

КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Фомин А.Е.¹, Лесовик В.С.^{1, 2}

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

²Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, Россия

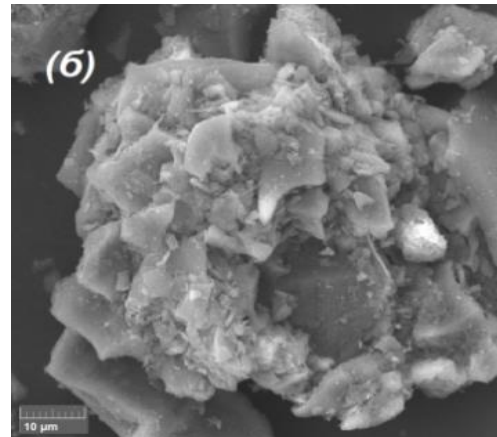
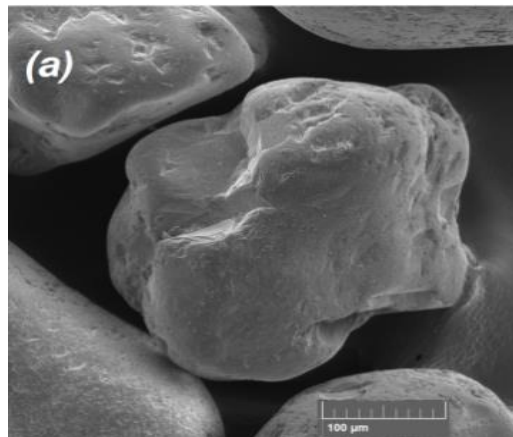
На фоне стремительного процесса урбанизации в странах БРИКС активно развивается строительная отрасль с учетом использования передовых технологий и инженерных решений. Кварцевый песок обычно используется в строительстве в качестве классических кремнистых материалов с концентрацией SiO_2 более 90%. Однако из-за ограничений на добычу кварцевого песка в целях сохранения природных ресурсов и окружающей среды дефицит кварцевого песка в строительном секторе в последние годы становится все более очевидным. Тем временем, различные модификации кремнезема содержатся в твердых отходах горнопромышленных предприятий. Колоссальными запасами потенциального кварцосодержащего сырья обладают горнообогатительные комбинаты железной руды. Следует отметить, что в странах БРИКС железорудная промышленность остается одной из ведущих отраслей народного хозяйства. Одним из крупнейших в мире железорудным бассейном является горно-обогатительный комплекс Курской магнитной аномалии (КМА). Огромное железорудное месторождение КМА - это Лебединский горно-обогатительный комбинат (ЛГОК).

Отходы добычи и переработки железных руд ЛГОК в виде техногенных песков изначально содержат более 50% мелкодисперсного кварца с высокоразвитой поверхностью, включая аморфные фазы кремнезема

Химический состав железосодержащего сырья

Техногенное сырье	Содержание оксидов, мас.%							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	R_2O	ппп
Хвосты мокрой магнитной сепарации (ХММС)	66.1	2.95	19.05	8.46	4.08	3.65	0.84	3.2
Кварциты	42.15	0.1	24.08	22.96	1.83	6.44	-	3.4
Сланцы	60.24	15.36	2.84	5.78	1.17	3.76	4.79	4.4

Общим для рассматриваемого техногенного сырья является содержание соединений железа в виде вюститита (FeO) и гематита (Fe_2O_3).



Микроструктурные отличия заполнителя:

а – частица кварцевого песка; б – ХММС Лебединского ГОКа

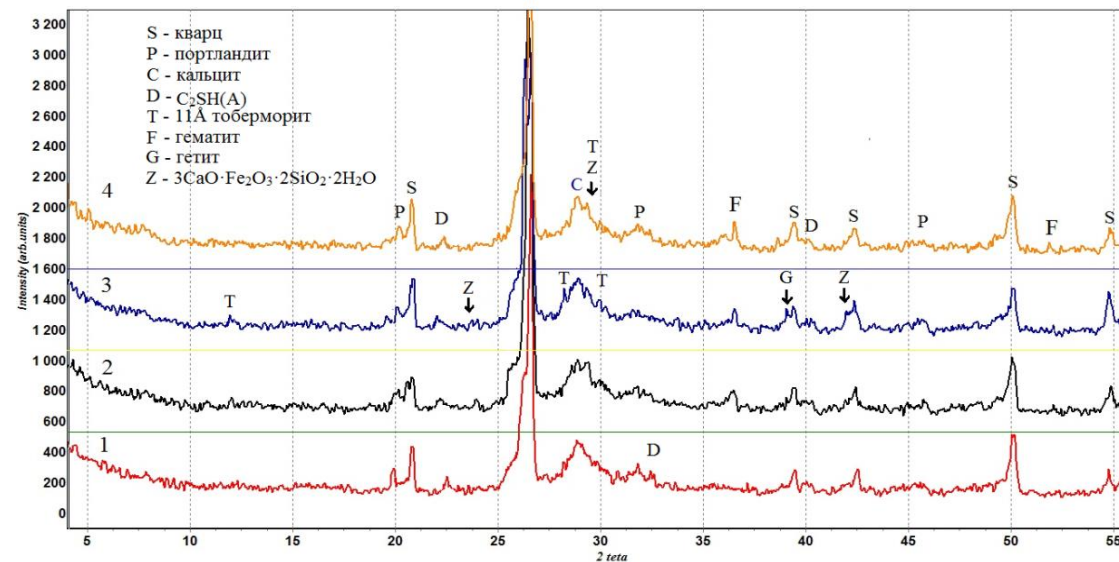
Влияние концентрации оксида железа Fe_2O_3 на активность системы $CaO-SiO_2-H_2O$

В данной работе исследовали влияние железистого компонента в виде минерала гематит Fe_2O_3 на процессы фазообразования материалов автоклавного твердения.

Изменение прочности при сжатии (R, МПа) и количества несвязанной извести ($CaO_{св}$) в вяжущем

№ состава	Добавка Fe_2O_3 , %	Время изотермической выдержки, ч							
		2		4		6		8	
		R, МПа	$CaO_{св}$	R, МПа	$CaO_{св}$	R, МПа	$CaO_{св}$	R, МПа	$CaO_{св}$
1	0	10,4	24,30	26,4	10,53	34,50	2,05	43,20	0,26
2	2,5	10,6	23,75	26,3	10,62	37,20	1,95	43,50	0,18
3	5	10,9	23,32	28,9	10,12	40,30	1,70	48,75	0,10
4	7,5	9,8	24,12	26,2	11,02	35,70	1,93	43,90	0,20

Учитывая, что в производственных условиях время выдержки изделий в автоклаве составляет 8 часов, при этих значениях максимальная прочность вяжущего составила 48,75 МПа, однако возможно сокращение времени выдержки изделия в автоклаве на 2 часа, при достижении достаточной прочности 40,30 МПа.



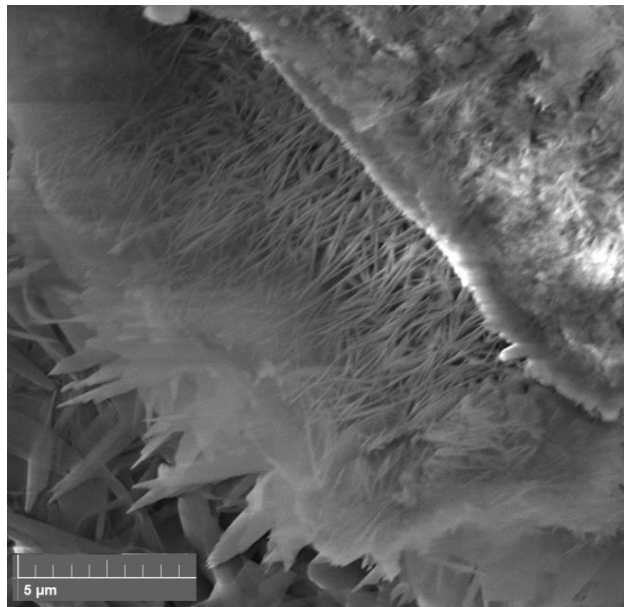
РФА автоклавированного вяжущего

(номер состава согласно таблицы при выдержке в течении 8 часов)

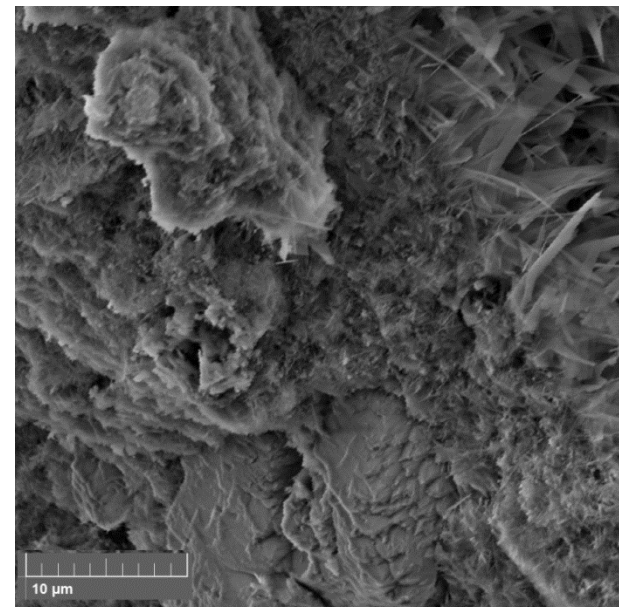
Уменьшение дифракционных отражений гематита, в случае максимальной прочности образцов (5% Fe_2O_3), свидетельствует о вовлечении его в структуру гидросиликатов кальция. В жидкой среде вяжущего Fe_2O_3 переходит в гидратную фазу гетита $Fe_2O_3 \cdot H_2O$

Микроструктура автоклавированных образцов

В присутствии оксидов железа изменяется морфология гидросиликатов кальция. В частности, в составе без добавки железа микроструктура представлена в основном игольчатыми кристаллами (рис. а).



а



б

Микроструктура автоклавированных образцов:

а – без добавки Fe_2O_3 ; б – с добавкой 5% Fe_2O_3

В образцах с максимальной прочностью при добавке 5% Fe_2O_3 возникают также самостоятельные дендритоподобные скопления, характерные для железистых гидрогранатов $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (рис. б).

Установлено, что в щелочной среде вяжущего при гидротермальной обработке повышается растворимость гематита Fe_2O_3 , он частично гидратирует и переходит в фазу гетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. В присутствии гетита на фоне снижения количества высокоосновных гидросиликатов $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ наблюдается рост низкоосновных соединений типа 11Å-тоберморит. Также образуются железистые гидрогранаты типа $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в виде дендритоподобных скоплений, что в комплексе способствует повышению прочности композита. Таким образом, рациональное использование отходов горнорудного комплекса в строительном секторе позволит решать вопросы энерго- и ресурсосбережения, а также вносит вклад в развитие экономики замкнутого цикла и решение экологических задач в соответствии с моделью экономического развития стран БРИКС.