

配管材料のエロージョン摩耗特性及び耐摩耗材料の開発

著者	牟禮 眞太郎, 清水 一道, 楠本 賢太
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	24
ページ	32-34
発行年	2014-02
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009034

配管材料のエロージョン摩耗特性及び耐摩耗材料の開発

牟禮 眞太郎^{*1}, 清水 一道^{*2}, 楠本 賢太^{*3}

1 はじめに

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。この現象は、粉体の固気二相流による輸送系でのパイプベンド部やバルブ、タービンブレード、ファン等において生じている。製鉄所、火力発電所のプラントでは、補助燃料として微粉炭を吹き込む設備が備えられており、パイプベンド部において、微粉炭の衝突によるエロージョン摩耗が報告されている。エロージョン摩耗により配管内部が摩耗し、外観からは判断できず、定期的な交換及び減肉部に肉盛り溶接を施すことにより事故を防いでいる。稼働率の向上及びコスト削減の観点から、余寿命の推定、耐摩耗材料の開発が喫緊の課題となっている。

これまで清水らにより基地組織に高硬度な炭化物を有し、粒子衝突により加工誘起変態することで優れた耐摩耗性を示す球状炭化物鋳鉄が開発されている⁽¹⁻³⁾。

株式会社栗本鐵工所では、合金配合や熱処理方法を検討し、川下企業のコスト低減を目指した更なる耐摩耗性材料の開発を進めている⁽⁴⁾。

本研究では、実際に使用されている鋳鉄管のエロージョン摩耗特性調査および鋳鉄管の耐摩耗性を定量的に評価することを目的とした。また、耐摩耗材料として期待されている多合金鋳鉄に着目した。炭化物形成元素である Cr, Mo, V, W を添加させた多合金鋳鉄は鋳造時に初晶、共晶炭化物として高硬度な炭化物を晶出し、熱処理によって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⁽⁵⁻⁷⁾。そこで、多合金鋳鉄を小型の真空溶解炉にて溶製し、従来材と耐摩耗性を比較した。

2 実験方法

使用した供試材は、(株)栗本鐵工所にて製造された耐摩耗鋳鉄管より切出した A, B, C の 3 種類である。供試材の化学成分を Table 1 に示す。試験片寸法は 50×50×10(mm)の平板状で、エロージョン摩耗特性調査には吸引式ブラストマシンを使用した。実験に使用した吸引式ブラストマシンの概略図を Fig. 1 に示す。衝突粒子は平均粒径 700 μ m、硬度 440Hv のスチールショットを用いた。使用した衝突粒子を Fig. 2 に示す。空気流速を約 100m/s、粒子噴射量を約 30.0g/sec.とした。衝突角度は 60deg.とし、1回の試験時間は 3600 秒とした。一定時間毎に電子天秤で測定した摩耗質量から摩耗体積を算出し摩耗量とした。密度の異なる試料の評価には、損傷速度 (Erosion rate : cm³/kg) を用いた。損傷速度とは、ターゲット材の摩耗体積を衝突粒子の総重量で除したものである。

目標組成に配合した各原材料を小型の真空溶解炉にて溶解し、多合金鋳鉄を溶製した。多合金鋳鉄の化学成分を Table 2 に、供試材の組織写真を Fig. 3 に示す。従来材と多合金鋳鉄の耐摩耗性の比較には、小型の試験片で耐摩耗評価が可能なスガ式摩耗試験機を用いた。実験に使用したスガ式摩耗試験機の概略図を Fig. 4 に示す。試験片寸法は 50×50×4(mm)の平板状とした。試験条件として、試験面は研削加工を施し、試験荷重は 19.6N とした。摩耗輪には、エメリー紙 (#180) を装着し、往復回数 2000 回での質量減少量を摩耗量として評価した。エメリー紙は摩耗輪が 1 回転 (400 往復) ごとに交換した。

Table 1 Chemical compositions of test specimens.

(mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Mg	Ni	Cu	Mo	Cr	Fe
A	3.61	1.96	0.28	0.04	0.007	0.041	-	-	-	1.63	Bal.
B	3.39	1.94	0.36	0.04	0.006	0.047	5.07	-	-	-	Bal.
C	3.36	2.04	0.33	0.03	0.003	0.047	4.12	0.4	0.3	-	Bal.

*1: 株式会社栗本鐵工所

*2: もの創造系領域材料工学ユニット

*3: 物質工学専攻

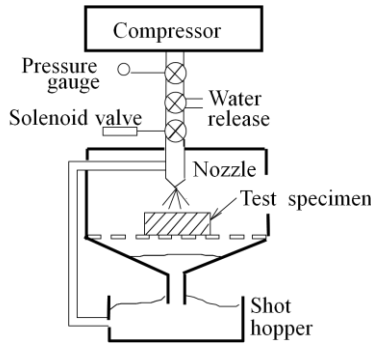


Fig. 1 Outline of the blast machine.

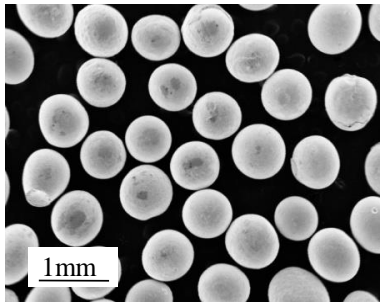


Fig. 2 Erodent particles.

Table 2 Chemical compositions of multi component.

	(mass%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb	V	W	Fe
Multi-5V	2.08	0.49	0.68	0.037	0.027	4.80	5.31	-	5.36	4.80	Bal.
Multi-5Nb	1.92	0.56	0.61	0.098	0.063	5.31	5.72	3.41	0.06	5.17	Bal.

	A	B	C
Multi-5V	Multi-5Nb		

Fig. 3 Microstructures of specimens.

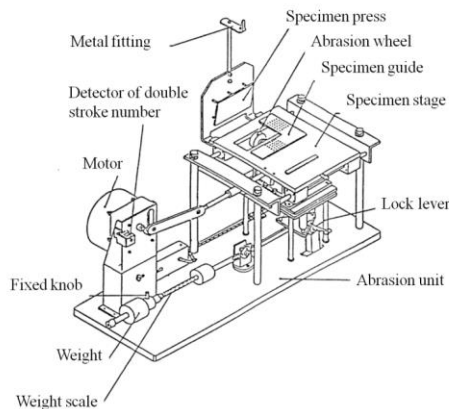


Fig. 4 Suga type abrasive wear testing machine.

3 エロージョン摩耗試験結果及び考察

これまでの研究で配管に使用される鋳鉄は、粒子衝突する際の角度が 60° で最も摩耗量が多くなることを明らかにしている⁽⁸⁻¹¹⁾。そのため、エロージョン摩耗試験を 60° のみ行った。その結果を Fig. 5 に示す。

他の鋳鉄と比較して A, B, C は良好な耐摩耗性を示した。また, B, C は高強度材料として知られているオーステンパ球状黒鉛鋳鉄(ADI)と同程度の耐摩耗性を示した。各鋳鉄管の耐摩耗性が異なる要因を調査するため、各供試材の試験前後での硬さ測定を行った。

各供試材の摩耗試験前後での硬さ測定結果を Fig. 6 に示す。この結果から、A 及び B では試験前後で硬さの上昇は見られず、C では 340Hv から 500Hv に硬さが上昇していた。また、比較材として用いた ADI では、300Hv から 500Hv に硬さが増加していた。室温において試験後の硬さ増加は基地組織中に存在する残留オーステナイトと密接な関係が有り、粒子衝突によりエネルギーを吸収し、マルテンサイト化することが明らかになっている⁽¹²⁾。B, C および ADI の基地組織の硬さが衝突粒子の硬さを上回ったため、B, C および ADI が良好な耐摩耗性を示した。

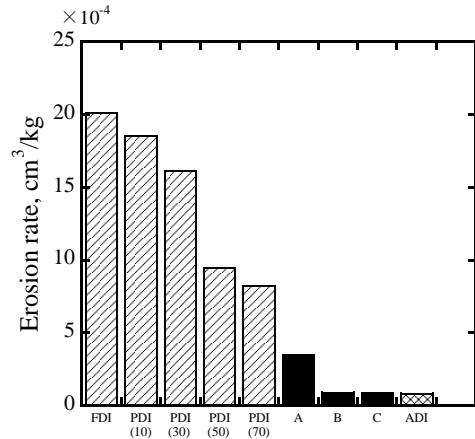


Fig. 5 Result of erosive wear test.

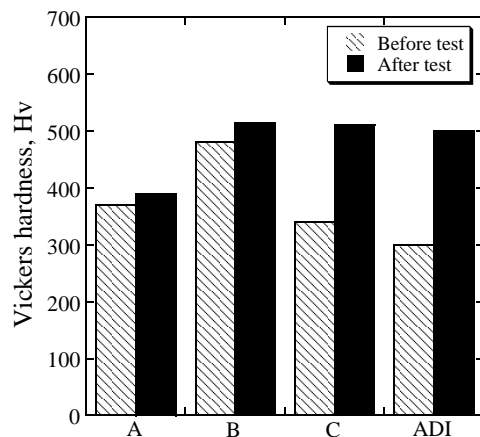


Fig. 6 Vickers hardness changes before and after erosive wear tests for specimens.

4 スガ式摩耗試験結果及び考察

スガ式摩耗試験の結果を Fig. 7 に示す. 全ての供試材に共通して, 摩耗量は往復回数の増加と共に直線的に増加した. 従来材の B は, 高強度材料として知られている ADI と同程度の耐摩耗性を示した. 今回, 新たに溶製した 2 種類の多合金鋳鉄は, 従来材 B と比較して Multi-5V で 1.25 倍, Multi-5Nb で 1.5 倍と優れた耐摩耗性を示した. この要因を調査するため, 各供試材の試験前後における硬さ測定および多合金鋳鉄の炭化物をエネルギー分散型 X 線分析装置(EDS)により調査した. 各供試材の摩耗試験前後での硬さ測定結果を Fig. 8 に示す. この結果, 摩耗試験前後での硬さは ADI, B では約 500Hv, Multi-5V, Multi-5Nb では約 600Hv であり, ADI および B の硬さと比較して Multi-5V, Multi-5Nb の硬さの方が高い値を示した. EDS による面分析および点分析の結果を SEM 画像に表記し Fig. 9 に示す. これより, Multi-5V, Multi-5Nb では炭化物形成元素を添加したことにより, 基地組織中に高硬度な MC, M₂C, M₃C が晶出したことで ADI および B よりも硬さが高い値を示し, 良好な耐摩耗性を示したと推察できる.

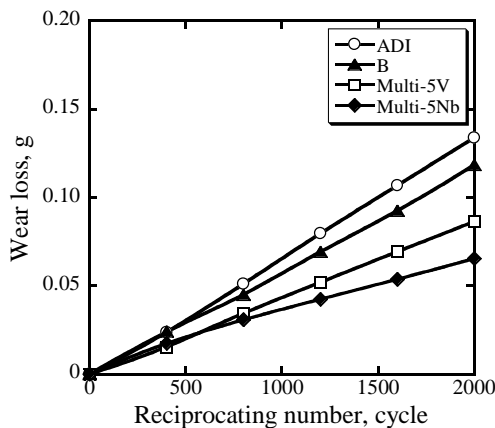


Fig. 7 Result of abrasive wear test.

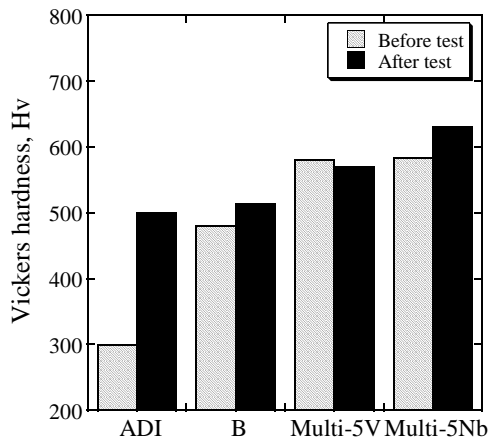


Fig. 8 Vickers hardness changes before and after erosive wear tests for specimens.

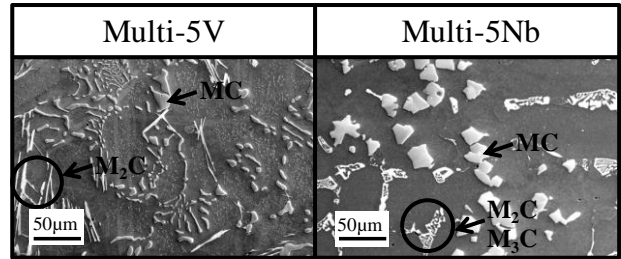


Fig. 9 EDS surface analysis of Multi component cast irons.

5 おわりに

本研究により, 耐摩耗鋳鉄管の耐摩耗性を定量的に明らかにできた. また, 従来材の耐摩耗性を基準とすることで, 新規耐摩耗材料の開発に取り組むための指標となった. 炭化物形成元素である Cr, Mo, V, Nb, W を添加させた多合金鋳鉄は, 高硬度な MC, M₂C, M₃C が晶出したこと従来材よりも良好な耐摩耗性を示した.

本研究成果を踏まえ今後は, 多合金鋳鉄の最適な熱処理条件を調査し, 耐摩耗性を評価する必要がある. また, 材料交換時のメンテナンス費, 長寿命化によるコスト低減が可能か否かを検討する必要がある.

多合金鋳鉄の開発により, 耐摩耗管だけではなく, 耐摩耗材料を使用した新規分野への展開が見込まれ, 市場性の拡大にも期待できる.

文献

- (1) K. Shimizu, T. Naruse, Y. Xinba, K. Kimura, K. Minami and H. Matsumoto, *Wear*, Vol. 267(2009), pp.104.
- (2) Xinba Yaer, Kazumichi Shimizu, Hideto Matumoto, Tadashi Kitsudo, Tadashi Momono, *Wear*, Vol. 264(2008), pp. 955-957.
- (3) 新巴雅尔, 清水一道, 他 3 名: 鑄造工学, 78(2006), pp.513.
- (4) 高田恒夫, 前殿裕章, 桜井市蔵: クリモト技報, No.43(2000).
- (5) 笹栗信也, 山本郁, 横溝雄三, 橋本光生, 松原安弘: 鑄造工学, 80(2008), pp.571.
- (6) 笹栗信也, 山本郁, 横溝雄三, 清水一道, 松原安弘: 鑄造工学, 82(2010), pp.667.
- (7) N. Sasaguri, Y. Yokomizo, K. Yamamoto and Y. Matubara: *Proc. of ABRASION2011, Belgium*, (2011), pp.82.
- (8) K. Shimizu, T. Noguchi, T. Kamada, H. Takasaki, *Wear*, Vol. 198(1996), pp. 151
- (9) K. Shimizu, T. Noguchi, H. Seitoh, M. Okada, Y. Matsubara, *Wear*, Vol. 250(2001), pp. 783
- (10) 清水一道, 野口徹: 鑄物, 67(1994), pp.92.
- (11) 清水一道, 野口徹, 岡田雅樹: 鑄造工学, 73(2001), pp.365.
- (12) 清水一道, 野口徹: 鑄物, 66(1994), pp.493.