

高分子材料の接着と表面処理について

荒堀康史^{*1)}, 琴原優輝^{*1)}, 辻坂敏之^{*1)}, 植村哲^{*2)}

Surface treatment of polymers for adhesive bonding

ARAHORI Yasushi^{*1)}, KOTOHARA Yuki^{*1)}, TSUJISAKA Toshiyuki^{*1)}, UEMURA Satoshi^{*2)}

各種プラスチックの接着特性について検討した。ABS、ナイロン、ポリカーボネートの接着面に火炎処理やプラズマ処理を行い、各種接着剤で接着し、引張りせん断試験により接着力を測定した。変性シリコーン系接着剤は表面処理で接着力が大きく変わったが、スチレンブタジエンゴム系接着剤では影響は小さかった。シリル化ウレタン系とエポキシ系は、ナイロンの接着時に表面処理の効果が大きい傾向であった。樹脂の種類では、ABS では変性シリコーン系接着剤以外は表面処理の影響は小さかったが、ナイロンの様に難接着性の素材は表面処理が接着力に及ぼす影響が大きい結果となった。ポリカーボネートについては、接着剤の種類による接着力の違いが大きい傾向であった。

1. 緒言

複数の部材の接合方法として、最近接着が注目されている。これは溶接等と違い全く別の物質同士を接合可能であること。また、接合としてみるとリベットは点接合、溶接は線接合、接着は面接合であり、最も応力が分散する接合法である。接着力の発現¹⁾には化学的接着説、機械的接合説等諸説あるが、被着材と接着剤の組み合わせに加えて被着材の表面状態にも依存する²⁾。被着材の表面処理は JIS K6848-3³⁾に示すように ABS にはクロム酸処理、ポリアミドにはレゾルシノールといった各種化学的処理方法もあるが、いずれも薬品に浸漬して洗浄・乾燥が必要で薬液の処理も必要である。これに対して火炎やプラズマ処理の利点は、洗浄・乾燥工程が不要で処理後すぐに接着可能であり、廃液処理も不要な点が生産ラインに組み込みやすいことが挙げられる。本研究では火炎及びプラズマによる表面処理方法の比較を行い、各樹脂に適した接着手法を検証することを目的とした。今回検討した樹脂は、筐体等に良く使用される ABS、接着が難しいと言われるナイロン、ポリカーボネートについて行った。

2. 実験方法

2.1 材料

今回検討対象とした樹脂は一般的に用いられている樹脂の中から ABS (GR-2000:デンカ(株)), ナイロン 6 (1013B: 宇部興産(株)), ポリカーボネート (Iupilon S-2000:三菱エンジニアリングプラスチックス(株))を用いた。試験片は射出成形により長さ 220 mm, 幅 25 mm, 厚さ 3 mm の板を成形し、長さ 100 mm にカットして作成した。

2.2 接着剤について

今回使用する接着剤は、シリル化ウレタン系(超多用途タイプ)、変性シリコーン系(標準タイプ)、エポキシ系(弾性タイプ)、スチレンブタジエンゴム(SBR)系溶剤型(プラスチック用)の4種を用いた。いずれも用途にプラスチックが含まれている。

2.3 前処理について

接着剤を塗布する面の前処理について検討した。無処理・テクルバーナーの外炎に1~2秒通す火炎処理・プラズマ表面処理装置(COROTEC Corporation Plasma-Jet)による2秒間のプラズマ処理を検討した。接着箇所は処理前にエタノールで洗浄し、無処理の場合は接着前にエタノールで洗浄した。

2.4 接着作業について

接着作業は23℃に設定した恒温恒湿室で行った。接着剤は所定の前処理を行った直後に接着する部材両面に塗布し、各接着剤所定の時間放置後張り合わせ、張り合わせ面をステンレス板で挟み、ダブルクリップ2個で固定した。恒温恒湿室で24時間静置後固定を外し、接着力を測定した。

2.5 接着力の測定

接着力の測定は、JIS K6850 接着剤-剛性被着材の引張りせん断接着強さ試験方法⁴⁾に準拠した。インストロン社製万能試験機(インストロン 5565)を用いた。引張り速度は65±20秒で接着部が破断する速度とした。接着力の測定はばらつきが大きいので、原則 n=5 以上と JIS で規定されているため、n=5 の平均値で評価を行った。

^{*1)} 繊維・毛皮革・高分子グループ, ^{*2)} 元 繊維・毛皮革・高分子グループ

3. 結果及び考察

3.1 ABSの接着特性

ABS をシリル化ウレタン系接着剤で接着した試験片の引張せん断試験では、本接着剤が硬化後も柔らかさが残るタイプなためか、接着部がずれるような挙動を示し、あるところで接着面積が減少して接着力が低下して試験が終了した。前処理方法と接着力については、無処理で平均 917N、火炎処理で平均 880 N、プラズマ処理で平均 1022 N であり、前処理による接着力の大幅な向上は見られなかった。ABS では 2 秒の火炎処理を行うと試験片のエッジ部分が丸くなるので 1 秒にとどめた。

変性シリコーン系接着剤では無処理では平均は 316 N であるが各試験片では 214~437 N とばらつきが大きい結果となった。火炎処理を行うと接着力の平均 1272 N と大幅に向上し、各試験片の値も 1211~1304 N とばらつきも非常に少ない結果となった。試験後の接着面には接着剤が細かく千切れて残っており、凝集破壊とは言い難いがこの材質と接着剤の組み合わせでは最適に近い接着がなされていると思われる。プラズマ処理を行った場合は無処理と火炎処理の間の接着力 (766N) でばらつきも 656~932 N の範囲であった。

エポキシ系接着剤では無処理・火炎処理・プラズマ処理それぞれの接着力は平均 1295 N、1226 N、1490 N であり、ばらつきも小さかった。接着試験後の接着面は凝集破壊しており、表面処理の方法に関わらず良好な接着が可能であった。

スチレンブタジエンゴム系接着剤は引張りせん断試験では接着部がずれるように伸び、接着力としては大きくならなかった。無処理・火炎処理・プラズマ処理それぞれの平均接着力は 275 N、200 N、263 N で表面処理によって接着力を高めることは出来なかった。

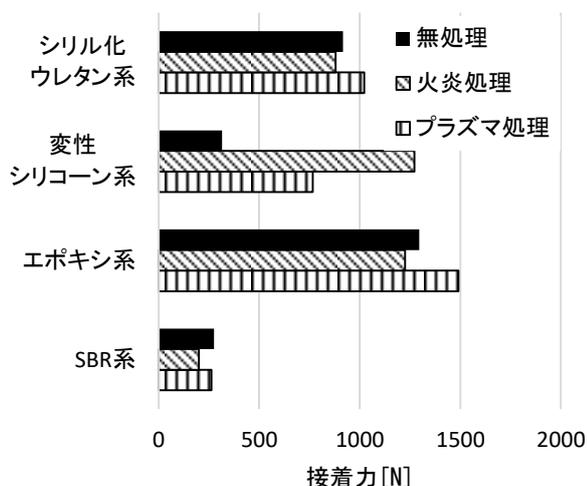


図 1 ABSの接着力

3.2 ナイロンの接着特性

ナイロン 6 をシリル化ウレタン系接着剤で接着した試験片の引張せん断試験では、無処理では接着力は 58~132N とばらつきが大きく、接着力自体も小さかった。火炎処理を行った場合の接着力は 490~534 N に増大し、ばらつきも小さくなった。プラズマ処理を行った場合、400 N 以上の強度が得られた試験片と 280N 前後の試験片があり、ばらつきが見られた。

変性シリコーン系接着剤では、無処理の場合接着力は 36~181 N と弱く、ばらつきも大きい結果となった。極端に低い値が出ていることから、接着に欠陥が生じていると思われる。火炎処理を行った場合の接着力は 360~680 N と無処理の場合と比較して大幅に向上したが、上下の差は見られた。プラズマ処理の場合、シリル化ウレタン系接着剤の傾向から接着力は低下してばらつきも大きいと予測したが、511~598 N とばらつきは小さく安定した接着が可能であり、同じ表面処理を行っても接着剤により異なる結果となった。

エポキシ系接着剤を用いた場合、無処理でも 330~392 N の接着力を発現した。火炎処理を行った場合、接着力は 1080~1220 N に向上した。この試験は強力な接着力で試験片の伸びが見られたため、破断するまでの時間を合わせるため他の試験より引張り速度を速くした。接着面は凝集破壊しており、接着力のばらつきも少なかった。プラズマ処理を行った場合、火炎処理ほどではないが接着力は向上した。接着面は基本的に凝集破壊だが一部界面破壊も見られ、接着力に火炎処理との差が出た理由と思われる。

スチレンブタジエンゴム系接着剤は無処理のみ行った。本接着剤は ABS の時と同じように力で接着面がずれるように伸び、接着力は発現しているが 116~184 N と大きい値にはならなかった。

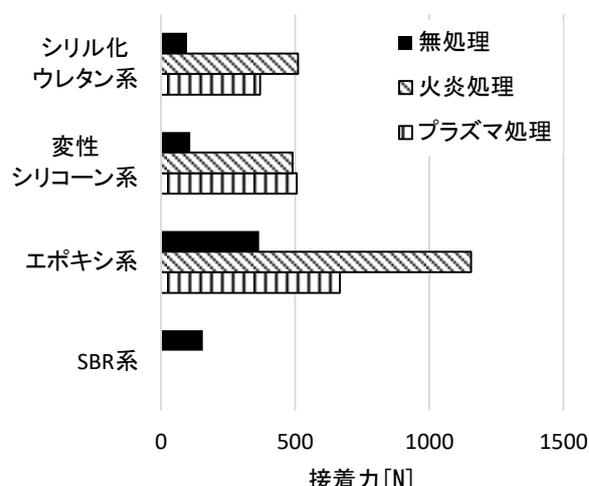


図 2 ナイロンの接着力

3.3 ポリカーボネートの接着特性

ポリカーボネートをシリル化ウレタン系接着剤で接着した結果は接着面無処理の場合、508～763 N だがひとつだけ接着力が低い試験片があり外れ値として除くと 629～763 N となった。火炎処理を行うと接着力は向上し 844～1121 N となり、処理の効果が見られた。プラズマ処理を行った試験片では 677～775 N となり、火炎処理ほどではないがある程度の効果は見られた。ポリカーボネートに対してはプラズマ照射時間が短い可能性がある。

変性シリコーン系接着剤の場合、無処理では平均 24 N とほぼ接着していなかった。火炎処理した場合は平均 415 N まで向上した。プラズマ処理を行った試験片は試験開始前に剥がれたものもあり、無処理と同様ほぼ接着しておらず、この組み合わせでは火炎処理を行わないと接着力は期待できない結果となった。

エポキシ系接着剤を用いた場合、無処理では平均 1572 N と強力な接着力を発現し、ばらつきも少なかった。試験後は接着剤が両面に薄く残るような剥がれ方であった。火炎処理を行った試験片では接着力の平均は 1733 N に達し、最も強力な接着力であった。プラズマ処理を行った試験片は平均 1424 N の接着力で無処理と比較して接着力の向上は見られなかった。

スチレンブタジエンゴム系接着剤を用いた場合、無処理で平均 256 N、火炎処理で 245 N、プラズマ処理で 287 N と変化は小さい結果となった。本接着剤は試料の前処理による変化は小さい結果となった。

4. 結言

各種樹脂に用いる接着剤並びに表面処理方法と接着強度試験の結果、火炎処理やプラズマ処理の様に短時間の表面処理でも接着力が大きく改善される組み合わせがあり、接着を用いて組み立てた製品の信頼性向上に役立つと思われる。樹脂の種類では今回試験を行った中ではナイロンが最も効果が大きく、次いでポリカーボネート、ABS の順であった。文献⁵⁾でもポリカーボネートよりポリアミド系樹脂の方がプラズマによる表面処理の効果が大きい傾向であった。ABS については、文献⁵⁾ではポリスチレンはプラズマ処理効果が大きいと報告があったが、今回用いた ABS になると接着剤の種類によっては無処理でも接着力を発揮する

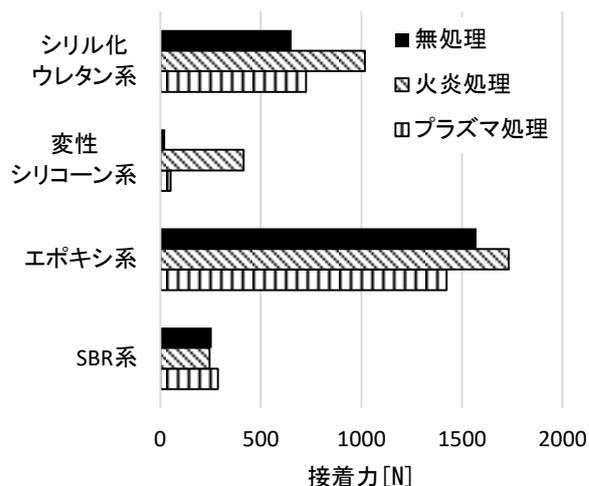


図 3 ポリカーボネートの接着力

場合があり、この場合は表面処理による接着力向上は少ない結果となった。接着剤の種類別では、変性シリコーン系が最も接着強度の向上が大きく、次いでシリル化ウレタン系、エポキシ系と続き、スチレンブタジエンゴム系接着剤は表面処理の影響をあまり受けなかった。

シリル化ウレタン系と変性シリコーン系は、対象物の広さや使い方については似ているが、変性シリコーン系の方が表面処理の影響を受けやすい結果となった。この点については、今回用いたシリル化ウレタン系接着剤はポリエチレン・ポリプロピレン対応品であり、表面状態の影響を受けにくい可能性がある。

参考文献

- 1) 鈴木靖昭ら：異種材接着／接合技術，サイエンス&テクノロジー株式会社，2017
- 2) 日本接着学会編：接着技術教本，37，2009
- 3) JIS K6848-3 (1999) 接着剤－接着強さ試験方法－第 3 部プラスチックの表面調整のための指針，日本産業標準調査会，1999
- 4) JIS K6850 (1999) 接着剤－剛性被着材の引張りせん断強さ試験方法，日本産業標準調査会，1999
- 5) (株) 産業技術サービスセンター：溶接・接合技術データブック，575，2007