

樹脂－金属接合体の強度特性評価

Strength of Resin to Metal Joints

細野 凌以¹⁾, 山崎 練²⁾
指導教員 立野 昌義³⁾

- 1) 工学院大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 材料力学研究室
2) 工学院大学大学院 工学研究科機械工学専攻
3) 工学院大学 工学部 機械工学科

キーワード：異材接合体, 接合界面, 樹脂

1. 緒言

近年, 製品の高度化に伴い, 耐熱性や耐摩耗性、軽量化等の高機能化が求められている。樹脂材料は軽く、機械的性質も優れていることから、軽量化が要求される産業では、これらの材料が適用されている。実際に自動車, 航空機等の輸送機器分野ではより軽量の樹脂材料の使用が加速している⁽¹⁾。しかし単一の材料ではこれらの要求を満たすことは困難であるため異なる材料を適材適所に使用する異種材料接合の技術が求められている。しかし異材接合の問題点として, 材料間の熱膨張係数差により収縮量差異が生じこれにより熱残留応力が発生し, 接合体の弱体化に繋がる⁽²⁾。この残留応力を低減させることが最適な機械設計において重要である。残留応力を低減させるための方法として界面端形状の角度操作が有効であるということが理論弾性解析によって明らかになっている⁽³⁾。

本研究では, Cu/PPS 接合体の引張り強度および破壊様式に及ぼす界面端部形状の依存性を明らかにすることを試みた。事前検討として, 樹脂の強度特性は環境の雰囲気や時間に依存する可能性があることから, これらの影響を明確にした。加えて, Al/PPS 接合体を用いて界面端部自由縁を形状操作することによる強度特性や破壊様式を明らかにした。そこで今回はアルミニウムに比べて導電性や耐熱性に優れた銅を用いて実験を行うことでより広い分野での異種材料接合体の活用を目指した。今回及び事前検討で用いた Al 及び Cu の材料定数については Table 1 の通りである。

Table 1 金属材料の材料定数

物性値	Al	Cu
弾性係数[Gpa]	70	110
ポアソン比[-]	0.33	0.33
熱膨張係数[$\times 10^{-6}/K$]	24	16.8

2. 実験方法

接合処理後の試験片の界面端部自由縁形状をフライス盤を用いた機械加工により角度操作を行い, 引張り試験により, 強度特性を明らかにした。

2.1 試験片形状

本実験では, 大成プラス社製の PPS/Cu 接合体を用いた。この接合材は NMT(ナノモールドイングテクノロジー)⁽⁴⁾技術によりこの接合体は接合されている。Fig.1 に, 試験片を正面から見据えた際の寸法を表示し, 外観形状の画像を示している。実際の接合体試験片の界面と各材料の自由表面とは直交しており, 全長が 100 mm の長さの断面形状 (厚さ 5 mm \times 幅 10 mm) を有する直方体形状となっている。

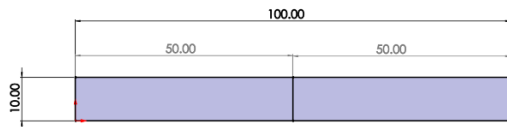
2.2 引張り強度評価

接合処理後の接合体試験片の引張り試験を行った。上記の機械加工を施した試験片を引張り試験機 (株式会社東京試験機社卓上試験機ミドルセンスター MSC-10/500-2) に試験片を取り付けた後, クロスヘッド速度 1mm/min で試験片を破断するまで荷重を负荷させた。そして接合体強度については破断荷重を界面の面積で除した値とした。その後破断した試験片はマイクロスコープ (KEYENCE 社製 VHX-1000) を用いて観察した。

2.3 接合体自由縁の加工方法

接合体の界面端形状の設定方法は、Fig.2 に基づき、界面端を含む接合体の自由縁を円弧状に除去し、界面端における接線の傾きと界面とのなす角度を界面端形状を特徴づける界面端角度 φ と定義し、樹脂側および金属側の界面端角度を φ_1 および φ_2 とした。この界面端角度の変更は、円弧半径を一定条件として、界面端と最小幅部分の位置を調整することで角度を変更し、 $\varphi_1 + \varphi_2 = 180^\circ$ のまま、 φ_1 を $15^\circ < \varphi_1 < 150^\circ$ と設定した (Fig.2 参照)。

接合体界面端部の加工は接合体試験片を固定した専用治具を汎用フライス盤 (静岡鉄工所汎用ラム型フライス盤型式:VHR-SD) に固定し、直径 6mm のエンドミルを用いて界面端を含む自由縁を除去した。この加工後の試験片の代表例を Fig.3 に示す。

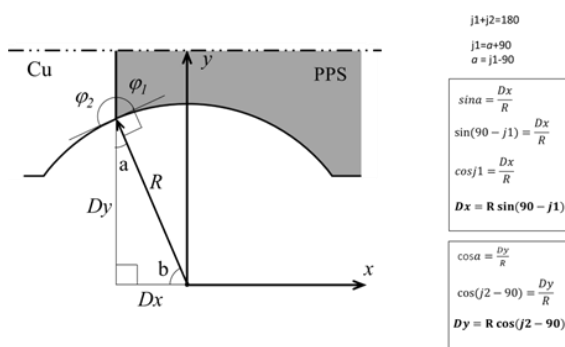


(a) 接合体の形状



(b) 外観

Fig.1 樹脂/金属接合体



(a) 角度操作詳細



(b) 加工後形状

Fig.2 界面端形状操作詳細

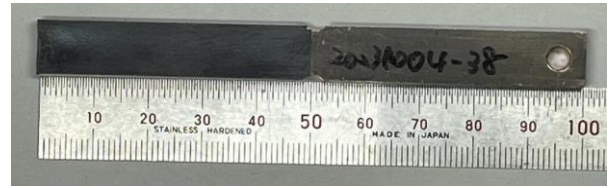


Fig.3 加工後接合体試験片外観

3. 実験結果と考察

接合処理したままの接合体試験片の引張り試験の結果を確認した。この結果を銅およびPPSの強度値と比較した。この結果から、接合体試験片の強度レベルは、各材料単独の強度レベルに対して低い値となった。この結果からPPS/Cu接合体強度を把握し、さらにこれらの強度は界面の存在により、単独の材料強度に比較して著しく低下することが確認できた。この結果と界面端の自由縁を除去加工した試験片の強度レベルを比較することで、強度の変化や界面形状修正効果を確認することを試みた。

4. 結言

PPS/Cu 接合体の試験片を対象にして機械加工により界面形状を操作し、引張り強度を評価した。

5. 参考文献

- 1) 永塚 公彬ほか, ” 摩擦重ね接合によるアルミニウム合金と炭素繊維強化樹脂の 異材接合”, 溶接学会論文集, vol.33, No.4, pp.317-325 (2015)
- 2) 岡部ほか, 材料, Vol.48, No.12, pp. 1416-1422
- 3) 井上ほか, 材料, Vol.48, No.4, pp. 365-375
- 4) 板橋雅巳, ” 金属と樹脂の直接接合を可能にした ナノモルディングテクノロジー(NMT)”, 表面技術, Vol.66, No.8, pp.23-26(2015)