

# 第 50 回講演大会講演大要

(Preprints for the 50th Grand Lecture Meeting of the Iron and Steel Institute of Japan)

## (1) 砂疵の研究 (I)

(造塊用煉瓦の侵蝕に及ぼす Mn, Si, Al の影響 および Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 介在物の起源)

### Study on Sand Inclusions in Steel (I)

(The Origin of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Inclusions and Effect of Mn, Si and Al on the Erosion of Refractories)

Naohiko Mizuno, et alius

日本鋼管株式会社技術研究所 ○水野直彦  
福田有

### I. 緒言

造塊用シャモット煉瓦が侵蝕されると、往々にして、その侵蝕生成物や脱落した煉瓦片が鋼塊内に入つて来て砂疵、介在物を形成する。この煉瓦侵蝕におよぼす一般鋼浴成分の主なもの Mn, Si, Al であるといわれているので、これらの成分と侵蝕量との関係を実験検討した。また、砂疵の主要構成物である Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (corundum) は脱酸剤として添加した Al だけに由来するものか、取鍋や湯道のシャモット煉瓦もその主要な源泉になるものか明らかでなかつたので、これについても実験検討を行った。

### II. シャモット耐火物の侵蝕に及ぼす鋼浴成分の影響

#### (A) Mn, Si の影響

##### 1. 実験方法 (実験 E<sub>1</sub>)

SiO<sub>2</sub> 73.7%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 24.0%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.3% の組成を持つ、約 230mm×35mm×30mm のシャモット煉瓦を種々な Mn, Si 濃度を持つ塩基性高周波炉内の鋼浴 (1580°C) 中に 10 分間浸漬して、その侵蝕量を測定した。

##### 2. 実験結果とその考察

浸漬中の鋼浴成分と侵蝕度 (一定個所の巾の減少量 (mm) を 3 個所測定し、これを平均した値) との関係を図 1 に示した。この図における  $\mu$  は Mn-Si 平衡以上に存在する Mn 量で、D. C. Hilty<sup>1)</sup> の実験結果より次の式で求めたものである。

$$\mu = \text{Mn} - 2.15 \times \text{Si} \dots\dots\dots 1580^\circ\text{C}$$

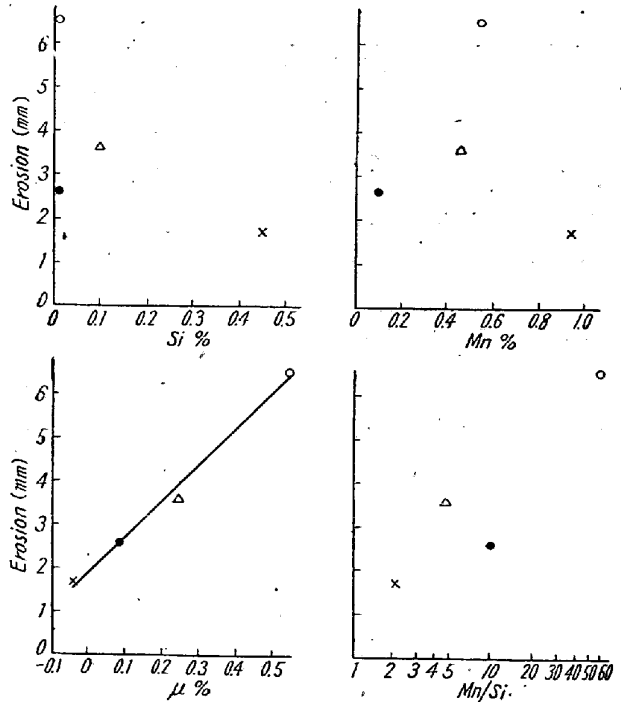


Fig. 1. Relation between Si, Mn,  $\mu$ , Mn/Si and erosion of chamotte refractories.

これで見ると [Mn] はそれ単独ではその濃度が大きくなつても侵蝕量を増加させず、また [Si] もそれ単独ではその濃度が大きくなつても侵蝕量を増加させない。ただ Si に対する Mn の過剰量 ( $\mu$ ) が大となると侵蝕量が増大し、良好な相関関係にあることが確認された。一方、Mn/Si と侵蝕量とは  $\mu$  ほど明瞭な相関関係を持たないことが判明した。

#### (B) Mn による侵蝕機構

Mn によるシャモット煉瓦の侵蝕は、Mn による SiO<sub>2</sub> の減少が主な作用であるのか、還元の際に生成する MnO がシャモットと glass を作つて流失するのが主作用であるのかを確かめるために、珪石煉瓦とシャモット煉瓦を過剰 Mn の多い鋼浴に浸漬して、その侵蝕状態を調べた。

##### 1. 実験方法 (実験 E<sub>7</sub>)

シャモット煉瓦 (実験 E<sub>1</sub> と同一組成) と珪石煉瓦 (SiO<sub>2</sub> 94.2, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.4, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.0) を  $\mu = 0.11\%$  の鋼浴 (1580°C) 中に 5 分間浸漬した。

##### 2. 実験結果とその考察

浸漬の結果、珪石煉瓦の表面は殆んど glass 化せず侵蝕度も極めて僅かである。一方、シャモット煉瓦の表面は glass 化し、侵蝕度も大きい。侵蝕の主作用が Mn の還元作用による SiO<sub>2</sub> の減少であるならば SiO<sub>2</sub> の多い珪石煉瓦の方が多く侵蝕されるはずであるので、この実験結果は、シャモット煉瓦の方が珪石煉瓦よりも融点の低い侵蝕生成物を作るためと考えられ、MnO による低融点の glass 生成が侵蝕の主作用であることを推測させる。

(C) Al の影響

1. 実験方法 (実験 E<sub>10</sub>)

種々な Al 濃度を持つ鋼浴 (1580°C) にシャモット煉瓦を 8 分間浸漬し、その浸漬量および煉瓦表面の生成物を調査した。試料および実験炉は E<sub>1</sub> と同様である。

2. 実験結果とその考察

Sol. Al が 0.019% までは煉瓦表面の生成物は glass (多) + mullite (少) であつたが、Sol. Al 0.056 を超えた試料では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (corundum) 層が表面を覆っている。侵蝕度は Fig. 2 に示す様に Sol. Al の増加によつ

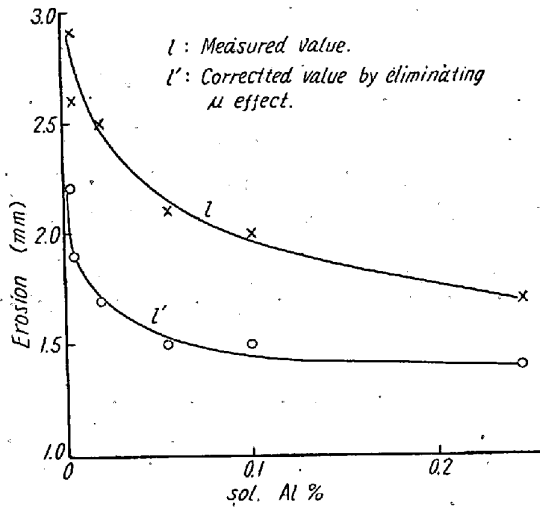


Fig. 2. Relation between Al and erosion of chamotte refractories.

て減少している。この結果は次の理由によるものと考えられる。その一つは、熔鋼中に Al が入ると脱酸生成物の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が煉瓦表面に附着したり、Al による煉瓦還元の際生ずる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のために侵蝕生成物中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 濃度が大となり融点が高くなる。このため、侵蝕生成物が流失しにくくなり侵蝕は弱められる。また Al 濃度が大となると前記の様に、化学的に安定な Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層が表面を覆うので、ますます侵蝕は弱くなる。また Al によつて MnO が還元されるために低融点 glass の生成が阻止される結果とも考えられる。

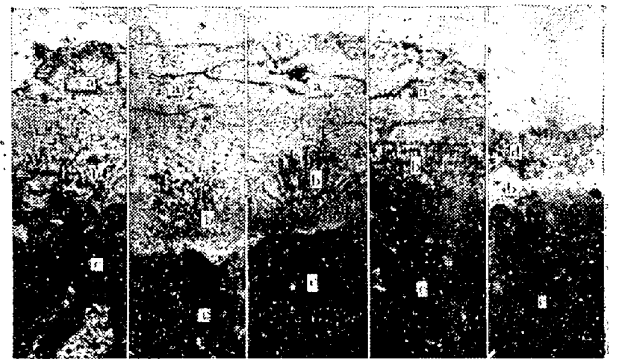
III. 鋼中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 介在物 (砂疵) の起源

1. 実験方法 (実験 E<sub>9</sub>)

シャモット煉瓦を Mn, Al の異なる熔鋼 (1570°C) 中に 5 分間浸漬し、その表面の生成物を検鏡した。試料および実験炉は実験 E<sub>1</sub> と同様である。

2. 実験結果とその考察

侵蝕表面は Fig. 3 の顕微鏡写真が示す様に、過剰 Mn 量の多い No. 1, 2 および Sol. Al の少ない No. 3, 4 では glass+mullite だけで Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の生成は見られ



	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
$\mu$	0.43	0.23	0.18	0.15	0.13
sol. Al	0.003	0.005	0.023	0.027	0.074

a: glass b: mullite c: chamotte d: corundum.

Fig. 3. Microstructures of the surface of dipped refractories. (×100)—1/2

ない。Sol. Al 0.074% の No. 5 に至つてはじめて Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が表面に見られる。もし Mn の還元によつて、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が生成するものならば、 $\mu$  の値の大きい No. 1, 2 において生成してよいはずであるが、この生成が見られないのは次の理由によるものと考えられる。即ち、Mn によるこのシャモット煉瓦の還元反応生成物組成を J. R. Rait<sup>2)</sup> の三元状態図の上にプロットすると Fig. 4 (図省略会場で掲示) の h 線の様になると考えられ、この h 線は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の晶出区域 (I, II, III) を通つていないために Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の晶出は起らないのである。

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分の多いシャモット煉瓦 (約 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 27%) の侵蝕生成物は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 晶出域を通るが、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 35% の高級煉瓦の場合でも h' 線の様にこの区域を極く僅か通過するだけなので、その晶出は極く稀れであると考えられる。一方、Al を多量に添加した No. 5 では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が生成しており、この Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層は湯道煉瓦表面の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層とよく似ている。また、この Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒は鋼中に見られる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と全く同様である。これらのことは、この浸漬煉瓦表面に生成した Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が添加した Al の酸化によつて生成したものであり、実際操業の際、湯道煉瓦表面や鋼中に存在する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> もまたその殆んどが添加

した Al の酸化により生成したものであることを推察させる。なお、Al 添加量の少ない No. 3, 4 において、 $Al_2O_3$  が見られない理由は、glass 層表面に生成或いは附着する  $Al_2O_3$  が少量のため、glass に融け込んだものであろう。なおまた、実際操業の場合、鋼浴中の Al が少くとも湯道煉瓦表面に  $Al_2O_3$  層ができるのは、狭い湯道煉瓦表面を多量の溶鋼が通過するので、多量の  $Al_2O_3$  或いは Al が接触することになり、No. 5 と同様な現象が起る結果と考える。

#### IV. 総 括

1. 侵蝕量は Mn-Si 平衡以上に存在する Mn 量 ( $\mu$ ) と相関係にあり、 $\mu$  が大となると侵蝕量は増大する。しかし、Mn, Si 単独では侵蝕量の相関係はない。また、Mn/Si も  $\mu$  ほど良好な相関を示さない。
2. Mn の侵蝕作用は、[Mn] によつて煉瓦中の  $SiO_2$  が還元減少する一次反応が主作用ではなくて、この反応で生じた MnO 或いは 溶鋼中の MnO が低融点 glass を作り、この生成物が流失する二次反応が主作用である。
3. 鋼中の Al が増大すると侵蝕量は減少する。
4. シャモット煉瓦の Mn 侵蝕からは  $Al_2O_3$  の生成は極めて稀れで、鋼中の  $Al_2O_3$  は、そのほとんどが添加した Al によるものである。

#### 文 献

- 1) D. C. Hilty: J. Metals 2 (1950) 425
- 2) J. R. Rait: J. Iron & Steel Inst. 2 (1946) 371

### (2) 冷間圧延用作業ロールの電子顕微鏡組織 (I)

#### (Electron Microstructure of the Work Roll for Cold Rolling (I))

Keiya Gokan, et alii

東洋鋼鉄株式会社 安藤 卓雄

○後 閑 敬也・荒瀬 健一

1. 冷間圧延作業における作業ロールの個々の圧延特性に差異のある事は既に発表したが、電子顕微鏡組織と圧延成績の関係について報告する。不良ロールによる圧延は所謂“roll the roll”の現象を生じ易く仕上り圧延において必要な圧下率を得られず、圧延速度の低下、および製品の不良を見る様になる。Fig. 1 に良否二組のロールの圧延状況を比較して示してある。他の圧延条

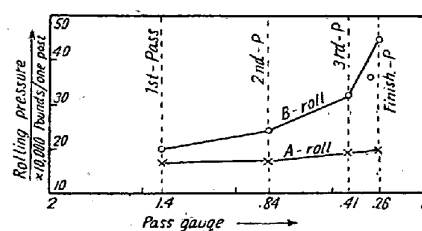


Fig. 1. Comparison of the rolling factor between good rolls (A) and worse rolls (B) used in the reversing cold mill.

件および圧延スケジュールは同一であり、不良ロール B は良好なロール A に比べて非常に高い圧力を要している事が示されている。この時の圧延では A は 110ton の圧延を行つたが B は 20ton の圧延で圧延不能となつた。多数のロールの電子顕微鏡組織を検討した結果、不良ロールでは粗大なマルテンサイトと多量の残留オーステナイトが認められ球状炭化物は殆んど認められない (Fig. 2-a)。良好なロールは球状炭化物を多量残し微細なマルテンサイトの地で残留オーステナイトは殆んど認められない。 (Fig. 2-b)。

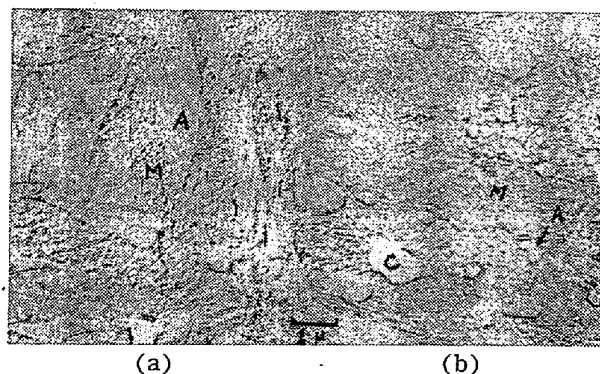


Fig. 2. Electron microstructures of two types of the work rolls for cold rolling. (a) has bad character for cold rolling, (b) is a good roll. A: retained austenite M: martensite C: Cementite.

2. 従つてロールの焼入れ組織には平均  $1\mu$  程度の球状炭化物を残す事が必要と考えられたので、大きな球状炭化物を得る焼鈍条件について電子顕微鏡組織によつて検討した。各種焼鈍法の中 (a)  $Ac_1$  直下に保持, (b)  $Ac_1$  直上に保持, (c)  $Ac_1$  の上下に繰返し焼鈍, (d)  $Ac_3$  直下で固溶させ  $Ac_1$  直下で恒温変態を行わせた場合について試みた。また Fig. 3 は  $Ac_3$  直下に保持して除冷した組織とその各過程から焼入れた組織を示す。電子顕微鏡によると炭素の拡散の状態が地鉄の腐蝕模様として観察できるので球状化過程の検討が容易となる。

結論として  $Ac_1$  直下保持の方法は炭素の拡散速度の遅い Cr 鋼では最も不利で恒温変態を行わせた方法が最