

## エッジインデントーション法による溶射皮膜のはく離強度評価

広島大学 [院] 学O張 東坤 広島大学 [院] 田坂 圭一郎  
 広島大学 正 加藤 昌彦 広島大学 正 中佐 啓治郎

## 1. 緒言

金属材料の耐摩耗性、耐熱性、耐食性などの表面特性を改善する目的で、各種溶射法が利用されているが<sup>1)</sup>、溶射部材が使用時に応力サイクルや熱サイクルを受けると母材と皮膜の界面ではく離が起こることがある。そのため、適切な界面強度評価法の確立が望まれるが、JIS規格をはじめとして、現在提案されている多くの界面はく離強度評価法には定性的なものが多く、定量的評価法は確立されていないようである<sup>2)</sup>。

著者らは皮膜のはく離が起こる原因は皮膜と母材の界面に発生するせん断力であることから、皮膜に平行な引張り荷重を加えるはく離強度評価法<sup>2)・4)</sup>を提案したが、この方法は金型やロールなど母材の変形能が小さい場合には適用できない欠点がある。そこで、本研究では、コーティング皮膜端部近傍にダイヤモンド圧子を押し込むことによりせん断はく離強度を評価するエッジインデントーション法を開発し、高速フレーム溶射したWC-Co皮膜のはく離強度評価を試みた。

## 2. 実験方法

本研究に用いた基材は 熱間加工用合金工具鋼 SKD5で、これを幅22mm、長さ100mm、厚さ3.5mmの短冊状に加工した後、熱処理(焼入れ: 1373K, 1.2ks保持, 油冷, 焼戻し: 898K, 3.6ks保持, 空冷)を行った。次に、表面をショットブラストした試験片とショットブラストしていない試験片に、WC(88%)+Co(12%)の混合粉末を高速フレーム溶射した。溶射条件は、溶射ガン移動速度: 333mm/s, 溶射ピッチ: 5mm, 溶射ガンと試験片の距離: 250mm, 燃焼ガス: プロピレンガス+酸素ガスである。溶射の往復回数を変えて 膜厚 $B_1$ を5種類に変化させた。

つぎに、皮試験片の皮膜表面から放電加工により幅1mmの直線溝をつけ、Fig.1のように溝のエッジから距離 $X$ の位置に頂角 $120^\circ$ のダイヤモンド円錐圧子を一定速度 $0.5\text{mm}/\text{min}$ で押し込むと、ある荷重 $P$ で皮膜が三角形にはく離する。荷重をロードセル、変位をクリップゲージで測定し、皮膜のはく離するまでにダイヤモンド圧子が与えた

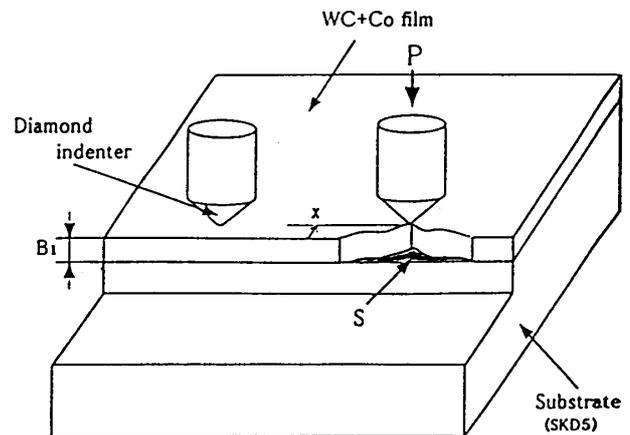


Fig.1 Schematic view of edge-indentation test device.

エネルギーを求め、これをはく離面積 $S$ で除して単位面積あたりのはく離エネルギー $2\gamma_{12}$ を計算した。

## 3. 実験結果及び考察

Fig.2は、膜厚 $B_1$ で無次元化したエッジからの距離 $X/B_1$ とはく離荷重 $P$ の関係を示したものである。この図により、いずれの膜厚でも、はく離荷重 $P$ は、 $X/B_1$ の増加とともに直線的に増加し、同じ $X/B_1$ では $B_1$ が大きいほどはく離荷重 $P$ が大きいことがわかる。また、膜厚が同程度でもショットブラストを施していないものはショットブラストを施したものよりも低い荷重ではく離する。

エッジからの距離 $X$ とはく離面積 $S$ との関係をFig.3に示す。はく離面積のばらつきは大きいですが、皮膜の厚さやショットブラストの有無に依存せず、ほぼ $X$ の2乗に比例して増加している。

次にエッジからの距離 $X/B_1$ と皮膜のはく離エネルギー $2\gamma_{12}$ の関係をFig.4に示す。ショットブラストした試験片の中には、はく離エネルギーが極端に高いものがあるが、これはFig.3に示すはく離面積 $S$ が何らかの原因で著しく小さくなる場合があったためである。しかし、これら以外のはく離エネルギーは、 $X/B_1$ に依存せず、ばらつきの範

図内ではほぼ一定値となっている。ショットプラストを施していない試験片のはく離エネルギーは $X/B_1$ に依存せずほぼ一定であり、ショットプラストを施した試験片のはく離エネルギーと比較すると低い。これはショットプラストによって生じた基材表面の凹凸が、皮膜に平行なせん断荷重が加わ

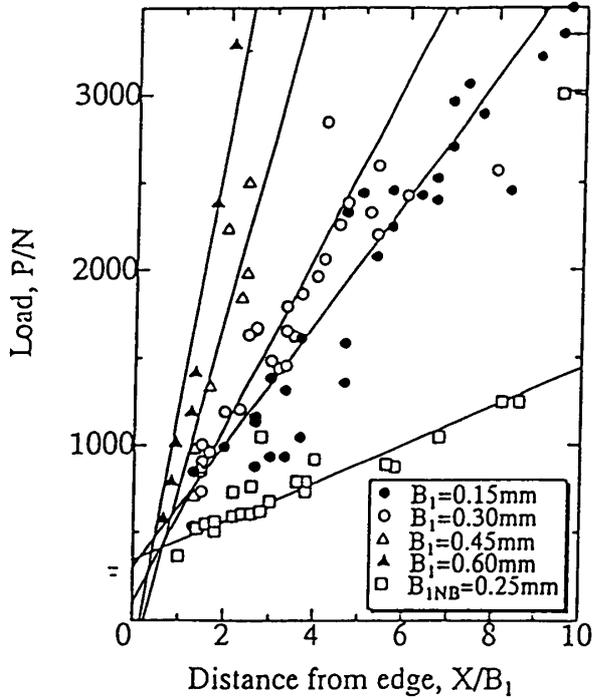


Fig. 2 Relation between distance from edge and load at delamination.

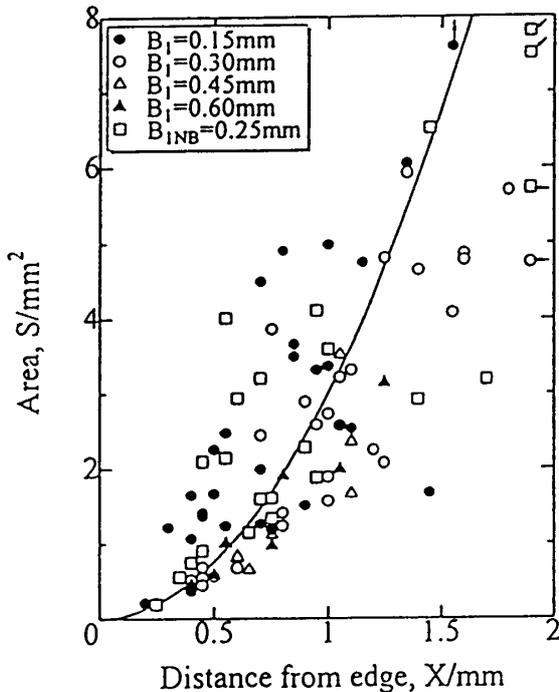


Fig. 3 Relation between distance from edge and delamination area.

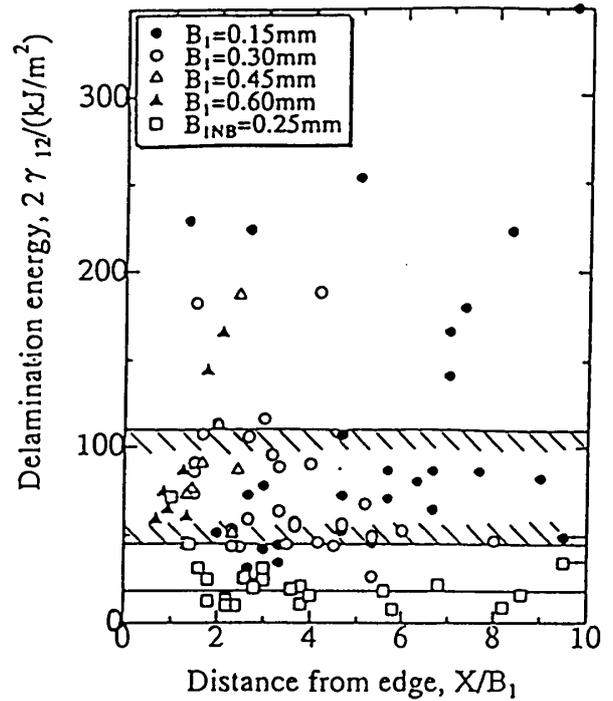


Fig. 4 Relation between distance from edge and delamination energy.

る時にもアンカー効果として作用することを示している。

また、本研究の膜厚範囲では、はく離エネルギー $2\gamma_{12}$ は膜厚にほとんど依存していない。このことは、0.6mm程度までは皮膜の厚膜化が可能であることを示している。

#### 4. 結言

- (1) 皮膜のはく離荷重はエッジからの距離 $X$ の増加とともに直線的に増加する。ショットプラストを施さない試験片では、低荷重で皮膜がはく離する。
- (2) はく離面積は、ほぼエッジからの距離 $X$ の2乗に比例して増加する。
- (3) はく離エネルギーはエッジからの距離 $X$ に依存せず、ほぼ一定となる。ショットプラストを施した場合のはく離エネルギーは膜厚にはほとんど依存せず、ショットプラストを施さない場合のそれよりも大きい。

#### 参考文献

- (1) 原田良夫, 日本金属学会会報, 31, 413 (1992).
- (2) 中佐啓治郎, 高田宗一郎, 市後博造, 材料, 44, 321, (1995).
- (3) 中佐啓治郎, 加藤昌彦, 江河史晃, 蒲田政信, 原信彦. 材料, 45, 680, (1996).
- (4) 加藤昌彦, 中佐啓治郎, 江河史晃, 蒲田政信, 原信彦. 材料, 46, 315, (1997).