

氏 名	高 森 晋
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 27 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	球状黒鉛鑄鉄における引け巣の発生機構
指 導 教 官	東北大学教授 新山 英輔
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 新山 英輔 東北大学教授 桑名 武 東北大学教授 渡辺 龍三 東北大学助教授 安斎 浩一

論 文 内 容 要 旨

鑄鉄鑄物の生産が横這いの中、球状黒鉛鑄鉄鑄物は生産量が伸びている。製作が容易で、鑄鋼にも匹敵する引張り強度が得られることから、さらに需要が伸びるとおもわれるが、歩留り向上、コスト削減を推し進めなければいけない。そのためには、不良品率の低減が必要になってくる。そこで、鑄造欠陥である、引け巣を防ぐ必要がある。

球状黒鉛鑄鉄においても引け巣予測に凝固シミュレーションが有効ではあるが、その精度に問題があるようである。というのは、普通の凝固シミュレーションでは鑄型の堅さの影響を考慮していないが、球状黒鉛鑄鉄では、それが引け巣に大きく影響する。また、凝固シミュレーションでは最終凝固部は必ず引け巣が発生すると予測されるが、球状黒鉛鑄鉄では鑄物内に最終凝固部があっても引け巣が発生しないこともあるためである。これは、球状黒鉛鑄鉄は凝固時に膨張がおきるなどの一般の金属に反した挙動をとるためである。このため、球状黒鉛鑄鉄用のシミュレーション法を開発する必要がある。

そこで、本研究では、どうして球状黒鉛鑄鉄で引け巣ができやすいか、その発生機構を探ると共に、凝固シミュレーションによる引け巣の発生予測を試みた。以下に本論文で取り扱った内容の概要と、論文の構成を述べる。

第 1 章 緒 言

球状黒鉛鑄鉄の一般的性質や本研究の背景について述べている。

(1) 焼入れ実験を行い鑄物内の固相率を調べ、球状黒鉛鑄鉄のかゆ状凝固をシミュレーションでどの程度記述できるか調べる。

(2) 膨張測定を行い凝固の進行状態との対応関係について考察する。

その結果、黒鉛がオーステナイトで囲まれた球状のセルを考え、オーステナイト内の炭素の拡散により成長すると考えたモデルにより、実際の鑄物内の固相率分布を比較的精度良く記述することができた。このモデルは、液相とオーステナイト、オーステナイトと黒鉛の界面において、局所平衡が成り立っていると仮定している。

外殻移動としては板状鑄物では収縮、円柱状鑄物では膨張の傾向を示した。球状黒鉛鑄鉄では、黒鉛の周りをオーステナイトが取り囲み、その状態でそれぞれの相が成長する。その結果、Fig. 2 に示すようなオーステナイトスケルトンを形成する。この状態で黒鉛が成長すれば、オーステナイトを押し広げ、円柱状鑄物の場合は外殻膨張が起こる。板状鑄物の場合は、スケルトンの肥大化は必ずしも外殻の膨張につながらない。球状黒鉛鑄鉄鑄物では、このようにオーステナイトセルが接触しスケルトン構造をつくり、そのセル内での黒鉛の成長がオーステナイトセルの膨張を引き起こし、さらには、引け巣の発生の原因となるというモデルで、外殻膨張の事実を定性的に説明できることがわかった。

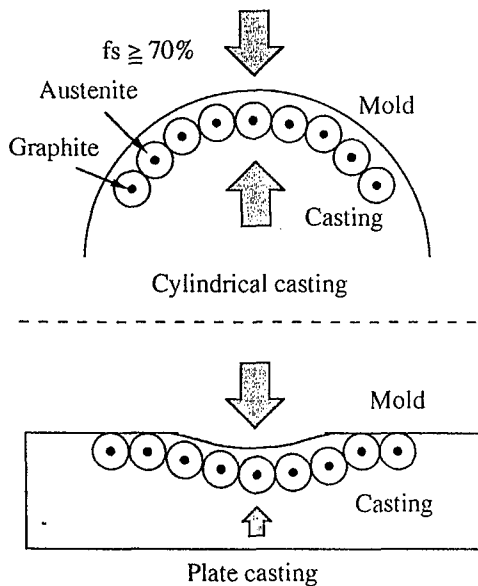


Fig. 2 Model of skeleton structure forming an outer shell along casting surface.

第4章 球状黒鉛鑄鉄の凝固過程の観察

第3章では、黒鉛の成長が外殻の膨張を引き起こす重要な原因であることがわかった。すなわち黒鉛がどのように成長するかが、膨張さらには、引け巣の発生に影響を及ぼす。そこで本実験では、黒鉛が固相に対してどのような割合で成長するのか、恒温凝固・焼き入れ実験を行い、球状黒鉛鑄鉄の凝固過程について調べた。

その結果、オーステナイトと黒鉛の比率は、凝固時に一定ではなく、過共晶組成の場合でも、凝固初期にオーステナイトが優先的に成長しやすいことがわかった。しかしながら、凝固初期を除いて考えると、オーステナイトと黒鉛の成長量の比は一定と考えてもよさそうである。

第5章 凝固シミュレーション

これまでの実用凝固シミュレーションの多くは、熱伝導計算にのみ基づいていたが、球状黒鉛鑄鉄の場合、引け巣のできるはずの最終凝固部も健全であったりして、予測と食い違うことも多い。

それは、球状黒鉛鉄固有の凝固過程を考慮していないシミュレーションで予測するからにはかならない。本研究でこれまで、得られてきた知見としては、球状黒鉛鉄は凝固時に黒鉛の晶出に伴う膨張があること、スケルトン構造をとり、黒鉛の膨張が有効に働かない場合、逆に引け巣の発生を助長する働きがあること、凝固初期にオーステナイトが優先的にでて、そのため凝固初期には収縮期があると考えられるなどが挙げられる。そこで、これらのことを考慮した引け巣の予測できるシミュレーションの作製が望まれる。第3

章では铸件内の固相率分布を記述するプログラムの作製まで完了している。ここでは、それにスケルトン構造の考えを加えて、局所的なマスバランスに基づき引け巣の発生予測を行う。Fig. 3に示したように、ある臨界の固相率 f_{sc} 以上の固相率になった状態で黒鉛が成長すればオーステナイトを押し上げ、スケルトンの肥大化を引き起こす。このとき、オーステナイト間の液相は不足するはずである。ここでは、引け巣ができないために必要な、単位時間当たりの液相量をパラメータとして計算した。

半定量的ではあるが、第2章および第3章で取り上げた铸件形状についてその計算結果を示し、引け巣の発生予測を行った。今のところまだ、明確な引け発生領域の予測には至っていないが、この方法を発展させれば、铸件型堅さを考慮した引け巣予測が可能になると考えられる。

第6章 本研究の総括

本章は以上に述べた各章をまとめ、本研究を総括した。

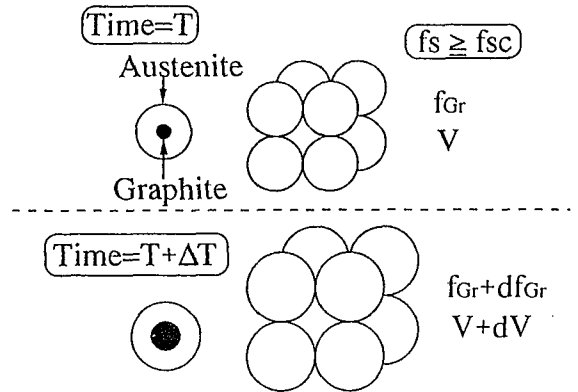


Fig. 3 Volumetric change by graphite growth in austenite envelope.

審査結果の要旨

本論文は球状黒鉛鑄鉄においてどうして引け巣ができやすいか、その発生機構を探ると共に、凝固シミュレーションによる引け巣の発生予測を試みたもので、全編6章よりなる。

第1章は緒言であり、本研究の背景や目的について述べている。

第2章では、各種形状の鑄物を作製し、引け巣がどのように出るか、特に押湯ネックの寸法の影響について調べている。引け巣はネック寸法に非常に敏感であり、押湯効果を最大限に発揮させるネック寸法があること、また、凝固殻が弱く、外殻変形が起りやすいことが見いだされた。

第3章では、鑄物を凝固途中で焼入れし、固相率分布を調べ、この実測値に近い結果を与えるような凝固シミュレーション法を検討している。オーステナイト中の炭素の拡散を考えたモデルで鑄物内の固相率分布を記述できること、また、鑄物の膨張が真の体積変化によるものでなく、外殻を形成するスケルトンの肥大化によるものであることを示している。

第4章では、膨張の原因である黒鉛が固相に対してどのような割合で成長するのか調べるために、恒温凝固・焼き入れ実験を行い、球状黒鉛鑄鉄の凝固過程を観察している。その結果、オーステナイトと黒鉛の比率は、凝固時に一定ではなく、過共晶組成の場合でも凝固初期にオーステナイトが優先的に成長しやすいことが見出された。これは重要な知見である。

第5章では、スケルトン構造の考えを基に局所的なマスバランスに基づくシミュレーションにより引け巣の発生予測を行っている。第2章および第3章で取り上げた鑄物形状について計算し、半定量的に実験結果を説明することに成功している。この新しい手法は今後実用的発展の可能性が大きい。

第6章は本研究の総括であり、本研究の主要な成果を要約している。

以上要するに本論文は、球状黒鉛鑄鉄鑄物での引け巣発生要因として、凝固時のスケルトン構造を提唱し、それに基づく引け巣の発生予測の有効性を確かめたものであって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、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。