

СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОЙ СТРУЖКИ

М. П. Селицкая

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

Научный руководитель О. М. Валицкая

Переработка (рециклинг) вторичного сырья на сегодняшний день является актуальной проблемой индустрии. На металлообрабатывающих предприятиях скапливается большое количество металлоотходов, в том числе, стружки, которая является ценным вторичным сырьем при выплавке металла. В последнее время для рециклинга полидисперсных металлоотходов, в том числе металлической стружки, начали применять ротационные наклоняемые печи (РНП) [1].

При разработке конструкций РНП и технологического режима тепловой обработки возникли трудности из-за практически полного отсутствия информации по свойствам стружки.

Целью данной работы явилось определение и анализ некоторых свойств алюминиевой стружки, необходимых для разработки процесса рециклинга с использованием РНП.

1. Определение свойств стружки

Стружка, поставляемая партиями на переработку, представляет собой полидисперсный материал с широким диапазоном размеров и форм элементов. Фракционный состав стружки представлен на рис. 1. Видно, что стружка имеет широкий диапазон размеров, и соответственно, имеет очень высокий суммарный коэффициент полидисперсности ( $\Pi > 20$ ), определяемый как отношение максимального диаметра частиц полидисперсного материала к минимальному:

$$\Pi = \frac{d_{\max}}{d_{\min}}$$

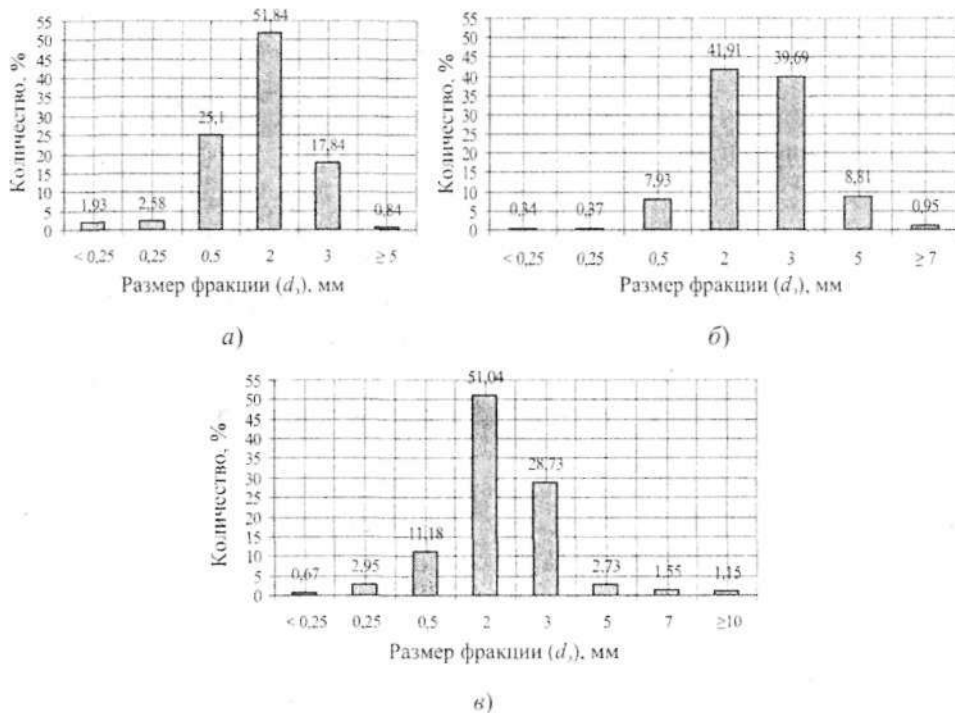


Рис. 1. Фракционный состав алюминиевой стружки:  
а – изогнутые пластинки (гр. № 1); б – смесь витков, пластинок и их фрагментов (гр. № 2); в – смесь пластинок, витков и их фрагментов (гр. № 5)

Ниже приведены значения насыпной плотности, угла естественного откоса, порозности слоя.

#### Характеристики стружки

Номер группы	Форма частиц	Насыпная плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Порозность $\beta$	Угол естественного откоса $\alpha^\circ$	Характер образования
1	Изогнутые пластинки	175	0,934	43	фрезерование
2	Смесь витков, пластинок и их фрагментов	193	0,930	44	сверление
3	Спирали	278	0,895	45	токарные операции
4	Полоски	385	0,855	43	сверление
5	Смесь пластинок, витков и их фрагментов	413	0,844	44	то же

Эквивалентный диаметр частиц ( $d_3$ )

Пользуются различными способами усреднения частиц по диаметрам, т. е. по-разному вводят понятие эквивалентного диаметра частиц. Выбор  $d_3$  определяется постановкой задачи: при расчете скоростей витания и уноса частиц, а также при расчете поверхности теплообмена определяют среднегармоничный диаметр:

$$d_{CP} = 1 / \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{d_i}, \quad (1)$$

где  $n$  – число фракций,  $m_i$  – содержание  $i$ -й фракции, массовой доли;  $d_i$  – средний ситовый размер  $i$ -й фракции, м.

Так как стружка – это полидисперсный материал с высоким коэффициентом полидисперсности, то приводить размеры всех частиц стружки к какому-либо среднему не целесообразно. Стружку, в соответствии с фракционным составом, разобьем на группы, с  $\Pi = 1,5 \div 2$ , и соответственно для каждой группы определим  $d_3$  (рис. 1).

Форма частиц стружки ( $f$ ) и эквивалентный диаметр частиц ( $d_3$ ) – показатели, которые необходимо учитывать при определении скоростей витания и уноса частиц.

Для учета отличия формы частицы от сферической используем коэффициент формы ( $f$ ).

Коэффициент формы стружки меняется в зависимости от вида стружки (спираль, полоски и др.) и ее размеров. По результатам измерений и расчетов коэффициент формы находится в пределах от  $f = 1,22$  до  $f = 6,68$ .

#### 2. Скорость витания ( $\omega_{\text{вит}}$ ), скорость уноса ( $\omega_{\text{унос}}$ ) частиц

Скорость витания частиц, при которой начинается массовый унос частиц данного размера, формы, плотности определяем по универсальной формуле [2]:

$$\omega_{\text{унос}} = \frac{\mu_C}{d_{CP} \cdot \rho_C} \cdot \frac{Ar}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{Ar}}, \quad (2)$$

где  $\mu_c$  – вязкость сушильного агента при средней температуре;  $d_{cp} = d_3/f$  – средний размер частиц стружки, с учетом формы частиц;  $\rho_c$  – плотность сушильного агента

при средней температуре;  $Ar = \frac{d_{cp}^3 \cdot \rho_{ст} \cdot \rho_c \cdot g}{\mu_c^2}$  – критерий Архимеда;  $\rho_{ст}$  – плотность частиц высушиваемого материала.

Соотношение между скоростью массового уноса и скоростью витания частиц может достигать:  $\omega_{унос}/\omega_{вит} \approx 15$  – для крупных частиц (от 2 мм),  $\omega_{унос}/\omega_{вит} \approx 50$  – для мелких [3].

На рис. 2 представлены графики скорости уноса частиц алюминиевой стружки групп №№ 1, 2, 5 (см. группу № 1) дымовыми газами в зависимости от фракционного размера, коэффициента формы частиц при температуре газов, равной 700 °С. На этом же графике показана скорость уноса частиц, форму которых условно принимаем равной сферической ( $f = 1$ ).

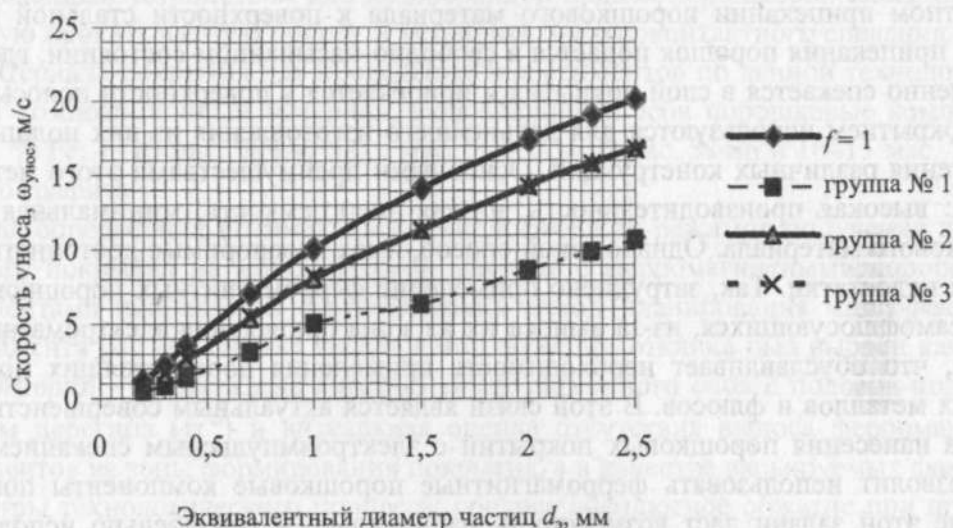


Рис. 2. Скорость уноса частиц алюминиевой стружки

На основании полученных данных сделаем выводы:

1. Для всех рассматриваемых видов алюминиевой стружки угол естественного откоса примерно одинаков (43–45°).

2. Насыпная плотность стружки может отличаться примерно в 2,5 раза в зависимости от характера образования.

3. Коэффициент формы частиц стружки изменяется в зависимости от ее вида и размеров в широком диапазоне: от  $f = 1,22$  до  $f = 6,68$ , что снижает скорость уноса частиц по сравнению со сферическими.

4. При порозности не более 0,970 слой полидисперсного материала переходит в состояние газозвеси при гравитационном падении [3]. К этому значению близка порозность в свободно насыпанном состоянии алюминиевой стружки группы № 1.

Полученные результаты использовались при разработке проектной документации и конструкций РНП для термической обработки алюминиевой стружки (г. Мозырь).

#### Литература

1. Ровин, С. Л. Рециклинг металлоотходов / С. Л. Ровин, Л. Е. Ровин, В. А. Жаранов // Литье и металлургия. – 2008. – № 3. – С. 153–157.

## 76 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов

2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. - Москва : Химия, 1973. - 340 с.
3. Горбис, З. Р. Теплообмен дисперсных сквозных потоков / З. Р. Горбис. - Москва-Ленинград : Энергия, 1974. - 246 с.