

# 輸送機分野における各種接合材の安全衝突性評価技術

## ～7075アルミニウム合金接合材の高速引張特性と微細組織の関係～

近年、輸送機分野ではTIG溶接などの溶融溶接法に替わって摩擦攪拌接合 (FSW) が注目されている\*1)\*2)。一方、輸送機部材には安全衝突性の需要が高まり、高ひずみ速度域での機械的性質の評価方法に注目が集まっている。

本稿では、輸送機部材に使用される7075-T6アルミニウム合金TIG材とFSW材を供試材とした。安全衝突性評価として、高速引張試験で高ひずみ速度域における機械的性質を評価した。また、各接合部の組織を、光学顕微鏡、EPMA、TEMおよび新しい微細組織評価方法としてEBSPを用い評価した。その結果を本稿で報告する。



技術本部  
材料評価事業部  
材料技術部

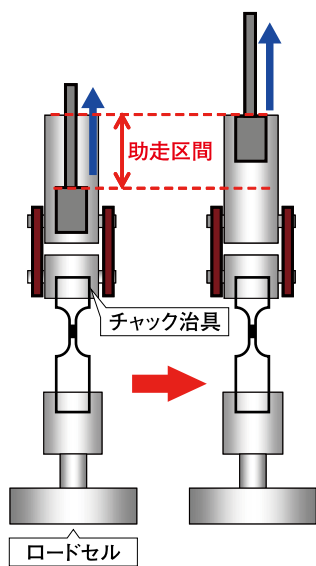
山口 真弘

### A-1 高速引張試験

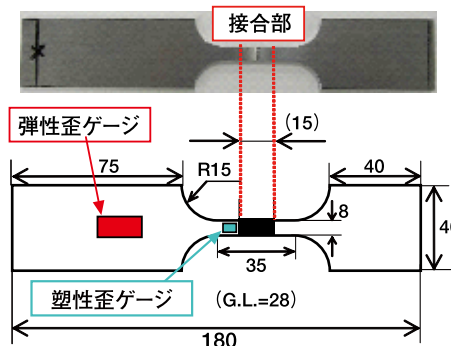
高速引張にはさまざまな方法があるが、今回はTP形状より島津製作所製サーボパルサTYPE EHF-U2H-20L型の油圧式を用いた。第1図に示すように、チャック治具の上に助走区間を設け、所定の速度まで加速させて引張試験を行う方法を用いている。静的引張試験の場合は、ロードセルで荷重の測定を行っているが、高速ではロードセルが追従しないため、第2図に示すようにつかみ部の弾性ひずみゲージを貼付、低速でのひずみゲ

ージの出力とロードセルからの出力との直線校正式を求め、それより荷重を測定した。各ひずみ速度での試験結果のひずみ速度と0.2%耐力の関係を示す第3図に、ひずみ速度と引張強さの関係を示す第4図に示す。いずれも母材、FSW材、TIG材の順に高く、TIG材は約50%の強度低下であったのに対し、FSW材は約30%の強度低下であった。また破断位置は、母材は平行部、FSW材は接合部中心、TIG材は肉盛り溶接部端部であった。

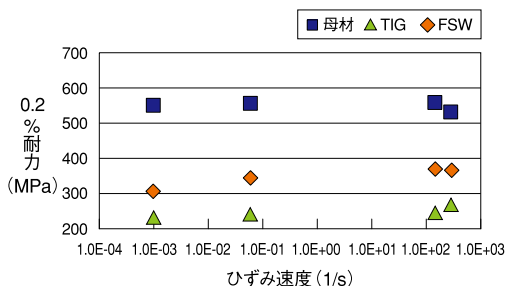
第1図 油圧式高速引張試験方法



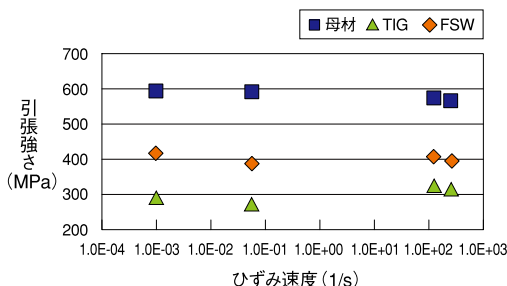
第2図 高速引張試験片形状



第3図 ひずみ速度と0.2%耐力の関係



第4図 ひずみ速度と引張強さの関係



#### 参考文献

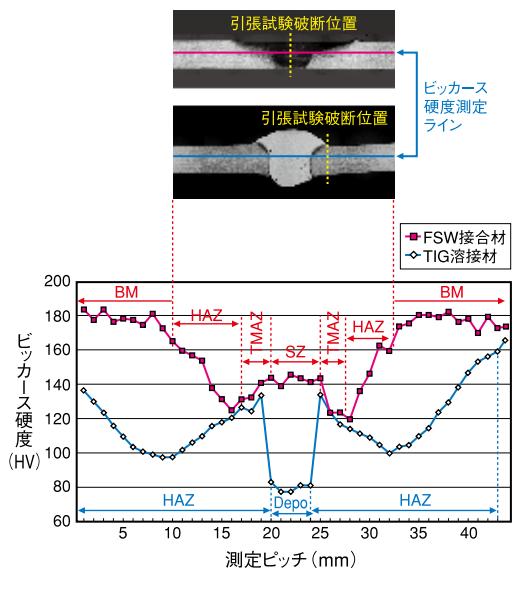
- \*1) 森久史ほか：軽金属，第57巻，11号（2007），506-510
- \*2) Kazuhiro. NAKATA：ISIJ International，Vol. 40（2000），pp.S15-S19

## A-2 各接合材の微細組織

### 2-1 ビッカース硬度測定

接合部の断面マクロ観察およびビッカース硬度測定の結果を第5図に示す。FSW材は、母材（BM部）がもっとも高く、熱影響部（HAZ部）で徐々に低下し、熱加工影響部（TMAZ部）で回復、攪拌部（SZ部）ではさらに高くなっていた。TIG材では、左端部からHAZ部でBM部に比べて硬度は低く、溶接部では硬度低下が著しくなった。引張試験による破断位置は、FSW材はHAZ部と報告されている\*3)が、今回の試験では、FSW材の破断位置は接合部中心であった。また、TIG溶接材の破断位置は接合部端部であった。これらは、いずれも最低硬度位置と異なっていた。FSW材については、接合部断面はすべてSZ部で接合時の加工発熱の影響がある。他の領域では断面上部に熱影響があるものの、下段部では熱影響のない母材領域があるために、強度が高く破断位置にはならなかったと考えられる。一方、TIG材で強度がもっとも弱いのは溶接部中央と考えられるが、形状の影響が大きく肉盛り端部でのノッチ効果によりこの位置で破断したものと考えられる。肉盛の部分をも落として試験を行った場合、強度がもっとも低い溶接部中央で破断すると推察される。

第5図 マクロ観察およびビッカース硬度測定結果



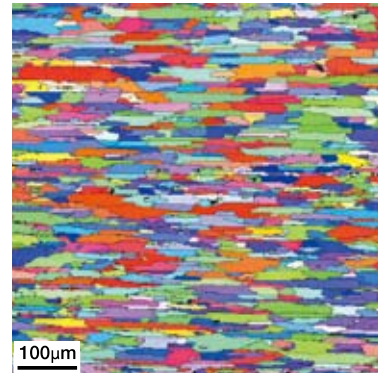
### 2-2 EBSPによる粒形状および方位分析

EBSPで結晶粒径および結晶方位関係を調べた結果を第6図に示す。母材は圧延方向に伸長しているのに対し、FSW材は微細等軸粒であった。一方、TIG材は圧延方向に伸長しており結晶粒幅方向に粗大化していた。円形換算したときの平均

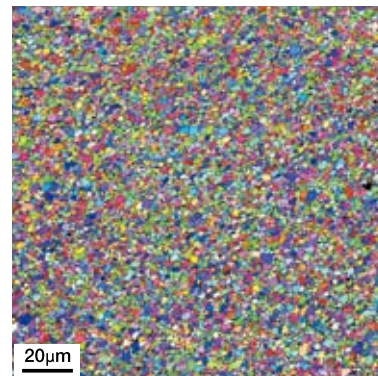
結晶粒サイズは、母材が $29.9\mu\text{m}$ 、TIG材が $29.0\mu\text{m}$ であるのに対し、FSW材は $2.1\mu\text{m}$ と、母材の約15分の1程度に微細化していた。結晶方位は、すべての供試材において特定な方位はみられずランダム方位であった。

第6図 EBSP分析結果

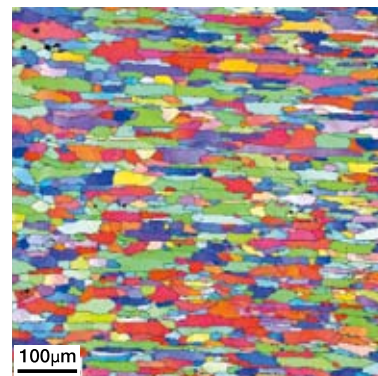
(a) 母材



(b) FSW材:SZ部



(c) TIG材:HAZ部



#### 参考文献

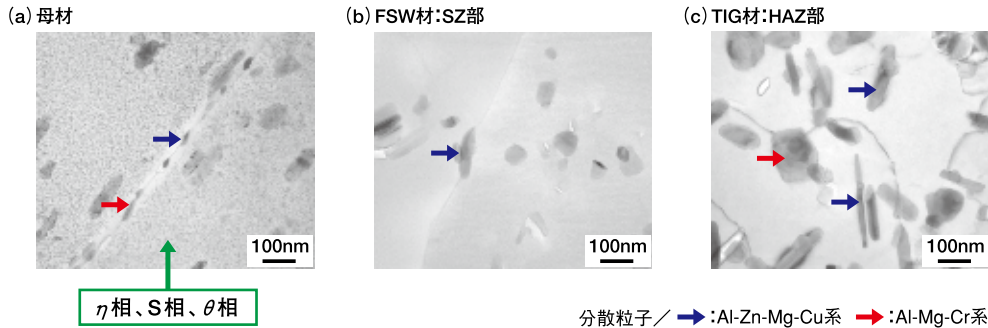
- \*3)  
C. J. DAWES et al. :  
Weld. J., 75 (1996), pp.  
41-45

### 2-3 TEM観察

TEM観察結果を写真1に示す。母材は結晶粒内に析出物が微細分散していた。微細析出物は、 $\theta$ 相、 $\eta$ 相、S相であると考えられる。また、

FSW材とTIG材はAl-Zn-Mg-Cu系およびAl-Mg-Cr系の分散粒子は観察されたが、微細析出物は観察されなかった。FSW材は攪拌時の摩擦熱、TIG材は溶接時の熱影響により微細析出物は再固溶したものと考えられる。

写真1 TEM観察結果



## A-3 高速引張特性と微細組織の関係

高速引張特性と微細組織の関係を第1表に示す。元素濃度プロファイルを示すEPMAライン分析の結果、FSW材は均一な元素濃度プロファイルであったが、溶加材に5×××系を用いたためTIG材は溶接部で元素濃度の違いが大きく安定したピークは検出されなかった。また、ガス量についても特異な結果であり、母材に対しTIG材は水素ガスのみ増加したが、FSW材は総ガス量が増加した。

引張特性で、母材がもっとも高くなったのは、ナノサイズの析出物が粒内に分散していたからで

あると考えられる。析出物のないFSW材とTIG材で比較すると、機械的特性に影響を与えているのは、第1表中の黄色い枠で囲った、「結晶粒、元素濃度プロファイル、分散粒子サイズ」であると考えられる。TIG材よりもFSW材の結晶粒は微細等軸であり、ホールペッチの関係式からも耐力は高くなると推察される。その他では、元素濃度プロファイルが均一になっていること、分散粒子サイズが小さいこと、などによってもFSW材の強度、耐力が高くなったと考えられる。

第1表 高速引張特性と微細組織の関係

	母材	FSW材	TIG材
高速引張特性	—	約30%低下(母材比較)	約50%低下(母材比較)
結晶粒(形状・サイズ)	伸長	微細均一	粗大伸長
元素濃度プロファイル	均一	均一	DEPO部不安定
分散粒子サイズ	小	中	大
析出物	微細	固溶	固溶
結晶方位	ランダム	ランダム	ランダム
水素ガス分析	—	総ガス増大	水素ガスのみ増大

今回、輸送機分野で注目されている摩擦攪拌接合(FSW)および安全衝突性評価技術に着目し、高速引張特性と微細組織の関係について紹介した。FSW材は、従来の溶融溶接法にくらべ引張特性は優れた値を示した。その理由の大きなものとして、結晶粒が微細等軸であったことが挙げられた。

今回の調査で、アルミ合金接合材の安全衝突性を評価するにあたり、TEM、EBSPなどの微細組

織評価が有効であることが判明した。今後、固溶強化型合金5083、7075-T5接合材の高速引張特性と微細組織の関係について調査を進め、各種Al合金の得失を明確にしていく。

(共著：技術本部 材料評価事業部 材料技術部 主席研究員 柳川政洋／技術本部 材料評価事業部 技監 大家正二郎)