

討 論 会 集 録*

高炉におけるカーボン煉瓦の効果について**

—建設時のねらい実績, 解体結果, 適正使用箇所—

座長 東京大学工学部 工博 館

充

司会者としては問題の性質上、一問一答式の討論よりは、むしろ参加者の自由な発言によつて、見解の一致点と対立点を明らかにするのが適当と考えた。この意味で高炉メーカー各社からなるべくもれなく発言を得るようにつとめたほか、とくに次の点について見解あるいは主張を発表されることを要望した。

- 1) ボッシュ部へのカーボン煉瓦使用の可否
- 2) 炉床底部へカーボン煉瓦を使用する場合の積み方
- 3) カーボン煉瓦の浸食の原因と機構

炉床側壁部については、会社、作業所、炉の別なく、カーボン煉瓦の耐食性が優秀であり、かつそれが効果的な冷却と関連が深いとする点で、見解の一致が明りようであると考え、これについての討論を求めなかつた。

討論の結果についての司会者としての感想は次のとおりである。

1) ボッシュ部への適用については、使用例または解体例が少ないため、まだ効果を判定しうる段階でないが、いずれにしても冷却効果との関連のもとに論ずべきであるという見解が支配的であつた。薄壁式の場合に限つて適用すべきであるとする論者もあつた。

2) 炉床底上部（炉内側）へのカーボン煉瓦の使用はシャモット煉瓦積の場合にくらべて、炉底全体の耐久性を増すことについては、ほぼ意見の一致をみた。積み方については、炉底外部の強制冷却（空冷または水冷）を前提として、下部（鉄皮側）に使用すべきであるという主張がかなり強かつたが、底部の冷却が側壁のそれほど有効でないことからみて、築造法、煉瓦材質（たとえば無煙炭系）の工夫によつて、上部に使用しても、所要の耐久年数を示しうるとする主張もあつた。

3) カーボン煉瓦、とくに炉底（上部）に積んだその浸食の原因、機構については、解体例が少ないため、十分な議論の展開をみるにいたらなかつたが、浸食が溶銑への溶けこみによるという見方には疑問をもつ発言が多かつた。しかし炉底部の浸食プロフィールが 1150~1200°C の等温面にあたるとする報告には普遍性があり、今後の研究のてがかりとして注目に値する。

なお矢作製鉄鹿島氏から同社の独自の技術によるスタンプ炉築造法が詳細に報告されたが、大容量の高炉ではスタンプは無理とみるむきが多かつた。

結論的には今後さらにデータを蓄積した後に見解の不一致点、あるいは不明の点を再検討すべきであると考えらる。

講演：高炉炉底炭素煉瓦の効果について**

八幡製鉄 白石芳雄・工博 大庭 宏

【質問】 鋼管川崎 小林 正

当日本鋼管ではまだ炉底にカーボンを使用した高炉の解体例がないので次のことについて教えて戴きたい。

1) 炉底にカーボンを使つた場合、カーボンが残っているものと、残っていないものがある。特に洞岡 No 3 (4 次) 洞岡 No 2 (5 次) は出銑量が多いにもかかわらず、炉底侵食がいたつて少なく、これに反し洞岡 No 1 (4 次) の侵食が著しく大きい。この原因としてカーボンの材質、あるいは築炉上などに特にご意見はないか。

2) 炉底にカーボンを使つた高炉は一般に全シャモットの高炉より侵食が少ない。これはカーボンの平均侵食速度が小さいと考えられるからか。住友金属工業の状況と多少異なるように思われるので、ご意見があれば伺いたい。当所の状況ではシャモットは初期のスポーリングなどによる異常損傷をおそれているが、高温部での侵食には両者これほど差がないように考えていた。

3) 全シャモットを使つた場合とカーボンを使つた場合で炉底のシャモット上面の材質変化に何らか差があるのか。

【回答】

1) 洞岡高炉の例は吹降してみたら、こういう結果だつたので、別に築炉上意識したものではない。

2) 確かにカーボンは、シャモットに比べて強いと思う。

3) カーボンを使つた場合、冷却効果をよくするようにすることが大切である。冷却が有効にはたらいたかどうかということだと思う。

【質問】 富士室蘭 永井 忠弘

1) 炉底カーボン煉瓦は小型がよいとのことですが、熱伝導の点、目地数の点すなわち接着強度、浮上などからして大型のほうが良好と思われるが、それでも小型のほうがよいということか。

2) 高炉の設計上からいつて予想総出銑量とカーボン煉瓦の使用方法をできれば具体的な数字をもつて示してほしい。

【回答】

1) 炉底カーボンブロックの小型、大型といつても、比較的な表現で、どれまでが小型、どこまでが大型という、はつきりしたものは無い。私のいう小型というのは、現在八幡で使用している程度のものである。カーボンブロックを単体としてあまり大きくすると、ブロックを造

* 昭和 42 年 10 月本会講演大会における討論会

** 鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 483~486

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つ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に問題があるう。

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