

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДРОБЛЕНИЯ КАПЕЛЬ ВЯЗКОТЕКУЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ДИСКА

С. Г. Чекан

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

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Целью данной работы является исследование особенностей дробления капель рабочей жидкости поверхностью вращающегося диска, теоретический анализ процессов сопровождающих процесс дробления.

Процесс каплеобразования на вращающемся диске подвержен влиянию рабочих параметров и физических констант рабочей жидкости.

Процесс дробления капли состоит в следующем. После поступления капель на поверхность вращающегося диска она движется к периферии, образуя на диске сферическую каплю. В момент отрыва от диска под действием центробежных сил капля связана с диском тонкой нитью, которая потом быстро распадается, образуя вторичную каплю спутник.

Результаты исследований. Результатом капельного распыления является бимодальное распределение размеров получаемых частиц. Вторичные частицы составляют небольшую часть общей массы жидкости, но их число приблизительно равно числу основных частиц (рис. 1). Таким образом, вторичные частицы образуются из каждой основной капли. По мере увеличения размеров первоначальной капли, попадающей на поверхность вращающегося диска, они вытягиваются, образуя тонкие нестабильные струи, которые, отрываясь от кромки на некотором расстоянии, дробятся на капли. Размер струи может увеличиваться до предельного значения, которое зависит от скорости вращения диска. Увеличение размеров первоначальной капли вызывает увеличение диаметра струй [2]. Форма получаемых частиц жидкости при переходе из области капельного распыления в область струйного дробления изменяется. В первом случае образуются частицы с формой, близкой к полусферической, а во втором - эллипсоидные, т. е. вытянутой формы.

При подаче капель жидкости больших объемов на диск возможна ситуация, при которой толщина струи далее увеличиваться не может. В этом случае капли образуются из пленки. И в данном случае от кромки диска отрывается свободная пленка жидкости. Поверхность ее не устойчива, поэтому пленка дробится. По сравнению с механизмом капельного и струйного дробления пленочное распыление - наименее контролируемый процесс, в большей степени он зависит от аэродинамических условий окружающей среды, особенно при больших скоростях вращения, т. е. при малом времени контакта с поверхностью диска.

Переход от одного механизма дробления к другому зависит от рабочих параметров процесса и физических свойств рабочей жидкости. Для установления критериев перехода от механизма распыления струи к механизму распыления пленок и обратно используют размерный анализ.

Критерий Хинзе-Мильборна, позволяющий определить области превалирующего механизма распыления, можно представить в виде:

$$Hi = \frac{\mu_l^{0,17} V_k \rho_l^{0,71} \omega^{0,6}}{\gamma_l^{0,88} d_{kp}^{0,68}}, \quad (1)$$

где  $\mu_l$  - коэффициент динамической вязкости;  $V_k$  - скорость подачи жидкости на поверхность диска;  $\rho_l$  - плотность жидкости;  $\gamma_l$  - коэффициент поверхностного

натяжения;  $\omega$  – угловая скорость диска;  $d_{kp}$  – диаметр диска. Капельное распыление реализуется при выполнении условия  $Hi < 0,07$ ; струйное – при выполнении условия  $0,07 < Hi < 1,33$ ; пленочное –  $Hi > 1,33$ .

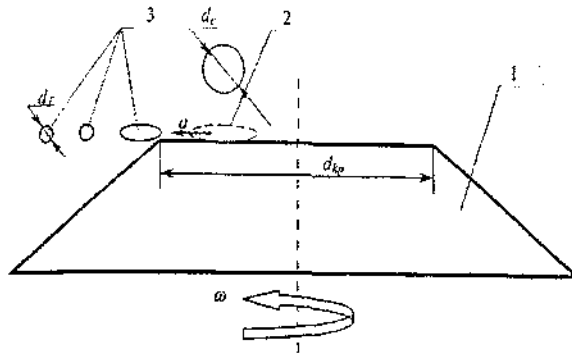


Рис. 1. Схема дробления капли жидкости вращающимся диском:  
1 – вращающийся диск; 2 – растекшаяся капля; 3 – раздробленные фрагменты  
первичной капли

Рассмотрим зависимость размеров получаемых частиц от рабочих параметров процесса. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости можно определить из уравнения [5]:

$$\gamma_l = d_c^2 a \rho_l / 6, \quad (2)$$

где  $d_c$  – размер частицы;  $a$  – ускорение, которое можно определить из выражения:

$$a = \omega^2 d_{kp} / 2. \quad (3)$$

Из уравнений (2) и (3) можно получить выражение для определения теоретического диаметра капли, образованной под действием центробежных сил:

$$d_T = 1 / \omega \sqrt{12 \gamma_l / \rho_l d_{kp}}. \quad (4)$$

Если выразить размер капли в микрометрах, то получаем следующую зависимость:

$$d_T = 3,46 \cdot 10^6 / \omega \sqrt{\gamma_l / \rho_l d_{kp}}. \quad (5)$$

Этот идеализированный случай дает основное соотношение:

$$d_T = K / \omega \sqrt{\gamma_l / \rho_l d_{kp}}, \quad (6)$$

где  $K$  – константа, зависящая от угловой скорости вращения диска, размера подаваемой капли расплава на диск и от конструкции установки. Причем с увеличением угловой скорости вращения диска и размеров капли расплава значения константы  $K$  могут изменяться в сторону возрастания. На основе многочисленных экспериментальных данных получена зависимость среднего массового диаметра частиц от рабочих параметров процесса:

$$d_T = 3,65 \cdot 10^6 / \omega \left( \frac{\gamma_l}{\rho_l} \right)^{0,46} \frac{V_k^{0,06}}{d_{kp}^{0,58}} \quad (7)$$

Для распыления рабочей жидкости вращающимся диском при независимой подаче жидкости используют зависимость:

$$d_T = \frac{K}{(\omega d_{kp})^{0,5}} \left( \frac{\gamma_l}{\rho_l g} \right)^{0,125} \left( \frac{V_k \mu_l}{\rho_l} \right)^{0,25} \quad (8)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения. С учетом того, что на поверхность вращающегося диска жидкость подается в виде капель, скорость подачи жидкости для единичной капли можно представить в следующем виде:  $V_k \approx \pi d_c^3 / 6$ , где  $d_c$  – диаметр капли до контакта с поверхностью вращающегося диска.

Исходя из этого, зависимость (8) можно переписать в следующем виде:

$$d_T = \frac{K}{(\omega d_{kp})^{0,5}} \left( \frac{\gamma_l}{\rho_l g} \right)^{0,125} \left( \frac{\pi d_c^3 \mu_l}{6 \rho_l} \right)^{0,25} \quad (9)$$

По сравнению с предыдущими уравнениями, например (7), степень воздействия рабочих параметров на средний диаметр частиц различна. Из полученного выражения (9) видно, что размер получаемых частиц будет зависеть от свойств рабочей жидкости, диаметра и угловой скорости вращения диска. Причем с увеличением последних размеры получаемых частиц будут уменьшаться, что подтверждается графическими зависимостями приведенного диаметра получаемых частиц  $d_T$  от диаметра капли жидкости, ее физических характеристик и угловой скорости диска, представленными на рис. 2.

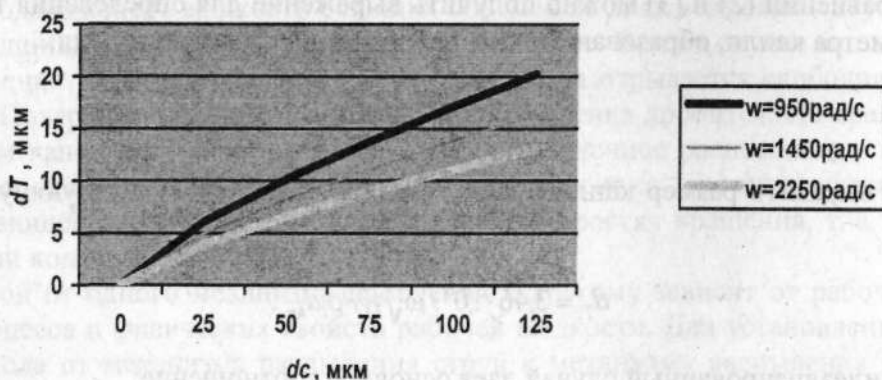


Рис. 2. Зависимость диаметра получаемых капель от исходных размеров капли жидкости (Глицерин); ( $\omega$  – скорость вращения диска);  $\rho = 1260$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu = 1480$  сП;  $\gamma = 59,4$  мН/м

#### Литература

1. Walton, W. H. The production of sprays and mists of uniform drop size by means of spinning disc, type sprayers / W. H. Walton, W. C. Prewett // The Proc. Phys. Soc. – 1949. – В62. – P. 341–350.