

氏 名	Kim Young Jik	金 永 稷
授 与 学 位	工 学 博 士	
学位授与年月日	平成元年3月24日	
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項	
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 材料加工学専攻	
学位論文題目	高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織に 及ぼすイオウと酸素の影響	
指 導 教 官	東北大学教授 坂上 六郎	
論文審査委員	東北大学教授 坂上 六郎 東北大学教授 井川 克也 東北大学教授 木村 宏	

## 論 文 内 容 要 旨

鑄鉄の凝固組織は微量の不純物, 特にイオウと酸素の存在によって著しく変化するが, その作用に関しては, たとえばイオウが黒鉛化作用を持つのか, 炭化物安定化作用を持つのか, イオウと酸素の作用は同一視できるのかどうかなどといった基本的な点については現在なお不明なところが少なくない。

その主たる理由は, 従来の研究ではイオウや酸素以外に種々の不純物を含む鑄鉄が用いられたために, それらの不純物が相互に影響を及ぼしてイオウおよび酸素の直接的な作用の把握を困難にしていることが考えられる。

この観点から高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織を調べる研究は重要である。しかしながら, 高純度の原料を使用した研究でも, 対立した結果が得られる場合があるが, その主たる原因としては, その大半がるつぼ溶解を行っているため, るつぼ材による溶湯の汚染の影響が無視できないことにあると思われる。

したがって, 鑄鉄あるいは Fe-C-Si 合金の凝固組織に及ぼすイオウと酸素の影響を実験的に明らかにするには, できるだけ高純度原料を使用することに加えて, るつぼや鑄型との反応による溶湯の汚染がない溶解・鑄造法を適用することが不可欠であると思われる。

本研究はこの観点から行ったもので, 全編6章よりなる。

## 第1章 緒 言

本章においては本研究の背景と目的および各章の要旨を述べる。

## 第2章 レビテーション溶解装置の作製

本章ではまず、レビテーション溶解の原理を述べたのち、レビテーション溶解装置の作製について記述した。

すなわち、ワークコイルの最適化を図り、Heガスの流量及び発振機の出力を調整することによって、5gのFe-C-Si合金を1450℃～1800℃の温度範囲で設定温度に対して±5℃のばらつき内で、所定時間安定に浮揚・溶解ができ、また冷却条件の異なる鋳型に鋳造が可能なレビテーション溶解装置を作成した。

写真1に試料溶解中のレビテーション炉を示した。

## 第3章 高純度Fe-C-Si合金の凝固組織

本章ではまず、高純度で均質な試料の作製方法について述べたのち、前章で記述した装置を用いて溶解・鋳造した高純度（HP）およびそれよりやや劣る純度（LP）の2種類のFe-C-Si合金で組成・冷却速度を変えた場合の組織を比較・検討して、次の結果を得た。

- 1) レビテーション溶解法を採用することによって、わずかな純度差で過共晶・共晶・亜共晶組成いずれの場合にも凝固組織は著しく変化することがわかった。
- 2) 過共晶組成の高純度試料には球状黒鉛が晶出した。
- 3) このようなことから、HP合金はイオウや酸素などの作用を調べるさいの標準試料として十分使用できる。

なお、高純度の原料を使用した従来の研究結果をまとめ、問題点を指摘した。そして、鋳鉄の凝固組織における問題点を解決するためには単に高純度の原料を使用しただけでは不十分で、レビテーション溶解を行うことが不可欠であることを明らかにした。

## 第4章 高純度Fe-C-Si合金の凝固組織に及ぼすイオウの影響

凝固組織に最も顕著な差が認められた過共晶組成の高純度合金にイオウを10～900ppm添加し、凝固組織に及ぼす影響を調べた結果、次のことが明らかになった。

- 1) イオウは黒鉛の核生成を妨害する元素と考えられる。
- 2) イオウ含有量の低下と共に黒鉛は塊状から球状に変化する。このことから、黒鉛球状化剤の役割の一つはイオウのような球状化妨害元素を除去することにあると思われる。
- 3) HP合金に10ppmのイオウを添加することによってLP合金の凝固組織を再現することができた。すなわち、前章で述べたHPとLP合金の凝固組織の差は10ppm程度のイオウ含有量の差に起因することがわかった。

## 第5章 高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織に及ぼす酸素の影響

るつぼからの溶湯の汚染の影響を考慮すると凝固組織に及ぼす酸素添加の影響はレビテーション溶解以外の溶解では正確に把握できないと思われる。そこで、本章ではレビテーション溶解の利点に着目して、イオウ含有量が極めて低い過共晶組成のHP合金（S～1 ppm）に酸素を10ppmから250ppmまで添加し、凝固組織に及ぼす影響を調べた結果、次のことが明らかになった。

- 1) 酸素添加によって黒鉛の核生成は著しく妨害される。
- 2) 酸素添加によって黒鉛の形状は球状から塊状に変化するが、その度合はイオウの場合ほど顕著ではない。
- 3) 高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織に及ぼす酸素とイオウの影響は異なる。すなわち、酸素はイオウより黒鉛の核生成を妨害し、白銹化する傾向が強いが、黒鉛球状化を妨害する効果はイオウの方が強力である。(写真2, 図1)

## 第6章 結 言

各章で得られた結果を総括し、高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織に及ぼすイオウと酸素の影響を明らかにした結果を述べている。

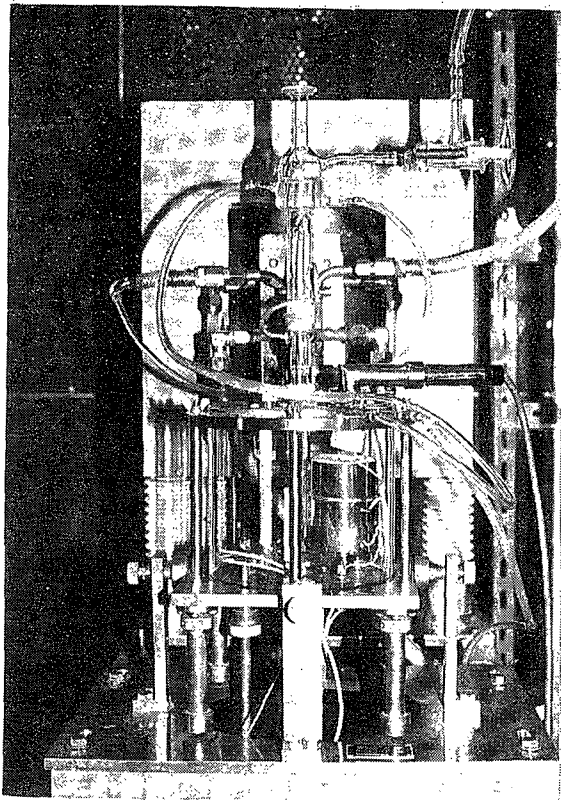
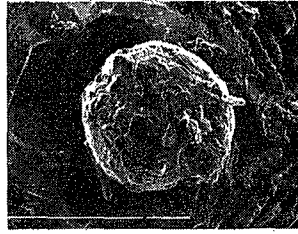


写真1 レビテーション溶解装置

1450°C (5min) → graphite mold (830°C)

HP



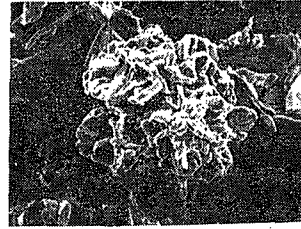
10 μm

HP+10Q



10 μm

HP+10S



5 μm

写真2 HP, HP+10Q, HP+10S試料の凝固組織  
(徐冷試料)

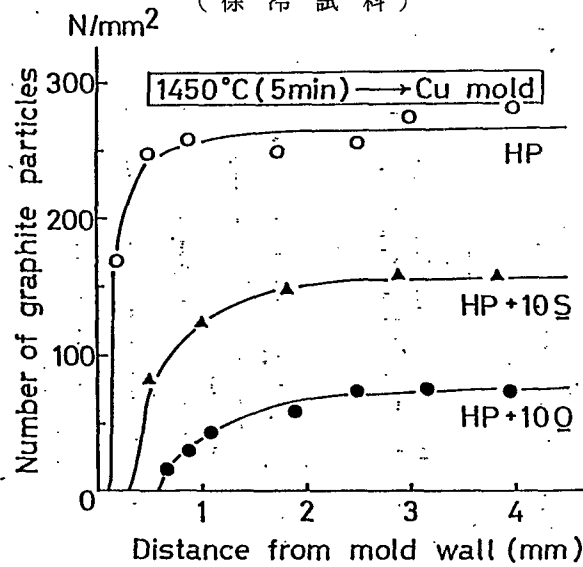


図1 HP, HP+10QおよびHP+10S試料の画像解析結果(急冷実験結果)

## 審査結果の要旨

鑄鉄の凝固組織は微量の不純物、とくにイオウや酸素によって著しく変化するが、その作用についてはなお不明の点が多い。その主たる理由は、従来の研究では種々の不純物を含む鑄鉄が用いられたために、イオウや酸素の影響を直接的に把握することが困難であり、またその大半がるつぼ溶解されているため、るつぼ材による汚染の影響も無視できないことなどである。本論文は鑄鉄の基本である Fe-C-Si 系高純度合金の凝固組織に及ぼすイオウと酸素の影響をるつぼ材による汚染の恐れがないレピテーション溶解法を用いて研究した結果をまとめたもので、全編 6 章よりなる。

第 1 章緒言で、本研究の背景と目的を述べたのち、第 2 章では、5 g 程度の Fe-C-Si 合金を 1400~1800°C の範囲の設定温度で所定時間安定に浮揚溶解でき、また冷却条件の異なる鑄型に鑄造が可能なレピテーション炉を作製した経緯について述べている。

第 3 章では、上記の装置で溶解・鑄造した高純度およびやや純度の劣る合金で組成と冷却条件を変えた試料を比較し、わずかな純度差によって、過共晶、共晶、亜共晶組成いずれの場合も凝固組織は著しく変化すること、特に過共晶の高純度試料には球状黒鉛が晶出することを見出している。

第 4 章では、過共晶組成の高純度合金にイオウを 10~900ppm 添加する実験を行い、10ppm のイオウ添加によって純度のやや劣る合金の凝固組織の再現が可能なこと、イオウは黒鉛の核生成を妨害し、400ppm 以上では炭化物を安定化する作用のあること確認している。

第 5 章では、酸素を 10~250ppm 添加した実験について述べている。従来、酸素はイオウとほぼ類似の作用をすると考えられてきたが、両者を比較した結果、凝固組織には顕著な差があり、酸素は黒鉛の核生成を妨害する作用が強いのにに対し、黒鉛球状化妨害作用はイオウの場合が強力なことを示している。

第 6 章は結言である。

以上要するに本論文は、レピテーション溶解した高純度 Fe-C-Si 合金の凝固組織に関する実験結果をもとに、凝固組織が微量のイオウと酸素の添加によって著しく変化することを確認し、かつイオウと酸素添加の影響が異なることを初めて明らかにしたもので、材料加工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。