

空中強力定在波による非接触濡れ性改善の検討

Improvement of non-contact wettability by Aerial intense ultrasonic standing wave

○小林 良¹, 中山 怜², 浅見拓哉³, 三浦 光³*Ryo Kobayashi¹, Ren Nakayama², Takuya Asami³, Hikaru Miura³

Abstract: Improving wettability of a solid-liquid interface is necessary for varnish of the coil and industrial use. There are the ultrasonic vibration method and the plasma processing method to improve wettability. The ultrasonic vibration system is possible to improve wettability without changing the physical properties. However, the conventional method of ultrasonic vibrations contacts with the solid material, and is difficult to incorporate in the line of factories. Therefore, this study is aimed at improving wettability by the non-contact aerial intense ultrasonic wave as a new method. In this paper, we examine the shape of a droplet in the aerial ultrasonic wave as a basic study

1. はじめに

固体と液体界面での濡れ性の改善は、コイルのワニス含浸等、工業的に求められている^[1]。濡れ性を改善する方法にはプラズマ処理方式と超音波振動方式がある^[2]。しかし、従来の超音波振動方式は振動部を直接固体試料に接触させるものであり汎用性に欠けていた。

そこで本研究では、新しい方式として空中超音波による非接触での濡れ性の改善を目的としている。これまで、強力な空中超音波を照射することで、非接触で濡れ性を改善できることを明らかにした^[3]。本稿では、空中超音波によって定在波音場を形成し、固体と液体の界面として、金属メッシュに液滴を乗せた場合について、液量を変化させた時の接触角の検討を行った。

2. 超音波音源の概略及び振動板間の音圧分布

図1は超音波音源の概略である。構造は、20 kHz用ボルト締めランジュバン型振動子に、振幅拡大用のエキスポネンシャルホーン(振幅拡大比 4.6)を接続し、その先端に2枚の凸端駆動縞モードたわみ振動板を2本の縦共振棒(直径 12.0 mm, 長さ 98.0 mm)で挟み込むように結合した。2枚の振動板の挿入位置は共振棒中を伝搬する縦波の腹位置から等距離とし、板間には空中を伝搬する音波の 3/2 波長となる定在波音場とするために、スペーサ(直径 12.0 mm, 長さ 31.5 mm)を挿入した。

振動板間の音圧分布を検討するため、振動板間の板に垂直で、かつ縞モードに垂直な面の音圧を測定した。測定は入力電力 1W 一定とし、プローブ付きマイクロホン(ACO, TYPE-7017)を用いて行った。図2は規格化した音圧分布の結果である。図より、3/2 波長共振の定在波が形成できていることがわかる。

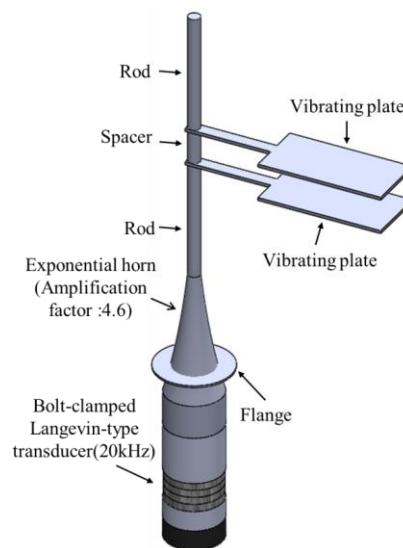


Figure 1. Outline of an experiment system.

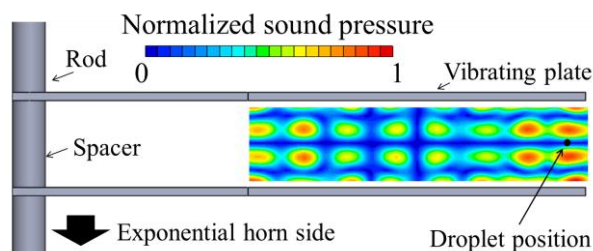


Figure 2. Sound pressure distribution

3. 濡れ性の観察

ここでは金属メッシュと液滴の間の濡れ性について検討するため、メッシュ上に設置した液滴に超音波を照射した場合の液滴の形状変化を観察した。メッシュは SUS316(平織, 線径 0.06 mm, 空間目 0.109 mm)で、大きさは長さ 37 mm, 幅 10 mm のものを使用した。液滴には粘度の高いグリセリン(粘度 1.412 Pa·s)を使用した。メッシュは音圧の節の位置(粒子速度の腹位置)である振動板と反射板の中央の位置に設置した。液滴の形

状変化を撮影するために、カメラを液滴の真横に設置し、入力電力は 8 W 一定で行った。

図 3 は液滴の様子である。同図(a)は液量が 2 μl の場合、同図(b)は液量 10 μl の場合であり、左図が超音波照射前の液滴の様子、右図が超音波を 10 s 照射した後の液滴の様子である。同図より、液量 2 μl の場合、超音波照射による液滴形状の変化はほとんど見られなかった。しかし、液量 10 μl の場合、横方向へ広がっており、空中超音波により濡れ性が改善していることがわかる。

4. 液量変化による接触角の検討

ここでは超音波照射による濡れ性の変化を検討するため、液滴の形状変化を測定することとし、その程度を接触角で表すことを考えた。そのために液滴を真横から撮影し、それらの画像から液滴の幅と高さの画素数を求め、接触角を $\theta/2$ 法により算出した。測定は照射時間を 10 s、入力電力を 8W 一定とし、液量を 2~10 μl で、各液量について 5 回ずつ行い、平均値を算出した。

図 4 はその結果である。図は横軸に経過時間を、縦軸に接触角の平均値を、パラメータに液量を示している。図において、時間 0 s は照射前、1~10 s は照射中、11~20 s は照射後の値である。図より、2~6 μl の場合、接触角は各液量とも照射直後に小さくなるが、その後はほとんど変化しないことがわかる。また、照射停止直後の接触角は少し大きくなっている。これは超音波による放射圧などの効果が無くなったことが考えられる。また、8, 10 μl の場合、超音波照射直後に接触角がほぼ 0° まで減少しており、照射停止後も戻ること無くその状態を維持している。これより、接触角は液量が大きくなるにつれて小さくなっていることがわかる。

次に、図 4 の結果を用いて、液量と超音波照射後の接触角の変化との関係を求めた。図 5 がその結果である。図は横軸に液量を、縦軸に超音波照射後の接触角を示している。図より、液量 8 μl 以上の時、接触角がほぼ 0° となっており濡れ性改善していることがわかる。これより、液量が大きくなるにつれて接触角が小さくなっており、濡れ性が改善していることがわかる。これは、液量の増加に伴って液滴の表面積が増え、超音波の影響を受けやすくなったことなどが考えられる。

5. おわりに

本稿では、液量を変化させた場合の空中超音波による濡れ性の変化を検討した。その結果、接触角は空中超音波の照射により、液量が多いほど減少することが

わかった。

参考文献

- [1] 山口康隆, スルブリスドナタス, ほか 4 名, 信学技報, 43-48, 2011.
- [2] 中西治通, 恒川好樹, ほか 3 名, 軽金属, Vol. 43, No. 1, 8-13, 1993.
- [3] 小林 良, 浅見拓哉, 三浦 光, 音講論集, pp. 1211-1212, 2015.3

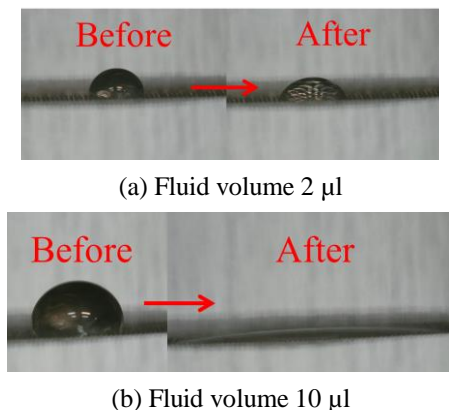


Figure 3. Droplet form before/after ultrasonic irradiation

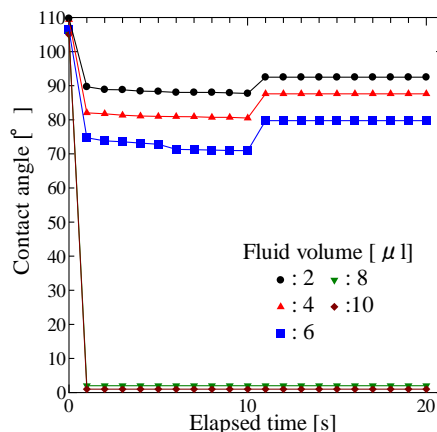


Figure 4. Relationship between elapsed time and contact angle

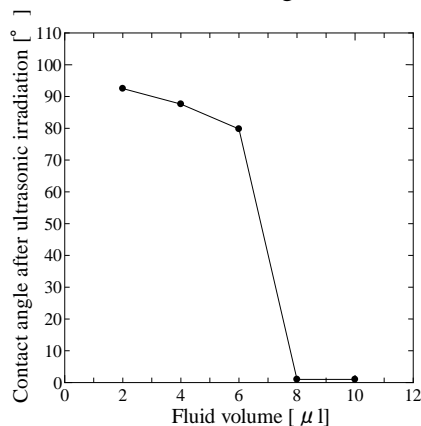


Figure 5. Relationship between fluid volume and contact angle after ultrasonic irradiation