高速回転摩擦圧接における摩擦時間と継手組織変化の相関 _{日大生産工}院) 〇宮崎 泰輔 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

摩擦圧接とは、圧力と摩擦熱によって接合 阻害層の除去と清浄面の密着を行うことで接 合を達成する、固相接合の一種である. 接合 時には材料同士が相対運動と摩擦熱によって 軟化,変形することで,接合阻害層を接合界 面から押し出し、ばりとして排出する. この 一連の変形とばり排出の過程では、接合条件 によってその範囲や接合界面近傍の内部組織 が変化することが知られている ¹⁾. しかし, これらの変化が生じる機構に関する報告は少 なく、未だ十分に解明されていない、これは 接合中の材料の端面組織に対して摺動や圧縮, 熱による軟化等,様々な変化が同時に起こり, その変形挙動を正確に捉えるのが困難である ことに起因する.この問題に対し本研究では, 被接合材の接触面において, 接合開始から 1.0s程度経過する間に相対運動による摺動が 変形に移行することに注目し、その過程を時 間経過に沿って観察することで、接合中の接 触面の組織挙動を考察する.

2. 実験方法

供試材には直径 10mm の A5052B-H34 丸 棒材を長さ35mm に機械加工し, 圧接前に接 合面を脱脂洗浄したものを使用し、全自動摩 擦圧接機を用いて接合を行った. 過去の実験 より, 摩擦時間 (Friction time 以下 t1) 0.4s 以降で全面摺動が確認され, 1.0s 程経過する ことである程度の引張強度が生じたことから, 本実験ではTable.1に示すt1を0.1sから0.1s 間隔で1.0sまでとし、実験を行った.これら の試験片は後述する観察と材料試験で使用す るため各条件につき2本作成した.実験では 摩擦時間経過による接合中の印加圧力と寄り の挙動、接合機の主軸回転数を摩擦圧接機に 組込まれた変位計を用いて、サンプリングレ ート 100Hz で計測した. 得られた各継手はば りを除去後, 引張試験(JIS Z2241)を行い, 摩 擦時間経過による引張強度の推移と破断面の 形状変化を観察した.また,接合進行中の界

面近傍組織の変化を観察するため、継手の接 合界面近傍の横断面を微視的観察した.この 観察は前述した引張試験を行い破断した継手 にも行い、両者を比較することで接合初期の 引張強度を生じさせる組織を判別した.微視 的観察の際は fig.1 に示す実線で囲われた観 察用継手の界面中央付近(a)と破線で囲われ た破断させた継手の界面中央付近(b)の2か 所で行った.

Table 1 Friction welding conditions

Rotational speed	Ν	(rpm)	12000
Friction pressure	P 1	(MPa)	20
Friction time	t 1	(s)	0.6 ~ 1.0
Upset pressure	P ₂	(MPa)	40
Upset time	t 2	(s)	5



Fig.1 Observed Positions

3. 実験結果および考察

引張試験により得られた t_1 の経過による破断面の変化をFig.2に示す. $t_1=0.1s$ では接合されておらず,破線で囲われた部分は接合前の切削痕が観察される.材料端部の外周部に摺動痕が見られ, $t_1=0.3s$ までにこれが中心に向けて拡大する過程が確認できた. $t_1=0.4s$ では0.3sまで確認できた破線の未摺動部が無くなり,全

Evolution of interfacial structure during high rotational-speed friction welding

Taisuke MIYAZAKI, Masakatsu MAEDA

面摺動が達成されることがわかった.この時点 では引張強度が確認できないため, 接合はされ ていない. t1=0.5sが経過すると引張強度が発 生し(Fig.3参照), 断面にも赤実線で囲んだ破断 箇所があらわれる.破断箇所は中心付近と外周 部の一部であり、この範囲と分布はt1=0.8sま でほとんど変化がなく維持されていた. 過去の 実験で行った外観観察より,継手のばりの発生 は接合開始から0.7s~0.8s程度で生じ始めて いたことから, 観察された破断面では接合阻害 層等のばりの排出が始まる直前であり、これら が接合を妨げていると考えられる. t1=0.9s及 び1.0sでは破断部の拡大が確認されるととも に、外周部で母材が変形するほど強固に接合し ている箇所が存在した. この強固な接合部は t1=0.8sまでの接合状態が進行し新生面同士の 接触及び圧着が達成された箇所と考えられる.

Fig.3は上述の破断面を得た時の引張強度を 摩擦時間の経過に沿ってプロットしたもので ある.0.4s以前は強度が発生しなかったため省 略した.ti=0.5s~1.0sまで徐々に強度が向上し ていく挙動を示したことから,接合が0.5s間と いう短時間で進行することが分かった. ti=0.5s~0.8sでは断面の形状が変化しないに もかかわらず強度が向上するのは,後述する印 加圧力の変化によって生じていると思われる.

実験で得られた接合中の回転数と負荷圧力 の推移をFig.4に示す. 左軸が回転数, 右軸が 負荷圧力を表し,変位計から得られたデータか ら,被接合材の材料端部が接触した時間を0.0s としている. このグラフの実験はt1=0.6sとし ており,回転数の挙動はそれに沿ったものであ るが、t₁=0.6sでの摩擦圧力(Friction Pressure 以下P₁)は約3MPaと設定値より小さい値とな っていることが分かった.また,設定値の 20MPaに到達するのは約1.3s経過後であり, 今回の実験条件で規定したt₁の範囲内では規 定圧力を下回っていたと考えられる. このこと から摩擦圧接の初期状態では相対運動(摺動) のよる材料端部の変形が主であり,圧力による 端面同士の密着が不十分であることが分かっ た. t1=0.5s~0.8sにおいて断面形状の変化が 小さいにも拘らず強度が上昇するのも,材料端 部の組織変形だけでなく負荷圧力が増加する ためと考えられる.

参考文献

- 例えば,軽金属学会,アルミニウムの組織 と性質,pp455
- 例えば、浅野裕紀ら、軽金属、第65巻、第 10号、pp.485-491.



Fig.4 Transition of Rotational speed and Load pressure