

スクリーン印刷用水性粘着剤

はじめに

私たちの身近で粘着剤は数多く目にすることができますが、その内容については意外に知られていないものです。本稿ではスクリーン印刷用水性粘着剤についてなるべく平易な説明を心掛けて記しました。本稿を通して粘着剤についての理解を深めていただければ幸いです。

目 次

はじめに.....	1
1. 粘着剤.....	2
1-1 粘着剤の種類.....	2
1-2 粘着剤の試験方法.....	3
2. 水溶性とエマルション.....	5
2-1 エマルション.....	5
2-2 エマルションの種類.....	6
2-3 エマルションの構造.....	6
2-4 エマルション粒子.....	7
2-5 エマルションの製造方法.....	7
3. スクリーン印刷.....	8
3-1 スクリーン印刷の原理.....	8
3-2 スクリーンの種類.....	8
3-3 スクリーンと膜厚の関係.....	9
4. スクリーン印刷用粘着剤.....	10
4-1 粘度特性.....	10
4-2 レベリング性.....	10
4-3 チクソ性（チクソトロピック性、揺変性）.....	10
4-4 乾燥性.....	10
5. スリーボンドの水溶性粘着剤.....	11
おわりに.....	12

1. 粘着剤

我々が一般によく使っている粘着という言葉ですが、概念的には触ってべたべたする状態の事を指しています。言葉としては「粘着」とは「接着の一種で一時的な接着」。一般的には永久接着に対して用いる語。特徴として水、溶剤、熱などを使用せず、常温で短時間わずかな圧力を加えただけで接着する事ができ、また、凝集力と弾性をもっているので強く接着する反面、硬い平滑面から剥す事もできる。ただし、後処理によって永久接着になるものもある (JIS Z 0109)」と定義されています。

この定義によると、「粘着」は「接着」の一種と考えられているわけですが、実際に「粘着剤」と「接着剤」の区別はなかなか難しいものです。というのも接着剤の中には一時的に粘着性をもつものがあるからです。例えば自転車のパンク修理などに使用するゴム系の接着剤がそうです。貼り合わせる直前のいわゆる「生乾き」の状態では確かに触るとべたべたしています。しかし、ゴム系の接着剤は乾燥するとべたべたした粘着性を失います。

このように、接着剤の範ちゅうの中でべたべたしている状態が永久に保持されるものと最終的にはべたつきがなくなる (または弱くなる) ものがあります。

そこで、永久にべたべたしている接着剤は粘着剤または感圧接着剤と表して区別することにします。感圧接着剤と言うのは英語の“PRESSURE SENSITIVE ADHESIVE (PSA)”を訳したもので、すなわち粘着剤の事です。以後は混乱を避けるため粘着剤という言葉に統一して話を進める事にします。

(スリーボンドではスクリーン印刷用水性感圧接着剤とラベル表示していますが、本稿では、タイトルにもありますように、スクリーン印刷用水性粘着剤としています。)

1-1. 粘着剤の種類

粘着剤の種類は使用材料別でゴム系、アクリル系、シリコーン系に、状態別では有機溶剤溶液、エマルジョン、固形 (ホットメルト)、水溶液に分けられます。

性能的な特徴は主として材料の面で分けられる事が多いので、右枠で材料別の概要について説明します。

主な用途としては

- ・仮接着 (再粘着性は不要、容易に除去できるものが多い)

ゴム系粘着剤

- ・天然ゴム
凝集力を高めるために架橋させます。
- ・SBR
粘着付与剤の添加量が少量で粘着力が向上するため、天然ゴムと併用で用いられます。
- ・再生ゴム
部分加硫のためカレンダー塗布に用いられます。
- ・ポリイソブチレン
高分子量と低分子量のブレンド、ブチルゴムを部分架橋、充填剤の添加などを行います。
- ・ブロックゴム系
SIS、SBSなど、スチレンドメインの形成により熱で容易に可塑化する粘着剤になります。

アクリル系粘着剤

- ・架橋型
ガラス転移点の低いモノマーを架橋剤で架橋させます。
- ・非架橋型
ガラス転移点の低いモノマーと高いモノマーを共重合させて粘着剤にします。
- ・水溶性
カルボキシル基含有モノマーを共重合させて、アルコール、ポリエチレンオキッドを添加します。

シリコーン粘着剤

シリコーンゴム (高凝集力) とシリコーンレジン (高粘着力) とから形成された粘着剤です。

- ・難接着材質 (PP、PE、PTFE、EPDMなど) の貼り合わせ
 - ・仮接着 (銘板の粘着加工の他、ラベル、フィルムの粘着コーティングなど)
 - ・粘着部材への一次加工 (両面粘着テープなど)
 - ・再剥離粘着 (仮接着よりも再粘着性、易剥離性が要求される) などがあり、各々の用途に適した粘着剤を選択する必要があります。
- また、上の分類の他にも最近では、一時的な仮接着 (粘着) の後に反応硬化する「粘着剤」と呼ばれるタイプの商品も上市されています。

表1 粘着剤に使用される高分子の物性

項目 物質名	化学式 (構造式)	SP値	ガラス転移点 (°C)	融点 (°C)
天然ゴム	$\text{-(CH}_2\text{-C(CH}_3\text{)=CH-CH}_2\text{)-}_n$	7.9~8.3	-65~-75	
スチレン-ブタジエンゴム	$\text{-(CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{)-}_x\text{-(CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{)-CH}_2\text{)-}_y$	8.1~8.5		
シリコンゴム	$\text{-(Si(CH}_3\text{)}_2\text{-O)-}_n$	7.3~7.5	-123	
クロロプレンゴム	$\text{-(CH}_2\text{-C(CH=CH}_2\text{)-Cl)-}_n$	9.2~9.4	-50	40~43
ブチルゴム	$\text{-(C(CH}_3\text{)}_2\text{-CH}_2\text{-C(CH}_3\text{)=CH-CH}_2\text{)-}_n$	7.7		
アセテート	$\text{-(O-CH(CH}_3\text{)-O-CO-CH}_2\text{)-}_n$	10.9	120	220
ポリアクリル酸	$\text{-(CH}_2\text{-CH(COOH)-)-}_n$		80~95	
ポリアクリル酸エチル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(COOC}_2\text{H}_5\text{)-)-}_n$		(-23~-29)	
ポリアクリル酸ブチル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(COOC}_4\text{H}_9\text{)-)-}_n$		-57(-56)	
ポリアクリル酸プロピル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(COOC}_3\text{H}_7\text{)-)-}_n$		-40(-44)	
ポリアクリル酸メチル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(COOCH}_3\text{)-)-}_n$	10.1	3	
ポリアクリロニトリル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(CN)-)-}_n$	15.4	80~100 (104~130)	

項目 物質名	化学式 (構造式)	SP値	ガラス転移点 (°C)	融点 (°C)
ポリイソブチレン	$\text{-(C(CH}_3\text{)}_2\text{-CH}_2\text{)-}_n$	7.8~8.0	-65~-77 (-60~-70)	44
ポリエチレン	$\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)-}_n$	7.9~8.1	-21~-24 (-68)	
ポリエチレンテレフタレート	$\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-O-CO-C}_6\text{H}_4\text{-CO-O-}_n$	10.7	67~6.9(無定形) 81(結晶)	
ポリ塩化ビニリデン	$\text{-(CH}_2\text{-C(CH}_2\text{Cl)-)-}_n$	12.2	-18 (-17)	190
ポリ塩化ビニル	$\text{-(CH}_2\text{-CHCl)-}_n$	9.5~9.7	70~80 (87)	
ポリ酢酸ビニル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(OOCCH}_3\text{)-)-}_n$	9.4	28~31	
ポリスチレン	$\text{-(CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{)-)-}_n$	8.6~9.2	80~100	
ポリカーボネート	$\text{-(O-C}_6\text{H}_4\text{-C(CH}_3\text{)}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-O-C)-}_n$	9.7	150	220 267
ポリビニルイソブチルエーテル	$\text{-(CH}_2\text{-CH(OC}_4\text{H}_9\text{)-)-}_n$		-20 (-24)	115
ポリブタジエン	$\text{-(CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{)-}_n$	8.1	-120(1.4) -45(1.2)	
ポリプロピレン	$\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-)-}_n$	7.8~8.0	-35 (-10~-18)	
ポリプロピレンオキサライド	$\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-O)-}_n$	7.5		

1-2. 粘着剤の試験方法

粘着剤は通常「剥離する」ことで評価します。

剥離時に粘着剤層に働く力は図1のように粘着剤と被着体界面の接着力、粘着剤層の凝集力、基材（フィルムなど）の伸びなどに分かれます。その挙動が複雑であるために粘着剤の評価試験は「接着力（剥離強度）」「凝集力」「タック（初期粘着力）」の3つに分けるのが一般的です。この3つを「粘着の3要素」と呼ぶこともあります。「粘着力」は本来この3要素から構成されています。

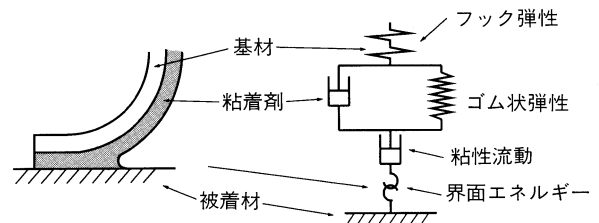


図1 粘着テープ引きはがしの力学モデル

1) 粘着剤の持つ「粘着力」の評価は、剥離強度でその強弱を表します。普通、ただ単に粘着力とする場合は剥離強度を示しますから、ここでいう「粘着力」は狭義の粘着力といえると思います。

剥離強度は図2、3に示すように、90度あるいは180度方向に剥離を行った際に測定された強度で表します。粘着テープまたは粘着剤加工されたフィルムを一定の引張速度で剥離します。引張速度はJISによると200mm/分(粘着剤のはく離接着強さ試験方法 JIS K 6854)と300mm/分(粘着テープ・粘着シート試験方法 JIS Z 0237)の2とおりあるため、メーカーによって速度が違う場合もあります。

また、剥離強度試験に供するテープ・フィルムの幅は25mm(1インチ)が基本でkgf/25mm幅で表されていましたが、最近では剥離強度の単位もSIに従いN/mで表記されるようになってつつあります。

2) 「凝集力」は(「保持力」ともいいます)文字どおり粘着剤層の硬さのことで、粘着剤の「凝集力」の試験は図4に示すように銅板にテープまたはフィルムを貼付して下部におもりを吊り下げ、一定の温度下(普通は40℃)でのずれを測定します。

例えば、両面粘着テープの試験では40℃で1kgfの荷重を1時間かけたときの測定値で表しています。

3) 「タック(初期粘着力)」はよく粘着力と混同されがちですが、タックとはいわゆるべたつきのことです。実際に触ってみたときにどのくらいべたつくのかを示します。「タック」はべたつき具合であるため、これといって数値化の基準がなく、試験方法も^{ほし}拇指タック、プローブタック、ループタック、クイックスティック、ボールタック試験とさまざまです。この中で比較的一般的なボールタック試験は図5で示す傾斜面に沿って鋼球を転がし粘着面の範囲内で停止したボール番号でタックの強さを表す(数字が大きいほどタックが強い)という方法です。

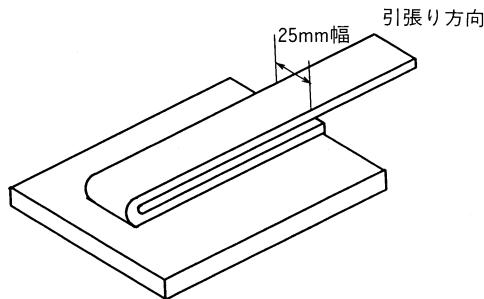


図2 180度剥離

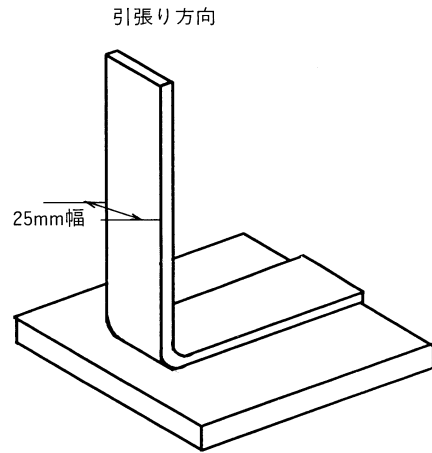


図3 90度剥離

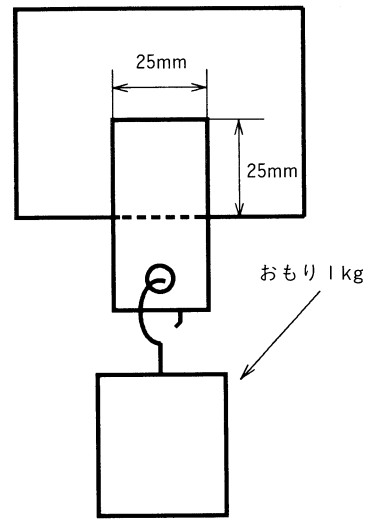


図4 保持力の測定方法

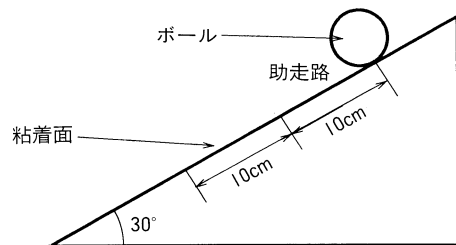


図5 ボールタック試験

ボールタック試験
傾斜に沿って鋼球を転がし、所定の範囲内に停止した鋼球の呼び径(インチ)を32倍したものでタックの強さを表す。数値の大きいものほどタックも強い。

2. 水溶性とエマルション

水性・水系と呼ばれる接着剤、塗料は大別すると水溶性とエマルションの2種類になります。

水溶性は水を溶媒（溶かす物質）として樹脂を溶かしているタイプで、ポリビニルアルコールや、メチルセルロース、身近な物ではデンプン糊、アラビアゴム糊（切手の裏の糊）などが水溶性です。一般に水溶性の接着剤は乾燥した後でも、水、アルコールに容易に溶解します。

一方、エマルションは、水を分散媒（分散させる物質）として用いるもので、樹脂は水に溶けているわけではなく、粒子状に分散しています。逆に、エマルションに使われる樹脂は水に溶けてしまっただけでは、水中で粒子状に分散できませんから、樹脂だけでみると水には溶けないこととなります。ですから、エマルションが乾燥した後の樹脂皮膜は水不溶性になります。（水に溶けないエマルションの皮膜が湿度に弱い理由については後で触れます）

弊社の粘着剤はエマルションタイプですので、次の項でエマルションについての説明をします。

2-1 エマルション

エマルション（emulsion）とはあまり耳なれない言葉かもしれません。

ラテックス（乳液）、ディスパージョン（分散液）などとさまざまな呼び方がされていますが、液体同士が乳化した状態を乳濁液、つまりエマルションと呼びます。エマルションは屈折率の異なる液体がミクロンオーダーの細かい粒子状に分散しているために光が乱反射して白色になります。50nm程度のエマルションはマイクロエマルション（商品名としてコロイダルディスパージョンと呼ばれることもあります）と呼ばれます。

コロイドとはさまざまな物質が入り乱れて存在する状態をさし、固体中に液体が分散している状態や、液体中に気体が分散している状態、気体中に液体が分散している状態などの形態について分けられており、その中で液体中に固体が分散する懸濁液（サスペンション）や液体中に液体が分散する乳濁液（エマルション）などの状態があります。

さて、最初にラテックス、ディスパージョンという言葉を書いています。ラテックスは一般にゴム系のエマルションを指す場合が多く、エマルションとラテックスを区別する人もいますし、合成樹脂系のエマルションについてもラテックスと呼ぶ人もいます。ディスパージョンも呼び方の違いだけで中身は同じものですから、ここではエマルションに統一して話を進めます。（ちなみにエマルジョンという呼び方が一般に使われていますが、コロイド化学の成書などではエマルションとなっていますので本稿でもそれになっています）

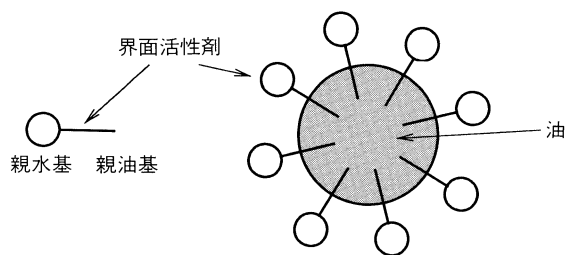


図6 エマルション粒子の模式図

表2 エマルションなどの粒径の比較

名称	直径
界面活性剤球形ミセル	35~150 Å
マイクロエマルション	10~100nm
一枚膜リポソーム	25~30nm
多重膜リポソーム	0.2~1.0 μm
エマルション	0.2~50 μm
マイクロカプセル	1~300 μm
ヒト赤血球	7~10 μm
ヒト白血球（単核球）	10~18 μm

表3 コロイド系の分散

分散媒	分散相	略記法	浮遊系	沈積系
気相	液相	液/気 (L/G)	霧 } 気体コロイド 煙 } (エアロゾル) (煙霧質)	— 粉体、多孔体、キセロゲル
	固相	固/気 (S/G)		
液相	気相	気/液 (G/L)	気泡 エマルション (乳濁液) { サスペンション (懸濁液) ゾル	泡沫 (泡塊) クリーム ゲル (膠状沈殿、ゼリー)
	液相	液/液 (L/L)		
	固相	固/液 (S/L)		
固相	気相	気/固 (G/S)	} 固体コロイド (色ガラス、宝石など)	} 固体コロイド (多孔体、キセロゲルなど)
	液相	液/固 (L/S)		
	固相	固/固 (S/S)		

2-2. エマルションの種類

エマルションは先に述べたように液体に液体が安定して分散している状態です。エマルションで身近な例と言えば牛乳とバターがあげられます。

「牛乳」は3～5%の乳脂肪分が水中に浮遊している典型的なエマルションです。

これに対して「バター」がエマルションであるというのは理解しづらくも知れません。

バターは牛乳から水分を取り除いた、乳脂肪だけの状態になったものですが、水分がまったく含まれていないわけではありません。その証拠にバターをナイフで切ると水分が付着することがあります。

水分を含んでいないように見えたバターにも水分がある状態で分散していたのです。これは、ちょうど牛乳の中に乳脂肪が分散されている状態の裏返しと考えると、これもエマルションの一種ということが出来ます。

牛乳のように水の中に油の粒子が分散している状態、これをO/W型エマルション、バターのように油の中に水の粒子が分散している状態、これをW/O型エマルションといいます。

以降は、特に注記しない限りエマルションはO/W型のエマルションを指します。

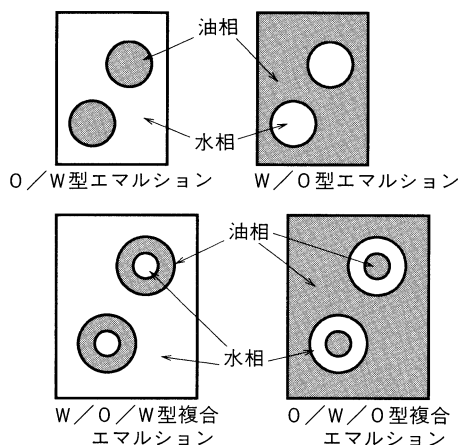


図7 エマルションの種類

2-3. エマルションの構造

水と油をただ単に混ぜ合わせてみると水面に油が浮き出ます。ところが、エマルションはこのような水と油の組み合わせを分離させることなく安定な状態にしています。その秘密は、エマルションの中に添加されている界面活性剤にあります。

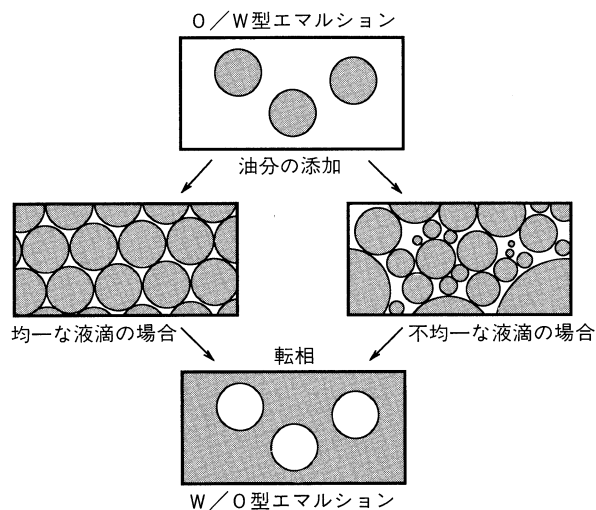


図8 エマルションの転相

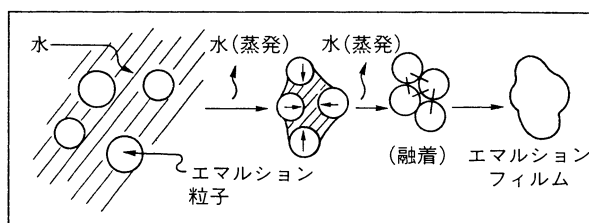


図9 エマルションの造膜

図6のような状態になったものがエマルションです。エマルションは大きく分けて水、樹脂、界面活性剤の3成分から構成されています。

界面活性剤は親油基と親水基の両方を1分子中に有する構造なので、油中に親油基、水中に親水基側に向けた状態で油の粒を包み込んで乳化し、分離を防いでいるのです。(身近なものでは石鹸、洗剤なども界面活性剤の一例です。)エマルションに使用されている界面活性剤は特に乳化剤と呼ばれることもあります。

樹脂分(一般には不揮発分として表されています)は、通常で50%程度、最大でも70%近辺までです。これは、樹脂分の粒子の存在状態を最密充填した場合の割合から、計算された値で、これ以上の濃度では相転換する(O/W→W/O)こととなります(粒子径が一定の場合)。

エマルションは樹脂分の濃度や、樹脂の重合度を高めても粘度に影響しない点で、他の溶剤系粘着剤に比べて扱い易く、性能的にユニークなものが数多く開発されてきています。最近ではエマルション粒子をコア・シェル(核・殻)構造にした図7のようなものも作られるようになってきました。

2-4. エマルション粒子

エマルション粒子同士は界面活性剤によって電気的な反発力を持っています。この反発力のおかげで粒子同士が融着するのを防いでいるわけですが、先に、エマルションは「安定」と述べたことと矛盾しますが、エマルションの粒子を「壊す」ことは非常に簡単です。

エマルション粒子が壊れた状態とは、粒子同士が接触して、樹脂による融着が起こった状態を指します。

水分が揮散して皮膜を形成した状態が、エマルション本来の使い方での粒子が壊れた状態です。そのメカニズムは図9に示されるものです。

この時、界面活性剤は水分とは異なり、乾燥時に揮散せずに樹脂中に残存するため、高湿度雰囲気下では樹脂層内に水分を再び取り込んでしまいます。このために、樹脂の耐湿性が溶剤揮散型に比べて悪い場合があります。

乾燥は、物理的に分散媒である水を取り除くことで粒子間の距離を近接、さらには接触させる方法ですが、界面活性剤の反発力をなくすことでも粒子の融着は起こります。

エマルションに使われる界面活性剤はほとんどがアニオン型かノニオン型との混合系です。界面活性剤の種類は表4に示しますが、アニオン型は水中ではアルカリ性側で安定します。実際、多くのエマルションはpH 7~11のアルカリ性を示します。

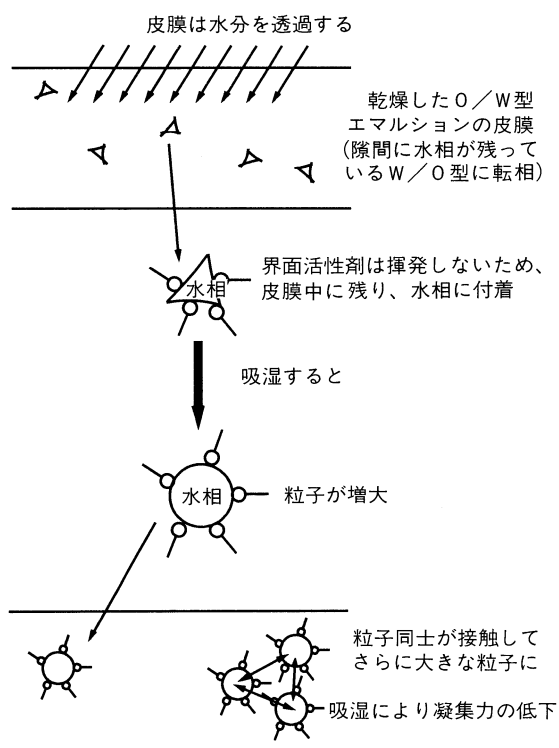


図10 被膜の吸湿メカニズム

表4. 界面活性剤の種類

- ◎イオン性界面活性剤
 - a アニオン（陰イオン）界面活性剤
 - ・カルボン酸塩
 - 脂肪酸セッケン
 - ・アミノ酸塩
 - ・スルホン酸塩
 - アルキルベンゼンスルホン酸塩（ABS）
 - ・硫酸エステル塩
 - ・リン酸エステル塩
 - b カチオン（陽イオン）界面活性剤
 - ・アミン塩
 - ・第4級アンモニウム塩
 - c 両性界面活性剤（1分子中にアニオン、カチオンの両方をもつ）
 - ・アミノカルボン酸
 - ・カルボキシペタイン
 - ・スルホペタイン
- ◎非イオン（ノニオン）界面活性剤
 - a ポリオキシエチレン（POE）型
 - ポリオキシエチレンアルキルエーテル
 - ポリエチレングリコール脂肪酸エステル
 - b 多価アルコール型
 - グリセリン脂肪酸エステル
- ◎その他
 - a 高分子界面活性剤
 - ポリビニルピリジン誘導体
 - POEとポリオキシプロピレンのブロック共重合体
 - b 天然の界面活性剤
 - ・胆汁酸
 - ・コール酸
 - ・グリセロリン酸
 - ・レシチン
 - ・サポニン
 - アエシン、ジギトキシン

ここに、酸性物質を加えたり、水を加えると、界面活性剤によって接触していなかったエマルション粒子が反発力を失って粒子同士が融着し、「ままこ」と呼ばれる不溶性の塊ができます。

エマルション粒子を機械的な力が破壊する場合があります。

これは、機械的な力、例えば剪断力や圧縮力が作用して粒子が変形・破壊されて、粒子の融着が生じる場合で、この機械的な安定性が悪いエマルションは高速での攪拌やスプレー塗布には不向きです。

2-5. エマルションの製造方法

エマルションの製造方法には大きく分けて2種類あります。

1つは溶剤などに溶解した溶液状の樹脂を水中に投入して乳化する方法です。

2つめは樹脂の原料となるモノマーを投入し、水中で重合（乳化重合）して樹脂にする方法です。

前者の場合に比べて、後者の乳化重合方法はその重合条件によって出来上がる樹脂の性状が異なるために、エマルションメーカー各社の特徴が表れてきます。

3. スクリーン印刷

印刷技法としてよく知られているスクリーン印刷は古くは型紙を使った着物の捺染に由来するといわれています。型紙を使うことで同じ図柄の着物を大量に生産することができるようになりましたが、型紙では丸く抜かれた内側に図柄を入れることが出来ないため、内側にも図柄を入れたい時には型を糸で張って固定していました。これが近代になって絹糸（シルク）を使ったスクリーンに図柄を抜く技術へと発展し複雑な図柄でもシャープに印刷できるようになりました。

スクリーン印刷は他の印刷方法にない以下の特色をもっています。

1) インク層を厚くできる印刷方法です。

他の印刷方法では数 μm 程度のインク層しかできませんが、スクリーン印刷では30~100 μm のインク層を形成することが可能です。（これは、次章で述べますが粘着剤を印刷する上で大変重要な点です。）

2) ローラーを使わない印刷方法です。

実際にインクが触れるのはスクリーン、スキージ（スクリーンからインクを押し出すゴム製のへら）、スクレーパー（インクかきとり用のへら）だけなので、ローラーを介した他の印刷方法よりも自由にインクが使えます。また、ローラーを使わないので被着体側の材質・形状を選びません。例えばガラスのように壊れやすいものにも、コップやビンのような曲面を持ったものにも印刷できます。

3-1. スクリーン印刷の原理

スクリーン印刷の原理は、まず、スクリーン（紗）を枠に張って固定し、その上に感光乳剤（光を照射すると硬化する樹脂）を塗り、印刷したい図柄をスクリーンに重ねて光を当てることによりレジスト（目止め部分）を作ります。このあと洗浄すると硬化していない乳剤が取り除かれて図柄の部分が開口部として残ります。これでスクリーン印刷用の版の完成です。つぎに枠内に印刷インクを入れ、版を印刷したものに重ねて、スキージ（インクを押し出すゴム製のへら）の線圧で開口部からインクを押し出して被着体側に転写して印刷します。あとはスキージを使って繰り返し転写することで同じ図柄のものが大量にでき上がるわけです。

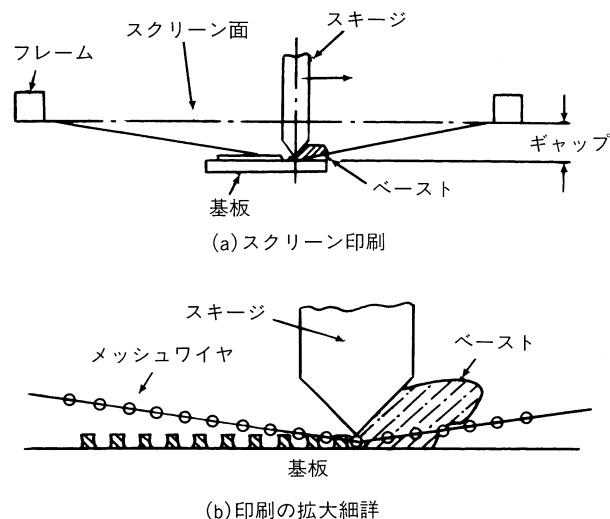


図11 スクリーン印刷

3-2. スクリーンの種類

スクリーンの種類はスクリーンを形成する線材とメッシュサイズによって大きく分類されます。

1) 線材

線材としてはステンレス、ナイロン（ポリアミド繊維）、テトロン（ポリエチレンテレフタレート、ポリエステル繊維）が一般に使われています。各々の材料について一長一短があるため、用途に応じた線材の選定が必要となります。

・ステンレス

温湿度の影響が小さいが、復元力がナイロン、テトロンより小さいため、精度を維持するためにはクリアランスを最小限にする必要があります。

・ナイロン（ポリアミド繊維）

温湿度での伸縮率が大きく寸法精度を求められるときには不適當です。しかし、線径が細かいため、開口率が大きくインクの透過が容易です。

・テトロン（ポリエステル繊維）

精度は良好ですがナイロンよりも線径が太めのため、開口率が小さくなります。

2) メッシュサイズ

次にメッシュのサイズですが、1インチ幅にいくつの孔があるかを表しますから数の多いほど細かいメッシュになり、図柄の解像度が良くなります。

3-3. スクリーンと膜圧の関係

先に開口率について触れましたが、メッシュのサイズと線材の太さ（線径）から開口率を求めましょう。

（1インチ=25.4mmとして計算します。）

例えば 508 メッシュ、線径 25 μ m（版厚 50 μ m）のスクリーンを使用した場合、

一目当たりの大きさ

$$25.4 \div 508 = 0.05\text{mm}$$

孔部一目当たり

$$0.05 - 0.025 = 0.025\text{mm}$$

1インチ角当たりの孔部の面積は、孔の大きさは 0.025 \times 0.025 で、これが1インチに 508個並んでいるため、1インチ角内に 508 \times 508個あることになります。

孔部の総面積

$$0.025 \times 0.025 \times 508 \times 508 = 161.29$$

開口率を求めるには、これを1インチ角の面積で割ります。

$$161.29 \div (25.4 \times 25.4) = 0.25$$

つまり、このスクリーンは開口率が25%ということになります。

また、インク層の厚さはおよそ開口率 \times 版厚より計算できます（ここで計算される値は被着体に塗布される体積に当たります）。

上の例では版厚を 50 μ m としていますから

$$50 \times 0.25 = 12.5$$

となり、12.5 μ m がインク層の厚さとなります。これは乾燥前のインク厚さになりますから、乾燥したときの厚さはこのインクの不揮発分を考慮します。

仮にインクの不揮発分を20%とすると、乾燥後で2.5 μ mの厚みが得られます。

実際は開口部の形状、パターンなどで変化しますが、必要なインク厚さを得ることのできるスクリーンのメッシュサイズを決定する目安となります。

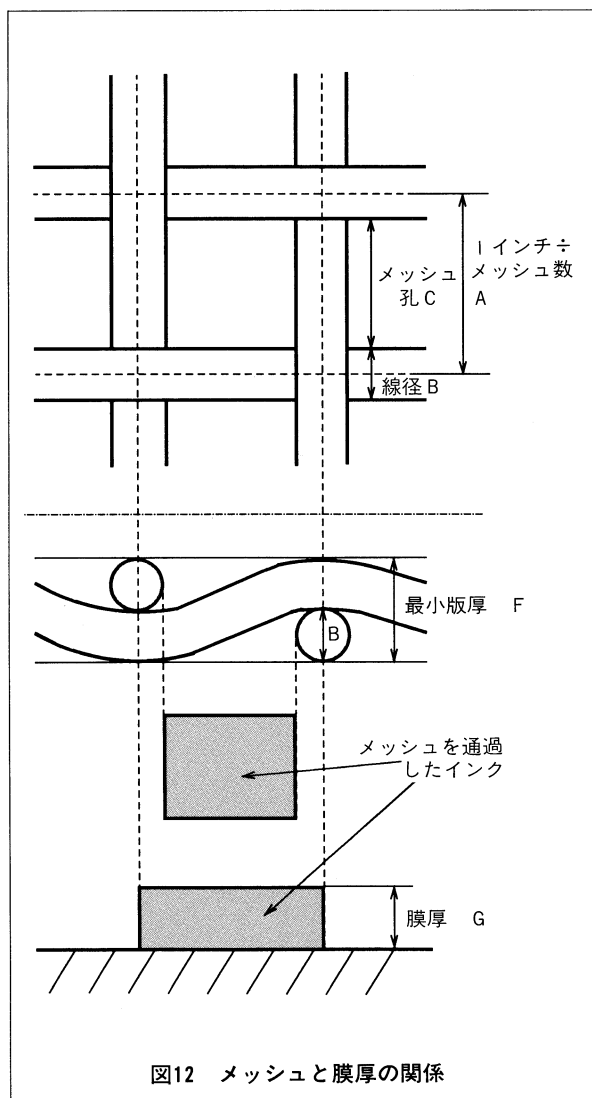


図12 メッシュと膜厚の関係

表5 メッシュサイズの膜厚の関係

メッシュサイズ			60	80	100	120	150
1インチ÷メッシュ数	mm	A	0.423	0.318	0.254	0.212	0.169
線径	mm	B	0.150	0.120	0.100	0.080	0.070
孔部大きさ	A-B	C	0.273	0.198	0.154	0.132	0.099
孔部面積	C ² ×メッシュ数 ²	mm ²	268.9	249.6	237.2	249.8	221.9
開口率	D÷(1インチ) ²	%	41.7	38.7	36.8	38.7	34.4
最小版厚	線径×2	F	0.300	0.240	0.200	0.160	0.140
膜厚	E×F	mm	0.125	0.093	0.074	0.062	0.048

表中の膜厚は樹脂100%として算出されていますので、溶剤・水を含んでいる場合、例えば樹脂50%の場合は乾燥後の膜厚は溶剤の揮発分を除いた厚さ（膜厚G \times 0.5）となります。

4. スクリーン印刷用粘着剤

普通、接着剤を塗布する方法としては、ディスペンサー塗布やピン転写といった点付けとローラーを使用した面塗りに分けられます。

ところが、粘着剤はいつまでもべたべたが保持されずから、はみだし部分を作らないですむ塗布技術が要求されます。

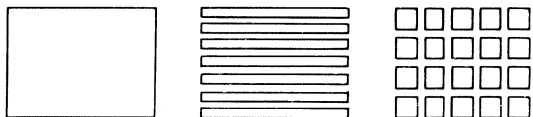
使用法はインクの場合と同じですが、粘着剤はある程度の厚さを被着体側に付着させることで剥離における応力緩和の役目をします。スクリーン印刷で塗布する場合、メッシュサイズを変更することにより粘着剤層の厚さを調整できます。

また、スクリーンを用いることで必要な箇所のみ粘着加工を施すことが出来ます。

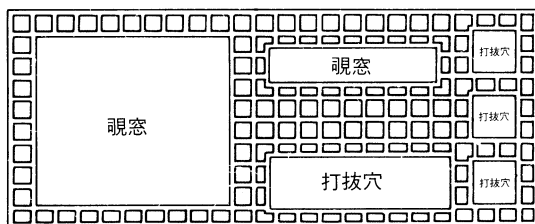
さらに、複雑な形状になればなるほど両面粘着テープでは対応しにくくなります。例えば開口部（スイッチや、インジケータ用の窓として）の多いパネルでは位置合わせに対して高い精度が必要です。特に最近増えてきた曲面のあるメンブレンスイッチやタッチパネルの粘着加工は従来の粘着テープではその加工が困難で、いっそうスクリーン印刷用粘着剤の用途として期待されている分野です。

このようなスクリーン印刷の優れた特性を活かすために粘着剤もスクリーン印刷に合わせていくつかの特徴が必要になります。

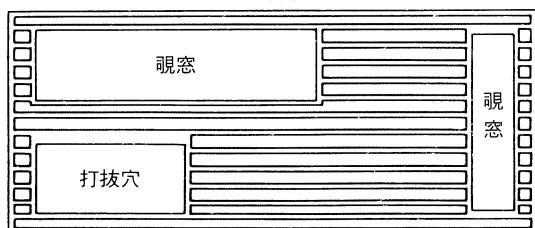
ベタ塗り(全面塗布) ストライプ状(帯状) チェック状(格子状)



チェック状パターンの適用例



ストライプ状パターンの適用例



印刷方向限定→

図13 スクリーン印刷パターン例

4-1 粘度特性

印刷の仕上がりに最も影響するのは粘着剤の持つ粘度です。粘度が低すぎると「だれ」や「にじみ」が生じ、逆に粘度が高すぎると「かすれ」が発生します。

肉盛り性は粘着剤の厚みの確保や「にじみ」、「だれ」の防止に役立ちます。肉盛り性を良くするには一般に粘度を上げることで対応します。

粘着剤の塗布厚さによって違いますが、例えば50 μ m以上の粘着層を形成するのであれば20~30Pa \cdot s(200~300P)程度が適当な粘度です。

4-2 レベリング性・消泡性

スクリーン印刷ではスクリーンのメッシュ越しに粘着剤が塗布されますから、最初印刷面には細かな網目状に塗布されます。また、印刷面表面の気泡を取り込んだままでは粘着剤との接着面積が少なくなってしまいます。そこで、適度なレベリング性によって気泡の置換やならかな粘着層の形成を行います。

レベリングが悪いとざらつき感のある表面（ゆずはだ）になります。

また、使用する際に粘着面の凹凸は粘着面不足による強度低下の原因となります。粘着面を滑らかに形成するには消泡性も欠かせない特性の一つです。

4-3 チクソ性（チクソトロピック性、揺変性）

被着体が版から離れる際に粘着剤が糸を引く状態は、印刷面が汚されるなどの理由でスクリーン印刷では望ましくない状態です。

特に溶剤系の粘着剤で高分子量の材料を高濃度で使用した場合に糸引きがみられます。

糸切れを良くするため、通常はチクソ性（揺変性）を向上させます。

4-4 乾燥性

スクリーン印刷中に溶媒が揮散し粘度が変化する事は作業上好ましくありません。また、スクリーン上で乾燥が始まりメッシュの目詰まりもこまります。

そこで、乾燥性を調整するための溶剤を添加することもあります。一般的には遅乾性溶剤を添加しますが、エマルジョンの場合は保水剤（水和しやすい化合物など）を添加することもあります。

反面、乾燥工程の時間を短縮する方法としては、高濃度化やエマルジョンでは低級アルコールを添加することで乾燥性を高めることが出来ます。

表9 膜厚による隔離強度

	メッシュ	乾燥後膜厚 (単位 μm)	90度剥離強度 (単位 N/m)
PVC/PS	80	60~70	550
	100	50~60	470
	120	40~50	430
PVC/PMMA	80	60~70	510
	100	50~60	430
	120	40~50	350

5. スリーボンドの水性粘着剤

スリーボンドではスクリーン印刷の特徴を生かした粘着剤の塗布加工技術に早くから着目してきました。

スクリーン印刷用の粘着剤としてエマルジョン系のスリーボンド1549を上市しております。

スリーボンド1549はエマルジョン系の特徴を利用して、高分子量であるにもかかわらず糸引きがなく、粘度もレベリング性も適正にコントロールされています。

その特徴を以下に示します。

表6 スリーボンド1549の物性

主成分	アクリルエマルジョン
外観	乳白色 無色透明 (乾燥皮膜)
粘度	20 Pa·s {200P} (25℃)
加熱残分	67%
比重	1.01
PH	6.0

表7 スリーボンド1549の保持力・タック

保持力	1.0mm	40℃ 1kgf荷重 1時間
タック	16	ボールタック試験による

表8 各種被着体の剥離強度

	90度剥離強度 (単位 N/m)	180度剥離強度 (単位 N/m)
PVC/PS	470	980
PVC/ABS	390	1450
PVC/PMMA	430	1220
PET/PS	430	780
PET/ABS	550	700
PET/PMMA	470	820

(1 kgf/25mm=約 400N/m)

記号

PS：ポリスチロール樹脂

PVC：塩化ビニル (軟質) 樹脂

ABS：ABS樹脂

PMMA：アクリル樹脂

PET：ポリエチレンテレフタレート樹脂

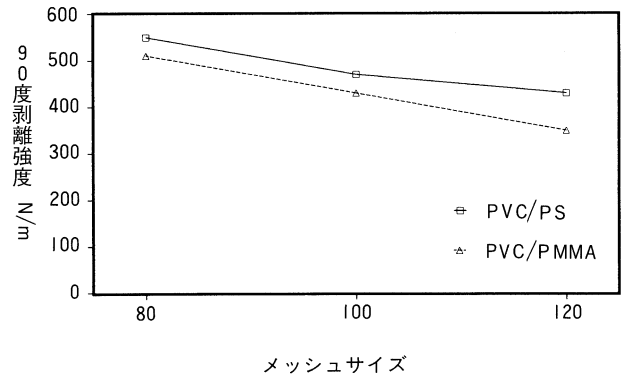


図14 メッシュサイズと剥離強度

表10 熱時における剥離強度

	90度剥離強度 (単位 N/m)			
	25℃	40℃	60℃	80℃
PVC/PS	470	200	160	80
PVC/PMMA	430	200	160	80

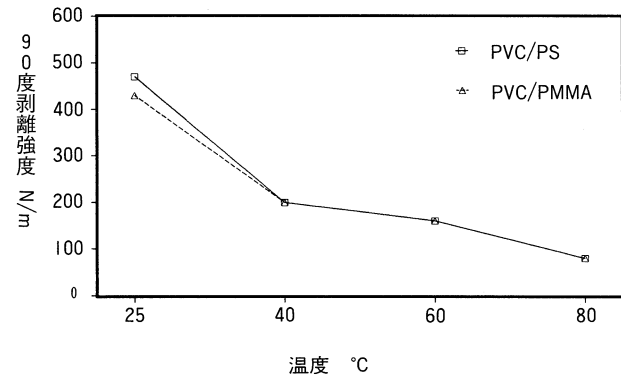


図15 熱時における剥離強度

表11 経時による剥離強度の変化

温湿条件	90度剥離強度 (単位N/m)							
	ブランク	6時間	1日	3日	7日	15日	30日	60日
-40℃	470	390	390	430	430	430	390	430
0℃		430	430	430	470	390	390	390
室温 (25℃)		470	470	430	470	470	470	510
40℃		390	430	430	470	510	470	510
70℃		390	430	430	470	470	470	430
40℃ 95% RH		390	390	390	430	430	430	510
60℃ 95% RH		350	430	390	470	470	510	510

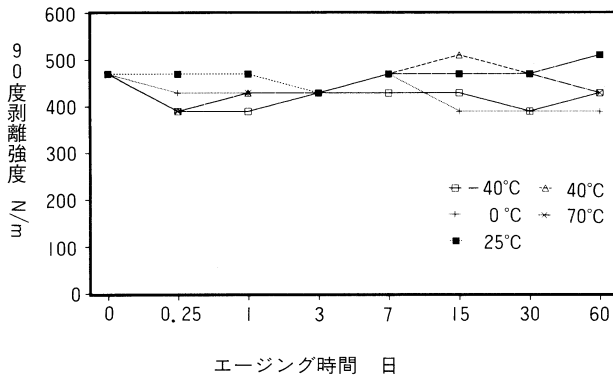


図16 エージング日数における剥離強度

注意

スリーボンド1549の付着した版や器具の洗浄の際に使用した水は産業廃棄物になりますので、むやみに下水道に流さないで下さい。専門の業者での処理をお願いいたします。

おわりに

「粘着剤」「エマルジョン」「スクリーン印刷」の入門編として本稿をまとめたため、エマルジョンの粒子の融着理論などの複雑な説明について、紙数の関係で割愛しておりますので、理論を期待された向きには若干物足りなく思われたかもしれません。詳しくお知りになりたい方は参考文献を巻末に列記しますので、そちらをご覧ください。

本稿をまとめるにあたり以下の文献を参考にいたしました。

物性物理化学 中垣正幸編 南江堂
 感圧接着剤(粘着剤) 遠山三夫 高分子刊行会
 高分子加工増刊 別冊8 粘着 高分子刊行会
 コロイド化学の進歩と実際 目黒謙二郎他

日光ケミカルズ

入門エマルジョンの応用 由良政昭 高分子刊行会
 高分子ラテックスの化学 室井宗一 高分子刊行会
 新しいスクリーン印刷技術と

その高精度化・各種トラブル対策総合技術資料編

ソフト技研
 スクリーン印刷技術全集 セリグラフ社
 粘着剤活用ノート 工業調査会

ThreeBond
TECHNICAL NEWS

技術と友情で世界をむすぶ
株式会社スリーボンド
本社 〒193 東京都八王子市狭間町1456 電話 0426(61)1333 代

●スリーボンド・テクニカルニュース編集委員会