Japan Welding Society

120

摩擦攪拌接合による無酸素銅接合部の組織及び機械的性質

釜慶大学 新素材工学部 朴 和淳
関西大学 大学院 ○木村 隆宏
昭和電工(株) 加工技術開発センター 長野 喜隆
大阪大学 接合科学研究所 中田 一博, 牛尾 誠夫

Microstructures and Mechanical Properties of FSW Joints of Oxygen Free Copper

by Hwa Soon PARK, Takahiro KIMURA, Yoshitaka NAGANO, Kazuhiro NAKATA and Masao USHIO

キーワード: 摩擦攪拌接合、無酸素銅、組織、機械的性質
Keywords: Friction stir welding, Copper alloy, Oxygen free copper, Structure, Mechanical property

1. 緒言

銅及び銅合金は、電気及び熱の伝導性が高く、耐食性に優れており、また塑性加工の容易なこと等の特長を持っていることから電子･電気通信用、化学工業用、建築用、一般工業用及び輸送機器等の分野に幅広く使われている。従って、これらの材料を構造用材としてさらに幅広く用いるためには溶接性の確保が非常に重要である。しかしながら、銅および銅合金を接合する場合、溶融溶接では材料の物理･化学的な固有性質によって融合不良、ブローホールの発生、水素脆化、低融点元素や化合物による割れの発生、結晶粒の粗大化による機械的性質の低下、また変形量の多い等の種々の問題が生じており、一般に溶融溶接は難しいとされている。一方、摩擦攪拌接合(FSW)は、接合材をその融点以下で接合するため、溶融･凝固を伴う溶接部で発生する欠陥を防止することができ、また溶接部の変形も非常に少ない等の多くの特長がある。従って、溶融溶接で割れや気孔等の欠陥の発生しやすい材料を対象として FSW を適用した場合、その接合条件によっては欠陥がなく、また溶融溶接部に比して機械的性質の優れた接合部を得ることができると期待される。しかしながら、難溶融溶接材料に対する FSW の研究はアルミ合金を対象としたものがほとんどであり、銅及び銅合金に対する系統的な研究はほとんどみあたらない。これまで銅合金を対象とした FSW の研究は、スパッタリング装置の無酸素銅 backing plate の接合性についての報告等[1,2]があり、また Al 合金との異材接合に関する検討が一部行われている程度である。そこで、本研究では、銅及び銅合金に FSW を適用した場合の接合性について、金属材料学的な観点より系統的な研究を行うことを目的とし、まず、無酸素銅を用いて FSW による接合部の形成状況、組織的特徴及び機械的性質等について検討を行った。

2. 使用材料及び実験方法

使用材料は市販の無酸素銅(99.99%Cu、OFC)の C1020P-1/2H である。FSW は板厚 2mm の試験片に対して bead-on-plate 溶接及び I 型開先の突合せの1pass 溶接を施した。溶接パラメタとしては、bead-on-plate 溶接では、ツールの回転速度は 500、1000、1500 及び 2000rpm を、接合速度は 500、1000、1500 及び 2000mm/min を用いた。一方、突合せ溶接は上記の条件の中でツールの回転速度を 1000rpm と一定とし、溶接速度を 500、1000 及び 2000mm/min と変化させて行った。ツールの回転は反時計回り方向であり、ツールの寸法はショルダー径を 12mm とし、プローブの直径及び長さはそれぞれ 4 及び 2mm とした。FSW による接合部の健全性ならびにその特性については外観検査、X 線透過試験、マクロ及びミクロ組織観察、硬さ測定、引張試験及び破面観察などを用いて検討した。

3. 結果及び考察

Bead-on-plate による接合部の外観及び X 線透過写真の一例を Fig. 1 に示す。ツールの回転速度が 500rpm の結果を除けば、1000、1500 及び 2000rpm のいずれの条件においても健全な接合部が形成された。このような接合部の形成状況についての結果をまとめて示すと Fig. 2 のようになり、無酸素銅の場合、比較的広い範囲の溶接条件で健全な接合部を得ることができると判断された。

接合部横断面のマクロ及びミクロ組織の観察結果によれば、健全な接合部が得られた条件において、攪拌部(SZ)は全体的に wine cup 形状を示した。また、接合条件においては SZ と HAZ の境界が鮮明に区別できない場合も観察された。これは、ミクロ組織観察によれば、無酸素銅の場合には溶接入熱の増加によって SZ の結晶粒の粗大化が著しく生じ、HAZ の結晶粒との差が小さいことに起因するものと考えられた。このような SZ での再結晶粒の大きさは溶接入熱の増加によって明らかに増加する傾向を示し、またその再結晶粒は非常に粗大化しやすいことがわかった。

溶接学会全国大会講演概要 第72集(2003-4)

NII-Electronic Library Service

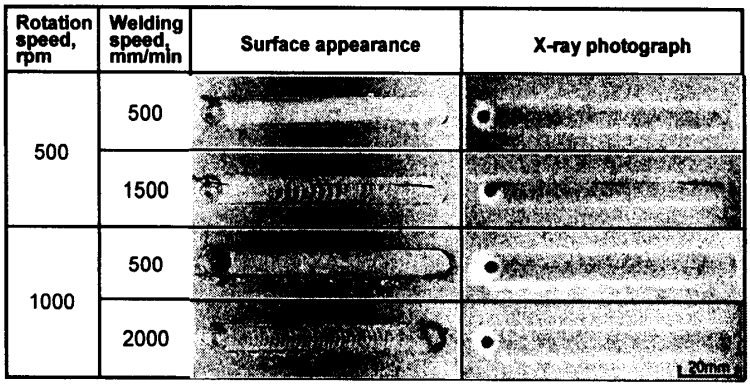

Fig. 1 An example of surface appearances and X-ray photographs of FSW welds of OFC

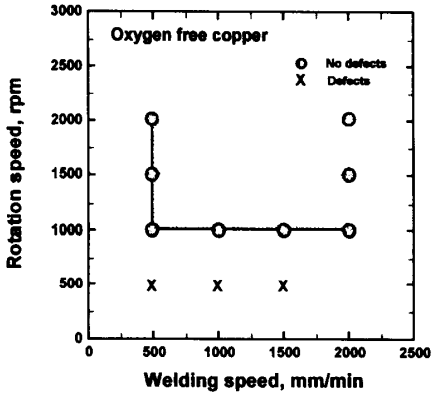

Fig. 2 Optimum welding conditions for OFC

健全な溶接部が得られた条件では SZ での硬さは母材に比してほぼ同等か若干低い値を示した。また、SZ での最高硬さは、Fig. 3 に示すように、溶接入熱が小さくなるにつれて増加する傾向にあった。このような SZ での最高硬さの変化の傾向は後述する引張性質の結果ともよく一致することがわかった。

無酸素銅の all SZ 試片(SZ 部で、溶接方向に切り出したもの)の引張試験の結果を Fig. 4 に示す。SZ での引張強度はいずれの条件においても母材に比してほぼ同等か若干低い値を示したが、0.2%耐力は顕著に低下した。また、溶接速度の増加に伴って強度が増加する傾向がみられ、このような傾向は 0.2%耐力の方でより鮮明に得られた。一方伸びは強度の変化との関連でよい相関性を示した。すなわち強度の増加とともに若干減少する傾向にあった。

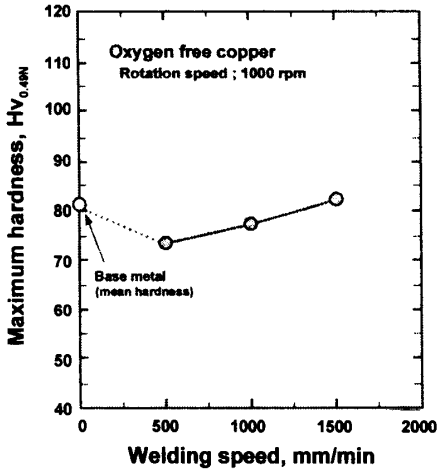

Fig. 3 Variation of the maximum hardness values in SZ of OFC

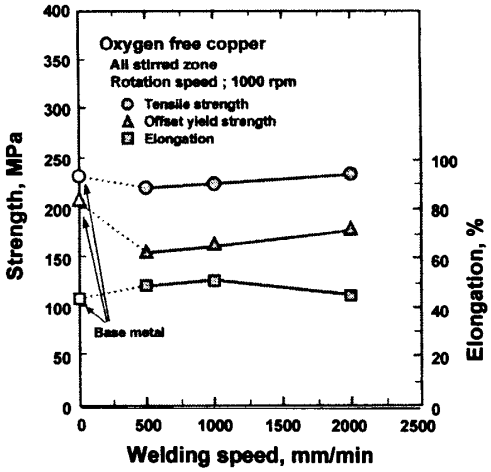

Fig. 4 Tensile properties of all SZ specimen in OFC

4. 結 言

無酸素銅に対する FSW によれば、比較的広い範囲の接合条件で健全な接合部が得られることがわかった。健全な接合部が得られる条件による SZ では母材より若干小さい再結晶粒が形成され、またその強度は母材とほぼ同等か若干低い値を示した。

参考文献

1) K-S Bang et al.: International Welding/Joining Conference-Korea 2002, Oct. 28-30, 2002, Gyeongju, Korea, 522-527
2) K. Okamoto et al.: 3rd International Symposium on Friction Stir Welding, Kobe, Japan, 27-28 Sep. 2001

NII-Electronic Library Service