

# 論文内容要旨 (和文)

平成 17 年度入学 大学院博士後期課程 物質生産工学 専攻 物質設計工学 講座

学生番号 05522206

氏名 重野 勝利



(英文の場合は、その和訳を ( ) を付して併記すること。)

論文題目 片状黒鉛鋳鉄の切削性評価に関する研究

本論文は、化学的解析を中心にして片状黒鉛鋳鉄の切削性に関する要因を評価した結果をまとめたものであり、各章の概要は次のとおりである。

第 1 章では鋳鉄の機械的性質や用途、種類について述べ、片状黒鉛鋳鉄の黒鉛形状、基地組織についてまとめた。また、Fe-C系平衡状態図を用いて、配合元素の特徴や黒鉛化への影響を述べ、接種の目的と効果についてまとめた。本研究ではキュボラ溶解による溶湯を扱うため、その鋳造工程についてもまとめてある。さらに切削性の評価方法、コストメリットについて触れ、これまで行われてきた切削性に対する研究の要点を紹介し、本研究の目的を明確にした。鋳物業界では、顧客からのコスト低減、品質向上、加えて近年の原材料高騰、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出問題など地球環境にも対応した生産が求められるようになってきた。このような背景から、生産性を大きく左右する切削性は重要視されており、切削の高速化によりその重要性はさらに増してきた。切削を行う上で刃具の寿命は一定でなく、刃具種及び鋳物の品質で大きく異なり、未だ鋳物の切削性については解明されていない。これまでの研究では、鋳物内に存在する硬質物質が切削時に影響を与えると考えられてきた。本研究では化学的アプローチから切削性に影響を与える要因について解明していくことを目的とした。

第 2 章では切削性の大きく異なる試料をSEM, XRD, XPSにより化学的に分析し、その違いを追究した。切削性の悪い鋳鉄は、より内部まで酸素が侵入し、同時に鉄酸化物が多く生成していることがわかった。鋳鉄内部の酸素の含有量が数 10ppm 程度であることから、切削性に対しては表面から侵入する酸素の度合いが支配的になっていることがわかった。切削は通常空気中で行われるため、切削中に化学的により活性化した鋳物表面が現われると、切削性は悪化し、鉄酸化物を生成しやすくなる。

第 3 章では第 2 章の結果を受け、酸素の影響について追究した。酸素プローブを用いて溶湯中の遊離酸素の測定を行った。溶湯中の遊離酸素量は温度依存性が高く、その含有量は 1ppm程度であった。低温領域では配合元素の中でもSiの酸化性が強くSiO<sub>2</sub>として存在するため、接種剤の種類を変えても遊離酸素量に違いはなく、ほとんど存在しないことがわかった。遊離酸素は接種処理を介して、溶湯性状に関わっているが、刃先摩耗量と相関はなく、切削性に直接的には影響してこない。しかし、酸素の挙動に関しては酸素自体の正確な分析が困難なこともあり、これまでの研究でも未解明な部分が多く、詳細な解明は今後の研究に委ねる。

第 4 章では、鋳鉄中の配合元素及び切削条件の影響について追究した。鋳造条件の異なる試料を作製し、周速 350m/min と 1000m/min の切削で刃先摩耗量を比較した。350m/min の切削では、(C+Si)のトータル量で切削性はほぼ決まることがわかった。配合元素の中ではSiの影響が大きく、Siが増加すると軟らかく粘質なフェライトが生成しやすくなるため、鋳鉄の硬さに対してマイナスの傾向が現われ、刃先摩耗量は大きくなり切削性

は悪化する。それに対し、1000m/min の切削では配合元素の影響をうけず、刃先摩耗量は350m/min での値の1/5 と小さく、切削性は良好であることがわかった。切粉の形状及び断続切削において刃先摩耗量が小さかったことから、両者の違いが刃先温度の影響によるものと考えられた。

これまで削られる側の鋳鉄について追究してきたが、第5章では視点を変え、削る側の刃具について追究した。SEM分析により、350m/min で切削したときの刃先摩耗部に Al が選択的に付着することがわかった。刃先温度のシミュレーション結果から、刃具と鋳物の接触部温度がおおよそ 700°C になることがわかり、切削時の摩擦熱により Al が蒸着したと思われる。それに対し、1000m/min の切削では Al がほとんど検出されなかったことから、刃先温度の影響が350m/min と1000m/min の切削性を大きく変えている要因と考えられた。

第6章では、第4章、第5章の結果をうけ、刃先温度の影響について追究した。非接触温度計による測定により、周速を変えたときの刃先温度を比較した。1000m/min の高速切削では切削開始後に温度が急激に上昇した後、切削距離4km のところから刃先温度は下がっていった。それに対して、200、350m/min の低速切削では切削が終了するまで徐々に温度は上昇していったため、状況によっては  $Al_2O_3$  ができて摩耗の増大に寄与しているのかもしれない。この刃先温度の違いが、切削性の違いとして現われたと考える。また、350m/min における切削の方が切削したときの鋳物表面温度が高いことから、刃先温度が切削性に大きく影響を与える要因だと考えられる。

一方、中間的な600、800m/min の切削では刃先温度が徐々に上昇したあと、同じ切削距離4km のところから刃先温度は上昇しなくなり、刃先摩耗量が小さい良好な切削性を示した。この切削条件が最も安定した切削が行える領域だと思われる。各周速で切削距離4km の時点で切削の状況が変わる要因については未解明であるが、刃先に検出された Al の挙動が大きく影響すると思われる、今後の研究課題である。また、熱電対による測定においては、より摩耗部に近い位置で実施でき、精度良く測定できた。350m/min においては、1サイクルの温度上昇幅が大きく、1000m/min では小さい。非接触温度計と同様の結果が得られ、350m/min と1000m/min の切削性の違いが刃先温度の影響によるものと確認できた。

以上の研究結果から、切削性は鋳造したときの材料、温度など鋳造する段階から刃具の選定、切削の条件設定など切削工程が終了するまで常に様々な要因が絡んできており、それらの複合的な効果によって最終的に刃先摩耗量に現れる。まず切削条件によるところが大きく、刃先温度が切削性に大きく影響している。その条件下で低速切削においては、鋳造条件により、(C+Si)量に影響され、配合元素特にSiの含有量により切削性は違ってくる。加えて、切削時、鋳鉄の結晶構造的な要因によっても切削性は影響される。高速切削においては、配合元素の影響をうけず、切削性が良好であるため、素材間のバラツキのない均一性の鋳物の提供が重要になる。配合元素の中でも、微量の含有量である Al の挙動を解明していくことが、今後切削性の解明へ繋がるものと考えられ、この点においても本研究の成果が鋳物業界にとって意義あるものと思われる。ただ、本研究の成果は切削性に影響を及ぼす数多くある因子の一部であり、今後、切削性を追究する上で、多方面からのアプローチも必要だと考えられる。

# 学位論文審査及び最終試験の結果の要旨

平成 20 年 2 月 22 日

大学院理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員

主査 菅原 陸郎

副査 尾形 健明

副査 飯塚 博



学位論文審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

## 記

### 1. 論文申請者

専攻名 物質生産工学

氏名 重野 勝利

### 2. 論文題目

片状黒鉛鋳鉄の切削性評価に関する研究

### 3. 審査年月日

論文審査 平成 20 年 1 月 22 日～平成 20 年 2 月 7 日

論文公聴会 平成 20 年 2 月 7 日

場所 工学部物質化学工学教室 3-2307

最終試験 平成 20 年 2 月 7 日

### 4. 学位論文審査及び最終試験の結果

学位論文審査 合格

最終試験 合格

### 5. 学位論文審査結果の要旨

別紙のとおり

### 6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

専攻名	物質生産工学	氏名	重野 勝利
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、化学的解析を中心にして片状黒鉛鑄鉄の切削性に関与する要因を評価した結果をまとめたものであり、各章の概要は次のとおりである。</p> <p>第1章では、鑄鉄の生産性を大きく左右する製品の切削性の重要性を指摘している。これまでの研究では、鑄物内に存在する硬質物質が切削時に影響を与えると考えられてきた。本論文では、新しい視点に立ち、化学的アプローチから切削性に影響を与える要因について解明し、鑄鉄の製造技術への寄与を目的としている。</p> <p>第2章では、切削性の大きく異なる試料をSEM, XRD, XPSにより化学的に分析し、その違いを論じている。切削性の悪い鑄鉄は、より内部まで酸素が侵入し、同時に鉄酸化物が多く生成していることを明らかに、切削中に化学的により活性化した鑄物表面が現われると、切削性は悪くなり、鉄酸化物が生成しやすくなることを結論している。</p> <p>第3章では、鑄鉄製造過程における酸素の影響を検討するため、酸素プローブを用いて溶湯中の遊離酸素の測定を行った結果を述べている。溶湯中の遊離酸素量は温度依存性が高く、その含有量はおよそ1ppmであり、接種剤の種類を変えても遊離酸素量に違いはないことを見出している。遊離酸素は接種処理を介して、溶湯性状に関与するが、刃先摩耗量と相関はなく、切削性に直接的には影響しないことを結論している。</p> <p>第4章では、鑄造条件の異なる試料を作製し、周速を変えたときの刃先摩耗量を比較して検討した結果をまとめている。低周速での切削では、(C+Si)のトータル量で切削性はほぼ決まることを見出している。また、刃先温度を測定し、周速の違いによる刃先磨耗量を考察している。</p> <p>第5章では、SEMによる刃具の表面観察と元素分析の結果を述べている。低周速で切削したときの刃先摩耗部に、鑄鉄中の微量元素であるAlが選択的に付着することを見出し、微量元素が切削性に関与していることを明らかにしている。また、刃先温度のシミュレーションを行い、Alの析出は刃先温度の影響であると結論している。</p> <p>第6章では、非接触温度計あるいは熱電対による刃先温度と切削距離との関係を述べている。低周速では、刃先温度がある切削距離を越えると、温度が上昇することを見出し、刃具の磨耗と刃先表面の析出物を考慮して考察している。これは、鑄物からの微量成分の析出と酸化物の生成であり、今後の切削性評価の指針となることを結論している。</p> <p>第7章では、本研究の成果を要約し、鑄鉄の切削性に関する今後の技術的課題を提示している。</p> <p>本研究の成果は、国際学術雑誌に2編が掲載され、2編が投稿中である。以上のとおり、本研究は、学術的、工学的に価値ある知見を多く含んでおり、博士(工学)の学位論文として合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>公聴会終了後30分にわたり、学位論文に関連した分野の口頭試問を行った。質問事項に対して適切な応答があり、基礎学力に加えて本研究課題に関する経験と知識が豊富であると判断された。また、学位論文の背景となる関連分野について将来展望が明確であり、これらの分野を総合して新規な研究を展開していく能力を有していることが認められ、最終試験を合格と判定した。</p>			