

Intergalva 2012（パリ） 提出論文抄訳

1. フランスの溶融亜鉛めっき産業
2. 50年間の経験がフランスの鉄道網における電化輸送系の固定設備に使用されている溶融亜鉛めっき鋼材のために役立っている
3. 自動車構造部材用亜鉛めっき高張力鋼材の疲労強度
4. 鉄鋼及び複合材による橋梁建設に溶融亜鉛めっきの永続的な使用を
5. 高速鉄道レールの締結金具：スペインにおけるケース・スタディ
6. 日本における溶融亜鉛めっき製品への新技術の応用
7. MZ R式亜鉛回収法を用いた溶融亜鉛めっきボトム・ドロスの回収
8. リモート・アクセスによる溶融亜鉛めっき操業の支援
9. アトラス・プロジェクト：溶融亜鉛めっき加熱炉およびめっき釜における熱移動ならびに効率に関する最新コンピューター・モデルの活用
10. 溶融亜鉛めっき炉に高反射性セラミック被覆の適用
11. 人工知能加熱炉管理システムの開発
12. 新しい高速加熱炉
13. ケース・スタディ：南アフリカの深い鉱坑で使用されている溶融亜鉛めっき鋼
14. 火災防止－火災時における鋼材表面温度に対する亜鉛皮膜の効果に関する研究
15. 抗菌活性を有する溶融亜鉛メッキ鋼板の作製
16. 新しい高張力鋼板の開発経過のレビューと今後の製品におよぼす影響についての考察
17. 溶融亜鉛めっき会社の GEO ビジネス：見る、知る、分析する、決定する、最適化する
18. 中国におけるバッチ式溶融亜鉛めっき業の発展
19. 大気環境中における亜鉛めっき皮膜の寿命測定
20. DIOGEN：土木建設関係物資の環境影響に関するデータ・ベース－溶融亜鉛めっきへの適用
21. 高度画像処理システムによる溶融亜鉛めっき皮膜の余寿命診断
22. チタン合金浴による着色溶融亜鉛めっきの再試行
23. 建築物のライフサイクル・アセスメントを行う場合の基本として、構造用鋼材と溶融亜鉛めっきを環境対応製品として宣言
24. 高アルミニウム亜鉛めっき－技術分野での効果
25. 溶融亜鉛めっき皮膜の形成におよぼす母材の微細構造の影響
26. 溶融亜鉛めっき鋼上のシリケート化成皮膜の腐食挙動および自己修復機能に関する研究
27. “我々は年間数千トンの鋼材を扱っている－我々がけがするのは当たり前だ！”
28. 安全な治具の取扱い
29. 亜鉛めっき面を保護するマスキング剤
30. 溶融亜鉛めっき浴の均一性
31. 密閉型で自動化された酸洗および洗浄工程における重要な制御因子
32. 溶融亜鉛めっき用の高効率・無害で持続可能性のある脱脂剤
33. 溶融亜鉛めっき工程における酸洗用塩酸廃液の処理およびリサイクル

1. フランスの溶融亜鉛めっき産業

S VLAHOVIC (President, marketing Committee, GALVAZINC Association /Sales and Marketing VP, GALVA UNION Group)

概 要

西暦 2000 年以降のフランス溶融亜鉛めっき市場の変遷につき述べる。

結 論

日々複雑化してゆく経済環境に追随してゆくため、フランスの溶融亜鉛めっき会社はより創造的にかつ互いに協力してゆく必要がある。創造性の源は、これから開発されるであろう新しい鋼材を使って大胆で革新的な形や構造物を生み出そうとしている建築家、設計技術者、建設業者と一緒に仕事することから生まれる可能性がある。

今回パリで開催されるインターガルバ 2012 は、我々にとってこれらの市場における専門家との関係を強化する貴重な機会である。提供いただいた場所 ARCHIDAY は、世界を相手の競争のなかで先端に行く設計会社の著名な方々、そして将来の指導層となるフランス全土からこられた学生諸氏に授賞の機会を与えてくれる場所となるであろう。

“我々は団結する”という言葉は“ GALVA”スピリットを表している。これはより高い技術に向けて努力するという事および世界的な完成度に向けて努力してゆくという決心を示すもので、フランスの溶融亜鉛めっき業界の大きな資産である。

2. 50年間の経験がフランスの鉄道網における電化輸送系の固定設備に使用されている 溶融亜鉛めっき鋼材のために役立っている

Alexandre MACHET, Cedric KALONJI, Denis LIGONNIERE, Dominique GEHL,
Societe Nationale de Chemins de Fer de Francais, Engineering Headquarter of Fixed
Installations for Electrical Traction, La Plaine Saint Denis, France)

概 要

溶融亜鉛めっき鋼構造物は 50 年間使用されてきた。鋼構造物の主な用途は鉄柱（約 250,000 本の柱は HEA または HEA 型）で、頭上接触型の架線を支える固定設備である。その他のものも溶融亜鉛めっきされているかまたは鋳鉄製である。これらの構造物はすべてフランス全体に存在する。これらの構造物に関して得られた貴重な経験のフィードバックにより、少なくとも 50 年間は腐食に対する抵抗性があるとして差し支えないことがわかった。このプレゼンテーションでは、まずわが国の国営鉄道網は溶融亜鉛めっき鋼構造物により健全な状態を保っていることを述べ、次いで現状の技術的仕様について述べる。この仕様は亜鉛めっき膜厚を最も望ましい値にするため鉄鋼メーカーおよび亜鉛めっき会社との相互協力により取り決めたものである。最後にこれらの亜鉛めっき鋼構造物に関して全国から集めた情報を、鋼構造物の使用年限別、地理的位置および腐食状況（欧州規格および Galvazinc Association 規格案と照合）別に分類した結果を報告する。

SNCF（フランス国鉄）技術本部電化輸送部は架線方式の設置に関しては、技術的細目の定義から全体系のライフサイクルを通じての維持管理基準の設定まで全面的に関わっている。設備保有者としては建設コストとメンテナンス・コストの最適なバランスを求めることが恒常的な目標である。

結 論

1990 年代に SNCF は技術仕様の改定を行い、架線柱のシリコン含有量に制限を設けた。この制約により亜鉛めっき膜厚が約 120 μm に制限される可能性が生じた。

この結果、フランス国鉄としては、設備が存在する場所の環境におけるライフサイクルを把握する必要に迫られた。三つの地域が選定され、架線柱の耐久性を知るための測定が継続して行われた。得られた結果からの考察として、金属製の構造物の防食対策として、鉄柱は旧式（塗装）の方法から新しい方法に転換すべきであるとされた。

現在のところ Class III の鋼材を使用した溶融亜鉛めっき鉄柱には目立った問題は生じていない。この仕様は SNCF が必要とする性能を満たしているので、今後の入札に参加できるはずである。

鉄柱の今後の設置スケジュールは重要である。今後 2020 年までの間に 2,000km 以上の新しい高速鉄道の計画があり、またインフラの整備に関しては古い塗装鉄柱の更新も重要な計画として浮上する可能性がある。

SNCF の設計部門は、国外の種々条件の異なるプロジェクトに関連する業務にも取り組んでおり、この経験も今後のため役に立つであろう。

3. 自動車構造部材用亜鉛めっき高張力鋼材の疲労強度

E.J.Petit^(1*), Y.Grosbety⁽²⁾, S.Aden-Ali⁽³⁾, L.Schmitt⁽⁴⁾, J.Gilbert⁽³⁾, Z.Azari⁽³⁾

(1) LETAM-UMR7239(CNRS-UDL)-Ile du Saulcy-57000 METZ-France

(2) Ingenieru CNAM (Conservatoire National des Arts et Metiers)-BEEP 4, clos des Sorbiers, F-57155 Marly-France

(3) ENIM-Ile du Saulcy

(4) Galva45, 17 rue de la gare, F-45300 Escrennes-France

(*) Corresponding author

概 要

新しい高強度鋼の耐食性を高めるためには、表面処理が成型に耐えて性能を保持することが必須とされるため、チャレンジが必要となる。この複雑な問題に解答を与えられるのは、熱間成型後の溶融亜鉛めっきであろう。

最新の高張力鋼(AHSS)の裸鋼と亜鉛めっきしたもの 4 種類の引張り強度と疲労強度を測定した。鋼材の種類は：高クロム・マルテンサイト鋼(AISI410)、高ケイ素含有鋼-TRIP800 およびマイクロ合金鋼(HE360 および S420MC)である。サンデリン効果を抑えるためニッケル、錫およびアルミニウムを亜鉛浴に添加した。マルテンサイト鋼の場合はクロムも鉄-亜鉛反応を抑制する。他の試験体は 450℃の塩浴中に 4 分間浸漬して焼きなましした。亜鉛めっきによる機械的性質の変化の機構を明らかにするため、同じ条件により焼きなまし、亜鉛めっきおよび機械試験を行った。

文献で報告されているように、疲労限界は焼きなましした後に上昇し、亜鉛めっきした後は減少した。焼きなまし後に疲労下限が上昇したのは内部応力の解放および降伏応力の増加によるものである。亜鉛めっき後の疲労下限の減少は表面性状の変化と関連がある。各試験材を比較してみると、性状の低下には複数の作用機構が働いているようである；それぞれ鋼種のグレードによりある程度の影響を受けている。疲労限度の試験では、表面調整を行う段階で生ずる腐食の影響が疲労強度の低下に影響している場合がある。シリコン含有量の多い鋼の表面の不動態化およびエッチングに対してはダブルまたはトリプルの複合塩フラックスは改善の余地があると思われる。表面調整の各工程における迅速で適切にコントロールされたタイミングが重要である。

皮膜の微細組織は鋼のグレードおよび合金成分により変化する。ウェーラー曲線(Wöhler curves)を分析したところ皮膜中の Fe-Zn 金属間化合物は微小亀裂を加速する可能性があることがわかった。

結 論

4 種類の亜鉛めっき高張力鋼の疲労強度評価をおこなった。疲労限度と耐久性の変化の比較およびそのような影響を与えるメカニズムを明らかにするため、表面調整、亜鉛めっきおよび機械試験は同じ条件で行った。下記に示すような条件による差異は分離した。

- 焼きなましによる試験体の体積変化
- 酸洗およびフラックス処理による表面の浸食
- 皮膜自体の影響

悪影響を与えるメカニズムがいくつか重なっている時、結果として現れる疲労強度は最も大きい影響

をもたらすメカニズムの影響を受ける。得られた結果からは表面調整が重要な関係があることを示しているが、これに関しては現在では対処方法が確立されている。

亜鉛めっき鋼 HE360 の疲労限界は素材のそれとほぼ同じである。幸いなことに亜鉛めっき工程を経ることによる焼鈍効果によりその後の過程は順調に進んでいる。

皮膜中の鉄-亜鉛金属間化合物の微細組織が疲労破壊に著しく影響を及ぼしていることがわかった。亜鉛めっき皮膜の機械的特性により母材間の疲労限界の差異が打ち消されているようである。最も望ましいことは、亜鉛地金を若干改良してさらに高い疲労強度を持つ微細組織を得ることができ、S420、TRIP800 および AISI410 の特性を向上させることである。

4. 鉄鋼及び複合材による橋梁建設に溶融亜鉛めっきの永続的な使用を

著者：

Prof.Dr-Ing. Dieter Ungermann, Dipl.-Ing. Dennis Rademacher, TU Dortmund
Dr. Ing. R. Landgrebe, Dr.-Ing. U. Wuttke, Dipl.-Ing. J. Adelmann, Dipl.-Ing. F. Simonsen,
Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt
Dr. rer. nat. Andreas Schuts, Dipl.-Ing. (FH), SFI Peter Lebelt, Institut für Korrosionsschutz
Dresden GmbH

概 要

一般的な防食法に比べて亜鉛めっきされた鉄鋼構造材は非常に長期的な耐久性を有するため、何十年にもわたり鋼構造物の防錆対策として使用されてきた。溶融亜鉛めっきのすぐれた耐食性により補修頻度が低減されることにより消耗材が減少して構造物の供用期間における著しいコスト削減をもたらしている。これらのエコロジックおよび経済的優位性は、現在のところ数種の複合材料を用いた橋梁の建設には生かされていない。それは道路の鋼構造物にかかる繰返し荷重による疲労強度に及ぼす溶融亜鉛めっきの影響に関して、十分な研究がなされていないからである。ここに紹介する調査結果は 100 年間の有効寿命を持つ橋梁を建設するために必要な溶融亜鉛めっき鋼に関する科学技術的知見の収集および提供を目的としたものである。

この目的のため必要となるのは、入手した亜鉛めっき鋼および非亜鉛めっき材を用いた、橋梁建設に特有な種々の形状の切り欠き試験材の疲労強度データである。さらに加えて溶融亜鉛めっきされた鋼構造物および現場で亜鉛含有塗料を噴霧したジョイントの耐久性比較の試験を行った。

溶融亜鉛めっきと非亜鉛めっきの試験材の疲労試験では、溶融亜鉛めっきした試験材は S355 構造用鋼の疲労限界に関して有意な低下を示した。現時点での調査では、疲労限界の低下は亜鉛皮膜組織中の微小ノッチがクラック状になったためと考えられる。

しかしすべての詳細にわたる調査結果からは橋梁建設に関連のある DIN-EN 1993 規格による S-N 曲線に有意な差は見られず、溶融亜鉛めっきは橋梁の建設に使用可能であり、経済的、エコロジックにも有利な特性を持っている。

結果の検討とまとめ

溶融亜鉛めっきが建築用鋼規格 S355 の疲労下限を有意に下げることが確かめられた。圧延方向に平行に採取した試験材および直角方向に採取した溶融亜鉛めっき試験材が、いずれも同様に採取した対照用非めっき試験材と比較して、試験材が採取されたままの状態での疲労限界テストをすると明らかに低下が見られた。この溶融亜鉛めっきによる疲労限界低下の理由としては、亜鉛めっきの際に母材金属に対する溶融亜鉛の拡散律速されたアタック（液体金属割れ）または試験材に応力がかかった状態で亜鉛めっきされたことが影響したものと考えられる。

亜鉛めっきをしたのち亜鉛を除去した試験材について疲労限界試験を行ったところ、亜鉛めっきによる圧縮応力から解放されて残留圧縮応力が減少しているにも拘わらず、亜鉛めっきなしの対照試験材との間に疲労限界の有意差はみられなかった。続いて行った走査型電子顕微鏡による観察では、破壊した

試験材は粒内割れを生じていることがわかった。亜鉛めっき時に溶融亜鉛または溶融亜鉛浴中の元素が母材金属内に拡散し、母材金属の割れの原因となる粒間破壊（液体金属割れ）[17][21]の発生点は見出せなかった。

以上のことから溶融亜鉛めっき工程が母材金属の破壊に関与しているという根拠の可能性は否定することができる。現実を得られた結果によれば、疲労限界の低下した理由は亜鉛めっき皮膜すなわちめっき皮膜組織中に生じた割れによるものと見られる。このことは金属組織学的研究からも確かめられる。試験材の繰り返しテストによる金属組織学的研究結果によれば、疲労荷重にさらされると δ_1 相中の割れが母材金属の方へ向かって成長するか、或いは母材金属中の微小切欠きに起因する過荷重割れ発生の誘因となり、その結果として建設部材の早期損傷として現れる疲労強度低下を生ずると推定されている。割れ発生および 割れの成長／母材金属割れ に至るまでの正確な過程は現状における研究課題の中で、より詳しく検討すべき課題である。

DIN EN 1993 に準拠した、前述の S-N 曲線群の勾配に適用される疲労下限の試験結果および検討手法からは、切り欠きを入れた小さい平板試験体および構造物を模した溶接試験体との間に有意な差は見られなかった。

DIN-EN 1993[1] では S-N 曲線の勾配の規準化と耐久性および疲労限界の低下は関連付けられているので、見出された疲労限界の低下は、S-N 曲線にマイナスの影響を及ぼすことはない。中程度の強度の応力と材質の相違による影響についてはまだ研究されていない。小さいフラットな試験材、特に非めっきの試験材に関する試験結果（図 2 参照）では試験条件が変わるとバラツキが大きくなる可能性がある。

亜鉛めっきした、実験室内および大気暴露のできる、実物に近い鋼構造物の溶接接合部の負荷試験を実施中である。2012 年夏には最初の調査が行われるはずである。

結論として溶融亜鉛めっきは耐食性に優れており、疲労限界に関する厳しい制約なしで橋梁建設に使用できることに留意すべきである。

5. 高速鉄道レールの締結金具：スペインにおけるケース・スタディ

J M Amo (National Center for Metallurgical research, CENIM-CSIC, Dpto. Ingenieria de Materiales, Degradacion y Durabilidad), J tundidor (Technical Officer, ATEG)

概 要

高速鉄道網の発達により、高速鉄道が充たすべき高度な機械的強度への要求が高まってきた。この観点から線路に使用される継手の信頼性の更なる高度化、すなわち腐食に対する高い耐食性および物理的強度および安全性を損ねないことが重要課題となった。本稿ではスペインの高速鉄道で使用されている種々のタイプの非めっき継手について調査し分析する。これらの材料の破壊挙動、および同じ材料を亜鉛めっきしたものも物理的性質が変わらず、腐食に対する抵抗力が増大し、メンテナンス・コストがゼロになることを報告する。この調査では破壊検査と顕微鏡組織の検査および塩水噴霧試験による耐食性の比較をおこなった。検査結果では材料の表層あるいは内部における延性の変化や水素による影響は見られなかった。したがって試験体の金属学的な欠点は見られなかった。結果から判断した最終結論として、我々が確認し標準化され、証明されたこれら高耐食性の製品の使用を推奨する。

結 論

高速鉄道レール用のレール締結クリップ用ネジについて、TE（溶融亜鉛めっき）、TER（再めっき品）およびTEZ（電気亜鉛めっき）の三種の防食皮膜の試験を行った。破壊箇所の形態は三つのケースともに類似していることがわかった。主に破断部はビーカー状の形をしていて外向きに2・4mmの拡がりで見られ、傾斜した形をしている。中心径は5・8mmでばらついていて、すべてのケースで破壊は延性破壊であった。したがって、すべての結果において水素脆性の影響による破壊は見られなかった。

引張試験においても同様で、破断荷重は116 k N程度であった。中性塩水噴霧試験機に入れたものにも差異は見られなかった。

結論として、高速鉄道用ネジに亜鉛めっきをしても金属学的に有害な影響を生じることはないので、高速鉄道用レール固定システムに要求される標準試験を亜鉛めっきネジにも適用し、承認を受けることが望まれる。

レール締結クリップに関しては、疲労試験による機械的性能および亜鉛めっき表面の耐食性については使用可能と考えられるので、レール用クリップを高速鉄道用レールに使用することは可能である。さらに自社めっきしたクリップに関しても有害な影響は見出せなかった。したがって我々はクリップもレール用試験で承認が得られる可能性があると考えている。

6. 日本における溶融亜鉛めっき製品への新技術の応用

田中亜鉛鍍金株式会社

北野 祐司、前山 雅博、畑野 剛志、西峰 宏亮

概 要

当社は日本で 100 年を超える最も歴史をもった企業である。その 100 年は全て溶融亜鉛めっきの歴史であり、幅広い分野に数多くの製品を提供している。当社の歴史の中で、溶融亜鉛めっきを施す製品の種類が急激に増えたのは、50 年ほど前に起きた日本の高度経済成長によるものである。この頃から鉄塔や道路・船舶・鉄道・建築物など様々なところに溶融亜鉛めっきが使用され、広い分野に普及されていた。

1990 年頃から溶融亜鉛めっきに対して、鉄の防食効果以外に様々な高付加価値を求める要望が増えてきた。この中で当社は 4 種類の新しい製品を提供している。溶融亜鉛めっきされた鋼構造物を安全に安価で容易に摩擦接合するリン酸塩処理技術、一般の溶融亜鉛めっきよりさらに高い防食効果を発揮する溶融亜鉛-アルミニウム合金めっき技術、初期の溶融亜鉛めっきの銀色光沢を抑えた 2 種類の低光沢・低明度化の技術である。

本報告書では、新しい技術で処理されたこれら 4 種類の製品の特性と、実際に使用されている状況を紹介する。

結 論

溶融亜鉛めっきの様々な分野における需要拡大に伴って新たな要求が生まれ、本報で紹介した技術が生み出されてきた。これらの要求が生まれた背景には、長年の溶融亜鉛めっきの優れた経済性と採用実績があるためと思われる。溶融亜鉛めっきの技術の確立とあらゆる分野に拡販した世界各国の諸先輩方々に対する敬意を払い、今後も需要家の声に耳を傾ける姿勢を守り、新たな技術開発と商品化に向けて取組んで行きたい。

7. MZR式亜鉛回収法を用いた溶融亜鉛めっきボトム・ドロスの回収

Suzanne C. Ellise and Mark A. Bright
Pyrotek Inc.
31935 Aurora Road, Solon, Ohio 44139 USA

概 要

ますます厳しくなる経済的制約のため溶融亜鉛めっき業界（GHDG）は常にコストを最小限にするよう操業の見直しをはかっている。廃亜鉛回収のひとつの有効な方法は、MZR 法による工場内亜鉛回収法である[参考文献 1-3]。過去 10 年以上にわたり 200 以上の亜鉛めっき工場が MZR 法によるめっき釜の典型的なトップ・スキミングにより 500,000 トン以上の有効亜鉛を回収してきた。

歴史的には MZR 法では亜鉛めっきのボトム・ドロスから金属亜鉛を回収することができなかった。典型的なボトム・ドロスのフリーの金属亜鉛は 50%以下で、残りの亜鉛は鉄と結合して金属間化合物 FeZn_{13} となっている。

このため亜鉛をその金属間化合物から分離する方法を生み出すための研究プロジェクトが実施された。これは MZR プロセスに一定量のアルミニウムを加えて、 Fe-Zn-Al 三次元状態図に示される Zn リッチな金属間化合物 FeZn_{13} を Al リッチな Fe_2Al_5 金属間化合物に転換する方法である[参考文献 4]。この過程を加えることにより MZR 法によるボトム・ドロスからの金属亜鉛の回収量は 40-50%から 80-90%に増加した。

アルミニウムの添加率を幾通りか変えたテストをおこなった。金属間化合物の組成変化に及ぼす効果および亜鉛の回収量と分析値を記録した。

結 論

- ・ 溶融亜鉛めっきのボトム・ドロスが入った MZR プロセス槽へのアルミニウムの添加量を鉄の 1.2 重量%にした場合、金属間化合物 FeZn_{13} をすべて Fe_2Al_5 に転換できる。
- ・ アルミニウム金属間化合物粒子の転換により、ボトム・ドロス中の亜鉛の回収率は 40-50%から 80-90%に増加する。
- ・ 鉄およびアルミニウムの少ない高品質の亜鉛を得るためには残った金属間化合物 Fe_2Al_5 粒子の除去が重要である。
- ・ 当初おこなったセラミック発泡体フィルターを使った分離方法は、フィルター系の設計の最適化と更なる試行により、（注：顕微鏡視野範囲の）面積内で 1 %位にまで残留粒子を減少させる（ろ過）効果があると考えられる。
- ・ 残りのアルミニウム（0.06%またはそれ以上）は粒子形状が変化して回収された亜鉛の中に残るが、アルミニウム濃度が 0%でなければならない亜鉛めっき釜にとっては回収使用できないものとなる。

8. リモート・アクセスによる溶融亜鉛めっき操作の支援

C Mason and M Harding (Western Technologies, USA); M Lamp (Cepha Controls, USA)

(注：この論文は Abstract および Conclusions の記述がないので、本文中から一部を抜き出して紹介する)

本稿ではインターネット接続によりリモート・アクセスを行う方法について述べる。ただし溶融亜鉛めっき工場にアクセスして遠隔操作するための技術についてではなく、その意義、可能性およびあり得る欠点などについて述べるものである。本稿での“リモート・アクセス”という語の定義は工場設備の供給業者またはその担当者からのアクセスという意味に限定している。

最近の溶融亜鉛めっき設備の設計・供給は他の製造業と同様に世界的規模となっている。設備メーカーまたはその担当者は亜鉛めっき工場から何千キロも離れている。そのため担当者や技術者は工場を訪問することが困難となり、待ち時間が長くなっている。それと同時に制御システムが複雑かつ高度となり工場技術者には近寄りがたくなってきている。

本稿では普通の需要家サポートでは得られないが、将来リモート・アクセスでなら提供できるような、亜鉛めっき業者にとっての便益について考える。亜鉛めっきプロセスの中でも高温操作および自動搬送システムに重点をおく。おのおの機器メーカーの装置はプログラマブル・ロジック・コントローラー (PLO) に集中されており、亜鉛めっき工場のスタッフはヒューマン・マシン・インタラクト (HMI) を通じて繋がっているものとする。

最初に取り上げられる便益は診断関連である。診断についての検討の中では対処診断 (reactive diagnostics) に関する事項が焦点となった。これは故障が発生した時、工場オペレーターが設備メーカーの遠隔サポートを受けながら故障の原因を調べようとする場合を想定している。

今までは通常この種のサポートは電話または E メールで行われてきている。このやり方では現場から設備技術者に伝えられる情報のやり取りが、言葉の障害もあって限られる。

しかしインターネットによる遠隔アクセスでは状況は変わる。設備メーカーの技術者は自分の事務所あるいは何処であってもコンピューター上に現場技師が制御室で見ると同じ HMI の画面を出して見ることができる。実際には設備メーカーの技術者は現場技師の画面では見ることはできない、より基礎的な変数や設備状況の指標にアクセスすることもできるのである。

設備メーカーの技術者は、工場の技師にとってはそれが何を意味するのか判るかどうかというような初発的なパラメーターと状況指示値の変化を見つけることができる。設備メーカーの技術者は回復のために必要なアクションを工場技師に連絡し、設備が再び正常に稼働しているか否かのチェックをすることができる。

リモート・アクセスを導入することによる長所について検討してきたが、最後に陥りやすい落とし穴を如何にして避けるかについて 2、3 付け加えたい。

第一に手順では安全性の確保と、許可を受けた者以外のアクセスが防止できていることが必要である。インターネット接続の安全性について多くの最良実施指導書 (best-practice guidance) が入手できるので、我々はそれにリモート・アクセスの章を短期間追加すればよい。そうして出来れば設備メーカーはそれをオンラインで分析するのではなく、データをダウンロードすることが望ましい。

認定されていない者のアクセスを認めないのは、彼らが意図的に制御盤にトラブルを起こすことを狙っているからというわけではない。適切な資格と経験を持っていない工場スタッフが HMI の設定にかかわると予期せぬトラブルを生じるからである。制御盤と連携して稼動している第三者の設備ユーザーの技師がアクセスするのも危険である。これらの理由で HMI へのアクセスは厳密に階層的に組立てられ、その人の能力と責任によりアクセス権を与えるよう設定しておかねばならない。さらにすべてのアクセスは制御系の設定と時刻およびアクセスした人の ID を含め、その履歴を記録しておかねばならない。

このような枠組みの中では、対処診断を予防診断(preventive diagnostics)と入れ替えることにより安全度が向上することに留意する価値はある。設備の操業に予期せぬ停止が生じた時、プラントを再稼動することへの関心の中で、安全も同時にこのシステムにより補強されていると言えるからである。

第二に、遠隔支援はすべての操作が工場技師により遠隔でできる状態であっても、できるだけ工場技師との共同作業でおこなうべきである。制御系の奥の方のいたるまでのセッティングは別として、一般的な変更手順は設備メーカー技術者の指導のもとに工場技師の手で行うべきである。同じ HMI 画面を見ながら例えば Skype などにより同時通話可能な状況にしておく必要がある。これにより工場技師が常に現況を把握できるグループに属することとなり、時間とともに貴重なノウハウを蓄積してゆくと同時に、うっかりミスを排除し制御系統の調整が誰の責任なのかが不明であるような状態を確実に排除することができる。

第三に、制御システムの変更がアップグレードであれ設定変更であれ、すべて元に戻せる状態でなくてはならず、変更される前の状態つまり復元点に戻す手順が明確でなくてはならない。一連の変更は一度に一箇所ずつ行われるが、復元点はそれぞれの変更毎に設定しなければならない。

最後に、業務の分担を行う前に工場経営者と設備メーカーとの間で同意した、設備メーカーの業務介入範囲に関する明確なポリシーがなくてはならない。例えば工場技師の現場立会いがなく、連絡もとれない状態での設備メーカー技術者による遠隔操作などは厳に控えるべきである。また両者間で打合せ中に連絡が取れなくなった場合の処置規準も整備しておく必要がある。

このような方式が実現すれば、重鉛めつき設備メーカーは将来、設備供給者の役割をさらに超えて、

好調なプラント操業を続けるパートナーとなるだろう。

9. アトラス・プロジェクト：溶融亜鉛めっき加熱炉およびめっき釜における熱移動ならびに効率に関する最新コンピューター・モデルの活用

Jean-Francois Hetu and Florin Ilinca (National Research Council Canada)
Mario Ubiali (Zinco Service Srl)

概 要

アトラス・プロジェクトは溶融亜鉛めっき釜の加熱の力学を解明し、この産業の特有の課題となっている要因をより理解することを目的として 2012 年 6 月にスタートした。めっき釜の劣化に関する 5 年間のデータを蓄積した結果をベースに、著者らは協力して実際の操業条件ではどのように加熱管理が行われ、熱伝達され、釜と亜鉛浴にインパクトを与えるのかを検証する三次元のコンピューター・モデルを構築した。フラット・フレーム技術に関しては、北イタリアの Nord Zinc Spa の実設備で集めた完全かつ詳細なデータが最初のものである。当地における一年以上におよぶ作業の結果、カナダ国立研究所 (NRC) のスーパー・コンピューターによって複雑なモデルを確立することができた。この報告は溶融亜鉛めっき業における亜鉛めっき釜の寿命と操業に影響を及ぼす多数の重要な因子について、光をあてることを目的とした。さらにこの研究は加熱システムの新しいインテリジェント制御システムの確立に重要であることが立証されつつあり、それゆえに釜寿命の延長とエネルギーの大幅な節減に向けて扉を開くものとなるだろう。

結 論

提案された溶融亜鉛めっき炉およびめっき釜の数値モデル解析方式は、温度上昇および釜の劣化に関する経験値とよく一致することが確認された。確立されたモデルはヒート・フラックスが釜の壁面を通して伝えられる機構を理解するのに役立ち、時には一般的に産業界が入手し得る概念よりもさらに深く理解できるものであった。上例のような釜内外面の温度差の関数関係について、より複雑な関数を用いたヒート・フラックスの解析もあった。数式モデルからみた観察から、内壁の温度はガスから壁面、内部の亜鉛流への熱平衡、亜鉛流の流速および温度から求めた熱平衡の解を求めることにより得られる。これにより標準的なコンピューター操業条件による釜の侵食速度を効果的に予想するシミュレーション方式ができ、最良技術操作(best technical practice)の基本的定義にいたる扉を開けることが可能となる。釜寿命の予測に関するデータ解析の分野において、将来のさらなる発展が期待される。

プロジェクトのもう一つの重要な課題は、溶融亜鉛めっきのフラット・フレーム炉の総合的エネルギー・バランスと熱効率である：このモデルは、制御ロジックと設計機能を慎重に選べば改善が可能であることが判っている。これは釜の温度管理と腐食に関する各種の操業パラメーターの影響に関するシステムティックな研究に道を開くこととなるだろう。

10. 溶融亜鉛めっき炉に高反射性セラミック被覆の適用

著 者

Welner Niehaus, WIR Technologies GmbH, Hufenkampweg 10, 46514 Schermbeck, Germany

概 要

現在、加熱炉のライニングは非常に高度化しているので、断熱材のこれ以上の改良は投資的には元がとれないところに来ている。

しかしライニングが約2 mmの高反射性セラミック被覆で覆われている場合、事情は全く変わる。反射性被覆は、炉の断熱材を通過して逃げようとする熱を反射する。亜鉛めっき釜はバーナーのあるところからだけではなく炉壁全体からの熱を受けるため、亜鉛釜への入熱を特別に追加しなくても能率と熱回収率が向上する。反射性被覆による釜全体の平均的な加熱のほか、生産増と稼動時間の面からみて全消費エネルギーの平均6%から9%が節減された。

炉の煙道排ガスの温度は、バーナーを適切に調整することにより90℃低くなった。この被覆法はレンガ製造業や熱処理業で広く実用化されている。亜鉛めっき炉の被覆として最初に使用した米国では満足な結果が得られており、著名な会社の30以上の加熱炉についてこの被覆技術が実用化されている。

結 論

ITC式反射セラミック被覆により、エネルギーの節減または同量のエネルギーで生産量の増加をはかることができる。亜鉛めっきの品質は亜鉛浴の温度効果でも品質の向上が見られる。亜鉛めっき炉に使用し得る断熱材のすべてについて、被覆が可能である。被覆は耐久性が高いので炉の寿命を伸ばすことができる。

11. 人工知能加熱炉管理システムの開発

X. Liu¹, S.G. Blackey¹ and A.H. Curtis²

¹Department of Mechanical Engineering, Sheffield University, Sheffield, UK

²Hasco-Thermic Ltd, Birmingham, UK

概 要

溶融亜鉛めっき加熱炉制御技術の開発が進んできていることに関心が高まっている。これは現在一般的に利用されているプログラミング可能な論理制御装置(PLC : Programmable logic controllers)を活用する方法である。これらのフレキシブルな制御装置は、業界で過去 15 年以上にわたり使用されてきた古い有線の制御系統に取って代った。しかしながらほとんど同じ期間の間、旧来の加熱炉操業に関してはあまり改良が進んでいない。

改良された加熱炉操業技術はエネルギー消費量および亜鉛使用量を減少させ、亜鉛釜の寿命を延長させる可能性がある。これらの制御技術の改善に関しては、亜鉛めっき炉が生産ラインを構成する一部として安全操業を優先させる必要があったため束縛があった。これに代わる技術として PC / PLC ハイブリッド・システムによる制御法の開発についての概要を述べる。このシステムは新しい制御法のテストを行ったり、データの記録蓄積能力をもたせたりするために必要な柔軟性を有しているだけでなく、加熱炉が生産ラインの一部として稼動中であっても、安全に操業しながら必要な制御を行うことができる。

結 論

本稿で述べた PC / PLC 制御方式は研究用に適用できるが、日常稼動を行っている亜鉛めっき生産や安全上の問題においても如何なる混乱も生じることはない。この統合制御 (joint control) システムの亜鉛めっきラインへの適用についての信頼性に関するテストは引き続き実施し、稼動中およびアイドリング期間中の釜の温度分布についての調査も実施する予定である。

12. 新しい高速加熱炉

E Moroni (Gimco Impianti Srl, Italy)

(注：この論文には Abstract および Conclusions の記述がないので、本文中から一部を抜き出して紹介する)

本プレゼンテーションは、これまで熔融亜鉛めっき工場が経験してきた欠点を解決するため Gimco が開発してきた高速加熱炉について説明するためのものである。

加熱炉についての簡単な説明からはじめると、まず熔融亜鉛めっき業界においては少なくとも Gimco の経験からは、フラット・フレーム式加熱炉と高速加熱炉が主流である。これら二種類の加熱炉の相違はよく知られているため、これらに関しては本件の主テーマとはしない。

ただしフラット・フレーム式加熱炉の性能について簡単に触れると：

- ・ 高速動作（長所）
- ・ 良好な温度成層(temperature stratification)（長所）
- ・ ガスの平均消費量が大（短所）
- ・ バーナー調整が複雑（短所）
- ・ 高価（短所）

伝統的な高速加熱炉の主たる性能については

- ・ 動作速度が遅い（短所）
- ・ ガス消費量は比較的少ない（長所）
- ・ バーナーの調整が容易(長所)
- ・ 価格が安い（長所）

この二つの方式の長所／短所は互いに補完しあう性質があるため、現在まで明確な選択基準がないままの状態が最近数年間が経過しているのが我々の置かれている一般的状況である。他の小さな長所／短所に関しても述べるが、主として最も重要な短所について力点を置かねばならないだろう。それは従来の高速加熱炉では亜鉛めっき釜の上部と下部の温度分布の制御が難しいということである。

(中 略)

我々は研究の焦点を高速加熱炉に絞った。その理由は、めっき釜の温度差により生ずる浮きドロスの問題が解決または小さくなれば、フラット・フレーム加熱式の炉よりも操業性および熱消費量のすぐれたものができると考えたためである。

この課題について Gimco はどのような解決案を出したか？

新しく設計したものの3D画像を示す。-従来のものに比べて設計に大きい変化はないが、温度の完全制御に関しては大きく変化した。

燃焼室は二つあり、同じ亜鉛釜に上下二つの独立した加熱炉がついているような形となっている。ただ一般と同様に排ガスの吸引を行うところで繋がっているのみである。

この方式の長所を完全に生かすためには、亜鉛めっき釜の各部の高さにおける亜鉛浴温度を測定する熱電対が必要である。いずれにせよトップとボトムの温度制御について論ずる場合、熱電対が亜鉛釜の外にあるか内側にあるかは問題ではない。重要なことは二つの燃焼室と二つの温度のPID(Proportional Integral & Derivative)制御とそれぞれの設定温度による個別のフィードバックが必要だということである。

ここに操作員が温度を監視しながら設定ポイントを決定するためのGimecoの監視用PCソフトウェアを示す。ご覧の通り亜鉛釜の上部と下部の温度差をいくらに設定するかを決めることができる。この図は我々が設計した加熱炉における操業温度推移の2時間分の温度推移である。グラフには設定温度は示さなかったが上部が448℃、下部は438℃であった。

亜鉛浴の上部温度と下部温度の差は、ユーザーの設定では10℃であったが、9℃以下には下がらなかった。一番重要な点は、温度差の設定は我々の考えでは12-13℃にすることも可能であったが、要望された温度に設定したことである。

既にこのタイプの炉が14炉設置され稼動していることから、浮きドロスに関する理論が確認されたとと言える。

実際、浮きドロスが背後にある金属学的あるいはプロセス的な根拠が間違っているために消えなくても、この件に関しては改善されることを我々の顧客が目当てにしているので、浮きドロスは亜鉛浴の上部と下部間の温度差により影響される、という事実は確認された。

13. ケース・スタディ：南アフリカの深い鉱坑で使用されている溶融亜鉛めっき鋼

著者：R.E. Wilmot (Executive Director) Hot Dip Galvanizers Association Southern Africa

概 要

本稿の序論として、南アフリカの鉱坑で見られる腐食状況について簡単に振り返っておきたい。深いところにある金坑に関する“ケース・スタディ”式の記述が主体であるが、我々が気付いた全般的なことを確かめつつ地域内における他の複数の鉱山を訪問した内容も含めた。以前、我々が新しい鉱山で立て坑が掘り下げられて行く中で予想される腐食的環境について調査したやり方を踏襲する。立て坑の稼動に引き続き、採用した防食システムの実地性能調査のためのフォロー・アップ検査が行われた。実際に使用されている同じ防食システムの性能確認のため他鉱山の訪問も行った。報告には現在の立て坑が遭遇しているこすれ腐食の状況と懸念についての調査も加えた。結論として、立て坑に使用されている鉄鋼部材に対しての追加的な侵食／腐食防止対策を提案した。

結 論

1. 溶融亜鉛めっき自体は多くの大深度鉱坑における腐食環境に対する防食対策として適切である。
2. 立て坑を流れ落ちる水は間違いなく微粒固体や、時には小さい瓦礫を含んでおり、支柱に衝突して侵食－腐食の過程をたどる。
3. 立て坑の侵食－腐食の条件には立て坑を流れ落ちる水の影響があり、調査した立て坑の中で特に“北立て坑”の南西部分の方が関連が強い。
4. 水質はバクテリア性の腐食を促進する可能性があると見られていたが、バクテリア性の腐食を見出すことはできなかった。

14. 火災防止－火災時における鋼材表面温度に対する亜鉛皮膜の効果に関する研究

Markku Heinisou, professor of Metal Structures

Research Centre of Metal Structures

Frami, Kampusranta 9 C, FI-60320 Seinajoki, Finland

概 要

別々の二つの実験で、亜鉛めっき鋼と裸鋼材の高温における挙動に時間差があることが明らかとなった。これは火事などの際に亜鉛めっき鋼ではある程度の温度までは防火対策が不要または若干の追加仕様で充分であるということで、鋼構造物においては経済面、環境面での有利性を意味する。本稿では研究調査の主な結果を報告する。鋼構造物を設計する際に反射率の低減を取り入れる一例を示す。

結 論

独立する二つの実験で高温では亜鉛めっき鋼と裸鋼部材との間に高温での挙動に明らかな時間差があることがわかった。消防夫のとるべき行動および特に人の生命を考えると、最初の数分間が最も大切である。亜鉛めっき鋼構造物は一般鋼構造物よりも火災時に強いということを意味している。

これらのことに関する熱力学的根拠はまだ未解明であるが、亜鉛めっき鋼に関するこれらの結果を将来に向けて利用する計画は立てるべきである。亜鉛めっきの経年変化や他の金属成分の影響などについても検討課題である。しかしながら亜鉛めっきは、場合により火災時に必要とされる防災規準を充たすのに十分な、あるいは軽度の防災対策で済ませられるような効果をもたらし、亜鉛めっき鋼構造物にとって大きい経済的および環境的効果をもたらす可能性がある。

15. 抗菌活性を有する溶融亜鉛メッキ鋼板の作製

同志社大学理工学部 機能分子・生命化学科

酒井 博章、加藤 将樹、廣田 健

一般社団法人 日本溶融亜鉛鍍金協会

高野 嘉彦、桑原 博

要 旨

溶融亜鉛メッキ鋼板に高付加価値（遮光下での抗菌活性）を付与するため、純亜鉛メッキ鋼板を、濃度 $0.01\sim 0.3\text{mol/L(M)}$ の硝酸亜鉛六水和物 $\text{Zn(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の水溶液に浸漬し、 $110\sim 130^\circ\text{C}$ で $1\sim 5\text{h}$ 水熱処理を行った。本研究では、溶融亜鉛メッキ鋼板の抗菌活性は、化学発光(CL)分析法を用いて確認した。抗菌活性を有する溶融亜鉛メッキ鋼板の最適作製条件は、水熱処理温度 120°C 、処理時間 3h 、 $\text{Zn(NO}_3)_2$ 水溶液の濃度は 0.1M であることが明らかとなった。水熱処理した溶融亜鉛メッキ鋼板の抗菌活性とその表面微細構造、および組織形態との関係を XRD、FE-SEM および EDS を用いて調べた。

結 論

0.1M の硝酸亜鉛六水和物 $\text{Zn(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 水溶液中で 120°C 、 3h 水熱処理した純亜鉛 Zn メッキ鋼板は、遮光下でスーパーオキシドラジカル ($\cdot\text{O}_2^-$) や過酸化水素 (H_2O_2) のような活性酸素種 (ROS) を生成し、この ROS は遮光下で抗菌活性を示す。この遮光下での抗菌活性は、以前に抗菌活性が発見・報告された二酸化チタン（アナターゼ）では見出せない。このような実験結果から、従来の亜鉛メッキ鋼板が、将来、高付加価値を有する新物質素材となる可能性が示されたと思われる。

16. 新しい高張力鋼板の開発経過のレビューと今後の製品におよぼす影響についての考察

Frank E Goodwin (International Zinc Association) and Michael Taylor (EGGA)

概 要

1970 年代後半から世界的規模の製鉄会社は、主として自動車の軽量化にあわせて平鋼板の新しい鋼種の開発を始めた。現在までに二世代までの新高張力鋼(AHSS)が市販可能となり、第三世代の高張力鋼は開発の最中である。これらはそれぞれ降伏点 300Mpa を越えるまでになっており、あるものは 1200Mpa を超えている。これらの高強度性能は多くの合金を使用してではなく、熱力学的工程によって達成されたものである。合金成分の量を減らすことにより製鋼コストは明らかに下がるが、多くの場合、亜鉛めっきを含む下工程に影響を及ぼす。このような観点から高抗張力、低合金鋼構造物やそれらを亜鉛めっきした将来の製品がもたらす意義について考察する。

結 論

<注：この論文には”Conclusion” 部分がないため、本文から一部を抜粋して紹介する>

将来考えられる製鋼法の変化が溶融亜鉛めっき工程に対してどのような意味を持つのかを推測するため、IZA / EGGA のプロジェクトが進められている。全欧州の主要製鋼工場からの情報を評価しているところであり、結論を出すには早すぎるが暫定的な意見を述べることは可能であろう：

- ・ “高張力鋼” とはどの程度の強度を有する鋼をいうのか—ほとんどのメーカーは S355 が彼らの高張力鋼だと言う。さらに高強度に向かう傾向はあるが、メーカーの大部分が生産しているのは依然として S235 あるいは S275 である。S460 は一般に特殊なユーザーからの要望はあるが、在庫品としては置いていない。平鋼材の場合、商用車、揚重機およびレール用として降伏点強度が例えば 960Mpa 鋼というような特殊で小さなマーケットはあるが、製品の大部分のグレードは 460Mpa までである。
- ・ 高張力鋼の使用量の増加は主として少数の鉄鋼メーカーにより促進された。一般的には鉄鋼メーカーにとって高張力鋼の生産に向けて力を入れるのは余り利益はない。この長くて平らな鋼材のための“やせた技術”から得られる利益は、連続コイル製造技術にくらべてそれほど著しいものではない。鋼材を仕上げ圧延する前に 900℃以下に冷えるまで待つ圧延の遅れによるコスト増は、合金成分を減らすことによるコスト減より著しく大きい。
- ・ 高張力鋼は合金成分の添加、熱力学的圧延および焼入れと自己調質技術により製造可能である。技術選択はメーカーの能力にかかっている。
- ・ いずれの技術を採用するにせよ、将来の鋼の成分は亜鉛めっきの適用が可能な高張力鋼に重点を置くであろう。

将来の鉄鋼製造法に関する我々の調査は現在進行中であるが、結論として主な用途分野において使用されている鋼材が将来新鋼種となり、溶融亜鉛めっき処理することになっても、今のところはバッチ式の溶融亜鉛めっき業が問題にぶつかるという根拠は見あたらない。

17. 溶融亜鉛めっき会社の GEO ビジネス：見る、知る、分析する、決定する、最適化する

Salvatore Amaduzzi, University of Udine, Riccardo Stuper: Tellus spa

概 要

この広域(GEO)マーケティング技術は、使用者に顧客、期待度、社会経済的データを地図の上に示してくれるもので、その目的は下記の通りである：

- ・ 新しい倉庫／支店の最適地を見つける
- ・ 競合する地域を確認する（これらは異なる生産拠点の共通販売エリアである）
- ・ 営業マンの担当範囲をバランスさせる
- ・ 下記事項を分析して営業戦略を練る：
 - 弱い地域
 - 顧客の姿勢
 - 営業マンの姿勢
 - 顧客見込み
 - 競合相手
 -

広域マーケティングでは営業担当者および配送業務の効率化のため経路最適化ソフトで強化され、また営業担当者に社外業務支援のための PDA(Personal Digital Assistance：携帯情報端末)を持たせる。

ここでは Bisol グループ（下記）の事例を報告する。

- ・ 7 事業所／支社
- ・ 約 28,000 の顧客
- ・ 300 人の従業員
- ・ 年間売上高 1 億 7,000 万ユーロ以上
- ・ 本社 イタリア Treviso 県

結 論

＜注：この論文には”Conclusion” 部分がないため、本文から一部を抜粋して紹介する＞

広域マーケティングおよび地図用の Web GIS：Bisol 亜鉛めっき会社のケース・スタディ

広域(Geo)マーケティングは、地理的条件という重要な要素をマーケティング活動の中に取り入れられるようにしたいという自然な延長線上にある。

会社にとっては顧客や顧客になりそうな会社および競合会社がどの地域に存在するのかを知るのが如何に重要かを考えよう。

この情報があれば、ある地域における社会経済的情報にもとづいて新工場を何処に設置するか、あるいはどうすればもっとマーケティングの効率をあげられるかといった課題を適切に決定できる。

これらは広域マーケティング技術に適用できる応用分野の一部に過ぎず、この装置の能力は以下に示すように非常に大きい。

Tellus 社は地理情報システム(GIS : Geographic Information System)をインターネット上で活用できる、下記機能を組み込んだ WebGIS を開発した。

- ・ ADDRESSfinder : 正規化と地域コード化用 WebGIS 機能 ;
- ・ SITEfinder : 特定のパラメーターおよび制約条件に基づいて自動的に最適地域区分を行う WebGIS 機能 ;
- ・ MARKETfinder : WebGIS の広域マーケティング機能の一つで、データ解析、品種別区分地図の作成、区分の修正・・・等を行う ;
- ・ PATHfinder : (所要時間、コストその他の) パラメーターを最適化した配送経路を探す WebGIS の機能
- ・ PALMfinder : 携帯情報端末の機能で、営業担当者の社外での活動を支援する機能

我々はこれらのツールを使用して Bisol 亜鉛メッキ会社と協力して下記の項目を推進してきた :

- ・ 地域コードを正規化し、顧客のデータ・ベースの重複を削除
- ・ 営業担当者の地域分担のバランスと最適化
- ・ 正確な頻度と時間で月間訪問を行うよう日々の予定を立てる
- ・ 営業担当者の訪問経路の最適化
- ・

(中 略)

Bisol プロジェクトの評価

Bisol 亜鉛めっき会社のため開発されたプロジェクトに関しては、実施の仕方について若干の所見を得ることができた。

当初から我々が業務を委託した会社と実際に業務管理プロジェクトを実施してくれた人達との間の、非常に密接な連携が確立されたと考えている。

これは実際に使用されたアプリケーションがすべて使い勝手のよい WebGIS で、これを使うことによりデータ、地図、シミュレーション結果および分析が簡単に共有できたことによる。このことは単に Bisol 社用のプロジェクトの継続的なアップグレードのみならず、活動の中で発生する未解決の問題について一方的な判断でなく、常に会話を絶やさずに解決案の作成に努める方向につながった。

上記ケース・スタディの報告は、われわれがこのツールの性能をさらに一般化することの助けとなるとともに、提供するサービスの向上と競争相手に差をつけたいと望む各社にそのチャンスを与えられるものである。

この直接的な経験から、我々はこのように複雑なソフトウェアを使っても予測できない困難は生じるであろうが、それは人間の経験と直感で解決するしかないだろうと考えている。

18. 中国におけるバッチ式溶融亜鉛めっき業の発展

Zhang Qifu

Chinese Society for Corrosion and Protection, Beijing, 100081, China
Chinese Galvanizers Association, Beijing, 100081, China

概 要

バッチ式溶融亜鉛めっき製品は広い範囲で利用されており、中国における亜鉛生産量のほぼ 55% を消費している。中国の亜鉛めっき工場は、一部の小規模工場はまだ近代化されていないものの、大部分はより高い効率と、環境にも配慮したものとなっている。これらの改良は、中国溶融亜鉛めっき協会により開発されたクリーン製造技術ほか多数の最新技術を導入してきた結果である。5 年間のクリーン製造技術の実施により製品品質が向上し、エネルギーと資材のコストが減少した。

結 論

- 1) バッチ式溶融亜鉛めっき製品は中国国家経済の中の多様な分野で広範囲に活用されている。電力および交通関係インフラが最大の消費部門で、約 44% のバッチ式溶融亜鉛めっき製品を使用している。
- 2) 溶融亜鉛めっき業は中国における最大の亜鉛使用産業で亜鉛生産量の約 55% を消費している。
- 3) 中国のほとんどの亜鉛めっき業は経済発展の著しい地域に集中している。
- 4) クリーン生産技術は持続可能な溶融亜鉛めっき業の発展に貢献し、原料およびエネルギーの節減、有害化学物質の除去および汚染物質の排出減に寄与している。
- 5) クリーン生産およびクリーン製品の製造技術の考えをもとに、クリーン生産技術が 4 箇所のデモンストレーション工場に導入された。5 年間におよびプロジェクトの実施により、クリーン生産は亜鉛めっき工場に非常に大きい利益をもたらすことがわかった。
- 6) 中国のバッチ式溶融亜鉛めっき産業は、先進的な技術をさらに発展させてそれ自身を改良し、資源消費量の減少とエネルギー・コストの削減を実現して持続可能な発展を実現するだろう。

19. 大気環境中における亜鉛めっき皮膜の寿命測定

Katerina Kreislova
SVUOM Ltd., Prague, the Czech Republic

概 要

2010 年に出された *EN ISO 14713 亜鉛被覆—構造物中の鉄鋼の腐食防止に関するガイドラインと勧告* は、亜鉛の腐食の予測に関しては EN ISO 9223 および EN ISO 9224 の改定に準拠している。この改定により亜鉛を含む構造物金属の、より正確な短期および長期腐食減量の予測ができるようになった。亜鉛の年間腐食量に関する数種類の計算式の精度を比較した。EN ISO 9224 の長期腐食減量の計算式は、インプットする値が 1 年間の腐食減量である場合、相対的に高目となる。

多くの国による法律的、経済的および技術的手段により酸性大気汚染、主として SO₂ が減少したため、最近 20 年間の大気環境での腐食は減少した。現状における亜鉛および亜鉛被覆の寿命は、大気環境がよくなってきたことと被覆の厚さの増加により長くなっている。特定の微小領域における溶融亜鉛めっきの腐食例を挙げた。特殊な腐食環境の例としては、周囲が道路に囲まれて大気汚染の激しい場所および融氷用塩の付着によるものなどがある。

結 論

腐食性区分は大気環境の腐食性に関する知識をもとにした一般的用語である。亜鉛の腐食速度の標準的な値は、長期暴露される亜鉛めっき鋼材の耐用年数を予測するために使われる。大気汚染の変化は亜鉛の腐食を著しくかつ短期間に変える可能性がある。

ISO の分類システムは広く一般分野にわたって構成されているが、自然環境における状態や使用条件における状態を包含していない。EN ISO 9223 および EN ISO 9224 を参照することにより、特に汚染されている微小環境を除けば、亜鉛皮膜の耐用年数の推定ができる可能性がある。

普通の大気環境では亜鉛めっき皮膜の耐用年数は相対的に長いが、幾つかの要因により皮膜の耐用年数が著しく減少する場合がある：

- 特殊な腐食負荷—特異的に汚染された微小大気環境
- 不適切な構造設計（異種金属接触による腐食など）
- 亜鉛被覆の欠陥

与えられた構造／目的／製品に対してこの防食対策を採用するためには、上記の要因を亜鉛皮膜の耐用年数の推定に際して考慮に入れておくことが必要である。

20. DIOGEN : 土木建設関係物資の環境影響に関するデータ・ベース—溶融亜鉛めっきへの適用

Fernanda GOMES – Ecole des Ponts ParisTech, Adelaide FERAILLE – Ecole des Ponts ParisTech, Yannick TARDIVEL – SETRA, Christian TESSIER – IFSTTAR, Ludovic NEEL – Galvazinc

概要

(注：この論文には **Abstract** の記述がないので、本文中から一部を抜き出して紹介する)

初期の土木建設物の製造による環境への影響および使用エネルギーに関するライフサイクル分析(LCA)では、資材の生産およびエネルギー消費による環境への影響は断定的に表現されていた。これらのデータはその重要性から信頼性が高くなければならず、その情報源は特定できなければならない。また追跡可能性も保持せねばならないが、情報源までの距離の遠さと内容の不適切さに遭遇する可能性がある。

データは調査目的と製品製造技術の双方を説明できるものでなければならない。それゆえその製品が最終的な姿に至るまでの環境への負荷を適切に推定するためには、その製品の使用目的と使用限度の判断基準を出来る限り知っておく必要がある。

我々が入手できる統計データに加え、製造者から得た材料やデータ・ベースの値の信頼性を評価するため、DIOGEN が信頼性確認のための手法を提供している。これに従って作業を行えば環境データはその信頼性を保証され、対象すなわち当該土木建設に関する諸データの信頼性を保証される。

こうして土木設計技術者は DIOGEN が使えるようになり、環境評価および材料データ（野外での“揺り籠から出口まで”）に関しての信頼度を高め、ついで次のステップであるライフサイクルのデータを追加することとなる。

DIOGEN グループは次のような材料に関しても関心を持っている：鉄鋼、コンクリート、木材、複合材、被覆材および塗料。われわれはこれらのものに関連する業務に対して DIOGEN、データ・ベースの原理および使われている手法を提供する。溶融亜鉛めっきを対象としたファースト・ステップを示したが、このアプローチは DIOGEN を使ってこれから更なる発展を遂げるはずである。

結論と今後の展望

環境関係の信頼できるデータ・ベースを確立することは 1970 年代はじめからの継続的な目標であり、最初にできたのがエネルギー関係のデータ・ベースである。今回の DIOGEN の作業がこの理想を達成することは困難であるが、今後も環境影響評価に対するさらに高い信頼性を得るための調査を継続する。そのために信頼度指数(confidence index)を設定する段階では、国際的に引用されている環境保全対策(Ecoinvent)用の事前調査のデータ・ベースを根拠とする。

しかしながら特定の範疇に入る土木技術および土木構造物の設計においても、環境調査結果を適用するためにはそれらが環境科学の一般的な枠組み(framework)に適合するものでなくてはならない。実際

われわれは二つの課題に直面している。第一に DIOGEN の結果は土木関係の人々が活用できるようになっているが、それは環境科学分野の関係者(stakeholders)が用いる計算手法に適合するものでなくてはならない。この課題について、われわれは“信頼度指数”の中にある環境保全対策の“標準偏差”(standard deviation)の見直しをしようとしている。この答えは 在庫データの”標準偏差“を使ってする作業より定量的には適正度が小さいものとなるだろう。しかしこれにより、まず第一歩として、ライフサイクル・アセスメント(LCA)の信頼性を評価するという、われわれの第一の目的である、信頼できる品質的なアプローチに十分な効率をもって到達できる。二番目の挑戦目標は LCA 手法の肝心な部分を土木工学的に書き換えることである。

現在 DIOGEN グループはデータを収集・蓄積しておりその信頼性（例えばフランス国内市場で販売される鋼板および鋼部材の生産に伴う環境負荷は、環境保全対策データを若干修正して算出した(Gomes & al, 2012)）。このデータ・ベースは現在インターネット上で入手可能である：www.diogen.fr.

DIOGEN は基本的にそれ単独で或いは他の現存する外部データと組み合わせて課題に対する解決案を作成するもので、他のデータ・ソースと重複はしていない。仮に他のデータ・ベースの土木工学関連データにアクセスできても DIOGEN はこのデータ・ベースを参考にするだけである。われわれは土木工学の分野に関しては今のところ全てが入手可能ではない、ということを知っている。DIOGEN はこの分野における全てのデータの穴を埋めようという意図はない。このことは特定の材料に関するデータの欠落あるいは適正さが不足していることを示している。そしてそれは製造者およびこの欠落を埋めてくれる筈の人の注意を喚起することになるだろう。

これらのことから、データ・ベースは生きている道具であり、外部からの新データによる補強とそれに含まれるデータの信頼性のリアル・タイムな再評価を通じて成熟させてゆくことであると言える。この鎖の中で唯一動かすことのできる環がこのデータ・ベースである。これによりアセスメントのツール、環境計画および環境マネジメントの手法が提供され、それらはさらに発展する。ただしこれだけが情報供給源ではなく、多くのデータを集めて工事段階における影響、運営、維持管理および構造物の最終処理などによる環境への影響（例えば SETRA 社のワーキング・グループにより活動がはじまっている）などに取り入れるべきである。

DIOGEN 総合グループの次のステップでは EGGA のデータと環境保全対策のデータを使って垂鉛めつき工程の環境影響シートを作成する。最初にこれらのデータの詳細な分析を行う。DIOGEN のアプローチ手法に合わせるため、フランス国内で使用されている垂鉛めつき製品の出処に関する市場調査を行う必要がある。

21. 高度画像処理システムによる溶融亜鉛めっき皮膜の余寿命診断

株式会社デンロコーポレーション 工博 藤村 和男
福島大学 共生システム理工学類 准教授 理博 藤本 勝成
株式会社デンロコーポレーション 辻 英朗
株式会社デンロコーポレーション 西尾 吉史

序 論

鋼材表面に施された溶融亜鉛めっきの劣化状態を評価する方法としては、人の視覚または写真による評価や色標による評価、あるいは電磁膜厚計などの計測機器によるめっきの厚さ測定などがある。しかし人の視覚による調査では、定量的に判断するのが難しいため、同じものを評価しても人によって評価が異なるという問題があった。また、電磁膜厚計による膜厚測定では、測定箇所については比較的定量的な評価が可能であるが、広い範囲を行おうとすると評価に時間と労力がかかり、構造によっては測定できない箇所が生じる。

これらの問題を解決する方法として、鋼材表面の劣化度合を撮影した画像をもとに画像解析により評価する方法がある。

しかし、従来の方法では、撮影時の光量や光源の違いによって、適切な評価が得られないという問題があった。

以上のような問題点を解決するために、対象画像がどのような環境および状況で撮影された画像であるかを分類し、分類した画像に適した劣化判定基準との対比により劣化度を判断することを特徴とする「自己組織化特徴マップ(SOM : Self-Organizing feature Map)を用いた鋼材表面の劣化度評価システム」を用いて、溶融亜鉛めっきの劣化状況を定量的に把握して評価する「高度画像処理システム」を開発し、実用化した。

本稿では、高度画像処理システムによる溶融亜鉛めっき皮膜の余寿命診断の例について紹介する。

結 論

高度画像処理システムの概要および余寿命診断例について紹介した。これにより、判定者の主観によらない、客観的で定量的な判定が写真から可能になる。また、画像撮影条件が異なっても、溶融亜鉛めっきを施された鋼構造物の劣化状況を定量的に把握して評価することが可能になる。

高度画像処理を用いた溶融亜鉛めっきの劣化診断により、鋼構造物の維持管理に関するコスト削減および延命化に貢献できれば幸いである。

22. チタン合金浴による着色溶融亜鉛めっきの再試行

Tamas I. TOROK – Gabor LEVAL – Alfred ENDER
UNIVERSITY OF MISKOLC, Institute of Metallurgy and Foundry Engineering
Department of Chemical Metallurgy and Surface Techniques
3515 MiskolcEgyetemvaros, Hungary

概 要

溶融亜鉛めっき鋼表面の色と組成はめっき工程中の多くの因子により異なる。空冷または水冷された亜鉛めっき鋼部材は急速に薄く酸化され、もしも酸化薄膜中に化学的に活性の強いチタンが混じっていると表面は灰色ではなく、(黄色から薄青まで) 光沢のある色になる。以前に発表された活性(‘酸素親和性’)のある元素を亜鉛浴に少量添加する“表面着色効果”に関する文献を参考に、自社の実験設備でチタンを添加した溶融亜鉛浴を用いて実験した。得られた着色溶融亜鉛めっき鋼サンプルをグロー放電発光分光分析(GD OES)で数百ナノメートルの深さまで分析し、亜鉛皮膜中のチタンの分布を調べた。非常に薄い表層部分にチタンが集積していることが実験室的に確認され、熱力学的計算からも確かめられた。同計算結果が予測した通り、亜鉛めっき鋼サンプルの最表層部に若干の $\text{Zn}\cdot\text{Ti}\cdot\text{O}$ 化合物が生成し、チタンによる亜鉛めっき鋼の着色効果が見られた。

23. 建築物のライフサイクル・アセスメントを行う場合の基本として、構造用鋼材と溶融亜鉛めっきを環境対応製品として宣言

Bernhard Hauke, bauforumstahl, Dusseldorf, Germany
Mark Huckshold, Industrierverband Feuerverzinken, Dusseldorf, Germany

概 要

建築および構造物の持続可能性アセスメントでは採用した構造物建造過程のライフサイクル・アセスメント(LCA)データが必要とされる。実施したアセスメントと規準との比較を行う場合、委託の範囲、データの質およびパラメーターが必要である。2010 年 10 月、bauforumstahl が構造用鋼に対する環境製品宣言 (Environmental Production Declaration : EPD) を取得して以降、欧州の主要メーカーはこれを使用できるようになった。これを構造物用溶融亜鉛めっき鋼まで拡張するのは現在進行中である。これにより鉄鋼または複合材による建築構造物の環境アセスメントは信頼度の高い根拠を獲得した。本稿では亜鉛めっき鋼を含む構造用鋼材の、ISO14025 と EN 15804 にもとづくライフサイクル・アセスメントの標準的な範囲と境界条件、EPD および LCA の結果にもとづく製品の定義および特に最終処分までの筋書きと考察について記述する。さらに新しい欧州規格 EN 15978 の枠組みの中で、建造物の持続可能性(sustainability)ラベルを獲得するためのライフサイクル・アセスメントを適用することについて比較例を参照しながら記述する。

結論および展望

建設用材の生産者は、建設物とそれに使用される資材の持続可能性アセスメントに対する一般の関心を知っている。特に異なる物質の集積からなる建設物についての集積的かつ包括的な検討が必要であるということに気付いている—全ライフサイクルにわたるアセスメントを意味する—これは建設材の最終寿命まで、あるいは別の言い方をすれば「便益と負担」ということになる。環境製品宣言 (Environmental Product Declaration) 構造用鋼—部材および鋼板[6]にはアセスメントのためのすべての情報が含まれている。溶融亜鉛めっき鋼の耐食性を含む増補版は現在進行中で、市場から要望のあるデータの補充がなされている。

この論文においては、ビルのような機能の高い建設物がベースとなっている建造物の環境的完成度を判定する際には、現実性があり精度の高いデータと適切な判定手法が重要な役割を果たすということが述べられている。手法に関して執筆者達は、EN 15804(材料規準 D) による最終処分に至るまでの建設に関するアセスメント情報を完全に取り入れることが重要と述べている。データ・ソースの問題と解体時に建設材がどのように使用される（例えば再利用、リサイクル、修復または廃棄など）のかという問題が、建設資材ならびに建設計画を他と比較する時の有意差の原因となることが示された。

ドイツ鉄鋼業界およびドイツ溶融亜鉛めっき業界は、ビルディングと構造物に関する、現在入手し得る最新の持続可能性に関するアセスメントのための最良の市場情報を提供すべく、密接な協同体制をとっている。したがって環境製品宣言 (EPD “構造用鋼—部材および鋼板”) は利用することが可能であり、その後の第三者団体により確認されている溶融亜鉛めっきによる耐食性鋼を含むバージョンも作成中でいずれ出版されることとなっている。

24. 高アルミニウム亜鉛めっき－技術分野での効果

F Biffi and J Deglavs (SIA ZN Metals, Latvia)

＜注：この論文は Abstract および Conclusions の記述がないので、本文中から一部を抜き出して紹介する＞

高アルミニウム亜鉛めっきは Gimeco Impianti より供給を受けた技術で、アルミニウム濃度の高い亜鉛浴で作業を行う技術である。我々は数年間この技術を使用しており、その結果の最終的なまとめを行うことが可能な段階となっている。

高アルミニウム濃度にすることで期待したこと：

- ・ 亜鉛の流動性の向上
- ・ 光沢のある表面
- ・ 反応性の大きい鋼の影響を抑制

Hal-Ga の使用なしに高濃度アルミニウムにすると下記のような問題を生じる事が判っている：

- ・ 粗くて凹凸のある皮膜
- ・ 不めっき
- ・ 黒い鋼表面の発生

H-Al-Ga 技術を適用した時の効果：

- ・ アルミニウムは亜鉛の流動性を増大し、たれ、ビルドアップ、とがったたれなど、ヤスリがけや仕上げなどの労力を大幅に低減する。マンパワー低減の効果はほぼ 15%～30%におよぶ。
- ・ 亜鉛めっき表面の均一性と光沢
- ・ HAL-Ga 使用により亜鉛めっき面は光沢が高まり、表面が均一となり光沢の鈍い箇所と光沢の大きい箇所を同一製品面上に生じない。
- ・ 亜鉛消費減
- ・ 亜鉛の流動性向上により、反応性の高い鋼も低い鋼と同様となり、亜鉛の節減となる。
- ・ H-Al-Ga の使用により Sandeling 効果の大きい鋼に対しても皮膜厚は薄くなる。

これらの効果、特に亜鉛めっき製品の品質向上により顧客の最高の満足度が得られる。顧客の満足はブランドまたは会社への満足度として返ってくる。

25. 溶融亜鉛めっき皮膜の形成におよぼす母材の微細構造の影響

S Sepper, P Peetsalu, V Mikli and M Saarna (Tallinn University of Technology, Estonia)

概 要

本論文は鉄-亜鉛合金層が形成される時の基質微細構造の影響について調べたものである。異なる何種類かの微細構造を得るため実験室での熱処理を行った。熱影響のパターンとしては溶接および熱溶断時における熱影響を想定して選んだ。鋼種としては S355JR、S700MC、C45E、C60E および 27MnB5 のそれぞれ微細構造の異なるものを 450℃および 550℃の亜鉛浴に浸漬した。結果としては 450℃および 550℃のめっき温度では、フェライト組織がめっき皮膜の形成に影響を及ぼすことはない。皮膜の構造と厚さは、炭化物の粒径によりめっき浴温 450℃で影響が生じる。550℃では炭化物の粒径および形状のめっき皮膜への影響は見られなかった。

結 論

溶接および溶断の際の熱影響部を模擬的に再現し、母材の微細構造が溶融亜鉛めっき皮膜に及ぼす影響を調べるための試験を行った。フェライトの粒径、フェライト粒の成長および再結晶、炭化物粒径および形状が、ことなる母材上の亜鉛めっき皮膜の形成に及ぼす影響について調べた。このことから以下のような結論が得られる。

めっき温度 450℃

1. フェライト粒径は、実験した材料およびめっき条件においては亜鉛めっきの皮膜厚および形態に影響を及ぼさない。
2. 熱間圧延された S700MC 鋼（高シリコン鋼）にフェライト粒の成長と再結晶がある場合、亜鉛めっき皮膜の組織に影響を与える。成長したフェライト粒が S700MC 鋼の組織中にあると層が成長する傾向がある。もし鋼に再結晶組織があると、めっき皮膜中の $\delta + \zeta$ 層が多くなる。合計の皮膜厚はフェライト粒の形状には影響されない。
3. 炭化物の大きさが変わると合計膜厚は影響される。炭化物の粒径が小さいと溶融亜鉛めっき時の膜厚は小さくなる。膜厚減少の原因は、主として ζ 層の減少による。
4. 炭化物の形状の相違は皮膜形成に影響はない。
5. シリコン含有量は炭化物の大きさの違いにより膜厚減少に影響する。皮膜厚の減少と皮膜組織の変化は鋼のシリコン含有量により異なる。膜厚の減少は Sandelin 鋼の場合が顕著であり、炭化物の量が少ない場合 ζ 層の厚さが減少しており、不活性鋼に特有の皮膜が形成された。
6. 鋼の炭素含有量が高く（シリコン含有量 0.2~0.28%）なるに従い、母材が急冷された鋼の皮膜厚は減少する。

めっき温度 550℃

1. フェライトと炭化物粒子の大きさおよび形状が異なる場合のめっき皮膜厚への影響は見られなかった。

26. 熔融亜鉛めっき鋼上のシリケート化成皮膜の腐食挙動および自己修復機能に関する研究

Gang Kong^{1,2}, Mei-rong Yuan¹, Jin-tang Lu¹ School of Material Science and Engineering, South China University of Technology Guangzhou, China;

1. School of Material Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, China;
2. International Zinc Association, Brussels, Belgium

概 要

ケイ酸塩化成皮膜は熔融亜鉛めっき鋼板を SiO_2 濃度 5wt% で、 $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ のモル比を 1.00～4.00 の範囲内で変化させたケイ酸ナトリウム液中に浸漬して調製した。この論文では、溶液中にどのような型のケイ酸塩イオンが分散しているかを核磁気共鳴分光機 (^{29}Si NMR) を用いて調べた結果を報告する。刃を鈍くしたナイフで疵をつけ、ケイ酸塩化成皮膜の自己補修能力を中性塩水噴霧試験で調べた。この結果、次のようなことがわかった。ケイ酸塩のモル比の高い (≥ 3.00) 溶液で処理した皮膜は多数の大きいケイ酸塩陰イオンを含んでおり、皮膜の $\text{Si}-\text{O}-\text{Zn}$ および $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ の結合力が増大し、より密度の高いケイ酸塩皮膜が形成されて耐食性が向上することがわかった。最もすぐれた耐食性はモル比が 3.5 のとき得られる。実験した条件のもとでは、ケイ酸塩化成皮膜は自己補修能力を備えている。

結 論

溶液中の $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ の比率が異なる場合、ケイ酸塩陰イオンの $\text{Si}-\text{O}$ 結合の種類とその分布状況も異なる。 $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ のモル比が 1.00 から 3.00 に増加するにつれてケイ酸塩イオンの高分子化が進み、ケイ酸塩構造は単純なものから複雑構造（点から二次元へ、そして三次元構造）へと変化してゆく。モル比が 3.0～4.0 のとき、 $\text{Si}-\text{O}$ の結合型と分布は密なものとなる。

溶液中のケイ酸塩イオンの高分子化程度が増大するにつれ、ケイ酸塩皮膜の乾燥と脱水により生じる脱水量は著しく減少する。恐らく皮膜形成過程で発生した微細孔や穴の収縮は減少するだろう；そして、よりコンパクトで均一な皮膜が生成することとなる。それには $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ のモル比が 3.00 から 4.00 のときが最適な条件である。

M3.5 のケイ酸塩皮膜が最も均質で、最高の耐食性と自己修復能力を持っている。それは、ケイ酸塩イオンが皮膜からすり疵部分に移動し、腐食が進行する過程で疵部分に不動態皮膜を形成し、亜鉛皮膜の疵部分の腐食を防止する。

27. “我々は年間数千トンの鋼材を扱っている－けがするのは当たり前だ！”

著者：

David A. Hill, MSc, CMIOSH.

Health and Safety Advisor - Wedge Group Galvanizing Ltd.

概 要

1994年にこの業界に加わった時、多くのオペレーターや管理者から聞かされたのは次の言葉である：

‘我々は年間数千トンの鋼材を扱っている；けがするのは当たり前だ！’

誰も怪我をするために仕事しているのではない。ただ上司に喜んでほしいと願っているだけである。

我々が従業員に話しかける時の話の仕方によって、彼らに我々の価値観が伝わる。もし我々が話しをするとき、知らないうちに身振りなどで安全より生産の方が重要なのだと思わせたりすると、それは彼らの考えをますますその方向へ向けて行くことになるだけである。

安全性向上対策、ロールモデル方式による言行一致の強化、積極的監視(active monitoring)、改善対策の迅速な実施と有効性の確認等に対する経営者の積極的認識がなければ安全管理システムの継続的な改善による事故の減少はできない。

本論文では **Wedge Group** が冒頭に挙げたコメントを覆すために採用した費用対効果の高い方策の各段階別根拠、現在までに獲得できた顕著な進歩および現状でも遭遇している問題点につき報告する。

結 論

本論文は行動安全についての議論を活発化することを意図して執筆した。これは長い時間を要する計画であるため現段階で決定的な結論を導くことは難しいが、これまでのところでは次のようなことがわかっている。効果的な技術ときちんと組立てられた安全管理システム、操作管理、管理者による一定の行動的介入による支援などが、我々にやる気がある限り安全操業における著しい効果を発揮する。

28. 安全な治具の取扱い

C. WOZNIAK (PRESTIA Group Galvanizing, France)

前 文

このプレゼンテーションでは頭上クレーンにより複数の滑車で安全な吊り上げを行うための治具のマニュアル操作に関して述べる。理解を容易にするため、(滑車と治具の) 中間に入れる腕木をブーム (boom) と呼ぶことにする。溶融亜鉛めっき作業には多くの治具があるが、大部分はオープン・フックがついている。当初 PRESTIA グループがスタートした時に持っていたのは、このオープン・フック形の治具であった。これは治具をつかむには便利であるが、ふとした不注意から生ずる危険な操作に対しては安全ではない。我々は適切な安全の確保と治具の特殊形状に適合できるようブームの改良を行うこととした。このためには工場で使用される全てのブームを標準化する必要がある。これらブームはクレーン・フックまたは締結装置のオープン操作を行う携帯型操作盤を持つオペレーターの任意の操作に対しても適応できなくてはならない。

結 論

このプレゼンテーションの目的は、安全な治具の取扱いに関する我々 PRESTIA グループの経験を皆様と共有したかったがためである。考えられる全ての適用可能なシステムを検討の中に取り入れた。その中には、記述文書で 100% はコントロールできないようなヒューマン・ファクターも含めた。我々は、我々が開発し実施しているこのシステムが既存のシステムより優れている、または劣っていると主張するつもりはない。しかしこのシステムは、安全、適用し易さとメンテナンスの容易さの点で我々の必要を充たしている。これらの必要性は皆様のそれと同じであろうし、皆様も皆様のシステムを、仲間の一人の成功体験を取り入れて改善して行こうという思いをお持ちであろうと思う。

29. 亜鉛めっき面を保護するマスキング剤

Bernardo Duran (Corrosion Engineer, American Galvanizers Association - USA) and Dr. Thomas Langill (Technical Director, American Galvanizers Association – USA)

概 要

亜鉛めっきする鋼材表面の特定箇所を不めっきとするため、一般的にマスキング剤を使用する。マスキングは幾つかの理由により実施されている。鋼材にマスキングを施す最も多い理由は、恐らく亜鉛めっき後に溶接を行う時の手間を省くためである。また正確な接合が必要となる場合はネジ穴にマスキング剤を塗布する場合がある。余分な亜鉛めっき部分があると接合部に問題を生ずる可能性があるためである。鋼材表面を不めっき処理するもう一つの理由として接合部分の摩擦係数を高める方法としての用途がある。

結 論

この研究の最終目標は、顧客の要求する鋼材表面の不めっきに最も適切なのはいずれの市販マスキング剤であるかを見つけることである。

平板およびボルトネジ部、ネジ穴部を含む1種～数種の鋼材表面について、6種類の市販マスキング剤が適用できることがわかった。良好なマスキング剤は下記の通りである（順不同）。

- Stop Galv
- GE 100% silicone Caulk
- NAPA RTV Red
- （次頁 表1 Phase 1 テスト結果、表2 Phase 2 テスト結果）
- Galva Stop
- DAP Household Adhesive Sealant

30. 熔融亜鉛めっき浴の均一性

Roger Pankert (Boliden Commercial AB, Stockholm) and Mans Jungar (Boliden Kokkola oy)

前 文

熔融亜鉛めっきには基本的に次の4種類の元素が存在する：

Al や Ni のような**反応性の高い元素**で、Fe-Zn 反応において一定の役割を果たすもの、Pb、Bi および Sn のように、Fe-Zn 反応に関係がなく、熔融亜鉛の濡れ性や粘性などの物理的性質に影響を及ぼす**非活性元素**、また Cu、Cd のように不必要であるが存在する**不純物元素**および**工程的に溶存限度まで存在する元素 Fe**である。

新しい環境指令にもとづく亜鉛めっき浴の正しい組成についての関心が高まっている。

しかしながら測定元素の分析結果は、長期間しばしば大きくばらついてきた。しかも結果の分析所間相互比較がつかねに行われているとは言えない。

めっき浴から正しくサンプリングするための予備段階として、スパーク発光分光分析機(spark-OES)と高周波誘導結合プラズマ発光分光分析機(ICP-OES)を選んで比較検討した。

異なる認定分析所間のサンプルのバラツキを考慮して、同じめっき浴から同時に採取したサンプルの分析結果を比較した。分析結果に及ぼすサンプルの不規則なバラツキの影響を排除するために特別の注意を払った。

さらにめっき浴への亜鉛および合金の投入による浴組成の均一性およびめっき時間の進行にともなう変化についても検討した。最後に亜鉛と比較した場合の他の合金元素消費量および“合金係数(alloying-factors)”についての検討を行った。

結 論

分析値はサンプルの品質に影響される。

それゆえサンプリングは慎重に行わねばならない。

サンプリングは、めっき釜の同じ場所で、週の同じ曜日に行う、等。

サンプリングを行う前に 30 分ほどドロス粒が沈むのを待ち、ドロスがサンプルに混じるのを避けねばならない。

小さいサンプルは冷却が早いので偏析による影響が少ない。

一般的に分析所が異なると結果も相当に異なることがあるので、浴の管理は同じ分析所のデータを基本として使用すべきである。

浴組成の変化は全体を眺めるような見方をすることが重要である。すなわち浴組成の変化は時間を追ってたどって行かねばならない。もしもある分析で異常値が出たとしても、直ちに投入量を変更するのではなく、次の分析値を見てからにすべきである。

兎も角、浴組成を安定化するため先を見越して対処するには亜鉛投入用の“合金係数(alloying factors)”(原文 表 3 参照)を使用し、分析値は単に管理用ツールとして利用すべきである。

31. 密閉型で自動化された酸洗および洗浄工程における重要な制御因子

著者

F Nerat and U Begander and M Maierhofer (Koerner Chemieanlagenbau GmbH, Austria)

概 要

順調な溶融亜鉛めっき工場の必要条件は、良好な状態で操業されている前処理工程であり、前処理工程の良好な状態を保持する努力により亜鉛めっき皮膜を良好な状態に保持し、コストの削減が可能となる。

鋼材を脱脂、酸洗、洗浄およびフラックス工程で恒常的に良好な品質を保つには、以下の諸項目を知り、理解し、管理することが重要である。

- ・ 影響を及ぼす化学的、物理的要因
- ・ これらの要因の相互作用
- ・ 固定あるいは変動する基準にもとづく複雑な系のコントロールの可能性

すでによく知られているように重要な要因が酸洗工程にあることから、**KOERNER** を用いて酸洗と洗浄工程を制御するための最適な方法を検討することとした。このアプローチが目標とするのは、第一に一定の酸洗効果を維持することであり、もう一つは品質管理の面で現状の処理条件を維持することである。

酸洗過程で最も重要な影響を与えるのは酸と塩化鉄の濃度および温度である。使用履歴が変化する酸洗液の状態、一定の酸洗効果を得る可能性について示す。異なるやり方による場合の有利さと不利な点についての指摘および検討を行った。

論文の **Part 2** では **KOERNER** の新しい酸洗調整剤 **V2** について述べる。この増強によりこれまでの計算より酸洗処理の改善に著しい効果をもたらす。現在の操業濃度および温度を入力することにより、酸洗槽と洗浄槽の状態、すなわち酸洗や洗浄の速度または温度が酸洗時間を一定にする条件を満足しているかどうかを即座に判断できる。

32. 溶融亜鉛めっき用の高効率・無害で持続可能性のある脱脂剤

著者：Lelli Fabrizio, Berlendis Angelo

協力：SPECIALITIES SRL

概 要

新しい考え方による脱脂剤の開発と工業的利用について述べる。コスト、環境問題、低品質鋼、新しい亜鉛合金、新しい金属加工剤、切削剤および溶接汚れなどはすべて前処理に新しいアプローチをせまる要因である。新しいアルカリ脱脂剤は性能的には従来の市販のアルカリ脱脂剤と変わらず、脱脂浴での取扱いも問題はない。テスト結果では長寿命、洗浄不要、高性能、環境面においてすぐれている。最適な前処理のためには脱脂工程に注目すべきである：

“緒戦で勝てば戦は半分終わっている”。

工業的規模へのスケールアップ

実験室規模での結果を工業的規模で 3 年間確認した。(薬剤の) 性能に加えて下記のような重要事項についても確認のためモニタリングを続けてきた：

- ー リンス工程の省略
- ー 浴の長期安定性と非廃棄の要請
- ー オイルの乳化力とオイルの分離防止
- ー 浴の透明度：濁りは浴の分離の前兆
- ー スラジの生成抑止、ただし浴中の酸化物とダストを除く
- ー 酸の中和は無視できる程度（ドラッグ・アウトによる消耗：年間 1 gr / l 以下）
- ー 酸洗浴との適合が極めてよいこと
- ー 廃酸の処分が不要

今日までに新アルカリ脱脂剤が 15 の槽に採り入れられている。従ってわれわれとしては新しいアルカリ脱脂剤が廃棄の目にあうことはないと確信している。

経費と直接的利益

新アルカリ脱脂剤はすぐれた性能を提供するのみでなく、脱脂工程の管理にも多大の利益をもたらす。表 2 に我々の 3 年間の経験で残した利益の記録を示す。

長所と短所

表 3 に他の脱脂剤と比較した新アルカリ脱脂剤の優れた点を示す。これらの利点は既存の他の脱脂剤と比較して、上述の利益よりさらに大きい利益をもたらす。冷延鋼板のような再加工されたものに新脱脂剤を使用するのは避けた方がよい。新アルカリ脱脂剤の短所としては、酸洗、洗浄、フラックス処理および酸洗浄水が新脱脂剤の槽に入って槽を汚染しないように留意するだけである。

33. 溶融亜鉛めっき工程における酸洗用塩酸廃液の処理およびリサイクル

R. Schapiro, V. Boiko (Green Future Ltd., Israel)

概 要

EPA は酸洗廃液を有害廃棄物と考えていることは知られている。通常これは中和により処理されている。酸洗廃液が非常に複雑な化学的な方法で処理されることは殆どない。現在行われている処理方法はコストが高く、完全に中和するかまたは環境上有害な亜鉛めっき廃棄物として、高価かつ危険な薬品を使用して処理している。この環境上の課題を解決するため、特殊な有機添加剤 GF1 を使用した。これは廃塩酸を再生し、二価の鉄を金属 - 有機固形物として回収する方法である。再生された塩酸 (10-12%) は酸洗工程に戻される。鉄を含む金属 - 有機固形物は濾過して分離する。この新プロセスはイスラエルにある溶融亜鉛めっき工場の 40 立方メートルの酸洗槽で 4 ヶ月間テストを行い、結果は良好であった。この亜鉛めっきの廃スラッジ処理方法は経済的で、酸洗工程を環境にやさしいものとすることができる。

結 論

上述したイスラエルにおける塩酸の新しい再生技術の効果は下記の通りである。

- 廃酸の補充用に大量の塩酸を必要としない
- 再利用するために廃酸を輸送する必要がある
- 複雑な設備や危険な薬品を使用する必要がある
- 酸の再生は簡単で、室温で再生ができる
- 酸洗槽の中で一定の酸濃度で鋼構造物を酸洗できる可能性がある
- Green Future 社 (G.F.) は塩酸再生用に添加剤 GF1 を必要な量供給することができる
- 発生した副産物は追加費用なしで G.F. 社が回収する
- 有利で経済的な結果が得られる