

Q-10 施工前の継手のクリアランスの許容はどれくらいですか？

A-10 FSW 法は、溶加材を用いない、固相接合法であるなどの理由から、ミグ溶接法などと比べると継手に要求される開先精度は厳しいです。I 型突合せ継手の場合、施工の際に継手に要求される開先精度の主な種類として、Fig. 1 に示すような、(a)開先面の隙間、(b)目違い、(c)ツールの狙い位置（ツール中心の接合線からのずれ）の3つがあげられます。

Fig. 2 にアルミニウム合金 6N01-T5 材、板厚 4 mm において、開先面の隙間および目違いが継手の引張強さに及ぼす影響を示します。これはショルダー径 15 mm、プローブ径 5 mm のツールを使用した結果です。開先面の隙間が 0.5 mm 以上に

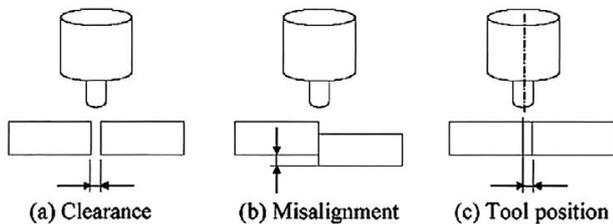


Fig. 1 Definition of clearance, misalignment and tool position

なると継手の強度は低下し、隙間が大きくなるほど強度の低下は大きくなります。目違いについても同様に、0.5 mm 以上になると強度は低下し、目違い量が大きくなるほど強度の低下は大きくなっています。これは、Fig. 3 に示すように開先面の隙間または目違いが 0.5 mm 以上では接合部にキャビティ状の欠陥が発生し接合部で破断するからです。隙間や目違いの量が大きくなるほど、

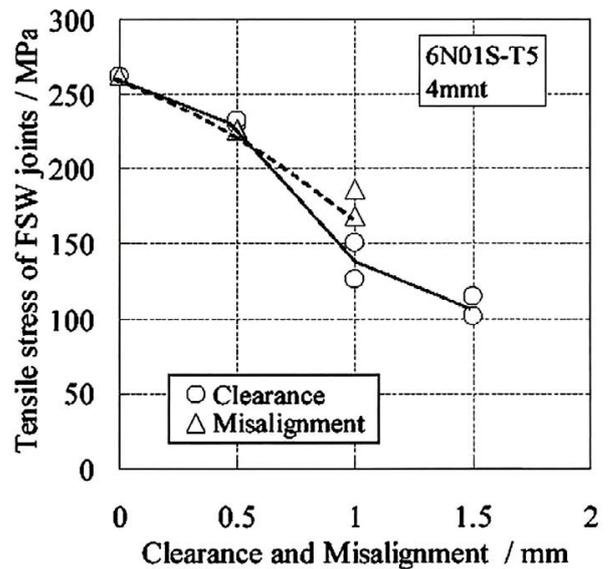


Fig. 2 Effect of clearance and misalignment on tensile stress of joints

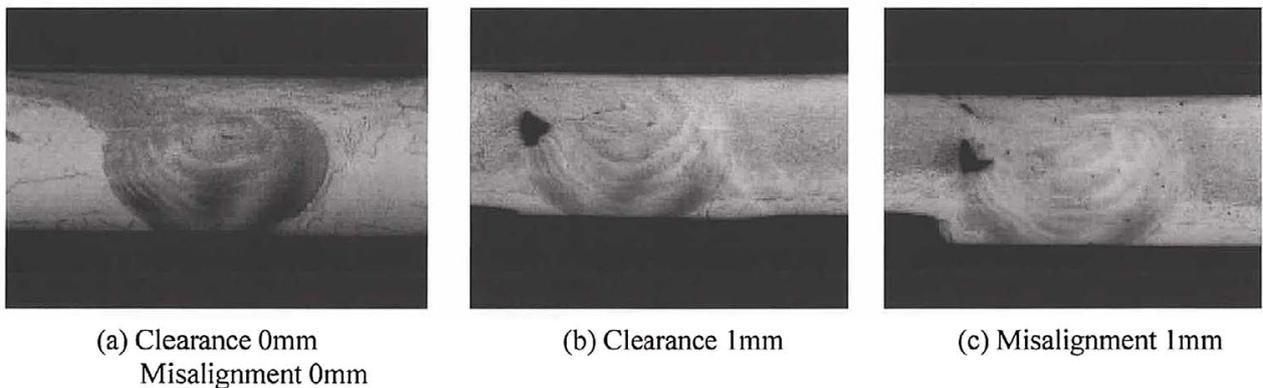


Fig. 3 Effect of clearance and misalignment on macrostructures (6N01-T5 alloy, 4 mm thickness)

大きな欠陥が発生し有効断面積が減少するために強度は低下します。したがって、6N01 材をショルダー径15 mm、プローブ径 5 mm のツールを用いて接合する場合には、開先面の隙間および目違いは0.5mm以下の精度に保つ必要があると言えます。しかしながら、必要とする開先精度は材質、ツール形状、接合条件（ツール回転数、接合速度、ツール押込量など）等の影響を受けるため、見定める必要があります。

開先精度の許容範囲が使用するツールの形状に影響を受ける例として、Fig. 4 に板厚 4 mm の 6N01 合金において、ツールのショルダー径と開先面の隙間の許容値との関係を示します²⁾。ショルダー径が大きくなるほど隙間の許容値が大きくなっています。これは、ショルダー径が大きくなると母材の塑性流動により隙間を充填する作用が大きくなるためであると考えられます。

このような開先面の隙間や目違いは、施工前の母材のセッティング精度によって発生するだけではありません。FSW 施工中にはツールの回転および移動によって母材には非常に大きな力が作用するため、拘束ジグによるクランプ力が不足した場合には、開先面が開き隙間が発生したり、母材がツール側に浮き上がって目違いが発生すること

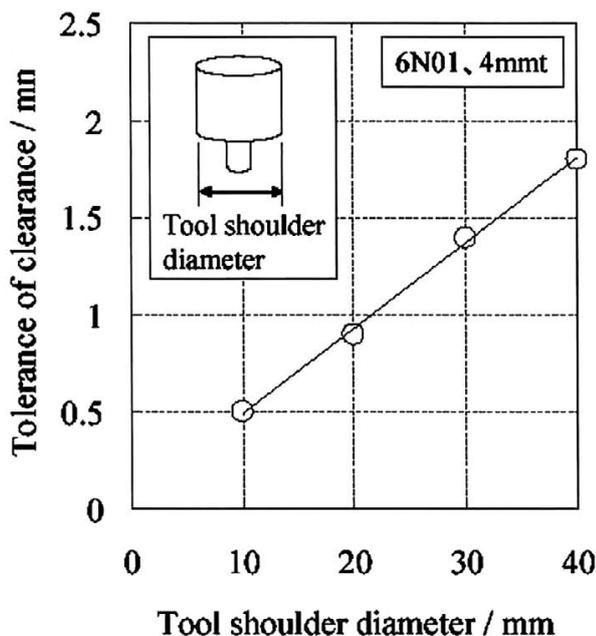


Fig. 4 Relationship between tool shoulder diameter and tolerance of clearance

になります。したがって、Fig. 5 に示すように母材の側面や裏面およびツール近傍の表面を強固に拘束する必要があります。

次に、Fig. 6 にツールの狙い位置（ツール中心の接合線からのずれ）が継手の引張強さに及ぼす

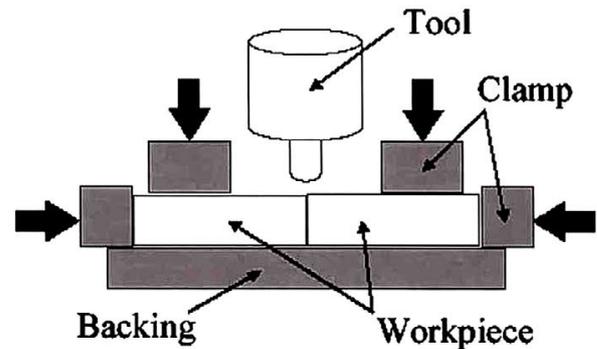


Fig. 5 Necessary restraint force for FSW

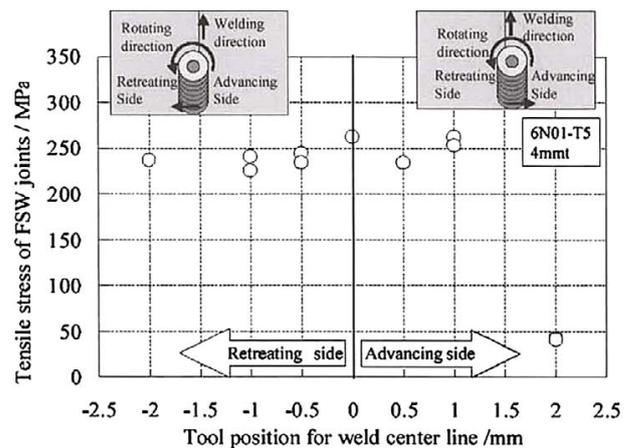


Fig. 6 Effect of tool position on tensile stress of joints

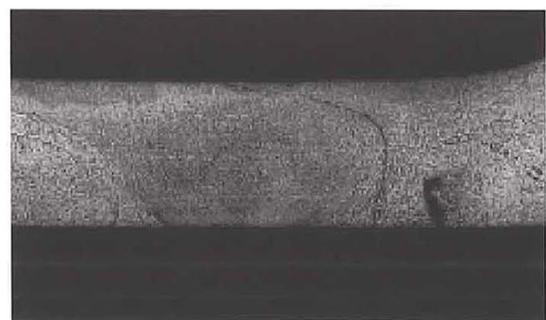


Fig. 7 Macrostructure of weldment in tool position +2.0 mm (6N01-T5 alloy, 4 mm thickness)

影響を示します。横軸は、ツール中心が接合線から advancing side (ツールの回転方向が接合方向と一致する側) にずれる方向をプラス、retreating side (ツールの回転方向が接合方向と逆になる側) にずれる方向をマイナスで表しています。ツール中心が接合線から advancing side に 2 mm ずれた場合には強度が大きく低下しています。それに対して retreating side では 2 mm まで強度低下は無く許容しています。Fig. 7 に advancing side に 2 mm ずらしたツールの位置で接合した接合部断面写真を示します。接合界面の攪拌が不十分で、分断されずに線状に残存しているのが分かります。ツールの狙い位置が接合線から離れると、接合部界面はツールによる十分な攪拌が得られないため、接合部界面の酸化膜が分断されずに層状に残存する欠陥が発生します。このような場合では接合が不十分であるために引張試験では接合部破断となり継手の強度も低下します。

また、retreating side にずれた方が許容範囲が

広いのは、advancing side の材料はツールの回転に沿った大きな塑性流動が起こるのですが、retreating side の材料は回転の影響をあまり受けないためであります。すなわち、retreating side にずれた場合は、接合線が攪拌作用の大きい advancing side にずれるため許容されます。もちろん、使用するプローブ径が大きいほど許容範囲は拡大すると考えられます。

ツールの位置ずれに関しては、母材の平行度などの寸法精度やセッティング精度などによって発生します。長尺材を接合するなど、場合によっては、接合線の位置をモニタリングし、ツールの位置を追従させることも必要となります。

参 考 文 献

- 1) 橋本武典：FSW 接合における開先精度の影響，溶接学会講演概要集，No. 67，(2000,9) 62-63.
- 2) 岡村久宣：アルミニウム合金の摩擦攪拌接合と構造物への適用，第168回溶接学会溶接法研究委員会資料，SW-2659-99 (1999,12).