製油所の冷却槽に対する陰極防蝕法の適用

重 野 隼 太*

The Application of Cathodic Protection to Box-Coolers in Refinery

Hayata Shigeno

A cathodic protection system with external source has been installed to four open-type box-coolers in the Kawasaki Refinery of the Showa Petroleum Co.

Direct currents of 2.0~3.0 volts supplied from a selenium rectifier were applied to the surfaces of steel pipes and tanks through the steel anodes immersed vertically into the cooling sea water.

As the results of determining the potential differences between protected steel surfaces and adjacent water, it was confirmed that the potential distribution was fairly good, showing in every part far more negative potential than -0.77 volt referred to saturated calomel. These potentials moved considerably to the negative side with the lapse of time as a result of increasing cathodic polarization.

As a basic data for design, the adequate protecting current was estimated to be 0.1 ampere per sq. meter of protected surface.

1. 前 言

蒸溜装置に附属した熱交換器および冷却器の腐蝕対策は各製油所共通の防蝕課題であるが、われわれは昭和石油株式会社の依頼にもとずき、先ず第一に海水で冷却する開放槽構造の冷却槽を取上げた。これに対しては外部電源による電気防蝕法を適用する方針の下に実施計画を樹て、昭和 27 年 5 月以降これを川崎製油所の冷却槽 3 基に試験的に実施した。爾後数カ月にわたり槽内各部の電位を実測し、冷却鉄管の外観および試片の結果と相俟つて、充分所期の防蝕効果が達成されていることを確め、この種冷却槽に対する電気防蝕適用の端緒を開いた。以下その実施試験の経過概要を述べる。

2. 冷却槽の構造と使用条件

供試冷却槽は第二トッピングの精溜塔より出る各溜分を冷却管内に導き、外部より海水で冷却するためのもので、いずれも海水を満たした鉄板製方形槽の内部に数段よりなる水平の冷却管列を浸漬した構造を持つものである。各槽における要目を第 1 表に示す。

第 1 表 供試冷却槽の要目

	被防蝕面積	海水温度
揮 発 油	369.3m ²	約 25°C
軽 油	146.0	" 95
ナ フ サ 灯 油	381.0	" 70
重 油	107.4	" 70

なお冷却鉄管は 4" ガス管 (外径 114.3mm) を主とし、一部は 2" または 3" ガス管よりなり、冷却海水は時に多少の変動が予想されるが、測定の際には比抵抗 22.0 $\Omega \cdot \text{cm}$ (25°C) を示した。

3. 電気防蝕の計画と施工

この種の冷却槽に対する電気防蝕は米国においてかな

り実施されていると伝えられるが、文献による実施例はいずれも淡水冷却の場合を取扱つたものである。^{1~3)}

設計の基準となる防蝕に要する電流密度は上記文献の河水使用の場合は 0.12A/m² となつているが、本計画では従来の基礎実験および別種冷却器の経験にもとずき当初の電流密度を 0.2A/m² とした。したがつて所要電流は揮発油、軽油、残渣油の各槽はそれぞれ 74, 30, 22A とした。なお灯油ナフサの水槽は比較のため防蝕を行わないこととした。電極は 4" の古鉄管を利用することとし、これを各管列中間の適当な個処に垂直に取付けた。この電極配置は槽内各部の電流分布が大体均一に近づくように選定することとし、揮発油、軽油、重油の各槽にそれぞれ 28, 17, 8 本を使用した(第 1 図に揮発油槽の場合を示す)。各電極は水面上に架設した鋼管にボルト締めで吊るし、なお電極は管と接触または接近を防ぐため管列中間に木片で固定し、その下端は底板より約 10cm 上方に位置せしめ、また電極の水線部は塗装を施して保護した。水槽並びに冷却管は適当な個処で電線を用い電源の負極に接続した。

電源としては小型変圧器とセレン整流器を組合せた常時出力最大 12V, 140A の直流電源装置を使用した。特に引火の事故を予防する目的でオイルスイッチを附加した。

4. 試験の経過(第 1 期)

前記防蝕装置の完成を待ち 27 年 5 月上旬より各槽ともそれぞれ下記の端子電圧でほぼ所定防蝕電流による通電を開始した。

	揮発油槽	軽油槽	重油槽
所要電圧	2.5~3.0V	4.5~5.0V	2.2~2.5V
所定電流	74A	30A	22A

防蝕電流による防蝕効果については、これを電気的方

* 東京工業試験所第四部

第1図 揮発油槽の電極配置

法により判定する目的で、槽内各部における鉄面の海水に対する電位差を実測した。

(1) 第1回の測定 通電開始後4日に当る5月12日に各冷却槽につきつぎのように実施した。

電位測定方法：冷却管並びに槽内壁に適当に選定した各測定点において、竹竿の先端に取付けた飽和甘汞電極を近づけ、鉄管または鉄槽/海水/甘汞電極の電位差を真空管電位差計により実測した。

供試真空管電位差計は双三極管 IG6 を使用しブリッ

ジ回路を構成したもので、測定すべき起電力を直読できるものである。この真空管のグリッド電流は 10^{-7} A 以下であるから、使用した小型甘汞電極の分極誤差は無視できる。なお測定に当り鉄管または鉄槽の金属体内部の電圧降下を無視した。

測定結果：測定は各槽とも最上段管列（水面下約 60 cm）のみについて行つた。その代表的な測定結果を第2図に示す。

第2図 揮発油冷却槽の電位分布（第1回測定）（管の位置表示は第1図参照）

この測定は通電開始直後に行われたので、鉄管の分極は引続いて時間と共に当然増大し、かつその電位分布もさらに改善されることが予期されたが、つぎの成果を得た。

(a) 揮発油槽および重油槽は各部の電位が既に -0.77 V よりも負値に達しているの、防蝕は達成されていると判断された。（なお軽油槽のみは部分的に不十分な電位を示したが、これは鉄管と電源負極との連結が不良であつた結果と後日になつて判明した。）

(b) 電位分布は電極近接点でピークを示すが全体として概して均一といえた。電極に直面していない管列（第2図の第11列）においては電流分布は一層良好で

あつた。

(2) 第2回の測定 通電後 2.5 カ月目の 7 月 22 日に第2回の電位測定を行つた。第1回測定以後通電の継続に伴い分極が発達し、防蝕電流は漸減の傾向を迎つていたので、第2回測定の際は各槽とも規定の電流値をかなり下廻つていた。それにも拘らず測定値は前回のときよりも全般に一層負なる電位を示し、この 70 日間に鉄面における石灰、苦土質防蝕被膜形成による陰極分極の増大が顕著なことを実証している。測定方法は前回と同様で、その結果の一部を第3~4図の破線に示す。

(3) 第3回の測定 第2回測定の結果防蝕電流が過剰と認められたので、揮発油用水槽の防蝕電流を 7 月 24

第3図 揮発油槽の電位分布

第4図 揮発油槽の電位分布

日60Aより40Aに切下げ、7月30日に第3回の電位測定を行った。その結果は前掲第3～4図の鎖線が示すように、電位は前第2回測定のとくに比し0.5V程度正方向に戻ったが、なお $-0.90 \sim -0.95V$ という負電位を保持し、充分な防蝕電位にあることを示した。

5. 試験の経過 (第2期)

前期の成績により冷却槽に対する電気防蝕の効力が確認されるとともに、電流は全般的に切下げの余地の大き

いことが判明したので、前期間比較のため適用を見合わせた灯油ナフサ用も含め、4基の冷却槽全部に対し10

第2表 適用した防蝕電流と電流密度

	第1期				第2期 所定
	当	初	期	末	
揮発油用	A	A/m ²	A	A/m ²	A A/m ²
軽油用	74	0.20	60	0.16	40 0.11
灯油ナフサ用	30	0.20	22	0.15	80 0.15
重油用	—	—	—	—	
	22	0.20	16	0.15	16 0.15

第5図 灯油ナフサ槽の電極配置

月4日以降本格的実施試験に入つた。その通電条件を前期と対比して第2表に示す。追加の灯油ナフサ用冷却槽に対しては電極として鋼管30本を第5図に示す位置に取付けた。電極配置は実績に徴し前期の計画に比べ遙かに疎とした。また電源装置は必要に応じて出力を増加で

きるように改造を行つた。

通電後2.5ヵ月目に当る12月18日に実施した灯油ナフサ用槽の電位測定を行つた。この際の通電条件は2.5V, 68A ($0.13\text{A}/\text{m}^2$) で所定値を14%下廻つていたにも拘らず第6~7図に示す通り最上段鉄管および電位

第6図 灯油ナフサ槽の電位分布 (管の位置表示は第5図参照)

第7図 灯油ナフサ槽短辺方向の電位分布

第8図 灯油ナフサ槽垂直方向の電位分布

は -1.1V 以上の高い分極電位を示した。また最上段以外の鉄管および底板の電位も調べるため槽内3箇所において垂直方向の電位分布を測つたが、その結果は第8図の如く深くなる程分極が幾分減少する傾向が認められるが、すべて -1.1V 以上の高い負電位を示した。なお通電前の電位は各部とも -0.64V 程度を示した。同時に揮発油槽についても測定を行つたが、 2.2V , 37A ($0.10\text{A}/\text{m}^2$) の通電条件にも拘らず最上段鉄管の電位は $-0.95\sim 1.05\text{V}$ の負値を示し、電位分布は槽内各部とも良好であつた。ただしこの結果は第1期以来の通電による時間的積算効果が附加されているものと見るべきであろう。

6. 本試験における防蝕成績

従来鉄管の腐蝕は相当に激しく、僅か数ヵ月の使用でその表面は厚く赤錆状となつて剥離し、僅々1年余で取替を要する実情であるが、電気防蝕を実施した槽の鉄管は一面に均一な薄いスケールで被覆され、このスケールを除いた下面は少しも腐蝕を受けてないことが実地の成績で確認された。さらに防蝕効果の判定のため、つぎに述べる如く電位による方法と試片による方法とを実施した。

(1) 電位測定による防蝕効果

既往の研究結果により海水等の中性水溶液と接する鉄鋼の電位が陰極分極により飽和甘汞電極基準で -0.77V 以上の負電位を取るときはその腐蝕が完全に防止される事実が明かに

されている。前記の通り本試験においては各槽ともその鉄管および水槽の表面の電位の実測値がこの $-0.77V$ を遙かに超える負電位を示していることから、槽内各部の防蝕は十分に達成されているものと判断される。

(2) 試片による防蝕効果の判定 川崎製油所の小笠原技師によつて行われた試片による結果をつぎに記載する。

その方法は軟鋼板 ($10 \times 7 \times 1.5\text{cm}$) を針金にて固定したものを試片として槽内に懸垂した。この際槽に連結した通電試片と槽に連結しない不通電試片との腐蝕率を比較して防蝕率を求めた。

$$\text{ただし、防蝕率} = \frac{\text{不通電腐蝕率} - \text{通電腐蝕率}}{\text{不通電腐蝕率}} \times 100$$

この結果は第3表に示す如く通電の場合極めて明瞭な防蝕効果を示している。

第3表 試片の腐蝕率と防蝕率

	不通電腐蝕率 g/cm ² /yr	通電腐蝕率 g/cm ² /yr	防蝕率 %
第一 揮発油槽 (上層)	0.1190	0.0024	98
期 同 (中層)	0.1190	0.0128	89
試 軽油槽 (下層)	0.0540	0.0022	96
驗 重油槽 (下層)	0.2726	0.0115	96
第二 揮発油槽 (上層)	0.9968	0.0197	98
期 同 (下層)	1.2125	0.0197	98

7. 結 言

上に述べた処により冷却槽の電気防蝕の適用に関して

つぎの結論に到達した。

(1) 海水を用いて冷却する冷却槽の鉄管および水槽の腐蝕は、外部電源による電気防蝕法を適用することにより、完全に防止されることが、鉄管の外観および電位並びに試片の腐蝕量から確認された。

(2) 鉄管および鉄槽の電位は、時間の経過と共に分極増大の結果として、負方向に大巾に移動する。したがつて時日を経ると所要防蝕電流はいちぢるしく低減できる。

(3) 防蝕に必要な電流は被防蝕表面 1m^2 当り平均 $0.1A$ 程度に計画するのが適当と認められる。

所要電圧は鉄鋼電極を使用する場合 $2 \sim 3V$ 程度である。

(4) 電極は本試験の場合古鉄管を用いたが、通電に伴い消耗するので、不溶性電極たとえば磁性酸化鉄製のものを用いた方が有利と考えられる。

末尾ながら試験実施に当つては昭和石油株式会社の関係者各位ことに本社福田稔、川崎製油所小笠原清晃の両氏の御協力に負う処が多大であつた。また電位測定その他について当所第4部小林豊治、吉野久雄、太田元久各技官の協力をえたことを附記する。

文 献

- 1) Nealy, Refiner 20, No.6, 247 (1941).
- 2) Draughon & McNeil, Oil Gas J. 49, 76 (1950).
- 3) Stadherr, Corrosion 1, 70 (1945).

報 文 募 集

金属の腐蝕及び防蝕に関する試験研究の報文を募集いたします。次の投稿規定御参照上奮つて御投稿下さい。

— 規 定 —

- 1 投稿者は原則として本委員会の構成員及び維持会員に所属する者に限る。但しこれ以外の協同研究者を含むことは差支えない。
- 2 原稿の採否は編集委員会に一任すること、編集委員会は字句の加除修正一部改変を行うことがある。
- 3 報文は本誌に掲載される前に他誌に発表されていないものに限る。
- 4 既に講演により発表済みのものは原稿第1頁に脚注として講演会名、年月日、場所を記載すること。
- 5 報文は400字詰原稿用紙を使用し、字数は10,000字以内とする。
- 6 原稿は横書とし、平かな国語体、新かなづかいを使用し、術語以外はなるべく当用漢字による。
- 7 原稿には題目、著者名及び著者所属機関を邦文と英文で明記する。
- 8 英文抄録はなるべく付けること。
- 9 記述は簡潔にし、表又は曲線のいずれか一方として重複をさける。
- 10 図表中の文字は邦文を用い、文中の挿入位置を指定する。
- 11 図は白紙又は方眼紙に鉛筆で丁寧に記入したものでよい。
- 12 引用文献は本文中の当該人名或は事項の右肩に(1)の如く通し番号を付し、文末に一括する。
- 13 投稿報文は当委員会に到着の日を以て受理日とする。
- 14 著者には別刷30部を贈呈する。
- 15 投稿した原稿は予め申出が無い限り原則として返還しない。