

티타니아 세라믹 용射皮膜의 機械的 特性에 미치는 용射條件의 影響에 관한 研究⁺

金 永 植* · 金 永 植**

Effects of Spraying Conditions on the Mechanical Properties of Titania Ceramic Coating Layer

Y. S. Kim, Y. S. Kim

Abstract

The purpose of this investigation is to examine the effects of spraying conditions on the mechanical properties of flame-sprayed titania ceramic coating layer. Titania ceramic was sprayed onto the mild steel substrate under the various spraying conditions. Spraying distances were 100, 150, 200, 250mm respectively and pinch air pressures were 0.2, 0.3, 0.4 MPa at each spraying distance. The mechanical properties such as microhardness, adhesive strength and erosion wear resistance were tested for the specimens sprayed under the various spraying conditions above mentioned.

The optimum operational conditions obtained through the experimental results were 150mm of spraying distance and 0.3 MPa of pinch air pressure.

1. 緒 論

금속표면에 耐熱, 耐蝕, 耐磨耗 등의 기능을 부여하는 表面改質技術의 한 방법으로서 熔射法(thermal spraying)이 최근 각광을 받고 있다^{1,2,3)}. 산소-아세틸렌 가스염을 熱源으로 하는 플레임(flame) 熔射法은 조작이 간단하고 설비비나 운전경비가 저렴할 뿐 아니라 사용재료도 금속이나 각종 기능성 합금을 비롯하여 高融點의 세라

믹(ceramic)에 이르기까지 매우 다양하기 때문에 여러 산업분야에 그 적용을 넓혀가고 있다⁴⁾. 熔射法에 의해 작성된 熔射皮膜은 그 積層狀態나 기계적 특성에 있어서 많은 熔射變數들에 의해 영향을 받기 때문에 사용환경이나 재료에 따른 적절한 熔射條件의 선정은 熔射工程에 있어서 가장 중요한 문제이다. 플레임 熔射法에 있어서의 중요한 熔射變數로는 산소 및 아세틸렌 가스의 압력과 유량, 熔射粉末의 송급량, 熔射距離 및 加速空氣壓

⁺ 1991년 4월 춘계학술강연회 발표

* 正會員, 釜山水產大學校

** 正會員, 韓國海洋大學

(pinch air pressure : P.A.P.) 등이 있으나 熔射 제품의 품질을 결정하는 熔射工程상의 變數는 熔射距離와 加速空氣壓이다. 熔射距離나 加速空氣壓에 따라 熔融粒子的 온도나 飛行速度가 달라지며 이러한 熔融粒子的 온도나 飛行速度는 熔射皮膜의 積層狀態나 그 기계적 특성에 지배적인 영향을 미친다^{5,6)}.

본 연구에서는 플레임 熔射法에 의해 티타니아(titania) 세라믹을 熔射함에 있어서, 最適의 熔射條件을 선정하기 위한 연구의 일환으로 熔射距離 및 加速空氣壓을 달리하여 熔射하고, 이러한 熔射條件이 熔射皮膜의 기계적 성질에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 實驗方法

2-1 熔射裝置 및 材料

본 실험의 熔射裝置로는 Eutectic社製의 플레임 熔射裝置(Terodyn system 2000)를, 素地 금속재료로서는 탄소강 평판(SS41, 40×50×6mmt)을 사용하였다. 素地 금속과 세라믹코팅(ceramic coating) 사이의 본드코팅(bond coating)재로서는 粒徑 46-107 μ m의 Ni-5%Al 합금 분말을, 세라믹코팅재로서는 미량의 酸化物이 첨가된 粒徑 15-88 μ m의 티타니아 세라믹 분말을 사용하였다. Fig. 1은 본 실험에 사용한 플레임 熔射裝置의 계통도를, Table 1은 세라믹코팅 분말의 化學造成을 나타낸다.

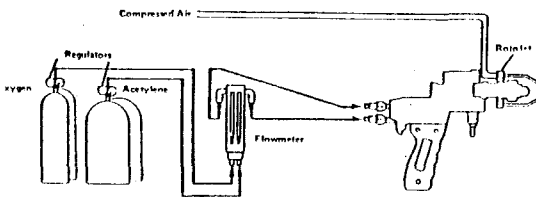


Fig. 1 Schematic illustration of flame spraying unit.

Table 1. Chemical composition of ceramic powder used

(wt %)					
TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO
99.2	0.4	0.2	0.12	0.05	0.03

2-2 前處理 및 試驗片의 作成

熔射에 앞서 40×50×6mmt로 가공한 素地 금속 재료에 대해 前處理로서 #30 알루미늄 블라스트(alumina blast)에 의해 표면을 粗面化한 후 아세톤으로 초음파 세척을 행하였다. 이와 같이 전처리한 素地 금속 재료를 90℃로 예열하여 熔射距離 및 加速空氣壓을 달리한 12種類의 熔射皮膜試驗片을 作成하였다. 熔射皮膜의 두께는 400±30 μ m로 하였다. Table 2는 본 실험에 있어서의 熔射條件을 나타낸다.

Table 2. Spraying conditions

Ace. gas pressure (KPa)	343
Oxy. gas pressure (KPa)	98
Spraying rate (kg/hr)	3.6 (Bond coating) 1.6 (Ceramic coating)
Air pressure (KPa)	0.2, 0.3, 0.4
Spraying distance (mm)	100, 150, 200, 250

2-3 特性評價試驗

전술한 바와 같이 熔射距離 및 加速空氣壓을 달리한 12종류의 熔射皮膜試驗片에 대해 이러한 熔射條件이 熔射皮膜의 기계적 성질에 미치는 영향을 비교 검토하기 위해 각각의 試驗片에 대해 다음의 特性評價試驗을 행하였다.

2-3-1 組織試驗

금속현미경과 SEM을 사용하여 熔射皮膜斷面の 微細構造 및 표면의 積層狀態를 분석하였다.

2-3-2 微小硬度試驗

500gf의 하중을 사용한 마이크로비커스 경도시험기에 의해 熔射皮膜斷面の 微小硬度를 측정하였다. 한 試驗片當 측정개소는 5개소로 하였다.

2-3-3 密着強度試驗

만능재료 시험기에 3점굽힘시험용 지그를 제작, 부착하여 1mm/min의 變位制御速度로 하중을 가해 素地 금속과 熔射皮膜 사이에서 박리가 일어나는 시점에서의 變位를 측정하였다. Fig. 2는 密着強度試驗의 개략도를 나타낸다.

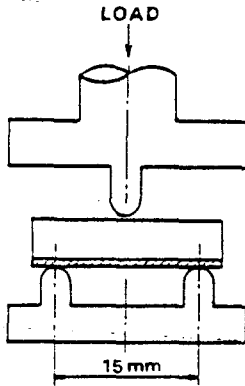
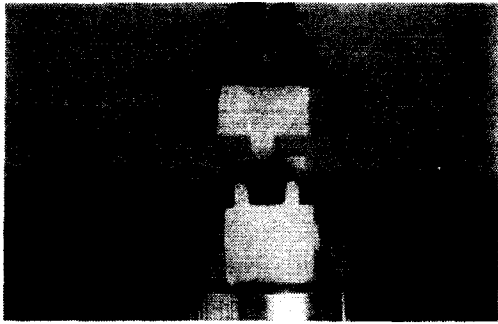


Fig. 2 Schematic illustration of adhesive strength test.

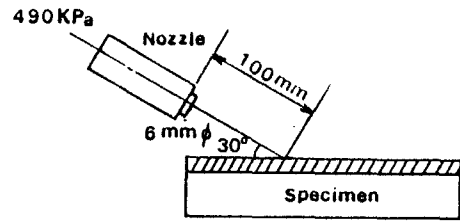
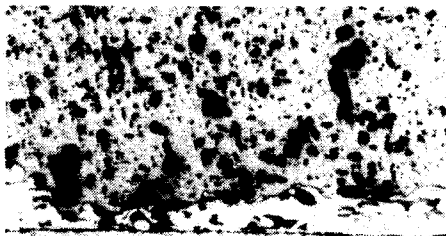


Fig. 3 Schematic illustration of blast erosion test.

2-3-4 블라스트 이로우전 (blast erosion) 試驗 블라스트 장치를 이용하여 6mm ϕ 의 노즐을 통해 490KPa의 압력으로 블라스트재를 용射皮膜 표면에 분사하여 탈락된 피막의 무게를 1/10000g 단위까지 측정하였다. 블라스트 각도는 30°, 노즐로부터 용射皮膜表面까지의 거리는 100mm로 하였다. 블라스트 재료는 #30 알루미늄이나 150g을 사용하였다. Fig. 3은 블라스트 이로우전試驗의 개략도를 나타낸다.

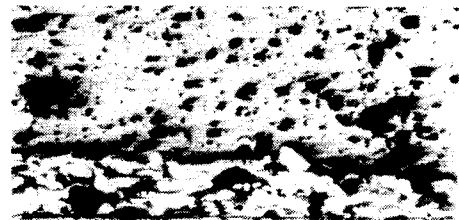
3. 實驗結果 및 考察

Fig. 4 및 5는 각각 加速空氣壓 0.3MPa에서 용射距離의 변화에 따른 용射皮膜의 斷面微細構造



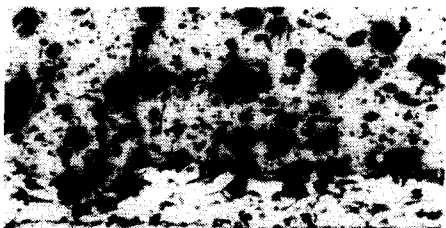
200 μ m

(a) 100 mm



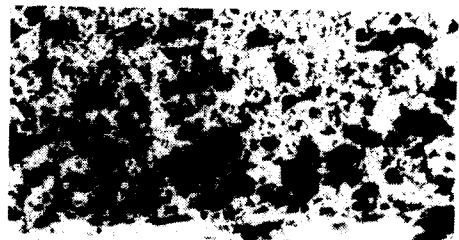
200 μ m

(b) 150 mm



200 μ m

(c) 200 mm



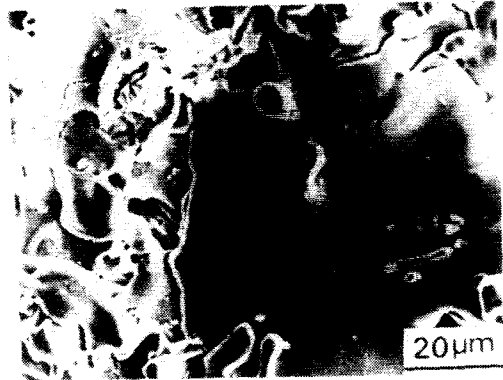
200 μ m

(d) 250 mm

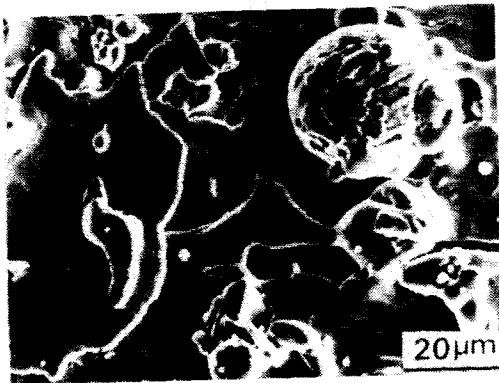
Fig. 4 Microstructure of sprayed coating with spraying distance (P.A.P=0.3MPa).



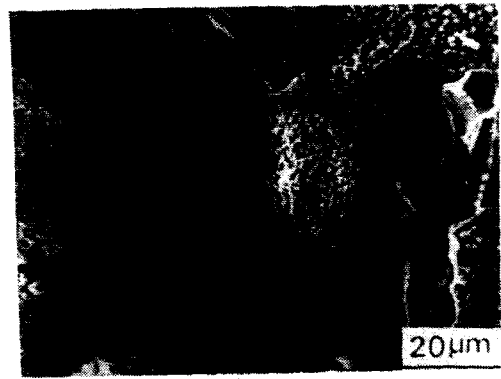
(a) 100 mm



(b) 150 mm



(c) 200 mm



(d) 250 mm

Fig. 5 SEM photograph of sprayed coating with spraying distance (P.A.P.=0.3MPa).

및 表面積層狀態의 變化를 나타낸 것이다. 熔射距離 100-150mm인 試驗片의 경우는 組織이 치밀하여 氣孔의 含量이 적으나, 熔射距離가 200mm이상인 試驗片은 熔射皮膜내의 氣孔의 크기나 含量이 증가하고, 특히 熔射距離 250mm인 試驗片에 있어서는 그 증가가 현저하다. 또한 熔射皮膜 표면의 SEM사진에서 알 수 있는 바와 같이 熔射距離 100-150mm인 試驗片의 경우는 熔融상태가 양호하여 熔融粒子의 扁平이 잘 이루어졌으나, 熔射距離 200mm인 試驗片은 일부 粒子가 半熔融상태로 積層되어 있고, 熔射距離 250mm인 試驗片은 熔融粒子가 냉각된 상태에서 積層되어 있다.

Fig. 6은 熔射距離의 變化에 따른 熔射皮膜 斷面 微小硬度的 變化를 나타낸 것이다. 加速空氣壓 0.3MPa, 熔射距離 100-150mm인 試驗片의 경우 다른 熔射條件에 의한 試驗片에 비해 비교적 높은

硬度값을 보이며, 加速空氣壓 0.4MPa의 試驗片은 熔射距離에 관계없이 전체적으로 낮은 硬度값을 보이고 있다. 또한 熔射距離가 200mm를 넘는 경우 加速空氣壓에 관계없이 熔射皮膜의 微小硬도는 현저히 낮아지고 있다.

Fig. 7은 熔射距離의 變化에 따른 密着強度試驗의 결과를 나타낸 것이다. 熔射距離 100-200mm, 加速空氣壓 0.2-0.3MPa인 試驗片인 경우 素地 금속과 熔射皮膜 사이의 密着強度가 비교적 높은데 비하여 熔射距離가 200mm이상이거나 또는 加速空氣壓이 0.4MPa인 試驗片의 경우 그 密着強度는 급격히 저하하고 있다.

Fig. 8은 熔射距離의 變化에 따라 블라스트 이로우전試驗의 결과를 나타낸 것이다. 加速空氣壓 0.3MPa, 熔射距離 100-150mm인 試驗片의 경우가 탈락된 양이 가장 적으며 熔射距離가 250mm인

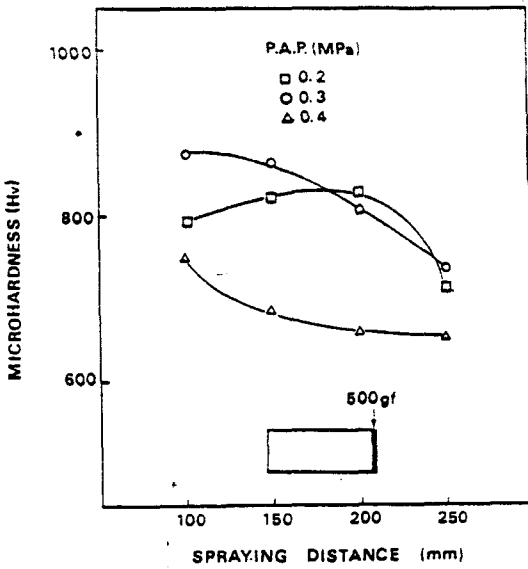


Fig. 6 Variation of microhardness with spraying distance.

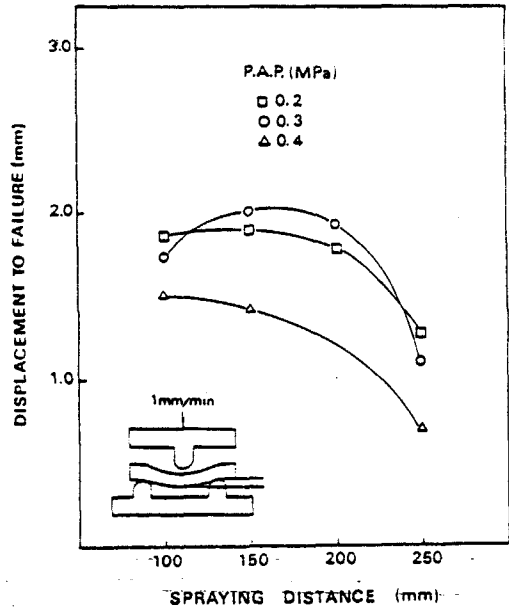


Fig. 7 Variation of adhesive strength with spraying distance.

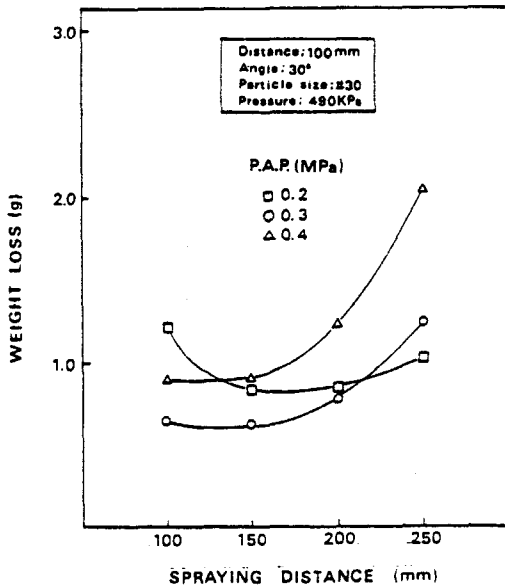


Fig. 8 Variation of blast erosion wear resistance with spraying distance.

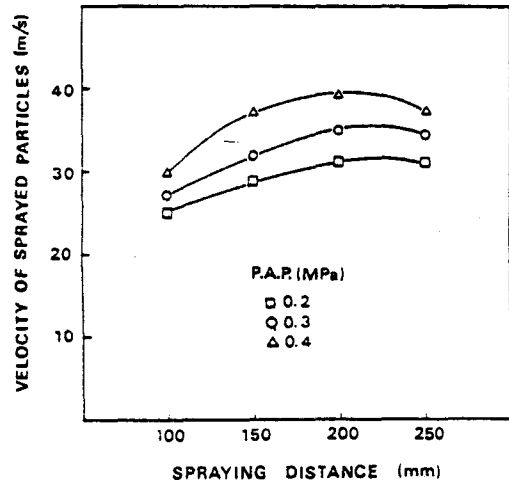


Fig. 9 Variation of sprayed particle velocity with spraying distance.

試驗片의 경우는 加速空氣壓에 關係없이 탈락된 양이 증가하는 양상을 나타내고 있다.

이상의 결과로 부터 용射皮膜의 積層狀態나 기계적 특성은 용射距離와 加速空氣壓에 따라 큰 차이를 보인다는 것을 알 수 있는데 이것은 전술한 바와 같이 이러한 용射條件에 따라 용射粒子의 飛

行速度나 온도가 크게 달라지기 때문이다. Fig. 9는 용射粒子의 平均飛行速度를, Fig. 10은 용射炎의 온도를 계측한 결과이다. 용射粒子의 飛行速度는 1/4000의 셔터속도로써 촬영한 용射粒子의 軌跡에 의해 구했으며, 용射炎의 온도는 본 연구에서와 동일한 플래임 용射裝置를 이용하여 측정한 Shimizu 등⁷⁾의 결과로 부터 plot한 것이다. 이

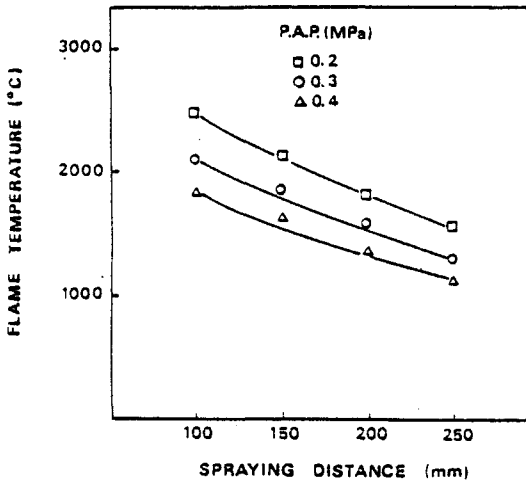


Fig. 10 Variation of flame temperature with spraying distance (Shimizu's result).

두 그림에서 알 수 있는 바와 같이 용射粒子的 飛行速度는 加速空氣壓이 커질수록 증가하며 또한 노즐로부터의 거리가 약 200mm인 지점에서 그 속도는 최대가 된다. 반면 용射炎의 온도는 加速空氣壓이 커질수록 낮아지며 또한 용射距離가 멀어질수록 낮아지고 있다. 본 실험에서 사용한 티타니아 세라믹의 融點은 1850°C로서 Fig. 10의 결과에 의하면 용射距離가 200mm이상이거나 혹은 加速空氣壓이 0.4MPa로서 용射距離가 100mm이상의 경우 용射粒子는 이미 냉각이 시작되고 있다. 냉각이 시작된 이후 積層된 용射皮膜은 氣孔의 크기나 함량이 증가하고, 또한 용射粒子和 粒子 사이의 結合力이 좋지 못하여 그 기계적 특성은 현저히 저하하게 된다. 진술한 용射皮膜의 組織試驗이나 기계적 特性評價試驗에서 용射距離 100-150mm, 加速空氣壓 0.2-0.3MPa인 試驗片이 비교적 양호한 결과를 나타내는 것은 이러한 용射條件하에서 熔融粒子는 냉각되지 않고 또한 높은 속도에너지로 지닌 상태로 素地 금속 표면에 충돌하

여 積層되기 때문인 것으로 판단된다.

4. 結 論

플레임 용射法에 의한 티타니아 세라믹의 용射에 있어서, 最適의 용射條件을 선정하기 위한 연구의 일환으로 용射距離 및 加速空氣壓을 달리하여 용射하고, 이러한 용射條件이 용射皮膜의 기계적 성질에 미치는 영향을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 용射皮膜의 積層狀態 및 氣孔의 함량은 용射距離 100-150mm, 加速空氣壓 0.2-0.3MPa일 때 다른 용射條件에 비해 양호하였다.
- 2) 용射皮膜의 微小硬度, 耐이로우전性 및 素地 금속과의 密着强度를 고려하여 선정한 最適의 용射條件은 용射距離 150mm, 加速空氣壓 0.3MPa임이 확인되었다.

參考文獻

- 1) K. N. Strafford et al, Coatings and Surface Treatment for Corrosion Wear Resistance, (1984).
- 2) Komori Tadashi et al, Welding Tech., Vol. 37, No. 6, (1989), pp. 60-93.
- 3) Ohmori Akira et al, Welding Tech., Vol. 38, No. 6, (1990), pp. 62-93.
- 4) Kasai Kyothuna, Welding Tech., Vol. 34, no. 8, (1986), pp. 25-33.
- 5) R. McPherson, Thin Solid Films, Vol. 83, (1981), pp. 297-310.
- 6) Junji Morimoto et al, J. of High Tem. Soc., Vol. 13, No. 4, (1987), pp. 153-160.
- 7) Yasuo Shimizu et al, J. of Japan Thermal Soc., Vol. 26, No. 3, (1989), pp. 9-15.