DOI - 10.32743/UniChem.2021.84.6.11867

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТРОНЫ

Шаринова Хабиба Тешаевна

канд. техн. наук,
доц. кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Эркаева Назокат Актамовна

докторант (DSc),
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: Serena0288@mail.ru

Вохобова Динора Нигматжон кизи

магистрант,
Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: yakhobova_d@mail.ru

Бахридинова Дурдона Журакул кизи

магистрант, Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Шералиев Сарваржон Ахмадали угли

магистрант,
Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Бегдуллаев Ахмет Кобейсинович

ООО «Кунградский содовый завод»,
Республика Узбекистан, г. Кунград

Каипбергенов Атабек Тулепбергенович

д-р техн. наук, директор НГТИ НФ,
Республика Узбекистан, г. Нукус

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE CARBONIZATION PROCESS OF CALCIFIED SODA IN PRODUCTION TRONA

Khabiba Sharipova

Cand. of technical sciences, associate professor of the department
"Chemical technology of inorganic substances",
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Nazokat Erkaeva

Doctoral student (DSc),
of Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Dinora Vokhobova

Master's student,
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Durdona Bakhriddinova*Master's student,
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Sarvarjon Sheraliev***Master's student,
Tashkent Institute of Chemical Technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Akhmet Begdullaev***LLC "Kungrad Soda Plant",
Republic of Uzbekistan, Kungrad***Atabek Kaipbergenov***Dr. Sci., Director of NGGI NF,
Republic of Uzbekistan, Nukus*

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования влияния концентрации CO_2 в газе, используемого для карбонизации кальцинированной соды, температуры фильтрации, длительности процесса карбонизации на скорость фильтрации и выход продукта. Определены оптимальные технологические параметры процесса карбонизации кальцинированной соды при получении трона.

ABSTRACT

The article presents the results of a study of the influence of the concentration of CO_2 in the gas used for the carbonization of soda ash, the filtration temperature, the duration of the carbonization process on the filtration rate and product yield. The optimal technological parameters of the process of carbonization of soda ash when receiving the throne have been determined.

Ключевые слова: трона, синтетические моющие средства, кальцинированная сода, карбонизация, фильтрация, твердая фаза, жидкая фаза, концентрация, раствор, температура, выход продукции, влажность.

Keywords: trona, synthetic detergents, soda ash, carbonation, filtration, solid phase, liquid phase, concentration, solution, temperature, product yield, humidity.

Введение. Трона – это дигидрат двойной соли карбоната и бикарбоната натрия $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Химическое название — сесквикарбонат натрия. В основе бесфосфатных порошков лежит нанотрона – аналог природного минерала Трона. Этот минерал выполняет роль натурального очистителя и смягчителя воды. Трону широко использовали в тибетской медицине, для бытовых потребностей народов древнего Египта, стран Северной Африки, племен ацтеков, майя. Ее повсеместно применяли для очистки кожи тела, как дезинфицирующее и профилактическое средство, использовали при бальзамировании, поскольку именно наличие этого минерала обеспечивало стерильность [1].

Проблематичность использования природной троны заключается в том, что этот материал очень трудно добывать. Его месторождения находятся только в нескольких местах на планете. Наиболее известные запасы троны находятся в США, Китае, Ближнем Востоке, Кении, Австралии, Ливии, Египте и измеряются триллионами тонн. В естественной среде он встречается с примесями, поэтому перед применением в производстве бесфосфатной химии его нужно очищать. Стоимость очистки одного килограмма колеблется в пределах 5 долларов [2]. Также стоит отметить, что природная трона уже «потратила» значительную часть своих «очистительных сил» в процессе взаимодействия с природными загрязнителями.

Трона является важнейшим компонентом для получения эффективных и экологически безопасных синтетических моющих средств (СМС) по технологии, разработанной в ТХТИ [3-6]. Экспериментально установлено, что при содержании в СМС 80-85% троны, в растворе повышается концентрация ионов кислорода и водорода, выполняющих главную моющую функцию. При этом оказалось возможным отстирывать ткани даже в прохладной воде уже на стадии замачивания. Кроме того, трона смягчает воду и отпадает необходимость добавления в состав СМС фосфатов, оказывающих токсическое воздействие на весь организм человека.

Методика исследований. В работе использовали 25% р-р кальцинированной соды, карбонизированный газом, содержащим 50-100% диоксида углерода. Процесс карбонизации проводили при температуре 30, 80°C в течение 15, 30, 45, 60 минут. После карбонизации суспензию фильтровали. Суспензия, которая подвергалась карбонизации при 30°C фильтровалась при той же температуре. Суспензия, которая подвергалась карбонизации при температуре 80°C фильтровалась при температурах 80, 70, 60 и 50°C. При фильтрации суспензии при различных температурах время фильтрации и количество твердой фазы меняются. Выход продукта определялся весовым методом.

Результаты и их обсуждение. Количество осаждаемой троны при карбонизации содового раствора зависит от концентрации исходного раствора, температуры и степени карбонизации, определяемой как отношение общего содержания CO_2 в осадке и в растворе к общей щелочности исходного раствора.

В таблицах 1-2 показаны результаты влияния содержания CO_2 в газовой фазе, продолжительности и температуры карбонизации на соотношение Ж:Т образующейся суспензии, влажность кека, скорости фильтрации твердой и жидкой фаз, а также на выход продукции. 25%-ный раствор Na_2CO_3 подвергли карбонизации при давлении 1 атм.

Таблица 1.

Влияние технологических параметров на выходные параметры процесса карбонизации при температуре 30°C

№	Содержание CO_2 в газовой фазе, %	Продолжительность карбонизации, мин.	Соотношение Ж:Т	Влажность, %	Скорость фильтрации твердой фазы, кг/м ² с	Скорость фильтрации жидкой фазы, кг/м ² с	Выход продукта, %
1	100	15	5,63:1	42,75	390,48	2270,95	41,0
2		30	4,74:1	37,97	397,80	1885,64	47,4
3		45	3,33:1	36,9	399,06	1352,08	53,85
4		60	2,59:1	35,87	406,46	1029,16	72,46
5	50	15	29,13:1	48,94	250,22	4462,65	9,16
6		30	10,67:1	38,19	358,12	3818,26	23,98
7		45	6,49:1	37,63	380,98	3730,12	37,60
8		60	5,15:1	36,32	397,80	1100,75	45,07

Из табл. 1 видно, что при проведении процесса карбонизации и кристаллизации при 30°C с повышением продолжительности карбонизации от 15 мин до 60 мин при содержании CO_2 в исходном газе 100 и 50% степень выхода твердой фазы увеличивается от 41,0 и 9,16 до 72,46 и 45,07% соответственно [7-9].

Результаты исследований показывают, что при содержании CO_2 100% с увеличением продолжительности карбонизации от 15 до 60 минут соотношение Ж:Т уменьшается от 5,63:1 до 2,59:1, тогда как уменьшение CO_2 в газовой фазе до 50% с увеличением продолжительности карбонизации приводит к уменьшению Т:Ж от 29,13:1 до 5,15:1.

Длительность процесса карбонизации приводит к уменьшению влажности кека. Как видно из табл.1 при карбонизации 25%-ного раствора Na_2CO_3 в течение 15 минут газом, содержащим в газовой фазе 100% CO_2 влажность кека составила 42,75%, а увеличение длительности процесса карбонизации до 60 минут привело к уменьшению данного показателя до 35,87%. Уменьшение CO_2 в газе используемого для карбонизации до 50% привело к увеличению влажности кека в пределах 36,32 – 48,94% при продолжительности карбонизации 15 минут и 60 минут соответственно.

Исследования влияния содержания CO_2 в газовой фазе и продолжительности карбонизации на скорость фильтрации твердой и жидкой фаз показало, что при карбонизации газом, содержащим 100% CO_2 , скорость фильтрации твердой фазы колеблется в интервале

390,48 кг/м²с - 406,46 кг/м²с, снижение концентрации CO_2 до 50% привело к изменению скорости фильтрации кека до 250,22 кг/м²с – 397,80 кг/м²с.

Скорость фильтрации жидкой фазы также меняется в зависимости от концентрации CO_2 , длительности процесса в пределах 1029,16 – 2270,95 кг/м²с и 1100,75 – 4462,65 кг/м²с при 100% и 50% CO_2 соответственно (табл.1).

Выход продукта при температуре 30°C с увеличением длительности процесса карбонизации от 15 минут до 60 минут при карбонизации газом, содержащего 100% CO_2 , увеличивается от 41,00% до 72,46%, тогда как понижение содержания CO_2 в газе до 50% приводит к снижению выхода продукта до 9,16-45,07%.

В таблице 2 даны результаты экспериментальных данных полученных при условии: температура карбонизации – 80°C, кристаллизация при 50°C, Остальные параметры сохранили идентичными первой партии опытов.

При этом видно, что при карбонизации газом, содержащего 100% CO_2 соотношение Ж:Т в суспензии, скорость фильтрации твердой фазы и влажность кека колеблются в интервалах 6,07:1 – 13,51:1; 440,4-668,40 кг/м² сек и 12,80-32,77%, а использование газа, содержащего 50% CO_2 привело к повышению соотношения Ж:Т до 6,84:1 – 25,4:1; скорости фильтрации твердой фазы до 278,5-600,45 кг/мин. Выход продукта уменьшился и составляет 16,74-48,75% и 9,25-24,73% соответственно при применении исходного газа с содержанием 100 и 50% CO_2 .

Таблица 2.

Влияние технологических параметров на выходные параметры процесса карбонизации при температуре 80°C

№	Содержание CO ₂ в газовой фазе, %	Продолжительность карбонизации, мин.	Соотношение Ж:Т	Влажность, %	Скорость фильтрации твердой фазы, кг/м ² с	Скорость фильтрации жидкой фазы, кг/м ² с	Выход продукта, %
1	100	15	13,51:1	14,94	440,47	3462,03	16,74
2		30	14,40:1	20,33	479,91	3379,41	16,80
3		45	9,96:1	12,81	525,73	3056,45	23,01
4		60	6,07:1	32,77	668,43	2834,15	48,75
5	50	15	25,4:1	36,62	278,51	6374,76	9,25
6		30	12,42:1	34,75	460,95	6277,92	14,59
7		45	10,79:1	42,64	510,78	6073,23	19,59
8		60	6,84:1	32,28	600,45	5980,64	24,73

Из таблицы 2 видно, что с увеличением длительности процесса карбонизации при 80°C уменьшается соотношение Ж:Т в суспензии и соответственно повышается скорость фильтрации кека от 440,47 и 278,51 кг/м²с до 668,43 и 600,45 кг/м²с, параллельно с повышением выхода продукта от 16,74 и 9,25% до 48,75 и 24,73% соответственно при применении 100 и 50% CO₂ содержащегося в исходном газе [10-13].

Необходимо отметить, что при проведении карбонизации и кристаллизации при 30°C, длительности процесса карбонизации 60 минут выход продукта достигает до 72,46% и 45,07% при применении 100% и 50% CO₂ соответственно. Повышение температуры процесса карбонизации до 80°C и кристаллизации 50°C при длительности процесса карбонизации 60 минут выход продукта уменьшился в 1,48 и 1,8 раза и составляет 48,75% и 24,73% соответственно при применении углекислого газа с содержанием 100 и 50% CO₂.

Однако, как показывает минералогический анализ проб содержание сесквикарбоната натрия в них больше, чем во втором случае и особенно при применении углекислого газа с содержанием 50%, чем в первом случае.

В виду того, что при карбонизации 25%-ного раствора соды в течение 45 и 60 минут получается наибольший выход продукта, то изучение влияния температуры фильтрации на выход продукции и скорость фильтрации проводилось газовой смесью, содержащей 71,4% CO₂ при температуре 80°C. Было установлено, что увеличение длительности карбонизации от 45 минут до 60 минут приводит к уменьшению жидкой фракции в суспензии от 126,69:1 до 66,37:1 при температуре фильтрации 80°C. Это свидетельствует о том, что в суспензии увеличилось количество сесквикарбоната натрия.

Изучение влияния температуры и длительности процесса карбонизации на скорость фильтрации твердой фазы, показало, что скорость фильтрации данной фракции с повышением температуры от 50°C до 80°C уменьшается от 595,83 кг/м²с при 50°C до 124,95 кг/м²с при 80°C при длительности процесса в течение 45 минут (табл.3). Такая же закономерность наблюдается и при длительности процесса карбонизации в течение 60 минут. Однако, увеличение длительности процесса до 60 минут приводит к увеличению скорости фильтрации твердой фракции. Так, если при карбонизации в течение 45 минут при температуре 80°C скорость фильтрации твердой фазы составляет 124,95 кг/м²с, то при длительности процесса карбонизации в течение 60 минут данный показатель при той же температуре составляет 197,55 кг/м²с [14-16].

Скорость фильтрации жидкой фазы также увеличивается с увеличением длительности карбонизации раствора соды и уменьшением температуры фильтрации. При длительности процесса карбонизации 45 минут и температуре 80°C скорость фильтрации жидкой фракции составила 3161,3 кг/м²с. При карбонизации в течение 60 минут и той же температуре фильтрации этот показатель увеличился до 6532,0 кг/м²с. В этом случае понижение температуры фильтрации приводит к повышению скорости фильтрации жидкой фракции.

Как показано выше, с повышением температуры карбонизации выход твердой фазы уменьшается, однако содержание сесквикарбоната натрия в твердой фазе увеличивается. Поэтому для определения оптимального температурного условия процесса было изучено влияние температуры на процесс фильтрации. Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Влияние технологических параметров на выходные параметры процесса карбонизации

(Концентрация CO_2 – 71,4%, температура карбонизации – 80°C)

№	Продолжительность карбонизации, мин.	Температура фильтрации, °C	Соотношение Ж:Т	Влажность, %	Скорость фильтрации твердой фазы, кг/м ² с	Скорость фильтрации жидкой фазы, кг/м ² с
1	45	80	126,69:1	36,92	124,95	3161,3
2	45	70	26,65:1	33,48	367,9	9780,3
3	45	60	24,35:1	30,75	436,5	9808,1
4	45	50	22,33:1	20,3	595,8	13301,9
5	60	80	66,37:1	22,85	197,55	6532,0
6	60	70	25,26:1	21,92	392,4	10637,0
7	60	60	23,23:1	15,04	2524,5	25805,0

Как видно из таблицы 3, с понижением температуры фильтрации в суспензии увеличивается соотношение Ж:Т, однако снижение его ниже 45-50°C не желательно, поскольку оно приводит к уменьшению содержания сесквикарбоната натрия в продуктах.

Наибольшая скорость фильтрации жидкой фазы 25805,0 кг/м²с наблюдается при карбонизации содового раствора газом, содержащим CO_2 – 71,4% при температуре карбонизации – 80°C в течение 60 минут при температуре фильтрации 60°C. При идентичных условиях скорость фильтрации твердой фазы достигает максимального значения и составляет 2524,5 кг/м²с.

Выводы. Исследован процесс получения сесквикарбоната натрия газо-жидкостным методом путем карбонизации 25%-ного содового раствора

углекислым газом в интервалах температуры 30-80°C. Установлено, что с повышением температуры карбонизации от 30 до 80°C уменьшается выход продукции. Наибольший выход продукции 72,46% наблюдается при карбонизации газом, содержащим 100% CO_2 в течение 60 минут. С увеличением времени карбонизации от 45 минут до 60 минут скорость фильтрации как твердой фазы, так и жидкой фазы увеличивается.

Исходя из выше приведенных данных можно заключить, что оптимальными условиями процесса получения трона из 25%-ного содового раствора при избыточном давлении процесса карбонизации 1 атм. являются: температура карбонизации и фильтрация в пределах 50 - 80°C при продолжительности карбонизации в течение 45-60 мин. с углекислым газом, содержащим 65-75% CO_2 .

Список литературы:

1. Минерал Трона – природный способ стирки и очищения <http://ekoteka.com.ua/stati/mineral-trona-prirodnyy-sposob-stirki-i-ochishcheniya/>
2. Яковец Ю.С. Сода в жизни человека / Ю.С. Яковец, А.В. Нифантьева. // Юный ученый. — 2019. — № 1 (21). — С. 38-42. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://moluch.ru/young/archive/21/1341/> (дата обращения: 23.05.2021). <http://ekoteka.com.ua/stati/mineral-trona-prirodnyy-sposob-stirki-i-ochishcheniya/>
3. Бударрагин А.Н. Современные тенденции рынка бытовой химии в России. Решения «Dow Corning» / А.Н. Бударрагин // Бытовая химия. -2006. - №23.-С.8.
4. Котомин А.А. Исследование моющего действия композиций СМС / Котомин А.А., Якимчук О.Д. // Бытовая химия. -2005. - №20.- С.23.
5. Kaipbergenov A.T., Erkaev A.U., Kucharov B.X. Basis of the obtained sodium sesquicarbonate carbonate and sodium bicarbonate // European science review. Austria. - 2015. - № 5–6. - P.154-160.
6. Эркаев А.У., Каипбергенев А.Т., Кучаров Б.Х., Тоиров З.К. Разработка технологии получения сесквикарбоната натрия газо-жидкостным способом // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – Москва, 2015. - №8-9 (20). Код доступа: <http://universum.com/ru/tech/archive/item/2589>.
7. Николаев П.В. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств: учеб. пособие / Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н.; Иван. гос. хим.-технол. Ун-т. – Иваново, 2007. - 116 с.
8. Эркаев А.У., Каипбергенев А.Т., Кучаров Б.Х., Тоиров З.К. Исследование процесса получения сесквикарбоната натрия жидкофазным способом // Химия и химическая технология. Ташкент. – 2015. - №3. - С.6-9.
9. Эркаева Н.А., Кучаров Б.Х., Эркаев А.У., Реймов А.М., Каипбергенев А.Т. Development of technology of potassium percarbonate production. // Наука и образование в Каракалпакстане.- Нукус, 2019. №1. - P. 26-33.

10. Эркаев А.У., Каипбергенов А.Т., Рамбергенов А., Оспанова С.С., Тоиров З., Бурашов Н. Исследование процесса получения сесквикарбоната натрия // Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности: Респ. науч. -техн. конф. – Ташкент-Кунград. 2010. С. 132-133.
11. Патент США №6270740. Способ получения модифицированных кристаллов карбоната натрия для получения бикарбоната натрия / James Milo Shepard, Victor Eugene // 2001-08-07. Р.10.
12. Технологический регламент отделения АОКФ. Кунградского содового завода. -2005. –148 с.
13. Эркаева Н.А., Шарипова Х.Т., Каипбергенов А.Т., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х. Влияние состава моющих композиций на их функциональные показатели. // Узбекский химический журнал. Ташкент. - 2019. - №3. - С. 76-83.
14. Эркаева Н.А., Эркаев А.У., Каипбергенов А.Т., Якубов Р.Я., Тоиров З.К./ Разработка состава и технологии синтетических моющих средств технического назначения на основе сырья Узбекистана. // Химия и химическая технология. Ташкент. – 2012. - №2. - С. 5-11.
15. Эркаева Н.А, Уринова З, Кучаров Б.Х, Тоиров З.К, Эркаев А.У. Получения синтетических моющих средств технического назначения на основе калийной “супер-щелочи” и активных добавок // VI международная научно-техническая конференция «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития» 14-16 мая 2013 год.-Навои, Узбекистан. С.395-396.
16. Эркаев А.У., Каипбергенов А.Т., Якубов Р.Я., Рамбергенов А.К., Оспанова С.С. /Физико-химические основы получения троны из карбоната и бикарбоната натрия. // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент. - 2011. - №6. - С.16-22.