

ВЛИЯНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕМОНТНЫХ СМЕСЕЙ

Ниязбекова Р.К.¹ - д.т.н.

Джексембаева А.Е.¹ – докторант

Кривобородов Ю.Р.² – д.т.н.

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, проспект Жеңіс, 62, Казахстан

² Российский химико-технологический университет им. Д.М. Менделеева, Москва, Миусская площадь, 9, Россия

rimma.n60@mail.ru, dzheksembayeva_ae@mail.ru, ykriv@muctr.ru

Аннотация

Применение отходов металлургии для изготовления строительных материалов - важное направление полноты и комплексности использования сырья, прошедшего высокотемпературную обработку. Создание безотходных технологий требует соблюдения основных принципов: принципа системности, учитывающего помимо производственной деятельности и природную среду; принципа комплексности, основанного на максимальном использовании сырьевых компонентов и энергетического потенциала; принципа рациональности организации производства, который предусматривает разумное использование всех компонентов сырья, поиск экологически обоснованных сырьевых и энергетических технологий.

Использование сталеплавильного шлака в роли добавки цементной строительной смеси требует проведения комплексных физико-механических исследований для определения его оптимальных составов.

Путем проведения физико-механических исследований изучена микроструктура, прочность на сжатие и изгиб образцов цементных композиций с содержанием 1%, 2%, 5%, 10%, 15% ферритного сталеплавильного шлака 3-х, 7-ми, 28-ми суток схватывания, определены элементные составы исследуемого образца с указанием процентного содержания вкладов и параметров кристаллической решетки для использования его оптимальных составов в роли композита строительной ремонтной смеси.

Ключевые слова: цементный композит, металлургические отходы, сталеплавильный шлак, оптимальный состав, ремонтные смеси, физико-механические свойства, прочность на сжатие и изгиб, энергодисперсионный анализ, технологические и эксплуатационные показатели.

Введение

Ремонтные строительные смеси в период недавнего времени завоевали признание на отечественном рынке строителей и почти полностью вытеснили некоторые виды растворных смесей. Номенклатура ремонтных смесей постоянно расширяется. Все чаще на практике начинает применяться технология машинного приготовления и нанесения растворных смесей. Она позволяет за счет многократного увеличения производительности (по некоторым видам работ - более чем в 5-7 раз) и рационального расходования материалов компенсировать затраты, связанные с более высокой стоимостью сухих модифицированных строительных смесей по сравнению с готовыми растворными немодифицированными смесями.

Вместе с тем отзывы строителей свидетельствуют о том, что качество реализуемых сухих строительных смесей часто не отвечает декларируемым производителями свойствам. Не обращая внимания на причины, обуславливающие нестабильность качества производимой продукции, можно отметить, что контроль технических параметров как компонентов, так и готовых сухих строительных смесей требует от производителей значительных затрат.

Применение отходов металлургии для изготовления строительных материалов - важное направление полноты и комплексности использования сырья. Внимание привлекают исследования свойств

сталеплавильных шлаков с целью возможности их применения в качестве гидравлической добавки для производства цементов и ремонтных смесей [6]. В целях подготовки доказательной базы для разработки нормативной документации необходимо проведение научно-исследовательских работ, которые предусматривают оптимизацию составов цементов с использованием сталеплавильных шлаков.

По данным [1] ежегодный выход сталеплавильных шлаков во всем мире составляет 50 млн. тонн. Производство сталеплавильных шлаков в США составляет примерно 10-15 млн. тонн. В Казахстане с развитой металлургической промышленностью вторичное использование сталепла-вильных шлаков также является проблемой.

Учеными доказана возможность использования рассыпающихся шлаков в качестве адсорбентов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. К настоящему времени накоплен определенный опыт использования сталеплавильных шлаков в строительной индустрии [7-10]. Имеется опыт использования сталелитейного шлака в качестве компонента цементных сырьевых смесей, а также в качестве сырьевого компонента для производства силикатных бетонов [2-4].

Проведенные исследования показали, что шлаки при соответствующей дополнительной обработке могут быть использованы в качестве наполнителей в различных вяжущих композициях, а также в качестве заполнителей в

бетонах в дорожном строительстве.[5].

Методы исследования и результаты

В целях определения возможности использования ферритных отходов промышленности в технологии производства требуется исследование физико-механических свойств сталеплавильного шлака для использования его оптимальных составов в роли добавки цементной ремонтной смеси. Результат заключается в использовании оптимальных составов сталеплавильных шлаков взамен доростоящего цемента для производства строительных смесей с учетом решения проблем окружающей среды, экономии ресурсов и соответствия требованиям безопасности.

В целях проведения исследований формовались образцы-балочки размерами 160x40x40 мм в

соответствии с ГОСТ 310.4—81. Измельченный сталеплавильный шлак, пропущенный через контрольное сито №008 с размером сетки в свету 80 мкм (не менее 85%), вводился в сухую смесь в количестве 1%, 2%, 5%, 8%, 10%, 12% от веса сухого портландцемента М500 согласно ГОСТ 10178—85. Для определения прочностных характеристик готовилась смесь на основе портландцемента ЦЕМ I 42.5Н М500 (HeidelbergCement) Бухтарминского цементного завода, образцы-балочки испытывались через 3-х,7-ми и 28-ми суток твердения. Консистенция смеси должна характеризоваться расплывом конуса на встряхивающем столике не менее 106 и не более 115 мм.

Свойства цемента без добавок показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства цемента

Портландцемент	Сроки схватывания, час-мин		МПа,Кн, R сжатия через, сут					
	начало	конец	3		7		28	
ЦЕМ I 42.5Н М500	1,40	2,40	МПа	Кн	МПа	Кн	МПа	Кн
			0,28	5,7	5,82	139,55	71,60	79,0

Таблица 2 – Прочность на сжатие образцов

Цемент	Количество добавки сталеплавильного шлака, % от веса сух. веществ	Предел прочности при изгибе, МПа, через, суток твердения		
		3	7	28
ЦЕМ I 42.5Н М500	-	2,30	2,32	2,6
	1%	2,25	2,11	2,97
	2%	2,34	2,39	2,06
	5%	2,75	2,77	3,02
	8%	2,26	2,79	2,94
	10%	2,45	2,48	3,07
	12%	2,40	2,59	3,16

Влияние сталеплавильного шлака на физико-механические свойства образцов-балочек изучалось согласно ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии. С помощью рентгеновского анализа XRD и электронной микроскопии изучался состав полученных гидратированных цементов и их микроструктура. Исследования выявили наиболее благоприятный режим и состав для получения композиций с добавками сталеплавильных шлаков.

В результате проведенных исследований выявлены

оптимальные составы, соответствующие наилучшим показателям качества цементов. Отмечено, что в результате добавки 5% сталеплавильного шлака, повышаются физико-механические показатели и улучшается качество цементных растворов.

В таблицах 2,3 приведены результаты физико-механических испытаний, которые доказывают, что образцы цементной ремонтной смеси с содержанием 5% сталеплавильного шлака имеют наивысшую прочность при сжатии и изгибе.

Таблица 3– Прочность на изгиб образцов

Цемент	Количество добавки сталеплавильного шлака, % от веса сух. веществ	Предел прочности при сжатии, Мпа, через, суток твердения		
		3	7	28
ЦЕМ I 42.5Н М500	-	2,30	2,32	2,6
	1%	61,04	64,10	63,25
	2%	65,25	69,16	72,05
	5%	65,77	74,77	75,25
	8%	56,35	65,20	75,30
	10%	60,01	65,30	65,00
	12%	59,20	68,55	69,40

Условия окружающей среды при проведении испытаний на сжатие и изгиб: температура окружающей среды 20 С°, атмосферное давление 736 мм.рт.ст, относительная влажность 61%.

Для определение элементного состава был применен метод энергодисперсионного анализа (ЭДА). На рисунке 1 представлены результаты распределения элементов в структуре исследуемых образцов.

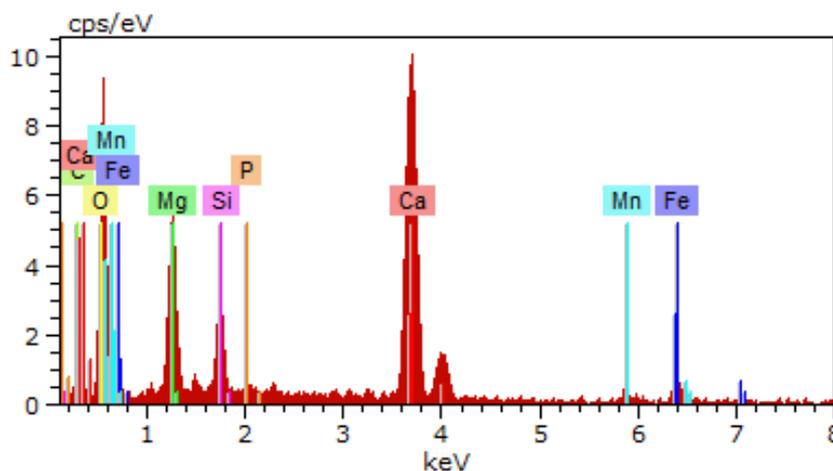


Рисунок 1 - ЭДА спектра сталеплавильного шлака

Химический состав сталеплавильного шлака определялся аналитическими и комплексными методами. Результаты экспериментов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание минералогических элементов в структуре сталеплавильного шлака

Элемент	O	C	Ca	Mg	Si	Fe	Mn	P
---------	---	---	----	----	----	----	----	---

Содержание, ат. %	62,7	15,3	13,4	5,0	1,9	0,98	0,53	0,13
----------------------	------	------	------	-----	-----	------	------	------

Обсуждение полученных данных и заключение

Исследования структуры и свойств ремонтных смесей с использованием цемента, содержащего сталеплавильные шлаки в оптимальных количествах, показали, что они устойчивы для применения в технологии производства. Результаты физико-химических исследований хорошо согласуются с полученными данными. По результатам исследований установлено, что наилучшие показатели прочности на сжатие и изгиб характерны для цементных строительных смесей, содержащих 5% ферритного сталеплавильного шлака.

Распределение элементного состава методом энергодисперсионного анализа (ЭДА), химического анализа позволило исследовать структуру

ферритного отхода, определить оксиды железа, кремния, марганца, соединенные с известью или доломитом, влияющие на благоприятный режим получения оптимальной рецептуры ремонтной смеси.

Проведенные исследования показали, что отходы металлургического производства являются ценным сырьем для цементов и бетонов. Использование сталеплавильных шлаков взамен части дорогостоящего цемента позволяет создать безотходные производственные комплексы на базе глубокого изучения свойств вторичного сырья и его стандартизации, разработки новых технологий экономически выгодно, способствует решению экологических задач производства.

Список литературы:

- 1 Рамачандрен В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне. – М., Стройиздат, 1986. – С.89-120.
- 2 Mobasher B., Castro-Montero A., Shah S. A study of failure in fiber-reinforced cement-based composites using laser holographic interferometry // Experimental Mechanics. – 1990. - V.30, №3. - P.286-294.
- 3 Burlov, Y. A., Burlov, I. Y., Krivoborodov, Y. R. Synthesis of special cements using different waste. Proceedings ICCS of 13th International Congress on the Chemistry of Cement, Spain, Madrid, 2011, pp. 59.1–59.4.
- 4 Niyazbekova, R., Gladkikh, L. Quality management of composite materials based on cement with micro- and nano-additives, Russia, Kemerovo: KuzUGU, 2017.
- 5 Oluwasola, E. A., Hainin, M. R., Aziz, M. M. A. 2014. Characteristics and Utilization of Steel Slag in Road Construction. Jurnal Teknologi. pp. 33-38.
- 6 Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий «Обзорная информация», Москва 1984.

- 7 Jiang, Y., et al., Characteristics of steel slags and their use in cement and concrete—A review. Resources, Conservation and Recycling, 2018. 136: p. 187-197.
- 8 Sheen, Y.-N., H.-Y. Wang, and T.-H. Sun, A study of engineering properties of cement mortar with stainless steel oxidizing slag and reducing slag resource materials. Construction and Building Materials, 2013. 40: p. 239-245.
- 9 Tsakiridis, P.E., et al., Utilization of steel slag for Portland cement clinker production. Journal of Hazardous Materials, 2008. 152(2): p. 805-811.
- 10 Monteiro, P., Concrete: microstructure, properties, and materials. 2006: McGraw-Hill Publishing.

REFERENCES:

- 1 Ramachandren V., Fel'dman R., Boduen Dzh. Nauka o betone. – M., Stroyizdat, 1986. – S.89-120.
- 2 Mobasher B., Castro-Montero A., Shah S. A study of facture in fiber-reinforced cement-based composites using laser holographic interferometry // Experimental Mechanics. – 1990. - V.30, №3. - P.286-294.
- 3 Burlov, Y. A., Burlov, I. Y., Krivoborodov, Y. R. Synthesis of special cements using different waste. Proceedings ICCS of 13th International Congress on the Chemistry of Cement, Spain, Madrid, 2011, pp. 59.1–59.4.
- 4 Niyazbekova, R., Gladkikh, L. Quality management of composite materials based on cement with micro- and nano-additives, Russia, Kemerovo: KuzUGU, 2017.
- 5 Oluwasola, E. A., Hainin, M. R., Aziz, M. M. A. 2014. Characteristics and Utilization of Steel Slag in Road Construction. Jurnal Teknologi. pp. 33-38.
- 6 Ispol'zovaniya otkhodov, poputnykh produktov v proizvodstve stroitel'nykh materialov i izdeliy «Obzornaya informatsiya», Moskva 1984.
- 7 Jiang, Y., et al., Characteristics of steel slags and their use in cement and concrete—A review. Resources, Conservation and Recycling, 2018. 136: p. 187-197.
- 8 Sheen, Y.-N., H.-Y. Wang, and T.-H. Sun, A study of engineering properties of cement mortar with stainless steel oxidizing slag and reducing slag resource materials. Construction and Building Materials, 2013. 40: p. 239-245.
- 9 Tsakiridis, P.E., et al., Utilization of steel slag for Portland cement clinker production. Journal of Hazardous Materials, 2008. 152(2): p. 805-811.
- 10 Monteiro, P., Concrete: microstructure, properties, and materials. 2006: McGraw-Hill Publishing.

БОЛАТ БАЛҚЫТАТЫН ШЛАКТАРДЫҢ ЖӨНДЕУ ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

*Ниязбекова¹ Р.К. - т.ғ.д.
Джексембаева¹ А.Е. – докторант
Кривобородов Ю.Р. - т.ғ.д.*

¹ С.Сейфуллин ат.Қазақ агротехникалық университеті,

Нұр-Сұлтан қ., Жеңіс даңғ., 62, Қазақстан
² *Д.М. Менделеев Ресей атындағы химиялық*
технология университеті, Миуская алаңы, 9, Мәскеу, Ресей
rimma.n60@mail.ru, dzheksembayeva_ae@mail.ru, ykriv@muctr.ru

Резюме

Зерттеу нәтижелері бойынша сығылу және иілу беріктігінің ең жақсы көрсеткіштері құрамында 5% феррит болат балқыту қожы бар цемент құрылыс қоспаларына тән екендігі анықталды.

Элементтік құрамды энергодисперстік талдау (ЭДА), химиялық талдау әдісімен бөлу феррит қалдықтарының құрылымын зерттеуге, жөндеу қоспасының оңтайлы рецептурасын алудың қолайлы режиміне әсер ететін әк немесе доломитпен қосылған темір, кремний, марганец оксидтерін анықтауға мүмкіндік берді.

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, металлургия өндірісінің қалдықтары цемент пен бетондар үшін құнды шикізат болып табылады. Қымбат тұратын цемент бөлігінің орнына болат балқытатын шлактарды пайдалану қайталама шикізаттың қасиеттерін терең зерттеу және оны стандарттау, жаңа технологияларды әзірлеу негізінде қалдықсыз өндірістік кешендер құруға мүмкіндік береді, өндірістің экологиялық міндеттерін шешуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: цемент композиті, металлургиялық қалдықтар, болат балқыту қожы, оңтайлы құрам, жөндеу қоспалары, физикалық-механикалық қасиеттері, сығу және иілу беріктігі, энергодисперстік талдау, технологиялық және пайдалану көрсеткіштері.

INFLUENCE OF STEEL MAKING SLAG ON TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL INDICATORS OF REPAIR MIXES

*Niyazbekova¹ R.K. - Doctor of Technical Sciences,
.Jexembayeva¹ A.Y -doctoral student
Krivoborodov Yu.R. ²- Doctor of Technical Sciences*

*1) S.Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, avenue Zhenis, 62, Kazakhstan*

*2) D.M. Mendeleev Russian University of Chemical
Technology, Moscow, Miou Square 9, Russia*

rimma.n60@mail.ru, dzheksembayeva_ae@mail.ru, ykriv@muctr.ru

Summary

According to the results of the study, the best compression and bending strength indicators are typical for cement-building mixtures containing 5% ferrite of steelmaking slag.

Energy-dispersion analysis of the elemental composition(EDA), separation by chemical analysis allowed us to study the structure of ferrite waste, to determine the oxides of iron, silicon, manganese, combined with lime or dolomite, which affect the favorable mode of obtaining the optimal formulation of the repair mixture.

Research has shown that metallurgical waste is a valuable raw material for cement and concrete. The use of steelmaking slag instead of expensive cement will allow creating waste-free production complexes based on a deep study of the properties of secondary raw materials and their standardization, development of new technologies, and contributes to solving environmental problems of production.

Key words: cement composite, metallurgical waste, steelmaking slag, optimal composition, repair mixtures, physical and mechanical properties, compressive and flexural strength, energy dispersion analysis, technological and operational indicators.