

1. 서론

용융아연도금공장(CGL)의 도금 Pot는 냉연 강판을 아연도금하는 핵심 설비이다. 도금 Pot내에는 강판을 Pot 내로 침적시키기 위해 Idle로 구동되는 Sink Roll이 있다. Pot내의 설비는 용융 아연과의 직접 접촉으로 심한 부식 분위기에 있다. 특히 Sink Roll의 축부 (Bush, Sleeve)는 부식 분위기뿐만 아니라 마모도 같이 일어나는 매우 열악한 환경이다. Sink Roll 축부의 마모는 Roll 구동 불량과 강판의 진동을 유발하여 표면 품질 불량을 초래한다. 현재 CGL의 경우 축부의 교체 주기는 2주로 정수 주기인 3주 보다 짧으며 교체 시간도 4시간 소요된다. 본 연구에서는 Sink Roll 축부의 우수한 내마모성 및 내부식성 확보와 관련 플라즈마 육성 용접법과 현재 사용하고 있는 주조 방식으로 제조된 시편을 용융 아연중에서 마모 및 부식시험을 통한 비교 평가를 실시하였다. 이를 통해 용융 아연 욕중에서의 부식 현상 및 마모 특성을 이해하고 플라즈마 육성 용접재의 적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 합금은 현재 Sink Roll에서 적용하고 있는 Stellite6로 하였으며 합금 주조는 일반 중력 주조 방법으로 제조하였으며, 플라즈마 육성 용접은 Matsumoto사가 제작한 모델 DEPO 2A장치를 이용하였다. 플라즈마 형성, 분말 이송 그리고 분위기 제어용 가스는 모두 Ar을 사용하였다. 육성층은 2층으로 하였으며 두께는 3~4mm로 하였다. 부식과 마모 시험은 470°C의 아연 용액 속에서 실시하였는데 아연 용액은 Al 무첨가와 0.2% AL 첨가로 구별하였다. 부식시험은 72,144, 240Hr별로 구분하여 부식 진행 현황을 조사하였다. 마모 시험은 Pin-Ring Type의 마모 Simulator에서 4시간동안 실시하여 마찰계수, 마모량, 마모 표면을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 미세 조직

Stellite 6의 CAST(주조재) 와 PTA(플라즈마 육성 용접재) 의 조직적 차이는 PTA 제조법의 빠른 냉각속도 (~1000K/s)에 기인한 것이다. 두 조직 모두 Cobalt 고용체 기지와 Cr Carbide를 중심으로 한 Carbides를 형성하지만 PTA는 미세한 Dendrite를 형성함으로 CAST에 비해 Carbides 조직이 작고 비교적 고루 분포되어 있다.

2) 부식 시험

아연 용액중에 침적된 모재의 부식은 아연의 침투와 동시에 Co 고용체의 용출이 동시에 일어나면서 진행된다. 모재에서 용액으로 용출된 성분은 주로 Co와 Fe성분으로 특히 Fe 성분은 Zn 확산층중 대부분의 양이 아연 용액 중으로 용출이 진행되었다. Carbides의 경우는 Zn에 거의 부식이 일어나지 않았는데 이것은 Carbides의 분포가 조밀한 PTA에서 모재의 초기 계면, 확산층의 구분을 뚜렷하게 하는 역할을 하였다. Al 첨가하지 않았을 경우 PTA가 CAST에 비해 아연 용액에 대한 내식성이 강하였다.

0.2wt% Al을 첨가하면 소량의 Al 첨가에도 불구하고 모재에 대한 Zn의 침투 깊이가 1/5 ~ 1/10 수준으로 급격히 줄었는데 이것은 Al이 확산층 중에 존재하면서 Co기지와 Zn 용액의 상호 확산에 대한 Barrier로 작용하기 때문으로 해석할 수 있다.

3) 마모시험

마찰계수는 Al 미첨가의 경우 CAST 0.113, PTA 0.099이며, 0.2wt% Al을 첨가하면 0.183, PRA 0.158로 측정됐다. PTA가 CAST보다 마찰계수는 더 낮았으며 Al이 첨가되면 1.5배 이상 마찰계수가 증가하였다. 마모량은 마모된 Ring 부피를 기준으로 할 때 Al이 첨가되지 않았으면 PTA가 적었지만 Al을 첨가하면 PTA가 더 많았다. 마모면 Profile을 분석해 본 결과 Al 미첨가 시 CAST와 PTA 모두 양호하였으나 Al이 첨가되면 CAST는 Profile이 조금 나빠졌으며 PTA의 경우 Profile을 측정하기 힘들 정도로 매우 불량해졌다.

마모 표면은 Carbides의 분포 형태에 따라 크게 달라졌다. Al 미첨가 시 CAST의 경우 Co기지의 용출로 표면이 낮아져 마모 접촉을 하지 않게 되는 반면 돌출된 Carbides가 마모 접촉면이 되면서 마모 응력을 받고 이 마모 응력이 Co 기지에 전달되면서 Slip이 일어나는데 이러한 소성 변형의 영향으로 Co기지에 주름이 발생하게 된다. PTA는 Co기지의 용출로 Carbides가 돌출될 때 Carbides의 크기가 작아 마모 응력을 견디지 못하고 파괴가 발생한다. 따라서 Co 기지도 일부 마모 접촉면으로 참여하게 되는데 이때 Co기지 표면에 Abrasive마모에 의한 긁힘 자국이 발생된다.

Al을 첨가하면 CAST는 Co기지의 용출이 억제됨에 따라 일부 Co기지가 마모 접촉면이 되는데 여기서 Adhesive Wear가 일어나 Co기지가 Transfer되는 현상이 발생되었다. PTA는 Co기지의 용출 억제와 더불어 Carbides가 마모 응력을 견디지 못하는 관계로 Co기지와 Carbides가 거의 평면을 유지한다. 여기서 Co기지는 상대재의 Carbides와 접촉하면서 Carbides에 의한 Plowing이 일어나 마모파편 (Debris)을 생성시킨다. 이것은 PTA의 매우 불량한 표면 Profile 그리고 마모량이 CAST에 비해 많은 것에 대한 설명이 된다. Al을 첨가함에 따른 마모 양상의 변화가 발생한 것은 Al에 의한 Co기지와 Zn의 상호 확산 억제 효과에 의한 것이며 이것은 부식성 분위기에서의 마모 현상에 재료의 부식 특성이 마모 특성과 밀접히 연관되어 있음을 설명한다.

4. 결론

CAST와 PTA의 부식과 마모 특성의 차이는 양자의 조직적인 차이점인 Carbides의 분포에 기인한다. 또한 Al 첨가에 의한 영향은 Al이 모재로 확산하여 Co기지와 Zn의 상호 확산을 억제함으로써 부식 정도가 감소하며 Co기지가 마모 접촉면으로 참여하는 결과를 가져왔다.

CAST에 비해 PTA 방식을 Sink Roll 측부에 적용하는 것은 마찰계수와 마모량, 마모 Profile의 상반된 결과로 관점의 차이에 따라 결정될 성질이다. 즉 마찰계수가 낮은 PTA가 Roll 구동성에는 우수하지만 표면 Profile의 불량으로 강판의 진동을 유발할 경우 표면 품질을 떨어뜨리게 된다.