9 混合室の対向衝突噴流の可視化

幾徳工業大学

赤池 志郎

根本 光正^{*}

石綿 良三

Flow Visualization of Coaxial Impingement of Opposing Jets in Mixing Chamber

Shiro AKAIKE^{*}, Mitsumasa NEMOTO^{*}, Ryoza ISHIWATA^{*}

This paper presents flow patterns of coaxial impingement of opposing jets, which are modeled on the jets in the mixing chamber of reaction injection molding. The flow visualization is carried out by the hydrogen bubble method by using water as working fluid for the jet Reynolds number from 50 to 1700.

The results show that the flow patterns of the impingement are approximately classified according to the Reynolds numbers as follows.

- (1) $Re \leq 200$: The flow is stable, as the flow downstream of the impingement surface has no obvious fluctuation.
- (2) $200 < Re \leq 500$: The impingement surface is unstable, as it may be traveled by a trivial disturbance.
- (3) $Re \geq 500$: The flows upstream and downstream of the impingement surface have some fluctuation, though the impingement surface is almost fixed.

1. まえがき

ウレタンフォーム成形に原液2成分を混合室内で対向衝突噴流で混合させた後に型へ流し、型内で化学的に反応させて製品を成形させる反応射出成形法が、最近用いられている。本法について、得られた製品の良否を左右する原液2成分の混合状態や、混合室の形状をも含めた装置全体の最適使用条件等に不明な点が多い。

著者らはこれまで原液供給に高圧を必要とせずに混合効果を高めることのできる混合室の開発を目的とした実験研究を油を用いて行ってきた⁽¹⁾。この場合、二つの噴流の衝突後の油流の乱れから混合状態を検討した。一方、対向衝突噴流の特性についてはフルイデックスに関連してこれまでいくつかの研究があるが⁽²⁾、いずれも衝突面の位置等の検討であり、その混合特性は調べられていない。また反応射出成形法を対象として混合室内の噴流の特性を検討しているものもある⁽³⁾が、混合効果等はこれまで明らかにされていないようである。

本研究は実際に稼働している混合室の約10倍モデルを用いて、対向衝突水噴流の衝突時の流れの状態の可視化を水素気泡法で行った。衝突させる原液噴流ではノズル内径とそこでの平均速度に基づくレイノルズ数 Re は300程度であるから、本実験も $Re = 50 \sim 1700$ の噴流の可視化を行った。なお単一噴流の可視化はすでに報告してある⁽⁴⁾。

^{*} Ikutoku Technical University, 1030 Shimo-Ogino, Atsugi, Kanagawa, 243-02.

2. 実験装置および方法

実験は水道水を用い、水素気泡法によって対向衝突噴流の可視化を行った。実験装置の概略を図1に示す。外水槽①(240×360mm)内に混合室をモデル化した観測用水槽②(120×120mm)を設け、外水槽は水道からの水をオーバーフローさせ水位を一定に保つ。バルブ③により水槽①と②に水面差を作り、対向した内径φ10mmのノズル④からの噴流を対向衝突させた。ノズルは図2に示すような断面形状であり、両ノズルの軸中心をあわせるについては十分注意をはらった。

ノズル中心断面上に、ノズル出口と衝突側面とに2対(計4箇所)のタングステン線Ⅰ、Ⅱ⑥(外径50 μ m)を張り、パルス発生器⑤(計測技研製)でパルス電圧を与えて水素気泡を発生させた。

バルブ調整後、水面差が一定になったときに、周囲を暗くし、スライド用プロジェクター⑦から噴流中心断面にスリット光を与え、上部のステルカメラ⑧にて写真撮影した。フィルムにはフジネオパン(ASA400)を用い、バンドールにて4倍(ASA1600相当)の増感現像を行った。なお、一部の実験にはコダックVR1000(ASA1000)を用いた。

流量はバルブ③の出口にて量水し、実験は一つのノズルからのレイノルズ数 $Re = \bar{v} d / \nu$ ($\bar{v}$: ノズルの平均流速、 d : ノズル内径、 ν : 動粘度) = 50~1700 について行った。

3. 可視化写真

ノズル出口にタングステン線Ⅰを張って衝突面を可視化した写真の例を図3(a)~(e)に示す。それぞれ同じレイノルズ数 Re についてパルス周期 T を変えた2種の写真を示す。図(a)は $Re = 127$ のもので衝突は安定しており、衝突後も流れは外周にきれいに分かれる。また Re 数が小さいため衝突前の噴流にポテンシャルコアはほとんど見られない。図(b)は $Re = 204$ のもので、 $Re = 127$ とほとんど相違しない。図(c), (d)の $Re = 302$ 、 492 のものは衝突は不安定であり、衝突面は外乱によって変動しやすい。これらの噴流にはポテンシャルコアが見られ、衝突は噴流が完全な発達領域に達する前に行われている。図(e)の $Re = 624$ のものでは、噴流の衝突は安定しているが、衝突後の流れにただちに乱れが発生するようになる。

Fig.1 Schematic view of apparatus
(unit, mm)

Fig.2 Cross section of nozzle
(unit, mm)

Fig.3 Photographs of coaxial impingement of opposing jets

Fig.3(e) Photographs of coaxial impingement of opposing jets($Re=624$)

(a) $Re=129$, $T=0.9s$ (b) $Re=213$, $T=0.4s$ (c) $Re=310$, $T=0.4s$ (d) $Re=498$, $T=0.2s$

Fig.4 Photographs of flow downstream of impingement surface

図1のように衝突面の側面にタングステン線Ⅱを張った可視化写真の例を図4(a)～(d)に示す。レイノルズ数の小さいものほど衝突後の流れの広がりが大きくなる傾向がある。 Re 数によって衝突後の流れが不安定になって行く様子をこれらの写真は示している。

4. むすび

対向衝突噴流の流れはレイノルズ数によっておおよそ下記のように分類できる。

- (1) $Re \leq 200$: 衝突噴流の流れは安定しており、噴流は衝突後外周にきれいに分かれる。
- (2) $200 \leq Re \leq 500$: 噴流の衝突面は不安定で、小さい外乱によってもただちに変動する。
- (3) $Re \geq 500$: 衝突面位置は安定するが、衝突前の噴流に多少ゆらぎが存在するようになる。また衝突後の流れに乱れがただちに生じる。

実験に際しては、当時幾徳工業大学学生 伊藤 隆之、浜崎 良樹の両氏の協力を得たので、ここに厚く感謝の意を表します。

文献：(1) 赤池, 根本, 幾徳工業大学研究報告, No.B-8(1984), p.73. (2) たとえば、山本、ほか2名, 油圧と空気圧, Vol.6, No.4(1975), p.8. (3) Charles L. et al., Polymer Eng. and Sci., Vol.20, No.13(1980), p.875 and p.887. (4) 赤池, ほか2名, 流れの可視化, Vol.3, No.10(1983), p.143.