

次世代接着材料研究会

— 次世代の高性能・高機能性接着剤の方向を探る —

第 6 回例会講演資料

日 時 : 2007年8月3日(金)

会 場 : 大阪市立工業研究所3階大講堂

主催 :  日本接着学会

信頼性の高い接着設計のための 基本条件と耐久性評価法

三菱電機(株)
先端技術総合研究所
原賀康介

- ◆高信頼性接着を行うための基本的条件
- ◆耐久性試験における落とし穴
- ◆接着耐久性の寿命予測法
- ◆耐用年数経過後の接着強度の安全率の定量化法

1. はじめに

- ◆必要強度に対して十分に高い接着強度があれば問題ない
- ◆標準試験片による耐久性試験で良好な結果であれば問題ない

これは真に製品の接着部における接着信頼性を表しているか
答えはN oである

高信頼性接着とは、接着強度が高く、強度のばらつきが少なく、
耐久性にも優れた接着である。

- ◆平均強度がどんなに高くても接着強度のばらつきが大きければ
低強度のものも含まれているため、不良に繋がることとなる
- ◆接着耐久性に関しては、一般に知られていない重要な因子
も多く、これらを見落として評価試験を行うと思わぬ失敗
を起こすことがある

以下に、高信頼性接着を行うための基本的条件、耐久性試験における
落とし穴、各種の環境、応力での寿命予測法、耐用年数経過後の接着
強度の安全率の定量化法を説明する。

2. 高信頼性接着を行うための基本的条件

1. 凝集破壊率を高くする

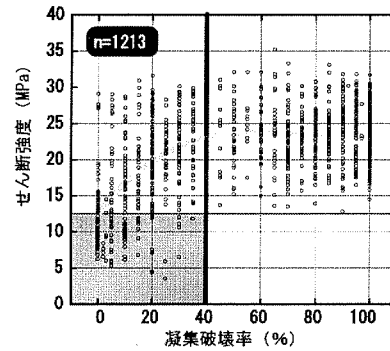
理想的には「100%接着剤の凝集破壊」であること。
(40%以上有れば良好)

2. 接着強度の変動係数CV (CV=標準偏差 σ /平均値 μ) を小さくする

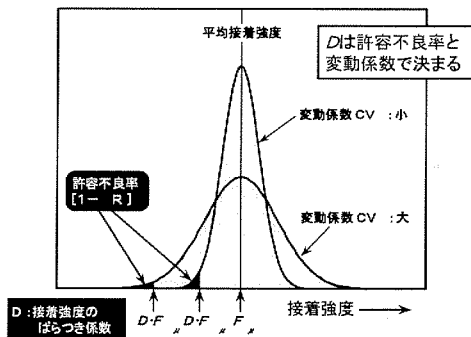
0.15以下、望ましくは0.10以下であることが必要

界面破壊は接着強度のばらつきが大きく、
変動係数は0.2以上になる場合も多く、
「信頼性」を論じる状態ではない。

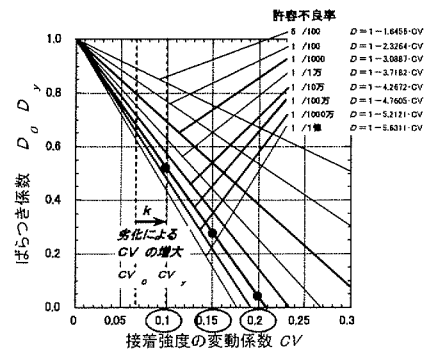
凝集破壊率と接着強度の関係の一例

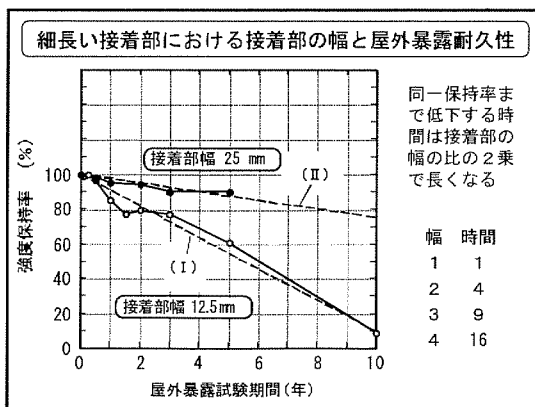
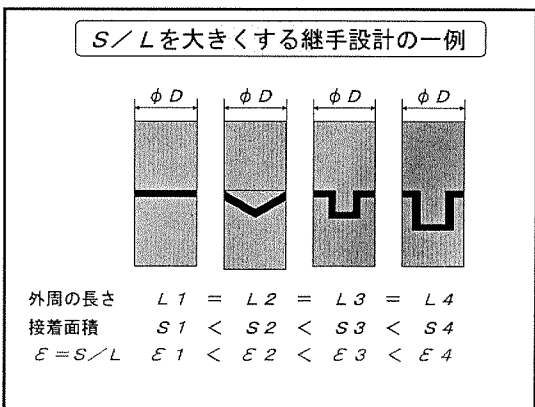
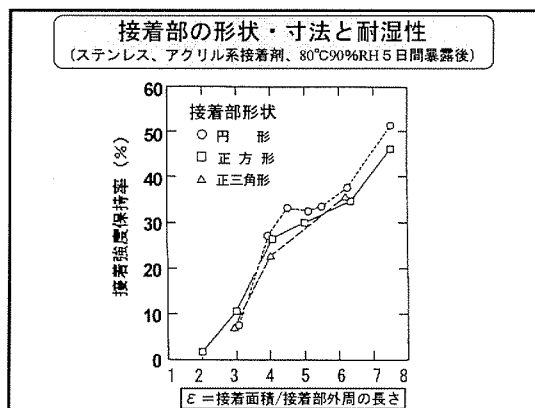
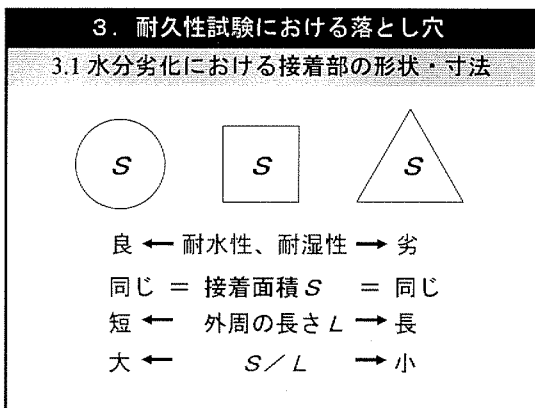
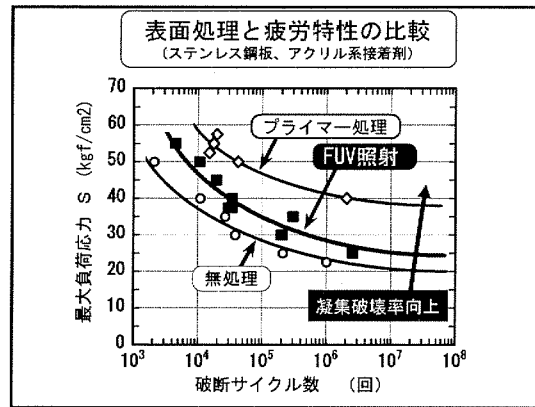
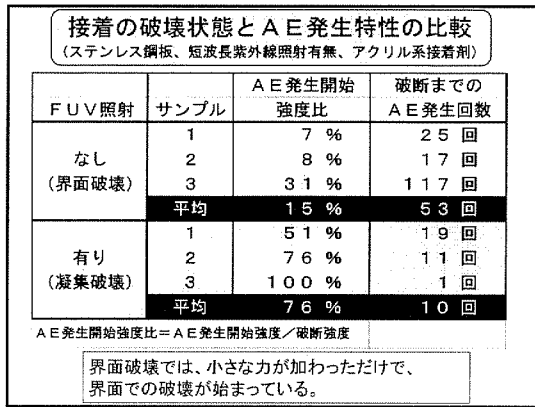


変動係数、許容不良率、ばらつき係数の関係

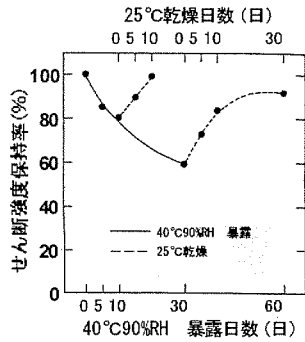


接着強度の変動係数、許容不良率とばらつき係数の関係

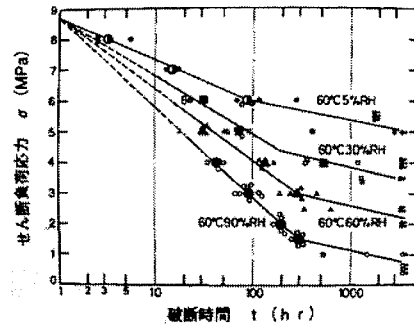




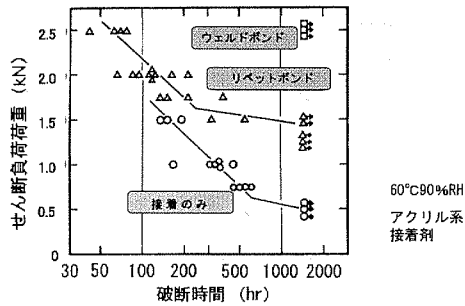
3.2 吸水後の乾燥による接着強度の回復性の確認



3.3 クリープと水分の複合劣化



高温高湿度中におけるクリープ特性の改善



3.4 冷熱試験における試験片の形状・寸法

冷熱繰返し試験に影響する因子

- ・被着材と接着剤の線膨張係数の差
- ・接着剤の弾性率、ガラス転移温度
- ・被着材の弾性率
- ・接着剤層の厚さ

- ◆接着部の長さ
- ◆被着材の厚さ、剛性
- ◆接着部の構造

冷熱試験は実際の製品で評価する必要がある。

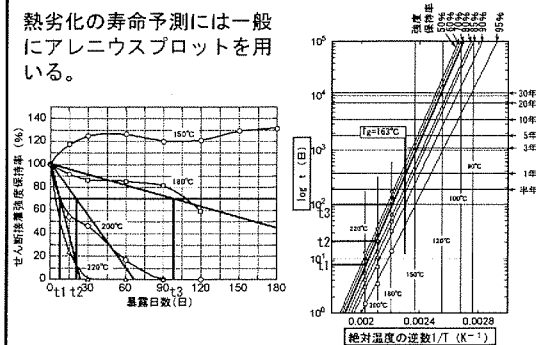
4. 接着耐久性の寿命予測法

4.1 寿命予測の鉄則と前提条件

- ◆寿命予測を行う場合の鉄則
 - (1) データの扱い方を単純化する。
 - (2) 安全サイドの推定を行い、決して危険側の推定を行わない。
- ◆寿命予測を行う場合の前提条件
 - (1) 初期に40%以上の凝集破壊率
 - (2) 変動係数が0.15以下
 - ※界面破壊で変動係数が0.2を越える状態の接着部で平均値での寿命予測を行っても無意味

4.2 寿命予測法 (1) 熱劣化

熱劣化の寿命予測には一般にアレニウスプロットを用いる。



(2) 耐水性、耐湿性

(1) アレニウス法による予測

(2) Fickの拡散の法則から有限要素法で接着部内の水分の吸水率の分布を求める。

- ◆ 水分濃度が飽和吸水率の1/4以上で接着強度は0となる。
- ◆ 水分濃度が飽和吸水率の1/4以下の部分は接着強度の低下なし。
- 水分濃度が飽和吸水率の1/4以下の面積の割合が強度保持率

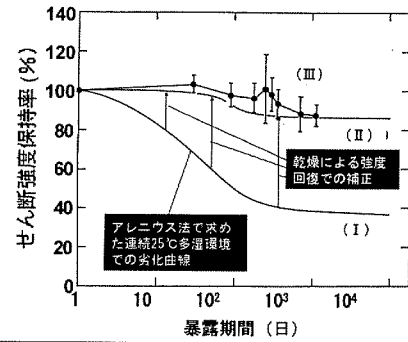


接着部の
吸水率/飽和吸水率

- 75%~100%
- ▨ 50%~75%
- ▩ 25%~50%
- 0%~25%

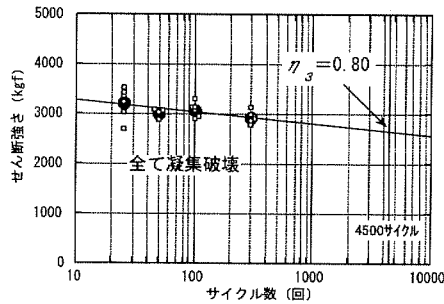
(3) 屋外暴露劣化

アレニウス法+乾燥による強度回復補正



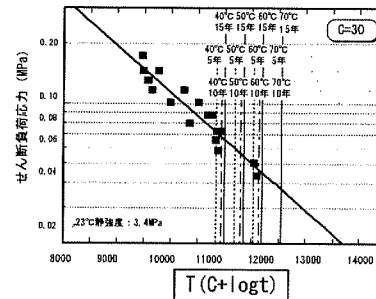
(4) ヒートサイクル

凝集破壊する系の場合は直線外挿が可能

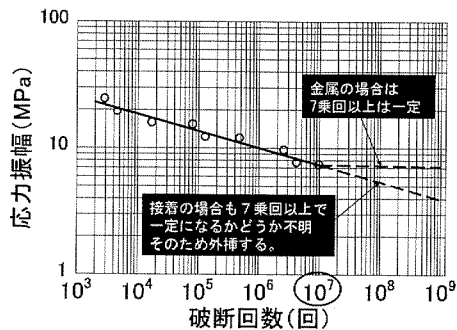


(5) クリープ

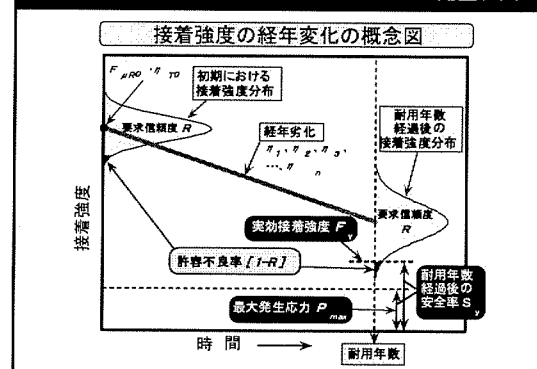
Larson-Millerのマスターカーブ (直線) 法

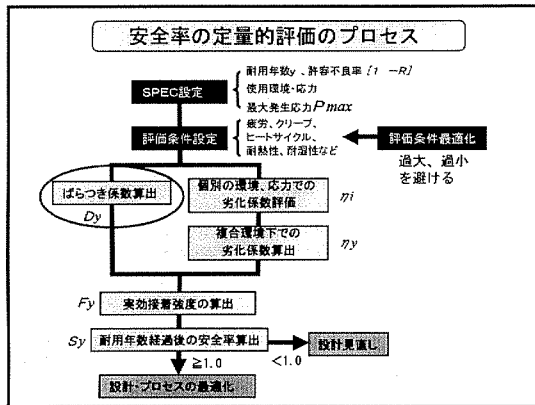


(6) 疲労



5. 耐用年数経過後の接着強度の安全率の定量化法





実効接着強度 F_y の求め方

実効接着強度 F_y の算出式

$$F_y = F_{\mu R0} \cdot \eta_{T0} \cdot \eta_y \cdot D_y$$

$F_{\mu R0}$: 初期の室温における静的な平均接着強度

η_{T0} : 温度係数

η_y : 耐用年数経過後の劣化係数

D_y : 耐用年数経過後の接着強度のばらつき係数

耐用年数経過後の劣化係数 η_y の求め方

耐用年数経過後の劣化係数 η_y

$$\eta_y = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \dots \times \eta_n$$

$\eta_1, \eta_2, \eta_3 \dots \eta_n$:

耐熱性、耐湿性、耐ヒートサイクル性、耐疲労性、耐クリープ性などの個別の環境・応力因子における劣化係数

個別の劣化係数は加速試験から求める。

例 耐熱性：アレニウスプロット
 耐湿性：アレニウスプロットや接着部の水分の濃度分布から強度分布を予測する方法
 耐ヒートサイクル性：接着剤が凝集破壊する系の場合はサイクル数と残存強度の関係を外挿する方法
 耐クリープ性：温度・時間換算によるマスターカーブ法や Larson-Miller のマスターカーブ法
 耐疲労性：S-N 線図から外挿して求める方法、など。

6. おわりに

高信頼性接着とは、接着強度が高く、強度のばらつきが少なく、耐久性にも優れた接着である。

高信頼性接着を実現するための基本は、破壊状態が界面破壊ではなく凝集破壊であることが必須の条件である。

接着において表面処理がやかましく言われているのはひとえに界面での結合力を強化して凝集破壊率を増加させてばらつきを減少させるためである。

また、接着耐久性の評価、寿命予測においては多くの影響因子があり、これらの知識の習得も重要である。

正しい耐久性評価ができれば、耐用年数経過後の接着強度の安全率を定量的に求めることも可能となってきたが、接着不良が生じるのはあくまでもばらつきの中の低強度品であり、平均値での議論ではなく統計的手法を取り入れた評価が重要である。