調査・報告

輸送機器の軽量化に関する調査研究

水沼　達郎*　幸田　知華*　小林　泰則*　諸橋　春夫*　大川原　真**　高橋　靖***

Research Report on Lightweight Solution of Transportaion Equipment

MIZUNUMA Tatsuro*,　KOUDA Chika*,　KOBAYASHI Yasunori*,　MOROHASHI Haruo*,
OKAWARA Makoto**　and　TAKAHASHI Yasushi***

1.　緒　　言

近年，カーボンニュートラルの取り組みが企業の製造活動においても求められるようになってきた。新潟県では，2050 年カーボンゼロの実現という目標を設定し [1]，温室効果ガス削減効果の高い施策を推進していくとしている。

他方日本国内の温室効果ガスの排出に目を向けると運輸部門からの排出量は 17.7%と産業部門についで2番目に大きい [2]。CO_2排出量を抑制するという観点では，輸送機器の軽量化を行い燃費を向上させるというのが一つのアプローチである。

このような背景から，本稿では輸送機器の軽量化に関する企業動向の調査結果およびアルミニウム合金とポリエチレンの直接接合試験について報告する。

2.　マルチマテリアル化について

輸送機器の軽量化を達成するために重要な技術としてマルチマテリアル化が挙げられる。マルチマテリアル化とは特性の異なる複数の材料を組み合わせて用いることを言う。特に金属材料では候補としてアルミニウムやマグネシウム，チタンといった鉄に比べて比重の小さい材料が注目されている。一方樹脂材料では繊維強化プラスチックが注目されている他，ポリエチレンなどの汎用樹脂材料もマルチアテリアル化の候補となっている。このような異なる金属，樹脂材料を組み合わせて用いる場合，接合が課題となる。中でも異なる金属同士，あるいは金属と樹脂を接合する場合は，異材接合と呼ばれ，同種素材の接合よりも難易度が高い。異材を接合する上では，その材料同士の相性が重要であり，材料のヤング率や線膨張係数などの物性の差が接合に大きく影響する。このため組み合わせて使う材料は，これらの相性を考えて用いる必要がある。一般的な接合技術としては機械的締結や接着剤による接着が挙げられるが，異材接合においてもこれらの技術を用いることができる。プロセスコストの面で見ると機械的締結は，接合箇所の複数個所において処理を行う必要がある一方，接着剤による接合では面接着可能であり，プロセス自体も少ない工程で済ませることができるので有望である。輸送機器においても構造用接着剤の採用事例が増えてきている。また必ずしも強度と耐久性が構造部材ほどに必要ではない場面での接合では，直接接合が有望な技術である。

3.　直接接合技術について

直接接合は，材料表面の粗面化処理を行い，荒らした表面に接合する相手材料を食い込ませるアンカー効果により接合を行う。このため，面による接着が可能であり，表面処理と熱圧着などの接合処理を組み合わせるだけで接合することができる。たとえば金属と樹脂の接合であれば，金属表面に粗面化処理を施し，樹脂材料を溶融圧着する。このときの粗面化処理が直接

* 下越技術支援センター
** 県央技術支援センター
*** 研究開発センター

接合においては一番コストのかかる工程であり，粗面化処理方法の選択が重要である。粗面化処理の手法として，化学的処理，レーザー処理，ブラスト処理等の方法がある。化学的処理は薬品に浸漬する工程があり，部分的処理が難しい。また薬品の使い分けが必要となる。レーザー処理は，レーザー照射部分の精密な入熱コントロールが必要であり，コストが高い。ブラスト処理は，乾式処理と湿式処理があり，乾式処理の場合は，粉塵の発生が問題になるほか，脱脂処理が必要となる場合がある。一方湿式のブラスト処理（ウエットブラスト処理）は，脱脂効果があり，処理時のエア消費量が多いものの，熱が発生しないという特性があり，工程削減という点で有利である。そこで本稿では，このウエットブラスト処理（WB 処理）による粗面化処理を施したアルミニウム合金板材とポリエチレン板材の直接接合技術について検討した。

4. WB 処理を用いたアルミニウム合金とポリエチレンの接合

4.1 サンプルおよび WB 処理

アルミニウム合金 A5052 板材（厚さ 2mm，25mm×120mm）の，幅 25mm×長さ 12.5mm の領域に WB 処理を行った。WB 処理はウェットブラスト式摩耗試験機 WT-103（マコー(株)製）を用い，投射距離 10 mm，投射時間 10 sec，エア圧力は 3.0 kgf/cm^2 とした。研磨剤はアルミナ（マコランダム S#120）を用いた。さらにポリエチレン板材（厚さ 3mm， 25 mm ×110mm）を用意した。

WB 処理後の表面を SEM 観察した結果を図 1 に示す。WB 処理により μm スケールオーダーの凹凸面が形成されていることが確認できる。

4.2 直接接合および評価

WB 処理を施したアルミニウム合金板とポリエチレン板を加熱圧着し，直接接合を試みた。このときの設定温度は 300 ℃，加圧力は 50 N とした。これを以降処理サンプルと呼ぶ。さらに比較対象品として WB 処理を施していないサンプルを用意し，同様の加熱圧着を行った。以降未処理サンプルと呼ぶ。

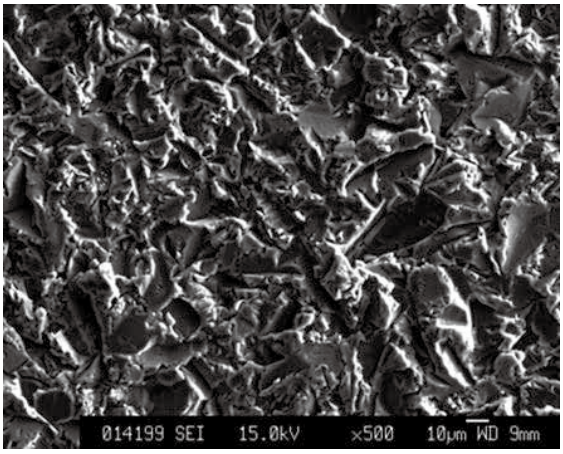

図 1 WB 処理後の表面観察結果

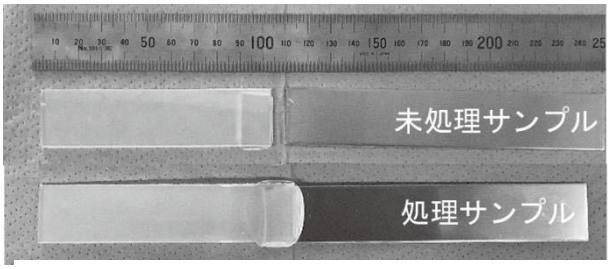

図 2 処理サンプルと未処理サンプルの熱圧着後の様子

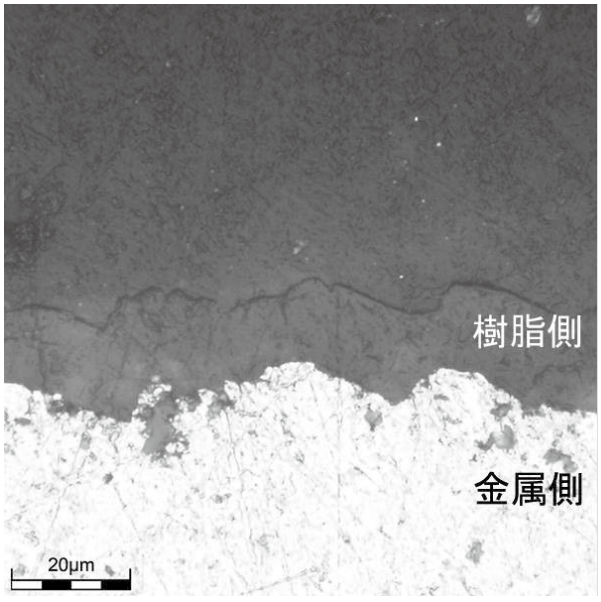

図 3 処理サンプル熱圧着後の金属顕微鏡による断面観察

図 2 に処理サンプルと未処理サンプルの熱圧着後の様子を示す。未処理サンプルは，熱圧着後の空冷過程で剥離が進行し，接合することができなかった。一方処理サンプルでは，空冷後も接合状態を維持し，WB 処理が熱圧着において有効であることが分かった。

図 3 に接合界面の金属顕微鏡観察結果を示す。金属側のアンダーカット構造が見られ，その部分に樹脂が潜り込んでいる様子が確認できる。このことから，アンカー効果を発現していると考えられる。

この処理サンプルについて引張試験を行った。引張試験には万能材料試験機（(株) 島津製作所製 AGX-300kNV）を用いた。ロードセルは 20 kN を用い，引張速度は 4 mm/min とした。その結果 2.9MPa の接着強度を得た。熱圧着時の温度，加圧力，圧着時間により接着強度は変化すると考えられる。

5. 結　　言

(1) WB 処理を用いたアルミニウム合金とポリエチレン直接接合について検討した。

(2) WB 処理を施すことでアンカー効果を発現し，それにより接合が可能なことが分かった。

(3) 接合強度の向上には，WB 処理条件や熱圧着条件の検討が必要と考えられる。

参考文献

1) 新潟県 2050 年カーボンゼロ実現に向けた戦略（概要）, https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/kankyo-seisaku/r3carbonzero.html, 2024 年 3 月 29 日.

2) 環境省脱炭素社会移行推進室, 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス, “2021 年度温室効果ガス排出・吸収量（確報値）概要”, 環境省報道発表資料, 2023.