

tの増産が可能となり、コストの低減並びに増産に寄与するところ大である。なお、今後に残された問題としては、現在用いられている炉壁の内張りのマグネシア・スタンプ層を煉瓦で築造することによつてさらに稼働率の向上を計ることと、併せて煉瓦材質の向上を計ることである。

(59) 平炉ギッター煉瓦の崩壊および熔損の機構について

八幡製鉄所技術研究所

大庭 宏・〇杉田 清

On the Mechanism of Disintegration and Corrosion of Checker Bricks for Open Hearth Furnaces.

Hiroshi OHBA and Kiyoshi SUGITA

I. 緒 言

平炉蓄熱室に使用したクロマグ煉瓦とシャモット煉瓦の使用後試料を調査し、使用中のクロマグ煉瓦の脆化崩壊およびシャモット煉瓦の熔損の機構を検討し、ギッター煉瓦品質向上の資料とした。

試料は、当所第四製鋼課 120 t 平炉において 1262 回使用した煉瓦より採取した。上部 5 段は不焼成クロマグ煉瓦で、下部 21 段はシャモット煉瓦で築造している。煉瓦寸法は 250×150×60mm で煙突積である。

II. 試 験 結 果

1. 物理的諸性質の変化

クロマグ煉瓦では、使用前に比べ煉瓦が膨張し、気孔率も増加して強度はいちじるしく低下している。付着物は比較的少なく、容易に除去し得る。熱伝導率はいずれも低下している。

シャモット煉瓦では、強度の低下は認められないが、付着物が厚く、煉瓦と反応しているものが多い。熱伝導率は若干増加している。

2. 化学成分

クロマグ質では煉瓦内への諸成分の侵入はとくに認められない。シャモット質の熔流部分(ダストとの反応部分)は Al₂O₃-SiO₂-Fe-oxide 系のもので、比較的多量のアルカリが検出された。蓄熱室ダストの主成分は Fe-oxide である。

3. 組織の変化

使用後クロマグ煉瓦の組織は、使用前に比べ疎である。クロム鉱粒とマトリックス部分の MgO は反応し、periclase (MgO) は黄~褐色に着色されている。この反応度の高い煉瓦ほど組織は弛緩し、クロム鉱粒の透明度を増加している。

シャモット煉瓦の付着物と煉瓦の界面には 0.1~0.8 mm の反応層が生成し、この層はガラス化し、微晶 mullite (3Al₂O₃·2SiO₂) が析出している。煉瓦内部の組織は、若干ガラス化が進行している程度で、とくにいち

じるしい変化はない。Fig. 1 は使用後シャモット煉瓦の表面の組織である。

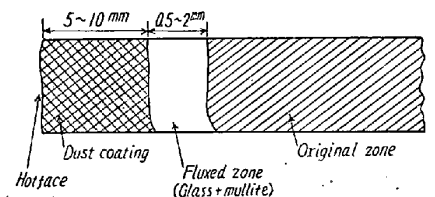


Fig. 1. Illustration of microstructure in the hot face of the used fireclay.

III. 考 察

1. クロマグ煉瓦の膨張脆化の機構と対策

クロマグ煉瓦は、使用中の膨張、組織弛緩、気孔率の増大により、強度、熱伝導率が低下する。(熱伝導率と気孔率の関係は次式で近似される。λ=λ₀(1-P/100) λ₀ は気孔率 P=0 のときの熱伝導率) これは煉瓦の寿命、回収率、熱交換性の低下の原因となる。

Table 1. Physical properties of checker bricks after service.

| Item | Sample | Chrome-magnesite | | | | Fireclay | | | | | |
|---|--------|------------------|-------|------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | B1 | B2 | B3 | Original | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Original |
| Crushing strength (kg/cm ²) | | 103 | 45 | 171 | 466 | 335 | — | 255 | — | 353 | 276 |
| Bulk density (g/cc) | | 2.86 | 2.74 | 2.96 | 3.18 | 2.05 | — | 2.02 | — | 2.02 | 2.02 |
| Apparent porosity (%) | | 24.4 | 27.0 | 22.4 | 10.8 | 21.2 | — | 23.1 | — | 24.1 | 22.9 |
| Expansion after use* (%) | | 2.6 | 4.2 | — | 0 | — | — | — | — | — | — |
| Thickness of dust coating (mm) | | 0.2 | 0.5 | — | — | 1.0 | 1.2 | 2.5 | 8.0 | 9.0 | — |
| | | ~0.5 | ~1.5 | — | — | ~1.5 | ~1.5 | ~4.5 | ~10.0 | ~11.0 | — |
| Thickness of a brick (mm) | | 61~62 | 62~63 | — | 60 | 60 | 58~59 | 55~56 | 50~51 | 46~48 | 60 |
| Thermal conductivity (kcal/m.h.°C) | | 0.87 | 0.74 | 1.14 | 1.32 | 0.78 | — | 0.69 | — | 0.82 | 0.64 |

* Linear expansion compared with the original.

Table 2. Chemical composition of used checker bricks and dust coatings.

| Sample | | Composition | | Ign. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | CaO | MgO | Cr ₂ O ₃ | TiO ₂ | Alkalis |
|------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|---------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|----------------|---------------|--------------------------------|------------------|---------|
| | | Hot face | Center | | | | | | | | | | | |
| Chrome-magnesite | Used (B2) | Hot face | | 0.21 | 7.04 | 21.12 | 12.72 | 1.09 | 0.16 | 0.17 | 37.88 | 17.86 | — | — |
| | | Center | | 0.26 | 8.96 | 19.94 | 12.90 | 0.29 | 0.14 | 0.14 | 37.57 | 18.69 | — | — |
| | Original Dust coating* (B2) | | 3.33 0.07 | 10.66 6.34 | 17.17 12.82 | 10.51 51.77 | 0.87 0.87 | 0.16 0.37 | 0.47 0.09 | 38.14 16.48 | 18.85 9.61 | — | — | |
| Fireclay | Used | Fluxed zone (3) | | 0.17 | 41.58 | 28.35 | 17.83 | 0.65 | 1.35 | 0.47 | 1.85 | — | 0.95 | 3.74 |
| | | Fluxed zone (4) | | 0.26 | 47.88 | 32.47 | 7.89 | 0.58 | 2.37 | 0.54 | 1.92 | — | 0.60 | 2.75 |
| | Original | | 0.33 | 59.44 | 37.85 | 1.34 | 0.14 | 0.17 | 0.07 | 0.07 | — | 1.00 | 0.22 | |
| | Dust coating* | (3) | | +0.16 | 20.06 | 17.44 | 49.07 | 2.90 | 1.95 | 1.09 | 2.12 | — | 1.15 | 1.39 |
| (4) | | | +0.03 | 16.76 | 15.42 | 56.24 | 2.90 | 1.58 | 0.88 | 1.80 | — | 0.80 | 1.88 | |

* Some brick material was sampled together.

Table 3. Microscopic properties of chrome-magnesite checker bricks after service.

| Item | | Sample | Original | B1 | | B2 | | B3 | |
|---------------------------------------|--------------|--------|----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|----------------|
| | | | | Hot face | Center | Hot face | Center | Hot face | Center |
| Chrome grain | Colour | | Dark brown | Red-brown | Red-brown | Red-brown | Red-brown | Red-brown | Dark brown |
| | Transparency | | — | + | + | ++ | + | + | — |
| Colour of periclase (MgO) | | | None to yellow | Brown | Brown | Dark brown | Brown | Yellow to brown | None to yellow |
| Degree of reaction (chrome grain+MgO) | | | — | ++ | ++ | +++ | ++ | + | — |
| Degree of relaxation of structure | | | — | ++ | + | ++ | ++ | + | — |

膨張脆化の原因, 機構としては, ①温度の周期的変動によるスポーリング, ②不焼煉瓦 chemical bond の消失, ③ダストとの反応による bursting, ④煉瓦内でのクロム鉱粒と MgO との反応, ⑤蓄熱室雰囲気酸化 ⇌還元反復による膨張が考えられる。これら諸点について, 今回の結果および従来の諸研究を総合して検討した結果, ⑤の雰囲気の影響がもつとも大きいことが判つた。

当供試煉瓦の使用条件は, 30分周期で雰囲気交代があり, 排気の組成は, O₂ 0.5~0.8%, CO₂ 8~28%, H₂O 6~18%, N₂ 65~80% で, 入気(空気)と比較して酸化性(O₂分圧)が異なる。耐火物中の Fe-oxide が, 雰囲気酸化 ⇌還元に伴ない, Fe⁺⁺⁺ ⇌ Fe⁺⁺ の変化を繰返す結果, 耐火物が膨張脆化することは最近の諸研究²³⁾においても認められている。

今後の対策としては Fe-oxide 含有量の低い塩基性煉瓦の使用が必要で, 具体的には耐スポール性の高いマグネシア煉瓦, forsterite-periclase 系, または spinel-periclase 系の煉瓦などが考えられる。

2. シャモット煉瓦の熔損と対策

煉瓦の熔損は熱容量低下の原因となる。ダストの主成

分は Fe-oxide であるから, シャモット質ギッター煉瓦の熔損は Al₂O₃-SiO₂-Fe-oxide 系の反応として扱うことができる。

熔損はダストとの反応による多量の液相の生成であるから, 反応生成物が使用温度でほとんど液相を生成しないように, シャモット煉瓦中の Al₂O₃ %を増加させればよいFig. 2は反応状況をFeO-Al₂O₃-SiO₂系状態図²⁴⁾で示したもので, 1400°C 等温線に囲まれた成分範囲を反応生成物が熔流する領域と推定すれば, 熔流が起らないためには約 50% 以上の Al₂O₃ を含有するシャモット煉瓦を用いる必要がある。実際には, 使用位置ごとに上記の検討をする必要がある。

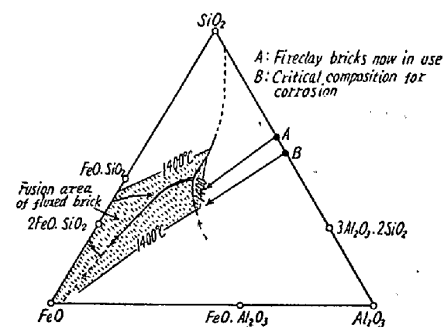


Fig. 2. Corrosion of fireclay bricks in the system FeO-Al₂O₃-SiO₂.

たもので, 1400°C 等温線に囲まれた成分範囲を反応生成物が熔流する領域と推定すれば, 熔流が起らないためには約 50% 以上の Al₂O₃ を含有するシャモット煉瓦を用いる必要がある。実際には, 使用位置ごとに上記の検討をする必要がある。

3. 煉瓦材質と熱交換性

Table 4. Typical thermal properties of open hearth checker bricks.

| Bricks | Items | Specific heat* | Bulk density | Thermal conductivity | Thermal diffusivity | Total emissivity |
|------------------|-------|-----------------|--------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| Chrome-magnesite | | 0.28 kcal/kg °C | 2.90 g/cc | 2.00 kcal/m.h.°C | 0.00246 m ² /h | 0.87 |
| Fireclay | | 0.27 | 2.00 | 1.00 | 0.00185 | 0.60 |

* at 1200°C

熱交換性に関連する各種の要因の中で、煉瓦材質面での条件を示せば、①熱容量(比重, 比熱), ②熱伝導率, ③煉瓦表面の伝熱特性(輻射係数など)がある。とくにダストの付着は熱交換性低下の第一の原因と考えられる。

Table 4 はギッター煉瓦の熱交換性に関連する数値の代表例を示したもので、今後は熱交換性の見地からも煉瓦材質を検討すべきである。

IV. 結 言

(1) クロマグ煉瓦使用中の膨張脆化には、雰囲気の影響がもつとも大きく、Fe-oxide 含有量の低い塩基性煉瓦の使用が望ましい。

(2) シャモット煉瓦の熔損は、Fe-oxide との反応によるもので、煉瓦の Al₂O₃% を増加する必要がある。

(3) 熱交換性をも考慮した煉瓦材質の検討が、今後の課題である。

文 献

- 1) J. FRANCL & W. D. KINGERY: J. Amer. Ceram. Soc., 37 (1954) 2, p. 99~107
- 2) T. I. LITVINOVA, et al., Ogneupory, 22 (1957) 5, p. 213~222
- 3) A. N. MOIROSHNICHENKO, et. al., ibid., 25 (1960), p. 197~207
- 4) J. F. SCHAIRER & K. YAGI: Am. J. Sci, Bowen Volume, (1952) p. 489

(60) 大量酸素使用時の平炉燃焼法の研究

川崎製鉄千葉製鉄所

○三枝 誠・塩川 信正

Research of Combustion Control for Open Hearth Furnaces Using Bulk Oxygen.

Makoto SAIGUSA and Nobumasa SHIOKAWA

I. 緒 言

平炉における酸素の大量使用は製鋼能率を大巾に増大せしめたが、この場合でも燃焼方式の能率におよぼす影響は無視できない。千葉製鉄所の平炉においては、「製鋼能率—稼働率をも含めて—を増進させること」を条件として燃焼方式を決めているが、この経緯と現状を報告する。

II. 燃料停止試験

酸素原単位が大きく増加した 33 年秋に、酸素吹込時に燃料を完全に停止する試験を行なった。間歇的に行なつた試験ヒートの成績は Table 1 に示すように満足すべきものであつたが、連続的に操業を行なつたところ、しだいにギッター温度が低下し製鋼時間が延長したので、これを中止した。そこでつぎに、製鋼能率を上げ炉体損傷を少なくすることを目的に、脱炭によつて発生す

Table 1. Result of three tests.

| | | Fuel cut-off test | | First test | | Second test | | |
|--------------------|--|---------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|
| Date | | 1959 June | | 1960 March | | 1960 May | | |
| Operating furnaces | | 100 t fc. × 3 | | 100 t fc. × 3 150 t fc. × 2 | | 100 t fc. × 3 150 t fc. × 3 | | |
| | Unit | Test heat | Comparative heat | Test heat | Comparative heat | Test heat | Comparative heat | |
| Number of heats | | 13 | 15 | 10 | 11 | 56 | 63 | |
| Average value | Heat time | 0' | 3°13' | 3°10' | 3°33' | 3°34' | 3°18' | 3°23' |
| | Time between hot metal teeming and tap | 0' | — | — | 2°15' | 1°58' | 2°02' | 2°28' |
| | O ₂ consumption | Nm ³ /t | 48.9 | 50.1 | 21.8 | 18.4 | 42.5 | 45.7 |
| | Fuel consumption | kcal × 10 ³ /t | 135 | 235 | 352 | 400 | 346 | 311 |
| | Tap temperature. | °C | — | — | — | — | 1612 | 1590 |
| Hot metal | % | 70~80 | | 48.1 | 49.0 | 48.8 | 47.0 | |
| Cold pig iron | % | 0 | | 7.7 | 6.0 | 14.0 | 17.6 | |