

# 母材との密着について

## 母材との密着力は、どの程度有るの？

日本フッソで皮膜の母材に対する密着力を測定する方法は、90°ピール密着力測定(図1参照)と言われる方法です。

この方法は、大がかりな測定器が不要で、現場で現物の密着力の低下具合が判ります。

しかし、測定値には純粋な母材との密着力以外に、皮膜を曲げるのに要する力も含まれ、測定値は膜厚に影響されます。

たとえばフッ素樹脂 PFA焼付ライニング、膜厚: 500 $\mu$ m ~ 1mm の場合、5mm幅での値が 2.5 kg f/幅 5mm (= 24.5 N/幅 5mm) 以上であれば、「密着力の低下を認めない」というような目安として使用しています。

対して、絶対値を求める方法としては、垂直接着力測定がありますが、フッ素樹脂は離型性にすぐれるため、皮膜と測定治具を接着して保持できる接着剤が有りません。

参考値としては、図2のように、フッ素樹脂同士を溶着させて測定した結果、

$$202 \text{ kg f/cm}^2 (= 2.0 \times 10^3 \text{ N/cm}^2)$$

の値を得ました。この値には、膜厚の影響は認められないため、同様に設計された PFA樹脂焼付ライニングはこのぐらいの値で密着していると考えています。

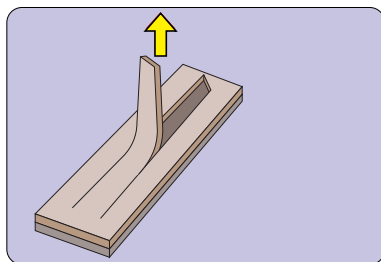


図1.  
90°ピール密着力測定

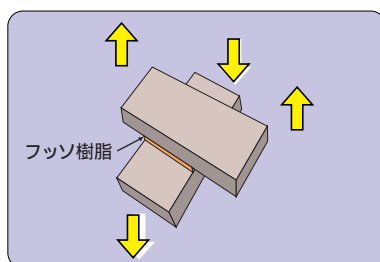


図2.  
密着力測定例

## 膨張・収縮による皮膜剥離は発生しますか？

フッ素樹脂も溶融時には比重が小さく、冷却固化すると比重が増します。この差は体積差となりますが、応力として一部残留します。たとえば、フッ素樹脂 PFA焼付ライニングの場合では、常温で常に5%程度縮もうとする収縮応力が残留しています。

その値に、5%伸び時の引張応力を利用すると、抗張力試験より

$$5\% \text{ 収縮応力} = 140 \text{ kg f/cm}^2 (= 1.4 \times 10^3 \text{ N/cm}^2)$$

となり、膜厚を 1 mm とすると、1 cm 当たり

$$14 \text{ kg f/cm} (= 1.4 \times 10^2 \text{ N/cm}) = 140 \times 0.1 \text{ kg f/cm}$$

の力が掛かっていることとなります。

パイプ内面に施工された場合は、この力は剥離方向に効いてきます。厚みとパイプ内径を振ると表のような値となります。

このため、パイプ内面塗装の場合は、出来るだけ直径を大きくしておくか、設計膜厚を下げるのが皮膜剥離防止の点からも必要となってきます。

次に、熱膨張の場合は、金属母材から考えると桁違いに大きな膨張をしますが、上記応力の緩和方向に働くため、一般には剥離方向に進まないと考えています。

そして、膨張収縮の繰り返しの影響については、ASTM F781-82に準拠したヒートサイクルを、フッ素樹脂 PFAの厚膜で行ってみました。しかし、剥離は認められませんでした。(NFリチルライニングカタログに記載)

また、樹脂焼付ライニングの方が金属より柔軟性があるため、ステンレス/フッ素樹脂の伸縮継手での、繰り返し疲労テストの結果は、樹脂焼付ライニングの方が良いことが判りました。

以上より、母材と皮膜の密着力がほぼ消失しない限り、皮膜剥離は発生しないと考えます。

外径 mm \ 厚み mm	50	500	2000
1	8.7	0.88	0.22
2	18	1.8	0.44
3	35	3.5	0.87

$$\text{パイプ内面にかかる剥離応力 } \text{N/cm}^2 = \\ (5\% \text{ 引張応力} \times \text{樹脂厚み} / \text{単位接着面積})$$