

349 高次共振振動周波数を併用した超音波プラスチック溶接

特性について—高周波数成分を用いた超音波プラスチック溶接について(2)—

神奈川大学工学部

辻野 次郎丸 ◎本江 美杉

田中 亮子 上岡 哲宜

Welding Characteristics of Ultrasonic Plastic Welding Using Higher Resonance Frequencies - Ultrasonic Plastic Welding Using Higher Resonance Frequencies (Report.2) -

by Jiromaru TSUJINO, Misugi HONGO, Ryoko TANAKA and Tetsugi UEOKA (KANAGAWA University)

1. 緒言 超音波プラスチック溶接では高振動周波数を用いることにより高分子材料の振動吸収が大になり接合に必要な振動速度・振幅が減少する。26 kHz の超音波プラスチック溶接用の縦振動系を高次振動周波数を同時に印加して駆動し、基本波成分と高次振動を同時に励振した場合の振動特性、溶接チップ部の振動スペクトラム、および振動条件を変化させた場合のポリプロピレンシートの溶接条件、溶接状態等につき検討した。

2. 超音波プラスチック溶接装置の構成 使用した超音波プラスチック溶接装置は、上部に 26 kHz の縦振動系を設置し、下部に金属ブロックの作業台を設置して構成した。超音波プラスチック溶接装置の構成を Fig.1 に示す。溶接部静圧力は上部縦振動系に重りを付加して印加した。26 kHz の縦振動系は直径 40 mm のボルト締めランジュバン型 PZT 振動子および振動系固定用フランジを設置した段付きコニカルホーン(振動速度変成比:5、先端部溶接チップ直径:8 mm)から構成されている。振動作業台は、直径 60 mm、高さ 141 mm のステンレス鋼製で非共振である。無負荷時、負荷時の溶接チップ部の振動速度、振動スペクトラムはレーザドップラー振動計で測定した。

3. 縦振動系の高次振動特性 (1) 26 kHz の縦振動溶接チップ部振動速度の周波数特性 段付きコニカルホーン付の超音波プラスチック溶接用縦振動系を駆動周波数(正弦波)を変化させて励振し、溶接チップ部の縦振動速度をレーザドップラー振動計で測定した結果を Fig.2 に示す。駆動電圧は 100 V(実効値)一定である。振動速度が大な周波数は基本周波数 f_{00} 26.0 kHz、高次モード周波数 f_{01} 33.1 kHz、 f_{02} 39.8 kHz、 f_{03} 69.7 kHz、 f_{04} 96.1 kHz である。縦振動系全体の Quality factor、Motional admittance $|Y_{mol}|$ は f_{00} で 306, 23.6 mS、 f_{01} 333, 31.7 mS、 f_{02} 239, 17.1 mS、 f_{03} 564, 55.0 mS、 f_{04} 431, 5.1 mS である。高次モードでも Q は大で、 $|Y_{mol}|$ は 95 kHz では減少しているが力率補正により効率的に駆動可能である。(2) 高次共振周波数を基本共振周波数に重畳させて同時に駆動した場合の振動速度の周波数スペクトラムを Fig.3 に示す。溶接チップ部の振動は駆動周波数の振動成分が基本周波数の振動成分と重畳されて励振され、また矩形波電圧で駆動した場合には更に高次の振動が励振される。三角波電圧で駆動した場合には励振される高次振動成分が少ない。

4. 振動条件が異なる場合の溶接特性

(1) 基本共振周波数 26.08 kHz で溶接用縦振動系を電力増幅器の駆動電圧約 400 V 一定で励振して、

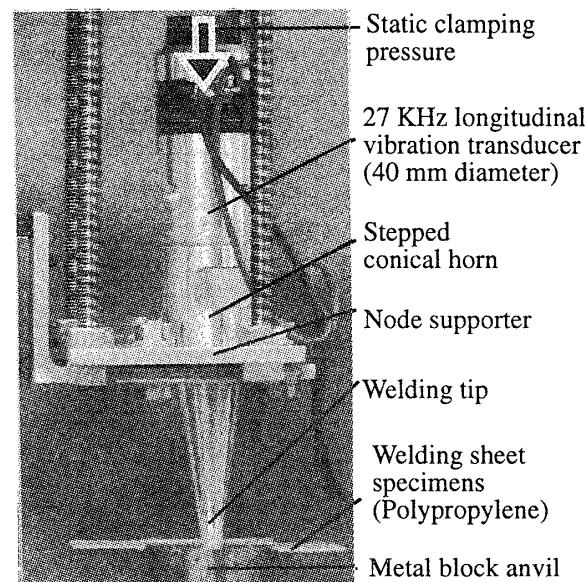


Fig.1 Configuration of a 26 kHz longitudinal vibration system for ultrasonic plastic welding.

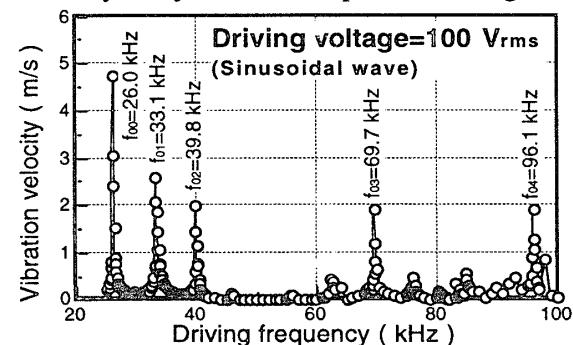


Fig.2 Relationship between driving frequency and longitudinal vibration velocities at a welding tip of a 26 kHz vibration system.

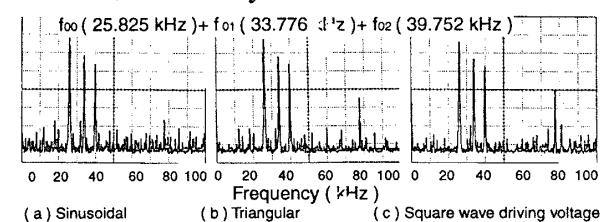


Fig.3 Frequency spectra of a longitudinal vibration welding tip at no load condition. Driving voltage: 10 Vrms. Fundamental resonance, first and second higher resonance frequencies f_{00} , f_{01} , f_{02}

板厚 1.0 mm のポリプロピレンシートを 2 枚重ね合わせ、溶接時間を変化させて接合し、溶接部の変形厚さおよび溶接強度（引張り強度）を測定した結果を Fig.4 に示す。駆動電圧波形は各々、正弦波、矩形波および三角波として駆動した。各波形の電力増幅器の入力電圧の最大値は同一とした。溶接時間が長くなるに従って溶接強度が大になるが、矩形波駆動の場合には正弦波と比較して溶接強度が大である。三角波の場合に最も強度が小さい。(2) 基本周波数、第 1 次高次周波数および第 2 次高次周波数を重ね合わせてポリプロピレンシートを接合した結果を Fig.5 に示す。第 2 高調波まで重ね合わせて駆動することにより、より短時間で大きな溶接強度が得られ、正弦波でも大強度が得られ、三角波の場合のかなり大きな強度が得られる。高周波数では矩形波で駆動しても励振される高次振動成分が正弦波の場合と余り変わらなくなる為であると考えられる。(3) 正弦波および矩形波で駆動して、接合したポリプロピレンの溶接状態および溶接面積を Fig.6 および 7 に示す。溶接時間一定で、基本周波数のみ、+ 第 1 次、および + 第 1 、第 2 次高次周波数を励振し、(a) 正弦波および(b) 矩形波で駆動して接合している。溶接面積が高次振動周波数を励振することにより、基本周波数のみの場合より数倍となっている。

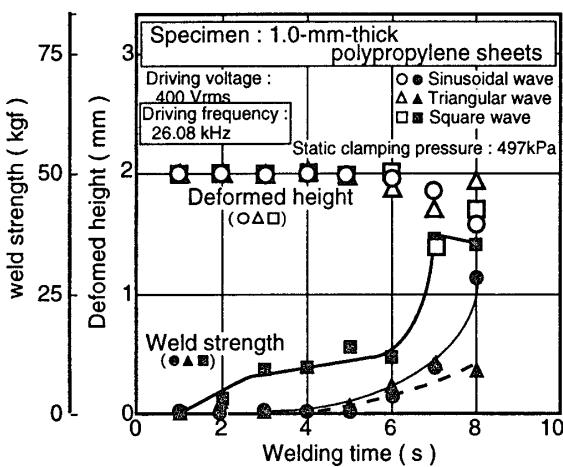


Fig.4 Relationship between welding time, deformation and weld strength of 1.0-mm-thick polypropylene sheets welded by fundamental resonance frequency. Driving voltage wave form: sinusoidal, square and triangular waves.

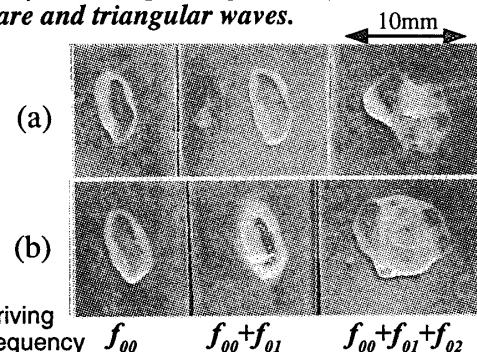


Fig.6 Welded conditions of 1.0-mm-thick polypropylene sheet specimens welded by welding time 4.0 s using (a) sinusoidal wave, (b) square wave driving voltages.

5. 結 言 26 kHz の縦振動系を用いた超音波プラスチック溶接装置を構成し、基本共振周波数および高次共振振動周波数を同時に励振して、電力増幅器の駆動電圧一定で、振動条件を変えてプラスチックシートの溶接特性について比較・検討した。高次振動周波数を重畠して用いることにより電力増幅器の駆動電圧が一定でも溶接性能が向上する事が分かった。

文献 (1) 辻野、本江、田中、上岡：高次振動周波数を用いた超音波プラスチック溶接の溶接特性－高周波数を用いた超音波プラスチック溶接について (15)－、日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (1999.09) pp.999-1000. (2) 辻野、本江、田中、上岡：高次振動周波数を用いた超音波プラスチック溶接の駆動波形について－高周波数を用いた超音波プラスチック溶接について (16)－、日本音響学会 2000 年度春季研究発表会講演論文集 (2000.3) pp.889-890. (3) 辻野、本江、上岡：高次振動周波数を用いた超音波プラスチック溶接について、プラスチック成型加工学会・特別セッション VI (2000.06) pp.215-216.

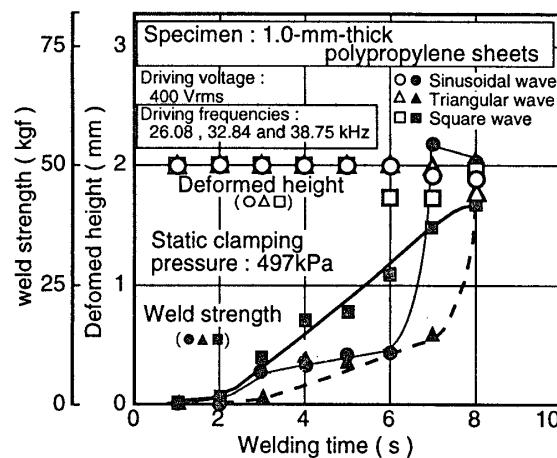


Fig.5 Relationship between welding time, deformation and weld strength of 1.0-mm-thick polypropylene sheets welded by fundamental, first and second higher resonance frequencies. Driving wave form: sinusoidal wave, square and triangular waves.

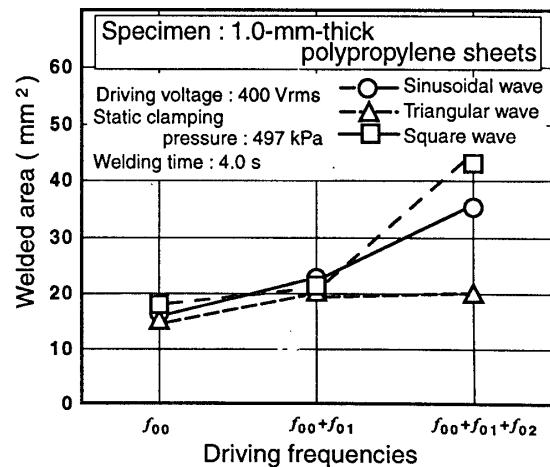


Fig.7 Welded areas of 1.0-mm-thick polypropylene sheet specimens welded by welding time 4.0 s using (a) sinusoidal wave, (b) triangular wave and (c) square wave driving voltages.