海底ケーブル外装用プラスチゾル塗装鉄線について

草 間 基* 鈴木 欽也** 小林 昌夫*** 鈴木 正義***

On the Plastisol-Coated Steel Wire for the Armor of Submarine Cable

Motoi Kusama, Kinya Suzuki, Masao Kobayashi
and Masayoshi Suzuki

For the armor-wire structure of submarine cable, a thin layer having good characteristics of anti-corrosion and abrasion resistance is required as the surface layer of the armor wire. This paper describes on the plastisol-coated steel which is coated with uniform plastisol layer of about 0.3 mm thickness.

Adhesiveness between the plastisol layer and steel wire was measured, and the result showed strong resistance to peeling-off. Weatherometer test, outdoor exposure test and immersion test in sea water have been continued for several years, and no defect due to deterioration of the material was found out. It

was considered that pinholes, if any, which may be occasionally formed in the manufacturing process would be sealed up by the so-called "electrocoating phenomenon." The result of investigation on the mechanical properties of this layer showed a good abrasion resistance in case of being pressed by small force such as exerted by fine sand.

It was concluded that submarine cable having this armor wire had good performances owing to its anti-corrosive characteristics in the circumstances of sea bottom for long terms, the mechanical strength being not affected by elongation and rotation of the cable, and also it had economical superiority.

1. 緒 言

海底ケーブルは一般に数十年の寿命を要求されているが、実状は 10 年未満で障害を起こすものが多い。障害件数のうち外装鉄線の腐食によるものが約半数をしめている。

海底ケーブルの腐食の原因には、主として海潮流起電力による電食と、海底の環境に基づく自然腐食がある。これらの対策としては、外部的な電気防食法もあるが、鉄線自体を防食被覆することも有力な対策である。

海底ケーブルの外装鉄線の被覆の一例として防食効果の大きいプラスチゾル塗装鉄線について、筆者らは数年前より研究を重ねてきた。本報告は外装鉄線として要求されるその物理的・化学的性能および実際の試験結果について述べたものである。

2. 海底ケーブル外装の技術的問題点とその経過

海底ケーブルの鉄線外装はつぎの目的でほどこされる。

(1) 海底ケーブルを布設したり引き揚げたりするときにケーブルが切断しないように保護する。

(2) 波浪、潮流、海流等の海水の移動により、ケーブルが砂、石、岩石などとこすれて摩損したりあるいは切断したりしないように保護する。

(3) 投錨、漁撈等の人為的障害からケーブルを守る。

以上の目的を達成するために外装鉄線として要求される技術的条件はつぎの通りである。

(1) 布設、引き揚げの際にできるだけケーブルがのびたり、回転したりしないものであること。これはとくに中継器入り海底ケーブルの場合に問題となる。

(2) 機械的摩損をできるだけ受けないこと。また、電食によって鉄線が欠損し、外装鉄線が切断したり、引張り強さが減少しないこと。すなわち、海底下で長年月機械的強度が変化しないものであること。

(3) 漁具、とくに“スマリ”のようなすどい針をもった漁具に対しても内部のケーブルを保護できること。

(4) 経済的に安いこと。

従来亜鉛メッキ鉄線にコールタールを塗布したものでケーブルを外装し、その上をジュートでおおう構造のものが長く用いられてきたが、これは腐食、とくに潮流に基づく起電力による電食に対して弱く、鉄線が腐食、切

* 日本電信電話公社電気通信研究所 (東京都武蔵野市緑町 3-9-11)

** 国際電信電話株式会社 (東京都千代田区大手町 1-5)

*** 三信工業株式会社横浜工場 (横浜市保土谷区星川町 3-500)

断してケーブルの障害を起こす原因となっていた¹⁾。また、この欠点を改良するために PVC をチュービングした防食型の構造のものが前記亜鉛メッキ鉄線にかわり用いられるようになったが、これは鉄線と PVC 被覆の間の接着力が弱いため、PVC 膜に損傷が与えられると海水が水圧により侵入し、PVC 膜と鉄線の間隙を横走りし、防食力が弱まると考えられる。また、PVC 被覆はチュービングによるため、ある程度厚くなり鉄線相互間の間隔が広がる結果、“スマリ”などの漁具に対しても防禦力が弱い。一方、太平洋横断ケーブルの浅海部に使用されたアメリカの外装鉄線はネオプレンを被覆したものであるが、ネオプレン層が約 1.3 mm となっていて厚いため、PVC 被覆と同様“スマリ”に対して弱いたとも鉄線径が小さくなった分だけ機械的特性を低下せしめている。さらに材料費が高く、加硫工程を必要とするので加工費も増える。本報告で述べるプラスチックゾル塗装鉄線は、これらの欠点を改良しようとして研究したもので、PVC ベース樹脂と熱硬化性樹脂を配合したゾル状の物質を鉄線上に厚さ約 0.3 mm の薄膜で均一に焼き付けて製造したもので、鉄線との密着性がすぐれているという特徴を有し、また、機械的にも実用上差支えない強度を持っており、長年にわたり安定した耐食性を保有すると考えられる。以下にプラスチックゾル塗装鉄線の製造工程と主材料、各種の試験結果、について述べる。

3. 製造工程と主材料

PVC プラスチゾルは PVC ベース樹脂に可塑剤、安定剤、増量剤を配合、混練してペースト状とし、常温でダイス紋りで塗装できる状態としたもので、海底ケーブル外装鉄線の塗装には上記のほかに熱硬化性樹脂を添加して、焼成した塗膜の硬度を高くした組成を使用する²⁾。プラスチックゾルを 175°C 以上に加熱すればゲル化し強靱な塗膜となり、押出法と比較して被覆のうすい均一な被覆が得られる。

製造工程を図 1 に示した。

4. 試験結果

1) 耐食性

プラスチックゾル塗装鉄線の耐食性を試験するため、鉄線と皮膜の密着性の試験、ウェザオ試験、屋外暴露試験ならびに海水浸漬試験、塩水噴霧試験およびピンホール試験を行なった。

a) プラスチゾル塗装鉄線の密着性

鉄線と塗装皮膜の密着性は防食の見地からきわめて重要である。写真 1 は米国ベル電話研究所における試験方法を示したもので、試料の一部の皮膜を残して他部をあらかじめはがしておき、鉄線の径よりわずかに大きい穴のあいた器具を皮膜にかかると通し、引張試験機に

図 1 作業工程図

写真 1 密着性試験

表 1 各種被覆線の密着性

試料名	密着力 (kg)	備考
プラスチックゾル塗装鉄線	123.6	膜厚 0.3 mm
ネオプレン被覆鉄線	42	膜厚 1.3 mm
PVC チュービング鉄線	0	膜厚 0.5 mm

で引張り、皮膜をはがしたときの強度を求める方法である。表 1 はこの方法によるネオプレン被覆、プラスチックゾル塗装および PVC チュービングの 3 種の密着性を比較したもので、プラスチックゾル塗装はネオプレン被覆の約 4 倍の密着性を有することが認められ、PVC チュービングは全く密着性を示さない。

この密着性によりプラスチックゾル塗装鉄線は完全水密構造となり、耐食性を一段と強くしている。また、密着力が強いため、プラスチックゾルがその材料自体比較的伸びの少ない硬い特性を有しているにもかかわらず、鉄線に焼き付けられた状態では強靱な皮膜となり、捻回、引張り強さ、低温脆化、加熱特性等の物理的な外力を加えた場合に材料の特性以上の性能を示すことにより密着力がいかに重要であるかがわかる。

b) プラスチゾル塗装鉄線のウェザオ試験および屋外暴露試験

ウェザオメーターの試験条件として紫外線の強さを標準日射の40倍とし、150時間経過後の試験結果を表2に示した。この結果、試験前後において密着性、耐摩耗性〔試験方法については(2)a項参照〕、引張り、強さ、伸び、巻付、捻回等の諸特性にほとんど変化が認められない。これは製品に加工した後、海底の比較的安定な環境に置かれるまで、工場倉庫、布設船の船倉内など空気に接触保管されてもその温湿度、紫外線等の環境変化によって特性がかわらないことを示している。

また、別に行なった屋外暴露試験においても表3に示したように変化は認められない。

表 2 ウェザオメーター試験
試料: 6mm 亜鉛メッキ鋼線

試験項目		試験時間	試験前	150時間後
密着性 (kg)			123.6	134.4
摩耗試験 (ネマ式)	角型刃 (荷重 1kg)		110	105
	0.8mm 鋼線 (荷重 2kg)		116	201
塗膜の引張試験	引張り強さ (kg/mm ²)		1.94	1.82
	伸び (%)		250	220
	100%モジュラス (kg/mm ²)		1.02	1.05
巻付試験	1 1/2"	丸棒巻付	塗膜に変化なし	塗膜に変化なし
捻回試験	捻回数 5回		塗膜に異常なし	塗膜に異常なし
	捻回数 10回		塗膜に異常なし	塗膜に異常なし

(注) プラスチゾル塗膜厚さ 0.3mm

表 3 屋外暴露試験

試験開始: 昭和 39 年 12 月 13 日

試験項目	試料		4mm 亜鉛メッキ鋼線			
	試験期間	試験採取月日	試験前	6ヵ月	1年	1.5年
			—	昭40. 6. 14	昭40. 12. 18	昭41. 6. 11
外観・ビンホール試験 巻付 (2倍径)			良 0	変化なし 0 良	変化なし 0 良	変化なし 0 良
捻回	5回	5回後の外観 鋼線切断回数	良 13	良 11	良 10	良 10
摩耗試験	ネマ式、角型刃 荷重 1kg		55	78	87	80
引張試験	荷重 kg 伸び %		1,295 5.9	1,350 5.0	1,325 6.8	1,275 5.5
密着性			良	良	良	良

(注) プラスチゾル塗膜厚さ 0.3mm

c) プラスチゾル塗装鉄線の海水浸漬試験

外装鉄線は海底に長年月放置されるので、その経年変化すなわち寿命は技術上最も重要な点である。鉄線、亜鉛メッキ鉄線またはタール塗装鉄線はこれが海水中におかれたとき、数年を出でずして腐食することは過去の実績の示すところである。さらに局所的な電食が付加された場合その損耗は急激にすすむ。この意味で防食層の寿

命はすなわち外装線の寿命という。実際の海底環境においていかに安定であり、長年目にわたり変化しないかを示すためには実際にその年月使用するほかに明らかな証拠となりうるものはないが、初期の数年のデータから遠い将来を予想することは、ある程度可能である。プラスチック塗装鉄線が製造された当初、昭和38年3月以来試料を(写真2に示すように)横浜市中区新山下町横

写真 2 海水浸漬状況

写真 3 海水浸漬試料 6mm 鉄線プラスチック塗装面 2.5 年経過

表 4 海水浸漬試験

試験開始: 6mm 亜鉛メッキ鉄線 昭和 38 年 3 月 8 日
4mm 亜鉛メッキ鉄線 昭和 39 年 12 月 27 日

試験項目	試料		4mm 亜鉛メッキ鋼線				6mm 亜鉛メッキ鉄線	
	試験期間	試験採取月日	試験前	6ヵ月	1年	1.5年	2年	3年4ヵ月
			—	昭 40. 6. 25	昭 41. 1. 7	昭 41. 6. 30	昭40. 4. 10	昭 41. 7. 25 現在
外観			良	良	良	良	良	良
ビンホール試験 巻付 (2倍径)			0 良	0 良	0 良	0 良	良 (貝殻付着) 0 良	良 外観のみ 観 察
捻回	5回	5回後の外観 鉄線切断回数	良 10	良 11	良 12	良 9	良 1	浸漬続行 中
摩耗試験	ネマ式、角型刃 (荷重 1kg)		106	81	91	83	—	—
引張試験	荷重 kg 伸び %		1,790 5.1	1,770 6.1	1,720 7.6	1,775 5.5	—	—
密着性			良	良	良	良	良	良

(注) プラスチゾル塗膜厚さ 0.3mm

浜市設貯木場入口の水門わき海面に浸漬し長期海水浸漬試験を続行中である。その後試料を追加しているが、当初のものはすでに3年半を経過している。写真3に示すように皮膜に貝殻が付着しているが、外観、巻付、捻回、引張り強さ、密着性等の試験結果は表4に示すごとくいずれも劣化の傾向は見られない。

d) プラスチゾル塗装鉄線の塩水噴霧試験

試験試料を60日間、食塩水濃度、5%、温度35°Cの条件下で噴霧し(JIS-Z-2371の方法による)、外観を観察したがなんら異常を認めなかった。また、試験後5倍径の巻付試験を行なったが皮膜にキレツあるいは割れなどの異常を生じなかった。

なお、別に塗装表面に縦に長さ20mmの傷をつけた試料について12日間、20%の食塩水を用い塩水噴霧を行なったが、傷面の錆は進行せず、また皮膜のはがれはまったく認められなかった。

e) プラスチゾル塗装鉄線のピンホール試験

現在の製造工程では亜鉛メッキ鉄線に表面処理を施した後、接着剤を塗布し、その上にプラスチゾルを焼き付けている。しかし亜鉛メッキ鉄線の表面の仕上げが不完全で微小の凹凸がある場合には、たまたま塗装工程でこの凹みに小さな空気をいだいたまま塗料が表面をおうことがある。このような場合には、つぎの焼付工程で内部の気泡が膨張して表面の皮膜にピンホールをつくることが多い。したがってピンホールをなくすために亜鉛メッキの表面仕上げを入念に行なうことが必要である。現在この技術も向上しているのでピンホールの数も数百mに1個という程度に減少させることができる。万一ピンホールができた場合、防食に対しどのような影響があるかについてつぎの実験を行なった。すなわち、海水中に置かれる鉄線はその周囲の海水に対して電位が+の場合もあり、-の場合もある。たとえば潮流による起電力においては流れの方向により鉄線の電位は海水に対し+または-となる。この極性により電流がピンホールから流出したりあるいは流入したりすると考えられる。図2は鉄線を-とし海水を+としてピンホール電流が時間に対してどのように変化するかを求めたものであり、時間の経過とともに急激に電流が減少していることがわかる。この説明はエレクトロ・コーティング³⁾としてすでに周知の現象である。すなわち、海水中の主としてカルシウムイオン(Ca^{2+})およびマグネシウムイオン(Mg^{2+})が、鉄線のピンホール部分の電位が-のため、集中的にピンホール部に集められピンホールにこれらの塩が固着し、海水と鉄線との間の電気抵抗が大となり電流が流れにくくなる現象である。プラスチゾル塗装ではピンホールの大きさは高々直径数十 μ という程度の小さなものであるため小さな電位差でも容易にCa, Mgの塩ができ、

図2 ピンホール電流の変化

試料: ピンホールは人工的に造ったものでその大きさは0.2~0.3mmである

これが緻密にかつ硬く鉄面に密着するため簡単には剝離しない。図2に電位差を種々変えた場合の電流減少の状態を示しているが、電位差の大きいほど Ca^{2+} , Mg^{2+} イオンが加速され早く塩の固形物ができることがわかる。電流の流入部はこのような現象により遅かれ早かれコーティングされてしまうので、電流が流入できず海水から流入する電流も微小となり、この意味では流出もないということになる。一度エレクトロ・コーティングができてしまえば、電位が逆になっても、ピンホールを埋めた塩の固形物は安定で硬く密着しているため、なんら変化せず防食効果を発揮する。

つぎに鉄線が+, 海水が-であるような環境の場合はどうであろうか。前図2にこの場合のピンホール電流の変化を示してあるが、やはり電流は漸減していることがわかる。これは海水のpH 7.5~8.4⁴⁾への状況下では海水中的 OH^- イオンと Zn^{2+} イオンが反応して生成した水酸化亜鉛 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ がピンホール部にコロイド状で付着する。水酸化亜鉛はカルシウム塩ほど硬くはないが、やはり電氣的に絶縁性を有するためピンホール部はふさがれると考えられる。

以上のようにプラスチゾル塗装鉄線では密着性が良いため、たとえピンホールができて自然にふさがれ防食に対して悪影響を与えないことがわかった。しかし、密

着性が悪くピンホール実効面積が大きい場合に相当する他の方法、たとえばチューピングによる場合には上記の効果はあらわれにくい。

2. 機械的性能

a) プラスチック塗装鉄線の耐摩耗性

海底ケーブル外装鉄線には種々の機械的摩耗力が働らくと考えられるが、とくに海底にあるケーブルに働らく摩耗には種々の想定が行なわれる。しかし、サンゴ礁またはこれに類する岩磐にケーブルがひっかかり、こすられるような場合は、たとえ鉄線、鋼線であっても切断されるので、プラスチック、ネオプレンあるいは PVC チューピングなどのような防食層を考えてもこれに耐えられるとは考えられない。したがってこのような場合はルートを選定するときに避けるべきであって、防食層の技術的条件としてはあげる必要はないであろう。そこで常識的な海底環境で摩耗に強いということが必要となる。この場合次の三つの状況が考えられる。

- 1) 布設中の布設機械すなわちドラムエンジン、シープなどを通過するときと与えられる摩擦力、圧潰力
- 2) 陸揚付近の波浪による細い砂の移動を想定した場合の摩耗
- 3) ケーブルが海底を引きずられた場合、または海水の移動によりケーブルが振動した場合の海底との接触部の摩耗

上記 1) の外力に対してはヘンリースcottの圧潰試験が参考となる。その結果は表 5 に示すごとくプラスチック塗装鉄線は圧潰に対してはきわめて強い。2) および 3) の摩耗に対してはネマ式摩耗試験機（試料上に往復運動をするバーがあり、これに摩耗材をはさみ荷重をかける。摩耗により皮膜が破れ鉄面が露出し電気的に接触するまでの回数を摩耗回数とする）と、かご型の摩耗試験機（細砂を摩耗材とする）を用い試験を行なった。

表 5 圧潰試験

試料	圧潰値	備考
プラスチック塗装鉄線 ネオプレン被覆鉄線	1,800 lb 以上 420 lb	試料台幅 5 mm 圧潰速度 38mm/min

図 3 はネマ式摩耗試験機によるプラスチック塗装鉄線とネオプレン被覆鉄線の摩耗特性を示したもので、2種の被覆を比較した場合摩耗材の線径が太いとき（小さな圧力）はプラスチックが強く、反対に線径が細いとき（大きな圧力）ではネオプレンが強いことがわかる。すなわち、波浪などにより細砂が移動した場合を想定すれば摩耗圧力は小さいものと考えられ、一般にネオプレンはどのような摩耗に対しても強い抵抗力をもっているが小さな摩耗力に対してはプラスチックがネオプレンよりすぐれていると考えられる。なお、図 3 に摩耗材として

図 3 ネマ式試験機による摩耗試験

90°の角型刃を用いた場合の荷重と摩耗回数との関係をも示してあるが、荷重の減少により摩耗回数が急激に増加するプラスチック皮膜の特性がわかる。またかご型摩耗試験機によってえられた結果も同様であり、砂のあらさと関係し細い砂の時はプラスチックが良い結果をあたえる。

つぎに 3) の外力は 2) の場合より一般に摩耗圧力は大きいと考えられるが、海底を引きずる場合は布設または修理の際に 1 回限りであり高々数百 m 止まりであるので普通の海底状態では問題はないと考えられる。しかし 3) の場合でケーブルが振動により局部的に摩耗を受ける場合にはプラスチック塗装鉄線は皮膜厚さがうすいことと、圧力の大きな摩耗に対しては強くないことから摩損を受けるものと考えられる。しかし、これによる摩損は局部的に限られ、鉄線と防食層の密着性が良いため、この摩損を足場として腐食、電食等の損耗が他部に波及しにくいこと、またケーブルの全周にわたってこのような摩損を受けることはないで、たとえ外装線のうちの 1~2 本が損耗を受け切断したとしても他の外装線によって張力は十分保証でき、ケーブル障害にいたることはないと考えている。

b) プラスチック塗装鉄線の巻き付けおよび捻回試験

プラスチック塗装鉄線（素線径 6mm）の巻き付け試験では、常温で 1½ 丸棒に 6 回巻き付けた場合、巻付後 -25°C で 1 時間冷却した場合、また巻付後 120°C の温度で 1 時間加熱した場合、いずれも外観になんら異常は認められなかった。

捻回試験では、つかみ間隔 200 mm で 60 rpm の速度で捻回した場合、10回捻回しても異常がなく密着性がすぐれていることがわかる。この場合捻回後に故意に傷を入れて皮膜を剝したところ、亜鉛層から剝れ、亜鉛層とプラスチックの密着力が亜鉛層と鉄よりもすぐれていることを示している。

3. その他の試験

a) プラスチゾル塗膜の吸水性

鉄線より剝離した試料皮膜を室温で水中に浸漬し、1ヵ月放置後の吸水率を求めた結果を表6に示した。表には比較のためネオプレンについてももともとめてあるが、ネオプレンは吸水率がもっとも大きい。吸水状態における引張り強さ、伸び等の物理的特性は各材料とも吸水前とほとんど変化がない。

表 6 各種皮膜の吸水率

試験条件：室温にて蒸留水中に浸漬

試料	吸水率 %		備考
	7 日	1ヵ月	
プラスチック塗膜	0.29	0.60	膜厚 0.3mm
ネオプレン皮膜	0.44	1.34	膜厚 1.3mm
PVC チューピング皮膜	0.20	0.46	膜厚 0.5mm

b) プラスチゾルシートの物理試験

厚さ 1mm のシートを作成し試験した結果を表7に記した。プラスチック塗装鉄線に使用するプラスチックは PVC レジンのほかに熱硬化性樹脂を含むため、PVC そのものの特性とは異なり、熱を加えることにより硬化が進むため、伸びの加熱後の残率が PVC より小さく出る。

表 7 プラスチゾルシートの試験成績

試験項目	試験結果	備考
引張り強さ	2.47 kg/mm ²	
伸び	120%	
100% モジュラス	2.38 kg/mm ²	
加熱試験 引張り強さ残率 伸び残	114% 18%	100°C, 120時間
硬耐 加寒 熱変 試験形	60 -5°C 28%	ショアー D型 100°C, 1 kg 荷重

5) プラスチゾル塗装鉄線を外装に用いた海底ケーブルの物理的特性

1) 外装鉄線径の変動実績

昭和40年末より約6ヵ月間三信工業株式会社において製造された 8 mm および 6 mm 鉄線の仕上り外径について、皮膜標準厚さ 0.3 mm に対し標準偏差は 0.017 ~ 0.025 mm であり、また最小膜厚は 0.025 mm である。

2) プラスチゾル塗装前後における引張り強さと伸び

塗装中の加熱により鉄線の引張り強さ、伸びに変化が

ないかを調べるために塗装前後において鉄線の引張試験を行なった結果、塗装前後において引張り強さ、伸びの変化について有意差は認められず、材質的に変化がないことを確認した。

3. 海底ケーブルの伸びと回転

図4および図5は海底ケーブルに張力を加えた場合、張力と伸び、張力と回転の関係を求めたもので、内部のケーブルの構造としては太平洋横断ケーブルに用いられた SD ケーブルの場合である。L₃, L₄, L₅等の記号は外装の種別を示すもので図6にその断面を示した。B は米国ベル電話研究所のネオプレン被覆のものであり、A はプラスチックを被覆した場合である。図によって明らかにプラスチックの場合、鉄線径を太くできるのでケーブルの伸びあるいは回転は小さくなり、海底ケーブルとしての特性は鉄線径の2乗に比例して向上する。また水中重量、比重が増大することにより、海底に布設された場合機械的に安定で波浪に動かされにくいことも長所といえよう。また鉄線間隙がせまいため、スマリ等の漁

図 4 ケーブル張力と伸び

図 5 ケーブル張力と回転

図6 ケーブル外装断面図

具によってその針状フックが鉄線の間隙を刺し通すという障害に対しても保護できる。更に鉄線が太い点はいわ

ゆる“わらい”，スピーユー，キンク等に対しても特性が改善される方向である。

6. 結 言

海底ケーブル外装鉄線としてプラスチックを塗装し焼き付ける方法について実験した結果種々の利点があることがわかった。この方法により経済的にもネオプレンによる方法よりも経済的で、海底ケーブルの価格を低下せしめることが可能となった。今後実施される太平洋横断海底ケーブルまたは国内海底ケーブルにこの新しく開発された技術が役に立つものと思われる。

終りに本研究には古河電気工業株式会社横浜電線製造所化学研究課の方々に種々のご援助をえた。厚く感謝の意を表する。
(昭和41年10月13日受理)

文 献

- 1) 江副，鈴木：“海底ケーブルの電食障害について”，電気学会，76，609 (1956)
清野，江副，鈴木：“潮流下の海底ケーブルの電気障害に対する理論的検討”，電気学会，77，1079 (1957)
清野，江副，鈴木：“潮流下の海底ケーブルの電気障害に対する理論的検討” (続)，電気学会，78，834 (1958)
- 2) 特許公告，昭 39—5772
- 3) 日本防錆技術協会編：“防錆技術便覧”，日刊工業新聞社 (1958)
- 4) L.L. Shrein: “Corrosion of Metal and Alloys”, Vol. 1 (1961)

NACE Glossary of Corrosion Terms (3)

Filiform Corrosion—Corrosion that develops under organic coatings on metals as fine hairlines, usually curved, wavy or coiled, and randomly distributed.

Fretting—Deterioration resulting from repetitive slip at the interface between two surfaces in a corrosive environment.

Galvanic Cell—A cell in which chemical change is the source of electric energy. It usually consists of two dissimilar conductors in contact with each other and with an electrolyte, or two similar conductors in contact with each other and with dissimilar electrolytes.

Galvanic Series—A list of metals and alloys arranged according to their relative potentials in a given environment.

Graphitic Corrosion—Corrosion of gray cast iron in which the metallic constituents are converted to corrosion products leaving the graphite intact.

Hydrogen Embrittlement—Embrittlement caused by entrance of hydrogen into the metal.

Hydrogen Overvoltage—Overvoltage associated with the liberation of hydrogen gas.

Impingement Attack—Localized erosion-corrosion resulting from turbulent or impinging flow of liquids.

Inhibitor—A substance which retards corrosion when added to an environment in small concentrations.

Interdendritic Corrosion—Corrosive attack which progresses preferentially along interdendritic paths.

Intergranular Corrosion—Corrosion which occurs preferentially at grain boundaries.

Internal Oxidation—See **Subsurface Corrosion**.

Ion—An electrically charged atom or group of atoms.

Local Action—Corrosion caused by local cells on a metal surface.

Local Cell—A galvanic cell resulting from inhomogeneities between areas on a metal surface in an electrolyte. The inhomogeneities may be of physical or chemical nature in either the metal or its environment.

Mater. Prot., 4, No. 1, 79~80 (1965) Jan.