II 溶接・接合及び関連機器

4. 接合関連機器

4.1 FSW

Joining and Related Equipments
Friction Stir Welding

平野 聡*

by HIRANO Satoshi*

キーワード：摩擦撹拌接合，FSW，摩擦撹拌プロセス，FSP，摩擦撹拌

4.1.1 はじめに

FSW (Friction Stir Welding, 日本名は摩擦撹拌接合)¹⁾は円柱状のツールと呼ばれる部材を回転させながら接合部に押し込み、この際に発生する摩擦熱と加工熱で接合部を局所的に軟化させると同時にツールの回転で被接合材を塑性流動させて接合する技術である。

科学技術文献情報データベース「JDreamII」で摩擦撹拌，FSW, Friction Stirなどをキーワードに検索した結果，2010年は471件，2011年は449件の文献が登録されていた。溶接学会全国大会でのFSW関連講演件数は，2010年が48件（春季19件，秋季29件），2011年が52件（春季19件，秋季33件）であった。これらの講演をJDreamIIでの検索リストと照合した結果，全講演が含まれていた。これより，JDreamIIでの検索結果はFSWの文献を網羅できているものと判断できる。本展望では2010年から2011年の2年間における，溶接学会全国大会での講演内容を中心に動向をまとめた。

4.1.2 発表件数の推移

図1に溶接学会全国大会のFSW関連講演件数の経年変化を示す。FSW関連講演件数は2008年頃から横這いで，年間50件前後となっていた。溶接学会全国大会の全講演件数に対するFSW講演件数の割合は，2010年が15.9%，2011年が17.6%で，2008年以降16～18%の間で推移していた。

以下に発表内容を幾つかの切り口で整理して記す。

4.1.3 施工技術

図2に溶接学会全国大会でのFSW関連講演を施工技術で区分した経過年数変化を示す。ここでは，施工技術を点接合（重ね），線接合（突合せ），線接合（重ね），FSP (Friction Stir Processing)，その他の5種に分類した。施工技術では

図1 溶接学会全国大会での FSW 関連講演件数経年変化²⁻⁵⁾ 図2 溶接学会全国大会での FSW 関連講演施工技術別経年変化²⁻⁵⁾ 図3 溶接学会全国大会での FSW 関連講演接合材料別経年変化²⁻⁵⁾

原稿受付 平成24年5月18日

*正 員 株式会社製作所 Member, Hitachi, Ltd.

線接合（突合せ）が最も多く、2010年が26件（FSW 関連発表の54%）、2011年が35件（同67%）であった。次に多かったのが点接合で、2010年が14件（同29%）、2011年が10件（同19%）であった。線接合（突合せ）と点接合でFSW 関連発表の80%以上を占めていた。FSP に関しては、2010年に6件、2011年に5件の発表があった。

点接合ではプローブを有するツールを材料に挿入して引き抜く、基本的な点接合以外に、「Two-step Rotation Bonding」（以下、Two-step 式）、「複動式」と称する技術が報告されていた。Two-step 式は基本的な点接合を施工した後、プローブのないツールを再度接合部に押しつける方式である。複動式はプローブ長を変更可能な特殊なツールを使用して、プローブおよびショルダの挿入深さを変化させながら施工することで、接合に凹みを残さない方式である。

線接合では「TATSUMAKI FSW」と称する技術が報告されていた。この技術は通常のプローブを有するツールと凹みを有するツールを対向させ、それぞれのツールを反対方向に回転させて材料の表裏両面から同時に接合する方式である。凹み部へのプローブの嵌合量を変更することで、同一ツールで厚みの異なる材料を接合可能と報告されている。

FSP では、CNT（carbon nanotube）や炭素粉末などの添加物を基材に分散させる技術、基材の組織や析出物の形態を変化させる技術などが報告されていた。

その他の技術として、「摩擦スタッド接合」と称する技術が報告されていた。この技術はスタッドボルトを回転させながら相手材に押し付けて、摩擦圧接に似た方式での接合である。

4.1.4 接合材料

図3に溶接学会全国大会でのFSW 関連講演を接合材料で区分した経過年数変化を示す。FSP は接合ではないが、ここではFSP で使用した材料も接合材料と呼ぶことにする。

接合材料はAl 合金と鋼系材料が多く、次いで異種材料となっていた。

Al 合金は、2010年が14件（FSW 関連発表の29%）、2011年が17件（同33%）であった。

鋼系材料は、2010年が13件（同27%）、2011年が15件（同29%）であった。鋼系材料は、980 MPa 級 DP 鋼、高窒素

鋼、SUS304、12%Cr 鋼、SN490B、SS400、SPCC、FC350 など種々の材料に関する報告があった。ツール材料の評価という位置付けで鋼系材料を使用している場合もあった。

異材接合は2010年から2011年の2年間で16件の報告があったが、そのうち9件がAl 合金と鋼の接合であり、その内7件が点接合であった。

その他の材料として、2010年から2011年の2年間で15件の報告があったが、そのうちTi 合金の接合が5件、塩化ビニルやポリエチレンなど、樹脂の接合が5件あった。

その他、酸化物分散強化白金合金を接合した報告例もあった。

4.1.5 ツール材料

鉄鋼系材料やTi 合金などの高融点系材料を接合する場合、ツールは耐熱性が必要になる。ツール材料として、Ir 合金、Co 合金の開発例が報告されており、これらの材料でツールを製作し、SUS304、炭素鋼、Ti 合金などを接合している。接合方法の工夫でWC-Co 系超硬合金ツールを長寿命化する報告例もあった。

4.1.6 FSW 装置

FSW 装置に関しては、「TATSUMAKI FSW」、「複動式または Refill Friction Stir Spot Welding」などが報告されていた。FSW 装置本体ではないが、2組のX線透視撮像装置を使用し、トレーサ（W 粒）の三次元的な動きを評価できる装置が報告された。

4.1.7 応用

応用に関しては、船舶への適用におけるFSW 継手の品質保証方法のガイドラインに関する報告例があった。

文 献

- 1) W. M. Thomas, E. D. Nicholas, J. C. Needhan, M. G. Murch, P. Temple-Smith, and C. J. Dawes: International Patent Application PCT/GB92/02203 and GB Patent Application 9125978.8, UK Patent Office, London, December 6, 1991.
- 2) 溶接学会全国大会講演概要集, 86 (2010).
- 3) 溶接学会全国大会講演概要集, 87 (2010).
- 4) 溶接学会全国大会講演概要集, 88 (2011).
- 5) 溶接学会全国大会講演概要集, 89 (2011).