

Fig. 3. The relationship between arc current and ingot weight.

的にはかり、電弧加熱を十分に活用するには、鋼塊形状あるいは鋼塊重量に見合った電弧発熱量の供給、すなわち電弧電流および通電時間などの最適値を決定することが重要である。

i) 通電時間

通電時間は鋼塊本体の完全凝固時間相当が限度であり、それ以上の通電を行つても意味はない。

Hot Top 鋼塊の完全凝固時間を算出すべき決定的な方法は確立されていないが、きわめて信頼性のある各算出法¹⁻³⁾によつて、8~20 t 級の扁平鋼塊の完全凝固時間を算出した。その結果によると、当所において現在使用している Open Top 鋼塊の完全凝固時間を求める式によつて算出した値は当然のことながら若干短いようであり、neumann および熱管理課の算出法で求めた範囲を Hot Top 鋼塊の完全凝固時間、すなわち通電時間と考える方がよいようである。

ii) 電弧電流

電弧発熱量は、通電時間（鋼塊の完全凝固時間相当が限度）および電弧電圧（人体への危険性を考慮すると 60V が限度）の最大値が一定していることから電弧電流に比例する。

文献⁴⁾⁵⁾によれば、2 t の丸型鋼塊では 750 A、また 6~15 t 級の扁平鋼塊では 1,400 A という電弧電流を鋼塊の完全凝固時間相当まで通電することによつて健全で、かつ歩留の良い結果を得ている。この場合の電弧発熱量は約 7,000 kcal/t であり、各鋼塊がこの所要の電弧発熱量を得るべき電弧電流を各電圧について算出し、その結果を Fig. 3 に示した。Fig. 3 から明らかなごとく現在当所で設定している電弧電流は鋼塊が必要とすべき電弧電流の約 50(%) であり、そのため若干の二次パイプが残留したものと考えられる。もちろん、待時間（注入後から通電を行うまでの時間）によつて電弧加熱の効果の程度はいちじるしく異なることは明らかであろう。

V. 結 言

i) 電弧加熱鋼塊は電弧直下に偏析成分の凝集、電極、促温剤による汚染により異常偏析を示すが、その範囲は非常に狭く分塊での切捨範囲である。

ii) 鋼塊本体は二次パイプの消滅、成分元素および介在物の偏析軽減が期待できる。

iii) 以上の結果より電弧加熱は歩留の高い健全な鋼塊を得る一手段であることが判明した。しかし、電弧加熱本来の有効性を十分に発揮するには、各鋼塊形状あるいは鋼塊重量に適した通電時間および電弧電流などの作業条件を選定することが望ましい。

文 献

- 1) E. MARBURG: J. Metals, (1953)2, p. 157~172
- 2) 熱管理課: 八幡製鉄熱資第 3 号, 1 (1959) 3
- 3) 吉田, 清水: 八幡製鉄技研報告, 11 (1960) 8
- 4) N. A. SANOK: Stal in English, (1959) 10, p. 754~757
- 5) HANS-JOACHIM: Stahl u. Eisen, (1963) 11, p. 1433~1440

669,141,241.2-412'621,746,464
(85) 四面式発熱保温剤の試験結果について

川崎製鉄, 千葉製鉄所

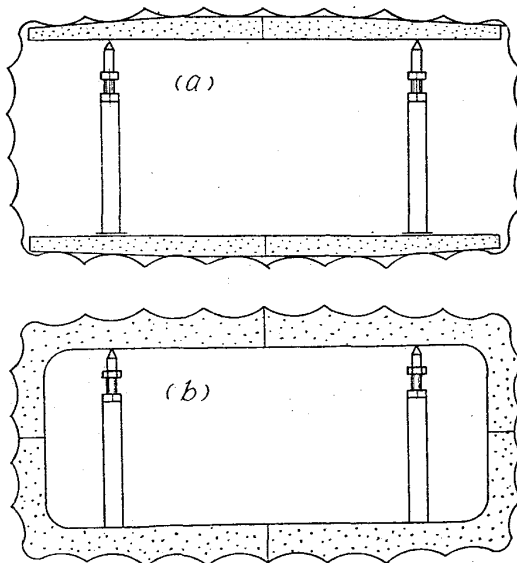
太田 豊彦・〇斎藤 達
小川 本善・深山 三郎

Study on 4 Slab Type Exothermic Hot Top.

Toyohiko Ota, Tōru Saitō,
Motoyoshi OGAWA and Saburo MIYAMA.

I. 緒 言

当社においてキルド鋼の造塊時に電弧押湯に代り、発熱性保温剤の使用を開始したのは 34 年であり、増設にともなつて従来のように台車を長時間固定出来ぬためからであつた。当時は電弧押湯に用いていた drop-in 鑄型をそのまま用いていたところから、4 面式のスリーブを用いていたが鑄型統合の必要上とコスト低減の目的な



(a) 2 slab type hot top.
(b) 4 slab type hot top.

Fig. 1. Schematic diagram of hot top setting.

どから、作業のやりやすい 2 面式にふみ切つた。 鋳型におけるセット状況は Fig. 1(a) に示した通りである。

しかしその後一部の鋼種については鋼板加工時に問題を生じ、鋳型長辺側両面に対してのみ発熱保温剤をセットしている 2 面式は押湯部の発熱保温力が不足であることが明らかになってきた。そこでわれわれは問題となつた鋼種及び鋳型について短辺方向にも発熱保温剤をセットするいわゆる 4 面式の採用を行つた経過を以下に説明する。 4 面式のセット状況は Fig. 1(b) に示した。

II. 試 験 結 果

i) 分塊歩留

われわれが先ず問題とした対象鋼種は特に板における加工性の厳しい低炭素アルミキルド鋼であつた。われわれはこの鋼種について重量および偏平度の異なる 3 種類の鋳型を対象に Table 1 に示したような組合せで水張り、2 面式保温剤、4 面式保温剤のテストを行つた。

テストの結果は Table 2 に示す通りである。これによれば C5C では水張りとは分塊歩留差が 1.6%、C8F では水張りとは 2 面式の差が 1.5%、水張りとは 4 面式の差が 3.2% であるのに対し、C10F では分塊歩留り差は 5.2% となつている。

以上の結果から分塊歩留だけを考えると大型鋳型の方が押湯の効果があるようにみえる。

ii) 超音波探傷による結果

次に分塊圧延後のスラブの超音波探傷試験による結果の代表的な例を Fig. 2 に示した。水張りまたは 2 面法についてはパイプが深く、かなり深部まで欠陥が残存されている。一方 4 面

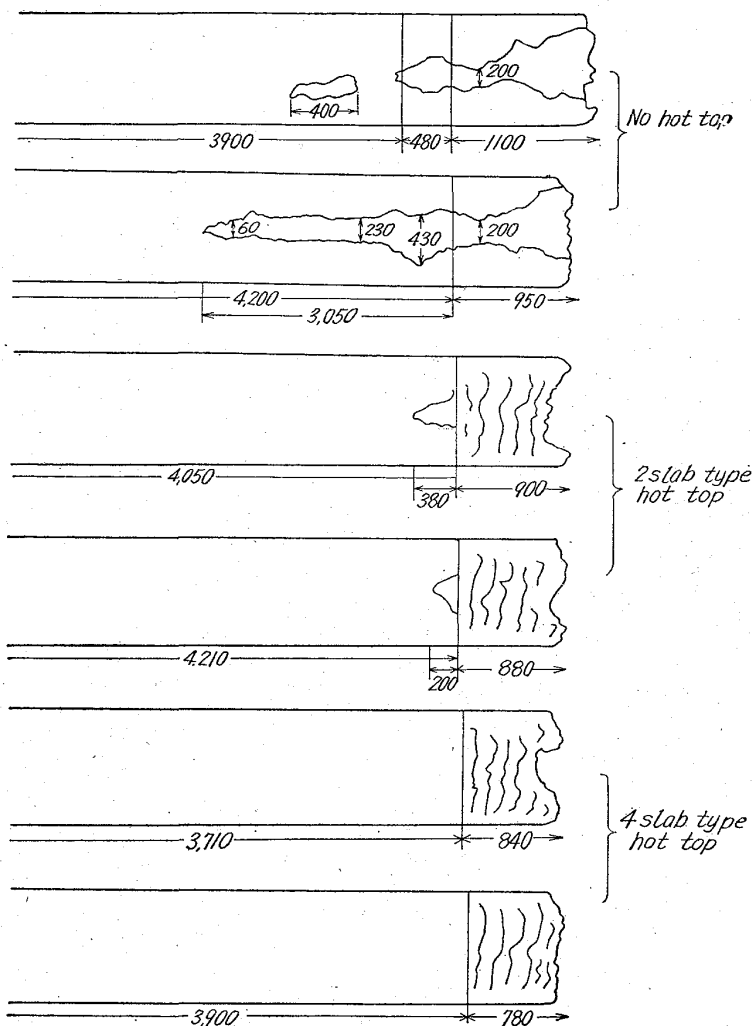


Fig. 2. Result of supersonic test.

Table 1. Arrangement of tests.

| Case | Weight (t.) | Number of test ingot | | | Number of test heats |
|--------|-------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | No hot top | 2 slab type hot top | 4 slab type hot top | |
| C 5 C | 6,000 | 3 | — | 3 | 3 |
| C 8 F | 9,500 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| C 10 F | 11,900 | 3 | 3 | — | 3 |

Table 2. Results of the tests.

| Case | Kind of hot top | Number of ingot | Yields of the slab |
|--------|---------------------|-----------------|--------------------|
| C 5 C | No hot top | 8 | 84.8 |
| | 4 slab type hot top | 9 | 86.4 |
| C 8 F | No hot top | 9 | 83.0 |
| | 2 slab type hot top | 9 | 84.5 |
| | 4 slab type hot top | 9 | 86.2 |
| C 10 F | No hot top | 9 | 81.2 |
| | 2 slab type hot top | 9 | 86.5 |

Table 3. Ingot dimensions.

| Case | Dimensions of the section | | Ratio | | Height. |
|--------|---------------------------|----------|-------|------|---------|
| | max. | min. | max. | min. | |
| C 5 C | 727×542 | 757×575 | 1.34 | 1.32 | 2300 |
| C 8 F | 1082×539 | 1112×573 | 2.01 | 1.94 | 2300 |
| C 10 F | 1343×546 | 1365×572 | 2.45 | 2.39 | 2300 |

法についてはほとんどパイプらしいものが残つておらず健全である。

以上の事実から 4 面法の効果の差は分塊歩留に示された差以上でありあとに示すような鋼板加工時における二枚板の事故発生危険性も非常に少ないことが考えられる。

iii) 鋼板加工時の問題

一方この鋼種の鋼板の加工時例えば切断、深絞り時における二枚板など、パイプに基づくと考えられる欠陥の頻度を図示すると Fig. 3 に示した通りである。この場合 C6F 以上の発生程度は C5C における発生割合を 1.0 として示している。各鋳型の寸法は Table 3 に示した通りであつて厚みがほとんどひとしいと考えられる

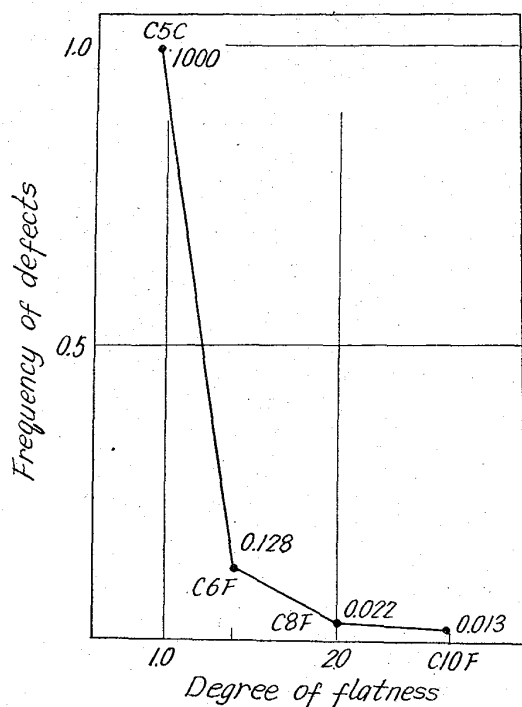


Fig. 3. Frequency of defects.

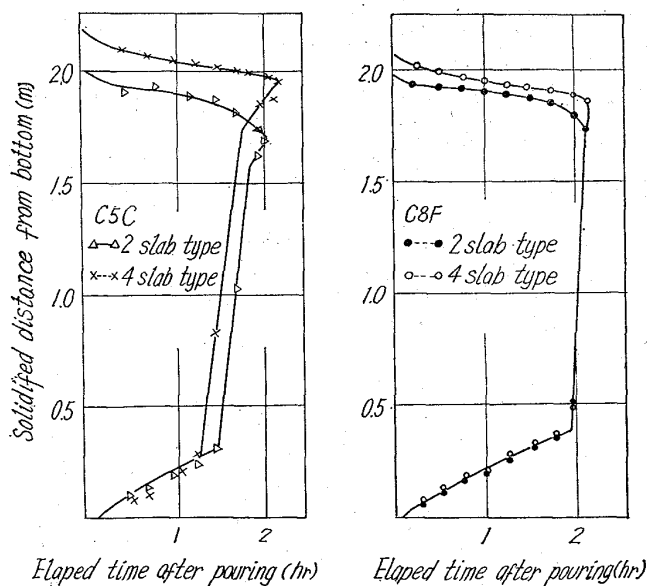


Fig. 4. Solidification curve.

から偏平度をパラメーターとした。ここでは偏平度の小さい C5C など小型の鋼塊に問題があることがわかる。

以上の結果より特に加工時の欠陥発生 の対策として C8F 以下の鑄型は 4 面式の押湯保温剤に切替え鋼塊内部の残存パイプを絶無になるように努めた。

III. 考 察

以上の各種の調査により問題点としては

- (1) 鑄型形状によつて二枚発生状況に差がある理由。
- (2) 2 面押湯, 4 面押湯によつて鋼塊の凝固型式がどのように異なるか。

これらの鋼塊の厚みについては前にも述べたようにほとんど差がない。同一厚みであつて偏平度が異なる場合

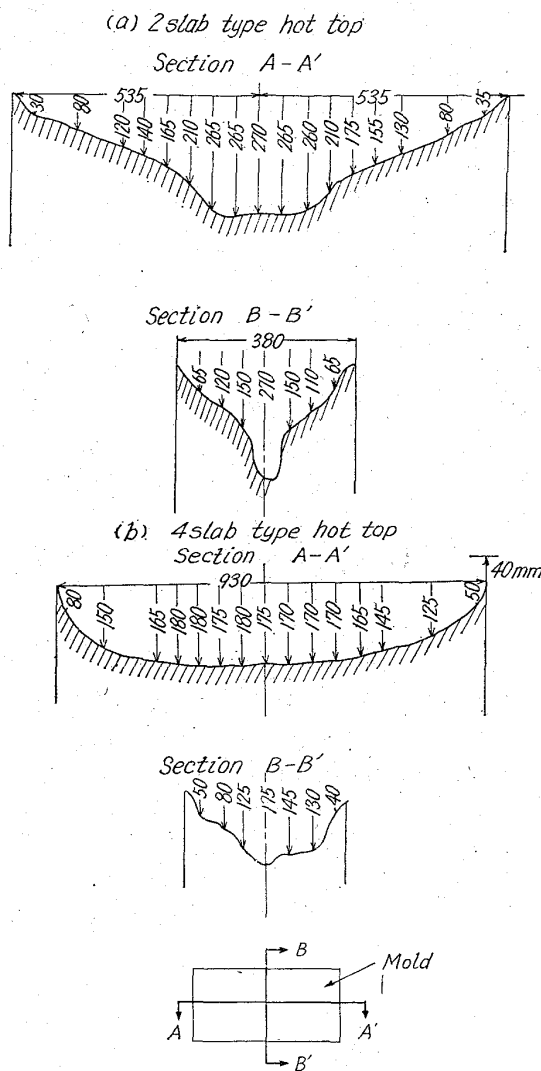


Fig. 5. Top condition after solidification.

の横方向よりの凝固速度については FLECKE¹⁾ 等によつて考察されており、偏平度が增大するほど凝固に要する時間は長くなる。従つてこれによつて最終凝固の方向は C5C のように正方形に近いほど横方向の凝固が優先すると考へられ、したがつてパイプその他 porous な部分の危険性が增大するものと思はれる。これについては他の多くの研究例²⁾³⁾ によつても裏づけられており、偏平度が小さいほどパイプの危険性が多いことは明らかになつている。

一方 2 面式押湯, 4 面式押湯の凝固については垂直方向における凝固速度を bar test によつて調査すると、Fig. 4 に示す通りであつて全く差がない。しかしながら最終凝固域については 2 面式の場合は上部湯面の中心軸部分が急激に沈降するようであり、これは上部押湯部分に対する熱エネルギーの供給不足あるいは断熱不足のためであることが考へられる。この点については鋼塊頭部における観察結果からも裏づけられる。Fig. 5 に示した通り 4 面式の場合は溶融範囲が広く、2 面式に比し中心収縮部分に対する押湯が充分であつたことがわかる。

IV. 結 言

以上より比較的横凝固が速やかであると思はれてい

る扁平度の小さな小型鋼塊において4面式押湯法の有効性が確認されたので低炭素アルミキルド鋼のC8F以下は4面式に切替えた。切替後比較的期間は短かいが事故の発生はほとんど起きていないようである。

しかしながら2面式と4面式ではかなりコスト差があるので今後は2面式で発熱力をさらに増す方向へ持つて行くか、断熱性主体の低価格保温剤の採用、あるいは取付方法の改良などによってコスト低減をはかっているところである。

文 献

- 1) J. R. FLECKE: Iron Age 160 (1947, Oct)
- 2) EDGAR MARBURG: J. metals, 157 (1953, Feb)
- 3) 森永, 北川, 佐藤, 星野: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1425

1538.3

669.14-4/2: 620.192.43: 621.746.558

(86) 鋼塊の逆V偏析におよぼす電磁攪拌の影響

No. 64248

(鋼塊の逆V偏析に関する研究—IV)

日本製鋼所, 室蘭製作所

工博 小野寺真作・〇平岡 昇・大西敬三

Effect of the Moving Electromagnetic Field on the Inverse V Segregation of Steel Ingot.

pp. 1762-1769

(Studies on the inverse V segregation of steel ingot—IV)

Dr. Shinsaku ONODERA, Noboru HIRAOKA, and Keizo ONISHI.

I. 緒 言

逆V偏析が重力の影響をうけて未凝固溶鋼の中を動き得ることはすでに述べたが¹⁾, これだけでは逆V偏析が未凝固溶鋼のプールの中に存在しており凝固前面と完全に遊離しているとするには証拠が少ないと思われる。そこでLANGENBERGら²⁾が発表した電磁回転凝固法を逆V偏析が形成されるような大きさの鋼塊に適用して, 逆V偏析が遠心力の場における浮力によって軸心方向へ移動するかどうかについて観察を加えることとした。

II. 実験方法

3相誘導電動機の回転子を抜き取り, 固定子を誘導攪拌子(以下単に攪拌子という)とする。攪拌子の中に非磁性の鋳型を装着し, 高周波炉で溶製した溶鋼を鋳込む。鋳込みと同時に攪拌子に通電して回転磁界を作り, その中で凝固を完了させる。なお同一チャージから同一形状の鋳型にもう1本鋳込み, 正常凝固させ, これを基準とする。

まず予備実験として, 22kg鋼塊(No. 1)において,

Table 1. Analysis of ingots teeted. (%)

| No. | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | Wt. (kg) |
|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|----------|
| 1 | 0.17 | 0.27 | 0.77 | 0.025 | 0.021 | 0.23 | 12.5 | 0.10 | 22 |
| 2 | 0.16 | 0.25 | 0.51 | 0.040 | 0.048 | 0.23 | 0.11 | 0.06 | 350 |
| 3 | 0.15 | 0.30 | 0.49 | 0.042 | 0.054 | 0.18 | 0.10 | 0.05 | 350 |
| 4 | 0.17 | 0.30 | 0.52 | 0.041 | 0.050 | 0.15 | 0.11 | 0.04 | 350 |

回転しながら凝固する範囲を確認する。次いで逆V偏析が形成される最小鋼塊サイズと思われる350kg砂型鋼塊(No. 2~4)について試験した。No. 2~4鋼塊では逆V偏析が形成しやすいように燐および硫黄の含有量を高くした。供試鋼塊の産出成分をTable 1に, 攪拌子および鍛型の仕様をTable 2に示す。

350kg鋼塊では攪拌子の鉄心長さよりも鋼塊高さがはるかに大であるが, 攪拌子の位置を鋼塊底部, 中央部および上部に変えて, 鋼塊の一部のみを回転磁界の中におくようにした。

鋼塊の調査方法はNo. 1鋼塊では横断面について塩酸腐食を行ない, No. 2~4鋼塊では縦断面および横断面についてサルファプリントおよび塩化銅アンモン塩酸腐食を行なった。

III. 実験結果

1. 22kg鋼塊による予備実験

Photo. 1にNo. 1鋼塊中央部横断面のマクロ組織を示す。回転磁界によって凝固中急速に回転していたのは径の約1/2の範囲から外側であり, 軸心部はあまり回転しないものとみなされる。

2. 350kg鋼塊による逆V偏析の観察

Photo. 2に攪拌子を底部においたNo. 2鋼塊縦断面のサルファプリントを示す。回転凝固したもの(b)では攪拌子鉄心の存在範囲には逆V偏析が認められない。これは鋼塊底部では逆V偏析が鋼塊周辺部で独立した相として形成されるので, 軸心部の流動性が良好のうちに

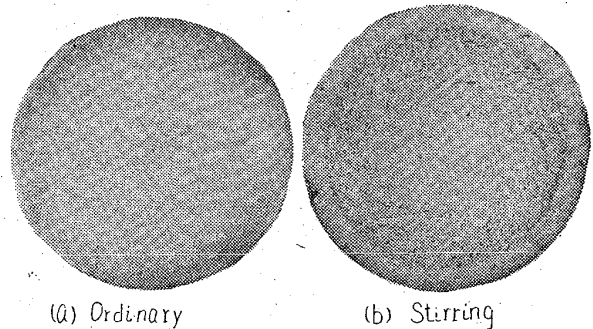


Photo. 1. Macrostructure of cross section of No. 1 ingots.

Table 2. Details of the electromagnetic stirrer and ingot mold.

| Ingot No. | Electromagnetic stirrer | | | | Ingot mold | | |
|-----------|-------------------------|-----------------|------------------|----------|----------------|----------------|-------------|
| | Power (HP) | Inner dia. (mm) | Core length (mm) | r. p. m. | Outer dia (mm) | Inner dia (mm) | Height (mm) |
| 1 | 45 | 215 | 150 | 1450 | 206 | 140 | 240 |
| 2~4 | 110 | 420 | 240 | 577 | 400 | 290 | 950 |