



연속 용융아연도금 공정에서 Fe용출 및 드로스 발생에 미치는 도금조건의 영향

전선호*, 김상헌

포스코 기술연구소 박판연구그룹

Influence of Coating Conditions on Fe Dissolution and Dross Formation in Continuous Hot-dip Galvanizing Process

S.H. Jeon*, S.H. Kim

Sheet Products and Process Research Group, Technical Research Laboratories, POSCO 700
 Gumho-Dong Gwangyang-Shi, 545-090, KOREA

(Received 31 July 2003 ; accepted 23 September 2003)

Abstract

In continuous galvanizing process, dissolution of iron into molten zinc results in a fairly great amount of dross. In order to decrease dross, the amount of dissolved iron of strip in molten zinc was investigated in the range of 0~0.22%Al content, 440~470°C strip temperature and 3~60 sec dipping time. Uniform Fe-Al-Zn inhibition layer was formed in the coating layer/strip interface not only in the grain boundary but also in the grain of substrate with the increase of Al content in the zinc pot, while the amount of iron dissolution was decreased. Inhibition layer was unstable as the dipping time and strip temperature increased and the amount of iron dissolution increased.

Keywords : Fe dissolution, Dross, Fe solubility, Fe-Al-Zn inhibition layer, Al content

1. 서 론

최근 용융아연도금강판(GI, Galvanized Iron)은 우수한 내식성과 경제성으로 인해 가전용 및 자동차 외판용 표면처리강판으로서 수요가 증대하고 있다. 이와 같이 고급강판으로 수요가 증대함에 따라 이들 제품의 표면품질에 대한 요구가 더욱 엄격해지고 있다¹⁻³⁾.

특히 자동차 외판 및 가전용으로 사용되는 용융아연도금강판은 최종적으로 도장처리되기 때문에 스팅글 형성, 흐름무늬 형성 및 드로스 부착과 같은 표면결함이 발생하지 않은 미려한 표면외관을 요구하고 있으나, 최근 연속 용융아연도금강판의 표면수준 향상에도 불구하고 이러한 결함이 없는 용융아연도금강판을 생산하는 것은 여전히 어려운 문제이다^{4,5)}.

도금품질 문제의 하나로서 아연도금욕중으로 정출하는 드로스가 강판이나 도금욕 구조물에 부착하여 제품의 표면외관을 저해하는 것이다. 드로스는 강판에서 도금욕중으로 용출되는 철(Fe)이 알루미늄(Al)이나 아연(Zn)과 반응하여 형성된 Fe-Al계(Fe_2Al_3) 및 Fe-Zn계($FeZn_{17}$)의 금속간화합물을 일컫는 것이다⁶⁾. 이러한 드로스는 용융아연과의 비중 차에 의해서 도금욕면으로 부상(상부드로스, Fe-Al계) 또는 도금욕 바닥에 가라앉아 집적(하부드로스, Fe-Zn계)되거나 도금욕중에 부유(부유드로스, Fe-Zn-Al계)하게 된다. 이들 드로스중 용융아연 도금욕중에 떠있는 부유드로스는 도금욕을 통과하는 강판에 의해서 유동하게 되어 도금층 표면에 부착하거나 도금층 내부에 혼입되므로 표면외관을 저해할 뿐만 아니라 도장처리시 도장강판의 표면품질을 현저히 저하시키는 문제가 있다.

그러나 지금까지의 드로스 결함을 방지하기 위한

*Corresponding author. E-mail : shjeon@posco.co.kr

대부분의 연구는 발생된 드로스를 기계적으로 제거하거나 수모델에 의한 드로스 유동 거동 조사에 의한 드로스 부상 차단 및 강판부착 방지 등^{7,8)}에 집중되고 있으며, 드로스 발생의 근본적인 원인이 되는 강판이나 도금욕 구조물로부터의 Fe용출과 도금욕의 Fe고용도 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 강판인입온도 및 도금욕 Al농도 등의 도금조건이 드로스 발생의 원인이 되는 강판에서 용융아연 도금욕으로의 Fe용출 및 도금욕의 Fe고용도에 미치는 영향에 대해서 검토하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 도금조건 및 도금방법

도금소재는 강성분이 0.004%C, 0.13%Mn, 0.006%S, 0.011%P, 0.04%Ti인 냉간압연강판(full hard재)을 사용하였다.

도금욕중의 Al농도는 0%에서 0.22%까지 4가지 조성에 대해서 도금하였다. 여기서 도금욕중의 Al농도가 0%라는 것은 전혀 도금욕에 Al를 첨가하지 않은 것을 의미하고, 0.14%와 0.18%는 통상적인 GA재와 GI재의 도금욕 조성이며, 0.22%는 Al농도 상향 효과를 판단하기 위한 것이다.

또한 도금욕 온도 및 강판인입온도는 440~470°C 범위에서 10°C 간격으로 실시하였으며, 침적시간은 3, 5, 10, 30, 60초에 대해서 도금하였다.

도금소재의 크기는 100 mmW×200 mmL×0.6~1.0 mmT로 하였다. 도금소재는 톨루엔 및 아세톤 탈지후, 정확히 평량하고, 용융도금모사시험기(RHESCA사)를 사용하여 760°C에서 60초간 소둔처리한 후 목표로 하는 강판인입온도로 냉각한 다음, 강판인입온도와 동일한 온도로 유지되는 도금욕에 소정 시간 동안 침적하여 도금하였다.

2.2 도금소재의 Fe용출 특성 평가

2.2.1 Fe용출량 측정

강판에서 도금욕중으로 용출되는 Fe용출량(ΔW_1)은 도금전의 강판의 중량과 도금후의 강판중량과의 차(ΔW)와 도금피막을 용해시킨 HCl 수용액중의 Fe정량치(ΔW_2) 차로 부터 구하였다.

즉 도금 후의 강판은 0.05%inhibitor를 첨가한 10%HCl용액 중에 침적하여 아연도금층을 완전히 제거하였다. 도금피막을 제거한 강판은 다시 정확히 측량(W)하였다. 도금 전의 강판 중량 W_0 와 도금 후의 강판의 중량 W와의 차(ΔW)가 철감량(iron loss)이 된다. 따라서 철감량은 도금처리 중 강판과

도금층 계면의 합금층 형성에 소비되는 철분과 아연중으로 용출되는 철분의 합이다. 또 이것은 Fe-Zn상호반응 중의 총 철반응량에 해당하는 것이다.

아연도금층을 용해시킨 HCl수용액중의 철분은 습식법에 의해서 정량화하였다. 이 분석에 의해서 구해진 철분은 HCl수용액에 용해된 도금강판의 도금층(합금층 또는 부착 아연층으로 됨)중의 철량(ΔW_2)을 나타내게 된다.

이렇게 해서 구해진 합금층중의 철량 ΔW_2 를 전술의 Fe-Zn간의 상호반응량을 나타내는 중량 차로 부터 빼는 것에 의해서, 도금처리중에 강판으로부터 아연도금욕중으로 용출된 철량 ΔW_1 을 구하였다.

$$\Delta W_1 = \Delta W - \Delta W_2 \quad (1)$$

2.2.2 단면조직

소재조건 및 도금조건에 따른 도금층의 단면조직 및 합금상 관찰은 연마된 시편을 아민알콜+3%초산 용액으로 에칭한 후 500배의 광학현미경으로 관찰하였다.

한편 도금층/소지철 계면의 석출물을 관찰하기 위해서 EDS(Energy Dispersive Spectrometer, EDAX사)가 부착된 투과현미경(Transmission Electron Microscope, PHILIPS CM-120)을 이용하였다.

TEM관찰을 위한 시편 준비는 금속내 석출물 크기, 분포 및 상(phase) 규명을 위해 주로 사용하는 추출레플리카(Extraction Replica)법으로 하였다. 이는 아세틸아세톤(Acetyl acetone) 10%, 테트라암모늄클로라이드(Tetra-ammonium chloride) 1%를 메틸알콜과 혼합한 에칭용액에서 도금층을 전해추출하여 석출물을 노출시킨 후 탄소를 증착시켜 얻은 레플리카 시편을 Au grid위에 부착하여 관찰하였다.

2.3 실라인 조업조건 및 드로스 발생량 평가 방법

실라인에서 도금욕 드로스 발생에 미치는 도금욕 Al농도 영향을 평가하기 위하여 도금욕 Al농도를 기존의 Al농도인 $0.21 \pm 0.01 \text{ wt\%}$ 와 도금욕 Al농도를 상향한 $0.24 \pm 0.01 \text{ wt\%}$ 에서 1개월 이상 유지하였다. 이때 도금욕의 드로스 발생량은 조업자에 의해서 제거되는 도금욕면에 존재하는 드로스를 1개월 단위로 측정하여 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도금조건이 Fe용출에 미치는 영향

3.1.1 도금욕 Al농도가 Fe용출에 미치는 영향

그림 1의 (a)~(c)는 각각 도금욕 온도 및 강판인입온도가 460°C일 때, 도금욕 Al농도에 따른 총 Fe

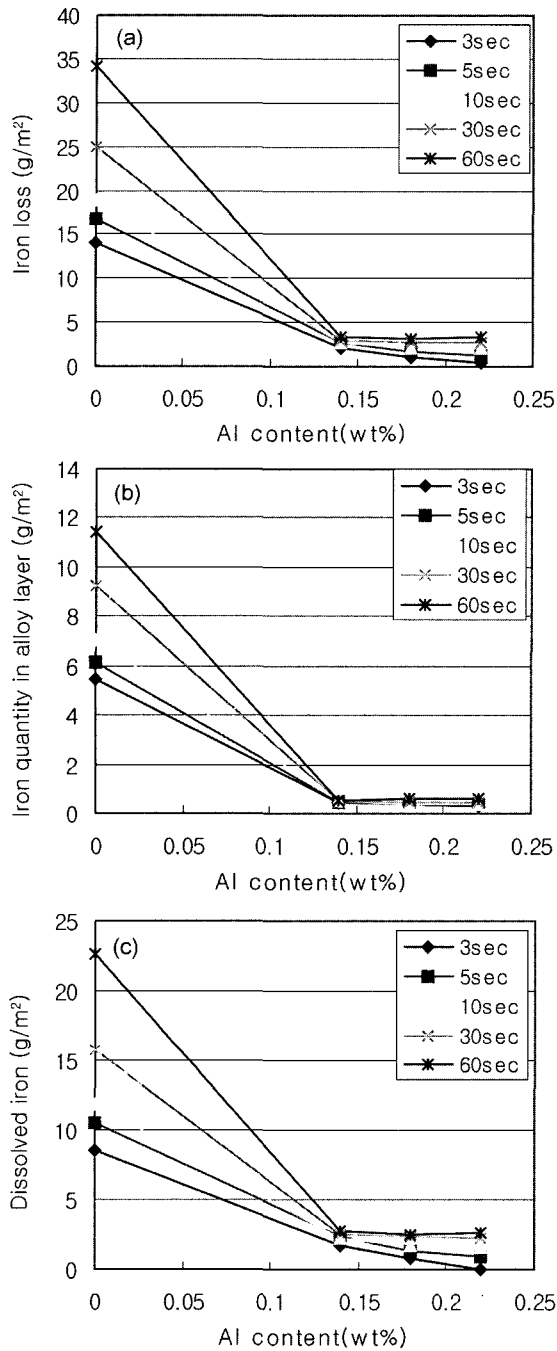


Fig. 1. Influence of Al content in galvanizing bath on iron loss, iron quantity in alloy layer and dissolved iron into molten zinc (strip temp.:460°C). (a) Iron loss, (b) Iron quantity in alloy layer, (c) Dissolved iron.

반응량, 합금층 중의 Fe량 및 도금욕으로 용출된 Fe량을 침적시간 별로 나타낸 것이다.

도금욕에 Al을 전혀 첨가하지 않은 경우, 5초 동안 침적할 때 총 Fe반응량은 16.7 g/m²으로 매우 크나, 도금욕에 Al농도가 0.14%이상 첨가하는 경우 2~3 g/m²으로 크게 감소하였다.

특히 도금욕 Al농도가 통상의 사용 범위인

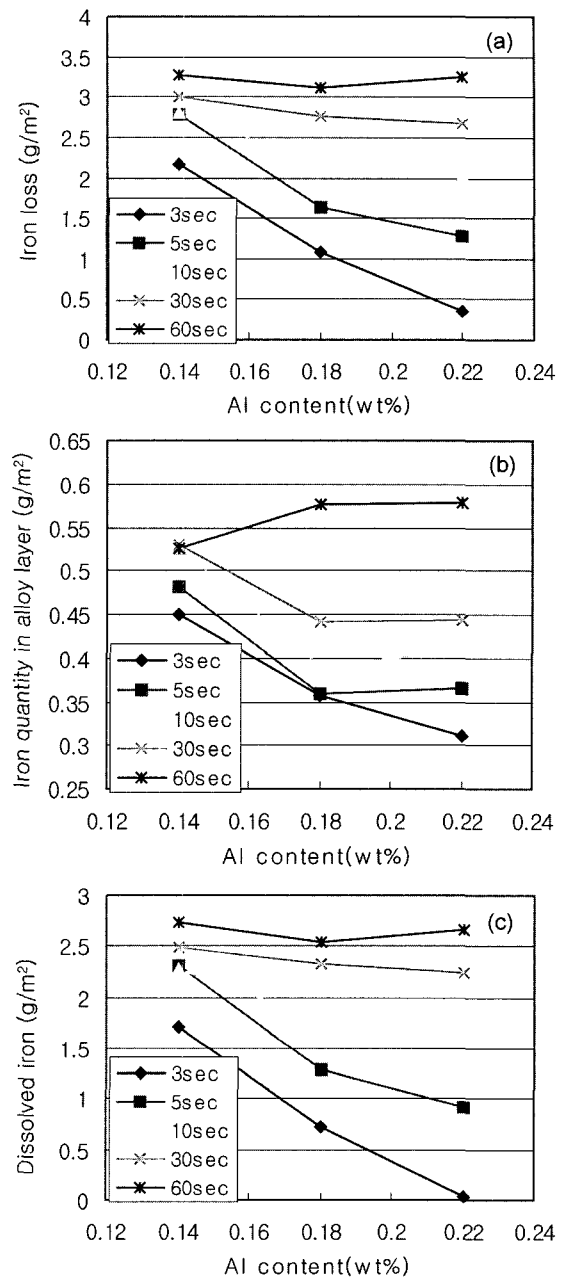


Fig. 2. Magnification of Fig. 1 in the range of 0.14wt% to 0.22wt% Al contents. (a) Iron loss, (b) Iron quantity in alloy layer, (c) Dissolved iron.

0.14~0.22%에서의 총 Fe반응량, 합금층 중의 Fe량 및 도금욕으로 용출된 Fe량을 침적시간 별로 나타낸 그림 2에 의하면, 도금욕 Al농도 증가에 의해서 이들 값이 비례적으로 감소함을 알 수 있다. 즉 5초 동안 침적하는 경우, 0.14%에서의 총 Fe반응량은 2.79 g/m²이나 0.18%에서는 1.64 g/m², 0.22%에서는 1.27 g/m²으로 감소하는 것을 볼 수 있다.

또한 실제 연속 용융아연도금 조업조건과 관련된 3, 5초의 단시간 침적의 경우에는 도금욕 Al농도에 따른 총 Fe반응량, 합금층 중의 Fe량 및 도금욕으

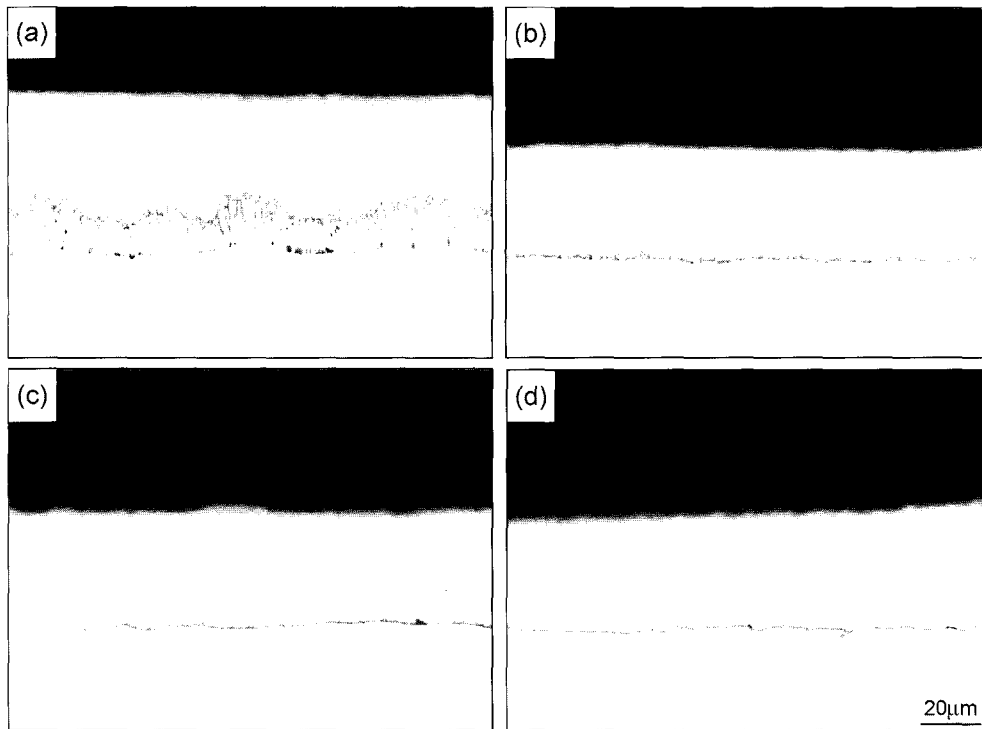


Fig. 3. Optical micrographs of cross section of the coating layer as a function of Al content in galvanizing bath(strip temp.:460°C, dipping time:5 sec). (a) 0%, (b) 0.14%, (c) 0.18%, (d) 0.22%.

로 용출되는 Fe량이 급격히 감소하는 경향을 나타내고 있다.

이는 도금욕 온도 460°C에서 5초 동안 침적한 도금강판의 단면조직을 도금욕 Al농도별로 나타낸 그림 3에서 확인할 수 있다. 즉, Al이 포함되지 않은 도금욕에서 도금된 도금층 단면은 Zn-Fe계 합금층(ζ 상)이 두껍게 형성되어 있으나, 0.14%Al농도에서는 합금층이 도금층/소지철 계면에 국부적으로 형

성되어 있으며, 그 이상의 Al농도에서는 계면에서 합금층이 형성되지 않음을 볼 수 있다.

이는 460°C에서의 Zn-Fe-Al 3원 상태도인 그림 4⁹⁾에서 볼 수 있는 것과 같이 도금욕중 Al농도가 전혀 포함하지 않은 경우에는 액상(L)과 ζ 상($FeZn_{10}$)이 존재하게 된다. 즉 Al이 전혀 함유되지 않은 아연도금욕에 강판이 침적될 경우에는 도금층/소지철 계면에 Zn-Fe계 금속간화합물인 ζ 상이 형성하게 되며, 이 상은 취약하기 때문에 일정한 두께 이상으로 성장하게 되면 균열이 발생하게 되고, 이 균열로 용융아연이 들어가 ($\zeta+L$)형의 두꺼운 합금층을 형성하는 과정에서 ζ 상이 작은 덩어리로 박리, 탈락하여 도금욕 중으로 이동하게 된다⁹⁾. 이는 Al이 포함되어 있는 도금욕에 도금소재가 침적되는 경우에 발생하는 통상의 Fe용해 현상에 의하는 것보다 많은 Fe를 용액 중으로 이동시키므로 그림 1과 그림 2에서와 같이 Fe용출량이 많게 되는 것으로 판단된다.

도금욕 Al농도가 증가함에 따라 드로스 발생의 원인이 되는 도금욕으로의 Fe용출량이 감소하고 도금층 계면에 Fe-Zn계 합금층 두께가 감소하는 것은 다음과 같은 이유 때문인 것으로 판단된다. 즉 0.14%Al 도금욕에서는 액상(L), δ 상($FeZn_7$) 및 η 상($Fe_2Al_3-Zn_x$)이 존재하게 된다. 따라서 이러한 도금욕 조성에서는 도금시 도금층/소지철 계면에 Fe-Al-

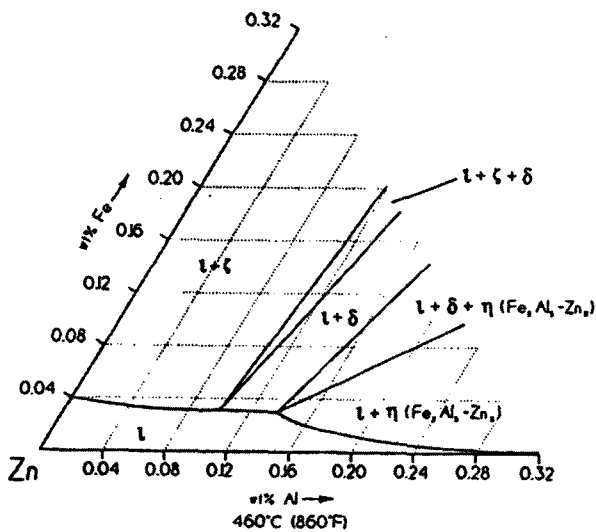


Fig. 4. The partial 460°C isothermal of the Zn-Fe-Al ternary system at the Zn corner⁹⁾.

Zn계 Inhibition layer가 국부적으로 형성되어 Fe-Zn계 합금상(δ 상)의 과도한 성장을 방해하기 때문에 δ 상의 두께가 감소하게 되고, 이에 따라 도금층으로 용출되는 Fe량도 감소하는 것으로 판단된다.

또한 도금욕의 Al농도가 0.18 wt%이상인 경우에는 액상(l)과 η 상($Fe_2Al_5-Zn_x$)만이 존재하게 되고,

Fe-Zn계 합금상은 존재하지 않게 된다. 따라서 이러한 도금욕에서 도금시 도금층/소지철 계면에는 Fe-Al-Zn계 Inhibition layer만이 형성되기 때문에 도금층으로 용출되는 Fe량은 급감하게 되는 것으로 판단된다.

이와 같이 도금욕 Al농도에 따른 도금욕중으로의

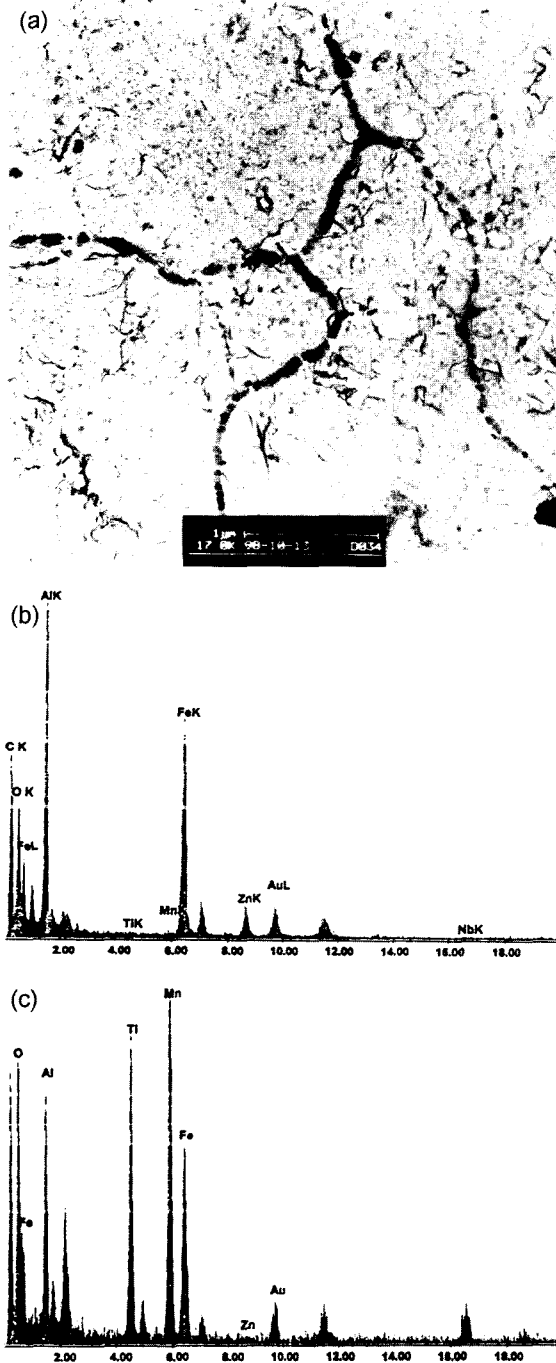


Fig. 5. Bright field image and EDS of the precipitates extracted from interface between substrate and zinc after immersion at Zn-0.14%Al bath for 5sec. (a) Bright field image, (b) EDS of the round precipitates on grain boundary shown in (a), (c) EDS of the small round precipitates shown in (a).

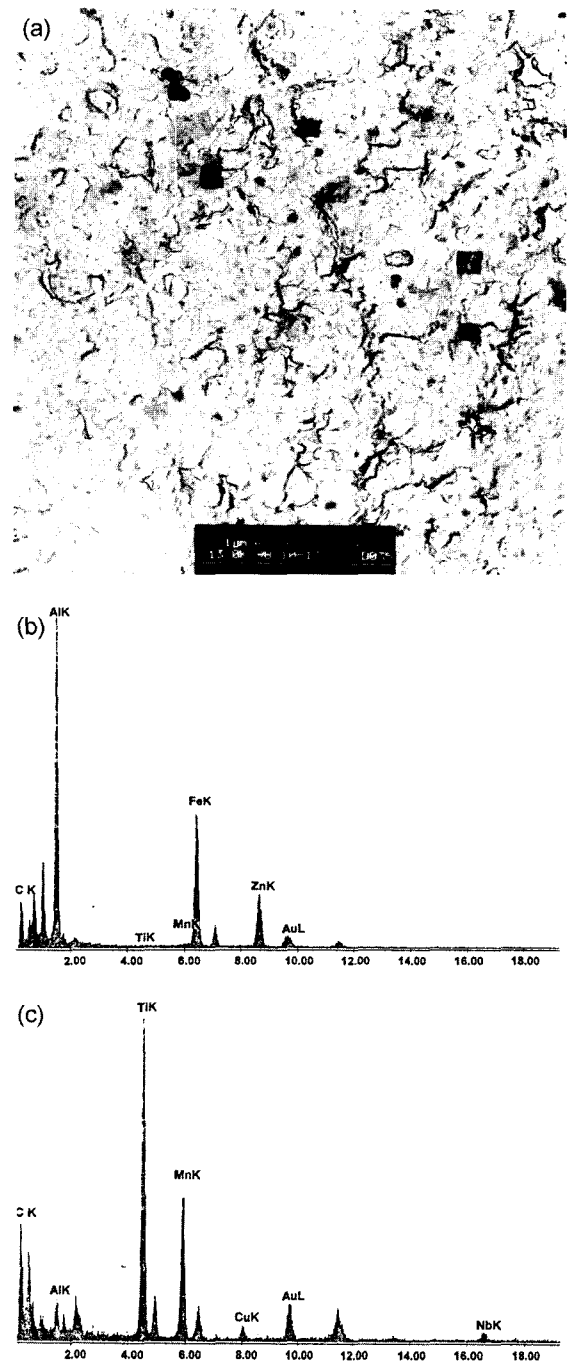


Fig. 6. Bright field image and EDS of the precipitates extracted from interface between substrate and zinc after immersion at Zn-0.18%Al bath for 5sec. (a) Bright field image, (b) EDS of the facet precipitates on grain boundary shown in (a), (c) EDS of the round precipitates shown in (a).

Fe용출량 변화는 도금액 Al농도변화에 따른 도금층/소지철 계면에 형성되는 석출상 분석으로 확인할 수 있다. 즉 0.14%Al 도금액에서 도금한 도금강판의 도금층/소지철 계면에서 얻은 추출 replica상의 석출물을 분석한 그림 5에 의하면, 석출물은 국부적으로 입내에도 석출하고 있으나 대부분 결정입계에 석출되어 있다. 입계에 석출된 구형의 석출물은 EDS분석 결과, Fe-Al계 합금상이며, 입내에 관찰되는 미세한 구형의 석출물은 Fe-Al-Ti-Mn계 합금상이다.

이에 반해 0.18%Al 도금액에서 도금한 도금강판의 도금층/소지철 계면에서 추출한 석출물을 분석한 그림 6에 의하면, 석출물이 주로 결정입계에서 관찰되는 0.14%Al 도금액에서와 달리, 석출물은 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 비슷한 수준으로 분포되어 있다. 여기서 각형의 석출물은 Fe-Al-Zn계 합금상이며, 입내의 미세한 구형의 석출물은 Fe-Al계 및 Al-Fe-Ti-Mn계 합금상이었다.

즉 도금액 Al농도가 증가함에 따라 도금층 계면에 형성되는 Inhibition layer인 Fe-Al-Zn계 합금상이 소지철의 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 균일하게 형성되기 때문에 강판으로부터 도금액으로의 Fe용출이 방지되고, Fe-Zn계 합금상 형성이 방지되는 것으로 판단된다.

이와 같이 도금액 Al농도 증가에 의해서 Fe-Al계 및 Fe-Al-Zn계 Inhibition layer가 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 균일하게 형성되는 것은 도금액 Al농도에 따른 도금층 중의 Al량 변화를 침적시간 별로 나타낸 그림 7에서 확인할 수 있다. 즉 강판이 도금액에 침적될 때, 활성인 도금액 Al이 강판과 우선적으로 반응하여 도금층 계면에 농화되기 때문에 도금액 Al농도가 증가함에 따라 Fe-Al계

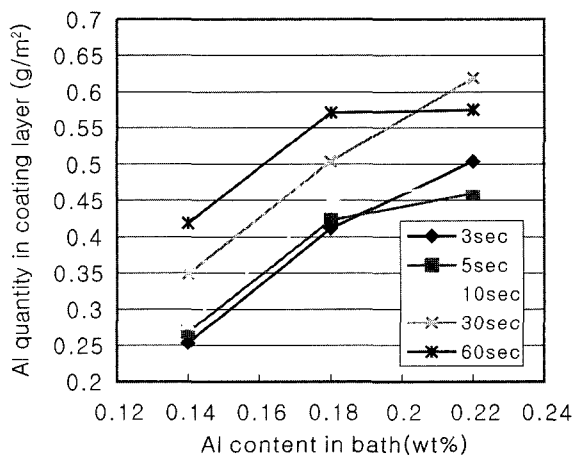


Fig. 7. Relation between Al concentration in coating layer and Al content in bath (strip temp.:460°C).

Inhibition layer가 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 균일하게 형성되고, 결과적으로 도금층의 Al농도가 비례적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

3.1.2 강판인입온도가 Fe용출에 미치는 영향

그림 8은 침적시간 10초에서 강판인입온도 및 도금액 온도에 따른 총 Fe반응량, 합금층내의 Fe량

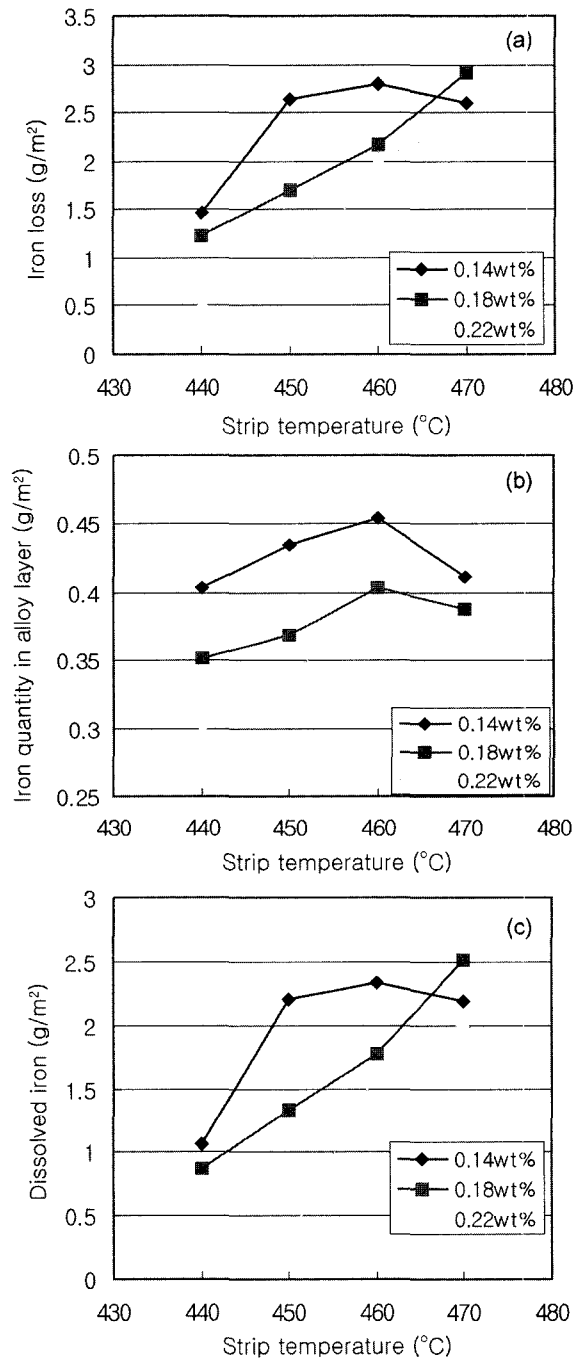


Fig. 8. Influence of strip temperature on iron loss, iron quantity in alloy layer and dissolved iron into molten zinc(dipping time:10sec). (a) Iron loss, (b) Iron quantity in alloy layer, (c) Dissolved iron.

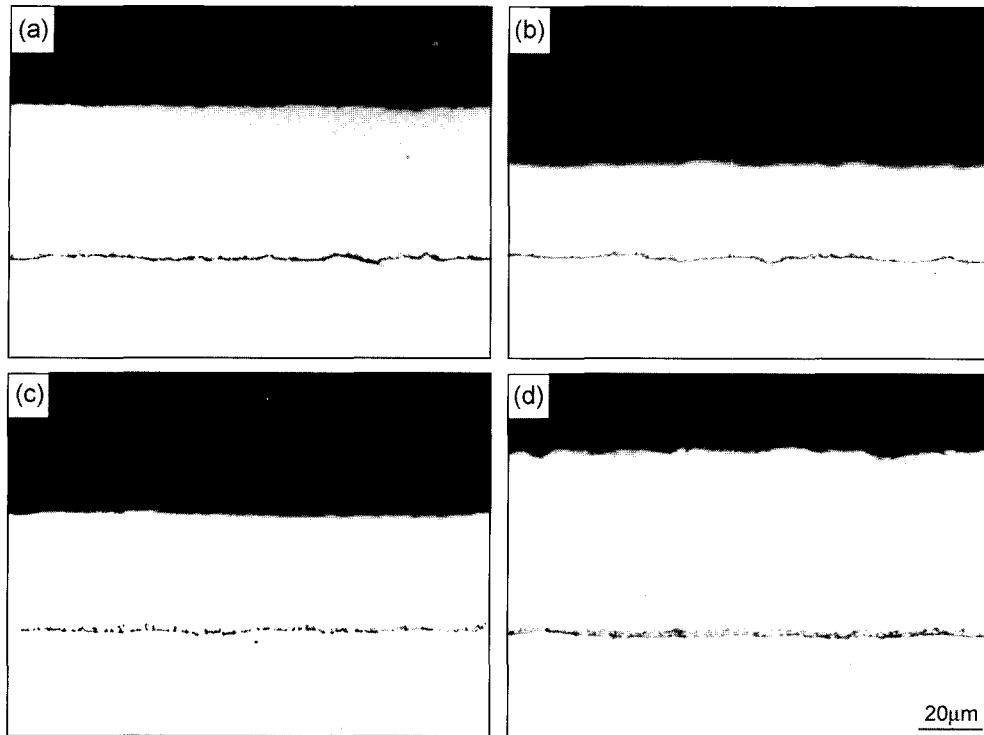


Fig. 9. Optical micrographs of cross section of the coating layer as a function of strip temp.(Al content:0.18%, dipping time:10sec). (a) 440°C, (b) 450°C, (c) 460°C, (d) 470°C.

및 도금욕으로 용출된 Fe량을 도금욕 Al농도 별로 나타낸 것이다. 모든 도금욕 Al농도에서 강판인입 온도가 증가할수록 용출되는 Fe량이 비례적으로 증가하는 경향을 나타낸다.

0.18%Al 도금욕에서 10초 동안 침적할 때, 강판 인입온도에 따른 도금층 단면조직을 나타낸 그림 9에서 볼 수 있는 것과 같이 도금층 계면에 형성되는 inhibition layer는 강판인입온도 460°C까지는 비교적 안정하나 470°C이상에서는 파괴되어, Zn-Fe합금층이 형성되는 것을 알 수 있다.

이와 같이 강판인입온도가 증가함에 따라 도금욕으로 용출되는 Fe량이 증가하는 것은 도금층 계면에 형성되는 Fe-Al-Zn계 inhibition layer가 강판인입온도 증가에 의해서 불안정해져 Fe용출량이 증가하는 것으로 판단된다.

3.2 실라인 조업조건 및 드로스 발생량

그림 10은 실라인 조업에서 도금욕 Al농도 변화에 따른 도금욕내 Fe성분 변화를 조업일자별로 나타낸 것이다. 도금욕 Al농도가 증가함에 따라 도금욕의 Fe농도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 즉, 도금욕의 Al농도가 0.21±0.01%로 유지되는 시기에는 도금욕내 Fe량이 평균 0.013%인데 반해, 0.24±0.01%으로 유지되는 기간에서는 평균 0.01%으로 약 0.003%정도 감소하는 것을 볼 수 있다.

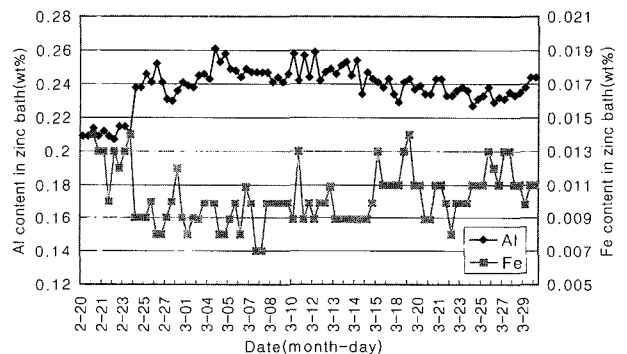


Fig. 10. Change of Al and Fe content in galvanizing bath during line test.

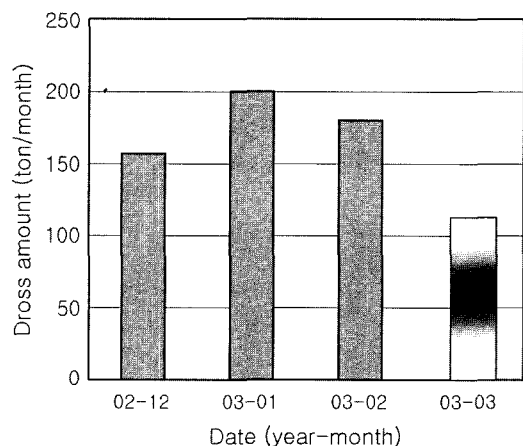


Fig. 11. Change of dross amount in bath according to line test periods.

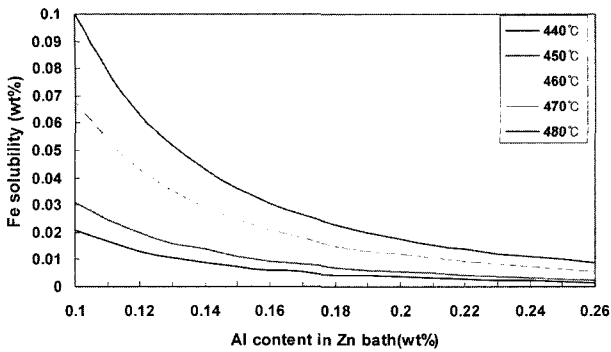


Fig. 12. Effect of Al on Fe solubility in molten zinc¹⁰⁾.

그림 11은 실라인 조업에서 도금욕 Al농도 변화에 따른 드로스 발생량을 1개월 단위로 나타낸 것이다. 여기서 드로스는 조업자에 의해서 제거되는 도금욕면에 존재하는 드로스이며, 드로스 발생량은 도금욕 Al농도가 0.21±0.01%인 경우에는 157~200톤/월이었으나 도금욕 Al농도가 0.24±0.01%인 경우에는 113톤/월으로 크게 감소하였다.

이는 도금욕 Al농도에 따른 도금층 계면의 inhibition layer거동을 나타낸 그림 5와 그림 6에서와 같이 도금욕 Al농도가 낮을 경우에는 도금층/소지철 계면에 형성되는 Fe-Al-Zn계 피막이 소지철의 결정입계에 주로 형성되나 도금욕 Al농도가 증가할수록 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 형성되어 강판으로부터의 Fe용출을 방지하는 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다.

또한 Belisle¹⁰⁾의 도금욕 Al농도와 Fe고용도의 관계를 나타낸 그림 12에 의하면, 도금욕 Al농도가 증가함에 따라 아연도금욕에서의 Fe고용도는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히 도금욕 Al농도 증가에 따른 Fe고용도 감소는 도금욕 온도가 증가할수록 크게 나타나고 있다. 따라서 이 관계도에 의하면 도금욕의 Al농도가 증가함에 따라 Fe고용도가 감소하기 때문에 도금욕에서의 Fe석출 및 드로스 발생이 증가하게 된다.

그러나 표 1과 같이 실제로는 도금욕 Al농도가 증가함에 따라 도금욕의 Fe농도가 비례적으로 감소하기 때문에 도금욕으로 석출되는 Fe량은 감소하게 된다. 즉 도금욕 Al농도 변화에 따른 도금욕내 Fe 성분 변화를 조업일자 별로 나타낸 그림 10과 같

이, 도금욕 Al농도가 0.21%에서의 도금욕 Fe농도가 0.013%이고, 이 Al농도에서 도금욕의 Fe고용도는 0.0069%이기 때문에 실제로 도금욕으로 석출되는 Fe석출량은 0.0062%가 된다. 이에 반해 도금욕 Al농도 0.24%에서의 도금욕 Fe농도는 0.009%이고, 이 Al농도에서의 Fe고용도는 0.005%이기 때문에 도금욕으로 석출되는 Fe농도는 0.0040%가 되게 된다. 따라서 이 고용도 관계도에 의하면, 도금욕 Al농도 0.24%에서 도금욕으로 석출되는 Fe량은 도금욕 Al농도 0.21%에서 도금욕으로 석출되는 Fe량에 비해서 0.0022%정도 감소하는 것을 알 수 있다.

또한 도금욕 Al농도와 Fe고용도의 관계도에 의하면, 도금욕 Al농도에 따른 Fe고용도는 도금욕 Al농도가 낮을 경우에 기울기가 크기 때문에 도금욕 온도의 작은 변화에 의해서도 도금욕의 Fe고용도가 크게 변화하게 되므로 도금욕으로 석출되는 Fe량이 증가하게 되고, 이에 따라 드로스 발생량이 증가하게 됨을 알 수 있다.

이상과 같이 도금욕 Al농도 증가는 드로스 발생의 원인이 되는 도금소재 및 구조물로부터 도금욕으로의 Fe용출을 저감시키는 효과가 있다. 또한 도금욕 Al농도가 증가함에 따라 도금욕의 Fe농도가 비례적으로 감소하기 때문에 실제적으로 도금욕 Fe고용도 변화에 의한 Fe석출량이 감소하고, 도금욕 온도 변화에 의한 도금욕의 Fe고용도 변화가 작기 때문에 도금욕으로 석출되는 Fe량이 감소하게 되므로 궁극적으로 드로스 발생이 감소하게 되는 것으로 판단된다.

따라서 도금욕의 Al농도는 흐름무늬 등의 표면 결함과 같은 표면품질과 점용접성 및 도장성과 같은 표면특성에 영향을 미치지 않은 범위에서 Al농도를 높게 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 결 론

도금욕 Al농도 및 강판인입온도 등의 도금조건이 드로스 발생의 근본적인 원인이 되는 강판에서 용융아연 도금욕으로의 Fe용출 거동 및 도금욕의 Fe고용도에 미치는 영향에 대해서 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

Table 1. Precipitated Fe quantities in molten zinc according to Al contents

Al content	Fe content (a)	Fe solubility (b)	Precipitated Fe quantity (=a-b)
0.21wt%	0.013wt%	0.0069wt%	0.0062wt%
0.24wt%	0.009wt%	0.005wt%	0.0040wt%

1) 도금욕 Al농도 증가에 의해서 도금층/strip 계면에 형성되는 Fe-Al-Zn계 inhibition layer가 소지철 결정입계 뿐만 아니라 입내에도 균일하게 형성되므로 도금욕으로 용출되는 Fe량이 감소하였다.

2) 침적시간과 강판인입온도가 증가함에 따라 도금층 계면에 형성되는 inhibition layer가 불안정해져 Fe용출량이 증가하였다.

3) 도금욕 Al농도 증가는 아연도금욕의 Fe고용도 감소보다 강판에서 도금욕으로 용출되는 Fe량 감소가 크고, 도금욕 온도 변화에 따른 도금욕 Fe고용도 변화가 작으므로 도금욕으로 석출되는 Fe량은 감소하였다.

후 기

본 연구는 (주)POSCO의 지원으로 수행된 과제의 일부이며, 연구지원을 해주신 (주)POSCO에 감사드립니다.

참고문헌

1. H.F. Graff, T. R. Roberts, and D. H. Orts, SAE, 89 3(1981) 95-97.
2. H. E. Chandler, Metal Process, 117 7(1980) 48-51.
3. N. Y. Tang and F. E. Goodwin, Proc. Galvatech'91, (1991) 340-345.
4. Y. W. Kim, S. C. Kung, W. C. Sievert and R. Patil, Proc. Galvatech '89, (1989) 120-129.
5. G. Arrigori and M. Sarracino, Proc. 14th IDDRG Congress, (1986) 306-313.
6. C. Kato, H. Koumura, K. Mochizuki and N. Morita, Proc. Galvatech '95, (1995) 801-806.
7. Ishihara *et al.*, Japan patent, 3-47956.
8. Yamanaka *et al.*, Japan patent, 3-193855.
9. N. Y.Tang, G. R. Adams and P. S. Kolisnyk, Proc. Galvatech'95, (1995) 777-782.
10. P. Biele, Proc. Galvatech'95, (1995) 769-775.