

(討9) 超大型リムド鋼塊の偏析について

住友金属工業和歌山製鉄所 菅沢清志, 池田隆果, 丸川雄孝
中央技術研究所 ○ 荒木泰治

1. 緒言

製鋼, 圧延能率, および歩留の向上のためには鋼塊を大型化することが要求される。鋼塊を大型化するには鋼塊高さを増すか, 厚さを増すかがあり, 設備, 作業面から厚さを増す問題がうまれる。現在一般に用いられているリムド鋼塊は20^t以下, 高さ約2^m, 厚さは700~800^{mm}のものが多く, 着者らはここにリムド鋼塊としては最大級の鋼塊を製造し, その鋼塊形状の偏析に及ぼす影響について検討を行なった。

2. 試験鋼塊および試験方法

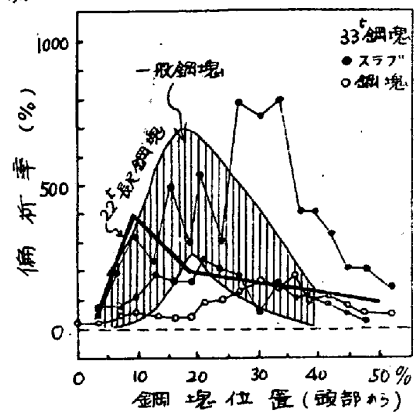
今回試験鋼塊として製造した大型鋼塊の寸法はオ1表に示す通りである。すなわち高さの高い鋼塊として, 22^t (22^t), 厚さの厚い鋼塊として, 33^t (33^t) をとり, 鋼塊各1本を縦断する一方, スラブの段階の偏析調査, さうに通常鋼塊を同時に鋳込んで製鋼, 圧延条件を一定にした冷延鋼板について, 偏析その他の材質試験を行なった。なお対象鋼種はここでは極低炭素鋼とする。

オ1表 試験鋼塊諸元(平均)

鋼塊名称	W (mm)	厚さ (mm)	高さ (mm)	重量 (t)
W22 ^t U4	1477	795	2800	22
W33 ^t S6	2010	1030	2360	33

3. 鋼塊内成分偏析

鋼塊内偏析では最も偏析しやすく, 品質上に向題となるSの偏析について述べる。鋼塊内偏析のデータは従来, 数多く報告され, 偏析に及ぼす各種要因の影響が種々論じられている。従って今回の鋼塊の偏析をどのような観点から検討するかは先に議論のある所と思われる。まず今回の試験結果を概括的に眺めるとオ1図のようになる。同図は鋼塊中心線の偏析を示し, 参考として当社の一般鋼塊(13~17^t)の偏析状態²⁾も示している。この図からみられることは一般鋼塊, 長尺鋼塊, 33^t鋼塊の三者で偏析位置を異にしていること, および最高偏析は33^t鋼塊もそれほど大きくなっておらず, むしろ低目のものもあることである。そこでこれらの長につき更に検討をすすめてみる。



オ1図 鋼塊内S分布

まず最高偏析位置については当社および加藤³⁾など鋼塊厚さ, 偏平度との関係が報告されており, これらの鋼塊, スラブからのデータを鋼塊厚さに対してプロットするとオ2図のようになる。図がかなりのばらつきをもっているのは各鋼塊によってスラブタイム, 高さ, 偏平度など種々の要因が含まれているためと考えられるが, 全般的傾向として鋼塊厚さが厚くなるにつれて最高偏析位置は下部に下り, 33^t鋼塊は最も低くおっている。また22^t長尺鋼塊では同一厚さの鋼塊に比べて偏析位置が上部に上っていることも加藤³⁾の得た傾向と一致している。

つきに、最高偏折量であるが、いまこれを偏折率 $[(最高S\% - 取鋼S\%) \times 100 / 取鋼S\%]$ で鋼塊重量に対してプロットしたものがオ3図である。この図で比較値は鋼塊縦断から得られたものだけに限ったが、33t鋼塊にはデータが少ないので鋼塊、スラブの両者の値を採用した。

同図から加藤³⁾によって得られている鋼塊重量との直線的関係からかなりのずれを生じ、33t鋼塊はその延長上にないことや、同じ鋼塊重量でも偏折率はかなりの幅をもってばらついていることがわかる。すなわち、偏折率の上限は20t程度までは直線的に増加しているが、それ以上はそれほど偏折は増加しないようである。さらに同図中プロットのばらつきを検討してみると、オ4図に示されるように取鋼S即ち、注入溶鋼のS含有量がこれに大きな影響を与えているようである。オ4図には森永⁷⁾の示した結果とともにプロットしているが当社の鋼塊とほぼよい一致を示していることがわかる。

以上は製造条件の異なる多種の鋼塊について、また試料採取方法も若干異なるものを一括整理したもので正確な検討とはいえないが、この結果から33tのようは超大型鋼塊の偏折は取鋼S含有量の管理によって、それほど大きな偏折を示さないであろうという見通しが得られた。

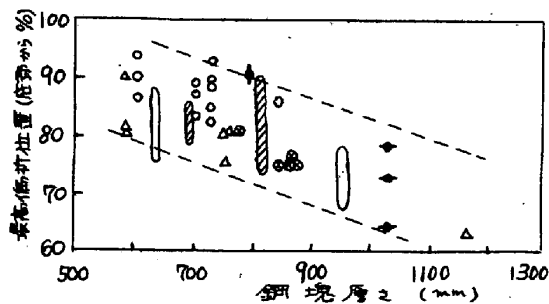
なお、S以外の成分偏折についても調査したが、特に問題はなく、0.20% C程度の中炭素鋼についてもCの偏折値は従来の鋼塊のものと同程度であった。

4. 冷延鋼板におけるS偏折

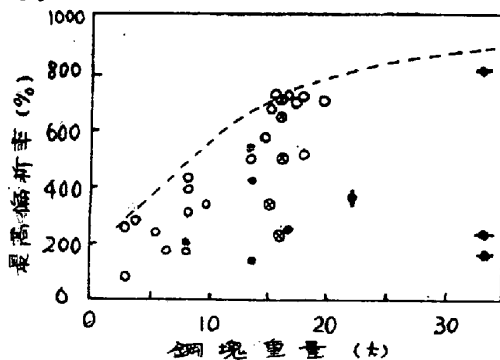
鋼塊およびスラブにおける偏折調査となりんで実用上最も関心の深い冷延鋼板について、鋼塊高さの10%おきに偏折の調査を行なった。

その結果、S偏折について示すとオ5図のようなる関係となる。偏折部は鋼塊頭部から40~50%の位置まで存在し、特に高いピークは示さないが図に示す最高偏折値に近い値がその範囲にわたってつづいている。同図から偏折値は取鋼S値と密接な関係を有し、非常に僅かではあるが偏折率も取鋼S値の増加につれて増大している。また33t鋼塊の偏折は一般比較鋼塊に比して僅かに高めである。

さらに品質的に問題となる鋼塊底部の介在物であるが、サンド分析による Al_2O_3 介在物を調査した結果、底部における富化が認められるが比較鋼塊に対して特に顕

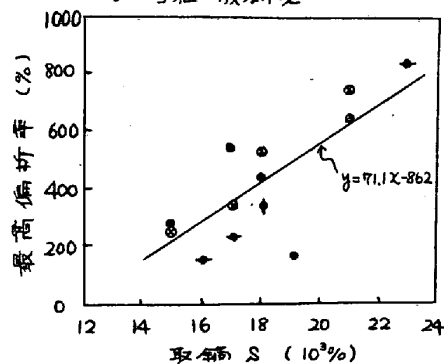


オ2図 鋼塊重量と最高偏折位置
 ◆ 33t鋼塊 ○ 加藤³⁾ □ Lesso⁶⁾
 ◆ 22t長尺鋼塊 ⊙ 森永⁷⁾
 ● 当社一般鋼塊 △ Mayo⁵⁾



オ3図 鋼塊重量と偏折

◆ 33t鋼塊 ○ 加藤³⁾
 ◆ 22t長尺鋼塊 ⊙ 森永⁷⁾
 ● 当社一般鋼塊



オ4図 取鋼S値と偏折

着存傾向は認められなかった。

5. 大型リムド鋼塊の凝固と偏析に関する考察

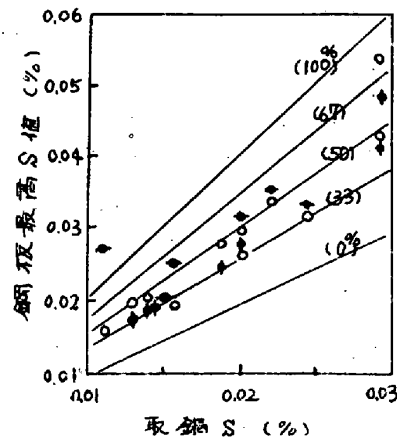
5.1. リムド鋼塊コア部の凝固速度

リムド鋼塊の偏析を考える場合、鋼塊の凝固状態、溶鋼の動きとそれに伴う溶復の移動現象、溶復の分配係数など、必ずしも正確に判明しないうちも多いため、実際の現象を十分解明できないのが現状である。

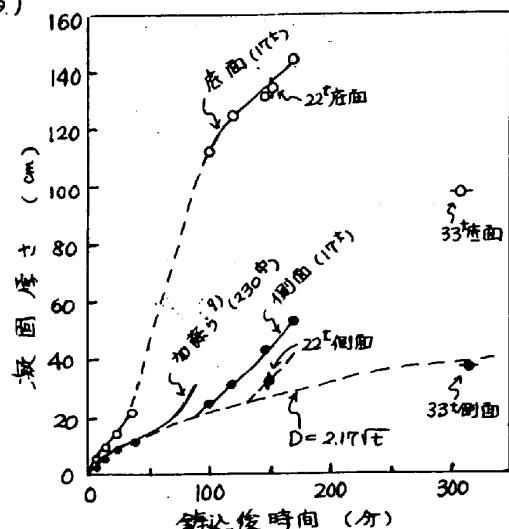
着存うは17t鋼塊(1574×689×2^{mm})で撈込後一定間隔にAuを投入し、鋼塊切断後放射化することによってリムド鋼塊の凝固速度を測定したことがある。その結果はオ6図の左下側の数個の点で示されている。これと同種の試みは最近基礎共同研究会によっても横方向について行なわれ、側面からの凝固速度はこの結果と非常によく一致している。しかし、これらの凝固速度はリム層形成時のものでごく初期の段階である。これに対して内部の著厚偏析と関連の深いコア部の凝固については、特に大型鋼塊において殆んど知られていない。着存うは上記の凝固速度測定に際し、十分に凝固が進行した時分に4回にわたって鋼塊を揺動し、サルファプリントの濃淡によってその時の凝固位置を判定した。その結果はオ6図にプロットされている。この結果、底部からの凝固速度は側面からの速度より遙かに大であること、側面からの凝固は初めは従来から考えられている凝固理論式と合致するが、内部にはいると加齢うが小型鋼塊から得たように凝固は加速されると考えられる。一方、今回試験を行なった鋼塊も型抜の際鋼塊が揺動され、サルファプリントに明らかなる濃淡を生じたが、その型抜時期と、その濃淡位置との関係も同図にプロットしている。22t鋼塊は凝固速度測定鋼塊に比し、厚みが100^{mm}層のため側面からの凝固はやや遅れているが底部からの凝固はほぼ同様である。33t鋼塊ではさらに鋼塊厚さが大のため、側面は長時間にわたってほぼ平方根則に沿って進行しており、底部からの凝固は前述の鋼塊より非常に遅れている。(ここでいう側面は短辺側からの意味である)

5.2. 偏析位置、偏析度に関する考察

以上の凝固速度の関係から、今回の偏析の結果を考えてみると、これらの現象を定性的に説明することができる。まず底部からの凝固が側面に比して非常に大きいことは長尺鋼塊になるほど著厚偏析都は上昇することを意味する。ここで22t長尺鋼塊は側面の凝固に比して底部の凝固の進行が早いことに注目すべきである。一方、33t鋼塊のように鋼塊厚さが遙かに厚くなった場合には側面の凝固は加速時期が遅れ、底部からの凝固も遅れる。一方凝固の最終段階を考えると未凝固部は恐らく広い範囲にわたって



オ5図 鋼板最高S値
 ◆ 33t鋼塊
 ◼ 22t長尺鋼塊
 ○ 一般鋼塊(17t)
 (図中かっこ内は偏析率)



オ6図 時間経過による凝固厚の変化

過冷却の状態が形成され、そこで急速な凝固が行なわれて、いわゆる濃厚偏析帯を形成するものと考えられる。こうした考えは厚みの厚い鋼塊の偏析帯が底部にはいり、且つその範囲が広くある(多山偏析も考えられる)ことを説明するものである。

ついで最高偏析度についてみると、偏析度の理論的表現が種々考えられるが、いま、リミング作用が行なわれている間に Hayes¹⁰⁾ の偏析の式、Burton¹¹⁾ の実効分配係数の考え方を適用して、さらにこの期間液相に濃化した溶質がすべて最終的に濃厚偏析帯に集められたとす。Hayes¹⁰⁾ の式は(1)式で表わされ、 K は実効分配係数

$$C_x^L = C_x^L(0) \left(\frac{W_i - W_s}{W_i} \right)^{K-1} \quad \dots \dots (1)$$

ただし C_x^L : 液相の X 成分の濃度,

$C_x^L(0)$: 凝固前液相濃度, W_i : 全重量, W_s : 凝固量

で、平衡分配係数を K^* とすれば $K = K^* / \{K^* + (1-K^*) \exp(-f\delta/D)\}$ で表わされる。ここで最高偏析率 $[-(C_x^{\max} - C_x^L(0)) \times 100 / C_x^L(0)]$ は濃厚偏析部の重量比 α とおいて(2)式で表わされる。

$$\text{最高偏析率}(\%) = \frac{100}{\alpha} \left(\frac{W_i - W_s}{W_i} \right) \left\{ \left(\frac{W_i - W_s}{W_i} \right)^{K-1} - 1 \right\} \quad \dots \dots (2)$$

ここで W_s はリム層重量と考えられるから $(W_i - W_s)/W_i$ はリム層の重量比である。この式からわかるように、最高偏析率はリム層比が小的时候、最終凝固範囲が大きいつ時に小さくなる。これらの場合はいずれも33t鋼塊のような超大型鋼塊の場合に当てはまる。

最後に偏析率が取鍋値 $[C_x^L(0)]$ によって変化することに対しては $C_x^L(0)$ の変化による平衡分配係数の変化が考えられる。現在極低の範囲での平衡状態図は明らかではないが、少くとも現在知る範囲においてもその低下により平衡分配係数および実効分配係数は増大する傾向にある。いま仮に、 $C_x^L(0)$ が 0.023~15 の範囲で平衡分配係数が 0.05~0.25 に変化した場合を考え、 $f\delta$ の値、リム層凝固率、 α の値を妥当な値にとれば才4図にみられる関係にかなり近しい関係が得られる。しかしながら、これら の正確な計算には更に詳細な研究が必要とされるどころが多く残されている。

6. 結 言

22t長尺鋼塊と33t鋼塊の偏析を調査し、通常の鋼塊と比較した結果、厚さが大になると偏析位置は下部にはいるが、重量の増大の劇には偏析は増大しない。むしろ取鍋値によって偏析率が変化することを指摘し、これらについて考察を加えた。

文 献

- 1) 渡木, 荒木: 鉄と鋼 49(1963) 3, 453. 3) 加藤, 松田, 徳重: 鉄と鋼 49(1963) 6, 888
- 2) 鉄鋼基礎共研, 非金屬介在物部会: 介5-12(住金). 4) 浅野, 大橋: 鉄と鋼 52(1966) 1517
- 5) H. W. Mayo: Open Hearth Proc. 39(1956), 146. 6) H. F. Lesso: Open Hearth Proc. 44(1961)
- 7) 森永, 北川, 佐藤, 泉, 星野: 鉄と鋼 50(1964) 6, 894.
- 8) 鉄鋼基礎共研, 非金屬介在物部会: 介5-15(神鋼).
- 9) 加藤, 大岡: 鉄と鋼 43(1957) 9, 1046 10) A. Hayes, J. Chipman: Trans. AIME 135(1939) 85
- 11) J. A. Burton, R. C. Prim, W. P. Slichter: J. Chem. Phys. 21(1953) 1987.