

(98) 取鍋煉瓦のスポーリングについて (On the Spalling of Ladle Refractories)

Yoshiharu Isono, et alius

日立製作所日立工場水戸製鋼部

工〇磯 野 好 治・月 山 信 好

I. 緒 言

鋼中に見出される非金属介在物は鋼の種類、精錬方法および脱酸方法等によつて生ずるものと造塊途中に耐火物を原因として生ずるものとに大別され、このうち耐火物を原因としている非金属介在物は、(1) 物理的作用により脱落した耐火物の一部、(2) 溶鋼の侵蝕による後天的化合物、(3) 溶融鋼滓による後天的化合物とが考えられている。(2)、(3) については多くの研究¹⁾²⁾³⁾があるが(1)についての研究は少ない。したがつてこれらのうち、いずれが非金属介在物として最も大きな原因となるかは明らかにされていない。

本研究は取鍋煉瓦の急熱試験を行つて亀裂を発生させ

その状況を検討し、出鋼時における取鍋煉瓦の割れの程度を比較検討しようとしたものである。

II. 試料と実験方法

(1) 試 料

試料煉瓦は市販品であり、試料番号、品質および性質を Table 1 に示した。

実験試料は煉瓦の成形の際の加圧方向を軸として径 45 mm、高さ 50 mm のものを切出し乾燥した後使用した。

(2) 実験方法

耐火物について一般に行われているのは急熱急冷試験⁴⁾⁵⁾であるが、取鍋の使用条件より考えて実験は急熱放冷することとし、亀裂状況を比較した。なお予熱した場合の亀裂発生傾向を知るためには、ニクロム電気炉によつて予熱した試料について急熱試験を行い、取鍋放冷の影響を知るためには徐熱した試料を放冷した。

III. 実験結果と検討

Table 1. Part of marks, qualities and properties of specimen refractories.

Specimen numbers	Qualities	Bulk density	Porosity (%)	Compressive strength (kg/cm ²)	Refractoriness (S K)	Thermal expansivity at 1000°C (%)
516	Agalmatolite (Roseki)	2.03	21.02	206	30	0.564
534	Bauxite	2.19	19.64	283	32	0.754
539	Clayey	1.90	25.04	419	31	0.630
545	Bauxite	2.15	24.43	493	36	0.530
546	Clayey	1.87	26.73	134	31+	0.687
550	Carborundum	2.08	27.99	230	—	0.759
552	Bauxite	2.22	26.96	279	33	0.692
553	Agalmatolite	2.04	20.14	227	28	0.674
554	Clayey	2.17	15.89	340	33	0.736
555	Clayey	1.93	21.56	412	28+	0.597
560	Agalmatolite	2.16	14.03	704	29	0.525
561	Clayey	2.01	19.57	519	30	0.588
562	Roseki-Clayey	2.20	12.75	598	31	0.544
563	Clayey	1.88	26.46	341	32	0.580
564	Agalmatolite Agalmatolite-clayey	2.11	22.95	94	28	0.715

Table 2. Classification by different states of fissures of ladle refractories.

Different states after occurrence of fissures	Specimen numbers
1. Less, but large fissures	545, 539, 555
2. Long fissures longitudinal and crosswise, but comparatively less small fissures	562, 563, 516, 560, 555
3. Minute hairline fissures	546, 534, 516
4. Cracks near to peeling-off	562, 561, 560, 554, 555
5. Much minute fissures, but less long and large fissures	539, 561, 555
6. Fissures tends to reweld by heating	560, 562, 560, 546
7. None or a little fissures	552, 553, 564

註：上表中 2 つ以上の項目にわたる亀裂が発生していると認められるものはその各々に試料番号を示した。

(1) 急熱試験方法の検討

取鍋は 1500~1550°C の熔鋼を受けるため実際作業温度に近い 1500°C と 1300°C において急熱試験を行った。その結果 1500°C の方が亀裂を比較するために容易であることを知ったが 4 回以上加熱する時は剝離脱落するものがあり、亀裂状況を比較することが困難であった。更に保持時間によつても亀裂状況が異なることが考えられるため、1500°C において 5 分、10 分、15 分、間保持した場合について検討した結果、試料間のばらつきも小さく再現性もよく、試料の焼締りによる影響も少ない 10 分間保持することとした。雰囲気についてもタンマン炉、クリプトル炉について実施したが本実験はこれらの結果より試料を予め 1500°C に保持したクリプトル電気炉中に挿入し、10 分間その温度に保つた後取出し、空气中に放冷する操作を 3 回繰返すこととした。

(2) 取鍋煉瓦の急熱試験

市販取鍋煉瓦の急熱試験を行った結果、亀裂状況には種々のものがあり、その状態を分類すると Table 2 のようになる。

亀裂発生後の状態によつて分類した試料群のうち (1)、(2) 等に属するものは強度、密封気孔率等に幾分関係するようであるが、特に性質試験との間には関連は認められない。

一般に熱的スポーリングによる亀裂傾向は熱膨脹係数に比例し、剛性率と温度伝導度に反比例することを Norton 氏⁽⁷⁾⁽⁸⁾等は言っているが、その説とは必ずしも一致していないのは、これらの性質は常温、または 1000°C までのものであり、急熱を行った 1500°C では相当異なつたものとなることが考えられるため更に検討したい。

また亀裂状況を明らかにするためには亀裂程度のほか亀裂の状況および発生した亀裂が大きく発達するものかどうかを知ることが必要である。このため急熱炉から取出した直後の赤熱状態において認められる亀裂を加熱毎に記録した。その結果いずれも急熱を繰返すごとに亀裂は発生、発達する傾向が認められるが、これらの亀裂の発生、発達状況をみるに (1) 1, 2 回目には比較的亀裂が発生しないが 3 回目に至つて急に亀裂が発生するもの、(2) 1 回目には発生しないが 2 回目に発生し、以後発達するもの、(3) 最初から亀裂を発生し大きくないが次第に発生、発達するもの、(4) 最初から亀裂を生ずるが以後あまり発生、発達しないもの、(5) 亀裂のあまり発生しないもの等に分けられ、(1) に含まれるものとしては No. 546, No. 516 があり、(2) には No. 563,

No. 555, No. 554, (5) には No. 552, No. 553, No. 564 が含まれるがこれらを判然と区別することには困難がある。取鍋煉瓦としては亀裂の発生少く、発達しないものが望ましいが、亀裂状態とともに発生、発達状況により異なるため十分考慮する必要がある。

(3) 予熱温度の亀裂発生におよぼす影響

取鍋の予熱には種々の装置、方法によつて行われているが 200°C~800°C に予熱されるものが多い。このため予熱した場合の亀裂発生におよぼす影響と、予熱方法によつては予熱温度に急熱される危険も考えられるため予熱温度まで急熱した時の亀裂状況を検討した。まず各温度に予熱した試料を 1500°C に急熱した結果、200°C に予熱した場合は予熱しない場合と大差ないが幾分亀裂発生は少なく、400°C の場合は更に少なくなる。600°C に予熱した試料の亀裂発生は急に減少し、800°C に予熱した場合は各レンガとも亀裂の発生はあまり認められなくなる。このことより急熱による亀裂発生と予熱温度との関係については、予熱温度が高くなる程亀裂発生は少くなり、亀裂発生傾向の少ない煉瓦は 400°C の予熱で亀裂の発生は認められなくなるが、予熱効果の得るのは 600°C 以上であり 800°C になれば殆んど亀裂は発生しない。

また予熱時に急熱された場合は 800°C までの亀裂は極めて小さいが 1100°C 以上に急熱されると亀裂傾向の大きい煉瓦の多くは亀裂を発生することが認められた。

(4) 放冷時の亀裂発生

取鍋は使用後放冷されるのが普通であるが、この場合に亀裂を発生するとすれば次の造塊作業に大きく影響することが考えられるため取鍋煉瓦の亀裂発生については放冷の影響も調べる必要がある。即ち放冷時に発生した亀裂は次の湯受時の急熱により発達し侵蝕および剝離の原因となることが考えられるため、急熱温度まで徐熱した試料を放冷し亀裂の発生、発達状況を調べた。その結果 1500°C より放冷した場合も亀裂の発生は少く、細くかつ小さいものであり、1300°C より放冷した場合は殆んど亀裂の発生は認められなかつた。

IV. 結 言

取鍋煉瓦の使用状態より湯受時の急熱に対する抵抗性の有無は爾後における耐火物の侵蝕および剝離に大きく影響することが考えられる。したがつて亀裂発生が少ない煉瓦を使用することにより侵蝕を防ぎ剝離により鋼中の非金属介在物の原因となる耐火物の混入も少なくすることができると考えられる。このため取鍋煉瓦の使

用状態を考慮し、試験方法の検討、取鍋煉瓦 15 種の急熱試験、予熱温度の亀裂発生におよぼす影響および放冷時の亀裂発生について検討し、次の結果を得た。

(1) 取鍋煉瓦の急熱方法はクリプトル電気炉で1500°Cに急熱し、10分間保持した後放冷する操作を3回繰返すことにより、亀裂も比較し易く再現性もよい。

(2) 亀裂の状態には種々あり、また発生、発達状況によつても異なるなめ判然と順位づけることは困難であるが、概略の亀裂の多少は判断できる。

(3) 急熱による亀裂の発生は予熱温度が高くなるほど少くなり 800°C に予熱した場合は殆んど亀裂を発生しない。

(4) 予熱時 800°C までの急熱によつては亀裂を発生しない。

(5) 取鍋使用後の放冷によつては内張煉瓦は余り亀裂を発生しないことが放冷の影響を検討した結果考えられる。

文 献

- 1) R. B. Snon & James Ashea: J. Amer. Cer. Soc. (1949)
- 2) 耐火煉瓦技術会: 耐火物工業 7, 8 集 (昭 26)
- 3) 河合幸三: 窯業協会誌 (昭 10)
- 4) 吉木文平: 耐火物工学 工業図書 (昭 17)
- 5) 永井彰一郎: 耐火物の化学とその試験法 共立社 (昭 19)
- 6) F. N. Norton: Refractories 3rd edition, New York (1949)
- 7) A. B. Searle: Refractory Materials London (1950)
- 8) 三田工場: 耐火物の研究 技報堂 (昭 26)

(99) 取鍋煉瓦の侵蝕について

(On the Erosion of Ladle Refractories)

Yoshiharu Isono, et alius

日立製作所日立工場水戸製鋼部

工〇磯 野 好 治・月 山 信 好

I. 緒 言

従来鋼中の非金属介在物と取鍋煉瓦との関係について取鍋煉瓦の寿命が長いほど非金属介在物の量は少なくなるとの考えより、両者の関連を求める研究が数多く行われているが、両者の間にはかならずしも関連性が認められない。この理由としては、取鍋煉瓦の使用回数または

熔損量よりは、熔融鋼滓および熔鋼中に介入した耐火物の総量を推察することはできても、熔鋼中に介入した量は知ることができないことによる。したがって鋼中に介入する非金属介在物の原因を明らかにするためには、熔融鋼滓または熔鋼にそれぞれ介入する耐火物の量および挙動を明らかにする必要がある。本研究は取鍋煉瓦の熔融鋼滓および熔鋼による侵蝕量をルッポ侵蝕試験法により求め、さらに熔鋼に介入する耐火物の量を検討したものである。

II. 試料と実験方法

耐火物試料としては、蠟石質1種、粘土質2種および高アルミナ質2種を選び、侵蝕剤としての熔鋼試料はSF-55、熔融鋼滓試料は還元鋼滓を選んだ。

ルッポ侵蝕試験における侵蝕量測定方法としては多くの方法⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾が行われているが、いずれも一長一短がある。このため本実験では DIN に準じたが、実用試験における侵蝕量と比較対照することを考慮して、次式に示す侵蝕深さをもつて侵蝕量とし、試験値は DIN 同様に最小2個の測定の平均値をとつた。

$$\text{侵蝕量 (mm)} = \frac{B - A}{L}$$

ここに B: 溶解部、侵潤部および試験前の穴の面積 (mm²)

A: 試験前の穴の面積 (mm²)

L: 試験前の穴より求めたところの侵蝕剤と煉瓦とが接する線の長さ (mm)

III. 実験結果と検討

(1) 予備侵蝕試験

(A) ルッポ形状の侵蝕量におよぼす影響

本研究では、ルッポを急熱して侵蝕を行わせる方法を採用したため、ルッポの大きさにより炉に挿入したときの温度低下および所要温度にまで回復する時間が異なりまた形状によつては予熱しても急熱により亀裂を生じることあり、なおルッポの穴の大きさにより侵蝕量測定上差を生じて侵蝕量に影響することが考えられるため、これらについて検討を行つた。

(B) 試験温度および保持時間の侵蝕量におよぼす影響

実際作業における取鍋内張煉瓦の表面温度は 1500°C 近くであり、この温度に 20~50 mn 保つことが多いため、実用試験結果と比較するためには、1500°C~1550°C で 50 mn 以内保持して試験を行うことが望ましい。しかし試験温度が高く、保持時間が長いとルッポが軟化変