

О. С. НИЧИПОРЕНКО

ДЕФОРМАЦИЯ И ДРОБЛЕНИЕ КАПЕЛЬ МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ  
РАСПЫЛЕНИЯ

*\*(Представлено академиком П. А. Ребиндером 27 IV 1970)*

Движение, деформация и дробление капель расплавленного металла определяют процесс диспергирования металлического расплава и качество металлического порошка. В работах по гидродинамике двухфазных потоков (1-3) установлены основные количественные зависимости движения капли в потоке газа. Основной из них является соотношение сил, действующих на каплю в полете — скоростного напора потока  $\rho W^2 / 2$  и сил Лапласа, определяемых величиной поверхностной энергии металла  $\sigma / r$ . Условием дробления капли в потоке газа будет

$$c_f \rho W^2 / 2 > \sigma / r. \quad (1)$$

Здесь  $c_f$  — коэффициент аэродинамического сопротивления потока движущую частицу  $c_f \cong 1$  (4),  $\rho$  — плотность газа,  $W$  — скорость потока,  $\sigma$  — поверхностное натяжение металла,  $r$  — размер капли. Если  $c_f \rho W^2 / 2 \leq \sigma / r$ , то капля будет двигаться без дробления, при этом возможна ее деформация. Деформируясь, капля будет вытягиваться в направлении движения, радиус ее кривизны будет меняться по закону (3)

$$r^* = \sqrt{v/h}, \quad (2)$$

где  $r^*$  — радиус кривизны,  $h$  — размер капли, вытянутой в направлении движения,  $v$  — объем капли (const). Из выражения (1) получим

$$c_f \rho W^2 / 2 > \sigma / \sqrt{v/h}, \quad (3)$$

$$h/v < (c_f \rho W^2 / 2\sigma)^2. \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет определить величину удлинения капли в потоке, движущемся со скоростью  $W$ . Расчет величины максимальной деформации капли расплава меди, движущейся в потоке воздуха, скорость которого меняется от 100 до 660 м/сек, сделан для капель с исходными диаметрами от 50 до 300 м. Результаты представлены на рис. 1. Нижняя часть кривых, соответствующая значениям  $R \leq d_n$  (дана пунктиром), характеризует разгон капель без деформации. Линия 1 является границей начала деформации капель. Верхний предел деформации (начало дробления) определится из соотношения энергетических балансов деформированной капли и элементов ее дробления. Дробление деформированной капли произойдет в случае, когда

$$\sigma S' > \sigma S'', \quad \text{т. е. } S' > S'', \quad (5)$$

где  $S'$  — поверхность целой деформированной капли, а  $S''$  — поверхность суммы элементов, образовавшихся после распада капли.

Допустим, что деформированная капля распалась на несколько элементов (условно примем их форму сферической), тогда получим

$$S' = 2\pi R h = 2\pi \sqrt{v/h} = 2\sqrt{\pi h v}, \quad S'' = 4\pi r_1^2 n = 4\pi n \sqrt{(3v/4\pi n)^2},$$

так как  $v'' = v, n = \sqrt[3]{4\pi r_1^3 n}$ . Условием дробления, согласно (5), будет

$$2\sqrt{\pi h v} > 4\pi n \sqrt{(3v/4\pi n)^2} \quad (6)$$

или после некоторых преобразований

$$h^3/v > 20n^2/\pi, \quad (7)$$

где  $n$  — число элементов, на которое распалась деформированная капля.

Начало дробления будет характеризоваться значением  $n = 2$ . Величина удлинения каплей с размерами 50, 100, 200 и 300  $\mu$  получена из выражения (7) и нанесена на рис. 1

(см. линию 2). Таким образом, в области I происходит разгон каплей без деформации, в области II капли деформируются при разгоне и в области III происходит разрушение деформированной капли. Если при различных числах дробления ( $n =$

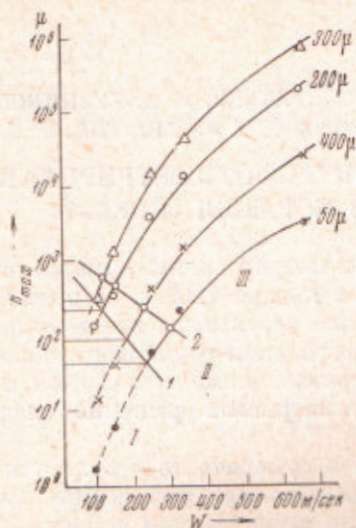


Рис. 1. Зависимость максимального удлинения капли от скорости газа-распылителя

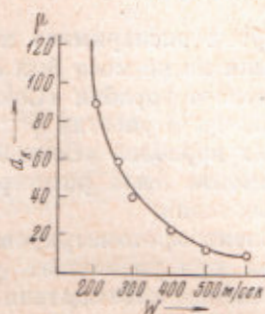


Рис. 2. Зависимость конечного размера каплей от скорости дутья

$= 2, 5, 10, 30, 50, 100$ ) подсчитать, до какого конечного размера будут дробиться капли различных исходных размеров, то окажется, что конечный размер каплей  $r_k$  зависит только от скорости дутья для данного металла и не зависит от исходного размера капли. Этот параметр определяется зависимостью

$$r_k = 2\sigma / c_f \rho W_k^2, \quad (8)$$

где  $W_k$  — скорость потока, соответствующая конечному дроблению, т. е.  $n = 2$ . На рис. 2 представлена зависимость конечного размера капли  $d_k = 2r_k$  от скорости потока  $W_k$ .

Для расчетов технологического режима процесса распыления могут быть предложены два критерия, определяющих возможную степень деформации капли в потоке газа, движущемся с определенной скоростью и конечный размер частиц порошка:

$$We' = c_f \frac{\rho W^2}{\sigma} \sqrt{\frac{v}{h_m}}. \quad (9)$$

Критерий предела дробления капли

$$We'' = c_f \frac{\rho W^2}{\sigma} d_k. \quad (10)$$

Расчет показал, что  $We' = 2,6$  и  $We'' = 4,0$ .

Таким образом, количественный анализ процессов дробления и деформации капли при движении ее в потоке газа, движущемся с определенной скоростью, показал возможность управления этими процессами с целью получения порошка с заданными размерами и формой частиц.

Институт проблем материаловедения  
Академии наук УССР  
Киев

Поступило  
16 IV 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Г. Ламб, Гидродинамика, 1938. <sup>2</sup> М. Е. Дейч, Техническая газодинамика, М., 1960. <sup>3</sup> В. Г. Левич, Физико-химическая гидродинамика, М., 1964. <sup>4</sup> Г. Л. Бабуха, М. И. Рабинович, Механика и теплообмен потоков полидисперсной газозвеси, Киев, 1969.