

# ろう付け技術の修得

工学部技術部装置開発系 岩澤 充弘，磯谷 章

## 1. はじめに

当工作センターにおける製作依頼の対応は、各々の専門分野に即して限られた人間が経験的にその作業を行っているのが現状である。そこで、未経験者を対象に研修を行い、日頃の業務ではできない現象観察、強度試験などに加え、それら作業をマニュアル化することが出来れば、職員それぞれの引き出しを増やし、作業依頼の対応もよりスムーズになるのではないかと考え、その手始めとして「ろう付け技術の修得」を企画実行しました。

## 2. ろう付とは

人類が金属を使い始めると同時に始まった接合技術と考えられるほど古い歴史を持っている。

ろう付とは母材の融点より低い温度で溶ける溶加材(ろう、はんだ)を接合部に溶触添加して母材にぬれさせ、接合する方法で以下のような特徴がある。

- (1)母材をほとんど溶かさないので、薄板の接合や精密な接合ができる。
- (2)複雑な形状で、接合部が沢山あるものの接合ができる。
- (3)種々の合わせの異種金属の接合が比較的容易である。
- (4)ろうの融点は母材の融点より低いので、ろう付部分を再加熱することによって接合部を切り離すことができる。
- (5)機械的な接合法と異なり気密、水密封止ができる。
- (6)接着剤による接合と異なり導電性がある。
- (7)被覆アーク溶接作業ほどの熟練を必要としない。したがって比較的短時間に作業要領

が覚えられる。

(8)継ぎ手の形を考えることによって、母材に匹敵する強さの継ぎ手ができる。

## 3. ぬれと拡散、溶解

ろう付において次に示すぬれ、拡散、溶解は非常に重要な現象であるので簡単に説明する。

### 3.1 ぬれ

自動車のボディを例にするとワックスが効いているところは水滴が弾かれ、ないところは水滴がボディに付着した状態になる。すなわちワックスがぬれを妨げたことになる。ろう付する場合も母材に油やさびがついていたらろうはぬれることができない。したがってろう付前に母材をきれいにする必要がある。しかし金属の表面には目に見えない薄い酸化皮膜や大気中の酸素含んだ層があり、またろう付部を高温に上げると母材が酸化して、ろうが母材にぬれなくなる。したがってこれらの酸化皮膜を除去したり、母材表面を保護するために、フラックスや水素などの還元性雰囲気を使ってろう付を行う必要がある。

ろう付では、ぬれを確保するために母材表面をきれいにする、フラックスや雰囲気の適切な使用がもっとも大切なことである。そのぬれの状態を表したのが図1(a)、(b)で

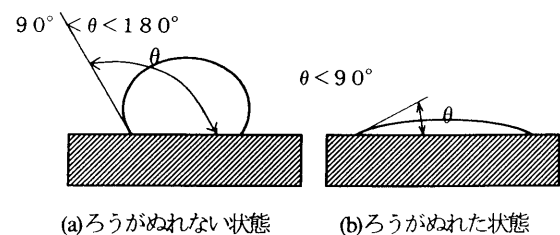


図1 ぬれの状態

(a)のような状態を「ぬれない」、(b)のような状態を「ぬれる」ということになる。

### 3.2 拡散、溶解

ろう金属の原子が固体の母材中に入ったり、母材がろうの中に溶け出す現象がある。これを拡散、溶解という。拡散は金属によって弱い化合物を作り界面を弱くしたり、逆に界面に合金を作りぬれを促進し接合強さを強くしたりする。溶解はぬれが悪くなったり母材の板厚が薄くなって穴が開いたりすることがある。拡散や溶解はろうと母材の組み合わせによって起こしやすさに違いはあるが、温度と時間も大きく関係する。温度が高いほど時間が長いほど顕著になってくる。したがって、拡散や溶解をできるだけ抑えるには低い温度で短時間にろう付をすることが必要である。

## 4. 研修

実際の研修内容は日常行っている炎ろう付とし、差しろにて以下のように行った。

### 4.1 ろう付け現象の観察

ろう付け作業経験者が一連の作業を行い、フラックス、母材、ろうの状態を観察する。その際、放射温度計（CHINO IR-HI）にて表面温度を測定し、同時にデジタルカメラ（CANON S40）にて現象を撮影する（図2）。ろう付け作業の流れを図3に示す。

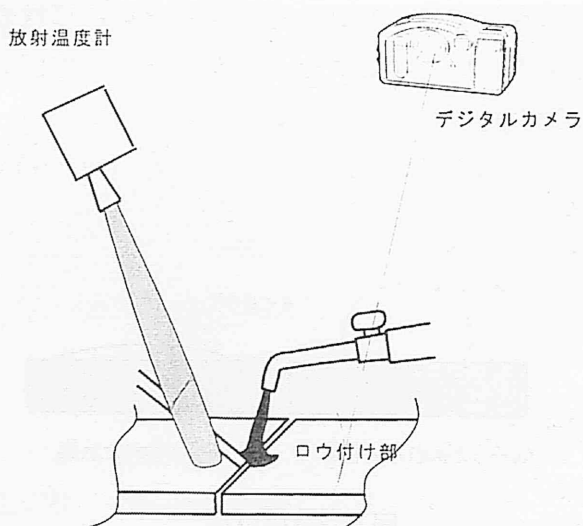


図2 概念図

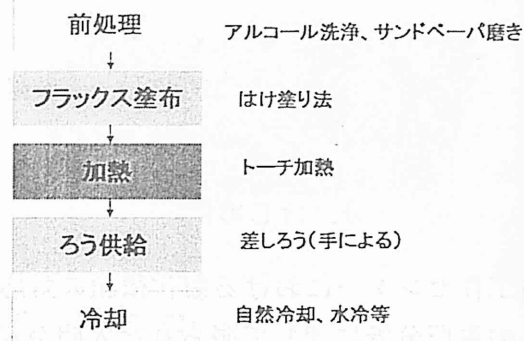
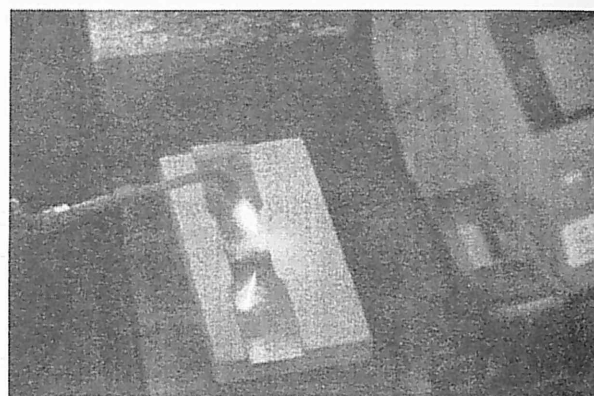


図3 ろう付け作業の流れ

### 4.1.1 フラックスの状態

一度乾燥後白く変色し、透明度を増しながら液化していく。（写真1）



フラックス—一度乾燥—白い固体—少し液化—透明

写真1 フラックス塗布→加熱

### 4.1.2 母材の状態

接合面周辺がわずかに赤色するまで過熱する。周囲も暖めろう付部が均等になるまで加熱する。このときの温度は 600 度以上である。（写真2）

### 4.1.3 ろう供給

温度が下がらないようにトーチで温めながらろうを供給する。この時、局部的に温度が上がらないように炎を当てる。（写真3）  
フラックス乾燥、加熱、ろう供給の作業の流れを母材温度の表面状態変化として観察し把握する。



接合面周辺がわずかに赤色するまで加熱する。周囲も暖めろう付け部が均等温度になるまで加熱する。

写真2 加熱 600° 以上

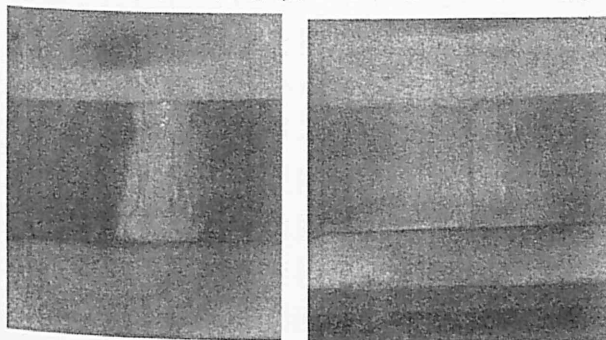


温度が下がらないようにトーチで暖めながら、ろうを供給。全体にろうが流れるよう暖める。

写真3 ろう供給 600° 以上を保持

## 4.2 未経験者によるろう付け研修

4.1 の結果を元に未経験者の実技研修を行う。特にろう付で一番大切なぬれ現象について体験し、実感してもらう。写真4に示すように表面がよく流れ、裏面にもろうが染み出て十分にろうが行き渡っているのがわかる。



表面

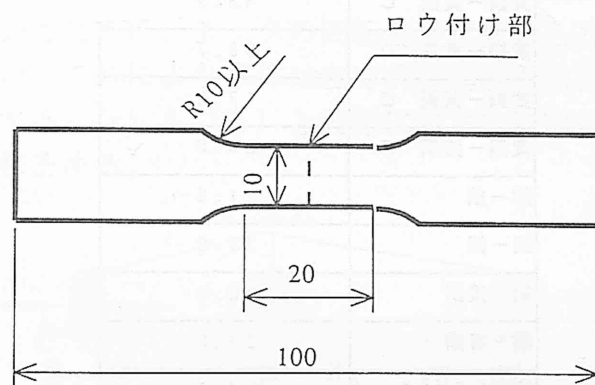
裏面

写真4 ろう付け完成品

## 4.3 強度試験

日頃の製作依頼ではぬれ性が重要な部品が多く、また日常業務の繁忙な日々では強度試験まで行う機会がない。今回の研修ではろう付け強度について認識を新たにするいい機会となった。

試験片形状は、図4に示すように JIS Z3192 1号b試験片を用い、東京衡機製万能試験機を用いて引張り強度を測定した(写真5)。そのデータを表1に示す。



1号B試験片

図4 試験片形状

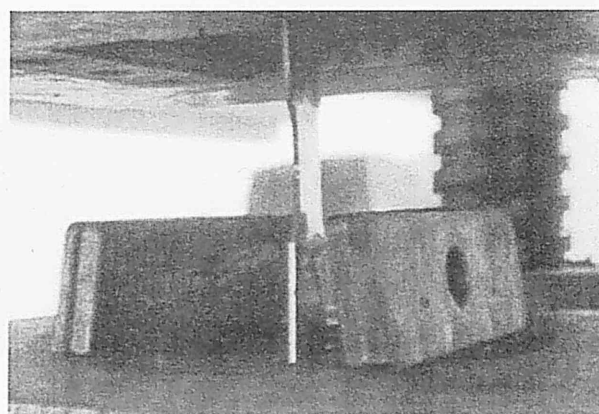


写真5 引張り試験

母材が黄銅-黄銅では、ろう付け強度に大きくばらついているが、これはろう付け作業者の熟練度等によるものであると思われる。また、中にはろう付け部以外で破断した物もあり、条件次第ではろう付け強度が十分であることがわかる。

異種金属間でのろう付けでは、全体的にばらつきは少なかった。しかし、破断面を観察するとステンレス、鉄のろう付け面では剥離状態が観察できた。これは、金属の種類による拡散の違いによるものと思われる。破断面形状を写真6に示す。

表1 強度試験結果

試料	引張強さ(kg/mm <sup>2</sup> )
黄銅-黄銅 A	42.0
黄銅-黄銅 B	21.2
黄銅-黄銅 C	46.2
黄銅-黄銅 D	39.7
黄銅-黄銅 E	17.2
黄銅-黄銅 F	24.6
銅-銅	21.5
銅-銅	23.2
銅-黄銅	26.2
銅-黄銅	26.0
銅-ステンレス	19.6
銅-ステンレス	22.6
銅-鉄	27.2

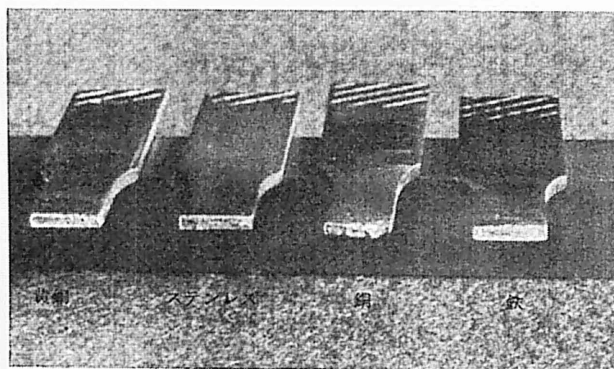


写真6 ろう付け破断面

## 5. まとめ

### 1) マニュアル化について

今回、現象観察したことで、フラックス状態変化、母材表面、ろうの状態変化と温度との関係をおおよそ把握することができた。しかし、実際の作業では、炎の強さなどいく

つかの経験的な条件が必要である。

### 2) 未経験者の研修について

現象観察結果にもとづいて作業してもらったところ十分なろう付けができた。

### 3) 強度試験

普段できない引張試験を行ったことで強度認識を新たにすることができた。

### 研修データ：

使用ガス 酸素、アセチレン混合ガス

使用工具 小型トーチ火口10番および 25番

使用ろう WEL SILVER Ag501(JIS B ag-1)

使用フラックス WEL FULX No. 121 使用

温度 600～800℃

携帯放射温度計 (CHINO IR-HI)

デジタルカメラ (CANON S40)

### 参考文献：

1) 田中、岩下：初めて学ぶ接続・接合技術、東京電機大学出版局

2) 恩沢、田中、松：ろう付け・はんだ付け入門、産報出版

3) 恩沢：溶接技術、産報出版、第49巻8号、pp.109-117、2001年

### 研修参加者：

三輪宜弘、石野健英、松野貞雄、佐原和芳、神尾恒春、岡本哲幸（装置開発系技術系）

桑原憲弘（情報・分析技術系）