糸 状 腐 蝕

訳 者 清 水 義 彦*

Filiform Corrosion

M. Van Loo, D. D. Laiderman & R. R. Bruhn

Corrosion, 9, No. 8, 277~283 (1935) Aug.

糸状腐蝕とは被膜の下の金属の表面に生ずる錆の特殊な型で、その糸状の痕跡が特徴である。その指向的な発達と一定の構造を有することが一般の“盲滅法な錆び方”と異なる点であり、この錆が以前に考えられていたよりも頻繁に生ずるので、特に工業仕上に携わる者の関心を惹くようになってきた。

糸状腐蝕は第1図に示すように普通迷路または網目のようなもので偶然生じた模様のような外観を呈している。第1図は数年間使用した実験室の湿度計のエナメル仕上げの金属性被いの一部で、黒い糸状の迷路の如きものがその金属に刻蝕された糸状腐蝕である。この型の腐蝕は一度気がつくと驚くほどしばしば見られるもので、ほんの1例をあげただけでもジエリーの蓋、油引きした工具、冷蔵庫の扉、塗装した金属のタイル、自動車のクロム鍍金の器具類等によく見受けられる。

透明ラッカー被膜下の不銹鋼で糸状腐蝕の主成の実験をすると、普通の条件のもとでは生長していく筋は普通V字形の青色のはつきりした先端を有している。これは腐蝕生成物が第一鉄の状態になることを示すもので、この筋の中辺は普通第二鉄の状態の腐蝕生成物の特徴であ

の一部分を示した拡大写真である。

第2図 V字型頭部の糸状腐蝕の筋の拡大図

(85 倍)

C. F. Sharman は 1944 年, “Nature” に発表された「ラッカー塗装鋼表面の被膜下腐蝕」¹⁾の論説の中で“糸状腐蝕”なる語を初めて使用したのである。彼は相当細部にわたつてこの現象を述べており、この方面の研究には非常に有意義である。英国においては以前から問題にされており、The Corrosion Group of the society of Chemical Industry の最近の会議でも取り上げている。²⁾

糸状腐蝕の生成

初期の研究では糸状腐蝕は多くの鉄の表面に見つけられていたが、その後活発な生長がマグネシウム、アルミニウムにも見受けられ、また鋼の錫メッキ、銀メッキ、金メッキまたは磷酸塩被覆の下でも発生することがわかった。しかし不銹鋼のようにもつと耐蝕性のあるものとか、モネル、銅、真鍮、ニッケル、クロム、錫鉛、金、チタニウム等では糸状腐蝕は発生しなかつた。種々の塗料・例えば乾性油、オレオ樹脂結合剤、純粹或は変性したフェノールワニス、アミンの誘導体を含むアルキドラッカービニールの共重合体被覆、アミンを誘導したエーテル樹脂とエーテルエステル被覆等の透明なものや色素のあるものについて試験した。その結果塗料のバインダ

第1図 湿度計の被いの糸状腐蝕(実物大)

る酸化物の赤色を呈している。第2図は不活発な中辺の一部分とV字形の活発な先端を有する成長しつつある筋

* 科学研究所

一の如何は糸状腐蝕には大した影響がないことだけがわかつた。

初期の研究で最も重要な点は、一般に糸状腐蝕は湿度の比較的高いときに生ずると言うことからその生長と湿度との関係が明らかになったことである。焼付エナメルで被覆された冷間圧延鋼板にX字型の模様を罫書きし、後で述べるように錯酸溶液上に曝すことによつて先ず銹を発生させた。次に板は 75°F で 5%以下から 100%迄の相対湿度の雰囲気中に曝露した。一つの実験では適当な濃度の硫酸溶液を用い、他の実験では苛性曹達の水溶液を用いて湿度を調節した。相対湿度（以下 RH と略称する）65%以下では糸状腐蝕は見られなかつたが、RH 80~90%の間では非常に活発に生じた。糸状腐蝕の筋は RH 90%以上では幅が広くなり、RH 約 95%以上ではふくれを生じた。そして腐蝕は同一相対湿度では硫酸溶液を用いた場合の方が、苛性曹達溶液よりも活発であつた。硫酸を用いたときの鋼板についての結果を第1表に示す。

第1表 H₂SO₄ 溶液上の相対湿度に対する

塗膜下の銅の腐蝕					
相対湿度	塗膜下の腐蝕の型	糸状腐蝕の巾	活動的頭部の型	腐蝕速度	最終腐蝕生成物の色
0-65%	なし	—	—	—	—
65-80%	糸状腐蝕	極めて細い	極めて深い“V”型	少	明るい黄色
89-90%	糸状腐蝕	広い	浅い“V”型	中程度の速さ	錆色
93%	糸状腐蝕	極めて広い	平面又は二重“V”型	大	黒褐色
95%	多くはふくれ上り散乱した糸状腐蝕	極めて広い	平面又は二重“V”型	大	黄色褐色
100%	ふくれ上り	—	—	最初大次第に早くなる	錆黒色

関係因子の予備調査

以前は糸状腐蝕は光線の有無、あるいは空気の状態等に関係あるものと思われていたが、その後暗黒中でもまた陽光線、人工光線の下でも生長することがわかつた。しかして今日までには糸状腐蝕の生長と生物以上の活動性については何の関係も見出されていない。糸状腐蝕が生長する条件にある場合には、塗料被膜の表面または内部にバクテリアや菌の生長を防止するに十分な有毒物があつても、依然として糸状腐蝕の生長は止まなかつた。この殺菌剤には殺菌の効力が充分にあると考えられる種々な水銀剤、塩化フェノール、酸化第一銅、その他カビの生長防止剤（消毒剤）等を用いたのである。

一般に糸状腐蝕の筋は下地の金属の金相学的輪郭に従つて生ずるものと思われたことがよくある。金属の表面は結晶の面、端、角、境界及び混乱した層の集合体より成っているが、3) 筋が之等の境界のものの中、どれかに沿つて生ずるだろうと思われがちである。しかし、実際には金属表面の金相学的条件との関係は発見できなかった。調整された条件のもとでは一本の筋は方向を変える

ことなく、相当の長さまで進むと云うことは、この筋は中途で無数の金属表面の金相学上の境界を横切つても影響を受けないことを表わしている。また膜を通して金属面に切りきずをつけたときにそれが面に斜めでも垂直につけても、水平につけても筋は一般にそれと直角の方向に走り出すものであるが、これもまた、表面の金相学的条件とは無関係なことを示している。鋼板を砂吹きした時には（特にマグネシウムの場合そうであるが）磨いた痕跡に沿つて筋の生ずる傾向があつた。金属の下地塗りの普通の防銹顔料は糸状腐蝕を防止し得かつた。それに V.P.I. を加えてみてもだめであつた。しかし表面を磷酸塩に転換する型の表面処理では、実験の結果糸状腐蝕をにぶらせることには有効であるが、掻き傷や欠陥が保護被膜や磷酸塩の被覆を貫通して金属面に達したような場合にはその生長を防止することは出来なかつた。工業焼付けアルキドエナメルを適用する前に鉱物油、植物性乾性油に乾燥剤か又はチタンアシレートで予備処理することは糸状腐蝕を抑制し得なかつた。

糸状腐蝕の実験

試料には汚れのない冷間圧延鋼板を空气中で乾燥するかまたは焼付けによつて透明或は色素のついた仕上塗料で被う。この上から被覆を通してX字を描き、これを密閉された 1%醋酸溶液上に約 24 時間おいて最初の腐蝕をおこさせる。酸による活性化は必ず要るわけではない。またその濃度曝露時間等は大した影響はないが、上述の如き条件が適当でありまた便利である。

活性化した後に試料を試験する雰囲気中に移し糸状腐蝕の進行経過を観察する。第3図は試料の一部で、これは硫酸溶液上で 86%RH, 75°F, に保つて 840 時間曝した後の透明ワニスの下に発達した糸状腐蝕を示す、この

第3図 冷間圧延した鋼を 75°F 相対湿度 86% の H₂SO₄ 溶液上で 840 時曝したときの糸状腐蝕（5 倍）

筋は大抵振傷がその原因になるが縁汚点やゴミ、ホコリ、保護被膜の不完全な部分等からも生ずる。一定な条件下で成長すれば、その筋の寸法は全く一定で、その長さは普通直径の何倍もある。Hargreaves⁴⁾と Kayser⁵⁾は糸状腐蝕には微視的と互視的の形があることを示しているが、これ等の寸法の差は温度、湿度、表面被覆の厚み等によるものであろう。前述した筋は活動的な頭部（鉄の場合は青色、マグネシウムの場合は黒色）と非活動的な体部（鉄の場合は錆び色、マグネシウムの場合は白色）とを有し、またこの筋の跡の溝では金属の腐蝕生成物の膨脹によつて表面の被覆物が持ち上げられている。

試料が糸状腐蝕を起しにくい環境、例えば湿度の低い所へ移されると、生長は止り、その頭部は活動を停止して鋼ならば黄色の酸化物の色に変つてくる。板が再び濕つた環境に入れられると生長は再び始まるが、その筋は普通古いものの単なる続きではなく、むしろ新しい方向へと進みはじめる傾向がある。

もし一つの糸状腐蝕の筋が他のものと接触すると状況によつて種々な結果が生ずる。差当り鉄の表面に限定すると、一つの筋が他の筋を横切るとはなかつた。すなわち活動的な頭部は既にその点を通つた他の糸状腐蝕の非活動的な体部にぶつかると、その二つは合体せずに活動的な頭部は投射角と略同じ角を以つてそれる。また、この特別な場合、すなわち活動的な糸状腐蝕の頭部が他の非活動的な筋と 90° でぶつかるときは、ぶつかつた筋はそこで成長しなくなるかも知れない。しかし普通は活動的な頭部は葎形にひしやげて二つに割れ、おのおのの糸状腐蝕の筋となり、活動的な頭部と衝突した筋とからある角度を以つてはね反つて生長して行く。生長する糸状腐蝕が他の非活動的な筋によつて取囲まれたときは、接触するたびに段々により狭い地域へとはね反つて行き遂には成長を停止する。もし二つの活動的な頭部が正確に頭同志ぶつかるとこれらは合体し得る。二つの活動的な頭部が同時に同一地点に二つの方向からわずかな角度でぶつかるときは二つは合体して一つの糸状腐蝕となつて、元の二つの径路の略平均の方向へと延びて行く。もしこの接合が正確でないときには、次いで生ずる一本の糸状腐蝕は正確な結合から外れただけ曲つた道に従つて生長して行くと思われる。

マグネシウムの糸状腐蝕は適当な状態のもとでは著しいが、上述の鉄の場合の様子とは正確には一致しない。

さらに詳細な研究が必要である。

糸状腐蝕生長の主なる原因

著者は糸状腐蝕の生長に影響する因子が如何なるものかについて広く研究した。湿度が重要な役割をつとめることについては既に述べた。著者の研究室では着色塗料に関して顔料の限界濃度に興味を持っていたので^{6) 7)}、

これが糸状腐蝕と関係があるかどうかがよく注意を惹いた。限界顔料濃度（以下 CPVC と略称する）とは、シンナーが蒸発した後に顔料の粒子の間に残る空隙を完全に満すに足るだけの結合剤を丁度含むような顔料の濃度を云う。塗料の光沢、ふくれを生ずる傾向及び水の滲透性等の性質、また塗膜の下で錆を生る傾向も同じく、その点で著しく変化するのであつて、一種の臨界点である。

一般に顔料濃度が低ければそれにつれて水の滲透性は少いものであるが、それから臨界点すなわち CPVC 以上で滲透性が比較的高くなる。結合剤に対する顔料の体積比だけ変えた種々のエナメル塗料をしらべてみると、顔料と結合剤とを混ぜたもののうちの顔料の含量が限界濃度より低い場合のみ糸状腐蝕が生ずることがわかつた。CPVC 以上では結合剤が不充分で、塗膜が多孔性であるのでこれには一様なまたは方向性のない錆を生じた。最近の研究によると、錆止めの顔料を用いた金属の地下塗り塗料を試験した結果、それが CPVC 以上の時に糸状腐蝕が生ずることがわかつた。しかし塗膜が CPVC 以下であることが糸状腐蝕を生じる一つの要件である。これは被膜が半滲透性だからである。糸状腐蝕は一定の滲透性の下では直線状に生長する傾向があるが、極端に近い滲透性の界面では曲線的に生長する傾向のあることを注目すべきであろう。糸状腐蝕の幅は湿度の増加と共に広くなると同様塗膜の厚さが増すと、また、広くなる。糸状腐蝕が生長するための第二の要件は、塗膜が十分に弾性を持つていてその下に生じた、かさ張つた酸化物のための膨脹によつて破れてしまわないことが必要である。金属下地の立場から見ると、糸状腐蝕が生ずるためには、金属は塗料を塗つておかななくてはならないし、また腐蝕が進行し得るような状態でなくてはならない。最小限必要なことは単体金属は酸化されて不安定な状態となり、次いで安定な状態に移つてゆくことである。鉄及び鋼の腐蝕は先ず不安定な第一鉄の状態となり、次いで安定な第二鉄の状態へと進行する。マグネシウムは腐蝕して黒い不安定な非結晶性の水酸化マグネシウムを作り、それが次に安定な白色結晶性の形になる。アルミニウムと同様に種々の状態の酸化物や色々の程度の水酸化物を作るので条件にあつている。

理論的検討

前述の項で糸状腐蝕が二つの点で一般の錆と異なる点を述べたが、これは特徴ある組織（V字型の活動的な頭部と長い非活動的な体部）を有し、その生長は有方向性（放射状のまた偶発的と云うより、むしろ直線的、規則的）であることである。独特のはねかえりや、合体や分割は糸状腐蝕の構造や方向を支配するのと同じ原因によつておこるものであるが、これは一般の腐蝕との第二

の相違点である。今ここで糸状腐蝕の生成における三段階を発生機構、発達機構指向機構に分けて考え、これらの特徴を説明する理論を述べてみる。

1) 発生機構

第1表で示したように糸状腐蝕は相対湿度に非常に敏感な大気中の現象で、この表の結果を液体中に浸けた場合に拡張して考えると、大気中の腐蝕と液体中の腐蝕との面白い比較ができる。前者の腐蝕は比較的一ようで強くなく、これは無数の極く小さい陽極がそのすぐ近くにある極く小さい陰極にコントロールされている腐蝕機構である。このような考え方は、金属表面の隔った部分の間に強い電解質による完全な接触がないことから考えて

第4図 腐蝕発生機構

第5図 腐蝕進行機構

もつともらしい。

金属表面についた水分の電気電導度の測定は実際には非常に困難であるが、湿った大気中の誘電体の表面電気電導度は相対湿度に非常に敏感でそれが高いほど一般に高いといわれている。⁸⁾それに反して液中の腐蝕では完全に腐蝕電池を形成してひどい腐蝕がおこる。第4図は塗料膜で部分的に塗装された金属表面で、もしこの板が腐蝕性雰囲気曝されると前述のやうに極く小さい無数の陽極と陰極が生じて腐蝕される。塗膜—金属—空気の接点(I)では、これらの無数の陽極(A)は図のように被膜の半円状の部分を持ち上げ、もしこの板が次いで相対湿度 65%以上の一定の湿度の大気中に入れられると、V字形の部分(L)の金属が腐蝕されるのである。腐蝕性雰囲気は塗膜の透過性で調節された速度で次第に内部に達するのであるが、鉄の場合ならばこのようなゆつくり

した腐蝕の結果生ずるのは水酸化第一鉄でこれがV字形の部分の充たす。そしてこれが活動的な頭部と云われるものである。最初の(A)部分は直接腐蝕性雰囲気と接触しているので非常に速く水酸化第二鉄に変わり、第一鉄と第二鉄の間にみられた境界を作るのである。多くの金属の腐蝕速度は相対湿度が増すと増加するので、生成する糸状腐蝕の数は当然これにともなつて増加するが(第1表をみよ)相対湿度が高い程ひどい腐蝕がおこるのでその幅は広がる。更にV字形の頭部は低い相対湿度では非常に尖ると思われる。これは湿度が低ければ折重なつた陽極を作る機会が少なく、湿度が高くなるにつれて陽極が重なる機会が多くなり、非常に高い相対湿度においては三つの陽極が結合して糸状腐蝕を形成することがある。このような状態では約 93% RH で見られる二重のV字形の活動的な頭部が生じ易い。

2) 発達機構

端的に云うと、この機構には次のやうな電気化学的な理論が考えられる。

この段階で更に腐蝕が進行するためには陰極の復極が必要であるが、これは水素が分子状となつて逃げるかまたは水素が酸化して水になるかによつて起こる。そして水酸化第一鉄から水酸化第二鉄への酸化によつてこの変化は終る。

前述の如く被膜の腐蝕性雰囲気に対する透過性は活動的な頭部内での腐蝕の進行をコントロールする。更に腐蝕が進むと被膜は更に持ち上げられ、これがまた金属を曝露して腐蝕させることになる。この活動的な頭部はしだいに放射状に進み、その腐蝕は進行する端部で起るが、一方後方の体部ではV字形の第一鉄—第二鉄の界面に沿つて水酸化第一鉄は水酸化第二鉄に変つていく。この腐蝕と変化の過程の進む機構は活動的な頭部と非活動的な体部との間の酸素濃度の差によつて生ずる酸素濃度電池^{9) 10)}によるものである。頭部における酸素濃度は、体部に比してかなり低く、この濃度勾配をきめる要素は次のようである。

a) 時間；糸状腐蝕が進行して塗膜が持上げられると一次的または局部的に低い酸素濃度が生じ、次いでこの部分に酸素が透過してきて濃度が増して酸素濃度の勾配が生じてくるのである。

b) 活動的な頭部の中での部分的腐蝕；頭部内においては部分的腐蝕によつて相当量の酸素が費される¹¹⁾。このような部分的腐蝕は電気化学的な機構によるものであるが、これは活動の主要な濃度電池とは独立のもので

云わば一つの腐蝕電池の中にもう一つの腐蝕電池があるようなもので、このような活動的頭部内の腐蝕は部分的復極及び酸化反応によつて酸素を消費する。

このようにして生じた濃度の差により、頭部においては酸化が進行して第一鉄と第二鉄の界面では復極を生ずる。この酸素濃度電池の存在は、Evans⁹⁾によつて次のような電池で電流を測定したことにより明らかにされた。すなわち $\text{Fe} | \text{H}_2\text{O} (\text{酸素量多}) | \text{H}_2\text{O} (\text{酸素量少}) | \text{Fe}$ 酸素度の低い溶液中に浸された鉄の極は酸素の多い溶液に浸された鉄に対して陽極となつたが、これはマグネシウムの場合も同様であると思われる。

水酸化第二鉄が形成されると、直ちに放射状の生長が止り、そこで糸状腐蝕の筋の幅が定まってくる。この反応がなかつたなら放射状の生長は続き、被膜下の普通の腐蝕が生ずるものと思れる。マグネシウムの場合にも同様の過程が生ずるが、この場合最初の腐蝕生成物は不安定な非結晶性的水酸化マグネシウムであり、安定な結晶性的水酸化マグネシウムへと変化する。二番目の腐蝕生成物、例えば水酸化第二鉄の如きものが放射状の生長を止める原因は腐蝕生成物の保護的性質によるものである。例えば第一の腐蝕生成物が僅かに可溶性の場合には金属表面とはなれて形成されるので、従つて表面の保護作用はないが、もし腐蝕生成物が金属表面と物理的に接触してできるならば、このような生成物は保護性を有し、より以上の腐蝕を防ぐと思われる。¹²⁾ 腐蝕生成物が腐蝕度を決定するために重要であることは多くの人により指摘されている。¹³⁾

鉄の糸状腐蝕の場合に、この腐蝕の最大限度であり、放射状腐蝕(ふくれ)のはじまる点である約 93% 相対湿度で、異つた腐蝕生成物が現れることは興味あることである(第1表参照)。これらの腐蝕生成物に関してはまだ多くの研究が必要である。

3) 指向機構

温度、湿度、塗膜の厚み、金属表面の均一性等が一定の時には、糸状腐蝕は完全に真直に生長していく。ここで指向機構とは最初の腐蝕生成物から次の保護作用をする腐蝕生成物へと変化することである。これが放射状の生長を妨げ、直線的生長を促進する。一つの糸状腐蝕の頭部が第二の糸状腐蝕にぶつかったとき、その方向がそれることは前述の通りであるが、これは非活動的な体部の下に金属はそれ以上の腐蝕から保護されているからである。第6図のAにおいて投射角度が90°である場合には糸状腐蝕は「亡びる」しかし活動的頭部が90°またはそれに近い角度でぶつかった場合には、それは茸状になり二つの頭部に割れ、前述のように新しい筋は、ぶつかった筋の両側にはね返えることがある。この茸状のものは簡単な図に示すには余りにも複雑な無数の指向性を有

第6図 指向機構

している。二つの糸状腐蝕の頭部がぶつかったときにはその生長の段階では、どちらの地域もまた保護されていないので二つは合体して一つの糸状腐蝕となる。しかしここにはまた酸素の濃度の差異はないから濃度電池も生じ得ない。しかして非活動性の境目が進行して来るので二つの糸状腐蝕は合体し、一つとなつて第6図Bに示したように進む。

熱力学的考察

糸状腐蝕を熱力学的に取扱うことは非常に困難で、唯反応の最初と最終段階を定めるのみである。糸状腐蝕はその特別な形と挙動によつて独特のものであるので、そのような考え方はこの機構の代表的な一つの問題の説明にもほとんど役に立たぬであろう。さらにまた大気中でおこる現象では自由エネルギー変化を計算する時にイオン濃度を使うことができない。イオンの活動度について広い知識を知つておく必要がある。しかして酸素の存在とそれによる酸化と復極はさらに複雑な問題である。しかして熱力学が成立する場合でも酸素濃度電池と同時に作用する次のような濃度電池及び電解電池の電流の大きさと方向について考察する必要がある。

- (a) $\text{Fe} | \text{Fe}^{++}(\text{C}_1) | \text{Fe}^{++}(\text{C}_2) | \text{Ee}$
- (b) $\text{Fe} | \text{Fe}^{+++}(\text{C}_1) | \text{Fe}^{+++}(\text{C}_2) | \text{Fe}$
- (c) $\text{Fe} | \text{Fe}^{++} | \text{Fe}^{+++} | \text{Fe}^{++}$

糸状腐蝕の対策について

糸状腐蝕の発生や発達等については今迄にも研究されてきたが、これに対する完全な予防法は現在のところいまだ見出されていない。保護塗料を塗つた金属の多くは糸状腐蝕を生じ得るものであり、もちろん湿度が腐蝕を生ずる限度以下では問題はないが、これは実用上ではあり得ない。殊に塗装した器具が使用者の手に渡つた場合

けられるものと仮定している。引張り応力は腐蝕細隙において金属を引離し新しい陽極の物質を露出させるものとして画かれている。環境が異れば電位の関係が変化し得るから、何故特定の腐蝕媒質中でのみ龜裂がみられるかの説明ができる。さらに粒界以外にも例えば迂り面析出面にも他の連続的なパスが存在し得ることが指摘される。従つてこの理論は粒内応力腐蝕龜裂にも適用できる。この理論はアルミ合金やその他或種の金属系ではよく支持されるようである。系を陰極とするように電位を与えることによつて真鍮、アルミニウム、不銹鋼、マグネシウムの応力腐蝕龜裂を防止できるという事実はこの理論を支持するものである。

被膜説も似たものであるが、陽極部が保護被膜の破れたところに出来ると考えるものである。一度切欠が形成されると、引張り応力が保護被膜を破壊し、露出した金属が陽極となつて腐蝕する。この理論を改めたものが Evans⁶⁴⁾ によつて論じられており、これは龜裂の尖端における被膜形成に力点をおいたものである。

歪加速分解説は応力の主機能は析出反応あるいは相変態をおこさせることであり、これによつて腐蝕に対する陽極的パスが出来るとするものである。新たに生じた陽

極物質が腐蝕することによつて龜裂が生じ、ここに応力が集中し、この応力がさらに分解を促進するという過程をくりかえして進行する。鋼の場合は窒化鉄が析出物だと言われている。オーステナイト系不銹鋼の場合はマルテンステイックな分解生成物を想像している。

Keating²⁴⁾ によつて論じられた機械説は龜裂伝播を金属を引きさいて離す純粹に応力系の機能とみなすものである。電気化学的因子は主に龜裂乃至細隙の初期において重要であると考ええる。腐蝕と応力の相対的な重要性が龜裂の進行とともに變つてくると考える。

水素は或る種の龜裂には役割を演じ得る。Zapffe²⁷⁾ は苛性にさらされた鋼の龜裂は水素の侵蝕によるものであると主張している。この場合の機構は高温における水素の侵蝕⁸⁾ と類似のものであるという。陰極電流で放電した水素は食塩水中のクロム不銹鋼の応力龜裂を促進する⁶⁶⁾。また硫化水素中の応力龜裂には水素脆性が一役かつているようである³⁹⁾。

他の点についても文献に論じられている^{67, 68)}。新しい仕事が進められて行くにつれて理論もさらに進展することであろう。

(21から続く)

にそうである。仕上作業の間殊に成品を保管する場合はできるだけ湿気を避けることが望ましい。磷酸塩で処理して鉍物質のない水で洗うと糸状腐蝕に対してある程度予防し得るとの報告がある¹⁴⁾。これは水溶性のイオン化し易い塩類や、吸湿性の物質を、塗装する前に除去するからよいのである。仕上作業では塵埃が附着しないように注意すべきである。このような介在物は湿気のたまり場となつて糸状腐蝕の発生原因となるからである。しかして塗膜自体の不完全さや、密着の不充分なことはできるだけ避けねばならない。

結 論

糸状腐蝕は普通の錆とは一定の構造と指向的な生長をする点で異つてゐることは述べた。また、典型的な例を挙げて糸状腐蝕を生ずる条件も定義した。理論的説明は発生機構、発達機構、指向機構の項で述べてある。しかして糸状腐蝕に対する一般の対策は現在のところないがいくらかでも抑える方法について言及した。

今後は糸状腐蝕の筋の顯微鏡による研究、腐蝕過程や生成物についてのもつとこまかい研究が必要と思われる

る。頭のない糸状腐蝕や筋が分岐することについてはふれなかつた。マグネシウムや、アルミニウムについても研究してみたいと考えている。

参 考 文 献

1. C. F. Sharman. Nature, 153, 621 (1944) May 20.
2. Chemistry and Industry, No. 46, 1126 (1952) Nov. 15.
3. Herbert H. Uhlig, editor, The Corrosion Handbook, John Wiley and Sons, New York, 1948, p. 33.
4. F. Hargreaves. Metal treatment and Drop Forging, 19, 385 (1952)
5. J. F. Kayser. Metal Treatment and Drop Forging, 19, 111 (1952)
6. W. K. Asbeck and M. Van Loo, Ind and Eng. Chem. 41, 1470 (1949) July.
7. W. K. Asbeck, D. D. Laiderman and M. Van Loo. Official Digest, No. 326, 156 (1952) March.
8. Robert F. Field. J. Applid physics, 17, No. 5, 318 (1946)
9. U. R. Evans. J. of the Inst. of Metals, 30, 239 (1923)
10. Robert J. McKay. Ind. and Eng. Chem., 17, No. 1, 23 (1925)
11. Herbert H Uhlig. idem, p. 481.
12. Herbert H Uhlig. idem, p. 4.
13. C. P. Larrabee. Corrosion and Materials Prot., 3, No. 4, 18 (1946).
14. Euclid Faneuf. Finish, 9, 29 (1952)