

자동차용 용융아연 도금강판의 TEM 미세조직 및 기계적 성질

홍문희

POSCO 광양제철소, moonhihong@posco.co.kr

최근 친환경적인 측면을 고려한 제품 개발 및 사용량이 더욱 증가하고 있으며, 철강산업에서도 내식성을 향상시킨 아연도금강판 사용이 증가하는 추세이다. 그 중에서도 자동차용으로 개발된 합금화 용융아연 도금강판(galvannealed steel sheet: GA강판)은 주로 Ti 및 Nb를 첨가하여 탄화물을 제어한 IF(interstitial free)강을 용융 아연욕에 연속적으로 침적한 후 500#C 전후에서 일정시간 동안 가열함으로써 제조되며, 국내 및 일본 자동차사의 약진에 힘입어 생산량이 계속 증가하고 있다. POSCO도 최근 2개의 용융아연도금라인을 신설 중으로 기존 160만톤/년 대비하여 2006년에는 250만톤/년 이상의 생산이 가능하게 된다. 자동차용 GA강판은 그림1에서 보인 바와 같이 기본적으로 Fe-Zn확산반응에 의해 도금층이 4종류의 철-아연 금속간 화합물로 구성되어 있으며 이들 금속간 화합물은 프레스 가공 시 도금층의 특성을 지배하는 중요한 인자로 생각되고 있다.

자동차용 도금강판의 성능향상 요구에 따라 GA강판 도금피막의 파괴기구에 관하여 많은 연구가 행하여진 결과, 도금층/소지철의 계면에 존재하는 Γ 상의 두께에 비례하여 자동차사 프레스 가공시 도금층 박리량이 증가하는 것으로 받아들여지고 있다. 저자는 지금까지 도금층을 구성하는 Γ 상, Γ_1 상, δ_1 상, ζ 상 철-아연 금속간 화합물 각상의 기계적 특성과 변형기구에 관하여 단상의 bulk 샘플을 제작한 후 TEM을 이용한 미세조직 측면에서의 연구를 행하여 왔다.

각상의 변형기구 관찰결과 전위, 쌍정, APB 등이 다양하게 관찰됨을 알 수 있었으며, 이들의 거동을 결정구조와 연결하여 해석하였다. 또한 프레스 가공시 도금층 박리량은 일반적으로 알려진 바와 같이 Γ 상의 두께에 비례하지만, 도금부착량 및 도금층 표면조직에도 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. Γ 상은 도금층/소지철의 계면에 균일한 두께로 형성되어 있었으며 단상 시료는 300#C 이상부터 압축변형이 가능한 점으로부터 매우 취성적임을 알 수 있었다. 또한 도금층의 80%이상을 형성하는 δ_1 상도 철 함량이 높은 경우 초격자형성에 의해 Γ 상 보다 취성적임이 밝혀졌으며, 특히 Γ 상이 형성되지 않는 고강도강에서 프레스가공시 도금층 박리에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

최근, 산업적인 측면에서는 자동차 경량화 요구에 부합하기 위하여 각종 고강도 용융아연 도금강판에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 강판의 고강도화를 달성하기 위하여는 어떠한 강화기구를 이용하든 현실적으로 Si, Mn, P 등의 합금원소를 첨가하게 되며 이 경우 도금 밀착성 저하 및 합금화 속도 지연 등에 의한 표면결함 발생 문제가 발생한다. 따라서 GA강판의 도금특성에 미치는 소지철의 영향을 미세조직 측면에서 Focused Ion Beam(FIB), Gatan Image Filter(GIF), TEM을 이용하여 조사해 보았다. 특히 소지철 표

면에 형성된 산화물 및 용융아연도금액에 첨가된 Al에서 기인하는 Fe-Al 억제층의 생성 측면에서 문제를 고찰하였다.

TEM 관찰용 샘플은 FIB에 의한 단면관찰용 및 추출 replica법에 의한 평면관찰용을 제작하였다. GA강판 제조조건에 따라 다양한 결함이 발생하였으며, 이들은 소지철 표면에 형성된 산화물이 확산반응의 율속에 영향을 끼친 결과 결함이 발생하는 것으로 알려져 있었지만 실제 이들을 단면으로 관찰한 예는 거의 없는 실정이다. 가장 큰 이유는 GA강판이 아연과 철로 이루어진 다층 구조이기 때문에 샘플제작이 어렵다는 점을 들 수 있다. 그림 2는 GA강판에서 관찰되는 결함샘플을 FIB를 이용하여 작성한 단면관찰 결과를 보인다. 소지철 표면에 수 μm 크기의 페라이트 결정립이 관찰되며, SADP에서 보인 바와 같이 페라이트 이외에 초격자에 기인하는 회절점이 관찰되었다. 이들로부터 소지철 표층의 비정상적인 조직이 상부에 형성된 GA강판의 표면결함 원인인 것으로 추정된다. 결함부를 용해한 샘플을 TEM을 이용하여 관찰한 결과 Ti, Si, Mn 산화물이 관찰되었으며 이들은 소지철 표면 전체에 걸쳐서 균일하게 분포하지 않고, 일부분에 집중적으로 발생할 경우 도금결함을 일으키는 원인이 되는 것으로 나타났다.

References

1. M. H. Hong and H. Saka: Phil. Mag., A74 (1996), 509.
2. M. H. Hong and H. Saka: Acta Materialia, 45 (1997), 4225.
3. M. H. Hong and H. Saka: Journal of Electron Microscopy, 53 (2004), 545.
4. M. H. Hong: Practical Metallography, 41 (2004), 111.
5. M. H. Hong: Tetsu-to-Hagane, 91 (2005), 356.
6. M. H. Hong: ISIJ International, 45 (2005), 896.

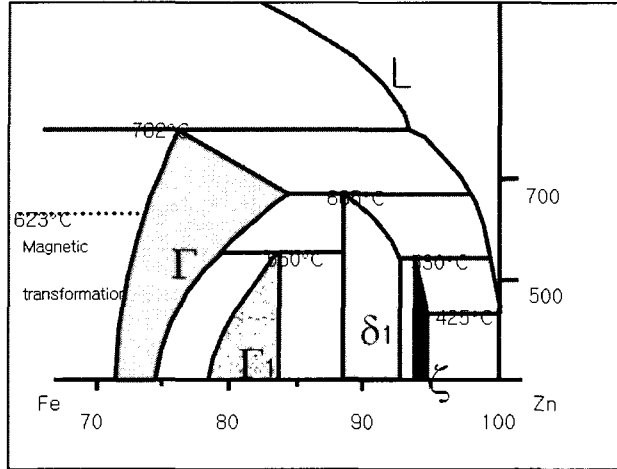


Fig. 1. Phase diagram of the Fe-Zn intermetallic system.

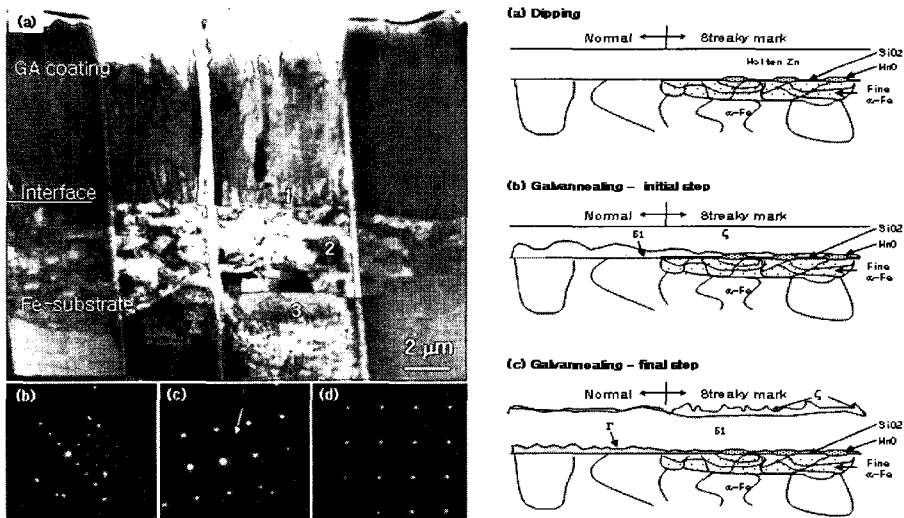


Fig. 2. Cross sectional TEM image on defect (a) and the corresponding SADPs (b-d). The schematic diagram for the formation mechanism of defect is illustrated (right side).