球 状 黒 鉛 可 鍛 鑄 鉄 の 諸 性 質

森 邦 広**

Kunihiro Mori: On the Properties of Malleable Iron Castings with Spheroidal Graphite (Studies of Malleable Iron Castings with Spheroidal Graphite (II)). Properties of Malleable iron castings with spheroidal graphite were investigated. The results were summarized as follows:

- (1) Quenched specimens of the ferritic-type iron was 55 to 48 in Rc scale and that of the pearlitic-type iron was 61 to 63 in Rc scale, but that of black heart malleable iron castings was 18 to 55 in Rc scale.
- (2) This iron showed a better wear resistance than ordinary malleable iron castings, but the dry sliding wear resistance of the ferritic-type iron decreases gradually with the increasing sliding speed.
- (3) The weight loss in specimens after the corrosion test in 2N-HCl solution at room temperature was smaller than ordinary malleable iron castings.
- (4) The impact value is higher than that of ordinary malleable iron castings. This impact value has some relation with the shape of temper carbon.

(Received December 5, 1966)

I. 緒 言

前報⁽¹⁾では可鍛鑄鉄の溶湯に Ce, Mg, Ca, Si などを含む添加剤を加えて焼鈍黒鉛を球状化する方法について検討結果を報告し、これを球状黒鉛可鍛鑄鉄と称し、その引張り強さなどについて報告した。本報では、この球状黒鉛可鍛鑄鉄について焼入硬度変化、耐磨耗性、耐蝕性、熱処理による機械的強度について検討し、さらに焼鈍温度と組織の関係についても調べた。

II. 試 料 と 実 験 方 法

試料は球状黒鉛可鍛鑄鉄で、その製法は前報⁽¹⁾に準じた。ただし添加剤の量は 1.2% 一定とし、Te は添加しない。焼鈍はフェライト型は前報⁽¹⁾ Fig. 2 のヒートサイクル、パーライト型は 950°~960°C で 25 時間保持後 800°C で空冷した。添加剤を加える前の化学成分は Table 1 に示す。

Table 1 Chemical composition (before adding of spheroidal reagents).

T.C (%)	Si (%)	Cr (%)	Mn (%)	S (%)	P (%)
2.40	1.20	0.025	0.28	0.026	0.019

(1) 焼入試験は 10 mm 角、長 16 mm の小片を炭素分析用燃焼炉 (JIS-G-1211-1958 容量法に使用のもの) に一定時間保持後ただちに水冷し表面 2 mm をけつとりロックウェル硬度計で測定した。焼戻しは 450°C、30 分間とした。

(2) 摩耗試験は直径 5 mm、長さ 15 mm の小片を科研式回転摩耗試験機で測定し乾燥すべり摩耗を求めた。摩耗条件は接触荷重 5.0 kg/cm²、摩擦距離 50 km とし摩擦速度は 0.5~3.0 m/sec とした。相手材は RIK-S (センダイ特鉄 HRB 98) である。

(3) 耐蝕性試験は直径 5 mm、長さ 10 mm の小片を 2N-HCl 溶液中に浸漬し、腐食減量を求めた。

(4) 衝撃試験は 10 mm 角、長さ 55 mm の試験片を作成しシャルピー衝撃試験機で測定した。

(5) 黒鉛化速度は 10 mm 角、長さ 16 mm の白鉄鑄物の小片を所定温度に 4 時間保持後空冷して顕微鏡組織から定性的に調べた。

III. 実 験 結 果 と 考 察

1. 焼 入・焼 戻 し に よ る 硬 度 の 変 化

一般に黒心可鍛鑄鉄は焼入硬度は低く一定した硬度が得がたい。黒心可鍛鑄鉄と同じフェライト素地のフェライト型球状黒鉛可鍛鑄鉄について検討した結果を Fig. 1~3 に示した。黒心可鍛鑄鉄より焼入れ性はよく硬度も高い。すなわち 900°~1000°C で 10~20 分間保持により HRc 55~58 と高硬度で安定性もよい。焼入硬度は一般に言われるように焼入水温の低い方が高くなった。焼戻し後の硬度も本研究の鑄鉄の方が黒心可鍛鑄鉄より高い。パーライト型よりやや硬度は低いが、その理由としては添加剤に含まれている Si 増加のため、変態点が高くなり、したがって焼入温度も高温を必要とするためオーステナイトの残留が多くなったからと考えられる。オーステナイトの残留の傾向は黒心可鍛鑄鉄の方が大きい。代表組織を Photo. 1 に示した。

パーライト素地のパーライト型球状黒鉛可鍛鑄鉄について検討した結果を Fig. 4 に示した。加熱保持時間 10~15 分では 800°~1000°C で HRc 61~63 を示したが 1000°C、20 分間では HRc 58 とやや低値となった。焼戻しをした場合バラツキは極めて少ない。すなわち以上の結果からフェライト型でもパーライト型でも球状黒鉛可鍛鑄鉄は十分焼入・焼戻し用途に適することがわかる。代表的組織のパーライト型を Photo. 2 に示した。

2. 摩 耗 量

摩擦速度を変えた場合について検討した結果を Fig. 5 に示した。今回は乾燥すべり摩耗についてだけ調べた。フ

** 三条金属株式会社 (Sanjyo-Kinzoku Co., Ltd., Sanjyo)

* 球状黒鉛可鍛鑄鉄の研究 (第 2 報)

(1) 前報の“球状黒鉛可鍛鑄鉄の製法とその引張り強さ”

ペーライト型は靱性、伸びは向上するが機械的性質はペーライト型に比較しておとるのでその耐摩耗性も低下した。し

ペーライト可鍛鋳鉄に比較して球状黒鉛可鍛鋳鉄は強い耐蝕性をもっている。これは黒鉛形状の違いから起るのか不

Fig.1 Change of hardness of quenched specimens and tempered specimens on the ferritic-type.
(1) As quenched the spheroidal graphite malleable iron into 5°C water, (4) tempered at 450°C for 30 min.
(2) As quenched the spheroidal graphite malleable iron into 20°C water, (5) tempered at 450°C for 30 min.
(3) As quenched the black heart malleable iron into 20°C water, (6) tempered at 450°C for 30 min.

Fig.3 Change of hardness of quenched specimens and tempered specimens on the ferritic-type.
(1)~(6) is the same as Fig.1.

明である。

4. 衝撃値

黒鉛球状化で引張り、伸びともに好結果を示したが、衝撃値の向上は十分予想できる。Fig.7 に示すように硬度の

Fig.2 Change of hardness of quenched specimens and tempered specimens on the ferritic-type
(1)~(6) is the same as Fig.1.

かし 770°C で 15 分間保持後 水冷処理を行なったものはその摩耗量は著しく減少した。ペーライト型球状黒鉛可鍛鋳鉄に熱処理をほどこしたものはいずれも通常のペーライト可鍛鋳鉄より好結果が得られた。理由としては黒鉛形状が球状化しているほかに添加剤より入った Si のためと思える。黒鉛球状化により外部から力が加わった場合、黒鉛の先端に応力の集中が生じないため、機械的性質は向上し、したがって摩耗量が少なくなったからであろう。組織を Photo.3 に示す。

3. 希塩酸中での腐食減量

2N-HCl 溶液に浸漬し、浸漬時間と腐食減量の関係について調べたものを Fig.6 に示した。黒心可鍛鋳鉄および

Fig.4 Change of hardness of quenched specimens and tempered specimens on the pearlitic-type.

(1) As quenched the spheroidal graphite malleable iron into 20°C water, (2) tempered at 450°C for 30 min.

高いほど衝撃値は低下したが、球状黒鉛鋼にはほぼ同じ好結果である。図中 (5) は JIS-3 号有溝試験片でノッチを有するにもかかわらず、可鍛鋳鉄のように塊状黒鉛に起因する著しいノッチ効果はそれほど認められなかった。

5. 他鋳鉄との機械的性質の比較

ダクタイル鋳鉄、ペーライト可鍛鋳鉄、黒心可鍛鋳鉄、白心可鍛鋳鉄および球状黒鉛可鍛鋳鉄の引張り強さ、伸びについて比較した結果を Fig.8 に示した。可鍛鋳鉄よりすぐれた値を示した理由は黒鉛球状化が最も大きい原因であると考えられる。ダクタイル鋳鉄よりよい値を示した理由は黒鉛球状化はいずれも同様であるが、その黒鉛の占める割合は球状黒鉛可鍛鋳鉄の方が少ないからと思われる。

6. 黒鉛化速度について

添加剤を加えないものと比較して白鋳物の黒鉛化につ

Photo.1 Change of hardness by heat-treatment of the ferritic-type.

Photo.2 Change of hardness by heat-treatment of the pearlitic-type.

Photo.3 Microstructure on the wear test.

Photo.4 Influence on the graphitization.

いて調べた結果を **Photo.4** に示した。焼鈍保持温度 910°C の低温では相当のセメントイトが残留し、 1050°C の高温に近づくほどセメントイト量は減少した。添加剤を加えないものは焼鈍温度が低いときは添加剤を加えたものより多

少分解速度は速い。しかし添加剤を加えないものは焼鈍温度が高温になるほど黒鉛形状は悪化し蛇状黒鉛となつた。球状黒鉛可鍛铸铁は焼鈍温度が高温でもその影響はなく黒鉛形状は変化なくこの点、実際作業上好都合であつた。

Fig. 5 Weight change in specimens after wear test. (6) : pearlitic malleable iron castings. another: malleable iron castings with spheroidal graphite but (1) ~ (3) is pearlitic-type, (4) ~ (5) is ferritic-type

(1) $770^\circ\text{C} \times 15 \text{ min} \rightarrow \text{water quenched} \rightarrow 690^\circ\text{C} \times 700^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.
 (2) $770^\circ\text{C} \times 15 \text{ min} \rightarrow \text{water quenched} \rightarrow 640^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.
 (3) $640^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.
 (4) ferritic-type
 (5) $770^\circ\text{C} \times 15 \text{ min} \rightarrow \text{water quenched} \rightarrow 640^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.

Fig. 6 Weight change in specimens after corrosion test in 2N-HCl at room temperature.

(1) ~ (5) is the same as Fig. 5
 (6) is pearlitic malleable iron castings.
 (7) is black heart malleable iron castings.

Fig. 7 Comparison between impact value and hardness.

(1) ~ (5) is the same as Fig. 5
 (5) : U notched specimen (JIS. 3)
 another: no notched

Fig. 8 Relation between tensile strength and elongation of various iron castings.

x.....x JIS-FCMB ▲.....▲ JIS-FCMW
 △.....△ JIS-FCMP ○.....○ JIS-FCD
 (1) ferritic-type malleable iron castings with spheroidal graphite.
 (2) pearlitic-type malleable iron casting with spheroidal graphite.
 (3) (2) $\rightarrow 770^\circ\text{C} \times 15 \text{ min} \rightarrow \text{water quenched} \rightarrow 640^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.
 (4) (1) $\rightarrow 770^\circ\text{C} \times 15 \text{ min} \rightarrow \text{water quenched} \rightarrow 640^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C} \times 1 \text{ hr} \rightarrow \text{air-cooled}$.

IV. 結 論

球状黒鉛可鍛鉄の諸性質について調べた結果を要約するとつぎのとおりである。

(1) パーライト型の焼入硬度は $HR_c 61 \sim 63$ と高硬度であつたがフェライト型でも $HR_c 55 \sim 58$ という高い値が得られたが黒心可鍛鉄の硬度は $HR_c 48 \sim 55$ と低い。

(2) 摩耗量は乾燥すべり摩耗は、パーライト型は通常のパーライト可鍛鉄より好結果が得られた。

(3) 2N-HCl に対する耐蝕性は黒心可鍛鉄およびパーライト可鍛鉄より極めてすぐれた。

(4) 衝撃値は球状黒鉛鋼に匹敵した。また通常のパーライト可鍛鉄に見られるノッチ効果はそれほど著しくなかつた。

(5) 黒鉛化速度は低温の 910°C では通常のパーライト可鍛鉄の方が速いが、高温では差はなく、また通常のパーライト可鍛鉄は高温の 1050°C では黒鉛形状が蛸状にくずれたが球状黒鉛可鍛鉄は変化なかつた。

終りに強度試験と顕微鏡写真の一部を撮影して下さいました理研ピストンリング工業株式会社柏崎工場技術課の皆様および県立三条工業高校の大島先生に厚く感謝申し上げます。