

20. 폭발용사에 의한 내어로전성 서멧 피막 코팅에 관한 연구

재료공학과 김 현 근
지도교수 김 영 식

폭발용사는 폐쇄된 관내에 연료와 적당량의 산소를 충전하여 점화시킴으로서 초고속 충격파를 수반하는 폭발현상을 이용하여 세라믹스와 같은 고용점의 용사피막을 코팅하는 기술이다.

폐쇄된 관내에서 일어나는 폭발파(detonation wave)의 속도는 산소·아세틸렌 혼합기체를 사용할 경우 약 3000m/sec.에도 도달한다. 이러한 고온과 초고속의 폭발파 속에 용사용 분말을 투입해서 용융 또는 반응용 상태의 입자를 고속으로 모재에 붙여 붙여 피막을 형성하는 방법이 폭발용사이다. 이러한 고속 압력파에 의해 가속되는 용사입자의 비행속도는 음속의 2~4배에 도달할 수 있으므로 모재표면에서의 앵커효과(anchoring effect)가 대단히 높아 밀착성이 우수한 피막을 얻을 수 있다.

폭발용사는 지금까지 개발된 여타의 용사법에 비해 가장 탁월한 밀착특성을 얻을 수 있는 용사법으로 평가되어 매우 다양한 분야에 그 적용이 검토되고 있다. 그러나 이 용사법은 일반 프레이밍 용사나 플라즈마용사법에 비해 그 개발역사가 짧아 그 기술이 충분히 확립된 단계에 와 있지 않다.

초고온·고속류의 플라즈마 제트를 이용한 플라즈마용사 제트의 온도는 노즐 출구의 중심선에서는 10,000℃ 이상이며 용융입자의 비행속도는 900m/sec. 정도이다. 따라서 합금금속, 산화물 세라믹스 등 용융 가능한 물질은 모두 용사가 가능하고, 더구나 생성된 피막은 분말식 프레이밍용사에 비해 더욱 세밀하며, 밀착강도도 훨씬 높다. 이러한 이유로 지금까지 플라즈마용사가 분말용사의 주류로 되어 왔다.

그러나 WC, Cr₃C₂ 등을 포함하는 탄화물 세라믹스 서멧용사의 경우 그 피막의 품질이 폭발용사에 비해 뒤쳐지는 점이 있어, 상당히 가혹한 조건에서 사용되어지는 경우에는 폭발용사의 피막이 주로 사용된다. 폭발용사와 플라즈마용사의 차이는 화염의 온도는 플라즈마용사 쪽이 폭발용사보다 훨씬 높고, 화염의 유속은 폭발용사 쪽이 훨씬 빠르다. 화염의 온도가 너무 높으면 탄화물의 분해가 격렬하게 되고, 반대로 유속이 낮아지면 입자가 공기 중의 산소와 접촉하는 시간이 길게 되어 탄화물 중의 탄소가 산화하게 되어 탄화물 서멧의 특성을 저하시킨다.

일반적으로 세라믹스 분말을 소재표면에 용사하기 위해서는 양 재료간의 물성의 차이에 기인하는 열응력을 완화하여 밀착성을 향상시키기 위해 본드코팅을 실시한 후 그 위에 세라믹스 분말의 코팅을 실시한다. 그러나 이러한 공정에 의해 형성된 세라믹스피막은 공정히 복잡할 뿐만

아니라 세라믹스 피막내의 입자와 입자간의 결합력이 낮아 충분한 내에어로전성의 확보가 어렵게 된다.

내마모, 내식성을 증대시키기 위하여 공업적으로 광범위하게 사용되고 있는 용사재료는 Al_2O_3 , $Al_2O_3-TiO_2$, Cr_2O_3 , $Cr_2O_3-SiO_2$ 등의 산화물계 세라믹스 분말과 WC, Cr_3C_2 등의 탄화물계 세라믹스 분말로 분류할 수 있고, 탄화물계가 산화물계보다 높은 경도를 가지며 우수한 내마모성을 갖는다. 그러나 탄화물들은 고온에서 분해되기 쉽고 취성이 큰 단점이 있어 순수한 탄화물 상태로는 용사가 불가능하다. 그러므로 고온에서의 내식성과 내산화성이 우수한 NiCr, NiAl, CoNi 등의 금속 결합제를 첨가하여 서멧형태의 복합분말을 제조하여 사용한다. 이렇게 함으로써 모재와의 접합강도와 코팅층의 인성을 증대시키고 탄화물의 분해를 방지하여 코팅층의 특성을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 내열, 내식, 내마모 용사피막재료로서 가장 탁월한 특성을 갖는 것으로 알려진 WC와 Cr_3C_2 의 탄화물 세라믹스 분말에 대해 각각 적당량의 바인더재료를 혼합시킨 복합분말 상태로 하여 폭발용사법에 의해 서멧 피막코팅을 실시하고 피막의 에로전 특성을 중심으로 한 여러 가지 특성을 조사하여 이들 특성과 폭발용사조건과의 상관관계를 규명하였다. 또한 동일한 용사 분말을 사용하여 기존의 플라즈마용사법에 의해 용사피막을 형성하고 폭발용사피막과의 특성을 비교 고찰하였다.

소지금속(substrate)으로는 고강도, 고내식성의 SUS329J1급 2상 스테인리스강재를 이용하였고, 용사피막의 특성과 소지금속 자체의 특성에도 비교 고찰하였다. 이러한 실험결과로부터 최적의 용사피막 형성조건을 도출하여 가혹한 운전조건에서 작동되는 각종 부품의 표면용사 코팅조건을 제시하고자 한다.

