

報告番号

※ 甲 第 1524 号

主論文の要旨

題名

鑄鉄中の黒鉛晶出
機構に関する研究

氏名

滝田光晴

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号氏名

滝田光晴

鑄鉄の機械的性質は、その組織中の黒鉛形状および分布状態により大きな影響を受ける。

黒鉛が球状になった場合、その強度、靱性とも最良となる。このような組織をもった鑄鉄は球状黒鉛鑄鉄と呼ばれ、強度部材としても広く用いられている。また、黒鉛が片状になっている場合でも、片状黒鉛が均一に分布し、方向性を持たずに配列している ASTM でのいう A 型の場合最良となる。A 型黒鉛は適正成分の溶湯に適正量の接種をした時に得られる。

そこで、機械的性質の良好な鑄鉄を得るためには、それぞれ球状黒鉛組織あるいは A 型片状黒鉛組織にすればよい。しかし、黒鉛が球状化する機構および接種の機構が未だ十分には解明されておらず、従ってこれらの鑄鉄の製造は経験に頼っているところが大きい。そこで、このような鑄鉄を安定して製造するためには、黒鉛の形態および分布を決定する因子を解明してゆかなければならない。

本論文では、黒鉛の分布を決定する核

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 滝田光晴

生成過程と、その形態を決定する結晶成長過程の両者に大きな影響を及ぼすと考えられる界面エネルギーを主に取り上げて検討した。

まず、第1章においては、鋳鉄の機械的性質に及ぼす黒鉛の分布および形態の影響の重要性について述べ、鋳鉄溶湯中における黒鉛の核生成および結晶成長について研究を行なう意義を明らかにした。

第2章では、鋳鉄中での黒鉛晶出挙動を明らかにするために、Mg処理鋳鉄に比較してフェーディングの少ないREM処理鋳鉄を用いて、その凝固中断急冷実験を行なった。用いた鋳鉄試料はREM添加量を0~1%と変化させた白鉄試料である。この白鉄試料を再溶解し、熱分析しそれから凝固中の種々の温度から急冷し、その組織解析を行なった。その結果、REM処理鋳鉄では、冷却速度曲線の共晶凝固温度域における第1の山で球状黒鉛が晶出し、第2の山に至って始めてCV（片状黒鉛と球状黒鉛の中間形態を持った）黒鉛が晶出

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 滝田光晴

する。また、オ1の山は球状黒鉛の晶出量の増加とともに大きくなることが明らかとなった。また、その組織解析結果より、はじめ晶出した球状黒鉛が、一部はその後CV黒鉛に変化するという考察を行なった。

オ3章では、鑄鉄の黒鉛球状化の機構を解明するために、黒鉛の各結晶面と各種鑄鉄溶湯との間の界面エネルギーを測定し、結晶の平衡形態の立場から考察を行ない、その溶湯中で最も安定な黒鉛の形態を決定し、黒鉛球状化機構に対する1つの仮説を提出した。

まず、球状黒鉛鑄鉄の歴史、球状黒鉛の構造、黒鉛球状化に及ぼす各種元素の影響などについて明らかにしている点について述べ、その後、球状黒鉛の発生機構、球状黒鉛の成長機構に関する従来の研究の概観を行なって、本研究の位置づけを行なった。

鑄鉄溶湯と黒鉛結晶との間の界面エネルギーは、静滴法により測定した。本法は、液滴の形状から液体の表面張力および接触角

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号氏名

滝田光晴

を測定し、Youngの方程式から固体と液体との間の界面エネルギーを測定するものであり、液体の密度、表面張力および液体と固体との間の界面エネルギーを同時にしかも高温で、比較的精度よく測定できるという特長を持っている。用いた鋳鉄試料は、高純度鉄、金属けい素および電解鉄を配合溶解し、黒鉛球状化阻害元素を添加するものは、それぞれ添加し、その後球状化処理するものは、Fe-Si-Mgで目標残留Mg 0.06%で処理した。攪拌後直ちに、あるいはフェーティングをおこなった後、黒鉛鑄型に鋳込んだものである。基質としては、多結晶黒鉛板および熱分解黒鉛板を用いた。熱分解黒鉛板は、炭化木素の熱分解により多結晶黒鉛板上に黒鉛結晶と気相成長させたもので、基底面が表面にでているものである。黒鉛製支那台上にのせた基質上に円柱状鋳鉄試料を置き 10^{-5} mm Hg以上の直空中で加熱融解し、 1200°C に保持したから写真撮影を行ない、撮影したネガ上で液滴の寸法を測定することにより黒鉛の基底面およびプリズム面と溶湯との界面

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号 氏名

滝田光晴

エネルギーを求めた。その結果、Mg処理し、十分Mgの残留したものでは、プリズム面との界面エネルギーが基底面との界面エネルギーより大きく、その差も大きくなった。Mg処理しないものでは、プリズム面との界面エネルギーが基底面との界面エネルギーより小さく、その差も小さくなった。フェーディングによりMg残留量の低下したもの、あるいは黒鉛球状化阻害元素を含有することにより黒鉛球状化率の低下したものでは、Mgの十分残留したものとMg処理しないものとの中間になっており、しかも球状化率のよいものほどプリズム面との界面エネルギーが大きく、球状化率が低下するに従って低下している。Mg処理したものでは、測定中にプリズム面との界面エネルギーが低下し、Mg処理していないものに近づいてくる。

結晶の平衡形態に関する理論から単結晶黒鉛および多結晶黒鉛の安定度を示す界面自由エネルギー率を導入し、測定した界面エネルギーを用いて計算し、次の結論を得た。

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 滝田光晴

- (1) Mg 処理し、十分 Mg の残留したものである。多結晶黒鉛の界面自由エネルギー率が単結晶のそれよりかなり小さく、この溶湯中で球状黒鉛が安定であることがわかる。
- (2) Mg 処理しないものでは、多結晶黒鉛の界面自由エネルギー率が大きく、この溶湯中で片状黒鉛が安定であることがわかる。
- (3) フェーディングにより Mg 残留量の低下したもの、あるいは球状化阻害元素を含有したものでは、球状化率のよいものほど単結晶黒鉛の界面自由エネルギー率が大きく、球状化率が悪くなるに従って小さくなっている。
- (4) Mg 処理したものでは、測定中に単結晶黒鉛の界面自由エネルギー率が低下し、片状黒鉛の安定度が増していくことがわかる。これにより、Mg 処理溶湯を保持するあいだに黒鉛球状化率が低下

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 滝田光晴

するフェーディング現象を説明することができる。

- (5) 単結晶黒鉛と多結晶黒鉛の界面自由エネルギー率の差により、その鋳鉄の黒鉛球状化率を推定することができる。

才4章では鋳鉄中での黒鉛の核生成機構の解明を行なった。鋳鉄中での黒鉛の核生成に関しては、鋳壁あるいは溶湯中の非金属 inclusion による不均質核生成であることは、大方の意見の一致するところである。しかし、どのような物質が異質核となっているのか、また、どのような物質がより有効な核であるのかなどはまだ解明されていない。したがってこれまでは、核生成を助長させるための接種剤の成分の研究など経験的なものに頼るところが入っていた。そこで、各種物質の核生成能を定量化することが必要となる。

そこで、本研究では、鋳鉄溶湯を溶融カウスで処理して異質核を取り除いた後、核生成

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号 氏名

滝田光晴

能を測定する物質をよう入して、溶融ガラスの中で凝固させることにより、るつぼ壁からの核生成のない状態で過冷度を測定し、これらの物質の核生成能を比較した。また、これらの物質と黒鉛結晶との間の不整合度を計算し、過冷度から求めに核生成能と比較検討した。添加した粉末および板は、黒鉛、窒化ほう素、アルミナ、酸化カルシウム、窒化けい素などである。シリコニット炉であらかじめアルゴンぶん囲気で、軟質ガラスをアルミナるつぼ内に 1400°C で保持しておき、過共晶組成の鋳鉄試料をるつぼ中に投入した。鋳鉄溶湯を溶融ガラス中で30分保持した後各種物質の板あるいは粉末を入れ、白金-白金ロジウム熱電対により熱分析を行ないながら炉冷した。冷却速度は $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ と一定にした。熱分析曲線から共晶温度を求め、平衡共晶温度との差から過冷度を決定した。過冷度の大きさから、各種物質の核生成能の大きさは次の順になることがわかった。

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号氏名

滝田光晴

黒鉛 > 窒化ほう素 > 硫化マンガン > アルミナ
 > 酸化カルシウム > 炭化カルシウム > 硫化
 カルシウム > クリストバライト > 窒化けい素

古典的核生成理論より核生成能の大きな物質は、核生成する物質との不整合度の小さな物質であることが予想される。本研究で用いた物質と黒鉛結晶との不整合度を計算し、核生成能を推定すると前述の実験結果と一致した。

また、各物質と溶湯との界面エネルギーを測定し、各物質を不均質核とした場合の臨界核半径、高さおよび臨界自由エネルギーを計算した。臨界核の高さは、不均質核の存在しない均質核生成の場合が最も大きく、窒化けい素を不均質核とした場合がこれに続き、アルミナを不均質核としたものが最も小さくなった。従って臨界自由エネルギーも均質核生成、窒化けい素による不均質核生成、アルミナによる不均質核生成の順に小さくなり、この順に核生成が容易になり、過冷度が小さくなるという

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号氏名

滝田光晴

結論を得た。これは、実験結果とよく一致している。

※5章は研究結果の総括である。以上述べた一連の研究により、鋳鉄中での黒鉛の核生成および成長に、溶湯-黒鉛、溶湯-不均質核および黒鉛-不均質核の各界面エネルギーが大きな役割を演じていることを明らかにすることができた。