

博士論文の内容の要旨

氏名	小平 裕也
学位名	博士 (工学)
学位授与年月日	2021年3月20日
論文題目	炭素繊維強化熱可塑性樹脂の熱特性を利用した異種材料接合に関する研究

(博士論文の内容の要旨)

輸送機器の分野で、環境負荷低減を目指した省エネルギーとCO₂排出低減が喫緊の課題である。これに対し有効な手段として、機器の軽量化があげられ、直接的な効果をもたらすことから、構造材料の軽量化・高機能化が望まれている。そこで、高張力鋼板や比強度の高いアルミニウム合金、さらに、金属材料より優れた比強度・比弾性率をもつ炭素繊維強化プラスチック(CFRP:Carbon Fiber Reinforced Plastics)等の特性が異なる材料を併用するマルチマテリアル化の技術開発が進められている。

CFRPの中でも、比較的生産性が高くリサイクル性にも優れる特性から熱可塑性CFRP(Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastics, 以下CFRTPと記す)が注目されている。このCFRTPを採用したマルチマテリアル化の中で最も重要な技術として、他の金属材料との異種接合技術があげられる。

異種材料接合技術の一つとして、開発したCFRTPとアルミニウム合金(A5052)の新しい接合方法を紹介する。CFRTPの板を加熱した際に、板厚方向に膨張する性質を利用した接合方法である。溝形状を設けたアルミニウム合金片を任意の温度に加熱し、そこへCFRTPを挿入する。それにより、熱がA1片からCFRTPへ伝わり、CFRTPを膨張させる。この膨張により、A1片の溝形状の壁面(接触面)をCFRTPが加圧する力が発生し、加えて表面の溶着により高い接合強度を得る方法である。

本論文では、CFRTPの熱特性を利用した接合方法のメカニズムを明らかにすることを目的として、加熱したA1片とCFRTP板の接合を行い、引張せん断強度の測定および膨張力の算出や曲げ破壊強さの測定から接合のメカニズムを明確にした。また、オートクレーブの成形圧力を変化させてCFRTP板を成形し、A1片との接合品の引張せん断強度の相関を明らかにした。

さらに、接合形態を板同士の異種材料接合からCFRTPピンによる新しい同種・異種材料接合の手段について述べている。

No. 2

第1章では、研究背景と現状のCFRTPと金属の異種材料接合技術について説明し、本研究の目的について述べている。

第2章では、CFRTPの熱特性を利用したアルミニウム合金との接合方法について、接合実験と強度評価から接合のメカニズムを明確にした。本接合方法は、溝を形成したアルミニウム合金片を加熱し、加熱後にCFRTP板を挿入することでCFRTPに熱が伝わり膨張して、その加熱と加圧によってアルミニウム合金片と接合する方法である。アルミニウム合金の溝をテーパ形状にすることで、膨張した際のCFRTPがテーパ溝に充填され、エポキシ系接着剤相当の高い接合強度が発生することを確認した。CFRTPシート単体で加熱による膨張を行い、板厚増加率と負荷荷重から、CFRTP膨張時に発生する荷重を算出した。未加熱のCFRTPと加熱膨張後のCFRTPの曲げ試験を行い、曲げ強度の算出を行なったところ、曲げ破壊荷重に大差は無いものの、加熱膨張後のCFRTPの方が未加熱のCFRTPより曲げ破壊強さが高いことを確認した。さらに、CFRTPの熱による膨張は、マトリクス樹脂が熔融した際に炭素繊維が応力開放されることに起因すると考察した。引張り試験時にテーパ面に生じる応力分布や引張り荷重の計算式を示した。

第3章では、オートクレーブを用いて、任意の温度と圧力条件でCFRTP板を成形し、接合品を製作して強度の評価を行なうことで、CFRTP板の熱特性とCFRTP板の成形に関連性があることを明らかにした。CFRTPの積層板をオートクレーブ成形で製作し、電気炉による加熱で、膨張による板厚増加率を算出した。さらに、加熱したアルミニウム合金片にオートクレーブ成形したCFRTPを挿入して接合し、オートクレーブの成形圧と、接合品の接合強度の関連性についても明確にした。オートクレーブ成形前後の炭素繊維束のアスペクト比を算出し、成形圧力が高くなると炭素繊維

束が圧縮されて長径方向に広がることを確認した。

第4章では、CFRTPの熱特性を利用し、CFRTPを円柱状に加工したピンを用いて、同種または異種の板材を接合する方法について、接合実験と強度評価からCFRTPピンによる板材接合のメカニズムを明らかにした。第2章で確立したCFRTPの板材による接合同様に、CFRTPを円柱状に加工したものを用意し、丸穴を開けた対の同種の金属板の接合を行ない、強度評価を行なった。強度評価は、CFRTPピンのせん断方向に引張りせん断試験、軸方向に十字引張り試験を行った。これにより、テーパ穴を加工した方がストレート穴より試験片の接合強度が高く、優位性を示した。

第5章では本論文で確立したCFRTPの熱特性を利用した接合技術についてまとめ、今後の展開について述べた。第2章から第4章で述べた技術を用いて、軽量かつ強度の高い接合として自動車・航空機のマルチマテリアル化や建造物の補強などに活用できると考えられる。

本論文ではCFRTPと金属の新しい接合方法を提案したが、これにより、金属の板材の同種または異種材料接合の可能性を示した。