

の冷却方法の相違によっても異なると思うが、問題は初期の侵食速度より後期の侵食状況と考える。

1 年以内に残っているカーボン厚は 120 mm 以下になつたと思われるが、その後の朝顔の状況はどうか、ご教えいただきたい。また朝顔部カーボン使用の場合、過冷となり炉況変動が多いという説があるが実際にこのような現象が見られるか。炉底のシャモット上面の材質変化になんらか差があるか教えていただきたい。

【回答】 室蘭第 3 高炉の朝顔部に使用したカーボンレンガの侵食については討論で述べたように火入後 1 年以内に 260 mm まで侵食されている。

その後は朝顔炉壁の壁厚測定を行なつたことがないのでカーボンレンガがどのようになつたかを結論することはできない。

室蘭の過去には第 3 高炉と同様な薄壁で冷却方法も同じ朝顔をもつ高炉が操業の経過とともに炉壁の侵食もすすみ朝顔鉄皮の亀裂現象がみられたのに反し、第 3 高炉では火入後 5 年 (出鉄量約 339 万 t) も経過しているが朝顔鉄皮の亀裂現象は生じていない。

このことから推測されることは第 3 高炉ではいまだカーボンレンガの下部の方が残存し炉壁保護の付着物層が形成されやすいとも考えられる。

講演：日本鋼管川崎製鉄所におけるカーボン煉瓦の使用状況*

鋼管川崎 小林 正・千原完一郎

【質問】 富士室蘭 加藤 恣

1. 炉底を水冷し、熱伝導性のよいカーボンを炉底下部に使用することは、耐火物侵食防止上、有益な優れた方法と考え、当社内でも今後の対策、行き方と考えている。しかしながら、若干の疑問もあるので、次の点について所見をおききたい。

(1) 熱平衡を考えると、水冷の実効範囲はかなり狭いのではないか。

(2) 侵食されて後水冷効果が顕著となるとすれば、あらかじめ、炉底レンガを薄くすることの可否について。

(3) 水冷時、火入後炉底温度の昇温安定までの時間はより長くなると考えるが、目地の焼着がおそく、ガス通過などによる欠陥の発生の懸念はないか。

2. 朝顔部カーボンレンガに Co^{60} を埋設し侵食を調査しているが、その結果、シャモットレンガと比べ同程度の侵食速度と判断されているが、炉一代というような長期でみれば、カーボンレンガで侵食を防止することも不能で、冷却効果によるところのコーティングで平衡が保たれると考えるが、炉内の状況、冷却状態の変動などがあつた場合、問題を生ずる懸念はあると思うが？ レンガが健全であることは望ましい。

朝顔部の耐火物にはなにがよいか、所見をおきかせいただきたい。

【回答】

1.

* 昭和 42 年 10 月本会講演大会にて発表
鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 491~494

(1) すでに解体した第 3 次 4 高炉の炉底侵食上面の温度を計算したら約 1170°C であつた。侵食面がこの温度でバランスすると仮定した場合、カーボン煉瓦を使用し、カーボン煉瓦の下構造を多少改善することにより第 4 次 4 高炉はカーボン煉瓦の上面にシャモット煉瓦約 450 mm が残存することになる。これは従来の残存量よりカーボン煉瓦 1 段余分に残存することになり、炉底安定には有効と考える。

(2) 炉底温度の上昇曲線、あるいは炉底煉瓦へ埋設した ^{60}Co の浮上り試験などから、炉底シャモット煉瓦は初期にかなり激しく侵食される。この原因は種々あるが 1 つは火入時の急激な熱ショックによるスポーリングとも考えられる。したがって上部煉瓦は一種の捨壁的な性格もあるので、始めからシャモット煉瓦を薄くすることは賛成できない。

(3) 初期の特に炉底煉瓦上面に対する水冷効果は小さいから、目地の焼着が特におそくなるようなことはない。また実際の操業経験からもこのような現象は見られない。

2. 朝顔部のカーボン煉瓦の侵食機構も明らかではないが、水冷によつて滓をコーティングせしめて侵食を防止しようと考えている。このため当所のような朝顔外部撒水方式では完全に撒水することが必要なもので、特にシャモット煉瓦受金物の下部に給水ボックスを取付けて均一な撒水を計っている。これなどの効果については長期にわたる結果をみなければならないが、現状ではシャモット煉瓦使用時よりも、朝顔マンテルの変形は少なく、炉況の変動も少ない。したがって朝顔の耐火物としてはシャモット煉瓦よりカーボン煉瓦の方がよく、さらに耐アルカリ性の大きい無煙炭質のものがよいと考える。

【質問】 八幡技研 工博 大庭 宏

1. 炉底部へのカーボン煉瓦の使用について

カーボン煉瓦が炉底上部に使用される理由として、C) 鉍滓に対する化学的侵食性が優れていることを第 1 目的としているが、炉底上部のカーボンに接触する溶銑中に、鉍滓が懸濁状態で混入しており、それがカーボンの侵食に影響すると考えておるのであろうか。高温において軟化溶解せず、化学的侵食に強いことが、とくにシャモット煉瓦に比較して長所と考えているが、いかがか。

また熱伝導がよいため、冷却すれば、一番の弱点である溶銑への加炭もかなり防止できることが、その最も長所のように思うがいかがか。

2. カーボン煉瓦の厚さについて

貴所の高炉の構造上の特長を生かし、カーボン煉瓦を炉底部に使用しているとのことであるが、炉底部の冷却を最も有効に利かすという意味であれば、図 4、図 5 に示された温度分布図において、カーボン煉瓦 455 mm のみの使用では温度分布に向上はみられないため、少なくとも 900 mm、あるいはそれ以上使うべきであると考えているが、いかがか。

【回答】

1. 鉍滓に対する化学的侵食性についてご質問になっているが、原文は銑滓に対する耐食性を考えている。他の意見には同感である。

2. 図は火入時全く侵食の無い状態での比較であるが

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 日程度でいずれも 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