

FERROCO TUBE



フェロコチューブ



神鋼メタルプロダクツ株式会社
SHINKO METAL PRODUCTS CO.,LTD.



熱交換器用銅合金の耐食性は管内面に生成する保護皮膜の性状に大きな影響を受けます。保護皮膜の形成方法としては冷却水に鉄イオンを注入する方法が有効ですが、海水の水質条件によっては健全な保護皮膜が生成しにくい場合があるほか、近年では環境面から海水への高濃度の鉄イオンの注入が忌避される場合もあります。

そこで弊社では鉄イオン注入によって得られる皮膜と同じオキシ水酸化鉄の皮膜をあらかじめ管内面に形成した銅合金管を開発し、商品名「フェロコチューブ」として広く御愛用戴いております。

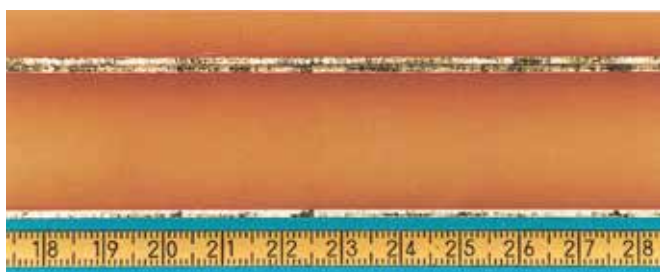
1 特長

- (日) 鉄イオン注入による保護皮膜と同じオキシ水酸化鉄からなる皮膜が、通水前に既に形成されているので、初期皮膜としての防食効果が優れています。
- (月) 電気防食に起因する皮膜の膨れ現象がありません。したがって電気防食は非処理のアルミプラス管を使用する場合と全く同じ条件が適用でき、特別の電位管理をする必要はありません。
- (火) スポンジボール洗浄やブラシ洗浄、あるいは渦流探傷検査などのメンテナンスは非処理のアルミプラス管を使用する場合と同様に実施できます。
- (水) 鉄イオン注入が実施されているプラントにおいて、一部の管を取替えた後も、新管への初期皮膜形成を目的として高濃度注入の必要はありません。従って機器全体として高い伝熱性能が得られます。

2 保護皮膜の諸特性

● 皮膜の表面状況

皮膜の外観状況は鉄イオン注入による皮膜と類似していますが電子顕微鏡で拡大観察するとフェロコチューブの皮膜には針状結晶が観察され、結晶性に優れていることが分かります。

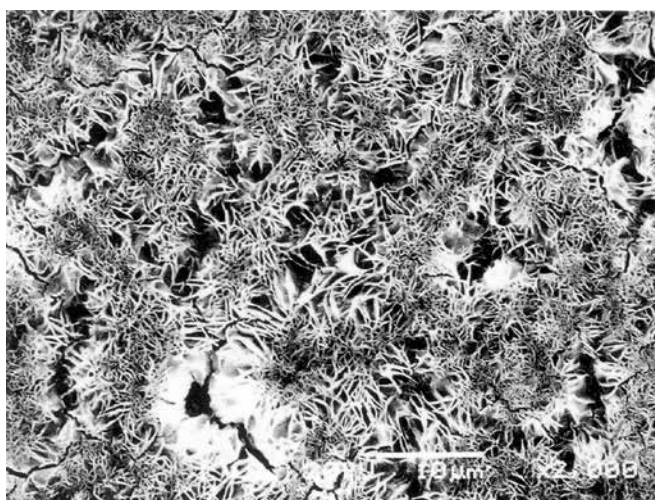


フェロコチューブ

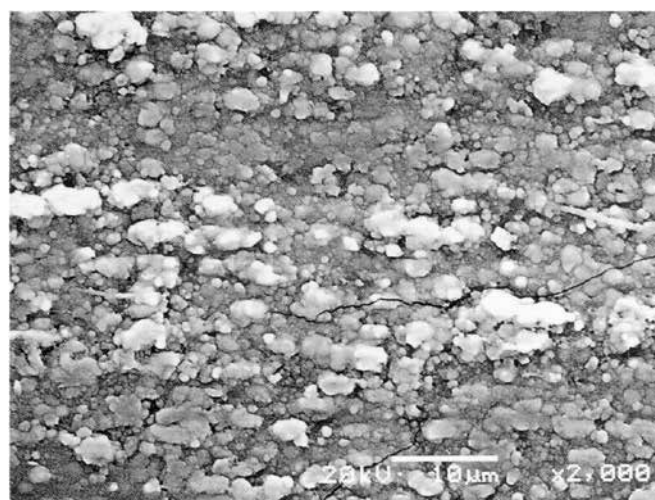


鉄イオン注入による皮膜

写真 1 皮膜の外観状況



フェロコチューブ

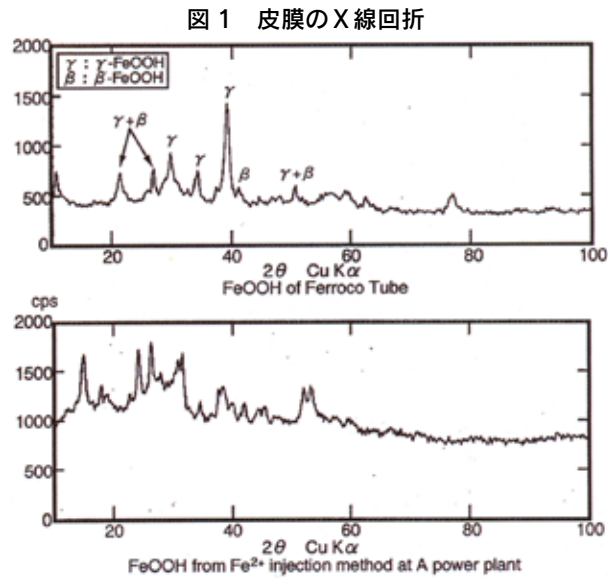


鉄イオン注入による皮膜

写真 2 走査型電子顕微鏡による表面の拡大写真

● 皮膜のX線回折

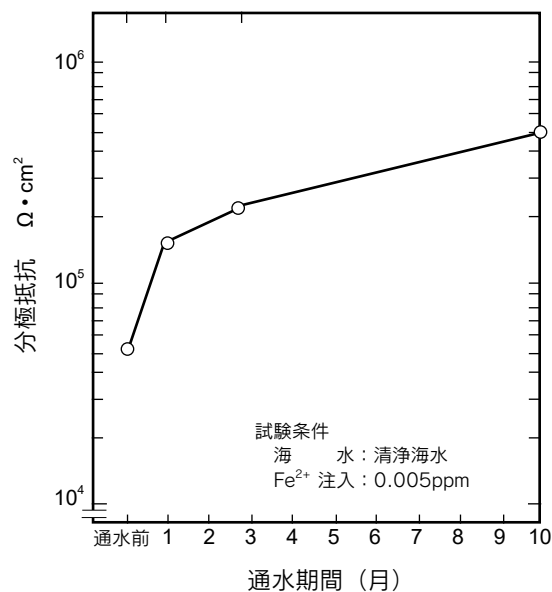
皮膜の主成分はオキシ水酸化鉄 (FeOOH) です。鉄イオン注入による皮膜に比べてフェロコチューブの皮膜の方がよりシャープな回折パターンで、結晶性に優れていることを示しています。



● 電気化学的特性

フェロコチューブの皮膜は製造のままで十分高い分極抵抗を示していますが、通水時間とともに皮膜はさらに熟成して行く性質があります。

図 2 分極抵抗の経時変化 (モデルコンデンサー試験結果)



●耐摩耗性

フェロコチューブの皮膜は鉄イオン注入による皮膜よりも耐久性に優れますが、機械的な洗浄を行うとある程度の消耗は避けられないので過剰洗浄は避けて下さい。

表 1 スポンジボール洗浄による皮膜の重量減

通過ボール数 供試管	1000 個	3000 個
フェロコチューブ	5%	24%
X 発電所抜管材	35%	100%
Y 発電所抜管材	18%	72%

X 発電所
Fe²⁺ 注入: 0.5ppm × 2hr/
2days

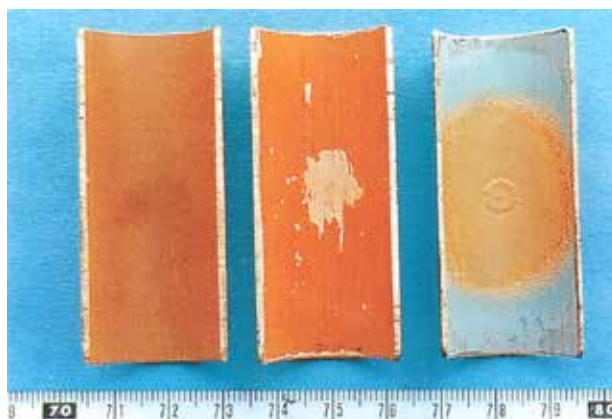
SB 洗浄 : なし
使用期間 : 1年

Y 発電所
Fe²⁺ 注入: 0.02ppm 連続
SB 洗浄 : 実施
使用期間 : 7年

●流水に対する耐久性

B N F 式ジェット試験によって流水に対する耐久性を評価した結果、鉄イオン注入による皮膜よりもいっそう耐久性に優れることが確認されました。

フェロコチューブ (1ヶ月) X 発電所抜管材 (1週間) アルミプラス (1ヶ月)



試験条件
試験液 : 清浄海水
ノズル径 : 2mm
流速 : 9m/s

写真 3 ジェット試験後の皮膜の状況

●伝熱性能 (皮膜の伝熱抵抗)

フェロコチューブの皮膜の伝熱抵抗は通常 $1.5 \times 10^{-5} \text{m}^2 \text{K/W}$ 程度です。復水器条件でのアルミプラスの熱貫流率では新管に比べて約5%の低下に過ぎず、初期皮膜が形成された状態としては優れた値です。

3 耐食性

モデルコンデンサーによる一過式の流水試験結果を表2に示します。使用中に何等かの原因で皮膜が局部的に剥離した場合の腐食挙動を見るために、予め皮膜の一部にスクラッチ傷をつけた後試験しました。

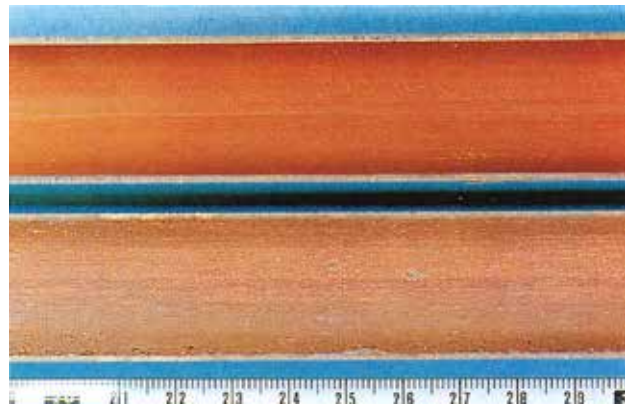
表2 流水試験結果

海水	腐食深さ (単位: mm) 〔() 内はスクラッチ傷部の腐食〕	
	フェロコチューブ	アルミプラス管
清浄海水 S B 洗浄: 10 個/週	なし (0.02 ~ 0.05)	0.05 ~ 0.07
塩素処理海水 残留塩素: 0.2ppm S B 洗浄: なし	なし (0.08 ~ 0.14)	0.17 ~ 0.25
汚染海水 S 2- : 0.1ppm × 3 hr / 日 S B 洗浄: 10 個/週	なし (0.13 ~ 0.20)	0.26 ~ 0.34

(注) 流速 : 2.0m/sec
試験期間 : 2年間

いずれの水質条件でもフェロコチューブの皮膜の下部では腐食は見られません。試験前にあらかじめ付けたスクラッチ傷部の腐食も、比較材としての非処理アルミプラス管の腐食より軽微です。このことは仮に使用中に皮膜が局部的に損傷を受けても腐食が加速される心配がないばかりでなく、周囲に分極抵抗の高い皮膜が形成されているので、むしろ腐食が軽減されることを意味しています。

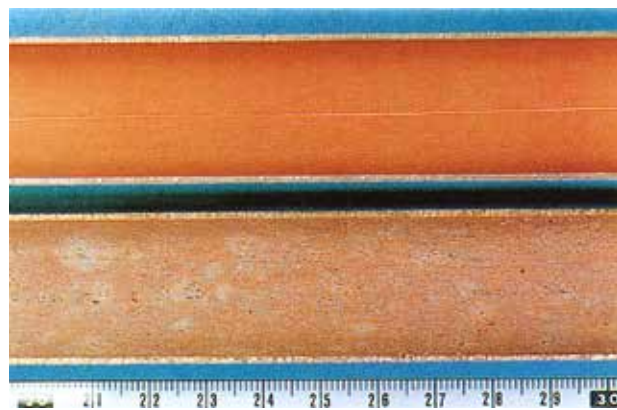
● 清浄海水



フェロコチューブ

非処理アルミプラス管

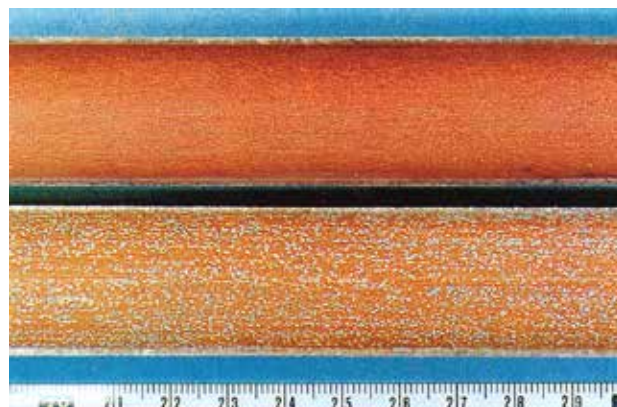
● 塩素処理海水



フェロコチューブ

非処理アルミプラス管

● 汚染海水



フェロコチューブ

非処理アルミプラス管

写真 4 流水試験後の管内面状況

4 使用実績

● R 発電所 復水器での使用例

表 3 渦流探傷検査結果

運転期間	管の種類	ECT 検査本数	腐食管の本数	腐食管の割合
1989 ～ 1991	旧管	13,228	3,543	26.8%
	新管(非処理管)	5,374	3,094	57.6%
1993 ～ 1994	旧管	12,866	3,037	23.6%
	新管(フェロコチューブ)	3,509	32	0.9%

注 1：管の種類

旧管：永年使用の間に管内面に皮膜が形成されている管

新管：前回の定検で取替えられた管

注 2：腐食管

前回の検査に比べて減肉率が 20%以上進行した管

§ 結果の要約

1989 年の取替では非処理管が採用されましたが、1991 年の渦流探傷検査で旧管に比べて新管の方が腐食進行が著しい傾向が見られました。

1993 年の取替ではフェロコチューブが採用されたところ、翌年の検査で新管の腐食は極めて低く抑えられていることが確認されました。

● G 発電所
冷却水クーラーでの
使用例

表 4 渦流探傷検査結果

推定減肉率	A 機	B 機	合 計
80%以上	2	0	2
60~80%	1	0	1
40~60%	22	2	24
20~40%	0	0	0
0~20%	0	0	0
不入 / 変形	1	2	3
無 欠 陥	1,930	1,952	3,882
合 計	1,956	1,956	3,912

《注》使用期間：1993年1月～1995年12月（約3年）

§ 抜管調査結果

高減肉管の抜管調査の結果、いずれも流入異物の停滞によるデポジットアタックでした。また、スケールから0.3%もの硫化物が検出されたことから、海水の汚染度が高いことが分かります。

§ まとめ

海水が汚染された地域にもかかわらず、約3年間使用した後の渦流探傷検査で3,912本中 3,882本（99.2%）の管が無欠陥であり、初期皮膜の効果が極めて大きいことが確認されました。

5 フェロコチューブの使用法

● 取扱い

管の運搬、保管、装着時の取扱いなどは非処理のアルミブラスタ管の場合と同様に実施できます。装着時に多少のたわみを生じて、塑性変形を受けない範囲であれば剥離することはありません。

● 拡管加工

管板への拡管装着の作業性の観点から、原則として両管端部約 50mm は非処理の状態に納入致します。管端部は本来電気防食で十分保護される範囲であるうえ内面に分極抵抗の高い皮膜が形成されているので、通常の場合より電気防食が効きやすくなっていることから、管端部は特に初期皮膜を形成する必要はありません。そのままご使用下さい。

● 電気防食

非処理アルミブラスタ管を使用する場合と全く同じ条件で実施できます。一部の管を取替えた場合で管板面全体の電位が均一になりにくい場合は、最も貴な部分が -500mV SCE 以下になるように設定して下さい。部位によって電位が下がり過ぎることがあっても皮膜に悪影響はありません。

● 管内洗浄

運転中のスポンジボール洗浄、運転停止時のナイロンブラシ洗浄は非処理アルミブラスタ管の場合と同様に実施できます。
また、洗浄によって皮膜を除去した後の修復も、非処理アルミブラスタ管を使用する場合と同様の考え方をお願いします。

● 渦流探傷検査

皮膜が渦流探傷に影響することはありません。非処理アルミブラスタ管の場合と全く同じ条件で実施できます。

● 鉄イオン注入

現在鉄イオン注入を実施しながら運用されているプラントにおいても、一部取替えた新管に初期皮膜を形成する目的での高濃度注入は不要になります。従って機器全体としての伝熱性能は高く維持できます。なお、初期皮膜形成後に皮膜を維持修復する目的での微量注入は従来通り実施して下さい。

● 異物の流入防止策

鋭利な形状の固形異物で擦られると皮膜に傷が付くことがあります。異物流入防止対策は非処理アルミブラスタ管の場合と同様にお願いします。

6 仕様・製作可能限

- 皮膜の主成分 オキシ水酸化鉄
- 皮膜の厚さ 平均 5 ~ 15 μ m
- 拡管対象部 両端拡管部は皮膜なし
- 材質 銅合金管
(JIS H3300-C4430、C6872、C7060、C7150 他)
- 寸法 外径 16 ~ 38mm(但し内径 13mm 以上)
長さ 25,000mm 以下



神鋼メタルプロダクツ株式会社
SHINKO METAL PRODUCTS CO.,LTD.

本 社： 福岡県北九州市門司区小森江 2 丁目 2-1 〒 800-0007
TEL (093) 381-1331 (代表) FAX (093) 381-3833

販 売 部： 大阪市中央区備後町 4 丁目 1-3 御堂筋三井ビル 〒 541-0051
TEL (06) 6206-6778 FAX (06) 6206-6104

当社製品のお問い合わせは

販売部：TEL (06) 6206-6778 FAX (06) 6206-6104

当社の製品はインターネットでもご案内しております。

URL:<http://www.shinkometal.co.jp/>