

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656079

研究課題名(和文) 通電解体性接着剤を用いた時限接着技術の実現と時限剥離ラミネートへの応用

研究課題名(英文) Application of Time Limited Adhesion by Electrically Dismantlable Adhesives for Separable laminates

研究代表者

佐藤 千明 (SATO, CHIAKI)

東京工業大学・精密工学研究所・准教授

研究者番号：80235366

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、通電剥離接着剤を用い通電により剥離するラミネート材を作成すると共に、長期の通電により一定時間の後に接合強度が低下し自由に解体できるシステム(時限剥離システム)の構築を目指し、通電剥離接着剤の基本的特性を測定した。この結果、通電剥離接着剤の特性の把握に成功し、さらに通電剥離ラミネート材の作成が可能であることも確認できた。一方、接合部解体に要する伝達には下限があり、低い電圧での時限解体は難しいことも確認された。

研究成果の概要(英文)：This research has treated an electrically dismantlable adhesive as a material to realize electrically separation laminates that can be separated as we like. In addition, a system by which the joint can be dismantled after long duration was also investigated. The basic properties of the adhesive for separation were experimentally investigated and understood, and it led to the confirmation of feasibility for the electrically separation laminates. On the other hand, it was found that the adhesive was difficult to separate with low voltage applied.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学，機械材料・材料力学

キーワード：接着 リサイクル

1. 研究開始当初の背景

接着結合は簡易に施工できるものの、その剥離が困難という問題を有している。近年、通電により剥離可能な通電解体性接着剤が開発され、その適用が検討されているが、具体的なアプリケーションが見つからないのが現状である。しかし、本接着剤をシート状の被着体に挟み込み、これを粘着テープで固定する通電剥離ラミネートとすることで、任意の物体の固定と剥離が自由に行えると予想される。また、イオン化傾向の異なる被着体を用いることにより、一定時間後に剥離強度の低下する”時限接着”が実現できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、通電剥離ラミネートおよび時限接着の実現を目指し、通電解体性接着剤の基本的な特性の把握、ならびにラミネートの試作や時限接着性の確認を主な目的とした。

3. 研究の方法

初年度は、各種金属を通電解体性接着剤で接合した場合の基本特性と剥離メカニズムについて、実験的に調べた。この理由は、目的とする通電剥離ラミネートが金属箔間に通電解体性接着剤をインサートした形(図1)になっているため、この場合、金属間の通電剥離特性が極めて重要となる。時限剥離の実現には、図2に示すように、金属箔間に微弱な電流を印加する形が取られる。

実験には、具体的には、各種金属(鋼、アルミ合金、銅合金等)の被着体(図3)を用意し、これを通電解体性接着剤で接合し、その起電力や電流量の変化、並びに残存強度の変化などを、各種の温度条件下で調べた(図4)。この結果、通電に対する強度の低下率は、どの被着体を用いても通電量に関連することが分かった。また、鋼は被着体として最も安定した剥離特性を有することが分かった。さらに、銅合金では残存強度のバラつきが極め

て大きくなることが確認された。また、異種金属間の接合部に対する通電剥離試験も実施し、その傾向を観察した。異種金属同士の接合でも、残存強度の低下には通電が必要であり、短時間での自発的解体は生じないこと、並びに強度低下率の推移は同種金属の場合とほぼ一致することが実験的に確認された。

初年度はまた、本通電解体性接着剤を用いた簡易な分離機構(図5)を用いて、その分離特性を確認すると共に、時限剥離ラミネートの実現可能性を確認した。本接着剤は、高い初期強度を有するものの、長期にわたる耐久性に関する知見は極めて少ない。また、比較的低い Tg より、クリープによる強度低下が心配される。本研究では、この観点で、接合部位のクリープ破断が問題とならず、かつ高い継手強度を確保する手法について検討した。この結果、図5に示すような、機械的嵌合部を有する継手形状が有望であるとの結論に至った。

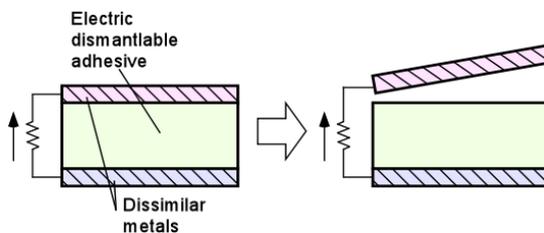


図2 時限接着の概念図



図3 各種金属接着試験片

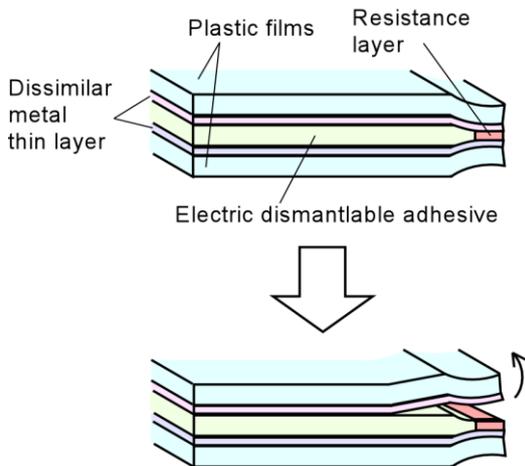


図1 通電剥離ラミネートの概念図

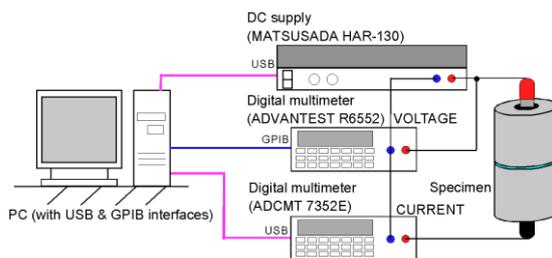


図4 通電実験装置の概略

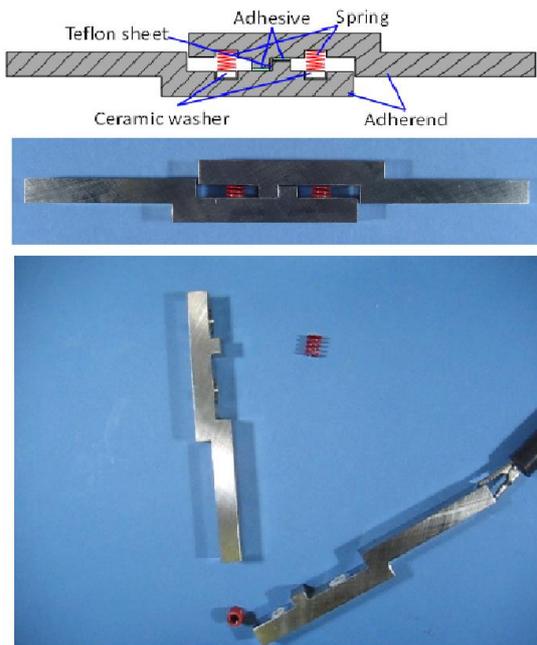


図5 通電解体性接着剤を用いた分離機構

次年度は、初年度とは違う観点で通電剥離接着剤の剥離特性を実験的に調べた。具体的には、接着剤層が特に薄い場合や、通電電流が特に小さい場合について調べた。この結果、接着剤層の厚さは大きな因子ではないものの、それが極めて小さいと、被着金属間で接触による通電が起こり易く、その抵抗が大幅に低下するため、時限剥離ラミネートには適さないことが分かった。また、印加電圧が10V以上では、剥離特性は通過電荷で一意に決定できるものの、それ以下では残存強度が低下しにくい傾向がみられた。さらに、通電電流が特に小さな場合も、強度の低下が極めて少ないことが分かった。すなわち、通電剥離を行うためには、通過電荷の総量だけでなく、電流や電圧の下限値も存在することが分かった。

これ以外にも、図6に示す治具を用い、本試験片の荷重状態での通電試験やクリープ試験を行った。この理由は、前述のように、本接着剤は対クリープ性が低いと見なされるので、この観点での試験は重要と考えられたためである。本試験結果より、以下の知見が得られた。まず、荷重状態で通電試験を行っても、強度低下率は無荷重時と変わりなく、したがって、剥離寿命予測が簡単に行えることが示唆された。一方、本接着剤のクリープ耐久性はやはり高くなく、このため、継続的な荷重条件では、電気的な時限剥離を待つまでもなく、単純なクリープ破断を生じてしまう可能性が明らかとなった。すなわち、本接着剤を死荷重と共に使用する場合には、クリープ強度を考慮した接合部の構造設計が必須であると考えられる。この観点で、図5に示した機械的嵌合部を有する継手形状が有望であることが再認識された。

次年度はまた、時限剥離ラミネートの試作



図6 クリープ試験の様子

も実施した。具体的には、アルミ箔の表面に、マイヤーバーを用いて通電剥離接着剤を薄く塗布し、その上に別のアルミ箔を置くことにより、ラミネートとした。この場合、アルミ箔が柔軟であり、また接着剤の粘度が高く、表面張力も高いため、アルミ箔への塗布によりカールが生じ、作成したラミネートには細かい皺が残った。この皺が、アルミ箔同士を接触させるため、電気抵抗の低下が生じ、通電剥離を阻害することが分かった。したがって、接着剤の最低厚さを確保することが肝要であり、この観点でガラスビーズなどのスペーサを接着剤に均一に混入することが必要と考えられる。

また、各種接着剤の耐湿試験を行い、その耐久性を比較した。具体的には、金属被着体を接着剤で接合し、湿度条件下で曝露し、その残存強度を実験的に調べた。この結果、湿度熱状態での接着剤の劣化は激しいものの、水分の拡散にも時間がかかるため、接合部の短時間での破断は生じにくいことが確認できた。

最終年度は、前年度に引き続いて、低電流・電圧状態での剥離特性を測定した。しかし、10Vを大幅に下回る電圧では、接着剤厚さを変更しても、十分な剥離が見られなかった。ラミネートの作成および10Vを超える電圧での剥離には成功しており、これ自体は研究の目的に合致している。しかし、この低電圧に対する剥離性の低下のため、満足のいく時限剥離性の獲得には未だ成功していない。一方、十分な時間の後に、電気化学的な要因で接着強度が低下している可能性も残るため、既に作成した試験片を長期間に渡り保持し、その後の強度変化を測定する研究を今後も継続する予定である。

4. 研究成果

本研究では、通電剥離接着剤を用い通電により剥離するラミネート材を作成すると共に、長期の通電により一定時間の後に接合強度が低下し自由に解体できるシステム（時限接着システム）の構築を目指し、通電剥離接着剤の基本的特性を測定した。この結果、通電剥離接着剤の特性の把握に成功し、さらに

通電剥離ラミネート材の作成が可能であることも確認できた。一方、接合部解体に要する電流や電圧には下限があり、これらが低い場合の時限解体は今のこと難しいことも確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① C. Sato, "Separation Properties of joints bonded with electrically dismantlable adhesive", 2nd International Conference on Structural Adhesive Bonding, July 4, 2013, Porto University, Porto, Portugal.
- ② Y. Kurata, C. Sato, K. Wakabayashi, S. Kondo and T. Aoki, "Properties of Resins for Adhesive in Hot-wet conditions", ASMP 2012, August 20, 2012, IIT Madras, Chennai, India.
- ③ C. Sato, H. Hsiote and M. Ohe, Mechanical Separation Properties of Electrically Dismantlable Adhesives, Adhesion 11, September 8, 2011, York University, York, UK.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等：特に無し。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 千明 (SATO CHIAKI)

東京工業大学・精密工学研究所・准教授

研究者番号：80235466