (3) 注入終了後 12 分にて転倒そのまま凝固
- (4) 注入終了後 15 分にて転倒そのまま凝固
- (5) 注入終了 5 分後水平面に 5 回廻転, 垂直凝固
- (6) 注入終了 10 分後約 20°~30° に 5 回傾斜し垂直凝固鋼塊転倒に際し鋼塊頭部の外殻は完全に凝固して

をり熔鋼の流出現象は認められなかつた。

III. 実験結果

実験で得られた試験鋼塊中代表的なもののサルファー・プリントを Fig. 1 に示す。Fig. 1 で No. A 鋼塊



No. A No. B

Fig. 1. Sulphur print of A & B ingots.

は標準鋼塊で垂直鋳込み、垂直凝固のものであり S の偏析も少く良好な鋼塊である。No. B 鋼塊は No. A 鋼塊と同一チャージの熔鋼を注入後 9 分で転倒したものでパイプは注入時の鋼塊底部に移動してをり鋼塊の早期動揺の結果を示している。この No. B 鋼塊には No. A 鋼塊で認められない斑点状の S の偏析が認められ、この斑点状 S の偏析は鋼塊転倒の結果生じたものと思われる。No. A, B 鋼塊の鋼塊内部の偏析状況を Table 1 に、鋼塊内部より試料採取した箇所を Fig. 2 に示す。Table 1 において No. B 鋼塊内 2, 3, 4 の位置は Fig. 1 のサルファー・プリントで斑点状 S の偏析の現れた箇所であり化学分析によつても S が約 0.050% 前後の異常に高い値を示している。これら斑点状 S の偏析に注入終了後 9 分で転倒した No. B 鋼塊の外注入終了後

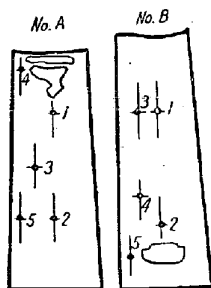


Fig. 2. Sampling position of A & B ingots.

つた。

これらの結果より斑点状 S 偏析はパイプの移動を伴うかなり過激な早期動揺を与えぬ限り現れないと見なされ

Table 1. Chemical composition of A & B ingots.

| Ingots | Position in ingots | C | Mn | Si | P | S |
|----------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|
| A | 1 | 0.26 | 0.46 | 0.06 | 0.011 | 0.037 |
| | 2 | 0.23 | 0.48 | 0.07 | 0.011 | 0.034 |
| | 3 | 0.25 | 0.48 | 0.07 | 0.014 | 0.037 |
| | 4 | 0.26 | 0.48 | 0.07 | 0.009 | 0.035 |
| | 5 | 0.24 | 0.48 | 0.07 | 0.011 | 0.034 |
| B | 1 | 0.23 | 0.47 | 0.06 | 0.011 | 0.032 |
| | 2 | 0.25 | 0.49 | 0.06 | 0.018 | 0.050 |
| | 3 | 0.26 | 0.49 | 0.06 | 0.016 | 0.048 |
| | 4 | 0.25 | 0.48 | 0.06 | 0.016 | 0.048 |
| | 5 | 0.26 | 0.48 | 0.07 | 0.013 | 0.036 |
| Ladle analysis | | 0.25 | 0.48 | 0.07 | 0.012 | 0.036 |

る。また S 以外の他成分については C, Mn は全く異常偏析を示さず P についても S のごとく顕著に現れていない。すなわち過激な早期動揺によつて異常偏析する成分は主として S と考えられる。

顕微鏡で検出される非金属介在物を調査すると、No. B 鋼塊のサルファー・プリントで斑点状 S 偏析の認められた箇所と No. A 鋼塊の比較的 S% の大なる箇所では硫化物の形態において、No. B 鋼塊でいちじるしく巨大化してをらず、むしろ一定視野の下で硫化物の数が No. A 鋼塊に較べて多い。

IV. 考察

鋼塊の凝固過程で先づ鋼塊の外殻が形成され次第に内部残存熔鋼の温度も降下する。熔鋼中に Mn の存在する場合温度降下に伴い FeS の大部分は MnS に変化し生成される MnS の量は次第に増加するであろう。このような場合に鋼塊を転倒すると内部熔鋼はかなり大きな動揺を受け介在物たる硫化物の凝集する機会は多くなる。また鋼塊頭部に存在する介在物中比較比重の軽い硫化物などは鋼塊転倒に伴い浮遊する傾向にあるだろうしこれら浮遊する硫化物が浮遊中に凝集することも考えられる。また転倒鋼塊で C, Mn 等の成分に異常偏析が認められず主として S に認められることは鋼塊転倒に伴う硫化物系介在物の凝集によると考えられる。このように残存熔鋼の温度降下に伴う MnS の生成と過激な動揺が斑点状 S 偏析の要因と考えられる。

鋼塊早期動揺においても単に水平面に動揺さすか傾斜動揺させる場合には内部残存熔鋼の動揺はそれ程いちじるしくないであろうし、不純物の凝集する機会も少いと見なされる。

一方鋼塊転倒に伴い偏析部の散在が考えられるが標準鋼塊での偏析より転倒鋼塊において異常な偏析が現れて

をり、これは単なる偏析部の散在したものと考えられない。

V. 結 言

500 kg 試験鋼塊を早期動揺し鋼塊内部に現れる欠陥として次の事項を認めた。

(1) 完全凝固前に鋼塊を転倒すると斑点状Sの異常偏析が現れる。しかし鋼塊早期動揺でも転倒のごとき過激な動揺を与えぬ限り異常偏析は生じない。

(2) 転倒鋼塊の斑点状S偏析の箇所は顕微鏡検査によると硫化物の数が多い。

(3) C, Mn 等の成分は早期動揺により異常偏析を生じない。

(32) キルド鋼塊偏析部の熱間変形能について

Hot-workability of the Segregation Zones in the Killed Steel Ingot

J, Kubodera, at alii

日本鋼管技術研究所

工 西尾好光・工 耳野 亨・〇久保寺治朗

I. 緒 言

キルド鋼塊内部には周知のごとく、横方向凝固で出来た柱状晶帯に続く樹枝状晶帯に存在する逆V偏析層、縦方向凝固で出来た自由晶帯と一部沈澱晶帯にわたり、収縮孔直下から連なるV偏析層と沈澱晶帯がある。逆V偏析層とV偏析層は層状偏析でかつ正偏析であり、沈澱晶帯は負偏析帯であることもよく知られているところである。これらの各偏析部の性状・生成過程については種々の研究があるが、熱間変形能についての報告はほとんど見当らない。本報では6t, 1.6t, 1tの鋼塊の各偏析部の熱間変形能について述べ、マンネスマン穿孔時の資料とした。ここで熱間変形能と定義するのは熱間加工時における疵の発生の難易を言うもので、変形抵抗に関しては触れない。

Table 1. Pouring condition of the test ingots.

| Ingot mark | Charge No. | Tap temp. (°C) | Mean pouring rate (mm/mn) | Ingot size (mm) | Chemical composition (%) | | | | | |
|------------|------------|----------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|------|------|-------|-------|------|
| | | | | | C | Si | Mn | P | S | Cu |
| A | 4780 | 1575 | 1200 Top poured | 650φ (590φ) × 2050 Big-End-Down | 0.17 | 0.18 | 0.40 | 0.011 | 0.029 | 0.13 |
| B | 5020 | 1642 | 123 Bottom Poured | 495φ (486φ) × 960 Big-End-Down | 0.23 | 0.27 | 0.60 | 0.018 | 0.017 | 0.17 |
| C | 4494 | 1630 | 195 Bottom poured | 345φ (335φ) × 900 Big-End-Down | 0.12 | 0.24 | 0.45 | 0.019 | 0.018 | 0.16 |
| D | 5383 | 1648 | 213 Bottom poured | 345φ (335φ) × 930 Big-End-Down | 0.15 | 0.21 | 0.53 | 0.029 | 0.022 | 0.19 |

II. 試 験 方 法

熱間変形能の試験方法としては簡単な熱間曲げ試験法を採用した。鋼塊各偏析部よりガス切断ならびに機械切削により5×15×55mmの試験片を切り出して、曲げ表面をベルトサンダーでNo. 100に仕上げた。試験片は実験用シリコニット電気炉で空気中で1h加熱後直ちに曲げた。加熱温度すなわち試験温度は鋼塊Aでは1000°C, 1100°C, 1200°Cの3水準とし、鋼塊B, C, Dは1250°Cとした。曲げは2段で行い、密着迄曲げその外周部に発生した裂疵の程度により変形能を判定した。この際加熱温度が1100°Cを越えると外表面一面にCuによる亀甲状の疵が発生するが、これは判定には考慮しなかつた。供試鋼塊の造塊条件をTable 1にまた各鋼塊からの試験片採出位置をFig. 1に示した。A-1とA-2は鋼塊表層部の試料で柱状晶帯に属する、A-3, A-4, A-5は逆V偏析層に沿って試料を採っており、A-6とB-1は収縮孔直下のV偏析層頭部である。A-7, B-2, C-5 D-7はV偏析層底部側で、A-8, B-4, C-6, D-8は沈澱晶帯に位置している。裂疵の判定規準は大裂疵・中裂疵

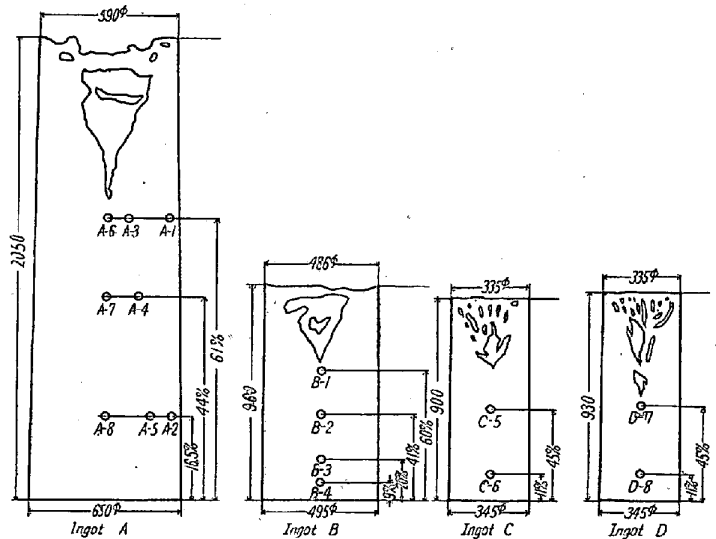


Fig. 1. Location of specimen in the test ingots.