

る側、メーカー側にも、ある程度の限度がでてくると思う。製造上の問題、品質の均一性の問題などがある。また築炉上の難易もでてくるので、その辺を考えて、八幡では比較的小型のものを採用している。ブロックがうまく接着するように、表面精度を高く保つとか、カーボンペーストを改良するとかしている。浮上の方は設計を上手にすれば、たとえば、私どもの「和白式」などお使いになれば大丈夫である。

2) 現在八幡では、炉の寿命約6年、総出鉄量も7～800万tぐらいが目標であるが、これを越えて、うまくいけば1000万tまでぐらいはいくと思う。

講演：カーボン煉瓦の使用上における一考察*

富士室蘭 楠野桂三・加瀬 恣・永井 弘

【質問】 八幡技研 大庭 宏

1. 朝顔部カーボン煉瓦の損耗について

朝顔部カーボン煉瓦の損耗原因として、機械的摩耗とアルカリなどによる化学的侵食をあげているが、酸化の影響は少ないと考えるか。鋼管、小林氏も触れていないが、住友金属工業、江上氏は未還元鉱石中の酸素による酸化がとくに朝顔上部で著しく、したがってカーボン煉瓦の使用範囲が制限されると主張している。酸化の影響はかなりあると考えるのがいかがが。

また機械的摩耗に対して、カーボンの硬度は低く、強度は高温ほど強くなるが、Table 3の260mmの方が侵食速度が130mmより大きいことはその原因と考えておるのであろうか。摩耗は煉瓦壁が薄くなっても変わらないと思うが、薄いほど侵食が小さくなるとすると矛盾するようにも考えるが、いかがか。

アルカリとくにカリに対して、製司コークスペースのカーボンは弱く、亀裂を発生崩壊するが、逆にシャモットは強い。したがって侵食要因はアルカリなどによる化学的反応より、スラグ成分、とくにFeOによる反応の影響が大きいと思うが、いかがか。

【回答】

朝顔部カーボンレンガの損耗原因としてはまず第1に装入物およびボッシュガスの機械的摩耗があげられることは異論がないと思われる。

第2にはアルカリによる侵食が考えられる。すなわちASTM¹⁾その他²⁾³⁾にカーボンレンガの耐アルカリ試験が示されているように重要である。

またJ. T. NELSON⁴⁾やJ. SAVAGEら⁵⁾もカーボンレンガの侵食の主要原因がアルカリにあることを述べている。

ボッシュガスには多量のアルカリガスを含むことは明らかであり朝顔、炉腹、シャフト下部のシャモットレンガの侵食原因としてアルカリによるレンガの崩壊が主原因であること⁶⁾からしてもアルカリのレンガへの侵透が予想され、気孔率のほぼ等しいカーボンレンガにも当然侵透することが考えられる。

したがって前述のごとくカーボンレンガがアルカリに弱いことからして朝顔部カーボンレンガの侵食原因としてアルカリが考えられる。

朝顔部カーボンレンガの酸化はL. P. ELLY⁷⁾の示すように総出鉄量300万tの後に羽口部カーボンレンガでさえも残存していることからみても朝顔部カーボンレンガの酸化による損耗は通常は存在しないといつてもよいと思われる。高炉内ではG. M. WORKMAN³⁾やJ. SAVAGE⁵⁾らのいうようにCOガスによるレンガの崩壊が問題になるかもしれない。

住友金属工業江上氏のいわれるような未還元鉱石中の酸素による酸化は特殊な場合のみでほとんどないといつてよいのではないか。すなわち朝顔部まで未還元鉱石が降下してきても鉱石のFeOと冷却されている朝顔部カーボンレンガのCが反応すると考えるのは鉱石の直接還元機構からいつても特殊のケースと思われる。

L. P. ELLY⁷⁾の示すように羽口部のカーボンレンガが残存し朝顔部が損耗消失していることは酸化よりアルカリがレンガの損耗に大きく寄与しているとみてよいと思われる。

次にカーボンレンガの硬度に関しTable 3の260mmの方が130mmより大きい理由については機械的摩耗状況の相違、カーボン保護レンガの損耗の相違その他種々の要因があり単に高温におけるレンガの強度が高いためとばかりは考えられないと思う。

レンガの摩耗については実炉のプロフィールが変化することによる炉内容物およびガスなどの流動状況に変化がみられると思われるので必ずしもレンガ壁の厚みによつて変わらないとみることは問題があるう。

朝顔部レンガの侵食の要因としてはスラグとの反応を当然あげることができが高炉スラグとの反応性に強いことがカーボンレンガのシャモットレンガに対する優位性の1つであると一般に認められているところであり、アルカリによる侵食に比しスラグの化学的反応の影響は少ないものと考えている。

文 献

- 1) A. S. T. M. Standards. Part 13; Refractories: Ceramic Materials, 437～438, 1965
- 2) Physical Test, 9, ARL. 9P～64, U. S. Steel Co., Ltd.
- 3) G. M. WORKMAN etc.: Steel Times Sept., 22 (1967), p. 335～341
- 4) J. T. NELSON: Bull. Am. Ceram. Soc., 35 (1956), p. 188
- 5) J. SAVAGE etc.: Steel Times Annual Review (1967), p. 148
- 6) 林 武志: 溶鉱炉内張耐火煉瓦の変質に関する鉱物学的研究
- 7) L. P. ELLY: Iron and Steel Eng., 67, 44, Apr. p. 119～122

【質問】 鋼管川崎 小林 正

当所においても朝顔にカーボン煉瓦を使用し⁶⁰COにより侵食状況を測定した例がある。しかしあまり数がないので、明確なことは言えないが、カーボンでもかなり早く侵食される。シャモットとの比較の場合、シャモット

* 昭和42年10月本会講演大会にて発表
鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 487～490

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融せず、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