軟鋼のろう付強度におよぼす表面状態の影響 (第1報)*

—粗さについて—

川 勝 一 郎** 末 沢 芳 文***

Effects of Surface Preparations of Base Metal on the Butt Joint Strength
of Mild Steel Brazed with BAg-8 Filler Metal (Report 1)*

—On the roughness of base metal—

by Ichiro Kawakatsu** and Yoshifumi Suezawa***

Abstract

Among the factors affecting the tensile strength of mild steel butt joint brazed with Ag-Cu alloy, it is usually considered that the following are very important for joint strength:

- (1) Chemical composition of filler metal.
- (2) Chemical composition of base metal.
- (3) Joint clearance.
- (4) Brazing temperature and time.
- (5) Surface preparation of base metal.

Of these factors, there are some investigations made hitherto, regarding the factors (1), (2), (3), (4). However, fundamental investigations of surface preparation of base metal which affects the joint strength are very few.

Especially, there are no studies and development as to effect of roughness of base metal surface on joint strength. This paper presents some experimental evidences that roughness of base metal surface affects the butt joint strength of mild steel brazed with BAg-8 filler metal. To obtain some experimental data as to the effects of surface preparations, specimens of mild steel (ss41) were prepared according to the design of Fig. 3. The two abutting surfaces of each specimen were identically finished by emery paper No. 60, 120, 240, 400, 600. These specimens were then brazed with BAg-8 filler metal using a resistance furnace operated in hydrogen atmosphere, and machined according to design of Fig. 4.

Tensile test of these specimens gave results shown as follows:

- (1) Tensile strength of specimens polished by emery No. 120 was very high, its value being 43.5 kg/mm². But the specimens polished by emery No. 600 showed 35.2 kg/mm².
- (2) In general, these results indicated that tensile strength of specimens polished by large grain size emery powder was higher than that of ones polished by small grain size emery powder. This difference depends on the actual interface area of filler metal and base metal. Strength of specimen polished by emery paper No. 120 is extremely larger than that of one polished by emery paper No. 600.
- (3) Most of specimens were failed at filler metal zone, but a few of them were failed in base materials.
- (4) Usually, as regards the joint strength of mild steel, clearance of base metal is very important, but this experiment showed that the main factor affecting the joint strength is not joint clearance of base metal but roughness of base metal.

Also, studies on spreadability of filler metal on base metal with varied roughness were conducted. To obtain some experimental data, mild steel plates (SS41 50φ×1.6t) polished by emery paper No. 60, 120, 240, 400, 600 and BAg-8 filler metal (wt=0.1 g) were prepared. This experiment was carried out using a resistance furnace and operating it in a hydrogen atmosphere.

As the result, spreadability of filler metal on the specimens polished by emery paper No. 60 was excellent and that of one polished by No. 120 was second. However, there was a little difference between No. 60 and No. 120 in the spreadability of filler metal.

* 原稿受付 昭和45年7月16日 (45年度春季全国大会に発表)
 ** 正 員 青山学院大学理工学部 Member, Aoyamagakuin
 University Faculty of Engineering.

*** 正 員 日本大学理工学部 Member, Nihon University
 Faculty of Engineering.

1. 緒 言

ろう付技術は他の溶接技術に比較して古くから各種金属の接合に応用され、現在では電子工業分野はもちろん航空機エンジンの耐熱部品、タービンの超合金部品など重工業分野にも使用され、さらに原子力工業や宇宙開発技術など特殊精密機械部品の接合にも広く活用されている。これらはいずれもろう付作業温度が比較的低温、製品にひずみを起さず、かつ母材の機械的性質を低下させないろう付技術の特性を有効に活用したものである。しかしながらその基礎的現象の解明はまだ充分なされていない点が多く、したがってその適正条件の決定もなされておらず全体として他の溶接技術にくらべて作業条件の設定が不十分な状態で作業が行なわれているのが実情である。たとえばろう付部の強度に重大なる影響をもつボイドの発生量についても一般的にはろう付総面積の約20%位までは良好なろう付として認められているがごときものである。これらはいずれもろう付技術の基礎研究が不充分で、ろう付作業条件が確立されていないために起るものと考えられる。本研究はこれらの観点から特に軟鋼のろう付強度におよぼすろう付諸条件のうち母材の表面加工条件の影響について実験を行なったものである。

2. これまでの研究とその解析

一般にろう付部の機械的強度におよぼす条件として次のごときものがあげられる。

- (1) ろう材の成分とその冶金学的諸性質
- (2) 母材の成分とその引張り強さ
- (3) ろう付間隙
- (4) ろう付温度および加熱時間
- (5) 加熱速度および冷却速度
- (6) ろう付部の設計とその形状寸法
- (7) ふん囲気およびフラックスなどのろう付環境
- (8) 母材の表面加工および処理状態
- (9) ろう付界面に生成する合金層の諸性質

これらのうちの材質、母材の材質および引張り強さ、ならびにろう付間隙、ろう付温度、時間などについてはこれまでにいくつかの研究がなされている。しかしながら母材の表面処理ならびに表面の機械加工などのろう付強度におよぼす影響、特に表面粗さの影響については資料も少くこれまでは二、三の論文が発表されているがまだ定説が確立されていないものと思われる。

古くからろう付間隙と引張り強さとの関係については Leach¹⁾ および Bredzs²⁾ などの研究があるが、それらの研究においてもろう付面の粗さの問題についてはまったく触れていない。これまでのろう付強度の研究でろう

付面の加工条件に言及しているものには次のごときものがある。Munse など³⁾は Cu 合金の銀ろう付の引張り試験において、ろう付面をヤスリ仕上と 2/0 エメリークロス研磨を行なったと報告している。また Jacobson など⁴⁾は Mo のろう付において H_2SO_4 を主成分にした化学溶液の中で温度 190°F で 10 秒間腐食表面処理を行なっている。Bellware⁵⁾ は高温下におけるろう付継手の基礎試験で母材表面を脱脂のほかにサンドブラスト、ショットブラスト、エメリー研磨および砥石研磨などを行なっており、Aspden など⁶⁾は耐熱金のろう付試験で母材表面を No. 1 光顕写真用の研磨紙で仕上っている。また Hansel⁷⁾ は BAg-1, BAg-3, および BCu でろう付した合金鋼の機械的諸性質を研究しているが、その母材ろう付面は No. 80 スチールグリットでブラスト処理を行なっている。また Bredzs⁸⁾ なども耐熱鋼のろう付面の前処理として同様な Ni-Cr グリットブラスト処理をしている。大西⁹⁾はろう付間隙と引張り強さとの研究においてろう付の母材表面を精密機械仕上を行なったと報じており、吉田¹⁰⁾も同様の研究を行なっているがろう付面の加工状況については言及していない、また和田など¹¹⁾はチタニウムのろう接研究において母材の前処理として脱脂後硝酸と弗酸の混合液で洗滌したと報じている。これらはいずれもろう付面の酸化物、油脂、その他の異物除去のために行なったもので表面粗さを規定する目的で行ったものではない。その他いくつかのろう付強度に関する報告^{12,13)}があるがいずれも表面粗さに言及しているものはない。わずかに W. H. Chhng¹⁴⁾ が耐熱鋼の高温ろう付の研究においてろう付面の処理として No. 80 のスチールショットブラストしたものと、砥石研磨で 20 マイクロインチに仕上げたものとの二通り行ない、その結果としてろうの拡り性については多少の差があり粗さの荒い方が細かい方よりよく、引張り強さは研磨仕上の方がわずかながら強かったがその原因はわからないと報告している。またろう付現象に少々似た現象をもつ金属の接着において Schäfer¹⁵⁾ は Al の接着では表面が荒い方が強く、鋼の場合は中位の粗さが強いと報じている。福村、河合など¹⁶⁾は Cu と Fe のフェノール樹脂による接着において、母材の表面粗さが細かい方が接着力が大きいと述べており、また大西¹⁷⁾は母材と接着剤との付着力が接着剤の凝集力より大で接着剤中で破壊が起る場合は母材表面の粗さは関係しないことおよび界面で破壊する場合でもボイドを包蔵したり接着剤層の不均一またはその他の欠陥があれば表面粗さの影響は関係しないこともありうることを報じている。

以上のごとく内外のろう付および接着の研究資料を通覧しても粗さを規定してそのろう付強度に及ぼす影響を

論じたものは少く、従って母材ろう付面の粗さをろう付条件として明確に規定したものは無く、JIS でも Z3193 「ろう付継手の引張試験方法」のうち3・1試験材の項で「ろう付面は400#程度のエメリーペーパーで一定方向に研削する」と規定しているのみで断定的な粗さの規定はなされていない。

本研究は母材の表面状態、特に表面粗さがそのろう付強度およびぬれ性に何らかの影響を与えるであろうことを考慮し、各種の方法により設定した母材ろう付面の粗さとそのろう付強度との関連性を研究したものである。

3. 実 験

この研究は粗さとろうの拡り性の関係、および粗さと

ろう付強度との関係の二つの項に分けて行ない、母材表面粗さのろう付強度に与える影響を調べる前に表面粗さとろうの拡り性の関係を調査した。

3.1 表面粗さとろうの拡り性の関係

ろうが母材表面に拡る際その表面がある適当な粗さにある場合がもつとも良好な拡りを示めすであろうことは容易に推測することが出来る。前掲の W. H. Chang の実験で表面粗さが荒い方が細かい方より拡り性が良いことを報告している。本実験ではこの問題について次のごとく行なった。

1) 試 料

母 材 SS41 寸法 $50\phi \times 1.6t$.

成分 C 0.15%, Si 0.02%,

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Fig. 1 Various roughness of base metals

(a)	Polished by emery paper No. 60# (mesh)
(b)	" " No. 120# (")
(c)	" " No. 240# (")
(d)	" " No. 400# (")
(e)	" " No. 600# (")

Mn 0.48, Cu 0.04%

ろう材 BA_g-g 重量 0.1g

成分 Ag 72%, Cu 28% 共晶合金

2) 母材に与えた表面粗さ

60#, 120#, 240#, 400#, 600# (メッシュ No.) の五種類の光顕写真用エメリーペーパーで母材表面を一方に研磨しそれぞれ粗さを設定した。Fig. 1 はそれぞれの表面粗さを触針式粗さメータで測定したものである。(拡大倍率タテ…2000倍, ヨコ…20倍) これらの粗さを H_{max} 方式で表示すると Table 1 のごとくなる。

Table 1 Various roughness of base metals polished by various emery papers.

Emery No. (mesh)	60#	126#	240#	400#	600#
H_{max} (μ)	15	11	5	1	0.6
Roughness (JIS)	18-S	12-S	6-S	1.5-S	0.8-S

(3) 母材の表面処理

母材は各エメリーペーパーで研磨した後トリクレンで脱脂し, さらにアセトンで洗滌してろう付面を清浄化し不純物の混入を防止した。

(4) ろう付方法

i) ろう付炉

Photo. 1 のごとき容量 35 kw の水素ふん囲気管状炉で炉心管は SUS 42 製である。

Photo. 1 35 kw resistance furnace operated in hydrogen atmosphere.

ii) ろう付温度

790°C と 840°C の二通りの温度で行った。

iii) 保持時間

各試料とも各ろう付温度に達した後 10 min 間保持した。

iv) 水素流量 5 l/min (露点約 -40°C)

(5) 結果

上記試験の結果は Photo. 2 のごとくで (a) は 790°C,

(a) Brazing temperature : 790°C

(b) Brazing temperature : 840°C

Photo. 2 Spread area of filler metal on the various roughness of base metal

(b) は 840°C でろう付した場合である。これから明らかなごとく 60# のエメリーペーパーで研磨したものがもっとも拡がりよくほとんど母材全面に拡っており, 粗さが細くなるに従い拡がり面積は減少し 600# の場合がもっともわるい。また温度の高い方が各粗さともに拡がり性はよい。ここで 60# および 120# の拡がり状態を見ると二段に拡がっていることがわかる。すなわち Fig. 2 のごとく母材中心部にろうの厚い部分があり, それから円周方向に向つてろうが薄く拡がっている部分がある。われわれはこの中央部のろうの厚い部分を従来から一般にいわれている拡がりと考え, これを真の拡がりと呼び, その外周に薄く拡がっている部分を見掛けの拡がりと呼び區別して考えて見た。この二つの部分の創成については次のごとく考えられる。ろう付の母材表面の粗さの形状は Photo. 3

Fig. 2 Schematic configuration of filler metal spreaded on the base metal.

Photo. 3 Surface condition of base metal polished by emery paper No. 120# before brazing.

のごとく多くはV溝状に形成されているためろうがこのV溝に沿って毛管現象によって速い速度で外方へ吸引さ

れ、ろうの薄い皮膜層がまず形成される。そして順次中心部からろうの流出が続き、それはV溝がろうによって満さるまで行われ、V溝が埋められるとこの現象は低下する。すなわち母材のろう付面がろうによって平面状態になればろうの拡がり現象がほとんど進まなくなり中央部にろうの拡がり残った部分が形成され、はじめに出来た薄い見掛けの拡がり部分にくらべてろうが厚くなる。見掛けの拡がり部分のろう厚みは60#の場合で約0.012~0.019 mmである。また表面粗さが細かくなると、すなわちV溝が浅くなるとV溝の深い場合に比較して一定量のろう流入に対してろうの流入抵抗が大きくなることも考えられろうの拡がり現象が緩慢で拡がり面積は小さくなるものと思われる。したがってろうの拡がり性は表面粗さが荒い方がよくこの傾向はさきに述べた W. H. Chang の報告とよく一致する。また見掛けの拡がり面積と真の拡がり面積との関係はたがいに反対の関係にあり見掛けの方が大きい場合は当然真の拡がり面積は小さくなった。Fig. 3 は真の拡がり面積と見掛けの拡がり面積との関係とそれぞれの大きさを示したものである。

3.2 表面粗さとろう付強度との関係

ろうの拡がり性と粗さとの関係が判明したので次に表面粗さがろう付強度にいかなる影響を与えるかを次のごとく実験した。

1) 試料

母材 SS41 寸法 13φ×75
成分 C 0.15%, Si 0.02%,
Mn 0.48%, Cu 0.04%

ろう材 BAg-8 重量 1g

成分 Ag 72%, Cu 28% 共晶合金

Photo. 4 は母材の、また Photo. 5 はろう材の光顕写

Fig. 3 Spread area of filler metal on the base metals polished by various emery papers.

Photo. 4 Microstructure of base metal. $\times 100$ Photo. 5 Microstructure of filler metal. $\times 100$

真である。

2) 2ろう付方法

使用した炉、ろう付温度の保持時間、水素の流量などは前掲のろうの引き試験の場合と同一条件で行なった。ただしろう付温度は 790°C のみで行ない、ろう付継手の形状は前記試料の端面 ($13\phi \times 75$) を Fig. 4 のごとく治具の中で長手方向に突合せたもので、ろう付治具にセットしたまま炉に入れ置ろう式で行なった。またろう付間隙はあらかじめ試料寸法をろう付間隙量だけ短く加

Fig. 4 Schema of brazing fixture.

工して設定した。間隙量は各粗さともに 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.5, 0.75 mm とし、各間隙とも 1 ロット 5 本づつ試料を作成して試験を行なった。Photo. 6 はその状態を示したものである。また治具の材質はろう付中の膨脹収縮を考慮し試料と同じ SS 41 を使用し間隙精度の確保を期した。なおろう付後の間隙量は顕微鏡で測定しそれをもってろう付間隙とした。

Photo. 6 Specimens (one lot) brazed with BAg-8.

3) 母材に与えた表面粗さ

母材端面に与えた粗さは前述のろうの引き性試験の場合と同一のもので 60#, 120#, 240#, 400#, 600# の五種類のサンドペーパーでそれぞれの試料端面を一方向的に研磨し粗さを設定した。

4) 母材の表面処理

前掲の引き試験の場合と同一条件で洗滌を行ない表面を清浄化した。

5) 引張試験

ろう付を完了した試料は Fig. 5 のごとく JIS 2号試験片に準じて機械加工した後、顕微鏡でろう付後の間隙を測定してろう付間隙の確認を行ない、しかる後 30 ton の材料試験機で引張試験を行なった。

Fig. 5 Schema of tensile specimen.

6) 結果

各試料の試験結果からそれぞれ間隙と引張り強さとの関係を求めた。破断はろう材の中間部から破断するものが多く、中には母材から破断するものもあった。(全体

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Fig. 6 Ultimate tensile strength plotted as a function of Joint clearance.

- (a) Polished by emery paper No. 60# (mesh)
 (b) " " " " No. 120# (")
 (c) " " " " No. 240# (")
 (d) " " " " No. 400# (")
 (e) " " " " No. 600# (")

(a) Polished by emery paper No. 120#
Joint clearance : 0.02 mm
Tensile strength : 46.13 kg/mm²

(b) Polished by emery paper No. 120#
Joint clearance : 0.54 mm
Tensile strength : 42.67 kg/mm²

Photo. 7 View of typical failure of the tensile specimens brazed with BAg-8.

の約7%が母材から破断した。)なおこの実験に使用した BAg-8 の鋳造状態の引張り強さは 34.5 kg/mm² である。ろう付部の破断面は Photo. 7 (a), (b) のごとくでいずれもボイドの発生は目視で認められず良好なろう付状態を示した。またこの写真からも判別出来るごとく母材の表面粗さが同じでもろう付間隙が狭い方が(a)のごとく破断面の外観は緻密な平面状態をなし、反対に間隙の広い方は(b)のごとく破断面が凹凸状を呈しておりいずれもろう材の中間から破断している。Fig. 6 は各粗さにおけるろう付間隙と引張り強さとの関係を示したものである、この図から次の結論を得ることができた。

i) 引張り強さは120#のエメリーペーパーで研磨したものがもつとも強く、ろう付間隙 0.05 mm の場合平均 43.5 kg/mm² で最高 46.13 kg/mm² の値を示すものがあつた。すなわち表面粗さを 12-S に研磨した場合のろう付強度が最高であつた。

ii) 間隙が 0.75 mm 以内では間隙が広がってもろう付強度は大きくは低下しない。このことは H. R. Brooker, E. V. Beatson¹⁸⁾ の研究結果とよく近似している。

iii) 全体的傾向としては表面粗さの荒い方がこまかい方より引張り強さが高く、600#で研磨したものがもつとも低かつた。また60#で研磨したものはバラツキがやや多く安定せず相対的に120#より強度は低下している。これは60#の場合、表面粗さの凹凸の全延長(単位長さ当り)が120#の場合より小さい、従つてろう付実

表面積が120#よりやや少いこと、および凹凸が大きいためボイドその他の目視ではわからない欠陥によるものと考えられる。

iv) 400#と600#で研磨したものについては引張り強さにほとんど差が認められない。したがって母材の表面粗さを400#以下の細かいエメリーペーパーで研磨しても引張り強さにはほとんど影響を与えない。すなわち表面粗さを 1.5-S 以下に研磨してもろう付強度はほとんど変化しない。

これまで一般的にいわれているようなろう付間隙量が増加するときの引張り強さが低下するというはこの研究では60#を除いて顕著には認められなかつた。(60#では間隙 0.5 mm 附近で若干強度が上昇している傾向がある。)この研究結果のもつとも大きい特色は、ろう付強度に大きく影響を与えるものには母材のろう付面の粗さもその因子の一つであるということである。Fig. 7 にその状況を示している。

Fig. 7 Effect of base metal roughness to the ultimate tensile strength of mild steel butt joint brazed with BAg-8 filler metal.

4. 考 察

以上の結果を考察するに従来はろうの拡り性を論ずる場合、前述の真の拡りのみを有効と考え周囲に薄く拡つた見掛けの拡りについては余り論じられなかつた。これは一般に真の拡りのみがろう付現象に貢献するものと考えられていたからであろう。また一平面上の拡り現象と二板間の拡り現象とは従来から異質のものであると考えられていたためであると思われる。この研究でも実際に端面突合せの状態で見掛けの拡り現象が起つていたかどうかは確認していないが、しかし母材の表面粗さがある適当な場合には見掛けの拡り現象は起り、それがろう付界面のぬれ現象の促進に有効に作用するものと思われる。

また引張り強さについても表面粗さが大いに影響を与

えることがわかり, この研究では前述のごとく 120# エメリーペーパーで研磨した場合の粗さがもっとも強い値を示した. これは 120# の場合の母材とろう材のろう接実表面積がいちばん大きくなったことが主な理由であると考えられる. すなわち完全に平滑な幾何学的理想平滑面積に対してある粗さを含む同単位の実表面積の方が一番大きい, つまり次式¹⁹⁾で示めされる粗さ係数が他の粗さ (60#, 240#, 400#, 600# のエメリーペーパーで研磨した粗さ) の場合より大きいためと考えられる.

$$R = \frac{\text{ろう接実表面積}}{\text{幾何学的理想平滑面積}} \quad R: \text{粗さ係数}$$

従ってこの結果ろう材と母材とのろう接総面積が他の粗さの場合より多くなり最大の引張り強さを示したのと考えられる.

このほかろう材と母材間に起る格子拡散および粒界拡散の影響を考えるべきであるが, この研究ではろう材として BAg-8 を使用したため成分として Ag, Cu の二成分のみで他の成分を含まず, かつ加熱温度は低い (790°C) ので Ag はもちろん Cu も Fe との間にはほとんど原子移動を起さない. 従ってこの場合格子拡散がろう付強度の増加に寄与することはないと考えられる. IGNAZIO AMATO²⁰⁾ は熱交換機の Cu ろう付においてろう付温度 1,100°C~1,150°C で Cu の Fe 中への格子拡散はほとんど起らず大部分の溶融 Cu はオーステナイト粒界に粒界拡散しその量は直接 Fe へ格子拡散した Cu 量の約 5,000 倍であり格子拡散した量は無視出来る程度であると報じている. しかしわれわれの研究においても Cu が母材の結晶粒界に若干の粒界拡散を起した Fe がろう材中に拡散している可能性はあり, その影響が強度になんらかの変化を与えていることは考えられるが, その量は前述のごとくろう付温度が低いためわずかであると思われる. XMA によりろう付界面を調べた結果 Fig. 8 のごとくで若干の Fe がろう材中に見られ, また Cu についても界面とろう材中央部とで分布量が異なり, 若干の Cu の拡散があったことが考えられる. こゝに 120# の場合は $H_{\max} = 11 \mu$ でかつろう接面積も大きく拡散現象を起すものと思われる.

Photo. 8 は各粗さのろう付界面の状態を示したもので, 600#, 400# で研磨した場合はほとんど平面状態でろう接し, 240# にいたって表面積はしだいに増加し, 120# でもっとも大きくなっている. また 60# の場合はろう付前は $H_{\max} = 15 \mu$ であるが凹凸のピッチが大きくかつ部分的に平坦なところがあり一定長さ当りの凹凸の延長は凹凸数が多い 120# よりわずかに少く, 従って実表面積もやや小さくなっている. また 60# の場合は凹凸が大きいため吸着ガスなどによる目視ではわからないボ

Fig. 8 Electron probe microanalysis SS-41~BAg-8 brazed joint.

イドなどの欠陥を生ずることも考えられ引張り強さ低下の一因をなしていると思われる. これらのことから 120# の場合がもっとも引張り強さが強いことが理解さ

Photo. 8 Microstructure of mild steel butt joint brazed with BAg-8 filler metal. $\times 200$

(a)	Polished by emery paper	No. 60# (mesh)
(b)	"	No. 120# (")
(c)	"	No. 240# (")
(d)	"	No. 400# (")
(e)	"	No. 600# (")

れた。なお BAg-1 のごとく Zn, Cd を含有するろうを使用した場合は Zn, Cd などの Fe 母材への格子拡散が起り表面粗さがろう付強度に大きく影響することが考えられ今後さらに研究する必要がある。

5. 結 論

以上のごとくろう付現象には母材の表面粗さが重大な

影響をもつことがわかった。従来は軟ろう硬ろういずれの場合でもそのろう付部の引張り強さはろう付間隙が増大すれば強度は低下するのが定性的な傾向であり本研究においても 60# 以外はほぼ同様な傾向を示した。しかしこの強度低下に関して本研究では間隙量 0.5 mm までの範囲において間隙量を増加して低下する量よりも母材の表面粗さを細かくして低下する量の方が大きいことが

Fig. 7 のごとく確認された。(実際には間隙量 0.75 mm まで実験を行ない同様の傾向を示した。) すなわち従来はろう付間隙を重大なろう付条件の一つとしていたが、これからは母材の表面粗さもろう付強度に与える重大な条件として考慮する必要があると思われる。従って今後ろう付の強度を論ずる際母材の表面粗さを除外してはなんらの意義をも有しないものと結論することが出来る。この研究は水野貴金属㈱のご援助によるもので付記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) R.H. Leach, L. Edelson Journal Soc. Naval Engrs 51, 66, 1939.
- 2) Bredzs W.J. Nov. 1954.
- 3) W.H. Munse, J.S. Alagia "Strength of brazed joints in copper alloys" W.J. Apr. 1957, 177s~184s.
- 4) Jacobson and D.C. Martin "Brazing Molybdenum for high-temperature service" W.J. Feb. 1955, 65s~74s.
- 5) M.D. Bellware "Fundamentals of brazing for elevated-temperature service" W.J. July. 1958, 687~688.
- 6) R.G. Aspden, Feduska, "Fatigue characteristics of single lap joints of AISI 347 brazed with a Ni-Cr-Si-B-C alloy" W.J. March. 1958, 125s~129s.
- 7) G. Hansel "Mechanical properties of butt joints brazed with BAg-1, BAg-3, and BCu filler metal" W.J. Apr. 1956, 211s~216s.
- 8) N. Bredzs & F.M. Miller "Use of the AWS standard shear test method for evaluating brazing parameters" W.J. Nov. 1968, 481s~496s.
- 9) 大西, 宗田, "銅鍍及び真鍮鍍による炭素鋼の鍍接特に鍍接部の間隙寸法と強度との関係について", 溶接学会誌, Vol. 19, No. 4 昭25, 35~37
- 10) 吉田, "ろう付の強度", 溶接学会誌, Vol. 26, No. 11, 昭32, 46~50
- 11) 和田, 雀部, 田辺, "チタニウムろう接について", 金材研報告書, Vol. 9, No. 6, 1967, 78~87.
- 12) C.H. Chatfield & Samtour "Fatigue strength of silver-alloy brazed joints in steel" W.J. Jan. 1958, 37s~40s.
- 13) Karl. M. Weight "Physical properties of commercial silver-copper-phosphorus brazing alloy" W.J. July, 1955, 672~674.
- 14) W.H. Chang "Basic characteristics of some heat-resistance brazing filler materials" W.J. Sep. 1956, 431s~443s.
- 15) W. Schäfer, "Plaste u Kautschuk" 5-7, 1958. 267.
- 16) 福村, 河合, "材料試験", 昭28, 2~19
- 17) 大西, "金属の接合", 日本機械学会誌, Vol. 73, No. 616, 684~691.
- 18) H.R. Brockor, E.V. Beatson "Industrial Brazing" London, 1954,
- 19) Robert N. Wenzel Industrial and Engineering Chemistry Vol. 28, No. 8, 1936, 990.
- 20) Ignazio Amrto, "Some developments in Rotating heat-exchanger brazing technology" W.J. Vol. 49, No. 4, Apr. 1970, 177s~180s.

新 刊 案 内

"Fatigue of Welded Assemblies"

(溶接構造物の疲労)

発行所 The Welding Institute

このたび IIW 事務総長ボイド氏より、上記の本が刊行された旨案内がまいりました。同氏からの手紙によれば、この本の内容は次のとおりであります。

「この本は、溶接関係の教育や指導に携わる人々の役によるようにと、グランジョン氏とニューマン氏とが、IIW の委員会の協力を得て著わしました。

この本は、溶接構造物の設計者にとって、疲労がいかに重要な問題点であるかを示すとともに、実験結果をどのように評価したらよいかを述べています。」

疲労関係に関心のある方は大いに役立つ本と思われます。