

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА

УДК 539(422.224+431.1):622.785.5

**Русанов И. Ф.**

*к.т.н., доц.,*

**Власенко Д. А.**

*к.т.н.*

ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР

## ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОЧНОСТИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ И МЕТОД ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Проведен анализ основных способов определения показателя прочности железорудного агломерата. Проанализированы недостатки используемых методов во вращающемся барабане и на сбрасывание. Предложен метод определения показателя прочности агломерата по данным дробления отдельных кусков в щековой дробилке, позволяющий более достоверно смоделировать процесс разрушения кусков при наложении внешних нагрузок.*

**Ключевые слова:** *шихтовые материалы доменной плавки, агломерат, кокс, прочность материала, ситовый состав, показатель прочности, дробление, щековая дробилка.*

Достижение высоких технико-экономических показателей доменного процесса невозможно без шихты высокого качества. Одной из важнейших характеристик ее качества является прочность, то есть способность сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок.

Внешние нагрузки на основные шихтовые материалы доменной плавки (кокс и агломерат) действуют на всем тракте транспортировки их в доменный цех и при загрузке в печи. Их воздействие продолжается непосредственно в печи, и в результате механического взаимодействия между отдельными кусками (соударения, трения), а также под воздействием высоких температур при физико-химических превращениях, происходит уменьшение крупности материалов. Это приводит к ухудшению газодинамических условий в верхней «сухой» части доменной печи, а порой и к нарушению ровного ее хода, что неизбежно ведет к потере производства.

Оценку прочности материалов с целью оперативного управления как процессом их производства, так и принятия мер для стабилизации хода доменной печи рекомендуется проводить по одной из стандартных методик: сбрасыванием и во вращающемся барабане ([1, 2] — для агломерата и [3, 4] — для кокса). Результаты испытаний агломерата по стандартным методикам лишь иногда используются для принятия мер на аглофабрике, а в доменном цехе — чаще только для анализа уже произошедших нарушений в работе печи. Связано это с тем, что определение прочности материалов стандартизованными способами трудоемко, выполняется вручную. При этом их информативность (о чем неоднократно писали) низкая, а применение в алгоритмах регулирования — затруднено.

Для эффективного оперативного регулирования ходом доменной печи показатель прочности должен однозначно характеризовать сопротивляемость материала разрушению, его определение должно производиться с минимальными затратами средств и времени.

В качестве такого показателя может быть использован коэффициент прочности материалов, отражающий закономерности образования ситового состава материалов при их дроблении.

Дробление материалов независимо от способа и характера воздействия внешних сил, процессов, происходящих внутри кусков, всегда сопровождается формированием нового ситового состава материалов. При этом содержание мелких фракций в материале увеличивается в большей или меньшей степени за счет разрушения крупных фракций, размер которых больше выходной щели дробилки.

Закономерности изменения ситового состава материалов при дроблении установлены по экспериментальным данным дробления проб промышленных агломерата и кокса крупностью более размера щели (10 мм) щековой дробилки.

В результате анализа полученных экспериментальных данных установлено, что количество образующихся при дроблении мелких фракций определяется твердостью материалов — чем тверже материал, тем меньше мелких фракций образуется. Это первая особенность формирования ситового состава дробленого материала. Второй особенностью является то, что чем тверже материал, тем больше размер максимального куса превышает размер щели. Отмеченные закономерности сохраняются при дроблении любых материалов и не зависят ни от размера щели, ни от типа дробилки.

Суммарный выход кусков материала после дробления удовлетворительно описывается уравнением:

$$F(d) = \left( \frac{d}{k\delta} \right)^n, \quad (1)$$

где  $F(d)$  — функция распределения, которая определяет содержание кусков в материале, размер которых меньше заданного размера  $d$ , мм;  $\delta$  — размер щели дробилки, мм;  $k$  и  $n$  — эмпирические коэффициенты.

Численное значение коэффициента  $n$  определяется свойствами дробимого материала, такими как прочность, хрупкость, крепость и др. — чем тверже материал, тем больше значение этого коэффициента.

Коэффициент  $k$  в этом уравнении показывает, во сколько раз размер максимального куса превышает размер щели дробилки. Он введен для того, чтобы максимальное значение соотношения в скобках было равно единице.

По экспериментальным данным коэффициенты  $n$  и  $k$  могут быть найдены при переходе к логарифмическим координатам:

$$\ln [F(d)] = n \ln(d) - n \ln(k\delta). \quad (2)$$

На основании установленных закономерностей разработан следующий метод определения прочности шихтовых материалов.

Для определения прочности материала отбирается его проба крупностью более  $\delta$  мм. Размер  $\delta$  выбирается в зависимости от крупности материала в целом и требованиями, установленными технологической инструкцией. Например, для агломерата величина  $\delta$  может быть 5...10 мм, а для кокса — 20...25 мм.

Отобранная проба дробится, например, в щековой дробилке с размером выходной щели равной  $\delta$  мм. Дробленный материал рассеивается на ситах стандартного набора. Размер сита с максимальной ячейкой должен быть равен  $\delta$  мм. В таблице в качестве примера приведены данные, полученные при определении прочности двух агломератов.

Таблица — Показатели рассева 2-х проб агломерата после дробления

Фракция	Содержание фракции после дробления, %		Суммарный выход фракции (А), доли		x	y	
	1	2	1	2		1	2
-2	9,4	6,5	0,094	0,065	0,693	-2,367	-2,733
2-5	22,2	28,6	0,316	0,284	1,609	-1,506	-1,273
5-10	57,8	0,67	0,894	0,956	2,302	-0,547	-0,051
+10	10,6	5,0	1,0	1,0			

По данным рассева в логарифмических координатах строится график суммарного выхода фракций в дробленом материале в координатах  $y = \ln[F(d)]$ ,  $x = \ln(k\delta)$ . Показателем прочности при этом является тангенс угла наклона  $\operatorname{tg}\alpha$  полученной прямой. Чем больше значение  $\operatorname{tg}\alpha = n$ , тем прочнее материал.

Из графика, построенного по этим данным, определено, что агломерат в пробе № 2 прочнее агломерата в пробе № 1. Для них значения  $\operatorname{tg}\alpha = n$  оказались равными 1,66 и 1,39 соответственно.

Определение показателей прочности шихтовых материалов может быть совмещено с процессом подготовки проб к химическому анализу. При этом достаточно из отобранной на анализ общей пробы отсеять фракцию крупнее установленного размера щели  $\delta$ , подробить этот материал и определить его ситовый состав. Полученные данные обработать по приведенной методике. Дробленный материал после определения его ситового состава должен быть смешан с ранее отсеянной фракцией размером меньше  $\delta$  для последующей подготовки пробы на химанализ.

Определение прочности материалов по приведенной методике позволит повысить информативность о качестве поступающего сырья, — результаты каждого определения химического состава материалов будут сопровождаться данными об их прочности.

Процесс определения прочности материалов может быть полностью автоматизирован.

#### Список литературы

1. ГОСТ 25471–82. Руды железные, агломераты и окатыши. Метод определения прочности на сбрасывание. — Введ. 1983–07–01. — М. : Изд-во стандартов, 2004. — 5 с.
2. ГОСТ 15137–77. Руды железные и марганцевые, агломераты и окатыши. Метод определения прочности во вращающемся барабане. — Введ. 1977–05–25. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 7 с.
3. ГОСТ 28946–91. Кокс каменноугольный. Метод определения прочности на сбрасывание. — Введ. 1992–07–01. — М. : Изд-во стандартов, 2004. — 5 с.
4. ГОСТ 5953–93. Кокс с размером кусков 20 мм и более. Определение механической прочности. — Введ. 1997–01–01. — М. : Изд-во стандартов, 2006. — 11 с.

© Русанов И. Ф.

© Власенко Д. А.

**Cand. Sci. (Eng.) Rusanov I. F., Cand. Sci. (Eng.) Vlasenko D. A. (SEI HPE LPR “DonSTU”, Alchevsk, LPR)  
INDICATOR OF DURABILITY OF BASIC MATERIALS OF A DOMAIN SMELTING AND  
METHOD OF ITS DETERMINATION**

*The analysis of the main methods for determining the strength index of iron ore sinter is carried out. The disadvantages of the methods used in the rotating drum and for dropping are analyzed. A method is proposed for determining the strength index of an agglomerate according to the crushing of individual pieces in a jaw crusher, which allows a more reliable simulation of the process of breaking pieces when external loads are applied.*

**Keywords:** blast furnace charge materials, agglomerate, coke, material strength, sieve composition, strength indicator, crushing, jaw crusher.