

## FSW継手の攪拌部の組織

Microstructures of Stir Zones of Friction Stir Welded Joints

大阪大学 接合科学研究所 准教授 藤井 英俊

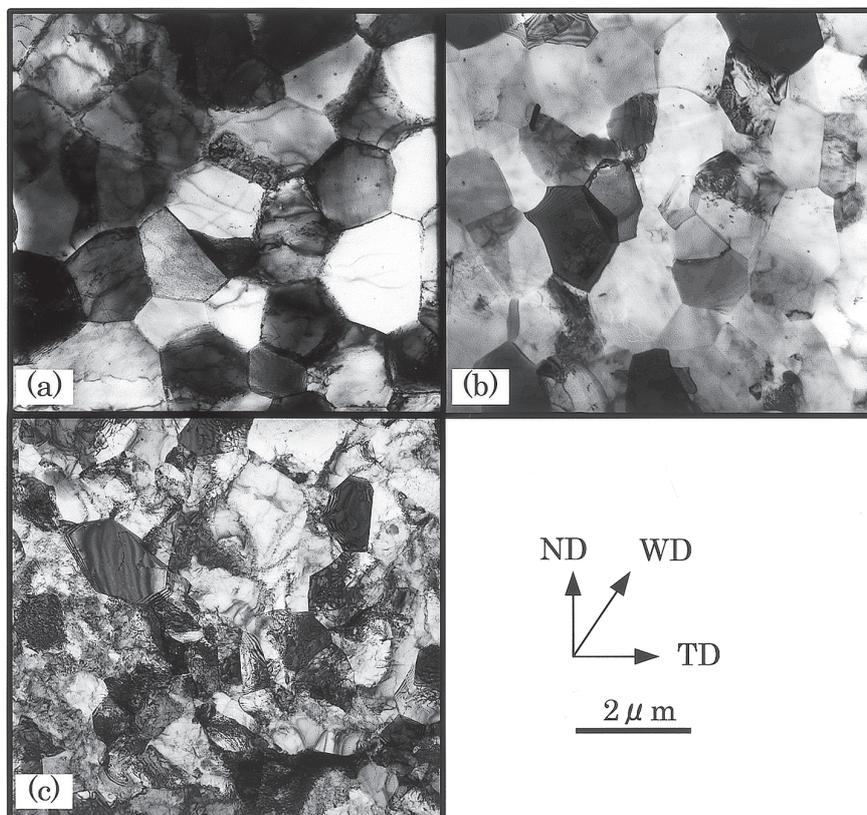


図1 FSW継手の攪拌部の組織 (a) IF鋼(20ppmC)、(b) 純Al(99.5%)、(c) 純Ti(99.9%)  
WD: 接合方向(圧延方向も同じ)、ND: 試料表面に対して垂直方向、TD: 接合方向に垂直な方向

摩擦攪拌接合 (Friction stir welding : FSW) は、ツール (Tool) と呼ばれる  $\phi 10 \sim 20$  程度の円柱状の工具を、1000rpm 程度の高速で回転させながらその底面およびその先端にある突起 (プローブ) を材料と接触させ、材料との摩擦熱を利用して接合する方法である。最高到達温度が融点に達せず、固相状態で接合するため、接合部における強度低下がこれまでの溶融溶接に比べて小さいのが特長で、場合によっては接合部のほうが母材より高強度化されるという画期的な手法である。このような理由から、本手法を積極的に表面改質等に用いる摩擦攪拌プロセスとして活用されることもある。これらの手法では、他の超強加工プロセスを凌ぐはずみ速度が得られるとされるが、温度が比較的に高いことも特徴である。

図1はIF鋼の攪拌部のTEM組織を純Alおよび純Tiと比較して示している。これらの組織は、いずれも摩擦攪拌接合としては入熱量の少ない条件、すなわち転位の残存しやすい条件においてそれぞれ接合した継手の攪拌部中央部の組織となっている。これ以上に入熱量 (温度) を減少させると、欠陥が発生し、良好な継手は得られない。

図1(a)は純度99.8%(20ppmC)のIF鋼をツール回転速度400rpm、接合速度400mm/minの条件で接合を行った試料の攪拌部中央部の明視野像である。ツール径は $\phi 15$ である。低入熱条件にもかかわらず、等軸晶の粒内には転位がほとんどない再結晶組織が得られる。IF鋼の結晶構造はbccであるため交差すべりが起こりやすく、回復が容易に起こ

るためである。すなわち、摩擦攪拌接合により接合中は動的再結晶が起こっているが、冷却中に回復が起こったため、結晶粒内には転位がほとんど残存しないと考えられる。

図1(b)は純度99.5%の純Alをツール回転速度400rpm、接合速度1000mm/minの条件で接合を行った試料の攪拌部中央部の明視野像である。IF鋼の場合と同様に結晶粒内には転位がほとんどない等軸組織となっている。Alの結晶構造はfccであり交差すべりが起こりにくいため、結晶構造的には本来は回復を起こしにくいと言えるが、Alは積層欠陥エネルギーが比較的高いため積層欠陥を作りやすく、その結果回復しやすい。すなわち、IF鋼の場合と同様にFSWにより接合中は動的再結晶が起こっているが、冷却中に回復が起こり、結晶粒内には転位がほとんど残存しなかったと考えられる。

このように、摩擦攪拌接合の代表的な対象材料である鋼とAlでは明瞭は動的再結晶組織が観察されにくい。一方、hcp構造の99.9%の純Tiでは、明瞭に動的再結晶が生じたことが示唆される組織が得られる。図1(c)は純度をツール回転速度200rpm、接合速度300mm/minの条件で接合を行った試料の攪拌部中央部の明視野像である。純AlやIF鋼とは異なり、結晶粒内に大量の転位の導入された等軸の動的再結晶組織となっている。

(2008年11月4日受付)