

鋼塊鑄型の温度分布と夫に及ぼす湯道煉瓦 噴出口の形状効果に就て

(昭和25年4月本會講演大會にて講演)

山 木 正 義*・須 關 昭 二*

THE TEMPERATURE DISTRIBUTION OF INGOT MOULDS AND THE EFFECT OF NOZZLE SHAPE OF RUNNER BRICK ON IT

Masayoshi Yamaki and Shoji Suseki

Synopsis:

There are several means to be taken to provide against occurrence of longitudinal crack in ingot moulds.

One of them is to design a mould so as to be heated as uniformly as possible at the time of casting steel.

The authors measured the temperature distribution of two or three moulds used at present in Tōto Steel Works, in order to get some data necessary to design a mould of new type. During this investigation, they recognized that the nozzle shape of runner brick has an unexpected effect on the temperature distribution of moulds. And they discovered that using proper nozzle shape, generally speaking, flat shape, instead of usual round one, a very good effect on the temperature distribution of moulds can be expected.

I. 緒 言

製鋼部門に於ける鋼塊用鑄型の経費は無視し難いものがあり極力之が節減に努めなければならぬが、鑄型の壽命に影響を與える因子は非常に多いので今日迄多數の研究結果が發表されているにも拘らず、實際に現場にとつて有益なる結論は必ずしも明確には見出されていない。又之等研究の大部分が主として鑄型の原料及鑄造法、化學成分及組織等に關するものであつて使用者側として直接参考となる所の鑄型の形状、使用法等に關するものは少い様である。當社の製鋼工場に於ける鑄型も其の大部分は鑄型の本質的缺陷である所の鑄鐵の成長に基因する fire cracking (crazing) を生ずるに至らずして、底部の縦割れ、熔蝕等に依り云はば本來の壽命を全うすることなく廢却されていた状態であり、特に戦後鑄型原料の品質低下が手傳つて此の傾向は極めて顯著となつた。而して底部の縦割れは鑄型材質の不良に依る事も勿論であるが主なる原因は設計上の不備と考えられる。以上の觀點に立つて鑄型の形状を改良する事により縦割れを防止し以つて鑄型の壽命を延長することを目的として本研究を開始した。先づ在來の型の鑄鋼時に於ける温度分布状態を測定した結果に就て述べる。之に依り鑄型各部分の不均一加熱に依り生ずる熱應力を定性的に考察し鑄型の

設計上考慮すべき要素を再検討して各種の資料を得ようとしたのである。又、以上の實驗を遂行中に、湯道煉瓦の熔湯の噴出口(上り孔)の形状が鑄鋼時の鑄型の不均一加熱に極めて大なる影響を與える事を見出した。依つて噴出口の形状に就ても若干の研究を行い、其の結果、鑄型自體の設計改良のみならず、噴出口の形状の改良に依つても或程度鑄型の均一加熱をもたらし得ることが判つたので、この點に就ても報告する。(紙面の都合上、約半數の圖面の掲載を省略してある)。

II. 温度測定法

使用した鑄型は當社に於て比較的成績不良とされている所の 300kg 鋼塊用單型、350kg 鋼塊用複型(俗稱メガネ型)、並びに 350kg 鋼塊用單型の三種類で、夫等の形状寸法は第 1, 2, 3 圖の如くである、之等は何れも下注法に依つて鑄込み、一つの定盤上に 36~48 本配置してある。(メガネ型は 24 本) 定盤上に於ける湯道の配列は第 4 圖の如くである。各試験型の定盤上に於ける位置は常に一定にし、同圖に示す如くにした。尙豫備實驗に依り定盤上の他の位置に鑄型を据えた場合にも同様な結果を得ることを確めた。温度測定のためには、豫め試験型

* 東都製鋼株式會社技術部

の所要個所にドリルで5.5~7mmφの小孔を穿ち、(孔の深さは目的に応じて後述の如く種々に變へた)之を上述の如き定盤上の位置に据え、0.5~1mmφのアルメル・クロメル又は白金、白金・ロヂウム熱電對を之等の孔に挿入し、孔の入口を耐火粘土で目塗りし外氣の侵入を防いだ。冷接點は砂中に埋めて可及的に外氣の温度變化の影響を防ぎ、更に寒暖計を挿入して補正した。數臺の温度計と共に切換スイッチを利用することにより一回の鑄込み時に最大8點まで測定出來た。鑄鋼と同時に30~60秒間隔で温度計をよみ、冷接點の補正を行つた上、温度對時間曲線を求め夫を基礎にして種々の温度分布曲線を作り検討した。第6圖は温度對時間曲線の一例である。

III. 試驗結果

(A) 鑄鋼時の鑄型の温度分布

(1) 300kg 鋼塊用單型ケースに就て

イ) 高さの方向の温度分布

第1圖に於てA₁~A₆(内面よりの距離30mm)の温度を測定して鑄鋼後の經過時間と高さの方向の温度分布との關係を求めたものが第5圖である。之に依れば、鑄型の中央部が最高の温度に達し、下注法なるに拘らず底部の温度が低い、之は定盤から逃げる熱が相當にある爲である。

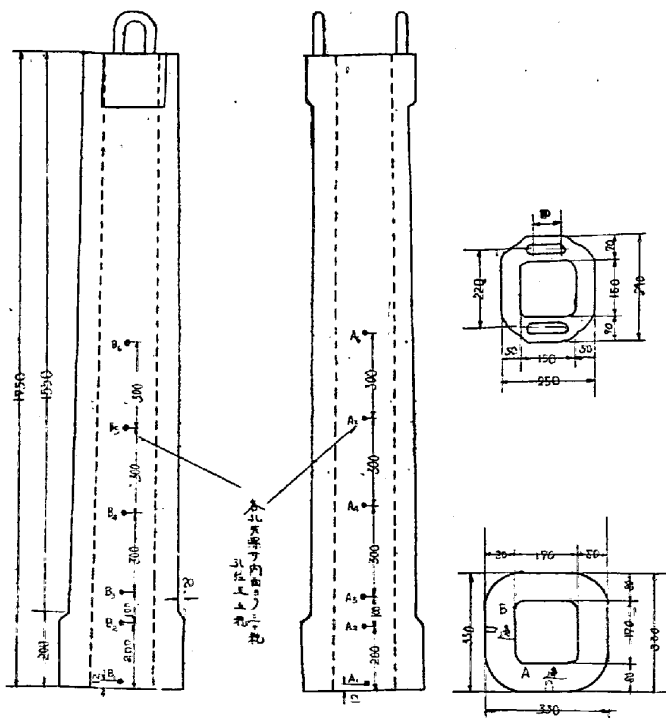


Fig. 1. 300kg 單型ケース

●は測定用孔位置を示す

ロ) A, B 兩邊の温度差

この300kg 鋼塊用單型を先に第4圖に示した如き定盤上の位置に据えた場合には、隣接鑄型の輻射熱の影響を蒙らず且つ、鑄型の斷面が正方形であるから、湯道に平行なるA邊と夫に直角なるB邊とでは、温度の上昇程度は等しくある筈である。然るに實際に測定した結果は鑄型の下部に於ては常にB邊の方がA邊よりも激しく加熱され、上部にゆくにつれその差が次第に減少することが判つた。即ち第6圖に示す如く、最低部では100°C以上の温度差があるが、之が上部にゆくにつれて次第に減少し約900mmの高さの所では温度差は全くなくなつてゐる。第7圖は鑄型の高さと兩邊の温度差との關係を明示したものである。斯の如く兩邊に温度差の生ずる

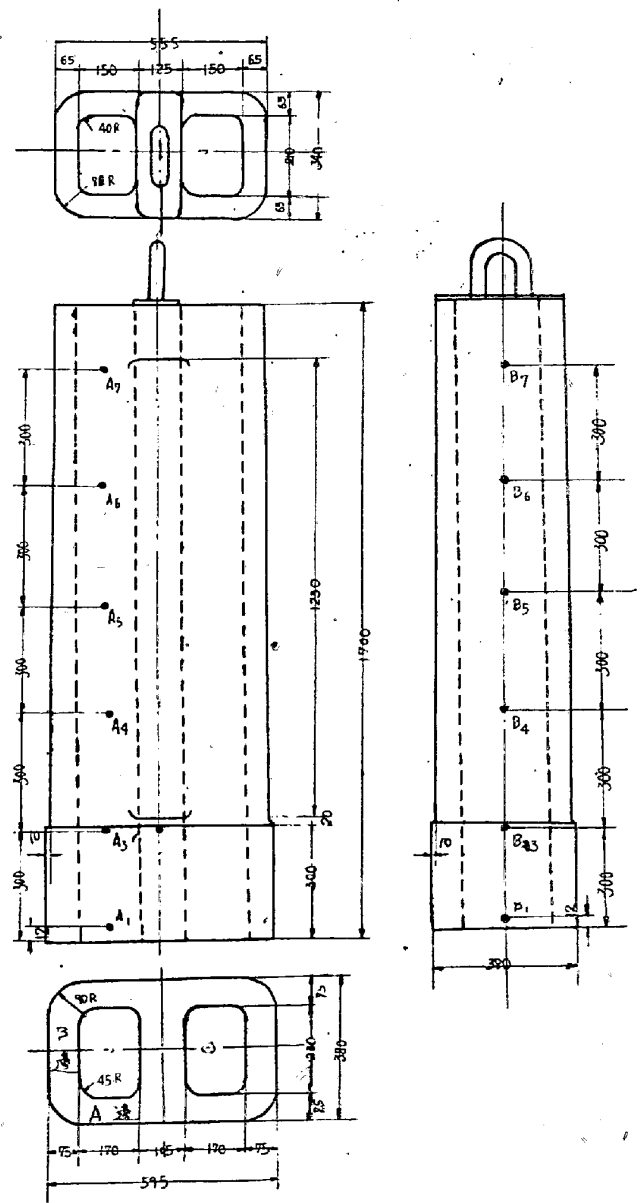


Fig. 2 350kg Ingot 用複型ケース

●は測定用孔位置を示す。深さは内面より35mmとす

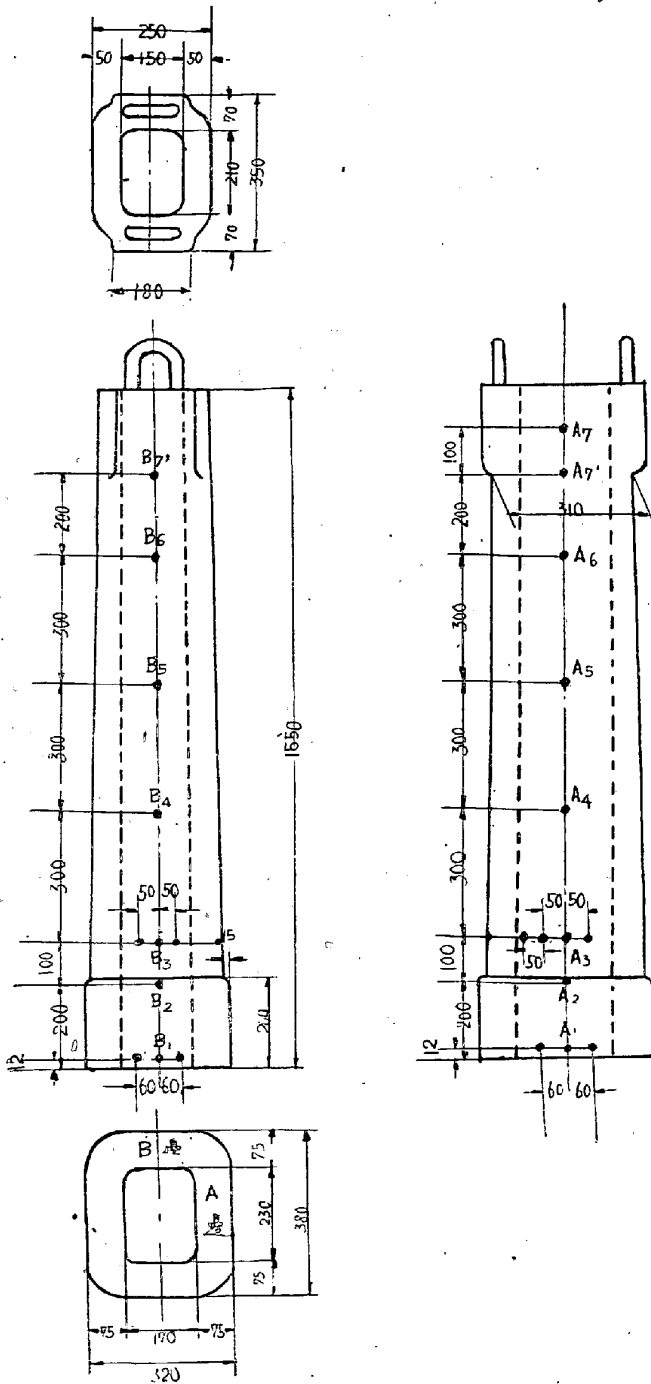


Fig. 3 350kg 用單型ケース

理由は、湯道煉瓦の噴出口から噴出する熔鋼の兩邊に對するあたり具合が異なる爲であろう、その證據として、後述する如く、噴出口の形状を適當に變えることに依つて兩邊の温度差を全くなくすることが出來たのである。

ハ) B 邊に於る水平方向の温度分布

B 邊の底面よりの高さが夫々 12mm, 300mm, 900mm の 3ヶ所に於て内面よりの距離がすべて 30mm の部分に於ける水平方向の温度分布を測定した結果は夫

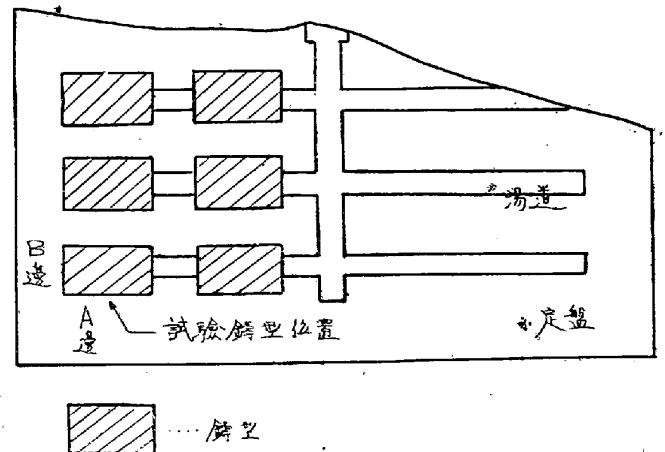


Fig. 4 鑄型配置の圖

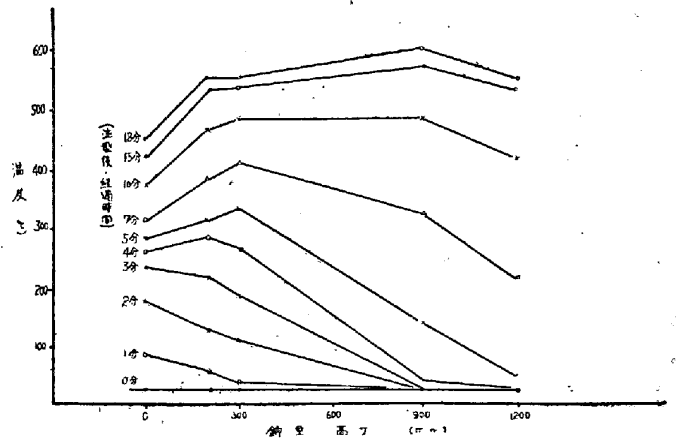


Fig. 5 300kg 單型ケースの高さの方向の温度分布

々第 8, 9, 10 圖(9, 10 圖は着略)の如くである。豫想される如くにすべての場合を通じて壁面の中心部が最高温度に達し、兩端に遠ざかるにつれて温度は下がるが、その差は案外に少く、最も著しい場合(第 8 圖)でも約 50°C 位である。又、この温度差は鑄型の上部にゆくにつれて減少している。例へば 900mm の高さの所では 10 分以上経過すると中心部より左右 40mm 位の所までは殆ど温度差は消失している。

ニ) 鑄型壁の厚さの方向の温度分布

A, B 兩邊の夫々中心線に沿つた種々の高さの所及びこの兩邊に挟まれた隅角部に於て深さの異なる數ヶの小孔を穿つて鑄型壁の厚さの方向の温度分布を測定した。先づ A 邊に就て底面より 12mm, 300mm の高さの所の温度分布は第 11, 12 圖(11圖省略)の如くであつて鑄鋼後 2~4 分経過した時に内外の温度勾配が最も激しく、夫以上経過すると勾配は幾分緩かになる。次に B 邊に就て底面より 12mm, 300mm, 600mm, 1200mm の高さの所の温度分布は第 13~16 圖(13, 15, 16 圖省略)の如くであつて、その傾向は A 邊の場合と同様である。特

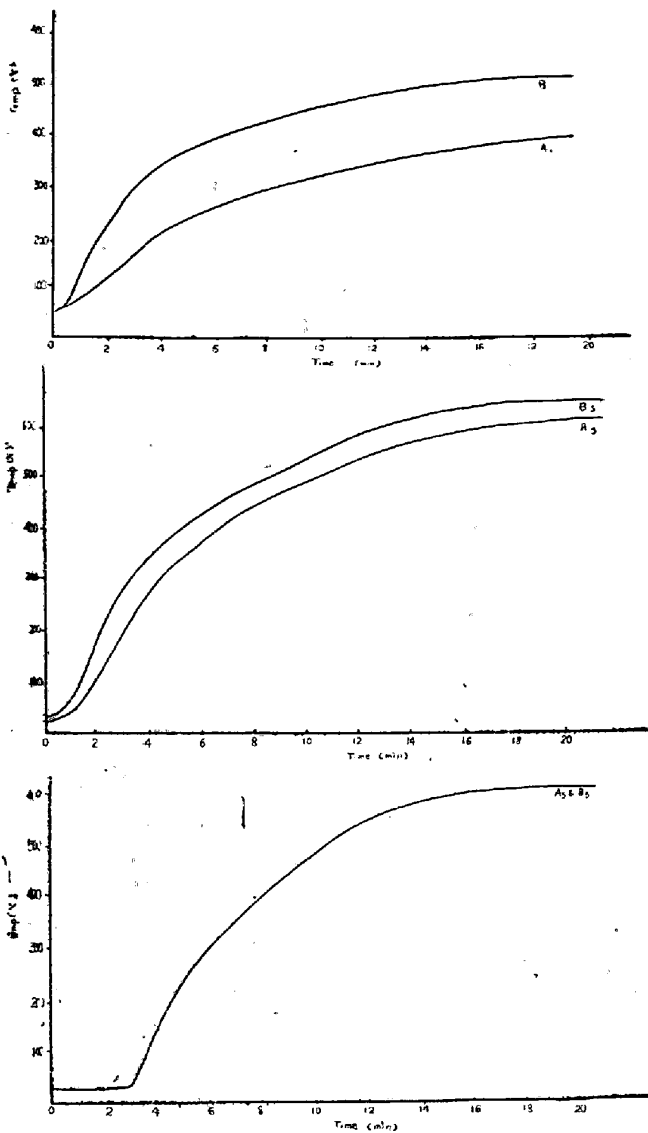


Fig. 6 300kg 単型ケースの A, B 兩邊の温度上昇曲線とケースの高さとの關係 (數字は第 1 圖に於る孔の位置を示す)

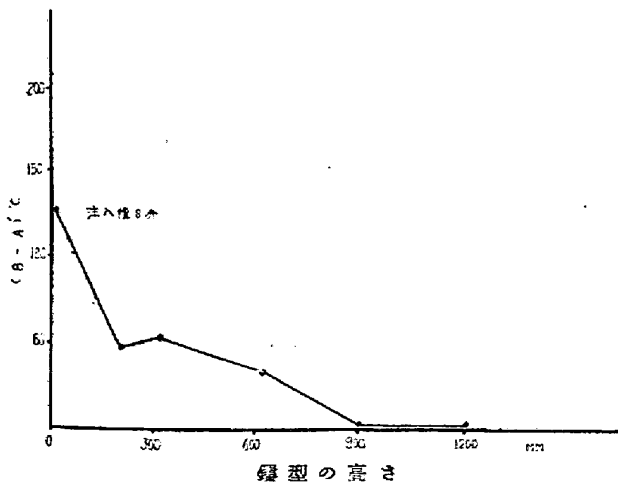


Fig. 7 300kg 単型ケースの A, B 兩邊の温度差とケースの高さとの關係 (注入 8 分後の温度差)

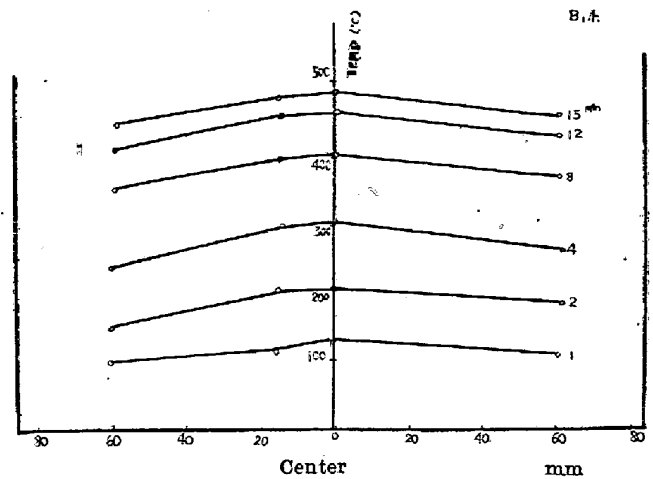


Fig. 8 300kg 単型ケースの底面より 12mm の高さに於る水平方向の温度分布

に、鑄型の上部に比し、底面より 300mm 位の高さの所が壁面の内外の温度差は最も激しい、更に、A 邊に比し B 邊の方が内外の温度差の著しいことも認められる。之は、縦割れを生ずる際には必ず先づ B 邊が先に割れる現象の説明になるであろう。最後に A, B 兩邊に挟まれた隅角部の底面より 600mm の高さの所の温度分布は第 17 圖(省略)の如くである。特に外面に近くなると急激に温度が下つているのが目立つ、之は隅角部の熱の放散性の大なることを示すものである。

(2) 350kg 鋼塊用複型ケースに就て

350kg 鋼塊用の俗稱メガネ型に第 2 圖に示す如く内面よりの距離 35mm の小孔を穿ち次の各項に就て測定した。

1) 高さの方向の温度分布

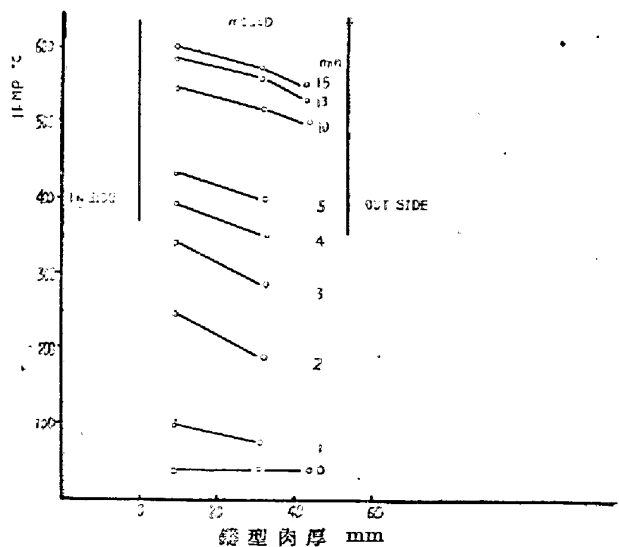


Fig. 12 300kg 単型ケースの鑄型壁の厚さの方向の温度分布(A 邊の底面より 300mm の高さの所)

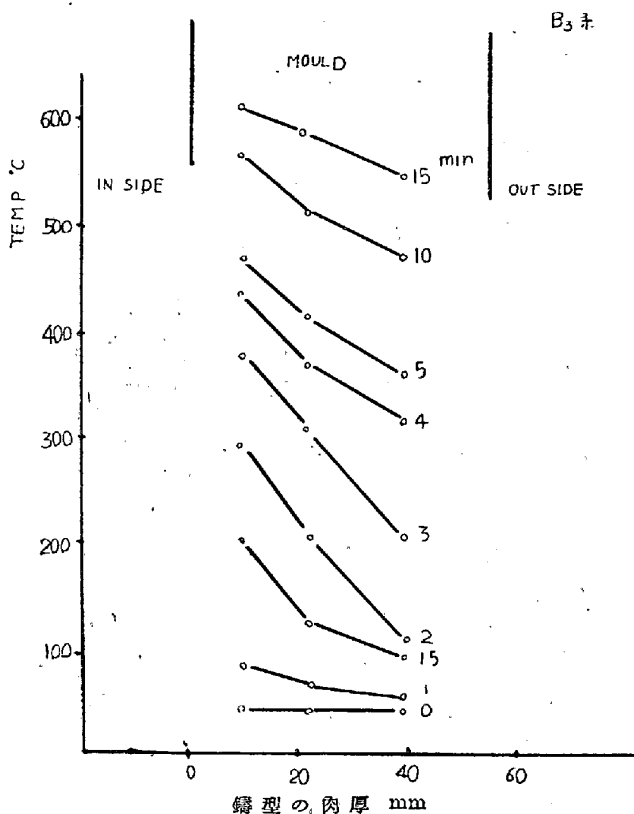


Fig. 14 300kg 単型ケースの鑄型壁の厚さの方向の温度分布(B邊の底面より 3000mm の高さの所)

湯道に平行なるA邊と夫に直角なるB邊の高さの方向の温度分布を測定した結果は夫々第 18, 19 圖(何れも省略)の如くである。前述の 300kg 単型に就て得た結果と略々同様で、A, B 兩邊とも底面より 600mm 位の高さの所が最高温度に達し、底部は豫想外に低い。又鑄型の下部に於ては、A 邊に比し湯當りの激しいと考えられるB邊の方が温度の上昇速度がやゝ速い傾向を示している。

ロ) A, B 兩邊の温度差

A, B 兩邊の温度差と鑄型の高さとの関係を求めた結果は第 20 圖(省略)の如くである。前述の 300kg 単型に於てはA, B 兩邊の長さが等しい爲に湯道の影響のみが現はれ、鑄型の高さ 900mm 位より上部では兩邊の温度差が無くなったのであるが、このメガネ型ではB邊の方がA邊に比し長いので湯道の影響に加うるに兩邊が不等なることが影響して單純なる結果は出て來ない。併し乍ら第 21 圖に依つても明かな如く、上部にゆくにつれて兩邊の温度差は次第に減じている。之は、上部では湯道の影響がなくなつてゐる爲で、夫でも尙 50°C 前後の温度差が残つてゐるのは、B邊の方がA邊より長い爲である。

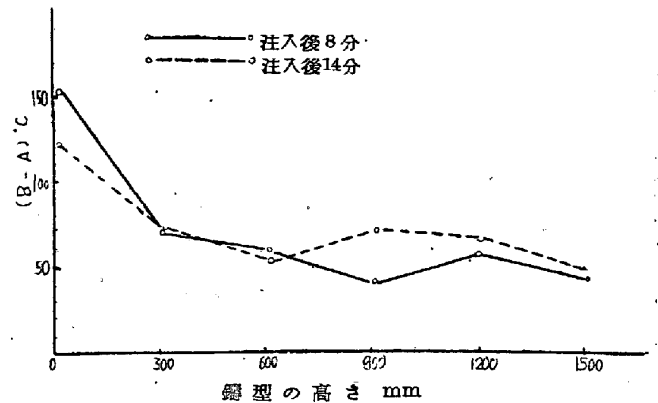


Fig. 21 350kg 複型ケースのA, B 兩邊の温度差とケースの高さとの関係

(3) 350kg 鋼塊用單型ケースに就て

イ) 高さの方向の温度分布

第 3 圖の如く内面よりの距離 30mm の小孔を穿ち、A邊の高さの方向の温度分布を測定した結果は第 22 圖(省略)の如くで、従來の型に就て見られたのと同様な傾向である。只、この型の高さは低くなつてゐる爲熔鋼が上部まで一杯に充たされるので、最高温度に達する部分が幾分上方へ移動し、底面より 900mm 位の高さの所になつてゐる。

ロ) A, B 兩邊の温度差

A, B 兩邊の温度差と鑄型の高さとの関係を求めた結果は第 23 圖(省略)の如くである。之を第 33 圖曲線(1)の如く書き直して見ると明かな如く、底部に於ては殆ど温度差を生ぜず、高さ 200mm 位の所より上部では湯道に平行なるA邊の方が夫に直角なるB邊よりも 100°C 前後高くなつてゐる。A邊よりもB邊の方が長いから、A邊の方が高温になるのは當然であるが、底部では、既に述べた如く熔鋼の噴出の影響がA邊よりもB邊の温度を高くするように働く爲、兩者の影響が相殺されて温度差がなくなるのである。

ハ) 水平方向の温度分布

前述の 300kg 単型に就て測定したのと同様に、この型に就てもA, B 兩邊の底面より 300mm の高さの所に於て水平方向の温度分布を測定した結果は夫々第 24, 25 圖(何れも省略)の如くである。偶角部に近い所では中央部に比し相當に温度が低く、偶角部の放熱性の大きなることを物語つてゐるが、大體に於て 300kg 単型に於ける場合と同様な結果である。

(B) 温度分布に及ぼす湯道煉瓦噴出口の形状効果

従來から用いられてゐる湯道煉瓦の噴出口の形状は圓形である。この煉瓦を用いて、正方形の斷面を有する

300kg 鋼塊用單型に鑄込んだ場合に就て、湯道に平行なる邊と夫に直角なる邊との温度上昇状況を比較すると、既に述べた如く明らかに差異を生じ後者の方が高い。而も鑄型の上部にゆくにつれてその差は減少し遂に消失するに至る。而してその原因は、丸い噴出口より噴出する熔鋼が四方に均等に噴出せずしてその流れが湯道に平行な方向と夫に直角なる方向とでは異り、従つて第4圖に於けるA邊とB邊とでは熔鋼の當り工合が異り、B邊の方に激しく當るためであると思われる。そこで、噴出口の形状を種々に變化させて熔鋼のA、B兩邊に對する當り工合を變へれば、最も適當なる形状の時には、兩邊が均等に加熱されるであろうことが考えられる。依つて、上に述べた三種類の鑄型に就て噴出口の形状を變化させて試験を行つた。實際問題としては實驗の便宜上、形状の最も單純な矩形を選び、その縦横の比 b/a を種々變化させた。(こゝで、 a, b は鑄型の兩邊のA、Bと夫々對應させてある) 又、鑄込速度、注入管の高さ等の他の條件を一定にしても、噴出口の斷面積の大小が相當に影響することも考えられるので、原則として從來用いられた圓形(徑30又は35mm)の場合と斷面積を等しくし形状のみを變へて實驗した。尙、噴出口の形状の効果は鑄鋼時にA、B兩邊の温度を同時に測定し、その温度差により示した。

(1) 300kg 鋼塊用單型ケースに就て

噴出口の斷面積を30mmφの場合と同じく一定に保ち、縦横の比 b/a を種々に變へた矩形として實驗を行つた結果、最も良好なる成績を挙げたのは $b/a=1.6$ (第26圖)の如き場合であつた。即ち斯様に偏平なる噴出口を用いたときは、鑄型の底部に於ける兩邊の温度差は僅に10°C位であり、底部より300mmの高さの所では既に温度差が完全に認められなくなつてゐる。之等の結果を圓形の噴出口を用いたときの第6圖と比較して見ればその効果は明かである。 b/a の値が之よりずつと大きくなつても小さくなつても成績は不良になる。例へば $b/a=2.2$ (第27圖)の場合には、圓形の時よりも却つて成績が悪い。

(2) 350kg 鋼塊用複型ケースに就て

噴出口の斷面積を35mmφの場合と同じく一定に保ち、 b/a の値を種々に變へて實驗したが第28圖の如く $b/a=1.7$ の時に相當良好なる成績を得た。この型では既述の如く、B邊の方がA邊より長い間その影響が入つて複雑になるが、夫でもこの場合の兩邊の温度差は50~60°Cであつて、之を圓形の時(第21圖)の150°C以上に比すれば、相當に減少している。次に極端に偏平

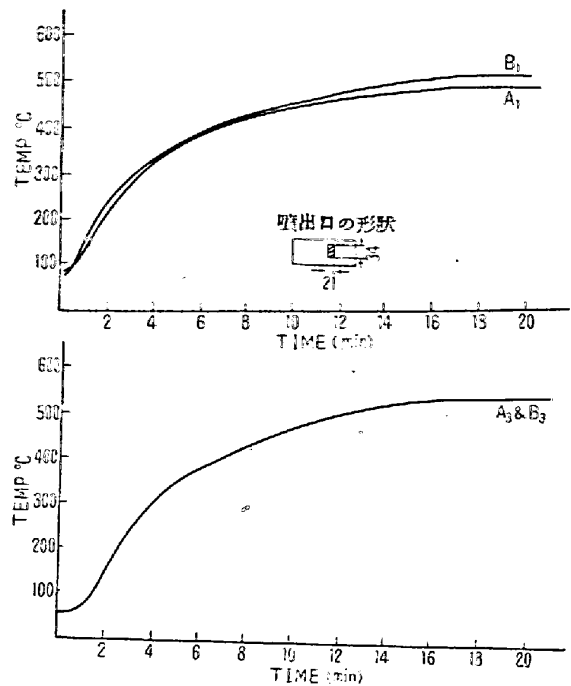


Fig.26 300kg 單型ケースに於けるA、B兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響
(數字は第1圖に於ける孔の位置を示す)

にした場合、即ち $b/a=4.3$ (第29圖、但し噴出口の下端の $b=40\text{mm}$ である、本文には省略)の時、及び $b/a=0.6$ (第30圖)の時は何れも圓形の場合と同様、又は夫以上の温度差を生じて居り、更に湯道の方向に偏平の度合を強くした ($b/a=0.23$)もの(第31圖)は却つて圓形の時よりも幾分温度差は減少している。

(3) 350kg 鋼塊用單型ケースに就て

この型に於ては、既に述べた如く、A邊の方がB邊よりも長いため餘計に加熱されている状態であるから。噴出口が圓形なる時より以上にB邊に熔鋼の當りの多くなる様な形状の噴出口を用いれば、圓形の時に比し更に鑄型の上方面で兩邊の温度差を減少せしめ得ることが推測される。依つて、斷面積を35mmφのときと同じくし、種々の形状に就て試験を行つたが、 $b/a=0.6$ (第32圖)なるとき底面より300mm位の高さの所まで温度差の極めて減少する成績を得た。又、之と同様に $b/a=0.6$ として斷面積のみをやゝ大にしたものを用いたときは、上記の成績よりは幾分悪いが、圓形の時よりは良好であつた。之等の關係は第33圖に依り明かである。

(4) 噴出口の形状効果に關する考察

以上の如く湯道煉瓦の噴出口の影響は意外に著しいことが明らかになつたが、主として300kg 鋼塊用單型(鑄型の斷面正方形)に就て得た實驗結果に基いて、その原因を簡単に考察する。先づ噴出口が圓形の場合には

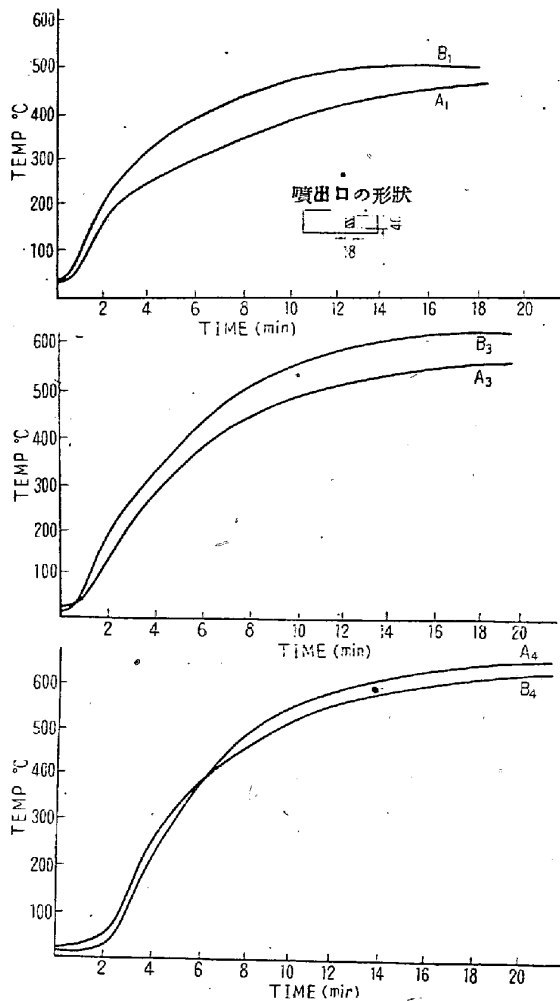


Fig. 27 300kg 単型ケースに於ける A, B 兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響 (数字は第 1 圖に於ける孔の位置を示す)

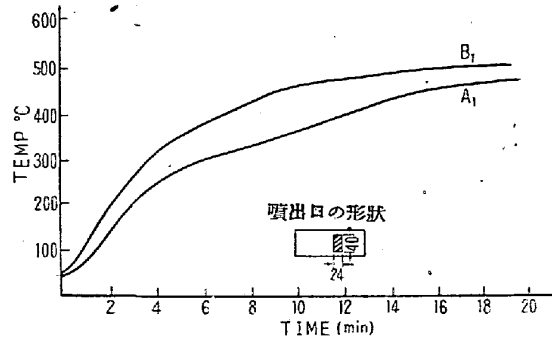


Fig. 28 350kg 複型ケースに於ける A, B 兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響 (数字は第 2 圖に於ける孔の位置を示す)

熔鋼は孔の周圍に均等に噴出すべきであると考えられるが、湯道に沿う熔鋼の流れの影響がある爲に流れに直角なる方向、即ち鑄型の B 邊の側に餘計に噴出し、従つて B 邊の方が熔鋼の流れに平行なる A 邊よりも熔鋼の當りが激しい、従つて B 邊の方が A 邊より温度が高くなる。

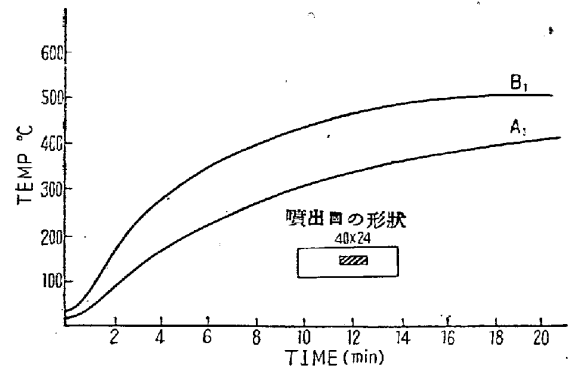


Fig. 30 350kg 複型ケースに於ける A, B 兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響 (数字は第 2 圖に於ける孔の位置を示す)

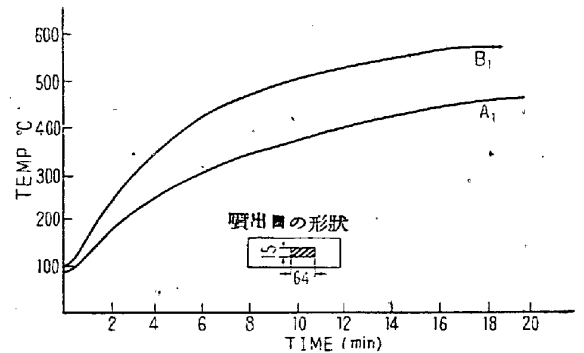


Fig. 31 350kg 複型ケースに於ける A, B 兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響 (数字は第 2 圖に於ける孔の位置を示す)

噴出口をやゝ偏平 ($b/a > 1$) にすれば熔鋼の流れの影響が抑制されてその當りが兩邊に等しくなり A, B 兩邊の温度も等しくなる。然るに更に極端に偏平にすれば ($b/a \gg 1$) A 邊側の孔の幅は非常に狭くなり相當に粘性のある熔鋼は噴出しにくくなり、従つて再び A 邊側の湯當りが減少するから、A 邊の方が温度が低くなる。又、噴出口が熔鋼の流れの方向に偏平なときは ($b/a < 1$) 熔鋼の流れの影響がより一層効く爲に兩邊の温度差は圓形の時に比しやゝ増加している。然し乍らこの場合にも更に極端に偏平にする時は ($b/a \ll 1$) 前述したのと同じ原因で B 側の熔鋼の當りが減少する爲に、兩邊の温度差は幾分減少すると思われる。

之を要するに、個々の鑄型の形状及び鑄型と湯道との相對的位置の關係を考慮して、適當な形状の噴出口を用いれば、從來の圓形噴出口の場合に比し、鑄型の均熱に對して相當程度に良好な効果を得られることが明らかになった。特に、300kg 鋼塊用單型の如く断面が正方形のものに對しては効果が著しく大である。又、こゝでは便宜上矩形の噴出口に就て實驗したが、必ずしも矩形でなく楕圓形、菱形等の所謂偏平なる形状のものならば同様の

効果があると思われる。

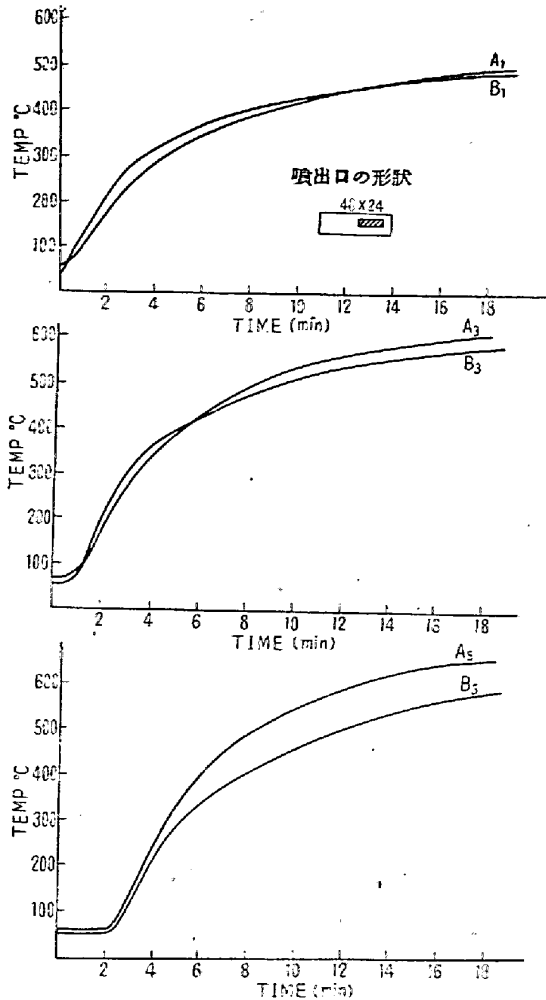


Fig.32 350 単型ケースに於ける A, B 兩邊の温度差に及ぼす噴出口の形状の影響 (数字は第3圖に於ける孔の位置を示す)

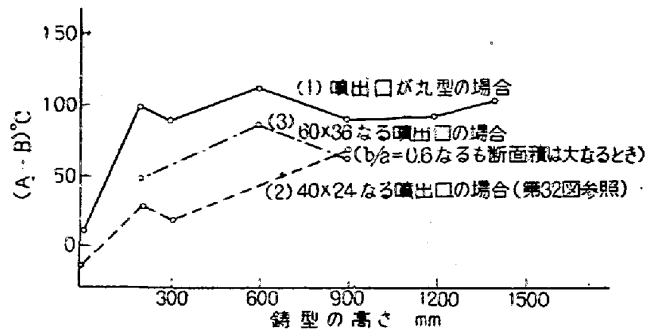


Fig.33 350kg 単型ケースのA, B兩邊の温度差とケースの高さとの関係

IV. 結 言

鑄型の縦割れ (Cracking) を防止する爲の一つの手段は鑄鋼時の鑄型が成るべく均一に加熱されるように鑄型を設計することである。その爲に、先づ當社在來の鑄型のうち二、三のものに就て鑄鋼時の温度分布を測定した結果に就て述べた。更に、本研究の對象になつた様な比較的小鋼塊を下注法で鑄込む場合には、湯道煉瓦の噴出口の形状が鑄型の加熱に對して著しい影響を及ぼすことを認め、その形状を適當に選定することが鑄型の均一加熱に極めて効果の大なることを確めた。

終りに臨み本研究の遂行に際し多大の御援助を仰いだ當社幹部の方々に謝意を表する。

(昭和 25 年 7 月 寄稿)

8 月 號 論 說 豫 告

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1. 熱診断結果による鋼材加熱爐の能率上昇..... | { 設 樂 正 雄
岡 田 小 一 |
| 2. ゼンマイ材料の熱處理に関する二三の問題..... | { 三 島 德 七
三 橋 鐵 太 郎
淺 野 榮 一 郎 |
| 3. 電氣爐鑄鐵の性質に就て (II)..... | 木 下 禾 大 |
| 4. 特殊鑄鋼の研究 (IV)..... | 三 ヶ 島 秀 雄 |
| 5. 鋼鑄物の鑄肌に就て..... | 西 原 初 馬 |
| 6. バネ材料に関する研究 (III)..... | 堀 田 秀 次 |