

技術資料

獨逸と米國の高爐用カーボン煉瓦¹⁾

植 田 勇 二*

CARBON BRICK FOR BLAST FURNACE

IN AMERICA AND GERMANY

Yuji Ueda

I. 緒 言

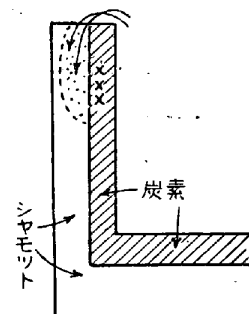
熔鐵爐用炭素煉瓦についてはわが國でも既に十數年前からその道の識者によつて、その必要性が唱えられてカーボン業者へ要望せられたことがあつた。戦後主としてアメリカの状況も伝えられた。又八幡製鐵所では既に試験爐にて數回研究が重ねられ、實地使用も順次行はれている。其他富士製鐵、小型爐等にカーボン煉瓦が試用せられつゝある。しかしこの問題については未だ我國では使用上の不安もあり、設計上の未知の點もあり、又成功しているといわれる獨逸のことがあまり傳へられなかつた爲めか、賛否兩輪ある様にみうけられた。そこで社命をうけて、丁度八幡製鐵の技師の方が視察されたとき、時を同うしてアメリカ及び就中ドイツの高爐カーボンブロックについて實地訪問其他によつて實狀を調査した。米國及其延長として英國の状況には文献が多くある。

II. アメリカの状況

アメリカに於ける高爐のカーボン煉瓦は、今次戦争終了後ドイツの成功に刺戟されて急に發達した。これにはカーボンメーカー會社の努力が大いに與つている様である。又同時にカーボンメーカーのやり方が影響しているように見える。アメリカでは 1937 年に初めて試みられ 1943 年(戦争中)から相當に注意が向けられ、1945 年頃にはアメリカ國內の數爐が、ペースト、耐火煉瓦型の炭素煉瓦、及び大型ブロックによつて底及び湯溜りまで築かれていた。1947 年にはスタンプ爐底 12、炭素ブロック及炭素煉瓦底 20 を數え、1950 年末には全米約 200 の 40% は炭素内張りである。ナショナルカーボンとグレートレーキの 2 社 (National Carbon Co. と Great Lakes Carbon Corp) が供給している。N. C. C. は約 75、G. L. C. は約 19 といわれる。

アメリカの炭素内張りの問題は、炭素ブロックの材質の

問題よりも寧ろ築爐の設計問題であつて、この點は耐火煉瓦と異つている。ペースト及小型炭素煉瓦を用いたものもあつたが次第に大型に移つて來た。(並形煉瓦大のもの— $2\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 9''$ —を炭素ブロック、大型のものを炭素ブロックといつている)。そして現在尙各種の設計が行われつゝあつて定説はない。何れも底及びハースまでにしてたゞ一つ小型のものがボシユまで試みられた。(Chester Furnace Co., Pa) これまでの成績は何分多くは 3~4 年の經驗であるから、未だ良否の結論を得るに至つてはいないが、これまでのところ多くは事故なく使われている。但し二つ程事故があり、それが業界に大きく影響している。一つは 3 年前に爐の側部から破れたもので、外側耐火煉瓦約 20'', その内側にカーボンブロック内張りを約 12'' 施した二重構造のハースで、スラグがカーボンの上部から溢出して、まづ外側の耐火煉瓦を侵し、ついで之の部分のカーボンの外側から酸化で侵されて熔湯が溢れ出した。(第 1 圖) 他の失敗は底の

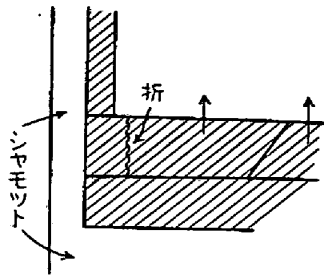


第 1 圖 スラグ溢出侵蝕(湯溜)

浮上りであつて、之は大型の長い爐底であつたが、その間にはペーストを厚さ 1'' 以上用いていた。そのカーボンの一、二本が押えてあるハースの壁下部の近くにて折れて浮上つた (第 2 圖)。(我國でも小型爐で設計が未熟

1) 1 部は窯協 59 396-399 (1951) に發表

* 東海電極株式會社



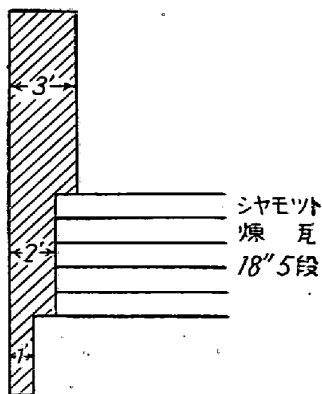
第2圖 爐底炭素ブロックの浮上り折れ
(約2ヶ月)

であつた爲にこの二種の事故をおこした事がある) これ等のことの影響及びアメリカにある優良安價な爐用耐火煉瓦の爲に現在アメリカのカーボン煉瓦は急激な増加が一寸鈍つてゐる様にみえる。一面に間もなく70%に達するであろうという見方と、他面には差控えたり、ハース側の最も侵蝕のはげしい下部にのみカーボンを用いようとする傾向もみられる。

例えば米國の兩カーボン會社の製品を用いてゐるベスレーム製鋼會社 (Bethlehem Steel Co., Pa.) の爐の技術者の意見では、グリーン會社 (A. P. Green Co.) 製の爐底用耐火煉瓦、厚さ 18" のものは次の如きよい特性で 200 萬トン出銑後も尙5段のうち 2.5 段しか侵されてゐない。この時に側の下部が侵されて壽命が到來したのであつた。

SiO_2 50%, Fe_2O_3 1.0~2.0%, CaO 0.2~0.8%,
 Al_2O_3 41%, MoO 0.0~0.5%, 有孔率 10%,
見掛比重 2.35

それ故に壽命到來の原因になつた側壁のみを全部カーボン(耐火煉瓦と二重でなく全部カーボン、二重はよくない)で築き底にはこの煉瓦を用うれば爐の壽命は倍加するといつていた。(第3圖)



第3圖 底シャモット側炭素の案(湯溜)

しかし、業界の有力な一設計者ブラサートは、(この設

計者は以前ドイツに多数の高爐を築き、ドイツの多くの炭素内張りに対して耐火煉瓦を用いてきたが) 今では炭素内張りを行うことに異論なしとしていて、業界は慎重ではあるが、炭素が絶対に熔湯とスラッグに侵されないことが明かとなつたため、漸次炭素が多くなる傾向にある。

炭素内張りの方法は、アメリカのやり方の特徴は、ボトム及びハースまで、あること、ボトムは通常 1 1/2" 位の目地スタンプを用いてゐること、全カーボンのものもあるが、前述の様にハースも、又底も内張りのみカーボンを用いてゐるものが相當多いこと等で、後述のドイツの場合と大いに異つてゐる。又冷却方式が炭素の場合は外部シャワーの要があることが認められてゐる。しかしこの點これまでは必しも実施せられておらず、ハースの冷却を大型鋳物板に鐵管を鑄込んだものを用いてゐる内張り炭素の爐があつた(ベツレームの例)。

ハースより更に上方、ボシュ及びシャフトに使用については、まだ經驗に乏しい。これは主として冷却方式によるものである。前述のブラサートでは外部注水冷却としてシャフト上部までカーボンにする設計を推奨してゐる。

III. ドイツの狀況

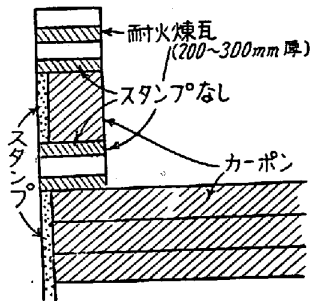
ドイツの高爐炭素内張りはその歴史古く、既に 1890 年頃に研究が始められていて、1920 年頃には相當使用せられ初め、當時は多くは自家製の小型炭素煉瓦を用いその使用成績も良否とりどりであつた。しかしドイツでは食糧多く、ために多量の侵蝕性のスラッグを生ずること、耐火物の原料のよいものが少い關係上、絶対にスラッグに侵されない熔鑄爐の温度では變形もせず強度も低下しない炭素のよいことが認められ、1939 年には既に全ドイツの高爐の 85% が炭素内張りと報告せられてゐる。現今ではアメリカ式(ブラサート)の爐の外はすべて炭素内張りである。ある人はこれを 95% といつてゐる。

現在ドイツの高爐の内張りはすべてボシュ上部までである。底、ハース、ボシュ共に全部を炭素で築いてゐる。極く少數のものは外周に薄く耐火煉瓦を用いてゐる。底の厚さは 1500mm 以上で多くは 1800mm 以上である。炭素の種類は、炭素メーカーから供給するカーボンブロック、同じくカーボンペースト又は自家製カーボンペーストであつて、用いてゐる所では經驗深く何れもそれらを成績よろしといつてゐる。しかしカーボンペーストよりもブロックの方が確實によく、築爐費はペーストの方がずっと安い。

寿命は極めて長く、20年に及ぶものも少からず、炭素の部分よりも他の部分の寿命で爐の寿命が決定せられる。通常ボシユまで炭素を用いるので、シャフト下部の耐火煉瓦の寿命で決せられる。10年位が平均であろう。

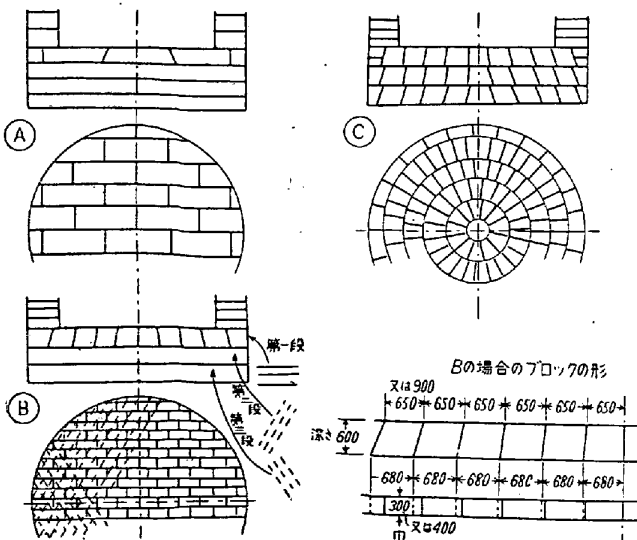
冷却は外から灌水する方法が最も普及し、簡易にして故障のない方法とされてきて、ボシユ以下に用いられている。シャフトの冷却は通常挿入箱型で、これが成功している。一部にシャフトの下部を外部灌水としてこの部にカーボン内張りを實施している。外部灌水にて初めてカーボンが用いられる。

出鉄口、羽口は通常耐火煉瓦を用いている。カーボンを用いているものもある(第4圖)耐火煉瓦と炭素ブロック間にも接合目地を用いない。



第4圖 羽口と出湯口

炭素ブロックの最外側、シエルとの中間は乾燥コークスブリーズを用うるものとコークスとタール等を加えたペーストを用うるものがある。例えば後記ラインハウゼンではコークス(5~10mm)1に對し黒鉛(粉末)を2又は3の割合に混じて脱水土ールを加え、加熱した時に丁度糊状になる様にする。このものを約100mm厚さに用うる。ボホムでは0~2mmのコークスの乾燥粉を用いていた。



第5圖 爐底築爐法3種(A.B.C)及び底ブロックの形状

築爐法は第5圖A、B及びCの様な大別3種の方法がある、A法は押出しで製造したカーボンブロック、B、Cは型込みで作ったカーボンブロックである。何れの場合にも底も側壁も全面グラインダーで精密に仕上げられてスタンプ目地を用いない。僅かにタール、又は黒鉛と水の混合物を塗る程度である。

浮上りを防ぐために合せめに特殊の加工を施したり、挿入物をいれることは行われていない。

ラインハウゼン(舊クルツプ, Stahlbau Rheinhausen, Rheinhausen)9基の高爐のうちハース径4.5mのものは古い2基、新しいドイツ設計のもの直径6.5m(1000t)のもの5基、6.85mのブラサートのもの2基あり、このブラサートの2基以外は全部カーボンライニングをマンテルの高さまで内張りしてある。底の厚さ1,500mm、ハースのチュア下までは1,500mmの厚さ、チュアから直線的に薄くなつてマンテルの所で600mmである。ハースの修理はカーボン板とペーストで容易に行われる。ハースは60mm厚さの軟鋼板を熔接して作られ、マンテル部で外部から注水冷却する。外部の温度からハースの厚さが知られる。

炭素ブロックで、第5圖Cの様にコーンに作られているものがある。自動締付けで浮上ることはない。その特性は次の如くであるといわれる。

灰分	眞比重	見掛比重	有孔率
7.7~8%	1.95	1.38	29%
平均壓縮強度			
200~300kg/cm ²			

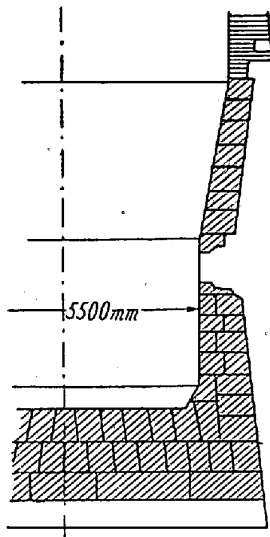
下底2段で高さ1,500mm全部精密仕上げである。接縫部は炭素粉と耐火物の混合物を塗っている。

スラッグの通常の組成は次の如くである。

CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	S
44%	33-34%	4~5%	12%	1.5%

寿命は上部のライニングの保つ間はある、鑛石によつて異なり、スエーデンの富鑛では6.5mの爐で平均250萬t、貧鑛では150~200萬tである。ハースの破損は耐火煉瓦ハースよりも少く、修理容易である。修理はペーストで容易に作られる。

マンネスマンロール(Mannesmann Röhrenwerk A.-G., Huckingen 工場)ドイツ流の新式のハース径5.5mの爐4基がある(各750t)、ハースは60mm、ボシユ及シャフトは35mmの鐵板である。マンテルの高さまで大型の押出し製の炭素ブロック第5圖Aの方法で築いてある。(第6圖)終戦時(1946年4月)までの成績次の如くである。カーボンの破損は一つもない。



第 6 圖

マンネスマンロールの新型熔鑛爐の
ハースとボシユ内張
(Mannesmann Röhrenwerke
A.G. Huckingen 工場)

No.4 爐

//// 炭素ブロック

冷却法 { シヤフト.....ボックス
 { ハースボシユ...外部水冷

爐のNo.	築爐	1945年4月 までの出銑	損傷回数	同左理由
1	1929・5	3,150	2	タップホール
2	1929・5	2,480	3	タップホール
3	1937・6	1,400	0	—
4	1939・6	1,000	0	—

ドイツアイゼンヴェルケ (Deutsche Eisenwerke A.-G., Mulheim 工場) この工場には4 爐あり, No. 1 はハース徑 4.5m, No.2 3.6m, No.3 4.0m, No.4, 4.5m である。マンテルの高さまで炭素ペーストで内張りせられ満足すべき状態である。タップホールの周囲は耐火煉瓦を用いる。ボシユ (25mm) とハース (50mm) は軟鋼板で外部から灌水冷却である。

ヘシユ (Hoesch A.-G., Dortmund)

高爐6 基あり, No.1, 2, 4 はハース徑 6.5m (800~1000 t), No.3 4.6m (450~500t), No.7, プラサート爐, 6.8m (800~1000t) である。プラサート爐以外は炭素ブロックで, 大型の第5 圖A 式の築爐方法である。ブロックで満足であるのでスタンプを試みたことはない。カーボン及耐火物の破損に對しては修理にカーボンペーストを用うる。その一例は No. 7 のプラサート爐の場合で, この爐はシエルの内部に鑄鐵製の冷却板を與えているが, 6 ヶ月にして數個破損して 3~4 枚の冷却板を損傷した。修理は冷却板をそのままとし, 空所は, 外部を熔接して, カーボンペーストで埋め, 外部を水冷とした。

ヒュツテンフェルアイン (Dortmund Hoerder Huttenverein A.-G., Dortmund.)

ハース徑 6.5m のもの3 基, 6m のもの1 基, 5m のもの1 基である。皆自家製のペーストでマンテルの高さまでカーボン耐火物である。

ボホム (Bochum Verein, Bochum) (プロフィール第7 圖)

No.1, ハース徑 5.0m; No.2, 4.7m; No.3, 4.6m; No.4, 5.0m; No.6, 6.2m である。全部カーボンであるが, No.1, 3, 4 は全部炭素ブロック, No.2 はスタンプ, No.5 は一部スタンプである。No.1 は1929 年4 月の築爐で1951 年1 月1 日までに3,001,000t を出して現在尙健在 No.2 は1950 年8 月築爐 (2スタンプ) で9 月に5 回も破損した。No.3 は1936 年2 月築爐で1944 年11 月破損までに1,377,000t を出した。No.4 は1927 年3 月築爐で1950 年3 月破損までに2,943,000t を出した。No.5 は1944 年3 月築爐で1951 年1 月1 日までに799,000t を出して健在である。この技師長は今後スタンプの内張りは決して用いないといつていた。獨逸でも推奨する人もあるがよくないとの事であつた。