

耐食性で、何?(3)

膜厚が厚ければ良いの?

グラフ1は、フッ素樹脂PFAのクリア粉体塗料(充填材が何も入っていない純粋なフッ素樹脂塗料)を用いて、厚みを250~2300 μm まで変えて施工したパネルを、浸透加速試験器であるライニングテスターを用いて、耐食性を評価した結果です。

これを見ると、不思議な話ですが500 μm をピークとして、1mm、2mmの順に密着力が消失するまでの時間が減少してきます。つまり、膜厚が厚くなるとかえって耐食性が低下します。これは、フッ素樹脂の残留収縮応力による影響です。

フッ素樹脂は、熔融状態から冷却固化することによって、密度が増します。このため、フッ素樹脂PFAでは10vol%程度の体積収縮が発生します。この収縮が緩和しきれないため、常に皮膜剥離の方向に残留収縮応力が働きます。

皮膜を剥離する力

ライニングの密着力は下式のように表されます。

ライニングの密着力

$$= \text{接着力} - \text{剥離力}$$

ここで、「剥離力」としては、上述のようなフッ素樹脂の残留収縮応力・浸透にて発生する母材腐食によるガス発生・使用条件での負圧真空が挙げられます。(図1)

つまり、腐食性薬液の浸透によってフッ素樹脂皮膜の密着力が低下してくるとともに、母材腐食を発生させ、反応生成ガスが発生し界面に溜まり、プリスターとなって皮膜を持ち上げてきます。また、母材とフッ素樹脂界面にガスが溜まると負圧が効果を発揮してきます。ここへ常に働いている残留収縮応力が加わり、相乗効果によって「剥離力」は大きくなります。

そして、「剥離力」が「接着力」より大きくなると

き、皮膜剥離が発生します。これが一般に言われている寿命です。

剥離防止のためには

基本的には、「接着力」をアップさせることと、「剥離力」を大きくしない対策です。

たとえば、母材表面が耐薬品性の高い材料で覆われていたならば、浸透物によって腐食しにくくなるため、接着力の低下を防止することが出来ます。かつ、その材料の表面に適度な凹凸があれば、より接着力が向上します。

この手法の一つが、耐食材料による溶射技術です。

一番接着剤の役目を果たすプライマーの接着力は、「接着力」に大きな影響を与えます。

フッ素樹脂層内に充填材が存在すると、フッ素樹脂の残留応力を緩和します。これは、「剥離力」を抑制する効果があります。

ただし、この場合には、充填材が耐薬品性が高いものでないと浸透物によってエッチングされ効果はありません。また、充填材とフッ素樹脂が密着していなければ、界面が発生し、その界面を通過してより浸透が大きくなってしまふ欠点があります。このため、充填材の選定・表面処理・混合方法は重要です。

この場合、最も効果的な方法は、充填材の傾斜組成による応力集中の分散であると考えています。その他に、複合材使用による選択透過性の防止等の対策があります。

効果

グラフ2に、複合層化されたものとしてNF-240(700 μm)、更に充填材による応力緩和を計った代表であるNF-726(2.2mm)を表しました。同じ膜厚でも、寿命が大幅に延長されていることが判ります。

