

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНОДВИЖУЩЕГОСЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА ФОРСУНКОЙ С АКУСТИЧЕСКИМИ ГАЗОСТРУЙНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

П. В. Асос

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

На практике наиболее часто реализуется распыление струи жидкости поступательно движущимся газовым потоком [1], [2]. Распыление газом с использованием поступательно-вращательного движения, называемого иначе распылением в смерче, встречается несколько реже, чем предыдущий метод [3].

Схеме распыления жидкости с одновременным использованием поступательно-го, вращательного и колебательного (ПВК) компонентов энергии газа с учетом ее потенциальной энергоемкости уделяется недостаточное внимание, хотя она является наиболее перспективной для получения мелкодисперсных капель.

Целью данной работы явилось исследование особенностей диспергирования жидкости газовым потоком, имеющим ПВК движение и его теоретические основы.

Методика исследования заключается в подаче струи жидкости в центральное отверстие распылительного устройства (форсунки) (рис. 1).

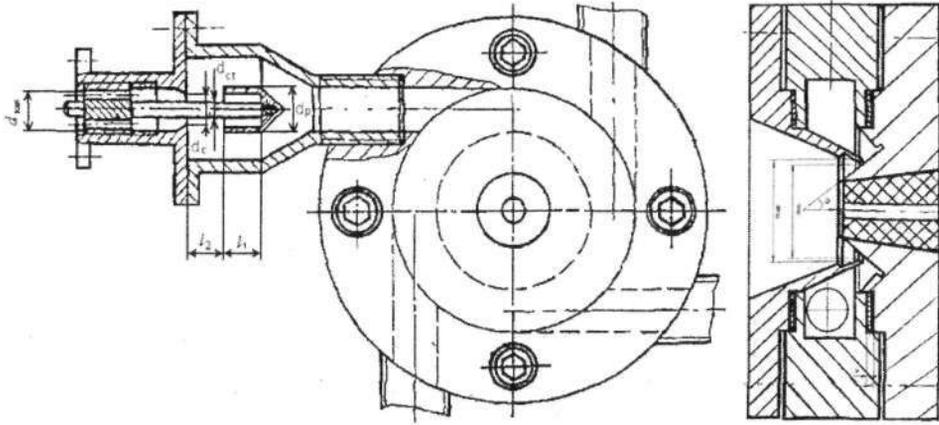


Рис. 1. Схема распыляющего устройства

К каналам форсунки подводился газ-энергоноситель, причем для придания газу-энергоносителю вращательного движения каналы его подвода располагались тангенциально, а для придания последнему колебательного движения в каналах для подвода газа энергоносителя устанавливались стержневые газоструйные генераторы акустической частоты [4].

В качестве газа-энергоносителя был выбран сжатый воздух, азот, аргон, гелий, водород с регулированием давления от 0,2 до 2 МПа.

Исследования показали, что конечные размеры получаемых капель зависят от ряда технологических факторов, причем наибольшее влияние оказывают параметры настройки форсунки: положение генераторов акустической частоты, размер кольцевого зазора сопла и исходное давление газа-энергоносителя.

Формирование газового потока с тремя видами движения является одной из сложных задач математической физики. Это обстоятельство обуславливает необходимость разработки теоретических основ процессов, происходящих при ПВК диспергировании жидкости и их влияния на конечные размеры капель.

Схема распыления жидкости при создании в газе-энергоносителе поступательного, вращательного и колебательного компонентов энергии газа с учетом ее потенциальной энергоемкости наиболее перспективна для получения мелкодисперсных капель.

Элементы акустических генераторов Гартмона, установленных в каналах для подвода газа энергоносителя, можно рассчитать с учетом условий настройки, обеспечивающих получение максимальной акустической мощности [5]: l_1 - глубина резонатора; l_2 - расстояние от сопла до входа в резонатор.

Для определения акустической мощности (кВт), развиваемой единичным акустическим генератором, можно воспользоваться эмпирической зависимостью [5]:

$$W_{al} = 295 \left(\left(\frac{d_c - d_{ct}}{100} \right) \left(1 + 0,8 \frac{d_{ct}}{d_c} \right) \right)^2 \sqrt{\frac{P_u - 0,9}{P_a}}, \quad (1)$$

где P_u, P_a - перепад давления и давление в окружающей среде на выходе из распылительного устройства соответственно; d_c, d_{ct} - диаметр сопла и стержня резонатора соответственно.

Далее происходит вращательно-поступательное движение, изображенное на рис. 2.

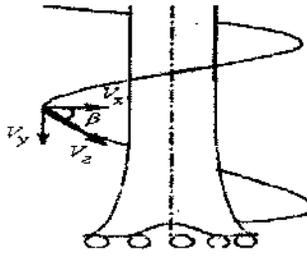


Рис. 2. Схема газового распыления струи жидкости при поступательно-вращательном движении газового потока

Мощность поступательно-движущегося газового потока с учетом составляющих движения вдоль струи жидкости и перпендикулярно последней с учетом уравнения Пуазейля можно определить из следующего выражения:

$$W_{xy} = 50 \cdot \frac{\pi(d_{\max} - d_{\min}) \cdot \rho}{128 \cdot \mu \cdot \ell} \cdot (P_u - P_a) \cdot V_y^2 (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha), \quad (2)$$

где V_y – компонента скорости потока по оси y ; $\alpha = \operatorname{arccotg} \frac{V_x}{V_y}$ – угол атаки газа-энергоносителя на струю жидкости; $V_x = V_y \operatorname{tg} \alpha$ – компонента скорости потока вдоль оси x ; $\alpha = 90 - \beta$.

Вращательное движение газового потока вокруг струи жидкости приводит к добавочной мощности газового потока, которую можно определить из следующего уравнения:

$$W_r \approx 50 \left(\frac{\pi(d_{\max} - d_{\min}) \cdot \rho}{128 \cdot \mu \cdot \ell} \cdot (P_u - P_a) \right) \omega_r^2 r_r^2, \quad (3)$$

где $\omega_r = V_r / 2\pi r_r$ – частота вращения газового потока; r_r – рассматриваемый радиус вращения газового потока; d_{\min} , d_{\max} – соответственно минимальный и максимальный размеры проходного сечения.

С учетом выражений (2) и (3) получаем выражение для вычисления мощности газового потока:

$$W = 50 Q_r \rho_r \left[V_y^2 (1 - \operatorname{tg}^2 \beta) + \omega_r^2 r_r^2 \right], \quad (4)$$

где Q_r – объем расхода газа; ρ_r – плотность газа в потоке.

С учетом уравнений (1) и (4) получаем выражение для нахождения суммарной мощности газового потока:

$$W_{\text{вплк}} = 50 Q_r \rho_r \left[V_y^2 (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha) - \omega_r^2 r_r^2 \right] + 295 \cdot N \left[\left(\frac{d_c - d_{\text{ст}}}{100} \right) \cdot \left(1 + 0,8 \frac{d_{\text{ст}}}{d_c} \right) \right]^2 \sqrt{\frac{P_u - 0,9}{P_a}}. \quad (5)$$

Зависимости мощности газового потока, развиваемой форсункой, от первоначального давления газа-энергоносителя для различных газов представлены на графиках (рис. 3).

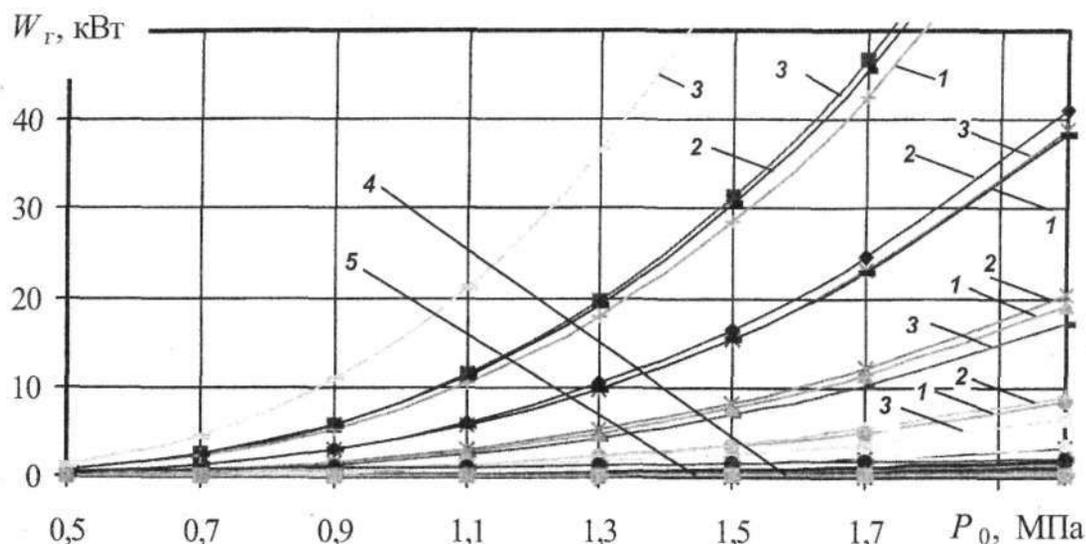


Рис. 3. Изменение мощности газового потока, в зависимости от давления подаваемого газа: 1 – азот; 2 – воздух; 3 – аргон; 4 – гелий; 5 – водород

Анализируя полученные зависимости видно, что независимо от свойств газа-энергоносителя мощность увеличивается пропорционально увеличению давления подаваемого газа энергоносителя. Из полученных зависимостей видно, что мощность, развиваемая установкой, также зависит и от свойств газа-энергоносителя. Так, при одних и тех же условиях при использовании в качестве газа-энергоносителя азота, аргона или воздуха, максимальную мощность можно получить при распылении азотом, а минимальную – аргонем (рис. 3), что связано с плотностью газа. Максимальная мощность, развиваемая устройством для распыления, при использовании в качестве газа-энергоносителя азота с давлением ~ 2 МПа составляет ~ 71 кВт.

На основании проведенных исследований можно сделать ряд выводов. Газовый поток, совершающий поступательно-вращательно-колебательное движение, получает максимальную мощность в зависимости от давления газа-энергоносителя. Положение резонаторов, обеспечивающих максимальную акустическую мощность газового потока составляет примерно 16 мм от торца входного отверстия, диаметр кольцевого отверстия сопла форсунки составляет 40 мм.

Литература

1. Сопловой узел для распыления расплавленного металла газом : а. с. 183266 ЧССР, МКИ В 22 F 9/08 // Изобретения за рубежом. - 1964. - № 1, 17.
2. Устройство для получения металлического порошка путем распыления расплава газовой струей : заявка 2742733 ФРГ, МКИ В 22 F 9/08 // Изобретения за рубежом. - 1964. - № 2, 27.
3. Способ получения металлических порошков : пат. 2071102 Франция // Изобретения за рубежом. - 1965. - № 6, 31.
4. Стасенко, Д. Л. Устройство для получения металлических порошков : пат. РФ №4297 // Д. Л. Стасенко, М. Н. Верещагин, Р. И. Вечер ; выд. 22.10.2001.
5. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / под ред. И. П. Голямина. - Москва : Совет, энцикл., 1979. - 400 с.