

669,141,244-412:621,746,628 < 621,746  
393 (75) 鋼塊高さのリムド鋼塊におよぼす  
影響 62255

八幡製鉄所技術研究所

工博 加藤 健・松田亀松・○徳重 勝

Effect of the Ingot Height on Rimmed Steel Ingots. 1344~1346

Dr. Takeshi KATO, Kamematsu MATSUDA and Masaru TOKUSHIGE.

I. 結 言

リムド鋼塊は鋼塊重量の増加に伴つて鋼塊頭部の偏析度が増加し、また鋼塊厚さが大きくなると頭部の高い偏析度を示す部分の厚さが大きくなると同時に偏析の位置が下ることを前回の報告で明らかにした。鋼塊巾が成品巾に対して大きくなりすぎると圧延能率が阻害されるとともにメカニカルパイプが増加しこれが歩留りを低下させる。したがつてリムド鋼塊の大型化に際しては上述の鋼塊断面形状の制限とあわせて高さの増加を考える必要がある。

リムド鋼塊の高さには、良好なりミングアクションを得るために、その増加に制限がある。その制限はこれまで 1800mm 程度と考えられたが近年りミングアクション促進剤が導入されてから 2000mm 或は若干これをこす程度にまで注入されている例がでてきた。われわれは高さを高くしても注入速度を遅くすることにより注入中の溶鋼の静圧があまり大きくならない間に凝固厚さを厚くして、リム部の健全性を確保し、表面欠陥の発生を防止できるのではないかとこの考えのもとに特に高さを増加した鑄型を製作し、高さの増加による鋼塊品質、圧延能率作業性および影響を確かめるための一連の試験を計画した。これは最近試みられているリムド鋼の連続鑄造や小型鋼塊におけるキャストビレットの考え方を大型鋼塊の場合にも適用できるのではないかという考えに基づいており、鋼塊の大型化、圧延能率および鋼塊品質の向上をあわせ達しようとするものである。

II. 実 験 結 果

1. 高さ 3000mm の鋼塊は通常の鋼塊の膨張が 0~100mm 程度を示すのに対し 100~300mm と大きい値を示しており、高さが高くなると膨張が大きくなる。リム部性状を代表するデータを通常鋼塊の例とともに Table 1 に示した。管状気泡の不発生圏の高さは変わらないが、発生圏の高さが高さの増加とともに高くなり、これが膨張を大きくした主な原因となつている。

鋼塊肌から管状気泡までの深さ、すなわちソリッドスキンの厚さは Fig. 1 に示したごとく通常の鋼塊の場合と変わらない。

鋼塊底部のリム部は溶鋼の静圧をうけてりミングアクションが弱くなり、リムの形成がほとんどないのではないかと考えられた

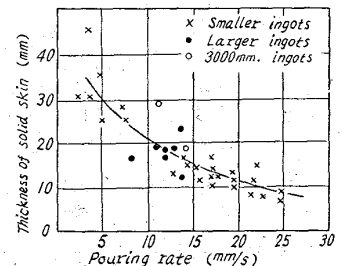


Fig. 1. Relation between the solid skin and the pouring rate.

1cc/100g 以下で、非試験鋼塊と大差なかつた。

(5) 皮下気泡の発生は、溶鋼の水素含有量上昇によることは明らかである。鑄込速度が遅い場合に水素の富化が少ないのは、溶鋼温度が下がること、注入中の表皮が厚く形成されることおよび多少なりとも鑄型内面の水分が乾くことなどに起因すると考えられる。また鑄型の肌が滑らかなときは、表面が可成り濡れた状態でも水素の富化はなかつたが、この理由については明らかでない。

3. 表面気泡と皮下気泡の関係について

皮下気泡の発生は吸湿鑄型に限つたので、ここでは吸湿鑄型鋼塊について述べる。表面気泡が発生した鋼塊は皮下気泡も発生し、同時に溶鋼中の水素量も高かつた。この水素量の増加が皮下気泡を発生させた支配的因子になつたことは明らかであるが、表面気泡の発生もこの溶鋼中水素量の増大に起因していないかを確認するため、消化した石灰を入れた小取鍋に約 30kg の溶鋼を受けて小鑄型に鑄込んだ。鋼塊は吹き、鋼塊内部に気泡が多数発生したが表面気泡の発生はなかつた。これは表面気泡が、溶鋼中の溶解水素が増大した結果生じたものでないことを示すもので表面気泡は鑄型内面と鋼塊表面間のガスによつてのみ生ずると考えられる。また気泡の発生位置について調べてみたが表面気泡の下に続いて皮下気泡が発生していなかつた。

IV. 結 言

(1) 高クロム耐熱鋼について表面気泡は肌荒れ鑄型に塗布した塗料が乾かなかつた場合および肌荒れ鑄型内面に湿気があつたとき(塗料は塗らない)に発生した。この場合鑄込速度が遅いと表面気泡はなくなる傾向にある。

(2) 新品鑄型の場合は塗料が乾かなくとも湿気があつてもまた鑄込速度をいちじるしく早くしても表面気泡の発生はなかつた。

(3) 湿気のある肌荒れ鑄型に鑄込んだ場合、溶鋼中の水素がいちじるしく上り、皮下気泡を発生させた。この場合鑄込速度を遅くすると水素の富化が少なく、皮下気泡の発生もなかつた。

(4) 新品鑄型の場合は湿気があつても水素の富化および皮下気泡の発生はなかつた。

(5) 表面気泡の発生は、溶鋼の水素とは関係がなく、鋼塊表皮と鑄型内面間に発生したガス(塗料からの揮発物塗料の燃焼ガスおよび湿気からの水蒸気等)の作用によると考えられる。

文 献

1) J. IRON & Steel Inst.(U.K.), 183 (1956) 3, p. 300~315

Table 1. Data of the rim zone.

Ingot		A	B	C	D	E
Ingot height	(mm)	3000	3000	2500	2150	2050
Thickness of solid skin	(mm)	19	29	18	24	16
Thickness of rim zone	(mm)	118	144	144	135	138
Ratio of rim zone to the cross sectional area	(%)	46	62	55	49	45
Length of rise	(mm)	100	300	100	50	70
Height of elongated blowhole zone	(mm)	920	820	700	850	745
Height free from blowhole zone	(mm)	2130	2415	1850	1325	1330

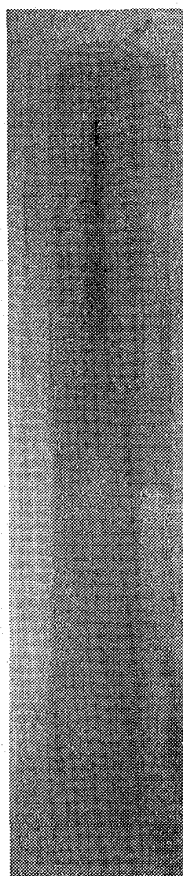


Photo.1. Sulphur print of an ingot.  
Weight 23 t.  
Height 3000 mm.

が、Photo. 1 に示したサルファプリントではかなり明瞭にリム部が認められる。リミングアクションの洗滌作用におよぼす鋼塊高さの影響をみるために行なつた調査では、底部のリム部偏析曲線の中央部でわずかに分析値の高い部分が認められた。しかし取鍋分析値に比べるとはるかに低く、鋼塊表面性状におよぼす底部のリム部が全く健全であるとはいえないにしても問題ないと考えられる。

2. 鋼塊の高さ方向断面の中心軸から求めたSの偏析度曲線をFig. 2に示した。高さ3000mmの鋼塊は偏析度も通常鋼塊の場合より減少して好ましい結果を示しているが、その位置が膨張部分に含まれ他の鋼塊より上にあるので濃厚偏析部を切捨てて使用する場合はるかに有利となる。

偏析度5以上の濃厚偏析部を切捨てるものとして、その位置を通常鋼塊の例と示せば Fig. 3 のごくなる。3000mmの鋼塊は頭部から10%以内に含まれるがこれは鋼塊の調査と同時に進行した鋼片の調査結果からも確認されている。

3. 圧延試験では圧延時割れ発生などの異常は認められなかつたが冷片観察による疵状況は通常鋼塊の場合より若干の増加が認められた。しかし注入速度を900mm/mn以下とすればほとんど差は認められない。試験条件がよくなかつたことを考慮すれば劣つていないとはいえない。同じ鋼塊重量の場合、断面を小さくして高さを高くすることにより分塊圧延におけるパス回数が減少し分塊圧延能率はいちじるしく向上する。同一断面形状で高さ2000mmの鋼塊を3000mmの高さにすることにより

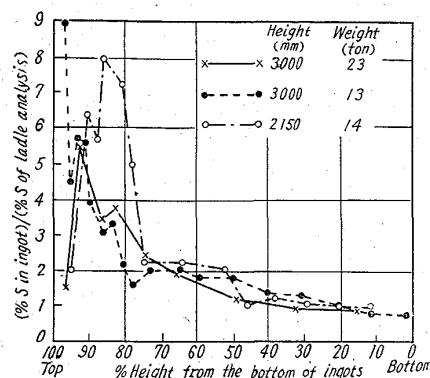


Fig. 2. Sulphur segregation in the center line of ingots.

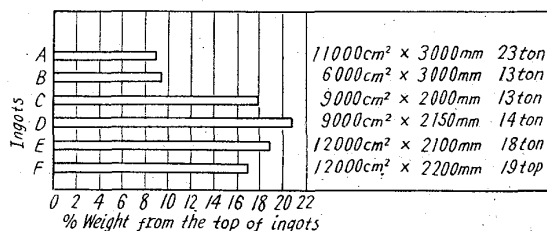


Fig. 3. Top discards due to heavy segregation. (Segregation degree > 5)

20~30%の分塊圧延能率向上が見込まれる。

III. 考 察

鋼塊の高さを高くすると膨張が大きくなる。これは脱酸を調整しリミングアクションを強くすれば若干少くすることが可能ではあるが、管状気泡発生圏の増加から考えてある程度はやむをえない。偏析の位置が上にあるのでこれを切捨てて使用すれば膨張疵は問題とならないであろう。高さの増加で問題となるのは上注法の場合スプラッシュである。飛沫が大きくなるだけでなくリムド鋼の注入流が末広がり落下する傾向があるため鑄型壁に直接あたる危険があり鑄型の熔損を早め鋼塊肌を悪くする。注入速度は底部の初期割れを防止するためにもあまり早くはできず、この面から上注法では3500mm程度が高さの限界であると考えられる。下注法とすれば注入速度を遅くでき初期の良好なりミングアクション確保が容易でありスプラッシュの心配がなく非常に有望であるが注入管および湯道の耐火物のスポーリングや浸食が大きくなり、この面から制限をうけると考えられる。耐スポール性の大きな、かつ耐食性の大きい安価な耐火物の開発が先決であると考えられる。

IV. 結 言

リムド鋼塊の大型化について研究を進め特に今回は高さの増加の鋼塊品質におよぼす影響について調査した。高さを高くすると膨張が大きくなるが注入速度を遅くすれば良好なりミングアクションがえられ、リム部性状には異常は認められず、圧延でも欠陥は発生しなかつた。鋼塊の厚さを減らして高さを高くすることにより偏析の減少が期待でき、かつその位置が上にくるのでこの部分を除外して使用する場合、歩留低下をきたすことなく切捨てが可能であると期待され、高さ増加による利点が明らかになつたのでリムド鋼塊大型化の方向が明らかとなつた。

上注法による高さの増加はスプラッシュの点から限界があり 3500mm 程度が限度と考えられるので、今後は下注法について耐火物の研究を進めながらさらに高さの増加を計つた試験を継続する予定である。

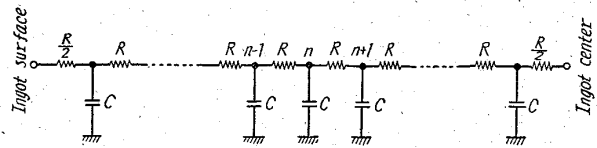


Fig. 1. RC network.

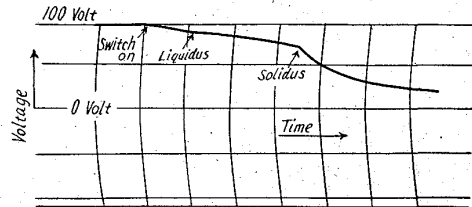


Fig. 2. Example of a voltage-time curve obtained by simulator method.

669,14-412:621,746,628:536,242:658,562,2

(76) アナログシミュレーターによる  
鋼塊の凝固の解析 62256

八幡製鉄所技術研究所 1346~1347  
理博 吉田 秋登・清水 亮

Analysis of Ingot Solidification  
by Analog Simulator Method.

Dr. Akito YOSHIDA and Ryo SHIMIZU.

I. 緒 言

鋼塊の凝固を熱伝導の問題として扱うことは、いろいろ試みられてきたが、潜熱の扱い方、liquidus, solidusの温度の区別の仕方は、問題のある点であつた。これらの点を実際の現象に合つた形で解決するには analog simulation<sup>1)2)</sup>の方法がよく、以下この方法による凝固の解析について述べる。

II. 原理と計算方法

(1) 原理 問題を一次元直角座標で考えると、熱伝導の方程式は(1)式で与えられる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \dots \dots \dots (1)$$

偏微分方程式の数値計算の場合と同様に(1)式は差分

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{a}{\Delta x^2} [\theta(x+\Delta x, t) + \theta(x-\Delta x, t) - 2\theta(x, t)]$$

方程式(2)で近似される。他方 Fig. 1 に示すような RC network において、第 n 番目の node point の電圧を  $V_n$  とすると  $V_n$  は

$$\frac{dV_n}{dt} = \frac{1}{RC} [V_{n+1} + V_{n-1} - 2V_n] \dots \dots \dots (3)$$

(3)式で表わされる。(2), (3)式は全く同型であるので、

$$\left. \begin{aligned} \theta &= \lambda V & \lambda & \text{は任意定数} \\ \frac{\Delta x^2}{a} &= \mu RC & \mu & \text{は適当な定数} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

ならしめることにより、数学的 simulation が可能となる。すなわち温度、熱伝導率、熱容量のそれぞれに電圧、電気抵抗、電気容量を対応させた Fig. 1 の network

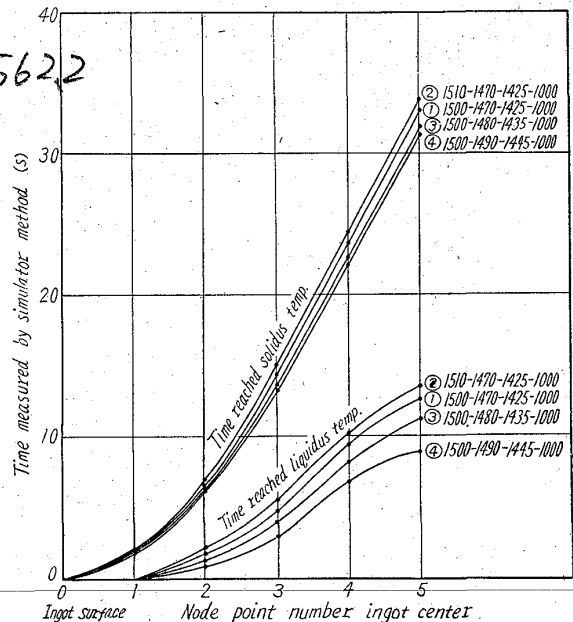


Fig. 3. Solidification curve.

により(1)式の熱伝導方程式を近似的に解くことができる。

凝固現象の場合は相変化を伴うから、RC network はそれぞれの相に対応して準備され、現象の進行につれて relay により切換えられるようにしておかねばならない。この際 liquidus-solidus 間の中間状態も液相、固相とは区別され、ここから liquidus, solidus の温度が別々に計算に持込まれ潜熱の扱い方も実際現象に近いものとなる。

(2) 計算方法 network が構成されると、計算に移るためには Fig. 1 の network によりいかなる対象を模擬するかを決め、node 数と鋼塊の大きさから  $\Delta x$  を求め(4)式により時間換算係数を決める。次いで解析しようとする現象の初期条件、境界条件を考慮しつつ(4)式の  $\lambda$  を定め、初期条件を与えた後境界条件を函数発生器により network の境界に与えて計算を開始させる。本 simulator では鋼塊の表面を境界にとつてある。