

**В.П. КРАВЧЕНКО**

(Украина, Мариуполь, ОАО "ММК им. Ильича"),

**П.И. ПИЛОВ, Л.Ж. ГОРОБЕЦ**, д-ра техн. наук,

**Н.С. ПРЯДКО**, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

**РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ ПЕРЕРАБОТКИ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ**

В производственной практике используется классический способ получения клинкера (цемента) из природного сырья: известняка, глины или мергеля, добываемых карьерным способом с затратами значительных материальных ресурсов [1]. На металлургическом комбинате "Ильича" (г. Мариуполь) с участием кафедры обогащения полезных ископаемых НГУ (г. Днепропетровск) был разработан рациональный способ и технология получения клинкера (цемента) из вторичного сырья – отходов металлургического производства: доменных шлаков и "хвостов" известняка [2, 3], т.е. вместо глины были использованы доменные шлаки, а вместо известняка – отходы подготовки известняка для аглодоменного производства, т.н. "хвосты" – фракции менее 10 мм, которые занимают большие производственные площади.

Для повышения эколого-экономической эффективности способа было использовано дисперсное измельчение компонентов цемента [4, 5, 6] и результаты исследования по механоактивации цементов.

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, как и "хвосты" известняка, также занимающие большие земельные площади.

*Таблица 1*

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

№ п/п	Наименование материала	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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-клинкер	63-67	21-24	4-8	2-4	-

\* – "хвосты" известняка Комсомольского рудоуправления

\*\* – отвальный доменный шлак металлургического комбината "Ильича"

Были исследованы химические составы отвальных доменных шлаков ОАО "ММК им. Ильича" (табл. 1, п. 2) и отходов известняка ("хвосты") Комсомольского рудоуправления (табл. 1, п. 1), на известняках которого работает аг-

лодомненное производство комбината "Ильича".

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 [7]:

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

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.

Данная формула характеризует какое количество первого компонента  $x$  – "хвостов" известняка необходимо взять на 1 весовую часть другого компонента – отвального доменного шлака, чтобы получить клинкер с заданным коэффициентом насыщения  $KH$ . Для расчета принято  $KH=0,92$ . 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 <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие	П.П.П. – потери при про-кал.	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-клинкер		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:

$$m = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1,7 \div 2,4$$

для портландцементного клинкера [5].

## Екологія

Для рассматриваемого варианта гидравлический модуль клинкера составит – 2,37, что свидетельствует о высоком качестве получаемого по предлагаемому способу клинкера.

При разработке технологической схемы (линии) получения клинкера (цемента) из вторичного сырья – отходов металлургического производства, кроме выше приведенного результата расчета сырьевой смеси были использованы и результаты исследований механоактивации цементов (ПЦ), представленные в таблице 3 и на рис. 1.

Таблица 3

Результаты механоактивации цементов				
№ п/п	Лабор. исход. №	Наименование материала	Частота вращения ротора классификатора, мин <sup>-1</sup>	Прочности, $\sigma$ , МПа
Цемент свежий (ПЦ)				
1	1790	ПЦ исходный	-	38,2
2	1791	ПЦ активированный	1500	42,6
3	1792	-----	2000	52,3
4	1793	-----	2500	59,6
Цемент 2006 г. (2 года)				
5	1794*	ПЦ исходный	-	-
6	1795	ПЦ активированный	2000	35,0
7	1796	-----	2500	37,2
Цемент 2003 г. (5 лет)				
8	1797*	ПЦ исходный	-	-
9	1798	-----	2000	16,6
10	1799	-----	2500	22,5

\* – образцы не выдержали испытание, рассыпались

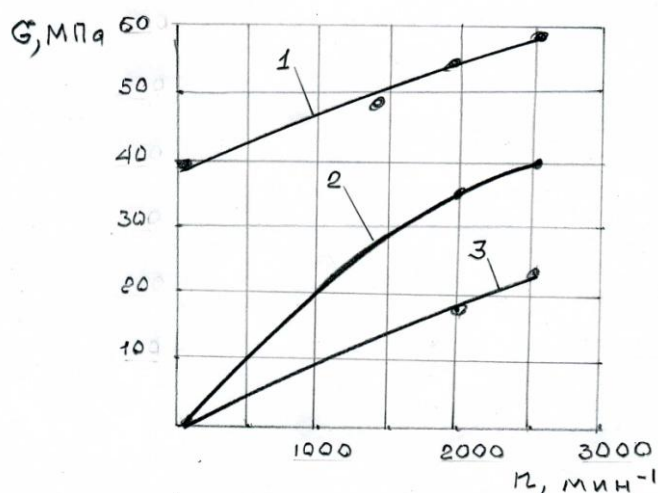


Рис. 1. Изменение активности цементов под влиянием процесса механоактивации:

1 – свежие ПЦ; 2 – ПЦ 2006 г. (2 года хранения);

3 – ПЦ 2003 г. (5 лет хранения)

В процессе механоактивации – измельчение в струйной установке при различных оборотах ротора классификатора ( $n$ ), свежие цементы увеличили проч-

ностные показатели в 1,5 раза (табл. 3 п. 4, рис. 1, кривая 1). Старые цементы 2-х и 5-ти летних сроков хранения повысили прочность от нуля до 37,2 и 22,5 МПа соответственно (табл. 3, п. 7, п. 10), что позволяет после активации использовать их как вяжущее.

Следовательно, использование в предполагаемом варианте технологической схемы (линии) получения клинкера-цемента из отходов металлургического производства измельчение в струйной установке компонентов цемента (клинкера, граншлака) позволит существенно снизить расход клинкера при производстве цемента, согласно источнику [4] порядка в 4-5 раз.

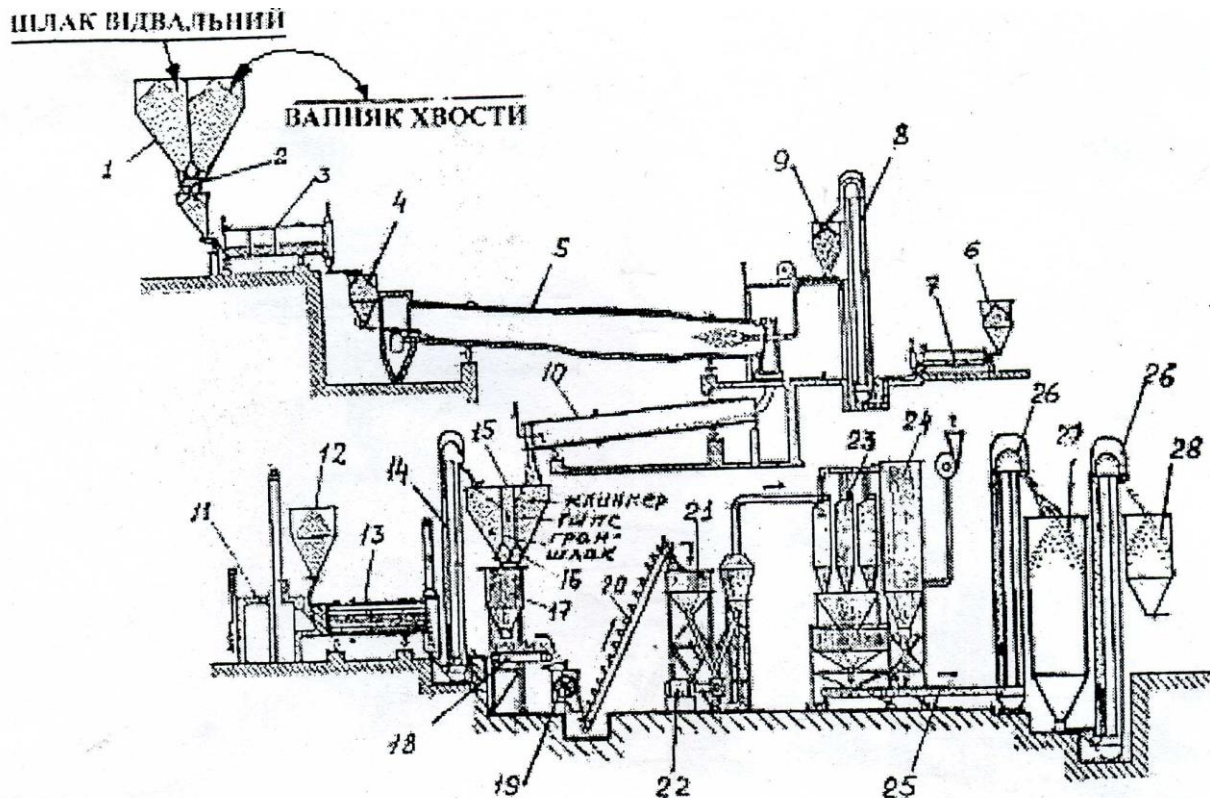


Рис. 2. Технологическая линия получения клинкера-цемента

Технологическая линия имеет участок изготовления клинкера и участок изготовления цемента.

На участке получения клинкера установлен бункер 1, для исходных компонентов отвальных шлаков и отходов от подготовки известняка для агломерационного производства, то есть "хвостов" – фракция менее 10 мм, дозатор 2, мельница 3, для получения сырьевой смеси, накопительный бункер 4, вращающаяся печь 5, бункер мелкого угля 6, мельница помола угля 7, элеватор 8, накопительный бункер пылевидного угля 9, охладитель 10.

На участке помола цемента расположено сушильное отделение граншлака, которое включает угольную топку 11 для генерации горячих газов для сушки граншлака, бункер граншлака 12, сушильный барабан 13, элеватор 14, бункер приемный 15 для компонентов цемента, дозатор компонентов цемента 16, бункер накопительный 17 для сырьевой цементной смеси, питатель 18, дробилка

(например, двухроторная) 19, ковшовый элеватор 20, струйная мельница 21, компрессор 22, циклон 23, рукавный фильтр 24, питатель 25, элеваторы 26, бункер цемента накопительный 27, бункер отгрузки цемента 28.

Изготовление цемента на предлагаемой линии из отходов металлургического производства осуществляется следующим образом: отвальные шлаки и отходы переработки известняка "хвосты" загружаются в бункер 1, откуда через дозатор 2 подаются в мельницу 3 для помола в сырьевую смесь (муку), которая через накопительный бункер 4 подается во вращающуюся печь 5, где образуются минералы клинкера при соответствующей температуре, создаваемой горением, например, подающимся из бункера 9 пылевидного угля, получаемого помолотом в мельнице 7 мелкого угля из бункера 6 и подаваемого после помола элеватором 8 в накопительный бункер 9. Из вращающейся печи 5, образовавшиеся минералы клинкера поступают в охладитель 10, откуда могут подаваться как на склад клинкера, так и на участок помола цемента.

На участке помола цемента граншлак из бункера 12 подается в сушильный барабан 13, в котором используется тепло газов, отходящих из угольной топки 11.

После сушки граншлак элеватором 14 подается в приемный бункер 15, куда также подается гипс и клинкер. Через дозаторы 16 цементные компоненты подаются в накопительные бункеры 17, откуда питателем 18 – в дробилку 19 для предварительного измельчения компонентов цемента, что будет способствовать повышению производительности мельницы тонкодисперсного измельчения 21, которая загружается ковшовым элеватором 20 и работает на сжатом воздухе от компрессора 22.

Измельченный цемент проходит двухступенчатое осаждение в циклонах 23 и фильтре 24, после которых цемент питателем 25 и элеватором 26 подается в бункер накопительный 27 и в бункер для отгрузки 28.

Способ получения клинкера из отходов металлургического производства и технологическая линия изготовления цемента с использованием тонкодисперсного измельчения доменных шлаков защищены патентами Украины [2; 3].

### *Выводы*

1. В результате проведенных исследований и расчетов сырьевой смеси установлена возможность получения клинкера с высоким гидравлическим модулем из отходов металлургического производства: отвальных доменных шлаков и "хвостов" известняка.

2. Использование струйного измельчения (механоактивации) компонентов цемента позволяет снизить содержание дорогостоящего клинкера в цементе в 4-5 раз.

3. Производство цемента по предлагаемой технологии снижает эмиссию  $\text{CO}_2$  в атмосферу в разы.

4. Предлагаемый вариант получения клинкера-цемента со значительным эколого-экономическим эффектом целесообразен для его практического внедрения в производство.

Список литературы

1. Колокольников В.С. Производство цемента. – М: Высшая школа, 1970. – С 42-45.
2. Бойко В.С., Кравченко В.П., Струтинский В.А., Трубников В.И., Савощенко А.В. Способ изготовления клинкера – Патент на полезную модель № 35038 – 26.08.2008 г. – 4 с.
3. Матвиенков С.А., Кравченко В.П., Струтинский В.А., Трубников В.И., Савощенко А.В. Технологическая линия для изготовления цемента – Патент на полезную модель № 36800 – 10.11.2008 г. – 4 с.
4. Кравченко В.П., Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Климанчук В.В., Струтинский В.А., Трубников В.И. Способ подготовки гранулированного доменного шлака – Патент на полезную модель № 18575 – 15.11.2006 г. – 4 с.
5. Кравченко В.П., Струтинский В.А. / Гидравлическая активность доменных шлаков/ М. Сталь, 1/2007, с. 94-95.
6. Струтинский В.А., Савощенко А.В., Кравченко В.П. / Актуальные проблемы рециклинга и утилизации шлаков металлургического производства/ Металл и литье Украины – 2007, № 1-2, с.14-16.г
7. Колокольников В.С., Осокина Т.А. "Производство цемента". Издательство "Высшая школа" – М: 1974. – с. 12-14.

© Кравченко В.П., Пилов П.И., Горобец Л.Ж., Прядко Н.С., 2010

*Надійшла до редколегії 12.02.2010 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*

УДК 622.74

**Е.И. НАЗИМКО**, докт. техн. наук,

**Я.Н. СТЕПАНОВ**

(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

## **ПРОБЛЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ И СПОСОБЫ ИХ ОБРАБОТКИ**

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами*

Рост промышленности, численности населения городов и урбанизация создают предпосылки для роста темпов строительства новых дорог, увеличения объемов застройки городских территорий, обновления жилищного фонда и т.д. При этом возникает необходимость утилизации строительных отходов. С учетом развития программ по реконструкции устаревшего жилого фонда, актуальность этой проблемы существенно повышается. Проблема стремительного образования значительных объемов строительных отходов решается в основном захоронением или образованием несанкционированных свалок, что превращает ее в глобальную экологическую катастрофу [1]. Поэтому необходимо сокращение объемов захоронения и увеличение вторичного использования строительных отходов.

Сепарация строительных отходов является совокупностью процессов ме-