

S&T 株式会社 Eラーニング 技術者スターター講座 加工技術 接着の基礎と強度・耐久性向上法 詳細プログラム

講師 鈴木接着技術研究所 鈴木靖昭

〔前編〕 異種材料接着・接合技術の基礎および応用

1. 接着力発現の原理
 - 1.1 化学的接着説
 - 1.1.1 原子・分子間引力発生のメカニズム
 - 1.1.2 結合エネルギーと静的接着強度および耐久性(破断寿命)との関係
 - 1.1.3 接着剤の役割
 - 1.1.4 ヤモリの足の接着力に見る van der Waals 力
 - 1.2 機械的接合説(アンカー効果)
 - 1.3 からみ合いおよび分子拡散説
 - 1.4 接着仕事
 - 1.5 シーリング材の接着力発現の原理と役割
 - 1.6 粘着剤の接着力発現の原理および役割(どんなものが粘着剤になり得るのか)
2. 各被着材に適した接着剤の選定法
 - 2.1 Zisman の臨界表面張力による接着剤選定法
(接着仕事 W_a から計算される接着強度と実際の接着強度が相違する理由)
 - 2.2 溶解度パラメーターによる接着剤選定法
(結晶性樹脂が難接着性である理由とそれを解決するための表面処理法)
 - 2.3 被着材と接着剤との相互の物理化学的影響を考慮した接着剤選定法
 - 2.3.1 被着材に含まれる可塑剤による接着剤の可塑化
 - 2.3.2 接着剤に含まれる可塑剤による被着材の可塑化
 - 2.3.3 粗度大な被着材表面への粘性接着剤の選択
3. 接着剤の種類と特徴および最適接着剤の選定法
 - 3.1 耐熱航空機構造用接着剤
 - 3.2 エポキシ系接着剤(液状)
 - 3.3 ポリウレタン系接着剤(室温硬化型)
 - 3.4 アクリル系接着剤(SGA)
 - 3.5 耐熱性接着剤
 - 3.6 吸油性接着剤
 - 3.6.A ゴム系接着剤
 - 3.6.B 紫外線硬化型接着剤
 - 3.6.C 弾性接着剤
 - 3.7 接着剤の耐薬品性および耐候性について
 - 3.8 各種接着剤のせん断およびはく離接着強度特性
 - 3.9 短時間接着剤種類との用途
 - 3.10 選定のための接着剤性能表
 - 3.11 各種被着材に適した接着剤の選び方

3.12 各種シーリング材の性能および用途

3.13 新構造材料技術研究組合 ISMA による接合技術開発状況「構造材料用接着技術の開発」

4. 被着材に対する表面処理法の選定法

4.1 各種表面処理法およびその特徴

4.2 各種金属の表面処理法

4.2.1 炭素鋼

4.2.2 ステンレス鋼

4.2.3 アルミニウム

4.2.4 銅およびニッケル箔の表面処理状態とはく離エネルギーとの関係

4.2.5 化学的粗面化(ケミブラスト)

4.3 各種プラスチックの表面処理

4.3.1 洗浄および粗面化

4.3.2 コロナ放電処理

4.3.3 プラズマ処理

4.3.4 UV/オゾン処理

4.3.5 火炎処理

4.3.6 各種表面処理方法

4.3.7 プライマー処理

4.4 各種ゴムの表面処理法および各種被着材との接着法

(4.4 は講師 HP の「補足資料」へアップロード)

4.5 種々の接着剤の各種条件における接着強度および接着強度の変動係数

5. 最新の異種材料接着・接合法

5.2 金属の湿式表面処理-樹脂射出一体成形法

:NMT、新 NMT[大成プラス(株)]

:PAL-fit[日本軽金属(株)-ポリプラスチック(株)]

:アマルファ[メック(株)]

5.4 金属のレーザー処理-樹脂射出一体成形法

:レザリッジ®[ヤマセ電気(株)-ポリプラスチック(株)]

:D LAMP®[(株)ダイセル]

ファイバー強化樹脂のレーザー処理-異材樹脂射出成形法

:AKI-Lock®[ポリプラスチック(株)]

5.5 金属-樹脂レーザー接合法

:LAMP[大阪大学]

:金属の陽極酸化処理-樹脂のレーザー接合法[名古屋工業大学]

:金属の PMS 処理-金属・樹脂の大気圧プラズマ処理-レーザー接法[輝創(株)]

:インサート材使用の樹脂-異種材料レーザー接合法[岡山県工業技術センター, 早川ゴム(株), 岡山大学]

5.6 金属-樹脂の摩擦接合法

:摩擦重ね接合(FLJ)[大阪大学]

5.7 加熱溶着法

:電磁誘導加熱[ポリプラスチックス(株)]

- :熱板接合
- 5.8 分子接着剤利用法
 - :〔岩手大学工学部, (株)いおう化学研究所〕
 - :TRI〔東亜電化(株)〕
 - :CB 処理〔新技術研究所(ATI)〕
- 5.16 インモールド表面処理による CFRP 接着界面破壊靱性の向上法〔東京理科大学, 東京工業大学〕

6. 射出成形および融着による接着力発現のメカニズム^{ab,c)}

- 6.1 エッチングまたはレーザー照射により被着材表面に微細凹凸を形成して接着力を向上させる場合
 - 6.1.1 スカーフジョイント効果
 - 6.1.2 ラップジョイント効果
 - 6.1.3 アンカー効果
- 6.2 樹脂同士の融着による接合の場合の接着強度発現のメカニズム
 - 6.2.1 一方の樹脂のみが溶融する場合
 - 6.2.2 両方の樹脂が溶融する場合

〔後編〕接着接合部の強度・信頼性・耐久性向上・寿命予測法およびトラブル事例と対策

- 1. 接着継手形式および負荷外力の種類
 - 1.1 接着接合の長所と短所
 - 1.2 各種接着継手形式
 - 1.3 接着部加わる外力の種類
 - 1.4 材料の降伏条件
- 2. 各継手の応力解析および強度
 - 2.1 重ね合せ継手
 - 2.1.1 応力解析結果(解析解および FEM 解析結果)
 - 2.1.2 応力解析結果に基づいた実験結果の検討
 - 2.2 スカーフ接着継手およびバット接着継手のFEMによる応力解析および強度解析
 - 2.2.1 引張荷重が負荷されるスカーフおよびバット継手の応力解析
 - 2.2.2 スカーフおよびバット継手の引張り接着強度解析〔接着強度の変動係数を付記〕
 - 2.2.4 接着層が収縮した場合のスカーフおよびバット継手の応力解析結果
 - 2.2.5 バイメタル法による接着剤の硬化収縮応力の測定結果(硬化収縮応力が予想より小さい理由)
 - 2.3 はく離応力の解析
 - 2.3.1 可撓性被着材のはく離による応力分布(接着層が厚い方がはく離強度が大きくなる理由)
 - 2.3.2 はく離角度による応力分布の変化に関する解析
 - 2.4 スポット溶接—接着併用継手のFEM応力解析結果(11.2 節へ移動)
 - 2.5 FEM 構造解析による接着接合構造の強度評価方法
 - 2.5.1 接着継手の破壊条件について
 - 2.5.2 接着接合部の応力特異性に基づく強度評価
 - 2.6 FEM 構造解析による接着接合構造の強度評価方法結合力モデル(Cohesive zone)

model)法

2.7 GZM 法による実際の接着接合構造物の強度計算について

3. 最適接合部の設計

3.1 強い接着接合部を設計するための一般的留意事項

3.2 接着接合部の選択

3.2.1 板の接合構造

3.2.2 ハット形補強材の接合構造

3.2.3 はく離力への対応策

4. 経年劣化による故障の発生(ストレス-強度のモデル)

5. 接着接合部の希望故障確率確保に必要な安全率の計算法

(EXCEL の NORMSDIST 関数および NORMSINV 関数使用, [直ちに必要故障確率と安全率が計算できる EXCEL 計算シートを提供](#))

5.1 正規分布について

5.3 ストレス(負荷応力)が変動する場合の安全率の計算法

(1) 故障確率および安全率の計算法

(2) 加速劣化法により耐用年数経過後の劣化状態の試験片を準備する方法

(3) 加速劣化法により得た耐用年数経過後の劣化状態の試験片を用いて, 耐用年数経過後の接着継手の故障確率および必要安全率を推定する方法

6. 接着接合部劣化の3大要因(水分, 温度, 応力負荷)

6.1 接着界面へ水分が浸入することによる劣化の促進

6.2 温度による物理的および化学的劣化の加速

6.3 応力による物理的および化学的劣化の加速

7. 加速試験と加速係数

8. アレニウスモデル(温度条件)による耐久性加速試験および寿命推定法

8.1 化学反応速度式と反応次数

8.2 濃度と反応速度との関係

8.2.1 0次反応の場合

8.2.2 1次反応の場合

8.2.3 2次反応の場合

8.3 材料の寿命の決定法

8.4 反応速度定数と温度との関係

8.5 アレニウス式を用いた寿命推定法

9. アイリングモデルによるストレス、湿度負荷、および水浸漬条件下の耐久性加速試験および寿命推定法

9.1 アイリングの式を用いた寿命推定法

9.2 アイリング式を用いた湿度に対する耐久性評価法

9.2.1 絶対水蒸気圧

9.2.2 相対湿度モデル 1

- 9.2.3 相対湿度モデル 2(Lycoudes モデル)
 - (1) 寿命予測方法例
 - (2) 寿命予測の具体例
- 9.3 Sustained Load Test
 - 9.3.1 接着剤 A(一液性 120°C/1h 硬化エポキシ系)の場合
 - (1) 継手の活性化エネルギー E_a の算出
 - (2) アレニウス式による応力負荷条件下の接着継手の室温における寿命の推定
 - (3) アイリング式の次数 n の算出
 - 9.3.2 接着剤 F(二液性 60°C/3h 硬化エポキシ系)の場合
 - 9.3.3 フィルム型接着剤(177°C 加熱硬化 ノボラック・エポキシ系)の場合
 - 9.3.4 加速劣化法により耐用年数経過後の劣化状態の試験片を準備する方法
 - 9.3.5 Pocius らによる Sustained Load Test 結果
 - 9.3.6 EXCEL の LINEST 関数を用いた重回帰分析法による接着接合部の寿命予測法
(直ちに寿命予測が可能な EXCEL の LINEST 関数計算シートを提供)
- 9.4 JIS K 6867; ISO10354 接着剤—構造接着接合品の耐久性試験方法—くさび破壊法
(ウェッジテスト)による耐湿および耐水性試験方法
- 9.5 アルミニウム合金のエッチングと耐久性との関係
 - 9.5.1 アルミニウムのエッチングにより生成した酸化皮膜
 - 9.5.2 アルミニウムのエッチング法と耐久性との関係
- 10. 接着接手の耐水性および耐油性に関する熱力学的検討および耐水性向上法
 - 10.1 金属／接着剤界面の耐水安定性についての熱力学的検討
 - 10.2 接着接合部の耐水性向上法
 - 10.3 接着接合部の耐油性の検討
- 11. 接着部の衝撃・疲労・クリープ強度試験方法
 - 11.1 JIS K 6865 (ISO 11343) 接着剤—高強度接着接合の衝撃条件下における動的割
裂抵抗性試験方法—くさび衝撃法
 - 11.2 疲労試験
 - 11.2.1 アイリングの理論から誘導される S-N 曲線
 - 11.2.2 マイナー則(線形損傷則)
 - 11.2.3 繰返し応力(疲労試験)による SUS のスポット溶接, 接着及びウエルドボンディング
継手の耐久性加速試験結果
 - 11.2.4 繰返し応力(疲労試験)による Al-SUS のリベット, 接着およびリベット—接着併用
継手の耐久性加速試験結果
 - 11.3 接着接合部のクリープ破壊強度およびクリープ試験方法
 - 11.3.1 クリープ破壊強度, 破壊時間, 温度間の関係式(ラーソン-ミラーの式)
 - 11.3.2 クリープ破断データからラーソン-ミラーの式を求める法 Visual-fit 法
 - 11.3.3 プラスチックのクリープ試験におけるラーソン-ミラー線図
- 12. 接着トラブルの原因別分類と対策並びに具体的トラブル事例, 発生現因, およびその対
策
 - 12.1 接着トラブルの原因別分類および対策(一覧表)
 - (1) 接着接合を採用時に必要な検討事項
 - (2) 接着強さを低下させる要因

- (3) 接着トラブルの発生要因
- (4) 接着剤に起因するトラブル
- 12.2 接着剤の選定に起因するトラブル事例およびその対策
- 12.3 表面処理法に起因するトラブル事例およびその対策
- 12.4 施工方法に起因するトラブル事例およびその対策
- 12.5 接着部の構造に起因するトラブル事例およびその対策
- 12.6 接着部の耐久性に起因するトラブル事例およびその対策

講義内容に対する補足資料、ならびに EXCEL 安全率計算シートおよび EXCEL 寿命予測重回帰分析計算シートを講師の HP: <http://www.s-adhesion-tech.com/seminarkouen.html> からダウンロードしていただけます。

以上