

УДК 666.96

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОМОЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Т.Н. Черных

Представлены результаты исследования по предварительному помолу магнезиального сырья перед обжигом и влиянию способов помола на свойства получаемого магнезиального вяжущего. Показано, что наиболее эффективный помол происходит в установках, работающих по типу удар, или удар с истиранием. Получен эффект понижения температуры обжига на 25 °С, низкая величина которого требует применения предварительной механоактивации только в комплексе с химической активацией сырья.

Ключевые слова: магнезиальные породы, магнезит, брусит, доломит, измельчение, помол, удар, истирание, энергоэффективность.

Повышение энергоэффективности производств, включающих в себя обжиг сырья, является основой конкурентоспособности этих производств и значительным шагом на пути к зеленым технологиям. Производство магнезиальных вяжущих из природного сырья включает в себя предварительное измельчение сырья и его обжиг при температуре более 800 °С. Эффективным способом снижения температуры обжига является применение химического способа интенсификации разложения магнезиальных пород добавками солей [0–3].

Анализ имеющихся сведений и описаний процессов разложения кристаллов в исследованиях физики твердого тела позволил предположить следующие основные процессы, протекающие при обжиге в шихте, состоящей из магнезиальных пород с добавками-интенсификаторами. При диспергировании (помоле) материалов, в частности карбонатов и гидроксидов магния, на вновь образующихся поверхностях возникают разноименные заряды, т. е. частицы могут приобретать и отрицательный, и положительный заряд [0, 0]. При добавлении водного раствора добавок-интенсификаторов в виде солей к заряженным частицам исходной породы может происходить адсорбция: под действием сил электростатического притяжения на поверхности частиц группируется эквивалентное заряду поверхности число ионов с противоположным знаком и образуется электрический слой по специфическому типу адсорбции [0]. Реакционная способность поверхности кристалла в присутствии специфически адсорбированного вещества повышается [0]. Таким образом, можно предположить химическое или физико-химическое взаимодействие между поверхностью частиц и добавкой-электролитом [0–10], что может способствовать проте-

канию реакции разложения через промежуточные образования с более низкой энергией активации разложения, что, в свою очередь будет способствовать интенсификации процесса термического разложения исходных минералов.

После интенсификации термической диссоциации поверхностного слоя кристалла возникает вопрос о распространении реакции в объеме частиц. На скорость реакций, в частности разложения кристаллов солей (карбонатов магния и кальция) и оснований (гидроксида магния), влияет в основном относительное число активных центров – мест на поверхности, характеризующихся повышенной активностью (дефектов поверхности, дислокаций и их группировок, места контакта с катализатором и т. д.), а распространение реакции вглубь кристалла происходит по имеющимся и вновь образованным дислокациям [0]. При условии образования новых дислокаций, например, за счет напряжений на границе раздела новой и старой фаз, поскольку молекулярные объемы образующегося продукта и исходной твердой фазы различны [0] будет наблюдаться автолокализация процесса, т. е. самопроизвольное распространение реакции из начального места в соседние области кристалла, что обеспечит полное разложение кристалла исходного минерала за меньшее время или при более низкой температуре. Но эта температура не может быть ниже теоретически возможной температуры протекания процесса, так как добавка-интенсификатор будет только ускорять процесс, снижая энергию активации.

Таким образом, важным является не только присутствие в шихте эффективной добавки-интенсификатора, но и наличие активных центров на поверхности обжигаемых частиц, количество и вид которых обуславливается механическим способом подготовки сырья.

Для уточнения механизмов одновременной механической и химической интенсификации процесса обжига магнезиальных пород провели серию экспериментов.

Подбор способа и времени помола основан на следующих предпосылках. Во-первых, оптимальный способ помола кроме ускорения процесса нагрева частиц обеспечивает создание в кристаллах именно тех дефектов, которые способствуют повышению скорости автолокализации, т. е. сам по себе приводит к интенсификации обжига [0, 0]. Во-вторых, предварительное измельчение сырья не должно иметь высокие энергозатраты. В-третьих, оборудование для помола должно быть доступным и распространенным. Результаты подбора способа измельчения приведены в таблице, в эксперименте использовали помольное оборудование с типами воздействия истирание и удар. Температуру максимума эндоэффекта магнезитовой составляющей в доломите и серпентинов в серпентинизированном брусите определяли по результатам дифференциально-термического анализа.

Таблица

Влияние времени и способа измельчения сырья температуры
разложения основных минералов магнезиального сырья

а) Истиратель (тип воздействия – преимущественно истирание)					
Исходная порода	Зазор между кругами истирания, мм	Остаток на сите 05, %	Остаток на сите 008, %	Удельная поверхность, см ² /г	Температура разложения основных минералов, °С
Доломит Саткинского месторождения	0,5	2	100	610	820
	0,1	0	55	1250	814
	0,08	0	4	3600	812
	0,05	0	0	3800	808
Брусит Кульдурского месторождения	0,5	1,5	100	650	810
	0,1	0	58	1280	812
	0,08	0	3	3720	809
	0,05	0	0	3800	808
б) Виброистиратель (тип воздействия – истирание и удар)					
Исходная порода	Время помола при массе навески 100 г, мин	Остаток на сите 05, %	Остаток на сите 008, %	Удельная поверхность, см ² /г	Температура разложения основных минералов, °С
Доломит Саткинского месторождения	1	2	85	1110	820
	2	1	25	1550	813
	5	0	10	3300	809
	8	0	3	3850	806
	10	0	0	4000	802
	25	0	0	4490	795
Брусит Кульдурского месторождения	1	2	83	1150	809
	2	2	27	1600	809
	5	0	11	3200	807
	8	0	2	3830	805
	10	0	0	4010	804
	25	0	0	4530	800
в) Шаровая мельница (тип воздействия – преимущественно удар)					
Исходная порода	Время помола при массе навески 2 кг, ч-мин	Остаток на сите 05, %	Остаток на сите 008, %	Удельная поверхность, см ² /г	Температура разложения основных минералов, °С
Доломит Саткинского месторождения	0–30	10	35	1060	820
	0–45	5	30	1330	818
	1–00	0	18	2000	812
	1–30	0	14	2540	810
	3–00	0	0	4200	803
Брусит Кульдурского месторождения	0–30	12	32	1010	809
	0–45	4	25	1250	808
	1–00	0	15	2030	808
	1–30	0	10	2500	804
	3–00	0	0	4100	800

По результатам эксперимента видно, что эффективным помольным оборудованием для интенсификации последующего термического разложения минералов исходных магнезиальных пород является то, которое основано на ударном воздействии: шаровая мельница и виброистиратель. Так как при использовании этого оборудования и достижении одинаковой удельной поверхности наблюдается большее снижение температуры разложения, то сделали вывод, что измельчение по типу удара способствует формированию в кристаллах исходных минералов именно тех дефектов, которые обеспечивают развитие процесса автолокализации при дальнейшем обжиге. Посредством помола в эксперименте удалось достичь ускорения разложения минералов максимально на 25 °С для доломита и 10 °С для серпентинизированного брусита. Достигнутый эффект довольно мал в сравнении с возрастанием затрат на помол. Так по данным С. М. Рояка и В. З. Пироцкого на измельчение цементного клинкера до удельной поверхности 2500 см²/г затрачивается около 24 кВт·ч/т, а при увеличении тонкости помола до 3300 см²/г расход электроэнергии повышается до 130 кВт·ч/т. Таким образом, можно сделать вывод, что крайне нерациональное расходование электроэнергии при механоактивации магнезиального сырья требует использования в комплексе с ней более эффективного способа, такого как химический способ с помощью добавок-интенсификаторов обжига.

Библиографический список

1. Энергосбережение при получении магнезиального вяжущего строительного назначения / А.А. Орлов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов. – Строительные материалы. – 2011. – № 8. – С. 47–50.
2. Снижение температуры получения магнезиального вяжущего из бруситов / Т.Н. Черных, А.А. Орлов, А.В. Перминов и др. // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 3 (38). – С. 29–35.
3. Chernykh, T.N. Dolomite magnesium oxychloride cement properties control method during its production / T.N. Chernykh, A.V. Nosov, L.Y. Kramar // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. «International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014», 2015. – С. 012045.
4. Танабе, К. Катализаторы и каталитические процессы / К. Танабе. – М.: Мир. – 1993. – 176 с.
5. Танабе, К. Твердые кислоты и основания / К. Танабе. – М.: Мир, 1973. – 183 с.
6. Жолнин, А.В. Общая химия: учебник / А.В. Жолнин. – М.: Гэотар-Медиа, 2012. – 400 с.
7. Панченков, Г.М. Химическая кинетика и катализ / Г.М. Панченков, В. П. Лебедев. – М.: Химия, 1985. – 592 с.

8. Оценка качества технологий, применяемых в строительстве, экологии и экономике / Л.Б. Сватовская, М.В. Шершнева, Н.А. Бабак и др. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I, 2011. – 83 с.

9. Термодинамический и электронный аспект свойств композиционных материалов для строительства и экозащиты / Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьева, Л.Л. Масленникова и др. – СПб: Стройиздат, 2004. – 176 с.

10. Сватовская, Л.Б. Фундаментальные основы свойств композиций на неорганических вяжущих / Л.Б. Сватовская. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I, 2006. – 83 с.

11. Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения / А. Вест. – М.: Мир, 1988. – 692 с.

12. Болдырев, В.В. Химия твердого тела / В.В. Болдырев, Н.Э. Ляхов, А.П. Чупахин. – М.: Знание, 1982. – 163 с.

[К содержанию](#)