

報 文

粘着テープにおけるタック試験方法の開発と
粘着最適条件の吟味

岐阜職業訓練短期大学校 竹内 勇夫

Development of Tack Testing Method for Pressure Sensitive Adhesive

Tapes and an Examination of Adhesive Optimum Conditions

Isao Takeuchi

要 約 粘着テープにおいて最も重要な物性であるタックの測定方法として、リン青銅環法を開発した。その方法により、3種の粘着テープを使用して、タック剥離力を測定した。その結果、リン青銅環法は、各粘着テープのタック特性を十分に分別できる測定方法であることがわかった。

また臨界表面張力 (γ_{cp}) の異なるプラスチックにおいて、各粘着テープの粘着およびタック剥離力を測定し、その結果から粘着の最適条件を吟味した。 γ_{CA} (粘着テープの臨界表面張力) が $340 \mu\text{N}/\text{cm}$ であるマスキング粘着テープでは、粘着およびタック剥離力の最大値がいずれも γ_{CA} 付近に出現した。この結果は畑の理論的説明と一致した。

一方 γ_{CA} が 290 と $240 \mu\text{N}/\text{cm}$ のセロハンおよびクラフト粘着テープでは、剥離力のピークが γ_{CA} 付近と $380 \mu\text{N}/\text{cm}$ に出現した。この現象について次ぎの様に推論した。 γ_{CA} と γ_{cp} の間に、ある一定の表面張力の差 ($\gamma_{cp} - \gamma_{CA} = 100 \sim 150 \mu\text{N}/\text{cm}$) が生ずると、被着材の極性が粘着剤の極性を誘起し、粘着結合の一部に極性結合が生じて粘着結合を向上させるために、 $380 \mu\text{N}/\text{cm}$ の所に剥離力のもう1つのピークが出現すると考えた。

したがって、実用的粘着テープの γ_{CA} の範囲は、 $300 \sim 390 \mu\text{N}/\text{cm}$ が理想といわれているが、表面活性の高い被着材には、 $250 \mu\text{N}/\text{cm}$ 程度の γ_{CA} を持つ粘着テープも有効と考えられる。

I. はじめに

セロハン粘着テープなどに代表される粘着テープは、我々の身近な民生品であり、また工業製品でもある。その製品の内容については、専門書⁽¹⁾に詳述されている。粘着テープの一番重要な特性は、広範囲な素材に十分粘着し、その粘着が長時間保持されることにある。粘着特性は、タック、粘着力、保持力の3物性により表される。

粘着テープが素材に十分粘着するか否かは、粘着剤の流動の問題であると同時に、界面化学におけるぬれの問題である。畑⁽²⁾は、界面化学的側面から接着(粘

着)の最適条件を論じ、着剤(粘着剤)と被着材(素材)との界面における自由エネルギーが極小の時、いわゆる $\gamma_L = \gamma_S$ (γ_L : 着剤の表面張力、 γ_S : 被着材の表面張力)の時に、接着(粘着)力は最大なることを理論的に説明している。

一方、 γ_C (Zisman⁽³⁾の方法により求められた固体の臨界表面張力)の異なる各プラスチックを被着材とし、粘着テープの粘着剥離力を測定した遠山ら⁽⁴⁾の実験では、粘着剥離力の最大値を示したプラスチックの γ_C (以下 γ_{cp} とする。)は、粘着剤の γ_C (以下 γ_{CA} とする) とほぼ等しかったと報告している。この結果は、畑の理論的説明と一致している。

しかし、福沢⁽⁵⁾の同様の実験および遠山ら⁽⁶⁾の別

の実験では、粘着剥離力の最大値を示したプラスチックの γ_{cp} (以下 γ_{cpmax} とする)は、粘着テープの γ_{CA} よりも約50~150 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 高い所に出現したとの報告がある。遠山⁽⁷⁾はその原因として、粘着剤の粘着・剥離条件が、高接触圧で、接触停止時間が長く、低剥離速度(または高温剥離)の諸条件では、 γ_{cpmax} は粘着剤の γ_{CA} により近い所に出現し、逆の諸条件、いわゆる不完全めれの粘着・剥離条件では、 γ_{cpmax} は γ_{CA} よりある程度高い所に出現するとした。すなわち γ_{CA} と γ_{cpmax} の差の多少は、粘着力測定条件により変化するものと説明した。しかし、その原因説明の根拠となる遠山⁽⁸⁾⁽⁹⁾らの実験報告では、粘着・剥離条件の相違により得られた γ_{cpmax} と γ_{CA} の差は、せいぜい20~50 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の範囲であり、その差が50~150 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の範囲にある他の実験結果の原因説明としては不十分であると考えられる。

したがって本報では、まず筆者が考案したリン青銅環を使用したタック試験法について考察すると共に、次いで3種類の粘着テープと9種類のプラスチックを供試材として、両材の γ_c を測定し、また粘着テープのプラスチックに対する粘着、タック剥離力を測定して、その結果より γ_{CA} と γ_{cpmax} との関係を吟味した。

II 実験

1. 供試材

実験に供した粘着テープを表1に、またプラスチック板を表2に示す。PTFE、AC、PETのプラスチックは0.1mm厚のフィルムであるので、硬質PVC板(1mm厚)に両面テープで貼り付け試験板とした。そ

表1 供試粘着テープ

セロハン粘着テープ	LP-18 (18mm×35m)	ニチバン
クラフト粘着テープ	No.712ビロー (25mm×50m)	日東電工
マスキング粘着テープ	No.720 (18mm×18m)	日東電工

表2 供試プラスチック

テフロン樹脂 (PTFE)	スカイドテープMSF	中興化成
ポリエチレン (PE)	ハイゼックス500H	三井油化学
ポリプロピレン (PP)	ノーブレンX-1A	三菱油化
ナイロン樹脂 (PA)	1022B	宇部興産
ABS樹脂 (ABS)	サイコラックGSE	ウベサイコン
塩化ビニル樹脂 (PVC)	タキロンプレート	タキロン
アクリル樹脂 (PMMA)	コモガラスCG	クラレ
アセチルセルロース樹脂 (AC)	フジタックFT	富士写真フィルム
ポリエステル樹脂 (PET)	東レテロンミラー	東レ

他のプラスチックは1mm厚の板である。また試作リン青銅環によるタック剥離力の予備実験では、#600サンドペーパーで研磨したステンレス板(SUS304、1mm厚)を試験板とした。

2. 実験方法

2.1 臨界面張力(γ_c)の測定⁽¹⁰⁾

数種の濃度のジプロピレングリコール(DPG)水溶液を調整し、輪環法(デュヌイ表面張力測定器:島津製作所製)により表面張力(γ_L)を測定した。この γ_L 既知のDPG水溶液をプラスチックおよび粘着テープ面に0.012g滴下し、10秒後に接触角(θ)を測定した。測定器は協和接触角計CA-D型(協和科学製)を使用し、測定温度は20°Cである。更にZismanの方法により $\cos\theta$ を γ_L に対してプロットし、 \cos

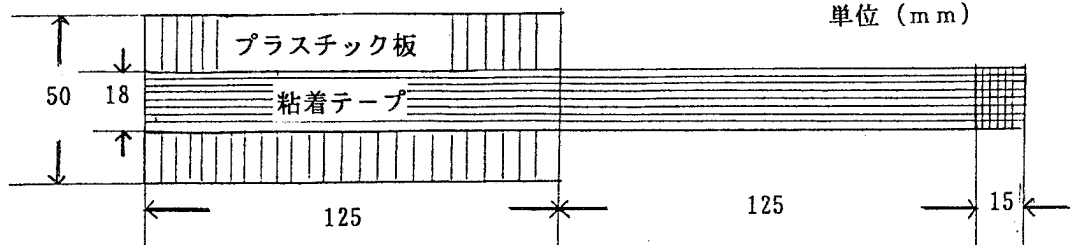


図1 粘着剥離力測定用試験板

$\theta = 1 (\theta = 0)$ となるような補外値をもってその材の γ_c とした。

2.2 粘着剥離力の測定⁽¹⁰⁾

18mm幅の粘着テープをプラスチック板(50×125mm)にゴムロール(荷重: 25.5 N)で貼り付け(貼り付け速度: 300mm/min、2往復)、図1に示す試験板を作成した。貼り付け後1時間放置し、引張試験機(オートグラフS-500C: 島津製作所製)を用い、剥離速度50mm/minで、180°引きはがし法により粘着剥離力を測定した。測定値は、記録チャートからJIS法(Z 0237)により5点求め、その平均値とした。

2.3 タック剥離力の測定

ばね弾性の高いリン青銅帯(180×1200mm、0.1または0.3mm厚、ばね限界値:400N/mm²以下)を試験材とし、長手方向に20×315mmの長帯を切り出した。そして0.1および0.3mm厚の長帯を組合せ、7種類のリン青銅環を作成した。その形状を写真1に示す。またその内容を表3に示す。0.3mm厚長帯のみで作成した環では、長帯にわずかな切断ひずみを生じたため、試験板面に環の完全接触が得られなかった。よって0.1mm厚の長帯を環の外周に2枚巻き、さらに環の試験板面に対する接触面を#600サンドペーパーにより十分研磨し、試験板面に対しての完全接触面を得た。試作したリン青銅環の外周上に、両面テープにより粘着面を表とした粘着テープを貼り付け、環を引張試験機(2.2と同)に装着し、写真2に示すような状態で環を一定速度で試験板に圧着後、剥離を行いタック剥離力を測

表3 リン青銅環

種類	リン青銅帯使用枚数		環の曲率半径 (mm)
	0.3mm厚帯	0.1mm厚帯	
A	1	2	49.0
B	2	2	51.0
C	3	2	50.3
D	4	2	49.8
E	5	2	48.0
F	6	2	48.0
G	7	2	47.0

表4 供試材の臨界面張力 (γ_c : $\mu\text{N}/\text{cm}$)

プラスチック	PTFE*	PE	PP	ABS	PVC	PMMA	PA	PET	AC
	250	270	290	330	310	350	360	380	380
粘着テープ	セロハン		クラフト			マスキング			
	290		250			340			

*PTFE: #1000サンドペーパーで研磨

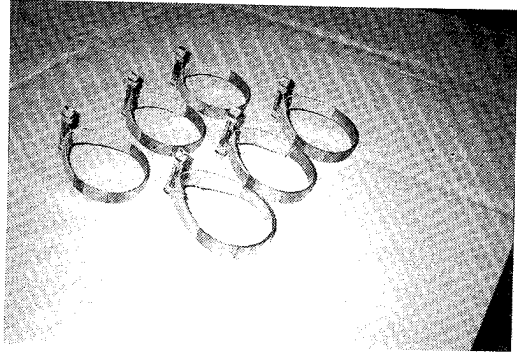


写真1 試作リン青銅環

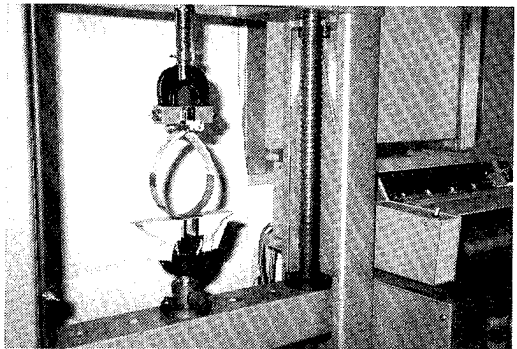


写真2 リン青銅環によるタック剥離力測定装置
 定した。またロードセルと環のつかみ具間は、試験時に伸縮のないように固定した(以下この測定法をリン青銅環法とする)。測定は5回行い、測定値は上位3点の平均値とした。また、2.2および2.3の測定は、温度20~23°C、R.H.60~70%の条件下で行った。

III 結果と考察

1. リン青銅環法によるタック剥離力測定法の吟味

粘着テープでまず必要な性質は、粘着テープを素材に貼り付けたら即粘着力を発揮することである。した

がって、粘着テープの3物性の中でタックの測定は最も重要である。

タックとは、非常に軽い力で短時間に被着体に粘着する力と定義されているが（JISZ 0109、粘着テープ、粘着シート用語）、その意味はあいまいである。これはタックの評価方法が多様であると同時に、決定的な試験法がまだ確立されていない所に基因する。タックの評価方法は、粘着剤表面に親指を触れ、または押し付けて、ただちに引き離した時の指面に感じる抵抗の大小の判定に始まる（拇指タック）。この方法は定性的ではあるが、微少圧、極少時間の接触と引き離しが自由にコントロールできる特徴がある。したがって、この機構をいかに機器試験で定量化してゆくかが、タック評価方法の開発の歴史である。それ故にタック評価方法は、JISで制定されている球転法（JISZ 0237）の他に数種の試験方法があり、現在でも開発は続いている。その内容については、多くの文献^{(11)~(14)}に紹介されている。遠山⁽¹⁵⁾は、その中で拇指タックに最も近い試験方法として、ローリングボールタック法（球転法の改良型）をあげており、また拇指タックの機構のシミュレートとしては、プローブタック法が最も忠実で簡明であると述べている。

今回筆者が考案したリン青銅環法は、リン青銅環に粘着テープを貼り付け被着材に短時間（数秒）圧着し、剥離する時に発生する剥離抵抗力を測定する方法である。この測定機構は、プローブタック法およびボールタックテスター法に似ている。両方は、粘着剤面に円形断面のステンレス棒または鋼球を圧着し、剥離時の抵抗力を測定する方法である。したがって、粘着・剥離機構を拇指タック法により近づけようとするならば、リン青銅環の弾力性を接触圧に応用した本試験法は、両方より適切な方法と考えられる。

図2は、各リン青銅環を10~50mm/minの圧縮速度で、ステンレス板に1秒間圧縮させた時の単位接触面積当りの接触圧を示す。環の圧縮速度が速くなる（圧縮距離は長くなる）程接触面積は広がり、接触圧は接触面積に比例して増大した。また各リン青銅環の圧縮速度と接触圧の関係では、環がAからGになる程直線の傾きは大きくなり、環の弾性が接触圧に大きく反映していることがわかる。

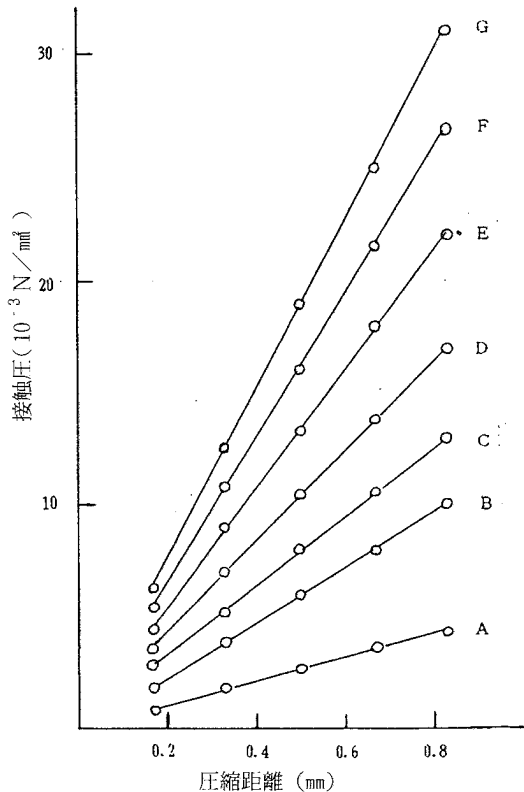


図2 リン青銅環の圧縮距離と接触圧の関係
A~G: リン青銅環の種類

図3は、3種類のリン青銅環を使用して、各粘着テープのタック剥離力における接触停止時間の影響を示したものである。被着材はステンレス板である。接触停止時間とタック剥離力を両対数でプロットすると、どの粘着テープでも接触停止時間に対して、タック剥離力はほぼ直線的に増大した。しかし、マスキング粘着テープ（以下マスキングとする）およびクラフト粘着テープ（以下クラフトとする）では、その直線関係は3~5秒程度の接触停止時間で屈曲を示し、3~5秒以内ではゆるやかな傾き、それ以上ではセロハン粘着テープ（以下セロハンとする）より傾きは大きくなった。ちなみにリン青銅環Cの場合では、接触停止時間が3秒以内での直線の傾きは、セロハン(0.049) > マスキング(0.042) > クラフト(0.022)の順序であり、それ以降では、マスキング(0.146) > クラフト(0.133) > セロハン(0.049)の順序であった。このグラフの直線の傾きは、粘着結合の速度、すなわち粘着剤の被

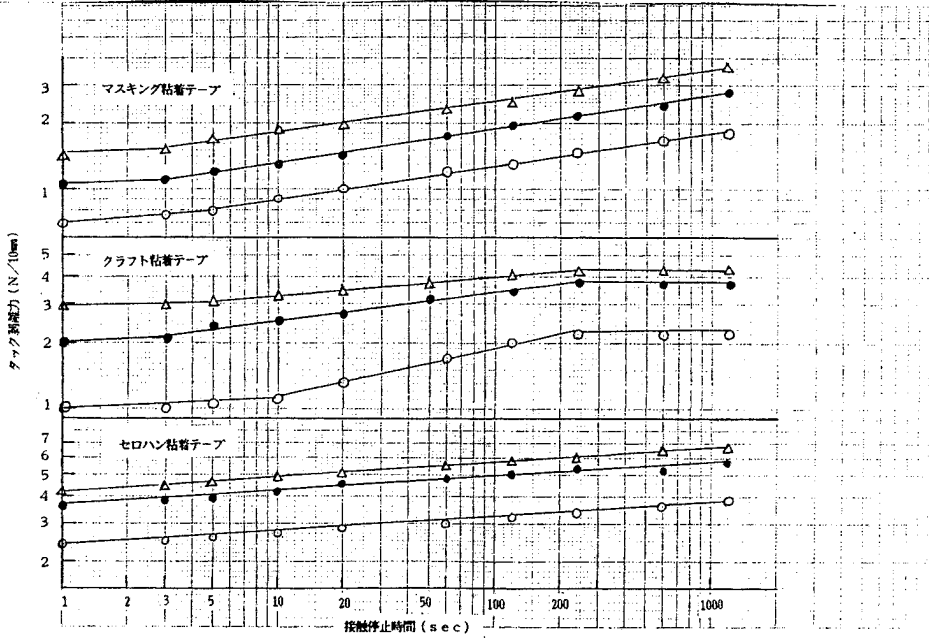


図3 リン青銅環境法での粘着テープの接触停止時間とタック剥離力の関係

リン青銅 接触圧
 ○ : A , 4.4 (10^3 N/mm²), 圧着・剥離速度 : 50mm/min
 ● : C , 13.1
 △ : E , 22.1

着材に対するぬれ広がり程度のを示すものと言われている⁽¹⁶⁾。そこで、各粘着テープのステンレス板に対するぬれ広がりを時間的に追ってみる。セロハンでは、ステンレス板に接触した時、瞬時にぬれが生じ、その後一定速度でぬれ広がりは増す。マスキングでは、ぬれの立ち上がりはセロハンよりわずかに悪いが、時間経過と共に加速度的にぬれ広がりは進み、その傾向はセロハンより大きい。クラフトでは、ぬれの立ち上がりが一番悪くその後はマスキングと同様の傾向がみられた。しかし、接触停止時間に対するぬれ広がりの飽和も240秒で起こった。この事は、クラフトはセロハンやマスキングと比べ、ぬれ広がりが悪いことを示している。

各粘着テープのぬれ性の特徴は、接触停止時間の初期に明確に現れることから、タック剥離力測定の際の接触停止時間は、3秒以内が妥当であろうと考える。一方粘着剥離力測定では、約20分位の接触時間で剥離力は平衡に達することから、接触時間は20分以上と規定しているのが一般的である。⁽¹⁷⁾ ちなみにJISZ 0237では、

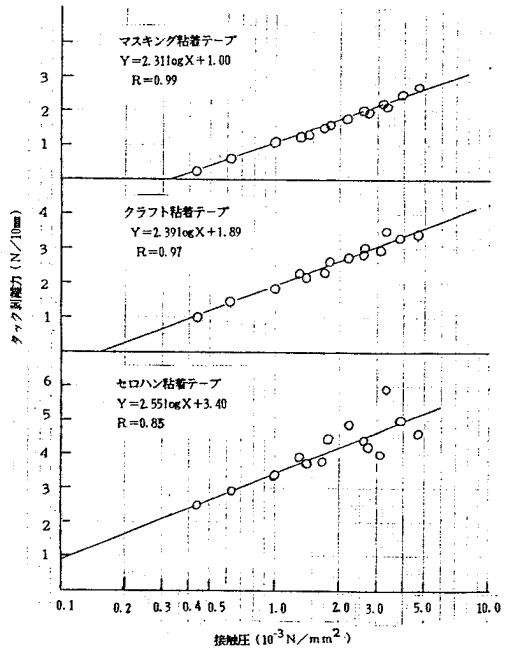


図4 リン青銅環境法での粘着テープの接触圧とタック剥離力の関係

圧着・剥離速度 : 50mm/min 圧縮時間 : 1.2 sec
 接触停止時間 : 5 sec, リン青銅環 : A~G

その規定は示されていない。

図4は、7種のリン青銅環を使用して、環のステンレス板に対する圧縮時間を1および2秒とした時の、接触圧と各粘着テープのタック剥離力の関係を示したものである。3種の粘着テープとも、接触圧とタック剥離力の関係はほぼ相関を示した(相関係数: R=0.99, 0.97, 0.85)。ただし、この関係は高タック力範囲(タック剥離力: 4 N/10mm以上)では乱れた。したがって、今回使用したリン青銅環の範囲では、低タックを測定する方法としては適切であるが、高タックを測定する方法としては不十分な方法と考えられる。

図中にタック剥離力(Y)に対する接触圧(X)の回帰式を示した。この式の傾きは、図3と同様に接触圧に対する粘着剤のぬれ広がり程度を示す。3種の粘着テープの比較では、わずかにセロハンがよく、マスキングとクラフトは同程度のぬれ広がり性を持つ。また、接触圧が1 (10⁻³ N/mm²)の時の各粘着テープのタック剥離力は、セロハン(3.4N/10mm) > クラフト(1.89) > マスキング(1.00)の順序であり、極少接触圧では明らかにセロハンが一番タックを発揮することが示されている。以上各粘着テープのタック剥離力に対する接触停止時間および接触圧の影響を調べた。その結果、リン青銅環法によるタック剥離力の測定方法は、各粘着テープのタックの特性を十分明確化できる方法であることがわかった。

2. 粘着の最適条件

液体が固体上で接触角θを保って平衡に達すると、図5に示すような張力関係から(1)式が成立する。

$$\gamma_S = \gamma_{SL} + \gamma_L \cos \theta \quad (1)$$

また、固体表面から液体を引き離すのに必要な熱力学的接着仕事量をWAとすると(2)式により表される。

$$WA = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL} \quad (2)$$

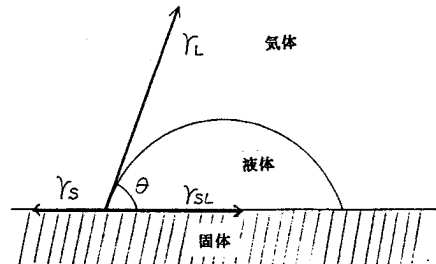
畑⁽²⁾は、(2)式の γ_S や γ_{SL} が適当に評価できれば、WAの γ_L 依存性を一般的に議論できるとした。そしてSell & Neuman⁽¹⁸⁾提出した(3)式を熔融高分子の表面張力とそれら間の界面張力の実測により、⁽¹⁹⁾(3)式は数係数を変えるだけで一般的に成立するとして(4)式を提案した。

$$\gamma_{SL} = \frac{(\sqrt{\gamma_S} - \sqrt{\gamma_L})^2}{1 - 0.015\sqrt{\gamma_S\gamma_L}} \quad (3)$$

$$WA = \gamma_S + \gamma_L - \frac{(\sqrt{\gamma_S} - \sqrt{\gamma_L})^2}{1 - k\sqrt{\gamma_S\gamma_L}} \quad (4)$$

したがって、接着剤と被着材の表面張力がわかればWAは計算できることになる。

一方固体表面を液体でぬらすことによる表面エネルギーの減少の割合、すなわち湿潤張力(ΔF)は、(5)式で表される。



γ_S: 固体(被着材)の表面張力、γ_L: 液体(着剤)の表面張力
γ_{SL}: 固体・液体の界面の表面張力

図5 固体表面における液滴の接触角

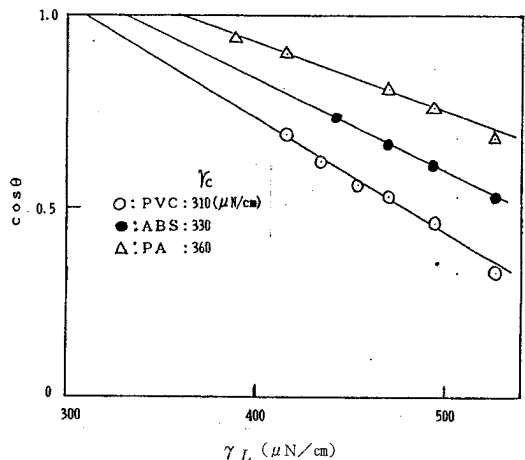


図6 DPG水溶液の γ_L とプラスチック面でのDPG水溶液の $\cos \theta$ (θ :接触角)の関係(プラスチックの γ_c の測定)

$$\Delta F = \gamma_L \cos \theta = \gamma_S - \gamma_{SL} \quad (5)$$

(5)式に(2)式を代入すると(6)式が得られる。

$$\Delta F = WA - \gamma_L \quad (6)$$

(4)、(6)式から ΔF は $\gamma_S = \gamma_L$ の時に極大になり、また(3)式から γ_{SL} は極小になるとした。すなわち粘着テープと被着材の関係で考えると、両材の表面張力が一致した時に、粘着力は最大になるのが妥当であろうと畑は述べている。

3. 粘着テープ、プラスチックの γ_C と最大粘着(タック)剥離力の関係

γ_L 既知のDPG水溶液をプラスチック面に滴下した時の接触角(θ)から求めた $\cos\theta$ と、DPG水溶液の γ_L の関係を図6に示す。そして、この方法により求めた粘着テープおよびプラスチックの γ_C のまとめを表4に示す。プラスチックの γ_C は、同様の方法で求められた遠山ら⁽⁴⁾の結果より全般的に低めの値であった。図7は、各プラスチックの γ_{CP} に対して粘着テープの各材での粘着剥離力をプロットしたものである。いずれの粘着テープも、ある一定の γ_{CP} の所で粘着剥離力のピークを示した。そのピーク値が得られたプラスチックの γ_{CP} は、セロハンで $310 \mu\text{N}/\text{cm}$ 、クラフトで $300 \mu\text{N}/\text{cm}$ 、マスキングで $350 \mu\text{N}/\text{cm}$ の値であった。

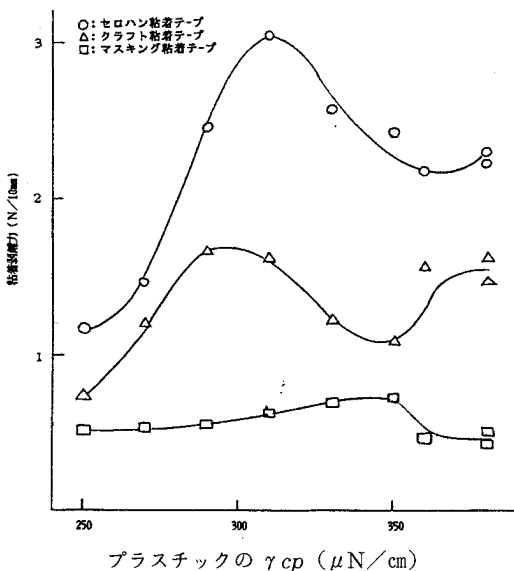


図7 プラスチックの臨界表面張力(γ_{CP})と粘着テープの粘着剥離力の関係

セロハンとマスキング自体の γ_{CA} は、それぞれ290、 $340 \mu\text{N}/\text{cm}$ の値であるから、両粘着テープの γ_{CA} と γ_{CPmax} はほぼ一致したことになる。遠山⁽⁴⁾らの各種試作粘着テープを使用した同様の実験でも、それぞれの粘着テープの γ_{CA} と γ_{CPmax} はほぼ一致したと報告されている。また同一報告で、市販のセロハンを使用して、粘着剥離速度を30と $300 \text{mm}/\text{min}$ および接触停止時間を3と30分と変化させても、 γ_{CPmax} の値はほぼ一定だったとしている。更に3種の粘着剤を使用して、接着停止時間を168時間行った後の粘着剥離実験でも、同様の結果が得られたと報告している。⁽⁸⁾以上の結果は、粘着の最適条件は湿潤張力の極大に対応したことを示す。しかしクラフトの γ_{CPmax} は、 $300 \mu\text{N}/\text{cm}$ の所にあり、更に $380 \mu\text{N}/\text{cm}$ 付近にももう一つのピークの存在がうかがわれる。クラフトの γ_{CA} は $250 \mu\text{N}/\text{cm}$ であるから、 γ_{CPmax} は γ_{CA} より $50 \mu\text{N}/\text{cm}$ 以上高い所に存在する。したがって、クラフトの γ_{CPmax} と γ_{CA} の関係は、セロハン、マスキングと明かに異なった結果を示した。この様な γ_{CPmax} と γ_{CA} の関係は、福沢⁽⁵⁾の報告にみられ、天然ゴムおよびアクリル系粘着剤を使用した粘着剥離力測定で、いずれの粘着剤でも γ_{CPmax} は γ_{CA} より $100 \sim 150 \mu\text{N}/\text{cm}$ 高い所に存在したとしている。同様の結果は、アクリル系粘着剤を使用した遠山ら⁽⁶⁾の実験結果にもみられる。

以上のようにセロハンおよびマスキングとクラフトでは、 γ_{CA} と γ_{CPmax} との関係が異なり、今回の粘着剥離力実験でもこの矛盾を解明できなかった。したがって、次にタック剥離力実験によりこの関係を吟味した。

今回のリン青銅環法に適用した接触圧は、セロハンで $2.6 \times 10^{-3} \text{N}/\text{mm}^2$ 、クラフトおよびマスキングでは $3.8 \times 10^{-3} \text{N}/\text{mm}^2$ であり、タック測定の接触圧としてはかなりの低圧である(ちなみに類似のプローブタック法での適切な接触圧は、 $9.8 \times 10^{-3} \text{N}/\text{mm}^2$ と言われている)⁽¹⁵⁾。したがって、粘着テープのぬれはかなり不完全で、粘着結合開始点をより鋭敏に捕らえられたと考える。

図8は、各プラスチックの γ_{CP} に対して粘着テープのタック剥離力をプロットしたものである。セロハ

ン、マスキングでのタック剥離力曲線のピークもしくはピークの1つは、両粘着テープの γ_{CA} とほぼ一致した。しかしクラフトでは、測定範囲内にピークが存在せず、 γ_{cp} が250もしくは380 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の付近にタック剥離力の最大値が存在する。この傾向は、粘着剥離力曲線と明らかに異なるものであるが、少なくともタック剥離力曲線の250 $\mu\text{N}/\text{cm}$ (γ_{cp})に示されたタック力の最大値は、クラフトの γ_{CA} と一致した。いずれにしても3種の粘着テープでは、タック剥離力曲線の1つのピークもしくは最大値が、各粘着テープの γ_{CA} にはほぼ一致した。この事は、粘着の最適条件が、湿潤張力の極大付近に存在するという畑の説を一面的には証明したことになる。しかし注目すべき事は、セロハンでのタック剥離力の最大値が γ_{cp} の380 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近に予測され、またクラフトでも同様の γ_{cp} の所にもう1つの最大値の存在がうかがわれる。そこで、タックもしくは粘着剥離力曲線において、380 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近でピークもしくは最大値を示す粘着剤の γ_{CA} を、今回の実験および同様実験の文献から整理してみた。今回の実験では、セロハン、クラフトの γ_{CA} がそれぞれ290と250 $\mu\text{N}/\text{cm}$ である。また γ_{CA} と $\gamma_{cp\text{max}}$ の差が100~150 $\mu\text{N}/\text{cm}$ あるとした福沢⁽⁵⁾の実験では、供試した粘着テープの γ_{CA} は、250~270 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の範囲にある。また、同様の結果を示した遠山⁽⁶⁾らの実験では、 γ_{CA} が280もしくは310 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の粘着テープを使用している。いずれも粘着剤の γ_{CA} は、300 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近かそれ以下である。

一方粘着もしくはタック剥離力のピークが、粘着剤の γ_{CA} にはほぼ一致したという遠山⁽⁸⁾⁽⁹⁾らの実験では、350 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近の γ_{CA} を持つ粘着テープの使用例が多い。また今回の実験でも、マスキングの γ_{CA} は340 $\mu\text{N}/\text{cm}$ である。

以上の事から、粘着剤の γ_{CA} と $\gamma_{cp\text{max}}$ の関係は、粘着剤の γ_{CA} の300 $\mu\text{N}/\text{cm}$ を境にして2元的に考える必要がある。

γ_{CA} が350 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近の粘着剤では、粘着(タック)剥離力に対して湿潤張力の影響が強くて、その結果 γ_{CA} と $\gamma_{cp\text{max}}$ はほぼ一致する。また粘着結合は、ファンデルワールス力の分散効果が主体となる。一方 γ_{CA} が300 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 以下の粘着剤では、粘着(タック)

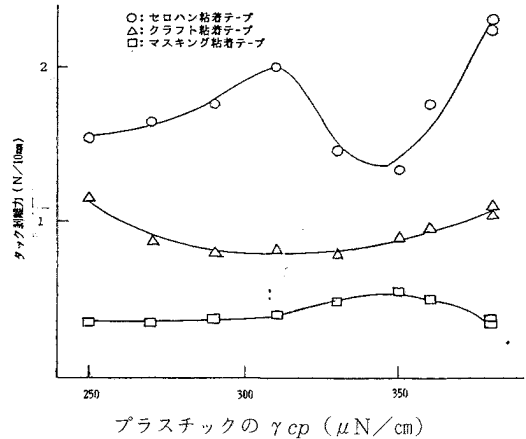


図8 プラスチックの臨界面張力(γ_{cp})と粘着テープのタック剥離力の関係

ク)剥離力に対して湿潤張力の影響もあるが、 γ_{CA} と γ_{cp} 間にある一定の差($\gamma_{cp} - \gamma_{CA} = 100 \sim 150 \mu\text{N}/\text{cm}$)が生ずると、粘着ぬれはより完全になり、被着材の極性が粘着剤の極性を誘起し、粘着結合の一部に極性結合が生ずる。その結果、剥離力のピークは、高 γ_{cp} の所に出現する可能性もあると推定した。ちなみにファンデルワールス力の発生する結合間隔は3~5 \AA 、水素結合が発生する結合間隔は2.4~3.1 \AA である。⁽²⁰⁾

よって、粘着結合の中に極性結合が生ずるためには、粘着剤のぬれはより完全であることが必要である。

実用的粘着テープに以上の諸事項を適用すると、遠山⁽⁷⁾は、粘着テープの γ_{CA} は300~390 $\mu\text{N}/\text{cm}$ の範囲が妥当であろうとしている。筆者は、表面活性の高い被着材では、300 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 以下(特に250 $\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近)の γ_{CA} を持つ粘着テープも、粘着結合の中に一部極性結合を生ずる可能性があるために、捨てがたいのではないかと考える。

IV 結言

粘着テープにおいて、最も重要な特性であるタック

を測定する方法として、今回リン青銅環法を開発した。3種の粘着テープを使用し、この方法で接触停止時間および接触圧を変化させ、タック剥離力を測定した。その結果、リン青銅環法は、各粘着テープのタック特性を十分に分別できる方法であることがわかった。

また γ_{cp} の異なるプラスチックで、各粘着テープの粘着およびタック剥離力を測定し、その結果から粘着テープの γ_{CA} と γ_{cpmax} の関係を吟味した。 γ_{CA} が $340\mu\text{N}/\text{cm}$ のマスクングでは、粘着およびタック剥離力から得られた γ_{cpmax} が、いずれも γ_{CA} 付近に出現し、この結果は畑の理論的説明と一致した。しかし、 γ_{CA} が $300\mu\text{N}/\text{cm}$ 以下のセロハン、クラフトでは、粘着およびタック剥離力の1つのピークもしくは最大値が、 γ_{CA} の近い所に出現しているが、一方 γ_{cp} の $380\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近にも最大値の存在がうかがわれる。よって、この現象について次のような推論を行った。 γ_{CA} と γ_{cp} ($\gamma_{CA} < \gamma_{cp}$)の間にある一定の表面張力の差($100\sim 150\mu\text{N}/\text{cm}$)が生ずると、被着材の極性が粘着剤の極性を誘起し、粘着結合の中に一部極性結合を生ずる。その結果、剥離力のもう1つの最大値が、 γ_{cp} の $380\mu\text{N}/\text{cm}$ の所に出現すると考えた。

以上の結果から、実用的粘着テープでは、タックおよび粘着剥離力の測定から得られる γ_{cpmax} が、 γ_{CA} とほぼ一致することが理想と言われるが、表面活性の高い被着材では、 $250\mu\text{N}/\text{cm}$ 付近の低 γ_{CA} を持つ粘着テープも十分有効であると考ええる。

引用文献

- (1) 福沢敬司：粘着技術、高分子刊行会(1978)
- (2) 畑敏雄：工業化学、73(1)10~15(1970)
- (3) W. A. Zisman：J. Paint Tech., 44(564)42~57(1972)
- (4) 遠山三夫 他2名：日本接着協会誌、6(5)356~362(1970)
- (5) 福沢敬司：日本接着協会誌、6(6)441~459(1970)
- (6) M. Toyama et al.: J. of Appl. Polym. Sci., 17, 3495~3502 (1973)
- (7) 遠山三夫：接着、30(6)267~273(1986)
- (8) M. Toyama et al.: J. of Appl. Polym. Sci., 14, 2039~2048(1970)
- (9) M. Toyama et al.: J. of Appl. Polym. Sci., 14, 2295~2303(1970)
- (10) 竹内 勇夫：岐阜短大紀要、2, 23~29(1991)
- (11) 遠山三夫：接着、29(8), 356~361(1985)以下8回に分けて連載されている。
- (12) 大野章雄：接着、33(11)498~508(1989)
- (13) 斉藤次雄：接着、34(2)60~64(1990)
- (14) 山本健太郎：接着、34(4)179~185(1990)
- (15) 遠山三夫：接着、30(2)79~85(1986)
- (16) 遠山三夫：接着、29(10)436~442(1985)
- (17) 高島米司：接着の技術、8(1)81~88(1988)
- (18) P. J. Sell, A. W. Neumann：Angew. Chem., 78(6)321~331(1966)
- (19) 畑敏雄：高分子、17(196)594~605(1968)
- (20) 三羽忠広：合成樹脂の化学、技報堂出版 (1975) P82