

耐食性で、何?(2)

浸透の説明

以前に、「フッ素樹脂皮膜も有機高分子でできているために浸透現象が存在します。」という話をしていた時のことでした。聞いていた人から、「本当は、穴が空いているから浸透するのではないですか?」という質問を受けたことがありました。その時は、うまく説明できなかった記憶がありますので、この場をお借りして説明します。

ピンホールが存在していない皮膜を気体分子等が浸透する機構は100年以上前に明らかにされたそうです。これは、図1のように、

- 1) 分子の、高分子皮膜への取り込み(溶解)
- 2) 溶解した分子の、皮膜中への広がり(拡散)
- 3) 反対側の面からの飛び出し(脱着)

によって、構成されています。

この時、分子が通っていく「孔」は貫通孔ではなく、高分子の熱振動によってアトランダムに生じる隙間のようなものと考えられています。つまりモグラたたきゲームのモグラのように、あちこちで「孔」が生じたり、消えたりしているものようです。そして、モグラ(つまり、「孔」)を叩くトンカチのように、うまくモグラを叩く(つまり、「孔」に入り込む)ことが出来れば、拡散の第一歩が踏み出せるようです。

浸透を左右するもの

こう考えると、皮膜の表面積が広ければ広いほど、モグラ(つまり、「孔」)の出る確率が多くなりますから、浸透量は増えます。(ゲーム)時間が長ければ長いほど、やはりモグラはたくさん出てきます。

また、膜厚が厚ければ厚いほど、たくさんの「孔」を通っていかないと行けないため、最後まで行き着く(脱着する)確率は小さくなります。

そして、「分子」(つまり、トンカチ)がたくさんある方が、「孔」(モグラ)に出会う確率が多くなり、浸透量は増えます。これを式にすると

$$\begin{aligned} \text{浸透量} : Q &= \text{係数} : K \times \\ \text{表面積} : A \times \text{時間} : t \times \text{圧力差} : P \\ \text{皮膜厚} : l \end{aligned}$$

係数Kについては、浸透性が高い分子では大きくなり、温度が高くなって大きくなります。

上式の P で表されている圧力差の要因は、分子の濃度や内外部の温度差など複数の要因があります。ここでは分子の濃度や内外部の温度差について説明します。

分子の濃度

皮膜の両側で、一方の分子の濃度が濃く、他方が薄いと、浸透圧の差が大きくなり、浸透しやすくなります。

例えば、焼き付けフッ素樹脂皮膜は母材に密着しているため、浸透した分子は他方に逃げる事ができず、飽和状態となるため、浸透速度が減少していきます。

内外部の温度差

内外部の温度差が大きいと、熱移動の圧力が大きくなり、浸透量は比例的に大きくなります。このため、焼き付けフッ素樹脂皮膜をご使用される場合に、缶体の外部が冷やされるような場合(屋外設置等)は、保温することが寿命を大きく伸ばす最も有効な方法ということが判ります。ここで実際にグラフ1に、温度勾配と浸透量の関係について、測定結果を示しました。これより、前述の通りに、内外部温度差が大きいほど浸透量が大きくなっていることが判ります。また、温度勾配が小さいほど早く平衡状態に達することが判ります。このため、温度勾配が小さいと焼き付けコーティングの寿命は飛躍的に延びることが直感的に理解できます。

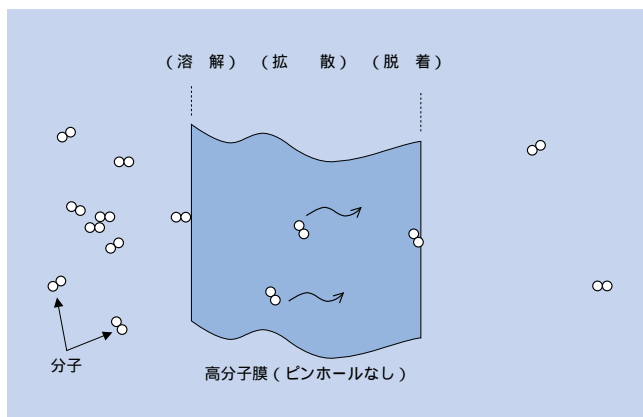
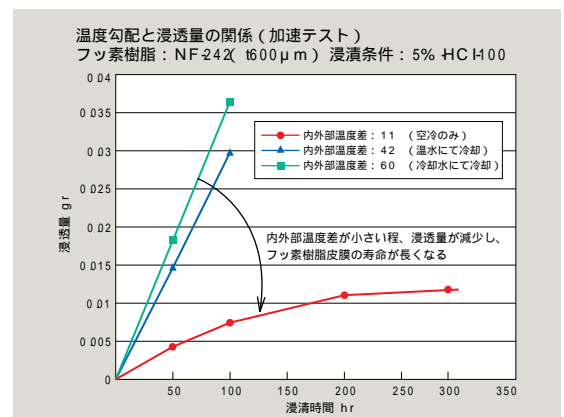


図1 高分子膜の浸透の概念



グラフ1 温度勾配と浸透量の関係