

СОВРЕМЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Технические науки

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ

Исаев Ю. М., Зотов Е. И., Хабарова В. В.,
Гришина Е. В.

*Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия,
Ульяновск, Россия*

Основной задачей теоретических и экспериментальных исследований процесса измельчения корнеплодов является снижение его энергоемкости. Наиболее рациональным способом измельчения для корнеплодов является резание.

Проведенные исследования и анализ геометрических параметров лезвия ножа в плоскости, перпендикулярной к плоскости резания, позволили найти наиболее рациональные значения параметров. Рассмотрим случай расположения ножей под углом α относительно движущегося транспортера со скоростью v_r вдоль оси Ox .

Для определения взаимосвязи между силами, возникающими в процессе резания, выделим сечение измельчаемого материала в виде цилиндрического тела и сведем задачу к плоскому случаю.

Приложенными к корнеплоду силами будут: $P=mg$ – сила тяжести; N_2 – нормальная реакция лезвия ножа; N_1 – нормальная реакция поверхности транспортера; $F_2=f_2N_2$ – сила трения корнеплода о лезвие ножа; $F_1=f_1N_1$ – сила трения корнеплода о поверхность транспортера

Рассмотрим равновесие цилиндрического тела, на которое действуют заданные силы. Все силы лежат в одной плоскости и сходятся в точке C .

$$\sum F_{ky} = 0; \quad N_2 \cos \alpha - F_2 \sin \alpha + P - N_1 = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_{kx} = 0; \quad F_1 - F_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

Решая систему (1), (2) относительно реакции N_2 , для того, чтобы процесс резания имел место, необходимо, чтобы сила трения корнеплода о поверхность транспортера удовлетворяла условию:

$$F_1 > F_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha.$$

Нормальная реакция N_2 в этом случае должна удовлетворять условию:

$$N_2 < f_1 P \left((f_2 - f_1) \cos \alpha + (1 + f_1 f_2) \sin \alpha \right) \quad (3)$$

А значит и сила резания должна удовлетворять данному соотношению (3), которое в зависимости от угла наклона ножей к плоскости транспортера при различных коэффициентах трения, позволяет определить оптимальные параметры процесса резания.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДА САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТА ПО МОКРОМУ СПОСОБУ

Классен В. К., Классен А. Н., Беляева М. В.,
Киреев Ю. Н.

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

Производство цемента является одной из наиболее материало- и энергоемких отраслей промышленности. Для получения 1 тонны цемента требуется до 3 тонн сырьевых материалов. Поскольку запасы природного сырья постепенно истощаются, то использование различных отходов с целью замены природных компонентов является весьма актуальным.

В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование возможности замены части карбонатного компонента сырьевой смеси на отход сахарного производства – дефекаат. В настоящее время дефекаат направляется в отвал, занимая полезные площади, при высыхании дефекаата образуется пыль, ухудшающая экологическую обстановку [1].

Результаты исследований показали (см. табл. 1, рис. 1), что отход содержит 48,4% CaO в виде CaCO₃ (линии 3,86; 3,04; 2,50; 2,28; 2,09; 1,91; 1,87 Å), 2,65% SiO₂ в виде кварца (линия 3,36 Å), 1,12% MgO и около 1,5% других оксидов.

Если бы дефекаат был представлен только кристаллическим кальцитом CaCO₃, то потери при прокаливании должны были составлять 38,03%. Фактически потери равны 45,6%, т.е. разница составляет 7,57% органических веществ (нерастворимые сахара кальция и магния и другие). Подтверждением наличия органических соединений является экзотермический эффект выгорания на кривой ДТА при 330°C (см. рис. 1). При тем-

пературе 930°C наблюдается эндоэффект разложения кальцита CaCO_3 .

Вскрышной мел Стойленского горно-обогатительного комбината (СГОКа) чистый, содержит 54,07% CaO и около 2,6% примесей. На рентгенограмме все отражения принадлежат кальциту CaCO_3 .

Влажность природного мела СГОКа составила 21,8%, а дефеката из отвалов – 25%. Именно высокая влажность дефеката предопределяет его использование в производстве цемента по мокро-

му способу. Чтобы определить влияние дефеката на реологические свойства сырьевого шлама исследовалась растекаемость мелового, дефекатного и мело-дефекатного (мел: дефекат = 1: 1) шламов. Установлено, что растекаемость мелового шлама 60мм достигается при влажности 41%, дефекатного шлама – при влажности 44,7%, а мело-дефекатного – при влажности 42%. Вероятно, меньшая растекаемость мело-дефекатного шлама обусловлена влиянием органических веществ, присутствующих в дефекате.

Табл. 1. Химический состав сырьевых материалов, %

Материал	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O	ппп	прочее	Сумма
Дефекат	2,65	0,56	0,40	48,40	1,12	0,53	0,01	45,6	0	99,27
Мел СГОКа	1,33	0,51	0,31	54,07	0,29	0,09	0,06	42,85	0	99,51
Глина СГОКа	68,15	13,05	4,53	1,63	1,20	0,10	1,60	6,84	0	97,10
Шлак отвальный	20,41	4,65	17,11	38,47	7,4	0	0	7,69	4,27	100
Глина высокоалюминатная	35,00	22,75	1,46	2,84	0,36	0,04	0,15	37,23	0	99,83

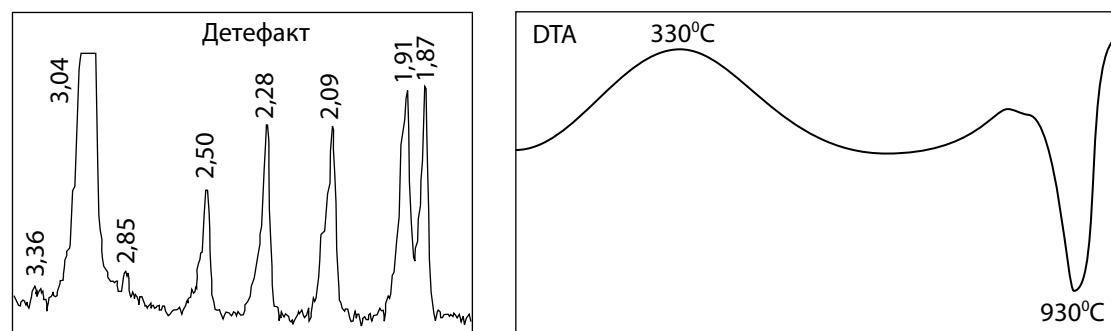


Рис. 1. Рентгенограмма и ДТА дефеката

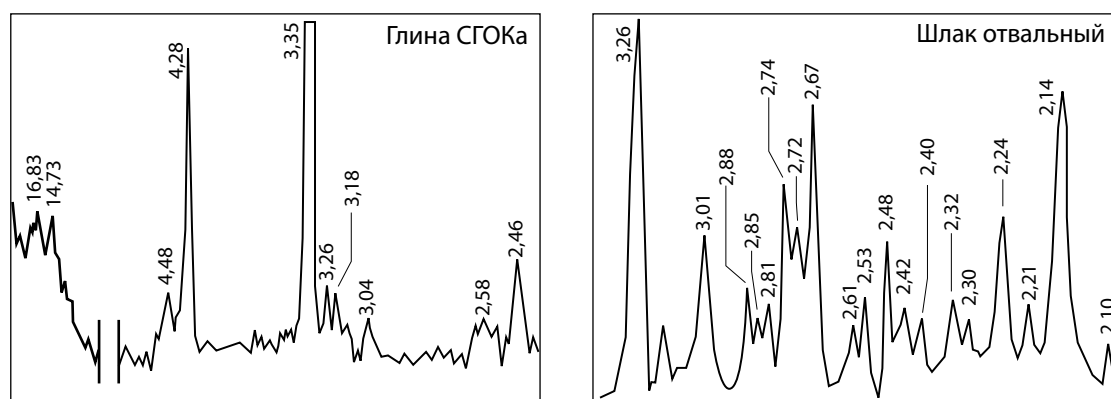


Рис. 2. Рентгенограмма глины и отвального шлака

В качестве алюмосиликатного компонента сырьевой смеси использовалась глина СГОКа, содержащая 68,15% SiO_2 и 13,05% Al_2O_3 , а также Fe_2O_3 (4,53%), CaO (1,63%) и R_2O (1,6%). Как видно, глина малоалюминатная, отношение SiO_2 к Al_2O_3 составляет 5,2, поэтому для получения оптимального состава сырьевой смеси необходимо введение алюмосодержащей добавки. На рентгенограмме глины (рис. 2) основные отражения относятся к кварцу SiO_2 (линии 4,28; 3,35; 2,46 Å) и монтмориллониту $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (линии 16,83-14,73; 4,48; 3,18; 3,04; 2,58 Å). Глинистые минералы ввиду несовершенства структуры и небольшого количества на рентгенограмме проявляются слабо. Щелочи в глине представлены в виде калиевого полевого шпата $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (линии 3,26; 3,18 Å).

В качестве железосодержащей добавки использовался отвальный шлак электросталеплавильного производства. Основными оксидами в шлаке являются CaO (38,47%), SiO_2 (20,41%) и Fe_2O_3 (17,11%). На рентгенограмме основные отражения принадлежат гидросиликату кальция C_2SH (А) (линии 3,26; 2,88; 2,81; 2,74; 2,53; 2,48; 2,42; 2,24 Å), двухкальциевому силикату $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ (линии 3,01; 2,74; 2,72 и 2,32 Å), кальций-магниевым силикатам C_7MS_4 (линии 2,74; 2,72; 2,67; 2,24; 2,21 Å) и C_5MS_3 (линии 2,88; 2,74; 2,72; 2,67; 2,24 Å) и периклазу MgO (линия 2,10 Å). Немного содержится мелилита C_2 (А, М) S_2 (линии 2,85; 2,40; 2,30 Å) и поргландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (линии 3,09; 2,61 Å). Кроме того, шлак содержит Fe_2O_3 в виде вюститита FeO (линия 2,14 Å) и гематита Fe_2O_3 (линии 2,67; 2,53 Å).

Для получения оптимального содержания Al_2O_3 в сырьевой смеси дополнительно использовалась высокоалюминатная глина с содержанием 22,75% Al_2O_3 и отношением SiO_2 к Al_2O_3 , равным 1,54.

Сырьевые смеси рассчитывались с $\text{KH} = 0,92$, $n = 2,2$ и $p = 1,3$ на основе смеси мела и дефектата в соотношении 1: 1 (№1) и на основе чистого дефектата (№2). Установлено, что в сырьевой смеси №1 содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,51$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,70\%$, при использовании чистого дефектата содержание Al_2O_3 снижается до 3,39% и Fe_2O_3 до 2,61%. Поэтому сырьевая смесь №2 рассчитывалась с $n = 2,15$.

Влияние дефектата на процесс минералообразования исследовалось на основе сырьевых смесей №1 и №2, содержащих различное количество дефектата. Реакционная способность сырьевых смесей определялась по содержанию $\text{CaO}_{\text{св}}$ при температурах

1250, 1350 и 1450°C. Установлено, что при температуре 1250°C содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ в спеке смеси №1 равно 18,9%, а в спеке смеси №2-16,1% (рис. 3). С появлением клинкерного расплава возрастает интенсивность процесса минералообразования. Более ускоренное усвоение CaO наблюдается в смеси №2 и при 1350°C, содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ в спеке смеси №1 составило 11,2%, а в спеке смеси №2-8,1%. При температуре 1450°C без выдержки в спеке смеси №2 также наблюдается большая скорость усвоения $\text{CaO}_{\text{св}}$. Так, содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ в спеке смеси №1 составляет 4,7%, в спеке смеси №2-1,5%.

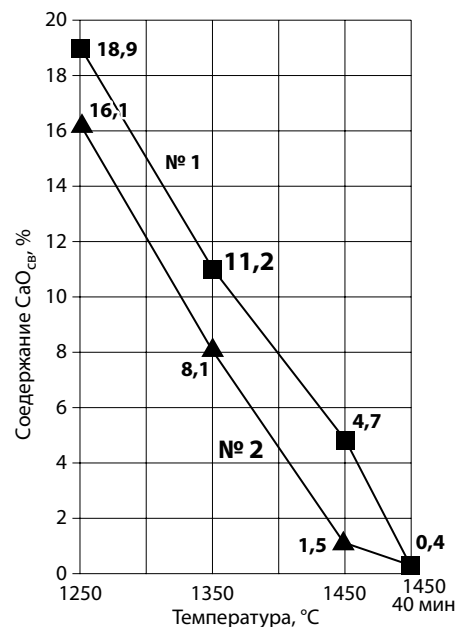


Рис. 3. Усвоение $\text{CaO}_{\text{св}}$ при нагревании сырьевых смесей

Таким образом, процессы минералообразования в сырьевой смеси, содержащей 100% дефектата, протекают интенсивнее, чем в сырьевой смеси, содержащей 50% дефектата, что подтверждается рентгенофазовым анализом спеков. Так, при всех исследуемых температурах спеки смеси №2 содержат меньше неусвоенного CaO и больше образовавшихся клинкерных минералов C_3S и C_2S .

Обжиг цементных клинкеров проводился одновременно в силитовой печи при температуре 1450°C с выдержкой 40 минут. Все клинкера хорошо обожглись, содержание свободной извести — менее 1%. Расчетное содержание алита C_3S в клинкере №1 на основе смеси мела и дефектата в соотношении 1: 1 равно 61%, белита C_2S — 17%, трехкальциевого алюмината C_3A 8%, а сумма минералов плавней (трехкальциевого алюмината C_3A и четырехкальциевого алюмоферрита C_4AF)

составляет 21%. В клинкере №2 на основе чистого дефеката немного меньше C_3S (60%) и C_3A (7,8%) и соответственно сумма минералов плавней (20%), но больше белита (18%). Во всех клинкерах повышенное количество MgO , в клинкере №1-2,28%, а в клинкере №2-2,79%. Сумма нежелательных оксидов SO_3 и R_2O соответственно равна 0,73 и 0,96%.

Прочность лабораторных цементов с удельной поверхностью 300 ± 10 м²/кг определялась в малых образцах размером 1,41×1,41×1,41 см из теста нормальной густоты состава 1: 0. Для сравнения также в малых образцах заформовали промышленный цемент ПЦ 500-Д0 с удельной поверхностью 290 м²/кг и прочностью 52,6 МПа. Затем прочность лабораторных цементов соотносилась с прочностью промышленного цемента, определенной в малых образцах и по ГОСТ 310.4-85.

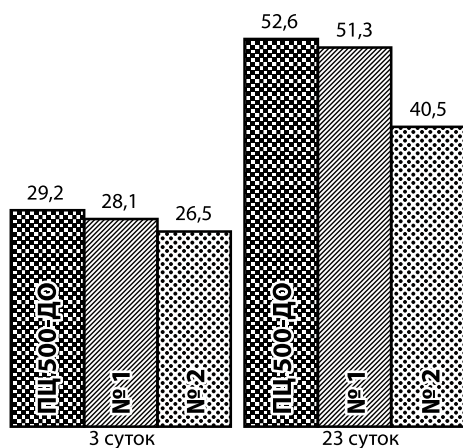


Рис. 4. Прочность лабораторных цементов, МПа

Прочность промышленного цемента ПЦ 500-Д0, определенная по ГОСТу, в возрасте 3 суток составила 29,2 МПа, а в 28 суток – 52,6 МПа. Как видно, прочность лабораторного цемента №1 на основе смеси мела и дефеката в соотношении 1: 1 в возрасте 3 суток составляет 28,1 МПа, к 28 суткам достигает 51,3 МПа, что соответствует марке 500 (см. рис. 4). Использование только дефеката в сырьевой смеси №2 приводит к снижению прочности цемента в 3 суток до 26,5 МПа, а в 28 суток – до 40,5 МПа.

Выводы

Использование дефеката в качестве заменителя карбонатного компонента в количестве 50% позволяет получить сырьевой шлам с требуемыми реологическими свойствами. При обжиге

мело-дефекатного шлама получается высококачественный цемент марки 500. При использовании чистого дефеката в качестве карбонатного компонента сырьевой смеси получается портландцемент только марки 400.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Силин, П. И. Технология сахара. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 624 с.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Косолапов А. И., Косолапова С. А.,
Калиновская Т. Г.

*Институт горного дела, геологии
и геотехнологий Сибирского федерального
университета, Красноярск, Россия*

Одним из показателей, характеризующих технологию разработки месторождений природного камня, служит интенсивность добычи блоков, оцениваемая через скорость продвижения фронта работ, которая зависит как от продолжительности отдельных процессов добычи, так и интервалов времени между ними. Поскольку исследованиями авторов было доказано, что уменьшение интенсивности горных работ позволяет снизить уровень конечных напряжений в камне, а, следовательно, увеличить выход продукции из него, то вопрос выбора рациональной интенсивности имеет важное практическое значение.

Для определения необходимых для этого численных зависимостей на карьерах, разрабатывающих Кибик-Кордонское месторождение мрамора, и ряде гранитных месторождений на протяжении многих лет исследовали динамику коэффициента выхода блоков. При этом были использованы данные маркшейдерских замеров, ретроспективного и перспективного прогноза коэффициента выхода блоков с учетом элементов трещин с их координатной привязкой к площадкам уступов.

В результате было установлено, что относительное снижение коэффициента выхода блоков достигает максимума в июле – месяце с наиболее благоприятными климатическими условиями. Для объяснения этого феномена, по данным десятилетних метеонаблюдений рассчитали значения термических напряжений в мраморе на разной глубине в течение года и определили,