

No.008 (復刻版) *****

腐食センターニュース

*****平成7年9月1日

技術講習会・相談会(金属の腐食と防食技術)

－ 開催案内 －

主催 千葉県機械金属試験場
 共催 (社)腐食防食協会 腐食センター、(財)千葉県工業技術振興センター
 協賛 (社)日本防錆技術協会、ステンレス協会、(社)日本ガス協会、(社)日本鉄鋼協会、日本塗装技術協会

日時 平成7年11月14日(火)

場所 千葉県機械金属試験場
 〒263 千葉市稲毛区天台6-13-1、 TEL、0E13-252-2101
 <交通> JR千葉駅からモノレールにて5つ目のスポーツセンター前下車

受講料 1,000円(当日徴収) 千葉県機械金属試験場 FAX、043-254-6555 までお申し込み下さい。相談内容がある場合は10/31までにFAX送付願います。

プログラム

開会挨拶 千葉県機械金属試験場 場長 高田喜正
 (社)腐食防食協会 腐食センター 岡田秀彌

講演 司会 千葉県機械金属試験場 鍋島宏司
 10:15~11:00 「建築配管類の腐食防食」 鹿島建設 中島博志
 11:10~12:00 「ステンレス鋼の発錆」 東京大学 辻川茂男
 13:00~13:50 「表面処理・めっき製品の耐食性評価」
 日本ウェザリングテストセンター 伊藤哲司

公開相談
 14:00~16:15 締切日までに受けた質問に対し、当センターのパフォーマンス研究会委員・中立技術委員が回答・解説します。

閉会挨拶 千葉県工業技術振興センター 内藤利夫

ステンレス鋼製フックの腐食割れ

Q: 事例は、熔融亜鉛めっき工場内の横棧吊りフックで、塩酸蒸気のかかる前処理装置の上方で稼働していた。フックは Type304 ステンレス鋼の直径 5 mm の線材で、L 字型に曲げ加工された曲げ部付近で使用開始後約 2 年で破断した。線材表面はアバタ状の侵食をうけ黒変し、手の力で容易に折れるほど脆化していた。原因について次のように考えてよいか？

- (1)塩酸蒸気によりステンレスの酸化膜が破壊され、塩素の攻撃をうけた、
- (2)フックにかかる応力も腐食促進因子になった、
- (3)水素イオンによる水素脆化は使用温度が常温付近であるため考えにくい、
- (4)このような環境でステンレス鋼を使うのは材料選定のミスといえないか、
- (5)すでに熔融亜鉛めっき鋼製フックにとりかえているが、この塩酸環境では亜鉛の消耗が速いと思われる。

A: 断面の SEM(走査型電子顕微鏡)写真によると表面の凹凸はほとんどなく、き裂は表面からほぼ直接的に内部に侵入しており、かつ E PMA によれば Cl はき裂に沿って先端まで認められる。したがってこの環境は 304 鋼が均一腐食をうけるような酸性 (PH<2) 条件にあり、共存する塩化物イオン (Cl⁻、塩素 Cl₂ ではない、(1)により応力腐食割れ (SCC) を起こした可能性がある。き裂先端まで Cl⁻があることはたえず溶解を伴いつつき裂が進んだことを示している。この際の応力源として稼働時の付加応力(2)のほかに、線材の製造工程で導入された残留応力がある。ダイスによる線引きは引っ張りの残留応力を生じること、その大きさは断面減少率で 50~60%の加工をうけると付加応力なしで SCC を起こすのに十分であることが知られている。ステンレス鋼はそれが自己不動態化する中性 (304 鋼では 2<pH) 環境で使うのが本来であり、かつ酸性の塩化物環境での SCC は常温でも起こることが知られているので、ミス(4)でないとはいえない。オーステナイトステンレス鋼では水素による脆化が起こりにくい、非安定系オーステナイト鋼である 304 鋼では強加工をうけるとマルテンサイト相を生じ花割れとよばれる水素脆化型の割れ (HE) が起こることが知られている。したがってこの HE が起こった可能性もある。たとえこれを否定するとしても常温付近であるから(3)とするのは誤りである。高力ボルトなど低合金高強度鋼でよく知られているように HE はむしろ常温付近で最も起こりやすいという特徴があるからである。

[K.T., S.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より]

埋設管の防錆仕様

Q: 工業用水の引き込み管として鋳鉄管を考えています。ビニール管は強度上不適とのことですが。これを埋設する場所は埋立地で、1.5 m ほど掘り下げると海水が湧出する状況です。コンクリートやアスファルトで巻く方法は、地盤が軟弱なためコンクリート基礎・支持柱が必要になり大がかりになってしまうといわれます。よい防錆方法はないでしょうか？ またそれによって何 10 年ぐらいの寿命が期待できるのでしょうか？

A: 埋設管の腐食速度は一般に最大深さで 0.1mm/y、平均深さで 0.06mm/y 以下と小さい。ただし、これらは短管でのデータで、マクロセル作用が働かず、土壤中水が静止している場合である。埋設を行ったとき、深さ 1.5~2 m で水道（みずみち）ができることがあり、この場合酸素を含んだ新鮮な水に常時接することになり鋼・鉄管の腐食は加速される。0.2~0.3 mm 厚さのポリエチレン製スリーブまたはシートを管の外側に巻く（ルーズな巻き方でよい）方法が最近普及しつつある。腐食を抑制するよい方法である。

管本体のほかに、継手部のボルト/ナットに注意が要る。ボルトには裸（めっきなし）鋼、ナットには厚めの亜鉛めっきを施すのがよい。これに関し、会場の参加者から、鋳鉄管/ポリエチレンスリーブをすでに使っていること、継手部のボルト/ナットは SUS316 鋼を絶縁して用いているとのコメントがあった。なお、海水の侵入がある場合この SUS316 鋼の絶縁部にはすきま腐食が起こる可能性がある。

(F.K., S.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より)

ガソリンスタンド埋設配管のマクロセル腐食

Q: 基盤粘土(クチャ)の上に掘り起こし粘土層、次いで通気性のよいコーラル層を敷き、さらにその上にコンクリートが打設されている。給水(実はガソリン)管(4/3インチ、亜鉛めっき)は粘土層/コーラル層のコーラル層中を水平に走ったのち、立ち上がってコンクリート層を貫く形で埋設されていた。このような鋼管が1年1ヵ月で孔あきを起こした原因をコーラルと粘土との通気差および湧水にあると考えてよいか。同様な腐食事例はかなり多く、早いものでは6ヵ月で孔があく。なお沖縄特有の粘土(クチャ)は海成粘土で、 Cl^- 、 SO_4^{2-} を含むほか、不透水性で比抵抗が低く、腐食性が大であるといわれている。

A: 管の肉厚を2mm、貫通までの時間を1年1ヵ月とすると約2mm/y、同時間が6ヵ月なら4mm/y、という非常に速い腐食速度になる。これは、コーラルに埋設されている鋼管をアノード、鋼管がコンクリート層を貫通する箇所では接触するコンクリート中鉄筋をカソードとするマクロセル腐食と呼ばれる腐食によるもので、本土では過去に建物への引き込み配管でよく経験し、現在ではガソリンスタンドでの事例が多いと聞く。ここまで回答したところで本件もガソリンスタンドであることが明らかにされた。このようなマクロセル腐食の原因は、鋼管とコンクリート中鉄筋との接触である。建物への引き込み管と同様、ガソリンスタンドで地下のコンクリート囲み内に埋設されたタンクから地上へガソリンをくみあげる給油管は構造上必ずコンクリート層を貫通せざるをえない構造になっていて、注意しなければ必ず上述の「接触」条件ができてしまう[1]。

(S.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より)

[1] 腐食センターニュース, No.004 (1994年9月1日)

送電鉄塔のコンクリート基礎部における腐食

Q: 鉄塔は SS400 製で $600\sim 1000 \text{ g/m}^2$ ($84\sim 140 \mu\text{m}$) の熔融亜鉛めっきを施してある。その基礎はコンクリート中に埋め込まれているが、コンクリート上面からの距離数 cm ー7-8 cm 入った内部で亜鉛が消耗して鋼のさび汁がコンクリート上面までしみ出してくる現象が約 10 年で現われる。この原因について、次のように考えている：

- (1) 鉄塔が台風等でゆれて基礎/コンクリート面にすきまができる、
- (2) 鉄塔に付着した塩分が雨に流されてこのすきま内に運ばれる、
- (3) 以上の繰り返しで特定の部分だけが腐食してゆく。

A: 亜鉛めっきを施していない裸鋼であれば、鉄柱がコンクリートに入る直前の根元（コンクリートの外）が侵食されるという腐食形態をとるのが一般である。厚い亜鉛めっきが施されている本鉄柱の場合はこれとは異なり、むしろコンクリートの内部でめっき亜鉛が速く腐食するという形をとっている。めっき亜鉛の腐食速度は海岸地帯で $11\sim 14 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{y}^{-1}$ ($1.54\sim 1.96 \mu\text{m/y}$) と報告されている[1]。したがって鉄塔の通常地上部ではこの速度で $600\sim 1000 \text{ g/m}^2$ の付着量は 42~70 年以上の寿命に相当することになる。都市・重工業地帯で亜鉛の腐食を加速する酸性因子は本件では存在しないとして、ご提案の亜鉛腐食速度の海塩粒子濃度依存性[2]を見ることにする。亜鉛のそれは、炭素鋼ほど著しくないが、海塩粒子濃度の 2 桁の増大に対して腐食速度は $1 \mu\text{m/y}$ から $10 \mu\text{m/y}$ までは増加するとみなせる。この最大値 $10 \mu\text{m/y}$ を仮定すると本鉄塔の亜鉛付着量での寿命は 8.4~14 年ということになり-数字としては約 10 年という実績値と一致してきます。だからといって、この機構が正しいとは結論できません。これは以前から真剣に沖縄で取り組まれている問題のようで、もっと詳しい調査と検討によってよい対策が出せるよう期待したいものです。

(S.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より)

引用文献

- [1] 腐食防食協会編: 材料環境学入門, 丸善, p. 165 (1993).
- [2] ibid., p. 158.

亜鉛めっき上への塗装

Q: 沖縄では主な防錆法として、塗装などと熔融亜鉛めっきがあります。これらを組み合わせることができれば、より優れた防食ができ、かつ外観の美粧目的にも役立つと思われます。有効な塗装法はないのでしょうか？

A: 亜鉛上への塗装は比較的近年に技術開発された課題といえます。塗装あるいはめっきのいずれかですむとの考えは、塗装主体でも下地に亜鉛を入れておくほうがよくもつこと、裸亜鉛では酸性雨に対してアルミニウムほど抵抗性がない・エロージョンに弱い(海水の飛沫・雨だれの直撃に弱い)こと、などによって成り立たなくなり、両者を複合化したほうがよいとの考えになってきました。融雪塩・塩害対策に亜鉛めっきを採用した自動車用外板にも同じ必要性が生まれましたが、亜鉛上には塗装しにくかったため、当初は塗装すべき表側をめっきしないとか、めっき組成を表側で低Zn-高Feにするとか、を対策にしていました。

現在では、塗料メーカーは亜鉛上塗料を技術的に確立し、市販しているとのこと。

無線鉄塔に赤・白二色の塗装を施した際の仕様は次のようなものでした。

素地： 4種ケレン

下塗1：エポキシ樹脂系プライマー（りん酸亜鉛の化成処理剤を含む）

2： 同上

中塗： ポリウレタン系樹脂塗料

上塗： 同上

亜鉛めっき鋼板メーカーでは蒸着亜鉛・電気めっき亜鉛・熔融亜鉛のいずれのめっき亜鉛(数10~200 μm 厚さ)にも対処しています。ただし前二者に比較して、熔融亜鉛の表面活性度(塗膜密着性を上げるための化成処理におけるりん酸・クロム酸などの反応性)が低くステンレス鋼と同程度であるため、機械的方法(ケレン)・化学的方法での改善が必要です。

(H.T., Y.M., H.F. and S.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より)

太陽光紫外線の塗膜への影響

Q: 沖縄は、塩害に加え年間を通して高温多湿と、特に腐食環境の厳しいところであります。そのため、当社設備の防錆・防食対策は保守管理上重要課題となっています。しかし、防錆・防食対策は腐食環境（湿分、塩分等）の他に太陽光紫外線も考慮する必要があると考えます。つきましては、太陽光紫外線が塗膜劣化や金属腐食等の進行にどのような影響を与えるのか、また、紫外線による塗膜劣化防止対策等についてご説明下さい。

A: 可視光線（波長 380~780 nm）のうち最も波長の短い光（紫色）より波長の小さい（エネルギーの大きい）光が紫外線である。地表に届く太陽光線中には 300 nm 以下の光はないので、これより長い波長 300~400 nm の光（全日射エネルギーの 1/10 以下）が我々のうける地上の紫外線である。

塗料は下塗/中塗/上塗（中・上塗に着色顔料を含む）から成り、さらにその上に 1 μ m 厚さの樹脂層において光沢発揮の役割を担っている。紫外線はこの最上層の樹脂層を劣化させる。劣化の内容は、(1) 樹脂層が薄くなる（塗膜抵抗が小さくなって腐食電流が流れ易くなる）、(2) 凹凸化により水分が浸透し易くなる、である。紫外線に対する耐性は耐候性（大気環境中での耐性）の重要な要素で、耐熱性・化学的安定性を併せもつふっ素系樹脂（イメージとして PTFE（商品名テフロン）など）が最も優れるとされ、これを上述の最上層に使うと 10 年以上耐性があるとされ、現在沖縄でも試験を継続している。このような樹脂の開発研究は昭和 55 (1980) 年頃から始まり、同 58 (1983) から市販されている。

(H.T., Q&A in 沖縄 03-08-94 より)

パフォーマンス研究会

腐食センターパフォーマンス研究会の第8回は1995年9月1日(金)14:00~17:00,当協会会議室において開催され、以下の話題提供があった。

「チタン製ポンプブレードの含次亜塩素酸ソーダアルカリ液中での減肉」
昭和電工 新井正一氏

「銅合金のすきま腐食防止用シール材」
日立製作所機械研究所 保坂信義氏

今回は定例(偶数月の第3金曜日)通り、10月20日(金)14:00~、めっきセンター会議室(当協会近く)で開催の予定である。

化学装置用材料環境学入門講座

腐食センターは、化学工学会の関東支部ならびに同学会化学装置材料委員会との共催により下記内容の講習会を7月18(火)、19日(水)の2日間日本化学会7階ホールにおいて開催し50名余の受講者があった。

第1日 基礎講座

入門講座開催にあたって	(9:50~10:00)	東工大	津田 健
1. 材料環境学概論	(10:00~11:00)	東大	辻川茂男
2. 高温用材料概論	(11:10~12:10)	千代田化工	柴崎敬和
3 鉄鋼材料	(13:10~14:10)	金沢工大	小川洋之
4. 耐食材料	(14:10~15:45)	IHI	明石正恒
5. 有機および無機系材料	(16:00~17:00)	味の素	池田聖紀

第2日 応用講座

6. 材料選定と設計概論	(10:00~11:00)	日揮	山本勝美
7. 湿食事例(1)	(11:10~12:10)	鋼管計測	酒井潤一
8. 湿食事例(2)	(13:10~14:10)	旭化成	中原正大
9. 高温損傷事例	(14:10~15:10)	TEC	柴田啓一
10. 保全検査概論	(15:20~16:50)	住友化学	石丸 裕

目次

技術講習会・相談会(金属の腐食と防食技術) 1
- Q&A -	
ステンレス鋼製フックの腐食割れ2
埋設管の防錆仕様3
ガソリンスタンド埋設配管のマクロセル腐食4
送電鉄塔のコンクリート基礎部における腐食5
亜鉛めっき上への塗装6
太陽光紫外線の塗膜への影響7
パフォーマンス研究会8
化学装置用材料環境学入門講座8

No.008 平成7年9月1日
(社) 腐食防食協会
腐食センター
〒113 東京都文京区湯島 1-12-5
小安ビル 6F
03-5818-6245(TEL・FAX 兼用)

ここに掲載された文章および図表の無断使用、転載を禁じます。 ©腐食防食協会