

塗膜検査入門： 塗装不良低減のため JIS/ISO を再確認する

編集部

塗装不良品を再塗装して出荷する場合に、良品に比べて数倍のコストと環境負荷が発生すると言われている。今すぐできるカーボンニュートラルへの入口は、「塗装不良を発生させない」ということになるのではないだろうか。しかし、一方で何を良品とし、何を塗装不良とするか、言われるがままになっているケースもあるのではないだろうか？ JIS/ISO は検査測定技術・機器の進歩・開発に合わせて改定が進められている。その内容は品質に対する考え方がよく表れている一方で、誤解を避ける書き方がされているためとつきにくいという印象もあるようだ。JIS ハンドブックに親しんでいたことが願いではあるが、そのためのガイドブックとして各規格の要約を試みてみたい。もちろん、正式な運用にあたっては、JIS 本文に従っていただきたい。

1. JIS K5600 - 1 - 7 膜厚

(1) ここがポイント

2014 年(1999 年制定)版から、用語と定義が明確になったものがある。希土類磁石の特性を利用した磁気誘導方式の実用化もあって、「校正」あるいは使用者が行う精度の「確認」や日常の点検手順なども変わったので注意したい。

(2) 用語の定義

代表例から紹介する。

① 校正 (Calibration)

たどることができる校正標準で測定機器を測定し、その精度が公称値の範囲内にあることを

証明するための、管理され、文書化されたプロセス。

校正標準は、測定結果の不確かさが測定器具の公称精度より小さいものである。

② 確認 (Verification)

次項で紹介する参照標準を使用し、使用者が行う測定器具精度の点検。

③ 参照標準 (Reference standard)

シムやフォイルではない点に注意が必要である。使用者が、測定器具の精度を確認するための既知の厚さを持つもので、受渡当事者間の合意により試験板の一部を特定の仕事のための厚さの標準として用いるか、もしくは、上塗りを施してある既知の膜厚の塗板となる。したがって、ほとんどのケースでは写真-1 に例示する塗板を用意する必要がある。

④ 調整 (Adjustment)

測定器具の読取値を参照標準の厚さに一致させるため、膜厚既知の金属板(あるいはフォイルやシム)の値に変更する行為。

⑤ 精度 (Accuracy)

測定器具を参照標準を使用して測定した測定値と、参照標準の厚さとの差。

以上のことから、写真-2 の校正証明書付属のフォイルあるいはシムで膜厚計を確かめるあるいはその記載された厚みに合わせる行為は、「校正」や「確認」ではなく、「調整」となるので注意したい。また、校正の可否は「公称値の範囲内にあること」となっているので、自社の実用上求められる精度内であれば OK と



写真－1 校正証明書付き塗板

する判定も、膜厚計の本来の性能を維持していないことからこの規定には従っていないことになる。

2. JIS K5600-1-7 5.5.6 膜厚計 磁気法 - 磁気誘導膜厚計

(1) ここがポイント

- ① 従来の電磁誘導方式と最近の磁気誘導方式ではメーカーが指示する日常点検に違いがあるので注意したい。また、実際の測定にあたっては(4)項の「端は測ってはダメ(?)」にも注目いただきたい。プローブ先端が入るところなら、あるいは測定値が表示されれば、正常に測れている……と考えるのは間違いである。
- ② 従来の電磁誘導の場合、原理としては強磁性の素地に電磁石が近接する時に磁場中で起こる電流の変化を測定して膜厚に換算する。1999年版JISでは、方法No.6Aで「電磁誘導」という言葉が使われていて、その中で、「試験場所で作動させるたびに、また少なくとも1時間に1回適切に作動していることを確認するために装置の校正を行う」という細かな規定がされていた。電磁誘導方式では精度の低下が起きやすいことを示唆している。

電磁誘導方式と磁気誘導方式では、JISの規定やメーカーの取扱説明書の記載内容にかなり



写真－2 フォイル・シム

違いがあるので、以下にその概要を確認しておきたい。

(2) JIS K5400-1-7 1999年版における電磁誘導原理の膜厚計の測定手順の概要

- ① 試験場所において装置を作動させるたびにまた使用中頻繁に適切に作動していることを確認するために装置の校正を行う。
- ② 既知の一定厚さの校正標準は、フォイルあるいはシムの形で、または公的に認定された標準に基づく指定値の塗装標準板として入手できる。校正用フォイルはキズがつきやすくしばしば交換しなければならない。
- ③ 校正用塗装標準板の素材金属の表面および磁気的性質は(測定対象の)試験片(被塗物)と類似したものでなければならない。

(3) JIS K5600-1-7 2014年版における磁気誘導式膜厚計の測定手順の概要

細かな規定は省略され、事前に行うこととしては、メーカーの取扱説明書に従って確認(Verification: 参照標準=塗板を使用し、使用者が行う測定器具精度の点検)を行う。さらに、測定手順も同様にメーカーの取扱説明書に従うようにというあっさりした内容になった。代表的な磁気誘導式膜厚計のメーカーの取扱説明書によれば以下のように測定手順としての調整(Adjustment: 測定器具の読取値を参照標準の厚さに一致させるために値を変更する行為)が定められている。

- ① 0点(素地)調整。素地の性質を補正するのに適し、ほとんどのケースでこれによ

り精度は確保される。未塗装の素地上で強制的に "0" に調整する。

- ② 1点調整。既知の厚みで1点調整をする。素地表面が粗面である場合の補正に適する。具体的には粗面の未塗装面にフォイルを置き、フォイルの厚みに対し膜厚計の表示値を強制的に合わせ調整する。
- ③ 2点調整。既知の厚みを持つ2つの厚みが異なるフォイルを用意しこの2点で調整する。ほとんどのケースでこの調整は不要である。

(4) 端は測ってはダメ(?)

① ここがポイント

端の近くや細い棒や管状の部位の膜厚を測定する際は、実際の精度に注意しなければならない。

② SSPC PA-2 の規定

SSPC (Steel Structures Painting Council, 米国の鉄鋼構造物塗装協議会) PA-2 では、エッジ、コーナー、穴の近くでは磁束の関係で膜厚値の精度が得られない(多くは厚めに測定されてしまう)ため、これらの部分から 2.5cm 以上離して測定すべきだと記されている。標準的に用いられる膜厚計プローブで、これらの部位や急な R 部を測定することは避けるべきである。なお、マイクロプローブやミニチュアプローブなどと称されるプローブは、指向性が高くこれらの近傍でも精度が得られやすい。たとえば細い棒状

の外側に塗装された塗膜の厚みを測りたいなら、塗装前の素地に厚みがわかっているフォイル(シム)の中から測定対象の膜厚に近いものを選び、素地にフォイルを当てて膜厚値がその厚みにほぼ同じで再現性よく表示されるなら測定できると考えられる。プローブは適材適所で使い分ける必要がある。写真-3 にマイクロプローブの例を示す。

3. JIS K5600-1-7 5.5.7 渦電流膜厚計

(1) ここがポイント

非磁性金属素地上の非導電性塗膜の厚さが測定できる。たとえばニッケルの皮膜は電気を通すので測定することはできない。

(2) 渦電流膜厚計について

測定法 7D に規定されており、原理としては導電性素地中の渦電流によって生じた磁場の変化から膜厚に変換するものである。

なお、上位の膜厚計では、膜厚計は素地の種類(磁性金属か非磁性金属か)を判別して、自動的に磁気誘導か渦電流かを切り替えて測定するものがある。ただし、非磁性金属のステンレスでも、表面を研磨したり叩いたりすることで磁性を帯びる。このため、膜厚計は磁性金属素地と判断してしまうことがある。しかし、この磁性は弱く不安定であるので、このような部位の測定は避けるか、あるいは渦電流に固定して測定すべきであるとされている。



写真-3 マイクロプローブの例



写真-4 超音波膜厚計の例

4. JIS K5600 -1-7 5.7.4 音響法 - 超音波膜厚計

(1) ここがポイント

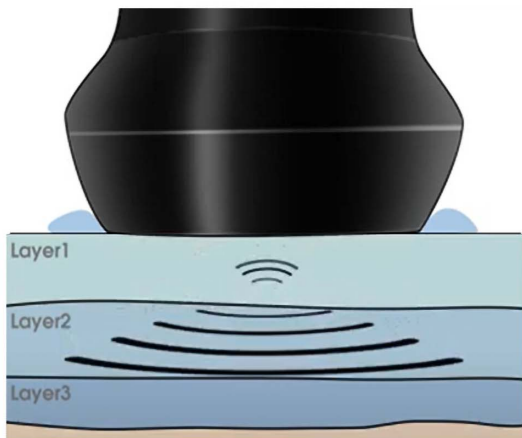
机上で測定の可否は判断しにくいので、事前に測定試験をされることをお勧めしたい。

測定の成否を決定づけるのは、ゲート調整（検知する膜厚の下限あるいは上限）を適切に設定できるかどうかにかかっているとも言える。詳細は動画等で確認いただきたい。

(2) 超音波膜厚計について

写真-4に超音波膜厚計の製品例を紹介する。樹脂、ガラス、コンクリートを素地とする塗膜の膜厚の測定が可能である。本製品は測定条件によるが3層まで分解してそれぞれの膜厚を表示できる。

測定法10に規定されており、原理としては音の伝播時間から膜厚を測定するために、超音波発振機および受信機を備えている。測定手順としては、膜厚を測定する塗膜部分にゼリー状のカプラント（超音波の漏れを防ぐ接触媒質）を塗り、その上から発信機と受信機を兼ねたプローブ先端（探触子）を塗膜に当て、超音波を塗膜中に発信する。第1図に測定原理を図で示す。なお、超音波の反射（エコー）が生じるためには、塗膜と素地、あるいは塗膜間に明確に密度が異なる境界面が必要になる（第2図に膜厚計のディスプレイに表示されたエコーの波形グラフの例を紹介する）。密度差による測定の可否を机上で判断するのは難しい場合が



第1図 塗膜中を伝搬する超音波の様子

多いため、導入にあたっては測定試験をして判断するのが一般的である。

5. JIS K5600 -1-7 5.5.5 磁気法 - 磁気プルオフ膜厚計

永久磁石を用いた膜厚計

アナログ表示ではあるが、電池などの電源を必要としない方法である。

測定法7Aに規定されており、磁石付きの膜厚計で、塗膜の厚みによって影響を受ける永久磁石と基板との間の磁気吸引力により膜厚を決定する。デジタル式ほどの精度は期待できないが、電源や電池を必要としないため、電池が持ち込めない環境や温度の高い製品にも適用できる。磁気プルオフ膜厚計の例を写真-5、6に示す。

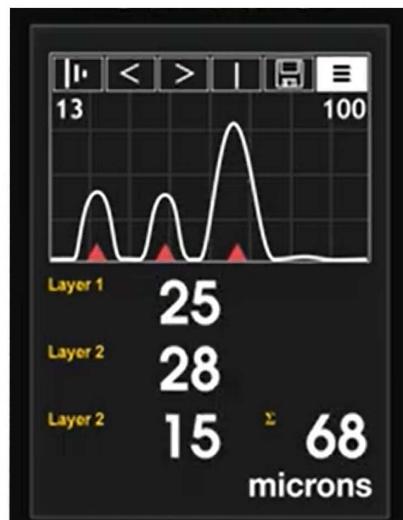
6 JIS K5600 -1-7 4.2.4 ぬれ膜厚の測定 - くし形ゲージ

(1) ここがポイント

ぬれ塗膜（ウェット塗膜）への接触面積は小さいが、ロータリ形ゲージより期待できる精度は劣る。

(2) くし形ゲージについて

写真-7に膜厚計の例を示す。JISでは本方法で一般に測定できる範囲は5~2,000 μm 、最小の間隔は5 μm であるとされている。期待できる精度は指示値の $\pm 10\%$ または $\pm 5 \mu\text{m}$



第2図 波形図面



写真-5 磁気プルオフ膜厚計の例(1)



写真-6 磁気プルオフ膜厚計の例(2) ペン型

のいずれか大きいほうとされている。使い方は以下の通りである。なお、塗装～測定までの時間の影響を受けるため、塗装後なるべく早く測定を行うべきであるとされている。

- ① 膜厚計を測定作業中にズレないように、そして素地に垂直に達するように塗膜中に当てる。
- ② 濡れた塗膜がくし形の歯をぬらすだけの十分な時間を取る。
- ③ 塗料によってぬれる最も大きいギャップを読み取る。

7. JIS K5600-1-7 4.2.5 ぬれ膜厚の測定 - ロータリ形ゲージ

(1) ここがポイント

くし形ゲージより期待できる精度は優れるものの、 $5\mu\text{m}$ 以下の薄膜では精度は得られない。

(2) ロータリ形ゲージについて

写真-8に膜厚計の例を示す。JISでは本方法で一般に測定できる最大の膜厚は $1,500\mu\text{m}$ 、最小の間隔は $2\mu\text{m}$ であると記している。期待できる精度は指示値の $\pm 5\%$ または $\pm 5\mu\text{m}$ の

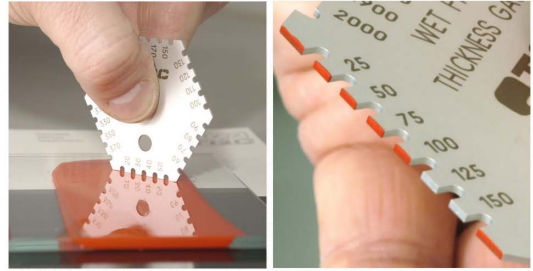


写真-7 くし形ゲージの例



写真-8 ロータリ形ゲージの例

いずれか大きいほうとされている。使い方は以下の通りである。なお、塗装～測定までの時間の影響を受けるため、塗装後なるべく早く測定を行うべきであるとされている。

- ① 保持用のつまみを持って最大の数値を下に、支持輪(外輪)が素地に水平に達するように塗膜中に当てる。
- ② 素地上をころがるように塗膜中をほぼ 360° ゆっくり回転させ、塗膜から外す。
- ③ 中央の偏心輪がぬれている最も高い目盛の値を読み取る。
- ④ ゲージをきれいにして他の方向で測定を繰り返す。
- ⑤ これらの読みを平均してぬれ膜厚を計算する。

8. JIS K5600-2-2 粘度 3. フローカップ法

「JIS K5600-2-2 粘度」では、主として2つの方法が採用される。1つはフローカップ法で

あり、もう1つはストーマー粘度計法である。

(1) ここがポイント

比較的に低粘度の液体向けのもので、攪拌の前後で粘度が変わる液体（非ニュートン流体）には適用が難しい。粘度は温度に依存するので温度管理には留意が必要である。

ザーンカップは三脚スタンドに取り付けるのではなく、手軽に使用できる手持ちのみが規定されているが、求められる精度は他と比べて低い。この方法を生み出したメーカーでは高い精度のザーンカップも製造している。例外的に比較的に高い粘度まで使用できるフローカップにアフノールカップ（フランスの規格）がある。

(2) フローカップ法について

フローカップ法は、フローカップもしくは粘度カップと呼ばれる3～6mmのオリフィス（出口径）をもった同じ寸法、同じ形状のもので、一旦フローカップに液を満たしたのちにオリフィスから滴下させて、流下の開始から最初に流れが切れるまでの時間（秒）で粘度を示す。手軽に現場で利用できるため、広く普及している。フローカップを直接塗料に浸して使用する

ハンドル付きのタイプ（写真－9に例示）と、専用の三脚に水平に固定して使用する方法（写真－10に例示）があり、後者が正式な方法でより正確となる。

なお、フローカップには地域や用途などで伝統的に用いられてきた形状・寸法のものが存在する。米国から導入されてきたものとして、写真－11に一例を示すザーンカップや写真－12に一例を示すフォードカップ、ドイツから導入されてきたものとして、写真－13に一例を示すディンカップ、写真－14にフランスから導入されてきた一例としてアフノールカップなどがある。

フローカップ法が適用できる試料・塗料であるが、2回の測定を行いその測定値に5%以上の差がある場合には3回目を行い、前の2つの測定値のうち3回目の測定値との間にやはり5%以上の差がある場合には、この方法は試



写真－9 ハンドル付きディップ用 ISOフローカップ



写真－11 ザーンカップ



写真－10 ISOフローカップ（三脚併用タイプ）



写真－12 フォードカップ



写真-13 ディンカップ



写真-14 アフノールカップ

験適用できない。すなわち非ニュートン流動と考えられる。詳しくは JIS などを参照いただきたい。この場合は、次項の回転式粘度計を用いることになる。フローカップ法は、希釈した比較的低粘度の試料・塗料に用いられるもので、100 秒を超える滴下時間の試料・塗料には適さない。この場合も、回転式粘度計の適用を検討されることになる。

9. JIS K5600-2-2 粘度 5. ストーマー粘度計

内径が 85~86mm と決められた試料缶の中に試料・塗料を一定量入れる。この試料・塗料の中に形状と寸法が定められた回転翼を入れ、一定の力で回転させる。10~100 回転をさせるのに要したトルクと所要秒数から KU(クレブス)値を求める。なお、ストーマーという用語はかつてブランド名であったようで、クレブス値を求めることから、クレブス粘度計もしくは



写真-15 ストーマー(クレブス)回転式粘度計



写真-16 回転翼部

クレブス回転式粘度計とも言われている。JIS でも図でアナログタイプのクレブス(ストーマー)回転式粘度計が例示がされているが、現在では原理は同じでデジタル化されたものが製品化されている。代表的なクレブス粘度計の例を写真-15 に、その回転翼部を写真-16 に示す。

なお、JIS ではクレブス(ストーマー)粘度計は、比較的粘性の大きい非ニュートン流体に用いると記載されている。

10. JIS K5600-4-7 鏡面光沢

(1) ここがポイント

鏡面光沢の性能に対する要求が厳しくなっ

た。ISOの規定と適合する光沢計かどうかの確認が必要となる。

(2) 光沢管理の重要性

光沢感強い心理的作用を持ち、それが購買意欲に強い影響を持つことはさまざまなデータも示している。営業の現場でも視覚的な作用が品質やブランドイメージに及ぼす強い影響が、これまでも直感的に理解されてきたが、ユーザーの感性の高まりと共にそれは脇役から主役の1つとなってきている。生産現場では光沢についての客観的な指標が求められている一方で、私たちにとって大変身近な存在でありながら、それを客観的に定義することは容易ではない。光沢計を用いた製品や素材の光沢管理の重要性を確認し、さらに最近(2014年)に決定された光沢度管理に関する規定の変更点とそれに適合する最新の光沢計を選択する必要がある。

(3) 鏡面光沢の測定方法

ISO2813/JIS K5600-4-7では、「20°、60°又は85°の幾何条件の反射率計を用いて塗膜の鏡面光沢度を測定する試験方法について規定する」とある。つまり、第1表のように、3つの角度が条件により使い分けられることになる。60°では全ての塗膜に適用できるが、20°では光沢が高い塗膜、85°では光沢が低い塗膜を測定

第1表 GU値と推奨測定角度の関係

	GU < 10	10 ≤ GU ≤ 70	GU > 70
20°	×	×	○
60°	△	○	△
85°	○	×	×



写真-17 三角度光沢計

するのに適している。代表的な光沢計を写真-17に示す。

11. JIS K5600-5-4 引っかかり硬度(鉛筆法)

(1) ここがポイント

- 鉛筆の芯は尖らせない独特の形状で削る
- 専用の機器を用いることが原則となった
- アンダーベーク(効果不足)には相関性があるが、オーバーベークにはほとんど相関性がない。オーバーベークについては、多くの工場ですれに関する管理項目が欠けているかもしれない

(2) 引っかかり硬度(鉛筆法)について

既知の硬さの鉛筆を塗膜に押しつけて塗膜硬度を測定する方法を規定すると記されている。具体的な概要は以下の通りである。

(3) 用意するもの

装置は、JISに「この方法は、手かき法で実施してもよいが、機器を用いることが望ましい」とされている。

試験機器の条件として以下のことが記されている。

- ・ 本体は2つの車輪がついた金属製
- ・ 試験が水平な状態でできるように上部に水準器がついている
- ・ 鉛筆の先が塗装面に対して750±10gの荷重がかかること
- ・ 鉛筆の角度は45±1°となること
鉛筆については以下のように規定されている
- ・ 鉛筆硬度(正式名称は鉛筆濃度)

軟→硬の順で次のようになる……6B 5B 4B 3B 2B B HB F H 2H 3H 4H 5H 6H

製品、製造業者の例として、国内メーカーでは、Uni、MITSU-BISHIが紹介されているが、「比較試験には同一製造業者の鉛筆を使用することを推奨する」とされている。メーカー間で硬さにバラツキがある可能性があるため、同じブランド・メーカーのものを使用されることが



第3図 鉛筆の先端の形状



写真－18 簡易鉛筆削り

推奨される。

・ 鉛筆の芯の削り方

第3図のように、芯が円柱状になるように、木部だけ削り、芯を5～6mm露出される独特の削り方をする。

研磨紙で先端を平らにする。この時に欠けが生じないように注意が必要である。

・ 鉛筆削り器

芯を尖らせるのではなく、木部のみ削るようにする。簡易的な鉛筆削り器の例を写真－18に示す。

・ 研磨紙

芯を研磨紙に垂直に当ててこすり、芯の先端を平らにするのに用いる。

試験手順は以下の通りとなる。

装置を作業員から0.5～1mm/sの速度で、少なくとも7mmの距離を押す。肉眼で塗面を検査して、跡の種類を調べる。

跡(圧こん)の種類としては、

塑性変形＝元にもどらないクボミが生じるが破壊はない

凝集破壊＝塗膜材質が取れた引っかきキズが考えられ、試験部位に少なくとも3mm以上のキズ跡が生じるまで硬度スケールを上げて試験を繰り返す。評価方法は、キズ跡が生じなかったもっとも硬い鉛筆の硬度を鉛筆硬度と言うとされている。

写真－19に代表的な装置の例を示す。

12. JIS K5600-5-6 付着性 クロスカット法

(1) ここがポイント

- ガイド+単一刃(市販のカッターで適用できるものがある)の方法はコストも安く



写真－19 鉛筆引っかき硬度試験機

确实であるが、多重刃はコストもかかり適用範囲に制限があるので要注意である

- JIS K5400(旧規格)とJIS K5600では評価の思想が異なるので注意が必要
- JIS K5600になって、膜厚に対して切り込み数が明確に規定された
- 「この試験方法は付着性の測定手段とみなしてはならない」と記載されている
- アンダーベーク(効果不足)には相関性があるが、オーバーベークにはほとんど相関性がない

(2) クロスカット法について

この規格は、「直角の格子パターンが塗膜に切り込まれ、素地まで貫通するときの素地からのはく離に対して塗膜の耐性を評価する試験方法」と定義されている。なお、JISでは以下のように注意喚起をしている。「この方法によって測定された性能は、各要因の中から特に、下塗りまたは基板のいずれかへの付着性に左右されるものである。しかし、この試験方法は付着性の測定手段とみなしてはならない」と記されている。

一方で、「主に実験室での実施を目的としているが、フィールド試験にも適しているものである」とJISが記載しているように、手軽さもあり、さまざまな現場に適用されている。

切り込む方法は、大別すると、①1度に6本の切り込みを行う多重刃切り込み工具を用いる方法と、②切り込みガイドと併用して単一刃で1本ずつ切り込む方法とがある。なお、専門家による検証の結果、両者の試験結果は必ずしも一致しないことがあり、どちらの方法で行った

かを問題にすべきであるという議論もある。混在させずに、どちらかに統一されたほうがよさそうである。また、JISでは「単一刃がすべてのケースにおいて望ましい」「多重刃は120 μ m超の厚い塗膜もしくは硬い塗膜に用いる」と記載されているので、多重刃を適用する時には注意が必要である。

切り込み間隔は以下の通りである。

0~60 μ m：硬い素地に対して1mm間隔

0~60 μ m：柔らかい素地に対して2mm間隔

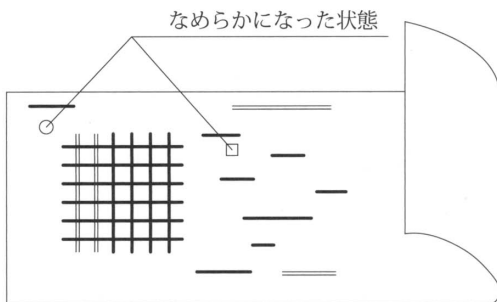
61~120 μ m：硬い，柔らかい素地両方に対して2mm間隔

121~250 μ m：硬い，柔らかい素地両方に対して3mm間隔

試験手順は以下の通りである。

試験の前に刃を検査し，研ぐか取り換えによりその状態を維持する（規格に適合する市販カッターの場合は刃先を折って更新する）。

- ① 試験板の表面に対して刃が垂直になるように切り込み工具（カッター）を保持する（等間隔スペーサーであるガイドが，刃を垂直に保持するのをサポートする形状であることも重要になる）。
- ② 既定の数の切り込みを行うが，全てのカットは素地の表面まで貫通していなければならない。
- ③ 格子パターンができるように，それらに対して90°で最初の切り込みに重ね，さらに等しい数だけ平行な切り込みを行う。
- ④ 試験板を柔らかいハケで格子パターンの双方の対角線に沿って前後に数回ブラッシングをする（塗膜面に切り込みによる塗膜片や切りクズなどがあるとテープの接着が十分には得られなくなるので注意する）。



第4図 テープの貼り方

硬い素地に限っては，テープによる強制剥離を適用する。付着テープのリールから完全に2巻きのラップを取り外して捨てたのちに，テープを取り出して約75mmの長さの小片にカットする。

テープの中心を第4図のように各カットの一組に平行な方向で格子の上に置き，格子の部分にかかった箇所と少なくとも20mmを超える長さで指でテープを平らにする。指先でしっかりテープをこすり塗膜に正しく密着させる。

- ① 第5図のようにできるだけ60°に近い角度でテープの端をつかみ，0.5~1.0秒で確実に塗膜から引きはがす。目的が参照試験の場合には，透明フィルムシートに貼り付けるなどして保存する。
 - ② 評価方法はJISに図で例示されているので参照いただきたい。
- 等間隔の切り込みガイドの例を写真-20に，多重刃切り込み工具の例を写真-21に示す。

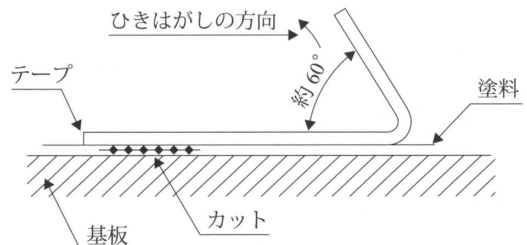
13. JIS K5600-5-7 付着性 プルオフ法

(1) ここがポイント

- クロスカット法とは異なり，方法で「付着強度を求める」とされている。
- 「1MPa/s 超えない一定の張力増加速度で動作する」と規定されているので，ハンドルを回すバネ式は適さない。
- 引っ張る軸が素地に対して垂直でないと付着強度値はばらつく。
- 塗膜と試験円筒（ドリリー）を接着剤で固定してから試験を開始するが，塗膜と接着剤との相性が問題になるので，事前に適用可否を試しておくことをお勧めする。

(2) 用意するもの

- ・ 試験円筒



第5図 テープをはがす方向

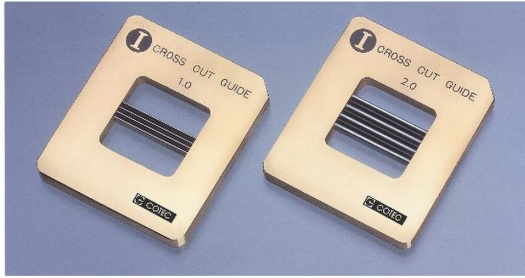


写真-20 クロスカットガイドの例



写真-21 多重刃切り込み工具の例

一般にはドリリーと呼ばれているものである。鋼製もしくはアルミニウム製の円柱形で、接着剤で塗膜と接着するための平滑な面を片面とし、もう一方はプルオフ試験機に接続固定する構造を持つ。他に規定がない限りφ20mmを使用する。

・ 切り込み用具

一般的なカッターもしくは専用のラウンドカッターを使用し、試験円筒(ドリリー)の接着面の周囲に沿って丸く素地まで切れ目を入れる。なお、塗装膜厚が150μm以下の塗装系においては、受け渡し当事者間で協定がある場合には、切り込みを入れないことも認められている。

・ 接着剤

「試験に使用する適切な接着剤の選択には特に注意を要する。塗膜の破壊を起こすためには、接着剤の凝集および接着力が被試験塗膜の凝集力および付着力より強いことが必要である。使用する接着剤がこの試験に適しているか事前に選別しなければならない。接着剤の硬化時間に相当する時間、塗膜と接触させて試験塗膜に外観変化がないことを確認する」と記載されている。

- ・ 試験円筒(ドリリー)底部は新たに洗浄して、接着剤は均一に塗布する
接着剤はドリリー底部と塗膜をすき間なく充填



写真-22 プルオフ付着性試験機(自動式)の例

するのに必要な最小限の量とし、余分な接着剤はすぐに除去する。ドリリーを固定する塗膜表面も汚れや油分がないようにする。目の細かなペーパーで軽く表面を荒らすと接着力が向上することがよくある。

- ・ 試験対象品は、大きさは「直径30mm以上の円盤状か一辺が30mm以上の板状」で、試験片が変形しないように注意する。
試験手順は以下の通りである。

- ① 張力を塗膜面に垂直に加え、張力を最初に加えてから90秒以内に破壊が生じるように、1MPa/sを超えない一定の張力増加速度で動作する。
- ② 破壊力(測定値)は、試験体の最も弱い境界の付着破壊か、または最も弱い凝集破壊を起こすのに必要な最小張力で表す。また、付着破壊と凝集破壊が混在する場合もある。さらに、基板(素地)材料の凝集破壊が生じる場合もある。試験後にドリリーの底面と塗膜の試験面を観察し、両者に何が残っているかを見極めることがとても重要となる。
- ③ なお、多層膜の場合は、たとえば第2層と第3層の間の付着破壊(層間剥離)あるいは第2層の凝集破壊……といった破壊が生じる場合もある。それぞれのタイプの破壊について10%単位で破壊面積を換算評価する。その記載例を以下に示す。
20MPa 30%:第1層の凝集破壊 70%:第1層と第2層の間の付着破壊(層間剥離)
プルオフ付着性試験機の例を写真-22に示す。