

# 金型鑄造法による薄肉高級鑄鉄の開発

川原正弘\*、深澤達雄\*\*、梶原英司\*\*

## The Development of Thin-Walled High Grade Cast Iron by Metal Mold Process

KAWAHARA Masahiro, FUKAZAWA Tatu, KAJIWARA Eiji

### 1 緒言

南部鉄器のブランドで、国内はもとより国際的にも知名度が高い本県の代表的地場産業である鑄鉄鑄物業界の活性化対策としては、新鑄造技術開発と新製品開発の二点に絞られる。

新鑄造技術としてはコストダウンおよび3K対策であり、材料特性としては薄肉強靱性と耐熱、耐食、耐摩耗特性等の向上、並びに溶接性の改善等をはかることである。

これらの技術対策として、生砂型鑄造法を金型鑄造法に転換することや、溶射技術の応用による高機能化をはかること、および低温予熱溶接による組立溶接などの技術開発があげられる。

本報告はこれらの技術開発を目的として、「金型鑄造法による高機能複合素形材の開発」のテーマで岩手県新素材開発研究協同組合と共同研究した成果である。

### 2 実験方法

#### 2-1 供試材料

供試鑄鉄はその化学組成が過共晶組織〔炭素飽和度： $S_c = \% C / (4.26 - 0.31 \% Si - 0.33 \% P + 0.18 (\% Mn - 1.76 \% S))$ の値が1以上の組成を示す〕となるように、鉄鉄、シリコン、電解鉄、フェロチタン、Ca-Si系合金および球状化剤等の原料を配合し、高周波電気炉で溶解した。

これら配合原料の化学組成は、鑄鉄(4.26% C, 1.55% Si, 0.20% Mn, 0.063% P, 0.025% S)、シリコン(98.8% Si)、電解鉄(99.9% Fe)、フェロチタン(44.5% Ti)、Ca-Si系合金(11.9% Ca-44.6% Si-11.7% Ba-20.1% Al)および市販球状化剤(Ca-Si-Mg-RE系)等である。

#### 2-2 試作鑄鉄の種類

(a) 球状黒鉛からなる鑄鉄(以下、S0鑄鉄と称す)

この鑄鉄は初晶および共晶の黒鉛が共に球状となっている。目標組成を3.8% C, 3.0% Si, < 0.2% Mn, < 0.05% P, < 0.025% Sの過共晶組織とし、Ca-Si系合金と球状化剤を1%添加し、金型に鑄造した。

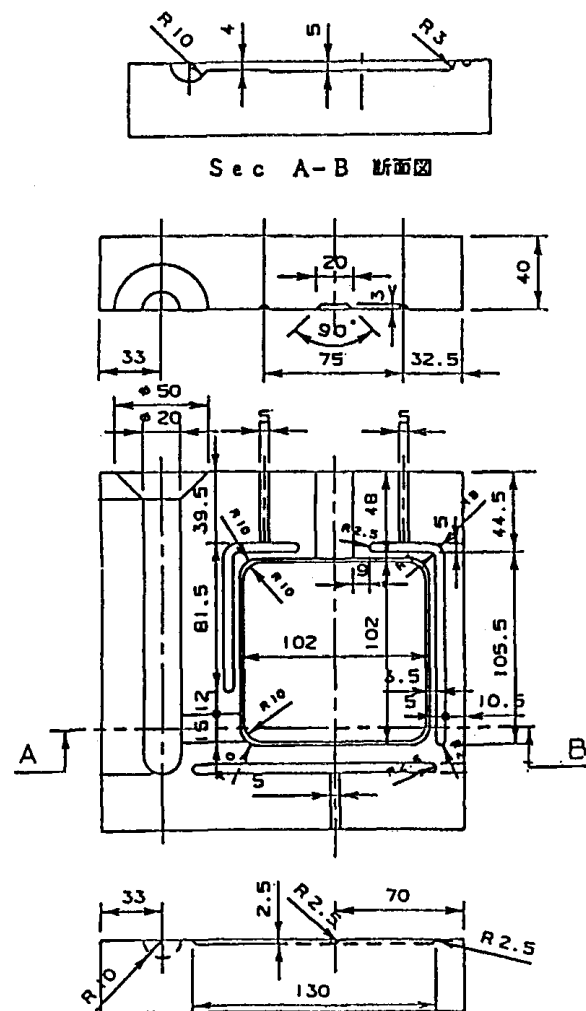


図1 試作用金型(押し上げ方案)

\* 金属材料部

\*\* 岩手県新素材開発研究協同組合

(b) 球状および微細片状黒鉛からなる鑄鉄(以下、S1鑄鉄と称す)

この鑄鉄は初晶黒鉛が球状黒鉛であり、共晶黒鉛が微細片状黒鉛からなるものである。配合組成はS0鑄鉄と同様にし、さらにTiを0.2%添加して金型に鑄造した。

(c) 擬球状および微細片状黒鉛からなる鑄鉄(以下、S2鑄鉄と称す)

この鑄鉄は初晶黒鉛が擬球状黒鉛であり、共晶黒鉛が微細片状黒鉛からなる。配合組成はS1鑄鉄と同様であるが、球状化剤は添加せずに金型に鑄造した。

### 2-3 鑄造金型

鑄鉄を高周波電気炉溶解し、Ca-Si系合金や球状化剤等の添加剤を添加処理した溶湯を、373~423 Kに予熱した金型に鑄造した。

この金型の型状は図1に示す通りである。この金型の材質はねずみ鑄鉄を使用している。鑄鉄試験片は100×100×5 mmの板状である。

## 3 実験結果および考察

### 3-1 引張強さと硬さ測定

図2は金型鑄鉄による各種試験片の引張強さと硬さの測定結果を示したものである。また、焼鈍(1173 K, 10 min保持)によるその効果、さらに、比較のため砂型鑄造品についても示した。

この図より、金型鑄造のS0鑄鉄は、焼鈍により硬さがHRBで5程度低下し、引張強さも100 N/mm<sup>2</sup>低下することが判る。これの伸びは、鑄込みのままの2%が焼鈍により13%となっている。この材質はJISのFCD500( $\sigma_B \geq 500$  N/mm<sup>2</sup>,  $E \geq 7\%$ )を満足するものである。

S1鑄鉄は、焼鈍により硬さがHRBで25軟化したにもかかわらず、引張強さが23 N/mm<sup>2</sup>から32 N/mm<sup>2</sup>と、10 N/mm<sup>2</sup>上昇している。これは、金型による急冷凝固組成(炭素過飽和のオーステナイト)が焼鈍により拡散均一化し、黒鉛およびフェライト化したことや、残留応力の除去効果等によるものと考えられる。

次にS2鑄鉄は、S1鑄鉄と同様に、焼鈍により引張強さが40 N/mm<sup>2</sup>程度増加し、250 N/mm<sup>2</sup>の高強度を示している。

### 3-2 吸振性

鑄鉄の性能評価として重要な吸振性について、対数減衰率の測定結果を図3に示す。この図は金型鑄造したS0, S1およびS2の他に砂型鑄造のFC200とFCD450、さらに参考値として鋼(S45C)の値を示したものである。これらの

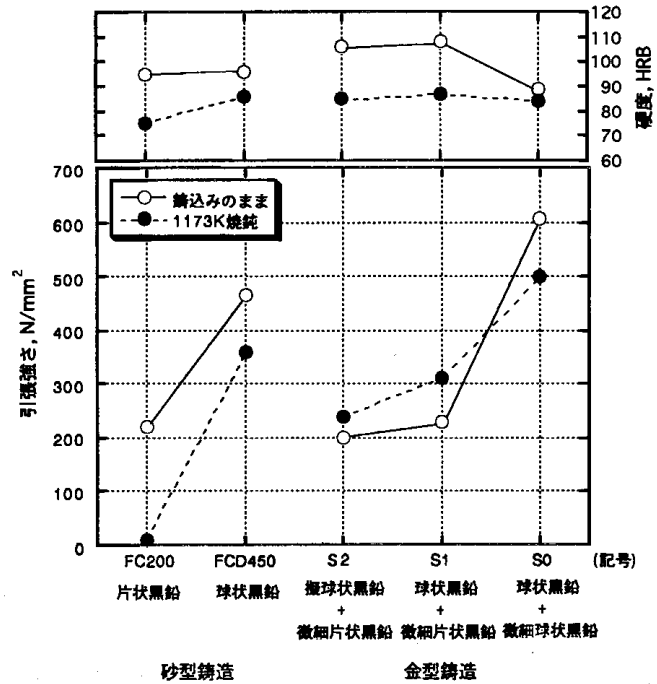


図2 各種鑄鉄の引張強さと硬さ

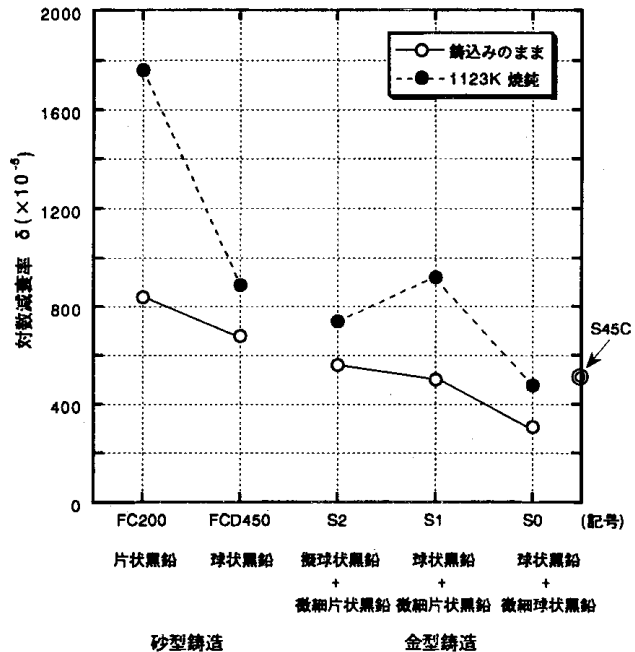


図3 各種鑄鉄の対数減衰率

値を比較すると、金型球状黒鉛鑄鉄のS0鑄鉄と鋼(S45C)が同程度の値であり、その他の鑄鉄は減衰率が鋼より大きく、かつ焼鈍によってさらに大きくなることを示している。

また、砂型のFCD450と金型のS0とでは、その値が800ないし400前後と大きく異なっている。これは、砂型鑄造のFCD450球状黒鉛鑄鉄は、直径40  $\mu$ m程度のものが100%晶出されているのに対し、金型鑄造のS0鑄鉄は

初晶黒鉛の直径が  $15\ \mu\text{m}$  前後で、晶出数割合が 93% となっており、この粒径の違いによるものと考えられる。

### 3-3 顕微鏡組織

写真1は、金型鑄造試験片 S0, S1 および S2 の鑄込みのままと、1123 K 焼鈍したものの顕微鏡組織を示している。

S0 鑄鉄の鑄込みのままの組織は、大粒の初晶球状黒鉛のまわりをトルースタイト組織が取り囲み、微細な共晶黒鉛と過飽和炭素のフェライト基地組織からなっている。こ

れの 1123 K 焼鈍組織は、黒鉛が成長し、初晶が  $20\ \mu\text{m}$ 、共晶が  $10\ \mu\text{m}$  となり、微細なフェライト基地に分散している。

S1 鑄鉄の鑄込みのままの組織は初晶が球状黒鉛であり、共晶で微細に分散した片状黒鉛とフェライト基地からなる組織である。これの 1123 K 焼鈍では、黒鉛粒が成長し、これらが微細に分散した組織となっている。

S2 鑄鉄の鑄込みのままの組織は、片状黒鉛が凝集した初晶の擬球状黒鉛と、共晶の微細片状黒鉛およびフェライ

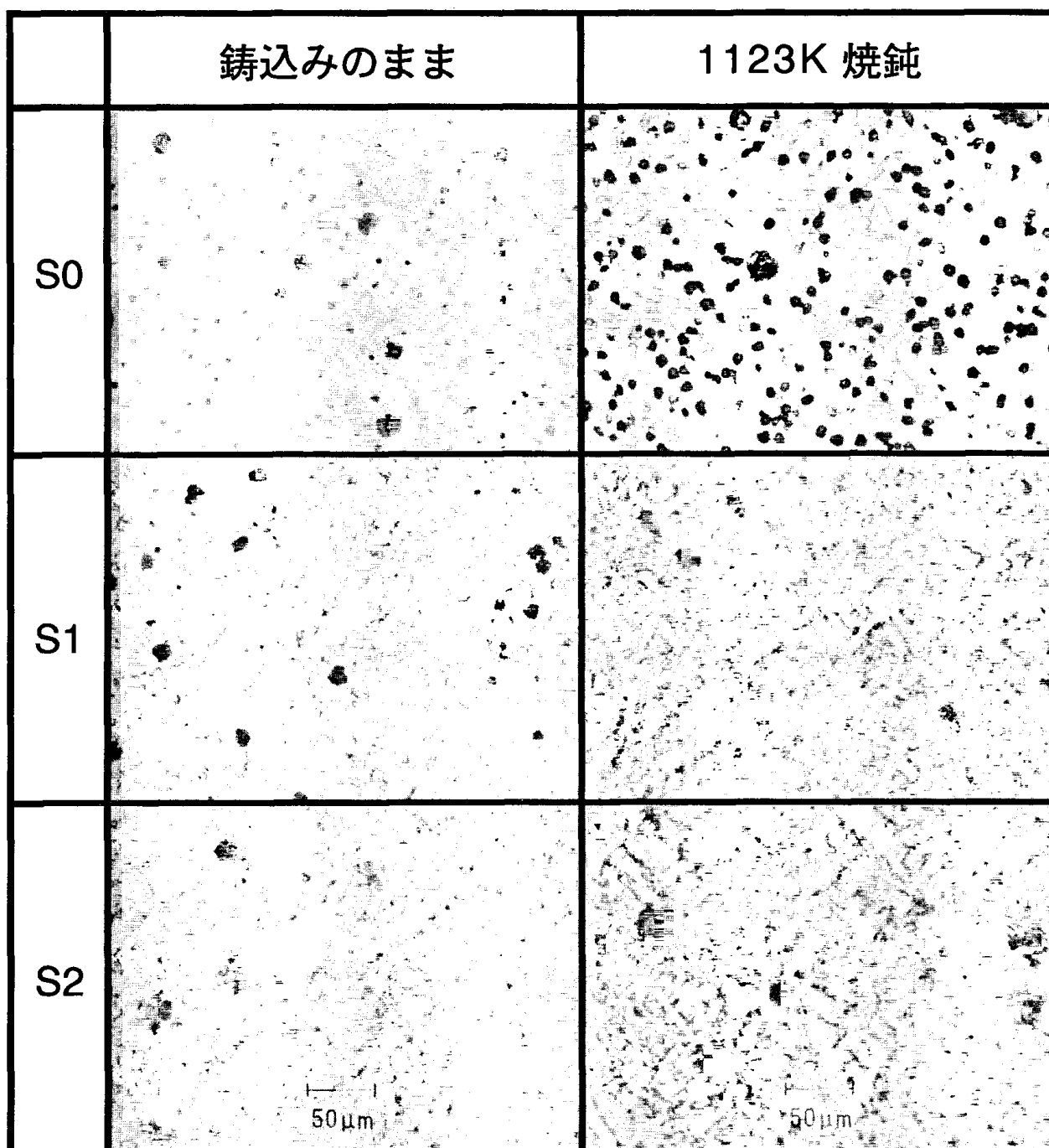


写真1 各種金型鑄造試験片の顕微鏡組織

ト基地からなっている。これの1123 K焼鈍では、これらの黒鉛粒が他の試験片と同様に成長しているものの、その成長度合いは他のものより大きいようである。

#### 4 結言

以上の研究結果より、次のような結論が得られた。

##### (1) 金型鑄造による鑄鉄の開発

鑄鉄製金型を用いて板厚5 mm以下の薄肉高強度鑄鉄の製造が可能である。

本研究では、ねずみ鑄鉄品ではJIS-FC300、球状黒鉛鑄鉄ではJIS-FCD500相当級の性能を有する鑄鉄を開発した。さらにこれ以上の高強度化は、合金元素の添加によって可能である。

##### (2) 新組織鑄鉄の開発

##### (2)-1 微細球状黒鉛とフェライト基地からなる鑄鉄(S0鑄鉄)

従来の砂型で製造されていた球状黒鉛の直径は40  $\mu$  m前後であるのに対し、本開発鑄鉄は5~10  $\mu$  mと小さく、疲労強度の向上が期待できる。

##### (2)-2 微細球状黒鉛と微細片状黒鉛およびフェライト基地からなる鑄鉄(S1鑄鉄)

初晶黒鉛を球状化し、共晶黒鉛を微細片状に晶出させた鑄鉄である。このため、この鑄鉄は高強度と高吸振性の特性を有しており、応用用途に期待できる。

##### (2)-3 擬球状黒鉛と微細片状黒鉛およびフェライト基地からなる鑄鉄(S2鑄鉄)

外周が滑らかでない擬球状の初晶黒鉛と、微細な片状黒鉛からなる組織であり、最も吸振性が高い組織である。

最後に、本研究は岩手県工業技術センターと岩手県新素材開発研究協同組合との共同研究の成果であり、特許出願していることを附記いたします。