

<b>氏 名</b>	いしかわ こう 石 川 洸
本籍（国籍）	宮 城 県
学位の種類	博士(理工学)
学位記番号	理工博 第2号
学位授与年月日	令和4年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	理工学研究科自然・応用科学専攻
<b>学位論文 題目</b>	<b>高周波誘導炉内の溶湯保持時間による球状黒鉛鑄鉄の溶湯性状と材質に関する研究</b>
学位審査委員	主査 教授 平塚貞人 副査 教授 水本将之 副査 准教授 山口 明

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、球状黒鉛鑄鉄において、高温で長時間保持の焼結作業によって発生する焼結溶湯を、そのまま使用することを目的として、球状黒鉛鑄鉄における長時間保持が溶湯性状及び材質に与える影響の調査と、改善する手法を検討した。

第1章の序論では、本研究の社会的背景として、日本の鉄鋼・鑄造業を取り巻く環境と、それに対応するための課題を述べた。また、本研究に関わる、鑄鉄材料の特徴及び基本的な性質を理解するため、鑄鉄全般及び球状黒鉛鑄鉄の特性などについて述べた。さらに、本研究に関する従来の研究について触れ、研究の課題と目的について述べた。

第2章の焼結保持鑄鉄溶湯の溶湯性状と材質では、焼結作業で発生した溶湯をそのまま試験片に鑄込んだものと、溶湯を通常溶湯と合わせて”薄めた”溶湯を試験片に鑄込んだもの及び、薄めた溶湯に接種剤を添加した溶湯を試験片に鑄込んだものを評価し、焼結溶湯が球状黒鉛鑄鉄に与える影響を調査した。その結果、焼結溶湯をそのまま用いた溶湯において、元湯、球状化处理溶湯ともにチル深さは増加し、さらに球状化处理溶湯においてひけ量の増加が確認され、パーライト面積率の増加、黒鉛粒数は減少した。しかし、球状化率や機械的性質に大きな差は見られなかった。また、焼結溶湯を通常溶湯と合わせて薄めた溶湯の場合、チル深さ、ひけ量が減少することが確認され、焼結溶湯は薄めて使用する現在の手法でない、欠陥が発生する可能性が高いことが明らかとなった。

第3章の鑄鉄溶湯の溶湯性状と材質に及ぼす溶湯保持時間の影響では、実験炉のるつぼをアルミなるつぼ、スピネルるつぼの2種類を用いて、溶湯保持中に除滓材を撒くことで成分値を安定させた状態とし、長時間高温で保持した時のチル

深さ，ひけ体積，流動長，機械的性質を調査した．その結果，アルミナるつぼとスピネルるつぼを用いた時に大きな差は見られなかったが，チル深さ，流動長，ひけ体積，黒鉛粒数は同様に悪化することが明らかとなった．

第4章の長時間保持鋳鉄溶湯の溶湯性状と材質に及ぼす Zr 含有接種剤の影響では，第3章で得られた結果をもとに，黒鉛核物質の減少に伴う黒鉛粒数の減少及び，初晶オーステナイトデンドライトの粗大化による流動長の減少を改善することを目的とし，Zr を含有する接種剤を予め元湯に添加し，長時間保持することでその影響を調査した．その結果，元湯チル深さが長時間保持しても一定となり，処理後のチル深さも一定で小さい値となることが明らかとなった．また，流動長も保持しなかった溶湯と同等の値となり，ひけ量も低い値で安定し，黒鉛粒数及び黒鉛面積率が増加することが明らかとなった．

第5章の長時間保持溶湯を用いた球状黒鉛鋳鉄製品の量産ラインへの適用では，本研究で得られた知見を基に実用化実験を行った．焼結作業前に元湯に Zr 含有接種剤を添加し，溶湯を長時間高温で保持した溶湯をそのまま各種試験片及び，製品に鋳込んで評価を行った．試験片の結果からはチル深さ，流動長，ひけ性，機械的性質などすべての結果において，通常処理を行った溶湯と比較して同等以上の結果を得ることができた．また，製品に鋳込んだ結果においても，通常溶湯と比較して内部欠陥は見られず，さらに組織にチルなどの異常組織は確認されず，安定した品質で製品を製造することが可能であることが明らかとなった．

第6章は総括であり，本研究の成果を要約して示した．

## 論文審査結果の要旨

本論文では，高温長時間保持の焼結作業によって発生する球状黒鉛鋳鉄の焼結溶湯を，そのまま使用することを目的として，球状黒鉛鋳鉄の長時間保持が溶湯性状及び材質に与える影響を調べると共に，その溶湯を用いた球状黒鉛鋳鉄の材質を改善する手法を検討している．

第1章の序論では，本研究の社会的背景，日本の鉄鋼・鋳造業を取り巻く環境と課題，球状黒鉛鋳鉄の特性などについて述べている．また，本研究の目的と意義，本研究の構成と方針について述べている．

第2章の焼結保持鋳鉄溶湯の溶湯性状と材質では，焼結作業で発生した溶湯をそのまま試験片に鋳込んだものと，溶湯を通常溶湯と合わせて”薄めた”溶湯を試験片に鋳込んだもの，薄めた溶湯に接種剤を添加した溶湯を鋳込んだものについて，それぞれの焼結溶湯が球状黒鉛鋳鉄の材質に与える影響を調査している．焼結溶湯をそのまま用いた溶湯の場合，元湯，球状化処理溶湯ともにチル深さは増加し，さらに球状化処理溶湯においてひけ量とパーライト面積率は増加し，黒鉛粒数は減少するが，球状化率や機械的性質に大きな差は見られないことを明らかにしている．また，焼結溶湯を通常溶湯と合わせて薄めた溶湯の場合，チル深さ，

ひけ量が減少することも分かり、焼結溶湯は薄めて使用する手法でないと欠陥が発生する可能性が高いことを明らかにしている。

第3章の鑄鉄溶湯の溶湯性状と材質に及ぼす溶湯保持時間の影響では、実験炉のるつぼとしてアルミなるつぼとスピネルるつぼの2種類を用いて、溶湯保持中に除滓材を撒くことで成分値を安定させた状態にして、長時間高温で保持した時のチル深さ、ひけ体積、流動長、機械的性質を調査している。その結果、アルミなるつぼとスピネルるつぼを用いた時に大きな差はなく、どちらの長時間保持溶湯でも、チル深さ、流動長、ひけ体積、黒鉛粒数に悪影響を及ぼすことを明らかにし、課題も的確に抽出している。

第4章の長時間保持鑄鉄溶湯の溶湯性状と材質に及ぼすZr含有接種剤の影響では、黒鉛核物質の減少に伴う黒鉛粒数の減少と初晶オーステナイトデンドライトの粗大化による流動長の減少を改善することを期待し、Zrを含有する接種剤を予め元湯に添加し、長時間保持溶湯のチル深さ、流動長、ひけ体積、黒鉛粒数を調査している。その結果、チル深さは長時間保持しても一定となり、流動長も保持しなかった溶湯と同等の値となり、ひけ量も低い値で安定し、黒鉛粒数及び黒鉛面積率が増加することを明らかにし、材質改善に適した溶湯処理方法を提案している。

第5章の長時間保持溶湯を用いた球状黒鉛鑄鉄製品の量産ラインへの適用では、本研究で得られた知見を基に自動車部品への実用化実験を行っている。焼結作業前の元湯にZr含有接種剤を添加し、長時間高温で保持した溶湯を製品に鑄込んでチル深さ、流動長、ひけ性、機械的性質などの材質評価を行っている。その結果、通常溶湯と比較して内部欠陥や異常組織はなく、機械的性質も基準を満たすことを明らかにし、品質の安定した製品を製造できる鑄造技術を確立している。

第6章は総括であり、各章のまとめと本研究成果の活用について述べている。本研究の成果は、高周波誘導炉内で溶湯保持された球状黒鉛鑄鉄の溶湯性状と材質の向上の一助となることが期待できる。

以上のように、本論文では、長時間保持溶湯を用いた球状黒鉛鑄鉄の材質改善方法を確立したもので、その理工学的意義が極めて大きい。

よって、本論文は博士（理工学）の学位論文として合格と認める。

## 原著論文名（1編）

### 1. 石川 洸，平塚 貞人，村上 充，塩谷 忠英

球状黒鉛鑄鉄の引張強さ、鑄造性、マイクロ組織に及ぼすスピネルるつぼ中溶湯保持の影響

鑄造工学 93巻,9号, 519-524, 2021年9月