

*к.т.н. Козачишен В.А.,  
к.т.н. Попов Г.Н.,  
Андреев А.Н.  
(ДонДТУ, Алчевськ, Україна)*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ ГРАНУЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОКОМКОВАНИИ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ**

*Визначені умови та показники раціональної схеми регулювання процесу огрудкування агломераційної шихти. Запропонована модель росту розмірів гранул різних фракцій.*

***Ключові слова:** огрудкування, агломераційна шихта, газопроникність, газодинаміка, центри огрудкування, висота аглопирога, міцність грудочок.*

*Определены условия и показатели рациональной схемы регулирования процесса окомкования агломерационной шихты. Предложена модель роста размеров гранул различных фракций.*

***Ключевые слова:** окомкование, агломерационная шихта, газопроницаемость, газодинамика, центры окомкования, высота аглопирога, прочность комков.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Мировая практика аглопроизводства показывает, что спекания агломерата выполняют в слое высотой 600 – 800 мм. При этом на отечественных фабриках окускования работают на слое 250 – 350 мм, это существенно снижает качество продукта и технико-экономические процессы агломерации. Качество окомкования агломерационной шихты, является одним из основных факторов, сдерживающих увеличение высоты аглопирога, так как не обеспечивает требуемую газопроницаемость.

Анализ исследований и публикаций. Качество окомкования агломерационной шихты характеризуется целым рядом показателей. Основными из них принято считать крупность, прочность комков, влажность. Для глубокого анализа факторов, влияющих на технико-экономические показатели агломерационного процесса, необходимо знать компонентный, химический, минералогический состав, а также влажность гранул различной крупности. Не менее важным показателем является механическая прочность гранул. Однако под действием переувлажнения в аг-

ломерируемом слое она изменяется. Поэтому при подготовке шихты, можно ограничиться прочностью гранул, при которой действие переувлажнения в слое оказывает минимальное влияние на газодинамику неизотермического слоя [1 – 4].

Постановка задачи. Определить условия и параметры рациональной схемы регулирования гранулометрического состава окомкованной шихты, обеспечивающей повышение его однородности и увеличения газопроницаемости слоя.

Изложение материала и его результаты. Свойства окомкованной агломерационной шихты зависят от трех основных факторов:

1. Исходного гранулометрического состава. Наличия центров окомкования, комкуемой составляющей и их соотношения.

2. Поверхностных свойств шихтовых материалов (гидрофильности, гидрофобности, шероховатости).

3. Условий окомкования.

Материальной базой образования новых гранул и повышения их крупности является наличие комкуемой составляющей и влаги. Для гранулообразования необходимо обеспечить процесс циклического пересыпания материалов при наличии динамических нагрузок, способствующих уплотнению элементарных частиц в сфероподобные гранулы. Поэтому основным фактором, определяющим потенциальные возможности шихты комковаться, следует считать количество комкуемой составляющей. При вовлечении в аглопроизводство все большего количества тонких концентратов процесс окомкования шихты приобретает характерные особенности. Эффективность работы цилиндрических барабанных окомкователей снижается. Дефицит твердых центров окомкования создает предпосылки образования гранул повышенной крупности, за счет использования в качестве "строительного" материала промежуточной фракции и части центров локального переувлажнения.

Материальный баланс процесса грануляции определяется равенством количества сухих твердых компонентов аглосмеси по массе до окомкования количеству компонентов аглосмеси по массе после окомкования. Вода, применяемая при окомковании в качестве связки, в силу различий свойств материалов шихты, распределяется между гранулами различной крупности неравномерно.

В общем виде материальный баланс процесса грануляции для химических соединений (компонентов) шихты представлен уравнением:

$$\sum_{i=1}^k (x_i) = \sum_{i=1}^k (x_i)', \quad (1)$$

где  $(x_i), (x_i)'$  – содержание химического соединения в  $i$ -тых фракциях шихты до и после окомкования, соответственно.

Для оценки перехода гранул в процессе окомкования из одного класса крупности в другой были предложены коэффициенты грануляции.

Для описания процесса гранулообразования агломерационной смеси по аналогии с процессом массообмена воспользуемся уравнением массопереноса, представленного в виде:

$$\frac{d(k)_{ABC}}{d\tau} = \frac{\beta \cdot F}{V} \cdot (P_{КОМ}^H - P_{КОМ}^K), \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент массопереноса, зависящий от свойств шихты, режима движения и режима увлажнения смеси, м/с;

$F$  – площадь контакта жидкой и твердой фазы, м<sup>2</sup>;

$V$  – объем материала, м<sup>3</sup>;

$P_{КОМ}^H$  – содержание комкуемой составляющей в шихте перед окомкованием, кг;

$P_{КОМ}^K$  – оставшаяся часть комкуемой составляющей аглосмеси через время  $\tau$ , кг.

Масса одной гранулы шихты определяется выражением:

$$P_j' = \gamma \cdot \frac{\pi}{6} \cdot x^3,$$

где  $\gamma$  – кажущаяся плотность гранулы, кг/м<sup>3</sup>;

$x$  – диаметр гранулы, м.

Приращение массы гранулы равно

$$\frac{dP_j'}{dx} = 3\gamma \cdot \frac{\pi}{6} \cdot x^2 = \frac{d(k_i)_{ABC}}{dx}.$$

Отсюда

$$d(k_i)_{ABC} = \gamma \cdot \frac{\pi}{2} \cdot x^2 dx.$$

Разделим обе части на  $d\tau$

$$\frac{d(k_i)_{ABC}}{d\tau} = \gamma \cdot \frac{\pi}{2} \cdot x^2 \frac{dx}{d\tau}. \quad (3)$$

Подставим уравнение (2) в уравнение (3)

$$\frac{\beta \cdot F}{V} \cdot (P_{КОМ}^H - P_{КОМ}^K) = \gamma \cdot \frac{\pi}{2} \cdot x^2 \frac{dx}{d\tau}.$$

Отсюда имеем

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{2\beta \cdot F \cdot (P_{КОМ}^H - P_{КОМ}^K)}{\pi \cdot V \cdot \gamma \cdot x^2}. \quad (4)$$

С другой стороны, количество комкуемой составляющей, израсходованное на рост гранулы, равно произведению приращения массы гранулы на количество гранул:

$$P_{КОМ}^H - P_{КОМ}^K = \frac{\pi}{6} \cdot \gamma \cdot (x^3 - x_0^3) \cdot N,$$

где  $x_0$  – начальный диаметр гранул, м;

$N$  – количество гранул.

Преобразовав уравнение (4), разрешая его относительно  $x$ , имеем

$$x = \sqrt[3]{x_0^3 + (x_k^3 - x_0^3) \cdot \exp\left[-\frac{\beta \cdot F \cdot N}{V}(\tau_k - \tau)\right]}.$$

Предложенную модель следует дополнить условием, что шихта пребывает в зоне увлажнения. Как только подача воды прекращается рост гранул также прекращается, происходит их уплотнение, стабилизация и частичное разрушение.

Выводы и направления дальнейших исследований. Полученные зависимости гранулометрического состава агломератционной шихты при окомковании позволяют звеличить однородность гранулометрического

состава. Увеличение однородности грансостава повышает газопроницаемость, и, как следствие позволит увеличить высоту агломерируемого слоя.

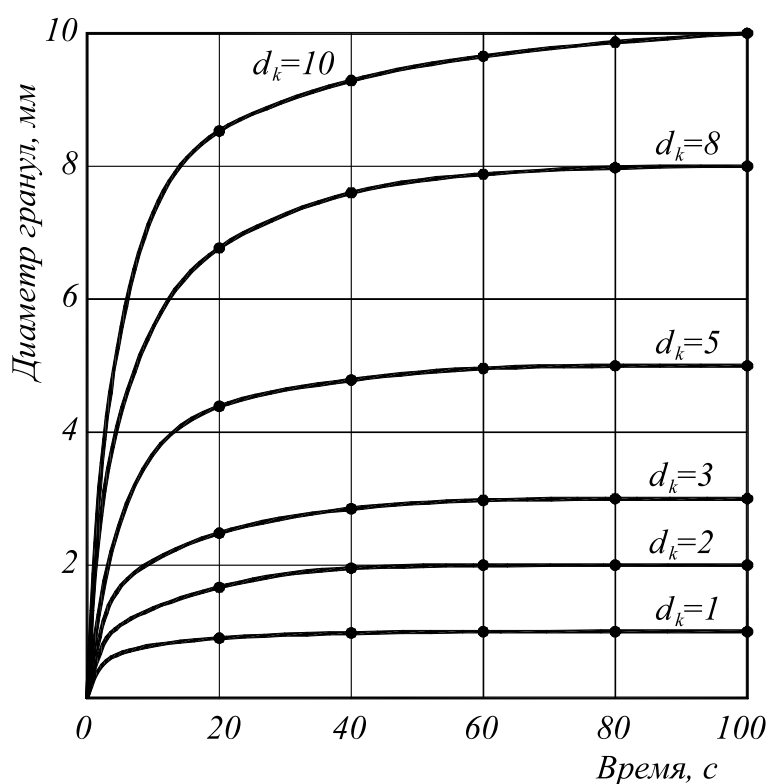


Рисунок 1 – Модель роста гранул различной крупности

### Библиографический список

1. Учитель А.Д. Концепция формирования характеристик крупности шихтовых материалов аглодоменного производства (Сообщ. 2) / А.Д. Учитель, В.В. Севернюк, В.И. Большаков, С.В. Лялюк // *Металлург. и горноруд. пром-ст.* - 1999. - № 2-3. - С. 5-7.

2. Мовчан В.П. Оценка качества агломерата и окатышей и особенности их использования в доменной плавке / В.П. Мовчан // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* - 2001. - № 5. - С. 8-11.

3. Режим агломерации при изменении доли концентрата ССГПО / Гибадулин М.Ф., Гостенин В.А., Сенькин К.В. и др. // *Сталь*, 2007. - №2. - С.15-17.

4. Пазюк М. Ю. Совершенствование теоретических основ управления структурой агломерационной шихты и разработка новых методов интенсификации ее спекания: дис. докт. техн. наук: 05.16.02 / Пазюк М. Ю. – Запорожье, 1995.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Уляницким В.Н.