

水晶振動子用導電性接着剤

1．水晶振動子及び水晶応用製品の分類

水晶を使用した製品の分類は大きく分類すると 産業用
民生用 水晶応用製品となり、その分類内容は以下のよう
なる。

1 - 1．産業用

a．産業用水晶振動子

無線通信機、有線通信機、電子応用機器、ポケットベル、
ファクシミリ、計測機器、自動車制御、電話機、自動販
売機器、金銭登録機、電子計算機。

1 - 2．民生用

a．音叉型水晶振動子

リストウォッチ、クロック、電子卓上計算機、その他音
叉型振動子を使用するもの。

b．クロック用水晶振動子

置時計、掛時計、トラベル時計、タイマー、自動車時計、
その他音叉型水晶振動子を使用しないクロック用。

c．カラーテレビ・ビデオ用水晶振動子

カラーテレビ、VTR、VTR用RFコンバータ。

d．民生用水晶振動子

トランシーバー、ラジコン、アマチュア無線機、プレー
ヤー、ラジオ、マイクロフォン、テープデッキ、家電製
品、マイコン。

e．玩具用水晶振動子

トランシーバー、ラジコン。

目 次

1．水晶振動子及び水晶応用製品の分類	1
2．導電性接着剤の構成	2
3．導電機構	2
4．導電フィラーの分類	3
5．水晶振動子の構造と各部名称	7
6．水晶振動子用導電性接着剤に求められる特性	8
7．一液型導電性接着剤の利点	8
8．水晶振動子用導電性接着剤の選定と商品群	9
9．水晶振動子用導電性接着剤の開発動向	10

1 - 3 . 水晶応用製品

- a . 発振器
- b . フィルタ

水晶発振器・水晶フィルタは機能によって次のように分類できる。

a . 水晶発振器

一般水晶発振器(SPXO)、電圧制御型水晶発振器(VCXO)、温度補償型水晶発振器(TCXO)、恒温槽型水晶発振器(OCXO)

b . 水晶フィルタ

一般水晶フィルタ、モノリジック水晶フィルタ(MCF)。

2 . 導電性接着剤の構成

2 - 1 . バインダー

導電フィラーを被着体に密着させると同時に導電フィラーを鎖状に連結して導電性をもたせ、さらに導電性接着剤に物理的・化学的に安定性を付与するものである。

水晶振動子や発振器に使用されるサポーターの構造や水晶片の厚み等により、硬化物の硬度、接着強度を考慮して、エポキシ系・ウレタン系・シリコン系の樹脂を使い分ける。

2 - 2 . 導電フィラー

導電フィラーの代表的な例として、銀、銅、カーボン、グラファイト等があるが、種類・形状・粒径の違いによって導電性や接着強度の特性が異なってくる。

水晶振動子用導電性接着剤には、信頼性や体積固有抵抗値の面から銀粒が使用される。

2 - 3 . 溶剤・添加剤

溶剤は作業性を向上するために加えられる。いわば粘度調整の役割をはたす。溶剤の選定の際、バインダーに対する溶解性が重要である。溶解性がない場合には樹脂の凝集が起こり、導電フィラーの鎖状連結が出来なくなり、導電性が不安定となり、接着剤の物理的・化学的安定性を失うことになる。

また、硬化時の温度と時間で揮散するものを選定しなければならない。硬化物中に溶剤が残留すると信頼性等に影響をおよぼす。

添加剤には、導電フィラーの分散性を良くする分散剤やレベリング剤、接着強度を向上させる補強剤など多くの種類がある。これらの添加剤はバインダーの特性を補うために加えるもので、多量に加えると導電性に悪い影響を与えるので極少量に止めておく必要がある。

3 . 導電機構

導電性接着剤の導電機構は、導電フィラーの接触によって行われる。このフィラーの接触は、バインダーの硬化乾燥によってもたらされる。硬化乾燥前は導電フィラーがバインダーと溶剤の中にそれぞれ独立に存在し、接触がないため絶縁状態である。硬化乾燥後には溶剤の蒸発とバインダーの硬化収縮により導電フィラーは、互いに鎖状に連結し導電性をもたらすのである。この場合、バインダーが導電フィラーより多すぎると硬化しても鎖状連結が得られず、絶縁または不安定な状態となる。逆に導電フィラーの量が多過ぎると塗膜の物理的・化学的安定性がなくなり脆くなると同時に、導電フィラーの強固な連結が得られず、導電性が不安定になる。したがって、導電フィラーとバインダーは適切な割合で混合することが重要である。

銀の含有量と体積固有抵抗の関係は次のようになる。銀含有量は 70 ~ 90 重量%(体積比 20 ~ 50%)が望ましい。70 重量%以下では抵抗が高く不安定であり、90 重量%以上では再び抵抗値が上昇する。

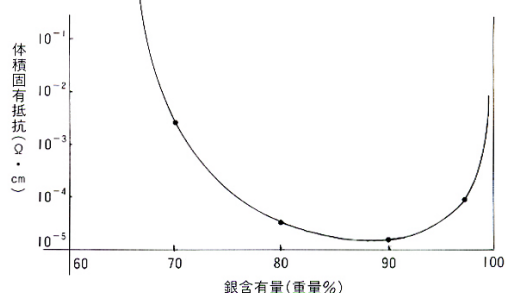


図1 銀含有量と体積固有抵抗の関係

導電フィラーの連結状態は、フィラーの形状によって異なる。球状・粒上・樹枝状・片状・角状・海綿状・不規則状などがあるが、これらの形状では球状のような点接触よりも片状のような面接触の方が良い導電性を示す。さらに導電フィラーの粒径も導電性に影響を与える。10 μm 以下の粒子が適当に分布し、最密充填の状態が最も導電性が良く、粒径が

0.01 μm 以下になると接触抵抗が増大し導電性が悪くなる。

導電フィラーの接触理論の他に空気や誘電体の空間を通じた熱電子輻射やトンネル効果によって電気伝導性が生ずるという理論もある。

4．導電フィラーの分類

導電フィラーは製造方法と粒形によって以下のように分類される。導電性接着剤に使用する際は体積固有抵抗と液状特性を考慮して、2~3種類を混合し使用する。

4 - 1．製造法による分類

A．電解法

A - 1．電解粉 (図2)

電解により粉末状に析出させて作られる金属粉で、おのおのの粒子は樹枝状を呈しているものが多い。

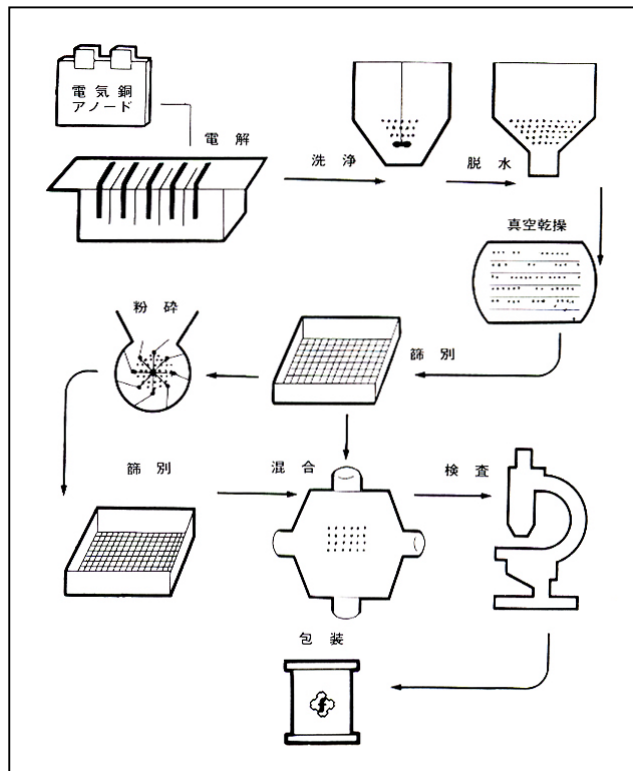


図2 電解粉

A - 2．粉碎電解粉 (図3)

電解により陰極に脆い電着を得て、電着後粉砕して製造するもので、形状は角状ないし不規則状を呈している。

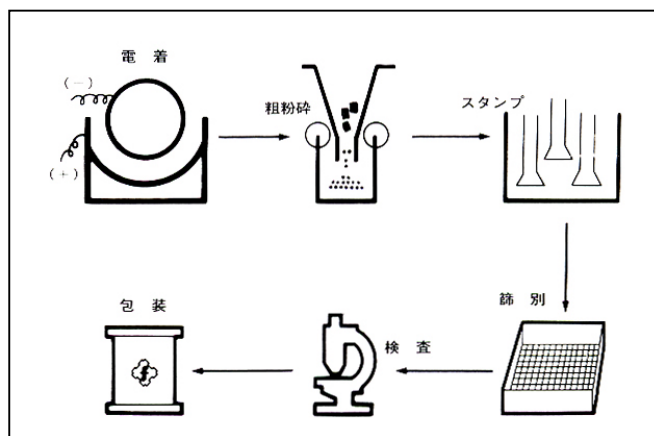


図3 粉碎電

B. 機械的粉碎法

B - 1 . 搗碎粉 (図 4)

落下する搗碎棒の衝撃により粉碎して作られる金属粉で、片状のものが多し。

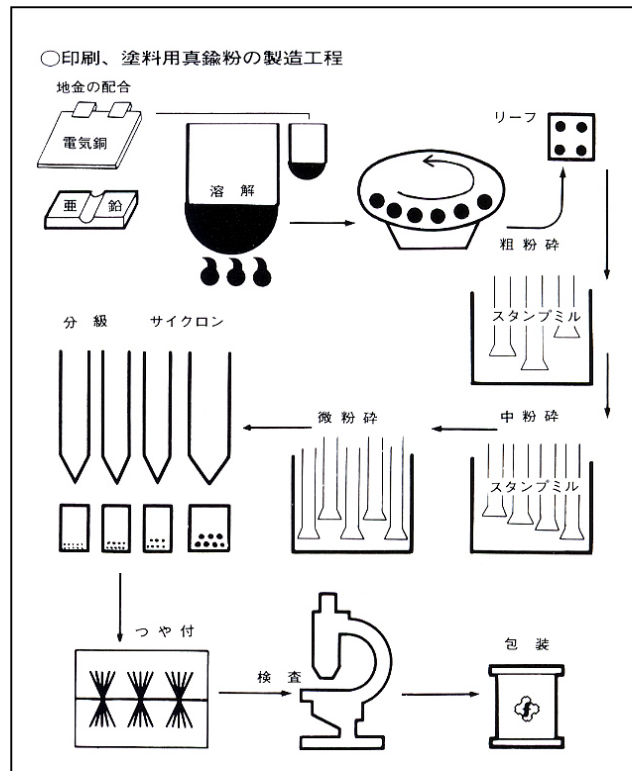


図 4 搗碎粉

B - 2 . 粉碎粉 (図 5)

ボールミル、クラッシャーなどの粉碎機 (搗碎機以外) で粉碎して作られる金属粉である。

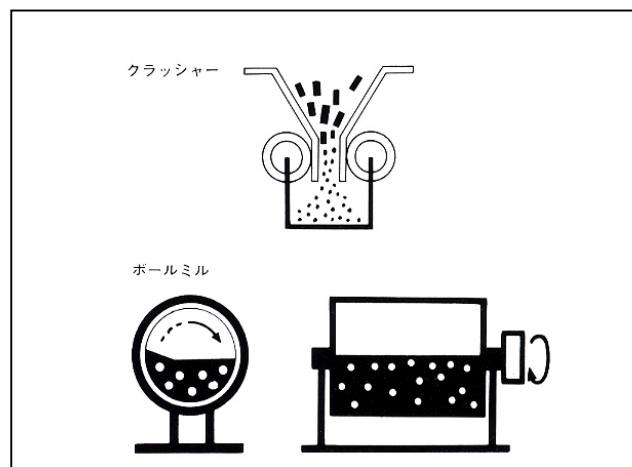


図 5 粉碎粉

C．溶湯粉化法

C - 1．噴霧粉（アトマイズ粉）（図 6）

熔融金属を高速の流体によって飛散凝固せしめて粉化する
方法である。粉末の形状は噴霧金属の表面張力と噴霧
条件により球状・粒状・涙滴状・不規則状である。

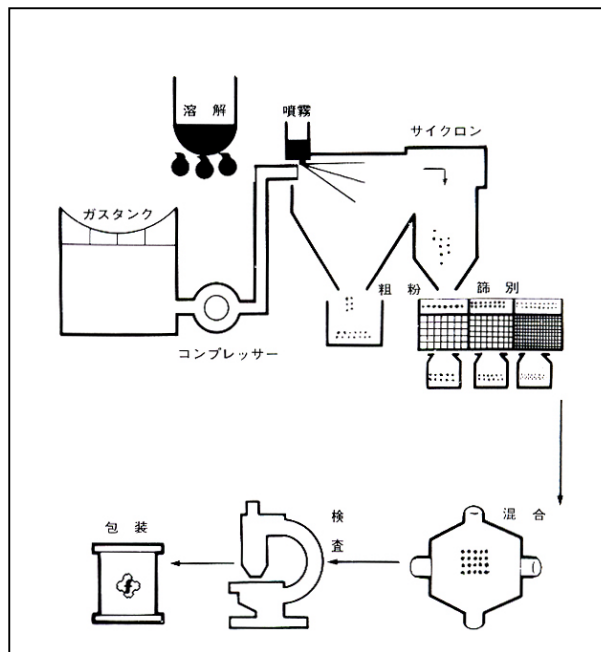


図 6 噴霧粉（アトマイズ粉）

C - 2．粒状化粉

熔融金属を水中に落下させる方法と、凝固の時に激
しく攪拌することによって作る方法である。

D．化学的製法

D - 1．還元粉（図 7）

金属化合物（通常酸化物）を高温において還元性ガス
により還元する乾式法による粉末である。形状は通常
海綿状（多孔質）である。

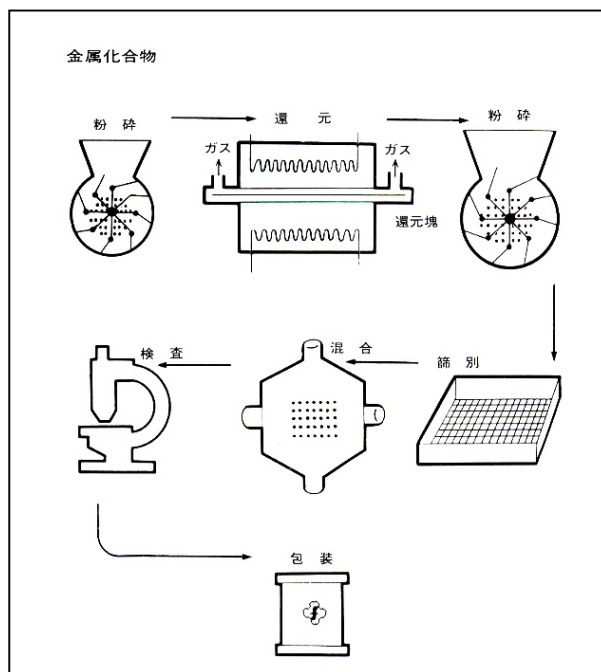


図 7 還元粉

D - 2．置換析出粉

金属の塩類溶液に他の金属を加えてイオン化傾向の
差によって置換析出させて作られる金属粉である。

4 - 2 . 粒形による分類

A - 1 . 球形粉 (写真1)

球状の粒子からなる粉末で銅・青銅など噴霧法によって作られる。

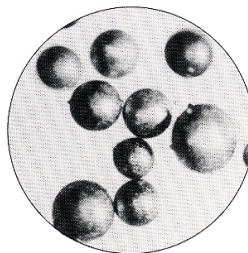


写真1 球形粉

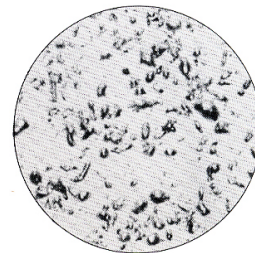


写真2 粒状粉

A - 2 . 粒状粉 (写真2)

球状に近い形、または涙滴状の粉末で噴霧法で作った錫・鉛などがこの形をしている。

A - 3 . 樹枝状粉 (写真3)

電解法で直接陰極に粉末状で析出させて得られる電解銅粉が代表例である。

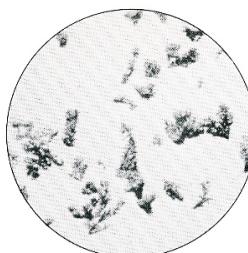


写真3 樹枝状粉

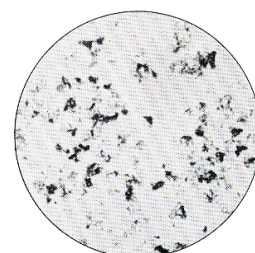


写真4 片状粉

A - 4 . 片状粉 (写真4)

粉末の厚さが非常に薄く展延された粉末で、真鍮・アルミ・亜鉛・ニッケルなど機械粉碎法によって作られる。

A - 5 . 角状粉 (写真5)

角ばった粒子からなる粉末で鉄・シリコン・クロムなどを機械的に粉碎したものが代表例である。



写真5 角状粉

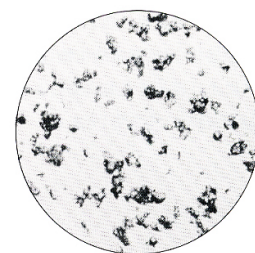


写真6 海綿状粉

A - 6 . 海綿状粉 (写真6)

多孔質粒子からなる粉末で、還元法で作った鉄・ニッケルはこの形状である。

A - 7 . 不規則形粉 (写真7)

対称性を欠く粒子からなる粉末で噴霧法による銅合金粉・ステンレス粉などがその代表例である。

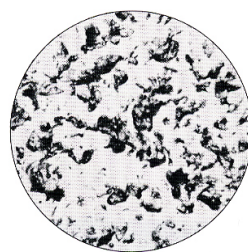


写真7 不規則形粉

5 . 水晶振動子の構造と各部名称

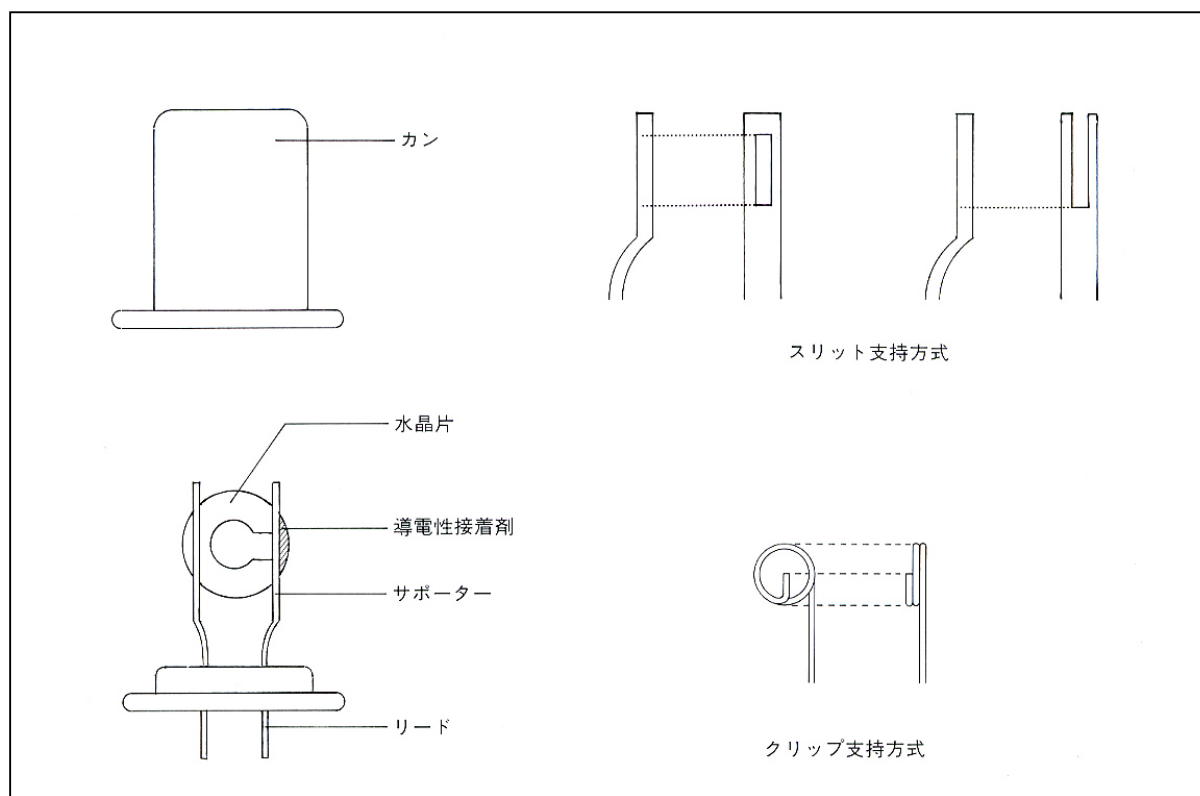


図8 縦型水晶振動子

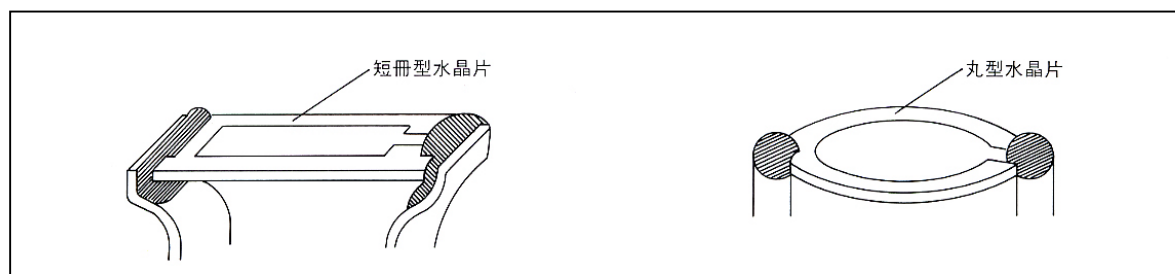


図9 横置き型水晶振動子

以上のように大きく分類すると、縦型と横置き型に分けられる。水晶片が薄く小型化していることや量産性の面よりクリップ支持方式からスリット支持方式にかわる傾向にあり、

サポーターが衝撃吸収や硬化収縮を吸収しにくい形状になる。導電性接着剤がその役割をはたす必要がある。

6 . 水晶振動子用導電性接着剤に求められる特性

導電性接着剤（水晶振動子用）に求められる特性は、液状での特性と硬化物の特性に分けられる。

6 - 1 . 液状特性

A) 作業性

導電性接着剤はディスペンサーで塗布するため糸引きがないことや、チクソ性によるレベリングの程度を考慮することが大切である。ただし、使用するニードルの径や塗布方法により適する粘度が異なる。

B) CI 特性

塗布時や硬化までの放置時間及び硬化時ににじみやダレが発生すると CI 値(クリスタルインピーダンス)が悪くなる。よって、にじみやダレのなり液状特性が必要となるが、粘度とにじみ・ダレは関連性があるため、作業性も考慮しなければならない。

6 - 2 . 硬化物の特性

A) 耐衝撃性

硬化物の硬度が硬いと、硬化時のストレスが大きくなる傾向にあり、水晶片を破壊したり、水晶片が衝撃試験で割れることがある。ストレスを少なくするため軟質の導電性接着剤を使用すると、水晶片の落下衝撃に耐えきれず支持体から外れる恐れがある。

B) エージング特性

導電性接着剤の経時変化が大きいと、周波数特性や CI 値特性が変化する。特に耐熱性がないと分解ガスが発生したり、接着強度が低下したりすることが原因となる。

また、硬化時に溶剤の揮散が十分に行なわれていない場合や未硬化物が残っている場合、熱エージング中に溶剤がカン内部に充満したり、未硬化成分が揮散することがあり、エージング特性が悪くなることもある。

C) 温度特性

水晶片がもっている温度特性（カット方法や形状によって異なる）を妨げることがないような硬化物の特性が必要となる。つまり、硬化物の温度依存性が少ないことである。低温で硬度が硬くなったりすると水晶片の自由振動に影響を与えるからである。

以上のような硬化物の特性を考慮すると、水晶片の厚みや、支持方式によって、硬いものや軟質のものを使い分ける必要がある。

7 . 一液型導電性接着剤の利点

一液型導電性接着剤を二液型導電性接着剤と比較すると次のような利点がある。

1) 二液型の場合、本剤と硬化剤を混合して使用するための混合の手間が掛かり、また混合比の違いなどが発生する可能性があるが、一液型では混合を必要としない。ただし、フィルターの分散は必要である。

2) 二液型はポットライフがあるため、混合したものはポツ

トライフ内に使用しなければならない。また常温でも反応するため、増粘による作業性の変化がある。一液型は一定温度にならないと反応しないため、常温で増粘による作業性の変化がない。ただし、常温で揮散する溶剤を使用していると、溶剤揮散による増粘がある。

3) 二液型は混合が不十分であったりすると硬化物にバラツキが発生しやすく、また、雰囲気温度と時間の影響が大きい。一液型は加熱硬化であるため、硬化物のバラツキがない。

8 . 水晶振動子用導電性接着剤の選定と商品群

水晶振動子用導電性接着剤の選定は、水晶片の大きさ・厚みとサポーターの形状やエージング温度等を考慮して行なう。

一般的に水晶片が大きく厚みが厚い場合には、衝撃試験の問題よりエポキシ系の硬度が硬いタイプが適する。水晶片が小さく薄い場合には、硬化収縮によるストレスや接着剤の温度依存性が重要となるため、ウレタン系やシリコーン系のものが適している。

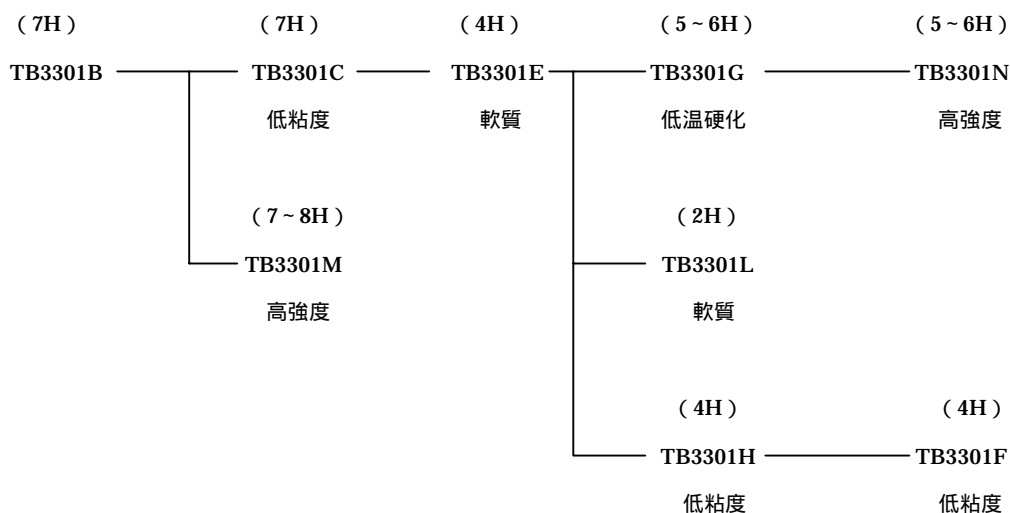
サポーターが十分に長く水晶片に与えているストレスや衝撃が吸収できる場合は、エポキシ系が適している。サポータ

ーが短い場合や、ボールによる支持（横置き型）の場合は、導電性接着剤がストレスや衝撃を吸収しなければならないため、ウレタン系、シリコーン系が適している。

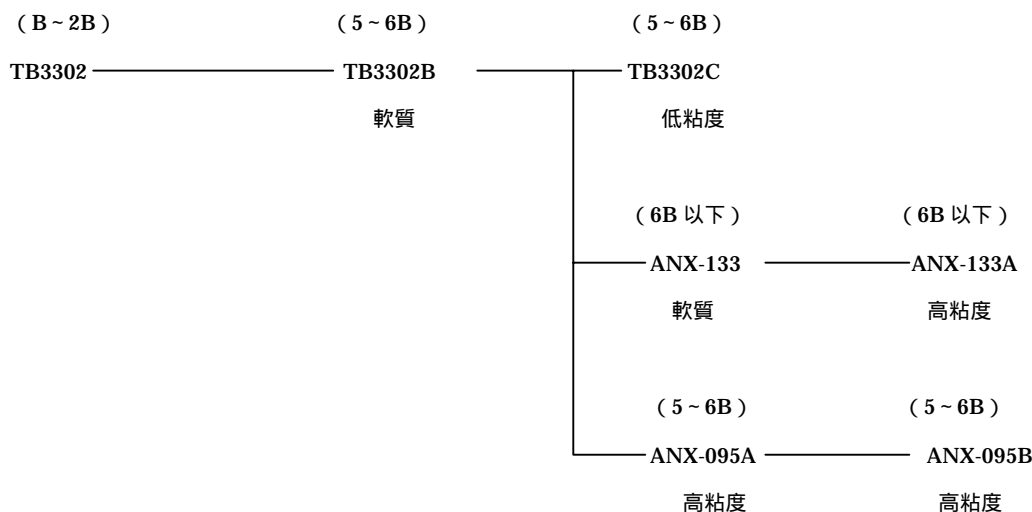
熱エージング温度が高い場合には、耐熱性のあるエポキシ系、シリコーン系が適している。

スリーボンドの商品群をバインダー別に分類すると以下のようなになる。

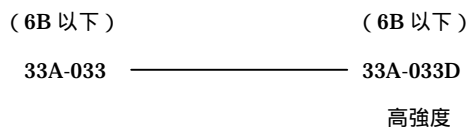
エポキシ系（硬質型）



ウレタン系（軟質型）



シリコーン系（耐熱軟質型）



(注):()内は鉛筆硬度

9 . 水晶振動子用導電性接着剤の開発動向

水晶振動子は小型化が進んでおり、水晶片の形状・支持方式が変わりつつある。水晶片は丸型から短冊形にすることによりパッケージの小型化が可能になり、スリット支持式やクリップ支持式は、横置き型になり支持体自体がなくなっていく方向にある。さらにエージング温度が高くなってきている

ことから軟質で耐熱性の優れた導電性接着剤が必要となる。

高精度・高信頼性を得るために封止方法が低融点ガラス封止方法になることや、量産性向上のために半田のリフローによる表面実装などが考えられる。つまり、現在の耐熱レベルよりもっと高い耐熱性が必要となると思われる。

参考文献

英 一太：「高分子への新しい導電性付与技術」

福田金属箔粉工業株式会社：

「METAL POWDER HAND BOOK」

株式会社スリーボンド研究所

商品開発部 電子材料研究室

砂場 進

