

УДК 666.962

Т. К. Акчурин, А. В. Савченко, Г. П. Губаревич

Волгоградский государственный технический университет

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАГНЕЗИЙ ИЗ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

Приведены краткая характеристика магниезиальных вяжущих материалов, физико-химические основы получения оксида магния. Описаны технологические схемы получения высококачественных магнезий из концентрированных солевых магнийсодержащих растворов (морская вода, рапа Сиваша, бишофит).

К л ю ч е в ы е с л о в а: магниезиальное вяжущее, магнезия, оксид магния, хлорид магния, бишофит, доломит, известняк.

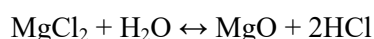
Теоретические основы процесса получения оксида магния

Магниезиальные вяжущие, производимые нашей строительной отраслью в крайне малых количествах, — это основа для высококачественных эффективных конструкционно-теплоизоляционных и отделочных строительных материалов: ксилолита, фибролита, облицовочных плиток, плит искусственного мрамора.

Магниезиальное вяжущее и изделия на его основе давно используются в разных сферах современного строительства. К настоящему времени сформировалась краткая характеристика, отражающая достоинства и недостатки данного материала. К достоинствам относят: высокие прочностные характеристики на сжатие и растяжение [1—3], высокую скорость твердения [4—8], повышенную прочность сцепления с органическими заполнителями (древесными опилками, стружкой и т. п.) [1, 5—10], биостойкость и беспыльность поверхностей [11—13].

Однако, как и у любого другого материала, у магниезиальных вяжущих и изделий, кроме положительных сторон, есть и недостатки, в частности, низкая водостойкость [3], высокие внутренние напряжения в изделиях.

Тяжелые формы магнезий из хлорида магния $MgCl_2$ получают его гидролизом



и окислением



Гидролиз осуществляется при температуре выше 500...510 °С, окисление — в интервале температур 750...950 °С. Оба процесса сопровождаются выделением побочных экологически вредных продуктов, что требует высокоэффективных улавливающих устройств и дополнительных затрат на освоение.

Технологии производства магнезий из концентрированных растворов хлорида магния

В США получение MgO гидролизом $MgCl_2$ осуществляют в крупных масштабах [2]. Разработано проведение этого процесса распылением концентрированного раствора $MgCl_2$ в потоке горячего газа. Запатентовано использование для гидролиза $MgCl_2$ реакционной камеры с фонтанирующим слоем

огнеупорного инертного материала с частицами 3...8 мм. В камеру подают раствор или кристаллический MgCl_2 , продукты реакции, MgO и HCl , выносятся топочным газом и отделяются от него в улавливающих устройствах.

Описан [14] метод конверсии MgCl_2 в MgO и HCl , осуществляемый на заводе International Minerals в Карлсбаде (Нью-Мексико, США), производительностью 10 тыс. т/год 99,5%-го оксида и 54 тыс. т/год 31,5%-й соляной кислоты. Установка перерабатывает отбросный рассол калийного производства. Маточный рассол выпаривают в аппарате с погружным горением до концентрации MgCl_2 32 %. После отделения выпавших солей (кизерита, карналлита и галита) маточный рассол вновь выпаривают до концентрации MgCl_2 50 % и охлаждают на вращающемся барабане. При этом кристаллизуется гекса- и тетрагидрат MgCl_2 . Затем его подают во вращающуюся печь, обогреваемую газовой горелкой, где MgCl_2 гидролизуются. Из печи выходят продукты горения и разложения, содержащие:

13 % газообразного HCl и 22...24 % H_2O , которые последовательного проходят пять поглотительных башен для получения соляной кислоты;

80%-й MgO , содержащий 12 % MgSO_4 и хлориды K^+ , Na^+ , Mg^{2+} .

Оксид после охлаждения гранулируют с добавками для спекания и восстановления, а затем подают во вторую печь, где при 1600...1650 °C улетучиваются NaCl и KCl , разлагается MgSO_4 и образуется гранулированный 99,5%-й MgO . Оксид, полученный гидролизом MgCl_2 , гидратируется очень медленно.

Магнезии с различной степенью активности получают осаждением из хлормagneзевых растворов гидроксида магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), основных карбонатов магния и их последующей термической обработкой.

Содовый способ получения легких магнезий — наиболее старый, заключается в осаждении основного карбоната магния из растворимых солей магния (MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, MgCl_2) содой. В качестве сырья используют природные и промышленные растворы магниевых солей, а также магнезит.

Осаждение основного карбоната магния из растворов хлорида магния или карналлита описано следующим образом [2]. В стальной реактор с паровым барботером и мешалкой заливают раствор соды концентрацией 130...140 г/л. При перемешивании нагревают раствор до кипения и приливают к нему небольшой струей хлормagneзевый щелок или раствор карналлита (150...160 г MgCl_2 /л). Температуру поддерживают выше 90 °C, т. к. при понижении температуры (как и при быстром сливании растворов) образуется плохо фильтрующийся осадок. Затем суспензию кипятят в реакторе в течение 15 мин для разрушения бикарбонатов, осадок отфильтровывают и промывают на фильтре. После промывки паста содержит около 30 % MgCO_3 , приблизительно 15 % MgO и не более 0,055 % Cl^- и 0,5 % Na_2CO_3 (магнезия альба).

Сушку магнезии альба осуществляют в камерных сушилках на алюминиевых противнях или в сушилках ленточного типа до содержания остаточной влаги меньше 0,5 %. Затем магнезию размалывают в мельнице кулачкового-ударного действия, оборудованной воздушным сепаратором и расфасовочным бункером. Выход продукта по MgCl_2 составляет 60...70 % от теоретического, а содержание в нем основного вещества в пересчете на MgCO_3 должно быть не меньше 50 %. На производство 1 т основной углекислой магнезии расходуют: 1,47...1,74 т MgCl_2 (100%-го), 1,73 т кальциниро-

ванной соды (95%-й), 1,75 т условного топлива, 25,98 МДж пара, 230 кВт·час электроэнергии, 25...50 м³ воды.

Прокаливанием основной углекислой магнезии из нее удаляют диоксид углерода и воду и превращают ее в легкие сорта жженой магнезии (магнезии уста) MgO. В производственных условиях прокаливание основного карбоната магния ведут в полочных механических печах при 700...800 °С. В них материал перемещается со свода на свод сверху вниз с помощью гребков, передвигающих его по сводам от периферии к центру на нечетных сводах (считая сверху) и от центра к периферии на четных сводах. Для производства 1 т жженой магнезии из раствора MgCl₂ или карналлита расходуют: 2,55 т MgCl₂ (100%-го), 3,05 т соды (95%-й), 2 т условного топлива, 27,8 МДж пара, 355 кВт·час электроэнергии, 65 м³ воды.

При получении MgO содовым способом из магнезита расходные коэффициенты особенно велики: на 1 т MgO затрачивается около 4 т серной кислоты и около 4 т соды, которые превращаются в отбросный сульфат натрия. Таким способом пользуются только для производства MgO высокой степени чистоты. Этот метод используют на химическом заводе в Ростове-на-Дону. В качестве сырья для получения магнезии уста используют обожженный уральский магнезит, кальцинированную соду и серную кислоту [14].

Саткинский каустический магнезит марки ПМК-90 переводят в сульфат разбавленной до плотности 1,2...1,25 г/см³ серной кислотой. Растворы сульфата магния MgSO₄ и соды при медленном сливании (20 мин) смешивают в специальных реакторах при слабом перемешивании (18 об/мин). Температура пульпы MgCO₃ не должна превышать 35 °С. После смешения мешалку выключают, и пульпа отстаивается около 20 мин, затем ее фильтруют на подвесных центрифугах через льняную ткань. Здесь же на центрифугах осадок MgCO₃ промывают холодной водой до тех пор, пока из раствора не будут удалены ионы SO₄²⁻. Маточный раствор, содержащий около 13 % сульфата натрия Na₂SO₄ и промывные воды с центрифуг сбрасываются в канализацию.

Отфильтрованный и промытый MgCO₃ без предварительной сушки подается на прокаливание в муфельные печи, обогреваемые газом. Температура прокаливания 800 °С, продолжительность 4 ч. Загрузка и выгрузка муфельной печи ручная. Жженая магнезия просеивается через сито 1600 отв./см² и упаковывается в прорезиненные мешки. Выпускаемый продукт соответствует ГОСТ 844—79¹ на магнезию жженую, применяемую в резинотехнической, шинной, электротехнической, химической и других отраслях промышленности.

Основной карбонат магния состава, колеблющегося в пределах от 3MgCO₃ · Mg(OH)₂ · 3H₂O до 4MgCO₃ · Mg(OH)₂ · 4H₂O, свободный от щелочей, кальция, железа и алюмината магния, получают растворением магнезита в 25%-й серной кислоте. Среда все время остается щелочной. Во время растворения через пульпу продувают воздух для окисления Fe²⁺ и Fe³⁺. Основной карбонат осаждают по известковому способу недостаточным количеством соды. Полученный осадок быстро фильтруют, чтобы предупредить образование двойной соли Na₂CO₃ · MgCO₃.

¹ ГОСТ 844—79. Магнезия жженная техническая.
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200018987>.

ООО «УНИХИМ» (Санкт-Петербург, ранее завод «Красный химик») ранее производил магнезии по содовой технологии с предварительным переводом уральского магнезита азотной кислотой в нитрат $Mg(NO_3)_2$. В связи с дефицитностью и высокой стоимостью реагентов некоторое время здесь получали жженую магнезию окислением металлического магния.

Получали жженую магнезию по содовой технологии и другие химические предприятия в России и странах ближнего зарубежья: Березниковский химический завод (банкротство в 2008 г.), Михайловский завод «Химические реактивы» (г. Иркутск Алтайский край), АО «Бром» (г. Красноперекоск, Крым, ранее Перекопский бромный завод).

Как показывает зарубежный опыт, производство MgO из хлормagneзических рассолов для огнеупорной (периклаз) и строительной (магнезиальное вяжущее) промышленности технически наиболее целесообразно осуществлять по известковой технологии с использованием в качестве осадителей обожженной извести или доломита.

Качество готового продукта определяется, главным образом, степенью его чистоты. Основное ограничение к составу продукта — по содержанию оксида кальция. Чтобы обеспечить высокое качество MgO , предусматривается тщательный обжиг осадителя, гарантирующий декарбонизацию карбоната кальция на 98 %.

Технология использования морской воды для производства магния и магнезиальных вяжущих

Производство магния из морской воды известковым способом осуществляется в США с 1928 г. [2]. Морскую воду обрабатывают вначале небольшим количеством $Ca(OH)_2$ в аппарате с вращающимися лопастями с целью флокуляции органических примесей. После осветления в отстойнике воду через песочный фильтр направляют в реактор-отстойник, куда подают и известковое молоко. Раствор из отстойника сбрасывают в море, а пульпу, состоящую из 12 % $Mg(OH)_2$ и 88 % морской воды, содержащей около 3 % солей, промывают противотоком в батарее декантеров пресной водой. В результате промывки концентрация $Mg(OH)_2$ в пульпе снижается до 10 %, а содержание солей уменьшается до 0,05 %. Часть пульпы подвергают карбонизации с дальнейшей переработкой в легкую магнезию. Другую часть пульпы пропускают через сито с 1600 отв./см² и выпускают в виде продукта — магнезиального молока с содержанием 9 % $Mg(OH)_2$. Третью часть пульпы обрабатывают паром и фильтруют на барабанном вакуум-фильтре. Полученную пасту, содержащую 30 % $Mg(OH)_2$, также выпускают в виде готового продукта. Эту же пасту перерабатывают в другие товарные продукты: высушиванием ее в распылительной сушилке получают сухой $Mg(OH)_2$, а прокаливанием его — тяжелую магнезию. Обжигом отфильтрованного $Mg(OH)_2$ при 750...800 °С получают легкую магнезию насыпной плотностью 0,55 кг/л. Тяжелую магнезию с насыпной плотностью 1,9 кг/л получают в результате продолжительного обжига $Mg(OH)_2$ с присадкой Fe_2O_3 при 1700 °С. Кроме известкового молока для осаждения $Mg(OH)_2$ применяют также доломитовое молоко и обожженный доломит.

На рисунке 1 показана схема производства оксида магния из морской воды, по которой работает завод фирмы Kaiser Refractoris (США) [2, 15]. Профильтрованная морская вода ($76 \text{ м}^3/\text{мин}$) дополнительно фильтруется через слой обожженного доломита в трех резервуарах 3 диаметром по 38 м. При этом удаляются растворенная CO_2 и гидрокарбонат кальция (в виде карбоната кальция), содержание CO_2 в воде снижается в 4 раза, а концентрация магния уменьшается на 10 %. Осаждение $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и отделение SiO_2 , Fe_2O_3 и других твердых примесей производят в двух последовательно работающих реакторах 5, в которые вводят обожженный доломит. Суспензия $\text{Mg}(\text{OH})_2$ поддерживается мешалками во взвешенном состоянии и идет в слив, а пульпа поступает во вторичный реактор 6, где образуется добавочное количество $\text{Mg}(\text{OH})_2$, возвращаемого в первичные реакторы. Шлам из вторичного реактора (SiO_2 , Fe_2O_3) направляется в гребковый классификатор 7, а оттуда в отвал. Суспензия $\text{Mg}(\text{OH})_2$ поступает в три параллельно работающих сгустителя 8 диаметром 75 м. Верхний слив сгустителей сбрасывают в море, шлам $\text{Mg}(\text{OH})_2$ подвергают проточной промывке в двух сгустителях 9 (диаметром 75 м), а пульпу, содержащую 25 % $\text{Mg}(\text{OH})_2$, направляют на пять барабанных вакуум-фильтров 10 диаметром 4,2 м, длиной 5,4 м, работающих при 65...70 кПа. Фильтрат возвращают в сгустители, а кек, содержащий 50 % $\text{Mg}(\text{OH})_2$, перерабатывается в магнезию. Часть кека с добавками, понижающими температуру спекания, вводимыми в шаровую мельницу 12, обжигают в печи 13 при 1850°C в течение 2,5...4 ч для получения гранул периклаза. Другая часть кека после шаровой мельницы 12 направляется в подовую печь 14, где образуется активный MgO . Его измельчают и выпускают в качестве готового продукта с размером частиц меньше 0,04 мм. Часть выгружаемого из печи MgO перерабатывается в зерненный продукт с размерами частиц 9 мм. Для этого его пропускают через шаровую мельницу, смешивают с водой в смесителе 17 и брикетируют в прессе 20 под давлением 2 МПа (20 атм). Затем брикеты размером 15...18 мм прокаливают во вращающейся печи в течение 2 часов, охлаждают и дробят. Продукт содержит больше 98 % MgO . По описанной схеме 1 т MgO получают из 273 м^3 морской воды и 1 т обожженного доломита (содержащего 38...40 % MgO).

Первое опытно-промышленное производство MgO для огнеупорной промышленности из морской воды было организовано в Великобритании в западном Хартлпуле в 1937 г. [15]. Мощность этой установки была 10 тыс. т в год. В дальнейшем производство расширялось и совершенствовалось. Завод реконструировался пять раз. В настоящее время производительность завода 152,4 тыс. т (150 тыс. британских т). В последующие годы намечалось расширить производство до 200...250 тыс. т в год, что должно было покрыть всю потребность английской металлургической промышленности в MgO .

В настоящее время известковая технология получения MgO из морской воды и рапы соляных озер достаточно хорошо отработана и широко внедрена не только в США и Великобритании, но также в Германии, Австрии, Мексике и других странах. В нашей стране эта технология находится в стадии исследования и разработки предложений.

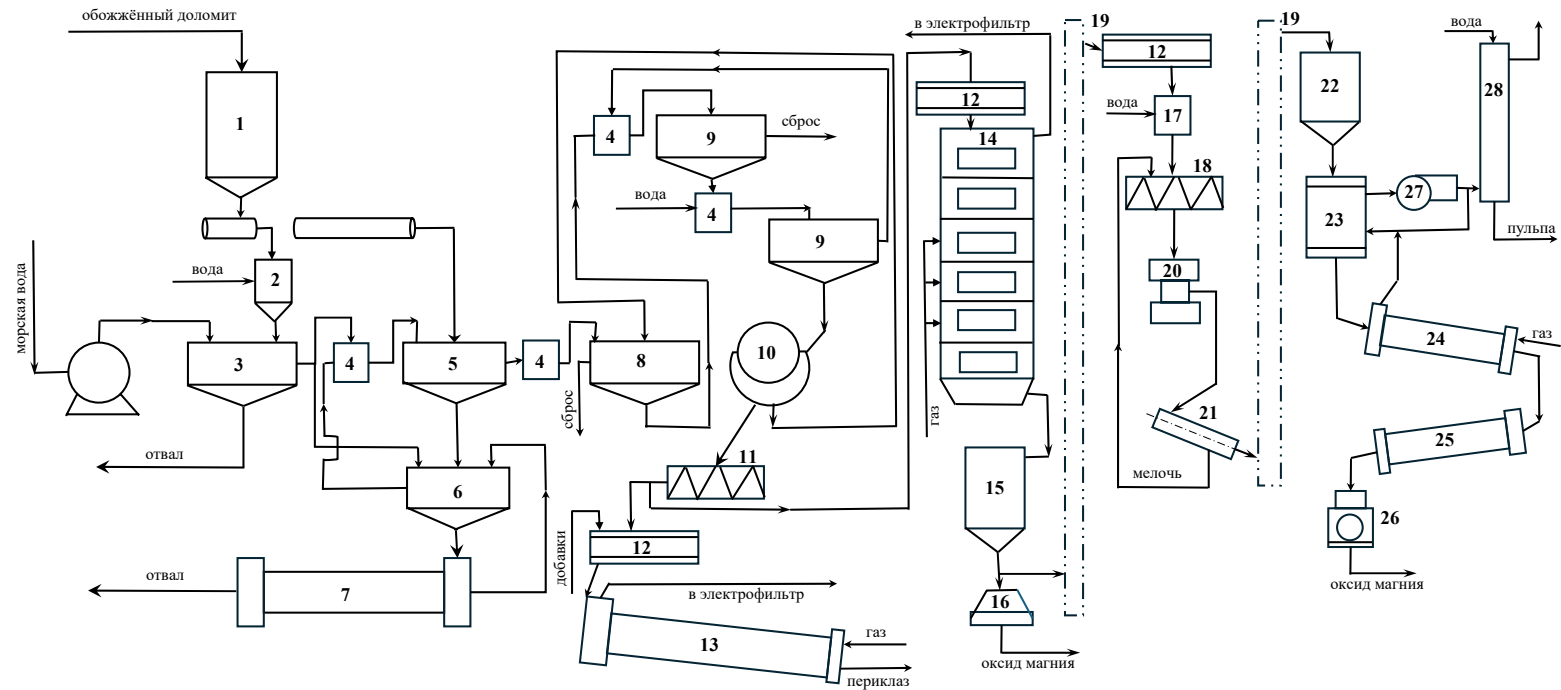


Рис. 1. Схема производства MgO из морской воды на заводе Kaiser Refractories (США):

- 1 — бункер для обожженного доломита; 2 — резервуар для суспензии доломита; 3 — резервуар с доломитом; 4 — резервуар;
 5 — первичный реактор; 6 — вторичный реактор; 7 — гребковый классификатор; 8 — сгуститель; 9 — промывной сгуститель;
 10 — вакуум-фильтр; 11 — шнековый питатель; 12 — шаровая мельница; 13 — печь для периклаза; 14 — подовая печь; 15 — бункер для MgO;
 16 — мельница для тонкого измельчения; 17 — смеситель; 18 — шнек; 19 — элеватор; 20 — брикетный пресс; 21 — сито; 22 — бункер для брикетов;
 23 — подогреватель; 24 — печь для прокаливания брикетов; 25 — холодильник; 26 — дробилка; 27 — вентилятор; 28 — барботатор

Предлагается [6, 15] бассейнный вариант получения MgO для промышленности огнеупоров, включающий четыре основные стадии:

1. Получение из кусковой извести и рассола в проточных кюветах под открытым небом промежуточного продукта в виде кускового оксихлорида магния $3\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, пропитанного магний-хлоридной рапой.
2. Подготовка полупродукта к обжигу, включая измельчение материала с целью вскрытия недожога и контактирования его с готовым рассолом.
3. Обжиг полупродукта для образования хорошо фильтрующегося безводного MgO и перевода недожога и недореагировавшей извести в растворимую форму CaCl_2 (взаимодействие с образующейся соляной кислотой).
4. Выщелачивание спека с целью удаления CaCl_2 водой с небольшой добавкой MgCl_2 и отделения твердой фазы от жидкой с целью получения влажной пасты MgO.
5. Проведение обжига возможно во вращающихся печах, обжиг измельченного полупродукта — в печах с «кипящим слоем».

Еще один, чисто заводской вариант известкового способа, предлагается в следующей форме. Порошок технической извести замешивается с бишофитом или упаренной очищенной рапой, образуя промежуточный продукт. Он обжигается, превращаясь в спек готового безводного MgO, пропитанного безводным CaCl_2 . Спек обрабатывается водой с небольшой добавкой MgCl_2 . После отделения твердой фазы от жидкой получается паста влажного MgO. Вместо порошка извести можно и целесообразно применять порошок обожженного доломита.

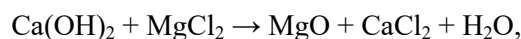
Третий заводской вариант предлагается в качестве нового прямого способа получения MgO из натурального известняка и бишофита. Известняк измельчается в порошок и замешивается с бишофитом. Шихта противотоком поступает в трубную печь, постепенно обезвоживается отходящими газами и в заключительной стадии проходит зону с максимальной температурой порядка 600...700 °С. Спек обрабатывается водой с небольшой добавкой MgCl_2 . После отделения твердой фазы от жидкой получается паста влажного MgO.

Четвертый заводской вариант предлагается в качестве нового прямого способа получения MgO из натурального доломита и известняка. И в том, и в другом случае вместо бишофита можно использовать упаренную обессульфаченную магний-хлоридную рапу, несколько видоизменив способ приготовления исходной шихты.

Одним из перспективных способов получения MgO с малым содержанием CaO является двухфазный процесс обработки морской или озерной рапы известью или обожженным доломитом [2, 15].

Сущность способа заключается в следующем:

1. Неполное (на 85 %) осаждении $\text{Mg}(\text{OH})_2$ известью из раствора MgCl_2 ;
2. Завершение взаимодействия непрореагировавших MgCl_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также CaCO_3 при обжиге:



После отмывки CaCl_2 из обожженного продукта водой получается паста, содержащая (в прокаленном веществе) 97...99 % MgO, 0,1...0,4 % CaO, 0,5...1,8 % CaCO_3 , 0,3...0,7 % Cl. На рисунке 2 представлена схема производства магнезий этим способом.

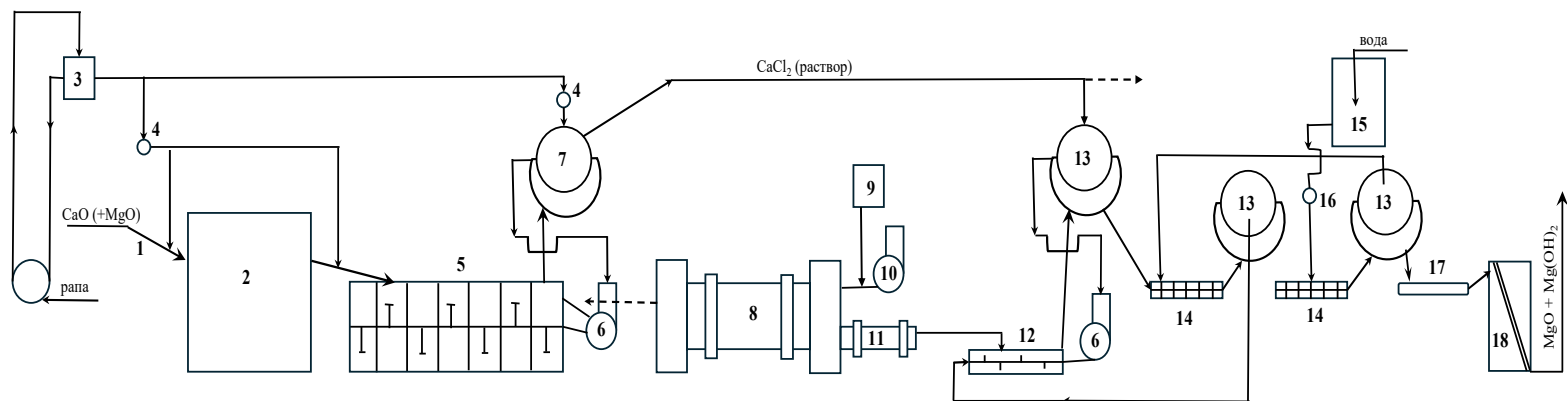


Рис. 2. Схема получения рапного MgO: 1 — желоб для подачи жженого доломита; 2 — машина для гашения; 3 — бак для рапы; 4 — расходомер для рапы; 5 — батареи агитаторов; 6 — шламный насос; 7 — барабанный вакуум-фильтр; 8 — вращающаяся печь; 9 — бак для горючего; 10 — воздуходувка; 11 — холодильный барабан; 12 — агитатор — приемник спека; 13 — дисковый вакуум-фильтр; 14 — репульпатор; 15 — бак для воды; 16 — расходомер для воды; 17 — транспортер; 18 — ленточная сушилка

Обожженный доломит (или комовую известь) орошают небольшим количеством рассола $MgCl_2$ и гасят в машине для безотходного гашения. При этом получается крупитчатая пульпа с твердыми частицами менее 0,5 мм. Рассол дозируют таким образом, чтобы пульпа имела достаточную текучесть, а парообразование при гашении, производящемся при 80 °С, не было чрезмерно интенсивным. Выходящую из гасильной машины 2 горячую пульпу разбавляют дополнительным количеством рассола (до 90 % от общего расхода) и направляют в батарею агитаторов 5, где она перемешивается 1,5 ч, а затем фильтруют. Осадок (кек) пропитывают рассолом $MgCl_2$ в количестве 10...15 % от общего расхода, составляющего 105...110 % от стехиометрического по отношению к извести. Кек, пропитанный рассолом, обжигают в течение 1 ч во вращающейся печи 8 при 800 °С. Отходящие печные газы содержат небольшое количество HCl (они могут быть направлены на подкисление рапы перед извлечением из нее брома или очищены перед выпуском в атмосферу другим способом). Выходящий из печи спек смешивается в холодильном барабане с раствором, полученным при последующей промывке его водой. Магнезиальная паста, полученная после отмывки спека от $CaCl_2$, идет на изготовление магнезитового кирпича.

Применительно к обессульфаченной рапе Сиваша разработана другая схема [2, 6, 8, 15]. Хорошо обожженный доломит (не менее чем на 98 %) гасится небольшим количеством рапы в гасильном барабане. Полученную пульпу направляют в шаровую мельницу, куда добавляют рапу. Здесь происходит гидратация CaO , взаимодействие оксида кальция с $MgCl_2$ и частичная гидратация MgO определенной структуры и размеров. В реакторы поступает слив из классификатора, работающего в замкнутом цикле с шаровой мельницей, а также остальное количество рапы (из расчета общего расхода, равного 110 % от стехиометрического по CaO). Выходящую из последнего реактора магнезиальную пульпу перерабатывают в пасту методом отстаивания, фильтрации, центрифугирования и электроосмотического обезвоживания и затем прокаливают. MgO , полученный по этой схеме из рапы Сиваша в лабораторных условиях, содержал 99,5 % MgO , 0,1 % CaO и 0,2 % SiO_2 .

Обжиг полупродукта по всем предлагаемым выше технологиям сопровождается выделением HCl и требует тщательной очистки печных газов перед выпуском в атмосферу.

Выводы

Изучение отечественного и зарубежного опыта, анализ результатов научно-исследовательских работ, проведенных и опубликованных ранее исследований [16—18] позволяют определить значимость, основные направления и возможности использования бишофитовых месторождений Нижнего Поволжья.

Изучены основные технологические схемы производства MgO и других форм магnezий из концентрированных хлормagneзиевых растворов. Показана перспективность разработки технологии получения магnezий из рассола бишофита, составлена технологическая схема получения магnezий из рассола бишофита, которая будет подробно описана в следующих работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Широкий Г. Т., Юхневский П. И., Бортницкая М. Г. Строительное материаловедение. Минск : Высшая школа, 2015. 464 с.
2. Позин М. Е. Технология минеральных солей. Л. : Химия, 1974. 792 с.

3. Митина Н. А., Лотов В. А., Сухушина А. В. Жидкость затворения для магнезиального вяжущего // Строительные материалы. 2015. Вып. 11. С. 64—68.
4. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительное материаловедение. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 832 с.
5. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные минералы и вяжущие материалы. М. : Инфра-Инженерия, 2011. 544 с.
6. Крамар Л. Я. Теоретические основы и технология магнезиальных вяжущих и материалов : дисс. ... д. т. н. Челябинск, 2007. 335 с.
7. Орлов А. А. Магнезиальное вяжущее низкотемпературного обжига из бруситовых пород и материалы на его основе : дисс. ... к. т. н. Челябинск, 2012. 149 с.
8. Салех Ахмед И. Ш. Волгоградский бишофит. Возможности освоения, глубокой переработки и использование природного бишофита. Волгоград : Перемена, 2010. 433 с.
9. Gur'eva V. A. Application of magnesium-bearing technogenic raw material in the production of decorative-finishing ceramics // Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. Iss. 3-4. Pp. 95—98.
10. Clifford Y. T., Chia-Te T., Ming-Hui C., Hwai-Shen L. Synthesis of Magnesium Hydroxide and Oxide Nanoparticles Using a Spinning Disk Reactor // Ind. Eng. Chem. Res. 2007. Vol. 46. Pp. 5536—5541.
11. Compressive strength of fly ash magnesium oxychloride cement containing granite wastes / L. Ying, Y. Hongfa, Z. Lina, W. Jing, W. Chengyou, T. Yong-Shan // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 38. Pp. 1—7.
12. Yunsong J. A new type of light magnesium cement foamed material // Materials Letters. 2002. Vol. 56. Pp. 353—356.
13. Zeyneb C., Sema (Akyil) E., Sabriye (Doyurum) Y. Magnesium Oxide Nanoparticles: Preparation, Characterization, and Uranium Sorption Properties // Environmental Progress & Sustainable Energy. 2012. Vol. 31. Iss. 4. Pp. 536—543.
14. Пуха И. К. Исследования производства и применения окиси магнезия // Технология переработки природных солей и рассолов. М.-Л. : Химия, 1964. С. 114—149.
15. Акчурун Т. К., Ананьина С. А., Никитин И. И. Перспективы освоения и технологии переработки бишофита волгоградских месторождений : монография. Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 1995. 115 с.
16. Акчурун Т. К., Ананьина С. А. Технология получения магнезиальных вяжущих из хлормagneзиевого сырья // Строительные материалы. 1997. № 8. С. 25.
17. Акчурун Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П. Оптимизация режима обжига гидроксида магнезия и получение минерального вяжущего на его основе // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 109—117. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_109.
18. Акчурун Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П., Стефаненко И. В. Исследование влияния различных добавок на прочностные свойства строительных материалов на основе магнезиальных вяжущих // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 106—113.

© Акчурун Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П., 2025

Поступила в редакцию
15.05.2025

Ссылка для цитирования:

Акчурун Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П. Технологии получения высококачественных магнезий из магнезисодержащих растворов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 40—50. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_40.

Об авторах:

Акчурун Талгатъ Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., проф. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; info@vgasu.ru

Савченко Алексей Владимирович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. математических и естественнонаучных дисциплин, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; savtchenko2@mail.ru

Губаревич Галина Павловна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. математических и естественнонаучных дисциплин, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ggubarevich@mail.ru

Talgat K. Akchurin, Aleksei V. Savchenko, Galina P. Gubarevich

Volgograd State Technical University

TECHNOLOGIES FOR PRODUCING HIGH-QUALITY MAGNESIUMS FROM MAGNESIUM-CONTAINING SOLUTIONS

A brief description of magnesia binders and the physical and chemical principles of obtaining magnesium oxide are given. Technological schemes for obtaining high-quality magnesias from concentrated magnesium-containing salt solutions (sea water, Sivash brine, bischofite) are described.

К е y w o r d s: magnesia binder, magnesia, magnesium oxide, magnesium chloride, bischofite, dolomite, limestone.

For citation:

Akchurin T. K., Savchenko A. V., Gubarevich G. P. [Technologies for producing high-quality magnesiums from magnesium-containing solutions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 2, pp. 40—50. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_40.

About authors:

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Aleksei V. Savchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; savtchenko2@mail.ru

Galina P. Gubarevich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ggubarevich@mail.ru