

(5) コークスの粒度をあまり小さくすると朝顔下部の羽口水準面の温度は変わらず、朝顔上部の温度は高くなる。かつ炉の周辺部をガスは通過し易くなる。

(6) 羽口径を適度に小さくし、羽口内の風速を大きくすると炉の中心に近い方の温度が上昇し、また朝顔下部の温度が高くなる。逆に羽口径をあまり大きくすると炉の奥の方の温度は上昇しにくくなり、かつガスは周辺部を多く上昇する。

(7) 送風量を増加すると各部の温度に大きな変化は

ないが若干上昇する。そして温度分布の傾向は羽口の風速を増した場合に似ている。CO₂の存在する範囲に変化は少くないが、CO₂含有量は多くなる。

(昭和37年1月寄稿)

文 献

- 1) 和田亀吉: 実際製鉄法. p. 117 丸善 (昭和24年)
- 2) 斧 勝也: 製鉄研究.
- 3) N. I. KRASAUTJER: 製鉄理論, ソ連国立科学技術出版所発行 1952 年

煉瓦炉床の築造と操業経過*

甲斐 幹**・朝隈重利**・安永運嘉**

Construction and Operation of the Open Hearth Furnace with a Brick Hearth.

Tsuyoshi KAI, Shigetoshi ASAKUMA and Kazuyoshi YASUNAGA

Synopsis:

Steel makers have hoped since earlier years for operating the furnace always with a stabilized hearth. It has been dominantly considered that the magnesite stamp method is the best for the hearth construction of a basic open hearth furnace, but even the hearth which is made by this method is necessary to be repaired periodically in the later half period of one furnace campaign owing to the damage of a hearth. Now the author tried to construct them with bricks instead of stamped magnesite for the improvement in these failure and the results obtained were as follows;

- (1) The following points which had been anxious problems in the past were improved:
 - a) Penetration of molten steel through the clearance between bricks.
 - b) Floating up of hearth bricks.
 - c) The spalling of hearth bricks.
- (2) With this method, it was possible to continue the operation twice as long as magnesite stamped hearth.
- (3) By this method, it was possible to operate with lower cost than the magnesite stamp method.
- (4) The production was increased during one campaign because the hearth repairing hours had been shortened.

I. 緒 言

我々製鋼作業に従事している者にとつて、炉体の維持ということはきわめて重要な事項であるが、就中、安定した炉床での操業ということは長い間の強い希望でもあった。塩基性平炉においても、これまでいろいろな試みが行なわれ、かなり以前から炉床の築造方法として、マグネシア・スタンプ法が採用され、現在でもなお支配的

であると思われる。しかしこの方法では、マグネシアの粒度、スタンプの不均一性といったことのため、炉床は常に完全であるとは云えない状況であつて、炉一代操業の中期以降においては炉床が損耗低下したり、あるいは局部的な床掘れが起つたりして、熱間での炉床直しを周

* 昭和36年10月本会講演大会にて発表

** 八幡製鉄株式会社, 八幡製鉄所製鋼部第一製鋼課

期的に実施する必要が起つてくる。しかも最近炉体の各部が漸次塩基性化されて、炉自体の寿命は相当延長してきているが、既述のごとく熱間での炉床直しは依然として残っており、稼働率の低下、不要な燃料、労力などの消費を余儀なくされており、また一方、炉床形状の不良は、鋼の品質へもかなりの悪影響をおよぼすであろうことも見逃すことは出来ない。“炉床直しが不要であれば”という考えは我々製鋼作業に携わる誰もが抱いている考えであり、炉床直しのない炉床の現出は長い間の大きな夢でもあつたわけである。今回、前述のマグネシア・スタンプ法による炉床の欠陥を解消し、長年の夢を実現すべく、八幡製鉄所第一製鋼工場の、傾注式実装入量 165 t 平炉において、長期にわたつて各種の検討を行ない、炉床の全面を煉瓦で築造する方法を試みたところ、期待すべき結果が得られ、引続き他の平炉にも適用して大きな効果が認められるに至つたので、その築造方法と操業経過について報告する。

II. スタンプ炉床

マグネシア・スタンプに当つては、先づ炉底金物の上

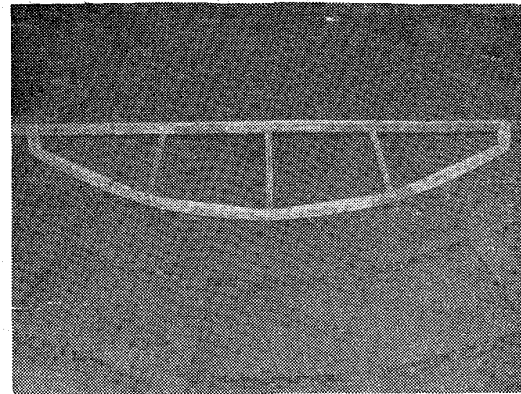


Photo. 1. Hearth bed before stamping of magnesite.

に Photo. 1 に示すようなスタンプの汙り止めを持つ、450mm の厚さの耐火煉瓦を積み、Table 1 右欄に示すような成分と粒度のマグネシアを、粗粒と微粒を10:4の割合で混合し、濃度 30~50 ボーメの苦汁を、材料 t 当り 60~50 l 加えて混練したものを、炉床中央の最深部が 425mm になるように炉床中心部に向つて傾斜をつけ、空気圧 6~7 kg/cm² のハンド・ランマー 20 挺を用い、上下3層に分けて搗きあげる。その搗きあげ速度

Table 1. Properties and chemical composition of hearth bricks and stamp material.

Hearth bricks			Stamp materials			
Bulk density		2.90		Rough grains	Minute grains	
Apparent specific gravity		3.19	Grain size	>3mm	5.0	—
Apparent porosity (%)		9.1		>1mm	52.1	0.6
Compressive strength (kg/cm ²)		883		>0.5mm	22.2	2.5
Refractoriness-under-load (2 kg/cm ²) T ₂ °C		1600°C		>0.2mm	9.2	23.7
Thermal expansion (%)	1000°C	1.36		<0.2mm	11.5	73.2
	1470°C	1.97				
	1500°C	1.94				
Irreversible expansion contraction (%) (1500°C×2h)		-0.75				
Chemical composition (%)	Ig. loss	4.47			0.53	
	SiO ₂	5.16			1.58	
	Al ₂ O ₃	0.56			0.07	
	Fe ₂ O ₃	0.37			3.93	
	CaO	0.79			3.30	
	MgO	88.50			90.97	
	Cr ₂ O ₃	2.10			—	

は、1層目 20mn/t, 2層目 30mn/t, 3層目 40mn/tであり、炉床のスタンプ所要時間は約 84hで、さらに炉壁、吹出口前のスタンプに約 24hを要している。その後天井の築造、その他各部の築造が終ると、炉内に乾燥用ガスが点火されて、標準加熱曲線にしたがつて乾燥昇熱が行なわれ、蓄熱室温度が 900~1000°Cに達すると、さきにスタンプされたマグネシアの表面に鋼滓粒が撒布される。この鋼滓は溶融してマグネシアの粒界に浸透し、各粒間の溶着をさらに鞏固なものとする。鋼滓撒布後数時間してから、残余の溶滓は出鋼樋を通して炉外へ排出され、出鋼孔閉塞後、屑鉄が装入されて初回の溶解作業がはじめられるわけである。このようにして築造された炉床も、操業回数 100 回前後で 200~250mm の溶損を来し炉床直しに入る。この炉床直しには通常ドロマイトが用いられ、その方法は充分昇熱して残存溶鋼並びに溶滓が排出された後、所要量のドロマイトが投入され、一般に圧縮空気のパイプによりドロマイトが掻き均され、炉床が成形される。約 5h 焼付後、ドロマイト粒界の結合剤として、使用ドロマイトの 60% の鋼滓粒が 2 回にわたり撒布される。この間、勿論炉内は充分昇熱されねばならない。鋼滓投入から 4 h して、浸透しなかつた残余の鋼滓は排出される。前回の出鋼からこれまでの間に約 12h が費される。なおこれは炉床に局部的な堀れがなかつた場合であり、もし局部的な炉床堀れがある場合は、そこに残留する溶鋼の排出のために、さらに数時間が費され、その排出が完全には行なわれない場合、爾後の操業中の炉床沸騰の原因となり、優良鋼の製造に好影響は与えない。このような炉床直しは、スタンプ炉床に比較して圧縮強度も低く、その後炉一代の間 30~40 回毎にこのような炉床直しが繰り返され、そのための損失時間も全操業時間に対して 3% 以上にもおよび、生産並びにコストの上において、すくなからざる隘路となつているのが現状である。

III. 煉瓦炉床に対する問題点

既述のごとく、スタンプ炉床には炉一代の中期以降に必然的に起る周期的な炉床直し、あるいは局部的な炉床堀れなどによる生産、コスト並びに品質上の問題が残されているので、この解決策として煉瓦炉床が案出されたわけであるが、その実施に当つては幾つかの問題点があつた。煉瓦による炉床の築造ということは、混鉄炉にその例を見ることが出来るが、平炉とは操業条件が大きく異つており、あまり参考にはならなかつた。当初の試みに当つて最も懸念したのは次の 3 点であつた。

- (i) 炉床煉瓦目地からの溶鋼の差し込み
- (ii) 煉瓦の浮上
- (iii) スポーリング、またはなんらかの機械的原因による煉瓦の剝脱

このうち最初の 2 点、すなはち溶鋼の差し込みおよび

煉瓦の浮上については、築造時に解決すべきものであると考え、炉床ならびに前裏壁の形状を詳細に検討し、かつ煉瓦の形状についても考慮を加えて、後述する逆アーチ積を考案した。また煉瓦の剝脱の点については、特にスポーリングの防止に留意して、乾燥昇熱の方法に検討を加えた。もつともなんららの予備試験も行なうことなしに全面試験を行なうには、若干の危惧がなかつたわけではない。もとより、煉瓦の炉床としての耐食性については、炉一代の操業結果を見なければ判らないわけであるが、炉床の一部への適用といつたことではこれに対する解答は得られないと考え、一挙に全面試験に踏み切つたわけである。

IV. 使用煉瓦の性質および形状

煉瓦は海水マグネシアを主原料とし、高压成形した Table 1 左欄に示すような成分の不焼成煉瓦であり、低気孔率、高強度である。不焼成煉瓦を用いた主な理由は、煉瓦目地のモルタルの溶損による溶鋼の差し込みを防ぐために、煉瓦を空目地で積む方法を採用したため、必然的に寸法の正確さが要求され、この点で焼成品に比較して不焼成品がすぐれていること、またコスト面で有利であることである。さらに形状も 1 種類とし、必要箇所は切削して用いるようにした。Fig. 1 にその形状と寸法を示す。炉床煉瓦とスタン

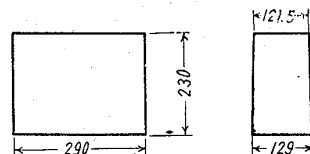


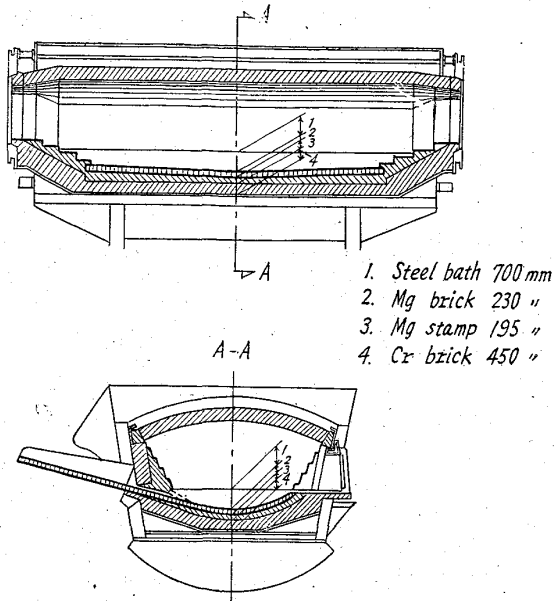
Fig. 1. Dimension of a brick.

プ材との相異は、成分的には煉瓦が SiO_2 が 5.16% であるのに対して、スタンプ材は Fe_2O_3 3.93%

、 CaO 3.30% であり、煉瓦の密度が 2.90 で品質のバラツキが少ないのに比較して、スタンプ材の密度は 2.60~2.80 で、かつ品質のバラツキが大きい。次に築造時の成形方向が、煉瓦炉床は稼働面に対して直角に築造されるのに対して、スタンプ炉床の場合は、稼働面に対して平行に搗固される。

V. 炉床築造

炉床築造に当つて、炉底金物の上に 450mm の煉瓦積を行なうことはスタンプ炉床の場合と同様であるが、その上に約 200mm のマグネシア・スタンプ層を設けた。これは溶鋼がなんらかの理由で煉瓦層を通過した場合に対する防護のためと、炉床煉瓦の膨脹の若干の吸収、さらに経済的面の考慮からである。このスタンプ層の作り方は、従来のマグネシア・スタンプ法と全く同様で、ただこの層の上面の形状は、その上に煉瓦を積み重ねられないので十分チェックされねばならない。このスタンプ層が出来た後、含まれたガス分、水分除去のために数時間のガス乾燥を行なつたが、これはかなり長期の休止を必要とする大修繕の場合のみ必要で、普通の修繕時は炉底煉瓦の保有熱により乾燥される。次に煉瓦積みの要



- 1. Steel bath 700 mm
- 2. Mg brick 230 "
- 3. Mg stamp 195 "
- 4. Cr brick 450 "

Fig. 2. Cross section of open hearth.



Photo. 2. Brick arrangement near the center of hearth.

領を、Fig. 2 に示す炉体の縦断面図、横断面図と写真によつて示す。Photo. 2 は煉瓦積みの初めの状態で、ま

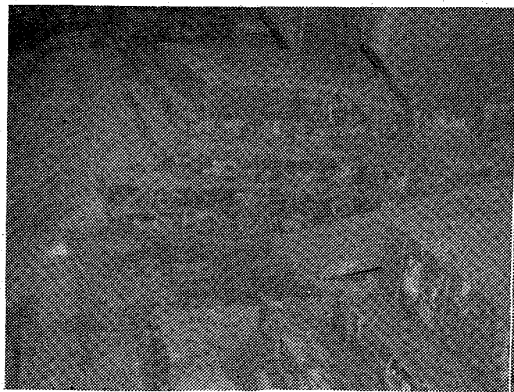


Photo. 3. Brick arrangement near the front wall.

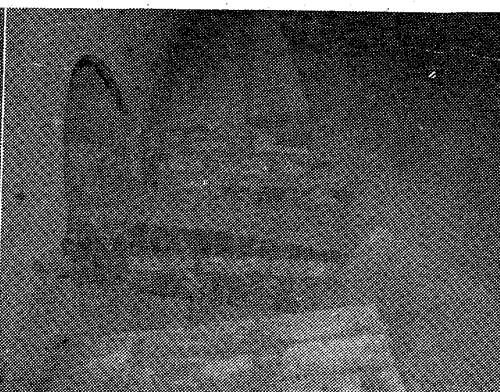


Photo. 4. Brick arrangement around the tap hole.

づ炉床の中心から長手方向に1乃至2列煉瓦を並べ、これを基準にして前裏壁の方向に逆アーチ式に空目地に積んでいき、長手方向の炉床の傾斜に合わせるためと、スタンプ層表面の形状調整のために、マグネシアの微粉を用いた。このように逆アーチ式に積まれた炉床煉瓦の前壁寄りは、Photo. 3, 4 に示すように炉体壁脚の煉瓦の切り付けて固定させ、さらに壁の表面にはマグネシア・スタンプを行なつて押さえ、炉の長手方向の両端部、つまり吹出口の前は、Fig. 2 の縦断面図に見られるごとく階

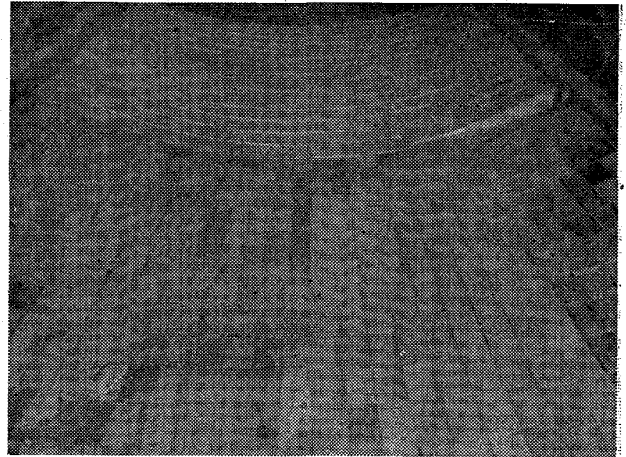


Photo. 5. The brick hearth just after the construction.

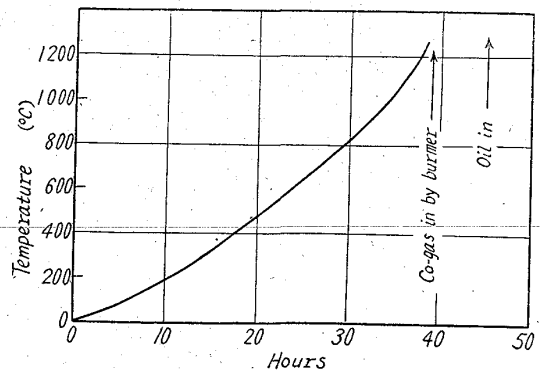


Fig. 3. Heating curve of the open hearth roof.

段状のマグネシア・スタンプで固定した。また出鋼孔前は出鋼樋の線と一致するように、一部煉瓦の切削を行なつて築造した。このような構造は、全て炉床煉瓦の浮上を防止するために案出した手段で、本法施工に当つて最も苦心がはらわれたところである。次に炉床煉

瓦の膨脹をいかにして吸収処理するかという問題がある。乾燥昇熱の初期における煉瓦の膨脹は、まづ炉底へ向つて起るものと考えられるが、これに対してはマグネシア・スタンプ層、およびその上面に撒布したマグネシアの微粉が若干吸収緩和すると考え、さらに引き続き起る膨脹に対しては、炉体側壁上部と天井抱受け煉瓦下との間に、約 20mm の緩衝部を設けて吸収するようにした。Photo. 5 に築造完了後の炉床の状態を示す。乾燥昇熱に当つては煉瓦が直接火焰に曝されないように、炉床全面を約 50mm の厚さの鋼滓粒で蔽い、Fig. 3 に示すような標準加熱曲線に従つて昇熱を行なつた。これはスポーリング防止のためにとつた処置であるが、この炉床に撒布した鋼滓は、高温に達すると溶融して炉床煉瓦の溶着にも効果的で、また炉床煉瓦のスポール、剝脱は経験していない。

VI. 操業経過

現在迄数代の操業を経てきたが、当初懸念していた溶鋼の差し込み、炉床煉瓦の浮上、スポーリングによる剝脱も起らず、一応築造時に施した諸方策はそれぞれ効果的であつたと判断しており、この3点については全く心配ないものと考えている。したがつて、最も中心の問題である炉床煉瓦の耐食性はどうかということが、大きくクローズアップされるわけであるが、炉一代を通じて炉床面は平滑で、出鋼時の溶鋼の流出状況も良好であり、操業中の局部的な床掘れは見られなくなつた。炉床の寿命は、溶製鋼種、操業条件により多少異ると思われるが、炉床持続の最高記録は 284 回で、炉一代持続出来たが、その他 264 回、222 回、215 回、246 回といった数値で、大体 250 回は持続出来ると云えるようである。Fig. 4 は炉床直しの状況を比較したものであるが、煉瓦炉床の場合でも、炉周囲はマグネシア・スタンプが施してあるので、周囲の小補修を必要とするわけであるが、スタンプ法と比較すると、かなりの差が認められる。Fig. 5 は炉床直し時間を稼働歴時間に対する割合で比較したものであるが、約 1/3 に減少し良好な結果が得られている。また炉床持続回数 264 回の修繕時における炉床煉瓦の残存状況は、Photo. 6 のようにまだ使用の余地が残されており、残存煉瓦の寸法測定値から計算すると 1 溶解当りの煉瓦損耗量は 0.5~0.7mm であつた。ただ出鋼孔前約 0.3m² 程度は、煉瓦の残存が認められないことが多かつたが、これは出鋼孔開け時に使用する酸素のためか、あるいは出鋼時の溶鋼流による損傷のためと考えられる。前述のごとく、炉床の寿命を 250 回とすることにならぬの困難はないと思われ、コスト的には最初の煉瓦費を補つて余りがあり、また熱間での炉床直しのための熱料費、用水費なども減少し、さらに非製鋼時間の短縮によつて、炉 1 基一代に 1000 t を上廻る量のプラス生産が可能となり、また炉床形状の安定平滑であ

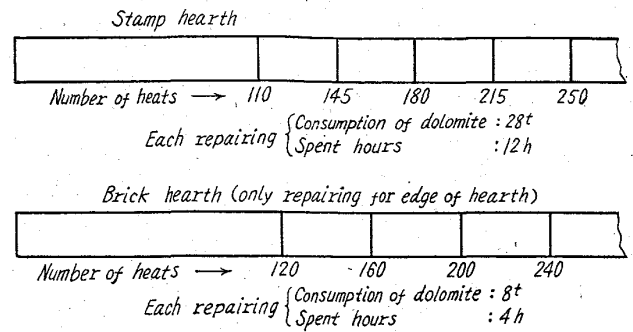


Fig. 4. Comparison of hearth repairing.

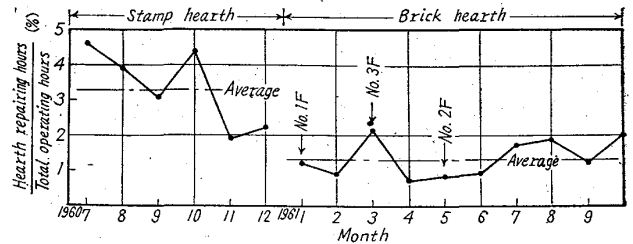


Fig. 5. Comparison of stamp hearth and brick hearth with respect to the ratio of hearth repairing hours to total operating hours.

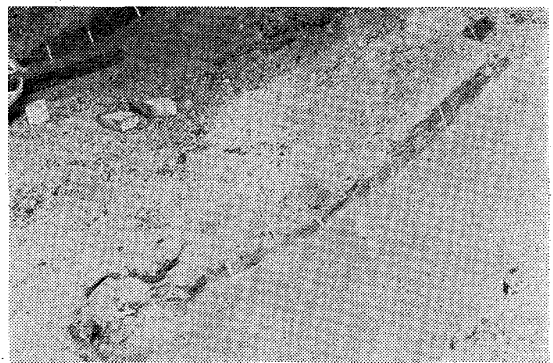


Photo. 6. Hearth brick remained after a campaign.

ることは、品質面にも好影響を与えているものと考えられる。さらに生産遂行に当つては、生産速度そのものも重要な事項であるが、それにも増して炉の稼働率、すなはち非製鋼時間中に占める修繕工期も見逃せない要因である。修繕工期短縮の部分は、必ずしもスタンプ関係のみでなく、他の部分の収善も残されているが、前述のごとく、スタンプ炉床においては、炉床スタンプから炉壁スタンプまでを含めて約 60h が費用されており、これに比較すると煉瓦炉床は煉瓦部分のスタンプが省け、その代り煉瓦の築造に 8 h を要しており、差し引き 24 h が節約されている。築造時間を節約するためには、炉床のスタンプ層をすべて煉瓦で築造する方法と、炉壁表面および長手方向の両端部の階段状マグネシア・スタンプ層をさらに煉瓦で築造する方法があるが、前者については可能であり、溶鋼の煉瓦目地からの差し込み、煉瓦の浮上など未解決点は残されていないが、ただ現在の煉瓦がマグネシアの約 2 倍コスト高になつてきていることから、

煉瓦下部のスタンプ層は当分存続されるだろう。後者については、現在迄すでに2回実施され、築造時間で40hが節約され、これによる増産量は800tとなっており、スタンプ壁に比較して、煉瓦炉床同様多くの利点を持っているが、結論づけるまでにはいたっていない。次に修繕時における残存煉瓦とスタンプ層との分離の問題があるが、これについては現在の所、残存煉瓦とスタンプ層との分離が困難な場合もあるが、スタンプ層と煉瓦積の間に特殊の耐火材料をはさんで、使用後のこれらの分離が容易になるような材料の研究が進められており、近く解決されるだろう。

VII. 結 言

以上塩基性平炉における煉瓦炉床の築造と操業経過について述べたが、最初懸念していた溶鋼の差し込み、炉

床煉瓦の浮上、スポーリングによる剝脱などの問題も解決され、炉床の寿命は従来のマグネシア・スタンプ法のそれに比較して2倍以上となり、コスト的な利益と、さらに非製鋼時間の減少に伴う炉一代の生産量の増加が可能になった。なお残された問題として炉壁表面および長手方向の両端部の階段状マグネシア・スタンプ層をさらに煉瓦で築造する方法と、炉修繕時における炉床煉瓦とその下部のマグネシア・スタンプ層の分離についても研究が続けられており、解決の目途もついている。しかしこのようなことも窮極の目的は稼働率の向上ということである。炉体各部の寿命のバランスを十分総合的に調整しつつ進めていくことが重要であり、幸に当工場ではその第一段階が達せられたという状態であり、炉床直しのない炉床の現出という我々の夢を或程度達し得たことを喜んでいる。
(昭和37年2月寄稿)

鋼中炭化物の電解分離法について*

(鋼中非金属化合物に関する研究—I)

瀬 川 清**・島 田 春 夫***

Study on the Electrolytic Isolation of Carbide from Steel.

(Study on nonmetallic compounds—I)

Kiyoshi SEGAWA and Haruo SHIMADA

Synopsis:

The present paper deals with the technique for the electrolytic isolation of carbide from steel, without decomposition and contamination, by using the Koch-Sundermann method and others.

The results obtained are as follows.

(1) In order to dissolve all the matrix metal, the surface electric potential of steel must be set lower than the hydrogen potential.

(2) In the case of dissolving in a partly passive state of steel surface, it is not desired to isolate the carbide at a too low current density. On the other hand if steel is dissolved in an active state, it need to isolate at a current density as low as possible.

(3) The residues isolated electrolytically must be dried and weighed under the conditions of a high vacuum and a high temperature.

(4) Copper or its compounds are contaminated in the residues isolated electrolytically from the low-alloy steel containing copper. (Cu content is 0.22%). When this copper included is separated from the residues by using KCN solution, part of carbide also tends to be decomposed.

It is found that using the ammonium solution, this copper can be separated from the residue isolated electrolytically in 5% Na-citrate+1.2% KBr solution.

I. 結 言

鋼中に存在する炭化物の挙動は鋼の熱処理と関連して

* 昭和37年4月本会講演大会にて発表

** 八幡製鉄株式会社, 八幡製鉄所技術研究所 工博

*** 八幡製鉄株式会社, 八幡製鉄所技術研究所