

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 546.41+622.765.4+677.044.312

КАРБОНИЗАЦИЯ МЕТАСИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ
 В ПЕННОМ АППАРАТЕ

I. ГИДРОДИНАМИКА ПЕННОГО СЛОЯ

М. А. САФАРЯН и Р. С. ГАБРИЕЛЯН

Институт общей и неорганической химии АН Армянской ССР

Поступило 20 IV 1969

Изучен оптимальный режим пенного аппарата при карбонизации пульпы метасиликата кальция. При уменьшении Ж:Т пульпы пенообразование ухудшается. В широком диапазоне содержания твердой фазы в пульпе ($Ж:Т=10:1 \div 3,26:1$) никаких забивок отверстий решеток и ухудшения режима работы аппарата не наблюдалось.

Пенообразование зависит от скорости газа, высоты исходного слоя пульпы, Ж:Т пульпы, поверхностного натяжения, вязкости, удельного веса пульпы, а также от природы газа. Основная масса метасиликата кальция на решетке аппарата превращается в слой пены, начиная со скорости 0,5 м/сек; выше скорости газа 1,5 м/сек начинается брызгообразование.

Получены эмпирические уравнения для подсчета зависимости высоты пенного слоя и гидравлического сопротивления от скорости газа, высоты исходного слоя пульпы и других факторов.

Рис. 5, библи. ссылок 7.

При комплексной переработке нефелиновых сиенитов способом, разработанным Манвеляном, впервые был получен весьма дисперсный и однородный материал — карбонизированный метасиликат кальция, который состоит из свежееобразованных и гомогенно смешанных частиц кремнезема и углекислого кальция почти в эквимолекулярном соотношении. Как показали проведенные нами исследования, подобное состояние невозможно получить путем смешения аморфного кремнезема со свежееосажденным карбонатом кальция.

Карбонизированный метасиликат кальция (КМК) применяется для очистки трансформаторного и турбинного масел в кабельной, резинотехнической, фаянсовой и лакокрасочной отраслях промышленности, в сухих гальванических элементах взамен пшеничной муки и картофельного крахмала [1], в качестве добавок, уменьшающих слеживаемость аммиачной селитры [2].

Работа по карбонизации метасиликата кальция представляет теоретический и практический интерес, так как карбонизация подвергается не раствор, как обычно, а водная суспензия метасиликата кальция. Реакция карбонизации метасиликата кальция — необратимый процесс — при наличии большой поверхности контакта фаз в водных суспензиях протекает хорошо. Нами экспериментально показано, что эта реак-

ния протекает по следующим стадиям: сперва углекислый газ, реагируя с водой, образует угольную кислоту, которая и вступает в реакцию с метасиликатом кальция, разлагая ее. Образование угольной кислоты доказывалось измерением pH жидкой фазы, а также и тем, что карбонизация сухого метасиликата кальция с углекислым газом в кипящем слое не идет, но при увлажнении газа или метасиликата кальция разложение частично протекает:



Процесс поглощения углекислого газа пульпой метасиликата кальция был осуществлен нами в пенном аппарате. Данная работа преследует цель изучить оптимальный режим пенного аппарата при карбонизации пульпы метасиликата кальция.

Описание технологической схемы. Аппарат состоит из винипластовой вертикальной трубы диаметром 60 мм с горизонтальными винилпластовыми решетками. Опыты по гидродинамике проведены с решеткой с живым сечением 3,64%; по карбонизации — с нижней решеткой 3,64% и верхними решетками 9,64%.

Опыты проводились по технологической схеме, представленной на рисунке 1. Из бачка постоянного уровня 1 пульпа метасиликата кальция через подогреватель 2 проходит в расходомер пульпы 3 и пенный аппарат 4. Карбонизированный метасиликат кальция собирается в баке 5. Воздух из РМК-2 через расходомер 6 подается в смеситель, куда подается также углекислый газ из баллона через редуктор. Температура газа регулировалась. Газ насыщался паром с помощью парового вентиля 7. Температура газа и пульпы измерялась термометрами 8 и 9.

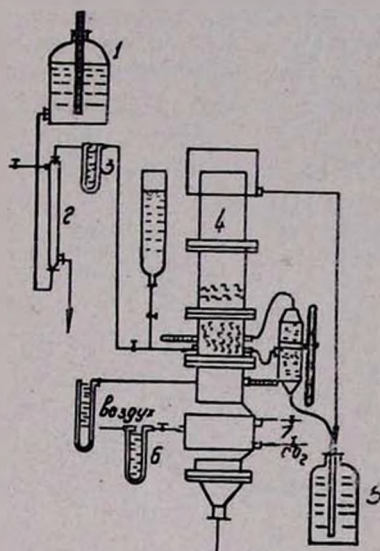


Рис. 1. Технологическая схема получения карбонизированного метасиликата кальция.

Поглощение углекислого газа пульпой метасиликата кальция проводилось при разных значениях скорости газа в полном сечении аппарата, температуры газа и пульпы, Ж:Т и концентрации газа.

Гидродинамический режим пенного аппарата. Высота пены H определяется расстоянием от решетки до среднего уровня верхнего края — полувзвешенного или взвешенного слоя пульпы.

Высота пены является одним из основных показателей пенообразования, позволяющим судить о развитии поверхности контакта фаз. Коэффициент массопередачи, отнесенный к 1 м² площади решетки, зависит от высоты пены, определяющей интенсивность работы пенного аппарата.

Теоретически и экспериментально доказано, что скорость тепло- и массообмена между газом и жидкостью, отнесенная к площади сечения аппарата, определяется, в основном, высотой слоя пены и степенью его подвижности. Поэтому основным критерием при оценке эффективности пенного слоя является удельная высота пены ($H_{уд}$), представляющая собой отношение:

$$H_{ул} = \frac{H}{h_0} = \frac{V_{п}}{V_{ж}} = \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{п}} = \frac{1}{\varphi},$$

где H — высота пены в м, h_0 — высота исходного слоя пены в м, $V_{п}$ — объем пенного слоя в м³, $V_{ж}$ — объем жидкой фазы в слое в м³, $\gamma_{ж}$ — удельный вес пульпы в кг/м³, $\gamma_{п}$ — удельный вес пены в кг/м³, φ — объемная доля пульпы в пене.

В условиях работы пенных аппаратов $H_{ул}$ меняется от 2 до 10. Для определения интенсивности работы пенных аппаратов необходимо сначала найти уравнение гидродинамического подобия для вычисления $H_{ул}$ (или H и h_0), а затем определить условие подобия процессов тепло- и массопередачи в пенном слое заданной высоты [3].

Для исследования влияния скорости газа на пенообразование опыты проводили при скоростях газа в полном сечении аппарата $\omega = 0,5-1,5$ м/сек и Ж:Т пульпы метасиликата кальция от 10:1 до 3,26:1 при температуре 30°; высота исходной пульпы 0,08—0,15 м.

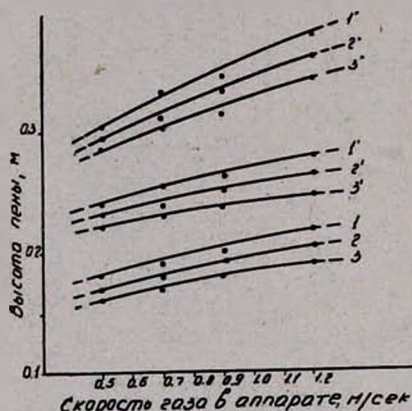


Рис. 2. Зависимость высоты слоя пены от скорости газа: 1, 1', 1'' — $h_0 = 0,08$ м; 2, 2', 2'' — $h_0 = 0,1$ м; 3, 3', 3'' — $h_0 = 0,15$ м; 1', 2', 3' — Ж:Т = 3,26:1; 1'', 2'', 3'' — Ж:Т = 5,26:1; 1, 2, 3 — Ж:Т = 10:1.

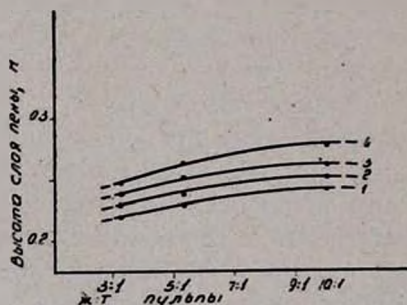


Рис. 3. Зависимость высоты слоя пены от Ж:Т пульпы метасиликата кальция при $h_0 = 0,1$ м. Скорость газа: 1 — 0,5; 2 — 0,7; 3 — 0,9; 4 — 1,2 м/сек.

На рисунке 2 показана зависимость высоты пены от скорости газа в полном сечении аппарата; при скорости 0,5 м/сек основная масса пульпы метасиликата кальция на решетке превращается в слой пены, а при скорости газа выше 1,5 м/сек начинается брызгообразование. На пенообразование влияет также и Ж:Т пульпы метасиликата кальция (рис. 3). При уменьшении Ж:Т пульпы ухудшается пенообразование. Это объясняется тем, что с уменьшением Ж:Т пульпы вязкость ее увеличивается, пульпа начинает частично терять свойства жидкости [4].

В исследованном диапазоне содержания твердой фазы в пульпе метасиликата кальция — Ж:Т = 10:1 + 3,26:1 никаких забивок не наблюдалось. На основании обработки опытных данных высоту слоя пены H при высоте исходной пульпы 0,1 м можно подсчитать в за-

висимости от Ж:Т пульпы и скорости газа в полном сечении аппарата по эмпирической формуле [5, 6]:

$$H = (0,0022 \omega + 0,00077) (Ж:Т) \pm 0,032 \omega + 0,203, \quad (2)$$

Отклонение экспериментальных данных от расчетных по этой формуле составляет $\pm 1,5\%$.

Как видно из рисунка 2, при увеличении скорости газа в полном сечении аппарата и больших Ж:Т пульпы высота слоя пены возрастает [7].

На основании опытных данных получается, что зависимость пенообразования в пульпе метасиликата кальция от высоты исходного слоя пульпы и скорости газа в полном сечении аппарата для разных значений исходной пульпы выражается уравнением:

$$H = \omega (0,135 h_0 + 0,0335) + 2 h_0. \quad (3)$$

На пенообразование незначительно влияет и температура пульпы. Опыты проводились при температурах пульпы и газа от 30 до 60°. Как видно из рисунка 4, при повышении температуры пульпы высота слоя пены увеличивается незначительно.

На пенообразующую способность пульпы метасиликата кальция влияют: ω — скорость газа, h_0 — высота исходного слоя пульпы, Ж:Т пульпы, t — температура пульпы. Вязкость суспензии определяется, как известно, формулой: $\mu_c = \mu_{ж} (1 + 2,5 \varphi)$, где φ — объемная концентрация твердой фазы в суспензии [4], $\mu_{ж}$ — вязкость чистой жидкости.

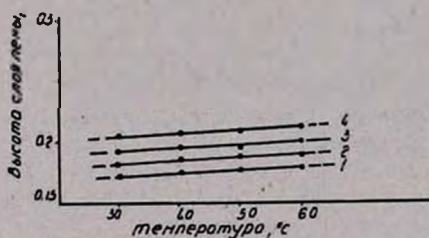


Рис. 4. Зависимость высоты слоя пены от температуры пульпы метасиликата кальция при $h_0 = 0,08$ м, Ж:Т = 5,26:1. Скорость газа: 1 — 0,5; 2 — 0,7; 3 — 0,9; 4 — 1,2 м/сек.

Из уравнения видно, что с уменьшением Ж:Т пульпы метасиликата кальция φ и μ_c увеличиваются. Кроме того, увеличивается и удельный вес пульпы. Как показали опыты, с уменьшением Ж:Т пульпы ухудшается пенообразование. Следовательно, увеличение μ_c и γ_n неблагоприятно влияет на пенообразование. Влияние дисперсности метасиликата кальция на пенообразование нами не исследовалось, так как в нашем распоряжении был только весьма тонкодисперсный однородный материал.

Влияние природы газа на пенообразование нами не исследовалось, так как газовая смесь не содержит значительного количества растворимых в воде компонентов.

Гидравлическое сопротивление пенного аппарата. Гидравлическое сопротивление пенного аппарата складывается из сумм сопротивлений всех решеток и подвижной пены на них.

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где ΔP_1 — сопротивление сухой решетки, ΔP_2 — сопротивление пены.

Гидравлическое сопротивление сухой решетки. Опыты были проведены с применением решеток размерами 1,8/9 и 3,64/0 и 1,8/5,5 9,64/0 и толщиной решетки 3 мм.

Гидравлическое сопротивление пены. Сопротивление пены имеет большое значение, так как оно может служить некоторым критерием

интенсивности работы аппарата, поскольку объем образовавшейся пены и ее сопротивление взаимно связаны. Гидравлическое сопротивление пены зависит от скорости газа в полном сечении аппарата, высоты исходного слоя жидкости и конструктивных параметров решетки.

Как видно из рисунка 5, при постоянной скорости газа гидравлическое сопротивление слоя пены растет пропорционально его высоте, меняющейся при изменении исходного слоя пульпы. Чем больше скорость газа в полном сечении аппарата, тем меньше удельный вес пены и тем ниже ее гидравлическое сопротивление. Опыты про-

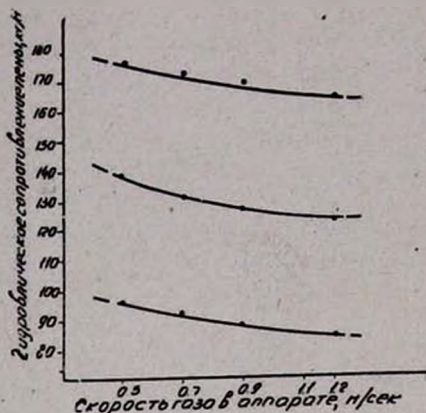


Рис. 5. Зависимость гидравлического сопротивления пены от скорости газа при H : 1 — 0,2; 2 — 0,3; 3 — 0,4 м; $Ж : Т = 5,26 : 1$; $t = 30^\circ$.

водили при $Ж : Т = 5,26 : 1$ и температуре 30° ; свободное сечение решетки 9,64%.

Зависимость гидравлического сопротивления от высоты ее слоя можно подсчитать по эмпирической формуле [6, 7], полученной путем обработки экспериментальных данных:

$$P = 400 H + 18 \omega + 25. \quad (5)$$

Отклонение экспериментальных данных от расчетных по этой формуле составляет 0,25—1,7%.

ԿԱԼՅԻՈՒՄԻ ՄԵՏԱՍԻՆԻԿԱՆԻ ԿԱՐԲՈՆԻՋԱՑԻԱՆ ՓՐՓՐԱՅԻՆ ԱՊԱՐԱՏՈՒՄ

1. ՓՐՓՐԱՇԵՐՑԻ ՀԻՐԱՌԻԱՄԻԿԱ

Մ. Ա. ՍԱՅԱՐՅԱՆ և Ռ. Ս. ԳԱՐԻԲԵՅԱՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Կալցիումի մետասինիկատով ածխաթթու գազի կլանումն իրականացնելու համար առաջարկել ենք փոփրաշերտով աշխատող մի ապարատ, որը նախնական տվյալների համաձայն բարրատաժային, լցվածքային աշտարակների և լվացուցիչ ապարատների համեմատությամբ իրեն լրիվ արդարացնում է,

քանի որ փրփրաշերտերով աշխատող ապարատները էներգիա քիչ են ծախսում, ունեն հիդրավլիկական փոքր գիմադրություն, բարձր օգգ և աբսորբցիայի ու քիմասորբցիայի ընթացքի ինտենսիվության բարձր ցուցանիշներ: Ապարատի ցանցի վրա կալցիումի մետասիլիկատի ապարախլուսի զանգվածը 0,5 մ/լ արագությունից սկսած փոխարկվում է փրփրաշերտի, իսկ 1,5 մ/լ արագությունից սկսած սկսվում է ցալտառաջացումը: 0,5 մ/լ բարձր արագությունների դեպքում կալցիումի մետասիլիկատի ապարախլուսի պինդ ֆազի պարունակության լարի տիրույթում՝ $\lambda : \eta = 10 : 1 + 3,25 : 1$ (պինդ ֆազի պարունակությունը հեղուկում արտահայտված է կշռային միավորներով) ցանցի անցքերի փակում և ապարատի աշխատանքային ռեժիմի վատացում չի նկատվում:

Փրփրառաջացումը կախված է $\lambda : \eta$ հարաբերությունից; գազի արագությունից, փրփրաշերտի բարձրությունից և այլն: $\lambda : \eta$ հարաբերության մեծացման հետ լավանում է փրփրառաջացումը:

Գազի արագությունից և $\lambda : \eta$ հարաբերությունից կախված փրփրաշերտի բարձրությունը ապարախլուսի $h_0 = 0,1$ մ սկզբնական բարձրության դեպքում կարելի է հաշվել հետևյալ էմպիրիկ բանաձևով՝

$$H = (0,0022 \omega + 0,00077) (\lambda : \eta) + 0,032 \omega + 0,203;$$

Փրփրաշերտի բարձրությունը կախված գազի արագությունից և կալցիումի մետասիլիկատի ապարախլուսի սկզբնական շերտի բարձրությունից կարելի է հաշվել հետևյալ էմպիրիկ բանաձևով՝

$$H = \omega (0,135 h_0 + 0,0335) + 2 h_0;$$

Փրփրաշերտի հիդրավլիկական դիմադրությունը կախված է գազի արագությունից, կալցիումի մետասիլիկատի ապարախլուսի սկզբնական շերտի բարձրությունից՝

$$\Delta P = 400 H - 18 \omega + 25;$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. Г. Манвелян, Г. О. Григорян, Бюл. изобретений, 19, 1960.
2. И. Г. Манвелян, Г. О. Григорян, Г. С. Папян, Бюл. изобретений, 20, 1961.
3. М. Е. Позин, И. П. Мухленов, Г. С. Тумаркина, Э. Я. Тарат, Пенный способ обработки газов и жидкостей, Госхимиздат, Ленинград, 1953.
4. А. Г. Касаткин, Основные процессы и аппараты химической промышленности, Госхимиздат, Москва, 1961.
5. Л. М. Батунер, М. Е. Позин, Математические методы в химической технике, Госхимиздат, Ленинград, 1960.
6. К. А. Семендяев, Эмпирические формулы, Госхимиздат, Москва, 1933.
7. К. Н. Шабалин, Трение между газом и жидкостью в технике абсорбционных процессов, Металлургиздат, Свердловск, 1943.