

鋼鑄物の鑄肌に就て

西原初馬*

ON THE SURFACE OF STEEL CASTINGS

Hatsuma Nisihara

Synopsis: This paper is the results of an investigation of surface roughness produced in the painted mold and the paintless mold of steel castings. This outline is as follows:

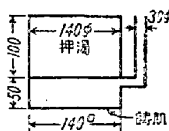
- (1) If there is not sand of too small size, the roughness of casting surface influence proportionally by roughness of mold.
- (2) Crystal water in the paint must be eliminated, but bonding power is decreased.
- (3) By application of magnesia brick and chrome brick, surface is fine comparatively.
- (4) Surface is not fine by application of a good many iron oxide.
- (5) Treatment of product is important.
- (6) Paintless mold must be applied to every mold.

I. 緒 論

鑄物として具備されるべき事項に第一に材料的に目的に合致している事、第二に鑄物がきれいに出来ている事があげられると思う。第一の材料的の問題はしばらく置き第二の事柄につき考えて見る事にする。従来唯單に鑄物がきれいでなければならぬと良く言はれているがこれを材料力學的に見るならば表面粗さが磨耗と密接なる關係があり機械の壽命に重大なる影響を及ぼす事である。表面の凹凸の激しい爲めその斷面積測定に誤差を生じ外力をその誤讀せる斷面積にて除した爲めに強度に誤差を生ずる場合もあり又表面に僅かの凹凸があつてもその窪みに應力が集中してその材料本來の強度(疲勞強度)を示さぬ事はしばしば起る事である。そこで本論文に於て特に鋼鑄物の鑄肌につき實際の鑄造實驗により検討を加える事にする。

II. 實驗方法

鑄造實驗用として第1圖の如き乾燥型を作りこれに Sc 45 の溶銅を鑄込温度 1530°C にて注入し其の下部の鑄肌を觸針法により記録せしめた。此の觸針法の擴大は縦



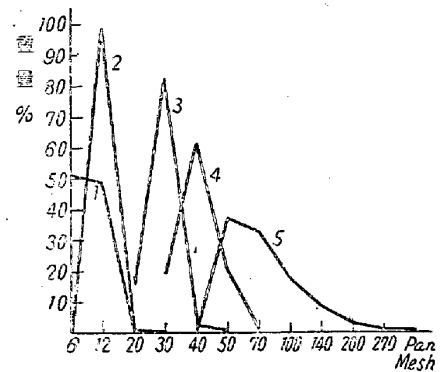
第 1 圖

方向が 15 倍横方向は 2.25 倍である。

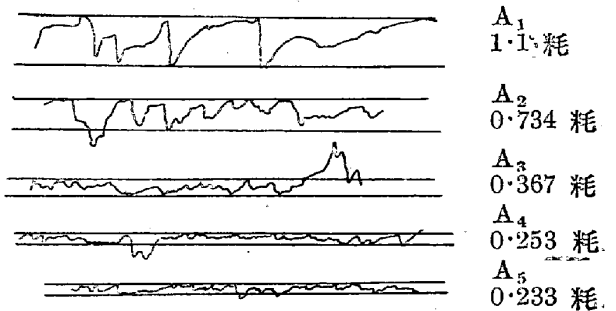
III. 實驗結果

1. 粒度と鑄肌との關係

第 2 圖に示す如き粒度分布を有する 5 種の珪砂に木節



第 2 圖 砂粒粒度分布圖



第 3 圖

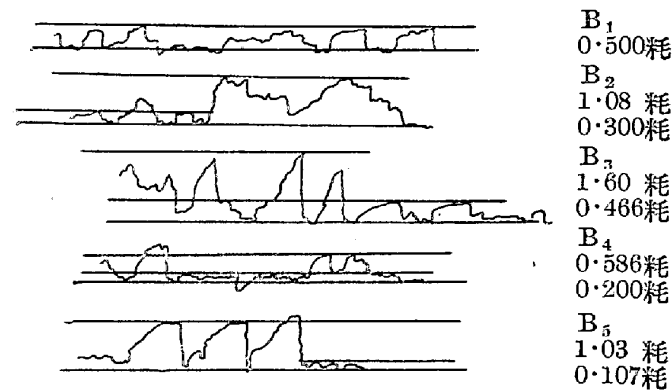
* 四國機械

第 1 表

配 合	水分 %	容 積 比 %			生壓縮 lb/in ²	生剪斷 lb/in ²	乾剪斷 lb/in ²	生通氣 mm	乾通氣 mm	資料重量 g
		砂	水	空 氣						
1 號 木節粘土 15%	7	—	—	—	1.6	0.8	4.5	0	0	160
2 號 木節粘土 15%	7	—	—	—	1.3	0.7	3.5	0	0	160
3 號 木節粘土 15%	7	60.9	9.8	29.3	1.4	0.5	3.8	7	9	158
4 號 木節粘土 15%	7	—	—	—	1.3	0.6	3.5	13	13	155
5 號 木節粘土 15%	7	—	—	—	1.8	0.6	3.0	43	38	151
3 號搗固 倍 の 場 合	7	62.8	10.1	27.1	2.5	0.8	5.0	10	10	163

粘土を夫々 15% 配合し水分 7% にて一定の搗固め度を以て込め 300°C にて十分乾燥して鑄造を行い其の鑄肌を見ると第 3 圖の如くなる。尙配合砂の性質は第 1 表の如くである。第 3 圖に於て A₁, A₂, A₃, A₄, A₅ は夫々第 2 圖の 1, 2, 3, 4, 5 の粒度分布を有する珪砂の鑄肌にして、1 は 6 メッシュ 2 は 12 メッシュ 3 は 30 メッシュ 4 は 40 メッシュ 5 は 50 メッシュを主要粒度としている。此の場合鑄肌は細粒程良くなっている事が解る。

此の圖に於て所々に急に高く出ているのは肌砂が落ちていたものである。此の鑄型の表面に塗料を塗つた場合を考えるに第 4 圖の如くなる。圖に於て B₁, B₂, B₃,



第 4 圖

B₄, B₅ は第 2 圖の 1, 2, 3, 4, 5 の各々に珪石塗料を塗つたものである。鑄型の粗さは塗料によつて相當改善されたにも拘らず鑄肌は塗料を塗らない場合の大粒子の場合の如き鑄肌を呈している。然しながら第 4 圖を見る事によつて所々に不連続的に粗い個所があり其の他は第 3 圖の細粒の部に見る如き鑄肌である。これは銅鑄物に於ては肌砂即ち塗料をも含めた砂の通氣度が相當重要な役をしている。此の點より鑄型の粗さと鑄物の粗さとは

肌に燒着を生じない鑄物に於ては通氣度の許すかぎり比例的な關係にあるが塗料程度の肌砂になるならば逆に肌は悪くなつてゐる。砂の燒着については幾多の研究があるがこれは熱傳導的に考えるならば即ち熔鋼を鑄込む時間を考えないならば鑄込まれた瞬間には鑄型の温度は次の如き式にて示される。

今熔鋼と砂との温度を θ_1, θ_2 熱傳導率を k_1, k_2 温度傳導率を h_1, h_2 接觸温度を θ とすれば

$$\theta = \frac{\frac{k_1\theta_1}{h_1} + \frac{k_2\theta_2}{h_2}}{\frac{k_1}{h_1} + \frac{k_2}{h_2}}$$

熱傳導率及び温度傳導率は共に温度の函数であるがこれを温度に關せず一定と見做し

$k_1=0.1338, k_2=0.0037, h_1=0.3546, h_2=0.07$ とし
て上式に代入すると

$$\theta = 0.88/\theta_1 + 0.119\theta_2$$

$$\theta_1 = 1530^\circ\text{C} \text{ とすると}$$

$$\theta = 1350 + 0.119\theta_2$$

以上の式より θ_2 即ち鑄型温度は接觸温度にあまり影響しない事が分り影響を及すのは鑄込温度であると言ふ事が出来る。

今 $\frac{k_2}{h_2} = x$ として x の變化による θ の變化を見ると

$$\theta = \frac{0.4\theta_1 + x\theta_2}{0.4 + x}$$

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{0.4\theta_2 - 0.4\theta_1}{(0.4 + x)^2} < 0$$

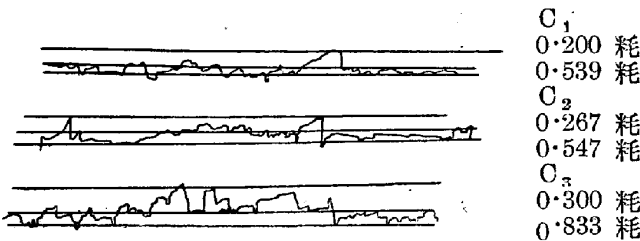
即ち $\frac{k_2}{h_2}$ の大きくなると共に θ の値が小となる。

以上により接觸温度を下げる爲には砂の熱傳導率を良くしなければならぬ。此の熱傳導率は大平⁽¹⁾氏の説に

よれば砂其のものゝ熱傳導率と其の間にある空氣、水分が相當影響が有ると述べているが生型の場合は比較的燒着を起さない事は我々の現場作業に於て良く經驗する所である。

2. 搗固めと鑄肌

型の搗固めを倍にした場合とガス抜針をあけた場合には塗料を塗らない時表面の通氣に影響を與え鑄肌の改善をするのであるが塗料を塗つた場合には塗料其のものゝ通氣が悪い爲に塗料内部のガスにより凹凸の改善は見られない。第5圖はこれを示す。即ち C₂ は C₁ の搗固め



第 5 圖

を倍にしたもの C₃ は C₁ と搗固めが同じにしてガス抜針をあけたものである。尙塗料が非常に薄い場合は影響を及ぼすものと思うが、これとても大きな期待は望めないと思ふ。

3. 塗料の種類と鑄肌

第6圖 D₁ は珪石塗料 D₂ は珪石塗料を 1000°C にて 3 時間加熱 D₃ は珪砂 1000°C に 3 時間加熱しこれに珪石塗料 D₄ は珪砂 1000°C に 3 時間加熱珪石塗料 1000°C に 3 時間加熱 D₅ マグネシヤ煉瓦粉塗料 D₆ マグネシヤ煉瓦塗料 1000°C に 3 時間加熱 D₇ はクロム煉瓦塗料 D₈ はクロム煉瓦塗料 1000°C 3 時間加熱せるものにして肌砂はすべて第 1 表の 3 號である。圖の D₁ は比較的良好な鑄肌を呈しているが 1 に述べた如く相當の凹凸が

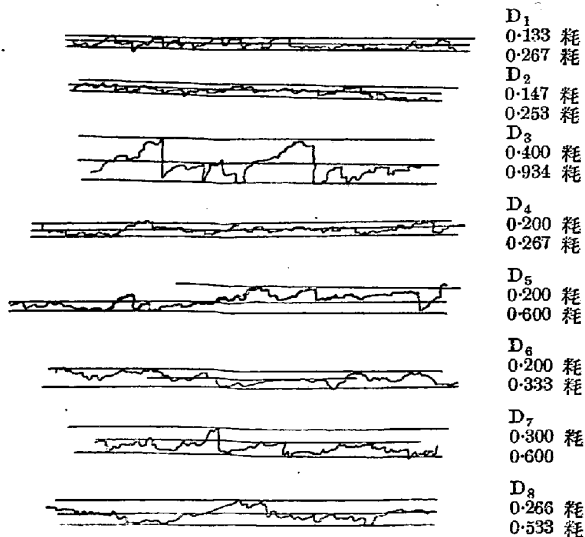


圖 6 第

生じていた事を附言して置く。此の圖より

1. 鑄肌は珪石塗料の場合は肌砂を 1000°C に焼いた場合と焼かない場合とに於てあまり變化はない。そして塗料を 1000°C に焼いた場合が鑄肌は良好である。尙此の場合の結晶水の割合を示すと第 2 表の如くである。此の表に於てマグネシヤ塗料とクロム塗料の結晶水は多く

第 2 表

名 稱	結 晶 水 %
肌 砂	0.36
珪 石 塗 料	1.74
ク ロ ム 塗 料	5.80
マ グ ネ シ ヤ 塗 料	10.30
珪石塗料 1000°C 3 時間加熱	0.20

出ているが 300°C の乾燥溫度に於ては殆んどなきものと見てよい。従つて此の結晶水とあるは水酸化第二鐵のコロイド狀微粒子間に吸着されている水分又は一部これと化合せる水分、石灰の吸濕等による水分である。又塗料を焼いた場合は粘結力なく相當薄く塗られていた事を附言して置く。

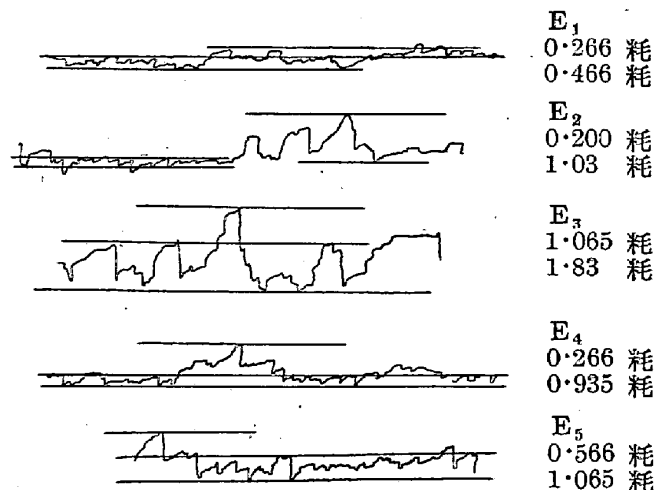
2. マグネシヤ塗料の場合は焼いた場合焼かない場合共に凹凸をあまり生じなかつた。

3. クロム塗料の場合はマグネシヤ塗料の場合と同じであつた。

以上の點より珪石塗料は焼いた方が良くマグネシヤ塗料クロム塗料は粘土分が少くいづれも粘結力の點で薄く附着していたものと考えらる。

4. 珪石塗料に酸化鐵を混合した場合

鑄型表面の耐火度をさげて砂落しを改善する目的で珪石塗料に酸化鐵 0, 5, 10, 15, 20% 混合したものが第 7 圖の E₁, E₂, E₃, E₄, E₅ である。いづれも砂落ちは



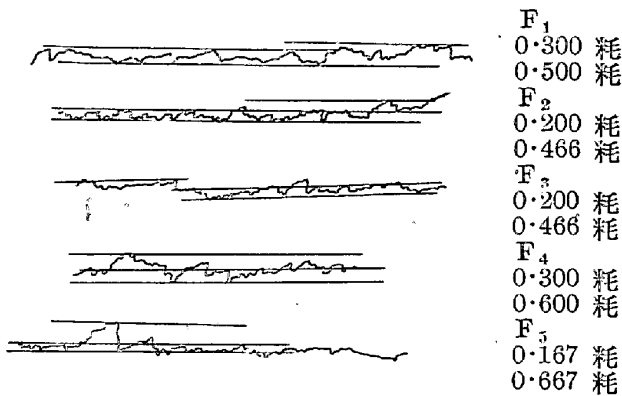
第 7 圖

良好であるが酸化鐵配合により相當の凹凸を生じている。

此の點より凹凸には酸化鐵も影響があり換言すれば過剰の酸化鐵はいけない事になる。

5. 肌砂に酸化鐵黑鉛を配合して珪石塗料を塗つた場合

第8圖 F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ は夫々珪砂+粘土15% 珪砂+粘土 15%+酸化鐵 10% 珪砂+粘土 15%+酸化鐵 20% 珪砂+粘土 15%+黑鉛 5% 珪砂+粘土 15%+黑鉛 10% の鑄肌を示す。其の配合砂の性質は第3表の通



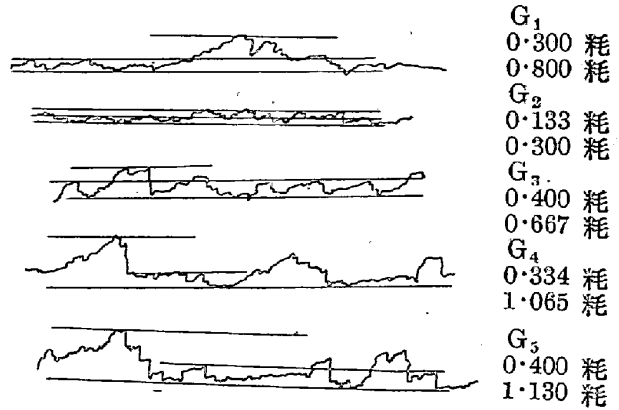
第 8 圖
第 3 表

配合比%	水分 %	生壓縮 lb/in ²	生剪斷 lb/in ²	乾剪斷 lb/in ²	生通氣 mm	乾通氣 mm	資料重量 g
木節粘土15% 酸化鐵 10%	7	2.1	0.8	5.0	12	11	170
木節粘土15% 酸化鐵 20%	7	3.6	1.1	5.5	19	18	180
木節粘土15% 黑鉛 5%	7	3.2	1.0	5.5	14	14	162
木節粘土15% 黑鉛 10%	7	5.2	1.5	6.0	32	30	165
押へ砂	7	11.0	3.3	10.0	31	28	176

りである。これは通氣の點より考えるならば2と同様に搦固めを増した場合に當り肌砂の通氣を悪くしているのであり塗料があまり厚い場合はあまり影響がないと言う事は前に述べた通りである。又熱傳導的に考えるならば酸化鐵配合により熱傳導率が良くなり冷却を早くする爲に圖の如く少し肌が良くなつたように見えるが砂落しの點より考えるならば鑄物表面の酸化鐵と肌砂の酸化鐵とが相關連して砂落ちを悪くする。次に黑鉛は高温に於てガス化し其の爲に塗料が鑄肌に押しつけられ塗料が鑄肌面に壓着した現象を呈した。鑄肌面は殆んど變りはない。

6. その他の場合

第9圖 G₁ は珪石塗料を 1000°C にて焼いたものを用い注湯迄乾燥したものであり圖の如く凹凸がある所は砂

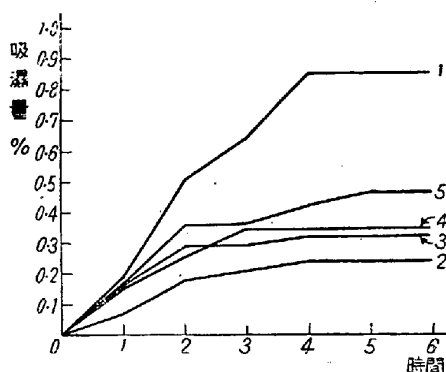


第 9 圖

が落ちていた所にて全體として肌は 0.300 の凹凸で良好であつた。即ちこれは鑄型を乾燥爐より出してからの濕氣防止を考えた實驗である。此の吸濕の點は後節にゆする事にする。G₂ は珪石塗料を 1000°C にて焼き、押へ砂を十分乾燥した砂を用いた場合である。これは乾燥爐の都合により鑄型が肌乾燥をうけ内部に尙水分が残留している場合には此の水分が表面に擴散して表面に濕氣を持つのであるが G₂ は此の現象をさける爲に行つたもので鑄肌は良好である。G₃ は珪石塗料を 1000°C に焼かないものを薄く塗つた場合であるが凹凸を存している。G₄ は珪石塗料に酸化鐵を 15% 配合したものを薄くつけたが凹凸を生じた。G₅ は珪石塗料を厚くつけガス抜針を塗料迄あけた場合であり鑄肌面は此のガス抜針の附近は圖の如く凹凸が少く其の他の所は凹凸が多かつた。以上により鑄肌の凹凸は塗料の結晶水を除くか或は鑄物を早く冷却せしめて其の收縮の空間を通じてガスを外部に出すかしなければ塗料を薄く附ける等の事ではあまり良い期待は望めない事が解る。

7. 凹凸の原因

一部の肌砂落ちの原因を除きすべての凹凸は所謂“あばた”と言はれているものである。此のあばたは前節に述べた如く塗料の結晶水に依るものと塗料内の過剰の酸化鐵に依るものとに分けて考える事が出来る。第一の結晶水による場合は熔鋼は此の結晶水の酸素により部分的に過飽和となり凝固に際して外周氣泡を形成する。尙此の結晶水の外に鑄型を乾燥爐より出した場合に外氣の濕度により吸濕作用を起し熔鋼が酸素に對し過飽和になる條件を良くする事も考えられる。第 10 圖は其の吸濕量を示す。例えば珪石塗料は 5 時間後には 0.3% の水



400°C 1 時間加熱後吸湿量變化
湿度 95% 温度 27°C

- 1 珪石塗料のみ
- 2 珪石+粘土 15% 配合砂塗料無
- 3 // // 珪石塗料
- 4 // // マグネシヤ塗料
- 5 // // クロム塗料

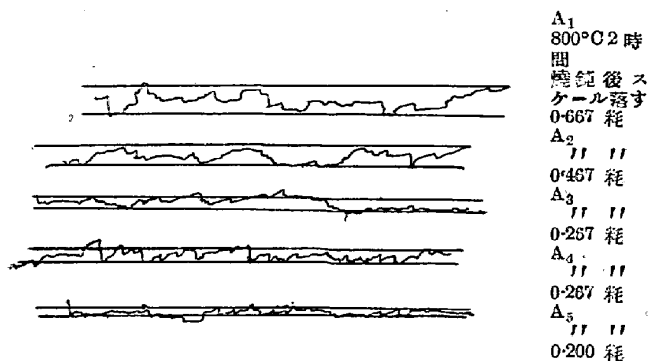
第 10 圖

分を吸着している。此の 0.3% は結晶水の量より考えるならば無視することの出来ない値であると思う。そして此の圖より各種の塗料を通じて湿氣防止と言う點は如何に重大であるかが窺われる。圖中 2 の塗料の無いものは吸湿量が少い事は塗料のない鑄型の利用價値を増すものと思ふ。

尙此の圖は砂をも含めた總重量に對する吸湿の百分比であるが肌面のごく僅かな重量に對する割合にするならば此の値は相當大きな値を示すのである。第二に酸化鐵による場合であるがこれも前節に於て述べた如く過剰に配合すると大きな凹凸が生じた事によりこれは酸化鐵は一時溶解し凝固に際して CO による氣泡を生じたものと見る事が出来る。此の事は矢島⁽¹⁾氏によりても述べられている所である。

8. 鋼製品處理

前節迄に述べた所は注湯したまゝのものであるが一般に鋼製品は焼鈍により軟化せしめる事が考えられ其の際



第 11 圖

生ずる酸化鐵の除去が考えられるのであるが今第 3 圖に示すものを 800°C に 3 時間加熱後其の表面をハンマーにて打ち酸化鐵を除去したのにつき表面を見ると第 11 圖の如くなつてゐる。これはハンマーの凹凸は一般に 0.200 程度であるから此れにより凹凸が少し緩和した事と酸化鐵の發生によつて凹凸が少し緩和した事とが考えられ鋼製品を改善する目的には此の酸化鐵も大きな意味を持つものと考えられる。

此の酸化鐵の點は三島博士⁽³⁾により研究されている。

IV. 結 論

以上の實驗結果より次の事が言えると思ふ。

1. 鋼鑄物の鑄肌は型の表面粗さに比例するが塗料の如く細くなると塗料中の酸化鐵結晶水吸湿量により外周氣泡を生じ所謂あばたを生じて急に其の鑄肌が粗となる。然しながら其のあばた部以外は割合に良好である。
2. 塗料中の結晶水は 0.20% 程度が良いが此の 0.20% のものは塗料として延びが悪く使用しがたい。そして容易に剝離し易い。
3. マグネシヤ、クロム塗料は比較的良好な鑄肌を呈した。
4. 酸化鐵を塗料に入れる事は砂落ちを良くするが過剰に入れると却つて表面のあばたを多くする。
5. 製品處理が鋼鑄物として重要な事。
6. 鑄型として肌砂を通氣度の許すかぎり細くして塗料を用いない鑄型即ち塗料無し鑄型の使用を求めるべきである。

終りに臨み本實驗遂行に當り現場各位の協力と終始御助言をたまはりたる越智鑄造課長に對し厚く感謝する次第であります。(昭和 25 年 8 月寄稿)

文 献

- (1) 大平五郎 日本金屬學會誌第 13 卷 (1949) 1. 40.
- (2) 矢島忠和 鐵と鋼 第 32 年 (昭和 22 年) 10 ~12 月 11.
- (3) 三島徳七 鐵と鋼 第 32 年 (昭和 22 年) 1⁰ ~12 月 11.

A₁ 800°C 2 時間 焼鈍後スケール除去 0.667 程
A₂ // // 0.467 程
A₃ // // 0.267 程
A₄ // // 0.267 程
A₅ // // 0.200 程