

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	誘電セラミックスを含有する熱可塑性接着層を用いた難接着樹脂材料の高周波誘電加熱接合に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	佐野勝
Author(English)	Masaru Sano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9862号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 千明,香川 利春,堀江 三喜男,初澤 毅,松村 茂樹
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9862号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	メカノマイクロ工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	佐野 勝		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	佐藤千明	准教授
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	堀江三喜男	教授

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本研究では自動車をはじめとする様々な分野で部材の軽量化を目的として今後も利用が拡大していくと考えられるポリプロピレン (PP) 複合材, 中でも安価で軽量, 高強度なガラス繊維強化ポリプロピレン (GF/PP) を短時間・高強度で接合する技術を新たに開発することを目的とした。

第1章ではまず, 本研究の必要性に関する社会的な背景について述べた。昨今の地球温暖化問題等を背景に自動車分野において燃費の向上を目的とした軽量化が求められているが, その手法の1つとして繊維強化熱可塑性樹脂 (FRTP) の適用が期待されており, 中でも安価で軽量・高強度な PP 複合材が注目されている。しかし, PP は非極性で化学的に不活性なため接着剤による接合が非常に困難なため, PP を母材樹脂とする FRTP の適用範囲の拡大には短時間で高い接合強度が得られる PP の接合技術の開発が望まれている。そこでまず, 熱可塑性樹脂の一般的な接合技術として, PP や PP 複合材の接合技術について調べたところ, どの技術にも長所・短所があり, 様々な要求項目に応じて最適な接合方法を選択するためには PP や PP 複合材の接合技術の選択肢を拡大することが重要と考えられた。このためこれまで検討されていない高周波誘電加熱による手法を用いて PP や GF/PP の接合を短時間・高強度で接合することを本研究の目的とした。

第2章では誘電セラミックス複合材を接着層として用いた PP の高周波誘電加熱接合を検討した。高周波誘電加熱では一般的には損失係数が高い材料が加熱されやすいとされていることから, 損失係数が低い PP に種々の誘電セラミックスを複合し損失係数が向上するか確認したところ, 誘電セラミックスの添加により接着層の損失係数が PP よりも高くなった。次に接着層に高周波を印加した時の温度変化を測定し, 高周波によって接着層が加熱溶解されるか確認するとともに, 高周波印加による接着層の加熱溶解しやすさと誘電特性との関連性についても調べた。その結果, 高周波印加によって接着層が軟化・溶解することが分かったが, 接着層の損失係数が高かったにもかかわらず軟化温度に到達しなかった接着層もあり, 高周波印加による接着層の温度上昇は, 損失係数と必ずしも相関がある訳ではないことが示唆された。続いて熱可塑性接着層を用いて実際に PP の高周波誘電加熱接合を行ったところ, SiC, ZnO 及び anatase 型 TiO₂ を含有した接着層を用いた場合に約 60 s で PP の接合が可能になり, 接合試験片の接合強度は引張せん断試験で材料破壊が起こるほど高かった。また今回の系のように接着層を挟んだ積層構造体の誘電加熱接合においては, 接着層の誘電加熱のされやすさは損失係数ではなく, 接着層の誘電正接と比誘電率との比である $\tan\delta/\epsilon'$ 値と相関していることが新たに分かり, 今後はこの値を指標として評価できることが明らかになった。

第3章では自動車等部材の軽量化を目的として今後も利用拡大が見込まれる GF/PP を高周波誘電加熱により短時間・高強度で接合する方法を検討した。接着層に添加する誘電セラミックスには, 第2章で PP の誘電加熱接合が可能であったもののうち, 最も比重が低く軽量で, 様々な粒径の製品が容易に得られる SiC を用い, 粒径や含有率の影響を検討した。その結果 SiC の粒径が小さく含有率が高い場合に接着層の $\tan\delta/\epsilon'$ 値が大きく, 粒径が 0.54 μm , 含有率が 40 vol% の接着層を用いた場合に最短 24 s の高周波印加で GF/PP が接合し, 得られた接合試験片は最大約 10 MPa の引張せん断強度が得られた。また, 高周波による接着層の加熱のされやすさは室温のみでなく, 温度依存性も考えた $\tan\delta/\epsilon'$ での評価が重要であることが明らかとなった。

第4章では ZnO 及び anatase 型 TiO₂ を含有する接着層を用いて GF/PP の高周波誘電加熱接合を行い, 接着層に添加するセラミックスの種類及び含有率の影響を調べた。その結果, ZnO 含有接着層で $\tan\delta/\epsilon'$ 値が最も大きく, かつ含有率による $\tan\delta/\epsilon'$ 値の差がほとんどなかったため, ZnO 含有率の少ない接着層でも SiC や anatase 型 TiO₂ よりも短時間で GF/PP が接合することが推測された。続いて, これらの接着層を用いた GF/PP の高周波誘電加熱接合を行ったところ, 10 vol% 及び 20 vol% の ZnO を含有した接着層を用いた場合に非常に短時間 (18 s) で接合し, 高い引張せん断強度 (約 14 MPa) が得られた。また, 40 vol% の ZnO を含有した接着層の場合は, 短時間 (16 s) で接合したにもかかわらず接合強度が 8 MPa まで低下したが, 接合後の接着層の厚さや溶解接着層の接合領域からのみ出し形状及び接着層自体の材料強度が接合強度に影響を及ぼす可能性が示唆された。さらに高周波誘電加熱接合により得られた試験片を 50 °C, 80 %RH の環境下で 1000 h まで暴露し耐久性を評価したところ, いずれのセラミックスを含有する接着層も引張せん断強度への影響はほとんど見られなかった。

第5章の結論では本論文の各章で得られた結果をまとめるとともに, 今後の課題や展開について述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	メカノマイクロ工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名 : Student's Name	佐野 勝		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	佐藤千明	准教授
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	堀江三喜男	教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

We investigated the new method for welding of polypropylene or glass-fiber-reinforced polypropylene (GF/PP) in a short time and with high bond strength. High-frequency welding is one of the techniques which enable to join plastics with short time and high efficiency. However, this method cannot be directly applied to polypropylene or GF/PP because these materials have low loss factors that lead to poor heat generation by high-frequency (HF) irradiation. Therefore, we tried HF welding of polypropylene or GF/PP using thermoplastic adhesive layer which was improved its dielectric property by including the dielectric ceramics.

First, HF welding of polypropylene was examined using a thermoplastic adhesive layer including various dielectric ceramics. The results showed that the HF welding of polypropylene proved to be possible in a short time and high bond strength using the adhesive layer including SiC, ZnO or anatase-type TiO₂. The result also exhibited that the heating efficiency by HF irradiation at the layers was related to their $\tan\delta/\epsilon_r'$ values.

Next, HF welding of GF/PP with thermoplastic adhesive layer including SiC was investigated. The $\tan\delta/\epsilon_r'$ value of the adhesive layer increased with temperature and SiC content when the SiC particle size was small. In contrast, the $\tan\delta/\epsilon_r'$ value decreased as temperature increased when the SiC particle size was large. Using thermoplastic adhesive layers, the GF/PP could be welded in a short time (ca. 30 s) and high lap shear strength (ca. 10 MPa) when small SiC particles are included in the adhesive layer with high content.

Finally, HF welding of GF/PP using thermoplastic adhesive layer containing ZnO or anatase-TiO₂ was investigated. The HF welding of GF/PP was achieved in the short time (18 s) with high lap shear strength (~14 MPa) by incorporating 10 or 20 vol% ZnO in the adhesive layer. An examination of the temperature (50 °C) and moisture (80 % relative humidity) effects on the lap shear strength of the welded specimens after a long-term exposure demonstrated that these exposure conditions did not affect these mechanical properties.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).