ろう 付 の 強 度 (第 3 報)*

— 曲 げ 強 度 と 引 張 り 強 度 —

吉 田 亨** 野 村 並 樹**

Strength of Brazed Joint (Report 3)*

— Bending and Tensile Strength —

By T. Yoshida** and N. Nomura**

Abstract

In the previous paper the authors had shown that the brazed joint strength depended on the clearance of joint.

In this report the authors clarified that the difference in the effect of the joint clearance between tension and bending test was due to the stress distribution in the brazed joint.

1. 緒 言

前報において著者等はろう付接着部の強度がろう付間隙によって変って来ることを明かにしたが、本報においては曲げ試験と引張り試験における強度とろう付間隙の関係に差異があるのはこの両試験方法の応力集中の異なるためであることを確かめた。

2. 引張り強度と曲げ強度

0.1% C の軟鋼 7.5×7.5×60 mm の形状のものを第 2 報と同様な治具に規定間隙を得るように衝き合せ固定し、これに一定量のフラックスとろう材 (4—6 真鍮) とを与え 930°C に加熱した管状炉中に挿入 5 分後に取出した。

ろう付を終った試料はこれを 6.5 mm 角に研磨仕上を施し、顕微鏡によってその接合間隙を測定、測定し終ったもので引張り試験と曲げ試験を行なった。

曲げ試験は両端支持、スパン 100 mm で中央の接着個

Fig. 1 Relationship between tensile strength and joint clearance

所に荷重をかけた、引張り試験、曲げ試験の接合強度と間隙との関係は Fig. 1, Fig. 2 に示す。

Fig. 1 より明かなように引張り試験においては接合間隙の減少と共に強度は一樣に増加し、極端にこれが狭くなったものでは不連続な低下を示している。この強度の低下

は接合間隙が狭く熔けよう金属の粘性がこの間隙への流入を妨げ接着不良を生じたためであることはその破断面の接着状況から明らかである。一方曲げ強度にあっては Fig. 2 に見られるように間隙 0.3 mm 位の処に極大を有している。引張り試験に用いた試験片も曲げ試験に用いたものも全く同様な条件の下に接着せられたものであるから 0.3 mm 以下の間隙のものの強度低下が接着不良に基づくものでないことは明らかである。

第 2 報において著者等は同様形状の試験片で以って衝撃曲げ破断試験を行ない、同様に一定間隙の処に吸収エネルギーの極大を有することを認めた。したがってこの極大点は曲げ試験と引張り試験との応力条件の差によって生じたものと思われる。

3. 引張り強度および破断面の塑性歪

引張り破断した破面の塑性歪の程度を調べるため同様の形状の軟鋼をろう付し研磨仕上後引張り試験を行ない、破面を X 線回折装置にセットし、接着金属 (4—6 真鍮) の (200) 回折線の半価巾を測定した。強度と半価巾のろう付間隙との関係は Fig. 3 に示される。

図より明かなように半価巾は試片の接合間隙の狭いもの程大であり、引張り試験においては接合部の金属はその間隙の狭いもの程著しい塑性変形を受けていることが判る。このため横方向の応力が大となり破断強度が上昇することについては既に第 1 報において述べたとおりである。

* 原稿受付、昭和 34 年 7 月 20 日

** 正員、名古屋市工業研究所 Member, Nagoya Municipal Industrial Research Institute.

Fig. 2 Relationship between bending strength and joint clearance
Note ○ Fractured surface was sound.
● Fractured surface had many or large voids.

Fig. 3 Tensile strength and breadth of X-ray diffraction line

Note [No.] Fractured surface has many or large voids.

Fig. 4 Effect of notch depth to impact strength and breadth of X-ray diffraction line

4. 切欠材の衝撃試験および破面の塑性歪

0.3% C の炭素鋼 10×10×55mm の試験片に各種の切欠を附し 900 °C から水焼入 (平均硬度 Rc 55) を施し、その衝撃強度をシャルピー試験機によって測定した。破断後破面を同様に X 線回折によって調べた。第 2 報のように半価巾の値を衝撃値 (吸収エネルギー) で除した値をその試験片の切欠の度合にしたがって図示すると Fig. 4 のようになり、切欠の程度の著しいものほどこの値が大となっている。したがって衝撃値はまた一様に切欠の著しいものほど低くなっている。第 2 報におけるろう付した試験片の場合にはろう付間隙の一定の処でこの値すなわち 破面の塑性歪 衝撃値

は最小となり、これよりろう付間隙が一層狭くなるとこの値は再び大きくなって来た。またこの最小点において衝撃値は最高となっていた。すなわちこの 破面の塑性歪 衝撃値 の極小点を境とし、それよりろう付間隙の狭い範囲においては切欠材におけると同様な効果を示すが、この点よりろう付間隙の広い範囲においては引張り試験片と同様に間隙の狭い程度の上昇を示している。

すなわちろう付間隙の比較的広い範囲においては引張り試験と同様横方向の応力の増加のため強度の上昇を来すが、ある間隙の広さに至るとこの横方向の応力の増加による強度上昇よりも切欠効果による応力集中のため強度低下を生じ、ここに強度の最大点を生ずるものと思われる。

5. 曲げ試験における応力の分布

この点を更に確かめるためろう付した試験片を曲げ試験するときその応力分布が中央の接着部においてどのようなかを測定した。すなわち 15×7×150 mm の軟鋼 (C 0.1%) 2 枚を 4—6 真鍮でろう付し接着後これを 12×6.5mm 断面に研磨仕上を行ない、280mm スパンで両端を自由支持し、中央に載荷したときの各部の歪を抵抗線型歪計によって測定した。その 1 例を Fig. 5 に示す。

図から判るように間隙が広くなると母材部の歪は一樣な材質から成る梁のときの歪と一致するようになるが、間隙の狭いものでは特に接着部近傍の母材の歪が低くなり、その分だけ母材の分担する応力は軽減せられるようである。したがって接着部の歪は Fig. 5 においては一見ろう付間隙の狭いものほど少ないように見えるが、これはゲージの長さ 0.4mm に比較して接着部の巾が狭くなるためで、仮りにろう付部において歪が一樣に分

Fig. 5 Strain in free support bending

Fig. 6 Relationship between strain in joint and joint clearance

Fig. 7 Tensile strength in lap joint

Note ○ Fractured surface was sound.

● Fractured surface had many or large voids.

布しているものとしてこの分の補正を行ない接着部の歪を求めてみると Fig. 6 のようになり、ろう付間隙の狭いものほど応力の集中は著しくなっている。

6. 考 察

以上の実験によって衝撃せろう付した試験片が曲げ試験せられるときろう着部には応力集中を生じ、そのためろう付間隙の一定の処まではこの応力集中によって横方向の応力が増大し強度を上昇せしめる。しかし曲げ試験においては更にろう付間隙を狭くすると切欠材のように応力集中のためにその強度を低下せしめるに至る。

一方引張り強度にあつてはろう付間隙の狭いものほど著しい横方向の応力を生じ強度を上昇せしめるが、曲げ試験のような切欠効果による強度の低下を生じない。すなわち引張り試験は曲げ試験程応力集中が著しくないためと考えられる。

Fig. 7 は重ねせろう付した試験片の引張り試験の結果を示す。試料は 1 および 2 と同一形状でろう付、ろう付方法も全く同様である。このような場合接着部は荷重方向に対して斜に引張られるから、試験片の剛性に応じて曲げ応力を生ずることは明かである。したがって Fig. 2 と同様 0.3mm 近傍の処に強度の極大点を示す。

7. 結 論

i) ろう付においては接着金属部と母材部とで剛性の差があるのでろう付部に応力の集中を生じ、ろう付間隙の狭いものほどこの応力集中は著しい。

ii) この応力の集中によってろう付間隙の一定の処までは曲げ強度の上昇を示す。しかし更にろう付間隙を狭くすると切欠効果による強度の低下を来す。

iii) したがってろう付により接着せられた試験片の曲げ強度はろう付間隙一定の処で極大値を示す。

iv) 引張り試験による応力集中は曲げ試験ほど著しくないものと考えられるからこの現象は認められず、ろう付間隙の狭いものほど高い強度を示す。

本実験を行なうに当って名古屋大学、小林卓郎博士と名古屋市工業研究所、中野幸久博士より有益な助言を賜った。ここに深く感謝致します。