

鉄鋼の高温浸セキアルミニウム被覆技術について

東京都立大学工学部* 嵯 峨 卓 郎

1. はじめに

近時わが国においては鉄鋼材に高温浸セキアルミニウム被覆をした製品の真価が著るしく認識せられ需要が増加の一途を辿り現在事業場が二十数ヶ所、研究を行なっているところが数ヶ所あり JIS 規格も一部制定され業者による協会も結成されている。このような時に本誌編集部で本技術を取り上げられたのは時宜を得た企画であると思われるが筆者は現在アルミニウム被覆技術に関しては内燃機関用アルミニウム被覆の性能の研究を行なっているに過ぎないので最近の新しい基礎的研究をお伝えする資格のないことをあらかじめご諒承願って技術の概略および最近の傾向について述べて見たい。

ついでながら工業化可能のアルミニウム被覆の方法としては金属間化合物を生成させて密着させる方法と機械的に密着させる方法とが考えられる。

Al-Fe なる金属間化合物を生成させて密着させる方法としては

1. 高温浸セキ法
2. 浸透法 (たとえばカロイズ法)
3. 鑄込法 (たとえば Al-Fin 法)

機械的に密着させる方法としては

1. 冷間または熱間圧延法
2. 溶射法 (メタリコン)
3. 電気メッキ法
4. 化学反応による法
5. 蒸着法

などが考えられる。これら諸法の間にはおのおの得失があるがもっとも経済的な方法は高温浸セキ法である。

高温浸セキ法のうち従来企業化されているのは、ほとんどいわゆるドブヅケ法であって連続法は二、三ヶ所で純国産の技術あるいわ American Chain and Cable Co. との技術提携により針金に被覆されているのと米国 Armco 社との技術提携により鋼板に被覆されている程度のものである。したがって現在のところ連続法の生産量は数量は少ないが純国産技術による針金などは米国、濠洲などへの輸出量が増加しつつあり今後興味ある問題となることと思われる。

2. 製造工程

アルミニウム被覆の製造工程は次の3段階に大別する

ことができる。

2-1 前処理作業

前処理とは被覆せんとする鉄鋼材の表面の油、サビその他の汚れを除去し完全にきれいな状態で溶融アルミニウム浴に浸セキさせるための操作でメッキ作業を連続法におくか、ドブヅケ法におくかによって次の3種類に大別できる。

1. 保護皮膜による方法
2. ガス雰囲気を使用する方法
3. 溶剤処理による方法

1. の保護皮膜による方法とは素材がアルミニウム浴に浸セキされるまでは金属または非金属の防護物で、あらかじめ覆っておくという考え方である。したがって防護物はアルミニウム浴に入ると同時に溶けてしまうか、蒸発してしまうようなものが好ましいのでそのような金属であれば低溶融点のものでも高溶融点のものでもアルミニウム浴中で溶解するものは使用可能だといわれている。なおこの方法の欠点はアルミニウム浴中でその皮膜をこすり取る手数がかかること、および保護皮膜の金属がアルミニウム浴中に残留してその耐食性を害することなどで利用価値は少ない。つぎに非金属の有機物皮膜を利用して酸洗後の酸化防止をする方法として水を混ぜたアルコール溶液に素材を浸セキする方法やグリセロールのようにアルミニウム浴に浸セキの際に速やかに揮発してしまうもので皮膜を作る方法などもあるが筆者の実験によるとこれらの方法はいずれも技術的に好ましくなくあまり実用的でない。

2. のガス気流中で処理する方法も別に新しい考えではないが板や線材のような連続メッキには考慮しなければならない方法とされており American Chain and Cable Co. 法ではブタンガスを使用している。しかし板材の連続メッキは別として線材の連続メッキにはガスを使用せず、すぐれた水溶性溶剤の研究により生産原価の低減をはかるべきであると考え、ドブヅケ法に応用する場合にも K. Dellgren が考えたように水素ガス雰囲気と溶剤とを併用するようなことがないとはいえないがあまり実用的ではない。

3. の溶剤処理法は他の金属被覆法すなわち溶融亜鉛被覆や錫被覆の場合と同様に固体、液体、ガス体など種

* 東京都世田谷区深沢町1の950

生産と技術

々の溶剤が使用されているがもっとも広く用いられているのは熔融状のものである。この熔融溶剤の具備すべき条件としては次のようなことが考えられる。

1. 清浄作用の大きいこと
2. 流動性のよいこと
3. 融融点が高いこと
4. 昇華しにくいこと
5. 老化度の少ないこと
6. 安価なこと

溶剤がもし Al より塩素に対する親和力の小さい金属の塩化物であれば Al によって塩素を奪われ遊離した金属は浴中に溶解しアルミニウム浴の純度を低下させ製品の性能を害するのでアルカリ、アルカリ土類金属の塩化物および弗化物が主として用いられている。アルミニウム被覆の作業温度は 700°C からせいぜい 750°C であるが特殊の目的の製品以外は生産原価を考慮して 730°C 以下にすべきであるからこの温度で完全に熔融状になっていなければならない。少なくとも 650°C 以下の融融点を持ったものでなければ一溶法の場合は使用できない。したがって溶剤の融点を下げる意味で混合融融塩が使用されている。

なお NH_4Cl のように NH_3 と HCl とに解離してしまうものとかあるいわ ZnCl_2 のように熔融アルミニウムと反応して AlCl_3 を生成し次第に減量して行くようなものは長時間熔融状態でアルミニウムの上に置いておくことはできないが NH_4Cl は水溶性溶剤としては適量の使用は効果があるが ZnCl_2 の使用はあまり好ましくない。しかしながらアルミニウム被覆用として文献に発表されている溶剤成分は長い歴史のある熔融亜鉛被覆用のものを参考にして決定し以来幾多の改善をしているので ZnCl_2 の使用が以外に多い。このように溶剤の機能に対する考え方が妥当でなかったというか亜鉛被覆用の溶剤の模倣の域を脱し得なかったことが原理的にはあまり違いがないのにアルミニウム被覆が他の金属被覆に比べて実用化が非常に遅れた一因であると思われる。すなわち従来亜鉛被覆法において塩化物溶剤の作用として考えられたものは

1. 塩化物の加熱分解によって発生する塩素による鉄鋼表面の酸化鉄の除法
2. 熔融金属浴の酸化防止

の二つであり、アルミニウムおよびアルミニウム合金の溶解に従来用いられている種々の成分の溶剤は例外なく各種化合物および弗化物の混合物である。このうち塩化物は脱ガスおよび揮発分解などによって機械的に夾雑物を除くのに有効であり弗化物は Al_2O_3 の溶解除去に有効である。したがってアルミニウム被覆用と亜鉛被覆用の溶剤の違いは弗化物にあると考えてよく、 NH_4Cl を含むような塩化物溶剤の作用は亜鉛被覆の場合とはおもむきを異にしている。 NH_4Cl に限らず他の塩化物溶剤、たとえばアルカリ土類、アルカリ金属の塩化物には

Al_2O_3 を溶解する能力がないので完全なアルミニウム被膜を得るには弗化物たとえば NaF , AlF_3 , または KF などを混入する必要がある。なお図 1 のような NaF と

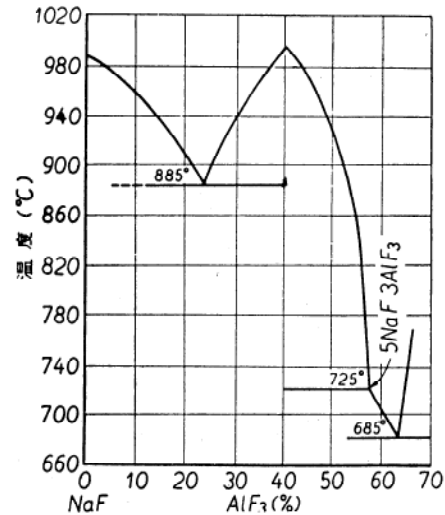


図 1 NaF- AlF_3 二元状態図

AlF_3 の二元状態図を例にとってみると AlF_3 63% の付近に Chiolite ($5\text{NaF}\cdot 3\text{AlF}_3$) と AlF_3 の共晶点があってもっとも融融点が高いことが判る。また Al_2O_3 の溶解度に対する影響としては Cryolite ($3\text{NaF}\cdot\text{AlF}_3$) の場合 1000°C で約 20% 溶解し、これより NaF 側に行くと Al_2O_3 の溶解度が増加し、Cryolite と NaF の共晶点 (NaF 76%, AlF_3 24%) では 885°C で 20% の Al_2O_3 を溶解する。逆に AlF_3 側に行くと Al_2O_3 の溶解度は減少し、Chiolite では 1000°C で 10% の Al_2O_3 を溶解するに過ぎないことが判っている。低融融点の溶剤成分にするために多少の Al_2O_3 の溶解度を犠牲にするか多少融点は上っても Al_2O_3 の溶解能力を大きくするかは作業方法、作業の難易などの観点から考えるべきである。

なお前処理としてガス気流中での操作と併用する場合でも、または熔融溶剤と併用する場合でも水溶液溶剤の成分には特別な考慮を払う必要がある。7% のホウ酸またはホウ砂溶液が水素気流と併用して線材のアルミニウム被覆に使用されたり、加熱されたジルコンまたはチタニウムの弗化物水溶液またはこれらの弗化物とナトリウムやカリウムのようなアルカリ金属との複合物が同じく線材のアルミニウム被覆に使用されている。線材や板にアルミニウム被覆をするというような連続メッキの場合には、機構上ガス雰囲気を利用することが容易なので溶剤を使用しない方法が工業化されているが、溶剤をアルミニウム浴上に浮かす方法としては R. Haefner の特許があり、使用溶剤の成分は KCl 30%, NaCl 30%, LiCl

10%, KBr 10%, KJ 10%, および NaF 10%からなっている。二浴法としての英国特許(363158) および K. Delgren の方法は溶剤として塩化亜鉛—塩化アンモニア溶融物をガス気流と併用しており、さらに溶剤として Cryolite をとがして加えたもの、BaCl₂ を加えたものなどもある。そのほか CaCl₂ を加えたものなども考えられているが筆者の経験から BaCl₂ および CaCl₂ は使用しない方がよいと思う。

また溶剤はアルミニウムの拡散に対する促進作用はほとんどもないが溶剤の使用はアルミニウム浴表面の Al₂O₃ 膜がまきこまれて切断付着したり酸洗後アルミニウム浴浸セキまでの間に生じた鉄表面の酸化膜を還元して生成した Al₂O₃ が付着することなどに起因する不被覆部分の発生防止を容易にする効果がある。

なお上述のものと同じような考えにもとづく種々の溶成分およびその使用法が提唱されているがその詳細については省略する。

2-2 アルミニウム浸セキ被覆作業

前処理した鉄鋼材を溶融アルミニウム浴に浸セキ被覆する操作を現場作業の上から分類すると

2-2-1 ドブツケ法

1. 溶融アルミニウムの上に浮いている溶剤層を通して品物を浸セキする方法(一浴法)
2. 溶融溶剤浴で品物を処理して、次に溶融アルミニウム浴に浸セキする方法(二浴法)
3. 水溶液溶剤と一浴法とを併用する方法
4. 水溶液溶剤のみを使用する方法
5. 亜鉛、錫、銅そのほか被覆容易な金属をあらかじめメッキしておき、それを溶融アルミニウム浴中へ浸セキして被覆置換する方法(二段法)

2-2-2 連続被覆法

1. 水素、アンモニアガスなどで素材表面を予め還元し溶剤を使用しない方法
 2. 水溶液溶剤を使用する方法
 3. 溶剤を溶融アルミニウムの上に浮かせて行なう方法(一浴法)
 4. 溶融溶剤浴と溶融アルミニウム浴とを使用する方法(二浴法)
 5. 亜鉛被覆のように鉛と溶剤を使用し、鉛で素材を加熱し、アルミニウム置換せしめる方法
 6. 塩化バリウム系の比重の大きい溶剤を溶融アルミニウムの下に沈めて行なういわゆる Moller 法を改良した方法
- などがある。

2-3 後処理作業および製造工程図

後処理とは被覆した鋼材の表面に付着した溶剤、余剰アルミニウムの除去により表面に美観および耐食性をあたえるための操作である。余剰アルミニウムの除去には遠心法、振動法、空気吹付法、溶剤洗浄法などがあるが製品の形状、大きさなどによっていずれの方法によるべきかがきまる。小さなもので形の簡単なもの(ボルト、ナットの類)は遠心法振動法などがよいが、ある一定の厚さのアルミニウム層のものを得るには除去する際の製品の温度を適当に管理する必要がある。つぎに溶剤洗浄法は溶剤への浸セキ時間、温度を調節すれば余剰アルミニウムを除去し、任意の比較的均一なアルミニウム層をもつものが得られる。

なお、ドブツケにおいて形状の複雑なものや、鋳物製品のようなハダの荒れたもの、あるいは鋼管などを被覆した場合には水洗を十分に行なわなければならない。水洗で十分とれないものは希硝酸で洗浄することが望ましい。前述の3工程を行なう方法は各事業場によって独自の考えで決められているが、いずれも大同小異である。

日本A社の製造工程図を示すと図2のようになる。鋼

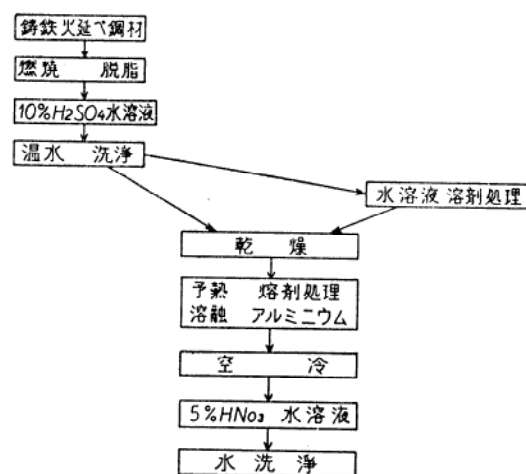


図2 日本A社製造工程図

材の表面にサビ止塗料その他の油脂類が存在する場合およびサビが甚だしいものは重油、酸素、アセチレンガスまたは都市ガスなどを使用して焼いて除去してから酸洗いしている。鋼管の場合のみは内部が完全に被覆されやすいように水溶液溶剤で処理することもある。鋳鉄、鋳鋼のように鋳物砂が表面に付着しているものはショットブラストを行なうことが好ましい。またドブツケは米国では二浴法を採用しているが、わが国では二浴法を採用した事業場は不成功に終りすべて一浴法を採用している。この理由はアルミニウムを溶融する釜および炉の構造、

製品の数量や形状などの違いによるものであるが一浴法と二浴法とを比較すればおのおの一長一短がある。ただ技術的には一浴法の方が難かしい・設備資金および生産原価が低廉であるから小さな形のを数多く被覆するとき以外は一浴法を採用すべきであると考え。

次に American Chain and Cable Co. の鋼線連続被覆装置を図3に示す。図から判るように予熱炉を通して、

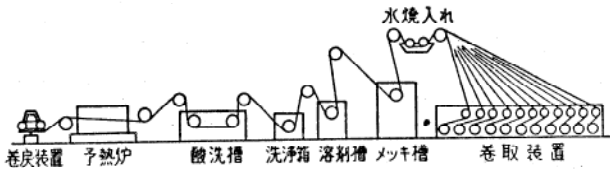


図3 A. C. C. Co 法による鋼線連続被覆装置

いったん加熱し、その後酸洗い処理を行なっている。

アルミニウム被覆法の概略は上述のように原理的には鉄鋼の被覆材として従来用いられている亜鉛、錫、鉛などの金属被覆の場合と同様に種々の方法で被覆可能である。

3. アルミニウム被覆条件と被覆層の組織

高温浸セキ法により生成される被覆層はアルミニウム層と Fe-Al 層とよりなりこれが耐高温酸化および耐食にすぐれた性質をもつことは周知のことである。これら被覆層のうち合金層の生成に関与する因子としては

1. 浸セキ温度、 2. 浸セキ時間、 3. アルミニウム浴の化学成分、 4. 素材の化学成分、 5. 素材の形状寸法（主として一浴法の際に影響いちじるしい）
6. 溶剤の種類

などがあり、またアルミニウム層の生成に関与する因子としては

1. 浸セキ温度（溶融アルミニウムの表面張力、粘性係数、密度に影響を与える） 2. 重力の加速度 3. 引上げ速度

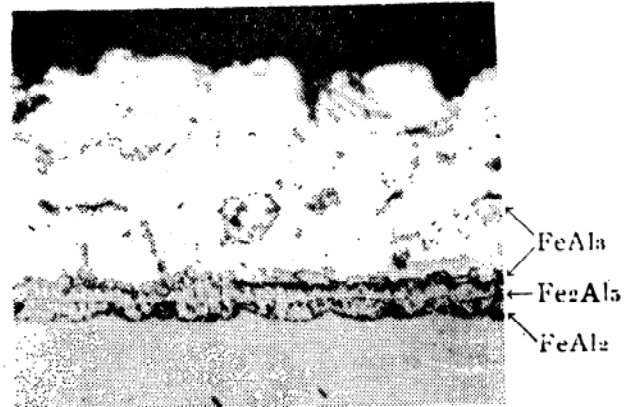
などがある。つまりこれらの因子の変化によってアルミニウム層および合金層の生成状況が変わると考えてよい。

なおアルミニウム被覆の密着性の良否は主として Fe-Al 合金層の厚さ、形状および性質に影響され、外観および耐食性はアルミニウム層の状態によって左右されるのみならず、優れた製品を得るには用途別にしたがって被覆層の生成状況をかえるように工夫するのが非常に肝要なことである。

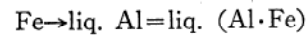
なお Fe-Al の相互拡散による生成機構については多くの報告があるがまだ詳しい究明はなされていない。しかし簡単に説明するには多くの実験結果から次のように

考えるのが妥当ではなからうかと思われる。炭素鋼を浸セキする際に生成される合金層の組成は素材の炭素含有量の相違によって変化を受けないが浴に Si を添加した場合には三元化合物が構成される。初期の研究では Fe-Al 合金層は $FeAl_3$ であるといわれていたがその後の X線による研究の結果ではこの層は主として Fe_2Al_5 であるといわれている。

筆者の実験によると浸漬したままの合金層の成分は平均値としては Fe_2Al_5 のようなものであるが浸セキ条件によって $FeAl_3$, Fe_2Al_5 , $FeAl_2$ の3相がつぎのような過程で生成されていると考えられる（写真1参照）

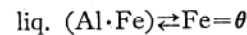


写1 アルミニウム被覆鋼板の合金層

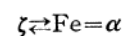
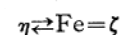
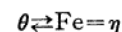


鉄材がアルミニウム浴中に浸セキされるとその表面に liq. の $(Al \cdot Fe)$ が生成され、これは静かにしていると素材に付着しているが、こすればもちろんのこと、こすらなくても少し強く振り動かすと表面から離脱し重力偏析によって浴の下方に沈澱し、いわゆるドロスを形成する。また liq. $(Al \cdot Fe)$ が飽和すると溶融して表面から離脱してゆき薄い素材は長時間の浸セキによってこいた全部ドロスとなり溶解してしまう。

拡散がさらに進行すると鉄素地表面は θ 相が生成される。



このようにして生産した θ 相は鉄素地との相互拡散によって、つぎつぎに他の相の生成に消費される。すなわち



のような過程が一定時間浸セキ後には同時に起こり、各過程の生成、つまり各相の厚さは一般の固体反応と同じように相境界反応の速度が拡散速度にくらべて十分大であれば各相を通しての Fe および Al の拡散速度によ

てきまることになる。しかも各過程は先行する過程に支配されるものと考えられる。また素材に Cr 等の特殊元素が含まれている場合には三元乃至四元の合金層組織となることを筆者は X 線実験により確認している。

なお耐高温酸化性を要求される製品の合金層は厚いほど好ましく（厚さ 70μ 以上）また加工性を要求される製品の合金層は薄いほど（厚さ約 5μ 以下）好ましい。合金層の厚さを薄くするには溶融アルミニウム浴に Si を含有させるのが工業的には一番簡便な方法である。線材や板材の連続メッキの際には浸セキ時間で合金層の抑制をはかれるが Si を約 3% 以上浴に含有せしめた方が製品に不メッキがなく作業が容易である。

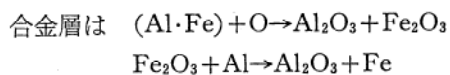
つぎにアルミニウム層を厚くするには浴からの引上げ速度を早め、浴温を低くすることによって達せられるが溶剤使用の方法ではあまり早い引上げ速度や低すぎる浴温は往々にして不メッキができたり表面に凹凸ができてかえって耐食性を低下させるので引上げ速度と浴温には限度がある。なお薄いアルミニウム層の機械的性質は冷却速度や密着力などの影響により使用浴地金の機械的性質とは非常に異なるものである。

4. アルミニウム被覆鉄鋼の特性

4-1 耐高温酸化性

アルミニウム被覆を行なった鉄鋼製品はアルミニウム溶融点以上の温度では

表面アルミニウム層はその約 70% が $Al \rightarrow (Al \cdot Fe)$ なる反応により合金化に関与するが残りの約 30% は酸化損耗することが認められた。



反応を起して発生した Fe_2O_3 を合金層のアルミニウムが選択酸化することによって鉄に還元再生しそのアルミニウム濃度は次第に低減すると同時に、他方アルミニウムはその拡散作用によって素地に拡散して行くので、これらの作用が両々相まって合金層のアルミニウム濃度はさらに低減する。かくして遂には耐高温酸化性を失い Fe_2O_3 のみとなり製品は急速に損耗してしまうが、この耐高温酸化性を失なうにいたるアルミニウム濃度の限度は約 8% と考えればよく、アルミニウム濃度が高いほど耐高温酸化性のよい密な Al_2O_3 が製品の表面に生成されて効果的である。なお Al-Fe 合金は $1000^\circ C$ で 1hr 焼ナマシ後水中急冷することによって、アルミニウムの選択酸化現象が促進され、その結果 Fe_2O_3 などの酸化鉄の生成を抑制し、アルミニウム濃度の等しい水中急冷処理をしないものにくらべて高温酸化スケールが生成し難

いという文献があるが、これは本技術には適用出来ない。製品をこのような高温から急冷することは、製品自身の強度および合金層のキ裂という点から好ましくないからである。

本鋼材の耐高温酸化性を高めるために考慮すべき条件は

1. 浸セキ温度またわ浸セキ時間を適当に選びできるだけ合金層を厚くすること
 2. 浸セキ後の冷却速度をおそくしてキ裂その他の欠陥のない合金層を得るようにすること
 3. 素材そのものはなるべく酸化し難いものであること
 4. アルミニウムが素材中になるべく拡散し難いような鋼種のものを選ぶこと
- などである。

4-2 耐食性

本製品は溶融亜鉛被覆製品と同じく元来は耐食性を目標として発達すべき性質のものであるが従来の技術ではピンホールの少ない均等な全完被覆が困難であったため耐食方面への利用が遅れていた。もっとも耐食性の検討は長時日を要するため実験資料が不足していること、技術的欠陥、たとえばピンホールの評価をする基準をいかにきめるべきか、ということ、および耐食特性は試験する環境によって非常に違いがあること、などが不当に疑念を抱かせる原因でもあった。しかしながら最近の技術の向上は充分溶融亜鉛被覆製品にまさるものが得られることを示しているが、生産原価の点ではさらに検討しなければならない課題が数多く残されている。

耐食性についてはアルミニウムの特性と本複合材のそれとの合成効果を考えられる。工場雰囲気ガス、海水（塩水）汚水、各種菜品類などについての耐食性がそれぞれ検討されてはいるけれども、特に近時注目されてきた石油および石油化学工業に関する耐食性について述べてみたい。石油精製条件における腐食反応に関しては T. Rosenquist 氏の法則がある。 $Fe + H_2S \rightleftharpoons FeS + H_2$

これは可逆反応であって、 H_2 と H_2S の濃度が腐食の進行を定める。すなわちいかなる温度のもとでもある一定の比率以上ならば腐食がすすみ以下ならすすまないような H_2S と H_2 との比率が存在するはずである。A. Dravieks 氏、C. H. Samans 氏が腐食の割合、温度、 H_2/H_2S 比などに関する一連の総合的な腐食曲線を得ているが、この反応式でわかるようにガス中の硫黄をできる限り低下させると、鉄の FeS 化を極度に抑制できる。この硫黄腐食はアルミニウム被覆を行なうことによって十分防止することができる。

石油の接触改質装置の炉体や反応装置などにオーステナイト系ステンレス鋼が使用されているが操業中に相当量の硫化スケールが発生して素材の損耗が問題になっている。このような場合に耐食性を増すために素材に10%までクロームを添加しても左程効果はないが、従来のオーステナイト系鋼材にアルミニウム被覆を行なうと効果のあることが実験的に判っている。

なおオーステナイト系ステンレス鋼についてアルミニウム被覆の有無が42% MgCl₂ 弗騰溶液中での応力腐食に及ぼす影響を調べた筆者の実験結果によると、負荷応力 15.5~28.6 kg/mm² の場合に約6~10倍の耐用寿命の向上があったが、これはアルミニウム被覆による陰極防食の効果であると考えられる。

4-3 耐摩耗性

高温浸セキ法によってアルミニウム被覆をなす場合に必然的に生成される Al-Fe なる中間合金層はビッカース硬度値約 900 で非常に硬く耐摩耗方面への応用ということが考えられるが、他方この合金層はきわめて脆いという重大な欠陥がある。これらの得失を考慮して本材にすぐれた耐摩耗性を付与するにはまだ十分に研究の余地がある。

一般に摩耗は極めて複雑な現象を伴うもので、同一摩耗方式でもその条件あるいわ組合せた材料の如何によって摩耗傾向が全く相反する結果となることはわれわれのしばしば経験するところであり、殊にアルミニウム被覆その他の表面処理を行なった鋼材の摩耗はこの傾向が著しい。本被覆鋼材の摩耗現象を西原式摩耗試験機によって調べた筆者の実験結果の一部を図4に示す。このよ

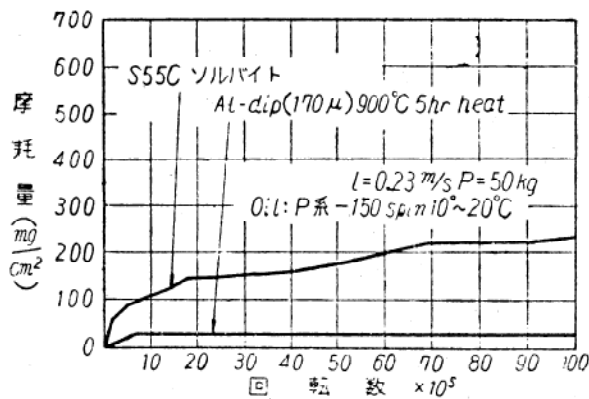


図4 摩耗量と回転数との関係 (四原式摩耗試験機使用)

うな摩耗試験すなわち転がり、滑り摩擦が混合して生ずる状態の下においては特別な考慮を払わない限り本被覆材は効果がないのみならずむしろ相手軸に溶着して好ましくない。なおアルミニウム被覆したものを二次加熱

すると浸セキ時に生成した合金層の部分は多孔性になり摩耗試験時に脱落し易く、その粒はと粒のような作用をして相手軸の摩耗量を著しく増すので多孔質の合金層を除去すれば二次拡散層のすぐれた耐摩耗性を示すことが認められた。

要するに本被覆材の耐摩耗性にはまだ問題点が多いが新しい加工法および妥当な使用法の開拓が各方面から強く要望されている現状である。

5. アルミニウム被覆鉄鋼材の利用例

以上で鉄鋼材の高温浸セキアルミニウム被覆技術の概略と本材の特性をおよそ記述したのでこれらの長所がどのように利用されているかにつき、筆者が相談を受けた二、三の使用例について述べてみよう。

5-1 耐高温酸化性の使用例

アルミニウム被覆を施した鋳鉄の耐高温酸化性については J. D. Sproul 氏および W. E. Speicher 氏らの報告がある。鋳鉄および可鍛鋳鉄などにアルミニウム被覆を施すと外観と同時に耐高温性がいちぢるしく改善される。(図5参照)

N社における火力発電所のラモンドボイラー付属ガスバーナー羽口(鋳鉄製)への応用例を述べよう。ボイラーのガスバーナー羽口は従来B(高炉ガス)C(コークスガス)ガス混焼のため焼損(硫化スケールおよび酸化

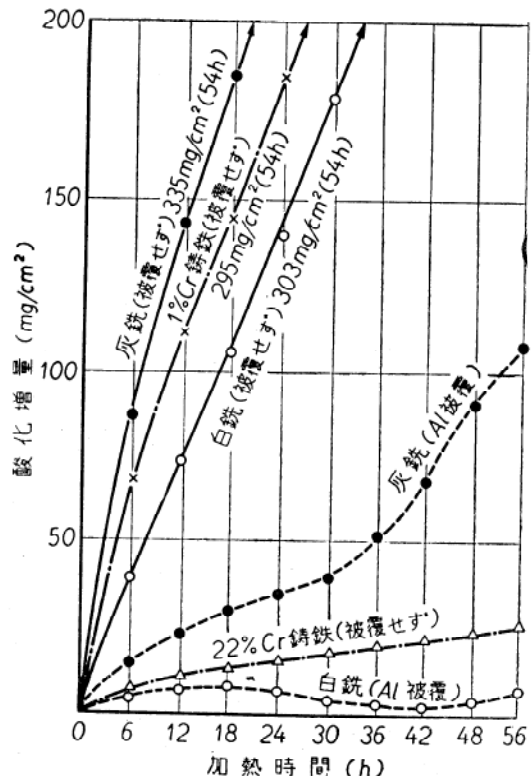


図5 加熱時間による酸化量の変化

スケール化) がはなはだしく、昭和29年以来はさらに重油の混焼を行なうに至って約3ヶ月位で使用不可能の状態となり発電量確保にも悪影響を及ぼすようになった。この羽口にアルミニウム被覆を施したところ約2.7倍の耐用命数延長が可能になったとのことである。

5-2 耐食性の利用

S社(石油精製会社)報告によると石油精製工場において海水を冷却水としたボックスクーラー(使用温度50~60°C)にアルミニウム被覆を施すことにより良好な成績を収めているとのことである。このほかパブルキャップ、種々の型式のトランスファーラインなどに利用されている。

N化学工業会社の場合青酸と炭酸ガスから出発するアクリルニトリル製造装置全部にアルミニウム被覆を施す。この際普通鋼材はもちろん、ステンレス鋼材にもアルミニウム被覆を施して使用している。なおこの装置はアルミニウムの有する特性が大きく活かされて生産歩どまりが著しく向上しているということであるが、使用上もっとも適切な被覆条件を決定するために該社の研究員が筆者の研究室で実験室的な小規模の試料で十分な検討を行なったものである。

換言すれば従来の文献では耐食方面への利用資料は不十分である。

5-3 耐摩耗性の利用

白土微粉製造工程にアルミニウム被覆を利用したG社の場合につき略記する。天然に発掘される酸性白土はこれを精製する過程において粉碎、風簸、水簸、浮遊選鉱などを行なった後、その懸濁液をフィルタープレスし乾燥していわゆるケーキとし、これをもう一度ロータリーキルンに入れて焼成脱水を行なう。このロータリーキル

ンでの脱水加工の際キルンを構成するステンレス鋼板(SUS2)からの酸化スケール脱落混入で(特に工場休日の翌日など)白土粉の着色がはなはだしく、そのため毎月10数トンの不良品を出していた。このロータリーキルンの内部鋼板(新らしく普通鋼板を用いた)にアルミニウム被覆を施したところ本材の耐摩耗性が十分活かされて白土微粉による高温下(500~600°C)の連続摩耗によく耐えているとのことである。このほか砂糖精製結晶缶の場合も本材の耐摩耗性が活かされて好評を博しているが、このように荷重の変動の少ない場合、および400~600°C程度の使用温度という条件のもとでは耐摩耗性はすぐれている。(合金層は550°C位からかなり硬度が落ちる。)しかし耐摩耗性の利用については使用条件のもとで余程慎重に検討しないとかえって逆効果があると考えの方が無難である。

9. 結 言

鉄鋼材の高温浸セキアルミニウム被覆技術について概説したが、なお触れなければならない重要な点が多々残されていることに気付いている。たとえば本被覆工業が将来大きな伸展をするためには耐食方面への活用方法の発見に努めなければならないこと、加工性のある被覆鋼管の製造法の確立、耐高温酸化性の利用限度をさらに100°C高めること、石油精製化学工業方面への適材としてのステンレス鋼への被覆法の確立、被覆製品のすぐれた溶接方法の確立、工業化の規模装置に応じた最適な作業方式の確立すなわち生産原価の低減をはかり、亜鉛被覆の分野への進出および連続メッキの諸方式の比較検討などである。なお本文を草するに当り引用させていただいた文献はあまりに数が多いので著者名その他を省略したがこれらの著者に深甚なる謝意を表する次第である。