

347 100 kHzの複合振動を用いた超音波金属溶接について

神奈川大学工学部

辻野 次郎丸 ◎佐野 努

田中 聡一 緒方 勇人

Welding Characteristics of 27 kHz and 40 kHz Complex Vibration Ultrasonic Metal Welding Systems
by Jiromaru TSUJINO, Tsutomu SANO, Soichi TANAKA and Hayato OGATA
(KANAGAWA University, Faculty of Engineering)

1. 緒言 複合振動を用いた超音波金属溶接は、溶接部が一樣となり、接合強度が増加する等の顕著な効果を有している。溶接チップ面積を大にし、また必要振動振幅を従来の 27 kHz, 40 kHz より更に小にするため振動系直径 30 mm の振動周波数 100 kHz の縦-ねじり振動変換器を用いた複合振動超音波溶接装置を構成し、振動軌跡およびアルミニウム薄板等の溶接特性等につき検討した。

2. 100 kHz 複合振動超音波溶接装置および溶接試料 (1) 複合振動超音波溶接装置 試作した複合振動系は設置可能な溶接チップ面積を大きくするために縦振動部直径を 30 mm (約 0.6 波長) にしてある (Fig.1)。縦-ねじり振動変換器は直径 16 mm、長さ 49 mm のステンレス鋼振動棒(SUS304B)の縦振動ノード部付近の外周部に斜めスリット部を設けている。斜めスリット部は変換器丸棒の縦振動ノード部近傍の外円周上に角度 45° 幅 0.5 mm、長さ 10.0 mm、深さ 2.2 mm のスリット 12 本を 1 箇所または 2 箇所に放電加工して設けた。縦振動の駆動には直径 30 mm の PZT disk 2 枚を用いたボルト締めランジュバン型振動子部を用い、更に一体加工した段付きホーン部(ステンレス鋼:SUS304B、速度変成比 $N=3.5$)から縦振動系部(長さ 2.5 波長)を構成している。溶接チップ部(3 × 3 mm)は複合振動棒の先端部(直径 19 mm)に 4 箇所、設けている。複合振動系は固定用フランジ部で静圧力印加用装置を有する架台に設置した。振動速度・振動振幅は環状電磁形振動速度検出器を縦振動系の振動ループ部に設置して測定した。振動系の縦およびねじり振動の振動速度分布、振動軌跡等はレーザドップラー振動計 2 台、位相差計等を用いて測定した。変換器部のねじり振動分布は複合振動棒の外円周に直角に微細な切り込み面を入れて測定した。(2) 溶接試料 溶接試料としては板厚 0.3 mm の商用純アルミニウム板(JISA1100P-O)を、幅 5 mm に切断して用いた。溶接試料は脱脂・洗浄し、一部試料の溶接部は電解研磨した。

3. 複合振動系の振動特性・振動軌跡

(1) 振動変換器部のねじり振動速度および振動位相(自由端の縦振動との位相差)分布を駆動電圧 10 Vrms 一定で測定した結果を Fig.2 に示す。ねじり振動のノード部は 3 箇所存在し、この部分で振動位相が反転している。溶接チップ部(図中の●印)ではねじり振動速度が増加している。(2) 振動変換器の自由端(溶接チップ

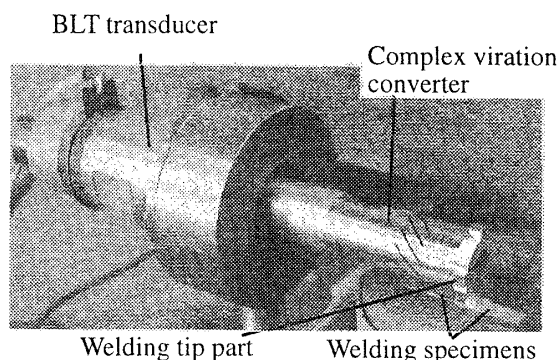


Fig.1 Configuration of a 100 kHz ultrasonic welding system using a longitudinal-torsional vibration converter.

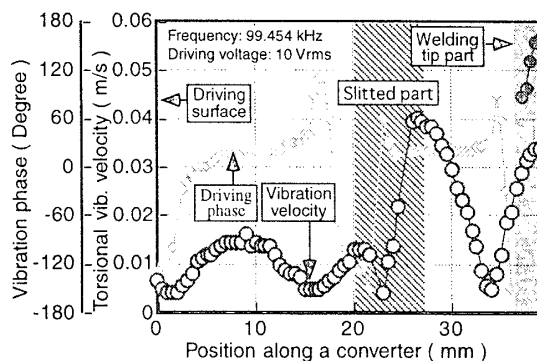


Fig.2 Torsional vibration velocity and vibration phase distributions along a complex vibration converter with a slitted part of 2.2 mm depth. Driving voltage: 10 Vrms.

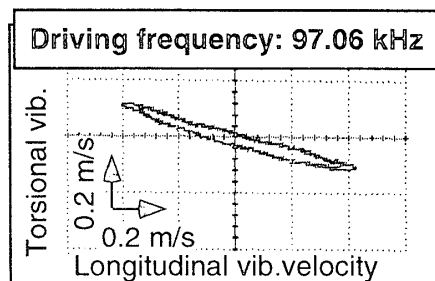


Fig.3 Vibration loci at a free edge of a converter. Driving voltage: 50 Vrms.

部)の振動軌跡を Fig.3 に示す。駆動電圧 50 Vrms で 0.3 m/s の溶接チップ部振動速度が得られている。

4. アルミニウム板の溶接特性 (1) 振動振

幅を変化させて、板厚 0.3 mm の無処理のアルミニウム板および溶接部を電解研磨したアルミニウム板を接合し、入力パワーおよび溶接強度を測定した結果を Fig.4 および Fig.5 に示す。溶接部静圧力は 12.8 MPa、溶接時間 5 s 一定である。無処理および電解研磨した試料の場合とも、振動振幅 $2\text{ }\mu\text{m}$ (peak-to-zero value) で得られた最大の溶接強度は約 20 kgf であるが、電解研磨した試料の場合には強度のばらつきが小で、安定した接合が可能である。入力パワーはともに最大で 160 W 程度である。(2) 溶接時間を変化させて、板厚 0.3 mm の無処理のアルミニウム板および溶接部を電解研磨したアルミニウム板を接合し、入力パワーおよび溶接強度を測定した結果を Fig.6 および Fig.7 に示す。振動振幅 $1.8\text{ }\mu\text{m}$ (振動速度 1.13 m/s)、静圧力 12.8 MPa 一定である。電解研磨した試料では約 10 kgf の強度を得るに必要な溶接時間は、無処理の場合の約 1/2 以下であり、得られた最大強度も大きい。100 kHz の必要振動振幅は 40 kHz の場合よりかなり小である 1,2)。(3) アルミニウム板試料の溶接状態を Fig.8 に示す。

5. 結言 振動周波数 100 kHz の斜めスリット縦一ねじり振動変換器を用いた複合振動超音波溶接装置を構成し、振動特性、溶接特性につき検討した。現在更に、各種材料の溶接特性等につき検討中である。

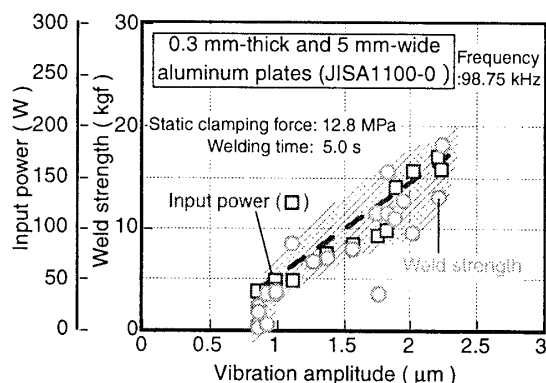


Fig.4 Relationship between welding tip vibration velocity of longitudinal part, input power and weld strength of 0.3-mm-thick aluminum plate specimens.

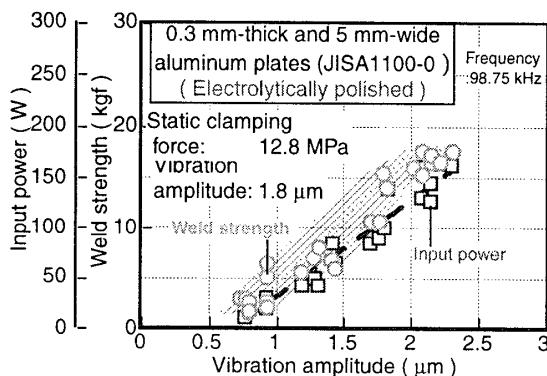


Fig.5 Relationship between welding tip vibration velocity of longitudinal part, input power and weld strength of 0.3-mm-thick electrolytically polished aluminum plate specimens.

文献 (1)辻野、吉原、佐野、井原：40 kHz の斜めスリットを用いた縦一ねじり振動変換器の構成 — 複合振動を用いた超音波溶接について (14) —、日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (1998.9) pp.1071-1072. (2)辻野、佐野：複合振動を用いた超音波金属溶接について、電子情報通信学会技術研究報告 US99-13 (1999.05) pp.33-40. (3)辻野、佐野、井原、田中、緒方：100 kHz の複合振動超音波溶接装置について — 複合振動を用いた超音波溶接について (18) —、日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (1999.9) pp.1005-1006.

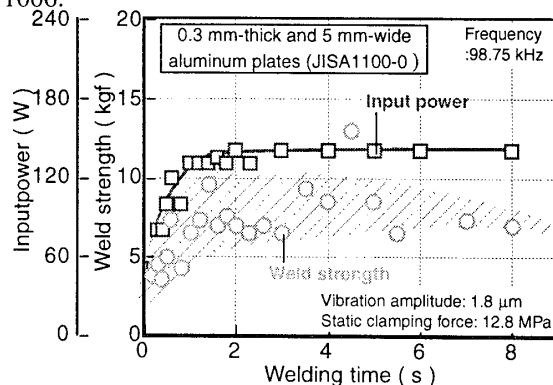


Fig.6 Relationship between welding time, input power and weld strength of 0.3-mm-thick aluminum plate specimens.

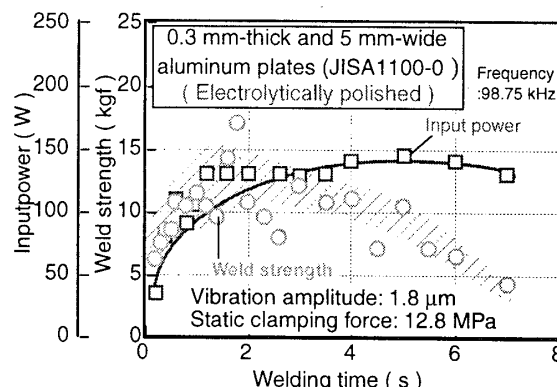


Fig.7 Relationship between welding time, input power and weld strength of 0.3-mm-thick electrolytically polished aluminum plate specimens.

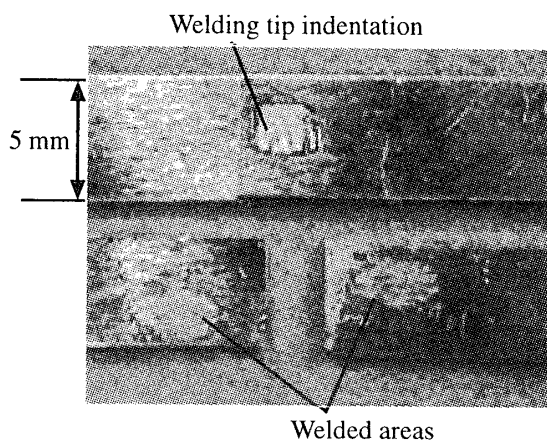


Fig.8 Welded conditions of aluminum specimens