

Q-38

アルミニウムのろう付性評価方法はどのようなものがありますか。

A-38

ろう付性の評価方法としては、JIS や ISO で規格されているぬれを評価する広がり試験、継手強度を評価するせん断試験および引張試験があります。これらは、主に置きろう付法あるいは差しろう付法としてのろうを添加する場合のろう付性評価に適しています。

アルミニウム製熱交換器などの製造に広く用いられているブレージングシートの評価方法としては、すき間充填試験とサグ試験が軽金属溶接構造協会で規格化されています。(LWS T 8801)

Table 1 に代表的な評価方法の概要を示します。

ろう付性評価の対象は、材料構成や各施工プロセスであり、その評価結果から実製品のろう付挙動を推定できます。

本回答は其中で下記に示す評価方法について述べます。

- 1) 広がり試験
- 2) ドロップ型流動性試験
- 3) すき間充填試験
- 4) サグ試験

広がり試験の JIS Z 3191 に規定されている適用範囲は、一般構造用圧延鋼材および脱酸銅等であり、アルミニウム合金については記載がありません。アルミニウム合金の場合でもろうの流動性およびフラックスを使用する場合、その効果を確認する上で適した方法と考えられます。しかし、アルミニウム合金のろう付では、ブレージングシートを使用するケースが多く、この評価を用いる頻度は少ないと思われます。Fig. 1 に広がり試験方法を示します。この方法は、一定量のろうあるいは一定量のろうとフラックスをアルミニウム合金板の上に置き、適用されるろう付方法および条件下で加熱し、母材へのろうの流動性評価とフラックスの効果を同時に確認すると同時に、ろうの母材への侵食深さも評価できます。ろうの母材への侵食は、アルミニウム合金のろう付の場合、特にろう材に含有する Si 量の影響が大きいとされています。Si 量が増加すると母材への Si 拡散量が増加することで、ろうの流動性を阻害することがあります。その他の要因としては、ろう付温度、ろう付時間、心材の組成及び加工組織などが影響します。詳細は、軽金属溶接構造協会発行のアルミニウムブレージングハンドブック(改訂版)を参照ください。

ドロップ型流動性試験はブレージングシートのろうの流動性を評価する方法の一つで、Fig. 2 にその試験方法を示します。流動係数 K_1 は次式で求められ、

$$K_1 = (4W_B - W_0) / (3W_0 \times \text{クラッド率})$$

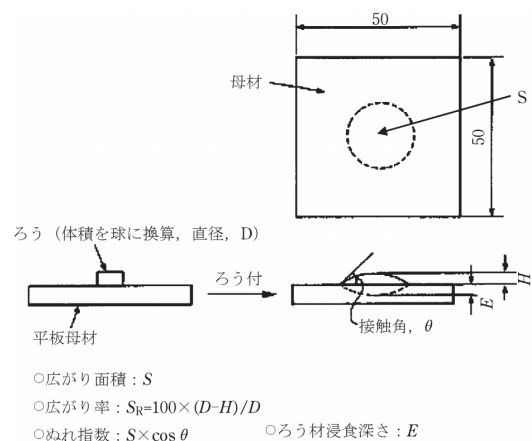
W_0 : ろう付前のブレージングシートの重量

W_B : ろう付後のブレージングシート下部 1/4 の重量

クラッド率: 両面ブレージングシートの場合はその合計上側 3/4 の範囲で溶解し流動降下したろうの量の割合を

Table 1 各種評価方法の概要

試験方法	評価項目	対応する製品上の挙動	規格による標準化
(1) 広がり試験	母材のろうの広がり面積 (cm ²) または広がり率 (%)	ファイレット形成	JIS Z 3191
(2) 逆 T 字型流動性試験	外観, 流動係数, ファイレットの脚長比, のど厚, ろうの母材への侵食深さ	ファイレット形成, 光沢, (ポイド), 組織	無
(3) ドロップ型流動性試験	外観, 流動係数, ろうの母材への侵食深さ	ファイレット形成の一部光沢	無
(4) 二重パイプ試験	すき間充填率	ファイレット形成	ISO 5179-1983
(5) すき間充填試験	外観, すき間充填長さ (mm), 流動係数, ファイレット脚長比, のど厚, ろう侵食深さ	ファイレット形成, 光沢, (ポイド), 組織	LWS T 8801
(6) 限界クリアランス試験	すき間充填限界クリアランス, ろう付率	ファイレット形成, 光沢	無
(7) サグ試験	外観, フィン材端末の垂れ下がり高さ (mm)	変形, 光沢, 組織	LWS T 8801
(8) [半]中空カップ試験	外観, 破壊耐圧強度 (kgf/cm ²), 破壊位置	カップ内部のファイレット形成, 光沢, ポイド	無
(9) せん断試験	強度 (MPa)	ファイレット形成, 材質	JIS Z 3192
(10) 引張試験	強度 (MPa)	ファイレット形成, 材質	JIS Z 3192
(11) ボルト頭部継手の強度試験	強度 (MPa), 外観	ファイレット形成, 材質	ISO 5187-1985



- 広がり面積: S
- 広がり率: $S_R = 100 \times (D - H) / D$
- ぬれ指数: $S \times \cos \theta$
- ろう材侵食深さ: E

Fig. 1 広がり試験方法

示しています。この試験方法はフィレット形成能とは無関係ですが、各種ブレイジングシートにおけるろうの純粋な流動性評価として適しています。

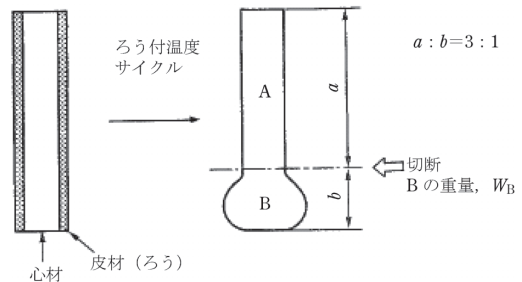
すき間充填試験は、熱交換器製品など数多くの部品から成り立ち、たくさんの接合継手に対して、その継手のすき間をいかにろう材で充填し、健全なろう付接合部を得るかを評価する方法として広く用いられています。但し、実際の製品では、数多くのすき間を一度に充填することで、ろう材のすき間に寄与するろう材量の相違や温度分布が生じることなど、種々条件が異なることが予想されるため、定性的な判断評価として利用されています。Fig. 3にすき間充填試験方法を示します。垂直に立てられたブレイジングシート的一端から50 mmの位置に、各種の径(例えば、φ1, 2, 3, 4)のステンレス製のスペーサーを挟んで、その面内で持ち上げて一定のクリアランスを設定します。所定のろう付サイクルを付加した後、すき間充填長さ F_L をノギス等で測定してろう付性を数値化でき、再現性も良好です。但し、垂直材や母材が薄板の場合、固定時や昇温時に変形を伴い、測定困難になることがあるので注意が必要です。

サグ試験は、熱交換器製品などに使用されているブレイジングシート製フィン材などが、ろう付プロセス中に、製品自重あるいはジグによる拘束圧力等で、座屈変形を起こし、所定の形状を維持できないことがあり、ブレイジングシートなどをろう付温度に保持して、たわみ量(変形量)を測定する方法です。この方法は材料の高温変形のみならず、ろう材の心材への侵食などの影響調査ができ、Fig. 4に試験概要を示します。試験方法の詳細は軽金属溶接構造協会規格 LWS T 8801 を参照下さい。

以上、四つの評価方法について記述しましたが、実製品のろう付継手やプロセス条件によっては数値は異なることが予想されます。従って、本件は定性的な評価方法として用いていただき、実製品に即した評価方法への参考にしていただければ幸いです。

参 考 文 献

- 1) 規格：JIS Z 3191-1963
- 2) 川瀬：軽金属溶接，16 (1978)，159
- 3) 規格：ISO 5179-1983
- 4) 規格：LWS T 8801-1991
- 5) 今泉：軽金属溶接，14 (1976)，569
- 6) 軽金属溶接構造協会：アルミニウムブレイジングハンドブック(改訂版)，(2003，3) 90-93，117-143



ブレイジングシート(ろう付前の重量, W_0)
流動係数 (K_1) $K_1 = (4W_B - W_0) / (3W_0 \times \eta^2 \times \text{率})$

Fig. 2 ドロップ型流動性試験方法

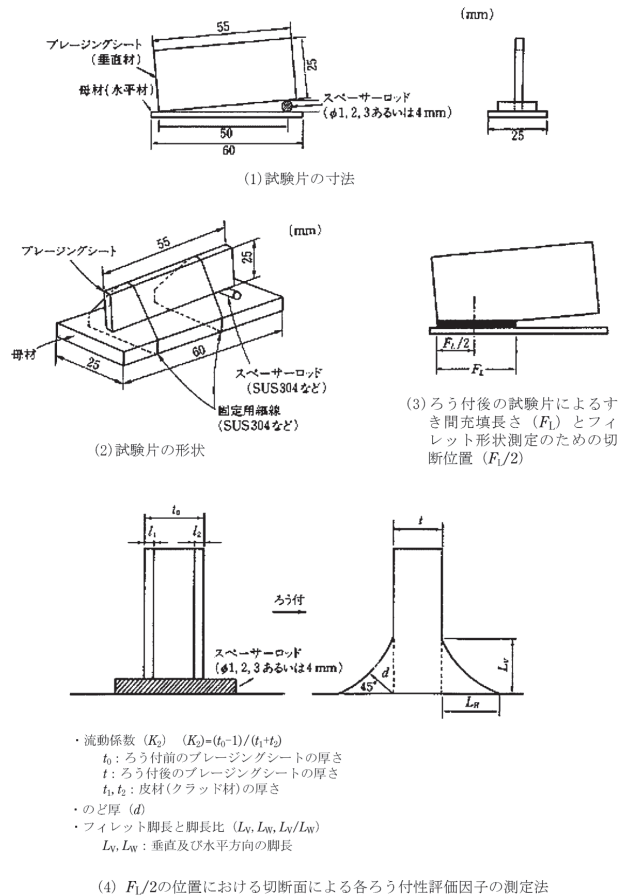


Fig. 3 すき間充填試験方法

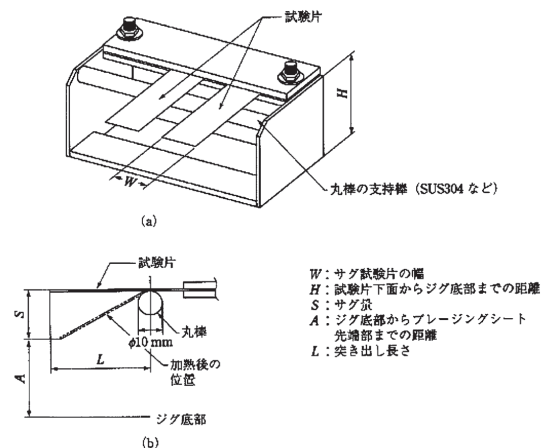


Fig. 4 サグ試験用ジグとサグ試験片の形状、寸法及び設置方法