

ガストンネル型プラズマ溶射による高硬度ジルコニア皮膜における熱処理の効果

大阪大学溶接工学研究所

小林 明

大阪大学大学院

山藤勝弘

産業技術短期大学

北村多平

Effect of Heat Treatment on High Hardness Zirconia Sprayed  
Coating by Means of Gas Tunnel Type Plasma Spraying  
Akira Kobayashi, Katsuhiko Yamahuji, Tahei Kitamura

### 1. 緒言

ガストンネル型プラズマ溶射によるセラミックス皮膜については、これまでの研究において、その特性を様々な溶射条件で明らかにしてきたが、従来の溶射によるセラミックス皮膜よりも高品質皮膜が得られることが分かっている。例えば、アルミナ皮膜を作製した場合、皮膜硬度が上昇し、溶射距離  $L$  が  $50\text{mm}$  以下では、非常に高いビッカース硬さが得られる。

ジルコニア皮膜の場合も近距離溶射により、高硬度皮膜が得られ、 $P = 33\text{kW}$ 、 $L = 30\text{mm}$  でビッカース硬さは  $H_v = 1200$  となる。この場合、従来型プラズマ溶射と比べて硬度は  $20 \sim 30\%$  高く、皮膜に巨視的な割れは見られない。

本研究では、この高硬度ジルコニア皮膜について、熱処理による硬度特性への影響を明らかにするとともに、ジルコニア皮膜の構造の変化についても議論する。

### 2. 実験方法

本研究で用いたガストンネル型プラズマ溶射装置のガスダイバータノズル径は  $15\text{mm}$  であり、作動ガスである Ar の流量は  $Q = 220\text{ l/min}$  である。本研究では、主に近距離溶射 ( $20 \sim 50\text{mm}$ ) で皮膜を作製したが、プラズマジェット発生後、パイロットトーチ入力を 0 としている。基材のトラバース速度は約  $100\text{cm/min}$  である。また、使用したジルコニア粉末は市販の K-90 型であり、 $\text{ZrO}_2:90.78\%$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:8.15\%$  である。粉末供給速度は  $w = 17\text{g/min}$  である。

作製したジルコニア皮膜の断面は光学顕微鏡などを用いて観察した。また、皮膜の構造を調べるため皮膜表面から X 線回折法で測定した。溶射皮膜の硬度測定は、皮膜断面の無気孔領域を、 $100\text{g}$  荷重、 $25\text{s}$  以上の荷重時間で 10 回測定した平均値として計算した。

次に、作製した灰色の皮膜を電気炉により  $800^\circ\text{C}$ 、空気中で 1 時間熱処理し、熱処理後、炉内で空冷した。この場合のジルコニア皮膜の酸素欠損率は、熱処理前と熱処理後の皮膜重量の変化から計算した。また、熱処理後の皮膜のビッカース硬さと X 線回折パターンの変化も調べた。

### 3. 実験結果および考察

Fig.1 にガストンネル型プラズマ溶射で作製したジルコニア溶射皮膜断面のビッカース硬さ  $H_v$  と溶射距離  $L$  の関係を示す。プラズマトーチへの入力  $P$  はそれぞれ  $17\text{kW}$  および  $22\text{kW}$  である。

皮膜硬度は溶射距離が近い程大きくなる。更に、溶射距離  $L$  が  $L < L_p (= 40\text{mm})$  の場合では高硬度皮膜となる。 $P = 22\text{kW}$  の場合、 $L = 30\text{mm}$  の近距離ではビッカース

硬さは  $H_v = 1050$  となる。しかし、 $P = 17\text{kW}$  では、最短溶射距離  $L = 20\text{mm}$  でのみ  $H_v = 1000$  の高硬度皮膜となる。

Fig. 2 に  $P = 20\text{kW}$ 、 $L = 30\text{mm}$  の条件で作製したジルコニア皮膜断面の厚さ方向のビッカース硬さの分布を示す。この皮膜厚さは  $t_c \approx 120\ \mu\text{m}$  で色は灰色であった。図のように硬度分布は放物曲線となり、皮膜表面 (Y 軸) 付近での硬度が基材付近よりも大きく高硬度層が存在している。皮膜表面からの距離  $l = 40\ \mu\text{m}$  で最も硬く  $H_v = 1000$  である。

次に、Fig. 2 に示した皮膜について熱処理を行なった結果、皮膜の色は、灰色からジルコニア粉末の色である黄色へと変化した。これは、還元されて灰色だったジルコニア皮膜が空気中での熱処理による酸化により、黄色に戻ったと考えられる。この場合のジルコニア中の酸素欠損率は、 $1.25\text{at}\%$  であった。

Fig. 3 に熱処理後のジルコニア皮膜断面のビッカース硬さの分布を示す。熱処理後では、皮膜表面付近の高硬度層において熱処理前と比べ硬度が  $H_v = 1000$  から  $H_v = 650$  へと低下し、熱処理後の厚さ方向の皮膜断面の硬度分布は平坦になる。これは、熱処理によりジルコニア皮膜の内部応力が緩和されたためと考えられる。

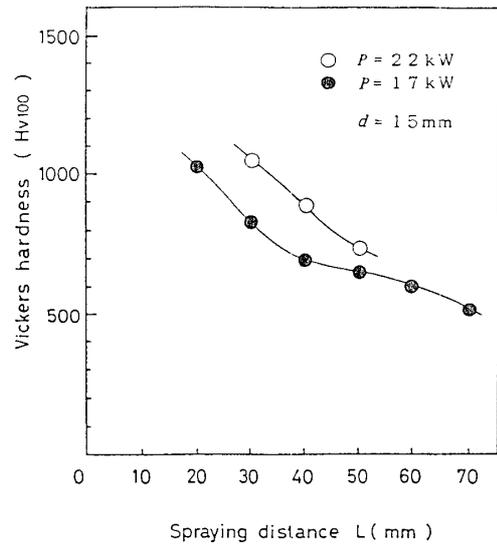


Fig. 1 Dependences of Vickers hardness of zirconia coating on spraying distance at  $P=17\text{kW}$  and  $P=22\text{kW}$ , gas diverter nozzle diameter:  $d=15\text{mm}$

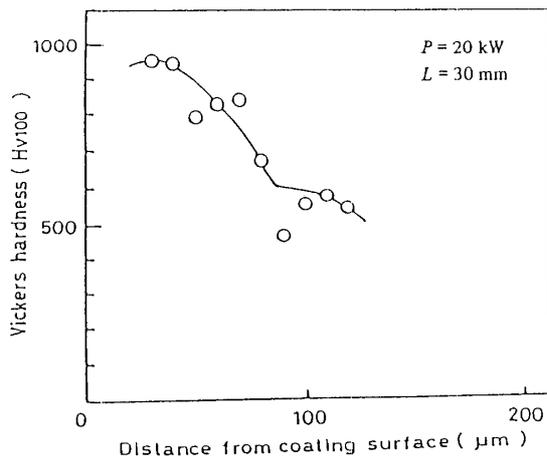


Fig. 2 Distribution of Vickers hardness on cross section of zirconia coating at  $L=30\text{mm}$ , when  $P=20\text{kW}$

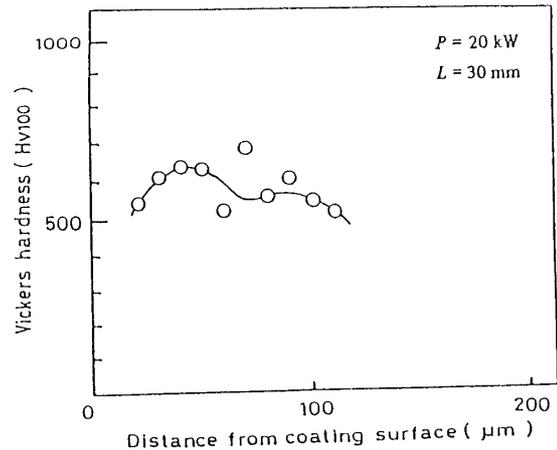


Fig. 3 Distribution of Vickers hardness on cross section of zirconia coating after heat treatment; as sprayed at  $L=30\text{mm}$ , when  $P=20\text{kW}$ .