Доклады Академии наук СССР
1970. Том 193, № 4

УДК 621.762.2 *ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА*

О. С. НИЧИПОРЕНКО

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ РАСПЫЛЕНИЕМ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 13 X 1969)

Ранее [1] была предложена зависимость эффективного к.п.д распыления от технологических параметров процесса

$$\theta_e = rw_м / (rw_м + c_x k_s d_e \sin\alpha \sqrt{\sigma / r\rho_м}) \tag{1}$$

или же в виде, удобном для анализа:

$$\frac{1}{\theta_e} = 1 + \frac{c_x k_s d_e \sin\alpha}{r^{1/2} w_м} \left(\frac{\sigma}{\rho}\right)^{1/2}, \tag{2}$$

где θ_e — эффективный к.п.д. распыления; $w_м$ — скорость истечения металла; r — средний радиус капельки металла; c_x — коэффициент лобового сопротивления капельки; k_s — коэффициент, определяющий геометрию форсунки; d_e — эквивалентный диаметр отверстия выхода газа; σ — поверхностное натяжение металла; $\rho_м$ — его плотность.

Анализ зависимости (2) показал, что реально возможные изменения параметров, указанных выше, не могут существенно изменить к.п.д. процесса. Интересной представляется возможность значительного снижения поверхностной энергии расплавленного металла посредством наведения на его поверхность электрического заряда [2]. При обычных методах снижения σ за счет введения в жидкий металл добавок удается снизить поверхностное натяжение на 20—40%, при этом сильно загрязняется основной металл.

Из выражения (2) видно, что при $\sigma \to 0$ $\theta_e \to 1$, т. е. к.п.д. процесса распыления приближается к 100%.

Рассмотрим возможность дробления капли жидкого металла с наведенным на нее электростатическим зарядом Q. Энергию капли, обладающей таким зарядом, можно представить следующим образом:

$$E = 4\pi r^2 \sigma + Q^2 / 2r, \tag{3}$$

где $4\pi r^2$ — поверхность частицы радиуса r.

Полагая, что при делении капли на n более мелких капелек заряд Q распределится равномерно между всеми новыми частичками, получим величину энергии одной новой капельки в виде

$$E' = 4\pi r_1^2 \sigma + (Q/n)^2 / 2r_1; \tag{4}$$

здесь r_1 — радиус новой капельки $(r_1 = rn^{-1/3})$, а Q/n — энергия одной капельки. Суммарная энергия всех новых капелек может быть подсчитана следующим образом:

$$E'_\Sigma = n\,[4\pi r^2 \sigma n^{-2/3} + (Q/n)^2 / 2rn^{-1/3}] \tag{5}$$

или, окончательно,

$$E'_\Sigma = 4\pi r^2 \sigma n^{1/3} + Q^2 / 2rn^{2/3}. \tag{6}$$

Теперь можно определить тенденцию капель радиуса r к делению на более мелкие — для этого следует приравнять нулю производную $\partial E_\Sigma' / \partial n$, где n — число новых капелек,

$$\frac{\partial E_{\Sigma}}{\partial n} = 4\pi r^2 \sigma \frac{1}{3} n^{-1/3} - \frac{2}{3} \frac{Q^2}{2r} n^{-4/3} = 0. \qquad (7)$$

Получим

$$n = Q^2 / 4\pi r^3 \sigma. \qquad (8)$$

Определяя поверхностную плотность заряда, как $q = Q / S = Q / 4\pi r^2$, будем иметь

$$n = 16\pi^2 r^4 q^2 / 4\pi r^3 \sigma = 4\pi q r / \sigma. \qquad (9)$$

Из выражения (9) следует, что число частиц, на которые может быть разделена исходная капля, тем больше, чем выше поверхностная плотность заряда и исходный размер капли.

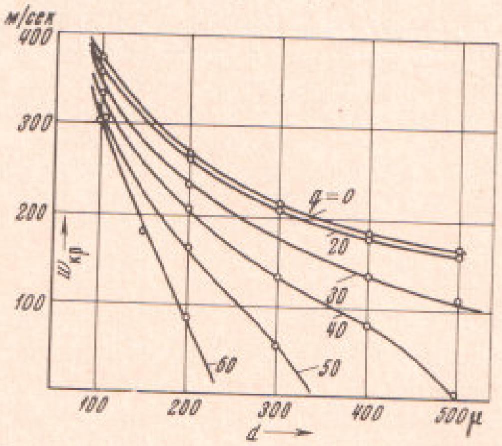

Рис. 1. Зависимость размера капелек от величины эффективной поверхностной энергии и критической скорости дутья, $\sigma = 1200$ дн/см

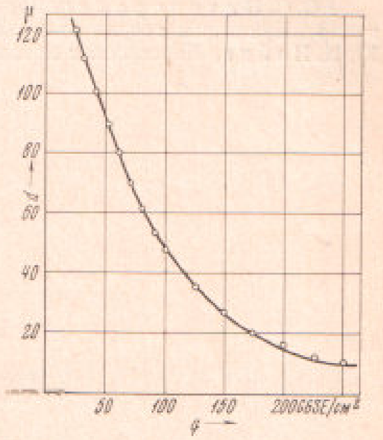

Рис. 2. Зависимость размеров капелек от их заряда при фиксированной скорости дутья. $w = 330$ м/сек, $\sigma = 1200$ дн/см

До сих пор мы рассматривали процесс диспергирования без учета энергии дутья газа-распылителя, которая всегда имеется в реальном процессе диспергирования жидкого металла. Можно предполагать, что если существует возможность деления капель без участия дутья, то при наличии газа-распылителя в сочетании с электростатическим зарядом на поверхности капли вероятность деления последней и дисперсность дробления существенно возрастут. Эта вероятность может быть оценена количественно величиной σ_e, которая представляет собой величину снижения эффективной поверхностной энергии капли в результате ее электризации. Исходя из выражения для энергии капли

$$E = 4\pi r^2 \sigma_0 + Q^2 / 2r, \qquad (10)$$

получим

$$\sigma_e = \sigma_0 - \pi q^2 r. \qquad (11)$$

Подставив полученное выражение для эффективной поверхностной энергии в выражение для критической скорости дутья газа-распылителя, обеспечивающей получение частиц радиуса r, выведенное ранее [3]:

$$W = \sqrt{7\sigma_e / \rho r}, \qquad (12)$$

где ρ — плотность газа-распылителя, получим

$$W = \sqrt{7 (\sigma_0 - \pi q^2 r) / \rho r}. \qquad (13)$$

Выражение (13) раскрывает роль каждого элемента, активно участвующего в процессе распыления — поверхностной энергии заряда, скорости дутья газа-распылителя и величины поверхностной энергии расплава.

Сказанное можно проиллюстрировать рисунками: на рис. 1 представлена зависимость размера капелек от величины эффективной поверхностной энергии и критической скорости дутья, на рис. 2 — зависимость получаемого размера капелек от их заряда при условии работы на форсунке с дозвуковой скоростью истечения газа-распылителя.

Институт проблем материаловедения
Академии наук УССР
Киев

Поступило
13 X 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] О. С. Ничипоренко, Порошковая металлургия, № 11 (1969). [2] Я. И. Френкель, Принципы теории атомных ядер, М.—Л., 1950. [3] О. С. Ничипоренко, Ю. И. Найда, Порошковая металлургия, № 4 (1968).