

11. Efficiency modifier-briquettes and ligatures in the preparation of castings from CHSHG / O.I. Shinskiy [et al.] // International of scientific and technical congress «Foundry : high-quality castings on the basis of efficient technologies». Abstracts. – Kiev : 2004. – С. 11-12. (Rus.)
12. Kurowski V.J. The impact of component composition and extrusion parameters on the properties of baled modifiers / V.J. Kurowski, G.A. Bahlyuk, O.Y. Shynskyy // Scientific notes : Interuniversity collection (in «Mechanical engineering») / LNTU. – Lutsk, 2009. – Issue 25, h. II. – P. 128-133. (Ukr.)
13. Suslo N.V. Research on the use of nanomodifiers in the production of cast iron grinding balls / N.V. Suslo, V.T. Kalinin // Naukovi visti. Suchasni problemy metalurhiyi : collection of scientific works / National metallurgical academy of Ukraine. – Dnepropetrovsk, 2009. – Vol. 12. – P. 59-65. (Rus.)
14. Kalinin V.T. Technological features of production of cast balls high quality / V.T. Kalinin, N.V. Suslo // Visnyk of KTU. – 2009. – Issue 23. – P. 87-91. (Rus.)

Рецензент: В.И. Засельский
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «КНУ»

Статья поступила 22.10.2015

УДК 669.162.21

© Кравченко В.П.¹, Лазаревская Ю.А.²

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПЦ КЛИНКЕРА ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Определены химсоставы и установлена возможность получения ПЦ клинкера на основе 2-х компонентной сырьевой смеси: отвальный шлак + «хвосты» известняка. Определено процентное содержание каждого компонента и вычислена величина гидравлического модуля ($m=2,37$), получаемого из данной сырьевой смеси ПЦ клинкера.

Ключевые слова: доменный шлак, ПЦ-клинкер, химсостав, сырьевая смесь, гидравлический модуль.

Кравченко В.П., Лазаревська Ю.А. Аналітичне дослідження способу отримання ПЦ клінкеру з відходів металургійного виробництва. Визначені хімічні склади і встановлена можливість отримання ПЦ клінкеру на основі 2-х компонентної сировинної суміші: відвальні шлаки + «хвости» вапняку. Визначені відсоткові співвідношення кожного компонента і вирахована величина гідрравлічного модуля ($m=2,37$), отриманого з даної сировинної суміші ПЦ клінкеру.

Ключові слова: доменний шлак, ПЦ-клінкер, хімсклад, сировинна суміш, гідрравлічний модуль.

V.P. Kravchenko, U.A. Lazarevskaya. Analytical study of getting clinker from metallurgical wastes. The opportunities to get clinker (cement) on the basis of 2-component mixtures of raw materials: waste slag + limestone (less than 10mm fraction) unsuitable for sinter production and being a technological waste of preparing raw materials for steel production have been investigated. Chemical compositions of waste slag and limestone wastes were investigated in the central laboratory at the Ilych plant. The waste slag was got at the «Ilyich» plant while waste limestone - less than 10 mm fraction - was got in the dumps of the mine group in Komsomolsk. Taking into account chemical composition fluctuations of the waste dump slags and limestone within a few percent, the opti-

¹, канд. техн. наук, зам. директора, ЧП «Эра плюс», г. Мариуполь

² ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, saddatovna@mail.ru

mal ratio of raw materials is 55-65% limestone waste, while it is 35-45% waste slag. The clinker quality is evaluated by its hydraulic module, which is equal to: $m = 2,37$ and is determined on the basis of the chemical composition of the 2-component raw material mixture. For this method of clinker production, the value of the hydraulic module is rather high; and the possibility of obtaining high-quality clinker of metallurgical wastes has been confirmed. The offered method for producing clinker makes it possible to utilize metallurgical wastes and to get substantial ecological and economic benefits.

Keywords: blast-furnace slag, PC-clinker, chemical composition, raw material mixture, hydraulic module.

Постановка проблеми. Отходами металлургического производства являются шлаки и «хвосты» известняка, которые представляют собой фракцию 10мм, не пригодную для аглодомного производства, и которые так же, как и металлургические шлаки, складываются и накапливаются в отвалах. Отвалы отходов металлургического производства составляют сотни млн.т. Занимая огромные площади, эти отходы загрязняют окружающую среду и выводят из использования большие площади ценных сельхозугодий. В настоящее время остро стоит проблема переработки этих отходов.

Анализ последних исследований и публикаций. Опыт мировой и отечественной практики показывает, что металлургические шлаки частично используются при производстве шлакопортландцементов (ШПЦ). При этом используются не отвальные, а качественные граншлаки как добавки в незначительном количестве к ПЦ клинкеру [1]. К тому же современные технологии переработки отходов металлургического производства, в частности, отвальных шлаков и «хвостов» известняка, не раскрывают их потенциальные возможности, обусловленные их химсоставом. Поэтому отвалы из отходов металлургического производства в настоящее время, в основном, используют в дорожном строительстве.

Цель работы. В данной работе поставлена цель аналитически исследовать возможность использования отвальных металлургических шлаков и «хвостов» известняка для получения ценного материала – портландцементного (ПЦ) клинкера, основываясь на результатах исследования их химсоставов.

Изложение основного материала. В производственной практике на цементных заводах используется классический способ получения клинкера (цемента) из природного сырья: известняка, глины, мергеля, добываемых карьерным способом с затратами значительных материальных ресурсов [1].

Авторами был исследован и разработан экологичный и экономичный способ получения ПЦ клинкера из отходов металлургического производства доменных шлаков и «хвостов» известняка [2, 3], т. е. вместо глины предлагается использовать отвальные доменные шлаки, а вместо известняка – отходы подготовки известняка для аглодомного производства, так называемые «хвосты» известняка (фракция менее 10 мм), которые складываются в отвалы.

Исходя из того, что доменные шлаки содержат те же окислы, что и один из основных компонентов ПЦ-клинкера – глина, но несколько в другом процентном соотношении (табл. 1, п. 3), было проведено аналитическое исследование возможности замены в сырьевой смеси ПЦ-клинкера глины вторичным сырьем – отвальным доменным шлаком, а вместо известняка использовались «хвосты» известняка (табл. 1, п. 1). Химсоставы были определены в ЦЗЛ ПАО «ММК им. Ильича» и представлены в табл. 1.

Были исследованы химические составы отвальных доменных шлаков ПАО «ММК им. Ильича» (табл. 1, п. 2) и отходов известняка («хвосты») Комсомольского рудоуправления (табл. 1, п. 1), на известняках которого работает аглодомное производство комбината.

Исходя из химического состава отвальных доменных шлаков и «хвостов» известняка были выполнены расчеты сырьевой смеси для изготовления клинкера из обозначенных отходов производства, которые взяты в качестве компонентов, по формуле [4]:

$$x = \frac{2,8 \cdot S_2 \cdot KH + 1,65 A_2 + 0,35 F_2 - C_2}{C_1 - 2,8 \cdot S_1 \cdot KH - 1,65 A_1 - 0,35 F_1},$$

где $C_1, C_2, A_1, A_2, S_1, S_2, F_1, F_2$ – процентное содержание основных окислов в компонентах сырьевой смеси.

Таблица 1

Содержание основных минералообразующих окислов в ПЦ-klinkер, глине, известняке и доменном шлаке

№ п/п	Наименование материала	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Прочие
1	Известняк*	50,84	5,02	1,34	0,63	6,61
2	Доменный шлак**	47,44	39,3	6,56	0,34	6,22
3	Глина	2,54	64,79	14,45	7,43	6,03
4	ПЦ-klinkер	63-67	21-24	4-8	2-4	-

* – «хвосты» известняка Комсомольского рудоуправления;

** – отвальный доменный шлак металлургического комбината «Ильича».

Данная формула характеризует, какое количество первого компонента х – «хвостов» известняка необходимо взять на 1 весовую часть другого компонента – отвального доменного шлака, чтобы получить клинкер с заданным коэффициентом насыщения *КН*. Для расчета принято *КН* = 0,92. Полученные химические составы компонентов сырьевой смеси и клинкера приведены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав сырьевой смеси и клинкера при исходных компонентах известняк-шлак

№ п/п	Наименование		CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Прочие	Потери при прокал.	Σ, %
1	КОМПОНЕНТЫ	Известняк-64,5%	32,79	3,24	0,864	0,41	4,26	22,94	64,5
2		Доменный шлак-35,5%	16,84	13,95	2,338	0,12	2,21	0,05	35,5
3	Сырьевая смесь		49,63	17,19	3,19	0,53	6,47	22,99	100
4	Клинкер расчетный		64, 74	22,32	4,15	0,68	8,4	-	100
Стандартный ПЦ-klinkер			63-67	21-24	4-8	2-4			

Учитывая колебания химических составов отвальных шлаков и «хвостов» известняка в пределах нескольких процентов, оптимальное соотношение их в качестве сырьевых компонентов клинкера будет находиться в пределах: «хвосты» известняка – 55-65%, отвальные доменные шлаки – 35-45%.

Оценку качества полученного расчетом клинкера можно провести по величине его гидравлического модуля, определяемого по формуле:

$$m = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1,7 - 2,4 \text{ – для портландцементного клинкера [5].}$$

Для рассматриваемого способа расчетная величина гидравлического модуля $m = 2,37$, что является достаточно высоким показателем и подтверждает возможность получения качественного ПЦ клинкера из отходов металлургического производства по предлагаемому способу.

Выводы

1. В результате проведенных лабораторных исследований химсоставов и расчета сырьевой 2-х компонентной смеси отвальный шлак + «хвосты» известняка было получено процентное соотношение каждого компонента в смеси.

2. Расчетная величина гидравлического модуля ($m = 2,37$), получаемого из данной 2-х компонентной сырьевой смеси ПЦ клинкера, является достаточно высокой и свидетельствует о возможности получения ПЦ клинкера из отходов металлургического производства: отвальных шлаков + «хвосты» известняка.

3. Предлагаемый способ получения ПЦ клинкера из отходов металлургического производства эффективен и содержит эколого-экономические аспекты.

Список использованных источников:

1. Колокольников В.С. Производство цемента / В.С. Колокольников. – М. : Высшая школа, 1970. – С. 42-45.
2. Пат. 35038 Україна, МПК С 04 В 7/00. Спосіб виготовлення клінкера / В.С. Бойко, В.П. Кравченко, В.А. Струтинський, В.І. Трубніков, О.В. Савощенко; ПАО «ММК ім. Ільича». – № u200805234; заявл. 22.04.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.
3. Пат. 36800 Україна, МПК С 04 В 7/00. Технологічна лінія для виготовлення цементу / С.А. Матвієнков, В.П. Кравченко, В.А. Струтинський, В.І. Трубніков, О.В. Савощенко; ПАО «ММК ім. Ільича». – № u200806294; заявл. 13.05.08; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21.
4. Колокольников В.С. Производство цемента / В.С. Колокольников, Т.А. Осокина. – М. : Высшая школа, 1974. – С. 12-14.
5. Кравченко В.П. Гидравлическая активность доменных шлаков / В.П. Кравченко, В.А. Струтинский // Сталь. – М., 2007. – № 1. – С. 94-95.

Bibliography:

1. Kolokolnikov V.S. Manufacture of cement / V.S. Kolokolnikov. – M. : Vysshaya shkola, 1970. – P 42-45. (Rus.)
2. Pat. 35038 Ukraine, IPC C 04 B 7/00. Method for manufacturing clinker / V.S. Boyko, V.P. Kravchenko, V.A. Strutinskii, V.I. Trubnikov, O.V. Savoshchenko; PAO «ММК Ільича». – № u2008 05234; filed 22.04.08; publication 26.08.08, Bull. № 16. (Ukr.)
3. Pat. 36800 Ukraine, IPC C 04 B 7/00. Technological line of manufacturing cement / S.A. Matvienkov, V.P. Kravchenko, V.A. Strutinskii, V.I. Trubnikov, O.V. Savoshchenko; PAO «ММК Ільича». – № u 200806294; filed 13.15.08; publication 10.11.08, Bull. № 21. (Ukr.)
4. Kolokolnikov V.S. Manufacture of cement / V.S. Kolokolnikov, T.A. Osokina. – M. : Vysshaya shkola, 1974. – P. 12-14. (Rus.)
5. Kravchenko V.P Hydraulic activity of blast furnace slag / V.P. Kravchenko, V.A. Strutinsky // Steel. – M., 2007. – № 1. – P. 94-95. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.09.2015