

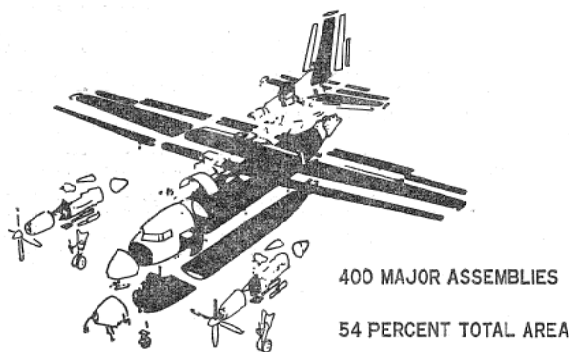
構造接着剤

新 保 正 樹*

1. 序

構造接着 (structural adhesives bonding) は航空機の機体の一部や、構造部品の接着のために発達した分野で、その結合にもちいる接着剤を構造接着剤 (structural adhesives) とよんでいる。

構造接着剤は1950年頃から航空機に実用化され、金属に対する高い結合力をもつだけでなく、すぐれた耐候性、暴露抵抗、耐疲労性、耐クリープ性、耐熱性などをもつものも多い。Troughton²⁾によると Fokker Friendship では全面積の54%、400個の主要部品に構造接着がもちいられているという。(第1図)



第1図 航空機における構造接着²⁾

構造接着剤は其後亜音速機から超音速機、ロケット、大陸間弾道弾、ミサイル、人工衛星へと次第に高度の性能が要求される分野にもちいられるようになり、絶対0度近い低温 (cryogenic temperature) から、250°C ならかなりの時間、500°C でも短時間なら使用できる処まで性能は向上した。

このような高い性能と、接着という結合法のもつ利点は、航空機以外の多くの製造工業でも注目され、機械、金属、車両、自動車、電子機器など多くの製造工業に構造接着剤が利用されるようになった。

本稿では構造接着剤を利用される方々のために、接着剤の化学構造や反応を省いて、その性能を図または表を

* 関西大学工学部

中心としてのべてみたい。記述には専ら海外のデータももちいたが、わが国でもこれに準ずるものが開発され始めていることと、このデータは構造接着剤の最もすぐれた水準を示し、どの接着剤でもこの程度の性能を示すものではないことをお断りしておきたい。

2. 構造接着剤の性能と種類

構造接着剤の性能をまず他の金属結合法と比較してみよう。金属のロウ付けの強さは軟鋼、黄銅、銅などの場合、Nightingale, Hudson⁵⁾ によると、引張せん断強さで160~480 kg/cm² 程度といわれ、接着も160~400 kg/cm² 程度で、両者大差ない値を示す。(第1表) また銀

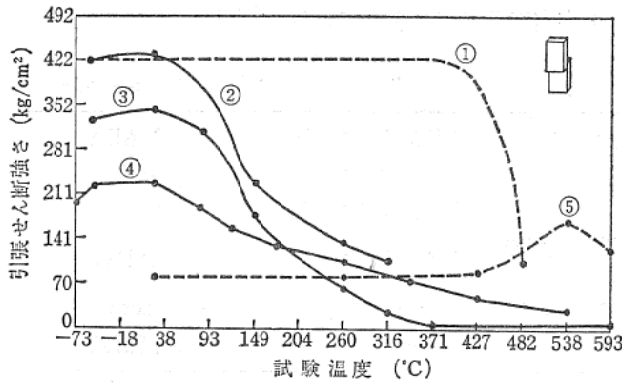
第1表 金属のハンダ付け部分の引張せん断強さ

重量組成 (%)			ハンダ付けした結合部の引張せん断強さ*		
Sn	Sb	Pb	鉄	黄銅	軟鋼
100	0	0	1.90	1.05	1.58
94.5	5.6	0	2.99	1.31	2.80
66.1	0	33.9	2.82	1.39	2.42
59.4	3.6	27.0	2.73	1.39	2.16
56.1	0	43.9	2.49	2.23	1.98
50.2	3.0	46.8	3.02	2.20	2.38
44.8	0	55.2	2.68	2.07	2.49
40.0	2.45	57.55	3.02	2.11	1.78
33.7	0	66.3	2.05	1.67	2.33
30.1	17.5	52.4	2.34	1.67	2.01

* Ton/in²

ロウ (silver brazing alloy) とニトリルゴムフェノリックは常温付近でいずれも 420 kg/cm² 程度の値がえられている。(第2図)

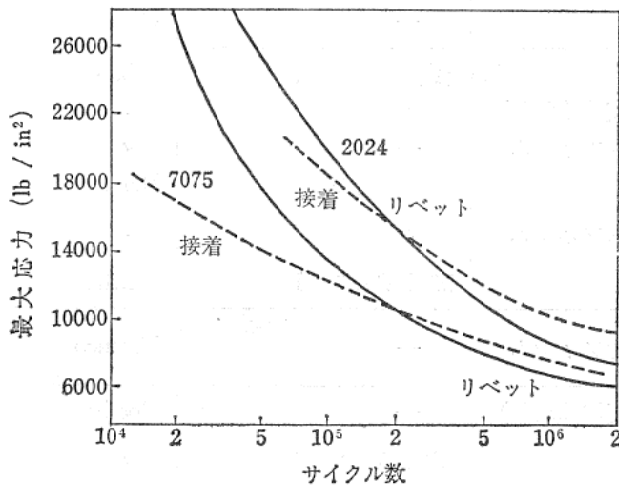
リベティングについては Bodnar⁶⁾ によると (第3図) クラッドアルミニウム (7075および2024) の疲労試験では、低サイクルではリベットによる結合強さが勝るが、10⁵~10⁶ サイクルの間で接着の強さはリベットを凌ぐようになる。その理由は、リベット結合は金属を点状に結合するから、リベットに近接した部分は変形によ



- ① : silver brazing alloy,
- ② : nitrile phenolic post cured,
- ③ : nitrile phenolic,
- ④ : epoxy phenolic,
- ⑤ : ceramic

被着体：鋼 (TH 1050), 厚さ1.29mm, 重り12.7mm
 条件：上記の温度に10分放置 (-73~593°C)

第2図 構造接着剤, セラミックスおよび銀ロウの接着強さの温度による変化



被着体：クラッドアルミニウム合金 (2024, 7075)
 ラップジョイント

第3図 構造接着とリベッティング結合の耐疲労性能

て局所的な集中応力を受け、比較的低サイクルで破壊する。これに対して接着は接着面全体でこの応力を受けるから、応力集中を起しにくいし、接着膜が粘弾性体であるためもあり、リベットよりも高サイクルになってはじめて破壊する。

このような接着の利点は De Bruyne¹⁾らによって早くから見出され、接着を航空機に実用化する緒を作った。今日の航空機にも接着とリベット双方を併用した例は少くないという。

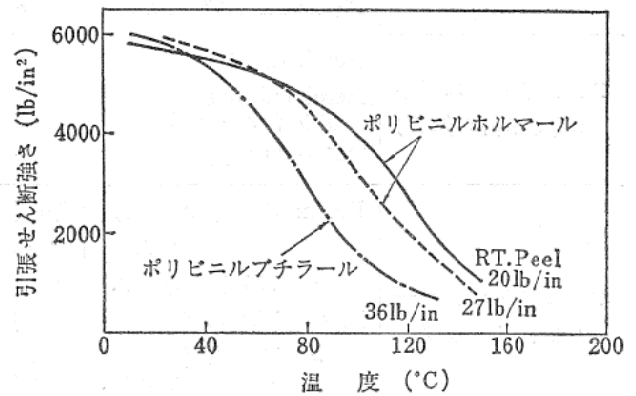
このような構造接着剤について、アメリカおよびヨーロッパで宇宙工業にもちいられているものの構造や名称を第2表に示した。

3. 構造接着剤各論

3.1 ポリビニルフォルマル系構造接着剤

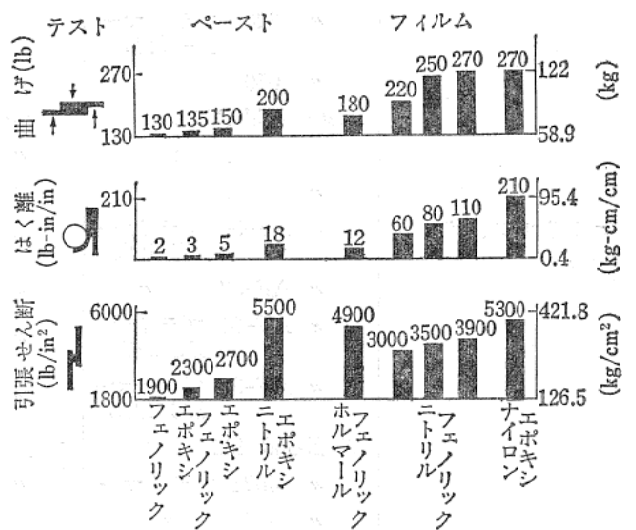
ポリビニルフォルマルは、ポリビニルアルコールにフォルマリンを結合させた粘り強い軟かい樹脂で、これとフェノール樹脂からすぐれた構造接着剤がえられる。(第2表) フォルマリンの代わりにブチルアルデヒドをもちいたものがポリビニブチラールである。

この両者の引張せん断およびはく離強さを第4図に示した⁷⁾。図のようにせん断強さもかなりよく、(第5図)はく離強さや曲げ強さもすぐれ、(第5図) 対疲労(第3図) または耐老化性もよく⁸⁾、航空機燃料や塩水にも耐え、屋外暴露抵抗(後述)性もよいので、早くから航空機その他の構造接着にもちいられている。



被着体：アルミニウム合金 (MIL-A-005090B)

第4図 ポリビニルホルマルおよびポリビニブチラール, フェノリック接着剤



被着体：クラッドアルミニウム (2024-T3)
 硬化条件：177°C, 1時間, 試験温度27°C

第5図 構造接着剤の引張せん断, はく離および曲げ強さ

第2表 構造接着剤 (北米およびヨーロッパで宇宙工業に用いられているもの)⁴⁾

分類	名称	形態	タイプ	メーカー
エポキシ樹脂	Scotchweld EC 1595	100% 固形分ペースト	MM タイプ II	MMM
	Bondmaster M 632	—	MM タイプ I	PPG
	Epon 934	2液ペースト	MM タイプ I	Shell
	Bondmaster M602/M611	“(ガラス繊維入プライマー付)	MM タイプ I	PPG
	Aerobond 500 Scotchweld AF 130	ガラス繊維入フィルム ”	— —	Aero MMM
フェノリックエポキシ (422 処方)	Epon 422	ガラス繊維入フィルム	MM タイプ III	Shell
	Aerobond 422	”	”	Aero
	Metlbond 302	”	”	Narmco
	HT 424	”	{MMタイプIII, HCタイプII, およびIIIクラス2	Bloom
	HT 424 プライマー HT 424	”(および溶液)	MM タイプ III	Bloom
	Plymaster ACG 1031	”	”	PPG
フェノリックエポキシ(その他の処方)	Aerobond 430	”	MM タイプ II, III	Aero
	Aerobond 430 プライマー 413	”(および溶液)	”	Aero
	Hidux 1197 A	”	—	Ciba
ポリビニルホルマールフェノリック	Redux 775 (液, 粉末)	濃厚液と粉末	MM タイプ I	Ciba
	” 775 フィルム	フィルム (支持物なし)	”	”
	” 775 Rフィルム	ガラス繊維入フィルム	—	”
	Bloom FM 47 液 ” FM 47 液 タイプII, フィルム	溶液 ガラス繊維入フィルム	MM タイプ I ”	Bloom ”
	Scotchweld EC 1471	溶液	MM タイプ I	MMM
ネオプレンフェノリック	Metlbond MN 3C	ナイロン支持フィルム	—	Narmco
ニトリルフェノリック	Plastilock 608	フィルム (支持物なし)	—	Goodrich
	” 620 プライマー A-626B	” 溶液	MM タイプ I	”
	” 650	” ”	MM タイプ II	”
	Scotchweld AF 10	フィルム (支持物なし)	—	MMM
	” AF 13	”(”)	—	”
	” AF 6	”(”)	MM タイプ I	”
	” AF-30 プライマー EC 1660	” ” 溶液	”	”
	” AF-32 ”	” ” ”	”	”
	” AF-31 プライマー EC 2174	” ” ”	MM タイプ III, IV	”
	” AF-33 プライマー EC 2333	” ” ”	—	”
	Metlbond 402	フィルム (支持物なし)	—	Narmco
	” 4021 プライマー	” ” 溶液	MM タイプ I	”
” 4041 ”	” ” ”	—	”	
ニトリルエポキシ	Bloom FM 96	フィルム (支持物つき)	HC タイプ I, クラス 2	Bloom
	” FM プライマー BR-227	”(”) 溶液	HC タイプ I, クラス 2 MM タイプ I	”
	Scotchweld EC 2186	100% 固体ペースト	MM タイプ I	MMM

分類	名称	形態	タイプ	メーカー
ニトリルエポキシ	Scotchweld AF-120 プライマー EC 2320	フィルム (支持物なし) 溶液	MM タイプ I	MMM
	" AF-110	フィルム (支持物つき)	{MM タイプ I HC タイプ I, クラス 2	"
	" AF-110 プライマー EC 1682	" " 溶液		"
	" AF-111	フィルム (支持物つき)	"	"
	Metlbond 328	" (")	MM タイプ I	Narmco
ナイロンエポキシ	Bloom FM 1,000	フィルム (支持物なし)	MM タイプ I	Bloom
	" FM 1,000 BR-1009-49	" (") プライマー	"	"
	Scotchweld AF 40 プライマー EC 1956	" (") 溶液	"	MMM
	" AF 41 プライマー EC 1936	" (") "	"	"
	Metlbond 406	" (") "	"	Narmco
	Metlbond 408	フィルム (支持物なし)	MM タイプ I HC タイプ I, クラス 2	Narmco
複合フィルム	Bloom FM 61 プライマー BR 2227 A	フィルム (支持物なし)	HC タイプ I, クラス 2	Bloom
	Scotchweld AF-202 プライマー EC 1660	" (") 溶液	" "	MMM

略号

Allied: Allied Chemical Co. Bloom: Bloomingdale Department, American Cyanamide Co. Ciba: Bonded Structure Ltd. in U.K. and Ciba Corp. of America in U.S.A. Goodrich: The B.F. Goodrich Co., Adhesive Products Div. Aero: Hiller Aircraft, Adhesive Engineering Div. Monsanto: Monsanto Co., Narmco: Narmco Materials Div., Whittaker Corp. MMM: Minnesota Mining and Manufacturing Co. P.P.G.: Pittsburgh Plate Glass Co., Adhesive Product Div. Shell: Shell Chemical Co., Adhesives Dept.

略号

規格

MM Types I to IV Military Specification MM-A-132 Types I to IV (Metal to Metals,)

HC Types I to III, Military Specification MIL-A-25463 Types I to III, Class 1 or 2 (Honeycomb,)
Class 1 or 2

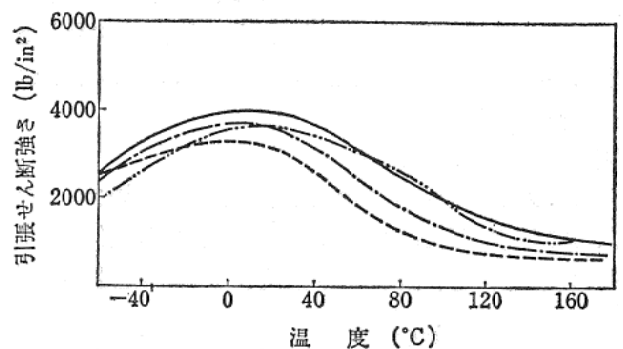
3.2 ニトリルフェノリック系構造接着剤

ニトリルゴムはフェノール樹脂と相溶性をもち、この両者から性能のすぐれた構造接着剤が作られている (第2表).

ニトリルフェノリックの特徴は、せん断強さ、はく離強さ、曲げ強さいずれもよく (第5図) 航空機用構造接着剤としての最もすぐれたものの1つと言える。そのせん断強さの温度による変化を第6図に示した。ニトリルゴムとしてはニトリル含有量の高いものが接着剤にもちいられているが、カルボキシル基をもつものは接着性さらに改善されるという¹¹⁾。耐水性や耐油性はニトリル含有量の増加と共に向上し、屋外暴露も数年間ほとんど接着強さを低下しない例も知られている^{9,10)}。(後述)

3.3 ニトリルエポキシ系構造接着剤

ニトリルゴムはエポキシ樹脂とも相溶性をもち、この両者からニトリルエポキシ系構造接着剤が作られる。(第



— : Metlbond 4021
 - - - : Scotchweld AT-6
 - · - · : Bloomingdale
 - · - · : Bloomingdale PA 101

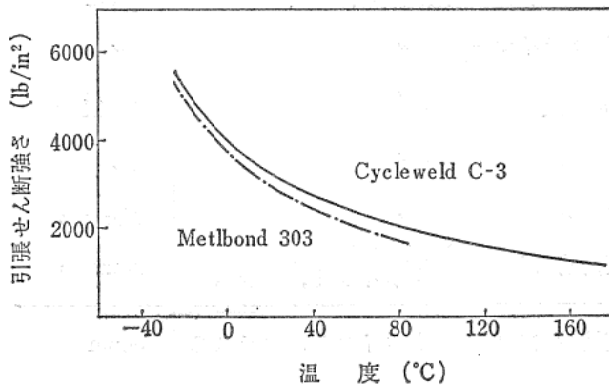
被着体: アルミニウム合金 (MIL-A-005090E)
 (Metlbond, Plastilock, Scotchweld, Bloomingdale
 などについては第3表参照)

第6図 ニトリルフェノリック接着剤の引張せん断強さ

2表) 引張せん断強さはよいが、はく離強さや曲げ強さはやや低い(第5図)。

3.4 ポリクロロプレンフェノリック(ネオプレンフェノリック)系構造接着剤

ポリクロロプレン(ネオプレン)は第三級ブチルフェノールからの油溶性フェノール樹脂や、テルペン変性のフェノール樹脂と相溶性をもち、ネオプレンフェノリック系構造接着剤が作られる。(第2表)低温ではよいせん断強さを示すが、耐熱性には限界がある(第7図)。



被着体: アルミニウム合金 (MIL-A-005090E)
(Metlbond, Cycleweld については第3表参照)

第7図 ネオプレンフェノリック接着剤

はく離強さや曲げ強さもよく、航空機燃料、潤滑油または水などにすぐれた抵抗性を示すが、構造接着剤の進歩は、ネオプレンフェノリックの領域を次第にニトリルフェノリックその他におきかえようとしている。

3.5 エポキシ系構造接着剤

3.5.1 ビスフェノール系エポキシ樹脂

ビスフェノールAとエピクロルヒドリンから作られるビスフェノール型エポキシ樹脂は今日広く一般に使用されているので、説明を省略し、硬化剤によるその性能差のみをのべる。

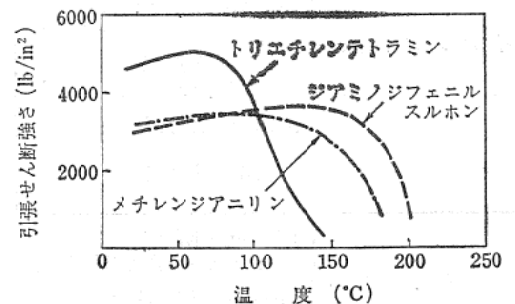
(A) 脂肪族アミン硬化物の性質

ビスフェノール型のエポキシ樹脂は、脂肪族アミンによって室温で硬化させることができるが、室温硬化したものは橋かけ密度が低く、耐熱性もわるく、接着強さも低

い。例を第3表に示した。また脂肪族アミン硬化物は一般に弾性率が大きく(第9図)、かたく、もろい硬化物になるから、引張せん断強さは大きい、はく離強さなどは低い。

(B) 芳香族アミンおよび脂環アミン硬化物の性質

ビスフェノール型エポキシ樹脂に耐熱性を与えたいときは芳香族アミン硬化^{3,4,7)}がおこなわれる。例を第8図に示した。芳香族アミンはエポキシ樹脂にとけにくいし、その反応は比較的高温を要するので、他の添加物を加えて硬化温度を下げたり^{3,4,14)}、芳香族アミンを水素添加して脂環アミンとしてもちいる場合も多い。



被着体: アルミニウム合金 (MIL-A-005090E)
接着剤: ビスフェノール型エポキシ樹脂 (5.25eq/kg)

第8図 エポキシ樹脂の耐熱性

(C) 酸による硬化物の性質

ビスフェノール型エポキシ樹脂は、酸無水物によって硬化すると電気的性質のよい耐熱性硬化物を与える。酸無水物はエポキシ樹脂に不溶のものが多し、その硬化は一般に高い温度を必要とするから、芳香環を水素添加して脂環化合物としたり、数種の酸を混合した共融物などをもちいたり、他の添加物により硬化温度を下げるなどのくふうがおこなわれる^{3,4,15,16,17)}。

(D) エポキシポリアミド

ビスフェノール型エポキシ樹脂は、脂肪族または芳香族アミンや、酸無水物による硬化では弾性率の高い、かたく、もろい硬化物を与え、せん断強さはよいが、はく離、曲げまたは衝撃強さは余り高くない。

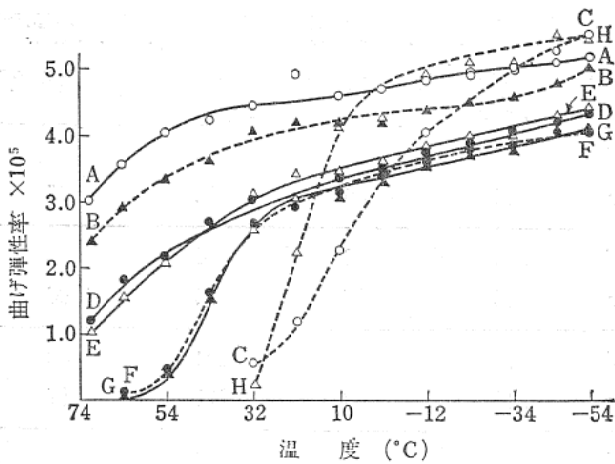
この欠点を是正するためにポリアミド樹脂により硬化

第3表 ビスフェノール型エポキシ樹脂の硬化温度と接着強さ(脂肪族アミン硬化剤)

硬化剤	トリエチレンテトラミン				N,N-ジエチルアミノプロピルアミン			
	室温 (20~25°C)		95°C	145°C	40°C	40°C, 16時間後 室温14日	95°C	145°C
硬化条件 (温度, 時間)	3日	15日	30分	30分	16時間	5時間	30分	
せん断強さ (lb/in²)	1,162	1,690	3,172	3,426	702	840	3,236	4,056

エポキシ樹脂: エポキシ当量 5.2 eq/kg

被着体: アルミニウム合金 24 ST-3, 厚さ 0.064, 重り 1/2" (MIL-A-D 05090 E)



HHPA—HEXAHYDROPHTHALICANHYDRIDE
BDMA—BENZYLDIMETHYLAMINE
P 11-80—DOW CHEMICALPOLYOL

RESINS AND CURING AGENT	PARTS BY WEIGHT	RESINS AND CURING AGENT	PARTS BY WEIGHT
A=EPON 828	100	D=EPON 828	100
DIETHYLAMI- NOPRPYLAMI NE (DEAPA)	8	POLYAMIDE A	66
B=EPON 828	100	E=EPON 828	100
POLYSULFIDE	25	POLYAMIDE B	66
DEAPA	10	F=EPON 828	100
C=EPON 828	100	POLYAMIDE A	100
POLYSULFIDE	50	G=EPON 828	100
DEAPA	10	POLYAMIDE B	100
		H=	
		EPON 828	100
		HHPA	76
		P 11-80	66
		BDMA	2

第9図 エポキシ樹脂硬化物の弾性率（アミン，酸無水物，ポリオール硬化物とフレキシビライザー添加物との比較

をおこなうと、弾性率の低い、可撓性、耐衝撃性に富む硬化物がえられる。第9図にエポキシ樹脂の硬化剤による弾性率の変化を示した。

ポリアミド樹脂でもアミン価の高いものはエポキシ樹脂の常温硬化が可能であるが、橋かけ密度が低いために接着強さが上昇しにくいから、加温硬化が原則である(第4表)。ポリアミド樹脂で硬化したものは上のようなフレキシビリティをもつが、耐熱性、耐水性、化学抵抗などは低下する傾向をもつ。ポリアミド硬化剤にもいる

第4表 エポキシポリアミド硬化温度と引張せん断強さ

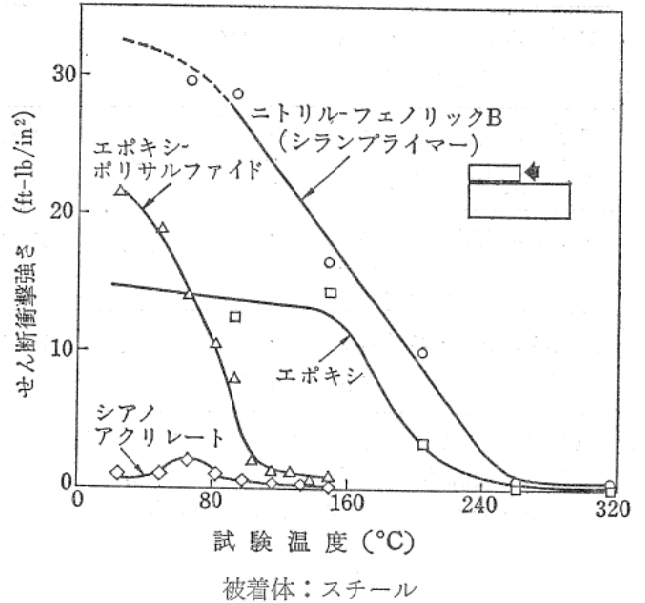
硬化条件	室温 (20~25°C)		95°C	145°C
	2.5 日	15 日	30 分	30 分
引張せん断強さ (lb/in ²)	1,766	2,284	5,712	5,986

接着剤：ポリアミド (Versamid) 硬化
被着体：アルミニウム合金 24 ST-3, 厚さ0.064", 重り 1/2" (MIL-A-005090E)

いなる促進剤が試みられている^{3,4,18,19,20}。

(E) エポキシポリサルファイド

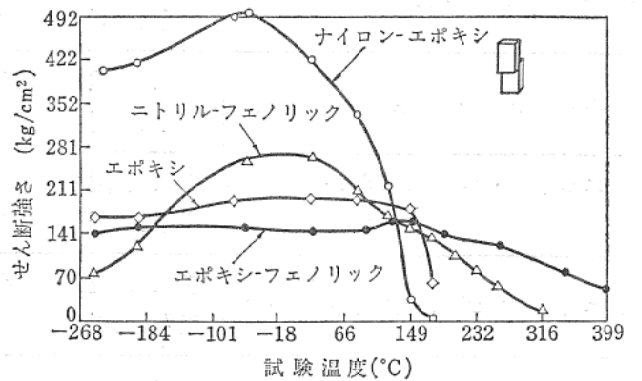
エポキシ樹脂の弾性率の低下には、このほかにポリサルファイドを添加する方法もある。一般に液状ポリサルファイド (Thiokol LP-3 など) を添加し、ジエチレントリアミンやトリエチレントトラミンなどのアミン硬化剤をもちいる。その弾性率の変化を第9図に、衝撃強さを第10図に示した。



第10図 構造接着剤の衝撃強さ

3.5.2 エポキシナイロン系構造接着剤

可溶性ナイロンはエポキシ樹脂と相溶性をもち、性能のよいエポキシナイロン (ナイロンエポキシ) 接着剤をつくる。硬化剤にはジシアンジアミドや芳香族ポリアミンなどがもちいられる。



被着体：アルミニウムラップジョイント
温度範囲：-253~400°C

第11図 構造接着剤の耐熱性 (エポキシフェノリック, エポキシナイロン, エポキシおよびトリルフェノリック)

第5表 接着結合の耐久性 (3カ年屋外暴露)

暴露の条件 接着剤	暴露せぬ 試験料 (kg/cm ²)	暴露地	ストレスを与えずに暴露 a)		ストレスを与えて暴露 b)	
			接着強さ (kg/cm ²)	強度保持率 (%)	接着強さ (kg/cm ²)	強度保持率 (%)
液状ビニル・フェノリック	397	フロリダ パナマ	246	62	0	0
			380	69	302	75
フィルム状ビニル・フェリック (液状プライマー使用)	310	フロリダ パナマ	243	78	0	0
			308	97	304	95
フィルム状ビニル・フェノリック (支持物なし)	309	フロリダ パナマ	300	97	194	60
			248	83	271	87
フィルム状アクリロニトリル・ フェノリック (液状プライマー使用)	280	フロリダ パナマ	179	65	80	28
			247	88	168	60
フィルム状アクリロニトリル・ フェノリック (支持物なし)	261	フロリダ パナマ	196	73	149	56
			252	98	229	85
液状エポキシ・エラストマー・ フェノリック	235	フロリダ パナマ	200	89	48	21
			199	85	131	55

a) 6 in (152.4 mm) スパンの中央に、0.25 in (6.3 mm) の曲げによってストレスを与える。

b) 各測定値は12個平均、試験片パネルは、4×9 in、重なり 0.5 in、クラッド・アルミニウム 2024-T3、このパネルから各4枚の試験片を切りだす。

第6表 接着結合の耐久性 (各種条件下の暴露テスト)

暴露条件 接着剤	試験の方法	ブランク テスト	177°C 2時間暴露	-54°C後 74°C暴露	塩水噴霧 50時間後	耐湿テスト 20日間 (SCL)
ポリビニルブチラール・ フェノリック	Tはく離	13.1	2.8	14.9	11.3	17.4
	引張せん断	238	251	236	212	217
ナイロン・エポキシ (A)	Tはく離	22.5	20.7	26.4	15.8	25.6
	引張せん断	328	351	315	305	267
エポキシ・フェノリック	Tはく離	1.8	1.8	2.1	1.8	2.3
	引張せん断	151	162	150	141	150
エポキシ・ニトリルゴム・ フェノリック	Tはく離	7.1	7.2	5.6	6.4	7.5
	引張せん断	171	171	164	178	154
ニトリルゴム・フェノリック	Tはく離	18.0	10.8	20.3	18.8	20.1
	引張せん断	170	254	160	132	961
ナイロン・エポキシ (B)	Tはく離	43.6	23.1	15.0	39.5	7.4
	引張せん断	321	305	369	332	149

注 1. Tはく離: Kg/25.4 mm (1b/in より換算)

2. 引張せん断: Kg/cm² (1b/in² より換算) (ASTM 規格D1002)

3. 測定値は特別の記載のないものは5個平均, **は6個平均, *は4個平均値を示す。

エポキシナイロンは引張せん断、はく離および曲げ強さに勝れ、(第5図, 第11図), 構造接着剤として最も注目されるものの1つである。(第2表)

3.5.3 エポキシフェノリック構造接着剤

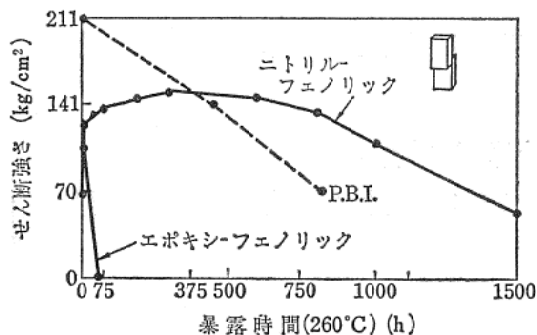
フェノール樹脂にエピクロロヒドリンを作用させたグリシジルポリエーテルがエポキシフェノリックであり, 耐熱性構造接着剤(第2表, 第11図)で, ピロメリット酸無水物や芳香族ジアミンなどで硬化する。

3.6 ポリアロマトイクス

超音速機以下の速度で使用されている構造接着剤の耐熱性は300°C程度でよいが(速度がマッハ3のとき機体表面は250°C, 尖端部分は300°Cになるという), 宇宙開発には短時間ではあるが540°C(1,000°F)の耐熱度が要求される。

在来の構造接着剤ではこのようなかくな要求はみたすことができぬため, ポリアロマトイクスやセラミックス系の接着剤が開発されるようになった。

ポリアロマトイクスはその名の示すように分子内に多数の芳香核をもち, ガラス転位温度の極めて高い, 剛直な高分子で, 高度の耐熱性をもつ。ポリアロマトイクスのうちポリベンズイミダゾール(Polybenzimidazole, PBI)は比較的早くから工業化された。そのせん断強さを第12図に示し, 詳細は脚註文献に譲る。



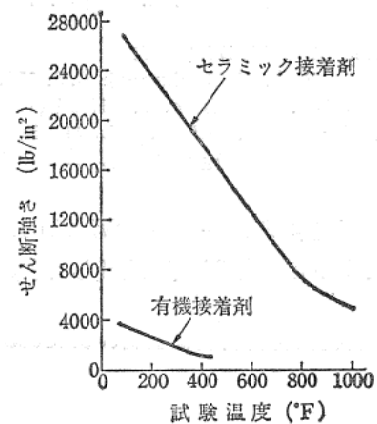
被着体: スチール(ラップジョイント), 厚さ1.29mm
暴露条件: 260°C, 空气中

第12図 ポリベンズイミダゾール(PBI)の耐熱性

3.7 セラミックス

セラミックス塗膜は在来金属を酸化や腐食から保護するにもちいられていたが, 宇宙科学の要求から耐熱接着剤への開発がおこなわれるようになった。

セラミックス接着剤はシリカにアルカリおよびアルカリ土類金属酸化物などを加え, 分散剤としてコロイダルシリカやモリブデン酸アンモン, フレキシビライザーとして鉄カルボニルやシリコン, 充てん剤としてステンレス鋼の粉末などを加えて被着体にぬり, 乾燥後これらを溶融して接着をおこなう。その耐熱性を第13図に示



第13図 セラミックス接着剤

した²³⁾。540°Cに耐えるが, 接着強さがあまり高くないから, ハンダとの複合接着剤(ceramic adhesive-brazing alloy combination)としてもちいられることもある。(第2図)

4. 構造接着剤の耐久性

以上今日航空機または宇宙工業でもちいられている構造接着剤の代表的なもの(第2表)を紹介したが, Blomquist⁹⁾による屋外暴露の耐久性を第5表に示した。この表ではストレスを与えて暴露しても3カ年後あまり接着強さを低下していないものもある。また各種条件下の暴露に関する Dellolis^{23,24)}のせん断とはく離によるデータを第6表に示した。

紙数の都合で構造接着剤の一部の紹介にとどまったので, 不備の点は筆者の綜説²⁾Houwinch, Salomon^{7,13)}または原報を参照していただければ幸である。

文 献

- 1) De Bruyne: Structural adhesives (1951)
- 2) Troughton, Adhesion: Fundamentals and Practice 181 (1969) (Ed. by. Min. Tech., U. K.)
- 3) 新保: 高分子 19 (219), 511 (1970)
- 4) 新保: 接着ハンドブック (1971) (日刊工業)
- 5) Nightingale, Hudson, Tin Solders, Brit. Non-Fer. Mat. Res. Assoc., (1942)
- 6) Bodnar: Symposium on Adhesives for Structural Applications, 3 (1960)
- 7) Houwinck, Salomon: Adhesion and Adhesives 1, 247, 250, 252, 299, 325, 329, 332 (1965)
- 8) Boeber: Adhesives Age 2 (12), 30 (1959))
- 9) Blomquist: J. Polym. Sci., 6 (20), 161 (1962)
- 10) RAE: Tech. Note, No. 1349 (Feb. 1959)
- 11) Eickner: WADC Tech. Rept., 54-447, Part 1
- 12) Bodnar: Symposium on Adhesives for Structural Applications (1962)
- 13) Houwinck, Salomon: Adhesion and Adhesives Vol. 2 24, 28, 32, 34 (1967)
- 14) Ciba Ltd.,: B.P. 814818, 822928 (1965)
- 15) Fish, Hoffman: J. Polym. Sci., 12, 497 (1954)
- 16) Schechter, Wynstra: Ind. Eng. Chem., 48, 86 (1956)

生産と技術

- 17) Deabourn, Fuss, White: J. Polym. Sci., **16**, 201 (1955)
- 18) Ciba Ltd.: B.P. 874970 (1957)
- 19) Bataafsche Petr. Maatschappij: B.P. 873.224(1958)
- 20) General Mills. Inc.: Belg. P. 654024 (Feb. 1, 1965)
- 21) Vogel, Marveel: J. Polym. Sci., **50**, 511 (1959)
- 22) Litvak: Adhesives Age **11** (1), 17 (1968); **11**, (2), 24 (1968)
- 23) Bodnar: Symposium on Adhesives for Structural Applications (1962)
- 24) De Lollis: 63th. Ann. Meeting, Papers on Adhesives on Adhesion (ASTM Spec, Tech, Publ. No. 360) 82 (1964)

※ 第9図説明文中 P 11—80—DOW CHEMICALPOLYOL とあるのは P 11—80—DOW CHEMICAL POLYOL の誤りですのでお詫びと訂正を致します。