冷却水用腐食抑制剤の比較試験*

小原倫徳** 桃井好夫** 小林 伝**

A Study on the Corrosion-Inhibitor for Cooling Water

Mitinori Ohara, Yoshio Momoi and Tutae Kobayashi

Corrosion inhibitive effect of potassium chromate and emulsion oils for diesel cooling systems were evaluated by recirculating coolant test, cavitation test and corrosion fatigue test.

The test results for the specimens made of Ni-Cr cast iron, Cu-alloy and Zn are summarized as follows;

1) Minimum level of potassium chromate necessary for sufficient inhibition is 500 ppm under recirculating coolant and cavitation tests while 2,000 ppm under corrosion fatigue test.

2) Minimum level of emulsion oils necessary for sufficient inhibition is 1% by volume under all test conditions. However, some types of emulsion oils accelerate corrosion of Cu-alloy.

3) If cooling water is contaminated by sea water, higher concentration of potassium chromate is required to inhibit corrosion, while specific type of emulsion oils is not affected up to 1% contamination.

4) From the standpoint of running cost and concentration control, potassium chromate may be more practical than the emulsion oils.

1. 緒 言

ディーゼル機関のシリンダライナの冷却水側腐食防止のため当所では従来からクロム酸カリを腐食抑制剤として使用しているが、近時乳化油を推奨する向きもある。

クロム酸カリおよび乳化油の防食効果についてはすでに報告¹⁻⁴⁾もあるが、著者らは実際のシリンダライナのジャケット側と冷却水との接する状況に近い条件、すなわち冷却水は流れており、ライナは振動し、繰り返し応力を受けているという三つの条件を与え実験的に、a) 流動水中の腐食試験、b) キャビテーション試験、c) 繰り返し応力腐食疲労試験を行ないクロム酸カリと乳化油の防食効果を比較検討した結果を報告する。

2. 動水腐食試験

2.1 動水腐食試験装置

図1に示すような試験装置を用いた。試験片保持容器筒内には各試験片が互に接触しないようにアクリル樹脂製の間隔片を試験片間にそう入した。試験液の流速は試験片保持容器筒内で1 m/secになるように調節した。循環系統の配管は塩化ビニル管を用いた。試験液の温度は各種機関のライナ出入口の相当水温である入口側45~55°C、出口側55~65°Cよりそれぞれ10°Cを増減した35°C、75°Cおよび中間温度の55°Cについて試験を行

なった。全浸漬時間は500時間であるが試験液を加温循環したのは昼間だけとしたので125時間である。

2.2 供試材料

試験に供した材料は実用ライナ材相当の鋳鉄 (T.C. 3.24, Si 1.41, Mn 0.83, P 0.473, S 0.08%), ニッケルクロム鋳鉄 (T.C. 3.14, Ni 0.76, Cr 0.45%) と

図1 動水腐食試験装置

* 昭和41年10月28日学振97委員会第212回会議(東京)にて発表

** 三菱重工業(株)横浜造船所研究部実験場(横浜市区緑町1の1)

架構材の鋳鋼（C 0.23%）を用いた。また冷却水系に熱交換器や防食亜鉛の存在する場合の影響を検討するため銅合金（Cu 76.8, Zn 20.4, Al 2.46%）、防食亜鉛（Cd 0.11%, Zn 残）を単独およびこれらを鋳鉄と電気的に導通させた場合も行なった。各試験片の寸法は 30×15×3 mm（表面積 11.7 cm²）の短さく形でいずれも表面をエメリー研磨紙 3/0 まで研磨し、エチルエーテル、アセトンで洗浄乾燥後試験に供した。

2.3 試験液

試験液は横浜市水道水を基準とし表 1 に示す組成のものを作成し試験に供した。クロム酸カリ濃度は当所推奨濃度（500～1,000 ppm）の最低値 500 ppm とし、乳化油系濃度はメーカー指示濃度とした。乳化油は水道水中で分散し乳白色となり水溶液はアルカリ性を呈する。

なおクロム酸カリと乳化油の経済性を同一視した場合乳化油 1 vol % と同価格のクロム酸カリ濃度は 7,000

表 1 試験液の種類

試験液	抑制剤濃度	NaCl	pH
水道水	—	—	6.9
クロム酸カリ	500 ppm (注 1)	—	8.0
乳化油 A	2 vol %	—	9.2
乳化油 B	1 vol %	—	9.1
水道水	—	300 ppm	7.0
クロム酸カリ	500 ppm	300 ppm	8.0
クロム酸カリ	7,000 ppm (注 2)	300 ppm	8.5
乳化油 B	1 vol %	300 ppm	8.9

(注 1)：クロム酸カリの当所推奨濃度は 500～1,000 ppm である

(注 2)：乳化油 B 1 vol % の価格に相当するクロム酸カリ濃度

ppm に相当するのでこの濃度についても試験を実施した。また冷却水中に海水が混入した場合の影響を検討するため海水 1% に相当する NaCl 300 ppm を添加した試験液についても検討した。

2.4 試験結果

水道水および水道水に海水 1% 混入に相当する NaCl

表 2 水道水による動水腐食試験結果

試験温度	試験液			水道水			乳化油 A (2%)			乳化油 B (1%)			クロム酸カリ (500ppm)		
	試験片	腐食量		mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)
75℃	鋳鉄	鉄		236.8	97.1	0	0	0	100	0.2	0.08	99.9	0.1	0.04	99.9
	鋳鋼	銅		211.6	86.7	0	0.3	0.12	99.8	0.4	0.16	99.8	0.2	0.08	99.9
	銅合金	鉄		1.8	0.74	0	4.3	1.76	-138	0.1	0.04	94.6	0.2	0.08	89.2
	防食 Zn			162.1	66.5	0	132.7	54.4	18.2	62.4	25.6	61.5	27.1	11.1	83.3
	導通	鋳鉄	鉄	246.0	101	0	0.1	0.04	99.9	0.2	0.08	99.8	0.1	0.04	99.9
		銅合金	鉄	0.9	0.36	0	4.2	1.72	-378	1.4	0.56	-58.3	0.1	0.04	88.9
	導通	鋳鉄	鉄	202.7	83.1	0	0.1	0.04	99.9	0.3	0.12	99.8	0	0	100
		防食 Zn		172.4	70.7	0	134.3	55.1	21.9	64.3	26.4	62.7	31.9	13.1	81.5
55℃	鋳鉄	鉄		390.6	160	0	0	0	100	0	0	100	0.1	0.04	99.9
	鋳鋼	銅		383.8	157	0	0.2	0.08	99.9	0	0	100	0	0	100
	Ni-Cr 鋳鉄	鉄		331.8	149	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
	銅合金	鉄		1.5	0.61	0	25.1	10.7	-1506	1.5	0.61	0	0.3	0.12	80.3
	防食 Zn			112.2	45.6	0	52.8	21.6	52.6	25.9	10.6	76.8	2.6	1.07	97.6
	防食	金													
35℃	鋳鉄	鉄		339.7	139	0	—	—	—	0.1	0.04	99.9	0	0	100
	鋳鋼	銅		301.5	124	0	—	—	—	0	0	100	0	0	100
	Ni-Cr 鋳鉄	鉄		288.3	129	0	—	—	—	0	0	100	0	0	100
	銅合金	鉄		4.1	1.68	0	—	—	—	18.2	7.46	-344	0	0	100
	防食 Zn			70.4	28.9	0	—	—	—	11.3	4.63	84.0	0.3	0.12	99.6
	防食	金													

備考：1) mg/dm²·day は、全浸漬時間 (500 hr) を基準として算出

2) 防食率 (%) は次式による $\frac{B-S}{B} \times 100$

ただし B：水道水中における試験片の重量減少量 S：各試験液中における試験片の重量減少量

表 3 食塩水 (300 ppm NaCl) による動水腐食試験結果

試験片	試験液			食塩水			乳化油 B (1%)			クロム酸カリ (500 ppm)			クロム酸カリ (7000 ppm)		
	腐食量			mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)	mg	mg/dm ² ·day	防食率 (%)
鋳鉄	鉄			647.0	265	0	1.2	0.49	99.8	8.7	3.57	98.7	0.3	0.12	99.9
鋳鋼	銅			511.3	210	0	0.2	0.08	99.9	3.7	1.52	99.3	0.2	0.08	99.9
Ni-Cr 鋳鉄	鉄			545.2	244	0	0.1	0.04	99.9	5.5	2.46	99.0	0.4	0.16	99.9
銅合金	鉄			5.2	2.13	0	15.2	6.23	-192.3	1.2	0.49	76.9	0.5	0.21	90.4
防食 Zn				117.3	48.1	0	22.6	9.27	80.7	82.8	34.0	29.4	—	—	—
導通	鋳鉄	鉄		799.1	328	0	2.8	1.15	99.6	35.2	14.4	95.5	0.5	0.21	99.0
	銅合金	鉄		1.6	0.66	0	11.6	4.76	-625	0.7	0.28	56.3	0.4	0.16	75.0
導通	鋳鉄	鉄		543.6	223	0	0.1	0.04	99.9	0.1	0.04	99.9	—	—	—
	防食 Zn			232.4	95.3	0	25.2	10.3	89.2	120.7	49.4	48.1	—	—	—

備考：試験温度 55℃, mg/dm²·day, 防食率 (%) の算出方法は表 2 参照

300 ppm を添加した試験液中の各温度における試験片の重量変化を表 2~3 に示す。

2.4.1 水道水の場合

(1) 抑制剤無添加の水中では鋳鉄、鋳鋼とも温度 55℃ で最大の腐食量を示し、75℃ で最小の腐食量であった。これは試験液中の溶解酸素の影響によるものと思われる。

(2) クロム酸カリ 500 ppm を添加した場合は鋳鉄、鋳鋼の腐食をほとんど完全に防止し、金属光沢を保っている。銅合金および防食亜鉛は温度 35℃ ではきわめて良好で 55℃ 以上ではわずかに防食率が低下する。防食亜鉛は温度 75℃ では表面の一部に黄色生成物が認められた。

また鋳鉄を銅合金あるいは防食亜鉛と導通し 75℃ で試験を行なったが、それぞれ陽極金属の腐食量は単独の場合と余り異ならず、クロム酸カリの腐食抑制効果が支配的で電気化学的效果は少ない。

(3) 乳化油系抑制剤は鋳鉄、鋳鋼に対してはクロム酸カリと同等の防食効果が認められたが、試験の終わった鋳鉄、鋳鋼試験片の表面に油膜状白色物質が付着しており、この膜を除去したあとの試験片は金属光沢が保たれている。この油膜の生成などにより液中の乳化油は多少の変質や濃度低下をするのではないかと考えられる。

銅合金は外観的に変化は認められないが、抑制剤無添加の水中の腐食量より増加の傾向を示している。この傾向は温度上昇に伴い小さくなり、乳化油 B では温度 75℃ ではこの傾向は全く消失し、防食効果は顕著となる。

防食亜鉛の腐食量はクロム酸カリ水溶液より相当多く温度上昇とともに腐食量も増える。

鋳鉄と導通した場合は銅合金、亜鉛も各単独の場合の腐食減少量とほとんど同程度で、鋳鉄の防食効果も良好ことから推察して乳化油添加液中ではやはりクロム酸カリ液中と同様に抑制剤自体の防食効果が支配的であろう。

2.4.2 海水 1% 混入した場合

(1) 水道水に NaCl 300 ppm の存在する場合温度 55℃ で NaCl 無添加の場合に比較して鋳鉄、鋳鋼で約 1.5 倍、銅合金で約 3 倍程度の腐食量の増加があった。

(2) NaCl 300 ppm 溶液にクロム酸カリを 500 ppm 添加しても NaCl のない場合の防食率より若干低下する。海水が混入した場合の鋳鉄、鋳鋼に対するクロム酸カリ濃度の影響についてはすでに静水ビーカー試験で検討済みであり、その結果^{5,6)}によれば、クロム酸カリ濃度を海水 1% 混入で 0.5%, 海水 4% では 2.5%, 海水 10% では 5% 程度添加すれば腐食の発生を完全に防止できることが判明しており、これ以下のクロム酸カリ濃度、たとえば海水 1% 混入の場合クロム酸カリ濃度

1,000 ppm では金属光沢は保持されるが、側面などのごく一部にピッチングが発生する。今回の動水試験でも海水 1% 混入に対して 0.7% (乳化油 B 1 vol % 価格に相当する濃度) で完全に防食可能であった。したがって海水が混入した場合は海水混入濃度と同程度のクロム酸カリを添加すれば完全に防食は達せられるが、これはあくまでも一時的処置であって実際には海水混入の場合はすみやかに原因を排除し、冷却水を清水に替えクロム酸カリ 500~1,000 ppm を添加すべきである。

銅合金および亜鉛も NaCl の存在により腐食量は増すが、特に亜鉛はこの傾向が大きい。

また鋳鉄と銅合金あるいは亜鉛を導通した場合は導通組合せの陰極金属は十分防食されており、陽極金属の腐食量も増加していることからクロム酸カリの抑制効果と電気防食効果が両立しているものと考えられる。

しかしクロム酸カリを 7,000 ppm の高濃度にすればクロム酸カリの抑制効果が支配的である。

(3) NaCl 300 ppm 溶液に乳化油 B 1 vol % を添加した場合、鋳鉄、鋳鋼はクロム酸カリ 500 ppm より防食効果がよく、海水 1% 程度の混入の影響はない。

銅合金は乳化油無添加の場合より腐食量がさらに増加の傾向を示した。

銅合金あるいは亜鉛を鋳鉄と導通した場合、電気化学的效果は少なく主として乳化油の腐食抑制効果が支配するものと考えられる。

3. 磁歪式キャピテーション試験

3.1 磁歪式キャピテーション試験装置

日本電子製磁歪式キャピテーション試験装置で概要は出力: 250 W, 発振周波数: $6,900 \pm 10$ c/sec, ニッケル振動子: 外径 16 mm ϕ , 長さ: 302 mm, 振幅: 0.06 mm で共振させ連続 2 時間継続し 2~4 個の試験片の重量減少の平均値を求めて比較した。

3.2 供試材料

動水腐食試験に用いた同材の鋳鉄、Ni-Cr 鋳鉄および鋳鋼と鋳鉄にエポキシ樹脂焼付塗装 (塗膜厚さ 0.07~0.08 mm) および各種防食メッキ (硬質 Cr メッキ 0.14~0.16 mm, 軟質 Cr メッキ 0.18~0.20 mm, 電気 Ni メッキ 0.2 mm, 化学 Ni メッキ 0.02 mm 厚さ) を施した試験片を加えて試験に供した。

3.3 試験結果

3.3.1 水道水の場合 (図 2)

(1) 水道水中のキャピテーション腐食量は温度上昇に伴い増加する。Ni-Cr 鋳鉄は普通鋳鉄よりやや濃食量は少ない。鋳鋼は鋳鉄の約 1/2 程度の濃食量である。

(2) クロム酸カリ 500 ppm 試験液では濃食量は水道水の場合に比較して著しく低下し防食率も 80~90% と抑制効果が認められる。液温が上昇するとクロム酸カ

りの抑制効果はわずかに低下を示すが、75℃ まで実用上潰食は抑制される。

図2 キャビテーション潰食量と温度の関係

図3 磁歪式キャビテーション試験による各試験片の潰食量

図4 腐食疲労試験装置

(3) 乳化油B 1 vol % はクロム酸カリの場合と同様に 75℃ まで鋳鉄、鋳鋼に対して抑制効果は十分あると認められる。

3.3.2 海水 1% 混入の場合 (NaCl 300 ppm) (図3)

(1) 抑制剤無添加の試験液で 55℃ の場合の試験を行なったが、潰食量は海水混入のない場合より約 10% 程度増加が認められた。

(2) クロム酸カリ 500 ppm を添加すると潰食量は著しく減少し NaCl 無添加の場合とほとんど同程度であった。すなわち海水 1% 程度混入してもなら潰食量に影響はみられなかった。なお高濃度のクロム酸カリ 7,000 ppm (乳化油B 1 vol % と同価格に相当する濃度) についても試験を行なったが、500 ppm 濃度の場合と潰食量は同等であった。

(3) 乳化油B 1 vol % を添加した場合もクロム酸カリ 500 ppm の場合と同等の防食効果を示し、NaCl の影響は特に認められない。

3.3.3 塗装および各種防食メッキの潰食抑制効果

温度 55℃ の水道水で塗装およびメッキ材について試験を行なったが、エポキシ樹脂焼付塗装はわずか 10 分間で塗料が剥離し、潰食抑制効果は期待されなかった。

各種防食メッキのうちでは硬質 Cr メッキが最も良好であったが、潰食量は無メッキ材にクロム酸カリや乳化油を添加した場合よりもわずかに多かった。またこの硬質 Cr メッキの試験片を連続 5 時間継続したところ、試験片の Cr メッキ層 (約 0.15 mm 厚さ) の中心部が剥離し、素材の鋳鉄まで潰食を受けた。したがって防食メッキは初期の防食効果はあるが、次第にメッキ層が剥離されるので長期間にわたって潰食を防止することは困難と思われる。

4. 腐食疲労試験

シリンダライナ表面は冷却水による腐食を受けると同時に初期平均応力ならびに燃料の燃焼の圧力などによる繰返し応力を受け、このため局部防食を生じたり、ま

表4 化学成分および機械的性質

化 学 成 分 (%)						機 械 的 性 質	
T, C	Si	Mn	P	S	引張り強さ	硬 (ブリネル)	備 考
3.24	1.41	0.83	0.473	0.08	kg/mm ² 29.8	241	当所製ライナ相当材

表5 試験液の種類

基 準 液	腐 食 抑 制 剤	
	種 類	濃 度
水 道 水	— クロム酸カリ 乳 化 油 B	添 加 せ ず 500~3,000 ppm 1 vol %
水道水+NaCl 300ppm (海水 1% が混入した場 合を想定)	— クロム酸カリ 乳 化 油 B	添 加 せ ず 500~7,000 ppm 1 vol %

図5 試験片の形状および寸法

たこの腐食による切り欠きが材料の疲労耐久限を低下させるものと考えられる。これを実験的に再現し腐食抑制剤によってどの程度防止されるかを確かめるため繰返し曲げ腐食疲労試験を行なった。

4.1 腐食疲労試験装置

シェンク式繰返し曲げ疲労試験機を用い図4に示すような試験液槽を取りつけてこれに一定温度の試験液をポンプで循環させながら試験片に両振り繰返し曲げ応力を与え、繰返し応力により表面がいかにか腐食するか、またこの腐食を抑制剤で防止できるかどうかを検討し、あわせて繰返し数 2×10^7 で破断しない最大応力を耐久限として比較した。

4.2 供試材料

ライナ材相当の鋳鉄を使用、化学成分および機械的性質を表4に示す。図5に試験片の形状を示す。

4.3 試験液

水道水および水道水に海水 1% 混入を想定し NaCl 300 ppm を添加した水を基準とし、これらに抑制剤のクロム酸カリあるいは乳化油Bを添加した。表5に試験液の種類を示す。試験液温度は $55 \pm 1^\circ\text{C}$ に保持し昼間のみ試験を行なった。

4.4 腐食疲労試験結果

4.4.1 繰返し曲げ応力下の抑制剤の防食効果

水道水および 300 ppm NaCl 水ならびにこれらに腐食抑制剤を添加した液中で繰返し応力の下で 55°C で 112 時間浸漬した鋳鉄試験片の表面状況と腐食減少量、孔食最大深さを図6に示す。

応力のない場合には孔食は水に浸った部分に均一に発展するが、繰返し負荷があると最大応力の部分に孔食が著しい。食塩水ではこの孔食はさらに激しく、これらはいずれも実機中型ライナに現われる腐食模様と類似している。孔食の深さは図7のように試験片の最大応力部で最も深く、応力が低下するにしたがって浅くなり、また NaCl の存在ではこの傾向が著しい。

腐食抑制剤としてクロム酸カリを各種濃度添加した場合の抑制効果を表6に示す。

水道水の場合クロム酸カリ 500 ppm では大部分の孔食は抑制されるが、最大応力部に明瞭に孔食が認められる。1,000 ppm では最大応力部にわずかの孔食が残るが、2,000 ppm で腐食および孔食は完全に防止される。すな

表6 クロム酸カリの腐食疲労防止効果

曲げ繰返し数 $= 2 \times 10^7$, 試験時間 = 112 hr, 温度 $= 55^\circ\text{C}$

基準液	クロム酸カリ濃度 (ppm)	曲げ応力 (kg/mm^2)	腐食状況	局部腐食深さ (mm)	腐食減量 (g)
水道水	0	13	帯状の腐食著しい	0.160	1.93
	500	13	最大応力部に孔食	0.056	0.05
	1,000	13	最大応力部にわずかに孔食あり	0.030	0.05
	2,000	13	変化なし	なし	なし
	3,000	13	変化なし	なし	なし
食塩水 (300 ppm NaCl)	0	11	著しい侵食あり	0.240	3.07
	500	12	帯状に孔食多し	0.125	0.85
	4,000	12	最大応力部に帯状孔食あり	0.060	0.05
	5,000	12	最大応力部にわずかな孔食あり	0.010	0.05
	6,000	12	変化なし	なし	なし
	7,000	12	変化なし	なし	なし

試験液	水道水	水道水	水道水+クロム酸カリ 500 ppm	水道水+乳化油B 1 vol %	食塩水 300 ppm NaCl	食塩水+クロム酸カリ 500 ppm	食塩水+乳化油B 1 vol %	食塩水+クロム酸カリ 7,000 ppm
応力 (kg/mm^2)	なし	13	13	13	11(注3)	12	12	12
腐食減少量 (g)	1.23	1.95	0.05	0.05	3.07	0.85	0.07	0.05
局部腐食深さの最大値 (mm)	0.131	0.160	0.056	孔食なし	0.24	0.125	孔食なし	孔食なし

注3: 食塩水 (300 ppm NaCl) の場合で応力 $12 \text{ kg}/\text{mm}^2$ では繰返し数 9.9×10^6 , 約 56 時間で破断したので、応力 $11 \text{ kg}/\text{mm}^2$ のものを用いて比較した。

図6 試験片の表面状況

図 7 鉄の腐食疲労試験片の繰り返し応力と局部腐食の深さ

(注4): 図6の(注3)を参照

表 7 疲労強度の比較

試 験 液	温 度 ℃	疲労耐久限 kg/mm ²	大気中疲労 耐久限比
		N=2×10 ⁷	%
大気中	27	15	100
水道水	55	13	87
水道水+クロム酸カリ 500 ppm	55	13.5	90
水道水+乳化油B 1 vol %	55	14	93
食塩水 (NaCl 300 ppm)	55	11	74
食塩水+クロム酸カリ 500 ppm	55	12	80
食塩水+乳化油B 1 vol %	55	13	87
食塩水+クロム酸カリ 7,000 ppm	55	13	87

わち通常の腐食防止にはクロム酸カリ 500 ppm で十分であるが、繰り返し曲げ応力負荷のある場合は 2,000 ppm が必要である。乳化油Bは 1 vol % で孔食の発生はまったくない。

NaCl 300 ppm 添加した場合、乳化油B 1 vol % で孔食はまったく発生しないが、クロム酸カリ 500 ppm では多数の孔食が発生した。クロム酸カリ 5,000 ppm で最大応力部にわずかの孔食が認められたが、6,000 ppm 以上では完全に孔食の発生を防止できた。したがって乳化油B 1 vol % と同価格のクロム酸カリ濃度 7,000 ppm ではもちろん腐食および孔食の発生はなかった。

4.4.2 鉄の腐食疲労強度

繰り返し回数 2×10^7 において破断しない応力を疲労耐久限として比較した結果を表 7 に、また試験片の腐食による重量減少量および孔食の最大値と耐久限との対比を図 8 に示す。

各試験液での耐久限と大気中での耐久限とを比較すれば、水道水中では 2 kg/mm²、クロム酸カリ 500 ppm では 1.5 kg/mm²、乳化油B 1 vol % では 1 kg/mm² とそれぞれ低下する。NaCl 300 ppm 添加した水道水中では 4 kg/mm² と著しく低下するが、この試験液にクロム酸カリ 500 ppm を添加すると 1 kg/mm²、

図 8 曲げ繰り返し回数 2×10^7 時の耐久限と腐食減少量および局部腐食深さの比較

乳化油 B 1 vol % では 2kg/mm^2 それぞれ回復する。またクロム酸カリ 7,000 ppm 添加した場合 2kg/mm^2 耐久限が上昇し、乳化油 B 1 vol % と同等の回復を示した。

いずれにおいても繰返し曲げ応力が負荷される場合、鑄鉄の腐食疲労防止効果はクロム酸カリよりも乳化油の方がまさっており、クロム酸カリは通常の腐食防止濃度の 500 ppm では孔食を完全に防止できず、濃度を増加させる必要がある。

5. ま と め

ライナ冷却水側の防食に従来当所で推薦しているクロム酸カリ乳化油の流動水中における腐食試験、磁歪式キャビテーション試験および繰返し曲げ応力腐食疲労試験を行ない次の結果を得た。

1) クロム酸カリは流速 1 m/sec の流動水腐食試験および磁歪式キャビテーション試験では添加量 500 ppm で腐食防止に有効である。繰返し応力が負荷される場合は 500 ppm では最大応力部にわずかにピittingを生じるので、完全にピitting発生を防止するには 2,000 ppm の添加量が必要である。

2) 乳化油は濃度 1 vol % で流動水腐食試験、磁歪式キャビテーション試験および腐食疲労の防食には有効

である。しかし乳化油の一部にはコンデンサーチューブ等の銅合金に対して乳化油無添加の場合の腐食量より増加の傾向を示すものがあるので注意すべきであろう。

3) 冷却水に海水 1% 程度混入した場合 (a) クロム酸カリは濃度 500 ppm では動水中の腐食効果はやや低下する。添加量 5,000 ppm で完全に防食される。キャビテーション試験では特にこの程度の海水混入の影響は認められず濃度 500 ppm で有効である。繰返し応力が負荷される場合の腐食疲労防止には 6,000 ppm が必要である。(b) 乳化油 B は 1 vol % 濃度で海水 1% 程度の混入に対してなんらの影響も認められない。

4) クロム酸カリは経済性において乳化油よりまさり、濃度管理もクロム酸濃度試験器により容易に行なわれるが、乳化油は濃度管理がやや面倒な点がある。

(昭和 41 年 12 月 26 日受理)

文 献

- 1) F.N. Speller & F.L. LaQue: *Corrosion*, 6, No.7, 209~215 (1950)
- 2) D. Peckner: *ibid.*, 15, No.5, 269~274 (1959)
- 3) 露木: 防蝕技術, 10, No.11, 1~5 (1961)
- 4) 柴, 鬼村: 防蝕技術, 12, No.3, 33~37 (1963)
- 5) 三菱横船研究部研実報, 第 1275 号 (昭 34) 10 月
- 6) *ibid.*, 第 1647 号 (昭 37) 10 月

技術トピック

原子炉設備に用いられたウレタン塗料

Ohio 州 Sandusky 近くにある NASA の Plum Brook 実験所の原子炉設備の床、壁、運転設備の保護に、一液型、湿気硬化性ウレタン塗料が用いられた。従来用いられているエポキシ系に比べ経済的で性能的にもすぐれている。この白色顔料入り一液型、湿気硬化性ウレタン塗料は NASA の要求する、塗装が簡単で、速乾性で、長

持ちし吸着性表面でない条件を満足し、次の試験項目にも合格している。(1) 表面保護性、(2) 耐放射線性、(3) 放射能汚染に対する抵抗性、(4) 特殊潤滑剤ならびに清浄剤に耐えること、(5) 施行が簡単なこと、(6) 補修が容易、(7) 総体的に経済的であること。

R. P. Stout: *Mater. Prot.*, 6, No. 6, 63~64 (1967)
June (T. Y.)