

5052 アルミニウム合金丸棒の高速回転摩擦圧接における温度分布と寄り挙動の計測

日大生産工(学部) ○國吉 雄太
 日大生産工 野本 光輝, 前田 将克, 岡本 孝明
 元日大生産工 加藤 数良

1. 緒言

固相接合の一種である摩擦圧接は金属材料や樹脂の丸棒の一方に回転運動を与えながら端面どうしを押圧することにより、接合界面で発生する摩擦熱を利用した接合法である。その利点として、作業性や再現性に優れ、接合雰囲気を選ばず、エネルギー消費量が少なく、自動化製造ラインに組み込む等が挙げられ、自動車産業をはじめとした様々な産業分野で利用されている。

しかし、従来の研究では直径 10mm 以下の細径材の摩擦圧接の研究はほとんど報告されていない。これは、細径材では要求される周速度を得るためには著しく高い回転数が必要となるためである。高速回転運動中の材料の温度計測は非常に困難であり、これまでは固定側 (Fixed side: FS) 材料のみでしか行われていなかった¹⁾。低速回転条件下の接合では、FS と回転側 (Rotated side: RS) の温度分布にはほとんど差が生じないため、問題とはならなかった。しかし、高速回転条件下での接合では同種材接合においても FS と RS で硬さ分布に明瞭な差が生じることが報告されており¹⁾、接合中の材料の受ける温度履歴が FS と RS で異なることを示唆している。高速回転する RS 材料表面から雰囲気への放熱量が FS のそれよりも大きいことがこの差異を生じる原因であると予測される。

本研究では、6000rpm 以上の高速回転で摩擦圧接した場合の RS 材料を含む供試材各部の温度履歴と寄り挙動を計測するシステムを開発し、直径 10mm の 5052-H34 アルミニウム合金丸棒どうしの摩擦圧接に適用した。そのデータを RS 材料と FS 材料の温度分布および寄り挙動に生じる差異に着眼して解析した結果を報告する。

Table 1 Friction welding condition range.

| Parameter | Symbol | Unit | Value/range |
|-------------------|--------|------|-------------|
| Rotational speed | N | rpm | 6000~10000 |
| Friction pressure | P_1 | MPa | 20 |
| Friction time | t_1 | s | 30 |
| Upset pressure | P_2 | MPa | 40 |
| Upset time | t_2 | s | 5 |

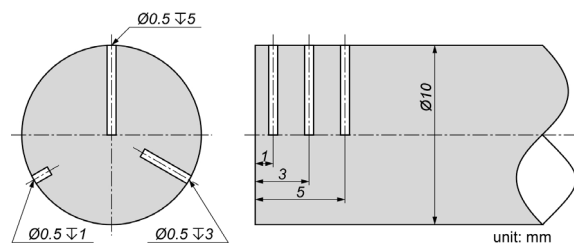


Fig. 1 Temperature measuring positions.

2. 供試材および実験方法

供試材には 5052-H34 アルミニウム合金丸棒 (直径 10mm) を長さ 30mm に機械加工したものをを用いた。丸棒の各点に熱電対を埋め込み、接合面をメチルアルコールで脱脂洗浄後に接合に供した。

接合は全自動摩擦圧接機を用い、過去の予備実験より選定した Table 1 に示す圧接条件を組み合わせて行った。測定には K 種熱電対 (素線径: 0.1mm) を使用し、FS, RS ともに Fig. 1 に示す位置に挿入してサンプリングレート 100 Hz で計測した。寄り挙動は摩擦圧接機に組み込まれた変位計を用いてサンプリングレート 100 Hz で計測した。

3. 実験結果および考察

回転数 6000, 8000, 1000rpm における接合時の接合面から 1mm, 材料表面から深さ 1mm の測定点における温度履歴を FS と RS で対比して Fig. 2 に示す。いずれの回転数においても、接合開始と同時に温度は急速に上昇し、約 400°C に到達したところで昇温速度が緩やかとなる。各回転

Temperature distribution and axial shortening behavior during high rotational-speed friction welding of 5052 aluminum alloy rods
 Yuta KUNIYOSHI, Mitsuteru NOMOTO, Masakatsu MAEDA,
 Takaaki OKAMOTO, and Kazuyoshi KATOH

数におけるFSとRSの温度差の変化をFig. 3に示す。6000rpmではFSのほうがRSよりも温度が高くなるのに対し、8000rpmでは接合初期段階を除いてRSとFSの温度にほとんど差はなく、10000rpmではRSのほうがFSよりも温度が高くなる。

回転数が高いほど摺動周速度が高くなるため、単位時間当たりの摩擦発熱量が大きくなるが、本研究で採用した接合条件範囲の中では昇温速度が変化する温度は約400°Cであり、

従来は、高速回転による雰囲気の流動に伴う放熱によりRSのほうがFSよりも温度が低くなると予測されていた。しかし、本研究の結果は6000rpmではこの予測と合致したが、より高い回転数の8000および10000rpmでは逆となっている。RS材料の回転数が高いほど、それと接する雰囲気の攪拌が強くなることで雰囲気への放熱が容易になる。その一方で、RSに接する雰囲気は攪拌を受けてラジアル方向へ流出するため、FSから冷たい雰囲気が流入する。回転数が低い場合は雰囲気の流動速度が高くないためFS材料を冷却することなくRS材料の放熱が主として行われるが、回転数が10000rpmまで高くなると、雰囲気の流入速度も上昇してFS材料を冷却する熱流束が無視できなくなると推測される。このため、高速回転摩擦圧接では雰囲気の流動も含めて考慮せねば正確な温度制御が難しくなると言える。

回転数6000rpmでの摩擦圧接における全寄り代の変化挙動を温度変化と合わせてFig. 4に示す。全寄り代は、接合初期段階ではほとんど増加しないが、摩擦時間0.6s経過後はほぼ一定速度で増加する。寄り代が増加開始するときの温度はFSで258°C、RSで228°Cとなっている。FS材料の当該温度での0.2%耐力は55MPaであり、これは摩擦圧力(20MPa)よりも高い。この現象を理解するには以下の2点を考慮する必要がある。一つは、測温点が接合界面から1mm離れている点である。実際の接合界面温度は上記の値よりも高いと考えられる。もう一つは、材料の降伏が摩擦圧力だけでなく、界面での摩擦力と合わせた相当応力で判定される点である。そのため、今後は摩擦トルクの計測も必要となる。

4. 結言

以上の結果から細径丸棒どうしの高速回転摩擦圧接の場合、回転数によって温度分布がFS部材とRS部材で異なること、寄り挙動が材料の耐力と温度に密接に関係していることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 浅野裕紀ら: 軽金属, 65 (2014), 485-491.

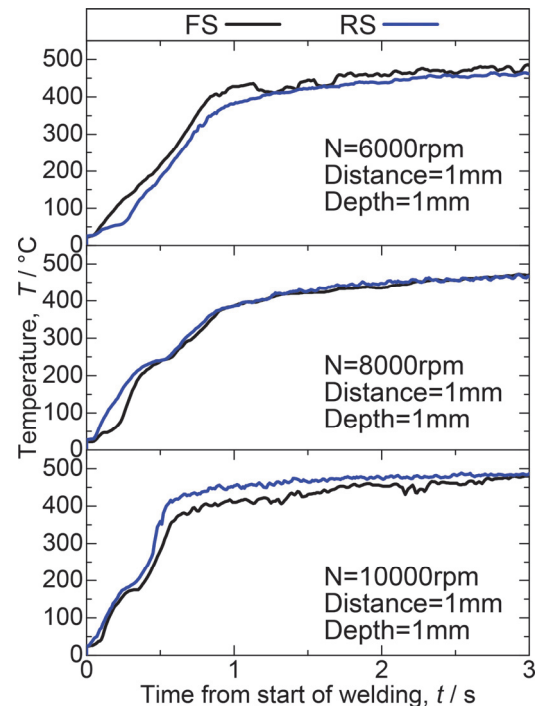


Fig. 2 Temperature histories at 1 mm distant from the welding interface and 1 mm deep from the columnar surface of the FS and RS samples.

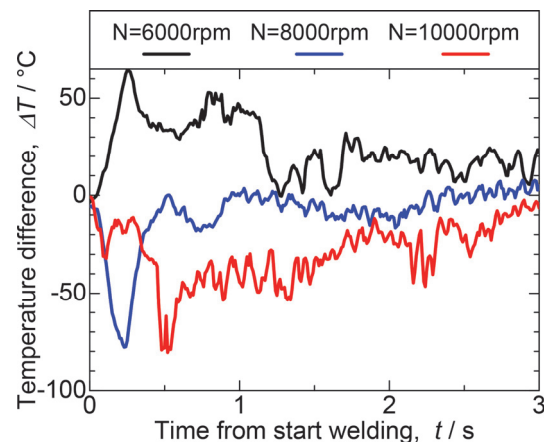


Fig. 3 Change in the temperature difference between FS and RS.

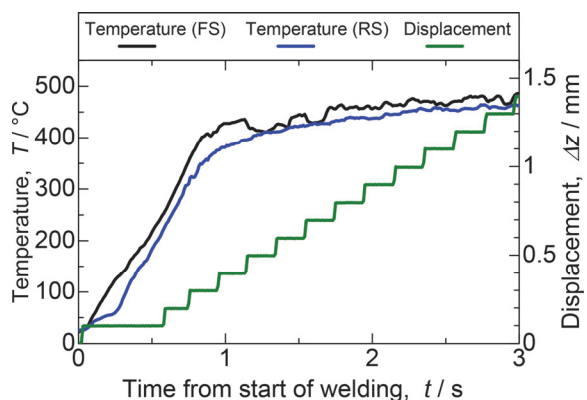


Fig. 4 Temperature histories and displacement behavior during welding with $N = 6000$ rpm.