

第 6 回(2021 年度)接着適用技術者養成講座
テキスト目次

開講に当たって・・・ 1

第 I 単元【1 日目 (9/28) 前半】(9:30~12:30)

第 1 章 接着設計技術と接着管理技術 (講師：原賀康介)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

1. 特殊工程の技術と設計・管理・・・ 3
2. 接着接合を取り巻く課題・・・ 4
 2.1 人的要因・・・ 4
 2.2 技術的要因・・・ 4
 2.3 生産性、コスト面・・・ 5
3. 接着設計技術と接着管理技術・・・ 5
 3.1 接着設計技術とは・・・ 5
 3.2 接着管理技術とは・・・ 7
4. コンカレント・エンジニアリングの実践・・・ 8
5. 自社で接着を行わず、接着作業を外注する場合・・・ 9
6. 接着適用技術者に必要な知識とセンス・・・ 9
7. 必要な技術や知識は、立場で異なる・・・ 10

第 2 章 接着の機能設計－接着接合の特徴・機能・効果と適用事例、接着の課題－

(講師：原賀康介)・・・ 13

1. 接着の機能設計・・・ 13
2. 接着接合の特徴・機能と得られる効果・・・ 14
3. 接着の欠点・課題・・・ 16
4. 接着接合の適用事例 (目的、機能の活用、効果)・・・ 16
5. 接着の適用事例に見る接着機能の設計への活かし方・・・ 31
6. 接着接合と他の接合方法の比較・・・ 40

第 II 単元【1 日目 (9/28) 後半】(13:20~17:00)

第 3 章 接着の基礎とメカニズム (講師：大槻直也)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35

1. 接着の基礎・・・ 35
 1.1 接着・接着剤とは・位置づけは・・・ 36
 1.2 接着剤の長所、短所・・・ 37
 1.3 接着剤の分類・・・ 38
2. 接着のメカニズム・・・ 42
 2.1 接着理論の分解図・・・ 43
 2.2 むれと接触角・・・ 43
 2.3 接着の仕事・・・ 44
 2.4 溶解度パラメータとは・・・ 48
 2.5 接着界面の強さ・・・ 49
 2.6 金属結合と水素結合・・・ 49
 2.7 接着剤と被着材面の分子同士の結合・・・ 50

2.8	二次結合（ファン・デル・ワールスカ）とは	51
2.9	力学的な接着効果（アンカー効果）	53

第 4 章 正しい接着剤の選び方（講師：大槻直也） **61**

1.	接着剤を選ぶ基本原則	62
2.	接着剤の種類	63
3.	被着材と接着剤の相性を知る	64
4.	接着剤の性質を知る	65
5.	被着材	66
6.	接着剤の選定方法のまとめ	76
7.	強度と耐久性	77
8.	接着関連の法規制・規格	80

第Ⅲ単元【2日目（9/29）前半】（9:30～12:30）

第 5 章 被着材の表面処理（講師：山辺秀敏） **91**

1.	表面処理の目的と分類	92
1.1	被着材の表面処理の目的	92
1.2	被着材の表面処理の分類	92
2.	被着材の理想表面と実存表面、接着界面	93
2.1	理想金属表面	93
2.2	実存金属表面	93
2.3	金属接着における影響因子	95
2.4	金属接着界面の考え方（アルミ合金）	95
2.5	金属における表面処理の必要性	96
2.6	界面における水の濃化	98
2.7	金属接着力低下の考え方	102
3.	金属の接着用表面処理とその効果	103
3.1	JIS K-6848-2 で規定された金属表面処理方法	103
3.2	普通鋼の表面処理Ⅰ	105
3.3	普通鋼の表面処理Ⅱ	107
3.4	シリコーター処理プロセス	112
3.5	アルミニウム合金の接着用表面処理	114
3.6	歯科用接着モノマー（Ni-Cr および Cr-Co 系合金等）	118
3.7	銅とポリイミドの接着における粗面化の効果	119
3.8	表面処理検討におけるポイントと注意点	119
3.9	参考：普通鋼の製造工程	120
3.10	表面・界面分析技術	120
3.11	接着耐久性の向上Ⅰ：ステンレス鋼陽極酸化処理	123
3.12	接着耐久性の向上Ⅱ：ステンレス鋼へのシランカップリング剤処理	126
3.13	接着耐久性の向上Ⅲ：結合タイプと結合エネルギー	128
3.14	接着耐久性の向上Ⅳ：ステンレス鋼のポリカルボン酸薄膜処理	131
3.15	接着耐久性の向上Ⅴ：トリアジンチオール化合物による機能化例	137
3.16	各種接着用プライマー処理のまとめ	144
4.	プラスチック類の接着用表面処理	144
4.1	被着材の表面に存在する異物と接着性向上	144

4.2	大気圧プラズマの分類	147
4.3	大気圧プラズマ処理	147

第IV単元【2日目(9/29)後半】(13:20~17:00)

第6章 高品質接着を達成するための基本条件と作り込みの目標値

	(講師：原賀康介)	151
1.	高品質接着とは	151
2.	高品質接着達成のための開発段階での作り込みの目標値	152
2.1	接着部の破壊状態－凝集破壊率 40%以上を確保する－	152
2.2	接着強度のばらつき－変動係数 C_v を 0.10 以下にする－	155
2.3	接着強度の分布の形	157
2.4	接着面の表面張力を高くする	159
2.5	接着部の必要破断強度を確保する	159
3.	開発段階で達成すべき目標値－まとめ－	160
4.	接着のアキレス腱(脆弱箇所)	160

第7章 接着部品の構造設計(講師：原賀康介)

1.	接着部品の構造設計	163
2.	接着部に加わる力の種類と評価法	164
2.1	接着部の種々の形状	164
2.2	基本的な力	165
2.3	せん断力の種々の加わり方	165
2.4	引張り力の種々の加わり方	166
2.5	せん断と引張りの組合せ力の種々の加わり方	166
2.6	一般的な接着強度の測定方法	167
2.7	単純重ね合せ(ラップ)引張りせん断試験におけるラップ長の影響	168
2.8	はく離試験の目的と得られる情報	170
2.9	力が加わる速度、頻度	170
3.	接着剤の特性	171
3.1	粘弾性特性	171
3.2	接着剤の熱的特性－ガラス転移温度(T_g)と接着強度－	174
3.3	接着剤の弾性率と引張りせん断強さの目安	175
3.4	接着剤の硬さ、伸びと接着強度の関係	176
3.5	接着剤の流動特性－粘度とチキソトロピー性－	177
4.	構造設計におけるポイント	177
4.1	接着層の厚さ	177
4.2	接着剤のはみ出し量	180
4.3	不連続性を回避する構造にする	181
4.4	類似部品の貼り間違いを防止する構造にする	184
4.5	盲穴への差込み接着	185
4.6	被着材料の材料選定も慎重に行うこと	185
4.7	接着耐久性を向上させるための考慮点	186
4.8	接合信頼性を確保する－複合接着接合法を活用する－	189
4.9	検査を考慮した構造にする－確認用小穴を設ける－	189

第V単元【3日目(10/5)前半】(9:30~12:30)

第8章 接着接合部の力学 (講師:森 きよみ)	191
1. 接着接合部に加わる力の種類	191
2. 接着接合部の形状と応力解析	193
2.1 シアラグモデル (Volkersen モデル)	193
2.2 Goland-Reissner モデル	195
2.3 実際の応力分布	195
2.4 ピールの力学 (Winkler foundation モデル)	196
2.5 拘束の力学 (ポアソン比の影響)	197
2.6 有限要素法	198
3. 接着強度の測定方法、試験装置	199
3.1 静的試験 (強度)	199
3.2 静的試験 (吸収エネルギー)	202
3.3 他の要因	204
3.4 試験装置	204
4. 測定結果に影響する諸因子	205
5. 非破壊検査	206
6. まとめ	207

第VI単元【3日目(10/5)後半】(13:20~17:00)

第9章 接着の機能・特性を損なう内部応力の発生メカニズムと影響諸因子、低減法 (講師:原賀康介)	211
1. 内部応力(残留応力)で生じる不具合	211
2. 内部応力(残留応力)の種類	212
(1) 接着剤の硬化収縮応力	212
(2) 加熱硬化後の熱収縮応力	214
(3) 使用中の温度変化による熱応力	215
(4) 吸水膨潤応力	216
(5) 被着体の変形による応力	216
3. 異種材接着における内部応力による不具合	218
3.1 各種の変形のモード	218
3.2 異種材料の嵌合接着	219
4. 内部応力に影響するその他の因子	220
4.1 接着部の構造	220
4.2 接着剤の塗布量、塗布位置	222
4.3 接着剤の物性、部品の厚さ(剛性)	222
4.4 接着剤の短時間硬化	223
4.4 接着剤の後硬化	224
5. 内部応力の評価法	225
5.1 応力を直接求める方法	225
5.2 有限要素法で求める方法	226
6. 接着層の内部応力の低減策	228

第 10 章 接着部の必要強度と Cv 値の設計法—『Cv 接着設計法』<追補版>

(講師：原賀康介)	231
1. 『Cv 接着設計法』とは	231
1.1 設計に用いることができる接着強度—設計許容強度—	231
1.2 『Cv 接着設計法』で求めたいもの	232
2. 『Cv 接着設計法』の構成要素と考え方	233
2.1 『Cv 接着設計法』の構成要素	233
2.2 破壊状態と接着強度の分布の形	233
2.3 接着部に加わる力と発生不良率	234
2.4 許容不良率 $F(x)$ と、許容不良率 $F(x)$ の上限強度 p	234
2.5 許容不良率の上限強度 p とばらつき係数 d	235
2.6 工程能力指数 C_{pL}	236
2.7 「工程能力指数 C_{pL} 」から「信頼性指数 R 」へ	236
2.8 信頼性指数 R , ばらつき係数 d , 変動係数 Cv の関係	237
2.9 劣化による接着強度の低下とばらつきの増大	238
2.10 接着強度を破断強度で考えてはいけない—内部破壊—	238
2.11 接着強度の温度依存性—温度係数 η_T —	239
2.12 安全率 S_f	240
2.13 『Cv 接着設計法』の構成要素のまとめ	240
3. 設計基準強度と設計許容強度の算出式	226
3.1 設計基準強度 P_{yTh} と設計許容強度 P_{yThs}	241
3.2 設計基準強度 P_{yTh} と設計許容強度 P_{yThs} の算出式	241
4. 必要な接着面積と必要な変動係数の見積り	242
4.1 必要な接着面積の見積り式	242
4.2 初期の変動係数 Cv_{RO} の許容値の見積り式と計算例	244
5. まとめ	244

第Ⅶ単元【4日目(10/6)前半】(9:30~12:30)

第 11 章 接着の耐久性 (講師：川瀬豊生)	247
第 11.1 章 劣化のメカニズムと劣化解析	247
熱による劣化	248
水による劣化	250
熱サイクル	251
解析事例：熱サイクル試験による被着ガラスの剥離	252
サーマルショック	257
繰返し応力負荷	257
接着剤の紫外線による劣化	259
解析事例：超促進耐候試験による保証期間の把握	260
クリープ曲線とクリープ破壊	267
クリープ試験の事例	268
第 11.2 章 劣化寿命の予測方法	270
接着剤並びに接着製品の寿命予測が可能な特性	270
アレニウス型における寿命予測式の導出	271
活性化エネルギーの求め方	275
重回帰分析による寿命予測式の設定	276

アレーニウス型における寿命予測式の設定	278
ラーソンミラー型における寿命予測式の導出	280
ラーソンミラー型における寿命予測式の設定	282
T-t 線図による寿命予測の検討	285
材料定数・C の特定	286
TTP データの取得と T-t 線図の作成	289
分析ツールの設定方法	291
熱劣化における寿命予測	294
クリープ劣化における寿命予測	297
温水浸漬における寿命予測	298
疲労負荷における寿命予測	301
湿気硬化型 1 液ウレタンの硬化率予測	302
発熱硬化型接着剤における硬化率予測	304
劣化加速条件の設定方法	308
温度頻度表がある場合の加速条件設定	310
温度頻度表がない場合の加速条件設定	311
加速倍率の把握方法と算出方法	315

第Ⅷ単元【4 日目 (10/6) 後半】(13:20~17:00)

第 12 章 接着の特性・信頼性の向上とコストダウンを両立させる『複合接着接合法』

(講師：原賀康介) 321

1. 複合接着接合法とは	321
2. 代表的な複合接着接合法	321
2.1 接着剤とスポット溶接の複合接合 (ウェルドボンディング：WB)	321
2.2 接着剤とリベットの複合接合 (リベットボンディング：RB)	323
2.3 その他の複合接着接合法	325
3. 接着剤と他の接合法の役割の分担	326
3.1 接着剤の役割・機能	326
3.2 リベットなどの他の接合法の役割・機能	326
4. 複合接着接合法の諸特性	327
4.1 各種接合法の強度の比較	327
4.2 接着強度のばらつきの低減	328
4.3 薄板でのスポット溶接強度の低下の補完	328
4.4 破断に対する冗長性の向上	329
4.5 接着強度の温度依存性の低減 (高温接着強度の向上)	329
4.6 疲労特性の向上	330
4.7 接着の耐クリープ性の向上	331
4.8 応力負荷状態での接着の耐湿性の向上	331
5. まとめ	332

第 13 章 接着工程における留意点と、工程設計、設備設計への反映

(講師：原賀康介) 335

1. 接着管理技術	335
2. 接着工程における留意点	336

2.1	接着の工程	336
2.2	部品の素材	336
2.3	素材の部品加工（形状形成）	337
2.4	部品の二次加工	337
2.5	接着の前工程	338
2.6	接着工程	340
2.7	接着の後工程	254
2.8	接着の検査、保管、保護・梱包	355
3.	特殊作業工程における自動化と手作業の棲み分け	357
4.	トラブル時の停止－工程の連続性を考慮する－	357
5.	工程設計、設備設計への反映	358
	【付録】接着剤の特徴、選定・管理のチェックリスト	359
	【付録 1】接着剤の種類、特徴と使用上の注意点	359
	【付録 2】消去法による接着剤選定チェックリスト	370
	【付録 3】接着剤使用上の管理のポイントチェックリスト	371

第 14 章 接着の品質設計、品質管理（講師：原賀康介） **381**

1.	接着の特異性を認識した上での品質設計・品質管理	381
1.1	接着の特異性	381
1.2	特殊工程技術における品質設計	382
1.3	特殊工程技術における品質管理	3833
1.4	接着不良が発生した時のチェックポイント	384
2.	最適設計のための製品の耐用年数経過後の安全率の尤度の定量化法	385
2.1	この評価法の適用の目的と前提条件	385
2.2	耐用年数経過後の安全率の尤度の算出法	386
2.3	耐用年数経過後の安全率の算出事例	389
2.4	安全率の尤度の再配分	394
3.	トラブル品の不良率の推定事例	395
3.1	トラブルの状況	395
3.2	原因と最低強度の推定	395
3.3	耐用年数までの発生不良率の推定	396
3.4	対策と対策品の信頼性の推定	396