

<기술보고서>

용융 알루미늄 도금 강재의 부식 특성*

서도수 · 송용화 · 김홍식

첨단소재공학부

<요약>

용융 알루미늄 도금방법으로는 피도금물을 산세에 의해 피도금물 표면의 유지 또는 산화물을 완전히 제거한 것을 용융알루미늄속에서 일정시간 동안 침지시키면 철강표면에 철과 알루미늄과의 합금층이 생기며 그 합금층 위에 알루미늄이 부착 도금되는 것이다. 본 연구에서는 용융알루미늄 도금강재의 부식 특성을 평가하기 위해 염수분무시험을 실시하여 표면을 관찰하므로써 해수에서 용융알루미늄 도금 강재를 적용할 경우 내부식성을 평가하였다.

Corrosion Characteristics of hot-dip Aluminized steel

Do-Soo Seo · Yong-Hwa Song · Heung-Shik Kim

School of materials Science and Engineering

1. 서론

용융알루미늄 도금방법으로는 피도금물을 산세에 의해 피도금물 표면의 유지 또는 산화물을 완전히 제거한 것을 용융알루미늄속에서 일정시간 동안 침지시키면 철강표면에 철과 알루미늄과의 합금층이 생기며 그 합금층 위에 알루미늄이 부착 도금되는 것이다.

용융알루미늄 도금의 도금층은 종래의 카로라이징(Calorizing) 및 메타리콘(Metallikon)을 동시에 처리한 것과 유사하나 카로라이징과 합금층은 알루미늄 함유량이 26%에 불과하나 용융알루미늄 도금의 합금층은 55~59%라는 월등히 높은 알루미늄 함유량을 가지며 합금층의 알루미늄 함유량이 많을수록 내식 및 내열성이 우수하다. 그리고, 용융알루미늄 도금 표면은 치밀한 알루미늄으로서 피복되어 있어 용사피막을 두껍게 할 필요가 없다.

* 본 과제는 덕산산업(주)의 지원(2002. 6 ~ 2002. 11)으로 수행되었습니다.

따라서 본 실험에서는 도금층의 두께를 약 90~100 μm 정도로 하여 염수분무시험을 실시하고 표면을 관찰하였다.

2. 실험 방법

2.1 시편 준비

시편은 울산광역시 소재 덕산산업(주)의 용융도금 설비에서 제조된 용융 알루미늄 도금재를 사용하였고, 도금층의 두께는 약 90~100 μm 정도로 덕산산업(주) 품질 관리팀이 보유하고 있는 도막 측정기로 측정하였다.

2.2 표면 및 단면 분석

용융 알루미늄 도금 강재의 표면 및 단면 조직을 광학 현미경으로 관찰하였고, 성분 분포 상태를 FE-SEM/EDS를 이용하여 조사하였다.

2.3 염수 분무 시험

시험에 사용된 염수분무시험 장치는 Marine Series로 외장은 STS 304, 내장은 PVC, 덮개는 아크릴로 제작되어 염에 의한 부식을 최소화 할 수 있는 재질로 만들어 사용하였고, 시험 방법은 KS D 9052에 의거하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 도금층의 단면 조직 및 표면 관찰

도금층 표면의 형상을 Image analyzer로 관찰하여 사진 1에 보였다. 용융 알루미늄 도금층의 표면은 은백색 무늬를 나타내고 있으며, 도금 표면층에는 시료의 보관 및 취급중 오염이 약간 관찰되나 전체적으로 양호한 표면을 나타내었다.

도금층의 구성 상태를 조사하기 위해 단면 조직을 광학현미경으로 관찰하여 사진 2에 보였다. 도금층은 약 90~100 μm 정도로 알루미늄층과 철의 합금층 및 순수한 알루미늄층으로 이루어져 있으며, 알루미늄이 소재인 철에 용융되어 양호한 도금상태를 나타내었다.

사진에서 보면 도금층이 세부분으로 구분되어져 있으며, 이 도금층들의 성분 분포 상태를 FE-SEM/EDS를 이용하여 사진 3에 보였다.



사진 1. 용융 알루미늄 도금층 표면 상태.

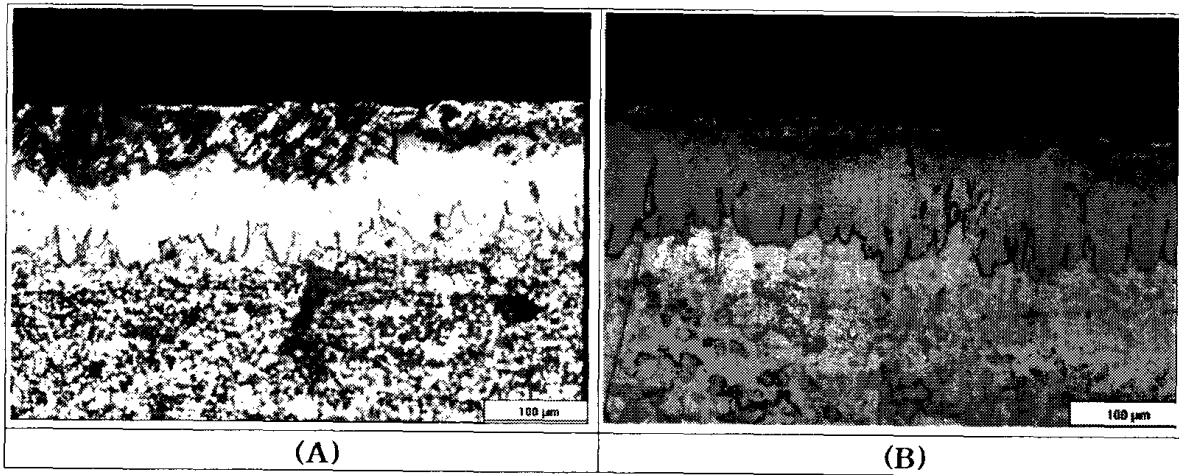


사진 2. 용융 알루미늄 도금층 단면 상태.

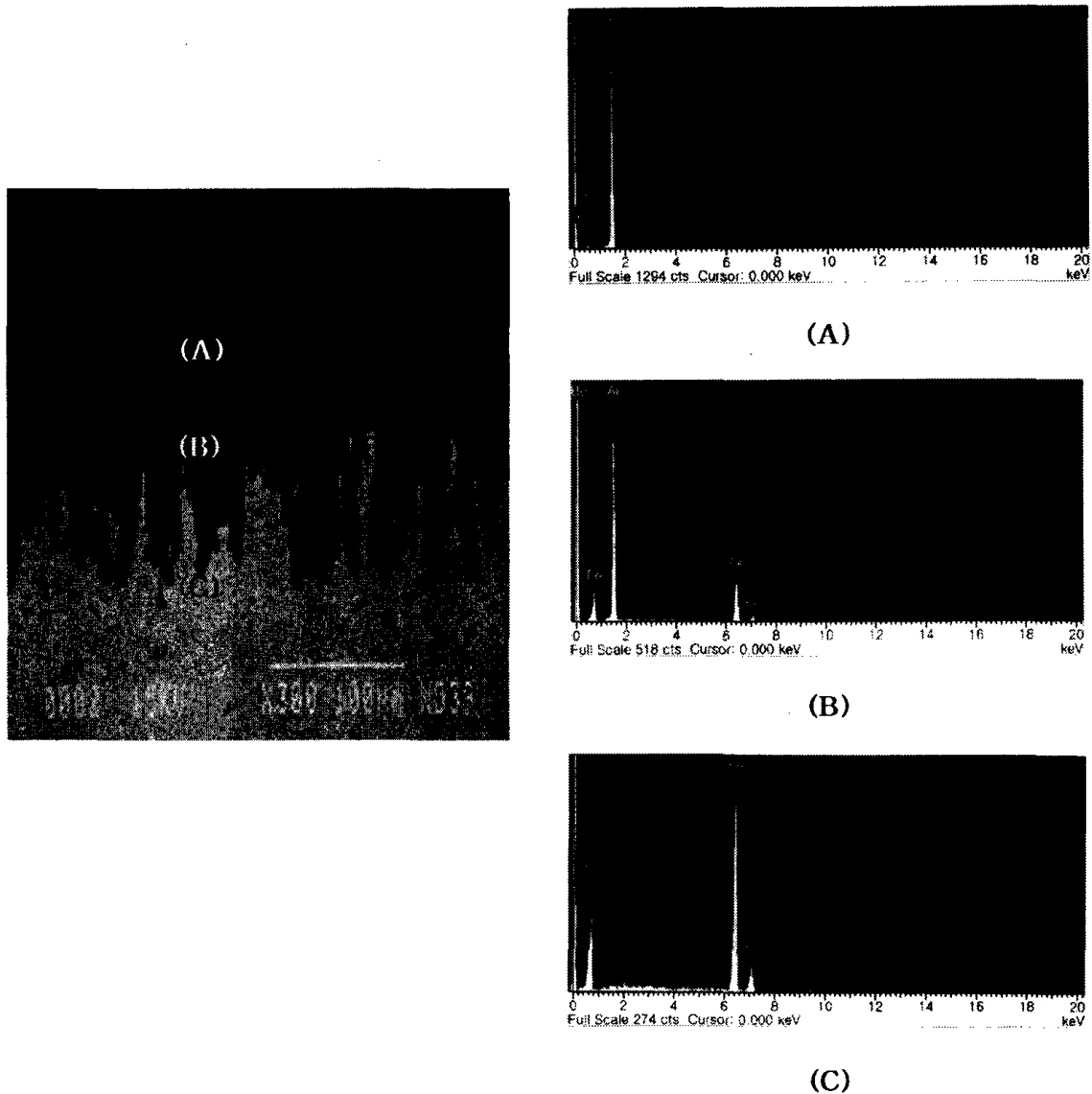


사진 3. FE-SEM/EDS에 의한 용융 알루미늄 도금층 단면 성분 분포.

3.2 염수 분무 시험 결과

용융 알루미늄 도금 강재를 KS D 9052 염수분무시험 방법에 따라 염수분무시험을 실시하여 시간대 별로 표면 상태를 관찰하였다. 시료는 두 개를 관찰하였으며, 사진 4에 보인 사진은 용융 알루미늄 도금 강재의 염수 분무 시험 전 시료의 상태를 보여 주는 것으로 알루미늄 도금은 전체적으로 양호하게 실시된 것으로 보이며 시료 취급 중 오염으로 보이는 부분이 약간 보이지만 알루미늄 도금층은 파괴되지 않은 것으로 보인다,

사진 5에 보인 사진은 염수분무시험 500시간 경과했을 때 표면상태를 관찰한 것으로 표면에 염분으로 보이는 것들이 존재하나 표면 상태는 양호하였다.

사진 6에 보인 사진은 염수분무시험 1,000시간 경과했을 때 표면 상태를 관찰한 (A)시료 표면에 미세하게 흑청으로 보이는 부분이 발생되기 시작하나 시료 표면은 양호했다. (B)시료 표면 상태는 아직 양호한 상태를 유지하고 있다.

사진 7에 보인 사진은 염수분무시험 2,000시간 경과했을 때 표면상태를 관찰한 사진으로 1,000시간 경과한 시편과 비교하여 그다지 많은 변화는 관찰되지 않았으며, 흑청이 표면 쪽으로 약간 진전된 상태를 보이고 있다.

사진 8에 보인 사진은 염수 분무 시험 3,000시간 경과했을 때 표면 상태를 관찰한 사진으로 (A) 시료는 흑청이 표면 쪽으로 진전되고 있으나, (B) 시료는 흑청도 거의 발생되지 않고 염분만이 표면에 존재하고 있는 상태를 보여 주고 있다.

사진 9에 보인 사진은 염수분무 4,000시간 경과했을 때 표면 상태를 관찰한 사진으로 3,000시간 경과 때 보다 흑청이 표면 전체로 진전되었고, (B)시료에서도 흑청이 발생되었으나 아직 양호한 표면 상태를 관찰할 수 있었다.

사진 10에 보인 사진은 염수 분무 5,000시간 경과했을 때 표면 상태를 관찰한 사진으로 (A)시료에서는 흑청이 표면 전체로 진전되어 표면을 뒤덮고 있으며, (B)의 시료에서도 흑청이 약간 진전된 모습을 관찰할 수 있었다.

보다 정확한 관찰을 위하여 시료를 절단하고 단면 조직을 관찰하여 합금층의 손상여부를 판단해야 하나 현재 시험을 진행 중에 있으며, 표면 상태 관찰만으로도 용융 알루미늄 도금 강재의 도금층이 현재 5,000시간 경과 이후에도 양호한 상태로 존재 할 것으로 여겨진다.

따라서, 이 염수분무시험의 결과로 유추 해석해보면 용융 알루미늄 도금 강재가 염수분무시험의 염 농도 $5 \pm 0.5\%$ 에서 현재 5,000시간이 경과 후에도 양호한 표면 상태를 유지하고 있는 것으로 보아 해수의 염 농도 (3~3.5%)에서는 더욱더 긴 수명을 가질 것으로 예측할 수 있으며, 이러한 수명은 해수의 깊이에도 관계가 있을 것으로 사료된다. 이러한 염수분무시험의 진행 결과에 의해 깊은 바닷물속에서 용융 알루미늄 도금 강재는 약 20~30년 정도의 내부식성을 가질 것으로 예측되어 진다.

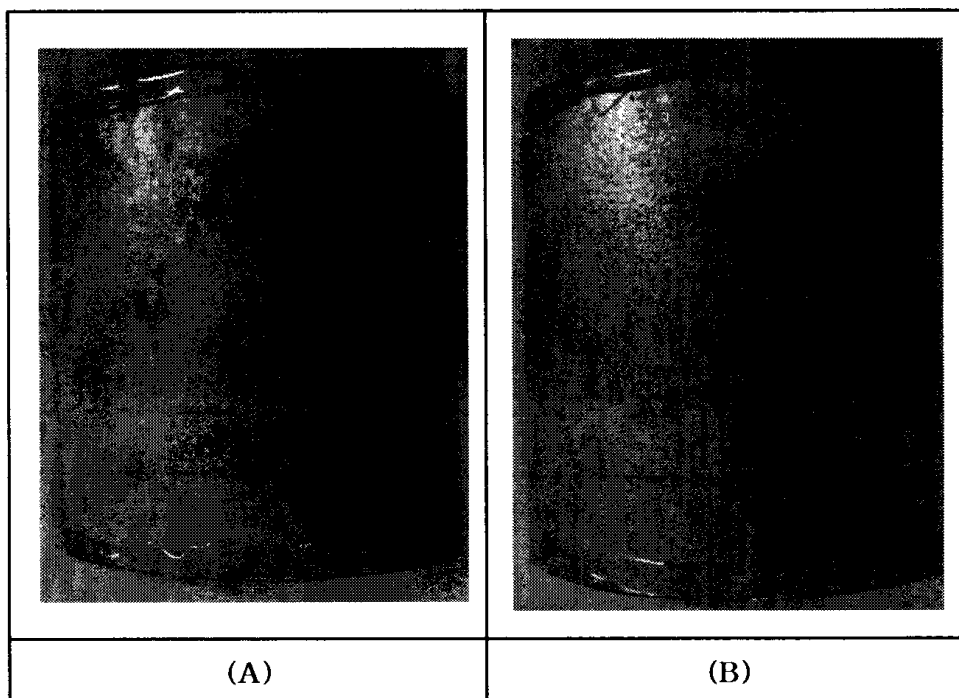


사진 4. 용융 알루미늄 도금 시험 시편 표면 상태

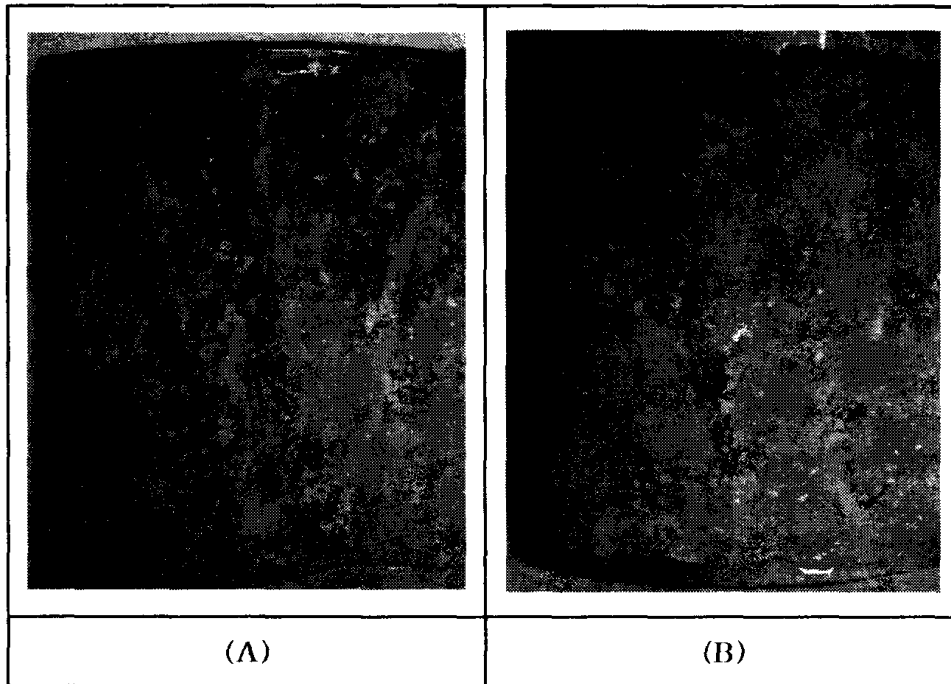


사진 5. 염수분무 시험 500시간경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

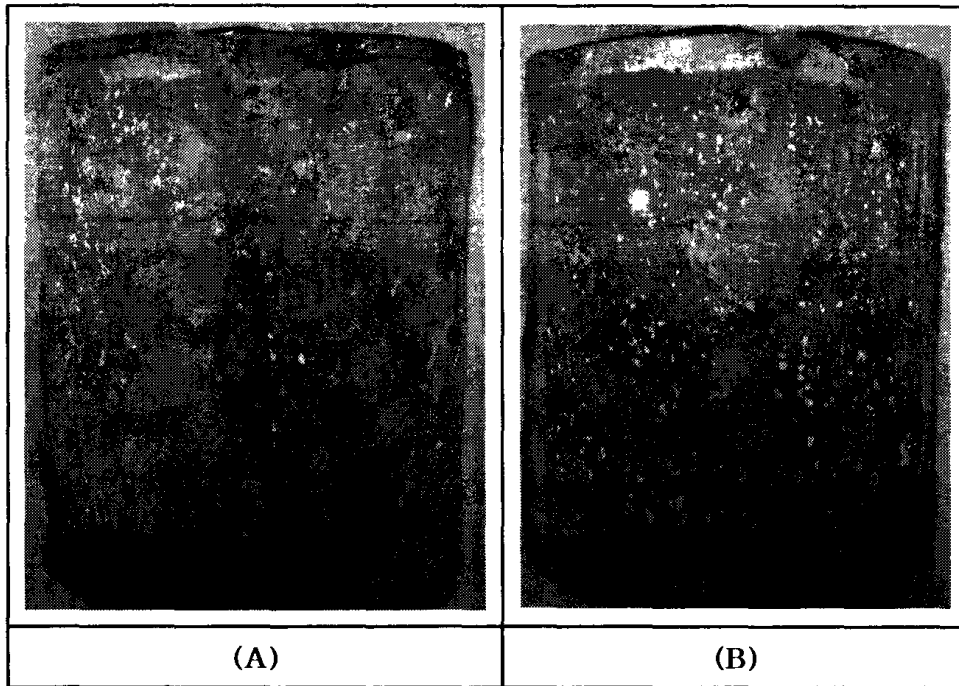


사진 6. 염수분무 시험 1,000시간 경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

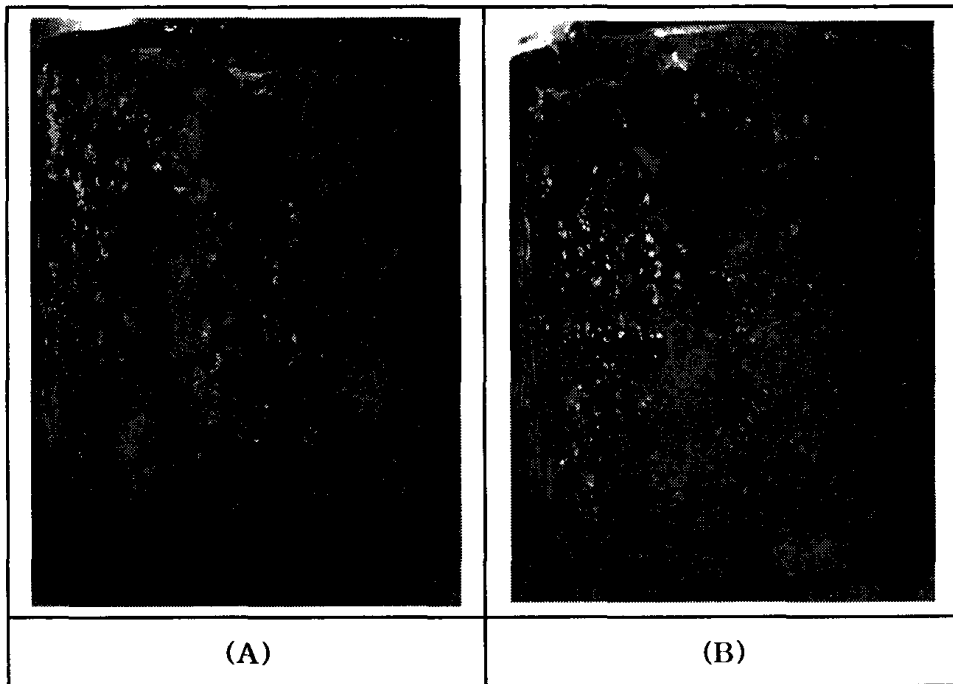


사진 7. 염수분무 시험 2,000시간 경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

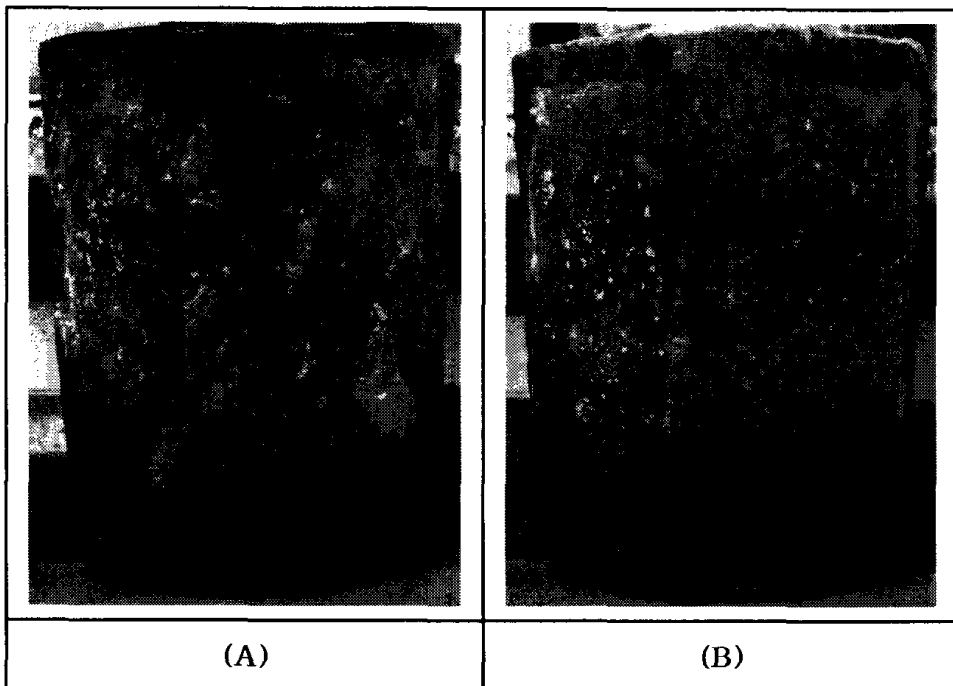


사진 8. 염수분무 시험 3,000시간 경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

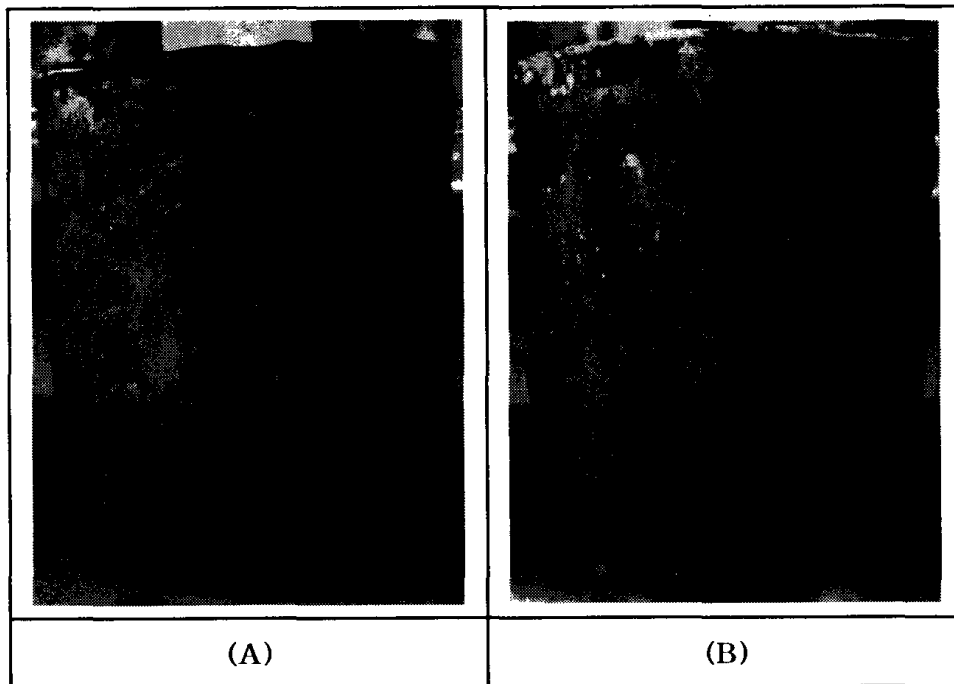


사진 9. 염수분무 시험 4,000시간 경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

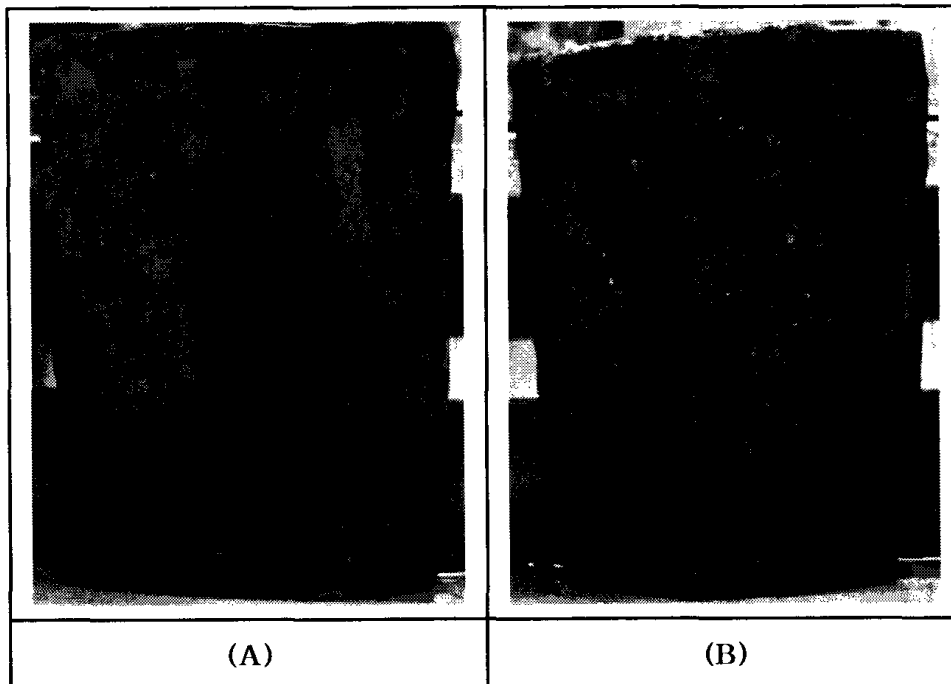


사진 10. 염수분무 시험 5,000시간 경과 알루미늄 도금 시편 표면 상태

4. 결 론

용융 알루미늄 도금강재의 부식 특성을 평가하기 위하여 KS D 9052에서 규정하는 염수 분무시험을 약 5,000시간을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 용융 알루미늄 도금 강재의 염수분무시험 결과 최초의 흑청 발생시간은 약 1,000 ~ 3,000시간이었다.
- (2) 약 5,000시간이 경과한 후에도 적층은 발생하지 않았으며 비교적 양호한 표면 상태를 유지하고 있었다.
- (3) 위와 같은 염수 분무 시험 결과 염 농도가 낮은 해수에 용융 알루미늄 도금강재를 적용할 경우 깊은 바닷물속에서는 약 20~30년의 내부식성을 가질 것으로 예측되어 진다.

참고문헌

1. Methods of Neutral Salt Spray Testing, 한국공업규격, KS D9502.
2. Test methods for thickness of anodic oxide coatings on aluminium and aluminium alloys, 한국산업규격, KS D8310.
3. ASTM B117, Annual Book of ASTM Standards Vol 03. 02, ASTM.
4. 김종범, 동아대학교 금속공학과 석사논문(1994)
5. D. A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, Macmillian Pulishing Co.(1993)