

# 小型摩擦圧接機の試作と接合結果の紹介

青山 正樹\*

名古屋大学工学部・工学研究科技術部

## 1. はじめに

一般に摩擦圧接は圧接品質が高く、低コストで高強度の継ぎ手が得られることから幅広い産業分野での重要部品の接合に適用されている。しかし多くは比較的大きな部材径の接合に適用されており、小径の部材への適用への例は少ない。そのため接合現象の部材径の影響について実験を行うため小径部材の摩擦圧接が可能な、摩擦圧接実験装置の製作について材料プロセス工学専攻熱加工プロセス講座篠田助教からの業務依頼を受け製作を行った。図1に摩擦圧接法の模式図を示す。このように一定の圧力  $P1$  のもとで接合する両部材をつき合わせ相対的な回転運動による摩擦熱により接合部を加熱する。両部材が適当な軟化状態になった時に相対運動を停止させ、アップセット圧力  $P2$  を加えて圧接する方法である。このような摩擦圧接装置は通常油圧などで加圧する装置が一般的であるが、よりコンパクトな装置とするためサーボモータとボールネジにより位置制御を行い加圧する電動式の小型摩擦圧接装置の試作を行った。まず比較的製作の容易な横型構造の試作機を製作し、それをもとにさらに操作性及び能力の向上を図った縦型の摩擦圧接機を製作した。これら2台の小型摩擦圧接機の概要と、それぞれの基本性能確認のための接合実験を行ったのでその結果について紹介する。

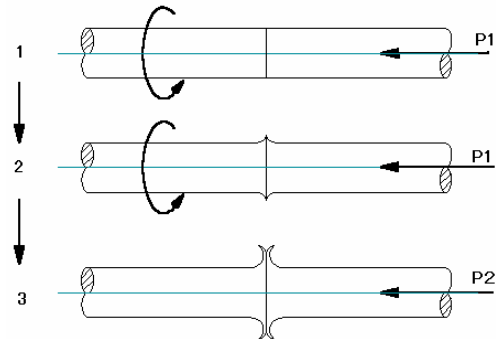


図1 摩擦圧接模式図

## 2. 装置の概要

### 2-1 1号機の概要

図2に今回試作した小型摩擦圧接機の概略図を、図3に装置外観写真を示す。この摩擦圧接装置は約600×400mmのプレート上に主軸駆動用モータ、主軸及び移動ステージが配置され、さらに主軸モータ用インバータおよび制御用のパソコンから構成されている。接合は主軸チャックに取り付けられた部材が回転し、移動ステージに取り付けられたもう一方の部材が軸方向に移動し行く。主軸にはミーリング用の20ストレート軸コレットチャックを用い、これにアンギュラベアリング2対を取り付けハウジングに固定し使用した。

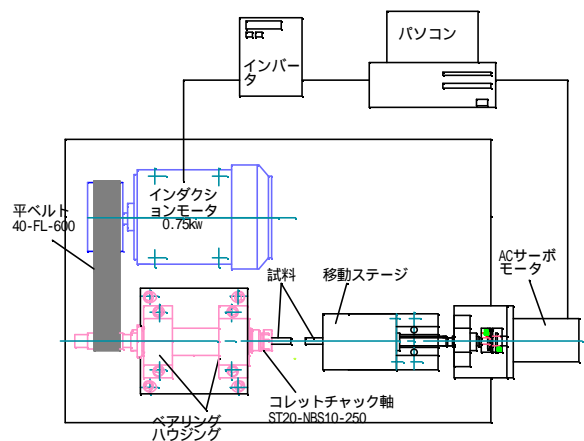


図2 1号機概略図

\*装置開発技術系

主軸の駆動は2極 0.75Kw のインダクションモータを用い平ベルトにより伝達した。またインバータにより回転数を変化させることができ主軸の最高回転数は 20000RPM となっている。主軸の減速はインバータの電気制動のみで行い、特に機械的なブレーキは付帯させていない。移動ステージはサーボモータにより駆動しスライドする。サーボモータへの位置指令はパソコンで行っている。移動可能ストロークは125mmであり、最大推力は300kgである。



図3 1号機外観

接合手順は、まず主軸側および移動軸側チャックに接合部材をそれぞれ取り付け、両部材の端面が接触するところまで移動ステージを動かす。パソコンに寄り代、寄り速度、アップセット量およびアップセット速度を入力し接合をスタートさせる。スタートすると一旦任意の量だけ後退し主軸が起動を開始すると同時に、指令した寄り速度で前進をはじめ。これは両部材が接触する時には十分に主軸回転数および寄り速度を指令値まで上昇させるためである。その後寄り代ぶんだけ移動を行うと主軸は急停止し指令したアップセット速度でアップセット量を移動し接合が完了する。



図4 2号機外観

## 2-2 2号機の概要

図4に2号機の外観写真を示す。このように縦型の装置とし主軸側が軸方向に移動し上方から押し付け接合を行う構造とした。また位置指令などの制御を1号機ではパソコンを用いていたが、2号機ではシーケンサによって行った。そのため本体にパソコンを付帯させる必要がなくなり装置全体の構成が簡素化した。主軸には進桜電気(株)製スピンドルモータを用いた。モータ出力はより広範な材料の圧接が可能ないように1号機より大きくし2.2Kwとした。最高回転数は1号機同様20000RPMである。軸移動はリニアガイド、ボールネジおよびサーボモータから構成される移動ステージ上にスピンドルモータを取り付けおこなっている。移動ストロークは200mmとし、最大推力は1号機の約3倍の900Kgとした。接合手順はほぼ1号機と同様である。

## 3. 接合実験

### 3-1 実験方法

本装置の基本性能の確認のため各圧接条件により圧接を行い引張試験により接合強度を調べた。共試材にはSS400 6mm丸棒の先端を4mmに加工したものをを用いた。引張試験は接合により生じ

たバリが接合強度に影響しないように旋削加工により削り落として行った。

### 3-2 1号機の実験結果及び考察

図5に接合後の部材の外観写真を示す。通常の摩擦圧接継ぎ手と同様にバリの形成、表面の温度上昇による変色などが確認された。図6に1号機で接合を行った時の寄り代と引張強さとの関係を示す。ばらつきはあるものの寄り代が小さくなると引張り強さが大きくなる傾向が見られる。また回転数別に見てみると、16000RPMで引張り強さが大きく、20000RPMでは小さくなる傾向が見られた。これは主軸の停止時間に起因しているものと考えている。本装置では主軸回転が停止し始めると同時にアップセットが始まるため、20000RPMでは完全に回転が停止するまでの時間が長くなり、主軸回転が完全に停止してからのアップセットが十分行われなかったと考えられる。そのため接合強度は寄り代が小さいほうで母材強度の80%程度得られたものもあるが、ほとんどが十分な接合強度は得られておらず、母材強度の半分以下であった。これはアップセットが適切に行われていないことが接合強度に大きく影響しているものと思われる。図7に回転数16000RPM時における寄り速度と引張り強さの関係を示した。図のように寄り速度大きい方が引張り強さは向上していることがわかる。

以上の結果からさらに接合強度を高くするためにはアップセット時間を長くする必要があると思われる。そのためアップセット量を大きくするか、アップセット速度を遅くするかどちらかを行う必要がある。そこでアップセット速度は1mm/sとそのままで、アップセット量を1mmと大きくした場合と、アップセット量は0.5mmと変えず、アップセット速度を0.5mm、0.25mmと遅くした場合について再度接合を行った。

図8にアップセット量1mm、アップセット速度1mm/sの時の各回転数における寄り代と引張強さの関係を示した。いずれの回転数においても母材強度と同等な十分な接合強度が得られた。図9にアップセット量0.5mmにおいてアップセット速度を遅くし、アップセット時間を長くした時のアップセット



図5 接合部材外観写真

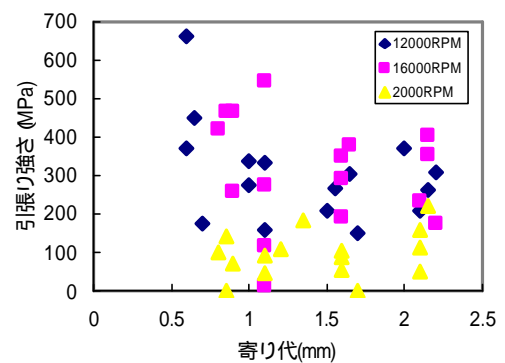


図6 寄り代と引張り強さの関係

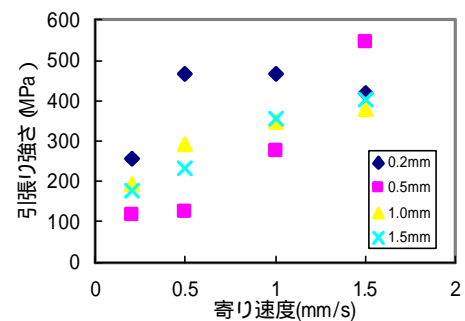


図7 寄り速度と引張り強さの関係

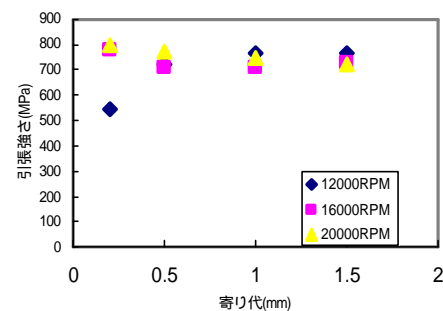


図8 アップセット量1mmでの寄り代と引張り強さの関係

時間と引張強さの関係を示した。アップセット速度を 0.5 mm/s と遅くすることにより 16000RPM では母材強度と同等な接合強度が得られた、しかしアップセット速度を 0.25 mm/s とさらに遅くした場合には、アップセット速度 0.5mm/s のときの約半分に接合強度が小さくなっている。これはアップセット速度を遅くし回転停止からのアップセットを十分に行えるようにしても、あまりアップセット速度を遅くしすぎると、十分なアップセット圧力が作用しないためではないかと考えられる。

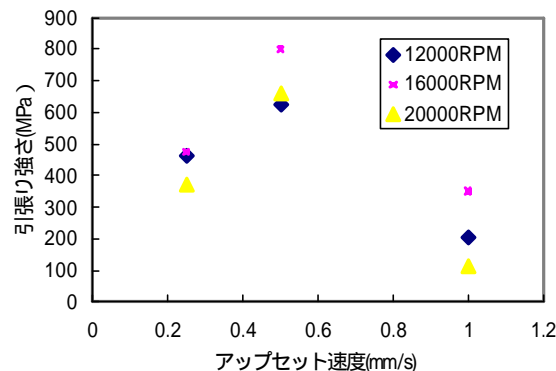


図9 アップセット速度と引張強さ

### 3-3 2号機の実験結果および考察

図10、図11に2号機での接合結果を示す。図10は回転数16000RPMのときの寄り代と引張り強さの関係をより速度別に示した。アップセット量は0.5mm、アップセット速度は1mm/sで1号機でのアップセット時間を長くする前の接合条件と同じである。これによると寄り代が小さいほうで引張り強さが大きくなる傾向が見られた。また図11に寄り速度と引張強さの関係を示した。寄り速度が大きくなるに従い接合強度が高くなる傾向が見られる。これらは1号機と同様の傾向であった。寄り代が大きく、寄り速度が小さい条件において母材強度に満たないものがあるが、ほぼ母材強度と同等の接合強度が得られた。これは2号機のブレーキ性能が1号機のものより良好であったためと考えられる。

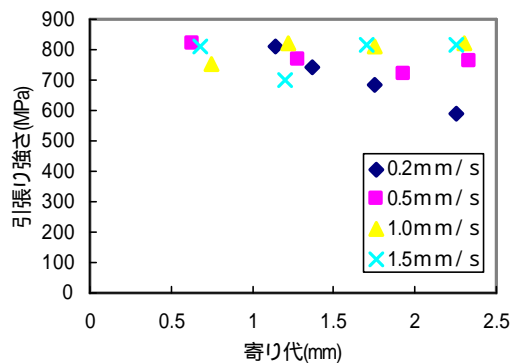


図10 2号機の寄り代と引張強さの関係

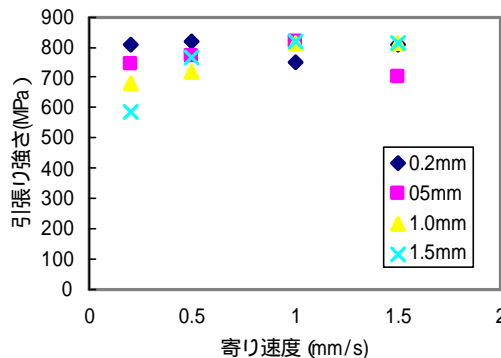


図11 2号機の寄り速度と引張強さの関係

## 4. おわりに

今回小型摩擦圧接機1号機および2号機を製作し以下のことを得た。

- (1) いずれも小径材の摩擦圧接を行える十分な性能を有する装置を製作することができた。
- (2) 本装置により母材強度と同等の接合強度を有する圧接を行うことができた
- (3) 圧接実験により寄り代が小さい条件およびより速度が大きい条件において圧接強さが大きくなることを確認した。

## 参考文献

竹上弘彰；細径材の摩擦圧接 溶接学会全国大会講演概要集 第69集、(2001)、152-153