

УДК 669.1.004.8:69

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Г.М. КАНЕНКО, канд. техн. наук, **А.Г. ЗЛОБИН**, канд. техн. наук

УкрГНТЦ «Энергосталь»

А.И. ЗДОРОВ, канд. техн. наук, **А.Б. ЗЛАТКОВСКИЙ**, канд. техн. наук

Укрцицемент

Приведены данные по образованию, использованию и накоплению сталеплавильных шлаков для ряда предприятий Украины. Изучены их химический состав и физико-механические свойства. Проведен анализ методов переработки шлака на отдельных предприятиях и оборудования, которое используется.

Приведены результаты расчетов и лабораторных исследований по использованию сталеплавильных шлаков и замасленной окалины в качестве сырьевой добавки при производстве цементного клинкера. Показано, что сталеплавильные шлаки можно использовать в количестве до 10 %, замасленную окалину в качестве железосодержащей добавки – до 5 %.

Одним из перспективных направлений использования сталеплавильных шлаков (СПШ) в строительной индустрии является их добавка в сырьевую смесь при производстве цементного клинкера, особенно, с учетом роста производства цемента.

Данные по образованию, использованию и накоплению сталеплавильных шлаков для ряда металлургических предприятий Украины приведены в табл. 1. Всего на металлургических предприятиях Украины накоплено около 240 млн т шлаков, из них 128 млн т – сталеплавильных, и процесс накопления шлаков продолжается, несмотря на их высокую ресурсную ценность.

Сталеплавильные шлаки после охлаждения и кристаллизации представляют собой прочные, твердые

материалы, содержащие значительное количество металла. Физико-механические свойства шлаков представлены в таблице 2.

Технология переработки шлака включает следующие стадии: первичное дробление в траншеях жидкого шлака с подводом воды, механическое измельчение в дробилках, помол в мельницах, сепарация и извлечение металла магнитными сепараторами. При первичной обработке шлака из него извлекается с помощью магнитов до 65 % металла. Для использования шлака в производстве цементного клинкера требуется его предварительная переработка с максимальным извлечением из него металлического железа и получением минеральной части шлака фракционного состава 0-10 мм.



Таблица 1.

Химический состав, образование и утилизация сталеплавильных шлаков в 2003 г.

ПРЕДПРИЯТИЕ	ОБРАЗОВАНО, ТЫС. Т	УТИЛИЗОВАНО, ТЫС. Т	НАКОПЛЕНО, ТЫС. Т	ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %						
				CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	Fe ₂ O ₃	ПРОЧИЕ
Конвертерный шлак										
«Азовсталь»	543	0	4344	54,55	17,56	1,38	5	3,38	12,75	5,38
«Криворожсталь»	2116	944	49744	30	17,6	3	5,3	5,2	14,3	24,6
Днепровский МК им. Дзержинского	571	188	2425	45,14	16,76	0,97	3,17	5,96	18,76	9,24
Мартеновский шлак										
«Азовсталь»	267	0	3100	44,8	15,1	7,6	4,72	8,9	11,2	7,68
Алчевский МК	679	2051	8194	41,6	18,3	3,8	4,41	4,42	27,1	0,37
Макеевский МК	156	1946	9565	39,4	24,9	4,5	3,8	5,1	22,1	0,2

Фракционный состав сталеплавильных шлаков приведен в таблице 3.

УкрГНТЦ «Энергосталь» проведен анализ методов переработки шлака, которые используются на металлургических предприятиях Украины.

На ОАО «Криворожсталь» накопленный в отвалах шлак разрабатывается экскаватором ЭКГ-5 и подается на сортировочную линию, снабженную грохотами и электромагнитными сепараторами Ш100-80М. В результате разделения получают часть шлака с содержанием Fe_{мет.} до 30 %, которая возвращается в производство, и минеральную часть, которая складывается в отвалы. В результате помола шлака образуется 2,5–3,0 тыс. т фракции 0–10 мм, которая может быть использована в качестве компонента сырьевой смеси на ОАО «Кривой Рог цемент».

На ОАО МК «Азовсталь» технология переработки шлака включает охлаждение и первичное дробление в траншеях с извлечением металла магнитно-грейферным краном. Последующая переработка осуществляется в дробильно-помольном отделении с системой магнитной сепарации. Работают две шаровые барабанные мельницы, после которых получают фракции шлака: 0–0,18 мм, 0,18–2,50 мм. В настоящее время на меткомбинате «Азовсталь» вводится в эксплуатацию новая дробильно-сортировочная линия по переработке шлаков для дополнительного извлечения из них металла.

На ОАО «Алчевский меткомбинат» на территории отвалов установлена дробильно-сортировочная линия, снабженная барабанными магнитными сепараторами. В результате разделения получают несколько фракций шлака: 0–10 мм, 10–60 мм, 60–250 мм и свыше 250 мм. Часть шлака фракции 0–10 мм складывается отдельно.

На ОАО «Днепровский меткомбинат им. Дзержинского» после переработки в траншеях и извлечения метал-

Таблица 2.

Физико-механические свойства сталеплавильных шлаков

	Шлаки	
	МАРТЕНОВСКИЕ	КОНВЕРТЕРНЫЕ
Объемный вес в куске, т/м ³	2,8–3,2	3,2–3,5
Объемный вес насыпной, т/м ³	1,4–1,6	1,5–1,6
Плотность, %	86–96	90–93
Дробимость, %	21–26	5,4–8,0
Предел прочности при сжатии, кг/см ²	–	3000

Таблица 3.

Фракционный состав сталеплавильных шлаков

СОДЕРЖАНИЕ КУСКОВ РАЗМЕРОМ, ММ	%
более 200	13
70–120	23
40–70	20
20–40	18
10–20	12

ла 360 тыс. т/год шлака направляется в отвалы, а 40 тыс. т/год шлака перерабатывается для повторного использования его в аглодоменном и сталеплавильном производствах комбината.

Отечественная промышленность не выпускает специального оборудования (дробилок, мельниц) для переработки сталеплавильных шлаков, поэтому используется оборудование, применяемое для переработки природного сырья. При эксплуатации указанного оборудования происходят поломки валковых и щековых дро-

билки, которые вызваны наличием в шлаке металла, а также повышенной плотностью и абразивностью шлака. Роторные дробилки менее чувствительны к попаданию недробимых кусков, но при этом не приспособлены к дроблению абразивных материалов и требуют больших затрат на восстановление ротора. Даже при наваривании бил сплавом «сормайт» приходится одну треть рабочего времени затрачивать на ремонты.

В настоящее время институтом «Гипромашобогашение» (г. Днепропетровск) разработаны и могут быть рекомендованы для внедрения новые виброударные щековые дробилки, которые отличаются повышенной надежностью. Технические данные этих дробилок приведены в таблице 4.

нию следующих характеристик компонентов и сырьевых смесей:

- размалываемость СПШ в двухкамерной лабораторной мельнице с загрузкой материала 8–10 кг;
- подвижность (текучесть) сухой сырьевой смеси с добавлением СПШ;
- влажность сырьевых шламов с учетом дальнейшего ввода СПШ в печь;
- реакционная способность сырьевых смесей, содержащих СПШ различного гранулометрического состава.

Определение размалываемости было проведено для сталеплавильного шлака ОАО «Криворожсталь». Результаты испытаний по размалываемости показали, что удельные затраты электроэнергии на помол со-

Таблица 4.

Технические данные щековых дробилок

Обозначение	Производительность, м ³ /ч	Крупность исходного материала, мм, не более	Диапазон изменения выходной щели, мм	Предел прочности при сжатии, МПа
ДЛЩ 80-150А	0,14–0,4	70	1–20	300
ДЩС 4×6	до 17,0	340	40–90	300
ДЩС 4×9	до 25,0	340	40–90	300

Типоразмеры и техническая характеристика молотковых дробилок для измельчения сталеплавильных шлаков, содержащих металлические включения, приведены в таблице 5.

ставляются (кВт. ч/т): для сталеплавильного шлака ОАО «Криворожсталь» – 38; известняка Желто-Каменский – 18; известняка Еленовский – 23. Результаты испытаний показывают, что при помоле сырьевой смеси по сухому спосо-

Таблица 5.

Техническая характеристика молотковых дробилок

Обозначение	Производительность, т/ч	Крупность исходного материала, мм, не более	Крупность выходного материала, мм	Количество роторов, шт.
ДМ 6×4	12-15	150	0-16	1
ДМ 6×6	20-48	250	0-12	1
ДМ 8×6	до 27	100	0-8	2

нами был проведен химический анализ сталеплавильных шлаков, который показал наличие в них силикатов, алюмосиликатов и других соединений кальция. Эти соединения являются основными минеральными компонентами клинкера, образующимися в процессе высокотемпературной обработки сырьевой смеси. Использование СПШ дает возможность значительно повысить эффективность процесса обжига клинкера и уменьшить расход топлива.

На основании исходных данных химического состава отобранных проб были выполнены расчеты сырьевых смесей, содержащих СПШ и замасленную окалину, и проведены лабораторные исследования по определе-

нию при введении СПШ необходимой тонкости помола затраты электроэнергии и время помола увеличиваются.

Определение подвижности (текучести) сухих сырьевых смесей с добавлением СПШ были проведены на пробах тонкомолотого СПШ, тонкомолотой сырьевой смеси обычного состава из материалов ОАО «Кривой Рог цемент». Проведенные исследования по методике института «Гипроцемент» показали, что текучесть сухой сырьевой смеси с добавлением СПШ выше, чем для обычной, т. е. затраты на перемешивание и транспортировку смеси с добавлением СПШ будут ниже.

Для определения влажности были приготовлены сырьевые шламы обычного состава и с учетом ввода СПШ в



пробы материалов ОАО «Волынь цемент» с тонкостью помола до остатка на сите – 6-7 %. При добавлении в шлам СПШ растекаемость шлама снижается с 60 мм до 49 мм.

Определение влияния размера фракций СПШ на процесс усвоения извести в сырьевых смесях при их обжиге (реакционной способности смеси) было проведено с добавлением СПШ разных размеров фракций. Обжиг приготовленных гранул из различных сырьевых смесей проводился в лабораторной печи. Введение в состав сырьевой смеси сталеплавильных шлаков ускоряет процесс усвоения извести.

В ходе испытаний по влиянию введения замасленной окалины в качестве железосодержащей добавки в сырьевую смесь определяли влажность полученных шламов, их загустеваемость. Кроме того, определяли реакционную способность сырьевых смесей с добавкой замасленной окалины по сравнению с обычными сырьевыми смесями. Влажность сырьевых шламов из проб ОАО «Волынь цемент» составила (при растекаемости 60 мм) – 38,9 % и 39 %, шламов с учетом ввода окалины – 38,9 % и 39 %. Растекаемость шламов через 1, 2 и 3 суток хранения не изменилась и осталась в пределах

60 мм. Приведенные данные показывают, что сырьевые шламы с добавкой замасленной окалины по своим параметрам и условиям хранения не отличаются от обычных шламов. После обжига сырьевых смесей, как содержащих замасленную окалину, так и обычный состав в лабораторной печи, количество $\text{CaO}_{\text{св}}$ было одинаковым – 1,5 %. Проведенные испытания показывают возможность использования замасленной окалины в качестве железосодержащей добавки в сырьевую смесь.

Таким образом, анализ результатов расчетов и лабораторных исследований состава сырьевых смесей показывает:

- сталеплавильные шлаки могут быть использованы в качестве компонента сырьевой смеси для получения клинкера;
- при добавке сталеплавильных шлаков, содержащих незначительное количество Al_2O_3 , в состав сырьевой смеси необходимо вводить алюминатную добавку – кировоградскую глину или золошлаковые отходы ТЭС;
- замасленная окалина может использоваться в качестве железосодержащей добавки.