チタニウムの点熔接に関する研究*

岡 田 実** 新 成 夫***

A Study of Spot Welding of Titanium*

By M. Okada,** S. Shin***

Abstract

The authors have been investigated the characteristics of the spot-welds of the titanium produced in Japan, and clarified the influence of welding condition on weld strength, penetration, indentation, weld-diameter, hardness and structure of welds. The authors have obtained the following conclusions.

1. Spot-welds of commercial pure titanium have fairly strength and ductility.
2. It is easily obtainable the T/S ratio of 0.35.
3. Weld strength is increased with increase of welding current and time, but it is rather decreased with too much welding current and time.
4. Weld-characteristics is little affected with tip pressure.
5. Indentation, penetration and weld-diameter are increased with increase of welding current and time, but the influence of welding time on them is less than that of welding current.
6. The specimen cleaned by CCl_4 indicates the best result in welds in comparison with other surface treatments.
7. Failure of all specimens occurred in the type of bottom and plug failure.
8. Hardness and structure in welds are little affected by the change of welding current and time, and hardness in welds is as same as annealed condition of parent metal. Structure is dendritic or columnar and grain growth takes place with increase of welding current and time.

1. 緒 言

最近米国においてはチタニウムおよびその合金の熔接加工に関する研究が非常に進み、かつ実用化されているが、わが国では未だ実用の域には達しておらない。しかしながら、今後の航空機工業の発達にしたがってチタニウムおよびその合金の熔接に関する諸問題は当然おこってくるものと考えられ、特にチタニウムそれ自体有する特性から、その点熔接特性を知ることは非常に重要であると考えられる。

こゝに著者等は国産の市販チタニウムについての点熔接特性すなわち、接手の強さ、熔け込み、凹み、熔融部の直径、硬度および組織などによぼす熔接電流、通電時間、電極加圧力および被熔接物の表面処理の影響などについて検討を試みることにした。本報告はその実験結果である。

2. 実験方法

2-1 供試々料および使用熔接機

供試々料は板厚0.75, 0.65および0.50mm, 抗張力85~90 kg/mm², 伸び18~21% および硬さ230~240 V.H.N. の住友金属工業KK製市販純チタニウムで、1図に試験片の寸法を示す。

Fig. 1 Specimens

* 原稿受付 昭和29年9月9日 (昭和29年度熔接学会秋季学術講演会において発表)

** 正員, 大阪大学工学部 Member, Faculty of Engineering, Osaka University.

*** 正員, 大阪府工業奨励館 Member, Industrial Research Institute, Osaka Pref.

Fig. 2 Diagrammatic sketch of a typical spot-weld

3. 実験結果の考察

3-1 熔接特性におよぼす熔接電流ならびに通電時間の影響

表3～5図は夫々の板厚を有する点熔接物の特性におよぼす電流および時間の影響を示したものである。

Fig. 3-A Tension-shear strength of spot-welds of 0.75mm thick.

Fig. 3-B Cross tension strength of spot-welds of 0.75 mm thick.

Fig. 3-C Indentation of spot-welds of 0.75 mm thick.

Fig. 3-D Weld diameter of spot-welds of 0.75 mm thick.

一般に熔接電流および通電時間が大きくなれば凹み、熔け込みおよび熔融部の直径などは大きくなり、また過大になれば火花がはげしくおこるといわれているが、著者等の実験においてもその傾向があり、かつ10,000 amp. 以上の熔接電流および8 cycle 以上の通電時間にて熔接したものはほとんどもれなく火花を

生じた。また図にみるように熔接電流を余りに増大するときはその強さにおいて若干の減少をきたし、これは前述の火花および過大な凹みに起因するものと考えられ、このことは F.W. Mcbee 等¹⁾ によっても再三指摘されている所

Fig. 3-E Penetration of spot-welds of 0.75mm thick.

Fig. 4-A The influence of the current on characteristics of spot-welds of 0.65 mm thick.

Fig. 4-B The influence of the time on characteristics of spot-welds of 0.65mm thick.

Fig. 5-A The influence of the current on characteristics of spot welds of 0.50 mm thick.

Fig. 5-B The influence of the time on characteristics of spot welds of 0.50 mm thick.

である。なお、熔接電流と通電時間の中どちらかといえば熔接電流の方がその特性におよぼす影響は大であった。

さて、こゝに注目すべきことは熔接物の引張剪断および十字引張試験における破壊の状態であるが、熔着部から切断したものは一つもなくすべて plug あるいは bottom type で破壊した。このことはチタニウム熔着部の強さを物語るものと考えられる。

3-2 熔接特性におよぼす電極加圧力の影響

第 6 図は熔接特性におよぼす電極加圧力の影響を示したものである。

一般に低圧を用うる場合は板と板との間に大きな接触抵抗を有するもので、したがって熔接中により多く加熱されまた凹みも少く、高圧を用いる場合はそれと全く逆の事がいえ、強さはむしろ低圧を用いた場合の方が大きいといわれているが、著者等の実験においては熔接機の圧力調製範囲が少く、広範囲に圧力を変化させることができなかったの で充分にその点を指摘することができなかった。唯 100 kg

Fig. 6 The influence of the tip pressure on characteristics of spot welds of 0.75 mm thick.

その影響はみられず、むしろその影響をみようとして電極先端を極端にとがらすときは火花がはげしく生じ、かつ凹みも大きく全く無価値なものになってしまう。こゝに著者等の実験においては電極先端の半径を 50 mm とするのがもっとも普通であると考えた。

3-3 熔接特性におよぼす表面処理の影響

チタニウムのすべての熔接においてその表面を浄化する必要があることはいうまでもないが、点熔接においてはその処理はアーク熔接と異なり熔融金属中の他元素の介在を云々するよりむしろ板間の接触抵抗を左右するもので、同

Table 2 Effect of Surface Condition on Weld-characteristics

Specimen No.	Tension-shear kg	Cross-tension kg	Indentation $\times 10^{-2}$ mm	Weld-diameter mm	Penetration %
68	590	215	24	5.46	84.5
69	580	204	26	5.75	87.9
70	455	195	30	5.89	79.5
71	{566 515}	{245 230}	—	—	—
72	461	152	20	5.06	84.5
73	443	145	21	5.16	87.0
74	186	135	35	5.40	82.9
75	—	—	—	—	—
76	444	170	15	4.84	88.5
77	440	162	17	5.16	87.3
78	430	146	40	5.48	84.1
79	—	—	—	—	—

一熔接条件であっても接触抵抗の差異によりその熔接結果にかなりの影響をおよぼすものである。

オ2表はそれらに関する若干の結果を示したもので、酸処理したものはアルカリあるいは熱処理したものに比べて非常に接触抵抗が少く、したがって同一熔接条件にて熔接した他のものに比べ、熔融部は小さく強さも低いようであり、アルカリ処理した物はその接触抵抗が非常に大きく、この場合にははげしい火花を生じ、また熔接部は非常に不揃いとなり、熱処理した物に至っては表面酸化物の生成のため逆にこのような電流値では熔接することができなかった。しかし、オ2表にみるように非常に大きな電流および時間を用いた場合には相当の強さを有するものが得られたが熔接部は全く脆弱なものであった。

これらの結果から普通の CCl_4 で浄化したものはかなりの接触抵抗を有しているところから前三者に比べてもっとも適当なように思われた。

Fig. 7 Hardness distribution

響部において5~10程度の減少がみられ、これらは母材の焼鈍状態の硬度に等しいものである。なお、電流その他により大した硬度変化はみられなかった。

3-5 組織

Photo. 1 Specimen No. 58 x 10 (Macrostructure)

3-4 硬度

オ7図に2,3の硬度測定値を示したが、一般に熔接により母材、熱影響部および熔融部と影響されるところが少く、熔融部において V.H.N. 20~30, 熱影

Photo. 2 Specimen No. 36 x 16 (Macrostructure)

Photo. 5 Specimen No. 4
Welded zone x200

Photo. 3 Specimen No. 4
Parent metal x200
Etchant: 1.5% HF + 3.5% HNO_3
+ H_2O

Photo. 4 Specimen No. 4
Heat affected zone x200
(Flashing occurred)

Photo. 6 Specimen No. 4
Heat affected zone x200

Photo. 1~6 は 1, 2 の試料の母材, 熱影響部および熔融部のマクロおよびミクロ写真を示したもので, いずれもこれらは炭素鋼の点熔接部にみられると同様な normal structure で, 熔融部の全粒子は樹枝状あるいは柱状で一般に熔接部の中心に向って発達しており, 熱影響部は全く母材の焼鈍状態を示すものである。なお, これらの粒子の大きさは熔接電流および通電時間の変化によってさほど影響されなかった。しかしながら, はげしい過熱は若干の粒子生長をおこすものと考えられる。

4. 総括および結言

以上の結果を総括すれば次の如くなる。

- 1) 市販純チタニウムの点熔接物はかなりの強さと伸びをもち, T/S の比 0.35 を容易に得ることができる。
- 2) 熔接物の強さは熔接電流および通電時間の大きくなるにしたがって増大するが, 過大になると減少する。これは火花の生成と過大な凹みの形成に起因すると考えられる。
- 3) この実験においては電極加圧力の影響は余りみられなかった。
- 4) 凹み, 熔け込みおよび熔融部の直径は熔接電流および通電時間が大きくなるにしたがって増大するが, 通電時間のそれらにおよぼす影響は熔接電流のそれよりも少なかった。
- 5) 被熔接物の表面を CCl_4 にて清浄したものがもっとも良いように思われた。
- 6) 強度試験における全試験片はすべて plug あるいは bottom type で破壊し, 熔着部から切断または破壊したものはなかった。
- 7) 熔接部の硬度および組織は熔接電流および通電時間その他の条件により影響はみられなかった。そして, 熔接部の硬度は母材の焼鈍状態のそれと等しく, 組織はすべて樹枝状あるいは柱状で熔接部の中心に向って発達しており, 熔接電流および通電時間の大きくなるにしたがってやゝ硬度は下り, かつ結晶粒子は大きくなっているよ

うに思われた。

以上のことよりこの程度の板厚の最適点熔接条件を示すと Fig. 8 のごとくなる。

Fig. 8 Range of the best welding conditions

絶りに本実験遂行に当り御協力賜りたる大阪府立工業奨励館小寺正曉氏並びに阪大学生河野光雄氏に対し厚く御礼申し上げます。

また, この実験は文部省科学研究費の一部で行ったもので併わせて謝意を表する。

文 献

- 1) F. W. McBee, Jr. etc., "Physical and Metallurgical Characteristics of Spot Welded Titanium", Weld. J., Vol. 30 (1951) No. 9, p. 429s-434s.
- 2) Ibid., "Spot Welding of Titanium Alloy Sheet", Weld. J., Vol. 31 (1952) No. 10, p. 469s-474s.
- 3) Ibid., "Tension, Shear and Impact Strength of Spot Welded Titanium Joint", Weld. J., Vol. 31 (1952) No. 12, p. 599s-604s.
- 4) E. F. Holt, etc., "Spot Welding of Titanium-Carbon Alloys", Weld. J., Vol. 32 (1953) No. 11, p. 1057-1066.