

# 세라믹 용사피막의 내식특성 개선에 관한 연구

이 주 원\*, 최 영 국, 김 영 식 (한국해양대학교)

## 1. 서 론

세라믹 용사법은 재료의 표면에 있어서 내열성, 내마모성, 내식성 등을 현저히 향상 시키는 표면처리기술로서 각광을 받고 있다. 그러나 용사과정 중에 발생하는 각종 야금학적, 역학적 현상으로 인해 용사피막과 소지금속 사이의 밀착강도가 저하되고, 용사피막을 형성하는 세라믹 용사입자들 사이의 기공이 형성되어 이의 개선이 없이는 신뢰성과 내구성이 충분한 용사제품을 얻을 수 없다.

여러가지 용사방법 중에서 철강 소지금속의 내마모성 및 내열성 향상을 위해 특히 알루미늄( $Al_2O_3$ )세라믹 분말의 용사가 최근들어 빈번히 적용되고 있는 추세이다. 그러나 알루미늄 세라믹 용사피막층의 경우 기공발생이 문제시 되며, 플라즈마와 같은 고에너지가 요구되고 세라믹 입자내에 미세균열이 발생하여 내식성과 내마모성이 저하된다.

본 연구에서는 에너지 소모가 적은 화염용사법을 사용하여, 용사피막층내의 기공 발생을 감소시키기 위해서 소정의 혼합비로 조성된 세라믹과 Ni기합금분말의 복합 분말에 의해 용사피막층을 제작하였다. 그리고 용사피막층의 미세조직과 경도 등에 미치는 세라믹과 Ni합금분말 혼합비의 영향에 대하여 조사하였다.

## 2. 실험방법

본 실험의 용사장치는 Eutectic Ltd.제의 화염용사장치(Terodyn System 2000)를 사용하였으며, 탄소강 평판(SS41,  $30 \times 40 \times 6$ mm)을 소지금속으로 사용하였다. 소지금속 표면을 샌드블라스팅(Sand blasting) 한 후, 아세톤 용액 중에서 초음파 세정하였다. 용사분말로서는 Ni기합금분말(입경  $45-90\mu m$ )과 세라믹분말( $Al_2O_3$ , 입경  $15-53\mu m$ )을 사용하여, 소정의 혼합비로 혼합 후 용사피막을 형성시켰다. 형성된 용사피막에 대해 미세조직을 관찰하고, 마이크로 비커스 경도시험기에 의해 용사피막 단면의 경도를 조사하였다. 또한 황산수용액 중에 용사시편을 침지하여 내부식성 시험을 행하였다.

Table 1 은 본 실험에 사용한 모재(SS41) 및 분말의 화학적 조성을 나타내고, Table 2와 Table 3에 용사조건 및 용사피막 형성을 위한 Ni기합금분말과 세라믹 분말과의 중량혼합비를 각각 표시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Photo.1은 혼합비에 따른 용사피막의 광학현미경을 통하여 관찰한 미세조직을 보이고 있다. 소지금속 표면에 Ni기 자용성합금으로 하지피막을 형성한 후, 그 위에 세라믹 분말만을 용사한 시험편 A의 경우는 세라믹 피막층내에 미세기공이 전반적으로 고르게 분산되어 있다. Ni기합금분말의 중량 혼합비 10, 20, 30 wt%로 조성된 세라믹 분말과의 복합분말을 용사한 시험편 B, C, D의 경우는 세라믹만을 용사한 시험편 A보다 피막층의 미세기공이 고르게 분산되어 있지 않고, 미접합부분이 현저하게 많이 나타나고 있다. 이에 대한 원인은 다음과 같다고 사료된다.

- 1) 혼합복합분말 중에 Ni기합금분말이 소량으로 함유되어 있으므로 분사시 용융된 Ni기합금은 알루미늄 분말을 전부 피복시키기에는 부족하기 때문이다.
- 2) 용사과정에서 비행도중 액체금속에 알루미늄분말이 부착되어 응집된 상태로 소지금속에 피복되기 때문이다.

3) 용집상태의 복합물질이 소지금속상에 부착될 때, 액체금속 부분은 소지금속으로의 열전달에 의해 급속응고 되므로 뒤에 오는 비행분말의 운동에너지로서는 고상의 금속을 압착할수 없기 때문이다.  
 한편 Ni기합금분말의 중량 혼합비가 50, 80 wt%인 시험편 E, F의 경우는 점차적으로 용사피막층의 미접합부 및 미소기공도 현저하게 감소되는데, 이러한 원인은 다음과 같다.

- 1) Ni기합금분말이 다량으로 존재하므로 알루미늄 입자의 액체금속에 의한 피복면적이 증가하기 때문이다.
- 2) 액상금속량의 증가로 인하여 소지금속상에서의 용고속도가 감소하기 때문이다.
- 3) 혼합분말의 밀도증가에 따른 비행속도 및 운동에너지 증가에 의한 효과로 후속 비행입자에 의한 압착효과가 증가하기 때문이다.

일반적으로 용사피막에서 미접합부와 미소기공은 내식성을 크게 저하시키는 요인이 되는데, 시험편 E, F와 같이 적절한 혼합비로 복합 용사한 피막은 내식성을 크게 향상시킬 수 있다.

Fig.1은 혼합비에 따른 용사피막의 단면에서 마이크로 비커스 정도를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면, Ni기합금분말의 혼합비가 증가 할수록 시험편 A에 비해 점차적으로 감소하는 경향이 나타났다. 그 이유는 알루미늄에 비해 정도가 낮은 Ni기합금량이 증가하기 때문이다.

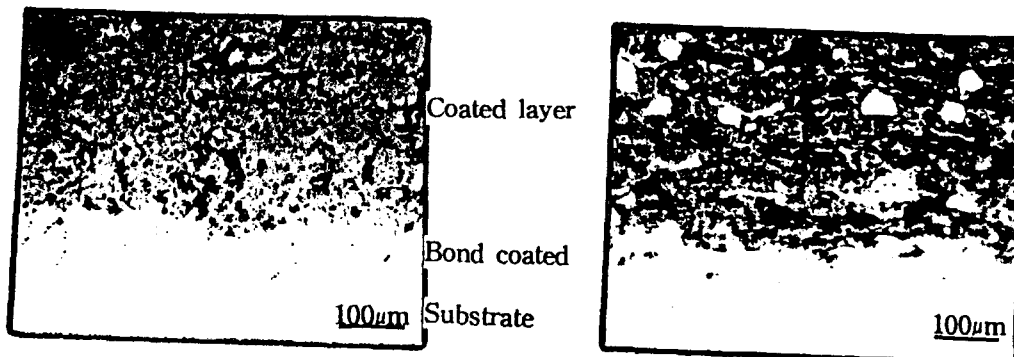
#### 4. 결 론

강재표면에 대한 알루미늄( $Al_2O_3$ )세라믹분말 용사에 있어서 세라믹분말과 Ni기합금분말의 혼합비를 변화시켜 얻어진 용사피막의 미세조직, 미소경도에 미치는 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용사층의 미접합부와 미소기공은 Ni기합금분말의 혼합비가 30%이하의 경우는 세라믹만의 피막층보다 현저하게 증가하였고, 50%이상에서는 점차 감소하여 치밀한 미세조직을 형성한다.
- 2) 용사층의 미소경도는 Ni기합금분말의 혼합비가 증가할 수록 저하한다.

Table 1 Chemical composition of Ni-Al,  $Al_2O_3$  ceramic powder (wt %)

| Ni-Al(size : 45~95 $\mu m$ ) |      | $Al_2O_3$ (size:15~53 $\mu m$ ) |      |
|------------------------------|------|---------------------------------|------|
| Ni                           | 95.5 | $Al_2O_3$                       | 94.0 |
|                              |      | $TiO_2$                         | 2.5  |
|                              |      | $SiO_2$                         | 2.0  |
|                              |      | $Fe_2O_3$                       | 1.0  |
| Al                           | 4.5  | other oxides                    | Bal. |

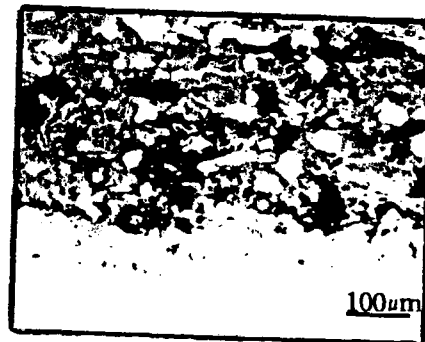


(a) Specimen A

(b) Specimen B



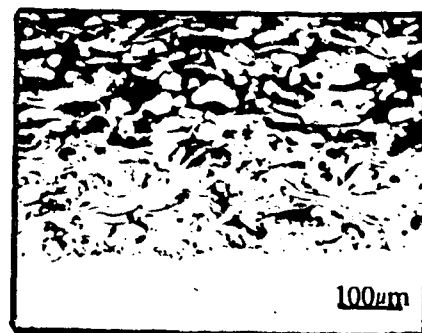
(c) Specimen C



(d) Specimen D



(e) Specimen E



(f) Specimen F

Photo.1 Microstructure of sprayed coating

Table 2 Spraying conditions

|                   |  |        |
|-------------------|--|--------|
| Oxy. gas pressure | 343 KPa  | const. |
| Ace. gas pressure | 98 KPa   | const. |
| Spray distance    | bond 200mm<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 80mm<br>Mixture 150mm |        |
| Spray rate        | bond 3.6kg/hr.<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.8kg/hr.         |        |
| Spray gas(Oxy.)   | 274 KPa  |        |

Table 3 Configurations of sprayed coatings

| Specimen | Configuration                          | Thickness of coated layer( $\mu$ m) |
|----------|--|-------------------------------------|
| A        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> coating | 350                                 |
| B        | Mixed coating<br>(10% Ni-base alloy)   | 380                                 |
| C        | Mixed coating<br>(20% Ni-base alloy)   | 380                                 |
| D        | Mixed coating<br>(30% Ni-base alloy)   | 380                                 |
| E        | Mixed coating<br>(50% Ni-base alloy)   | 380                                 |
| F        | Mixed coating<br>(80% Ni-base alloy)   | 380                                 |

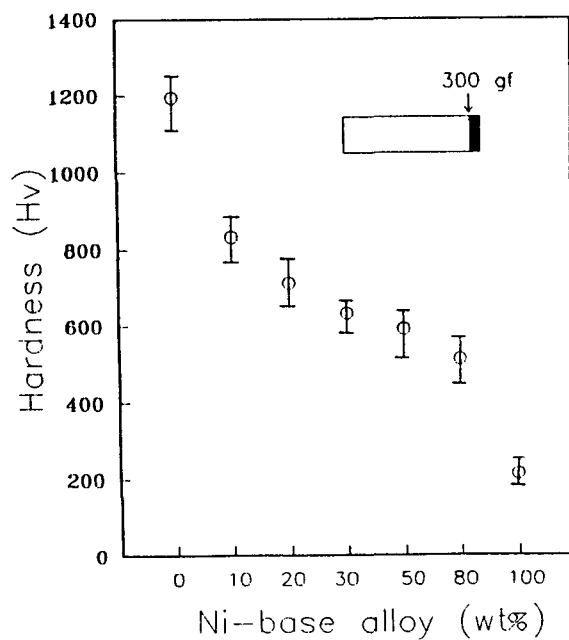


Fig.1 Results of microhardness test of specimens with various coating configuration.