

摩擦圧接を用いた細径ステンレス鋼丸棒の機械的性質

日大生産工(院) ○野中 裕貴

日大生産工 前田 将克 加藤 数良 岡本 孝明

1. 緒言

摩擦圧接は固相接合の一つとして位置づけられており、金属同士を突き合わせ回転接触させ発生する摩擦熱を利用して接合する工法である。そのため抵抗溶接などと比較して低い接合温度での接合が可能で、エネルギー効率がよく、再現性が高いため、品質の安定化が図れるなどの特徴を有している。一方で、近年自動車をはじめとした輸送機器やスマートフォンやデジタルカメラなどの電子機器の軽量化や小型化が注目されている中で、構造材料に用いている材料は薄肉化、細径化が進んでいる。そこで、装置の小型化などを考えると細径丸棒の摩擦圧接の検討が必要である。しかし、摩擦圧接におけるこれまでの研究報告は、 $\phi 10\text{mm}\sim\phi 30\text{mm}$ 程度の素材を対象としたものがほとんどであり、細径材の摩擦圧接ではアルミニウム合金の報告はあるが、ステンレス鋼での報告が少ないのが現状である。

本研究では、SUS304ステンレス鋼同種の摩擦圧接を行い、得られた継手の組織および機械的性質に及ぼす回転数の影響について検討した。

2. 供試材および実験条件

供試材には市販の $\phi 3\text{mm}$ のSUS304ステンレス鋼を用い、長さ40mmに機械加工し、摩擦面を脱脂洗浄後実験に供した。(以後、SUS304と称す)。母材の機械的性質をTable 1に示す。摩擦圧接には全自動摩擦圧接機を使用し、予備実験より選定したTable 2に示す条件を組合せて実験を行った。得られた継手に対し、巨視および微視的組織観察、硬さ試験、引張試験を室温で行った。引張試験は、継手の外ばりのみを切削し、平行部中心と接合界面を一致させたJIS2号試験片に準じた形状とした。

Table 1 Mechanical properties of base metal.

Material	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
SUS304	956	47.5	222

Table 2 Friction welding conditions.

Rotational speed	N	(rpm)	8000~20000
Friction pressure	P_1	(MPa)	50
Friction time	t_1	(s)	1, 2
Upset pressure	P_2	(MPa)	100
Upset time	t_2	(s)	2

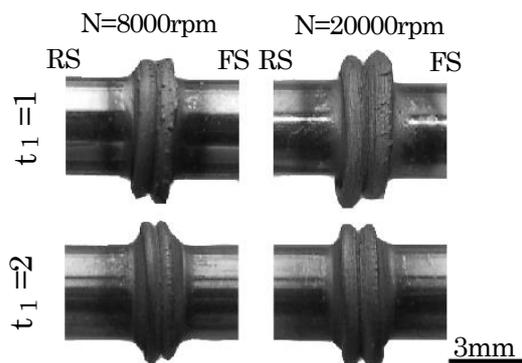


Fig.1 Appearances of friction welded joint.

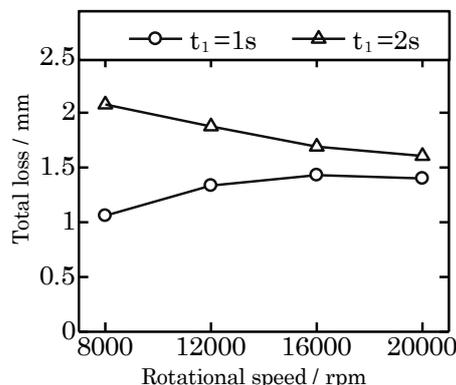


Fig.2 Relation between rotational speed and total loss.

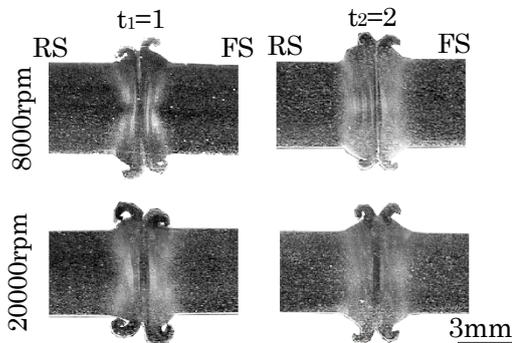


Fig.3 Macrostructures of friction welded joint.

Friction welding of SUS304 stainless steel small rod joint

Hiroki NONAKA, Masakatsu MAEDA, Kazuyoshi KATOH, Takaaki OKAMOTO

3. 実験結果および考察

Fig.1に継手外観を示す。摩擦時間1sでは、回転数の増加に伴い、ばりが増加する傾向を示した。摩擦時間2sにおいては、回転数の違いによる差異は認められず、またどの条件においてもカール状のばりが排出された。

Fig.2に全寄り代の回転数依存性を示す。摩擦時間1sでは回転数の増加に伴い全寄り代が増大するが、摩擦時間2sにおいては減少する傾向を示した。これは接合時、回転側では回転により空冷され、変形可能な温度領域にさらされている時間が短くなり、ばりの排出量が減少したと考えられる。

Fig.3に継手の巨視的組織を示す。接合界面近傍に熱加工影響部が観察された。また、アップセット圧力によりバリリングが生じて、お椀状の変形となった、しかし摩擦時間2s、回転数20000rpmでは山型の変形となった、これは軸方向に対して、熱の伝達が回転による空冷で阻害され、界面より離れた位置で変形が小さくなったため山型となったと考える。

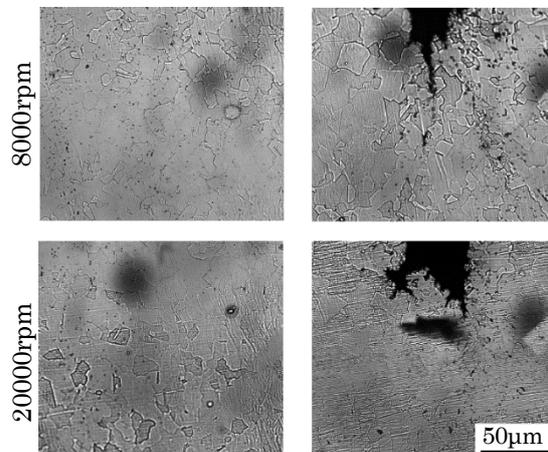
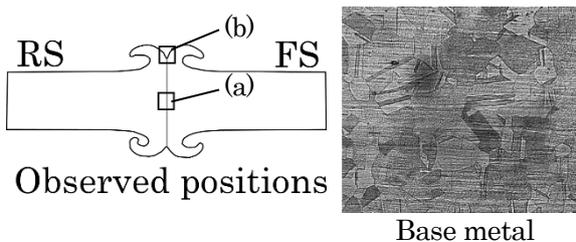
Fig.4に回転数8000rpm、20000rpm、摩擦時間2sの接合部中心および外周部の微視的組織を示す。接合界面は繊維状組織が消滅した微細な組織を示したが、接合条件による違いは認められなかった。図には示さないが、他の条件では接合界面に母材よりも腐食されやすい領域が形成されているのが観察された。鋭敏化の原因として摩擦時の熱の影響によるものと考えられる。

Fig.5に摩擦時間2sにおける、継手中心部の硬さ分布を示す。どの条件でも、接合部において軟化が確認された。これは冷間引き抜き加工により硬化していたSUS304が摩擦熱により焼きなまされ、軟化したと考えられる。また軟化域がFS側では5mmほどであるが、RS側では3mmと減少する傾向を示した。これは先に述べたように回転による空冷が原因と考えられる。

Fig.6に継手の引張試験の結果を示す。低回転数において強度は高く、本実験条件範囲内では、摩擦時間1s、回転数8000rpmの条件で860MPaであり、母材と比較して約90%であった。伸びは回転数による明瞭な差異はなく、摩擦時間の増加に伴い値を示した。試験片の破断位置は、RS側やFS側の接合界面近傍で、不規則な破断位置となった。

参考文献

1) 山本義秋, 越智 秀, 澤井 猛, 小川恒一, 辻野良二, 安富雅典: SUS304ステンレス鋼摩擦圧接継手の引張強さおよび疲労強さ-アプセット過程の変形入力およびアプセット寄り代による継手強度の評価-, 日本材料学会, 53-5(2004), 512-517



(a)Welded joint center (b)Welded joint periphery

Fig.4 Microstructures of friction welded joint. ($t_1=2s$)

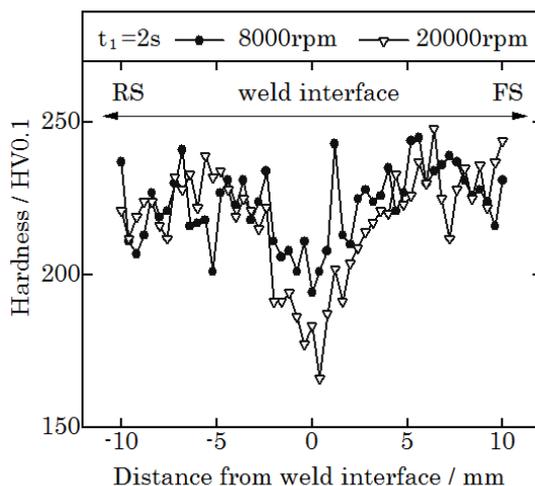


Fig.5 Hardness distributions of joint.

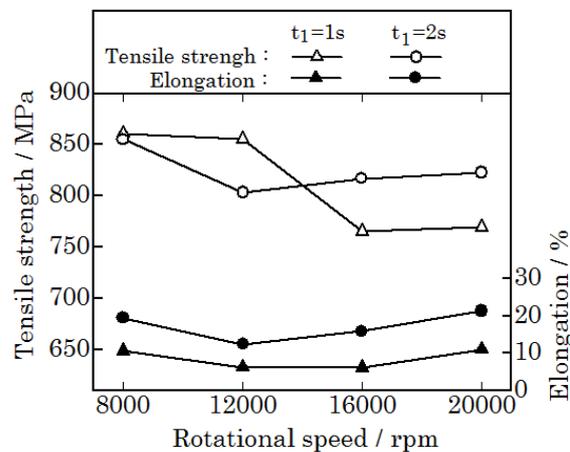


Fig.6 Results of tensile test.