

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 661.842+677.044.312

КАРБОНИЗАЦИЯ МЕТАСИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ
В ПЕННОМ АППАРАТЕ

II. АБСОРБЦИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПУЛЬПОЙ МЕТАСИЛИКАТА
КАЛЬЦИЯ В ПЕННОМ РЕЖИМЕ

М. А. САФАРЯН и Р. С. ГАБРИЕЛЯН

Институт общей и неорганической химии АН Армянской ССР

Поступило 20 IV 1969

Показано, что степень абсорбции углекислого газа при карбонизации пульпы метасиликата кальция в пенном режиме зависит от скорости и концентрации газа; Ж:Т пульпы метасиликата, содержания CO_3^- иона в исходной пульпе, высоты слоя пены и температуры карбонизации.

Получены эмпирические формулы для расчета зависимости поглощения углекислого газа от указанных факторов.

Рис. 6, библиографических ссылок 9.

Целью работы явилось изучение процесса абсорбции углекислого газа пульпой метасиликата кальция в пенном режиме в зависимости от физико-химических и гидродинамических условий: концентрации углекислого газа в газовой фазе, Ж:Т пульпы метасиликата, температуры, линейной скорости газа в аппарате, содержания CO_3^- иона в исходной пульпе (карбонизированный метасиликат кальция).

Ниже приводятся экспериментальные данные, характеризующие степень абсорбции углекислого газа пульпой метасиликата кальция в пенном режиме при различных условиях.

Опыты проводились в двухъярусном пенном аппарате с решетками: нижней со свободным сечением 3,64 и верхней—9,64%. Высота яруса 150 мм (технологическую схему см. [1]).

Скорость газа. Для исследования влияния скорости газа в полном сечении аппарата на степень абсорбции углекислого газа были проведены опыты при разных скоростях и концентрациях газа, разных содержаниях CO_3^- иона в исходной пульпе.

Время соприкосновения частичек метасиликата кальция с углекислотой должно иметь предел, который регулируется линейной скоростью газа [2]. Опыты показали, что повышение скорости газа при одинаковых условиях приводит к понижению степени его абсорбции.

Это объясняется тем, что время соприкосновения газовой и жидкой фаз уменьшается и плохая растворимость карбоната кальция и поверхность жидкой фазы замедляют диффузию поглощаемого углекислого газа из газовой фазы [3].

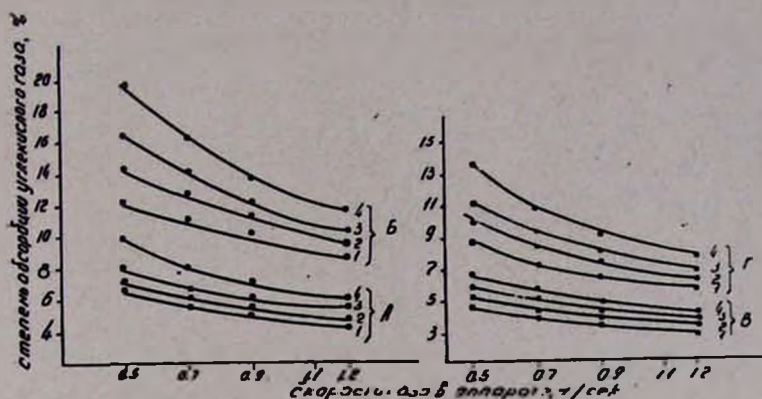


Рис. 1. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от его скорости в полном сечении аппарата: А, Б, В, Г — концентрация газа соответственно 15, 5, 25, 10%; 1, 2, 3, 4 — степень карбонизации исходной пульпы метасиликата кальция соответственно 41,0, 30, 21, 11,5%.

На рисунке 1 показана зависимость степени абсорбции углекислого газа от скорости газа при разных его концентрациях и разных содержаниях CO_3^{2-} иона в исходной пульпе при 50° и $\text{Ж}:\text{Т} = 10:1$. При повышении скорости газа при одинаковых условиях опыта (температура, концентрация газа и т. д.) степень абсорбции углекислого газа уменьшается.

На основании обработки опытных данных степень абсорбции углекислого газа при $\text{Ж}:\text{Т} = 10:1$, температуре 50° и степени карбонизации исходной пульпы метасиликата кальция 11,5% можно подсчитать по эмпирической формуле:

$$\eta = 32,7 (c\omega)^{-0,6}. \quad (1)$$

Ж:Т пульпы метасиликата кальция. Степень абсорбции углекислого газа зависит от Ж:Т карбонизируемой пульпы, так как при разных Ж:Т пульпы число активных частичек метасиликата кальция, реагирующих с углекислотой, разное. С повышением Ж:Т пенообразование улучшается, следовательно, соприкосновение фаз повышается, но соприкосновение частичек метасиликата уменьшается по сравнению с малым Ж:Т пульпы метасиликата.

Для исследования влияния Ж:Т пульпы на степень абсорбции углекислого газа были проведены опыты с разными Ж:Т карбонизируемой пульпы в интервале $\text{Ж}:\text{Т} = 10:1 + 3,26:1$. Ниже $\text{Ж}:\text{Т} = 3,26$ пульпа не вспенивается. Опыты показали, что с понижением Ж:Т повышается степень абсорбции углекислоты.

На рисунке 2 показана зависимость степени абсорбции углекислого газа от Ж:Т карбонизированной пульпы метасиликата кальция при 50° и степени карбонизации исходной пульпы метасиликата кальция 11,5%. Обработка опытных данных показала, что степень абсорбции углекислого газа при концентрации газа 15%, температуре пульпы 50° и степени карбонизации исходной пульпы 11,5% можно подсчитать по эмпирической формуле:

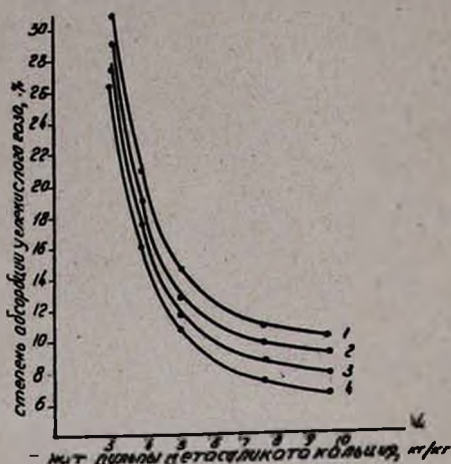


Рис. 2. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от Ж:Т карбонизированной пульпы: 1, 2, 3, 4 — скорость газа в полном сечении аппарата соответственно 0,5, 0,7, 0,9, 1,2 м/сек.

$$\eta = 820 \left(\frac{Ж}{Т} \right)^{-3,1} + 6,5 \omega^{-0,55}. \quad (2)$$

Содержание CO_3^{--} иона в исходной пульпе метасиликата кальция. Так как в карбонизированном метасиликате кальция содержатся также карбонат кальция и аморфный кремнезем, в единичном объеме химическая емкость тем ниже, чем выше содержание CO_3^{--} иона в исходной пульпе метасиликата кальция.

Зависимость степени абсорбции углекислого газа от степени карбонизации исходной пульпы при 50° и Ж:Т = 10:1 показана на рисунке 3.

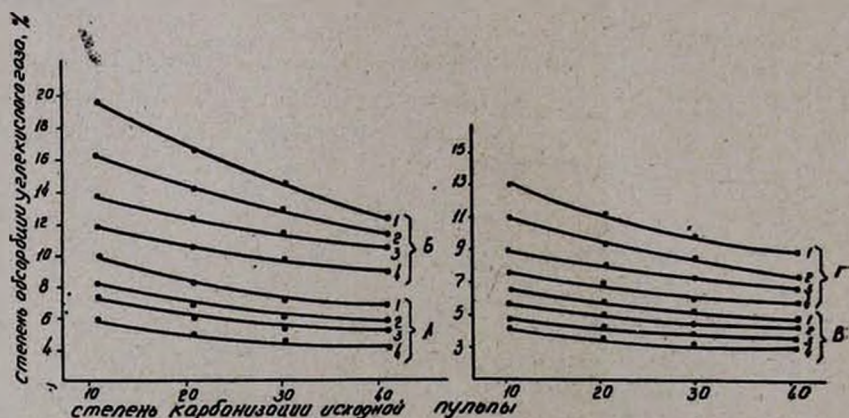


Рис. 3. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от степени карбонизации исходной пульпы метасиликата кальция: А, Б, В, Г — концентрация газа соответственно 15, 5, 25, 10%; 1, 2, 3, 4 — скорость газа в полном сечении аппарата соответственно 0,5, 0,7, 0,9, 1,2 м/сек.

Зависимость степени абсорбции углекислого газа от концентрации, линейной скорости газа и степени карбонизации исходной пульпы

рассчитывается по следующим эмпирическим формулам, выведенным на основании опытных данных [4, 5]: при концентрации газа $c = 10-15\%$ и линейной скорости его $\omega = 0,5-0,9$ м/сек.

$$\eta = [66,92 - 2,444c - (37 - 0,85c)\omega] \cdot K^{(-0,0203c + 0,0463)\omega - (0,0172c - 0,263)} \quad (3)$$

при концентрации газа $c = 15-25\%$ и линейной скорости его $\omega = 0,5-0,9$ м/сек.

$$\eta = [66,92 - 2,444c - (37 - 0,85c)\omega] \cdot K^{(0,0203c + 0,0463)\omega + (1,04 + 0,0396c)} \quad (4)$$

при $c = 10-15\%$ и $\omega = 0,9-1,2$ м/сек.

$$\eta = [42,8 - 1,88c - (19,4 - 1,14c)\omega] \cdot K^{(0,02c - 0,02)\omega + (0,256 - 0,012c)} \quad (5)$$

при $c = 15-25\%$ и $\omega = 0,9-1,2$ м/сек.

$$\eta = [4,422c - 51,73 - (4,077c - 58,825\omega)] \cdot K^{(0,081c - 1,205)\omega - (0,096c - 1,2)} \quad (6)$$

при $c = 5\%$ и $\omega = 0,5-0,9$ м/сек.

$$\eta = (80,1 - 64,25\omega) \cdot K^{0,4125\omega - 0,571} \quad (7)$$

при $c = 5\%$ и $\omega = 0,9-1,2$ м/сек

$$\eta = (24,4 - 2,33\omega) \cdot K^{-0,1c - 0,74} \quad (8)$$

K — степень карбонизации исходной пульпы метасиликата кальция, %.

Температура. Для исследования влияния температуры на степень абсорбции углекислого газа были проведены опыты в температурном интервале от 30 до 60°.

Обработка опытных данных показала, что с повышением температуры до 50° поглощение углекислоты пульпой метасиликата кальция при прочих равных условиях улучшается. Это связано с благоприятным влиянием температуры на скорость химической реакции и в некоторой мере с улучшением пенообразования. При дальнейшем повышении температуры до 60° значение степени карбонизации пульпы уменьшается [6, 7].

На рисунке 4 показана зависимость степени абсорбции углекислого газа от температуры системы при концентрации газа 15% и степени карбонизации исходной пульпы 11,5%.

Зависимость степени абсорбции углекислого газа от температуры и линейной скорости газа при степени карбонизации исходной пульпы 11,5% и концентрации газа 15% можно подсчитать по следующим формулам, которые применены в температурном интервале 30—50° для $Ж : Т = 3,26 : 1$.

$$\eta = \frac{1}{0,073\omega^{0,485} - 0,007t\omega^{0,8}}; \quad (9)$$

для $Ж : Т = 5,19 : 1$

$$\eta = \frac{1}{0,171\omega^{0,455} - 0,0164t\omega^{0,55}}; \quad (10)$$

для $Ж:Т = 10:1$

$$\eta = \frac{7,21 - 3,32\omega}{1 - 10^{-2}t(\omega - 0,65\omega^2 + 0,5)} \quad (11)$$

Концентрация газа. Количество углекислого газа, поглощенного пульпой метасиликата кальция, зависит от концентрации и содержания CO_3^{--} иона в исходной пульпе. Однако степень абсорбции газа при его высоких концентрациях уменьшается. Это подтверждается результатом опытов по карбонизации пульпы в разных концентрациях и объясняется замедленной диффузией в газовой и жидкой фазах в пульпе карбонатного иона [8, 9].

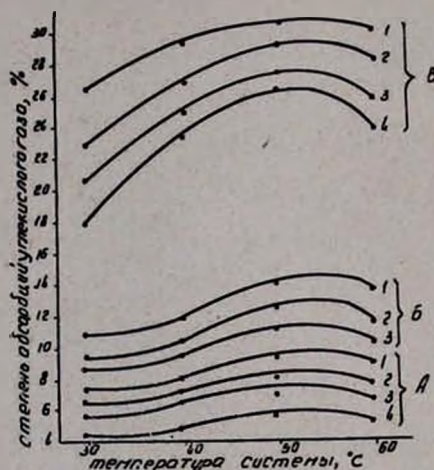


Рис. 4. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от температуры системы: А, Б, В — $Ж:Т$ пульпы соответственно 10:1, 5,19:1, 3,26:1; 1, 2, 3, 4 — скорость газа соответственно 0,5, 0,7, 0,9, 1,2 м/сек.

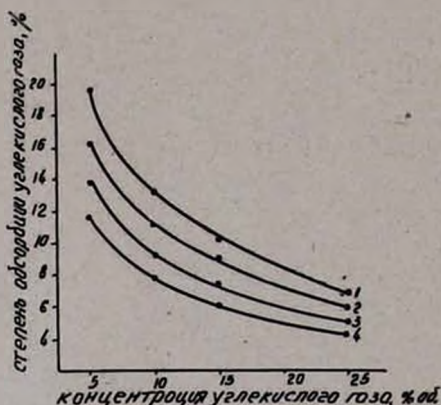


Рис. 5. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от концентрации газа: 1, 2, 3, 4 — скорость газа в полном сечении аппарата соответственно 0,5, 0,7, 0,9, 1,2 м/сек.

На рисунке 5 показана зависимость степени абсорбции углекислого газа от его концентрации.

Высота слоя пены. Абсорбция углекислого газа пульпой метасиликата кальция при данной скорости газа пропорциональна высоте слоя пены в исследованных пределах ее изменения. На рисунке 6 показана зависимость степени абсорбции углекислого газа от высоты слоя пены при 50° , концентрации газа 15% и степени карбонизации исходной пульпы 11,5%.

Уравнение для расчета степени абсорбции углекислого газа в зависимости от высоты слоя пены (H) и скорости газа в полном сечении аппарата (ω) имеет следующий вид:

$$\eta = (19,3\omega + 6,35)H + 2,14\omega + 1,53. \quad (12)$$

Как видно из рисунка 6, с увеличением высоты слоя пены степень абсорбции углекислого газа увеличивается. Значит о степени турбулизации пенного слоя в некоторой мере можно судить по его гидравлическому сопротивлению (Δp). В свою очередь эта величина может служить ориентировочным критерием интенсивности работы аппарата.

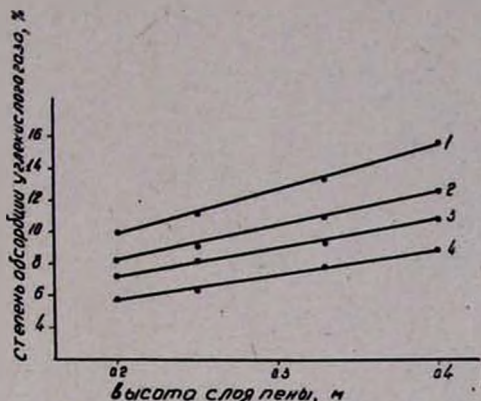


Рис. 6. Зависимость степени абсорбции углекислого газа от высоты слоя пены: 1, 2, 3, 4—скорость газа в полном сечении аппарата соответственно 0,5, 0,7, 0,9, 1,2 м/сек.

Это указывает на то, что степень абсорбции углекислого газа пульпой метасиликата кальция в пенном аппарате пропорциональна количеству энергии, затраченной на вспенивание пульпы метасиликата кальция.

ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄԵՏԱՍԻԼԻԿԱՏԻ ԿԱՐԲՈՆԻԶԱՑԻԱՆ ՓՐՓՐԱՇԵՐՏՈՒՄ

Մ. Ա. ՍԱՅԱՐՑԱՆ և Ռ. Ս. ԳԱՐՐԻԻԼՅԱՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կալցիումի մետասիլիկատի կարբոնիզացիայի ժամանակ ածխաթթվական գազի արսորբցիան կախված է մի շարք գործոններից՝ գազի արագությունը 0,5—1,2 մ/վրկ մեծացման ժամանակ փոքրանում է ածխաթթու գազի արսորբցիան, ապարախլուսի Հ: Պ հարաբերության փոքրացման հետ մեծանում է գազի արսորբցիան, կալցիումի մետասիլիկատի կարբոնիզացիայի աստիճանի մեծացման հետ փոքրանում է գազի արսորբցիան:

Կարբոնիզացիայի պրոցեսի ջերմաստիճանը 30-ից 50°-ի բարձրացմամբ ավելանում է գազի արսորբցումը, իսկ 50—60° բարձրացումը՝ իջեցնում է այն: Դազի խտության մեծացումը փոքրացնում է կալցիումի մետասիլիկատի ապարախլուսի կողմից գազի արսորբումը: Փրփրաշերտի բարձրության մեծացման հետ մեծանում է գազի արսորբումը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. А. Сафарян, Р. С. Габриелян, Арм. хим. ж., 22, 1018 (1969).
2. К. И. Шабалин. Трение между газом и жидкостью в технике абсорбционных процессов, Металлургиздат, Свердловск, 1943.
3. В. А. Рамм, Абсорбционные процессы в химической промышленности, Госхимиздат, Москва—Ленинград, 1951.
4. К. П. Яковлев, Математическая обработка результатов измерений, Госхимиздат, Москва, 1953.
5. Л. М. Батунер, М. Е. Позин, Математические методы в химической технике, Госхимиздат, Ленинград, 1960.
6. М. Е. Позин, И. П. Мухленов, Э. Я. Тарат, Пенный способ обработки газов и жидкостей, Госхимиздат, Ленинград, 1953.
7. С. А. Богатых, Комплексная переработка воздуха в пенных аппаратах, Изд. Судостроение, Ленинград, 1964.
8. Е. И. Далматская, Тр. НИОХИМ, XV, стр. 75, 1963.
9. Е. И. Далматская, ЖПХ, 10, 3 (1967).