

ろう付け材の疲労特性に及ぼす ろう付け条件の影響

岐阜大学 ○長谷川典彦 岐阜大学[院] 池田昌秀
兼 房(株) 曾我 勝明 兼 房(株) 梅田 正

1 緒 言

ろう付けは450℃以上の液相点を有する溶加材(ろう材)を用い、母材をその固相点以下の温度に加熱し、ろう材を密着させた継手面の隙間へ毛管作用で引き入れることによって接合を行う溶接法の一分野である。銅ろうは鉄系、ニッケル系合金のろう付けに広く用いられている。純金属であるので流れは非常に良く、プレスフィットしたようなごく狭い隙間にも侵入できる。ろう付けは機械部品の接合法として広く用いられているが、ろう付け部位、ろう付け継ぎ手の用途から、疲労特性に関する要求も少なく、他の結合材に比べて疲労強度に関するデータは少ないようである。本研究では、ろう付け継ぎ手の疲労強度の基礎的なデータを得るため、SCM435を母材、純銅をろう材として接合したろう付け継手を用いて室温において疲労試験を実施した。

2 材料および実験方法

2.1 材料およびろう付け条件 供試材料には母材として低合金鋼 SCM435、ろう材として無酸素銅を用いた。ろう付け条件として、ろう付け面形状 A および B、ろう付け温度 1160℃ および 1120℃、ろう付け厚さ 0.03 mm 及び 0.06 mm とし、これらの組み合わせによるろう付け条件の疲労強度への影響を調べた。

ろう付け A (Type A) は、φ18mm の内棒を φ21mm の外棒に挿入し自重によりろう付けを行っている。ろう付け端面の一方に、ろう付け厚さに相当する孔加工が施してある。ろう付け B (type B) は、φ15mm の内棒を φ20mm の外棒に挿入し、上下からボルトにより固定している。ろう付け面は平坦である。ろう付けは窒素ガス主体の中性雰囲気中で行った。

ろう付け後、850℃焼入れ、520℃空冷の焼戻し後、図1の形状に機械加工した。平行部中央がろう付け部である。

2.2 疲労試験 ろう付け継手の用途から、回転曲げ応力を受ける場合は少ないが、基礎的な疲労データを得るため、回転曲げ疲労試験を実施した。

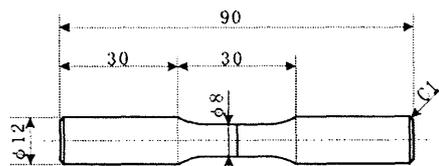


Fig. 1 Fatigue Specimen

3 実験結果および考察

3.1 Type A ろう付け材の疲労強度 Fig. 2 に Type

A のろう付け温度 1160℃、ろう付け厚さ 0.06 および 0.03 mm の疲労試験結果を示す。図には、純銅の疲労試験結果も併記した。一般に、ろう付け継手の疲労強度は、よほど幅が広くない限りろう付け厚さに依存しないといわれている¹⁾が、本報の場合は、ろう付け厚さ 0.03 mm 材の方が明らかに疲労強度は高い。また、0.03 mm 材の疲労強度は、純銅の疲労強度にほぼ匹敵しており、ろう付け条件が妥当であったことを意味している。

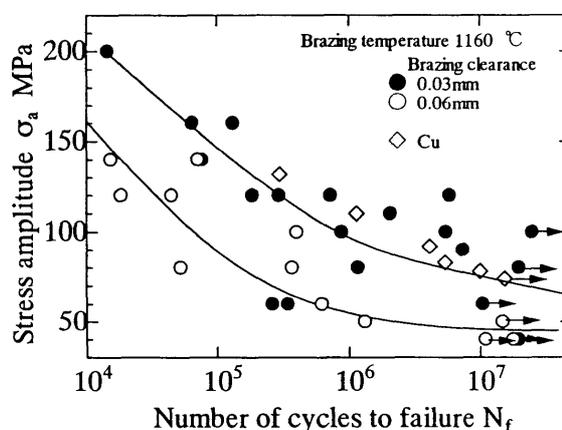


Fig. 2. S-N Curves of Type A brazed specimen (Brazing at 1160°C)

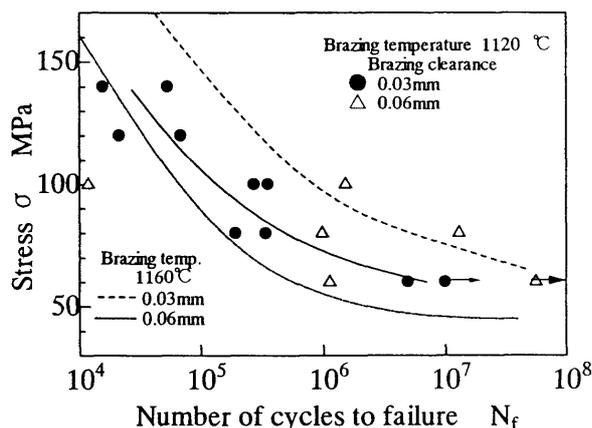


Fig. 3. S-N Curves of Type A brazed specimen (Brazing at 1120°C)

Fig. 3 に Type A のろう付け温度 1120℃ の疲労試験結果を示す。比較のため、Fig. 2 の S-N 曲線を併記した。実験点が少ないが、ろう付け温度 1120℃ では、ろう付け厚さの影響は少ないようである。ろう付け温度を低くしたことによって、0.03mm ろう付け材の疲労強度は、低下して

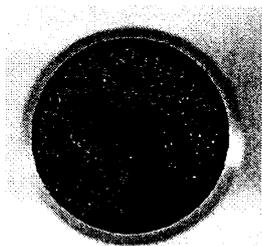
いる。

3.2 破面観察 S-N 曲線に、かなりのばらつきが認められたので、破断した全ての試験片の破面を観察した。

ろう付け部にはフラックスや発生したガスによってろうの流入が妨げられたために起こる接合不良部が多く、ろう付け部の 70%~90%程度が接合しているのが普通である。これがろう付け継手強さのばらつく理由と考えられている。全ての破面を観察してみると、ろうの付いていないもの、ろう付け部が一部黒くなっているもの、ろうと母材の界面にき裂が認められるものなどがあつた。

ろう付けとはろう材が母材に毛管作用によって引き入れられることによって接合させる方法である。ろうと母材の継ぎ目で破断するという事は、ろう付け欠陥が起点となり、強度を低下させることを示唆している。

一例として、0.06mm 材の破面のマクロ写真を Fig. 3 に示す。破面が明るい部分と黒い部分に分かれ、カラー表示により明らかとなったが、明るい部分は銅色を示していた。面分析の結果に、黒い部分からは銅は検出されなかった。この領域は破面の両面に観察され、ろう付け欠陥と確認された。この欠陥が起点で破断したと思われる試験片は、ろう付け厚さ 0.03 mm 材よりも 0.06 mm 材の方が多く、0.06 材の疲労強度が 0.03mm 材に比べ低くなった一因と考えられる。



$\sigma_a=140\text{MPa}$, $N_f=72000$

Fig. 4 Type B Brazing (Brazing at 1160°C)

3.3 Type B ろう付け材の疲労強度 Type A のろう付けは、ろう付け厚さを一定に保持するため一方の丸棒端部にそれぞれの深さの孔加工後、銅ろうを挟み、ろう付けを行っている。このため孔内にろうの充填が不十分な領域が生じろう付け欠陥が生じた可能性がある。そこで、ろう端を平坦にした丸棒の間に無酸素銅箔を挟み上下からボルト・ナットで締め付け、ろう付けを行った。箔材の厚みによりろう付け厚さ 0.03mm を目標とした。ろう付け後、Fig. 1 の形状寸法に機械加工した。ろう付け後の、ろう付け部の厚さは試験部表面で測定した結果、0.01mm から 0.025mm であつた。Type B のろう付けについても、ろう付け温度は、1120°C および 1160°C である。

Fig. 5 に、Type B ろう付け材の疲労試験結果を示す。この場合も、ばらつきは大きい、疲労強度は、1160°C ろう付け材は、全繰返数範囲で、1120°C 材に比べ高い値とな

っている。また、ろう付け厚さは 0.01 から 0.025mm の範囲であつたが、疲労強度に差は認められなかった。

Type A ろう付けと Type B ろう付けを比較すると、Type B の疲労強度がかなり高いことがわかる。それぞれの図の S-N 曲線は、目視によって求めているが、これらの S-N 曲線から 10^7 回における疲労強度 σ_w を求め、Table 1 に示す。Type B ろう付け材の σ_w は、ろう付け温度にかかわらず Type A ろう付けに比べて 2 から 3 倍の高い値を示している。純銅の疲労強度に比べても高い値となっている。

Fig. 6 に Type B ろう付け材の破面の例を示すが、Type A に比べ、ろう付け欠陥は小さく中心部に存在していた。ろう付けの際、加圧することによりろう付け厚は薄くなるが、断面に様に分布し、拡散も十分行われ、高いろう付け強度が得られたものと考えられる。1160°C の高強度は、銅の中に母材の鉄および炭素などが溶解し、固溶硬化または析出硬化しているものと考えられる。一方、1120°C では、これらの溶解がおきにくく純銅に近い強度になった。

(結言) (参考文献) 省略

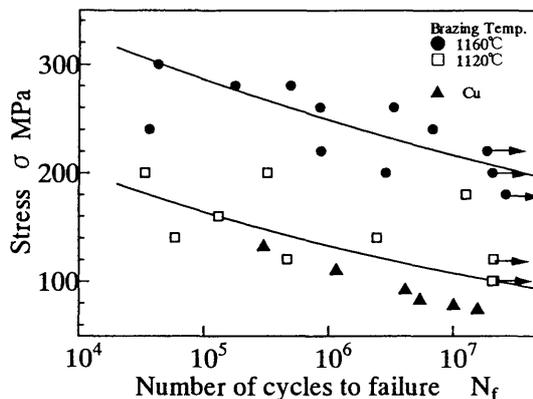
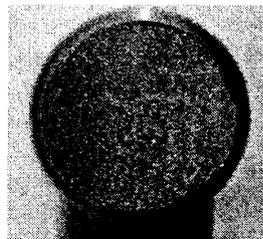


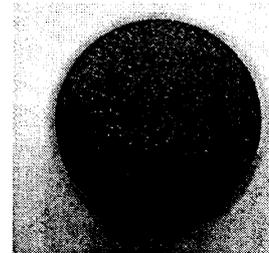
Fig. 5 . S-N Curves of Type B brazed specimen

Table 1 Fatigue strength at 10^7 cycles

	Brazing at 1160°C		Brazing at 1120°C	
	Thickness (mm)	σ_w (MPa)	Thickness (mm)	σ_w (MPa)
Type A	0.03	70	0.03	60
	0.06	45	0.06	
Type B	0.01~0.025	180	0.01~0.025	120



220MPa, 1.85×10^6



240MPa, 3.65×10^4

Fig. 6 Type B Brazing (Brazing at 1120°C)