

鹽 基 性 平 爐¹⁾ (I)

J. H. Chesters

出口喜勇爾譯

目 次

- I. 緒論, 爐各部の名稱, 天井, 裏壁, 前壁, ガス及び空氣突當り, 噴出口
 II. 爐床, ガス及び空氣上昇道, ガス及び空氣鋼滓室, 格子積蓄熱室, ガス及び空氣變更瓣と煙道

緒 論

鹽基性平爐程各種各様の耐火材料を必要とするものはないであらう。更にその必要とする耐火物が平爐の型式即ち冷銑操業固定式, 熔銑操業固定式或は熔銑操業傾注式によつて異なるのみならず, 操業速度及び精錬される鋼の種類によつても異なる。本論文は主として冷銑屑鐵法にて操業し發生爐ガスを使用する小型(80噸)固定式爐に就て述べるが, 熔銑法にて操業する爐, 特に混合ガスを使用する300噸タルボット傾注式爐に就ても参考迄に言及しよう。

平爐は2つの主要部分より成る。即ち鋼がその化學變化を受ける爲に熔解室と呼ばれる所の操業床より上の部分と, 耐火物の見地からは寧ろ興味が少い方が然し平爐の本質的特徴をなす所の操業床より下の部分とより成る。後者は4つの主要なる部屋より成つて耐火煉瓦で滿されて居り, 廢氣ガスが煙道に逃げる途中でそれから熱を奪ひ, この熱を出來得る限り新しく入つて來るガス及び空氣に與へる役目をする。

操業床より上の部分は天井(大天井及び小天井を含めて); 側壁(裏, 前及び突當り); 噴出口又はバーナー及び爐床とに分けられる。熔鋼と接觸する部分は爐床のみであるが, 爐の内側全體にわたつて酸化鐵及び石灰の多い雰圍氣で洗はれる故に, この部分は1,700°C(3,092°F)もの高温に於て鹽基性塵埃に抵抗し得る材料で築造しなければならない。

操業床より下の部分は蓄熱室, 及びその中の格子積; 格子が塵埃で閉塞されるのを減少す爲に塵埃捕集の働きをする鋼滓室; 噴出口からの下降道; 蓄熱室と煙突及び變更瓣を通して發生爐と連結する煙道とに分けられる。

爐床をすつかり空にしないで鋼や鋼滓を小出しに出鋼する事を容易ならしめる爲に熔解室が回転する所の傾注式爐に使用される耐火物は本質的には固定式爐と同じであるが裏壁のみは珪石煉瓦で造る事は出來ない。何となれば爐が傾いた時に裏壁はCaO, FeO或はMnOの多い鹽基性鋼滓で覆はれるからである。更に爐床は常に鋼で覆はれて居り稀にしか見る事が出來ない故に, 操業の開始に當つては出來得る限りの注意を拂つて點檢しなければならない。

爐各部の名稱

英國の平爐用耐火物聯合調査委員(The Open Hearth Refractories Joint Panel)は平爐の標準名稱を採用した。Iron and Steel Institute Special Report No. 26, 1939に發表されて居る

ものを第1圖に示す。之を見ると米國で一般に使用されて居る名稱と著しい相違はないが, 例へば bulkhead (wicket 或は end に同じ)なる名稱は使用しない。英米兩國に於ける用語が甚だ相似て居る故に, 英國で使用する名稱を使用しても全然誤解を生ずる事はない。本論文に於ては耐火物の抵抗すべき諸條件及び普通の破損原因をも併せて述べ, 又將來の改良方向をも示す。

こゝで注意すべき事は爐を便宜上40もの部分に分けて居るが實際の場合にはそれを1つの單位と見做して理想的に云へば長期間にわたつて操業し續け, そしてそれから全部が一週に壞れるべきである。成る程爐の出鋼量を減じないで或る種の修理が出来る事は出来るし, 特に週末の短いガス切りの間ではさうであるが, 然し例へば裏及び前壁よりも二三週間しか長く持たないやうな天井は何等大した利益にはならない, 何となれば天井の壽命がもはや追加の二三週間しかないのに更にこの爐で操業を再開する爲に澤山の費用をかけても引合はないからである。反對に天井が裏及び前壁よりも2倍も長く續くものでは第2回目の修繕費が省ける爲に2倍以上もの價値がある事となる。

天 井

(第1圖に於ける符號5, 6の部分)

1. 構 造

形 天井は平らであるか, 一方向或は二方向に起(むく)つて居る。大天井と小天井の間はベンチユリー式爐のやうにはつきりと關節をつけて置く事もあり, メルツ式爐のやうに連續して居る事もある。一般に云つて設計が簡単な程耐火物に歪が少ない。それは形狀に急變があると局部的の損耗を起し易いからである。

齒車式(肋骨型)(Ribs)天井 齒車式とした天井とべたの天井との比較的な長所に關しては最近Mc Dowellが論議した。齒車式にする主目的は天井の重量の方はそれ相應に増加させないで置いて強さの方を強くする爲である。然し齒車式にした爲に複雑化した事をはつきり示した例が多々ある。例へば齒車に沿つて或は齒車の間が局部的に割れたり熔けたりする爲に屢爐の内側から齒車の位置が見當付くことがある。米國では12inの天井では15~16inの齒車¹⁾, 13.5~15inの天井では18inの齒車, 18inの天井では22.5inの齒車が普通のやうである。英國では天井を薄くしやうとする傾向があり, 12inの天井では14inの齒車の方が一般的である。

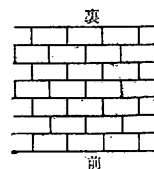
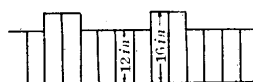
つなぎをとつた天井(Bonding) 平爐技術者の中には, 齒車なしで, つなぎをとつた天井²⁾(Bonded roof)を好む人も多い。何

譯者註

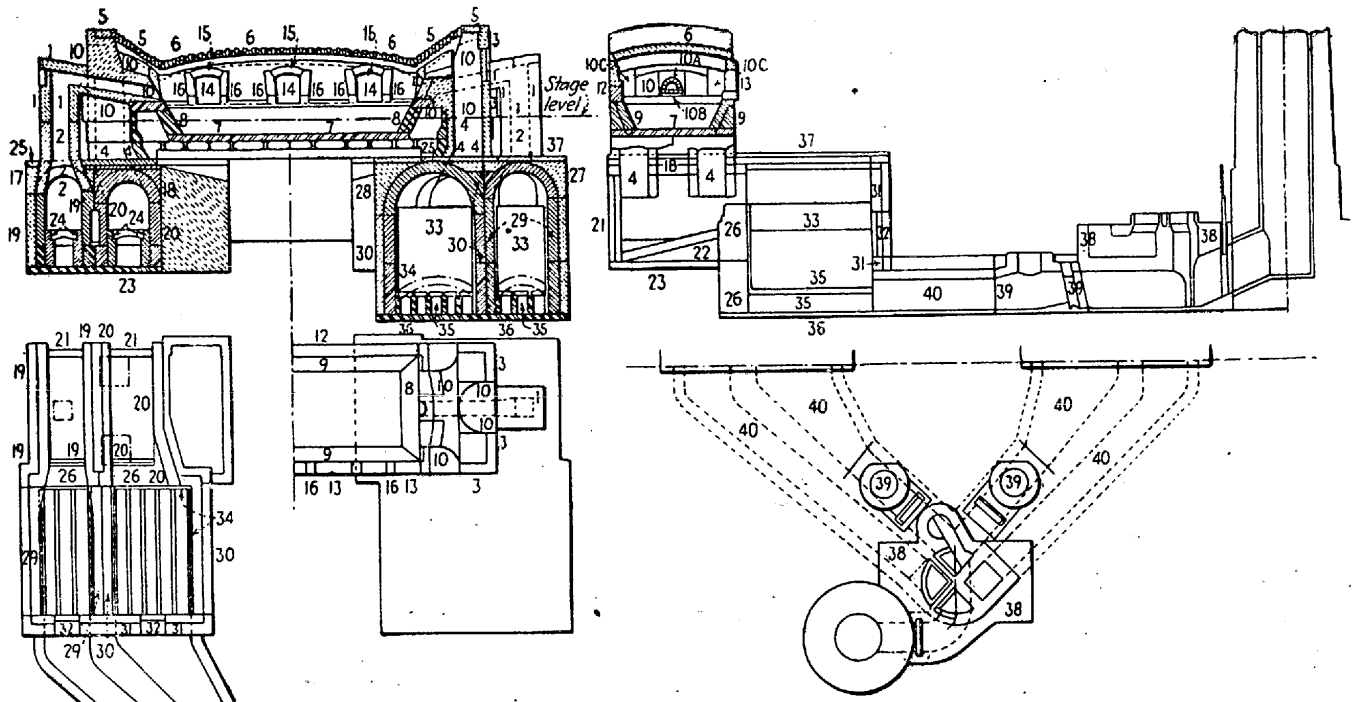
1) 齒車式天井

2) つなぎをとつた天井 Bonded roof

Ribbed roof



¹⁾ Iron Age, Vol. 147 (1941), No. 21, May 22, p. 39; No. 22, May 29, p. 41; Vol. 148, No. 6, Aug. 7, p. 37; No. 7, Aug. 14, p. 39; No. 8, Aug. 21, p. 52.



1 Gas Ends. 2 Gas Uptakes. 3 Air Ends. 4 Air Uptakes. 5 Ramp Roofs. 6 Main Roof. 7 Bath Bottom. 8 Bridge Bank. 9 Banks. 10 Blocks, comprising: 10A Gas Port Arch, 10B Gas Slopes, 10C Wing Walls, 10D Air Port Arches (if present). 12 Back Wall. 13 Front Wall. 14 Doors. 15 Door Arches. 16 Door Jams. 17 Gas Slag Arches. 18 Air Slag Arches. 19 Gas Slag Walls. 20 Air Slag Walls. 21 Slag Wickets. 22 Slag Slopes. 23 Slag Bottom Paving. 24 Slag False Walls. 25 Slag Top Paving and Protection Walls. 26 Checker Bridge Wickets. 27 Gas Checker Arches. 28 Air Checker Arches. 29 Gas Checker Side Walls. 30 Air Checker Side Walls. 31 Checker Front Walls. 32 Checker Wickets. 33 Checker Bricks. 34 Checker False Walls. 35 Checker Bearers and Bearer Walls. 36 Checker Floors. 37 Checker Top Paving. 38 Gas Valve. 39 Air Valve. 40 Flues. 41 Intermediate Blocks.

第1圖 英國の平爐用耐火物聯合調査委員の採用せる平爐各部の名稱

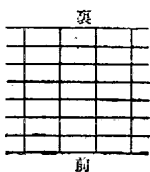
- | | | |
|---------------|------------------|------------------|
| 1 ガス突當り | 12 裏壁 | 26 伸仕切り壁 |
| 2 ガス上昇道(昇り) | 13 前壁 | 27 ガス蓄熱室(格子部屋)天井 |
| 3 空気突當り | 14 装入口 | 28 空気蓄熱室天井 |
| 4 空気上昇道 | 15 装入口迫 | 29 ガス蓄熱室側壁 |
| 5 小天井 | 16 装入口柱 | 30 空気蓄熱室側壁 |
| 6 大天井 | 17 ガス鋼滓室(鋼滓部屋)天井 | 31 蓄熱室前壁 |
| 7 爐底 | 18 空気鋼滓室天井 | 32 蓄熱室マンホール |
| 8 噴出口前上手 | 19 ガス鋼滓室壁 | 33 格子積煉瓦 |
| 9 土手 | 20 空気鋼滓室壁 | 34 蓄熱室貼付壁 |
| 10 噴出口 | 21 鋼滓室マンホール | 35 格子受大煉瓦及び咄 |
| 10 A. ガス噴出口迫 | 22 鋼滓室傾斜 | 36 蓄熱室敷 |
| 10 B. ガス噴出口傾斜 | 23 鋼滓室敷 | 37 蓄熱室天井均し |
| 10 C. (翼壁) | 24 鋼滓室貼付壁 | 38 ガス變更瓣 |
| 10 D. 空気噴出口迫 | 25 鋼滓室天井均し | 39 空気變更瓣 |
| (若しあれば) | | 40 煙道 |

となればは普通の目地の通つた天井³⁾ (Straight ring roof) の場合にその一點が薄くなつた爲にアーチ全體が崩落するやうな非常な危険を避けるからである。つなぎをとつた天井は積方にも長く時間がかかり注意も餘計に掛かるが、經驗によると上の方が満足な結果が得られ特に形を崩さないで持ちがよい。

吊手 天井を鋼の吊手で支へるのは明かに利益があることはある。殊に昇熱の時煉瓦の内側に生ずる大きな歪力を避けることが出来る。然しこれは又甚だ困難を伴ふ。特に天井が薄くなるに從つて吊手が酸化しないやう保護するに困難である。又昇熱の際煉瓦間の壓力を除くことが實際の利益となるや否やは問題である。何となれば若し加熱の爲に何處か剝落したとしても側壓の爲に天井が全部

譯者註

3) 目地の通つた天井
Straight ring roof



硝子化する迄剥片が下に落ちないでその位置に留めて置かれるかも知れないからである。成程アーチほどの點に於ても天井の残りが崩落するといふやうな心配をしなくて修理することが出来るが、然し迫(せり)式の天井 (Spring roof) に於ても略同様の困難さを以て、中心を取換へて毀損部分を切り取るといふやうにして修理を行ふことが出来る。少くとも珪石煉瓦に就ては、懸垂に於て大きな利益は認められないであらう。迫の天井には抱(だき) (Skew-back) がついて居るが、それに就ては垂直の滑り及び抱受金物 (Skew-back channel) の熔融するのを避ける爲に各種の設計が爲された。この抱受金物を良好なる状態及び正しい位置に保つて置くことは誠に重要であつて、この點大いに強調してもし過ぎることはない。良好なる迫の天井を造る時に遭遇した困難の一つは珪石天井煉瓦の形狀の缺陷であつた。かくて一時は、僅かの勾配を以て注文された煉瓦が一つの煉瓦から次の煉瓦へと傾斜の量が段々大きく變つて行き勝ちであつた。然し入れ子式木型 (Loose lined steel plated mold) で造られた最近の煉瓦は形が優れて居て天井は全部端がアーチ型になつた煉瓦から造られ得るのである。迫式のアーチでは幾つかの楔(せめ)煉瓦をアーチ一般水準以上に通常揚げて置き、捲き終つてから此等の楔煉瓦を打込んでアーチを締める。その打込み程度は、アー

チの一般水準が動く前に、天井が中心から持ち上らうとする迄である。

厚さ 英國では大多数の平爐は厚さ 12in であるが、米國ではずつと厚い天井が普通である。Buell によると 125 噸容量以上の爐に對しては 22.5in 齒車の 18in の天井とする傾向がある。

迫り 英國に於ては最初の天井の迫りは弦取當り 1.25 或は 1.5in が普通であるが Buell によると米國に於てはもつと大きな迫りが普通である。迫りを 1in/ft のやうに小さくすると、断面の一部が平らになり勝ちで、さうなると思ひ掛けない天井の陥損はその崩落を惹起する。然し比較的充分焼締つた(hard fired)珪石煉瓦で普通の迫りの場合でも、僅か 14ft の間隔(スパン)しか持たない天井が昇熱の時に 7in も持ち上ることになるのは常に頭に置いておくべきである。

Buell によると平爐天井の抱煉瓦の上の水平方向に押す力は次式で與へられる。

$$HF = (1/2 \cdot W \times C \times K) / 8 \times R$$

但 HF=水平方向に押す力 (lb) W=天井の重さ (lb)
C=弦の長さ (ft) R=天井の迫り (ft) K=係數 (2.0)

係數Kは加熱されて居る時に天井に生ずる熱的歪力の大きさを考慮に入れた所の經驗による安全率である。

この式は若し天井が餘りに平つたい、即ち R が餘りに小さいと水平方向に押す力は非常に大きくなつて抱の機構にとつて耐へられなくなる點に興味深い。

膨脹代(しろ) 一般に硬燒成珪石煉瓦で造つた天井の膨脹代は近似的に 1,000°C (1,832°F)に對する熱膨脹と等しい。即ち約 1.25% である。この膨脹代は天井のアーチに平行に幾筋かの幅の廣い間隙(ギャップ)によるか或はつなぎをとつた天井に於ては天井の長さの方向に垂直な平面に於ける隣同志の各煉瓦間に、そして 12in の間隔を置いて 1/8 in の毛氈(フェルト)を置くといふやうにして作られる。前後の方向に對しては何等膨脹代は作らない。天井又は側壁の各個の煉瓦の膨脹を相當長い距離を通して傳達させるといふことは決して確實ではないので、膨脹代を多数の小間隙に分散させることが望ましいのである。毛氈を使用すると比較的低温で燃えてしまつて少量の灰しか残さないのみならず、天井の外側に於ても又昇熱の初期に於てもクツションの働きをするから有利である。

セメント 天井を固めるのに今尙セメントを使用して居る築爐家も居る。かうするとどれだけの利益があるかは疑はしい。特に煉瓦の形が良好な場合にはさうである。然し若しセメントを使用するならば煉瓦と同じ耐火度を持つて居なければならぬ。

斷熱 平爐の天井の斷熱の利點及び危險に就ては多数書かれて居る。主として米國で行はれたる研究によると斷熱は燃料及び耐火物の何れにも經濟的となるが、若し天井が過熱された時には斷熱した天井は斷熱せざるものよりも危險がなきにしもあらずであるから、その爲に斷熱は天井の溫度測定と共にに行はなければならない。天井を斷熱するには最も普通の方法は膨脹してしまつた蛭石(膨脹した雲母)を使用する。これは傳導率が非常に小さいのみならず更に天井壽命二回に再生して使用出来る程充分に熱に強い。斷熱に關して忘れてはならない一つの原則は若し斷熱を施行するならば天井面全體にわたつて均一に施行しなければならないことである。然らざれば局部的の過熱が起つて其處が熔けるやうなことになる。

2. 材 料

規格 平爐用天井煉瓦に關しては英米何れも何等規格の如きは見られないやうであるが獨逸の規格(DIN. 1088)を次に總括しよう。

化學成分: $SiO_2 > 94.5\%$, $Al_2O_3 < 2.0$, $CaO < 3.5$

耐火度: ゼーゲル錐 32(3,110°F, 1,710°C) 以上

荷重軟化點: 破壞開始(2 kg/cm²)

全氣孔率: <25%

比重: <2.43

常溫耐壓強度: >100 kg/cm²

珪石天井煉瓦に對して水も漏さぬやうな規格を作るのは非常に困難であるが次のやうな條項は有用であらう。比重、どの煉瓦をとつても 2.38 以下にして、平均に於て 2.36 以下の事; 化學成分, $SiO_2 > 94.5$, $Al_2O_3 < 2.00$, $CaO < 2.50\%$, 熔融點及び嵩比重に對しては最低 3,110°F (1,710°C), 1.7 g/cm³ が望ましい。

粒度分布(Grading) 最近迄は天井煉瓦の最上質は大ききにして 1/4 in 位の粒を含む粗粒質であると考へられて居た。かゝる粗粒質(普通軟燒成, Soft fired (燒成溫度低い))煉瓦を使用すれば新しい爐の加熱を容易ならしめることは疑ひないが、最近の結果によるとコークス爐煉瓦型の比較的微細基地のものも長持ちといふ點からは少く同じ位にはよいやうである。かゝる煉瓦は一般に形は良好、硝子化容易にして均一に損耗する。

形狀 天井煉瓦は形狀良好なることが肝要である。若し歪曲して居て其の凹面を合せて天井に積むと加熱に際してスポールして湯に落ち込む恐れがある。大ききの正確さはつなぎをとつた天井の場合の外はそれ程大切ではない。天井は傾斜を大きくつけた四角の煉瓦で造ることもあるが最近では寧ろ全部 12×6×(3~2.875)in の煉瓦で造る。

成分 化學成分は既に規格の所で言及したが、こゝで一二指摘して置かなければならない事がある。即ち石灰最大含量 2.5% は普通高過ぎること、及び石灰粘結劑を全然使用せざる煉瓦で以て最近優良なる結果が得られて居ることである。此のことは緻密な粒度と高成形壓力を使用してのみ出来ることであるが、かくして得られた餘分の耐火度は有利なものであらうことは疑ひない。

耐火度 大抵の珪石煉瓦はゼーゲル錐で測定して 3,110~3,146°F (1,710~1,730°C) の範圍内にある。比較的下級品では 3,074°F (1,690°C) で熔融してしまふものもあるが、例外的な場合としてゼーゲル錐 34 番 (3,182°F, 1,750°C) 迄全然溶けないこともある。各種の天井煉瓦に就ての資料を第 1 表に掲げる。

比重 珪石煉瓦の性質を調整するのに比重試験を以てすることは以前にこの書物で記述したが、この領域に於て相當經驗した所によると平爐に於ける最も大きな危險は軟燒成珪石煉瓦の使用といふことよりも、比重が廣範圍にわたつて異なる珪石煉瓦をとりまぜて使用することにあるといふことが暗示される。天井全體の平均の比重としては 2.35 しかないがその中に軟燒成煉瓦(比重が例へば 2.45)が一緒に使つてあつたとすると、局部的膨脹の爲に"丘疹(にきび)"を起し、それに續いてスポールが起る。比重の検査には顯微鏡的並に X 線的試験も有效であつて殘留石英含量と比重試験によつて決定された數値との間には一般に良好なる相關關係がある。更にそれ以上の検査としては 3×2×2in プリズムを試験煉瓦より切り出し、2h 1,500°C (2,732°F) に燒いて見て殘存膨脹を測定するのも有効である。例へば第 1 表を見ると比重 2.39 である燒不充分の煉瓦 S9 は殘存膨脹最大となつて居る。

嵩比重(Bulk density) 嵩比重大なる珪石煉瓦を使用すると天井の壽命を増す傾向のある事は殆ど疑ひない所である。今迄存在する天井壽命のよい記録は殆どすべてが嵩比重 1.90 g/cm³ 代の煉瓦に

第1表 平爐天井煉瓦の性質*(珪石)

	英					米	獨	
	S.8	S.6	S.5	S.7	S.9		S.2	S.3
見掛けの氣孔率, %	25.4	22.7	22.8	23.6	26.5	25.8	23.5	20.7
嵩比重, g/cm ³	1.73	1.79	1.83	1.76	1.75	1.72	1.78	1.85
" , lb/ft ³	108	110	114	110	109	107	111	116
眞比重 (Rees-Hugill 瓶)	2.30 ₆	2.33	2.36 ₆	2.32	2.39	2.30	2.32	2.32 ₆
通氣率	0.079	0.049	0.041	0.083	0.105	0.189	0.138	0.017
殘存膨脹 (1500°C, 2h), %	0.0	1.1	0.5	0.5	1.7	0.2	0.4	0.4
荷重軟化點 (1600°C, 1h, 25 lb/in ²)			24 分後に		7 分後に	30 分後に		
(1.7575 kg/cm ² 下に保持), 崩壊した量, %	0.6	0.7	崩壊	0.0	崩壊	崩壊	1.4	0.4
急熱急冷繰返回数 (450° 試験)	2	2	18	2	3	3	1	8
耐火度測定, ゼーゲル錐番號	32	32	32	32~33	31	32	32	32~33
" , °C	1,710	1,710	1,710	1,710~1,730	1,690	1,710	1,710	1,710~1,730
顯微鏡的検査近似的, 石英	0	30	30	20	30	0	5	20
トリヂマイト	50	20	35	40	10	50	20	30
クリストバライト	50	50	35	40	60	50	75	50

***氣孔率, 嵩比重, 見掛けの比重**

出来るだけ丸い試片(約 40~50g)を 110°C に 1h 乾燥し, 0.01g 迄秤量して之を Dg とする。次に眞空用デシケーター内に約 250ml のピーカーを入れ, 又デシケーターには硝子管を連結して置いて, 此の硝子管のコックを開けば水がデシケーター内のピーカーに注ぐやうにして置く。扱て試片をピーカーに入れてからデシケーター内が少くとも水銀柱 28in (71.12cm) になる空気を抜いてから, ピーカー内に約 30ml/min の割合で水を注いで試片が完全に涵るやうにし時々振盪し乍ら 5min 放置する。このやうに処理した試片を水中に置いて秤量して之を Sg とする。然る後試片を水中より取り出し, 濕つた布で以て表面について居る過剰の水を拭き去つて直ちに秤量し之を Wg とする。

$$\text{氣孔率} = 100 \times (W - D) / (W - S)$$

$$\text{嵩比重} \rho = \frac{D}{W - S} \quad (\text{但 } \rho \text{ は水の密度})$$

$$\text{見掛けの比重} = \frac{D}{D - S}$$

眞比重

キシリンを使用する所の Rees-Hugill の比重瓶による, 試験煉瓦は 100g を粉碎して 25 番 B. S. I. 篩を通る粉にして測定した。

通氣率

試片の寸法は普通 3.5 × 2 × 2in であつて, 1000 cm³ の空気をば一定壓力をかけて 3.5 × 2in 面を透過させる。

$$\text{通氣率} = 1,000 \times h / l \times b \times p \times t$$

但 h = 試片の高さ, cm; l = 試片の長さ, cm; b = 試片の幅, cm;

p = 壓力, 水柱 cm; t = 漏洩時間, s

殘存膨脹, 收縮

3 × 2 × 2in の試片をガス燃焼窯中で與へられた加熱處理後爐中冷却して後全膨脹, 全收縮の%を決定する。

荷重軟化點

一般に試片は 3.5 (又は 3) × 2 × 2in で之を Hirsch 炭素粒抵抗爐中の炭化珪素のブロックの上のせ, そして第 2 の炭化珪素のブロック及び重錘, 挺子によつて 25 又は 50 lb/in² (1.7575 又は 3.515 kg/cm²) の荷重を加へる。爐は約 10°C/min で加熱して行き, 遂に試片が潰れるか又は最初の長さの 10% 以上壓縮されるやうにする, 試片が加熱の爲に膨脹するが然し荷重の爲に壓縮されるのと丁度平衡する溫度を“初期軟化溫度”と呼び, 非常に迅速に潰れかゝる溫度 (0.3 in/min) にも注意する。最後に崩壊する溫度を読む。

急熱急冷繰返回数 (Thermal Shock Resistance)

試片は普通 3 × 3 × 2in で, 900°C に加熱して 10min 後に取り出し, 煉瓦の床の上に一端面を置いて 10min 冷却後再び爐に戻す。この操作を繰返す。試片の角が缺けたり小さな龜裂が入つたりしたのは書きとめては置くが, 大體眞二つに割れる迄は崩壊したと見做さない。

ゼーゲル錐による耐火度測定

出來得れば試験煉瓦より三角錐(底面の一辺 1/2in, 高さ 2in, 稜線の本が底面に垂直)を切り出し, A. S. T. M. のやうに煉瓦を粉碎してその粉を三角錐に成形することはしない。平爐煉瓦の使用面ではこの兩方の間で約 40°C もの相違が出る。これは粉碎の際に組織が破壊されて熔劑の分布を變へるからである。

[上記脚註は“Steel Plant Refractories”, J. H. Chesters, Iron Age, Vol. 147 (1941), No. 6, Feb. 6, p. 33; No. 7, Feb. 13, p. 47 による。(譯者)]

よつて獲得されて居るが, 第1表を見れば分るやうに嵩比重がこの値に近いやうな天井煉瓦さへも極く僅かである。非燒成煉瓦では良質の石英岩を使用すれば比較的容易に嵩比重高いものが得られるが燒成すれば氣孔率が増し嵩比重が減少し易い。然し嵩比重 1.85 g/cm³ の煉瓦を製造するには珪石煉瓦用の大抵の石英岩で事足りる。若しこの標準を維持するならば天井の壽命の改良も出來よう事は殆ど疑ひない。

荷重軟化點 大抵の煉瓦は 1,600°C (2,912°F) で 1h, 25 lb/in² の

荷重下に於て 1% 以下の崩壊で耐へる。此の事によつても, 又實際の場合荷重の大部分が天井の冷い部分によつて支へられて居る事實を見ても煉瓦の軟化によつて天井の崩壊するやうな事はありさうにない。

既述の如く珪石天井にセメントを使用する事は, 耐火度が高くなければならない。少くとも 1,690°C (3,074°F) といふ熔融點が望ましい。煉瓦が落付かない中にセメントが乾燥して脆くなつたりしないやうに, 必要なる時間水をきらしてはならない。又鐵で十分容易に

均らされるやう粘性がなければならぬ。一般にそのやうなセメントは粒の大きさが 25 ムツシ以上の比較的小さいものを含む。最初はいくつかのセメントは微細に粉碎したガニスターに少量の石灰又は粘土の粘結剤でて作つたが最近になつてから、既に使用した珪石煉瓦を粉碎したのを使つて更に満足すべき結果が得られ、この方が安價でもあり粉碎し易くもあり又耐火度の高いセメントが出来るのである。

次に平爐の天井に鹽基性のクロム・マグネサイト煉瓦を使用する事に就ては以前に本誌に著者が論議した所であるからこゝでは省略する事とする。*

3. 壽命及び破損原因

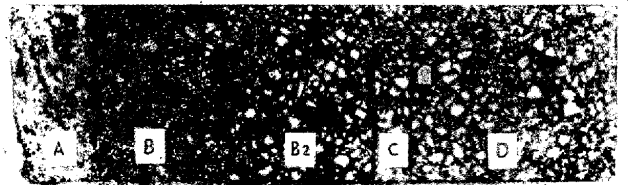
平爐天井の壽命は操業速度、熔解材料、爐の設計、その他の條件によつて 8 週〜1 年にわたる。80 噸固定式爐に對しては 13〜26 週間の壽命が合理的と考へられて居る。天井の壽命は昇熱期の處置が不適當であると甚だしく害される。實際の加熱順序は工場により夫々異なるが一般に爐内ガスを取る前の時間数は 24〜72 h である。A. E. Dodd が 70 噸爐に就き約 24 h で爐内にガスを取れるやうにする爲のやうな順序を示した 0〜200°C、加熱速度=25°C/h; 200〜300°C、加熱速度=12°C/h; 300°C 以上は加熱速度=40〜50°C/h。

天井に開けた孔から熱電對を挿入して天井の溫度を測り、それが約 600°C (1,112°F) になつて始めて爐内にガスを送り込む。天井の溫度勾配を測定した實驗によればこの方法は安全なものである。然し多くの工場に於てはこれではまだ安全とは見做さないで、順序はこの儘であるが加熱速度をもつと遅くして居る所が多い。何れにせよ、要するにクリストバライトの變化範圍(200〜300°C)を通り抜ける加熱速度は小さくし 300°C を一旦通り越したならば爐がもはやこの溫度以下に下らないやうにしなければならぬ。装入口や風戸が廣く開いて居るとかくさうなり易い故にこの點に充分注意する必要がある。一般に加熱は爐床上で石炭を燃焼したり或は装入口から爐内にロークス爐ガスを導き入れて行ふ。注意すれば何れの方法を取つても相當の正確さを以て豫定の加熱速度が實行される。例へば鐵道の枕木のやうな大きな木材の火を利用するのは避けるべきであつて、これは長い熱い焔によつて天井が局部的に加熱される爲に崩壊し易いからである。出来るならば天井の熱電對を記録装置に

連結して加熱順序を測定し、スポーリングが起つた場合後から參考物件として役に立たせる事が出来る。このやうな記録器が使用出来るのであつたならば、記録紙の上に、加熱前に、前以て加熱速度をマークして、職員の加熱方針としてやりたいものである。

天井がスポールする事なく所要の溫度に迄なつても、尙更にそれを "熟成" せしめなければならない。天井壽命の當初に於て天井がその融點以上には出でないが然しその近くに保持されるのは壽命を長くする原因となるといふ事は久しい以前から熔解技術者にとつて常識であつた。これに對しては色々のはつきりした理由が考へられる。例へば一面に硝子化した天井はガス切りの時に比較的スポールし難いのである。然し眞の理由は使用した天井煉瓦を検査して見て分る事である。

平爐の天井煉瓦の層狀化に就ては多數公にされて居るが、煉瓦の火焰面は操業の最初よりも寧ろ數ヶ月操業後の方がより耐火性がよくなつて居るといふ點を強調しなければならない。この事は若し試験錐をスポールした煉瓦で作つて試験する時は明かではない。それは火焰面に出来たクリストバライトの網狀組織が破壊されて居るからである。然し若し試験錐を火焰面から切り出すならば次の試験結果が示す如くこの事は明らかである。本試験での層の區分は第 2 圖に示す通りである。平爐天井煉瓦は Harvey の例の場合のやうに其の色に従つて 9 種の層に區分されるが實用目的の爲には 4〜5 層が適當である。即ち：



第 2 圖 平爐に使用されたる天井用珪石煉瓦の層狀組織、層 A、クリストバライト；層 B 及び B2、主としてトリヂマイト；層 C 及び D、未使用煉瓦と同様。

- (a) 灰色の火焰面 A
- (b) 層 A 及び所謂變化層 C との間の黒い部分 B
- (c) 層 B と煉瓦の殘餘との間の薄い靑味を帯びた比較的狭い層 C

* The All-Basic Open Hearth, J. H. Chesters, Iron Age, Vol. 146 (1940), No. 7, Aug. 15, p. 35; No. 8, Aug. 22, p. 39. 參考の爲に附表を掲ぐ。

附表一全鹽基性爐に使用されたるクロム・マグネサイト煉瓦の性質

	煉瓦 A	煉瓦 B	煉瓦 C	煉瓦 D (裏張)
氣孔率, %	26.0	21.1	21.1	27.3
嵩比重, g/cm ³	2.90	3.13	3.00	2.84
常溫耐壓強度, lb/in ² (kg/cm ²)	2,120(149.04)	3,460(243.24)	3,660(257.30)	1,560(109.67)
通氣率 (9×3 in 面に垂直)	0.030	0.045	0.016	0.077
殘存膨脹 (2,732°F(1,500°C), 2 h), %	0.3	0.3	0.1	0.4
荷重軟化度: °F (°C)				
(a) 50 lb/in ² 下にて崩壊速度に膨脹速度	2,552(1,400)	—	2,606(1,425)	—
崩壊溫度	3,101(1,649.5)	—	3,002(1,650)	—
(b) 25 lb/in ² 下にて 2,912°F (1,600°C) に保持	—	1 h に 40% 崩壊	—	9 mm 後に崩壊
急熱急冷繰返回数	30+	30+	28+	27+
へげ (Bursting expansion), %	26.3	23.6	17.4	35.8
顯微鏡的試験				
近似的のクロマイト/マグネサイトの比	75/25	75/25	60/40	75/25
クロマイトの大きさ(最大), mm	2	3	2	2
マグネサイトの大きさ	甚だ微細	甚だ微細	1 mm 迄	1 mm 迄

附記. 原文の lb/in², °F は夫々 kg/cm², °C に換算して置いた。

(d) 煉瓦の冷い端の赤い部分 D

本論文に於ては層 B を更に B₁ 及び B₂ の 2 つに区分した。蓋し層 C は本質的には未使用煉瓦と同じ性質であるが(下表参照)層 B の内側の半分と外側の半分との間には著しい性質の相違がある事が以前の研究で認められたからである。

	層A	層B	層B ₂	層C	層D
層の長さ, cm	3.0	4.0	6.5	1.5	8.0
見掛けの氣孔率, %	17.9	16.3	7.5	23.5	23.7
嵩比重, g/cm ³	2.09	2.04	2.10	1.81	1.81
見掛けの比重	2.55	2.44	2.28	2.37	2.37
通氣率(層全部を通す)	0.431*	0.131	0.004	0.056	0.046
ゼーゲル錐による耐火度測定, °C					
(a) 切り出した錐	1,730	1,710	1,700	1,690	1,700
(b) 粉碎して其の粉で作った錐	1,700	1,690	1,690	1,680	1,690
顯微鏡的検査	クリスト バライト マグネ タイト 硝子	トリヂ マイト マグネ タイト 硝子	トリヂ マイト 石英 硝子	Dに本質的 同じには 未使用 煉瓦 と同じ (生石英 25%)	鑑定の つかぬ 高複屈折性 礦物

上記の煉瓦及び次記の各層を分析した煉瓦は共に 300 噸傾注式爐より得たものであるが固定式爐の煉瓦に就て綿密に研究して見ると同様な特徴を示して居る。

	層 A	層 B	層 B ₂ **	層 D
SiO ₂	84.35	84.50	88.75	94.80
Al ₂ O ₃	1.31	1.79	1.80	0.91
Fe ₂ O ₃	0.56	0.24	3.36	0.95
TiO ₂	0.18	0.17	0.24	0.13
MnO	1.07	0.93	0.28	0.09
CaO	5.55	5.17	4.95	1.80
MgO	0.83	0.80	0.42	0.36

このやうな使用中の變化を要約すれば次のやうである。

(1) 1,470°C (2,676°F) 以上の煉瓦火焔面の部分はクリストバライト結晶の網状組織に變る。原煉瓦よりも熔劑含量が相當多いにも拘らず此の熟成面は原煉瓦よりも耐火度が高く、より密で(時々大きな孔のある事があるが之は別として)、より不滲透性である。更に一般に硝子化して居るから原煉瓦よりも恐らく焔の輻射熱をよりよく反射するであらう。

(2) 層 A と B、及び層 B₂ と C との間には熱膨脹性に著しい相違があり、従つて古い天井を餘り早く加熱するならば此等境界面に沿つてスポールする事は何等不思議な事ではない。

(3) 更に詳細に研究して見ると B₂ 及び C の境界面に熔劑が集中して居る事は、この面がスポーリングによつてむき出しになると、(こゝ迄來ると天井の厚みも小さくなつたし、最初よりも多少は冷えて居なければならぬのに) 屢引續いて局部的な熔解が起る事を説明して居る。

(4) 顯微鏡的並に X 線の検査によると(第 3~7 圖)層 A のクリストバライト及び層 B のトリヂマイトの結晶形は原煉瓦の結晶形よりも甚だ高位である。

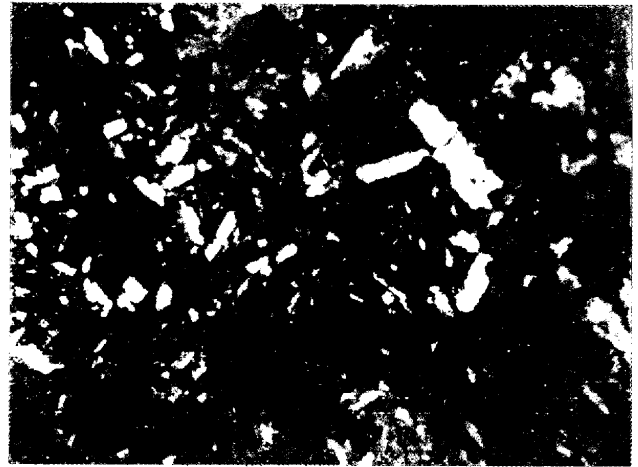
層状化に關する更に詳細なる報告に對しては Larsen, Schroeder, Harvey その他の文獻を参照されたい。

* 或る試料に於ては 0.0002 程度に低い。

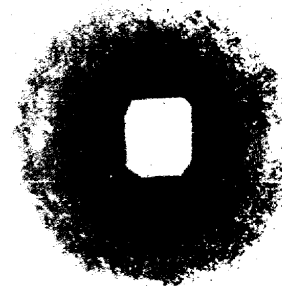
**層 C はこの場合は分析しなかつたが一般に分析値は層 D 或は未使用煉瓦のそれと同じである。



第3圖 鹽基性平爐天井煉瓦の 15 週間操業後に於ける層 A のクリストバライト網状組織、普通光線 40 倍

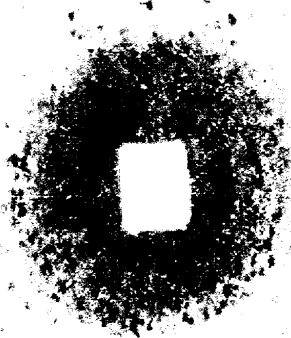


第4圖 鹽基性平爐天井煉瓦の 30 週間操業後に於ける層 B のトリヂマイト普通光線、40 倍

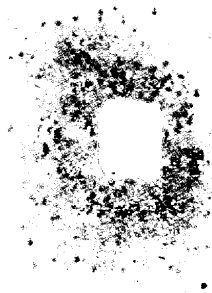


第5圖 未使用珪石天井煉瓦の單色 X 線針孔(ピンホール)寫眞

合衆國を始めその他の國に於て天井の壽命を延ばし出来るだけ爐の製産を増さんが爲に先づ天井の溫度を測定した。銅及び煉瓦の融點の差が非常に小さいので、天井を毀損させないで置いて出来るだけ製産を擧げる爲には天井の溫度測定を極度に利用する事が肝要である。若し天井の溫度が正確に知られ、爐を出来るだけ溫度近くに保持するが然し決して之以上には上らせないならばこの目的は達せられる。この目的の爲に數種の型式の高温計が考へられたが、その中主なるものは中空の炭化珪素製天井煉瓦のブロックを置いてその



第6圖 層 A の単色 X 線針孔寫眞，クリストバライトの粗い結晶組織を示す。



第7圖 層 B の単色 X 線針孔寫眞，トリヂマイト結晶の粗い結晶組織を示す。



第8圖 鹼基性平爐の天井の珪石煉瓦が局部的過熱によつて熔けて滴下する状態を示す。

上にフェリーの輻射高温計をつけたもの、或は天井の中心断面上に於ける側壁に孔を通して焦點を結ばせた全輻射或は光電池高温計である。その最高温度は工場によつて幾らか相違するが一般に 1,650 ~ 1,680°C の範囲内である。天井に高温計を設置したからとて熔解者の天井に対する責任を解除した譯ではない、といふのは高温計の

焦點が合はせてある所の温度以上の高温で爐内の他の部分がつて居るかも知れない。然しこれは温度の一般的傾向を知る上に於て熔解者の仕事を容易ならしむべき道具となる事は確かである。かゝる高温計を挿入すれば第8圖のやうに天井が熔ける事を避けさせるのに役立つ事は疑ひない。

適正なる操業をすれば天井の損耗は非常に少い。損耗するのは酸化鐵及び石灰による焼蝕と腐蝕との混合作用である。スポーリングは煉瓦の一種の病氣とも考へられるものであつて、新しい天井に於ても又一度冷却した所の古い天井の再加熱の場合に於ても加熱速度が適正ならば稀にしか起らない事である。スポーリングは冷却の際には中々起らない。それは臨界温度 300°C になつた時には冷却速度が非常に遅いからである。若しコークス爐ガスの配合率を高くして使用する場合のやうに爐内分圍氣が強い還元性であるとか、或は例へば噴出口の冷却水が漏つて水蒸氣が直接天井に接觸するやうな場合には天井が非常に早く損耗する事が知られて居る。

反應の明確なる機構はまだ明かではないが Dodd が研究室的實驗によつて示した所によると、水蒸氣中で加熱された珪石煉瓦は空氣中で加熱されたものよりも耐火度が 100° も低いと云はれる。

仕事に天井或は側壁を珪石煉瓦で差し換へなければならぬ場合では使用前に煉瓦をタール中で煮沸するか或はクレオソートの中に浸すとスポーリングが少くてすむ。これはタールコークス (tar coak) の粘結作用によるものとは思はれない。といふのはそのやうなコークスはクレオソートで作られる事はないからである。多分のはしこませた液を蒸發させるに要する熱の爲にクリストバライト範圍の加熱速度が減少する結果と思はれる。

4. 改良方向

天井の壽命を増す事が出来ると思はれる方法を要約すれば

- (1) 嵩比重の高い珪石煉瓦の使用
- (2) 粘結剤を使用せざる煉瓦の使用
- (3) 天井をもつと容易に熟成せしめやうといふ目的から、硝子化を左右する因子を研究する事
- (4) 損耗のはげしい位置、例へば出鋼口の上とか出来れば天井全體にクロム・マグネサイト煉瓦のやうな鹼基性耐火物を使用する事
- (5) 天井の温度測定を更に廣く行ふ事、これは調整の一手段ともなるし又爐の操業者は天井をよりよく認識する事が出来る。

裏 壁

(第 1 圖に於ける符號 1, 2 の部分)

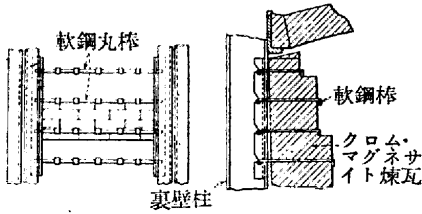
1. 構造

裏壁は主として2種類に分けられる。即ち垂直なものと外側に傾斜したものである。全部傾斜したナイスミス (Naismith) 式の裏壁では一般に爐床材の静止角(之は一般に水平に對して 48° とされて居る)よりも僅かばかり急にしてある。又垂直とナイスミス式との中間に位する所の一部傾斜せる裏壁を使用する爐もある。

垂直の裏壁は各種の方法で築かれるが普通の型式では 14×4.5×3 in の煉瓦を小口に使つて居る。2.5 in 或は 3 in 角を使用してつなぎをとつた壁(小口及び長手積 (header and stretcher course)) も又普通に行はれる。一般に壁の基底部分は 14 in の代りに 18 in とし、或は厚くする。之は安定度を與へ、鋼滓線で侵蝕されて下方が食ひ込まれる危険を減少する爲である。尙マグネサイトのメタルケース或はクロムマグネサイト煉瓦を使用して良好なる結果も得て居る。

鋼滓線で下方が食ひ込まれ裏壁が内側に倒れる危険を減殺する爲

に何か補強工作を施す方が望ましい。この目的の爲に第9圖に示すやうに煉瓦の間に一定間隔毎に鋼の棒を挿入し、垂直の裏壁柱に作つた溝にとりつけられた丸棒にひっかけて置くと好都合であり効果がある。内側に倒れんとする傾向を更に減殺するには、煉瓦を水平



第9圖 鹽基性平爐裏壁断面、煉瓦を繋ぐ方法を示す。

と僅かの角度をつけてむしろ外側の方に傾斜をつけるやうに積むと宜しい(バタ積* ("batter")). 一般に裏壁には少くとも2ヶ所に膨脹代がとられる。此等の膨脹代は何もつめないで置くと普通操業の初期に於て自ら塞つてしまふ。珪石煉瓦の場合のやうに膨脹代は 1,000°C 迄の煉瓦の熱膨脹に近似的に等しくて、大體 1% 即ち 1 呎當り 1/8 in である。

2. 材 料

最近迄は珪石煉瓦で裏壁を築くのが普通であつたが、急熱急冷に對して抵抗の大なる各種鹽基性耐火物が發達し、大抵の爐では珪石煉瓦にとつて代るに至つた。英國では裏壁は今日では主としてクロム・マグネサイト煉瓦で築いて居る。もつとも今尙マグネサイトのメタルケースを互にくつゝけたり或はモルタルを十分使つて離したりして裏壁に使用し優秀なる成績を擧げて居るのであるが、クロム・マグネサイト煉瓦に對しては何等の規格も作られて居ないけれども氣孔率 28% 以上或は常溫耐壓強度 1,000 lb/in² (70.3 kg/cm²) 以下の煉瓦では疑はしい。

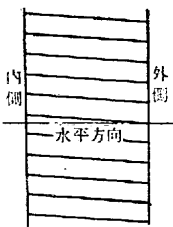
フォルステライト煉瓦も又使用されて幾らかの成功を収めて居り、その壽命はクロムマグネサイト裏壁の 2/3 位である。尙クロムマグネサイト煉瓦だと珪石煉瓦よりも可成り壽命が長い。米國では焼成しないで化學的に粘結したクロム・マグネサイト及びマグネサイト・クロム煉瓦を相當量使用して居る。

スポーリングに對して相當の抵抗性を示す所のドロマイト煉瓦使用に關しては其の安定型、半安定型の兩方共に就て多くの研究が爲された。その結果は有望なものではあるが、壽命を比較して云々する事は尙早計であらう。

傾斜せる裏壁に就ては殆ど如何なる耐火煉瓦をも使用される。といふのはドロマイト或はマグネサイトの爐床材で保護されて居るからである。然し何れかと云へば鹽基性煉瓦の方が好まれる。これは爐床材が薄くなつた時に煉瓦と爐床材とが反應する危険を大いに減殺するからである。

傾注式爐では裏壁は一般にマグネサイト又はクロム・マグネサイト煉瓦で造られ、1:1 或は 3:1 クロム・マグネサイト成分のモルタルが多量使用される。珪石煉瓦を使ふことは出来ない。それは傾注時に裏壁は強腐蝕性鹽基性鋼滓で覆はれるからである。裏壁に使用さ

* バタ積 "Batter"



れる典型的な煉瓦の性質を第2表に掲げる。

第2表 鹽基性平爐の裏壁、前壁及び噴出口の煉瓦の性質

	クロム・マグネサイト M. C. 17	珪石 S. 16	フォルステライト X. 8	特殊マグネサイト M. 1
見掛けの氣孔率, %	26.6	21.6	20.3	22.2
嵩比重, g/cm ³	2.74	1.89	2.76	2.76
" , lb/ft ³	171	118	173	173
比重(氣孔率より)	3.73	2.33	3.46	3.54
常溫耐壓強度*, lb/in ² (kg/cm ²)	1,990 (139.90)	6,350 (452.41)	3,170 (222.85)	1,470 (103.34)
通氣率(9×3 in 面に直角)	0.036	0.043	0.037	0.088
殘存膨脹, 收縮(1,500°C, 2h), %	0.7(膨)	0.1(膨)	0.4(膨)	0.25(收)
荷重軟化度(1,600°C, 1h, 25 w/in ²)				
崩壊した%	5.7	0.3	6.2	
急熱急冷繰返回数 (900°C)	30+	1(450°Cで)	7	30+
備 考	へげ	耐火度で酸化鐵に對する	抵抗は珪石よりは	シリシアのマグネサイトを基地とする
	12.5%	生石英 5%	抵抗は珪石よりは	大, マグネサイト及びクロムマグネサイトよりは小
主なる用途	前壁裏壁 噴出口	前壁裏壁 噴出口	裏壁	噴出口

3. 壽命及び破損原因

一般に固定式爐の垂直クロム・マグネサイト裏壁の壽命は約 13 週間である。或る程度の差し換へは出来る事は出来るが、このやうな差し換へは特にクロム・マグネサイト煉瓦に就てはさうであるのであるが、殘餘の壁を害する危険がある爲困難である。珪石煉瓦を使用する所では壽命が 3 週間を超過する事は稀である。相當經驗した所によると珪石煉瓦よりもクロム・マグネサイト煉瓦の方が大體經濟的である。それは;

- (1) 珪石煉瓦は如何なる場合でもその基部には鹽基性煉瓦をもつて來なければならないからこの點に第一の困難がある。
- (2) 修理はクロム・マグネサイト煉瓦の方が少くすみづつて工賃が安くなる。
- (3) 裏壁を屢修理すると天井に歪を生ずるが、クロム・マグネサイト煉瓦だと修理が少なくてよい故にこのやうな歪を作らないですむ。
- (4) 珪石の滴が落ちる爲に土手の食ひ込まれるといふやうな事がない。
- (5) より高温操業が可能である。

上記の利益は現在のクロム・マグネサイトの裏壁から珪石の裏壁に逆に戻して見れば非常に明白に分る事である。何となればクロム・マグネサイトの裏壁及び噴出口を續けて使つて居る中に爐の操業が知らず知らずの中に高度化して居るので、それをそのまま珪石の裏壁とすると土手が甚だしく食ひ込まれたり裏壁の壽命が非常に短くなつたりするからである。同じ爐壁にフォルステライト煉瓦を使用した時の壽命は一般に約 8 週間であり、メタルケース煉瓦を使用した時は 13~26 週間である。傾斜せる裏壁は爐床材をきちんと上の方迄投げつける事を條件にすれば殆ど無限に續く。

* 常溫耐壓強度: A. S. T. M. では 9×4.5×2.5 in の煉瓦の 4.5×2.5 in 端面に壓力を加へる。荷重を加へる時の試験機を試片に接する面の速度は、500 lb/in² (35.15 kg/cm²) 迄は 0.5 in/min 以上ではいけない。この壓力以上では 0.05 in/min を超えてはならない。本文に於ては殆どこの方法によつたが、唯 9×4.5×3 in 煉瓦を使用し、最大歪速度は 0.03 in/min である。

使用した煉瓦を分析して見ると化学的腐蝕の大部分は酸化鐵と石灰によるものであつて、湯から鋼滓が撥ね上つた爲ではない。だから使用したクロム・マグネサイト煉瓦の SiO_2 含量は原料の分析よりも屢低い事がある。そのやうな煉瓦に就て見るに大部分の破損はクロム粒中に酸化鐵が固溶する事によりへげる爲に起つたやうに思はれる。特に若し爐が常溫迄冷えた場合には爐の全面がへげ落ちるやうな事もあらう。石灰石又はドロマイトの装入物から石灰を吸収すると鐵の一部をカルシウム・フェライトとして固定する爲にへげるのを減少さす傾向があるやうである。裏壁の頂上部は天井から落ちる珪石の滴によつて屢著しく侵される。そしてこれはドロマイトを主成分とした煉瓦を使用する上に於ての主要問題の一つである。この點の損耗がはげしくなるのは又焔が天井と裏壁との角度の方へ這ひ上つて著しい焼蝕と腐蝕とを起さんとする傾向があるからであり、特に出鋼口の上の所でさうである。損耗は一般に此處及び爐床材が鹽基性鋼滓中に溶け込む所の鋼滓線の所ではげしいのである。屢粉碎したクロム礦で以て珪石天井と鹽基性裏壁との間の間隙を満して抱煉瓦の足もとを保護することがある。

裏壁と爐床との間に中性の層を一つ設けることが肝要であると考えられた時代もあつた。クロム・マグネサイト煉瓦を使用するときのことはもはや不必要である。そして珪石煉瓦の場合でもかゝる中性層の代りにクロムモルタルを厚く塗つた方が多分よしい。

フォルステライト煉瓦の場合には何等のへげも認められないが然し火焰面の化学成分には著しい變化がある。爐から出る酸化鐵と橄欖石 ($2(Mg, Fe)O \cdot SiO_2$) とが反應して黒い相のマグネシオ・フェライト ($MgO \cdot Fe_2O_3$) を生成する。これの奥の灰色の相は尙主としてフォルステライトより成ることが認められる。煉瓦の火焰面から浸出したシリカの如何程が煉瓦の中に入つて行き、如何程が湯の中へ入つて行くかは未だ明かではない。

4. 改良方向

- (1) 傾斜した裏壁をもつと一般に使用すること。
- (2) 通氣率低く、へげの少いクロム・マグネサイト煉瓦を製造する事。
- (3) 或る種のトーマス工場で行つて居るやうに大きなプレス煉瓦に成形するか、或は又その場でべた壁 (monolithic wall) としてスタンプするかして、タールでねつた焼きドロマイトをもつと廣く使用すること。

前 壁

(第1圖に於ける符號 13, 14, 15, 16 の部分)

1. 構 造

前壁は爐の装入側に並んで居る柱*と装入口と装入扉とより成る。装入口は80噸爐では一般に3つあり、更に大きな爐では5つある。大體の煉瓦の積み方は垂直な裏壁の場合と似て居るが、装入口の柱は装入機による相當の磨滅に耐へなければならぬといふことからして幾らか異つて来る。一般に前壁は厚さ 14~18 in で裏壁の所で述べたと同様の方法でつなぎをとつてある。壁を別々の柱に分けることは確かに弱味である。といふのは土手の何處か局部的に喰ひ込まれた時にそれに対応する柱は内側にひつくり返らうとする傾向を生ずるからである。壁の基底部を厚く造り、出来るならば煉瓦の積み方を内側から外側に傾斜させる(バタ積)ならばこの作用を最小限ならしめることが出来る。装入口の柱も又安定度を増す爲に下から上の方に向つて外側の方に傾斜を與へなければならぬ。装入口ア

* 装入口とその隣の装入口との間の部分を前壁の柱と云ふ。

チは普通珪石であるがこれは出つ張りと溝をつけた大型煉瓦を使用することによつてどの部分も垂直に滑り出さないやうにして安定度を増加させても矢張り弱點となる。ナイスミス式の傾斜せる裏壁と同一原理で以て傾斜せる前壁を造ることが考へられるが現存する爐にこれを應用することは困難である。といふのは湯の容積をその爲に減少させないで置くならば、爐は装入側に突出して不都合になるからである。ナイスミスの特許にかゝる所の或る設計では前壁といふものは事實上姿を消して幾つかの滑り扉に置き換へられて居るのがある。大抵の新しい設備の所では装入口や装入扉そのものが水冷却されて居る。これは構造を更に強くし操業者を助け装入口の壽命を長くする。

2. 材 料

材料は裏壁煉瓦と同様のものが使用される。英國では大抵はクロム・マグネサイト煉瓦で造るが、今尙珪石煉瓦の使用が經濟的と考へられて居る工場もある。前壁の基底部はドロマイトの土手の線より上を粉碎したクロム礦で以て屢塗りつけられる。

第3表 平爐装入口煉瓦(耐火粘土)

	F.1	F.2	F.5	F.27
見掛けの氣孔率, %	25.9	21.7	23.0	18.9
嵩比重, g/cm^3	1.94	1.98	1.98	2.05
" , lb/ft^3	121	123	123	128
常溫耐壓強度, lb/in^2 (kg/cm^2)	3,130 (220.04)	4,140 (291.04)	4,110 (288.93)	1,890 (132.87)
通氣率($9 \times 3in$ 面に直角)	0.46	0.013	0.009	0.40
殘存膨脹, 收縮 ($1,410^\circ C/2h$), %	0.6 (收)	0.6 (收)	4.8 (膨)	1.1 (膨)
荷重軟化點 ($50 lb/in^2$), $^\circ C$				
初期軟化溫度	1,360	1,220	1,140	1,270
迅速軟化溫度	1,490	1,450	1,260	1,410
崩壞溫度	1,570	1,540	1,440	1,600
急熱急冷繰返回数($900^\circ C$)	30+	30+	30+	30+
耐火度測定, ゼーゲル錐番號	>33	30~31	30~31	34~35
" , $^\circ C$	>1,730	1,680	1,680	1,760

多數の典型的な装入口煉瓦の性質を第3表に挙げるが此等は何れも充分長持ちしたものである。最も特異的な特徴は急熱急冷試験に強いこと(何れの場合も30回以上)及び耐火度が決して $1,680^\circ C$ ($3,056^\circ F$) 以下のものはないことである。装入口を新しく取り換へた時に煉瓦が受ける急激な熱的變化及び扉を上下する時に屢溫度の變化する點より見て急熱急冷抵抗性の大なる煉瓦の望ましいことは明かである。爐内雰囲気に対する抵抗といふ點から見れば珪石煉瓦の方が望ましいが新しい爐の場合と同様に徐々に昇熱するのなければスポールし易いのである。爐の溫度は屢 $1,680^\circ C$ ($3,056^\circ F$) もの高溫度であり、且焔が嵩ばつた屑鐵に撥ね返つて週期的に前壁に衝き當ることから考へれば耐火度 $1,680^\circ$ 位で充分間に合ふのは不思議な話であるし、最近の幾つかの記録が高アルミナ質の煉瓦によつて作られたのも成程もつともなことである(第10圖)。



第10圖 鹽基性平爐の装入口より取つた高アルミナ煉瓦, 局部的燒蝕及び腐蝕を示す。

3. 壽命及び破損原因

前壁の柱は一般に天井一代續く、即ち約 13 週間であるが、然し装入口の柱及びアーチはそれよりもずっと屢積み換へなければならない。所が困つたことにかゝる修理は爐の操業中に行はなければならない場合が多く、かゝる骨の折れる状況に於ては煉瓦積に最も熟練した者の築いた柱でさへも最初のよりはどうしても壽命が短くなる。使用した珪石煉瓦が直ちにスポールしないやうにする爲、使用前にタールの中で煮れば大いに効果がある。柱の熱間修理に耐火粘土質煉瓦を實際に使用することは、極端な場合にはこの方法に頼ることもあるが、最も好ましくないことである。それは異種の煉瓦が爐床に落ちた場合に爐床に孔を開けて爐の熔鋼を格子部屋に流し込む危険が充分にあるからである。扉の壽命は 80 日といふやうな特に短い爐もあるが他の水冷却を施してあるものでは 3 週間も續く。酸化鐵及び石灰の化學的作用は別として前壁は磨滅と振動との兩方に相當悩まされる。装入口アーチと柱は装入バックによつて實際打ちあてられないとしても屢積によつて屢搔きむしられる。前壁は下部が食ひ込まれ、週末のガス切りの時以外は小修理が甚だ困難である。かてゝ加へて扉を上下する時に扉及び柱が交互に加熱冷却される爲急熱急冷の影響が加つて、前壁の壽命を愈々減ぜしめる傾向を帶ぶ。

次記の如き使用した煉瓦の成分(共に最初は中アルミナ質)：

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO
煉瓦 A	44.04	23.64	10.88	9.80	1.88	0.20	2.24
煉瓦 B	51.44	25.88	9.76	7.08	1.20	0.88	1.91

を見ると主なる腐蝕剤は酸化鐵及び石灰で極く少量の酸化マンガンも與つて居る事を示す。

4. 改良方向

前壁の主なる問題は設計の問題である。傾斜せる前壁が實用的でないとしても、各種の柱煉瓦は鋼細工によつてしつかりと取りつけられてスポーリングの結果のみによつて外れる所の、蒸氣罐に使用されて居るやうな或種の型式の破目板式構造のやうなものを何か考へる事は可能の筈である。材料に關してはクロム・マグネサイト煉瓦は鋼滓に對する抵抗性も急熱急冷に對する抵抗性も適當に持つて居るが、磨滅抵抗に關しては更に云ひ分がある。そして又裏壁に於けると同様ニクロムと酸化鐵の固溶體を作る爲に異常膨脹するのに悩まされる。

ガス及び空氣突當り

(第 1 圖に於ける符號 1, 3 の部分)

1. 構造

ガス及び空氣突當りの壁は爐から出て來た氣體をば 90° 以上の角度で轉換させ、銅滓室を通つて蓄熱室の方に向はせなければならないと云ふ不幸なる任務で悩まされる。勿論格子部屋を下方に置く代りに爐の端に置けば問題がないのであるが、そのやうな構造にすれば幾つかの不利な點を生じ特に爐 1 基に對して非常に廣い敷地を要する事となる。このやうに方向を急變させる事が必要である限り、相當の渦卷作用と従つて迅速なる燒蝕作用の起るのをまぬがれる事は出來ない。更に突當りの壁には絶えず酸化鐵及び石灰の含量の大なるガスが突當る故に殆ど鋼滓受け破目板のやうになる。一般に此等の壁は厚さ 14 或は 18 in に造られ、又或る設計に於ては少くとも側だけは鐵板のケースで包んで屢絶縁を施される。或る爐に於ては流線型にする企てが行はれて居るが然しガスの方向を急變するといふ主問題は残つて居る。

ガス噴出口の斜面を時々調べる必要の爲に又一問題もも上る。之は普通ガス突當りの壁の一部を敲き壞して行はれるのであるが、その煉瓦の一部は銅滓室へ落込む。然しもつとよい方法は例へば窓式のものゝ要求される。所がそのやうな壁が作られては見たが壽命が短く且窓とその柱との間からガスが漏れないやうにして置くのが困難な爲に一般に放棄されてしまつた。

2. 材料

一般にガス及び空氣突當りの壁は珪石煉瓦で造られるがクロム・マグネサイト煉瓦及びメタルケース煉瓦を使つて相當成功して居る。操業中の修理も可能なので、如何なる耐火物を使用するかは主に經濟的な考慮によつて決められる。クロム・マグネサイト又はメタルケース煉瓦を使用する所では鹽基性の滴が下の珪石の上に落ちたり或は珪石の滴が上から鹽基性煉瓦の上に落ちるのを最小ならしめるやうに築く事が肝要である。内側に鹽基性煉瓦の上張りをした珪石の壁を造らうと企てた事もあつたが長續きしたやうではなかつた。

3. 壽命及び破損原因

既述の如くガス及び空氣突當りの壁の主なる損耗は熱いガスによる燒蝕と酸化鐵及び石灰が突き當る爲である。他の材料例へばマグネシヤ(ドロマイトより)、アルカリその他の少量をも擧げる事が出來る。格子中に相當量見出される酸化亜鉛及び鉛は非常に揮發性酸に爐のこの部分に長く留つては居ない。更に壽命を長續きさせるのに右難くない事情はガス上昇道に於ける交互の酸化性及び還元性雰囲気である。空氣上昇道に於ては一般に酸化性である。鹽基性耐火物を此處に使用した時の經濟を次の例で示す。

£. s. d. 大約の弗相當量

西のガス突當り	16 週間當りのクロム・マグネサイト+モルタル	8. 19. 8	\$ 44.92
	工賃	7. 6	1.88
	計	9. 7. 2	46.80
東のガス突當り	16 週間當りの珪石煉瓦+モルタル	8 18. 5	44.62
	工賃	2. 0. 0	10.00
	計	10. 18. 5	54.62

この爐ではクロム・マグネサイト煉瓦の方が珪石煉瓦よりもガス突當りに於ては明かに經濟的である事が分る。然し他の爐で行つた研究によると之と反對になつて居るのが見られる。

4. 改良方向

ガス及び空氣突當りの壁に於ては、燒蝕及び腐蝕こそ甚だしいが溫度は特に高い事はない。故に密度が更に大きく従つて使用溫度に於て磨耗抵抗の高い煉瓦が出來たならば耐火度の方は唯今使用して居るものと同じ或は寧ろ低い煉瓦であつてももつと満足すべき結果を得ることが出來るかも知れない。

附け加へて云へば、流線型化やガス噴出口傾斜の觀察に適した扉の設計に關してはまだ甚だ不十分である。

噴出口

(第 1 圖に於て、符號 10 A: ガス噴出口アーチ、符號 10 B: ガス噴出口傾斜、符號 10 C: 裏壁、符號 10 D: 空氣噴出口アーチ(若しあらば))

1. 構造

普通の噴出口はガス突當りから熔解室に續く所の主として半圓形の隧道である。それは幾列かの道として造るか或は眞中に孔のある煉瓦のブロックとして造る。空氣はガス噴出口の側面からか又はそ

の上から導き入れられる。何れにしても迅速なる混合と燃焼とを得る爲にあらゆる試みがなされて来た。最近築造された多数の爐は特殊な設計のガス噴出口を持つ。ベンチュリー式はその名の示す通りであり、メルツ式は本質的には突當りの壁に水冷の孔を開けたものであり、フリードリツヒ式は取り外し式のブロックになつて居て傾注式には一番ありふれた設計である。

此等何れの噴出口も一般に水冷却され、操業の最初のみならず天井一代中ずつと有効なる燃焼をなすやうに設計される。珪石煉瓦で造つた普通の噴出口では損耗が餘りはげしいので、いゝ焰の方向を得るといふ見方から云つて噴出口の長さは最初は最適の長さよりも相當長くして置くが、止める前はそれよりもうんと短くなつて居る。理想的に云へば噴出口は天井一代中ずつと定常的でなければならぬが、然しガスの變更度毎に變化し得べきものでなければならぬ。即ち廢氣ガスの排出口としての時は大きく、バーナーとしての時は小さくこの可變噴出口の建設が試みられたけれどもその機構の複雑な爲に發達が停止して居らしい。一般に噴出口はクロム・マグネサイト又は他の鹽基性煉瓦でないにしても、少くとも鹽基性の表面をもつて造る。水冷却を施す所では噴出口の煉瓦は一般に相當長持ちする。そして水冷却せるクロム・マグネサイト噴出口では、ガス噴出口アーチからガス噴出口斜面上に煉瓦の雫が落ちて堆積する爲に困難を生ずる事が経験される。噴出口を狭めるのみならず焰を上向きに撥ね上らせ勝ちなこの堆積物を屢取り除く事は非常に困難な手数のかかる仕事である。そこで噴出口の孔を珪石にすればこのやうな堆積物が出来てもそれは片つ端から消えてなくなるのでこの困難は避けられる。

噴出口を造るに使はれる珪石及び鹽基性煉瓦は共に本質的には側壁や天井に使はれるものと同じであるが、高級品が必要であつて荷重軟化點に氣をつけなければならない、といふのは噴出口は側壁煉瓦と異つてすべての側から加熱されるからである。完全に煨焼し切つたギリシヤのマグネサイトから造つた所の急熱急冷に對する抵抗の大なる煉瓦を以て築造せるベンチュリー式噴出口は中々優秀なる記録を作つた。そのやうな煉瓦を使用する場所では珪石煉瓦と離す爲にクロム煉瓦の中性層を設けるのであるが、クロム・マグネサイト煉瓦を使用する所ではそのやうな中性層は不必要と思はれる。この際珪石とクロム・マグネサイト煉瓦との膨脹係數の差に基く困難といふものは一つも起らない。熔解アルミナ煉瓦(アルミナ 98%)を鹽基性平爐噴出口に實驗的に使用して見たがその際の結果のみから見ると特に推奨すべきものと思はれない。

最近の進歩中で相當有望なものは所謂“E & M”噴出口 (Escott & Meuse 會社) である。この構造に於ては噴出部の大部分はマグ

ネサイト煉瓦かマグネサイトのスタンプで出来て居て、比較的厚さの薄い、然し高温度に於て大きな力を有する所のアーチで支へられて居る。この支へのアーチは一般には珪石煉瓦で出来て居て、噴出口の本體とはクロマイトの中性層で分離されて居る。マグネサイト粒の燒結を容易ならしめる爲に一般に何か熔剤が使用されて居る。珪石の支持アーチは噴出口の本の鼻つ先の部分だけ磨耗するが故に結果として火焰面が鹽基性であり然しその力は珪石煉瓦が受けて居るといふやうな噴出口になる。勿論上部のマグネサイトとの間の作用はクロムの中性層によつて防がれて居るといふ事が報告に出て居る。これと幾分似た考へであつて多年應用されて居るのは所謂スコッチ式の噴出口である。これは爐がまだ熱い中にガス噴出口の内面の形をした鋼の受板を置いて、その上に亜硫酸鹽の浸出液か或はデキストリンのやうなゴムを以て粘結した粉碎珪石煉瓦のねり物を撞き固めるのである。粉碎珪石煉瓦の代りに砂又はガニスターを少くともそのねり物の一部としてとも使用する事が出来る。

3. 壽命及び破損原因

噴出口の壽命は一般に 80 噸爐では 13 週間の天井壽命と一致するが、普通の噴出口では相當小修理が施される。そしてこの間の大部分は噴出口は良好なる状態にあるとは云ひ切れない。逃げるガスが高速の爲に起る燒蝕は非常に大で、若し焰が餘り長くて出る方の側の噴出口の所迄達する時は特にさうである。ガス噴出口の先端の所に於ける酸化鐵と石灰の濃度は恐らく爐内空圍氣の何れの場所に於けると同じ位のものであらう。そして噴出口煉瓦の平均温度が高いにも拘らず珪石ブロックの壽命がこんなに長い事は驚くべき事である。この位置に於て珪石煉瓦がかうしてやつて行くのは、耐火度を大して低める事なしに大量の酸化鐵を吸收する能力があり、荷重軟化點が高い爲と思はれる。

4. 改良方向

煉瓦の價値はその壽命といふ點からだけですべて測る事が出来るといふ譯のものではない事は噴出口がそのよい例として示される。例へば若し現在使つて居るものよりも 2 倍も持つやうな噴出口用煉瓦があつた場合に、それに遙に高價を支拂つてもその方が經濟的であるだらうが、理想的に云へばそのやうな煉瓦はガスの流れをば天井一代中同じやうに湯面に吹きつけるものでなければならぬし、然もその際冷却水を大げさに使用して熱を浪費する事なくすまされるものでなければならぬ。そのやうな進歩した鹽基性耐火物が出て来る迄は“E & M”式が最も興味あるものであらう。といふのはそれはマグネサイトよりもつと安價な材料で、例へば適當な粒度分布の煨燒ドロマイトといふやうなもので造る事も出来るからである。