

539, 538, 620, 193, 13, 669.14 - 462

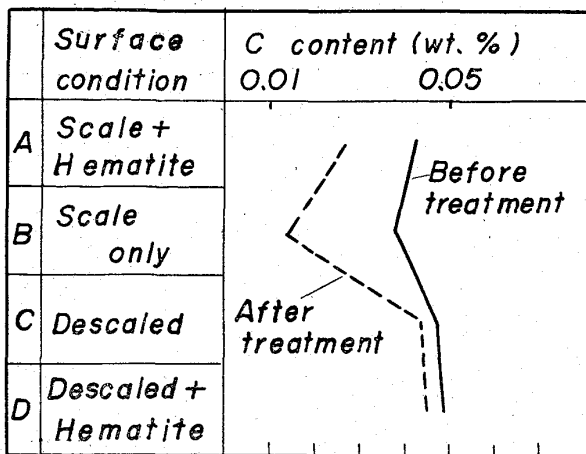


Fig. 4. The results of experiment 3.

CO₂ ガスとして放出されにくくなったためと考えられる。

文 献

- 1) BULLOUGH & CANNING: Sheet Metal Ind., 41 (1964) 441, p. 651
- 2) 安藤, 周藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 12. p. 2088

(135) 鋼管材料の土砂摩耗について

八幡鋼管, 研究部

工博 向江脇公雄・稲垣博巳・○川内信行
佐藤次男・高橋 剛

Wear Resistance of Steel Tube Materials.

Dr. Kimio MUKAEWAKI, Hiromi INAGAKI
Nobuyuki KAWAUCHI, Tsuguo SATO
and Takesi TAKAHASHI.

1. 緒 言

管路による粉粒体の空気輸送や水力輸送は, 近年めざましい発達を遂げている。金属材料の摩耗に関しては,

すでに広範多岐にわたり報告されているが, そのほとんどが金属間同志の摩耗特性に関するもので, 腐食と摩耗が共存するスラリー, 土砂, 金属鉱石などを含む混相流による摩耗についての報告^{1)~3)}は少なく, 試験条件によつて結果がまちまちである。そこで著者らは固体の流体輸送用の鋼管材料を選択する目的で, 管材料の土砂摩耗試験を行なつたので, 以下にその結果を報告する。

2. 供 試 材 料

試験に供した鋼種と化学組成を Table 1 に示す。

3. 試験装置および方法

試験機として土砂混水槽の中を試験片が回転する構造のもので, 回転する直径 270mm の試料支持棒の先端に垂直に試料 (15φ×70mm) をとりつけ同時に 12 個づつ試験でき, 回転数はスプロケットホイールの歯数比によりかえられる。また, 土砂混水槽は試験片の回転にしたがい同一混相流を示すよう円形のものとした, 砂と水との混合比は 3:1 (重量比) とした。試料はエメリー紙 0.5 で研磨後脱脂秤量し試験に供した。なお, 試験時間は特に示さない限り 120hr とし, 途中一定時間ごとに試料をとり出し摩耗減量を測定した。全試験を通じて水は地下水 (pH 7.6) を使用したが, 水質の影響をみるため食塩水 (1 および 3wt%) のほか酸性水 (硫酸を添加し pH を 5 に調製), および塩基性水 (苛性曹達を添加することにより pH を 10 に調製) についても試験した。

4. 実験結果および考察

4.1 回転速度の影響

混相流による摩耗量は一般に速度の 3 乗に比例するといわれている。今回は 150rpm (周速 2.1m/sec), 100rpm (1.4m/sec), 75rpm (1.1m/sec) の 3 種類の回転速度について試験を行なつたが, 試験した範囲内では摩耗量は速度のおよそ 2.2~2.5 乗に比例していた。また, 回転速度の増加とともに摩耗量のバラツキが大きくなったが, 以下の試験は試験時間の短縮と鋼種間の比較を容易にするため, 回転速度を 150rpm とした。

4.2 土砂の粒度の影響

摩耗剤として 8mesh <, 8~12mesh, 12mesh > の

Table 1. Chemical compositions of specimens.

Steels		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
	Pure iron	0.01	0.01	0.05	0.008	0.013	0.08	—	—	—
Carbon steels	KD 08	0.10	0.23	0.48	0.014	0.018	0.10	—	—	—
	KD 20	0.19	0.24	0.44	0.012	0.029	0.06	0.020	0.030	—
	KD 40	0.42	0.24	0.73	0.024	0.025	0.06	0.021	0.056	—
	KD 40M	0.41	0.18	1.21	0.035	0.026	0.07	0.015	0.083	—
Low alloy steels	CM A	0.12	0.23	0.48	0.020	0.018	—	—	0.98	0.35
	CM 2	0.13	0.25	0.50	0.018	0.012	—	—	2.15	0.90
	CM 5	0.12	0.22	0.45	0.017	0.015	—	—	5.10	0.50
	CM 9	0.09	0.50	0.35	0.020	0.020	—	—	8.85	0.97
	YAW-TEN50	0.07	0.25	0.69	0.067	0.012	0.33	0.06	0.06	Ti 0.066
Stainless steels	SUS 21	0.060	0.36	0.45	0.028	0.006	—	0.14	12.80	—
	SUS 27	0.050	0.38	1.64	0.027	0.004	—	10.79	18.60	—
	SUS 32	0.048	0.58	1.95	0.025	0.004	—	13.32	17.20	2.53
	SUS 42	0.050	0.58	1.58	0.023	0.005	—	19.02	24.20	—

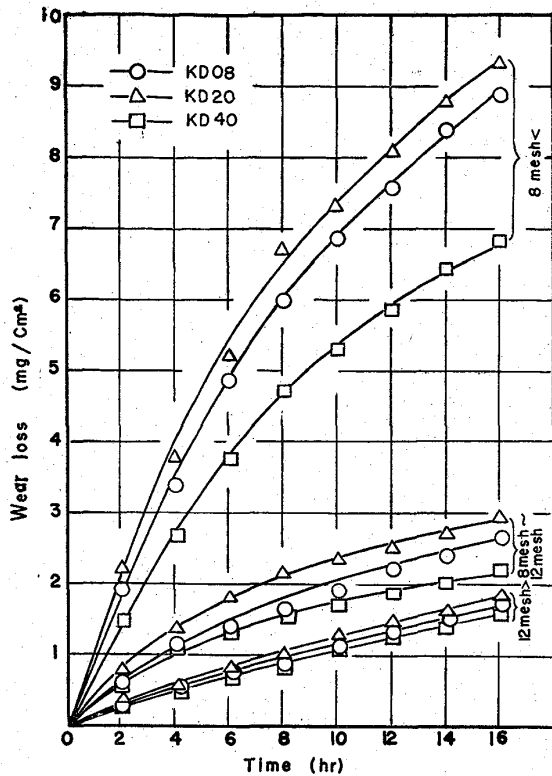


Fig. 1. Effect of sand particle size on wear loss.

3種類の粒度の土砂を用い、粒度と摩耗量の関係を調べた結果を Fig. 1 に示す。粒度が大きくなるにしたがって摩耗量は増加し、8~12mesh の砂は 12mesh > に比べて約 2 倍、8mesh < の砂は 12mesh > に比べて約 6 倍の摩耗量を示した。しかし粒度の粗い砂を用いた場合、摩耗量のバラツキが大きくなるので、以下の試験は粒度 8~12mesh の砂を用いた。

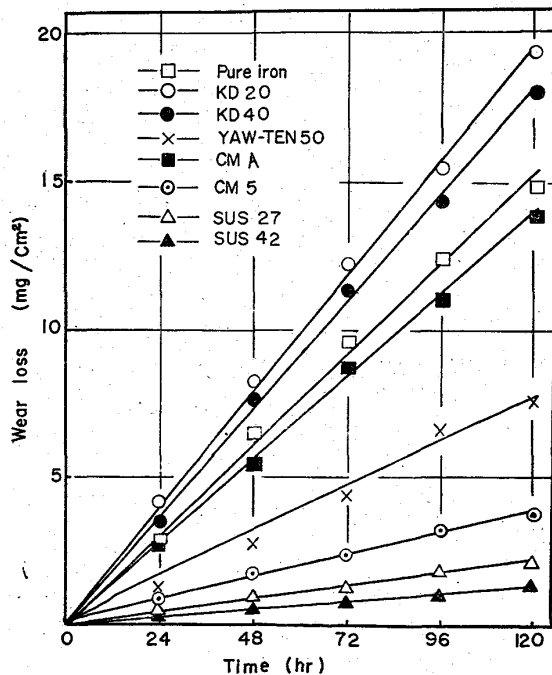


Fig. 2. Wear loss with elapse of time.

4.3 鋼管材料と摩耗量の関係

各種鋼管材料の試験時間と摩耗量との関係を Fig. 2 に示す。実験した範囲内では試験時間が長くなるとともに摩耗量はほぼ直線的に増加している、ステンレス鋼は Cr 系、Cr-Ni 系の両者とも炭素鋼および低合金鋼に比べ摩耗量がかなり少なく、炭素鋼では KD20, KD40, KD08, 純鉄の順に耐摩耗性は良かつたが、純鉄および低炭素鋼の場合表面にピットの生成が認められた。また、YAW-TEN50 はステンレス鋼にはおよばないが、すぐれた成績を示しており、経済性からみてかなりよい耐摩耗材料といえることができる。

4.4 合金元素の影響

炭素量と摩耗量との関係は、純鉄や KD08 のように炭素量が特に低いものを除くと炭素含有量の増加と共に耐摩耗性がよくなる傾向がみられた。Cr 量と摩耗量との関係は Table 2 に示すように Cr 量が増すとともに、摩耗量は減少し、特に Cr を 5%以上添加した場合その効果は著しかった。また、YAW-TEN 50 の耐摩耗性がすぐれているのは Ti 添加による結晶粒の微細化と TiC の析出に起因するものと思われる。

4.5 硬度と摩耗量の関係

炭素鋼、低合金鋼の焼準したものおよびステンレス鋼についての硬度と摩耗量の関係を Fig. 3 に示す。硬度は化学組成、熱処理などの諸因子が関係してくるため硬度のみの影響を検討することはむづかしいが、一般に硬度の増加にしたがって耐摩耗性は良くなっている、しかし必ずしも硬度の上昇につれすべて耐摩耗性が向上するとは限らず、オーステナイト系ステンレス鋼は硬度が低いにもかかわらず、かなりすぐれた成績を示している。Table 3 は KD 20 および KD 40 Mについて各種熱処理をほどこし硬度と摩耗量の関係を調べたものである。KD20 は硬度の増加とともに摩耗量は減少しているが、KD 40 M は逆に若干摩耗量は増加している。このように両者が異なつた傾向を示すのは、前者は焼入れした場合微細なマルテンサイト組織を示すのに対し、後者は粗粒化したマルテンサイト組織を示すためと思われる。

4.6 水質と摩耗量との関係

土砂摩耗の場合流体の腐食性が異なれば、当然摩耗性も変ってくることは十分考えられる。そこで地下水に食

Table 2. Effect of chromium contents on wear.

Steels	Cr%	Wear loss mg/cm ²	Testing condition
CM A	0.98	1.79	100 rpm (1.4 m/sec) 12 mesh 24 hr
// 2	2.15	1.98	
// 5	5.10	1.35	
// 9	8.85	1.19	
CM A	0.98	3.47	150 rpm (2.1 m/sec) 12 mesh 24 hr
// 2	2.15	3.49	
// 5	5.10	2.27	
// 9	8.85	1.86	
CM A	0.98	14.36	150 rpm (2.1 m/sec) 12 mesh 120 hr
// 5	5.10	3.80	
SUS 21	12.80	2.24	
// 27	18.60	2.24	
// 42	24.20	1.34	

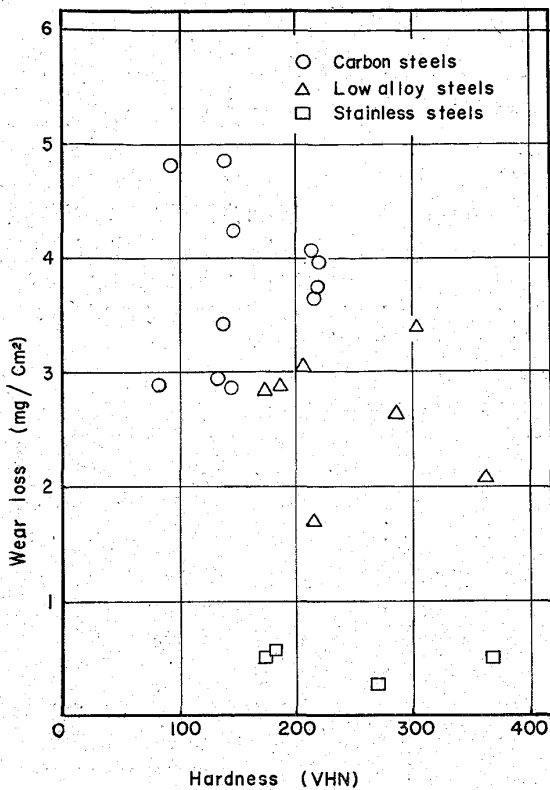


Fig. 3. Effect of hardness on wear loss.

Table 3. Effect of heat treatment on wear loss by sand erosion.

Steels	Heat treatment	Wear loss (mg/cm ² /hr)	Hardness (VHN)
KD 20	900°C WQ 350°C Temper	2.25	366
//	// 450°C	2.50	295
//	// 550°C	2.88	190
//	// 650°C	2.91	186
//	// 750°C	2.53	176
//	800°C WQ	2.76	319
//	850°C WQ	2.72	450
//	900°C WQ	2.10	512
KD40M	880°C WQ 300°C Temper	3.55	508
//	// 400°C	3.44	437
//	// 500°C	3.32	336
//	// 600°C	3.44	270
//	// 700°C	3.83	218
//	750°C	4.02	253
//	800°C	4.57	657
//	880°C	3.76	657

塩を添加 (1 および 3wt%) したもの、硫酸およびカ性曹達を添加し pH を 5 および 10 に調製した水溶液による土砂摩耗について試験を行ない Fig. 4 の結果をえた。食塩を添加した場合、炭素鋼では淡水と大きな差は認められなかったが食塩の添加量が増加するにつれて、若干摩耗量が減少する傾向がみられた。しかし低合金鋼およびステンレス鋼の場合は、炭素鋼とは逆に淡水に比べて摩耗量が増加した。これは Cl⁻ が存在した場合、炭素鋼の表面皮膜は破壊されにくいのに反して、合金鋼の表面皮膜は破壊されやすいためと思われる。酸性水による土砂摩耗の場合には表面被膜が容易に除去されるた

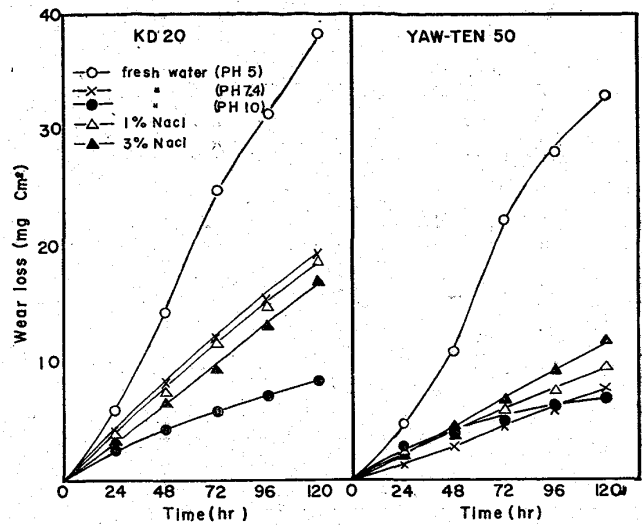


Fig. 4. Effect of water quality on wear loss.

め摩耗量はかなり大きい。塩基性水溶液の場合は 30 数時間で初期摩耗は終了し、定常摩耗に入っており中性溶液のときに比べ、摩耗量は約 1/2 で、流体をアルカリ性にすれば管の寿命をのばすことができる。また、石炭の水力輸送の場合 Cr⁺⁶ の添加は耐摩耗性に効果があるといわれているので、地下水に Cr⁺⁶ を 20ppm 添加し試験してみたがその効果は認められなかった。

4.7 表面皮膜について

摩耗試験後の試料表面には約 1 μ以下の密着性の皮膜が付着しており、この皮膜は酸に容易に溶解するが、水やアルカリには難溶性で塩水噴霧試験の結果は 24hr 後にステンレス鋼以外すべて発錆が認められ、アルカリ溶液中での皮膜が酸性水や地下水に比べ発錆量は少なく、発錆までの時間が長かった。したがって、この表面皮膜が耐摩耗性にかなり影響するものと考えられる。また、この皮膜には Si, Ca, Mg, Al が存在することを分光分析により確認した。

5. 結 言

以上 2, 3 の市販鋼種について土砂による摩耗特性を検討した、

その結果を要約するとおおよ次のようになる。

- 1) 速度と摩耗量の関係は速度の 2.2~2.5 乗に比例し、土砂の粒度は大きいほど摩耗量は大きかった。
- 2) 試験時間と摩耗量の関係はアルカリ性溶液の場合を除き、試験時間の増加とともにほぼ直線的に摩耗量は増加した。
- 3) 合金元素として 5%以上の Cr を添加することによりかなり耐摩耗性を向上することができた。また、Ti の添加は効果があつた。
- 4) 硬度は高いほど耐摩耗性は良好であるが、単に熱処理により硬度を増すだけでは耐摩耗性が良くなるとは

限らない。また、マルテンサイト組織では粗粒化マルテンサイトに比べ微細化マルテンサイト組織のものが耐摩耗性がよかつた。

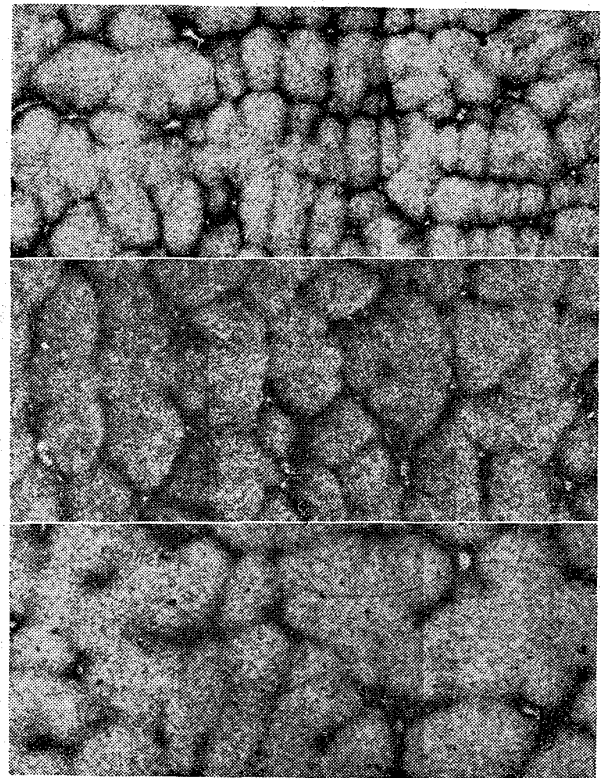
5) ステンレス鋼は Cr 系, Ni-Cr 系とも炭素鋼および低合金鋼に比べすぐれた耐摩耗性を示し, YAW-TEN 50 も耐摩耗性のよい材料であることがわかつた。

6) 酸性溶液では中性, アルカリ性溶液におけるよりも摩耗量はかなり大きく, 耐摩耗性は溶解塩質よりも pH の影響が特に大きく, アルカリ性では皮膜効果と潤滑効果により相当摩耗量を減少できる。しかし Cr⁺6 添加の効果は認められなかつた。

7) 表面皮膜の厚さは約 1 μ 以下で, 皮膜の厚さおよび特性が耐摩耗性をかなり大きく左右しているようであつた。

文 献

- 1) 下平, 他: 日本金属学会誌, 19 (1955) 11, p. 4
- 2) 山下: 配管と装置, 2 (1962) 1, p. 15, 2 (1962) 2, p. 11, 2 (1962) 3, p. 3
- 3) 三好, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 93
- 4) W. A. STAUFFER: Metal progress, 69 (1956) 1, p. 102
- 5) 麻生: 特殊鋼, 13 (1964) 3, p. 55
- 6) J. D. SWAN et al: Materials Protection, 2 (1963) 9, p. 26



×60 (1/2)

CC18: 180mm octagonal, CC26: 260mmφ continuous cast, I35: 350mmφ conventional cast.

Photo. 1. As cast structure of continuous cast blooms and conventional cast ingot.

(136) 軸受鋼巨大炭化物の均熱拡散

八幡製鉄, 光製鉄所

太田 隆美・岡本 一生

工博○中村 貞男・仕幸 三郎

Diffusion of Massive Carbides in Bearing Steels by Soaking.

Takayoshi ŌTA, Kazuo OKAMOTO

Dr. Sadao NAKAMURA and Saburo SHIKO.

1. 緒 言

軸受鋼の鑄造組織にみられる巨大炭化物については, 出口¹⁾がその発生状態について詳説しているが, ここには巨大炭化物消滅のための均熱条件およびその成因について検討し, 実験は主として連続鑄造材を用いて行なつた。

2. 巨大炭化物の性状

横断面 350mmφ の普通鋼塊, 260mmφ および対辺距離 180mm 八角の連続鑄造ブルーム (以下それぞれ I35, CC26, CC18 とする) について, 鑄造組織にみられる巨大炭化物は横断面中心部に多く, Photo. 1 のように鋼塊横断面の大きい程粒界が太く, そこにみられる巨大炭化物も大きくて, 中心部試料 20×20mm 面にみられる 30 μ 以上の巨大炭化物個数は Fig. 1 のようになる。

巨大炭化物の抽出残渣化学成分は Table 1 のとおりであり, 佐藤²⁾によると炭化物が (Fe, Cr)₃C の場合 Cr<16%, (Fe, Cr)₇C₃ の場合 Cr>36% であるから, 巨大炭化物の組成は (Fe, Cr)₃C であることがわかる。

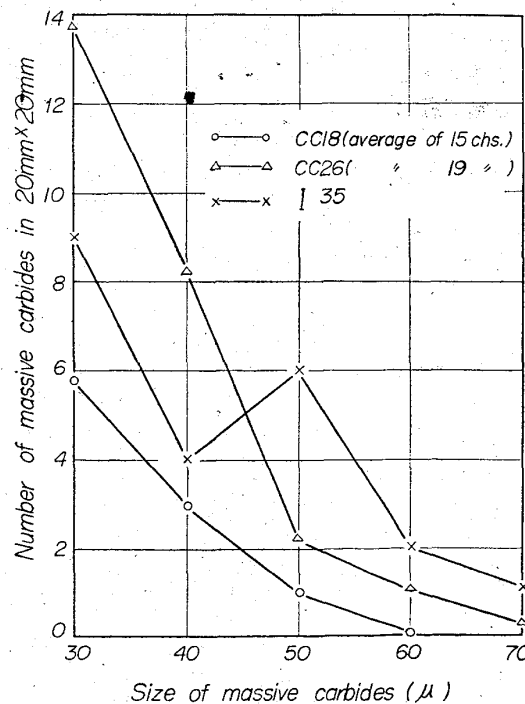


Fig. 1. Amount of massive carbide in cast structure.

これはX線回折によつても確められた。次にマイクロアナライザーにより Cr, Mn, P, V について走査解析し