

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.745.34.012.001.53

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПРИ РАЗЛИЧНОМ СООТНОШЕНИИ СОДЕРЖАНИЙ КОКСА И АНТРАЦИТА В ТОПЛИВНЫХ КОЛОШАХ В ШАХТНЫХ ПЕЧАХ*

*Феоктистов А.В., к.т.н., доцент (umu@sibsiu.ru)**Модзелевская О.Г., старший преподаватель**Бедарев С.А., к.т.н., доцент*Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Приведены расчетные данные об относительной прочности твердого топлива для различных соотношений содержаний кокса и антрацита в топливных колошах при испытаниях на установке определения прочности твердого топлива по разработанной методике. Рекомендовано оптимальное, экспериментально обоснованное соотношение содержаний антрацита и кокса в топливных колошах (60 и 40 % соответственно при относительной прочности 0,85).

Ключевые слова: вагранка, кокс, антрацит, относительная прочность, твердое топливо.

Для определения оптимальных соотношений содержаний различных видов топлива в топливных колошах и обеспечения устойчивой работы ваграночных комплексов требуется критериальное обоснование соотношений содержаний антрацита и кокса и сравнение их с эталонными показателями.

Для этого была проведена серия экспериментов на установке определения прочности твердого топлива, которая воспроизводит условия в период плавки в шахте печи с различным содержанием кокса и антрацита в топливных колошах. Подробная схема и принцип действия установки описаны в работах [1, 2] и защищены патентами РФ на полезные модели [№№ 96963, 99616, 106953, 102386].

Эксперименты с помощью установки проводили в такой последовательности: загружали в установку топливо массой M_0 , устанавливали на засыпку расчетное количество грузов в виде металлических дисков. Через окно разжигали топливо, включали вентилятор для подачи воздуха на горение, фиксировали высоту осевшего в результате горения топлива (в момент, когда выгорает половина первоначальной навески топлива $\Delta M = 0,5M_0$); затем рассчитали разницу между первоначальной высотой слоя (h_0) и высотой слоя после проведения опыта (h_1):

$$\Delta h = h_0 - h_1. \quad (1)$$

До момента измерения параметра Δh отключали вентилятор, после чего открывали шибер; остатки топлива высыпались в тару для определения конечной мас-

сы M_1 . На рисунке показана схема к расчету критериев прочности топлива.

Относительная прочность топлива при горении под нагрузкой P определяется по формуле

$$\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} = h_0 - \frac{h_1}{h_0} = 1 - \frac{h_1}{h_0}. \quad (2)$$

Относительная прочность, зависящая от разрушения и газификации топлива, определяется выражением

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta M}{M_0} = M_0 - \frac{M_1}{M_0} = 1 - \frac{M_1}{M_0}. \quad (3)$$

Начальная M_0 и конечная M_1 массы засыпки топлива в установку определяются формулами

$$M_0 = \rho_0 h_0 S_0; \quad M_1 = \rho_1 h_1 S_0, \quad (4)$$

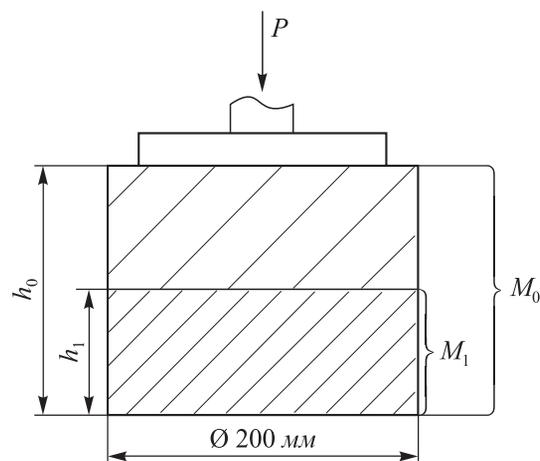


Схема к расчету относительной прочности топлива

* Работа выполнена согласно заданию № 2014/213 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России.

где ρ_0 и ρ_1 – насыпная плотность топлива до и после опыта, кг/м³; S_0 – площадь сечения установки, м².

Из выражений (4) следует

$$\rho_0 = \frac{M_0}{h_0 S_0}; \rho_1 = \frac{M_1}{h_1 S_0}. \quad (5)$$

Под нагрузкой куски топлива растрескиваются, особенно интенсивно в период горения, образуется много мелочи, которая заполняет пустоты между крупными кусками. При этом засыпка топлива уплотняется, параметр ρ_1 становится больше ρ_0 :

$$\rho_1 = \rho_0 + \Delta\rho; \quad (6)$$

здесь $\Delta\rho$ – прирост плотности засыпки топлива в процессе эксперимента.

Подставляя уравнение (6) в выражение (4) и используя зависимости (3), (2), получаем требуемое соотношение между параметрами ε_t и ε_h :

$$\varepsilon_t = \varepsilon_h \left(2 - \frac{\rho_1}{\rho_0} \right). \quad (7)$$

Полученное соотношение позволяет определить прочность твердого топлива, засыпаемого в устройство, моделирующее работу шахтной печи. Для абсолютно прочного топлива имеем $\rho_1 = \rho_0$, тогда из соотношения (7) следует, что $\varepsilon_t = \varepsilon_h$. Для топлива, имеющего недостаточную прочность, когда $\rho_1 \geq \rho_0$, $\rho_1/\rho_0 \geq 1$, из выражения (7) следует, что $\varepsilon_t \leq \varepsilon_h$. Например $\rho_1 = 1,5\rho_0$, тогда $\varepsilon_t = 0,5\varepsilon_h$.

Для топлива самой высокой прочности это соотношение будет равно $\varepsilon_t = (0,85 \div 0,95)\varepsilon_h$, для топлива средней прочности $\varepsilon_t = (0,70 \div 0,85)\varepsilon_h$, а для малопрочных топлив $\varepsilon_t = (0,5 \div 0,7)\varepsilon_h$.

Ниже приведены данные об относительной прочности твердого топлива, полученные в результате ва-

рирования соотношений содержаний, %, кокса (К) и антрацита (А) в топливных засыпках:

К	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
А	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ε_t	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85	0,81	0,70	0,62	0,53	0,48	0,40

Выводы. При плавке чугуна в промышленных условиях в шахтных печах с диаметром горна больше 1 м высокий уровень загрузки может дать значительную просадку топливной насадки, поэтому рекомендуется экспериментально обоснованное соотношение содержаний антрацита и кокса в топливных колошах – 60 и 40 % соответственно. Относительная прочность, рассчитанная по приведенной методике, при этих содержаниях составит $\varepsilon_t = 0,85$. Уровень шихты в печи не должен превышать 3,0 м. Для этих условий кокс не теряет своей прочности при горении и имеет высокую теплотворную способность $Q = (6,2 \div 6,8) \cdot 10^3$ ккал/кг, антрацит – $Q = (7,5 \div 8,3) \cdot 10^3$ ккал/кг [3], т.е. имеем оптимальное количество тепла, необходимое для стабильного протекания процесса плавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Филинберг И.Н. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 6. С. 23 – 26.
2. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Бедарев С.А. // Литейное производство сегодня и завтра: Труды 9-й Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию образования РАЛ, 10-летию создания журнала «Литейщик России». – СПб.: Изд-во Государственного политехн. ун-та, 2012. С. 214 – 219.
3. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиришвича. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.

© 2014 г. Феоктистов А.В., Модзелевская О.Г., Бедарев С.А.

Поступила 20 октября 2014 г.

DETERMINATION OF THE RELATIVE STRENGTH OF SOLID FUEL WITH DIFFERENT RATIOS OF COKE AND ANTHRACITE FUEL BED IN SHAFT FURNACES

Feoktistov A.V., Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor
(umu@sibsiiu.ru)

Modzelevskaya O.G., Senior Lecturer

Bedarev S.A., Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor

Siberian State Industrial University (42, Kirova str., Novokuznetsk, Kemerovo Region, 654007, Russia)

Abstract. The paper presents estimated data on the relative strength of the solid fuel for various ratios of coke and anthracite coal in the fuel bed charge when carrying out tests on the facility for determination the solid fuel strength by the developed technique. The optimal experimentally reasonable value content of anthracite and coke in the fuel

bed charge (60 % and 40 %, consequently, while relative strength of 0.85) is recommended.

Keywords: cupola, coke, anthracite, relative strength, solid fuel.

REFERENCES

1. Selyanin I.F., Feoktistov A.V., Filinberg I.N., Podolnikov Ya.K., Prokhorenko A.V. Facility for the solid fuel strength analysis used in shaft furnaces. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy*. 2012, no. 6, pp. 23–26. (In Russ.).
2. Selyanin I.F., Feoktistov A.V., Bedarev S.A. Facility and technique of the solid fuel strength performances analysis. *Liteinoe proizvodst-*

vo segodnya i zavtra: trudy 9-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya RAL, 10-letiyu sozdaniya zhurnala "Liteishchik Rossii" [Foundry Today and Tomorrow: Proceedings of the 9th International scientific-practical conference dedicated to the 20th anniversary of the RAL, the 10th anniversary of the journal "Russian Foundry"]. St. Petersburg: Izd-vo Gosudarstvennogo politekh. un-ta, 2012, pp. 214–219. (In Russ.).

3. *Spravochnik po chugunnomu lit'yu* [Iron casting. Reference book]. Girshovich N.G. ed. Leningrad: Mashinostroenie, 1978. 758 p. (In Russ.).

Acknowledgements. The work was performed according to the task no. 2014/213 to perform public works in the field of scientific activity within the base portion of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

Received October 20, 2014

УДК 621.746.552.669.14(043)

СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНУСНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ

Антонов В.П., к.т.н., доцент (kafedra_lp@mail.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Предложен метод расчета оптимального конуса питания стенки отливки высотой до 300 мм. Представлены экспериментальные данные проверки расчетного уравнения конусности. Показано, что применение дождевой литниковой системы при отрицательной конусности позволяет создать условия для вывода усадочной раковины в прибыль.

Ключевые слова: усадочная раковина, конусность, отливка, прибыль, литейная форма, дождевая литниковая система.

Основными методами борьбы с усадочными раковинами (УР) при получении фасонного литья являются создание условий направленного затвердевания металла в литейной форме и установка прибылей, затвердевающих в последнюю очередь и питающих жидким металлом термические узлы отливки.

Обычно на практике под направленным затвердеванием понимают направленный вывод УР из тела отливки или слитка. Например, для их вывода в удаляемую часть (прибыль, прибыльную надставку слитка спокойной стали) разливку производят в расширенные кверху изложницы, в которых затвердевающий слиток имеет положительную конусность:

$$K = \frac{d_b}{d_n} \geq 1,2, \quad (1)$$

где d_b и d_n – толщина слитка в верхней и нижней частях.

При такой конусности изложницы независимо от способа разливки (сверху или снизу) усадочные раковины в теле слитка, как правило, отсутствуют.

При разливке спокойной стали в расширенные книзу изложницы, имеющие отрицательную конусность ($K = 0,965 - 0,967$), на расстоянии примерно $1/3$ высоты слитка от дна в его теле имеется концентрированная УР [1], поскольку в этом случае форма слитка не может обеспечить направленность затвердевания.

На основании анализа литературных данных [2–4] и результатов собственных экспериментов по изучению времени затвердевания и характера расположения усадочных раковин на многочисленных отливках было

замечено, что практически любую отливку при любом способе заливки можно получить без усадочных дефектов, если ее геометрические размеры соответствуют следующему уравнению:

$$K = \frac{d_b}{d_n} = (1,26 - 0,02d_n)^{\frac{H}{C}}; \quad (2)$$

здесь для вертикальных участков стенки отливки d_b – толщина стенки в верхней части, соединенной с прибылью или стенкой большей толщины, см; d_n – толщина стенки в нижней части, см; H – высота участка, см; для горизонтальных участков стенки отливки d_b – толщина участка стенки у прибыли или места соединения с вертикальным участком, толщина которого превышает d_b , см; d_n – толщина участка стенки на расстоянии H , см, от прибыли, см; C – коэффициент, характеризующий размеры отливки, см.

Уравнение (2) применимо для величин $H \leq 30$ см и $d_n \leq 10$ см и значений C , представленных ниже:

d_n , см до 2,5	2,5 – 5,0	5,0 – 10,0
C , см 5	10	15

С целью проверки пригодности соотношения (2) проведены следующие эксперименты. В сырые песчаноглинистые формы отливали конусные стальные отливки высотой 30 см с диаметром внизу 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 7,5 см. Размеры верхнего сечения представлены ниже: