

# レアアースレス球状黒鉛鋳鉄の疲労強度に関する研究

著者	船曳 崇史
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第374号
学位授与年月日	2015-03-23
URL	<a href="http://doi.org/10.15118/00005130">http://doi.org/10.15118/00005130</a>

氏名	フナビキ タカフミ 船 曳 崇 史
学位論文題目	レアアースレス球状黒鉛鑄鉄の疲労強度に関する研究
論文審査委員	主査 教授 清水 一道 教授 中野 博人 教授 河合 秀樹 教授 藤木 裕行

### 論文内容の要旨

本研究では、自動車部品などに幅広く使用される球状黒鉛鑄鉄を対象とし、その品質向上のために使用されるレアアース (RE) を含有した球状化剤に着目した。RE の含有量を調整した球状黒鉛鑄鉄を製作し、疲労強度への影響を明らかにすることで、低減可能な RE 含有量について検討を行った。

第一章では、球状黒鉛鑄鉄の機械的性質と RE の関係について述べるとともに、本研究の意義及び目的を述べた。

第二章では、RE2%と RE0%の球状化剤を使用して表面性状が平滑状態と鑄肌状態の球状黒鉛鑄鉄を製作し、平面曲げによる疲労試験を行った。その結果、平滑材では RE0%の試験片において RE2%の試験片と比較して疲労強度が 13%低下した。鑄肌材では RE0%における疲労強度の低下率が 11%となり平滑材よりも低くなった。しかしながら、疲労強度が平滑材と比較して RE2%では 50MPa, RE0%では 30MPa 低下した。この要因を考察するため、破面観察を行った結果、鑄造欠陥が確認された。 $\sqrt{\text{area}}$ パラメータモデルから $\Delta K$ と $\Delta K_{th}$ にて鑄造欠陥を評価した結果、平滑材では $\Delta K > \Delta K_{th}$ となる内部の鑄造欠陥により疲労強度が低下した。鑄肌材では表面近傍の欠陥の $\Delta K/\Delta K_{th}$ の数値が内部の欠陥よりも大きくなったため、平滑材よりも疲労強度が低下したと推察される。

第三章では、RE2%と RE0%の球状化剤を使用し、基地組織をフェライト地の FDI, パーライト面積率 30%の PDI(30), パーライト地の PDI とした球状黒鉛鑄鉄における疲労強度を調査した。その結果、RE0%の試験片において、FDI で 10%, PDI(30)で 13%, PDI で 23%疲労強度が低下した。各組織において破面を観察した結果、 $\Delta K$

>  $\Delta K_{th}$ となる鑄造欠陥が確認されたが、PDIにおける $\Delta K/\Delta K_{th}$ の値は1.60となり、FDI および PDI(30)と比較して大きくなったため疲労強度の低下率が最大となったと推察される。

第四章では、球状化剤中のRE含有量を0%,0.3%,0.5%,2.0%に調整した球状黒鉛鑄鉄を製作し、平面曲げ疲労試験を行うことで、低減可能なRE含有量について検討を行った。RE0.3%,0.5%,2.0%と比較してRE0%の試験片では約8%疲労強度が低下した。破面に観察された鑄造欠陥を定量評価した結果、 $\Delta K/\Delta K_{th}$ の値が0.3%,0.5%,2.0%で小さくなったことから0.3%までRE含有量を低減可能であると推察される。RE0%の試験片において黒鉛粒数がチル臨界粒数である300ヶ/mm<sup>2</sup>以下となったため、ひけ巣が潰されずに鑄造欠陥の寸法が大きくなり、疲労強度が低下した可能性が示唆される。

第五章は総括であり、本研究の成果を要約した。

## ABSTRACT

In this study, the spheroidal graphite cast iron is widely used for automobile parts and the object to be focused on sphering agent containing rare earth (RE) used for its quality. And produced spheroidal graphite cast iron content RE was adjusted, it is possible to clarify the effect on the fatigue strength, it is considered to reduce possible RE content.

In 1st chapter, I describe the relationship between the mechanical properties and the RE of spheroidal graphite cast iron.

In 2nd chapter, RE2% and RE0% of the nodularizer is produced spheroidal graphite cast iron of the smooth specimens, and subjected to plane bending fatigue test. As a result, compared to the fatigue strength and RE2% of the specimens in RE0% of the specimen smooth material is reduced 13%. The results of evaluation of the casting defects, the fatigue strength is decreased by casting defects inside of the  $\Delta K > \Delta K_{th}$  a smooth material.

In 3rd chapter is to use the RE0% and RE2% of nodularizer, FDI the base structure of ferrite land, pearlite area ratio of 30% of the PDI (30), and the fatigue strength in spheroidal graphite cast iron, which was perlite land of PDI was investigated. As a result, the RE0% of the test piece, 10% FDI, 13% in the PDI (30), 23% fatigue strength at PDI decreased. The results of the observation of the fracture surface in each organization, but

casting defect that becomes the  $\Delta K > \Delta K_{th}$  has been confirmed.

In 4th chapter, the RE content in the nodularizer 0%, 0.3%, and produced a spheroidal graphite cast iron was adjusted 0.5%, 2.0% and by making the plane bending fatigue test, can reduce RE content I was examined. RE0.3%, about 8% fatigue strength is lowered by RE0% of the specimen by comparing 0.5%, and 2.0%. As a result of quantitatively evaluating the casting defects were observed in the fracture surface, the value of  $\Delta K / \Delta K_{th}$  0.3% is assumed to be possible to reduce the RE content of 0.5%, since it was reduced to 2.0% to 0.3% that. Since the graphite grains number in RE0% of the specimens is equal less than 300 number/mm<sup>2</sup> is chill critical particle count, the inflation pressure by crystallization of graphite is reduced, is suggested that the increased casting defects.

In 5th chapter is summary, I have summarized the results of this study.

## 論文審査結果の要旨

本論文は、自動車用部品などに幅広く使用される球状黒鉛鋳鉄を対象とし、その品質向上のために使用されるレアアース (RE) を含有した球状化剤における RE の含有量を調整した球状黒鉛鋳鉄を製作後、疲労試験によって疲労強度への影響を明らかにすることで、低減可能な RE 含有量について検討を行った内容を報告したものである。

一般的に使用されている RE2.0%の球状化剤と RE を低減した RE0%の球状化剤を使用して、薄肉の球状黒鉛鋳鉄を製作し、平面曲げ疲労試験による疲労強度の調査を行った結果、RE0%では RE2.0%の試験片と比較して疲労強度が低下することが明らかとなった。試験片内部に存在する鑄造欠陥を定量的に評価した結果、RE0%では鑄造欠陥が大きくなり疲労強度が低下する要因となっていた。また、球状黒鉛鋳鉄は自動車部品に幅広く使用されているため、基地組織を変化させ疲労試験を行ったが、基地組織を変化させた場合でも同様の傾向が確認され、RE0%では鑄造欠陥の影響により疲労強度は低下した。RE2.0%では疲労強度の低下を抑えることが可能であったが、2.0%では過剰な含有量となっている可能性が示唆されたため、球状化剤中の RE 含有量を 0%,0.3%,0.5%,2.0%に調整した球状黒鉛鋳鉄を製作し、疲労試験を行った。その結果、RE0%では疲労強度は低下したが、0.3%,0.5%,2.0%の疲労強度に差は生じていなかった。鑄造欠陥の大きさに関しても、RE を含有している試験片では変化は確認されなかったため、球状化剤中の RE 含有量は 0.3%まで

低減可能であることが示唆された。RE0%の球状化剤を使用することで鑄造欠陥が大きくなり、疲労強度が低下する要因の一つとして黒鉛粒数が考えられ、黒鉛粒数がチル臨界粒数である 300 個/mm<sup>2</sup> 以下となった場合、ひけ巣が潰されずに鑄造欠陥の寸法が大きくなり、疲労強度が低下した可能性が示唆された。また、今後の用途検討や課題、活用事例などを踏まえ十分な議論がされた内容である。

本研究は、レアアースを低減した球状黒鉛鑄鉄の開発を進め、基礎的な評価試験および疲労試験においては、大変興味深い結果を示した。このため、審査員の合議により本論文は学位に値するものと判断した。