

金属などの接着剤について

大 西 巖*
大 村 博**

1. 緒 言

フェノール類とアルデヒド類との縮合反応によって得られる樹脂状物質を主体とするプラスチック製品の草分けであるベークライトが、Baekeland によって工業化されたのは、今から 54 年前の 1907 年のことであった。その後のプラスチックの進歩、発達および普及は目ざましいものがある。わが国においても、1914 年(大正 4 年)三共製薬 KK は Baekeland の特許によって初めて国産フェノール樹脂の生産を開始し、今日のプラスチック時代の到来のもととなった。これらのプラスチックはおもに繊維、注型物、成型物、積層物、フィルム、接着剤および塗料の形であらゆる産業に応用されている。

すなわち、これらはそのまま、あるいは加工されて、建築材料、土木材料、軽車両、重車両、航空機、船舶材料、強電材料、弱電材料、電気器具、玩具、包装材料、医療器具、教育材料、運動具、化学材料、機械材料、装身具、食器あるいは衣服などきわめて多種多様、各方面に利用されている。電気絶縁性、比強度、耐磨耗性、耐食性、軽量など各種プラスチックがもつ特徴に応じて金属材料などに代って実用されつつある。すなわち、電線被覆として優秀なポリ塩化ビニル、鋼の数倍の強度があるといわれているイタリア ミラノ大学の Natta 教授の発明によるプロピレンの重合体からの合成繊維、摩擦に強いナイロン、王水にも犯されない弗素樹脂、銀や銅の微粒子をポリマーのミセル間へ導き入れて導電性を与えたと推察され、商品名 Markite として知られている導電性プラスチックなど、プラスチックの発展は種々の新しい有効な特性を毎日のように生み出している。このようにプラスチックの発達にともない、プラスチックを主体とする接着剤の分野の進歩発展もいちじるしく、従来、実用上考えられなかった金属、ガラス、陶器などの接着にまで広く応用されるに至った。現在では木材、金属、ゴム、ガラス、皮革、紙、織物、陶器、プラスチックなどの接着に使用されている。すなわち、プラスチックが細分化されるに従い、プラスチックの接着剤も、その種類、性質、用途と多岐にわたって実

用に供しうるようになった。古代エジプト王国時代にエジプト人は紙とか木を接着するのに牛乳の凝固物を接着剤としてすでに用いており、木を合わせて接着する技術は B.C 1500 年に造られた彫刻に使用されている。古代ギリシヤ人、ローマ人においても、合せ板細工による木工技術があったようである。わが国では古くから仏像、家具、建築などに広く用いられて来ている。接着剤を大きく分けると動物性カゼイン、植物性カゼイン、大豆グルー、血清アルブミンおよびプラスチックなどである。これらのうち今日の接着を完成したのはプラスチックの出現であるといえる。プラスチックがほかの固体表面にひつつくという現象は、いろいろと複雑な機構を持っている。

一般に被着材 (Adherend) の 2 つの面の間に接着剤 (Adhesive) をそう入して、接着面で互に接合せしめることを接着といっている。接着の操作は、被着材分子と接着材分子との間に密接な結合をおこなわしめ、被着材の表面に一様に生ずる接着反応にもとづくものである。従って、接着剤は、個々の分子によく離別した溶液の状態であり、接着面によくなじみ、湿らすものでなくてはならない。プラスチックは、これらの接着剤としての前提条件をよく満たすものであって、最近の接着剤の花形となった理由ももうなづける。ここでは、最近の接着剤であるプラスチックを主剤とするものについて説明する。

2. 接着用プラスチックの特性

プラスチックは分子量が約 10 000 以上の高分子物質である。この分子量の大きいプラスチックも、分子量の小さい低分子物質と全く同様に主原子価で結ばれた分子よりなっている。このプラスチックは加熱による状態の変化によって大きく熱可塑性プラスチックと、熱硬化性プラスチックの 2 つに分類されている。

2.1 熱可塑性プラスチック

ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ポリ醋酸ビニル、ポリビニルアセタール、ポリスチロール、などは加熱すると軟かくなり、容易に加工することができるようになるし、冷却してやれば、もとのように固くなる。こういった系統のプラスチックを熱可塑性プラスチックとい

* 工博 大阪大学工学部溶接工学教室

** 工博 同上

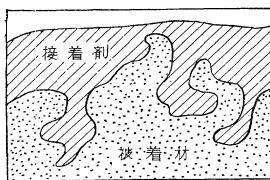
は、放射線によってプラスチックの性質を改善するための研究が行なわれた。すなわち、プラスチックに放射線を適量照射することによって、放射線架橋を生じ線状分子構造が一部網状分子構造に変わる。かくて、3次元化をはかることによって熱塑性を阻止して、耐熱性を増すことができるものである。接着剤の放射線照射による性質の変化については後述する。

3. 接着概論

3.1 接着の機構

a) 機械的投錨効果 被着材面に 図-2 のごとき凹凸、空げきがあって、接着剤が流れ込んで固まり、鈎や錨をひっかけた形で接着しているという考え方で接着の機構を説明している。

図-2 機械的投錨効果の模型



b) 分子間力 接着剤と被着材面との間に分子相互に引き合う力が働くために接合しているという考え方。したがって、分子間力は距離の近いほど、ますます大きくなるものである。

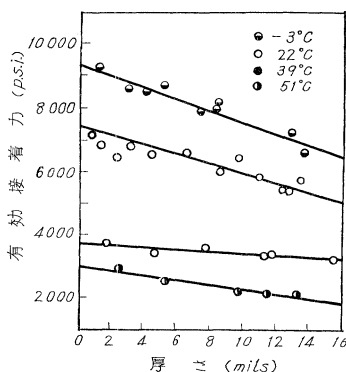
c) 化学結合力 接着剤と被着材面との間に化学結合力が働いている場合。これは1次結合力であるから最も強く接合する。

以上3つの考え方は、それぞれ単独で作用するものではなく、重複し、重畳して働くものである。

3.2 接着と凝集

接着剤の皮膜が、被着材面と、どの程度接着しているかということ調べる方法として、はぎ取る時の応力の大きさによるもの、塗膜の上に象牙の刃をあてて引掻く方法などがある。図-3 は接着剤としてポリ酢酸ビニルを用いて鋼を接着し、試験温度として -3, 22, 39, 51°C をとり、各種接着剤層の厚さにおける接着力を求めたものである。ただし 1mil = 10⁻³in

図-3 ポリ酢酸ビニルと鋼との接着における接着剤層の厚さおよび温度の影響



次に、引張り破断箇所を考察すると3種に分けられる。

a) 接着剤自体が切れる場合。これは接着剤が自ら凝集しようとする力に打ち勝って破断したのである。

b) 接着剤と

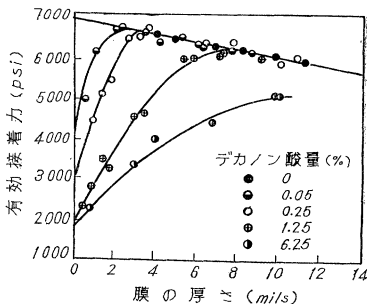
被着材面との間がはがれて破断する場合。真の意味での接着力が弱点となっている場合である。

c) 被着材で破断する場合。被着材の強度が接着剤および接着力よりも小さい時で、このような場合はまれである。

3.3 接着剤の膜の厚さ

パンクした場合のチューブはりや、封筒の口、切手などをはる場合、糊をたっぷりつけた方がよくひつつくように一般に考えがちである。すなわち、接着剤の膜の厚い方が接着力も大きいように思われる。ところが、実際多くの人々の実験結果によるとその反対で、接着剤をうすく、まんべんにぬったものの方が接着力の大きいことがわかっている。図-3 はその事実をあらわしており、接着剤の厚さがますますつれて接着力も直線的に低下しているのがうかがえる。それは、膜があつくなると、それだけ内蔵される気泡や欠陥部の数と大きさがふえるからであって、それがもとで接着力が減少するものと考えられている。また、接着剤をぬってから固まるまでの間に、溶剤の放出、体積の収縮などを起こして内部ひずみを生ずる。このひずみは、接着剤の厚いものほど大きい。この内部ひずみがあると、それだけ外力に対して弱くなる。特に温度変化のいちじるしい場合は、接着剤と被着材との熱膨張係数のちがいで、はく離を生ずる場合がある。この時も接着剤のあつみのうすい方が、熱膨張係数の差による伸縮を許容する。ところが例外もあって

図-4 微量のデカノン酸でおおった鋼に対するポリ酢酸ビニルの接着力とその厚さの影響



金属の接着面が汚れている場合では、多少接着剤の膜の厚さをあつとした方が接着力の大きい場合もある。例えば、図-4 に示したように、鋼の接着面上にごく微量のデカ

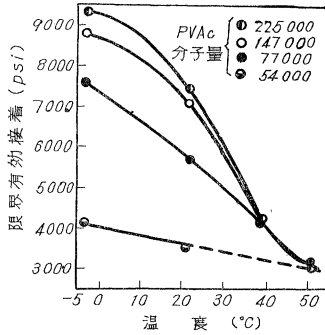
ノン酸をつけておくと、右上りの曲線にみるようにポリ酢酸ビニル膜の厚い方が接着力も大きい。以上をまとめると、被着材面さえ、清浄に仕上げられていれば、接着剤層のうすい方が接着力も大きいことになる。

3.4 接着力と温度との関係

接着試験を高温雰囲気で行なうと、大体接着力は小さくなり、反対に低温雰囲気で行なうと、大体接着力は大きくなる。これは接着剤の主剤であるプラスチックの特性の一つであって、温度の上昇にともなって、高分子を構成するセグメントの1部がマイクロブラウン運動をお

こし、流動変形も容易になる結果であろうことが推察される。図-5は接着剤としてポリ酢酸ビニルを用いて鋼を接着した場合のそれぞれの温度における接着力を示すものであって、いずれの分子量のポリ酢酸ビニルにおいても、温度の上昇にともなって接着力は減少しており、40~50°Cにおいて曲線が一致している。これは接着剤ポリ酢酸ビニルのゴム弾性温度領域であり、分子量がちがっても、接着剤自体のマイクロブラウン運動が影響するためである。

図-5 ポリ酢酸ビニル-鋼の接着における温度、分子量の影響



3.5 接着の過程

金丸氏等は実験的に、接着力 F が時間 t に対して、 $F = a \cdot \log(1 + bt)$ なる関係にあることを見出している。

図-6は接着剤としてベンジル繊維素を用いて、ジュラルミンを接着した場合の、それぞれ可塑性量のちがった接着剤の接着後の時間の経過にともなって、接着力がいかに変化を示すかを求めた実験結果である。

図-6 ベンジル繊維素-ジュラルミンにおける接着力 F と $\log(1 + bt)$ との関係 (接着温度 100°C, 可塑性 TCP)

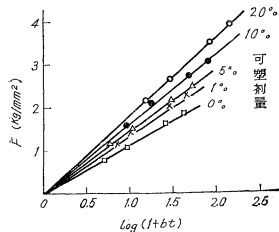
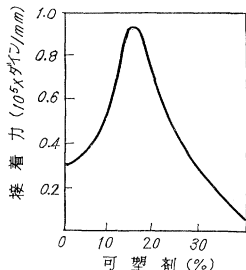


図-7 ニトロセルロース-アルミニウム接着における DBP 可塑性の影響



3.6 接着剤中の可塑性の影響

接着力は適当に可塑性が含有された接着剤を用いた場合、極大値を持つ。可塑性の含有量が少ない場合は、接着膜は接着面に均一に伸びにくく、また、凹凸や空げきに侵入しにくくなり、接着力は小さい。逆に可塑性の含有量の多い接着剤は、容易に流動変形をおこし、接着力は小さい。図-7は接着ニトロセルロースを用いて、アルミニウムを接着した場合の接着剤中の可塑性 D.B.P の含有割合と接着力との関係を示している。

4. 金属の接着

4.1 金属の接着の特徴

接合の方法として、接着剤を用いて金属を接着する場合の利点をあげると大体次のようである。

- (1) 錆付、溶接などにくらべて低温(常温より 200°C くらいまで)で接着したい場合。
- (2) 1 定時間に多量に接着をしたい場合。
- (3) 接着面が外部から容易にとどかない複雑な形状のものの接着。
- (4) 振動、音響、衝撃などを吸収させるとともに接着したい場合。
- (5) 異種金属の接着の場合。
- (6) 非常に薄い金属および細い金属。
- (7) 構造重量の軽減。
- (8) 仕上面の改善。
- (9) 応力集中の回避。
- (10) 費用の低減。

一方欠点としては、(1) 接着技術を要する。(2) 確実性に欠ける。(3) 接着強度が比較的小さい。(4) 接着剤の寿命。(5) 接着後の使用条件が制限される。

表-1 構造用接着剤で金属を接着した場合の数種接着特性

Type of test	PA-101	Epon VI	Epon VII	Metl-bond MN 3 C	FM-47	Metl-bond 4021	Min. Req.*
Shear at 73.5±2°F	4 325	3 800	3 200	2 915	4 200	4 485	2 500 psi
" 180±2°F	2 500	1 250	3 100	1 619	3 300	2 865	1 250 "
" -67±2°F	5 250	2 700	2 600	5 428	2 700	3 320	2 500 "
Fatigue at 73.5±2°F	—	—	—	1 060	over 650	over 1 050	650
" -67±2°F	—	—	—	1 015	—	—	650 **
Creep-rupture at 73.5±2°F	—	—	3 100	2 190	3 500	—	1 600 "
" 180±2°F	over 800	—	2 200	1 205	over 2 000	over 800	800 "
Bend at 73.5±2°F	—	200	175	225	210	233	150 lb
Impact at 73.5±2°F	—	15	14	19.4	over 20	42.4	10 ft-lb **
" -67±2°F	—	—	—	11.3	—	24.9	5 **
Shear at 73.5±2°F	—	—	—	—	—	—	—
after exposure to:							
Salt spray 30 days	—	3 800	3 100	2 844	—	4 112	2 000 psi
Tap water "	3 970	3 500	4 200	2 871	5 000	4 649	"
Ethylene glycol 7 days	4 151	3 700	3 000	2 717	over 3 600	4 917	"
Anti-icing fluid 7 days	—	3 800	3 100	2 870	over 3 600	5 111	"
Hydraulic oil 7 days	4 185	4 000	4 000	2 791	over 3 600	5 165	"
Hydrocarbox fluid 7 days	4 265	3 800	3 700	2 708	over 3 600	4 910	"

* Unless otherwise specified requirements are Specification MIL-A-8331 (USAF)

** Requirements are those of Specification AF 14164.

図-8 接着面の仕上げおよび酸処理を異にした場合のフェノール樹脂接着剤の平均はく離強度

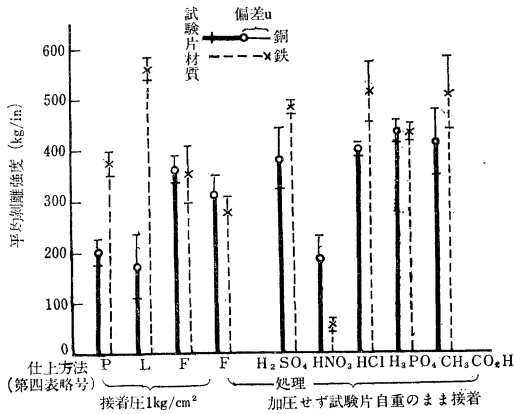


表-1 は種々な接着剤を用いて金属を接着した場合、どの程度の接着力が得られるかを、多くのちがった条件のもとで試験した米国のデータである。

4.2 被着材表面の状態と接着

優秀な接着を得るためには接着剤自体の凝集力と、被着材面と接着剤分子の付着力との総合結果として現われる接着力を考慮しなくてはならない。したがって、目的に応じた接着剤の選択とともに被着面の状態についても配慮しなくてはならない。被着材が金属の場合、金属の被着面の粗度、金属と接着剤の熱膨張係数の差、表面に付着している油脂、水分、汚染の影響、金属表面の酸化物の組成、酸化皮膜層の状態、吸着ガス、表面エネルギー、接着分子の性質などが問題になる。図-8 は銅および鉄をP (ペーパー仕上げ、粗度 0.8-S)、L (ラップ仕上げ、粗度 0.2-2S) および F (平端仕上げ、粗度 0.1-1S) 仕上げしたものと、各種薬品処理 (H₂SO₄ 硫酸、HNO₃ 硝酸、HCl 塩酸、H₃PO₄ 燐酸、CH₃CO₂H 醋酸) したものを、接着剤としてフェノール樹脂を用いて、加熱接着してはく離接着強度を測定したものである。この結果、被着面の粗度の小さい方が接着力は大きいことを示している。通常、金属の表面は大気中より CO₂, H₂, O₂, H₂O, N₂などを吸着し、また油脂などの分子膜や微小なほこりなどでおおわれている場合が多い。これらはサンドペーパー、サンドブラस्ट、サンドブラッシングなどの機械的方法あるいは、トリクロルエチレン、アセトンなどの溶剤で脱脂して表面を清浄にすることができる。普通、被着面の清浄法として、脱グリス剤 (四塩化炭素、ベンゼン、トリオールなど)、脱脂溶剤 (アセトン、トリクロルエチレン、アルコールなど) を含浸させた清浄な脱脂綿、綿布などで十分に清浄にする。最近、多量に処理する場合や大型構造物ではトリクロル蒸気洗浄がきかんに使用せられている。また、脱脂前の被着面のさびや汚染のひどい場合は、あらかじめ機械的に除去しておかなくて

表-2 電子回折による試験片表面の生成物

試験片材質	銅	鉄
無処理	Cu	Fe
H ₂ SO ₄	Cu	Fe ₂ O ₃ あるいは Fe ₃ O ₄
HNO ₃	Cu ₂ O	"
HCl	Cu および Cu ₂ O	"
H ₃ PO ₄	Cu ₂ O	"
CH ₃ ·CO ₂ H	CH ₃ ·CO ₂ H	"

はならない。機械的方法としてはサンドペーパー、サンドブラスト、ワイヤブラシ、研磨剤などである。仕上げにはアセトンなどの溶剤で清浄にする。前述の図-8 の右側にまとめて示したのは平端仕上げをした銅および鉄の試験片を H₂SO₄ (硫酸)、HNO₃ (硝酸)、HCl (塩酸)、H₃PO₄ (燐酸)、CH₃CO₂H (醋酸) の 10% 濃度の水溶液で液温 25~30°C、3 時間酸処理、水洗、通風乾燥した試験について接着力の比較を示したものである。表-2 は上記の酸処理後接着剤を塗布するまでに金属表面はいかなる状態であるかを電子回折により検出したものである。その結果、銅の場合は無処理および硫酸処理以外はいずれも酸のいかにかわらず Cu₂O の酸化皮膜を生じている。鉄では、無処理以外は Fe₃O₄ (四酸化鉄) または Fe₂O₃ (酸化第 2 鉄) の酸化皮膜を生じている。これらの酸処理による金属の表面は無処理のものよりあらくなっており、その表面あらさを考察すれば次のとおりである。

銅：無処理 ≦ H₂SO₄ ≦ HCl < CH₃CO₂H ≦ H₃PO₄ ≪ HNO₃
 鉄：無処理 < H₂SO₄ < HCl < CH₃CO₂H < H₃PO₄ ≪ HNO₃

表-3 表面処理液により処理した銅表面の生成物およびあらさ

表面処理液	表面処理液組成	処理方法	電子回折結果生成物	銅表面あらさ (μ)
カセイソーダ、過硫酸カリ	NaOH 50g K ₂ S ₂ O ₈ 10g 水 1l	90~100°C 2~4 分間浸漬処理	Cu ₂ O	1.6
硝酸、リン酸、氷酢酸	Conc. HNO ₃ 5g H ₃ PO ₄ (85%) 35g 氷酢酸 60g	常温にて 4~5 分間浸漬処理	Cu ₂ O	2.2
重クロム酸カリ硫酸	Conc. H ₂ SO ₄ 10部 K ₂ Cr ₂ O ₇ 5部 水 85部	同上	Cu ₂ O + Cu	2.2
硫酸銅、硫酸ニッケル塩素酸カリ	CuSO ₄ 25g NiSO ₄ 25g KClO ₃ 25g 水 1l	60~100°C 2~4 分間浸漬処理	Cu ₂ O	—

なお、あらさは鉄の方が銅よりもはるかに大きい結果となっている。表-3 は表面処理用の配合液で被着面を処理した場合の電子回折による表面生成物を示したものである。これらは銅またはその酸化物の生成していることは、いずれの処理液を使用した場合も同じである。要するに処理液の放置時間、金属表面に接する雰囲気の状態、接着剤とその接着条件、その他因子により接着力も

左右されるが、表面処理は分子間結合力に関係する重要な操作である。同一金属でも、その被着面の状態により接着性は異なるが、金属の種類によっても接着の程度は異なる。これはそれぞれの金属の熱膨張係数、弾性率などの物性差により、接着剤界面におけるひずみ力の発生状態が接着力に影響することも一因であるが、本質的には被着面の状態や接着剤と金属に対する接着エネルギーの問題である。

4.3 接着剤の熱劣化

一般に接着剤の主剤であるプラスチックは熱、光、空気、水、オゾン、微生物などによって劣化し、外觀変化、きれつ、強度の低下、硬化、脆化、軟化、電気的性質、化学的性質などの低下の現象を生じる。特に温度に対する感受性が大きく、高温に持続されるか、日光の直射を受けると急激な劣化が続く。高温になると次第に熱による分解が起こるが、空気中にさらされると酸化が起こり、熱による分解が加速される。メーカーではウェザーテスター(耐候性試験機)により、実用性を種々検討している。

図-9は酸素吸収量と機械的性質との関係を示すものであって、酸素の吸収量の多いほど、また、温度の高いほど、引張り強度は低下している。図-10は酸化防止剤の効果を示すものであって、その効果は顕著である。なお、酸化防止剤としては、通常、フェノール類、芳香族アミン類が用いられている。これらの実験結果はいずれもプラスチック自体の熱劣化である

図-9 天然ゴム カarbon混和物の酸素吸収量と引張り強さとの関係

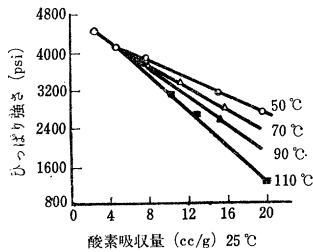
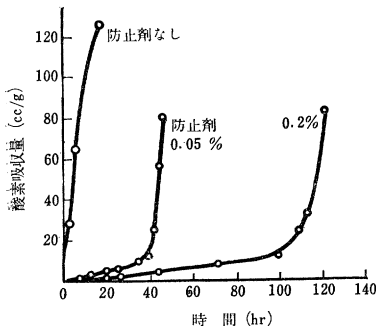


図-10 ポリエチレンの 150°C 酸素中の酸素吸収量



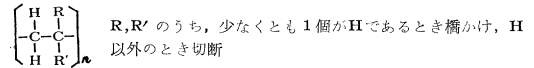
が、プラスチックを主剤とする金属の接着剤についても、当然考慮しなくてはならない。

4.4 接着剤の耐放射線性

放射線の利用は、医学、工学、生物学、農学、衛生学、理学など様々な方面に非常な影響をもたらす

表-4 放射線照射による橋かけおよび切断型ポリマー

R	R'	橋かけ型ポリマー	切断型ポリマー
H	H	ポリエチレン	—
H	CH ₃	ポリプロピレン	—
CH ₃	CH ₃	—	ポリイソブチレン
H		ポリスチレン	—
H		ポリメチルアクリレート	—
CH ₃		—	ポリメチルメタアクリレート



ている。なかでも放射線の高分子工学への利用は、プラスチックの発展とともに、全くおどろくべきものがある。わが国においても、東京、大阪にそれぞれ放射線高

表-5 種々ポリマーの放射線による性質の変化

高分子	化学構造の主要部	性質の変化
ポリスチレン		最も安定、着色する以外は 10 ¹⁸ r くらいまではほとんど変化せず
天然ゴムその他		二重結合をもつためポリエチレンより容易に橋かけし、かたくなる (10 ¹⁸ nvt 程度で)
ポリエチレン		橋かけをおこし耐熱性、耐溶剤性向上、ガスの発生量大 (10 ¹⁸ nvt)
ナイロンポリアミド樹脂		安定度はポリエチレンと同程度
フェノール		10 ¹⁸ nvt 程度で切断が起こり、せい弱化する
ポリエステル		ポリエチレンより不安定軟化するものもあるが硬化するものが多い
テリレン		分子切断、せい弱化する
塩化ビニル		橋かけを起こし、かたくなる。HCl 発生、熱中性子に対しては安定度あまり良くない
セルロース		容易に切断、急速にせい弱化する (10 ¹⁶ nvt)
ポリメチルメタクリレート		きわめて安易に切断する (10 ¹⁶ nvt)
アララダイト		フェノール樹脂程度の安定性

分子研究所が設置され、多くの専門家が、プラスチックを少しでも有用なものにするため、放射線とプラスチックとの関係を追求し、着々研究が進められている。接着剤の主体となるプラスチックに放射線を照射した場合、プラスチックの種類により橋かけを起こす架橋型と、主鎖の切断により分解する分解型とがある。表-4は、放射線による架橋型と分解型の一例を示すものである。また、表-5は種々なプラスチックの放射線効

果について、性質の変化をまとめたものである。図-11は主として放射線照射による分解型の放射線の照射線量と引張り強さとの関係を示すものである。表-5は種々な高分子物の化学構造と放射線による性質の変化について説明している。

4.5 金属用接着剤

金属の接着に用いる接着剤の主成分は、ほかのもの接着と同様ほとんどプラスチックであり、品種も非常

表-6 金属接着用各種高分子接着剤

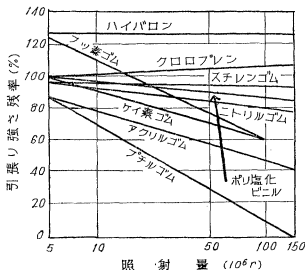
分類	No.	名称	接着方式	耐水	耐溶剤	耐熱	耐寒	耐菌	接着性	該当製品
セルロース系	1	エチルセルロース	SR,F	△	×	●	◎	◎	△	Ethocel, Polybond
ビニル系	2	ビニルアセタール樹脂	SR,F	○	△	●	○	◎	◎	Bostik, BRC, Midland
	3	PVA 共重合樹脂	SR	○	△	△	△	◎	○	API, Elvalan, Placco
	4	ビニルアルキルエーテル	SR,F	○	×	◎	○	◎	○	Bakelite, PVM, Upaco
	5	PVMPAC 共重合樹脂	SR,F,CR	×	×	○	○	◎	◎	Polybond, PVMMA
	6	PVC	SR,F	△	△	△	△	◎	◎	
	7	PVB	SR,F	◎	△	●	△	◎	○	Bondmaster, Anodex
	8	PVCPVAc 共重合樹脂	SR,F	◎	○	○	○	◎	◎	Bond, CD Cement
	9	ポリビニルピロリドン	SR,H	×	×	○	○	○	△	PVP
	10	PVdc 共重合樹脂	SR,F	◎	○	●	○	◎	○	B.F. Goodrich, Polyco
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	
	炭化水素系	12	アルキッド樹脂	SR,F	○	△	×	△	◎	△
13		アスファルト	H,W	○	×	×	○	◎	○	Atlatic, Residex, Ohio
14		クマロン・インデン樹脂	SR,F	◎	×	●	△	◎	○	Arcco, Piccoumaron
15		石油系ヒドロカーボン樹脂	SR,F	◎	×	●	△	◎	○	Bondmaster Resyn
16	テルベン樹脂	SR,F	◎	×	●	△	◎	○	Reslac, Polybond	
フェノール系	17	フェノール樹脂-エラストマー	SR,R F,H	◎	○	○	◎	◎	○	} Bondmaster, Bostik compo Durite, Luxite, Redux, Pliobond Plymaster BRC, Metlbond, Aerobond Cycleweld, Bondmaster Bostik, BRC, Redux, Polyco
	18	フェノールエポキシ樹脂	H	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	19	フェノール樹脂-ポリアמיד	F,H	×	●	△	◎	◎	◎	
	20	フェノール樹脂-ビニルアセタール	M,H	◎	◎	○	△	◎	◎	
ポリエステル系	21	不飽和ポリエステル樹脂	H	○	◎	△	△	◎	◎	Polylite, Cellobond
シリコーン	22	シリコーン樹脂	H	◎	●	◎	○	○	○	Dow Corning, Plastite
	23	シリコーン樹脂	R,V	○	×	○	◎	◎	◎	Dow Corning, Polybond
エポキシ系	24	エポキシ樹脂	CR,H	◎	◎	◎	◎	◎	◎	Araldite, Epon, Epolac Bond, CD Cement Narmco, 3M
	25	エポキシ-ポリサルファイド	CR,M,R	◎	◎	○	◎	◎	◎	Aerobond
ゴム系	26	天然ゴム	SR	○	●	●	○	◎	△	} B.F. Goodrich, compo permaweled Treadmaster Bostik, Plastite, Polybond 3M, Miracle, Upaco Pliaistic
	27	再生ゴム	SR V	◎	●	●	○	◎	○	
	28	塩化ゴム	SR,F	△	×	△	△	◎	△	Adweld, BRC, Placco
	29	環化ゴム	SR,F	◎	●	●	△	◎	△	Bondmaster, Pliaistic, Typly
	30	ブタジエン-アクリロニトリルゴム	SR,F V	○	◎	○	○	◎	◎	} Anodex, Bond, Bondmaster, BRC, Loxite, Marbon, Metlbond, Pliobond, Typly, 3M
	31	ブタジエン-スチレンゴム	SR,V	○	●	△	△	◎	△	
	32	ブチルゴム	SR V	○	●	○	△	○	△	} API, Inceloid, Fuller, B.F. Goodrich Midland Permaweld, Typly, Upaco, 3M
	33	ネオプレンゴム	SR,R V	◎	○	○	○	◎	◎	
34	多硫化ゴム	CR	△	○	○	○	◎	○	Bondmaster, Permaweld, Thioment	
ポリウレタン系	35	イソシアネート樹脂	H,R,M	◎	◎	◎	◎	◎	◎	Adlok, Uresive, Mondur
天然物	36	シエラック	F,SR	○	×	△	○	◎	◎	Midland

凡例：1. SR=Solvent released (from solution or emulsion), F=Fused by heating, V=vulcanized, R=Cured at room temperature (21~27°C), M=Cured at moderate temperature (65~95°C), H=Cured at elevated temperature (135~155°C), CR=Chemically reacted.

2. ◎=Excellent, ○=Good, △=Moderate, ●=Fair, ×=Inferiority

に多い。これらは組成、接着方式または用途別などにより、それぞれ分類できるが組成より分類された Modern Plastics Encyclopedia 1957, Adhesive Chart から金属の接着に適する接着剤をまとめて

図-11 γ 線照射と引張り強さ残率



みると、次の表-6のごとくである。一般に接着剤を構造用と非構造用に大別している。構造用接着剤は特に接着力の強いもので長期間の負荷、広範囲の温度および湿度、負荷の変動や暴露条件に耐えるもので、航空機、建造物、自動車などの建造物に用いられる。非構造用接着剤は、特に大きい接着力を必要とせず、単に接着していればよいもので、例えば金属薄板のネームプレートの接着、金属板にゴム板の接着そのほか小物に用いる場合で、いわゆる一般金属用接着剤である。主として接着剤は次の4つの部分から構成されている。主剤 (Basic materials), 溶剤 (Solvents), 充てん剤 (Fillers), 硬化剤 (Curing agents)。構造用接着剤に用いられる主剤としてのプラスチックは、それ自体の機械的強度、剛性の大きなものがよい。すなわち、凝集力は Primary bond の強いものであって、これには一般に3次元構造をもつ熱硬化性プラスチックが用いられている。なお、これに耐衝撃性、折曲げ、引きはぎ力を望む場合は熱可塑性プラスチックで変性すると脆性を減少させ、可とう性を増す。図-12は、これらについての実験結果を示す一例である。耐熱性は熱硬化性プラスチックの方が熱可塑性プラスチックよりもすぐれているので、構造用接着剤としては使用目的に応じて、これらプラスチックの主剤の組合せについて考慮されている。エポキシ樹脂、ポリサルファイド樹脂、フェノール樹脂など、変性したのも構造用接着剤として広く用いられている。表-7はアルミニウムおよびステンレス鋼を各種接着剤(プ

図-12 Hycar 1411 フェノール樹脂 2成分系接着剤の成分比率と物理的性質の関係

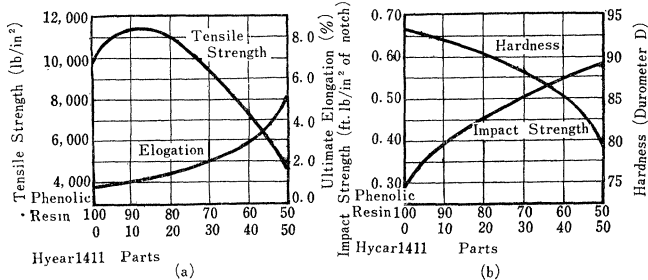


表-7 アルミニウムおよびステンレス鋼を各種ポリマーで接着した場合の常態および 550°C, 100 時間熱処理後のせん断接着力

Polymer	Shear strength at 80°F (psi)			
	Aluminum		Stainless steel	
	Unaged	Aged ^a	Unaged	Aged ^a
Phenol resin (Durez 16227)	1 362	980	1 732	0
Epoxy resin (Epon 1007)	3 472	94	2 392	88
Adhesive FPL-878	2 118	1 404	2 244	72
Polyamide (Nylon 6A)	1 480	1 782	2 016	1 486
Epoxy resin (Epon 1001)	3 728	120	2 456	220
Nylon 6A (20%)-Epon 1001 (80%)	1 516	752	1 760	1 508
Ethyl acrylate (75%)-Acrylonitrile (25%) ^b	1 312	12	1 142	0
Butadiene (65%)-Acrylonitrile (35%) ^b	230	892	118	1 260
Butadiene (75%)-Acrylonitrile (25%) ^b	244	1 038	494	1 414
Polyacrylonitrile (Orlon)	0	0	0	0

a : Specimens aged 100 hours at 550°F

b : Copolymers

ラスチックを主剤としたもの)で接着した場合、そのままでせん断接着力 (psi) と 550°F で 100 時間熱処理した後のせん断接着力とを比較したものである。接着剤に使用する充てん剤は木粉、綿粉、カーボンブラック、金属粉、酸化アルミニウム、炭酸カルシウム、アス

表-8 充てん剤の種類とせん断接着力

充てん剤	部	77°F	500°F
Aluminum dust	100	2 175	1 400
Zinc dust	100	1 820	1 215
Titanox RA	100	1 900	1 095
Pryophillite clay	100	1 595	910
Asbestos	30	1 890	1 360
Aluminum powder	30	1 280	545
Bentone 34	30	875	370
Aluminum dust	0	1 250	800
"	20	1 350	850
"	60	1 850	1 100
"	100	2 175	1 400

被着体: アルミニウム 接着剤: Epon 1001 33 部
充てん剤: 表示の量 Plyphen 5023 67 部
Dicyandiamide 6 部

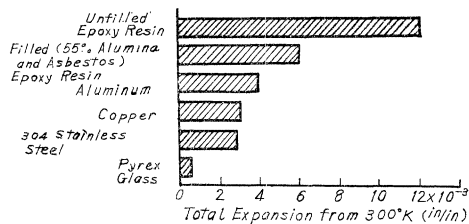
From paper by D.W. Elam and M. Naps, Shell Chem. Corp., presented at Air Force-Aircraft Industries Association Conference, Dayton, Ohio, December, 1952)

ベストなどの粉末状のものや、石綿布、ガラス綿布、ナイロン布などの繊維状のものなどで、必要に応じてこれらを混合して次のごとき物理的性質を接着をよくするために調整する。

- (1) 弾性率,
- (2) 熱膨張率,
- (3) 収縮,
- (4) 粘度,
- (5) 耐衝撃性,
- (6) 耐熱性.

接着剤層の弾性率は被着材のそれよりも低いことが望ましい。これは応力が作用するとき、被着材の弾性率が接着材の弾性率よりも小さいならば、接着部に応力集中の現象を生じ、容易に破断する。表-8は常

図-13 数種接着剤と被接着体の熱膨張係数



温および高温における接着力(せん断強度)におよぼす充てん剤の種類、添加量の関係を示したものである。図-13は接着剤に適当な充てん剤を適量添加することによって接着材の熱膨張係数に近づけ、よい接着を得られることを示した例である。55%のアルミナとアスベストを充てん

図-14 Epon 828 に対する Cardolite 添加率と接着力の関係

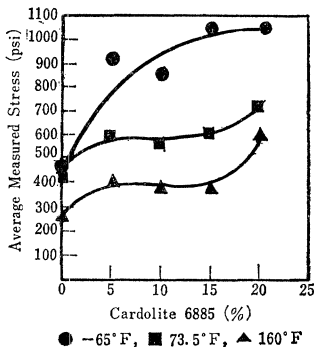
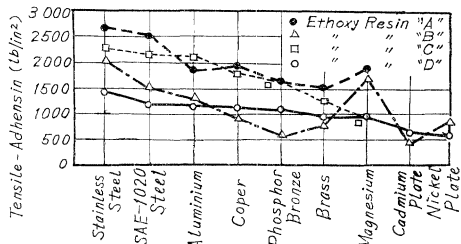
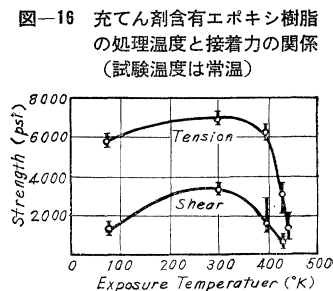


図-15 数種のポリエステル樹脂で接着した場合の金属材料の相違と接着力



したエポキシ樹脂を主剤とした接着剤は、金属とほぼ同様な熱膨張係数を有することがわかる。図-14は充てん剤を適量接着剤に添加することによって接着力を増加せしめた実験結果を示すものである。図-15は数種の金属をポリエステル樹脂を主剤とした接着剤で接着した場合の接着力を示したものである。この図より金属の熱膨張係数、弾性率と接着剤のそれとの関係がうかがわれる。次に非構造用の接着剤について説明する。熱可塑性プラスチックおよびエラストマーは一般に非構造用接着剤の主剤として用いられている。ポリ酢酸ビニル(P.V.A; ポリビニル・アセティック・アシッド)は金属と金属および金属と他の物質への接着に用いられている。たとえば真ちゅうとマイカは200~300°F, 300~1000 psiの接着条件で接着できる。また、du Pont社ではP.V.Acの水性乳化液(Elvacet 81~900)で、鋼の接着をおこない2500 psiのせん断による接着力を示している。エラストマー(Elastomers)は天然または合成ゴム

が主剤で、多少の加硫剤、促進剤および充てん剤などが添加されている。金属の一般用接着剤としては、EC-870, EC-847 (Minnesota Mining & Mfg Co.), 6136 Adhesive (U.S. Rubber Co.), 305 Adhesive (Bloomingdale Rubber Co.), Pliobond (Good Year Corp.), Fairprene 5115 (du Pont) などがある。これらの接着剤は溶剤が一部乾燥し、十分に乾燥した後圧着する間に圧着するか、十分に乾燥した後圧着、この場合は接着に際して、加熱加圧するか、乾燥皮膜を溶剤で湿潤させ再活性化する。図-16

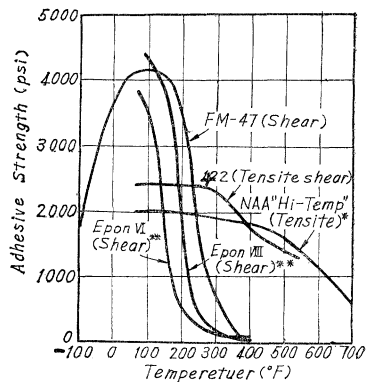


は低温用接着剤の接着力を示すものであって、約55%のアルミナとアスベストの充てん剤を添加したエポキシ樹脂の接着剤で銅をそれぞれ温度で接着し、常温にて接着試験を行なった結果である。一方、高温用接着剤は温度の上昇とともに接着剤であるプラスチックの熱劣化、接着剤層と被着材の熱膨張の差による界面ひずみ力の増大、接着材の弾性率の低下などの原因で接着力の低下をきたす。金属の接着は、実用上温度の上昇をとまなう部分には不向で、人間の生活雰囲気程度の温度範囲であることがのぞましい。アメリカの接着剤の規格ではアルミ合金の接着で、せん断力175 kg/cm²(約23°Cにて)および88 kg/cm²(約80°Cにて)を最低保証値と定めている。

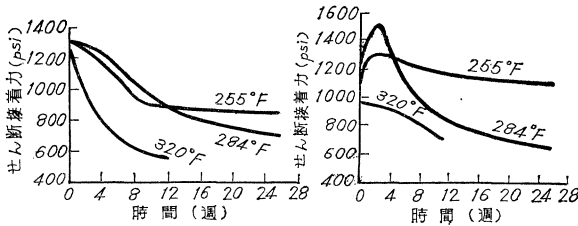
また、V.S. Government Agencyでは70 kg/cm²(約205°C)という高温での最低保証値も定めている。

高温用接着剤はいずれも熱硬化性プラスチックを主剤としたフェノール樹脂およびエポキシ樹脂系のものが多い。図-17は各種耐熱性接着剤の接着力と温度との関係を示すものである。表-9はステンレス鋼に各種無機化合物を1~3%添加したFPL-878なる接着剤で接着した場合のせん断接着力を示しており、二酸化マンガンを1.0%添加した場合が最も良い結果を示している。また、高温用接着剤は触媒によって、熱処理温度と使用できる時間に関係し、接着力に影響する。図-18,

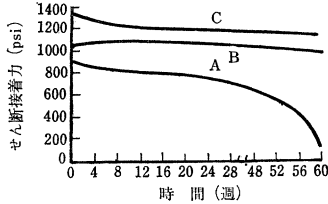
図-17 各種耐熱性接着剤の接着力の温度特性



図一18 左: Epon 828 (catolyst D 使用)の処理温度と異にした場合の熱処理時間とせん断接着力の関係
 右: Epon 828 に Catolyst A 使用の場合(銅接着)



図一19 255°F における 熱処理時間とせん断接着力の関係 (銅接着)



A: フェノール樹脂
 B: Araldite CN 503 (トリエタノールアミン併用)
 C: B に Al₂O₃ を 60 分添加

19は Epon 828 を使用して銅を接着した場合の数種の熱処理温度の処理時間とせん断接着力との関係を示したものと、フェノール樹脂を主剤とした接着剤、アラルダイト CN 503 接着剤およびアラルダイト CN 503 に Al₂O₃ を 60 部添加した接着剤を用いて銅を接着した場合の、255°F における熱処理時間とせん断接着力との関係を示したものである。次に現在使用されているおもな金属用接着剤の特徴について説明する。

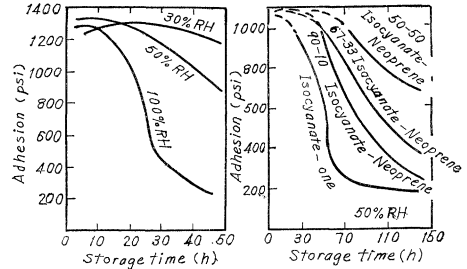
a) エポキシ樹脂を主体とした接着剤 エポキシ樹脂は接着性が大き、耐薬品性も大きく、電気的機械的性質にもすぐれているが、やや高価である。

表一9 ステンレス鋼を各種無機化合物をふくませた FPL-878 接着剤で接着した場合のせん断接着力

Compound added	Shear strength at 80°F after 100 hr at 550°F (psi)					
	1.0% Additive			3.0% Additive		
	Min	Max	Av	Min	Max	Av
None	40	420	130	40	420	130 ^a
Aluminum flake	20	20	20	20	20	20
Aluminum oxide	40	260	162	200	770	474
Manganese dioxide	420	700	566	60	530	326
Zinc dust	0	0	0	40	410	218
Zinc oxide	0	260	52	0	0	0
Stannous oxide	0	220	72	120	740	372
Stannic oxide	80	440	228	200	420	306
Stannous sulfide	140	690	426	80	630	380
Cuprous sulfide	90	430	222	60	460	176
Arsenic trioxide	290	460	320	320	570	440
Arsenic pentoxide	160	190	140	20	140	60
Bismuth trioxide	40	620	304	20	150	66
Antimony trioxide	0	690	250	0	0	0
Antimony trisulfide	140	600	328	30	690	416

a: Control value, no inorganic material added to adhesive.

図一20 左: ポリインシアネート鋼接着における湿度を異にした場合の貯蔵時間と接着力の関係
 右: ポリインシアネート接着剤にエラストマーを混合した場合の有効貯蔵時間と接着力の関係



b) フェノール樹脂を主体とした接着剤 フェノール樹脂は接着性が比較的大で、強度、電気絶縁性、耐熱性、耐水性はいずれも大きい、耐アルカリ性に弱く、可とう性に欠けている衝撃、疲労強度は弱い。

c) レゾルシン樹脂を主体とした接着剤 硬化した接着剤は耐水、耐候性にすぐれ、接着剤層が厚くてもきれつが入りにくく、熱帯のごとき高温、高湿にも耐える。

d) フラン樹脂を主体とした接着剤 耐酸、耐アルカリ性、接着力大、黒色である。

e) ポリウレタンを主体とした接着剤 耐油、耐溶剤接着力大である。図一20 は湿度の相違した場合と接着剤にエラストマーを混合したた場合の有効貯蔵時間と接着力との関係を示している。

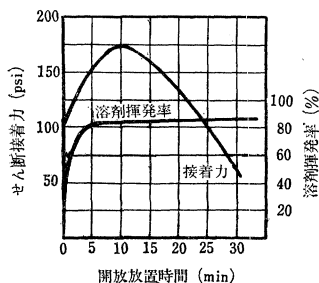
f) シリコーン樹脂を主体とした接着剤 特に耐熱性にすぐれ、連続 200°C の使用条件に耐える。電気絶縁性、耐薬品、耐候、耐油、耐水性も良好である。

接着剤の選択は、使用条件に適応したものをえらぶことが必要であって、接着の大小はせん断力、抗張力、圧縮せん断力、折曲力、はく離力などの標準試験片により、その接着剤について試験したデータを参考にすればよい。接着力は接着面の大きさにいちじるしく影響されるので、実際の設計にあたっては安全率を大きく見とすべきである。例えば、フェノール樹脂の接着剤で金属を接着した場合の抗張接着力 σ_t と接着面 S との間に $\sigma_t = \frac{k}{\sqrt{S}}$ の関係が求められている。また使用目的によって動的接着力、高低温接着力、その他の雰囲気中の接着力の試験も必要である。接着条件としては接着剤、金属の種類、被着体の接合形状、接着面、接着材の厚み、接着温度、湿度、時間、圧力、開放放置時間などの要素がふくまれる。特に接着剤の主剤であるプラスチックの物性に留意し、使用目的に応じたものを選びなくてはならない。

4.6 接着技術

接着機構は前述したところであるが、接着面に塗布された接着剤分子は被着体の分子または原子の引力圏内に

図-21 ポリ酢酸ビニル接着剤（溶剤をふくむ）の室温における開放放置時間とせん断接着力および溶剤揮発率の関係



まで吸引され、しかるのち、溶剤の蒸発、加熱または触媒による高分子化などの状態変化により強固な結合をする。接着を効果的にするためには使用目的に適應する接着剤の選択とともに、接着後の過程を適切にしないで

図-22 数種接合構造におけるひずみ力集中の程度

Adherends	Stress Concentration Under:		
	F	-F	M
Scarf	$E_1 = E_2$ Major	Minor	Major
offset Lap	$E_1 = E_2$ Major	Major	Major
Double Lap	$E_1 = E_2$ Major	Moderate	Major
Double Butt Lap	$E_1 = E_2$ Major	Minor	Major

図-23 数種接合構造におけるひずみ力集中の程度

Adherends	Stress Concentration Under:		
	F	-F	M
Lap	$E_1 = E_2$ Major	Major	Major
Beveled Lap	$E_1 = E_2$ Major	Moderate	Major
Double Bevel Lap	$E_1 = E_2$ Major	Minor	Moderate
Inset Lap	$E_1 = E_2$ Major	Minor	Major
Beveled Inset Lap	$E_1 = E_2$ Major	Minor	Major

図-24 数種のパイプ接合構造におけるひずみ集中の程度を示すものである

Rigidity of Adherends	Stress Concentrations				
	F	-F	P_1P_2	P_2P_1	M
$E_1 = E_2$	Minor	Minor	Minor	Minor	Minor
$E_1 > E_2$	Major	Major	Minor	Major	Major
$E_1 < E_2$	Major	Major	Major	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} = \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Major	Minor	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} > \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Major	Major	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} < \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Major	Minor	Major	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} = \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Minor	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} > \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Major	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} < \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Minor	Major	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} = \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Minor	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} > \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Major	Minor	Major
$\frac{E_1 t_1}{d_1} < \frac{E_2 t_2}{d_2}$	Major	Minor	Minor	Major	Major

図-25 数種接合構造（アングルおよびチース）

Corners and Angles		Tees	
Geometry	Efficiency	Geometry	Efficiency
	Poor		Good when unbeveled Excellent beveled
	Good		Poor without strap Excellent with strap
	Excellent		Poor without straps Excellent with straps
	Poor		Good without strap Excellent with strap
	Excellent		

表-10 接着強度試験法一覧表

	ASTM*	Fed Test Method Std**
引張り強度 (Tensile Properties)	D 897-49	1 011.1
せん断強度 (Shear Strength Properties)		
1) 曲げ荷重 (Flexural Load)	D 1 184-55	1 021
2) 圧縮荷重 (Compression Load)	D 905-49	1 031
		1 032
	D 906-49	1 032.1-T
	D 1 002-53T	1 033
		1 033.1-T
3) 引張り荷重 (Tension Load)		
はく離強度 (Peel or Stripping Strength)	D 963-49	1 041.1
衝撃強度 (Impact Strength)	D 950-54	1 051
		1 051.1-T
疲労強度 (Fatigue Strength)		1 061
割裂強度 (Cleavage Strength)	D 1 062-51	1 071-T

* 1955 年度, ** Federal Test Method Standard 1956 年度

ならない。スプレー、はけ塗り、浸漬用の接着剤は多量の溶剤をふくんでいるので、溶剤が接合および硬化過程で接着剤層に残っていると、接着強度を減少させる結果となる。これは接着したものを破壊してしらべると、破壊面に小さいブローホールが存在している。したがって圧着前に開放して溶剤を十分揮発させなくてはならない。図-21 は接着剤を塗布してより接着面を合わせるまでの放置時間と接着力との関係を酢酸ビニル樹脂の接

着剤について求めた実験例である。接着面を合わせる場合、全面を同時に接合せず、一端を支持して静かに溶剤が揮発しやすいように接着する。このようにすれば、ブローホールの内蔵と余剰の接着剤を追出すことができる。普通加圧は約 0.1 kg/cm² から 20 kg/cm² くらいの広範囲にわたっている。図-22, 23 は板、図-24 はパイプ、図-25 はアングルおよびチーズの接合構造を示している。

表-11 接着剤の性能

略語 接着方式：S=溶液またはエマルジョンより溶剤の逸散，F=熱融解，V=加硫，R=常温硬化，M=65~95°C 硬化，H=135~155°C 硬化

溶 剤：A=アルコール，C=塩化炭化水素，E=エステル，H=芳香族炭化水素，HA=脂肪属炭化水素，K=ケトン，W=水（溶剤またはエマルジョン）

性 能：◎=優，○=良，△=可，●=やや不良，×=不良

主剤となる高分子		接着方式	溶 剤	抵 抗 性				接 着 性										
				水	溶剤	熱	低温	木材	金属	ゴム	ガラス	皮革	紙	綿物	陶器			
A	アクリル系	メタクリ酸エチル	S,F	C,E,H	○	●	×	○	△	●	△	○	○	◎	○	△		
		メタクリ酸ブチル	S	EH,K	◎	●	×	○	○	●	○	○	○	○	○	○		
		アクリル酸エチル	S	E,K	◎	●	○	○	○	●	×	○	○	○	○	○		
	熱可塑性樹脂	ビニル系	酢酸ビニル	S,F	A,C,E,H,K,W	△	△	△	△	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎	◎	
塩化ビニル・酢酸ビニル共重合体			S,F	E,K	◎	○	○	○	○	○	△	○	◎	◎	◎	○		
塩化ビニリデン共重合体			S,F	E,K,W	◎	○	●	○	△	○	△	○	◎	◎	◎	○		
ビニルアセタール			S,F	A,E,H	○	△	●	○	○	◎	△	◎	◎	◎	◎	○		
		ビニルブチラール	S,F	A	△	△	△	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎			
樹脂	その他	ポリアミド	S,F	アルコール類>C ₂	◎	○	△	○	◎	◎	—	○	○	◎	○	○		
		クマロン・インデン樹脂	S,F	C,E,H,K,W	◎	×	●	△	△	○	○	○	○	○	○	●		
		セラック(天然樹脂)	S,F	A	○	×	△	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	●		
		ニトロセルローズ	S	E,K(+A,H)	●	●	△	●	○	●	×	△	◎	◎	◎	△		
B	熱硬化性樹脂	フェノール系	尿素・ホルムアルデヒド	R	W	△	◎	△	◎	◎	×	×	×	○	◎	◎	×	
			メラミン・ホルムアルデヒド	H	W	○	◎	△	◎	◎	×	×	×	○	◎	◎	◎	×
				H	A,W	◎	◎	◎	◎	◎	×	×	×	○	◎	◎	◎	×
		フェノール系	フエノール樹脂・エポキシ樹脂	フェノール・ホルムアルデヒド	R	A,K,W	○	◎	◎	◎	△	×	◎	×	△	△	△	○
	フェノール樹脂・エポキシ樹脂			H	A,K,W	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	×	△	◎	◎	◎	○
	フエノール樹脂・ポリアミド			S,R	C,K	◎	◎	◎	◎	◎	◎	●	○	◎	◎	◎	◎	○
	フエノール樹脂・ビニルアセタール			H	C,K	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	○
			レゾルシン・ホルムアルデヒド	F,H	A	×	●	△	◎	◎	◎	×	×	●	×	●	●	
			レゾルシン・ホルムアルデヒド	M,H	A,H,K	◎	◎	○	△	◎	◎	○	●	○	◎	◎	◎	
		樹脂	ポリエステル系	不飽和ポリエステル	R	A,K,W	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	×	◎	◎	◎	△
ポリエステル・エラストマー	H,R			不要	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	△	○	◎	◎	◎	△	
	樹脂	その他	フラン樹脂	R	A,K,C	◎	◎	◎	◎	○	×	○	△	△	◎	◎	◎	
エポキシ樹脂			H	A,K,C	◎	◎	◎	△	◎	◎	×	○	△	△	◎	◎	◎	
ポリアミド・エポキシ			R,M,H	不要	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
イソシアナート樹脂			S,M	不要または A+K	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
			R,M	C,H	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
C	ゴム類	天然ゴム	V	C,H,HA,W	○	△	△	△	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	●	
		塩化ゴム	S,F	E,H,K	△	×	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	×	
		環化ゴム	S,F	C,H	◎	●	●	△	◎	△	◎	×	×	◎	◎	◎	×	
		ニトリルゴム	S,F	C,H,K,W	○	◎	○	○	○	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	△
			V	C,H,K	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	△	
			S	C,E,H,K,W	◎	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	多硫化ゴム	シリコーンゴム	V	C,E,H,K	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
V			C,E,H,K	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
			R,V	C,H	△	○	○	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	
			R,V	H	◎	×	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

5. 接着強度の試験法

5.1 接着強度試験法規格

工業用材料として接着剤の応用は次第に拡大されつつあって、最近では金属と金属の接着にまで多く使用されている。したがって、接着力の測定は当然問題にされる場所であって、せん断、引張り、はく離など各種の試験法が考えられているが、一応まとまったものとして、アメリカの ASTM の接着剤試験規格がある。JIS、英、独などでは現在のところ十分なものは見当らない。表-10 は接着強度試験法規格をまとめたものである。

5.2 接着強度試験法

二、三の試験法について説明する。図-26 は ASTM

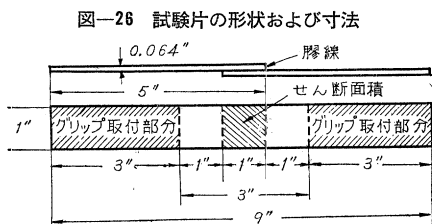


図-26 試験片の形状および寸法

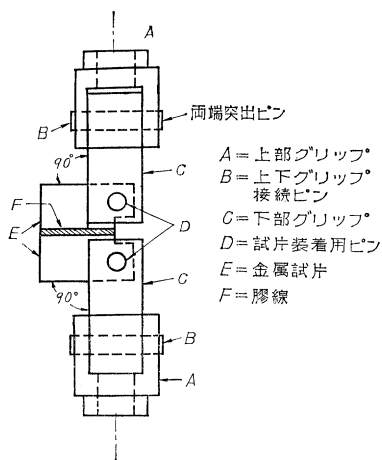


図-27 割裂強度試験における試片保持具と試験片の組合せ

E-4 で定められた引張り接着試験片の形状、寸法を示すものである。図-27 は ASTM D 1062-51 で定められた割裂強度試験における試験片保持具と試験片の組合せを示している。図-28 は ASTM D 903-49 のはく離強度試験片を示している。

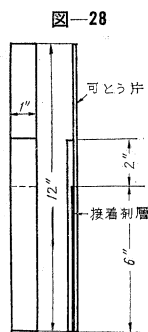


図-28

6. 結 言

以上簡単に接着用プラスチックの一般的性質、接着概念および接着の実際について説明したが、接着剤の性能を確実に把握し、したがって接着剤を構成しているプラスチックあるいはエラストマーの特性を熟知して、使用条件に適用する接着剤を選択し、正しい接着条件のもとに接着することが望ましい。

参 考 文 献

- 1) Modern Plastics, Encyclopedia 105 (1955)
- 2) 高分子学会：接着 (S. 34. 8)
- 3) 井本：レオロジー (S. 33. 4)
- 4) Epstein, G : Adhesive Bonding of Metals (1954)
- 5) Black, J.M. and Blomquist, R.F. : Modern Plastics, 32, No. 139, 225 (1954)
- 6) Floyd, D.E., Ward, W.J. and Minarik, W.L. : Modern Plastics, 33, No. 10, 238 (1956)
- 7) 大西・木村：熔接界, 10, No. 1, 45 (1958)
- 8) 大西・木村：熔接学会誌, 28, No. 1~2, 4~10, 75~79 (1959)
- 9) 日本学術振興会：接着剤 (S. 34. 6)
- 10) 合成樹脂工業技術研究会：合成樹脂便覧 (S. 34. 7)
- 11) 折美, 外：新しいプラスチック材料 (S. 30. 1)
- 12) 金丸：高分子, Vol. 6, No. 62, 54 (1957)
- 13) 金丸：接着および接着剤 (S. 28)
- 14) 金丸：化学と工業, 8, 4 (S. 29)
- 15) 井上：高分子, Vol. 9, No.98, 318 (1960)
- 16) 牧：高分子, Vol. 9, No. 98, 321 (1960)
- 17) 長井：高分子, Vol. 9, No. 98, 324 (1960)
- 18) 福村：高分子, Vol. 6, No. 61, 196 (1957)
- 19) 福村：樹脂加工, 5, No. 54, 19 (S. 31)
- 20) 福村：材料試験, 2, 19 (S. 28)
- 21) 岡村：材料試験, 4, No.21, 7 (S. 30)

(原稿受付：1961.8.11)

「ロータリー」欄について

「ロータリー」欄の原稿を広く募集しております。原稿募集要項は下記のとおりですが、御不明の点は編集部へお問い合わせ下さい。

記

- (1) 投稿は団体、個人を問いませんが、土木学会の会員(団体の場合は特別員)であることを要します。
- (2) 土木技術に関係の深い新しい材料、新製品、建設機械、施工技術などの紹介を主眼とし、なるべく実施例のあるものを中心にして下さい。
- (3) 記述にあたっては、内容が宣伝のみに終らないよう配慮し、単価、示様、性能、特徴、使用実例、問題点(すなわち自己批判)などを列記して下さい。
- (4) 原稿は写真、図表をふくめて一件あたり400字詰原稿用紙6枚以内(刷上り1ページ以内)とし、毎月5日を締切とします。
- (5) 原稿の末尾に会員資格、提供者名、連絡先を必ず書いて下さい。