

連続繊維 CFRTP と表面処理を施した AZ31 マグネシウム合金の摩擦シーム接合

日大生産工(院) ○安西 守人
日大生産工 坂田 憲泰

日大生産工 網野 蒔優
日大生産工 木村 悠二
日大生産工 前田 将克

1. 緒言

近年、環境問題を背景に CO₂ の削減が急務となっている。特に運輸部門の CO₂ 排出量に着目すると、約 9 割を自動車占めており、自動車による CO₂ 排出量を削減するために燃費の向上が求められている。燃費向上の手段としては車両の軽量化が有効であり、金属材料と比較して軽量、高強度な繊維強化複合材料 (FRP) の使用が進められている。

FRP などのプラスチック材料や金属材料を適材適所に用いるマルチマテリアルにおいては、異種材料を短時間で強固に接合する方法が必要となる。代表的な接合法には、機械的接合と接着接合があるが、機械的接合ではボルトやリベット等の接合補助材による質量とコストの増加、接着接合には硬化に要する時間等が課題となる。一方、摩擦攪拌接合機を用いた摩擦シーム接合は、使用するツールに材料内部を攪拌するために挿入するプローブがないため、板厚方向の材料流動を抑えることができる²⁾。また、適切なシランカップリング剤を用いることで、連続繊維 CFRTP とアルミニウム合金を強固に接合することができる⁴⁾。

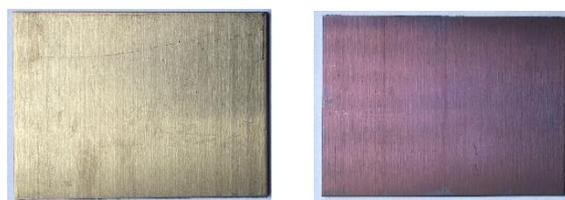
マグネシウム合金は実用金属の中で最も軽量で今後自動車への適用が拡大されると予想されている。しかし、マグネシウムは活性な金属のため、構造部材に適用するためには表面処理が必要となり、マグネシウム合金の表面処理が接合強度に及ぼす影響が調査されている^{5,6)}。本研究では NaOH 処理を行ったマグネシウム合金と連続繊維 CFRTP の摩擦シーム接合を行い、NaOH 処理が継手強度に及ぼす影響について検討を行った。

2. 使用材料

連続繊維 CFRTP の強化材には綾織炭素繊維織物 (CO6347B, 東レ)、マトリックスには現場重合型ポリアミド 6 (PA6) を用いた。

マグネシウム合金には板厚 2 mm, 引張強さ 290MPa の AZ31 を使用した。AZ31 の表面に

は、比表面積を大きくし、接着性を向上させることを目的に、NaOH 処理を行った。水素イオン濃度 pH は 12 と 14 の 2 通りとし、沸騰状態の溶液に入れて、1 時間加熱することで処理を行った。NaOH 処理後の AZ31 を図 1 に示すが、pH14 で NaOH 処理を行った AZ31 の表面は赤紫色に変色した。NaOH 処理後の AZ31 の濡れ性を水滴の接触角で評価した結果は、pH12 が 46.4°、pH14 が 18.5° であった。



(a) pH12 (b) pH14

図 1 NaOH 処理後の AZ31

3. 供試体

連続繊維 CFRTP の成形には VaRTM 法を用いた。310×410mm の大きさに切り出した綾織炭素繊維織物 11 枚を VaRTM 金型の下型に積層し、真空ポンプを用いて金型内部を -0.068MPa まで減圧した。また、マトリックス樹脂である現場重合型 PA6 は、水分により重合阻害が発生するため、綾織炭素繊維織物成形前に乾燥炉にて乾燥を行った。現場重合型 PA6 は ε-カプロラクタムに触媒としてナトリウム塩を加えた A 剤と ε-カプロラクタムに活性剤としてヘキサメチレンジイソシアネートを加えた B 剤を、110°C に加熱し混合した後に金型内に注入した。金型温度は 140°C とし、樹脂注入後 10 分間加熱した後自然冷却した。燃焼法により求めた連続繊維 CFRTP の繊維体積含有率は 41.1% であった。

接合前の AZ31 にはシランカップリング処理を行った。シランカップリング剤には KBE-9007N を用いた。シランカップリング剤の濃度は 1vol% とし、純水中にシランカップリング剤を混合後、30 分攪拌した。そして、シランカップリング溶液中に AZ31 を 1 分間浸した後、乾燥炉で 100°C - 1 時間の条件で乾燥させた。なお、

Friction seam welding of continuous carbon fiber reinforced thermoplastics and AZ31 magnesium alloy with surface treatment

Morito ANZAI, Mayu AMINO, Kazuhiro SAKATA, Masakatsu MAEDA, Yuji KIMURA

NaOH処理なしのAZ31は、シランカップリング溶液に入れる前に表面を800番のヤスリにより湿式研磨している。また、NaOH処理したAZ31は100℃-1時間で完全に乾燥しなかったため、100℃-1時間後、50℃の乾燥炉に24時間置いた。

4. 実験方法

4.1 摩擦シーム接合

摩擦シーム接合は数値制御型全自動摩擦攪拌接合機（日東精機）を用いた。図2に摩擦シーム接合の模式図を示す。重ね代は50mmとして、下側から連続繊維CFRTP、幅3mmのPA6シート、AZ31の順に重ねて配置し、テーブルにジグで固定した。ツールはプローブ無しの直径10mm（SKD61製）のものを使用した。接合条件は、接合速度1.0mm/s、押込み量0.5mm、前進角3°、余熱時間15s、回転数1500rpmとなっている。

4.2 引張せん断試験

引張せん断試験は万能試験機（AG-25TB、島津製作所）を用いて試験速度1mm/minにて実施した。試験片の切り出し方法及び試験片寸法を図3に示す。試験片は1条件2つの接合体より各3本ずつ幅15mmで切り出した。試験片両端部には曲げモーメントの発生を防ぐためAZ31、CFRTP製のタブを接着剤により取り付けた。引張せん断試験は1条件6本の試験片で行い、6本の平均値を各条件の継手強度とした。

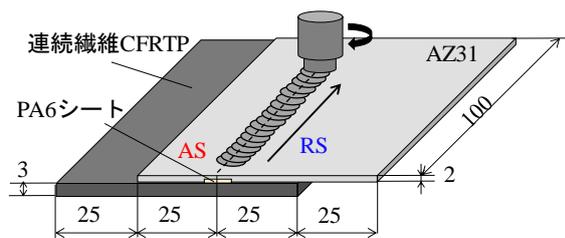


図2 摩擦シーム接合の模式図

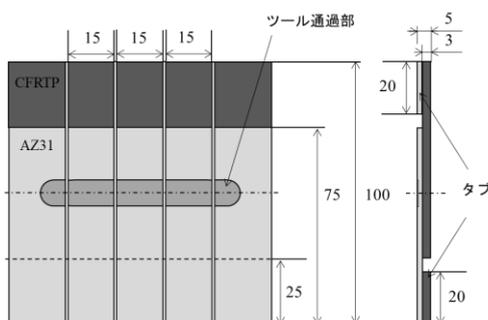


図3 試験片切り出し方法及び試験片寸法

5. 実験結果及び考察

引張せん断試験結果を図4に示す。NaOH処理したAZ31を用いた継手の最大荷重の平均値はpH12が6.7kN、pH14が6.0kNとなり、未処理のAZ31を用いた継手の最大荷重より低い値となった。また、pH12とpH14の実験結果はばらつきも大きくなっている。これは、前述したように100℃-1時間でシランカップリング溶液が乾燥しなかったことから、AZ31の表面に均一なシランカップリング層が生成できていないことが原因と考えられる。

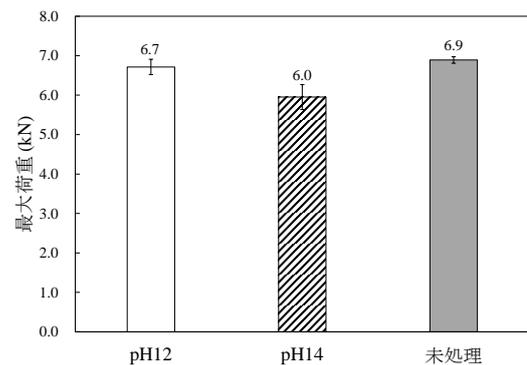


図4 最大荷重の比較

6. 結言

連続繊維CFRTPとNaOH処理を施したAZ31の摩擦シーム接合を行い、継手の評価を行った結果、継手強度の向上が確認できなかった。また、NaOH処理したAZ31を使用することで最大荷重のばらつきが大きくなった。

参考文献

- 国土交通省、「運輸部門における二酸化炭素排出量」。
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html>
(参照2021/10/13)
- 坂田憲泰, 前田将克, 木村悠二, 山田和典, 平山紀夫, 強化プラスチック, 66巻4号, 167-171 (220)
- 坂田憲泰, 柳川拓海, 木村悠二, 前田将克, 山田和典, 平山紀夫, 強化プラスチック, 67巻3号, 102-107 (2021)
- 関口将士, 大谷親, 高谷松文, 軽金属, 第56巻3号, 156-161 (2006)
- 日野実, 梶田健, 今井田至世, 西條充司, 金谷輝人, 表面技術, 第69巻12号, 652-654 (2018)