

### 3. 용사피막의 내마멸성과 응용도금금속 중에서의 내침식성 개선에 관한 연구

기계공학과 강태영  
지도 교수 김영식

여러 가지 용사법의 특징을 고려하여 다음과 같은 분야에 용사법을 적용하여 기계 부품의 수명 연장, 보수 유지비용 절감과 이에 따른 생산성 향상을 도모하고자 한다.

첫 번째 연구의 목적은 용사층의 마모 기구 및 특성을 규명하여 선박용 대형 엔진의 피스톤로드에 용사층을 적용하는 것이다.

선박용 엔진에서 연소실에서 새어나온 연소 찌꺼기가 크랭크 챔버 내로 들어가는 것을 방지하기 위해 연소실과 크랭크 챔버 사이에서 상하방향으로 작동하는 피스톤로드를 실링(sealing)하게 된다. 실링하는 방법으로 피스톤로드에 여러 개의 구리 링(copper ring)을 끼워서 연소찌꺼기가 챔버 내로 들어가지 못하게 하며 이들 구리 링은 스테핑박스(stuffing box) 내에 설치되어 있다.

이렇게 구성된 선박엔진의 피스톤로드와 스테핑박스내의 구리 링 사이는 윤활유가 계속 공급되지 않기 때문에 경계마찰 또는 건식마찰 상태가 지속되는 경우로, 매우 가혹한 마찰운동이 일어나는 부분이라고 할 수 있다. 주기적으로 점검을 실시하여 마모된 구리 링을 교체하게 되며 장시간 작동 후 마찰·마모 현상이 현저하면 피스톤로드도 결국 편마모 된다. 그렇게 되면 피스톤로드와 스테핑박스내의 구리 링 간격이 맞지 않아서, 연소실에서 새어 나온 찌꺼기가 크랭크 챔버 안으로 들어가서 기관에 여러 가지 문제점이 생기기 때문에 일정기간 마다 피스톤로드를 오버 홀하여 마모 부위를 계측하고 일정 마모량 이상 마모되면 피스톤로드 부품전체를 교체하거나 편마모된 부위를 기계 가공하여 재 사용하게 된다.



따라서 피스톤로드를 표면 처리해 내마모성을 향상시켜 사용수명을 연장시키면 교체나 보수에 따른 비용을 절감할 수 있다.

이와 같은 점을 고려하여 피스톤로드와 같이 연속적으로 충분한 윤활이 되지 않는 마찰·마모 부위에 용사법을 적용하여 용사표면의 마찰·마모 특성을 평가함으로써 피스톤로드의 제작공정 또는 재생 보수 공정에 용사법의 적용을 확립하고자 한다.

두 번째 연구의 목적은 용융도금 금속 중에서 용사층의 침식 특성을 규명하여 용융도금에서 싱크롤에 용사층을 적용하는 것이다.

도금 욕 중에 계속 침지되어 있는 싱크롤은 욕(pot) 내의 용융도금 금속과 고온의 강판이 계속 접촉하기 때문에 물 표면에 침식이 일어나기가 쉽다. 용융금속과 물과의 반응에 의해 물 표면에서 침식 및 반응생성물인 드로스(dross)가 발생되면 도금된 강판의 판면에 침식 및 드로스의 형태가 그대로 전사되어 불량이 발생하게 된다. 그래서 용융금속 중의 물들은 침식생성물이나 부유물들이 고착되지 않고 고온의 용융금속 중에서 침식에 강한 특성이 요구된다. 현재 사용되고 있는 연속용융도금 욕 중의 물 재질은 용융금속 내에서 내식성이 우수한 STS316L강을 재질로 사용한다. 그러나 장시간 운전하게 되면 물 몸체는 용융금속과의 반응에 의해 물이 침식되거나 드로스가 물 표면에 부착되어 도금강판의 불량 요인으로 작용하게 된다. 그래서 연속용융도금 설비를 4~5 시간 동안 세우고 물을 교환하게 된다. 이는 도금생산성의 저하요인으로 작용하기 때문에 용융도금 욕에 고온 내마모성과 내식성을 향상시킨 각종의 표면처리를 실시해서 물의 교환주기를 연장하여 제품의 생산성을 향상시키고자 하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해 연속용융도금 싱크롤에 대한 표면처리 방법으로써는 도금되는 용융금속에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 연속용융아연 도금의 경우 물 몸체에 탄화텅스텐-코발트계열을 용사하여 물에 드로스 부착 억제 및 내식성 향상을 이루었으며 연속 알루미늄 도금의 경우 하지 용사(bond coating)는 코발트계열로 실시하고 중부와 상부는 코발트와 세라믹이 혼재된 다층 용사피막을 형성하여 이러한 요구에 부응하는 피막을 형성하여 실용화 단계에 이르게 되었다. 그러나 합금화 용융도금인 용융55%알루미늄-아연합금도금 욕(일명 : Galvalume 도금 욕)에 대한 물의 표면 처리방법이 아직 완전하게 연구되지 않았으며 실용화된 것도 없다. 이와 같은 점을 고려하여 용융55%알루미늄-아연합금도금 욕의 싱크롤에 대해 물 표면에 세라믹 용사층을 형성하여 용융55%Al-Zn합금과 물과의 반응을 차단함으로써 용융도금강판의 불량감소 및 생산성 향상을 가져올 수 있는 방안을 제시하고 용융아연-0.2%알루미늄합금도금 욕에서 싱크롤의 코팅에 사용되는 탄화텅스텐 코발트 탄화텅스텐-12코발트(WC-12Co) 코팅과 세라믹 피막의 특성을 비교하여 용융아연-0.2%알루미늄합금에서 용사층의 침식 특성을 연구하였다.

선박용 대형 엔진의 피스톤로드와 용융도금 욕의 싱크롤에 용사층을 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

선박용 대형 엔진의 피스톤로드에 대한 용사층의 적용 실험은, 피스톤로드제인 단강재 표면에 경질 크롬 도금처리, 니켈-크롬 분말 용사처리, 강 분말 용사처리 및 단강재 그대로의 표면에 대해, 마찰·마모 실험을 행한 결과, 1회의 윤활유 침지 상태에서의 마모량은 단강재 표면 그대로인 상태에서 가장 크고, 경질 크롬 도금 표면, 니켈-크롬 분말 용사 표면, 강 분말 용사 표면의 순으로 작아졌고 이에 따라 강 분말 용사 표면이 매우 우수한 특성을 나타내었다.

용융도금 욕의 싱크롤에 대한 용사층의 적용 실험은 용융55%알루미늄-아연합금과 용융아연-0.2%알루미늄합금에서 STS316L강과 STS430F강의 2가지의 모재, 코발트-니켈-크롬 기지 분말과 탄화텅스텐-코발트 기지 분말의 2가지 하지 용사분말, 알루미늄-지르코니아-실리카 기지 분

말과 지르코니아-실리카 기지 분말의 2가지 상부 용사분말과, 용사층 끝단부의 용융금속 침투를 저지하기 위한 붕공재로써 보론나이트라이드를 적용하여 각각을 조합해서 침지 실험을 행한 결과 모재는 STS430F강, 하지 용사층은 탄화텅스텐-코발트 기지 분말, 상부 용사층은 지르코니아-실리카 기지 분말의 경우가 침지 실험에서 가장 우수하였다. 그리고 붕공재로 사용된 보론나이트라이드의 특성은 모재가 STS430F강일 경우에 우수한 특성을 나타내었다.

