

## Ti(C, N)-W サーメットツールを用いた SPCC 鋼板の摩擦攪拌点接合

### Friction Stir Spot Welding of SPCC Steel Plates Using Ti(C, N)-W Cermet Tools

産総研 (正) \*村上 敏 (正) 是永 敦 広島総研 (非) 坂村 勝 (非) 松葉 朗 (非) 大田 耕平

Takashi Murakami\*, Atsushi Korenaga\*, Masaru Sakamura\*\*, Akira Mastuba\*\*, Kohei Ohta\*\*

\*AIST, \*\*Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

#### 1. はじめに

現在自動車業界では軽量化や安全性向上、軽量化による燃費削減のために高張力鋼板の使用率が増加傾向にある。現在高張力鋼板の接合は主に抵抗スポット溶接が用いられている。しかしこの溶接法は数千アンペアの大電流を流さなければならず、高価な電気設備が必要になる。従って最近は、ランニングコストを抵抗スポット溶接の数分の一以下にできる摩擦攪拌溶接(FSW) や摩擦攪拌点接合(FSSW) を採用する試みが国内外で広く行われている<sup>1)</sup>。

ここで FSW や FSSW は高速回転する硬質材料ツールを被接合材に押し当て、摩擦熱を発生、被接合材を攪拌(塑性流動)・接合する方法で、低融点のアルミニウム合金や銅合金の分野では、既に自動車や電車の車体等に広く利用されている。しかし鋼板の FSW, FSSW では接合部温度が 900°C 以上になるため、超硬合金、Ni 基超合金、モシブチック (MoSiBTiC) 合金、窒化珪素<sup>2)</sup>等従来のツールでは強度・耐酸化性不足、被加工材との反応等による激しい摩耗により長寿命が得られない。また超硬合金ツール表面に PVD による耐酸化・硬質硬質被膜を施し、長寿命化する試みが行われているが<sup>3)</sup>、ツールは激しい熱サイクル下で使用されるため、被膜の剥離発生のリスクがある。

著者らは、これらの問題を解決するために、現在世界で最も高温強度に優れているとされているモシブチック合金やモリブデンニオブータンタルバナジウムタングステン (MoNiTaVW) 系ハイエントロピー合金よりも高温強度に優れ、かつ従来の超硬合金と同程度の室温韌性(約 12 MPa $\sqrt{m}$ )、超硬合金より 200°C 以上高い耐酸化性を示す炭窒化チタンタングステン (Ti(C,N)-W) サーメット材を独自開発し、各種耐熱工具に適用する研究を行っている<sup>4-6)</sup>。このサーメットは従来型超硬合金・サーメットで用いられているニッケル (Ni)、鉄 (Fe)、コバルト (Co) 等融点約 1500°C の金属バインダーを全く含まず、融点 3000°C 以上かつ粒径 1 μm 以下の Ti(C, N)-W 混合粉末を加圧焼結することで、従来ツール材料に比べて高温強度及び室温韌性が飛躍的に向上することを見出している。

ただし高張力鋼板は市販ルートでは入手困難であるため、本研究では、Ti(C, N)-70~75 mass%W サーメット製ツールを用いて、安価かつ入手容易な SPCC 鋼板で代用する形で摩擦攪拌点接合の実験を行ってみた。

#### 2. 実験方法

本研究では放電プラズマ焼結法を用いて準備した、



Fig. 1 Appearance of FSSW tool prepared in this study. The tip on the left side is the developed cermet material.

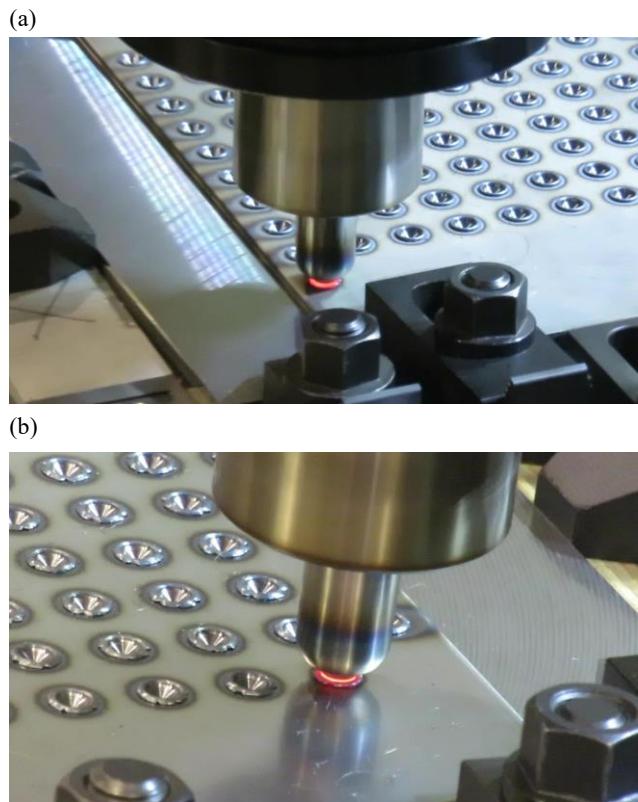


図 2(a) Appearance of the FSSW experiment conducted in this study, and (b) enlarged photograph of the FSSW experiment during its joining

Ti (C, N) -70mass% W, Ti(C, N)-72mass% W, Ti(C, N)-75mass% W の 3 種類のサーメットからツール先端用部品を切り出した。ここで各サーメットの焼結条件は、温度 1850°C, 加圧力 40MPa, 保持時間 30min である。また比較材として、K10 超硬合金ツールも準備した。これら先端部品を S45C 鋼製ツール本体にはめ込んだ後、広島総研にある摩擦攪拌溶接機を用いて SPCC 鋼板に対する摩擦攪拌点接合試験を実施した。試験後、SPCC 鋼板上に形成されたへこみの断面形状を調べることにより、ツールの摩耗状況を評価した。

### 3. 実験結果

摩擦攪拌点接合試験後、SPCC 鋼板上に形成されたくぼみの断面形状を測定することにより得られたツールの摩耗状況を示す。Ti(C, N)-70mass% W サーメットは 630 打点付近までほとんど摩耗が見られなかつたが、その直後ツールが破損した。一方 Ti(C, N)-75mass% W サーメットは 1000 打点まで接合が可能であったが、ツールの摩耗が比較的大きいことが分かった。一方 Ti(C, N)-72mas% W サーメットは市販の窒化珪素の 2 倍近い 2000 打点まで接合を行うことができ、摩耗も図 3 に示すように非常に少ないことが分かった。

一方比較材の K10 超硬合金ツールは 150 打点の時点で摩耗がかなり大きいことがわかった。

### 4. おわりに

本研究では高温強度が非常に優れる Ti(C, N)-70mass%W サーメットツールを用いて、従来の窒化珪素、超硬合金などノンコートツールでは短寿命であった SPCC 鋼板の摩擦攪拌点接合を 2000 打点まで行えることを明らかにした。今後は適正な W 濃度をさらに絞り込んだり、さらに添加元素を加えるなどして、より長寿命のツール開発を試みていく予定である。

### 文献

- 1) 大石郁ら. まてりあ, 53 (2014), 603.
- 2) 東芝マテリアル (株) HP(<https://www.toshiba-tmat.co.jp/res/theme9.htm>)
- 3) 新構造材料技術研究組合広報誌, 2017-7
- 4) 松倉大佑: 東北大学工学部卒業論文(2022).
- 5) T. Murakami, A. Korenaga, T. Ohana: Microstructure, mechanical properties, oxidation behaviors, and cutting performance of  $TiC_{0.5}N_{0.5-X}$  (X: W, Mo) cermet specimens prepared by spark plasma sintering, Ceram. Int., 47, (2021) 1986.
- 6) 村上敬, 加藤正仁: トライボロジー会議 2022 年秋福井, E28.

