

UDC 669.141.25: 621.746.7

### 中子への鑄鋼の浸透に関する二、三の実験†

沖 進\* 中島 繁夫\*\*

#### Some Experiments on the Penetration of Cast Steel Into Sand Cores

Susumu OKI Dr. Eng., Shigeo NAKAJIMA

##### Synopsis :

The Authors made a series of experimental investigations for the purpose of obtaining data which would be useful to find a way preventing metal penetration into the cores of large steel castings. The size of the core tested was 25mmφ 60mm. The test casting, each of which had three cores to be tested near its bottom, was 130mm in diameter and 380mm in depth. The pressure of molten metal on the cores was exerted by a device connected with a compressed air system and was kept constant for a scheduled time at a scheduled pressure value; namely; 0.2, 0.4, 0.8 or 1.0 kg/cm<sup>2</sup>. Results obtained are as follows:-

- 1) Penetration of the depth of more than 10mm took place always in a few second after the metal pressure exceeded a certain value which was controlled by the conditions of experiment provided that the temperature of the core was higher than the solidus point of the cast metal.
- 2) Core wash could not prevent penetration when the metal pressure was as high as 1 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3) The depth of metal penetration was plotted against the metal pressure and the core hardness, where the sand grain size distribution was concentrated to anyone of 28, 48, 100 or 200 mesh.
- 4) Similar plots were obtained for several kinds of practical core sand mixture, where the sand grain size distribution was more broad and complicated.

##### 1. 緒言

砂型鑄物において溶湯の一部が鑄型の砂の間隙に入り込んで凝固し、そのために鑄物の表面上に砂と金属との混った塊状物を生ずることがあり、この現象を浸透 (Penetration) と呼ぶ。浸透の程度には、鑄肌に砂粒の直径ぐらいの高さの突起を生ずる軽度のものから中子全体が砂と金属との混合物になるという極度なまでのあり、いずれにしても浸透は鑄物の仕上処理の障害となり、鑄肌の焼着の一種と見なされる。ことに鑄鋼は鑄物砂に耐火度を要するため、過去においてはややもすると粒径の大きな砂を用いたため浸透を起しやすい傾向にあった。これに加えて高さの大きい鑄鋼で肉厚が大きく、中子が小さいものでは、中子の温度が鋼の固相点以上に上昇し、そこに高い溶湯圧力が作用するため浸透を起す条件が満たされやすく、その防止対策が必要である。

鑄物における溶湯の浸透についてはすでに多くの研究<sup>1)~4)</sup>がなされており、その発生機構も大体は明らかと

註：ここに挙げた文献は過去の研究の展望を含む。

なっている。しかし鑄鋼の浸透においては、それが1500°C 附近の高温で、しかも水蒸気、酸化性または還元性雰囲気等の中で、かなりの時間にわたって行なわれるため、その間に砂粒および溶湯の物理的、化学的性状の変化も少なからずおこり、これらが影響して浸透現象をかなり複雑にしているといわれる。例えば、鑄鋼鑄肌に接して高温の水蒸気にさらされた珪砂の砂粒が、揮発性の SiO<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O か SiH<sub>4</sub> に変化して砂粒間隙が大きくなるとか、砂粒に対する溶湯のぬれやすさが雰囲気によって変化するとか、また砂粒の耐火度、焼結しやすさ、不純物特に酸化鉄の含有等が、溶湯に接した鑄型の砂粒間隙を変化させるとかの可能性も論ぜられる<sup>5)</sup>。さらに砂型の砂粒間隙の大きさは砂粒の粒度分布と、充填度とが決めれば決るものではあるが、それらの実際の関係はどうなっているのか、またそれらと砂型の生型硬度との関係はどうであるかなど、実際のデータは必ずしも充分与え

† 昭和38年3月27日原稿受理  
\* 横浜国立大学工学部 工博  
\*\* 日本車輛製造(株)

られていない。

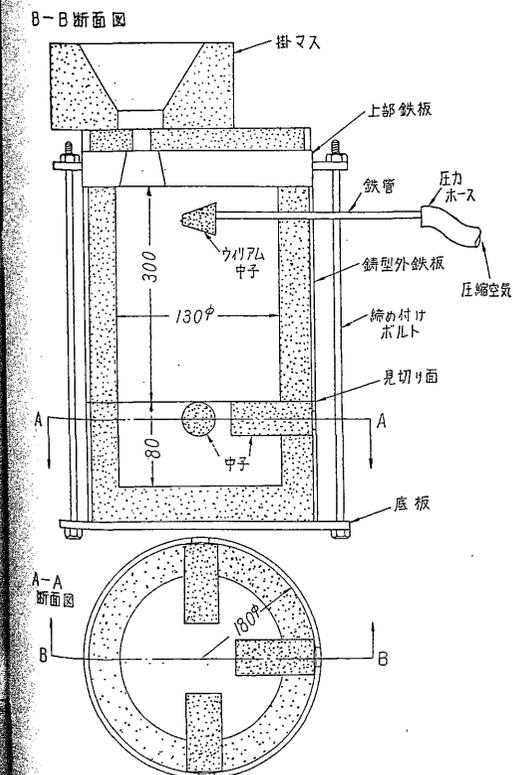
著者らは大型鑄鋼品の中子に生ずる浸透を防止または低減する方案のための基礎資料を得る目的で1954年7月から1ケ年にわたって一連の実験を行なった。その結果はなお不完全であるが、一部には明確な結果も得られたので、ここにひとまづ報告する。

本報の内容は実験を行なった順序にしたがって、次の通りである。

1. 浸透時間について
2. 浸透部の性状について
3. 塗型の効果について
4. 単一粒度の砂に対する浸透実験
5. 複合粒度の砂に対する浸透実験
6. 雰囲気の影響の実験
7. ベンガラ配合の影響の実験

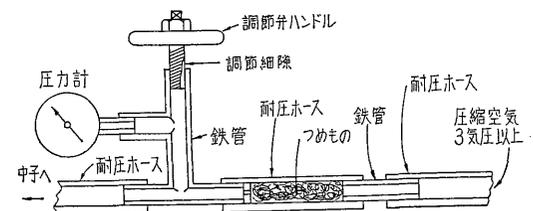
##### 2. 実験方法

第1図に示す円筒形の乾燥砂型に、現場で鑄鋼品 Sc 42~46 生産に用いるのと同じ溶湯を鑄込んだ、第1図において鑄型はすべて鉄板で包まれて内圧力に耐えるよ



第1図 試験鑄物の鑄型組立

うになつており、また底板と上型上部の鉄板とは数本の締め付けボルトで締めつけられている。鑄型の下方側面3ヶ所には浸透を試験される中子を入れる。上型上面の鑄板は冷し効果を持たせるために約30mmの厚さを有し、溶湯は掛マスから砂型の小さい湯口を経て鑄込まれ、掛マスの上面一杯まで満たされる。こうすると、掛マスの中の溶湯面の面積に反比例して、凝固収縮による液面降下速度は充分遅い。そのため、液面が掛マスの底に引け込むより前に、湯口のすぐ下で冷し金のために溶湯の通路がふさがれる。それより下方にある金属の大部分はなおしばらくの間液状にあり、その周囲は中子の面を除いて完全に固体金属の層で囲まれている。中心まで凝固するには15~20mmを要するであろう。溶湯は中子に対して約0.2 kg/cm<sup>2</sup>の静圧を及ぼすが、さらに鑄型の上部には鉄管がさしこまれてあり、その先端にはウィリアム中子を取り付けてある。この鉄管を通じて任意に圧力を調節した空気を溶湯内に圧入することができ、これによって中子に作用する溶湯圧はそれだけ増加され得る。空気圧調節装置は第2図に示す簡単なものであるが、この圧力計を読みながら充分安定な調節をすることがで



第2図 空気圧調節装置

きる。すなわち、右方のホースから3 kg/cm<sup>2</sup>以上の空気が送られるが、途中のつめ物 (糸屑などを固くつめたもの) の大きな抵抗によって極めて少ない流量になる。調節弁 (逃がし弁) を開くと圧力計の読みは殆んど完全に0となり、調節弁を閉じればつめ物の両側の圧力差は小となり、圧力計の読みは上昇する。調節弁を適度の太さに開けておけば圧力計の読みは任意のところまで一定となる。(註)

試験に供した中子は直径25mmφ、長さ60mm (一部の実験では70mm) の円柱で、鑄物内に突き出ている部分の長さは40mm (50mm) である。これをつき固めるには5kgの重錘を50mmの高さから任意の回

註：本報で溶湯圧力をあらわすには、ゲージ圧力に溶湯の自重による圧力0.2 kg/cm<sup>2</sup>を加えたものを用いた。すなわち絶対の溶湯圧力と大気圧との差を示した。

数落させ、普通の砂試験片と同様にした。中子はつき固め回数、生型硬度および充填度（試験片見かけ体積に対する砂の真体積の比）を毎回測定してから使用した。なお、参考のために、この砂試験片と同じ硬度および充填度になるように標準の砂試験片（50 mmφ×50 mm）を同一配合の砂で作製し、通気度および抗圧力を測つたものもある。

一部の試験では中子の中心に直径 0.5 mm のタングステン線を、その先端が中子の先端から 10 mm 入った中子砂中にあるように配置し、浸透によってこのタングステン線に溶湯が接触するとランプが点灯するようにし、浸透に要した時間を測つた。タングステン線は先端以外は石英管で包んだ。

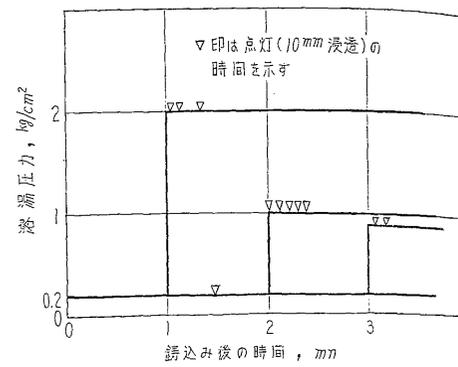
すべての中子は鑄物冷却後、周囲の金属とともにガス切断により取り出し、さらに中子の中心軸を含む平面で縦に二つ割りとし、中子の砂の変化状態、焼結の有無、酸化鉄の反応状況、砂への金属の浸透の深さ、浸透生成物の鑄肌からの分離の難易、鑄肌の状況などを注意深く観察した。浸透深さはサンドブラスト後の中子面で測つた。

浸透実験に供した中子の総数は 159 個である。

### 3. 浸透時間についての結果

鑄込まれた溶湯が中子を包んで次第に中子への溶湯圧を増してゆく過程における中子表面および中子内部の温度変化は測定はしなかつた。しかし鑄込み温度が普通で、また本試験鑄物のような落し込みの場合には概ね次のように推定しても差支えないであろう。すなわち、鑄込みの瞬間から中子の表面には固体金属の薄い層を生じてその厚さを増す、中子と金属との境界の温度は、この初期には鋼の固相点より少し低い。中子面が広い平面でなく、直径 25 mm の曲面でありかつ端面をも有するので、境界の温度はすぐに上昇をはじめ、鑄込み後 1 mn 前後で鋼の固相点をこえる。これにつづいて中子中心部の温度も鋼の固相点をこえる。これらの温度上昇が中子の手元部でよりも先端部でより早くおこるのはいうまでもない。

本実験のはじめの 21 個の中子には、実験方法の所で述べたように、中子先端中央から 10 mm の所に点灯用の接点を埋め込んだ。浸透の起る圧力条件の下で、この点灯の起る瞬間は、この接点部の温度が鋼の固相点をこえる瞬間よりも少なくとも後であるはずである。なぜなら、固相点より低い温度の砂の中では浸透は進行しないのであるから。第 3 図は鑄込み後の時間と溶湯圧との関係線の上に点灯の時期を点で記入したものである。この



第 3 図 時間と溶湯圧力との関係

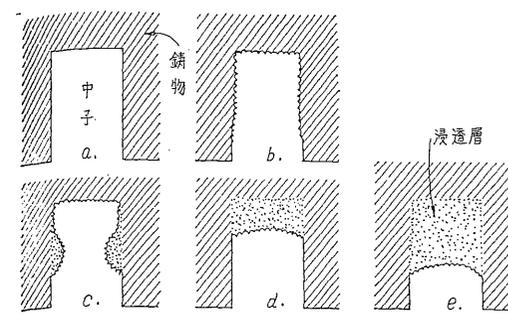
ように、浸透の充分行なわれる場合には、殆んどの場合、圧力を加えた直後に点灯が起つている。このことは、中子の温度が鋼の固相点以上になつていさえすれば、浸透は圧力条件が満足された瞬間に急速におこることを示すものであるが、加圧後 20~30 sec を経てから点灯した中子も少数はあつた。鑄込み 1 mn 後に加圧した場合、ただちに点灯することから見て、この中子の中心の温度が鋼の固相点をこえるのは鑄込み後 1 mn 以内とも考えられるが、鑄込み後の溶湯圧が一定不変 0.2 kg/cm² のときに点灯に 1 mn 27 sec を要していることから見て、1 mn 前後と考えられる。この長短は中子の寸法によることはもちろんであるが砂の配合や鑄込み温度にもよるであろう。

以後の実験では空気加圧はすべて鑄込み後 2 mn に開始し 15 mn まで続けている。したがつてこの期間には中子の浸透に対する温度条件は満足されているわけである。

### 4. 浸透部の性状について

冷却後の中子および中子と金属との境界面を観察すると次のことが分つた。ただしこの結果は本実験の実験条件に対してのみ成立つたのかもしれない。すなわち、もつと長時間かかつて凝固した場合や、もつと酸化性あるいは特殊の雰囲気の場合には、結果が異なるかもしれない。

(1) 中子を中心軸を含む平面で縦断したときの中子境界面のプロフィールを分類すると第 4 図のようである。a. は浸透のないもの。b. は手元を除く全面に浅い浸透のあるもの。c. は先端よりも中間部の側面で浸透が深いもの。d. は先端に浸透が深いもの。e. は手元を除く全面に浸透が深いものである。浸透の激しさは a. b. c の順に増し、c および d は、b と e との間でおこる。c の型の浸透は、砂のつき固めが先端によく



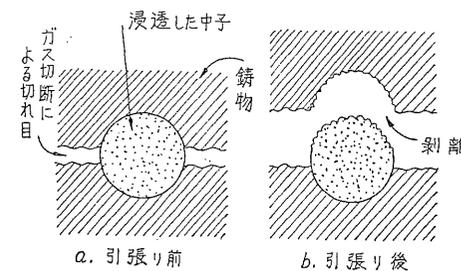
第 4 図 中子への浸透状況 (中子縦断面の模式図)

利き側面に利いていないときに起るのであろう。

(2) 中子内面の鑄肌はほとんど無酸化である。このことは大部分の中子有機粘結剤を含んだことによつてそうなつたのかもしれない。

(3) 第 4 図 d, e の梨地部は砂と鋼との混合物であり、サンドブラストによつてもこれを除去することが出来ない。

(4) この混合物は、しかし全体一塊のまま中子と鋼との境界面から第 5 図のようにはがれることもしばしばある。これは塗型した場合には当然おこつてよいことであるが、塗型しない場合にも起り、その理由は分らない。



第 5 図 中子の剝離状況

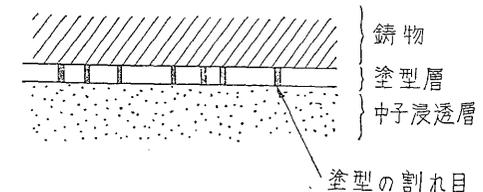
(5) 浸透した中子混合物を切断研磨してその内部組織を見ると、鉄の酸化物はなく、砂粒が酸化鉄のために着色することもない。

(6) 浸透した鋼の顕微鏡組織は、それが元の鋼よりも高炭素であることを示す。これは鋼が油中子に接触して炭化されたためとも考えられるが、また鋼が半溶融の温度で低炭素の固相と高炭素の液相とに分れ、液相のみが浸透に与つたためかも知れない。

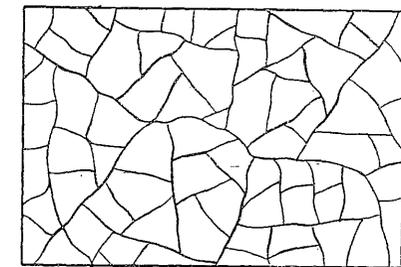
(7) 中子内の雰囲気や酸化鉄配合を変化させた場合の結果については後に述べる。

### 5. 塗型の効果について

浸透を防ぐ手段として塗型の使用はすぐ考えられることであり、また軽度の浸透なら塗型で防ぐことができるかも知れない。しかしその効果を確かめるために 8 個の中子に数種の粘土質の塗型を 1 回ないし数回塗つて試験したところ、溶湯圧力が 1 kg/cm² というように高くなると浸透防止の効果は少しも見られず、塗らないものと同様の浸透をおこした。しかし塗型を塗つた中子は、浸透しても鑄物から容易に離れ、鑄肌はなめらかである。すなわち、塗型した場合の浸透は塗型の網目状の割れ目からおこるもので、割れ目以外の鑄肌の大部分では、鑄物と滲透層とは塗型層でへだてられている。すなわち、浸透後は第 6 図のようになっており、剝離した中子内面は第 7 図のように網目状の突起を有する。



第 6 図 塗型の割れ目と浸透との関係



第 7 図 塗型して浸透した中子を剝離した後の鑄肌の網目状突起 (5 倍拡大図)

### 6. 単一粒度の砂に対する浸透実験

浸透におよぼす砂粒大きさと溶湯圧との影響をしらべるのに、最も単純な単一粒度の珪砂を用いて実験した。砂は珪砂特 4 号および特 5 号からふるい分けた第 1 表に示すものを用いた。各砂の粒形を写真 1 に示す。これらの砂に対し第 2 表の配合を行ない所定の中子に成型したこの際、つき固め回数を変えて生型硬度を各砂とも 70, 80 および 90 に変えた。つき固め回数、生型硬度および充填度の相互関係を第 8 図~第 10 図に示す。また各砂の各硬度に対する生型通気度および乾燥型通気度の値を第 3 表に示す。各中子の溶湯圧と浸透深さとの関係は第

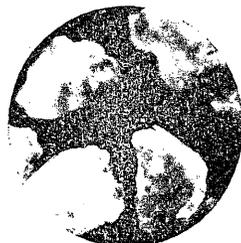
11 図に示す通りである。

この図中で浸透深さが 12.5 mm 以上であることは中子全体が浸透したことを示す。

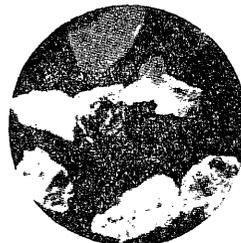
この結果を検討するために、砂粒を球と考え、これが簡単な格子状に互に接して排列したと考えたときの砂粒直径、充填度および浸透に要する最低溶湯圧力の関係を

第1表 実験に用いた単一粒度の砂の粒度

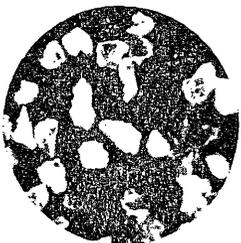
呼 称	内 訳	粒度の範囲 mm
28 メッシュ	20 メッシュ下 28 メッシュ上	0.84~0.59
48 メッシュ	35 " 下 48 " 上	0.42~0.297
100 メッシュ	65 " 下 100 " 上	0.210~0.149
200 メッシュ	150 " 下 200 " 上	0.105~0.074



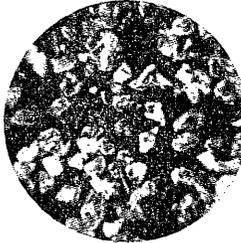
28 メッシュ  
0.84~0.59 mm



48 メッシュ  
0.42~0.297 mm



100 メッシュ  
0.210~0.149 mm



200 メッシュ  
0.105~0.074 mm

写真1 第1表に掲げた単一粒度の砂の粒形写真(30倍)

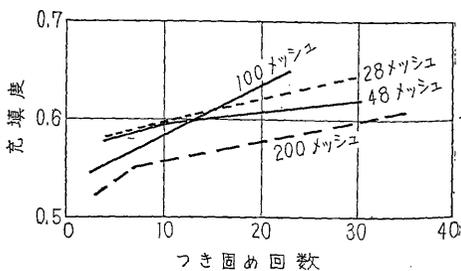
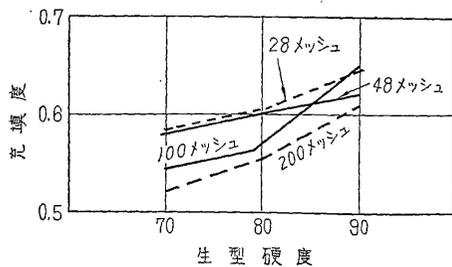
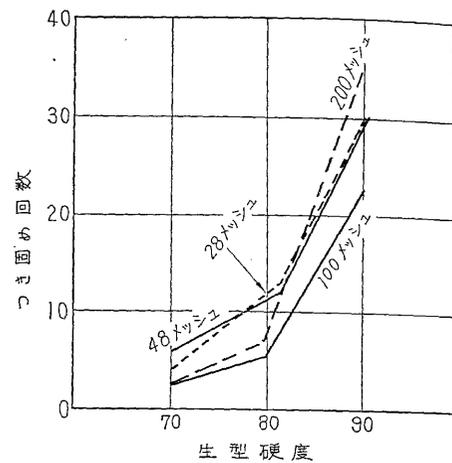
第2表 単一粒度の砂に対する配合(重量比)

砂の呼称	珪砂	ベントナイト	アマニ油	デックス	オーゾン	水
28 メッシュ	100	4	1.0	1.0	0.5	4
48 "	100	4	1.0	1.0	0.5	4
100 "	100	4	1.5	1.5	0.5	5
200 "	100	4	2.0	2.0	0.5	6

概算してみた。その結果を第4表に示す。ただし砂に対する溶湯の接触角は 180° に近いとし、また、砂粒の直径はその範囲の平均値に等しく均一であるとした。また最低圧力の計算式は次式を用いた。

$$p = \frac{2\sigma}{g \times 10^3 r}$$

ここに p: 浸透に要する最低圧力 kg/cm<sup>2</sup>  
σ: 湯溶の表面張力 dyn/cm



第3表 単一粒度の砂の通気度

砂の呼称 メッシュ		通 気 度		
		生型硬度 70	生型硬度 80	生型硬度 90
28	生 型	290	243	205
48		154	140	110
100		57	53	37
200		21	19	13
28	乾燥後	337	303	288
48		207	193	150
100		59	52	39
200		23	24	21

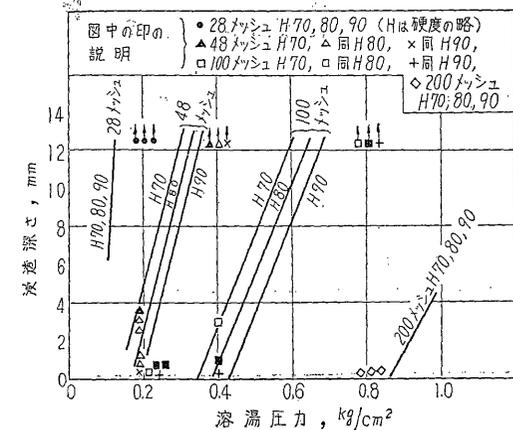
第4表 砂粒の大きさ、充填度および溶湯の浸透に要する圧力P (kg/cm<sup>2</sup>) の計算値

砂の呼称 (平均直径)	充填度	相当する 排列	r	P	
				(σ=1000)	(σ=2000)
28 メッシュ (0.72 mm)	0.52	A	0.15	0.14	0.28
	0.68	B	0.083	0.25	0.50
	0.74	C	0.058	0.35	0.70
48 メッシュ (0.36 mm)	0.52	A	0.075	0.28	0.56
	0.68	B	0.042	0.50	1.00
	0.74	C	0.029	0.70	1.40
100 メッシュ (0.18 mm)	0.52	A	0.038	0.56	1.12
	0.68	B	0.021	1.00	2.0
	0.74	C	0.014	1.40	2.8
200 メッシュ (0.090 mm)	0.52	A	0.019	1.1	2.2
	0.68	B	0.010	2.0	4.0
	0.74	C	0.007	2.8	5.6

註 A: 単純立方格子排列  
B: 体心立方格子排列  
C: 面心立方格子排列

た2種類以上の砂を配合して分布の山を2つ以上持たせた鑄物砂は浸透に対する抵抗力が強いであろうと考えられる。そこで第5表に示す各種の粒度分布の原料砂を単独または組合せて第6表のように配合をした種々の合成砂についてその生型硬度をつき固めにより種々に変え、各々の場合に対する湯溶の浸透実験を行ない、硬度つき固め回数、充填度の相互関係、浸透深さに及ぼす硬度と溶湯圧力との影響等を明らかにした。ここに第2号<sup>6)</sup> というのは知多浜砂の一種で第7表の化学組成を有し、耐火度は低いが鑄鋼肌砂として使用されているものである。第12、13 図につき固め回数、生型硬度および充填度との関係を示し、第14~16 図に浸透深さに及ぼす生型硬度および溶湯圧力の影響を示す。

この第14 図を単一粒度砂についての第11 図と比較すると次のことが注目される。第11 図では、同一の砂の浸透深さに及ぼす砂の硬度の影響は小さいのに、5号+7号珪砂配合砂Aについての第14 図では、砂の硬度の影響が極めて大きいことである。この単一粒度砂と複合粒度砂との性質の違いは第3表と第8表の通気度の比較にも見られる。すなわち、単一粒度砂では硬度が70から90に増しても通気度は約 2/3 に減少するだけであるのに対して、第8表の複合粒度の砂では硬度が同様の变化をなすときに通気度は約 1/3 に減少している。このように、この5号+7号珪砂配合の合成砂Aは通気度を犠牲にして硬度を高くすれば浸透に対してかなりの抵抗



第11図 単一粒度の砂への浸透の深さに及ぼす溶湯圧力と生型硬度との影響

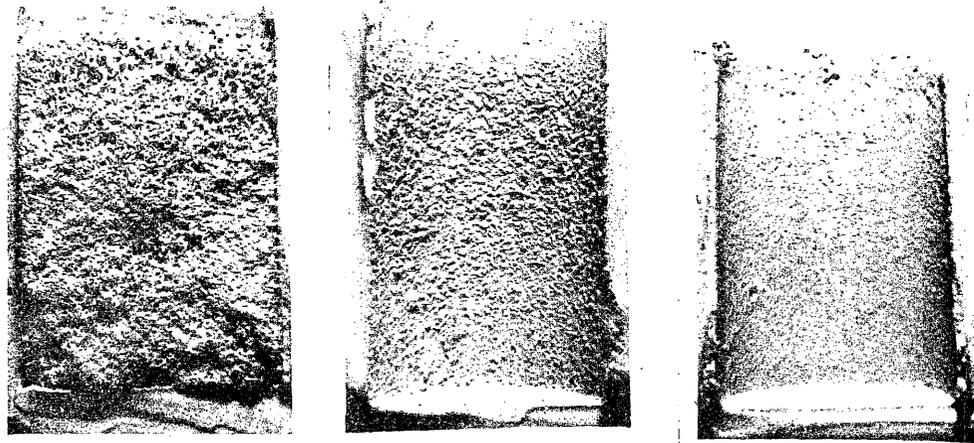
r: 砂粒間の浸透通路の内切円の半径 mm  
g: 重力の加速度=980 cm/sec<sup>2</sup>

表中充填度からのγの計算は球の排列をその充填度に相当する代表的格子排列として行なつたものである。σの値は鋼の化学組成や雰囲気によつて異なり不明であるが1,000~2,000 dyn/cm の間にある。第4表と第11 図との浸透圧力を対照すると、実験による浸透圧力はσ=1,000 dyn/cm としたときの計算値に大体合致している。

写真第2に中子の内面のサンドブラスト後の鑄肌状況の代表的のものを示す。下方が中子の先端に相当する。aではサンドブラストしても除かれない浸透塊状物を示す。bでは中子先端の浅い浸透と中子側面の深さ1mmの浸透とを示す。cは浸透しない中子内面を示す。

7. 複合粒度の砂に対する浸透実験

実際の鑄物砂で、砂粒の大きさの分布の広いもの、ま



a 100 メッシュ単一粒度 硬度 90 圧力 0.8 kg/cm<sup>2</sup> 完全浸透, 浸透層を示す  
 b 100 メッシュ単一粒度 硬度 90 圧力 0.4 kg/cm<sup>2</sup> 浸透深さ 先端面 0mm 側面 1mm  
 c 200 メッシュ単一粒度 硬度 90 圧力 0.4 kg/cm<sup>2</sup> 浸透せず

写真2 中子内面の浸透状況 (2つ割りにしてサンドブラストした鑄物の内面) (実物大) (下方が中子の先端面)

第5表 各種原料砂の粒度分布

原料砂名称	各メッシュ篩上の重量%											粘土 分%
	14	20	28	35	48	65	100	150	200	270	pan	
3号珪砂	0.9	26.7	34.9	12.0	5.9	9.0	5.3	3.6	0.4	0.6	0.5	0.90
4号珪砂	0.1	5.9	26.5	27.8	16.2	15.3	4.7	3.1	0.2	0.1	0.1	0.46
5号珪砂		0.2	2.0	9.5	13.6	42.3	23.8	6.9	0.9	0.2	0.6	0.23
7号珪砂						0.1	0.8	18.3	9.7	41.9	29.2	6.1
錦二号	0.1	0.2	3.0	15.9	30.2	46.9	3.0	0.4	0.1	0.1	0.1	0.77

第6表 各種合成砂の配合と標準試験片の性質

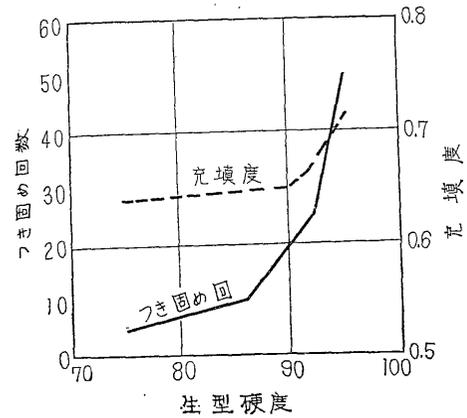
砂記号	砂粒配合	ベントナイト%	粘土%	デックス%	アマニ油%	オーゾン%	水分%	抗圧力 kg/cm <sup>2</sup>	通気度
A	5号90%, 7号10%	4		1	1.5	0.5	4	乾 27.6	乾 132
B	4号50%, 5号50%	4	4				5	生 0.76	生 141
C	錦2号93%, 風化珪石7%	6					5	生 0.64	生 156
D	3号40%, 古砂60%		6				6	生 0.53	生 204

第7表 錦2号砂の化学分析値(%)の例

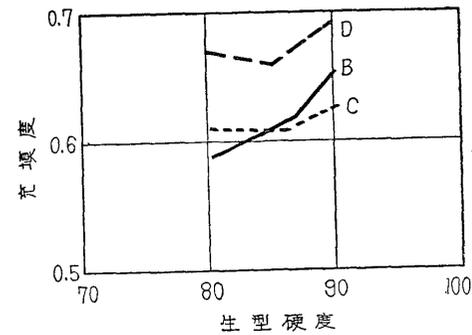
強熱減量	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
0.42	91.98	0.80	5.42	0.58	0.06	0.73

第8表 合成砂A(5号珪砂+7号珪砂)の生型通気度

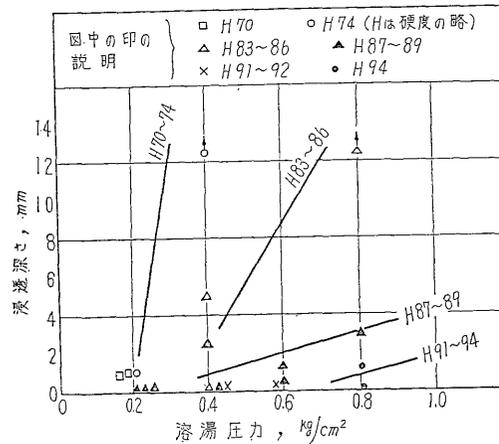
生型硬度	70	80	90
生型通気度	55	34	18



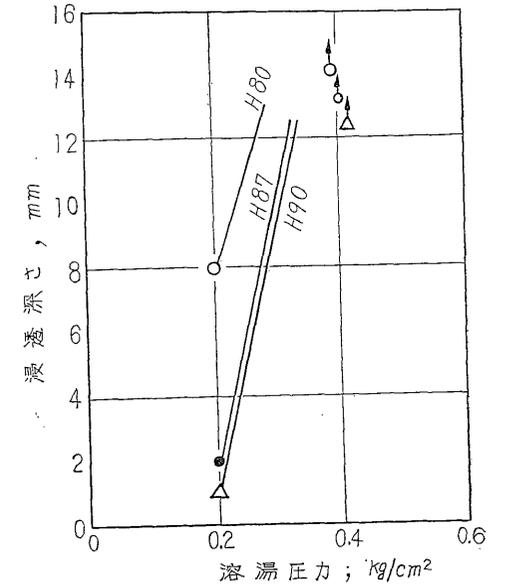
第12図 合成砂Aの硬度とつき固め回数および充填度との関係



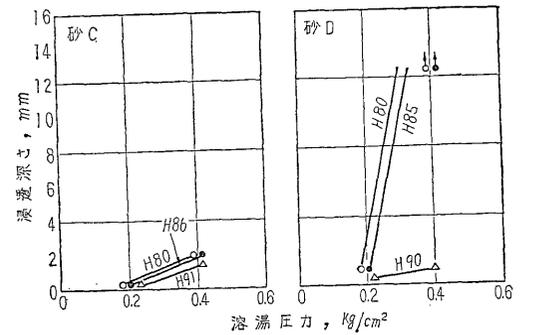
第13図 合成砂B, CおよびDの生型硬度と充填度との関係



第14図 合成砂Aへの浸透の深さに及ぼす溶湯圧力と生型硬度との影響



第15図 合成砂Bへの浸透の深さに及ぼす溶湯圧力と生型硬度との影響



第16図 合成砂CおよびDへの浸透の深さに及ぼす溶湯圧力と生型硬度との影響

力を示すが、硬度のむらがあると著しく浸透されるおそれがある。

4号+5号珪砂 50% づつ配合の合成砂Bは浸透に対して弱い結果を示し、3号+古砂 60% 配合の合成砂Dはやや浸透に強く、錦2号+風化珪石配合の合成砂Cは浸透に強い、しかしこの砂については 0.4 kg/cm<sup>2</sup> をこえた溶湯圧の場合の実験はしていない。なお、錦2号は耐火度が低いため中子が焼結してサンドブラストしても除かれない。このため鑄鋼中子用としては適しない。

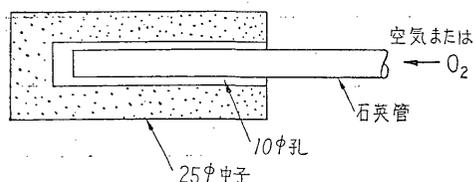
8. 浸透に及ぼす中子の酸化性雰囲気の影響

酸化性雰囲気すなわち空気や酸素は鑄肌を酸化鉄層を作り、これと珪砂との化学結合により溶融点の低いスラ

グを作る。温度、時間および酸化性の強さの如何により、このスラグ生成の量が変化し、その結果、次の三つのことの可能性が考えられる。

- (1) スラグにより砂粒間隙が埋められて浸透が防がれる。
- (2) 珪砂が侵食されて浸透が促進される。
- (3) 珪砂に対する溶鋼の接触角が減少して浸透が促進される。
- (4) 浸透してから温度がやや低下して浸透が停止した後に鉄の酸化がおこれば、浸透層中の鉄はスラグ化して鑄肌の砂落ちは良くなる。

これらの可能性の現実性如何を実験するため、中子の中に第17図のように直径10mmの孔を設け、ここに空気または酸素を種々の流速で吹き付けて見た。砂は100, 65, および48メッシュの単一粒度の油砂とし、つき固め硬度は約80にした。溶湯の圧力は前実験結果を参照して、1~5mm程度の深さの浸透の起る0.2~0.4kg/cm<sup>2</sup>とした。ガスの吹付けは鑄込み後15mnまでと、鑄込み後15mnから30mnまでとのいずれかとした。その結果は、まだ確実ではないが現在までの所次のようである。



第17図 中子に酸化性雰囲気を与える方法

- (1) 酸化性雰囲気により、鑄肌に接した部分に黒色のスラグ層が出来る。
- (2) これは浸透深さにあまり影響しない。
- (3) 酸化性雰囲気は砂落ちを改善しない。

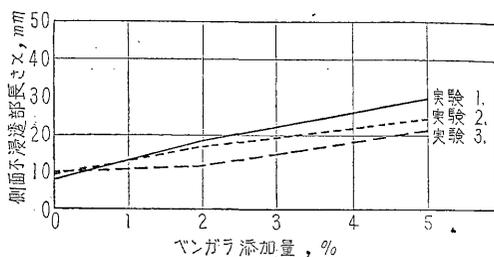
しかし強度の酸化を行ないかつ高温であるときには鑄肌砂は深く迄侵食されるはずであるが、そのような状況での実験は行なわなかった。

9. 浸透および中子の焼結に及ぼすベンガラ配合の影響

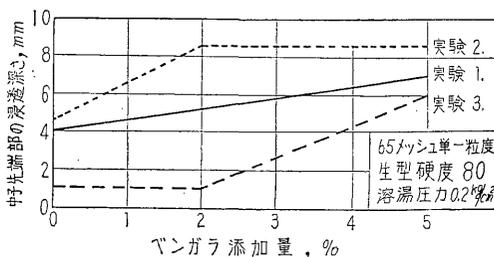
第9表 ベンガラを配合した単粒度砂の配合(重量比)

呼称	珪砂	ベントナイト	アマニ油	オーゼン	デックス	ベンガラ	水分
65メッシュ ベンガラ0	100	4	1	0.5	1	0	4
65メッシュ ベンガラ2	100	4	1	0.5	1.5~2	2	4~4.5
65メッシュ ベンガラ5	100	4	1	0.5	2~3	5	5~6

珪砂中に数%までのベンガラ(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末)を添加することが焼結、浸透および砂落ちにどんな影響を及ぼすかについて少しの実験を行なった。すなわち65メッシュの単一粒度の珪砂を生型硬度約80につき固め、溶湯圧力0.2kg/cm<sup>2</sup>で実験した。その結果は次のように興味あるものとなった。すなわち浸透は中子の先端およびその附近のみ起り、中子の手元から距離xの間の側面には起らず、この部は平滑な鑄肌となる。第18図に、この距離xに及ぼすベンガラ添加量の影響を示す。一方、中子先端部の浸透の深さは第19図に示すように、ベンガラ添加量と共に増すようである。この結果の理由は特に追求していないが、ベンガラが比較的低温および高温保持時間の少ない部分では浸透防止に働き、温度および高温保持時間の大きい部分では浸透促進に働いたということになる。ベンガラを添加した中子を使用後に顕微鏡で観察すると、各砂粒の表面が局部的に溶融してうわぐすりを施した焼物の表面のように見える。このように砂粒の表面に軽い溶融を起すことが浸透に対してならぬ



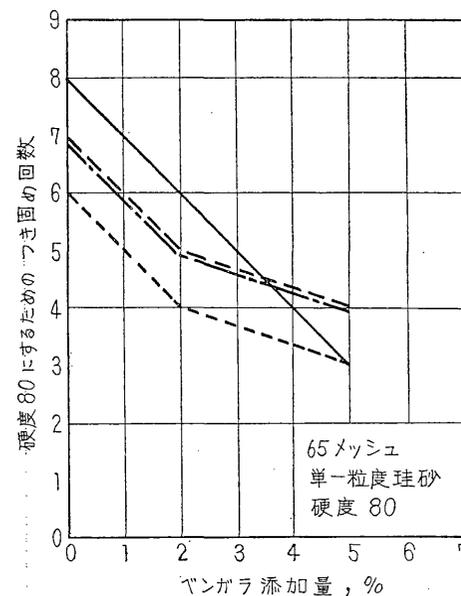
第18図 側面の不浸透部の長さに及ぼすベンガラ添加の影響



第19図 中子先端部の浸透深さに及ぼすベンガラ添加の影響

の影響を及ぼすことは考えられる、ベンガラ添加量3%までは中子の焼結が起つても中子は容易に粉碎され、また中子の砂落ちもよい。添加量5%の中子は焼結し、その粉碎はやや困難であつた。

なお、序ながら第9表のように配合した中子砂を硬度80につき固めるためのつき固め回数はベンガラ添加量とともに第20図のように変化する。このようにベンガラ添加によつて砂のつき固めが促進される理由は追求していない。なお、この場合の充填度は、硬度が一定である限り、ベンガラ添加量によつては影響されない。



第20図 つき固め回数に及ぼすベンガラ添加の影響

10. 浸透機構における合金組成の役割に関する考察

純金属または共晶組成合金の浸透機構に比べて、凝固温度範囲の大きい合金たとえば高炭素鋼の浸透機構は次の理由で複雑である。後者の場合には固相点以上の温度で浸透への圧力条件が満足されると浸透が起るのであることは3で述べたが、この場合、合金の固相点は偏析が起れば元の固相点からずれるはずである。ところで、一般に凝固中の合金は結晶偏析をおこして合金濃度の高い液相を生じ、理論上の固相点よりかなり低い固相点を示す。さらに鑄物の内部からの圧力により、この高濃度の合金の液が一旦砂型中に浸透すると、この浸透した液はさらに低い固相点を示し、その一部は砂型中で固相を晶出し、残液はさらに前方へ押し出され、より低い固相点

を示すであろう。このようにして合金の場合には一旦浸透が始まると砂型の温度がかなり低くても、浸透は進行し得ると思われる。しかしこの機構は定量的に解析できるものかどうかまだ検討していない。

11. 総括

以上に述べた実験結果を要約すれば次の通りである。

(1) 中子の温度が溶湯の固相点より高くなっている限り、浸透は、増加する溶湯圧力が一定条件に達してから数sec間で10mm以上の深さまで進行する。

(2) 油中子を使用した本実験では、中子面の鑄肌は無酸化で、浸透部の砂粒には酸化鉄が含まれておらず、浸透した金属中の炭素濃度は元のよりも大であるようである。

(3) 実験した鑄物砂の範囲では、中子に粘土質塗型を数回塗つても、溶湯圧力が1kg/cm<sup>2</sup>では中子は完全に浸透される。これは塗型のひび割れから浸透するためである。しかし鑄肌の砂離れは塗型によつて格段に良くなる。

(4) 28, 48, 65, 100および200メッシュの単一粒度の珪砂に一定の粘結剤を配合した中子の各充填度、各生型硬度のものへの浸透に及ぼす溶湯圧力の影響をすべて明らかにした。この結果は砂粒を均一直径の球と見なし、溶湯の表面張力を1,000dyn/cmとしたときの計算結果と大体一致する。

(5) 数種の複合粒度の実用中子砂について、その充填度と硬度を一定値にしたときの浸透深さに及ぼす溶湯圧力の影響を明らかにした。

(6) 本実験の条件では、中子中に空気または酸素を導入して鑄肌にスラグ層を生成させても、浸透深さや砂落ち性にはあまり変化は見られなかった。

(7) 中子にベンガラ(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)を数%配合すると、ある温度よりも低い温度の鑄肌部分ではベンガラは浸透防止の作用をなし、他面、さらに高い温度の鑄肌部分ではベンガラは反つて浸透を促進するように思われる。

(8) 浸透する金属の固相点について考察し、固相点は浸透先端部にゆくほど低いであろうと推論した。

終りに本研究の発表を快く許可された日本車輛製造株式会社に感謝する。長期にわたり熱心に実験実施に協力された松本力氏をはじめ、同社鑄鍛課の皆さんならびに文献に関し有益な助言を下された同社技術研究所工学博士小幡鍊氏に深謝する。

文 献

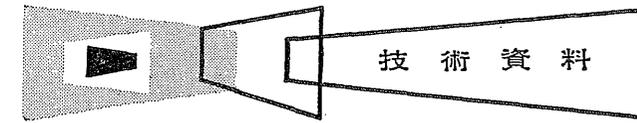
1) T.P.Hoar, D.V. Atterton : J. Iron and Steel Inst., 166 (1950), 9, 1  
 2) D.V. Atterton : Foundry, 86 (1958), 1, 78; 2, 107  
 3) A.E. Murton, S.L. Gertsman : Trans. AFS.,

66, (1958), 1

4) G.A. Colligan and others : Trans. AFS., 69 (1961), 52  
 5) R.C. Emmons, J. Bach : Foundry, 83 (1955), 4, 108  
 6) 加藤, 中島 : 鑄物, 27 (1955), 8, 547

6月号掲載予定論文一覧表

随 想	
鑄造技術のあり方	浅野正敏
研 究 論 文	
エヤーセッティングプロセスにおけるベインング防止法について	岡生 林 実 聡 夫 田 聡 夫
過共晶アルミニウム珪素系鑄造用合金に及ぼす燐添加の影響	大内 峻 真 鍋 健 太郎
可鍛鑄鉄の衝撃特性におよぼす V, Co, Mo および W の影響	奥本 武 臣 近 藤 賢 治
鑄型用ベントナイトと鑄型の熱間膨脹率との関係	錦 織 徳 郎
鑄鉄の強さと破壊に関する一考察	草川 隆 次 中 田 栄 一
技 術 資 料	
アルミニウム合金鑄物製造作業標準 (改正案)	軽合金部会



UDC 669.13: 621.745

鑄鉄部会真空溶解分科会報告†

The Progress Report of the Vacuum Melting Section of Cast Iron.

日本鑄物協会鑄鉄部会真空溶解分科会

本分科会は、昭和31年3月より昭和31年12月まで3回の委員会を開き、途中2年間空白があつたが、昭和34年9月より昭和36年5月まで計3年間に9回の委員会を開き、鑄鉄のガスに関する諸問題について討議を続けた。この間各委員によつて提出された研究資料は51篇に及んでいる。

以下にその概要を述べて関係各位の参考に供したいと思ふ。

なお概要を述べるに当つて資料を内容別に下記の五項目に分類し、提出の順序よりも内容的に適宜配列することにした。

- 1. 鑄鉄のガス分析
  - 1-1 ガス分析装置一般 資料数 4.
  - 1-2 酸素分析 資料数 4.
  - 1-3 水素分析 資料数 5.
- 2. 鑄鉄の真空溶解
  - 2-1 真空溶解による組織変化 資料数 13.
  - 2-2 真空脱ガス 資料数 2.
  - 2-3 真空炉 資料数 1.
- 3. 鑄鉄とガスとの関係
  - 3-1 鑄鉄と酸素 資料数 3.
  - 3-2 鑄鉄と水素 資料数 4.
  - 3-3 溶解囲気による比較 資料数 2.
  - 3-4 溶解法とガス 資料数 4.
- 4. 鑄鉄の固態における諸問題 資料数 5.
- 5. 文献紹介 資料数 4.

本委員会の構成は次のようである。

鑄鉄部会長	工博	網谷俊平
鑄鉄部会幹事	工博	加山延太郎
主 査	工博	佐藤忠雄
主 査	工博	大平五郎
委 員	理博	青木猪三雄

委 員	阿部喜佐男
"	工博 井川克也
"	加藤栄一
"	工博 金森政雄
"	工博 草川隆次
"	正林寛三郎
"	工博 高橋愛和
"	工博 谷村 熙
"	中村幸吉
"	工博 南波栄吉
"	工博 西山太喜夫
"	工博 久恒中陽
"	広岡敏夫
"	理博 本間正雄
"	理博 前川静弥
"	工博 松田公扶
"	工博 丸山益輝
"	南 善 亮
"	工博 森田志郎
"	森永孝三
"	工博 和田亀吉
"	工博 師岡利政

1. 鑄鉄のガス分析

- 1-1 ガス分析装置一般
  - 1-1-1 真空溶融法によるガス分析装置について (31. 7.13. 高橋委員) 資料 No. 2

富士製鉄広畑製鉄所では従来のマイクロオルザット方式による真空溶融酸素分析装置の他に低圧定容法による真空溶融装置を組立てた。これは前者では抽出ガスを常圧で定量するので試料が少量の場合やガス含有量が少ない

† 昭和38年3月27日原稿受理