

実際にはこのようなことはなく煉瓦は侵食により相当薄くなっている。このような状態では水冷効果が大きくなり、実際の推定については加瀬氏への回答のごとくである。また 900 mm 以上の使用については検討の余地があるが、その場合は上部シャモット煉瓦が全部なくなることも想定され、熱損失も多くなるので問題だと思う。

講演：高炉におけるカーボン煉瓦の使用について*

住金と歌山 岡村 祥三

【質問】 八幡技研 工博 大庭 宏

1. 湯溜部カーボン煉瓦について

炉底部に使用したカーボン煉瓦は、十分な冷却効果がなければ侵食が防止できないことは同意見である。これは Fe-C 状態図からみて、1140°C 以上では、カーボン煉瓦は溶鉄へ加炭して溶融することから明らかで、最近 D. WALTSMANN¹⁾、V. PACHKIS²⁾、D. Q. KERN³⁾、H. NIES⁴⁾をはじめ、鋼管、小林氏も指摘しているように、炉底の温度分布曲線の約 1150°C まで侵食されることからいづれも炉底冷却の重要性を強調している。貴報告図 3 の炉底上部温度が約 1100°C で平衡状態になることもこれを裏付ける資料と考えられる。したがって、貴所第 2、第 3 高炉のカーボン煉瓦の溶損が早かった原因は、下部に熱伝導性の悪いシャモット煉瓦を約 4 m も積んであるため、冷却効果が及ばなかったためと考えられる。

これに対し、シャモット煉瓦は溶鉄への加炭消耗はないが、高温によるガラス化、FeO などとの反応による溶損により、初期侵食は顕著でなくとも、しだいに進行していくものと考えられ、図 3、4 高炉炉底上部温度の温度勾配より考えると、140 日で平衡に達したと考えるのは早計のように思うがいかがか。

2. 朝顔部上下部におけるシャモット煉瓦の溶損について

図 4 に示された第 2、第 3 高炉の煉瓦侵食速度は、カーボン煉瓦の差が少ないのに対して、シャモット煉瓦の差はあまりに大きく、火入れ後 100 日までの溶損は、2 高炉 3.5 mm/d に対して、3 高炉は 0.9 mm/d である。これは図 2 によれば、上部がやや壁薄く、冷却も強化されていることも考えられるが、同様な冷却方法をとっている 4 高炉が 2 mm/d であり、何か原因がありそうに考えられるが、いかがか。もちろん上下の温度差、スラグ成分の相違なども影響していると考えられるが、カーボン煉瓦にそのような差異が出ていないので、付着物の生成などは考えられないか。また第 4 高炉の侵食が早いのは立上り速度が大きいためと考えられるとのことであるが、下部でのカーボン煉瓦の侵食速度は 3 高炉に比してあまり変わっていないように考えられるが、いかがか。

文 献

- 1) D. WALTSMANN et al.: Stahl u. Eisen, 87 [7], 357 (1967)
- 2) V. PACHKIS et al.: Iron and Steel Eng., Jug. (1966)
- 3) D. Q. KERN et al.: Journal of Metals, May (1967)
- 4) H. NIES et al.: Stahl u. Eisen, 87 [10], (1967)

【回答】

カーボン煉瓦を炉底上部に使用して、著しく、総出鉄量、炉命が伸びた例があり、特殊な条件があるのかどうかというご質問であるが、特に特殊な条件というのは考えにくい。カーボン煉瓦を炉底上部に使用した高炉の吹卸後の状況は、そのほとんどがシャモットの面で侵食が止まっており、和歌山 No 1 高炉の吹卸後の状況では、温度と静圧により岩石様になって、高さ方向で約 70% に圧縮されている。これより推測すると、シャモットを炉底上部に使用した場合、火入初期における目地および煉瓦の焼成が問題になるのではないと思われる。

次にシャモット煉瓦の品質の推移にも原因が求められそうである。シャモット原料の良質のものは従来少なく国産品としては、昭和 30 年頃より flint clay の輸入を開始して以来、品質の向上が得られるようになった。当時、煉瓦の気孔率も 20% 前後であり、耐アルカリ性も今日ほど良好ではなかったと考えられる。近年シャモット煉瓦の品質はかなり向上し、低気孔率、耐アルカリ性の改善が進んできている。Table 1 に和歌山第 4 高炉炉底に使用した煉瓦の品質を示す。気孔率が低く、T₂ 点が従来より高いことが特徴であろう。

(炉底温度の管理について)

炉底温度の変化は炉中心部において、炉底上面より 1800~1900 mm の位置では、カーボンを上部に使用した場合、火入後 50~100 日で、またシャモットを上部に使用した場合、約 140 日程度でいづれも 1100~1150°C に達し、以後あまり変化しないのが、和歌山での状況である。

第 2 次第 1 高炉の場合も、シャモット上部積であるが、第 4 高炉（シャモット上部積）と、ほとんど同様の推移をしている。和歌山第 1 高炉、第 2 高炉、第 4 高炉、および第 2 次第 1 高炉は比較の意味もあつて、炉底上面より 1800~1900 mm の位置に熱電対を挿入しているが、熱電対の寿命は 1~2 年で、取替の際はレンガの圧縮が起こっているらしく、原寸までの挿入はなかなか困難であつた。この点から考えると、2.0~2.5 m (約 1000°C 付近であろうか) 程度とした方が、管理しやすいと思われる。炉底下部については、特にどの位置がよいかというのは、冷却方式の差もあり、よくわからない。

第 4 高炉、シャモット上部積の場合、火入後 140 日で 1150°C 程度で平衡に達したとするのは早計ではないかとのこと指摘であるが、本当に平衡に達したとしてよいかは今のところ断言できない。ただ、現象的には温度の上昇もなく今日まで（約 1 年経過）来ていること、および第 1 次第 1 高炉の温度変化も同様火入後 50 日以降変化が少なく推移し、吹卸解体の結果では、シャモットは圧縮、変質はしていたけれど、侵食はほとんど受けていなかった。

* 昭和 42 年 10 月本会講演大会にて発表

鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 495~498

〃 : 54 (1968) 8, p. 853~858

Table 1. Comparison of characteristics in blast furnace bottom bricks.

Brick on blast furnace bottom	Moisture (%)	V·M (%)	Ash (%)	F·C (%)	S (%)	Apparent density	Apparent porosity (%)	Compressive strength (kg/cm ²)	Modulus of rupture (kg/cm ²)
Carbon brick spec.	<0.5	<1.0	<8.0	>90	<1.0	>1.55	<20	>400	>100
Brick on blast furnace bottom	Refractoriness (S·K)	Apparent porosity (%)	Apparent density	Compressive strength (kg/cm ²)	Hot load deformation (T ₂ °C)	—			
Schamotte brick spec.	>35	<14.0	>2.25	>400	>1500	—			
Schamotte brick actual	35+	12.1~13.0	2.28~2.34	822~958	1518	—			

た事実から一応温度の上昇がなければ、侵食は相当ゆるやかであると考えてもよいのではないかと思う。シャモットの場合でも冷却効果がよかつたと考えられる羽口廻り、出鉄口煉瓦は第1高炉解体時の観察では、侵食の程度も少なく、煉瓦の変質程度も小さかつた。そこで、炉底の侵食は外部よりの冷却効果とバランスする点できまると考えても大きな誤りはないのではなかろうか。もちろん炉底堆積物の保護効果との関係もあるであろうが、この点についてはわからない。

カーボンの下に熱伝導の悪いシャモットを4m積んでいるので、カーボンの冷却が効かず、溶損が早かつたのではないかとのご質問であるが、かりに炉底を単純な合せ壁と考え、炉底上面温度を1500°C、炉底最下面温度を50°Cとし、 $\lambda_{\text{carbon}}=5.0 \text{ kcal/m}\cdot\text{hr}\cdot^\circ\text{C}$ 、 $\lambda_{\text{schamotte}}=1.0 \text{ kcal/m}\cdot\text{hr}\cdot^\circ\text{C}$ として、カーボン上部積でシャモット厚4m、2m およびカーボン下積で上部シャモット4mの場合の炉底上面より1.4m下の位置の温度を計算すると、Fig. 1のごとくで、冷却効果からいえば、下部シャモット厚さより、カーボン煉瓦の位置の影響のほうが大きいと言える。

【質問】 富士室蘭 加瀬 恣

1. 湯溜部カーボン

冷却効果がおよばなければ、有効ではないと記され、その趣旨については、理解し得、当社でも炉底部の冷却強化と下部へのカーボン使用が考えられているが、カーボンレンガを炉底上部に使用しても、著しく総出鉄量、炉命が伸びた例がある。

特殊な条件が全くないのか、差が生ずる原因についての見解があれば教示されたい。

2. 朝顔部

Table 1を見ると冷却、築炉法との差が見られる。

(1) 冷却板の侵食防止への影響は大きい。

同一構造による比較はないであろうか。

3. 炉底管理について

図3に、炉底温度が掲げられているが、炉ごとに大部差が見られる。

炉底管理上、最もよい測温箇所がいかなる位置か、意見があればおきかせいただきたい。

【回答】

和歌山における朝顔部の冷却方式は、それぞれ異なっており、冷却方式の差による侵食の差を見出すことは困難なことである。他の製鉄所においては、シャモットの薄

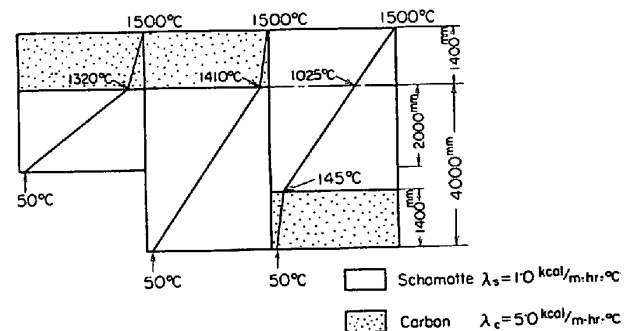


Fig. 1. Calculated temperature in blast furnace bottom.

壁シャワー方式あるいはジャケット方式を採用しているところもあるが、データがなく和歌山の第3高炉のカーボン壁の侵食と比較はできていない。ただ若干冷却効果は異なると思うが、和歌山第2次第1高炉の冷却はステップ冷却であり、ジャケット冷却とよく似ている。この場合朝顔上部はシャモットであるが、火入後60日の現在のところでは、侵食は1.4mm/d程度で(第3高炉のカーボン積の場合は2.0mm/d)若干遅いようである。

つぎに付着物の影響はないかのご質問であるが、ご指摘のとおり、シャモットの場合朝顔上部では付着物の生成による保護効果がある。カーボンの場合は付着物がつきにくいことがボーリングの結果確かめられた。朝顔下部の場合、上部より早いのは、下部はより高温の域であるのに対し、第2高炉の場合、上部は冷却盤と外部シャワーを併用したのに対し、下部では冷却盤のみによる冷却であつたので、冷却不足であつたのではないかとと思われる。第1次第1高炉は当初朝顔下部は冷却盤のみによる冷却であつたが、のちにジャケット冷却を併用し、付着物の生成があり、炉命延長に効果があつた。吹卸後の観察では、羽口およびクーラーによる冷却がよかつたと思われる。羽口部、羽口部直上のシャモット煉瓦は、侵食は軽微であつた。

第4高炉の朝顔上部の侵食は、火入後150日頃までは第3高炉と同程度の侵食速度であつたが、以後速度をゆるめている。おそらく、付着物の生成によるためであろう。