

621, 1746, 32 = 666, 76

(70) 取鍋と取鍋煉瓦について

(造塊用耐火物10年-I)

八幡製鉄名古屋事務所 御手洗 良博  
八幡製鉄所製鋼部 ○山口 力

On the Ladle Design and Ladle Bricks.  
(The development of pit yard refractory for recent ten years-I) 63260

Yoshihiro MITARASHI  
and Chikara YAMAKUCHI.

I. 緒

言 1391~1393

製鋼工場における過去10年間の生産性の向上や、製鋼能率の増大は著しい発達を遂げて来たが、それは酸素製鋼の適用と新しい製鋼法の開発、製鋼技術全般の発展によるものである。

造塊作業は製鋼能率の向上に充分対処しつつ、優良な鋼塊製造に寄与して来たが、造塊作業の決定的な技術の発達には見るべきものが少い。しかし長い年数をふり反つて見ると、取鍋の設計構造や取鍋煉瓦の形状、品質の変遷とそれに伴う煉瓦消費量の減少などには著しい向上の跡が見られる。

造塊用耐火物はその品質形状の良否が鋼塊品質に極めて大きな役割を果していることは衆知のことであり、耐火物消費量、原単位が鋼塊原価に大きな影響を与えることも同様である。

本報告は造塊用耐火物に関する過去10年間の改善の歴史をひもとくとき、使用実績の変遷などを省み、耐火物製造者と鋼塊製造者との努力と協力の跡を辿り、造塊用耐火物に関係ある製鋼工場の設備設計、作業方法、作業管理など新しい改善点を見出すためのものである。

II. 注 入

製鋼過程で出鋼は脱酸や成分調節など溶鋼の性状を左右する重要な段階である。出鋼中に溶鋼が溢出したり、洩れるような事故に対して、取鍋は重要な役割を果している。受鋼に続く注入作業が“正常”であるということは極めて大切なことである。注入に関係ある多くの設備の条件、前工程から持込まれた多くの作業条件(成分、温度、脱酸など)の下で取鍋のノズルから流出する溶鋼流を正しく鑄型又は注入管の中心に落下させ、特に上注の場合はノズルと鑄型の間隔を最小にすることは“注入の原則”ともいうべきことである。注入機による注入は注入機上の取鍋が上下に可動されるものを除けば、注入の原則を満足させない場合が多い。このような設備条件の下でスプラッシュの害を少なくするための円筒鉄板の使用など造塊作業管理のためには数多くの努力が払われてきた。

一取鍋の溶鋼全量を正常に注入し終るために、ノズル、ストッパーの形状材質は極めて大きな役割を果すもので、取鍋やその操縦装置の設計もまた重要である。取鍋構造や耐火物の進歩が従来下注でしか製造されなかつた鋼種を過去10年の間に上注法に切替えたものでは、多くの品質や能率上の利益をもたらしている。

Fig. 1 は取鍋容量、ノズル径、鋼種別の注入順による注入速度を示している。四製鋼工場における一例は10年前よりかなり高速注入を可能にしている。注入速度と鋼

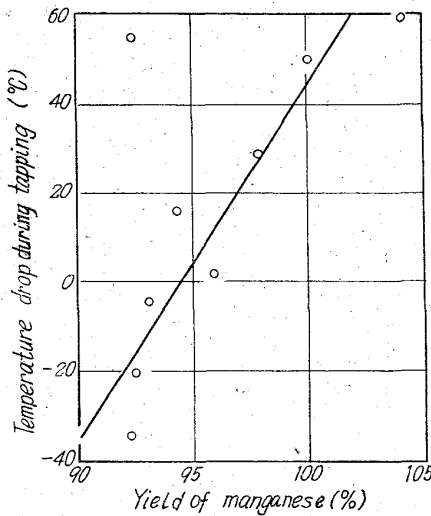


Fig. 3. Effect of manganese loss by oxidation on the temperature drop during tapping.

O<sub>2</sub> を 1600°C に昇温するための熱量 H<sub>1</sub> は  
H<sub>1</sub> = 5.7 × 10<sup>2</sup> × 8.6 × 1600 = 6.2 × 10<sup>7</sup> (cal)

Mn の酸化熱 H<sub>2</sub> は  
H<sub>2</sub> = 6.3 × 10<sup>4</sup> × 1.7 × 10<sup>3</sup> = 10.7 × 10<sup>7</sup> (cal)

したがって全発熱量 H は

$$H = H_2 - H_1 = 3.8 \times 10^7 \text{ (cal)}$$

溶鋼の温度上昇量は

$$(3.8 \times 10^7) / (7 \times 10^6 \times 0.189) = 29.5^\circ\text{C}$$

となる。普通鋼の受鋼に伴う温度降下量の平均値は 10 t 取鍋では 31°C であるので、上記の計算値を差引くと 1.5°C となる。

一方実際の製品について、栓前の取鍋用迅速浸漬熱電対によつて測定した受鋼に伴う温度降下量とマンガンの歩留りの関係をみると Fig. 3 に示すように良好な直線的な関係を示す。計算値と実測値との差は 6°C であり、かなり良く一致している。

V. 結 言

出鋼から鑄込みに至る間の温度降下について要因別解析を行なつた結果

(1) 炭素含有量と出鋼後の温度降下量との間の相関関係は極めて弱い。

(2) 炉内における鋼滓と溶鋼との温度差が大きいほど受鋼に伴う温度降下量は小となる。

(3) 高マンガ鋼では出鋼の際のマンガンの酸化損失量と受鋼に伴う温度降下量の間には直線的な関係があり、その値は計算結果とよく一致する。

などのことが認められた。

文 献

- 1) 小野寺, 荒木田, 平岡: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 1582
- 2) 小野寺, 荒木田, 平岡, 鉄と鋼, 48 (1962), p. 537
- 3) J. CHIPMAN: Basic open hearth furnace steel making, (1951), p. 1582
- 4) Metals Handbook: Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met & Pet Eng., (1961), p. 427
- 5) 化学工業便覧: 化学機械協会編, (1950), p. 87

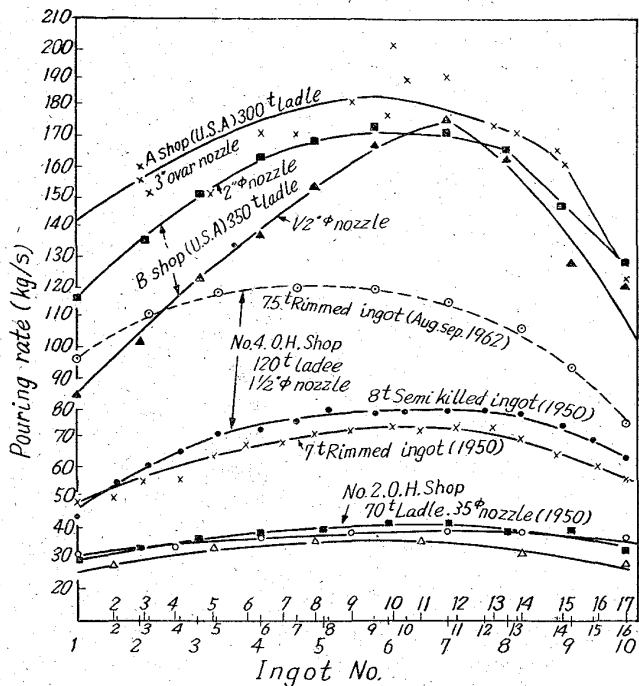


Fig. 1. Pouring rate. (kg/s)

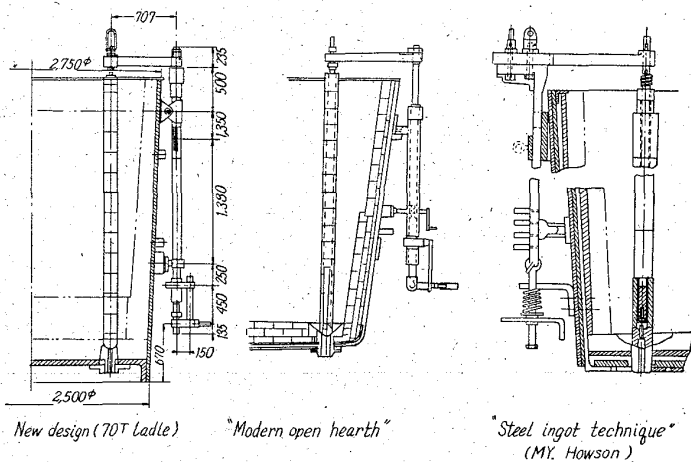


Fig. 2. Stopper design.

塊品質との関係や注入速度は注入順によつて変化することなどから標準の注入速度が決定されるが、これらは取鍋の設計、注入操作、造塊用耐火物の形状品質によつて左右され、造塊用耐火煉瓦の重要さが認識される。

III. 取 鍋 設 計

注入を適正に行なうために取鍋の設計は極めて重要である。取鍋の構造と操作は造塊作業の工学的総括であるといつても過言ではない。

“MODERN. O. H.” (1956) は取鍋の容量に対する設計資料を提供している。また同資料に示されている注入速度を常用ノズル径ごとに計算した表が得られているが、それから注入速度は次式のように計算される。

$$y = -0.12x^2 + 2.1x + 2.51$$

但し、 $x$ : 取鍋中の溶鋼の高さ (m)

$y$ : 溶鋼の理論的速度 (m/s)

$$Z = (D/2)^2 \pi \times 100 y \times \delta \times 1/1000$$

但し  $Z$ : 注入量 (kg/s)

$D$ : ノズル径 (cm)

$\delta$ : 溶鋼の比重 (g/cm<sup>3</sup>).....7.0

これらの資料は取鍋設計の参考に供されるが、製鋼炉容の拡大に対処して、楕円形を取鍋が使用されるとか、本体の構造に高張力鋼板の使用や、従来鉸かしめであつたものを溶接構造にすることによつて重量軽減が計られている。鍋底部が鋼板製のものから鑄鋼製のものに改造されたことにより変形による煉瓦積や色々なトラブルが解消された。取鍋外周鉄板の内側は平滑なものでなければならぬということは設計上のポイントである。さらに重要な部分はストッパー操縦装置である。Fig. 2は八幡製鉄所の代表的な設計例と参考例を示している。この設計の特長は操縦装置を取鍋本体に取付けた支点間距離を大にして、注入操作の安定を計つたことと、ノズル部に凹部を設けて、ストッパーがノズルから逃げるのを防いだ設計となつている。

IV. 取 鍋 煉 瓦

欧米における取鍋寿命や取鍋煉瓦原単位はそれ程良好なものと思われぬが、取鍋容量が大であるに拘らず、煉瓦寸法は並型より少し大きな程度の煉瓦が使用されていることと、材質として低気孔率、低耐火度のものが(特に米国)使用されていることが報告されている。八幡製鉄所においても昭和29年末期に初まつた小型取鍋煉瓦の試用は昭和32年に至つて各製鋼工場で使用されることになり今日に至つている。一方煉瓦材質としては昭和30年頃までは耐火度SK32~33番であつたが、その後現在までSK26番前後のものとなり、気孔率においては昭和27年に25%程度のもものが逐年低下の方向を辿り現在では15%程度のもものが使用されている。取鍋煉瓦の溶損量と真気孔率との間には数多くの実験結果から高度の相関性が認められている。八幡製鉄所における取鍋煉瓦購入規格は、これらの実験結果や使用実績から決定されている。過去10年間の取鍋煉瓦の形状、材質の変遷発達の跡はFig. 3に示される取鍋煉瓦原単位の著しい低下として現われている。

V. 結 言

過去10年間の取鍋煉瓦の使用実績から原単位の向上は著しいものがあつた。その進歩の原因は煉瓦形状を小型化したことが主因であるが、研究部門での研究結果により行なわれた製鋼工場での数多くの実験や築造、使用法および設計などの合理化が寄与している外、煉瓦製

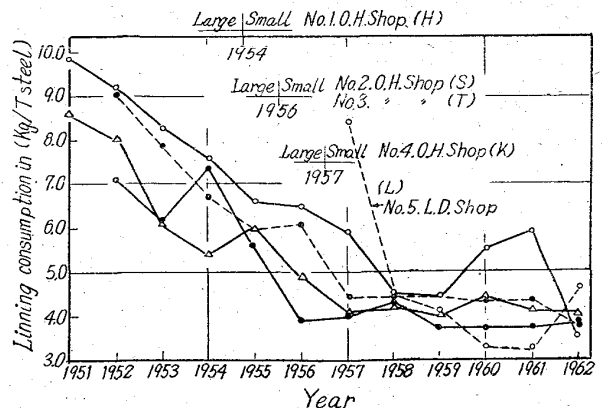


Fig. 3. Changes of lining consumption.

造者との協力が現在の成果をもらしたともいえよう。

取鍋煉瓦の最近の方向は高硅酸質、低耐火度、低気孔率、高比重の方向を辿っている。昭和31年以降原単位は3~4kg/t台に安定している。煉瓦屋と製鋼屋は新しい発展と合理的な使用方法をさらに開発するであろう。しかし煉瓦製造技術、品質向上の前には、わが国の耐火煉瓦原料事情が前提となる困難も横たわっている。

新しい取鍋煉瓦として高アルミナ質煉瓦開発や、最近の不焼成煉瓦には研究の余地があるようであるし、黒鉛質やカーボン煉瓦も研究の対象になるかも知れない。取鍋煉瓦の形状材質の変遷に対し、一方では煉瓦に適したモルタルの研究に対する関心を高める必要もあろう。

621,746,320,669,094,24

(71) キャスターガンミックスによる  
取鍋の熱間補修について

日本鋼管川崎製鉄所 68261  
北村 洋二・〇梅田健一郎  
技術研究所 1993~1994  
島田 信郎・飛川 農

Hot Repairs of Ladle Lining with  
Caster Gunmix.

Yoji KITAMURA, Ken-ichiro UMEDA,  
Noburo SHIMADA and Shin HIKAWA.

I. 緒 言

製鋼用取鍋の損傷原因は、出鋼時の衝撃や鋼滓による侵食および地金付着により生ずる、機械的な剝離などがある。取鍋の損傷は平均的に起る事は稀で、局部的な損傷が多く、このため取鍋使用を中止して張替修理を行なっている。このように煉瓦の損傷がアンバランスなため、残存厚の多い部分までも修理時には張替を行なっており、不経済である。

局部的な損傷部分の修理方法としては、①煉瓦を張重ねる②モルタルを塗るなどが実施されているが、今回キャスターガンを使用して吹付による局部的な損傷部分の補修を長期に行ない、その効果が確認されたので、ここに報告する。

II. 吹付機の諸性質および吹付方法

吹付補修に使用する吹付材料の必要特性は、①強固な接着力を有すること、②機械的衝撃に強いこと、③吹付歩留が高いこと、④鋼滓に対して耐食性を有することなどである。これらの特性は、吹付条件、使用材料に左右されることが大きいので、実験室的な試験を積重ね、その結果を基にして Table 1 に示すごとき諸性質をもつ吹付材料を使用した。

取鍋の吹付補修時期としては、局部的損傷廃却時補修および局部事前補修があるが、当工場に当つては修理効果の大きい前者の方法、すなわち局部的な損傷のために廃却修理入りと判断した場合、局部吹付補修によつて寿命の延長を図るような方法を行なつた。

吹付補修にあつては、鑄込終了後取鍋内張煉瓦に付着している鋼滓をよく落とし、キャスターガンにより吹付補修を行なつた。吹付諸条件を Table 2 に示す。

Table 1. Properties of G Mix-L.

Refractoriness SK No.	35		Typical screen analysis	
Chemical analysis (%)	SiO <sub>2</sub>	52.1	<0.13mm	35%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43.8	0.13~0.25	—
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6	0.25~0.50	7%
Main character	High Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.50~1.0	10%
			1.0~2.0	20%
			2.0~4.0	22%

Table 2. Gunning method.

Ladle capacity	150 t
Area of gunning	Area of local damage
Material	G Mix-L
Air pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	3~5
Temperature of ladle (°C)	600>
Water (%)	5~10
Thickness of gunned layer (mm)	max 70 (mean 30~40)

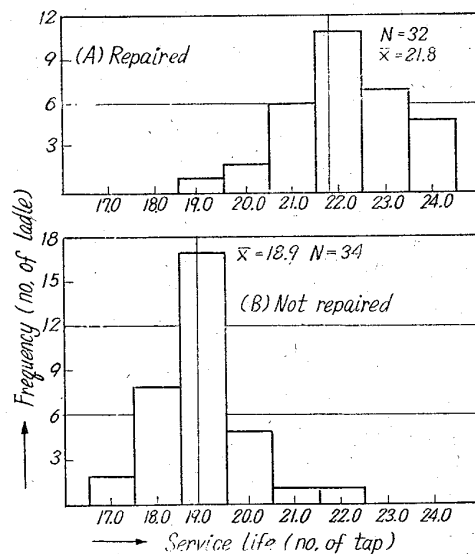


Fig. 1. Distribution diagrams of service life of ladles. (Period: 1963. 1~3)

III. 試験結果および考察

昭和38年1月~3月の3ヶ月間の長期にわたり、吹付補修を実施した結果 Fig. 1 のごとく取鍋寿命一代平均2.9回の寿命延長を図ることができた。

使用中取鍋の吹付機付着状況を Photo. 1, 使用後煉瓦の接着部分の切断面を Photo. 2, 接着部分の物理的性質を Table 3, 接着部分の顕微鏡写真を Photo. 3 および Photo. 4 に示す。

吹付機は Photo. 2 に示すように、内張煉瓦と非常によく固着している。接着部分の顕微鏡観察を行なうと、ガラス質と微細な毛状の結晶からなっている。この結晶