

Formation of Ti coatings by HVOF spraying
by Takeshi Fukushima and Seiji Kuroda

キーワード : HVOF 溶射、Ti 皮膜、ガスシュラウド、粉末粒径、基板温度

Keywords : HVOF spraying, Ti coatings, Gas shroud, Particle size, Temperature

1. 緒言

Ti は耐食材料としてよく知られているが、大気中で高温にさらされると容易に酸化されやすい活性な材料であることから、大気中溶射による Ti の耐食皮膜の形成は困難であった。

近年実用化されている HVOF 溶射法は、溶射粒子の飛行速度が 500m/s 以上の高速で基板に衝突するため、大気中で気孔や酸化物の少ない緻密な皮膜が得られる。本報告では、HVOF 溶射ガンに開発したガスシュラウドを装着して成膜を行い、海洋環境における耐食を目的とした Ti 皮膜の形成性を検討した結果を報告する。

2. 実験方法

20 cm のバレルに既報¹⁾ と同一のガスシュラウドを装着した。まず Ti 粉末を粒径 25~45、45~63、63~90 μm の 3 種類に篩って鏡面研磨したステンレス鋼板上に溶射してそれぞれの粒子の付着状態 (スプラット) を観察した。次に厚さ 5 mm の SS400 軟鋼基板上に厚さ約 400 μm の皮膜を **Table 1** に示す溶射条件で形成した。この条件での燃焼炎は、燃焼炎中での溶射粒子の酸化抑制のために還元炎を採用している。溶射距離は基板とシュラウド先端の間隔を

8 cm とした。また、溶射に際して基板を水冷、空冷及び無冷却とし、成膜中の基板温度を測定した。測温は、基板の溶射面から約 0.5 mm の位置に直径 1.3 mm、深さ 20 mm の穴を開け、K 熱電対を固定して行った。得られた皮膜について、光学顕微鏡による組織観察、XRD による生成相及び人工海水中での腐食モニタリングによる腐食抵抗値などを調べた。

3. 結果及び考察

同一溶射条件で、粒径を変えた場合の鏡面ステンレス鋼板上でのスプラットを観察した。小さい粒径では周囲へ激しく飛散していて、多くの粒子が溶融していたが、粒径が大きくなると溶融度が減少し、飛散がほとんど見られないことを確認している。

Fig. 1 は一例として、水冷基板上に粒径を変えて溶射した場合の皮膜断面組織を示す。粒子の積層状態は、粒径 25~45 μm では溶融した粒子が複雑に積層しているが、粒径が大きくなるに伴い未溶融粒子の割合が増加して、個々の粒子が塑性変形して積層するために粒子間の判別が容易になる。また、それぞれの皮膜について化学分析によって酸素含有量を調べたところ、大きな粒径になるほど、また基板温度が低いほど酸素量が減少していることを確認した。なお、水冷、空冷及び無冷却での基板温度はそれぞれ約 470K、670K、770K であった。

Table 1 Spraying conditions

Oxygen flow rate : 760 l/min
Fuel flow rate : 0.49 l/min
Barrel length : 20 cm
Torch standoff : 8 cm (from the end of shroud)
Powder size : 25~45, 45~63, 63~90 μm
Torch traverse speed : 70 cm/s
Substrate : SS400 (5 mm thickness)
water cooling, air cooling, no cooling
N ₂ -1 gas flow rate : 2500 l/min
N ₂ -2 gas flow rate : 450 l/min

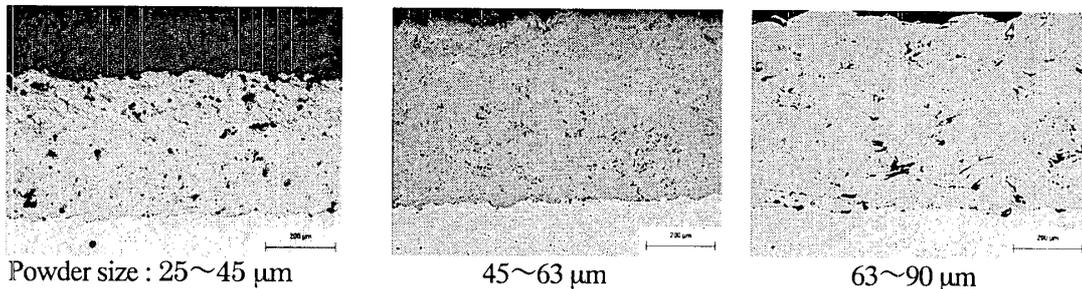


Fig. 1 Microstructures of cross sections of Ti coatings by water cooling of substrate

Fig. 2 に、基板を水冷して粒径を変えた場合の皮膜表面と原粉末の X 線回折結果を示す。原粉末には Ti のピークのみが示されるが、粒径が小さくなると酸化物(主に TiO)の生成が多く認められる。また、同一粒径で基板温度を変えた場合では、高温のほうが酸化され易いことが認められた。

Fig. 3 は、粒径を変えて基板を水冷して成膜した皮膜を人工海水中に 3 日間浸漬した際の腐食抵抗値の経時変化を示す。

粒径 25~45 μm の皮膜は、大きい粒径に比べて低い抵抗値を示し、腐食速度が速いことを示している。このことは、基板に達する開気孔が、大きい粒径の皮膜に比べて多いためと思われる。また、同一粒径では空冷、無冷却の方が水冷より腐食抵抗が高いことが確認され、基板温度には適切な範囲があることが分かった。しかし、いずれも Ti のバルク材よりかなり低い腐食抵抗値であることが認められた。

4. 結言

HVOF 溶射による耐食を目的として溶射

ガンにガスシュラウドを装着し、燃焼炎に還元炎を用いて粉末粒径と基板の温度を変化させて Ti 皮膜の形成を試みた。その結果、粒径及び基板温度を制御することによって酸化の少ない比較的良好な皮膜が得られることが分かった。しかし、人工海水中での腐食モニタリングによる腐食試験の結果では、Ti のバルク材に比べて耐食性が不十分であることから、今後は皮膜の緻密化について検討する必要があることが分かった。

謝辞

本実験の遂行にあたり熱心に協力された東京理科大学院生、山田英登君(現:ソニー(株))に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 福島、黒田:「ガスシュラウドを用いた HVOF 溶射」(第 2 報)、溶接学会全国大会講演概要、第 69 集、214-215 (2001)

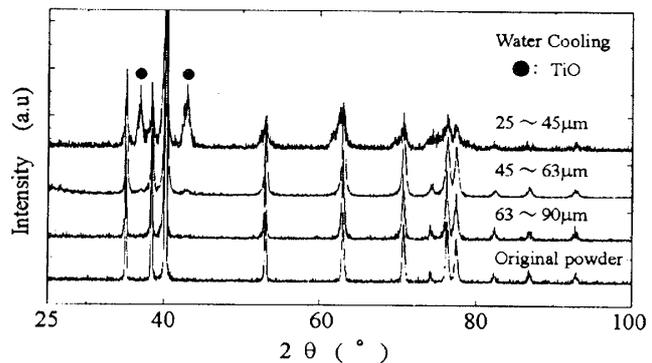


Fig. 2 X-ray diffraction pattern of Ti coatings

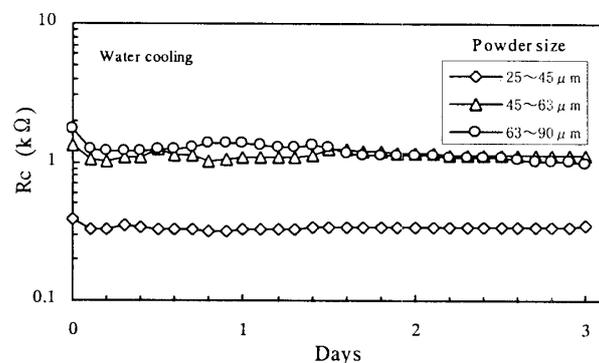


Fig. 3 Corrosion resistance(R_c) of Ti coatings by corrosion monitoring in artificial sea water at 3 days