

Fig. 3. Structure of ingot corner.

を Fig. 2 に示したが割れに沿つて sulphur の偏析が認められた。

つぎに各鋼塊 corner の結晶構造を調べてみた。Fig. 3 は各鋼塊の底から 500mm の高さの横断面の結晶状況を示したものである。Fig. 3 の A および A-1 では corner 附近の柱状晶の方向が鑄型面に垂直でなく corner の方に傾いており chill 層も若干薄くなつてゐることが認められた。このことから A-2 型では A および A-1 型に比較して corner での熱抽出効果が強く丈夫な skin を作るものと考えられる。

(81) 鋼塊凝固時の空隙形成について
On the Air Gap Formation During
Ingot Solidification

J. Imai, et alius.

八幡製鉄所, 技研 理 堀 川 映 二
工 今 井 純 一

I. 緒 言

鋼塊の凝固時に鋼塊と鑄型との間にできる空隙は、鋼塊の凝固時間を支配する重要な因子である。われわれは鋼塊表面、鑄型内表面間の温度差の変化を熱電対を用いて測定し、更にこの熱流の変化に理論的な検討を加え

た。その結果、鋼塊と鑄型の分離は鋼が鑄型壁に接触した瞬間にできる微小空隙の形成と、その後の凝固の進みによる鋼塊の収縮と鑄型の膨脹のために起る分離との 2 段階にわけられ、熱の流れの変化に大きな影響を与えるのは後者の方で、その時の熱流の変化の状況は

$$Q(t) = \theta \alpha \left\{ 1 - \phi \left(\frac{A}{\sqrt{t}} \right) \right\}$$

$$= \frac{\alpha}{C_2 \rho_2 \sqrt{k_2 \pi}} \int_0^t \frac{Q(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau \text{ (詳細は本文にあり)}$$

によつて説明され、この熱の流れに影響する鋼塊、鑄型の分離時間に鑄型予熱温度が影響を与えることを明らかにした。

以上の検討の結果、鋼塊の凝固時間の評価の近似度を現段階よりさらに一層上げうる見透しがついた。

II. 実 験

当研究所試験電弧炉で熔製した普通炭素鋼を、高さ 470mm, 平均内径 180mm 中, 肉厚 60mm の鑄型に下注し、100kg Open Top 鋼塊を作り、鋼塊および鑄型の温度測定を行つた。

本実験では、鑄型温度を 40°C ~ 230°C の間に变化させ、その他の造塊条件はできるだけ一定にして測定を行つた。

III. 実験結果およびその検討

(i) 鋼塊表面および鑄型内表面の温度変化

鋼塊表面および鑄型内表面の温度測定結果を Fig. 1-(a) に、鋼塊表面および鑄型内表面の温度差の変化を Fig. 1-(b) に示す。

鋼塊表面の温度は、熔鋼が測定点を通つた後 6 秒を経過すると、1300°C 位となり、その後 1~2mm 間に 1150°C ~ 1200°C になりその後は徐々に温度が下がるが、鑄型内表面の温度が急激に下降する頃に約 5°C 程度温度が上がる。その後の温度降下は非常に緩慢で凝固終了時には 1000°C ~ 1180°C である。

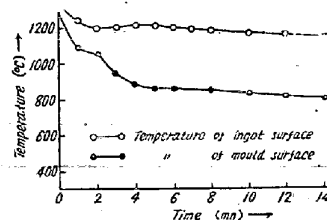


Fig. 1-a. The temperature of ingot surface and mould surface.

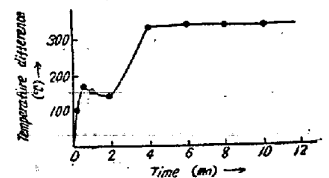


Fig. 1-b. Temperature difference between ingot skin and mould surface.

鑄型内表面の温度は、熔鋼が測定点を通つた瞬間には、鋼塊表面の温度と見合う程度迄上がるが、通過後 1~

2分間に急激に下り、その後の温度降下は緩慢となり、さらに時間が経過すると再び温度が急激に降下し、この近傍を過ぎた後の温度降下は凝固が終る迄緩慢になる。

鋼塊および鑄型間の温度差の変化は Fig. 1-(b) に示されているごとく、熔鋼と鑄型とが接触してから10~30秒を経過すると、それ迄増大傾向を示してきた温度差は減少し始め、ここに極大点を生ずる。そしてさらに時間が経過すると温度差が極小になる点を生じ、最後には殆んど一定となる。

(ii) 空隙ができた後の熱の流れについて

今鑄型の温度を θ_2 とし、 θ_2/x で時間 t の時の界面から x なる距離にある点の温度を表わす。この θ_2 を $\theta_2 = \theta_2' + \theta_2''$ の二つの部分にわけて考える。 θ_2' は空隙ができる迄に鋼塊から鑄型に流入した熱によつて規定される温度で、 θ_2'' は空隙ができてから、鋼塊から鑄型に輻射によつて流入した熱量によつて規定される温度である。

今、鑄型が無限の大きさを持ち、分離前の鋼塊表面温度と鑄型予熱温度との差を θ とすると θ_2'/t^0 は

$$\theta_2'/t^0 = \theta \cdot \phi \left(\frac{A}{\sqrt{t}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$\left[\frac{A}{\sqrt{t}} = (Q_0/c_2\rho_2\theta)/2\sqrt{k_2t} \right]$$

c_2 : 鑄型の比熱, ρ_2 : 鑄型の密度, k_2 : 鑄型の熱拡散度, Q_0 : 空隙ができる迄に鑄型に流入した熱量

また、 θ_2''/t^0 は時間 τ の時に 1cm^2 当り 1分間に流入する熱量を $Q(\tau)$ とすれば、 $Q(\tau)$ が蓄積されて、鑄型の内表面の温度の上昇を表わす量で

$$\theta_2''/t^0 = \frac{1}{c_2\rho_2\sqrt{k_2\pi}} \int_0^t \frac{Q(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau \dots \dots \dots (2)$$

π : 円周率

そしてまた、任意の時間 t に鋼塊から 1cm^2 当り 1分間に輻射によつて流れ込む熱量 $Q(t)$ は

$$Q(t) = \alpha(\theta - \theta_2/t^0) \dots \dots \dots (3) \quad \alpha = 0.52$$

であるから、(1), (2), (3) 式から

$$Q(t) = \theta\alpha \left\{ 1 - \phi \left(\frac{A}{\sqrt{t}} \right) \right\} - \frac{\alpha}{c_2\rho_2\sqrt{k_2\pi}} \int_0^t \frac{Q(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau \dots \dots \dots (4)$$

となる。

今、この式を鑄型温度 100°C 、注入温度 1570°C 、空隙が注入後 1.5分 でできたとしてとくと、Fig. 2 の様な曲線がえられる。これによれば、 $Q(t)$ の値は空隙ができてから急激に上昇し、数分するとほぼ一定の値に

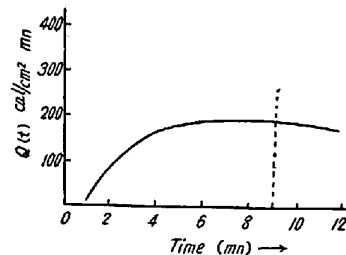


Fig. 2. The rate of heat flow ingot to mould after air gap formation.

達して凝固完了迄 (図中に点線で示す時刻迄) その変化は非常に小さい。また、鋼塊表面および鑄型内表面間の温度差は $Q(t)/0.52$ であり、 $Q(t)$ が時間によつて変化しなくなつてからの温度差をこれによつて計算すると 360°C となり、鑄型予熱温度 100°C の場合の実測値 ($330^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$) と良く一致する。そしてまた、この曲線の形状は先の実験曲線の形状と良く似ている。

(iii) 鋼塊、鑄型間の空隙形成機構について

Fig. 1-b に示されている曲線の極小点以後の熱の流れは、以上の考察で明らかになつたが、それ以前の熱の流れについては十分な説明を加えることができないが、曲線の形状から推察して、ここでは熱が輻射で伝達される様な大きな空隙はできていないと考えられる。以上のことから、空隙形成機構にはつぎの2段階のあることが予想される。すなわち、

a. 熔鋼が鑄型壁にふれた瞬間におこる凝固による微小空隙の形成

b. その後の凝固の進みによる鋼塊の収縮と鑄型の膨脹のために起る鋼塊および鑄型の分離である。aの方はFig. 1-b に示されているごとく温度差も比較的小さく、時間的にも短い、bの方は鑄型に流入する熱流は $190\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{mn}$ で、鋼塊と鑄型が完全に接触している場合の同時期における $300\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{mn}$ に比べて著るしく小さくこの型式の熱伝達 (輻射) を行う時間は長い。それゆゑ、鋼塊の凝固に影響を与えるのは後者の方である。従つて今後は、Fig. 1-b の極小点で大きな空隙ができるとし、それ迄の経過時間を空隙形成時間と呼ぶことにする。

(iv) 鑄型予熱温度と空隙形成との関係

(a). 空隙形成時間は Fig. 3 に示されているように鑄型予熱温度によつて変化し、予熱温度 $100 \sim 150^\circ\text{C}$ の時に最も早くはなれる。

(b). 空隙形成後 $Q(t)$ が一定となつてから凝固終了迄の鋼塊鑄型間の温度差の平均値は鑄型予熱温度によつて変化し、この変化は、さきの理論計算による値と良く

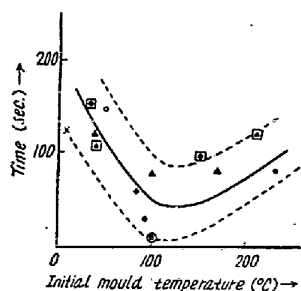


Fig. 3. The effect of initial mould temperature on air gap formation times.

を与えるのは後者の方で、その後の熱の流れは(4)式で説明される。

(ii) 鑄型予熱温度によつて空隙形成時間は変化し、空隙形成後の熱の流れもこの予熱温度に関係する。

(82) 新設平炉工場の建設と操業について

The Construction and Operation of New Open Hearth Furnace Shop in Kawasaki Iron Works, Nippon Kokan Kabushiki Kaisha

J. Shiramatsu, et alius.

日本鋼管, 川崎製鉄所

工 酒井 重雅・工〇白松 爾郎

当社川崎製鉄所平炉工場は大正2年20t平炉2基をもつて発足し、その後漸次拡張を行い40t平炉5基50t平炉4基80t平炉1基110t平炉(2また出鋼樋付)1基合計11基を有していた。

昭和29年当社合理化計画の一環として、小型平炉6基を撤去し、固定式塩基性120t炉3基を有する新平炉工場を建設することに決定した。同年11月撤去工事に着手し、爾来順調な工事を進め昭和31年6月第1基目を完成し9月に全基完成した。

新設平炉工場設備の特長ならびに操業上の特記事項を列記すればつぎの通りである。

設備の特長

当工場は炉体の極く一部を除き全部当社において設計しその製作も国内で行った。

1) 建築および土木

a) 建屋に極力溶接工法を利用し材料の節約と工事の簡素化を計った。

一致する。

IV. 結 言

以上の結果を総括すれば
(i) 鋼塊と鑄型との間の空隙形成は、熔鋼が鑄型に接触した瞬間にできる微小空隙の形成と、その後の凝固の進みによる鋼塊の収縮と鑄型の膨脹のために起る分離との2段階にわけられ、熱の流れに大きな影響

b) 地盤不良のため建屋の主要柱15本および炉体基礎3本はケーソン方式を採用し地下約30mまで掘り下げた。

c) 地下水水位が高いため下炉の防水コンクリートは完全なる2重壁とし、浸水防止の完璧を計った。

2) 炉体設計

設計に当つては内外の平炉を参考とし、簡素を旨とした。特に熱効率の向上を計るため前記の下炉防水の完璧を計ると共に、稼働率の向上を企図してつぎの方式を採用した。

a) 鋼滓室および蓄熱室天井には大型平炉としては国内初めての吊構造を採用した。

b) 炉体金物は溶接により連結して変形防止を計ると共に、平炉天井の荷重は裏柱のスプリングで受ける方式とした。

c) 各炉取外し式出鋼樋を採用して炉床命数の増加を計った。

3) 原料装入設備

工場の立地条件からインクライン方式は採用せず廻転式床上走行機を採用し熔銑注入を自由に行うようにした。原料ヤードには捲上時間短縮と人員節約のため装入箱4個同時に捲上げるポリップクレーンを設置した。

4) 燃料

コークスガスは1kg/cm²に昇圧した。各炉に高压余熱ボイラーを設置しその高压過熱蒸気(15kg/cm², 300°C)にて燃料の霧化を行う。

5) 平滓処理の機械化

平滓処理場として狭隘な旧工場建屋の一部を残して利用したため、ブルドウザー、マグネットパイレン、およびグラブバケットを使用して処理の円滑化と人員節約を計った。

操業上について

1) 原料関係

銑配合率は平炉の能率および材質に極めて大きな影響を有するので最も適当な銑配合率を検討した。また熔解前のノロ絞りを完全に行うため原則として焼結銑を鉄銑石の代りに装入している。

2) 燃料関係

大型平炉における高压低压コークスガスの操業比較を行いまた酸素使用による影響を報告する。

3) 造塊関係

造塊工場では6t鋼塊の台車注入を行つているが、大型平炉の湯を一鍋に受けて造塊することは初めての経験である。取鍋中の熔鋼温度変化、鋼塊表面欠陥防止法、