

文 献

- 1) 佐藤, 松倉: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 2037
- 2) K. BUNGARDT, E. KUNZE, E. HORN: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958), p. 193

(187) 各種鑄鉄の耐熱き裂性について  
(高純度砂鉄銑を原料とする各種鉄鋼の性質—Ⅲ)

日曹製鋼, 富山工場

工博 佐藤祐一郎・〇伴 義雄

Resistance to Fire Cracking of Various Cast Irons.

(Properties of several kinds of iron and steels made from high purity iron sand pig—Ⅲ)

Dr. Yūichiro SATŌ and Yoshio BAN.

1. 緒 言

鋼塊用鑄型廃却の理由である鑄型のきつ甲割れあるいは初期割れは, 比較的高温の熱にさらされ, しかも繰り返しの加熱冷却の熱作用をうけるために生ずるものである。一般にこれが鑄型内面の肌あれあるいははく離などの原因となつて鋼塊用鑄型の寿命を短縮することが知られている。このような鑄型に発生する熱き裂を防ぐためには, その材質をどのように選ばよいかということが非常に重要であり, かつ困難な問題である。

著者らは微量の不純元素が各種鉄鋼の諸性質におよぼす影響について調べた結果, C, Si および Mn 以外の有害元素, 特に P, S および Ti などの含有量の少ない鉄鋼が焼入, 焼戻などのか酷な熱処理にたいしてすぐれた性能を示すことを見出した<sup>1)3)</sup>。

本報は高純度砂鉄銑から作つた各種の鑄鉄試験片に繰り返しの加熱, 冷却を加えることによつて, 各種鑄鉄の耐熱き裂性におよぼす化学成分の影響について調査した結果を報告する。

2. 試験材料および試験方法

高純度砂鉄銑および高純度ベースメタルを目標成分になるように配合し, あらかじめ 1,470°C に予熱した 50 kVA クリプトル炉内の 8 番黒鉛坩堝に装入する。約 30 min 間で加熱溶解したのち 1,450°C に 10min 間保持し, 合金鉄を添加して約 6kg の溶湯を作る。さらに 1,450°C に温度を上昇して 10min 間その温度に保持したのち, 1,300°C で 100°C に予熱した 5 個の 35 f × 100 mm 乾燥砂型に注入して試料を作製した。この砂型に使用した砂の配合割合は土岐津 5 号珪砂 100 にたいして亜麻仁油 3.3, ベニガラ 0.07, 二酸化マンガン 0.035 の割合である。

試験材料の化学成分を Table 1 に示す。試料は試験棒の底面より 25mm 上部の断面中心部より採取した。なお熱き裂試験面は試験棒の底面より 50mm 上部の断面とした。各試料とも基準成分として C 3.80%, Si 1.20%, Mn 0.60%, P 0.028%, S 0.020%, Ti 0.01% および V 0.02% を一定とし, 試料 C1~C5 では C 含有を 3.40~4.20%, 試料 K1~K5 では Si 含有

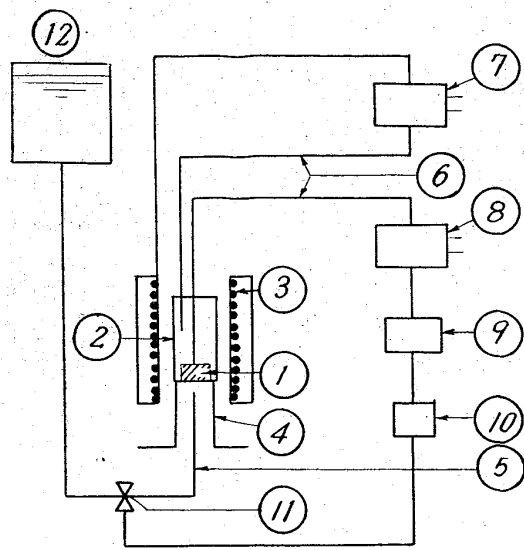
Table 1. Chemical composition of various specimens. (%)

Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Ti	V
C 1	3.29	1.22	0.64	0.029	0.021	0.01	0.02
C 2	3.53	1.22	0.63	0.029	0.028	0.01	0.02
C 3	3.85	1.23	0.63	0.023	0.022	0.02	0.02
C 4	4.03	1.29	0.60	0.026	0.019	0.02	0.02
C 5	4.20	1.10	0.63	0.028	0.024	0.01	0.02
K 1	3.75	0.71	0.60	0.032	0.024	0.01	0.02
K 2	3.86	0.93	0.59	0.028	0.024	0.01	0.02
K 4	3.87	1.16	0.54	0.026	0.022	0.01	0.02
K 5	3.81	1.68	0.60	0.031	0.022	0.01	0.02
M 1	3.78	1.05	0.02	0.015	0.024	0.01	0.01
M 2	3.76	1.21	0.39	0.026	0.024	0.01	0.02
M 4	3.71	1.21	0.77	0.028	0.022	0.01	0.01
M 5	3.92	1.12	0.91	0.029	0.022	0.01	0.01
P 2	3.81	1.08	0.65	0.046	0.022	0.01	0.03
P 3	3.83	1.06	0.62	0.090	0.022	0.01	0.03
P 4	3.76	1.01	0.62	0.179	0.022	0.01	0.03
P 5	3.76	0.99	0.59	0.352	0.026	0.01	0.03
S 2	3.86	1.27	0.56	0.031	0.032	0.01	0.03
S 3	3.76	1.02	0.60	0.028	0.054	0.02	0.02
S 4	3.90	1.06	0.58	0.029	0.106	0.02	0.02
S 5	3.97	1.08	0.52	0.028	0.245	0.02	0.02
T 2	3.97	1.20	0.60	0.031	0.016	0.03	0.02
T 3	3.97	1.29	0.61	0.028	0.016	0.07	0.02
T 4	3.85	1.10	0.58	0.026	0.013	0.13	0.02
T 5	3.85	1.23	0.59	0.028	0.013	0.24	0.02
V 2	3.93	1.17	0.57	0.029	0.013	0.02	0.04
V 3	3.82	1.13	0.57	0.028	0.019	0.02	0.11
V 4	3.84	1.15	0.57	0.026	0.018	0.02	0.23
V 5	3.84	1.12	0.57	0.029	0.022	0.02	0.40

量を 0.70~1.50%, 試料 M1~M5 では Mn 含有量を 0.01~1.00%, 試料 P2~P5 では P 含有量を 0.04~0.32%, 試料 S2~S5 では S 含有量を 0.04~0.32%, 試料 T2~T5 では Ti 含有量を 0.04~0.32% および試料 V2~V5 では V 含有量 0.06~0.48% の化学成分を選んだ。

本試験に使用した繰り返し加熱冷却試験装置を Fig. 1 に示す。装置の作動の概要は, 試験片①が加熱用鋼片②をとおして電気炉③で加熱されており, その下端面から深さ 2.5mm のところに挿入された熱電対の温度が主温度調節計④の上設定温度にたつすると電磁リレー⑤が働き電磁弁⑥が開くと一定の水位に保たれた冷却水タンク⑦より冷却水が冷却水パイプを通して試験片の下端面に注がれ, その面を冷却する。冷却されて主熱電対の温度が下設定温度になると, 再び電磁リレーが働いて電磁弁が閉じ, 試験片は加熱される。このようにして加熱—冷却のサイクルが自動的, 間歇的に繰り返される。実際使用している鋼塊用鑄型はその内面において 800~900°C に急熱され, 外面はそれに応じて 400~600°C に温度が上昇する。そのうち比較的ゆるやかに冷却され, この作用を繰り返すものである。

本試験においてはファイアクラッキングの現象を単純化するために, 上設定温度を A<sub>1</sub> 変態点以下の 650°C とし, 下設定温度を 450°C とした。この温度範囲で 1,000 回の加熱, 冷却を繰り返して試験を行なった。加熱—冷却に必要な 1 サイクルの所要時間は約 3.5min 間である。試験片の形状および大きさを Fig. 2 に示す。



- ① Test specimen.
- ② Heating block.
- ③ Electric furnace.
- ④ Supporting pipe.
- ⑤ Water pipe.
- ⑥ PR thermo-couple.
- ⑦ Furnace temperature controller.
- ⑧ Specimen temperature controller.
- ⑨ Magnetic relay.
- ⑩ Counter for cycles.
- ⑪ Magnetic valve.
- ⑫ Water tank.

Fig. 1. Principle of fire crack testing apparatus.

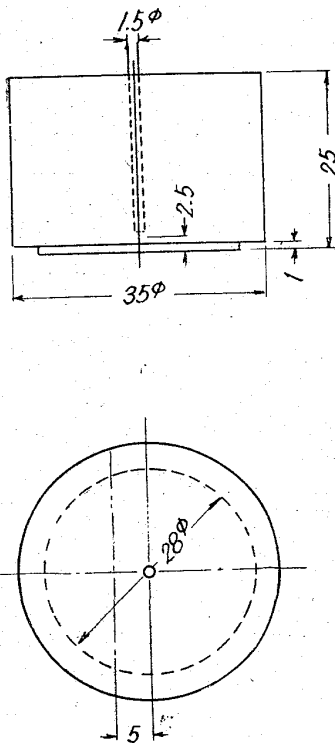


Fig. 2. Shape and size of the test specimen. (— Measured section).

耐熱き裂性試験を終えた試験片の試験面はエメリー紙で軽くみがいてその面に現われるファイアクラックの発生状況を調べ、さらに Fig. 2 に示す位置で縦断し、その断面におけるすべてのファイアクラックの深さを拡大鏡ならびに顕微鏡で測定した。試料の耐熱き裂性はクラックの総数 ( $\Sigma N$ ), 総長 ( $\Sigma h$ ), 平均長さ ( $\bar{h}$ ), 最大長さ ( $h_{max}$ ) によつて定量的に求めた。

### 3. 試験結果および考察

3.1 耐熱き裂性におよぼす C 含有量の影響

Si 含有量が 1.2% の場合、C 含有量が 4.0% を越えると耐熱き裂性は悪くなる傾向が認められる。これは C E

が共晶点 (約 4.3% C) を越えると粗大黒鉛が析出するためと考えられる。

### 3.2 耐熱き裂性におよぼす Si 含有量の影響

C 含有量が 3.8% の場合、Si 含有量が 0.9~1.5% の範囲においてはファイアクラックが少なく、Si 含有量が 0.8% 以下の場合および 1.5% を越えるといずれも耐熱き裂性は悪くなる傾向が認められた。すなわち、試料の Si 含有量が 0.9% 以下ではセメントタイトの析出がみられ、1.5% を越えるとフェライトの析出が多くなり、前記の Si 含有量の成分範囲 (パーライト地) の場合に耐熱き裂性は最も良好となる。

### 3.3 耐熱き裂性におよぼす Mn 含有量の影響

Mn 含有量が 0.91% までの範囲では、Mn 含有量の増加とともに耐熱き裂性は良好となつている。すなわち Mn は耐熱き裂性に悪影響をおよぼす S と化合して MnS を作り、これが地鉄中に分散するために、S の悪影響を妨げることおよび Mn はパーライトをち密にし基地を安定にするためと考えられる。

### 3.4 耐熱き裂性におよぼす P 含有量の影響

P 含有量の増加とともに耐熱き裂性は悪くなる。すなわち、P 含有量が増加すれば粒界に硬くて脆いステダイトが析出するために耐熱き裂性を悪くするものと考えられる。試料の顕微鏡組織を観察すると P 含有量が 0.055% を越えるとステダイトの析出が認められる。

### 3.5 耐熱き裂性におよぼす S 含有量の影響

S 含有量が増加すると耐熱き裂性は悪くなる。

### 3.6 耐熱き裂性におよぼす Ti 含有量の影響

Ti 含有量の増加とともに耐熱き裂性は悪くなる。試料の鑄造組織および加熱-冷却試験後の試験面におけるクラックの発生状況を Photo. 1 に示す。Ti 含有量とクラックの総数 ( $\Sigma N$ ), 総長 ( $\Sigma h$ ), 平均長さ ( $\bar{h}$ ), 最大長さ ( $h_{max}$ ) との関係を図 3 に示す。Photo. 1 に示すごとく Ti 含有量の増加に伴い黒鉛の大きさは漸

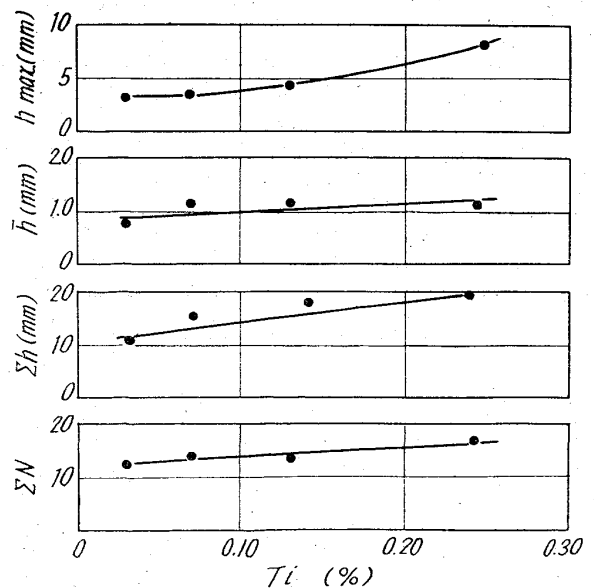


Fig. 3. Relation between total number ( $\Sigma N$ ), total length ( $\Sigma h$ ), mean length ( $\bar{h}$ ), maximum length ( $h_{max}$ ) of fire cracks and Ti content.

次短かくなり Ti 含有量約 0.2% では完全な共晶黒鉛となる。また組織の変化に伴い 鑄造硬度は Ti 含有量が 0.07% ~ 0.13% で最も軟かく BHN126 を示しそれより Ti 含有量が高くて低くても 鑄造硬度は高くなる。また Fig. 3 に示すごとく Ti 含有量が増加するとクラックの総数、総長および平均長さは漸次増大するが、最大き裂長さは著しく大きくなる。

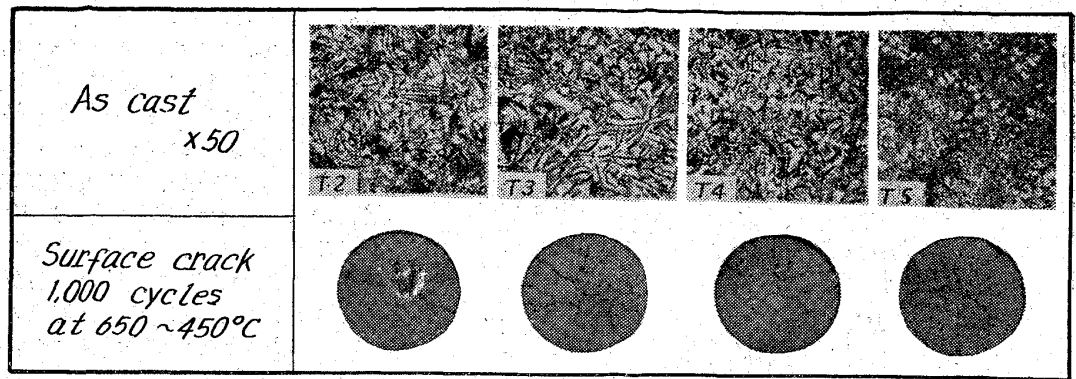


Photo. 1. Microstructure as cast and fire cracks observed on the surface tested after 1,000 cycles at 650~450°C. x1/2

3.7 耐熱き裂性におよぼす V 含有量の影響

V 含有量が 0.40% までの範囲では、V 含有量の増加とともに耐熱き裂性はよくなる傾向が認められる。V 含有量の増加とともにパーライト基地中にレーデブライトが現われ、鑄造硬度は直線的に増加する。そして V 含有量の増加とともに細かいクラックの発生は増加するがクラックの深さは浅く、V 含有量 1.40% までの範囲ではクラックの長さは漸次減少する傾向が認められた。

4. 総括

試験結果を総括すると次のとおりである。

(i) C および Si は共晶成分の近くで耐熱き裂性は最も良好となる。C 含有量が 3.8% の場合では、Si 含有量が 0.9~1.5% の範囲で耐熱き裂性が最も良好である。

(ii) Mn および V は Mn 含有量が 0.91% および V 含有量が 0.40% までの範囲ではいずれもその含有量が増加するほどクラックの長さは減少して耐熱き裂性が良好となる。

(iii) P, S および Ti はいずれもその含有量の増加とともに耐熱き裂性を悪くする傾向が認められる。

文献

- 1) 高井, 佐藤: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 899
- 2) 高井, 佐藤: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 901
- 3) 佐藤, 松倉: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 2037

(188) 鑄鉄のガラスライニングにおよぼす化学成分の影響について

神鋼ファウドラ

安井正・○宮崎公志・大西康司

Influence of Chemical Composition on Glasslining for Cast Iron.

Tadashi YASUI, Kōshi MIYAZAKI and Kōji ŌNISHI.

1. 緒言

鑄鉄のガラスライニングにおいて技術的に最も重要な問題の1つは泡 (blister, boil, pinhole) の発生である。これらはガラスライニング製品の品質の不良あるいは劣化をきたすけれども、一般には焼成温度におけるガラスの高い流動性によつて助けられている。この欠陥のいくらかは素地鑄鉄の欠陥の存在により生じることがあり EVANS と MORGAN<sup>1)</sup>の詳細な報告もある。

しかしながら筆者らは欠陥のない健全な鑄物においてもしばしば boil の発生を経験することがある。

これらの欠陥を形成する bubble は一般に C の酸化によつて発生するガスであることが多くの研究者<sup>2)</sup>によつて明らかにされている。また boil の原因となるガスは素地鑄鉄中にも含まれており<sup>3)</sup>、このガスを除去するために焼鈍が行なわれている。

このように boil の原因となる因子についてはいろいろの見解があるが筆者らは主として素地鑄鉄の化学成分の変化が鑄鉄のガラスライニングにおいていかなる挙動をおよぼすかについて検討するとともに鑄物の前処理 (焼鈍, ショット・ブラスト) についてもあわせて検討することにした。

2. 実験方法

供試材は 100 kVA 塩基性高周波電気炉中にて溶解したのちシエルモールド中に 1300~1320°C の温度で鑄込んだ。試験片形状はすべて 100×100×7mm 厚きとし突起のないよう肉厚の均一性に留意した。試験片のガラス施釉面はそれぞれ 10, 30, 60sec の時間でショット・ブラストにより清浄にした。ショットの大きさは約 200 メッシュのものを使用した。ショット・ブラストののちすべての試験片にガラスを施釉し、110°C で 20min 乾燥