

УДК 66.021.3

Долженкова Т.Ю., Кузьмин Д.А., Мосеева В.С., Букин А.Н.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА НАСАДКИ И СПОСОБА ЗАПУСКА КОЛОННЫ ПРИ МАЛЫХ ПЛОТНОСТЯХ ОРОШЕНИЯ

Долженкова Татьяна Юрьевна, студент 5 курса кафедры технологии изотопов и водородной энергетики, email: dolzhenkova.ty@yandex.ru;

Кузьмин Дмитрий Артурович, студент 5 курса кафедры технологии изотопов и водородной энергетики;

Мосеева Валерия Сергеевна, студент 6 курса кафедры технологии изотопов и водородной энергетики;

Букин Алексей Николаевич, к.т.н., с.н.с. кафедры технологии изотопов и водородной энергетики;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, Миусская площадь, д. 9

Произведен выбор материала спирально-призматической насадки и способа его обработки применительно к маломасштабным процессам на основании полученных результатов по статической задержке и удельной поверхности контактных устройств. Проведено исследование зависимости эффективности массообмена на спирально призматической насадке из оксидированной меди от способа предварительной подготовки насадки.

Ключевые слова: контактные устройства, спирально призматическая насадка, массообмен, методы обработки контактных устройств.

SELECTION OF THE MATERIAL OF THE PACKING AND THE COLUMN STARTING MODE IN THE CONDITIONS OF THE SMALL IRRADIATION DENSITY

Dolzhenkova T.Y., Kuzmin D.A., Moseeva V.S., Bukin A.N.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The material of the spiral-prismatic packing and the method of its treatment for small-scale processes are selected based on the results obtained about the static delay and the specific surface of the contact devices. A research was made of the dependence of the mass transfer efficiency on a spiral-prismatic packing made of oxidized copper on the packing preparation method.

Keywords: contact devices, spiral-prismatic packing, mass transfer, methods of treatment of the contact device

В химической промышленности для массообменных процессов в колоннах изотопного обмена обычно используются регулярные насадки, обладающие большой пропускной способностью. Как правило, такие контактные устройства дороги и обладают меньшей эффективностью по сравнению с насадками насыпными. В маломасштабных установках, где нет больших потоков, но необходима высокая разделительная способность, целесообразно использовать нерегулярные контактные устройства. Спирально - призматическая насадка Левина (СПН) является хорошим вариантом для таких процессов в силу невысокой стоимости и доступности. Данные контактные устройства хорошо зарекомендовали себя в процессах фазового изотопного обмена в колоннах диаметром до 100 мм [1,2].

Из литературных данных [3,4] известно, что ВЭТС в значительной мере зависит от материала насадки, выбор которого обусловлен различными факторами: механической прочностью, устойчивостью к воздействию реакционной среды, смачиванием и применимостью материала в конкретном процессе. Поэтому первым этапом исследований стал выбор материала и способа его обработки (табл.1). Исследуемый процесс фазового изотопного обмена проводился при малой плотности орошения, следовательно, образующаяся на контактных устройствах плёнка жидкости очень

тонкая. Поэтому критерием выбора являлась величина развитости поверхности, о которой можно косвенно судить по удерживающей способности насадки и ее удельной поверхности. Рассчитанная геометрическая поверхность насадки не отражает реальную величину поверхности, поэтому в ходе данной работы была получена оценочная величина общей поверхности методом низкотемпературной адсорбции азота. Статическая задержка определялась весовым способом, рассмотренным в работе [5].

Из представленных в таблице 1 данных видно, что замена используемого на практике кислотного травления насадок из нержавеющей проволоки на высокотемпературный отжиг не приводит к существенному увеличению статической задержки (см. табл.1 № 3,4). Наибольшее значение статической задержки получается на СПН-Al (см. табл.1 №2) при ее травлении в растворе щелочей. Исследование, проведенное в работе [3], показало, что СПН-Al является высокоэффективной даже при минимальных плотностях орошения. Однако образующийся при травлении на поверхности оксидный слой является механически нестойким и разрушается при длительной эксплуатации. Следовательно, в маломасштабных процессах целесообразнее использовать СПН-Cu, обладающую высоким значением удерживающей способности и достаточной механической прочностью.

Таблица 1. Влияние материала и способа обработки насадки на удерживающую способность.

№	Насадка (размер, мм)	Материал	Способ обработки	$\Delta H_{\text{стат}}, \%$	Насыпная плотность, г/см ³	Полная поверхность, $S_{\text{п}}, \text{м}^2/\text{м}^3$	Геометрическая поверхность, $S_{\text{г}}, \text{м}^2/\text{м}^3$
1	СПН-Cu 3x3x0,2	Медь	Химическое чернение в растворе «ЭКOMET»	4,12	0,94	451200	2072
2	СПН-Al 6x6x0,4	Алюминий	Травление в растворе щелочей	4,98	0,60	1290000	11077
3	ЭСПН-нерж 2x4x0,2	Легированная сталь	Высокотемпературный (700°C) отжиг на воздухе	2,58	0,99	57420	2538
4	СПН-нерж 3x3x0,2	Легированная сталь	Кислотное травление	2,3	0,84	36120	2154

Вторым этапом настоящей работы стало определение параметров массообмена на СПН-Cu в процессе фазового изотопного обмена воды. Исследования проводились на установке, представленной на рисунке 1.

Массообменные величины определялись на основе экспериментальных данных по методике, описанной в работе [4]. Было выбрано 3 основных режима: 1 – насадка предварительно высушена и хранилась на воздухе; 2 – насадка предварительно затоплена; 3 – насадка влажная после затопления и слива всей воды. Значения массообменных характеристик (ВЭТС, ВЕП), мольного соотношения потоков (λ) и величины расхождения материального баланса (Δ) представлены в таблице 2.

Из представленных результатов видно, что при переходе от затопленной СПН-Cu к сухой ВЭТС увеличивается в 33 раза. Аналогичные исследования, проведенные в работе [4] на регулярной насадке Sulzer-CY типа из медной оксидированной проволоки, показали, что различие в ВЭТС в зависимости от варианта запуска составило всего лишь 2,3 раза. Для выявления возможных причин

было проведено исследование внешнего вида контактных устройств на сканирующем электронном микроскопе (рис.1).

Таблица 2. Массообменные характеристики СПН из оксидированной меди

№	Способ подготовки	ВЭТС, см	ВЕП, см	$\lambda_{\text{кон}}$	$\Delta, \%$
1	Сухая насадка, длительное хранение на воздухе	58,8	47,8	0,71	6
2	Насадка затоплена	1,5	1,41	0,92	10
3	Хранение в течение 16 часов во влажном состоянии без доступа воздуха	1,85	1,69	0,88	5

($T=25^\circ\text{C}$, $G_{\text{возд}}=2\text{ м}^3/\text{ч}$, $D_{\text{кол}}=32\text{ мм}$, $H_{\text{нас}}=60\text{ мм}$)

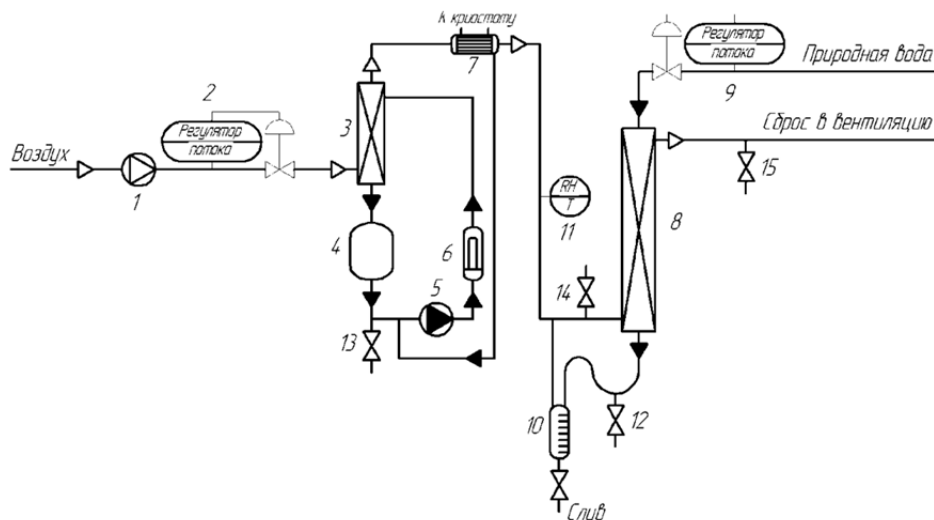


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1. Воздушный компрессор; 2. Контроллер потока воздуха; 3. Насытительная колонна; 4. Емкость с тритированной водой; 5. Перистальтический насос; 6. Электрический нагреватель; 7. Теплообменник (охлаждается криостатом, на схеме не показан); 8. Колонна фазового изотопного обмена (скруббер); 9. Контроллер орошающей воды; 10. Калиброванная емкость для измерения потока; 11. Термогигрометр; 12,13. Отбор проб по жидкости; 14,15. Отбор проб по газу.

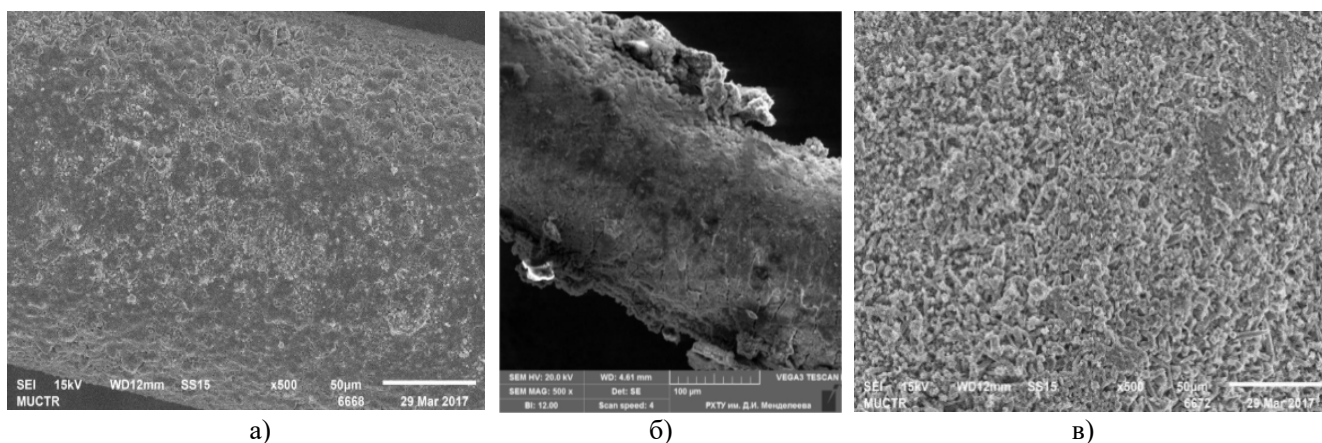


Рис. 2. Фотография проволоки насадок (а – СПН-Cu, б – Sulzer CY-типа, в – СПН-Al)

На основании проведенного анализа можно предположить о двух основных причинах расхождения значений массообменных характеристик:

1) Способ оксидирования меди. Сравнение внешнего вида проволоки СПН-Cu и Sulzer CY-типа (рис.2а и 2б) показывает, что способ чернения фирмы Sulzer эффективнее и позволяет достичь более развитой поверхности, а, следовательно, лучшего распределения жидкости. Косвенным подтверждением данного предположения являются эксперименты на алюминиевой насадке [3], где за счет создания высокоразвитой поверхности (см. рис.2в и табл.1 №2) удалось добиться постоянного значения ВЭТС и ВЕП при разных способах запуска колонны.

2) Минимальная толщина пленки жидкости. Насыпные насадки обладают заметно большим значением удельной поверхности по сравнению с регулярными (для Sulzer CY-типа из медной проволоки $S_f=700 \text{ м}^2/\text{м}^3$). При минимальных плотностях орошения, характерных для фазового изотопного обмена, толщина пленки жидкости не превышает 20-100 мкм, что недостаточно для полного смачивания насадки. Чем больше удельная поверхность насадочных элементов, тем выше требования к равномерному распределению потока жидкости, а, следовательно, к способу запуска колонны.

Таким образом, для достижения максимальной эффективности массообмена при малых плотностях орошения в маломасштабных колоннах, заполненных спирально-призматической насадкой из оксидированной меди, возможны следующие решения:

- предварительно затопить насадку, а в дальнейшем хранить ее без контактов с внешней средой во избежание испарения жидкости;

- поиск нового способа чернения или иных возможностей для достижения более развитой поверхности медной насадки.

Авторы работы выражают благодарность Центру коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева за проведенные исследования по определению удельной поверхности насадочных элементов и получению снимков проволоки на сканирующем электронном микроскопе.

Список литературы

1. Зельвенский Я.Д., Титов А.А., Шальгин В.А. Ректификация разбавленных растворов. — Л.: Химия, 1974. — 216 с.
2. Марунич С.А. Фазовый изотопный обмен как метод очистки воздуха от паров тритированной воды: диссертация канд. техн. наук. – М., 2012.
3. Сумченко А.С., Букин А.Н., Марунич С.А. Исследование эффективности массообмена на алюминиевой спирально призматической насадке // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28, №. 9. – С. 13-15
4. Сумченко А. С., Букин А. Н., Марунич С. А. и др. Влияние способа запуска насадочной колонны на эффективность процессов ректификации воды и детритизации газов методом фазового изотопного обмена // Теоретические основы химической технологии. — 2015. — Т. 49, №. 3. — С. 267-276
5. Иванова А.С., Букин А.Н., Марунич С.А. Способы определения общей и динамической задержки в насадочных колоннах // Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т.29, №. 6. – С. 45-47