



異種金属の接合界面のイメージング ならびに化学状態分析技術の開発

大泉翔也, 大西里佳, 山内康生, 豊田和弘
矢崎総業株式会社 技術研究所

キーワード：異種金属，超音波接合，XAFS

1. 測定実施日

2019年8月29日 BL5S1 (2シフト)
2019年11月20日、21日 BL11S2 (4シフト)
2019年9月26日、12月20日 BL8S2 (2シフト)

2. 概要

近年、自動運転や電動化が自動車のトレンドとなっている。なかでも、電力や電氣的やり取りを行う中心となるワイヤーハーネスには、これまで以上に高い信頼性が要求される。異種金属の接合では界面に形成される合金層の経年劣化による導電率や強度の低下が懸念されており、合金層の存在を確認及び制御することは信頼性の高い製品づくりにおいて重要となっている。

こうした点を踏まえ、本研究では異種金属の接合界面における透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察及び X線吸収微細構造法 (XAFS) を行い、合金層の有無と各金属の化学結合状態を明らかにすることを目的とした。研究には銅とアルミニウムの接合サンプルを用い、実験の結果、接合界面付近に銅の標準試料と比較して状態の異なるスペクトルを得ることが出来た。

3. 背景と研究目的

自動運転や電動化の流れが加速する中、自動車部品には小型、軽量、高信頼性、低コスト化などの要求が一層高まっている。一方で、高信頼性を確保するために必要な評価時間が増大しており、その短縮も求められている。そのため、製品の開発段階から使用時に起こり得る不具合への対策を行うことは、より高信頼性なモノづくりを行う上で重要となってくる。

このような背景の中、電力、電気信号等のやり取りを行う重要な部品であるワイヤーハーネスにおいては、新たな導体材料の組み合わせや接合方法が検討されており、接合界面の評価・解析が重要課題となっている。市場においてワイヤーハーネスは経年劣化による導電率や強度の低下が懸念されており、その要因として接合界面での合金層の形成と経年劣化が疑われる。

そこで、本研究では超音波接合法による異種金属の接合界面における TEM 観察及び XAFS 測定を行い、合金層の有無と化学結合状態を明らかにすることを目的とした。

4. 実験内容

実験に当たり、異種金属の超音波接合サンプルを作製、材料には銅とアルミニウムを使用した。作製したサンプルを樹脂包埋したのち機械研磨を行い、接合界面を表出させた。当該サンプルを実験①として集束イオンビーム (FIB) を用いた薄片化処理を行ったのち TEM 観察を行い、接合界面における合金層の存在を確認した。次に実験②として、あいちシンクロトロン光センターにある硬 X線 XAFS 測定が可能な BL5S1 及び BL11S2 を用い、銅の化学結合状態を測定、合金層が形成されているか確認を行った。XAFS での観測領域は Cu K 端とし、測定は銅側からアルミニウム側へ 10 μm 間隔で実施した。最後に、実験③として CT 撮影が可能な BL8S2 を用い、アルミニウム板同士の超音波接合サンプルの観察を行い、接合界面における空隙率と引張強度との関係を求めた。

5. 結果および考察

始めに、上記実験内容①の接合界面の TEM 観察結果を Fig. 1 に示す。観察より、銅とアルミニウムの境界に組織が異なる領域が確認された。当該部の元素分析を行ったところ、銅とアルミニウムが共存する領域が約 30 nm 存在することがわかった。一方、観察と同時に行った電子エネルギー損失分光法 (EELS) の結果からは、銅とアルミニウムが結合しているか判断が困難であった。そこで、放射光を用いた界面の XAFS 測定を行い、化学的に結合しているか確認を行った。

Fig. 2 及び 3 に、実験内容②の銅とアルミニウムの接合界面における XAFS の測定箇所と結果を示す。銅との比較から、Point C の 9025 eV 付近に見られるピークが異なり、化学結合状態に違いがあることがわかった。加えて、使用したアルミニウム材料中に存在する銅のスペクトル(Point D)とも異なることを確認した。

最後に、実験③として CT 撮影によるアルミニウム板同士の超音波接合サンプルの観察を行い、空隙率を算出した。現在、空隙率と引張強度との関係性を確認中である。

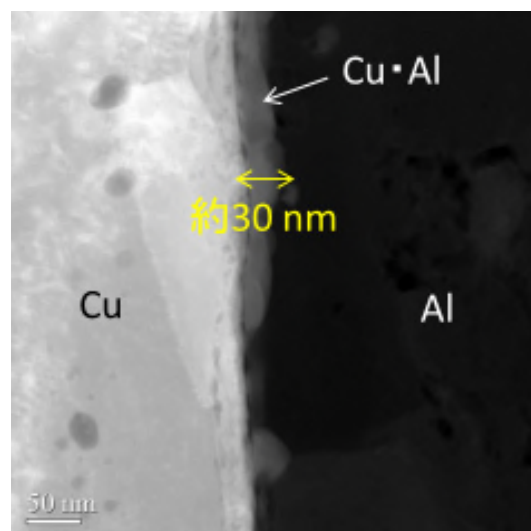


Fig. 1 銅-アルミニウム接合界面観察結果

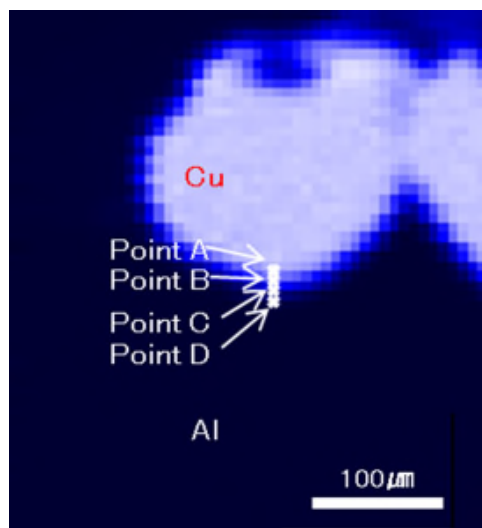


Fig. 2 銅-アルミニウム接合界面測定箇所

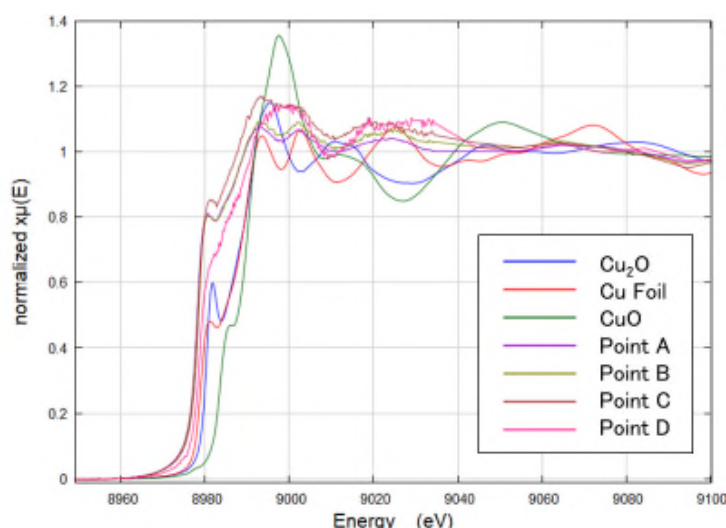


Fig. 3 Cu K端の吸収スペクトル結果

6. 今後の課題

本研究から、銅とアルミニウムの接合界面における合金層の存在が示唆された。しかし、今回使用した BL11S2 はキャピラリー使用時のビーム径が ϕ 20-30 μm であり、①の結果に示すように合金層の可能性のある領域約 30 nm と比較して大きいことから、今後、現在のサンプルで測定可能な手法の追求を行うと共に、合金と思われる領域を拡大させたサンプルの作製・分析を行うことで、合金層の発生メカニズムの解明及び接合条件の見極めを行い、製品開発に役立てていきたい。