

射出成形による樹脂とアルミニウム合金の接合を可能にする 表面処理方法の開発

Development of a Surface Treatment Method that Enables Resin and Aluminum Alloy Joining by Injection Molding

村田拓哉*・今岡睦明**・谷岡晃和*・山下博子*・吉田晋一*

Takuya Murata, Mutsuharu Imaoka, Akikazu Tanioka, Hiroko Yamashita and Shinichi Yoshida

*電子・有機素材研究所 有機材料グループ、**元機械素材研究所（令和2年11月12日 逝去）

近年、自動車や電気機械産業において、軽量化や高付加価値化への要望から異種材料の接合が期待されている。その方法の一つが、薬品で粗化した金属表面に、樹脂を射出成形することで直接接合するものである。本研究では、汎用的なグレードの樹脂を使用し、エッチング及び陽極酸化被膜処理により表面粗化したアルミニウム合金に樹脂を射出することで、高強度な樹脂-金属接合体の作製を目指した結果、引張強さ 18.7MPa の接合体が得られた。

1. はじめに

自動車分野をはじめとし、電気機器、医療・福祉機器など多くの産業において、軽量化や高付加価値化が求められており、様々な開発が行われている。その中の一つに、樹脂と金属を接着剤やネジなどを使用せずに直接接合する技術がある。例えば、水和ヒドラジンやエッチング液により、金属表面に微細な凹凸を作製し、そこに樹脂を流し込むことで、アンカー効果を利用して接合を行うものである^{1,2)}。しかし、ヒドラジンの高い毒性が指摘されている。

一方、ヒドラジンを使用しない方法として、高橋ら³⁾は、エッチングによる金属の粗化を行っている。この方法は、硝酸亜鉛、塩化亜鉛など両性金属イオン源を含有させたアルカリエッチング剤、または、硝酸第二鉄、硫酸第二鉄など第二鉄イオン源を含有させた酸系エッチング剤を使用して処理を行っており、環境に配慮されたものとなっている。

そこで、本研究では、より簡便に樹脂と金属を直接接合するために、塩酸、水酸化ナトリウム、リン酸、硝酸等の混合及びイオン交換水による濃度調整により、エッチング液及び陽極酸化処理液を作製し、金属の表面処理を行った。処理後、汎用グレードの樹脂を処理した金属表面に射出し、接合を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材料の調製

金属には、(株)スタンダードテストピース社製のアルミニウム合金 A5052 及びステンレス鋼 SUS430 を用い、エッチング及び陽極酸化処理に供した。

表 1 にエッチング及び陽極酸化処理の手順を示す。エッチング及び陽極酸化処理を行う際は、事前に化学研磨を行い、表面を標準化した。化学研磨用溶液は、リン酸 400g、硝酸 25g 及び水 50g を 100°C で加熱しつつ、攪拌混合により作製した。作製した溶液にアルミニウム合金を 3 分浸漬することで、化学研磨を行った。エッチングは、塩酸、リン酸、水酸化ナトリウムの混合割合、濃度及び浸漬順番を変えて行った。陽極酸化被膜処理は、処理液に 0.4mol/L のリン酸を使用し、電流密度を 1A/dm² 及び 20A/dm² と変えて行った。

表 1 アルミ合金の粗化工程

処理番号	工程1	工程2	工程3	工程4	工程5	工程6
処理1	HCl	NaOH	HCl	NaOH		
処理2	HCl	NaOH	H ₃ PO ₄			
処理3	HCl	NaOH	HCl	NaOH	H ₃ PO ₄	
処理4		陽極酸化 被膜処理				
処理5	HCl	NaOH	HCl	NaOH	H ₃ PO ₄	陽極酸化 被膜処理

なお、化学研磨、エッチング、陽極酸化処理に用いる塩酸(HCl)、硝酸、リン酸(H₃PO₄)、水酸化ナトリウム(NaOH)は富士フィルム和光純薬工業製を使用した。

2.2 射出成形による接合及び物性評価

射出成形に用いた樹脂は、ポリアミド6の標準グレード(東レ(株)製アミラン CM1017)である。2.1で処理したアルミニウム合金を金型内にインサートし、射出温度250℃、射出速度20mm/sで成形を行った(図1)。接合体の強度は、引張試験による破断時の強度により求めた。

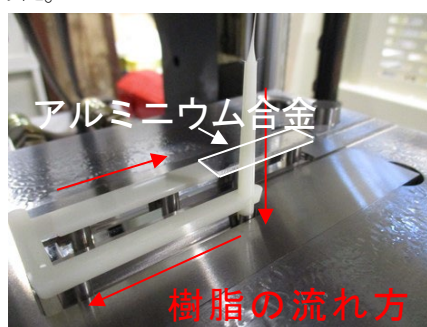


図1 射出成形による樹脂と金属の接合

3. 結果と考察

3.1 アルミ合金の表面処理及び射出接合

アルミニウム合金の粗化として、エッチング及び陽極酸化処理を行った。エッチングとして、アルミニウム合金を12%塩酸に20分浸漬、5%水酸化ナトリウムに5分浸漬を2回繰り返したのち、65%リン酸に5分浸漬した試料(処理3)及び陽極酸化処理を行った試料の表面写真を図2に示す。エッチングした試料には溝状の凹凸が見られ、粗化されている。一方、20A/dm²(処理4)にて陽極酸化処理を行うと、0.2μm程度の孔が見られた。さらに、エッチング後、陽極酸化処理を実施(処理5)したところ、10μm程度のセルが連なった構造が得られた(図3)。

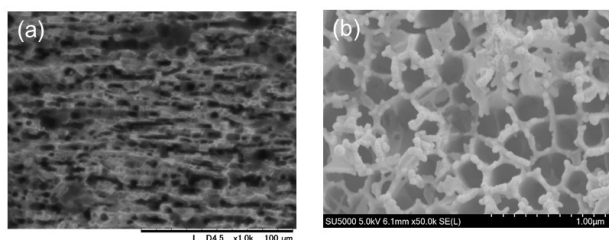


図2 エッチング(a)及び陽極酸化処理後(b)のアルミニウム合金表面

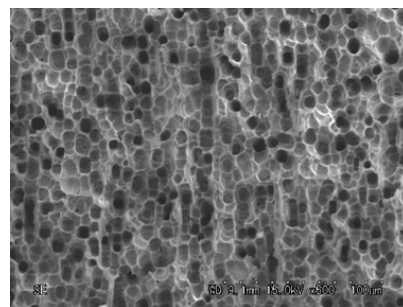


図3 エッチングと陽極酸化処理の併用(処理5)

表面処理を行ったアルミニウム合金とポリアミド6の接合体における接合強度を評価した(図4)。処理3及び処理4の方法では、17MPaを超えている。引張試験後の金属表面を観察する(図5)と、樹脂が残存しているのが確認されており、エッチングによる粗化部分に樹脂が入り込むことで、アンカー効果が生じ、接合強度が得られたものと考えられる。

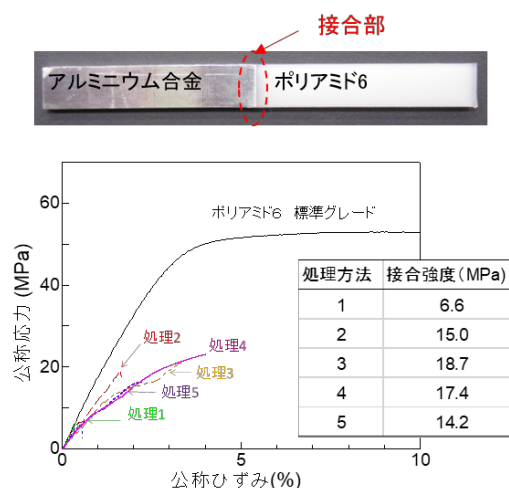


図4 表面処理方法による接合強度の変化

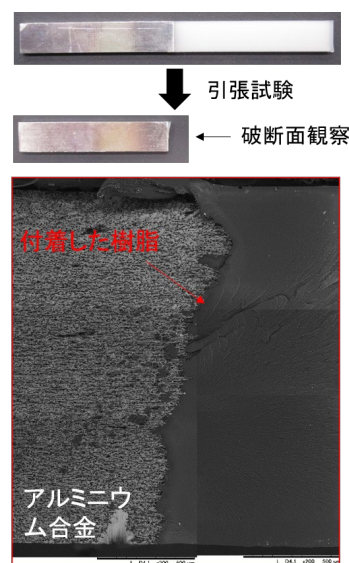


図5 引張試験後の電子顕微鏡写真

3.2 表面処理のステンレス鋼への応用

ステンレス鋼の粗化について、ステンレス鋼は不動態皮膜の作用により耐食性が高いため、エッチングには、腐食性の高いフッ硝酸（フッ化水素酸と硝酸の混合液）や王水（硝酸と塩酸の混合液）があるものの、人体及び環境への問題が懸念されている。そこで、硝酸、王水を使用しない方法として、アルミニウム合金の粗化に用いた塩酸、リン酸での処理方法を応用した。

塩酸とリン酸を混合し、60°Cに加熱した処理液にステンレス鋼を20分浸漬し、その試料をレーザー顕微鏡（キーエンス製 VK-9500 Generation II）によって観察したところ、図6及び表2に示すように、塩酸とリン酸の混合溶液での処理は、王水と同等の凹凸が確認できた。なお、表2中のRaは算術平均粗さ、Rzは最大高さ（最大山高さと最大谷深さの和）である。従って、本研究で得られた塩酸とリン酸の混合溶液による方法は、フッ硝酸や王水の代替材料として使用できる可能性が見出された。今後、アルミニウム合金と同様に射出成形による樹脂との接合を検討したい。

4. おわりに

今回、エッチング及び陽極酸化処理により、アルミニウム合金の粗化及びポリアミド6との射出接合を行った。その結果、粗化により生じた凹凸部に樹脂が入り込むことで、アンカー効果が得られ、接合可能であることが分かった。今後、粗化状態をさらに分析し、より詳細に接合メカニズムを明らかにしたい。

文献

- 1) 板橋 雅巳, 富永 高広; 金属と樹脂の射出接合技術 (NMT) ~技術概要, 製品事例および技術の可能性~, 計測と制御, 54(10), p.771-772 (2015).
- 2) 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, 66 (8), p.359-362 (2015).
- 3) 高橋 勝, 林 知紀, 内藤 勇太, 出口 友香里, 大串 亮, 千石 洋一, 佐藤 未菜, 岡田 万佐夫; アルミニウム-樹脂複合体の製造方法, 特開 2013-52671

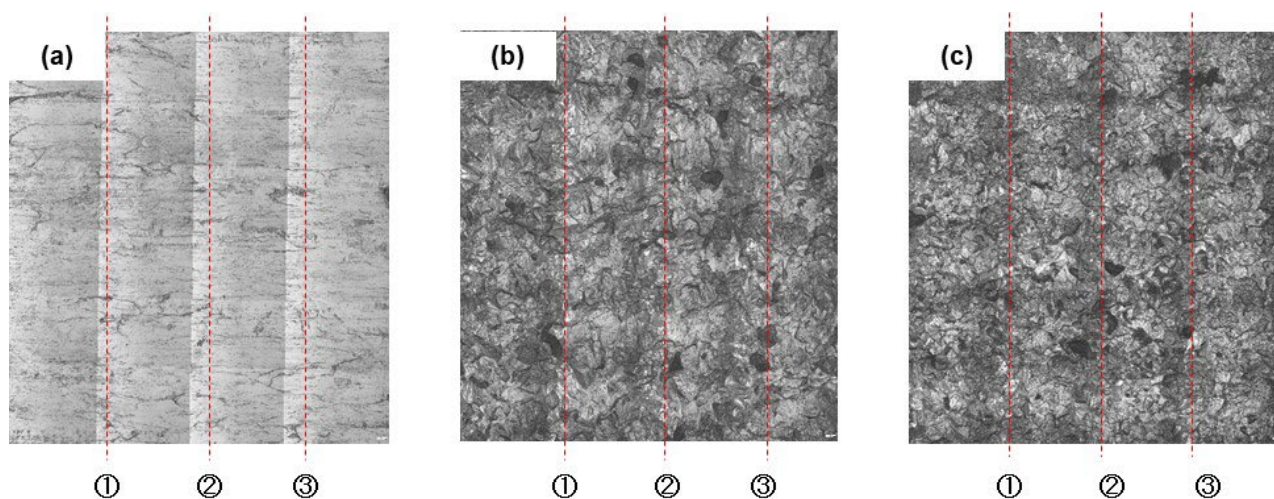


図6 塩酸とリン酸の混合溶液によるステンレス鋼のエッチング表面 (a) 未処理、(b) 王水処理、(c) 塩酸、リン酸混合溶液

表2 レーザー顕微鏡による粗さ測定結果 表中の①~③は、図6中の①~③に対応

	未処理(a)			王水処理(b)			塩酸、リン酸混合液処理(c)		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
Ra	0.09	0.1	0.11	2.46	3.52	2.34	4.12	2.77	2.89
Rz	1.33	1.6	1.52	14.14	20.04	13.96	18.13	17.31	16.83

単位：μm