

効である。

この方法で ³²P を炉中分析に応用することは可能であるが経済的に困難がある。

鋼塊中の P の偏析はオートラジオグラフィで各部にわたり詳細に知ることができた。同時にマクロ組織も知ることができた。これは今後鋼塊中の P の偏析を研究する上にきわめて有効な方法である。

(44) 鋼塊用鑄型の内面表皮部の剝離について

Study on the Spalling of the Skin of Ingot Moulds.

Toshio Amaki, et alii.

久保田鉄工

工 米田 健三・ 山下 章
 ○工 尼木 敏雄・工 福田 道生

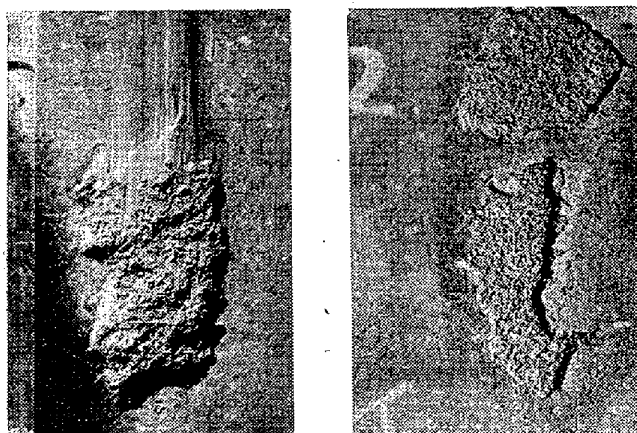
I. 緒 言

鋼塊用鑄型 (以下鑄型と略す) の廃却原因は種々あるが、大別すると割れと鑄型内壁面の欠陥の二つに分けることができる。このうち割れについては近年鑄型設計の進歩と材質の改善、適切な熱処理を行うことなどによつてかなり少なくなつてきた。一方内面の欠陥によるものにはクレージング、熔損、剝離などがあげられる。いずれも注入された熔鋼の熱的影響によつて鑄型内面に欠陥を生ずるものであるが、クレージング、熔損によつて廃却される鑄型は一般に長寿命であるのに反し、剝離は突発的に発生し、特に大型鑄型の早期廃却の主要原因となつている。今回はこの剝離についてこれまで調査した

結果、および剝離実験について報告する。

II. 剝離について

Photo. 1 に典型的な剝離の例を示す。剝離は鋼塊重



Depth 5~7 mm×1/2(×2/5)

Depth 10~12 mm×1/2(×2/5)

Photo. 1 Spalling of ingot moulds.

量 500 kg 前後の小型鑄型から 30 t 以上の鍛造鋼用鑄型まで広範囲にわたつて発生する。発生時期は鑄型の使用初期からクレージングが相当進行しそれが原因となる後期におよぶが、ここで対象としてとり上げたのは初期に起る剝離である。発生位置は一般に鑄型が最高温に加熱される部分、すなわち高さは底面から 1/3 位、コルゲート付の場合はコルゲートの山の部分、扁平型では短辺部より長辺部に発生し易い。深さは 1~2 mm のごく表皮のみが剝がされたものから 20 mm 以上に深くえぐられたものまで多種多様である。鑄型は普通の低 C 鋼より特殊鋼、リムド鋼よりキルド鋼の方が発生率が高い。剝離の発生原因は大別すると、鑄型自体に材質的な欠陥があつた場合と、使用法の不適当に基因する場合の二つに分

Table 1. Properties of skin of the ingot moulds.

| Type of the ingot mould | Chemical composition | | | | | | Brinell Hardness | | Matrix structure 5mm from skin | Note |
|-------------------------|----------------------|------|------|------|-------|-------|------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
| | T.C | G.C | Si | Mn | P | S | Skin | 5mm from skin | | |
| Twin 100 kg | 3.77 | 3.20 | 1.28 | 0.62 | 0.136 | 0.083 | 117 | 123 | Ferrite 20, Pearlite 20 | D.C.I. annealed |
| Slab 460 kg | 3.40 | 2.86 | 1.18 | 0.56 | 0.179 | 0.079 | 140 | 154 | Pearlite 100 | |
| Square 2 t | 3.63 | 3.39 | 1.78 | 0.57 | 0.106 | 0.006 | 152 | 155 | Ferrite 80, Pearlite 20 | annealed 8 times used |
| Slab 3.5 t | 3.91 | 3.38 | 1.27 | 0.72 | 0.152 | 0.056 | 95 | 102 | // 80 // 20 | |
| " * | 3.88 | 3.41 | 1.23 | 0.64 | 0.149 | 0.050 | — | 76 | // 60, // 40 | " " |
| Octagonal 3.6 t | 3.84 | 3.31 | 1.35 | 0.60 | 0.133 | 0.054 | 105 | 109 | // 30, // 70 | annealed 13 times used |
| Slab 8.5 t | 3.82 | 3.45 | 1.11 | 0.53 | 0.149 | 0.056 | 82 | 84 | // 30, // 70 | |
| Octagonal 12 t | 3.86 | 3.70 | 1.20 | 0.55 | 0.179 | 0.052 | 83 | 81 | // 80, // 20 | annealed 40 times used |
| " * | 3.89 | 3.71 | 1.23 | 0.54 | 0.179 | 0.064 | — | 72 | // 70, // 30 | |
| Octagonal 20 t | 3.87 | 3.75 | 1.48 | 0.65 | 0.190 | 0.035 | 71 | 77 | // 80, // 20 | annealed 40 times used |
| " * | 3.90 | 3.80 | 1.48 | 0.67 | 0.189 | 0.055 | — | 70 | // 90, // 10 | |

* Spalled part.

けられる。しかし特別の場合を除きいずれの原因によるのか判然としないことが多い。上述したように剝離は鑄型の内壁面に局部的に発生し、その深さが1~10mm程度であるから内壁面の表皮部の性状と密接な関係があることは十分考えられる。そこで当社で製造している種々の鑄型の表皮部の材質試験を行つた。その結果をTable 1 に示す。

Table 1 に示した deta のうち扁平 3・5 t, 8角 12 t, 8角 20 t 鑄型は使用中実際に剝離を起した鑄型であり、Table 1 中無印は健全部分, *印は剝離部分から試片を採取した。Table 1 から判るように剝離を起した鑄型の健全部と剝離部とは化学組成上大きな変化は

なく偏析は認められないが硬度と組織の点が多少異つている。剝離部の表皮硬度は測定不能であつたが表皮から5mm内部の硬度は健全部に較べると低くなつている。表皮の顕微鏡組織の一例として扁平 3・5 t 鑄型の健全部と剝離部の写真を Photo. 2 に示す。

III. 剝 離 実 験

剝離の発生原因、機構などを詳細に調べるために剝離実験を行なつた。実験方法は鑄型本体から150×120×50mmの試験片を削り出し、表皮面を内側にして二枚を対面させて型を作り、その型へ熔鉄を注入する方法を採用した。Table 2 に試験片の分析値および表皮部の硬度を示す。

剝離を起しやすいように熱的条件を苛酷にし、鑄型比(試験片重量/熔湯重量)=0・4 に選び、注入温度1380~1400°C, 保持時間は30mnとした。試験片の温度は注入25mn後内表面から5mm内部で800°Cに上昇した。A, B各3試片について行つた実験結果をTable 3 に示す。

IV. 実験結果の考察

試験片AとBを比較すると明らかにBの方が剝離しやすい。その原因として下記のことが考えられる。

(1) 試験片の表皮近傍の顕微鏡組織を観察するとBには表皮層から1~2mm内部に粗大な黒鉛が析出しており、ここを境界として剝離しやすい状態にあつた。

(2) 表皮近傍のマトリックス中のパーライト量はAよりむしろBの方が多いたにもかかわらず表面および5mm内側の硬度が低い。これはパーライトの

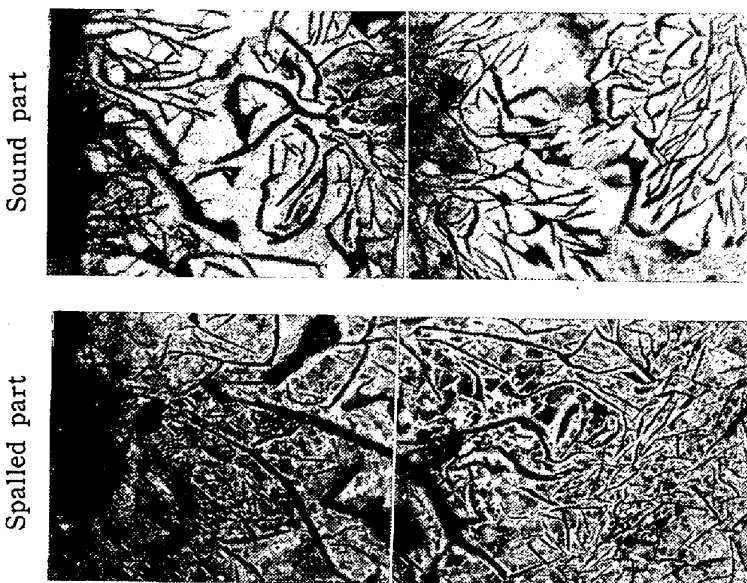


Photo. 2 Inner surface structure of a 3・5 t ingot mould×100(×2/5)

Table 2. Chemical composition and hardness of materials.

| Material | T.C | G.C | Si | Mn | P | S | G.C/TC ×100 | Brinell hardness | |
|----------|------|------|------|------|-------|-------|----------------|------------------|---------------|
| | | | | | | | | Skin | 5mm from skin |
| A | 3・79 | 3・03 | 1・27 | 0・52 | 0・136 | 0・073 | 80・0 | 95 | 92 |
| B | 3・87 | 3・51 | 1・23 | 0・53 | 0・145 | 0・064 | 90・6 | 82 | 84 |

Table 3. Experimental results.

| material No. | Number of cycles | | | | |
|--------------|------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| | 1 st | 2 nd | 3 rd | 4 th | 5 th |
| A-1 | No change | No change | No change | No change | No change |
| A-2 | // | // | // | No change Spalled | No change |
| A-3 | // | // | // | No change | No change |
| B-1 | // | Spalled | — | — | — |
| B-2 | // | // | — | — | — |
| B-3 | Spalled | — | — | — | — |

性状および異常黒鉛の存在に基因している。

(3) 温度測定の結果、熔湯注入 100 s 後試験片の内壁温度は 660°C、外壁温度は 270°C となった。この温度差によつて試片に発生する熱応力を次式によつて計算した。

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot m}{2(m-1)} = 3.8 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_{600^\circ\text{C}} = 0.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

$$\alpha = 1.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 390 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 3$$

Where

E : Young's modulus

α : Coefficient of thermal expansion

Δt : Temperature difference

m : Poisson's number

すなわち熔湯注入 100 s 後試験片の内壁面には約 3.8 kg/mm² の圧縮応力、外壁面には等量の引張応力が働くことになる。鑄鉄の機械的強度は高温では急激に低下するので、もし鑄型内壁面近傍に材質上の欠陥が存在すればこの程度の応力でも表面層の剝離が起り得る。

V. 結 言

鑄型の早期廃却原因の一つである剝離について調査と実験を行つたがその発生原因についてはまだ不明の点が多い。今回は大型鑄型の材質について実験を行つたがさらに球状黒鉛鑄鉄および在来の片状黒鉛鑄鉄にあらざる渦状黒鉛鑄鉄について実験中である。

現在までの調査結果から剝離に対しては次にあげる対策が有効だと考えられる。

(1) 鑄型の内面表皮部は 10mm 程度まで組織を緻密、均一にし粗大黒鉛の生成を阻止する。

(2) 表面硬度は小型鑄型では 110~140 BHN、大型鑄型では 80~110 BHN の範囲が適当である。

(3) 鑄型内壁面の局部的加熱を避けるために上注ぎの場合には splash が直接当たらないように注意する。

(4) 鋼塊の引抜きはなるべく早く行つて鑄型の加熱を最小限に抑えるとともに冷却を十分行つて使用前の温度を 70~80°C 以下にすることが望ましい。

(45) キャップド鋼の製造

On the Making of Capped Steel.

Takekazu Yamaguchi, et alii.

八幡製鉄所、製鋼部

北島 一男・工 下郷 良雄

中原 義雄・工〇山口 武和

I. 緒 言

キャップド鋼塊について 33 年秋、当所よりその性状と製造要因とに関して、鋼塊切断およびコーナーサンプルにより、ソリドスキン厚み、リム部の厚さ、コア部の偏析などについて検討の結果を発表したり。今回、実際に現場的にヒート単位として熔製する場合について、主として外面状況に関して若干の検討を加え、さして問題もなく容易に製造可能であることが確認された。以下取鍋脱酸度、蓋打時間、鋼塊肩部の問題、分塊圧延時の割などについて調査検討の結果を報告する。

II. 調査対象

1. 熔製について

熔製炉は 60 t 固定式平炉であり、平炉作業としてはリムド鋼熔製の標準作業によつた 14 ヒートを対象とした。出鋼鋼種は C=0.08~0.12, Mn=0.36~0.44 の薄板材で、鑄型は従来からの 3 種類の徳利型 8 t 扁平鑄型を使用し、1 ヒートを満すため残りは open top のリムド鋼用鑄型の構成とし、実際の生産の流れにのせてヒート単位についてその外面状況と注入要因の関連を検討したものである。調査したのは脱酸度(取鍋下: [O]), 蓋打時間、注入速度、鋼塊観察、分割圧延中の割評点であり、その外の条件では注入後のショット Al は 100 g/ingot を投入し、蓋置時間は 60s として一定にした。

2. 鑄型について

上述のように 3 種類のキャップド鑄型を使用した。その特徴はつぎのごとくであり、X, Y, Z の順に作られたもので、内壁およびキャップなどにその差がみられる。(Table 1)

Table 1. Features of 3 molds.

| Mold | Mold inside wall | Mold height | Cap | Ingot weight |
|------|------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| X | Flat | 1.900m | Flat cap (with key) | 7.600 t |
| Y | 2-Side flute | " | " | 7.600 t |
| Z | 4-Side corrugate | 2.080 | Spherical cap(no key) | 8.400 t |

III. 調査検討

(1) 蓋打時間

蓋打時間は管状気泡の発生圈、大きさおよび多少により決定され、リム部の厚さとの間には密接な関係があり、