

2.3 試験条件

コーティングの破壊挙動の検討のため、破壊発生時に放出される弾性波を感知する AE センサーを Fig.1(a)の TBC 試験片に取り付けて試験を行った。試験荷重は 98, 147, 294, 441[N](10, 15, 30, 45[kgf])の 4 段階とし、各荷重で 3 回ずつ試験を行った。

またその他の項目を検討するため、Fig.1(b)のトップコート試験片の表面及び側面の押込み試験を行った。試験荷重は 4.9, 9.8, 29.4, 49, 98, 147[N](0.5, 1, 3, 5, 10, 15[kgf])の 6 段階とし、各荷重で 5 回ずつ試験を行った。

3. ヤング率算出理論式

以下に、本研究で用いた円錐圧子によるヤング率算出理論式⁽²⁾を示す。

$$E_{S(C)} = (1 - \mu_s^2) / \left[\left(\frac{4}{3} \right) \frac{\tan(\beta_{Con}/2)}{L_M} (\delta_i - \delta_B + T_{Con})(\delta_i - \delta_B) - I(E) \right]$$

ここで、

δ_i : 圧子の押込み量 δ_r : 圧子の除荷量

δ_B : 試験機の弾性変形量 L_M : 押込み荷重

T_{Con} : トランケーション(=30.34[μ m])

β_{Con} : 圧子の先端角(=119°51') μ_s : 試験片のポアソン比(=0.07)

$I(E)$: 圧子の弾性パラメータ(=8.73 $\times 10^{-4}$ [GPa⁻¹])

$E_{S(C)}$: 算出ヤング率

また、 δ_B を決定するための較正用試験片として鋼製硬さ基準片 HV500 を用いた。

4. 試験結果及び考察

4.1 コーティングの破壊挙動

Fig.4(a)に示すように荷重 147[N]では押込み線図は滑らかであり、顕著な AE カウントの発生も認められないのに対し、荷重 294[N]ではコーティングの圧壊が生じたと推察される。荷重と変位の突発的な不安定挙動時において、AE カウントのピークを計測している。これは、押込みに伴いコーティング中でき裂発生・破壊が生じ、結果としてコーティングの圧壊につながっている事を示唆している。また、AE カウントのピーク後も一定レベルの AE カウントが生じており、持続的な圧壊が生じていることがわかる。

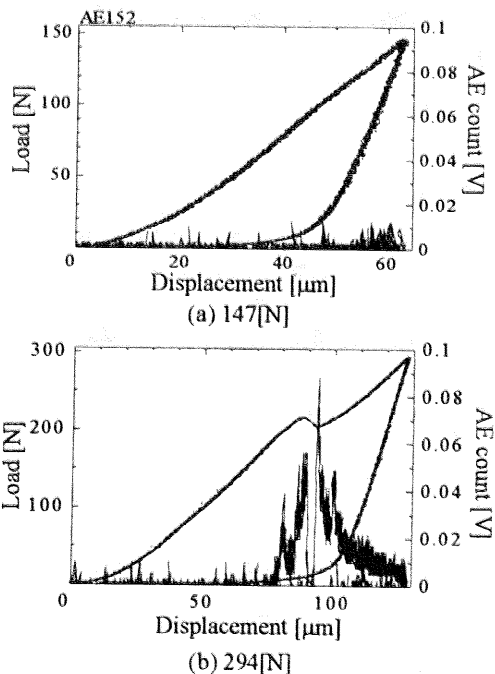


Fig 4 Load-Displacement-AE count curves

4.2 算出ヤング率に対するコーティング厚さの影響

Fig.1(a)の一般的な TBC 試験片と Fig.1(b)のトップコート試験片表面からの押込みによる算出ヤング率の結果を Fig.5 に示す。Fig.5 において、トップコート試験片では荷重の増加に伴うヤング率の大幅な上昇は見られず、文献値と良い一致を示した。このことから、基材・アンダーコートの影響は、押込みに対するコーティング厚さを十分取れば排除できることがわかった。

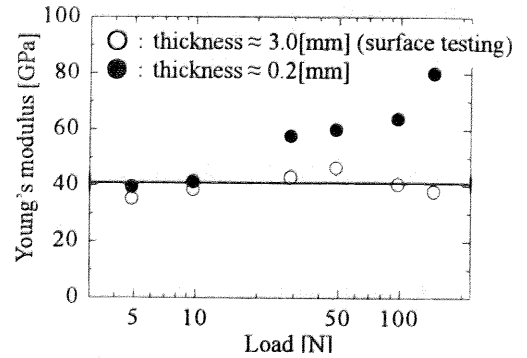


Fig.5 Influence of coating thickness on calculated Young's modulus

4.3 算出ヤング率に対するコーティング溶射方向の影響

次に、Fig.1(b)のトップコート試験片表面及び側面からの押込みによる算出ヤング率の結果を Fig.6 に示す。Fig.6 において、低荷重域では両方向に対する押込み試験によるヤング率に相違はほとんど見られず、溶射方向に対するヤング率の依存性は無いことがわかる。しかし、98, 147N では表面試験におけるヤング率の減少が見られる。これは、表面試験においてそれらの荷重で微小破壊が生じ、結果としてヤング率の減少を導いたと考えられる。

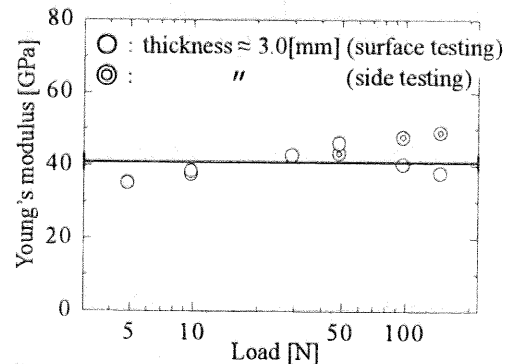


Fig.6 Influence of indentation direction on calculated Young's modulus

4.4 ヤング率算出における除荷曲線近似指数の検討

PSZ の除荷曲線には顕著な弾性回復挙動が見られる。そこで、除荷曲線に対して近似を行い、除荷量 δ_r を求めるための近似指数を検討した。

5. 結言

- (1) 荷重 294[N]以上でコーティングに破壊が生じる。
- (2) 基材・アンダーコートが PSZ の算出ヤング率に影響する。
- (3) 低荷重域での溶射方向に対するヤング率の依存性は無い。
- (4) 除荷曲線の近似曲線における指数を検討した。

<参考文献>

- (1) 大木基史・石橋達弥・鈴木隆之・高橋雅士、押込み試験方式を利用したしゃ熱コーティング材のヤング率測定法
- (2) Amano・Ishibashi et al., Indentation Theory and Experiments of the Truncated Conical Indenter, Journal of Material Testing Research Association of Japan Vol.47(2002)