

第22回インターガルバ国際会議論文集(その3)

(3) 欧州の溶融亜鉛めっき産業

C GARCIA DE LUCAS

(EGGA 市場開発委員会議長, スペイン)

翻訳: 鉛亜鉛需要開発センター

(序文)

この論文は、ヨーロッパの一般溶融亜鉛めっき産業の状況を述べ、この分野の将来見通しを示す。主要な統計データを現在の一般溶融亜鉛めっき需要の推進分野と共に提示する。

最後に、市場を発展させるために溶融亜鉛めっき産業が追求している新しい試みのいくつかを述べる。

欧州一般溶融亜鉛めっき協会 (EGGA) はヨーロッパの12カ国の亜鉛めっき協会の連合である。それらの協会は以下の17の欧州諸国を代表する - オーストリア、ベルギー、チェコ共和国、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、アイルランド、イタリア、オランダ、ノルウェー、ルー

マニア、スロバキア共和国、スペイン、スウェーデン、スイス、およびイギリス。EGGA によって代表された溶融亜鉛めっき産業は、毎年約700万トンの鉄鋼を処理する650以上の亜鉛めっき工場をカバーする。

EGGA は、会員資格を広げ続けていて、近い将来、ポーランド、スロベニア、およびトルコの溶融亜鉛めっき産業を会員に加えることを望んでいる。また、ハンガリーとポルトガルを EGGA 会員に復帰させるための議論も進行中である。

(欧州一般溶融亜鉛めっき市場)

EGGA の仕事の重要な職務はヨーロッパ亜鉛めっき市場の発展を目指すことである。図1は1995年と2008年の間に亜鉛めっきされた鉄鋼の総

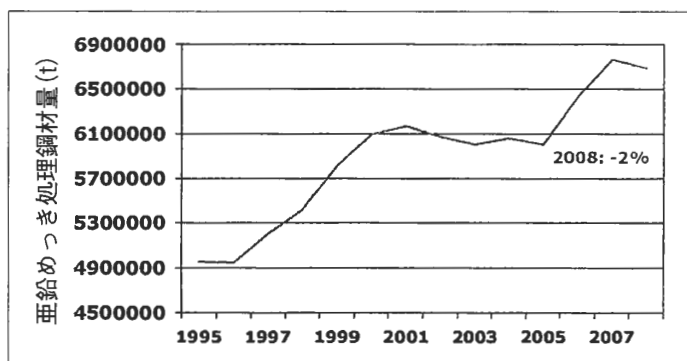


図1 欧州の一般溶融亜鉛めっき処理量 1995-2008

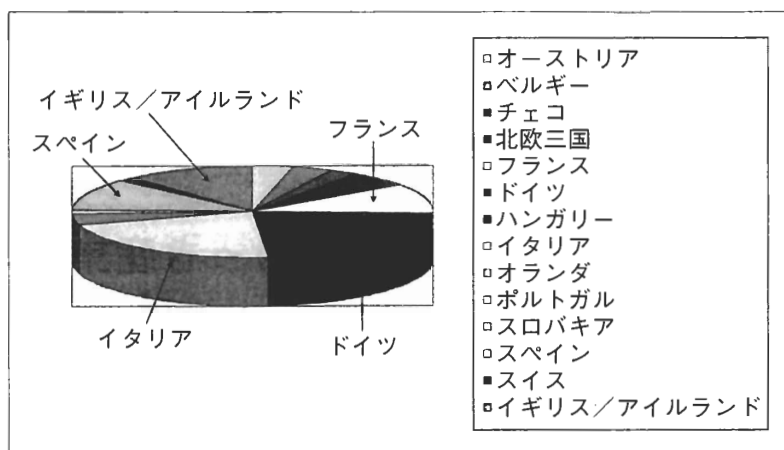


図2 欧州の一般溶融亜鉛めっき生産量の各国シェア（2008）

表1 欧州の一般溶融亜鉛めっきの市場分野（2008年推定値）

市場分野	2008年の比率
建 築	44
道 路	18
電力通信	8
農 業	8
輸 送	7
ファスナー	3
産業設備	7
その他	5

量を示している。2008年の数値は、予測であり、修正することがあるかもしれない。この期間に3つの異なったフェーズがある。1995年から2001年まで力強く成長し続けた時期であり、続いて2001年と2005年の間は停滞の時期であった。その後、2008年まで回復成長が見られた。2008年の値がまだ未確定のため、統計的には完成していないが、現状の推定値に基づいて判断すると、2007に比較して2008年は2パーセントの減少になりそうである。これは強力な成長効果がその年の前半まで続いたが、後半では大きな減少が生じていると想定している。

図1で示す総「ヨーロッパ」の生産量には、重要な亜鉛めっき産業を有する数カ国、つまりポーランド、トルコ、ルーマニア、スロベニア、ブルガリア、およびバルト海沿岸諸国のデータを含んでいないことに留意頂きたい。EGGAは、統計の範囲をこれらの国に広げるために努力している。

図2はヨーロッパ各国の生産シェアを示している。この図からドイツとイタリアが全生産量の約40パーセントを占めており、他の重要な国は、フランスと、イギリス／アイルランドとスペインであることが明らかである。

また、EGGA統計は一般溶融亜鉛めっき鋼の使用される市場分野もモニターしている。2008年の市場分野を表1に示す。建築は、一般溶融亜鉛めっき需要の最大分野（全体の44パーセント）を占めている。もう一方の重要な分野は道路（全体の18パーセント）である。残りはほぼ同じ割合で電力、農業、輸送、そして、産業設備である。建築は最も大きな分野ではあるが、今後の業界発展のためには一般溶融亜鉛めっきの使用分野を拡げることが重要な力となると考えられ、特にこの厳しい経済状況の中では役立つものと期待される。

（現状の見通し）

マクロ経済要因がヨーロッパにおける一般溶融

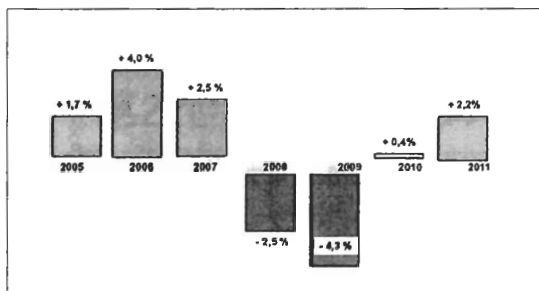


図3 EUの全建築生産高の毎年の変化 2005-2011 (出典：欧州建築)

亜鉛めっき需要に大きな影響を及ぼすのはあきらかである。それとは別に、成長は以下の3点の主要な促進分野によって定義される：

- ・ビルと建築市場（コンクリートと塗装された鉄鋼との競争）への浸透。
- ・道路などの成熟市場の防御。
- ・すきま市場における成長、（例えば、自動車、再生可能エネルギー）

したがって、ヨーロッパでの建築需要の見通しが溶融亜鉛めっき産業にとって最も大きな関心事である。EGGAは最適な将来トレンドを研究するためにヨーロッパ建築グループによって発行された建築活力予測を使用する。これらの予測は私たちが2009年の前半に見た溶融亜鉛めっき産業の活性レベルの結果と大変良く一致している。特に、異なる欧州諸国間には建築活力における重要な変化と経済恐慌の影響が存在する。

ヨーロッパの中で最悪な予測として、アイルランド (-21.7%)、スペイン (-20.8%)、およびスカンジナビア (-7.2%から-11.4%)での建築活力予測がある。事例証拠は、また、スペインとアイルランドの溶融亜鉛めっき産業が最もひどく影響を受けたと示唆している。より穏やかな建設工事の減少はフランス (-2.3%)、イタリア (-5.2%)、およびイギリス (-4.5%)において予測される。チェコ共和国 (+2.4%) やポーランド (+1.5%) などのほんのいくつかの国が、2009年にそれらの建築部門を成長させると予測されている。ただし、

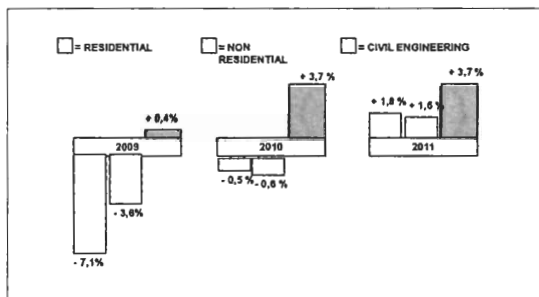


図4 欧州の建築生産高中の①住宅、②非住宅、③土木における毎年の変化 (出典：欧州建築)

これらのサイズは絶対項では小さい。これらのすべての予測は最新の経済見通しにおいて高い不確実性のあることに注意するべきである。

2005年から2011年（予測値）の全ヨーロッパの建築生産高を図3に示す。明確な成長は2009年の-4.3%の減少後、2011年まで見込まれていない。以下の図はおそらく一般溶融亜鉛めっきに対して最も大きな影響がある2つの建築部門に関する、より積極的な予測である。図4は以下の3つのセクターの予測を示す—①住宅、②非住宅と③土木。後者の②と③はほとんど一般溶融亜鉛めっきに関連するセクターである。幸いなことに、非住宅建築の減少は住宅建築よりずっと小さめであることである。さらに、土木が2010年初頭から3.7パーセントの成長を示すかもしれないと予測されている。

(産業マーケティングの取組み)

数十年の間、一般溶融亜鉛めっき産業は、産業 (industry) との強い関わりはもとより、一般市場の開拓からも利益を得てきた。各国の協会の最も重要な仕事はマーケティング努力をその国の状況と購買行動にあわせることである。これらの各国の取組みが、ヨーロッパの溶融亜鉛めっき市場を継続的に成長させる最も効果的な方法であろう。

EGGAはこのサポートや特別な新しい試みの調整を行うことで、ヨーロッパの各国のマーケテ

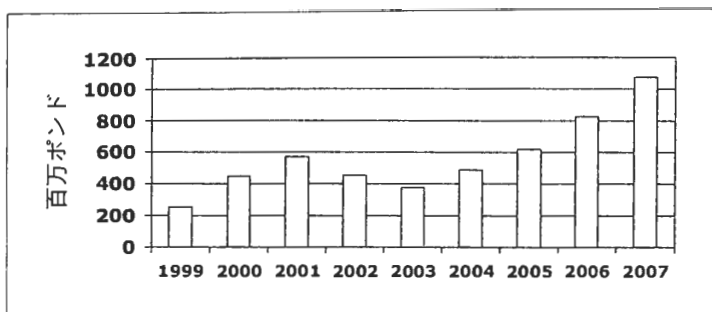


図5 イギリスのトップ100の建築事務所における海外向け建築金額の推移 1997-2007 (出典：建築ジャーナル)

イングプログラム間の協力を奨励している。EGGA はまた統計的な手法で、溶融亜鉛めっきの使用を奨励する鋼材加工製品に対して、鉄鋼産業と亜鉛産業に共同の枠組みを提供して、仕様規格に影響を及ぼしている。仕様書の縛りがより国際的になるのに従って、めっき産業のマーケティング取り組みにおける国際協力が、より重要になっている。図5に1999年から2007年までトップ100のイギリスの建築事務所における海外向けの建築金額の拡大推移を示す。多くの国々で、ビルや構造物における鉄鋼の保護めっき厚の仕様決定が行われた。この国際面を反映して建築家に対するヨーロッパの溶融亜鉛めっき賞などの新しい試みが、各国の活動を支援する意図で行われた。

もう一つの最近の新しい試みは、溶融亜鉛めっきが持続可能な建設のゴールになりうるすぐれた特性を利用してマーケティング主導のアプローチを行うことである。EGGA は 'グリーン・アーキテクチャー' の指導的立場にあるトム・ウーリイ教授が、一般溶融亜鉛めっきに対するエコロジー証明を獲得するための仕事を支援してきた。この研究は最終的に '溶融亜鉛めっきと持続可能な建築-明細書 'ガイド' の包括的な本の出版につながった。国際亜鉛めっき協会の支援で、この本は英語、スペイン語、オランダ語、ドイツ語、イタリア語、スウェーデン語、チェコ語、およびフランス語で発行されました。それは各国レベルで様々なより短い刊行物とリーフレットの基礎にな

った。そして、このアプローチは溶融亜鉛めっき産業を今日の市場の需要に対する新しい新鮮なアプローチによって建築産業が '再認識すること' につながった。

(結論)

長い成長期の後に、一般溶融亜鉛めっきの需要は2008年にわずかに減少した。更なる減少が2009年も予想される。それにもかかわらず、ヨーロッパが世界溶融亜鉛めっき産業の中で最も大きな 'ブロック' として留まっている。

直近の未来は非常に難しいように見えるが、いくつかの明るい兆候がある。2010年と2011年の土木とインフラストラクチャ部門で、需要増加の見込みが元気づけてくれる。再生可能エネルギー技術(太陽熱、太陽光発電、風力発電)などの他のすきま市場があり、それらは新しい市場機会として存在している。めっき産業の積極的な環境メッセージも、一般溶融亜鉛めっきのマーケティングへの新しい取り組み方を提供している。そして、競合する技術に対して競争力の面で有利な立場を得ている。

各国間の必要な調整と意見の交換を同時に行い、各国のマーケティングプログラムに十分なリソースを与え続けていけるなら、ヨーロッパの一般溶融亜鉛めっき産業は今後も成長し続けていくことは間違いない。

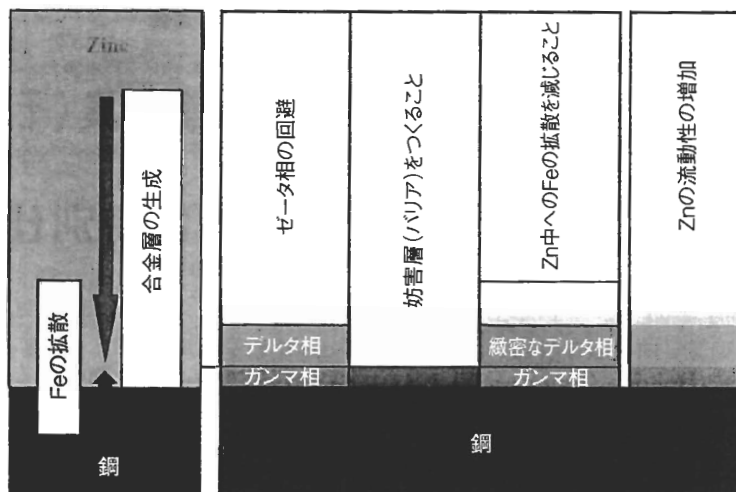


図1 溶融亜鉛めっき被覆の厚さをコントロールするために実行可能な方策

表1 一般溶融亜鉛めっき向けに開発された合金

種類	商標名	会社名
Zn-Al-Mg	Polygalva	Groupe PolyGalva
Zn-%Al-Ce-La	Galfan	ILZRO
Zn-5%Al-Na	Supergalva	Mitsui
Zn-5%Al	Microzinq	VISTA NV
ZnNi	Technigalva	Vielle Montagne
Zn-Ni-V	Ecozinc	Groupe EcoZinc
Zn-Bi	GalvaFlow	Noranda
Sn-Bi-Sn-Al	Brite-Plus	Cominco
Zn-Ni-Sn-Bi	Galveco	Umicore
Zn-Sn-Bi-V		Cominco/Umicore
Zn-V-Ti	Decraloy	Cominco

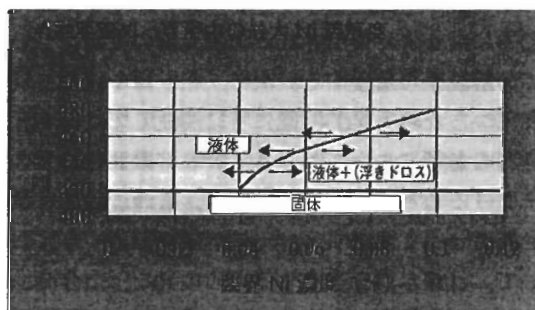


図2 G2沈殿物を回避するための臨界ニッケル濃度

させる。候補元素は、ニッケル、チタン、バナジウムである。溶融亜鉛中へのこれらの元素の添加も鉄の溶解度を減少させる。溶融亜鉛の表面張力と粘性を減少させる元素は流動性を改善する。そのような元素は、鉛、ビスマス、および、スズである。これらの元素は亜鉛の持ち出しに影響するが、少量の添加は、通常、脆い合金被覆層の厚さを減少させない。さらに、これらの元素は、Zn-Fe 反応に関与せず、溶融亜鉛中の鉄の溶解度に影響しない。

(鉄の拡散を減少させることによる被覆厚さのコントロール)

この目的のために最もよく知られた、そして最

も広く使用されている元素はニッケルである。この理由は、すべてのめっき業者が利用することができ、前処理における変更が必要ないからである。ニッケルはゼータ相に濃縮し、デルタ、および、ゼータ相はより緻密になり、鉄の拡散を妨害することはよく知られている。妨害作用は溶融亜鉛中のニッケル含有量に伴い増加するが、これは過剰なニッケル濃度は浮きドロスの生成につながるという事実により制限されることも知られている(図2)。

(ニッケルバランス)

ほとんどの場合、めっき浴中で使用されるニッケル濃度は0.05wt.%である。すべてのニッケル

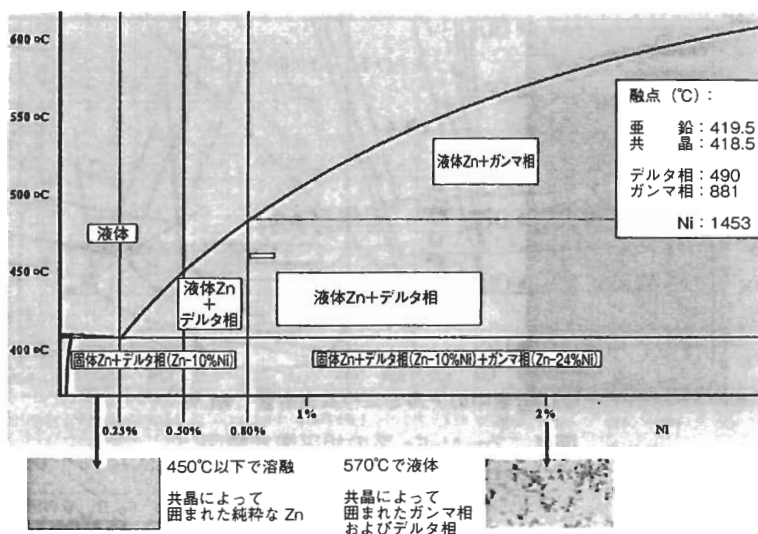


図3 Zn-Ni系2元相平衡状態図のZnリッチな隅の部分

ユーザーの約80%がこの値を目標にしている。この値で溶融亜鉛を安定化させるために、理論的に0.15wt%のニッケルを、ニッケルバランスを満たすために添加しなければならない。めっき浴中のニッケル濃度が0.05wt.%のとき、鋼の化学作用しだいが、被覆中では0.1-0.2wt.%であることがわかる。つまり、ドロス中に0.3-0.8wt.%, アッシュ中に0.04wt.%の含有量となる。ニッケルの供給方法しだいで、瞬間的な冶金学的バランスは常に100%充足させるとは限らないことを留意しなければならない。

ニッケルを亜鉛浴中に添加するのに多様な方法が利用される。この中には、純粋なニッケル粉の直接合金化法、35kgのZn-2%Ni母合金インゴットの添加、25kgのZn-0.5%Ni母合金インゴットの添加、および、New Bolidenが供給し、ZiNiGal™として知られるNi含有量0.15wt.%の「特別仕様でつくられた」プレ合金が含まれる。

(特別仕様でつくられた ZiNiGal™ 合金を使用する冶金学的利点)

冶金学的観点から、Ni含有量0.15wt.%のZiNiGal™は、図3に示すZn-Niの2元相平衡状

態図の亜鉛リッチな隅の部分からわかるように、母合金や粉とは異なる。すべての合金は確実に均一な溶融物とするため合金炉内でつくられる。相平衡状態図は、Ni含有量0.25wt.%の点で共晶組成を示している。炉外で合金を冷却すると、Ni含有量が0.25wt.%以下の合金と左側の顕微鏡写真に示すように共晶組成に囲まれた亜鉛の初晶をもつインゴットがつくられる。これらのインゴットの融点は、純粋な亜鉛の融点よりもわずかに低く、容易に溶融する。一方、インゴット中のNi含有量0.25wt.%以上の合金を炉の外で冷却すると、典型的には2%の合金がつくられる。右側の顕微鏡写真に示すように、デルタ相によって、そして最後には共晶によって囲まれたガンマ相の初晶を見出す。

このような合金の融点は、めっき浴温度よりもずっと高く、めっき浴内で溶かされなければならない。冶金学的産出量は理論的にもっと低い。熱力学にしたがって、異なるNi含有量のZn-Niインゴット中の相分布もかなり変化しうる。Ni含有量0.15wt.%の固化したインゴットは、98.9wt.%のZn（固溶体として0.04wt.%のNiを含む）と1.1wt.%のデルタ相（10wt.%のNiを含む）か

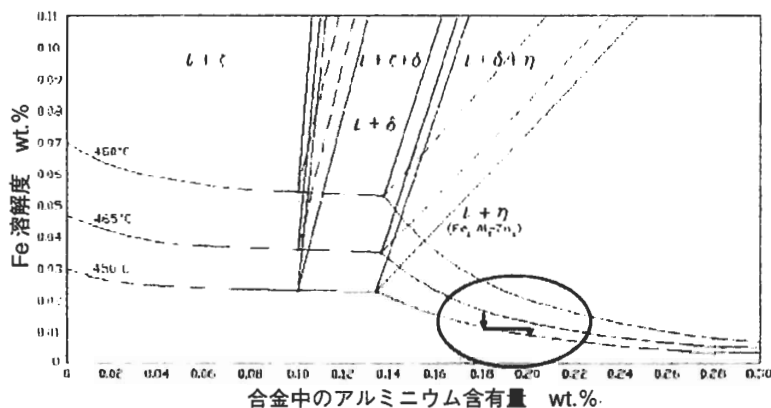


図4 Zn-Al-Fe系の相平衡状態図

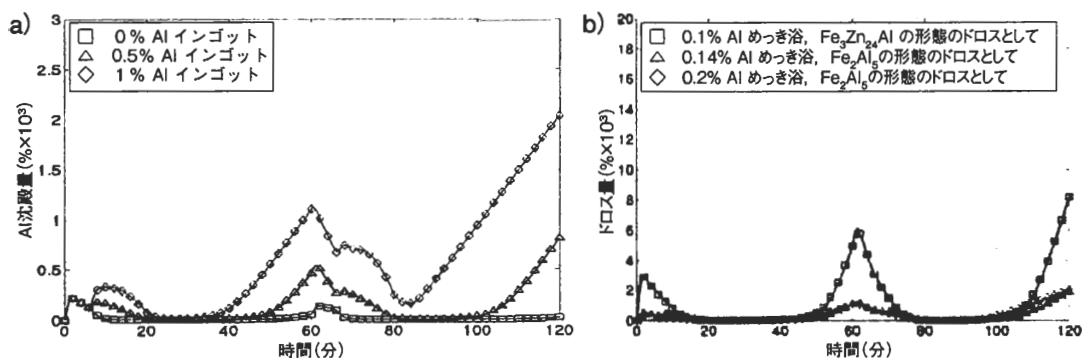


図5a, b Zn-Al-Fe系におけるインゴット供給を介してのドロス沈殿量

ら成る。0.5wt.%のNiを含むZn-Niインゴットでは、デルタ相の量は4.8wt.%まで上昇する。また、2wt.%のNiを含むインゴットでは、13.1wt.%の合金層（デルタおよびガンマ相）が存在する。

（ドロス生成への特別仕様でつくられた合金の影響）

溶融亜鉛への亜鉛インゴットの添加は、鉄の溶解度が温度低下および合金元素の濃度の増加により減少することからドロスを生成することはよく知られている。この現象は、連続溶融亜鉛めっき浴へのZn-Al添加に対して詳細に研究されてきた〔1〕。ドロスの発生および、それに関連した表面欠陥は自動車に使用される溶融亜鉛めっき鋼板にとって決定的に重要な意味を持つ。

Zn-Al-Fe系の3元相平衡状態図（図4）の亜

鉛リッチな隅の部分は、0.18wt.%のAlを含むCGGめっき浴中で、465℃から450℃への温度低下は最大で50ppmまでFeが沈殿することを示している。アルミニウム含有量を0.18から0.2wt.%まで増加させると、さらに25ppmの鉄沈殿物が発生する可能性がある。鉄沈殿物はアルミニウムと結合してドロスを発生させるであろう。図5aおよび図5bに、系統だった分析と測定結果を示す。

したがって、ここで述べているZn-Al合金に関しては、ドロスの生成は、温度の低下およびインゴット中で利用可能なアルミニウムの増加の複合効果から生じる。したがって、より高いアルミニウムを含むインゴットの使用は、さらなるドロスの発生に結果するであろう。

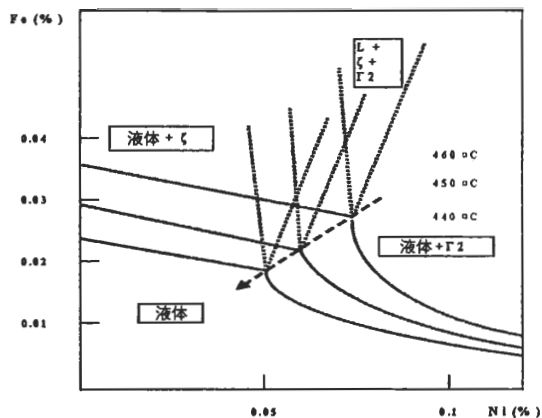


図6 Zn-Ni-Fe系の相平衡状態図

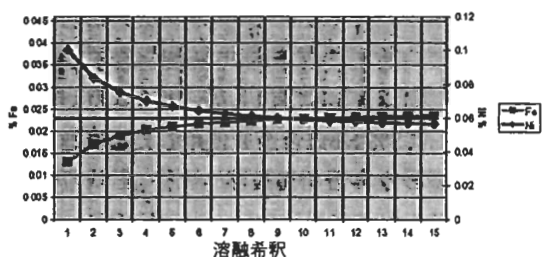


図8 ZiNiGal (0.15% Ni) 合金を溶かすことによるニッケルおよび鉄の漸進的な変化

しかし、図6に、Zn-Ni-Fe系の3元相平衡状態図の亜鉛リッチな隅の部分を示すが、それはZn-Al-Fe系の相平衡状態図と類似している。したがって、われわれは同様な挙動を予測することができる。というのは、熔融亜鉛めっき浴中のニッケル濃度を増加させると鉄の溶解度が減少するからである(図7)。

450°Cでの亜鉛中の鉄の溶解度は290g/tであるが、0.05wt.%のNi添加により、鉄の溶解度は約230g/tまで減少する。このように、ニッケルを添加すると、亜鉛中の鉄の溶解度が劇的に減少する。過飽和になった鉄は沈殿し、ニッケルと反応してΓ2-相を形成する。Γ2-相の形成に必要な基準は、亜鉛めっき浴は鉄で飽和されていなければならない(0.05wt.%のNiに対して230g/t)、また、ニッケル濃度は0.06wt.%以上でなければな

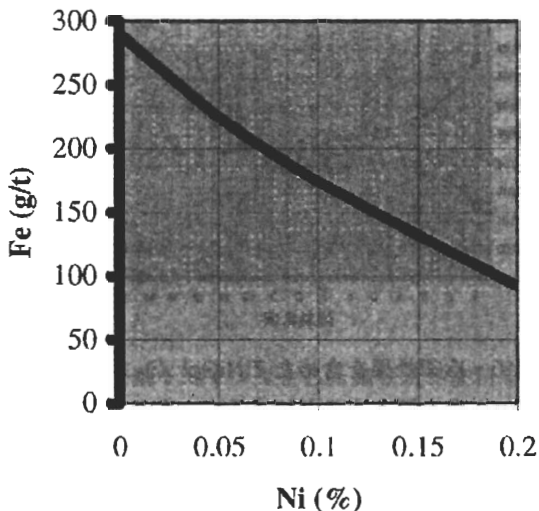


図7 450°CにおけるZn-Niめっき浴中の鉄の溶解度

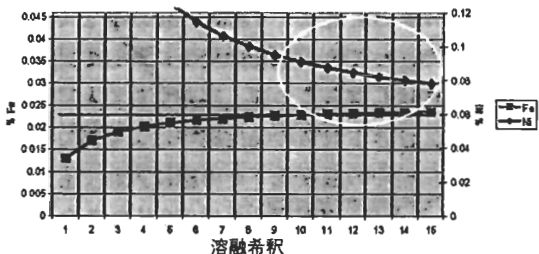


図9 Zn-0.5% Ni母合金を溶かすことによるニッケルおよび鉄の漸進的な変化

らないことが図7から分かる。Ni含有量0.15wt.%のZiNiGal™を溶解する場合、図8に示すように、どちらの状態も通常起きないであろう。ZiNiGal™インゴットが溶けて、めっき浴中の周囲の亜鉛と次第に混ざり合い、鉄濃度は次第にめっき浴の初期値に近づく。それと同時に、ニッケル濃度は初期のめっき浴の値に向かって減少する。ZiNiGal™を使用した場合、ニッケル濃度は、鉄濃度が臨界値を越える前に、臨界値以下に減少する。したがって、少なくとも理論的に、Γ2-相は発生しないはずである。

例として、Ni含有量0.5wt.%の、より高い合金亜鉛インゴットを使用すると、図9に示すように、

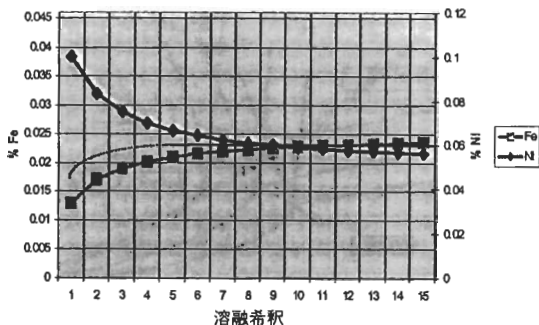


図10 冷却効果を含めた ZiNiGal (0.15% Ni) 合金を溶かすことによるニッケルおよび鉄の漸進的な変化

Γ2-相の発生の可能性がずっと高くなる。鉄はその同量が溶解希釈の後、その臨界値に達するが、ニッケルはずっと遅れてその臨界値以下まで減少する。したがって、Γ2-相の発生に関して、その2つの条件はしばらくの間、存在することになり、それゆえ、浮きドロスの発生確率はより高くなる。たとえ、供給中の温度低下を考慮に入れても、図10に示すように、ZiNiGal™はΓ2ドロスを発生させる条件を形成しないであろう。もちろん、状況は、インゴット中のニッケル含有量の増加につれて、より厳しくなる。

(実際の操業での結果)

一般溶融亜鉛めっき向けに特別仕様でつくられた合金を生産する Boliden 社の意図は、次の3つの要因により推進されてきた。使用しやすいこと、めっき浴中の安定性、および、浮きドロス発生の低減である。ニッケルがめっき浴に連続的に、また、一定の組成で供給される場合、溶融物のニッケル濃度のばらつきは小さくなるであろう。このことは、理論と同様に、実際の操業においても

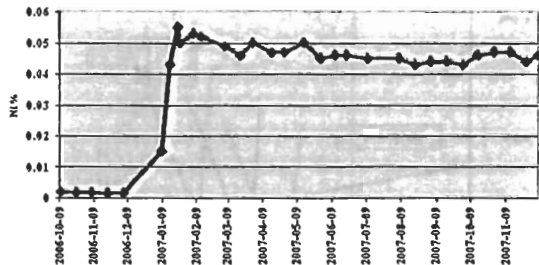


図11 ZiNiGal 合金を使用しためっき浴中のニッケル分析値推移

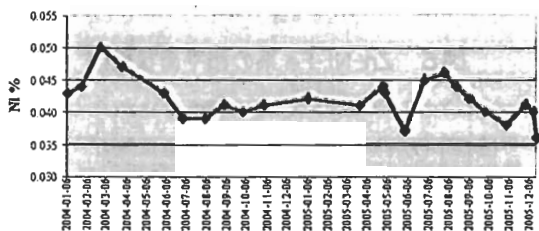


図12 Zn-0.5% Ni 母合金を使用しためっき浴中のニッケル分析値推移

真実である〔2〕。図11から読み取れるように、めっき浴での反応は安定であり続け、それは、Ni含有量0.15wt.%の ZiNiGal™に切り替えた実際の溶融亜鉛めっき工場のめっき浴での反応を示している。Ni濃度は大変安定した状態を継続する。観測されるばらつきは、この溶融亜鉛めっき業者が彼らの脱亜鉛炉 (ZincOff furnace) から出るリサイクル亜鉛も使用していることによる。ZiNiGal™を導入する以前、伝統的な母合金を使用していたのだが、そのときのこの工場におけるめっき浴のニッケル含有量のばらつきは、0.036から0.05wt.%の間であった (図12)。

REFERENCES

(省略)