

FSW ツールの表面機能化に関する研究

加工技術課 柿内茂樹, 富田正吾 評価技術課 氷見清和

株式会社 北熱 田辺政哉, 政誠一

1. 緒言

摩擦攪拌接合 (FSW)法で使用されるツールは接合時に被接合材料間で生じる摩擦熱や応力が負荷され、接合条件が適正でない場合、ツールが破損し接合材内部に埋没する恐れがある。前報¹⁾では、ツールの耐久性の向上や接合品質の向上を目的に、①コーティング膜の摩擦摩耗試験、②試作ツールの接合時に負荷される主軸モータ負荷を調査、③接合試験後のツールの外観評価をした。摩擦摩耗試験の結果、DLC 材はアルミニウム (Al)合金の凝着が少なく、TiN 材は Al の凝着が多い傾向を示した。耐凝着性の観点から DLC 膜が有効と考えられた。しかしながらコーティングツールの耐久性や接合品質に与える影響については不明瞭な点が多い。そこで本研究では、各コーティングツールを用いて接合して、接合欠陥の有無を調査するとともに、攪拌時に生じる負荷を繰り返し与えることにより、コーティングツールの耐久性について評価した。

2. 実験方法

ツールの寸法はショルダー径 $\phi 14$ mm, プロープは M4~M5 のテーパ形状とし、プロープ長さは 4.5 mm とした。接合試験の場合、回転速度を 750~2000 rpm, 接合速度 v を 200~750 mm/min に変化させて接合した。ツール中心軸とショルダー面の交点に熱電対の先端を設置し接合中の温度を計測した(温度変化測定装置: 光生アルミニウム社製, 測温くん)。接合継手は突合せ継手とした。ツール耐久試験²⁾の場合、回転速度 1500 rpm, 移動速度 300 mm/min の条件で、ビードオンプレートを繰り返して評価した。ツール表面には、TiN、DLC を成膜、およびイオン窒化処理した。各試験後、接合試験の場合は、接合部の断面観察を行い、接合欠陥の有無を調査した。耐久性試験の場合、接合中に折損したプロープを被接合材ごと切り出してプロープ断面を観察した。

3. 実験結果

図 1 に各種ツールの接合適正条件範囲を示す。いずれのツールにおいても、概ね同等の条件範囲を示した。図 2 に各種ツールの接合中のツール温度変化を示す。なお、接合条件は 1500rpm, 300mm/min である。いずれのツールもツール温度は約 500°C に達していた。ここで DLC は Al に対する摩擦係数が低く、凝着が少ないため、他のツールとは異なる接合性が期待されたが、耐久試験中に耐熱温度を越えてグラファイト化^{3,4)}したため、接合性に影響を与えなかったものと推測された。図 3 に耐久試験中に折損した後のツールの断面写真を示す。TiN、イオン窒化のツールに比べて、未処理のツールはネジ山の幅が減少し谷間が広がっており、摩耗が大きい傾向を示した。図 4 に各ツールが破損するまでの総移動距離を示す(N=2 の平均値)。未処理ツールは移動距離が約 60 m、イオン窒化のツールは約 90 m、TiN は約 50 m であった。

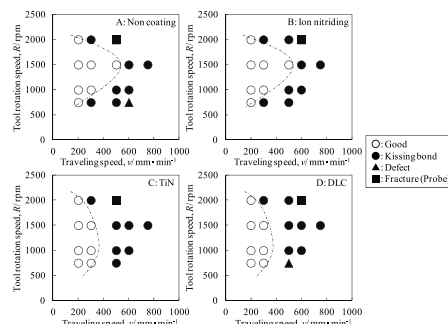


図 1 各種ツールの接合適正条件範囲²⁾

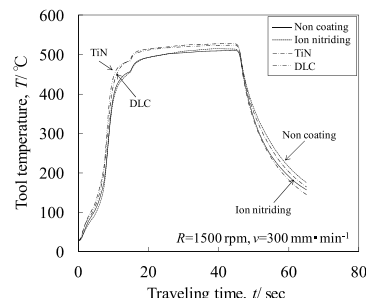


図 2 各種ツールの接合中のツール温度の変化²⁾

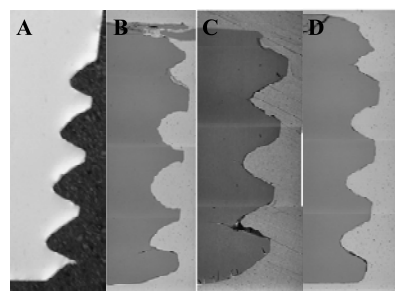


図 3 各種折損後のツールの断面写真²⁾

(A: Before joining, B: Non coating, C: Ion nitriding, D: TiN)

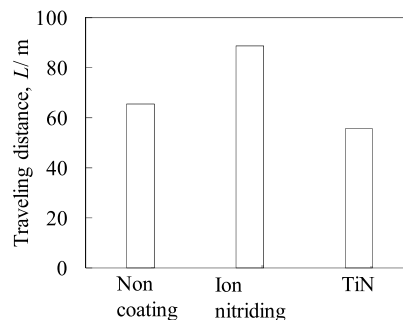


図 4 各種ツールの破損までの移動距離

参考文献

- 1) 柿内茂樹, 富田正吾, 田辺政哉: 富山県工業技術センター研究報告, **26**, (2012), 75.
- 2) 田辺政哉, 政誠一, 柿内茂樹, 富田正吾: 溶接技術, **61**, (2013), 78-85.
- 3) 田辺政哉, 政誠一, 柿内茂樹, 富田正吾: 溶接学会講演概要, **91**, (2012), 210.
- 4) 三尾淳, 森河和雄, 仁平宣弘, 角谷透, 鈴木薫: 東京都立産業技術研究所研究報告, **4** (2001), 1-4.