



## 高温環境下における鋳鉄のエロージョン摩耗特性

メタデータ	言語: eng 出版者: 公開日: 2018-05-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 張, 堯 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.15118/00009627">https://doi.org/10.15118/00009627</a>

氏 名 張 堯 (チョウ ヤオ)

学位論文題目 Erosive wear characteristics of cast irons at elevated temperature  
(高温環境下における鋳鉄のエロージョン摩耗特性)

論文審査委員 主査 教授 清水 一道  
教授 河合 秀樹  
教授 寺本 孝司

### 論文内容の要旨

粉粒体の衝突により材料表面が損傷、除去される現象をエロージョンと呼ぶ。高炉上部に設置されている旋回シュートでは、鉄鉱石やコークスが衝突することにより、最大 1173K の高温環境下において著しいエロージョン摩耗が発生し問題となっており、高温環境下に適した耐熱耐摩耗材料の開発が求められている。近年、多くの研究者が耐摩耗材料の開発を目的として様々な鉄鋼材料および種々の合金の研究を行ってきた。

材料溶解時に種々の元素を添加し、鑄造することで凝固時に高硬度な炭化物を晶出させた多合金鋳鉄に着目した。この多合金鋳鉄は、熱処理により二次硬化するため優れた耐摩耗性を示すことが期待されている。そこで本研究では、炭素(C)を 3%、マンガン(Mn)を 4%、バナジウム(V)を 5% 添加し、クロム(Cr)含有量を 0, 4.5, 9% と変化させた 3 種類、C を 2%, Cr, モリブデン(Mo), タングステン(W), ニオブ(Nb)をそれぞれ 5%、ニッケル(Ni)含有量を 0, 3, 5% と変化させた 3 種類、および C を 1.0, 1.5, 2.0%, Cr, Mo, W, V, コバルト(Co)をそれぞれ 5%, Ni 含有量を 0, 5, 10% と変化させた 9 種類、計 15 種類の多合金鋳鉄を供試材として溶製し、高温環境下におけるエロージョン摩耗特性を調査した。

第一章では、研究背景や本研究の意義及び目的を述べた。

第二章では、各種多合金鋳鉄の溶製を行い、高温エロージョン摩耗特性の評価方法などについて述べた。

第三章では、第二章において溶製した Fe-C-Mn-Cr-V 系多合金鋳鉄を供試材として用い、高温エロージョン摩耗試験を進め、Cr の添加による耐エロージョン摩耗性に影響を調査した。Cr を 9% 添加した供試材は、Cr が酸化を抑制し、酸化量が極めて少ないため、優れた耐摩耗特性を得られたことを明らかにした。

第四章では、第二章において溶製した Fe-C-Cr-Mo-W-Nb 系多合金鋳鉄を供試材として用い、高温エロージョン摩耗試験を進め、耐エロージョン摩耗性に影響を及ぼす Ni の効果を調査した。Ni 添加量の増加とともに、晶出炭化物量が増加していたことから、高温環境下におけるエロージョン摩耗特性の向上に有効であることが明らかとなった。

第五章では、第二章において溶製した Fe-C-Cr-Mo-W-V-Co 系多合金鋳鉄を

供試材として用い、高温エロージョン摩耗試験を進め、C含有量及びNi添加量による耐エロージョン摩耗性に及ぼす影響を調査した。C及びNiは高温硬さや酸化特性に大きく影響していることが明らかとなった。特にNiの添加による影響が顕著に見られたとともに、高温環境下では、Niの添加が有効であることを示した。

第六章は総括であり、本研究の成果を要約する。

## ABSTRACT

Surface damage that caused by the impact of dispersed particles in solid or gas flow is called erosion. It happens in many industrial components and is recognized as a reasonable cause of material failure. In recent years, an increasing number of apparatuses are used at elevated temperature and with the working conditions becoming severe, the phenomenon of high temperature erosion has received more and more attention. In an attempt to reduce the manufacturing and maintenance costs, the development of excellent thermal and wear resistant materials for different applications has always a major focus.

Multi-component cast irons with the addition of carbide forming elements such as Cr, Mo, W, V and Nb have been proved to exhibit good resistance to erosive wear due to the retention of hardness by hard carbides dispersed in the matrix, even at elevated temperature. In this thesis, various multi-component cast irons were prepared as experimental materials and the high temperature erosive wear characteristics was investigated to provide guidance for material composition design.

In Chapter 1, research background and purpose of this thesis were described.

In Chapter 2, production method of various experimental materials which were used in this research were described. Evaluation method of erosive wear characteristics was also stated.

In Chapter 3, using Fe-C-Mn-Cr-V based multi-component cast iron, the influence of Cr addition on erosive wear characteristics was investigated at 873 K and 1173 K. Cr dissolved in the matrix helped control the formation of oxides, resulting in improved thermal resistance. Cr also promoted the formation of carbides, especially  $M_7C_3$  carbides, which were effective in enhancing the matrix strength to improve the erosive wear characteristics.

In Chapter 4, using Fe-C-Cr-Mo-W-Nb based multi-component cast iron, the influence of Ni addition on erosive wear characteristics was investigated at 1173 K. With the feature of encouraging the carbide formation and remaining good heat resistance, Ni was proved to be effective to improve the erosive wear characteristics.

In Chapter 5, using Fe-C-Cr-Mo-W-V-Co based multi-component cast iron, the

influence of C content and Ni addition on erosive wear characteristics was investigated at 1173 K. It has been clear that high temperature hardness and oxidation characteristics greatly changed due to the changes in C content and Ni addition. The improvement of high temperature hardness and oxidation characteristics are important factors in high temperature erosive wear and the addition of Ni is effective for this improvement.

In Chapter 6, main conclusions obtained in this research were reviewed.

## 論文審査結果の要旨

粉粒体の衝突により材料表面が損傷，除去される現象をエロージョンと呼ぶが，高炉上部に設置されている巡回シュートでは，鉄鉱石やコークスが衝突することにより，最大 1173K の高温環境下においてこのエロージョン摩耗が著しく発生し問題となっている．このことから，近年，多くの研究者が高温環境下に適した耐熱耐摩耗材料の開発を目的として様々な鉄鋼材料および種々の合金の研究を行ってきた．

そこで本研究では，材料溶解時に種々の元素を添加し，鑄造することで凝固時に高硬度な炭化物を晶出させた多合金鑄鉄に着目し，熱処理により二次硬化するため優れた耐摩耗性を示すことが期待されているこの多合金鑄鉄を調査した．炭素(C)を 3%，マンガン(Mn)を 4%，バナジウム(V)を 5%添加し，クロム(Cr)含有量を 0, 4.5, 9%と変化させた 3 種類，C を 2%，Cr, モリブデン(Mo)，タングステン(W)，ニオブ(Nb)をそれぞれ 5%，ニッケル(Ni)含有量を 0, 3, 5%と変化させた 3 種類，および C を 1.0, 1.5, 2.0%，Cr, Mo, W, V, コバルト(Co)をそれぞれ 5%，Ni 含有量を 0, 5, 10%と変化させた 9 種類，計 15 種類の多合金鑄鉄を供試材として溶製し，高温環境下におけるエロージョン摩耗特性を調査した結果について報告するものである．

Fe-C-Mn-Cr-V 系多合金鑄鉄の溶製を行い供試材として用い，高温エロージョン摩耗試験を進め，Cr の添加による耐エロージョン摩耗性の影響を調査した．その結果，Cr を 9%添加した供試材は，Cr が酸化を抑制し，酸化量が極めて少ないため，優れた耐摩耗特性が得られたことを明らかにした．また，溶製した Fe-C-Cr-Mo-W-Nb 系多合金鑄鉄を供試材として用い，高温エロージョン摩耗試験を進め，耐エロージョン摩耗性に影響を及ぼす Ni の効果を調査した結果，Ni 添加量の増加とともに，晶出炭化物量が増加していたことから，高温環境下におけるエロージョン摩耗特性の向上に有効であることを示した．更に，溶製した Fe-C-Cr-Mo-W-V-Co 系多合金鑄鉄を供試材として用い，高温エロージョン摩耗試験を行い，C 含有量及び Ni 添加量による耐エロージョン摩耗性に及ぼす影響を調べ，C 及び Ni は高温硬さや酸化特性に大きく影響していることを見出した．特に Ni の添加による影響が顕著に見られたとともに，高温環境下では Ni の添加が有効であることを示した．

本研究では，多合金鑄鉄を用いることにより高温環境下においても耐熱耐摩

耗に適した材料を開発することが可能であることが検証された。本研究結果により、今後の用途検討や課題、活用事例等を踏まえ十分に議論された内容であり、鉄鋼業の多い室蘭地域において、旋回シュート等これからの活用が十分期待される。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。