

서멧트 용사피막의 내마모성에 미치는 Mo와 Cr₃C₂ 함유량의 영향 (Effect of Molybdenum and Chromium Carbide Content on Wear Resistance of the Plasma Sprayed Cermet Coating)

한 명 섭*, 김 대 영
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

최근 선박 추진용 2행정 디젤엔진은 10년전 보다 출력은 15%, 속도는 5% 정도 상승하였는데¹⁾, 이러한 엔진의 고출력화 및 고속화는 실린더 헤드, 실린더 라이너, 피스톤 링, 피스톤 등과 같은 연소실 부품의 사용조건이 매우 열악해지고 있다는 것을 의미한다. 특히 피스톤 링과 실린더 라이너와 같이 접촉한 상태로 왕복 운동하는 연소실 부품은 엔진의 출력 상승에 의한 접촉 압력의 상승으로 마모로 인한 부품의 조기손상이 빈번하게 발생하고 있다. 따라서 이들 연소실 부품의 표면을 내마모성, 내소착성(scuffing) 및 내부식성이 우수한 물질로 표면개질을 통해 부품의 내구성 및 신뢰성을 향상시킴으로써 교체나 보수에 따른 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

종래에 연소실 부품의 내마모 표면처리로 가장 널리 사용한 방법은 경질 Cr도금 방법이었으나, 최근에는 이들 부품들의 사용환경이 변화함에 따라 내마모 특성이 보다 우수하고 경제성이 있는 표면처리 기술인 용사방법을 이용한 코팅기술에 대한 연구가 활발히 진행되어 실용화 단계에 이르고 있다^{2,3)}.

현재 선박용 디젤엔진의 피스톤 링과 실린더 라이너에 내마모 코팅으로 적용이 검토되고 있는 재료로는 고온(500~800℃)에서도 우수한 마모 및 erosion 특성을 갖고 있는 Cr₃C₂/NiCr 분말에 다량의 Mo 분말을 혼합하여 내 scuffing성을 향상시킨 Cr₃C₂/NiCr/Mo계 혼합코팅 재료이다.

따라서 본 연구에서는 내마모성, 내소착성이 우수한 것으로 알려진 Cr₃C₂/NiCr/Mo계 서멧트 코팅재료를 대상으로 Mo와 Cr₃C₂의 함유량 및 Cr₃C₂-NiCr 분말의 제조방법을 변수로 제조한 용사피막에 대한 상대마모 특성을 평가함으로써 내마모 특성이 가장 우수한 서멧트 용사피막의 조성을 제시하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서 기관재료로는 피스톤 링과 실린더 라이너의 재질로 주로 사용되는 인장강도 200MPa급의 grey cast iron을 사용하였으며, Cr₃C₂-NiCr의 조성비 및 분말 제조방법이 다른 3종류(CR35, CR70, CR75; 숫자는 Cr₃C₂-NiCr내의 Cr₃C₂의 함량)의 용사분말에 Mo함량이 각각 30wt.%, 40wt.%가 되도록 Mo분말을 기계적으로 혼합하여 서멧트 코팅의 원료분말로 사용하였다.

각 조성의 용사분말을 사용하여 출력 및 분말 송급량을 고정시키고 용사거리에 따른 용사피막의 물성 평가를 통하여 선정된 최적 용사조건으로 용사피막의 두께가

0.6mm인 Pin 형태의 용사코팅 시편을 제작하였다.

각 시편에 대한 상대마모시험은 자체 제작한 Pin-on-Disk 형태의 마모시험기를 이용하였으며, 3kg 하중에서 마모속도를 2m/s로 고정시켜 실린더 라이너 재질로 제작된 disk와의 상대마모시험을 실시하여 마모거리에 따른 무게감량으로 마모특성을 평가하였으며, 용사피막의 미세조직은 광학현미경 및 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

Mo 및 Cr₃C₂의 함유량과 Cr₃C₂-NiCr분말의 제조방법이 다른 3종류의 서멧트 용사피막에 대한 단면경도 및 기공율 분석 결과 Fig.1에서 보는 바와 같이 서멧트 용사피막내의 Mo의 함유량이 증가할수록 경도값은 증가하고 기공율은 감소하였다. 용융 혼합된 Cr₃C₂-NiCr분말에 Mo분말을 혼합시킨 분말로 제조된 용사피막(CR35, CR70)의 경우 Cr₃C₂의 함유량이 증가할수록 기공율은 다소 증가하나, hard phase인 Cr₃C₂의 분율 증가로 인해 경도값도 증가하였다. 또한 기계적으로 혼합된 Cr₃C₂-NiCr분말에 Mo분말을 혼합시킨 분말로 제조된 서멧트 용사피막(CR75)의 경우 용융 혼합된 분말에 비해 기공율이 높았으며, hard phase인 Cr₃C₂의 높은 함유량에도 불구하고 낮은 경도값을 나타내었는데, 이는 Cr₃C₂ 화합물이 용사과정에서 용융 분해함에 따라 기공율이 상승하기 때문이다.

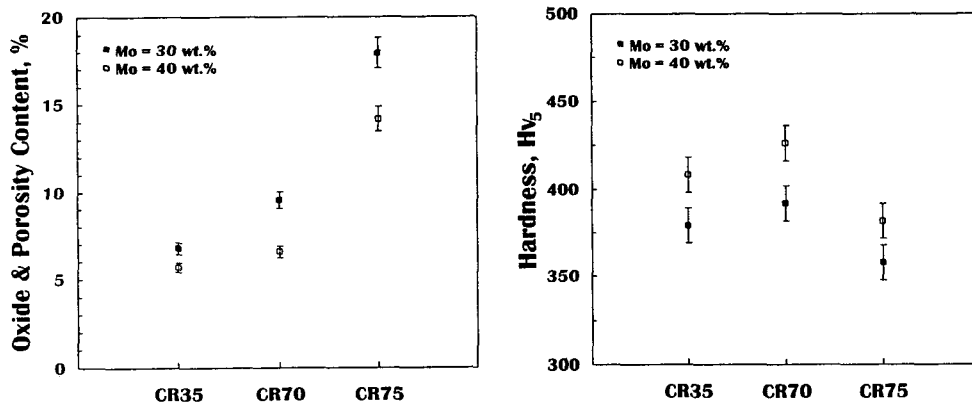


Fig.1 Mo 및 Cr₃C₂ 함량에 따른 Cr₃C₂-NiCr-Mo 용사피막의 기공율 및 경도 변화

Fig.2는 Mo 및 Cr₃C₂의 함유량과 Cr₃C₂-NiCr분말의 제조방법이 다른 서멧트 용사피막의 무게 감소량으로 나타낸 마모시험(마모거리:12km)의 결과이다. 전반적으로 분말의 제조방법에 관계없이 Mo의 함유량이 30wt.%에서 40wt.%로 증가할수록 마모에 의한 무게 감소가 작아 서멧트 용사피막의 내마모성이 향상된 것을 알 수 있으며, 동일한 Mo의 함유량을 가지는 CR35 및 CR70 서멧트 용사피막에서 Cr₃C₂-NiCr내의 Cr₃C₂의 함유량이 높은 CR70 용사피막이 마모에 의한 무게 감소가 10%정도 감소된 향상된 내마모성이 나타내었다. 또한 CR75 서멧트 용사피막이 CR35 및 CR70 서멧트 용사피막보다 많은 무게 감소를 보이는 것은 Fig.1에서

보는 바와 같이 CR75 용사피막의 낮은 경도와 높은 기공율에 기인된다. 본 연구에서 검토된 용사피막 중에서 가장 내마모 특성이 우수한 용사피막은 용융 혼합된 $70\text{Cr}_3\text{C}_2/30\text{NiCr}$ 분말에 Mo분말을 40wt%를 혼합한 분말로 제조된 서멧트 용사피막이었다.

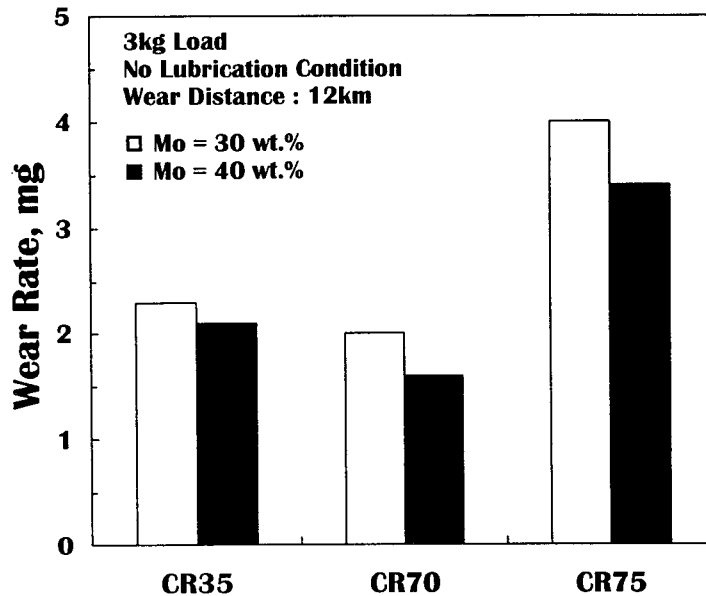


Fig. 2 Mo 및 Cr_3C_2 함량에 따른 $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr-Mo}$ 용사피막의 상대 마모 감량 평가 결과

4. 결 론

$\text{Cr}_3\text{C}_2/\text{NiCr}/\text{Mo}$ 서멧트 용사피막에서 Mo와 Cr_3C_2 의 함유량 변화, $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ 분말의 제조방법을 변수로 내마모 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Mo 함유량이 증가할수록 경도 상승과 기공율 감소의 영향으로 마모에 의한 무게 감소량은 낮아진다.
2. 용융 혼합(CR35, CR70) 서멧트 용사피막이 기계적 혼합(CR75) 서멧트 용사피막보다 높은 경도와 낮은 기공율의 영향으로 우수한 내마모 특성을 가진다.
3. CR35 및 CR70 서멧트 용사피막의 경우 $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$ 내의 Cr_3C_2 의 함유량이 증가할수록 우수한 내마모 특성을 가진다.

5. 참고문헌

1. R. Chelloni, Diesel and Gas Turbine Worldwide, Nov. p42 (1997).
2. Koichi Tagiri ; "Mo-based thermal spray coatings for piston ring application", 高温學會誌, Vol.18, supplement, 328-335 (1992).
3. Masaki Tanaka;"Ceramic-metal composite coated piston ring and cylinder liner of marine low speed diesel engine", 日本船用機關學會誌, Vol.27, No.3, 238-247 (1992).