

합금화 용융아연도금강판의 표면결함 생성기구 Formation mechanism of defects on hot-dip galvanized sheet steel

홍문희*, 김종상, 정진환 (POSCO 기술연구소 광양압연연구그룹)

한동수 (POSCO 광양제철소 냉연부)

1. 서론

GA강판에서 주로 발생하는 표면결함은 과열흠(pickle patch), 줄무늬(streaky mark), 산수형 무늬(sag mark) 및 합금화 불량(under-alloying) 등이 대표적이며 이들은 정상적인 도금조직에 비해 공통적으로 다소 밝은 은색으로 나타나기 때문에 Silver-type 결함으로 불려지기도 한다. 일반적으로 GA강판의 도금층 표면미세조직은 δ_1 상 및 ζ 상의 단독 또는 복합조직으로 이루어져 있으며 이들의 구성비와 분포는 주로 1) 도금욕 성분 및 온도, 2) 합금화처리 온도 및 시간, 3) 소지철 성분 및 표면조직등에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다^{1, 2)}. GA강판에서 발생하는 표면결함들은 이들 도금층 영향인자중 주로 소지철 성분 및 도금욕 인입전의 소지철 표면조직에 직접적으로 연관되어 있음이 경험적으로 알려져 있으나 이들의 발생기구 규명 및 방지기술에 대한 체계적인 연구는 거의 행하여 지지 않고 있는 실정이다^{3, 4)}. 따라서 본 연구에서는 공업적 조업라인에서 생산된 화학성분이 서로 다른 GA강판을 대상으로 표면결함 발생기구를 규명함으로써 이들의 발생방지기술에 대한 기초적인 지식을 얻고자 함을 목적으로 하였다.

2. 실험방법

Table 1에 보인 바와 같은 조성의 GA강판에 발생한 표면결함을 주로 주사전자현미경(SEM)과 투과전자현미경(TEM)으로 관찰하였으며 SEM 단면시료는 GA강판을 cold-mounting 한 후 경면연마하여 1% 염산용액으로 40초간 에칭하였다. TEM관찰은 카본 추출리플리카법으로 제작한 박막시료를 Philips CM10(가속전압 100kV)로 행하였으며 도금층 표면상분석은 XRD, SEM/EDS 및 EPMA를 이용하였다.

Table 1. Chemical composition of the base sheet steel used in the GA process

	C	Mn	Si	P	S	Ti	Nb
1	≤0.004	0.1~0.2	≤0.02	≤0.015	≤0.015	0.03~0.04	0.005
2	≤0.007	≤0.15	≤0.02	≤0.015	≤0.015	0.04~0.06	-
3	0.004	0.7	0.02	0.04	0.009	0.055	-

3. 결과 요약

Fig. 1은 과열흡(a), 줄무늬(b), 산수형 무늬(c) 및 미합금화(d)의 광학현미경 사진이다. 과열흡은 두께 2~3 mm, 길이 5~30 mm의 곡면형 결함이 2~10 mm의 간격으로 GA 강판표면전체에 걸쳐 비교적 치밀하게 나타남을 알 수 있으며 줄무늬는 압연방향과 항상 평행하게 나타나는 것이 특징으로 두께는 2~5 mm 사이에서 변화한다. 산수형 무늬는 다른 표면결함에 비해 육안 관찰이 비교적 용이하지는 않으나 마치 산수화에서 산을 그려놓은 듯한 곡선형의 무늬가 화살표로 표시된 바와 같이 불연속적으로 나타나는 결함이며 미합금화는 GA강판의 표면이 넓은 면적에 걸쳐 정상부위에 비해 흰색으로 보이는 현상으로 용접성 및 도장성 등에 악영향을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 이처럼 육안으로 쉽게 관찰할 수 있는 이들 표면결함의 발생빈도는 합금화 도금층의 미세조직에 큰 영향을 끼치는 도금욕의 온도, 합금화 온도 및 시간 보다는 조업강종에 따라 상당히 다른 것으로 나타났다. 즉 과열흡, 줄무늬 및 산수형 무늬는 주로 Mn 및 P를 함유하는 고장력강판에서 나타나는 반면 합금화 불량은 C를 비교적 높게 함유한 구조용 강판에서 주로 관찰되었다.

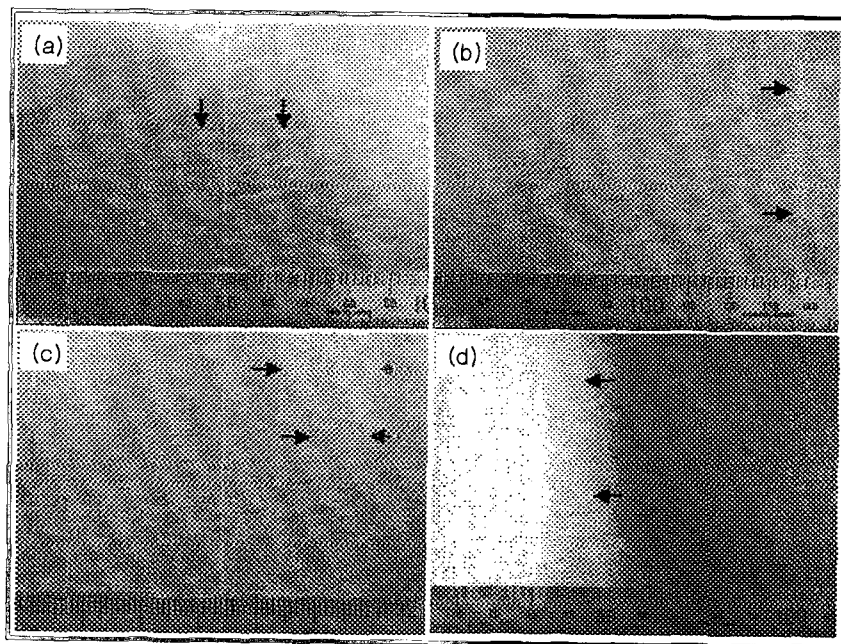


Fig. 1 OM images of typical defects observed on GA sheet steel surface

참고문헌

1. T. Kato, M. H. Hong, K. Nunome, K. Sasaki, K. Kuroda and H. Saka: Thin Solid Film, 319, 132, 1998.
2. 坂 公恭, 加藤 丈晴, 洪 文憲: 表面技術, 51, 568, 2000.
3. 平章一? `? 井理孝 `? 垣淳一 `田原健司: CAMP-ISIJ, 13, 590, 2000.
4. W. Warnecke and F. Friedel: Thyssen-Krupp Stahl Co., Germany, (private communication).