

高周波誘電加熱を利用した軽量・高強度部材の接合技術の実用化(Ⅱ)

佐野 勝*¹ 鈴木 啓介*² 関根 正裕*³

Study for Practical Use of High-frequency Welding Technique for Lightweight and High-strength Materials. Part II.

SANO Masaru*¹, SUZUKI Keisuke*², SEKINE Masahiro*³

抄録

熱可塑性接着材を用いた高周波誘電加熱接合の実用化と適用範囲の拡大を図ることを目的として、種類が異なる樹脂複合材料を誘電加熱により接合可能か検討した。酸化亜鉛を含有し基材の樹脂が異なる3種類の熱可塑性接着材を用いてガラス繊維強化ポリプロピレンとガラス繊維強化ポリアミドの誘電加熱による接合を試みたところ、いずれも高周波印加時間5~7sで接合し、接合試験片の引張せん断試験では最高で2MPaの強度が得られた。また、平板以外のガラス繊維強化樹脂同士の誘電加熱接合も可能であることが明らかとなり、フランジを有する管材のような立体構造部材に対する誘電加熱接合の適用可能性が示唆された。

キーワード：誘電加熱，異種材接合，ガラス繊維強化ポリプロピレン，
ガラス繊維強化ポリアミド

1 はじめに

近年、自動車分野をはじめとする様々な産業分野において軽量化が求められており、その手法の1つとして金属から樹脂への材料置換が挙げられている。これに伴い、樹脂を接合する技術の重要性が増している。樹脂の接合にはボルト・ナット等による機械的接合¹⁾、接着接合²⁾あるいは超音波、誘導加熱、レーザー等の溶着による方法³⁾があるが、それぞれの方法に長所・短所がある。このため接合方法の選択は、強度、工程時間、コスト、接合面積、接合部分の形状及び環境影響等、様々な要求項目に応じて行う必要があり⁴⁾、接合技術の選択肢を広げること

は非常に重要であると考えられる。

これまで我々は、熱可塑性接着材を使用した誘電加熱による接合手法を用いて、接着剤による接合が困難なPP板⁵⁾、ガラス繊維強化ポリプロピレン(GF-PP)⁶⁾及びポリアセタール⁷⁾の短時間・高強度接合が可能であることを示した。本研究では熱可塑性接着材を用いた誘電加熱接合の実用化とさらなる適用範囲の拡大を図ることを目的として、以下の内容について検討した。

①誘電加熱を用いた種類が異なる樹脂複合材料の接合

②平板以外の樹脂複合材料の誘電加熱接合

①についてはいずれも自動車部材として使用されているが極性が大きく異なることから接合が困難とされる GF-PP とガラス繊維強化ポリアミド(GF-PA)の誘電加熱による接合を検討し

*¹ 技術支援室 化学技術担当

*² 技術支援室 電気・電子技術担当

*³ 事業化支援室(現 技術支援室)

た。②については、L 字形状をした GF-PP の誘電加熱接合が可能か検討した。

2 実験方法

2.1 供試材料

被着材の GF-PP には 1.5mm 厚の TEPEX dynalite104 (Bond-Laminates GmbH)、GF-PA はマトリックス樹脂が PA6 からなる 1.5mm 厚の TEPEX dynalite102 (Bond-Laminates GmbH) を 100mm×25mm の大きさに切断して試験に供した。また、L 字型の GF-PP は所定の大きさの GF-PP 板を乾燥機内で 155℃に加熱した後に折り曲げて作製した。

接合用接着材の基材は、ポリオレフィン系接着性樹脂 (樹脂①)、非晶質ポリアルファオレフィン系ホットメルト接着剤 (樹脂②) 及びポリオレフィン系樹脂改質剤とポリプロピレンペレット (ノバテック MH4、日本ポリプロ㈱) を 1 : 1 に混合したもの (樹脂③) を用いた。接着材に添加するセラミックスは、既報⁶⁾にて GF-PP の短時間接合が可能であった ZnO (和光純薬工業㈱、メジアン径 : 0.96 μ m) を用いた。ZnO の粒度はレーザ回折式粒度分布測定装置 (SALD-3100、島津製作所) を用いて測定した。また、引張せん断試験後の試験片表面成分はフーリエ変換赤外分光光度計 (Nicolet iN10 MX / iz10、サーモフィッシャーサイエンティフィック㈱) により同定した。

2.2 熱可塑性接着材の作製

GF-PP と GF-PA 接合用の接着材は以下の手順で作製した。2.1 で示した接着材の基材に対し、ZnO 粒子を所定量配合し、ラボブラストミル (10C100 R60、東洋精機製作所) を用いて基材樹脂の種類に応じて 175~200℃で 6 分間混練した。その後、この混練物を 175~200℃にて熱プレスし、厚さ 1mm のシート状熱可塑性接着材を作製した。

2.3 高周波誘電加熱による接合試験

接合試験では 23×11×1mm の熱可塑性接着材を GF-PP と GF-PA の間に挟み、ハイブリッドウェルダー (YRP-400T-A、山本ビニター、発振周波数 : 40.68MHz) の電極間に 0.4MPa の圧力で固定した。この状態で出力 180W の高周波を所定の時間印加して接着材を加熱溶融させた後に高周波印加を停止した。その後 8s 間放冷し、圧力を解除して接合試験片を作製した。

2.4 接合試験片の接合強度の評価

接合試験片の接合強度は、万能材料試験器 (AG-100KNI、島津製作所) を用いて引張せん断試験により評価した。試験条件は、つかみ具間距離 90mm、試験速度は 10mm/min で行った。また、試験の際に接合面に荷重が正しくかかるように、つかみ部には被着材と同じ厚さの当て板を使用した。

3 結果及び考察

3.1 誘電加熱による GF-PP と GF-PA の接合試験及び接合試験片の引張せん断試験

基材にポリオレフィン系接着性樹脂①を使用した接着材による誘電加熱接合結果を図 1 に示した。

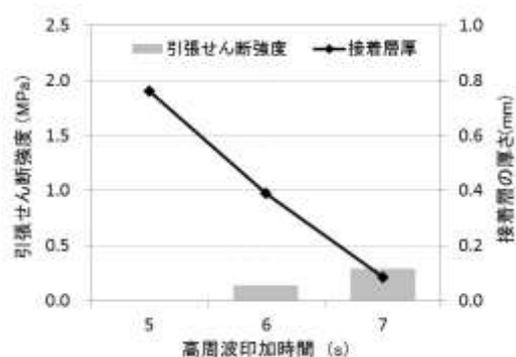


図 1 樹脂①を使用した接着材による GF-PA と GF-PP の誘電加熱接合結果

高周波印加時間5sで接着材が熔融しGF-PPと接着材間では強く接合したが、GF-PAと接着材の間は簡単に剥がれた。高周波印可時間7sでは接着材が十分熔融して厚さが0.1mmまでつぶされるとともに接合部からはみ出し、引張せん断強度は0.3MPaまで増加した。図2に高周波印可時間が7sでの引張せん断試験後の試験片を示した。黒色の被着材がGF-PAで接合部の表面が熔融していた。また、接着材にも一部黒色物質が付着していたが、FT-IR測定によりPA6であることが確認された。このことから、誘電加熱によりGF-PAのマトリックス樹脂の融点以上に接着材が加熱されていたことが分かった。

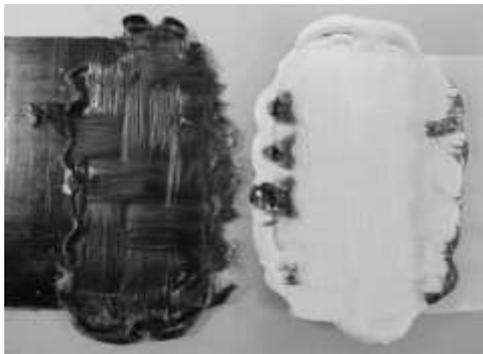


図2 樹脂①を使用した接着材によるGF-PAとGF-PP接合試験片の引張せん断試験後の破断面写真(7s印加)

次に、基材に樹脂②を使用した接着材による誘電加熱接合結果を図3に示した。

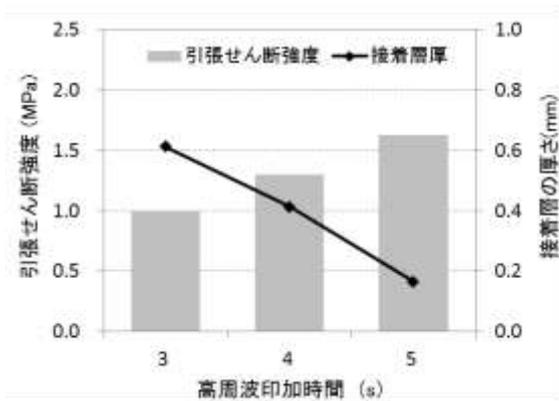


図3 樹脂②を使用した接着材によるGF-PAとGF-PPの誘電加熱接合結果

高周波印加時間が3sから5sまで長くなるに従い接合試験片の接着材の厚さが低下した。一方、接合強度は印加時間が5sで最大の1.6MPaとなった。この時、引張せん断試験後の試験片は、GF-PAと接着剤との界面で破壊が起きていた。

図4に樹脂③を基材として使用した接着材による誘電加熱接合結果を示した。

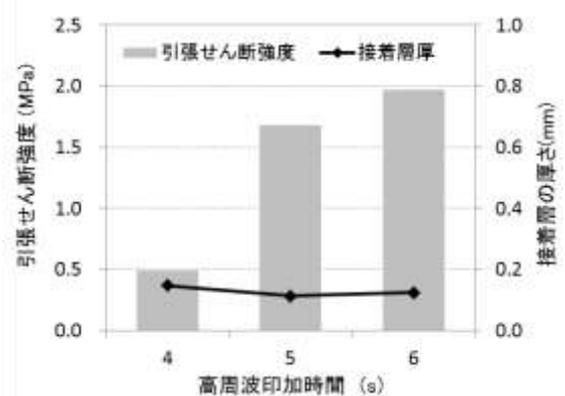


図4 樹脂③を使用した接着材によるGF-PAとGF-PPの誘電加熱接合結果

高周波印加時間が3sでは接合しなかったが、4sの印加で接着材が熔融し、接着剤の厚さが0.2mm程度まで低下し引張せん断強度が0.5MPaであった。印加時間を増やすと接着剤の厚さはそれほど変わらないが接合強度は増加し、6sの印加で最大2.0MPaとなった。図5に高周波を6s印加して接合した試験片の引張せん断試験後の試験片を示したが、接着剤がGF-PA側とGF-PP側の双方に残っていた。



図5 樹脂③を使用した接着剤によるGF-PAとGF-PP接合試験片の引張せん断試験後の破断面写真(6s印加)

3.2 平板以外の樹脂複合材料の誘電加熱による接合

図6にL字型をした2枚のGF-PP間に熱可塑性接着材を挿入して誘電加熱(180W, 9s)によって接合した試験片を示した。接合試験片の接着材の厚さは高周波印加前の1mmから0.54mmに減少しており、誘電加熱によって熔融接合したと考えられた。



図6 L字型をしたGF-PPを誘電加熱接合した試験片

この結果から、図7に示したフランジ付きパイプや溶着しろを有する構造体の接合に対し、誘電加熱接合の適用可能性が示唆された。

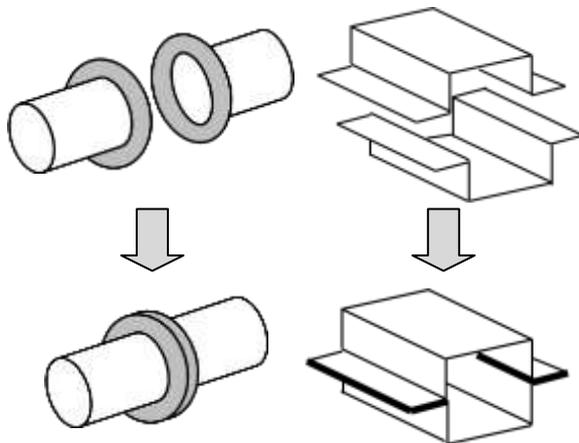


図7 構造部材に対する誘電加熱接合の適用例

4 まとめ

熱可塑性接着材を用いた高周波誘電加熱接合の実用化と適用範囲の拡大を図ることを目的として、種類が異なる樹脂複合材料の誘電加熱接合並びに平板以外のガラス繊維強化樹脂の誘電

加熱接合について検討した。

まず、酸化亜鉛を含有し基材の樹脂が異なる3種類の熱可塑性接着材を用いてガラス繊維強化ポリプロピレンとガラス繊維強化ポリアミドの誘電加熱による接合を試みたところ、いずれも5~7sの短時間で接合が可能であった。接合試験片の引張せん断試験では最高で2MPaの強度が得られた。

次に、平板以外のガラス繊維強化樹脂を用いた誘電加熱接合も可能であることが明らかとなり、フランジを有する管部材のような立体構造部材に対する誘電加熱接合の適用可能性が示唆された。

参考文献

- 1) S.D. Thoppul, J. Finegan, R.F. Gibson, Mechanics of mechanically fastened joints in polymer-matrix composite structures – A review, *Compos. Sci. Technol*, **69** (2009) 301 - 329.
- 2) M.J. Troughton, *Handbook of Plastics Joining*, second ed., William Andrew, New York, 2009.
- 3) A. Yousefpour, M. Hojjati, J.P. Immarigeon, Fusion bonding/welding of thermoplastic composites, *J. Thermoplast. Compos.* **17** (2004) 303 - 341.
- 4) 佐藤功, プラスチックの接合法, *溶接学会誌*, **78**, **7**, (2009)40 - 44.
- 5) M. Sano, H. Oguma, M. Sekine, C. Sato: High-frequency welding of polypropylene using dielectric ceramic compounds in composite adhesive layers, *Int. J. Adhes. Adhes.* **47** (2013) 57-62.
- 6) M. Sano, H. Oguma, M. Sekine, Y. Sekiguchi and C. Sato, High-frequency welding of glass-fibre-reinforced polypropylene with a thermoplastic adhesive layer: Effects of ceramic type and long-term exposure on lap shear strength, *Int. J. Adhes. Adhes.* **59** (2015) 7 - 13.
- 7) 佐野勝, 関根正裕: 高周波誘電加熱を利用した軽量・高強度部材の接合技術の実用化, 平成26年度埼玉県産業技術総合センター研究報告, **13**, (2015).