



室温および高温環境下における高クロム系多合金白色鋳鉄のエロー ジョンおよびアブレシブ摩耗特性

メタデータ	言語: English
	出版者:
	公開日: 2025-06-12
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: Mohammad, Jobayer Huq
	メールアドレス:
URL	所属:
	http://hdl.handle.net/10258/0002000343

氏名	Mohammad Jobayer Huq (モハムド ジョバヤイ フク)
学位論文題目	Abrasive and erosive wear characteristics of high chromium based multicomponent white cast irons at room and elevated temperature (室温および高温環境下における高クロム系多合金白色鋳鉄のエロージョンおよびアブレシブ摩耗特性)
論文審査委員	主査 教授 清水 一道 教授 藤木 裕行 准教授 楠本 賢太

論文内容の要旨

本研究では, ASTM G 65 に準拠したラバーホイール摩耗試験において, 高クロム鋳鉄 (HCCI) のアブレシブ摩耗特性に及ぼす炭素 (C) とチタン (Ti) の影響を調査した. C と Ti を系統的に添加することにより, HCCI の耐摩耗性と硬度を調査し, まざまなクロム (Cr) 含有量の多合金白鋳鉄 (MWCI) と比較した. その結果, C を多く含み Ti を含まない HCCI (4C-0Ti) は, より大きく硬い M_7C_3 炭化物を有し, 硬度の増加により室温での耐摩耗性が向上することが明らかになった. しかし, Ti を添加すると TiC が晶出し, M_7C_3 炭化物が微細化するため, 硬度が低下し, 室温での耐摩耗性が低下した. さらに, C 値が高くなると, 硬度は高くなるが耐摩耗性は低下する.

一方, 高温環境下では, 硬度の低い試料 (3C-2Ti) が優れた耐高温アブレシブ摩耗性を示した. これは, C 値が低く, Ti 値が高い試料に見られる炭化物の微細化が, 耐摩耗性の向上に重要な役割を果たしていることを示唆している.

さらに, この研究では, HCCI に遷移金属 (バナジウム, モリブデン, タングステンなど) を添加した場合の摩耗挙動を調査している. Cr リッチな MWCI 組成 (18CrMWCI, 27CrMWCI, 35CrMWCI) の摩耗特性を調査した結果, 27CrMWCI は M_7C_3 および M_2C 炭化物析出による高い炭化物体積分率 (CVF) を示し, 最も高い硬度となることから, 最も優れた耐摩耗性を示すことが明らかとなった. 他の供試材に比べ, 35CrMWCI の CVF は低い, 耐酸化性に優れるため, 耐高温摩耗特性向上に寄与した.

このように, HCCI の耐高温摩耗特性の向上には, 炭化物の微細化と戦略的な合金化の両方が重要である.

ABSTRACT

This study explores the effect of carbon (C) and titanium (Ti) on the abrasive

wear characteristics of high chromium cast irons (HCCI) in three-body wear tests. By adding different levels of C and Ti, the wear resistance and hardness of HCCI samples were tested and compared to multi-component white cast irons (MWCI) with various chromium (Cr) content. Results reveal that HCCIs with higher C but without Ti (4C-0Ti) exhibit larger, harder M_7C_3 carbides, which enhance room-temperature wear resistance due to increased hardness. However, adding Ti leads to TiC precipitation, refining M_7C_3 carbides, which lowers hardness and reduces wear resistance at room temperature. Additionally, higher C levels result in higher hardness but lower wear resistance.

At elevated temperatures, the wear mechanism changes, as the hardness of the carbides does not improve wear resistance; instead, high hardness increases wear. The sample with lower hardness (3C-2Ti) exhibits the strongest high-temperature wear resistance. This suggests carbide refinement, seen in specimens with lower C and higher Ti, plays a key role in enhancing wear resistance.

Further, the study investigates wear behavior by adding transition metals (like Vanadium, Molybdenum, Tungsten, and Cobalt) to HCCI. Testing on Cr-rich MWCI compositions (18CrMWCI, 27CrMWCI, and 35CrMWCI) finds that 27CrMWCI exhibits the best wear resistance due to a high carbide volume fraction (CVF) and hardness, attributed to M_7C_3 and M_2C carbide precipitation. Comparatively, 35CrMWCI has lower CVF but better oxidation resistance due to a thinner oxidation layer, contributing to its superior high-temperature wear resistance.

Thus, both carbide refinement and strategic alloying are critical in improving high-temperature wear resistance in HCCI.

論文審査結果の要旨

本論文は、耐熱耐摩耗材料の開発を目的として、高クロム白鑄鉄を基本組成とし、炭素 (C) とチタン (Ti) 添加の影響、遷移金属 (バナジウム, モリブデン, タングステンなど) を添加した場合の室温および高温環境下における摩耗挙動を系統的に調査したものである。

第一に、C を多く含み Ti を含まない HCCI (4C-0Ti) は、より大きく硬い M7C3 炭化物を有し、硬度の増加により室温での耐摩耗性が向上することが明らかになった。しかし、Ti を添加すると TiC が晶出し、M7C3 炭化物が微細化するため、硬度が低下し、室温での耐摩耗性が低下した。さらに、C 値が高くなると、硬度は高くなるが耐摩耗性は低下する。

第二に、高温環境下では、硬度の低い試料 (3C-2Ti) が優れた耐高温アブレシブ摩耗性を示した。これは、C 値が低く、Ti 値が高い試料に見られる炭化物の微細化が、耐摩耗性の向上に重要な役割を果たしていることを示唆している。このように室温および高温環境下において良好な耐摩耗特性を示す組成が異なる。これは、詳細な摩耗面観察による摩耗メカニズム調査により、耐摩耗向上に必要なファクターが異なることを明らかにした。

第三に、HCCI に遷移金属を添加した場合の摩耗挙動を調査し、Cr リッチな MWCI 組成 (18CrMWCI, 27CrMWCI, 35CrMWCI) において、27CrMWCI は M7C3 および M2C 炭化物析出による高い炭化物体積分率 (CVF) を示し、最も高い硬度となることから、最も優れた耐摩耗性を示すことが明らかとなった。他の供試材に比べ、35CrMWCI の CVF は低いですが、耐酸化性に優れるため、耐高温摩耗特性向上に寄与した。このように、HCCI の耐高温摩耗特性の向上には、炭化物の微細化と戦略的な合金化の両方が重要である。

本研究で得られた成果により、実環境に合わせた最適な合金設計および組織制御を行うための指針が得られた。粉体摩耗を受ける部材の寿命は短く、その材質改善が強く求められているため、耐熱耐摩耗材料の開発に寄与するところが大きいといえる。よって、本論文著者は博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認められる。