

氏名	岡田明 おかだ あきら
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1257号
学位授与の日付	昭和55年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	亜共晶鑄鉄の黒鉛-オーステナイト共晶の核生成に関する実験的研究

(主査)  
論文調査委員 教授 尾崎良平 教授 村上陽太郎 教授 盛利貞

### 論文内容の要旨

本論文は、広く用いられている亜共晶ねずみ鑄鉄の凝固組織を支配する凝固時の核生成と結晶成長のうち未だその機構に対する諸説に問題点が多い黒鉛 (Gr) とオーステナイト ( $\gamma$ ) との共晶凝固時の核生成について主として存在する核生成触媒の解明を目的として実験的に行なった研究をまとめたもので7章からなっている。

第1章は序論で、従来の研究と問題点及び本研究の目的と方針を明らかにしている。

第2章では、(Fe-C)系のねずみ鑄鉄と白鑄鉄を緩徐加熱で融解する時の示差熱分析 (DTA) 曲線について、ねずみ鑄鉄ではその変化形状から、白鑄鉄では共晶の融解熱と  $\text{Fe}_3\text{C}$  の黒鉛化熱からの解析とそれに対応する組織変化の観察及び加熱速度による DTA 曲線の変化から  $\text{Fe}_3\text{C}-\gamma$  及び Gr- $\gamma$  共晶の二つの平衡の存在と融液からの黒鉛の直接晶出を示し、さらに白鑄鉄を両共晶間の温度に加熱融解し保持すると Gr- $\gamma$  共晶が凝固することから鑄鉄融液から黒鉛が直接晶出し得ることを明らかにしている。

第3章では、Gr- $\gamma$  共晶の核生成に対する触媒の能力すなわち核生成能は凝固理論から核生成温度とその温度で有効となる核数で評価できるとし、その測定のため冷却速度を厳密に制御した熱分析曲線を得る方法を示し、又凝固後の共晶セルの現出法を詳細に検討してこの熱分析曲線から核生成温度は求められ、核生成数は Fe-C-S 系を除き Fe-C, Fe-C-Si 及び Fe-C-Ti 系では凝固後の共晶セル数で示し得ることを共晶反応中の凝固中断焼入法によって明らかにしている。

第4章では、Fe-C 及び Fe-C-Si 系白鑄鉄を融解後、高温保持して組成変化がなくて凝固時の初晶  $\gamma$  量に変化がないが、Gr- $\gamma$  共晶の核生成能が減少し、一方ガラス添加後保持により C, Si 量が増え凝固時の初晶  $\gamma$  量が増すが共晶の核生成能がさらに減少する実験結果から、Gr- $\gamma$  共晶の核生成には初晶  $\gamma$  でなくて上記の処理で減少するような懸濁物質が有効に作用し、この共晶の核生成における優先相は黒鉛であることを示している。

第5章では、Gr- $\gamma$  共晶の核生成の優先相である黒鉛に対して触媒となる物質は、従来の核生成に対する諸説の検討から黒鉛結晶に類似した構造の C の微小集合体であると推定し、鑄鉄融液中のその存在の直

接的実証は困難であるとして、その間接的証明として、1. 同一 Fe-C-Si 系融液から作成したねずみ鉄又は白鉄を熱処理して共晶融解直前の黒鉛に種々の形態及び黒鉛化度を与えて 1450℃に加熱融解し 10分保持後冷却凝固する場合の共晶核生成能が黒鉛化度の大きい黒鉛をもっていた場合に大となること、2. 融解までに黒鉛を生じない場合を含めて共晶融解直前で種々の黒鉛化度の黒鉛をもった Fe-C 及び Fe-C-Si 系融液を冷却凝固する場合の共晶の核生成能は、いずれも完全融解直後からの冷却で最も大で、高過熱温度又は長時間保持ほど減少するが、Fe-C-Si 系での核生成能は同一溶解条件では Fe-C 系でのそれより大であり、いずれの系でも黒鉛の黒鉛化度の大きいものの核生成能が大きく、約1600℃ではこれらの核生成能の差が減じそれぞれの核生成能がほぼ安定した状態となり、この減少した状態でも Gr- $\gamma$  共晶で凝固すること、又これらの現象が C, Si, H, N, O 量の変化によるものでないことなどを実験的に示し、融液中に鉄組成の C に由来する C の微小集合体の存在の妥当性を説明している。ついで Fe-C-Si 系鉄を融解した場合と同量の純 Si を Fe-C 系融液に添加した場合の Gr- $\gamma$  共晶の核生成能の差異を、融液の 1250℃から氷水中への急冷組織の観察から、Si 添加により過渡的に比較的少数の Si の局部的濃化部で黒鉛化度の大きい C の微小集合体を生ずることで説明でき、また Fe-C-Ti 系鉄を融解した場合と Fe-C-Si 系融液に Ti を添加した場合の核生成能がいずれも減少することを、融液中での Ti 及び C の挙動の熱力学的解析から前者では高温での溶存  $\underline{\text{Ti}}$  が共晶温度までの冷却に伴う TiC 形成の過程で、後者では Ti 添加に伴う TiC 形成と冷却に伴う TiC 形成の過程で融液中の C の微小集合体の黒鉛化度が減ぜられることで説明できることを示している。

第 6 章では、純 Ca, 純 Si を含め多くの市販接種剤の核生成数増加効果を調べ、この効果の主体は Si でなく約 0.001%の Ca 量であり、この Ca で形成される  $\text{CaC}_2$  粒子が Gr- $\gamma$  共晶での黒鉛の核生成触媒になることを熱力学的及び結晶構造的に示し、さらに Ti 又はガラス添加で核生成能を減じた融液が純 Ca の添加でその核生成能を著増することから形成した  $\text{CaC}_2$  が既存の C の微小集合体より共晶黒鉛の核生成に有効に作用することを示している。

第 7 章は本論文の総括である。

### 論文審査の結果の要旨

広く用いられている亜共晶ねずみ鉄の凝固機構の解明は工業的に極めて重要であるが、その基本機構となる黒鉛 (Gr) とオーステナイト ( $\gamma$ ) との共晶凝固時の核生成に関する諸説には問題点が多い。本論文は、Gr- $\gamma$  共晶での融液より黒鉛の直接晶出、共晶核生成の優先相を実験的に示し、その場合の核生成触媒物質及びいわゆる接種効果の機構などを核生成温度及び核生成数の測定から明らかにしようとしたもので、得られた成果は次のように要約される。

1. Fe-C 系白鉄の加熱示差熱分析曲線の解析及び組織変化の観察から  $\text{Fe}_3\text{C}$ - $\gamma$  及び Gr- $\gamma$  共晶の 2 反応の存在ならびに両共晶温度間の温度に加熱保持して  $\text{Fe}_3\text{C}$ - $\gamma$  共晶の融液から黒鉛が Gr- $\gamma$  共晶として直接に晶出し得ることを実証した。

2. 核生成能は凝固理論から核生成温度とその温度で有効となる核数で評価できること、厳密に冷却速度を制御した熱分析曲線から Gr- $\gamma$  共晶の核生成温度が決定できること、さらにこの温度での核生成数

は Fe-C-S 系を除き Fe-C-Si 又は Fe-C-Ti 系では凝固後の共晶セル数で示し得ることを明らかにした。

3. 融液の高温保持又はガラス処理によって冷却凝固時の初晶  $\gamma$  量の増加する処理を行なっても Gr- $\gamma$  共晶の核生成能が減少することからこの共晶の核生成における優先相は黒鉛であることを示した。

4. Gr- $\gamma$  共晶の優先相の黒鉛に対する核生成触媒は、従来の核生成に対する諸説の検討から黒鉛結晶と類似構造の C の微小集合体であると推定し、(1)共晶融解直前の黒鉛に種々の黒鉛化度を与えその他条件は同一の融液の共晶凝固時の核生成能が黒鉛化度の大きい黒鉛をもつもの程大きいこと、(2) 融解までに黒鉛を生じないものを含めて Fe-C 及び Fe-C-Si 系融液の高過熱温度又は長時間保持ほど共晶の核生成能は減ずるが、融解前の黒鉛の黒鉛化度の差異と C の活量をあげる Si の有無によってその変化に差のあること、(3) これらの現象は融液の組成変化で生じたものでないことなどを示し、融液中の C の微小集合体の温度、時間、Si 量に対応して変化する状態で存在することの妥当性を説明した。

5. Si 含有鑄鉄を融解した場合よりも同量の純 Si を Fe-C 系融液に添加した場合の共晶の核生成温度が高いことは、液体急冷法による観察から Si 添加による融液中の過渡的な Si の局部的濃化部での黒鉛化度の高い C の微小集合体の形成によって、又 Ti 含有により融液の核生成能の減少することは、Ti, C の挙動の熱力学的解析から冷却に伴う TiC 形成過程での融液中の C の微小集合体の黒鉛化度の減少によって、いずれも説明できることを示した。

6. いわゆる鑄鉄での接種効果の主体は融液中の約 0.001% の Ca 量であって、形成される  $\text{CaC}_2$  粒子が Gr- $\gamma$  共晶での核生成触媒となることを熱力学的及び結晶構造的に示した。

以上要するに、本論文はねずみ鑄鉄の凝固過程の基本である共晶反応を明確にし、この共晶の核生成は黒鉛で始まり、その直接的実証の困難である核生成触媒は鑄鉄組成に由来し融液中に存在する C の微小集合体であることの妥当性を明らかにしたもので、学術上はもちろん工業上にも寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。