D112

機械的せん断法による乳化過程の可視化

野口 祥[○](関大院), 大場 謙吉(関大工), 田地川 勉(関大工)
小林 和彦(みづほ工業(株)), 飴井 慎介(みづほ工業(株))

Visualization of emulsion process using mechanical shearing

Shou NOGUCHI, Kenkichi OHBA, Tsutomu TAJIKAWA,
Kazuhiko KOBAYASHI and Shinsuke AMEI

ABSTRACT

Recently mixing technology is important to chemical engineering, food engineering, bio engineering and etc.. However, mechanism of emulsification has not been fully understood. In this study, breakup processes of oil droplets in water were visualized to clarify the emulsification mechanism using an emulsifying equipment with homogenizing mixer. The effect of flow generated by a rotating impeller on atomization was investigated. A PIV technique was used to evaluate the flow field around the homogenizing mixer. The experimental result showed that there were three different kinds of break up processes of oil droplets in the vicinity of the impeller. In addition, it was observed that the flow around the impeller was inclined in its rotating direction to the vertical axis.

Keywords: Emulsion, Atomization, Oil droplets in water

1. 緒 論

近年、ミキシング技術は、ワックス、化粧品、アイスクリーム、軟膏などの様々な製造過程で用いられており、化学工業、食品工業、バイオ工業等の非常に広い分野において重要な技術となっている。また、化粧品や医療品などではマイクロ化の流れにあり、微小かつ均一な乳化が行われることが求められている。しかし、乳化過程における液滴の微粒化のメカニズムは、ほとんど解明されておらず、効率の良い乳化が行われているかわかっていない。そこで本研究では、ホモミキサーによる液中油滴の微粒化のメカニズムを解明するため、実際の乳化装置を用い、インペラの回転数および油の粘度を変化させ、水中油滴の微粒化過程の様子を可視化・観察した。また、乳化効率を向上させるため、ホモミキサー周りの流れをPIVを用いて可視化・計測した。

2. 実験装置および方法

2.1 水中油滴の微粒化過程の可視化

Fig. 1 に、水中油滴の微粒化過程の可視化実験装置概略図を示す。底面からの可視化用に作成した円筒アクリル容器内に水を約2.7ℓ入れ、脱気した後、容器内圧力を圧力ゲージで測定しながら、真空ポンプを用いて400mmHg(gauge)に設定した。次に、モータでホモミキサーを回転させ、回転数が設定した値で安定した後、オイルを上方より約10mm投入し、全体にハロゲンランプを当て、ホモミキサー周りでの水中油滴の微粒化過程の様子を下からハイスピードビデオカメラで

撮影し、ビデオテープレコーダで記録した。また、温度を常温一定(約25℃)、回転数を2000, 3000, 4000rpmの3種類、オイルをサラダオイル(52.5cSt)、シリコンオイル(300cSt, 1000cSt)の3種類変化させ、実験を行った。なお、容器底面からホモミキサーまでの距離は10mmとして行った。

Fig. 1 Outline of experimental apparatus.

2.2 ホモミキサー周りの流れの可視化

攪拌容器を円筒アクリル容器から丸底円筒容器に変え、水を約2.5ℓ入れ、脱気した後、可視化用のトレーサ粒子を混入した。次に、ホモミキサーを回転させ、回転数が設定した値

で安定した後、PIV(Particle Image Velocimeter)を用いて、ホモミキサー周りの流れを可視化・計測した。なお、容器内圧力は400mmHg(gauge)、温度は常温一定(約 25℃)、ホモミキサーの回転数は 2000rpm として実験を行った。またトレーサ粒子として、ポリエチレンを酸化チタンでコーティングした、密度約 1.00、直径約 150 μ m の粒子を用いた。さらに、可視化のためにケーシングをステンレスからアクリル(Fig. 2)に変え、レーザシートをFig. 3に示す断面に入射し撮影を行った。

Fig. 2 Casing.

Fig. 3 Schematic diagram of visualized positions and cross-sections.

3. 実験結果および考察

3.1 水中油滴の微粒化過程の可視化

Fig. 4 に水中油滴が引き伸ばされ、微粒化する直前の可視化画像を示す。油滴の微粒化には(a)インペラの羽根とケーシングの隙間に発生した強いせん断力により微粒化するもの、

Fig. 4 Broken oil droplets in water.

(b)インペラの羽根表面に発生したせん断力により微粒化するもの、(c)軸付近で周方向に引き伸ばされ微粒化するものがあった。また、油滴はインペラの羽根が1回通過することで微粒化されるのではなく、ケーシング内に滞留しインペラの羽根が数回通過することで、より微粒化されてからケーシングの吐出口より吐出されていた。しかし、回転数及び粘度の違いによる微粒化過程の変化は見て取れなかった。これは、回転数及び粘度に依存していない、もしくは画像の空間分解能が低いために観察できなかったためと考えられる。

3.2 ホモミキサー周りの流れの可視化

Fig. 5 に PIV より得られた時間平均の速度場を示す。(a)より、ケーシング内では鉛直方向上向きにまっすぐ流れるのではなく、インペラによって斜め上方向に流体が押し出されるため、インペラの回転方向に傾いていることが分かる。このことから、ケーシングの吐出口の位置や形状およびインペラの形状を変えることで、ケーシング内の流体がスムーズに吐出し、より効率の良い乳化が行われるのではないかと考えられる。

また、(b)より、ケーシング吐出口付近で流れが半径方向に傾いており、スムーズに吐出されていない。これも、ケーシングの形状を変えることで、改善されるものと推測される。

(a) A-A' cross section. (b) B-B' cross section.

Fig. 5 Flow pattern around the homogenizing mixer using PIV.

4. 結論

水中油滴の微粒化過程の可視化を行った結果、微粒化過程は大きく分けて3種類あった。

- ・インペラとケーシングの隙間に発生したせん断力により微粒化するもの。
- ・インペラ表面に発生したせん断力により微粒化するもの。
- ・軸付近で周方向に引き伸ばされ微粒化するもの。

ホモミキサー周りの流れの可視化を行った結果、ケーシング内の流れはインペラの回転方向に偏っており、ケーシング吐出口では、半径方向にやや偏った流れとなった。