



“Fizika-2005”
Beynəlxalq Konfrans
International Conference
Международная Конференция

7 - 9 **İyun** **June** **2005** №114 **səhifə** **page** **430-433**
İyün **June** **2005** №114 **стр.**

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан



РЕГЕНЕРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

БОЛОГА М.К., МАКСИМУК Е.П.

*Институт прикладной физики Академии Наук Республики Молдова
ул. Академическая 5, г. Кишинев, МД-2028, Молдова
тел. (37322) 73-81-21; MBologa@phys.asm.md; maximuk@phys.asm.md*

На основе экспериментальных исследований разработана электротехнология и электрогидродинамическое оборудование для регенерации технологических жидкостей методом ректификации в электрическом поле. Показано, что регенерация обеспечивает глубокую и комплексную очистку растворителей от воды, органических загрязнений и взвешенных механических микропримесей, а предложенные электрогидродинамические массообменные аппараты превосходят наиболее эффективные традиционные колонны, как по диффузионным, так и гидродинамическим характеристикам.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Известно, что технология регенерации отработанного органического растворителя, а также требования к чистоте регенерированного зависят от технологического процесса, в котором он использовался, и где будет повторно применяться после регенерации. Например, это может быть обезвоживание и обезжиривание деталей или их отмывка от каких-либо покрытий. Естественно, характер загрязнений в этих случаях различен, что требует разных аппаратурно-технологических схем и оборудования для проведения регенерации.

В данной работе проблема регенерации отработанных органических жидкостей рассматривалась применительно к растворителям, используемым в электронной промышленности. Технические условия при производстве ЭВМ нового поколения диктуют высокие требования к чистоте органических растворителей, применяющихся для очистки деталей и сборочных единиц, поскольку это непосредственно влияет на качество и работоспособность выпускаемых изделий [1].

С другой стороны, на предприятиях электронной промышленности существует проблема утилизации отработанных растворителей. Имеется отраслевой стандарт [2], который распространяется на производство изделий электронной техники и регламентирует технологический процесс регенерации органических растворителей, применяющихся для очистки деталей и сборочных единиц. Согласно предусмотренным требованиям, процесс регенерации заключается в отделении растворителей от органических загрязнений,

механических примесей и воды методом ректификации. На регенерацию должны поступать растворители, содержащие масложировые загрязнения в количестве не более $1 \cdot 10^{-2}$ г/см³, а воды - не более 60% (об.). Несмотря на действие стандарта, на многих предприятиях электронной промышленности проблема утилизации отработанных растворителей решается путем их сжигания в котлах-утилизаторах. Естественно, это требует постоянной закупки новых достаточно дорогих высокочистых растворителей, ведет к удорожанию продукции и ухудшению экологической обстановки. Данное решение проблемы обусловлено следующими обстоятельствами. Особенность технологического процесса по производству электронной техники состоит в том, что количество образующихся отработанных растворителей на отдельном предприятии относительно невелико и составляет не более 5 тонн в месяц. С учетом этого, для регенерации отработанных растворителей требуются небольшие компактные установки, обладающие высокой разделяющей способностью, малым гидравлическим сопротивлением, незначительной задержкой по жидкой фазе, способностью перерабатывать жидкости, содержащие механические взвешенные частицы.

Использование традиционных тарельчатых колонн для решения поставленной задачи не эффективно. Относительно низкая разделяющая способность этих аппаратов требует изготовления колонн большой высоты, для размещения которых необходимы высокие этажные помещения. Большие капитальные затраты на изготовление оборудования и строительство специальных помещений делают экономически невыгодной регенерацию отработанных растворителей. В этом отношении насадочные колонны более предпоч-

тительны, поскольку относительно высокая разделяющая способность этих массообменных устройств обеспечивает значительное уменьшение габаритов оборудования и снижение капитальных затрат. Однако насадки обладают другими негативными особенностями. В частности, по мере эксплуатации насадки постепенно заносятся “грязью” (механическими примесями), повышается их удельное гидравлическое сопротивление и через некоторое время требуется их замена. Кроме того, насадки обладают высокой задержкой по жидкой фазе и относительно низкой производительностью. Анализируя приведенные исходные данные для решения задачи регенерации отработанных органических растворителей, а также возможности и особенности известного ректификационного оборудования, следует отметить, что ни тарельчатые, ни насадочные ректификационные колонны не отвечают в полной мере необходимым требованиям. В этой связи определенный научный и практический интерес представляет исследование возможности использования принципиально новых высокоэффективных массообменных аппаратов – электрогидродинамических (ЭГД) ректификационных колонн [3-5]. Данные аппараты являются принципиально новыми массообменными устройствами, в которых интенсификация и управление массообменом осуществляется с помощью электрического поля. Проведенные ранее исследования показали [6-8], что из предложенных ЭГД способов интенсификации массообмена наиболее эффективным является проведение массообменных процессов в режимах ЭГД диспергирования жидкости. При этом ЭГД контактные устройства с искусственной шероховатостью превосходят наиболее эффективные насадочные колонны как по диффузионным, так и по гидродинамическим характеристикам, обладая дополнительными преимуществами. Настоящее исследование проводилось на экспериментальной установке, описанной ранее [7, 8]. Работа ЭГД массообменного аппарата осуществлялась в режиме периодической ректификации с одновременной загрузкой куба исходным продуктом. Высота контактного устройства составляла 1 метр.

Процесс регенерации заключался в отделении воды, органических загрязнений и механических примесей от растворителей, использованных для обезжиривания и обезвоживания деталей, а также в очистке спирто-бензиновой смеси от флюса, переходящего в нее при отмывке печатных плат. В первом случае в качестве рабочих жидкостей использовались смеси этиловый спирт-вода; ацетон-вода, а во втором – реальная спирто-бензиновая смесь с содержанием канифольного флюса 4%, полученная с Кишиневского ПО “Сигма”. Состав смесей этиловый спирт-вода, ацетон-вода определялся с помощью газожидкостного хроматографа. Эффективность очистки от механических микропримесей анализировалась на лазерном анализаторе микрочастиц ЛАМ-1. Содержание канифоли в спирто-бензиновой смеси определялось по методике, описанной в технологической инструкции ПО “Сигма”. Метод основан на прямой зависимости кислотности спирто-бензиновой смеси от процентного содержания канифольного флюса.

Результаты исследования регенерации смесей этиловый спирт-вода на ЭГД массообменном аппарате представлены на рис. 1-2. Экспериментальные данные обрабатывались в виде зависимостей абсолютного и относительного числа единиц переноса на погонный метр высоты массообменного участка от напряженности электрического поля. Согласно требованиям к регенерированному растворителю [2], содержание воды не должно превышать 12 % (об.). Электрогидродинамический ректификационный аппарат с контактным устройством метровой длины в широком диапазоне флегмовых чисел обеспечивает концентрацию растворителя в регенерате более 92%(об.) при остаточной концентрации в кубовой жидкости до 1%(об.).

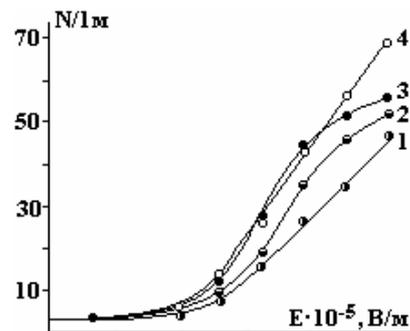


Рис. 1. Зависимость эффективности массообменного участка с зубьями от напряженности пульсирующего (1-3) и переменного (4) полей для смеси этанол-вода при числах Re: 3900 (1); 1600 (2); 860 (3); 3700 (4)

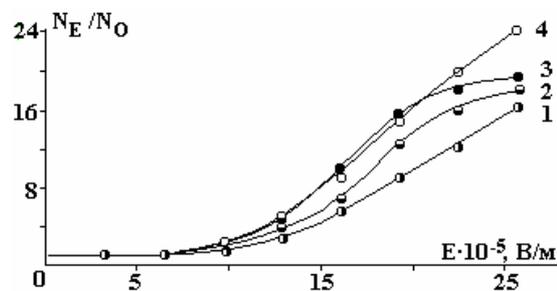


Рис. 2. Зависимость относительной интенсификации массообмена в участке с зубьями от напряженности пульсирующего (1-3) и переменного (4) полей для смеси этанол-вода при числах Re: 3900 (1); 1600 (2); 860 (3); 3700 (4)

Помимо требований к концентрации растворителя в регенерате, отраслевой стандарт [2] не допускает наличия в нем нерастворимых веществ, видимых невооруженным глазом. Регенерация на ЭГД ректификационном аппарате обеспечивает выполнение и этого условия. Более того, очистка позволяет значительно уменьшить количество микропримесей, взвешенных в жидкости и невидимых невооруженным глазом. В таблице 1 представлены опытные данные двукратных экспериментов по очистке смеси ацетон-вода от взвешенных микропримесей при ректификации на ЭГД массообменном аппарате. При разработке технологического регламента на процесс очистки спирто-бензиновой смеси от флюса необходимо знать предельные потери растворителя с флюсом. Эти поте-

ри неизбежны, поскольку полное извлечение растворителя из исходной смеси, залитой в испаритель ректификационной установки, приведет к кристаллизации канифоли на теплообменной поверхности внутри испарителя и невозможности ее быстрого извлечения из установки. Во избежание этого, процесс регенерации необходимо останавливать при некотором остаточном содержании растворителя в испарителе. Тогда, канифоль и другие загрязнения удаляться из установки самотеком.

Таблица 1 Влияние электрических полей на очистку смеси ацетон-вода от взвешенных микропримесей

Частицы размером более, мкм	Количество частиц, шт.				
	В отсутствии поля	При наложении поля, E=10 кВ/см			
		Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 1	Эксперимент 2
0,3	1697	400	366	527	527
0,5	274	108	94	127	124
0,7	58	22	20	28	22
1	13	3	0	4	1
5	0	0	0	0	0

В результате проведенных исследований установлено, что при очистке спирто-бензиновой смеси от флюса на ЭГД ректификационном аппарате процесс можно вести до остаточного содержания жидкости в испарителе 5 % от общего количества растворителя, поступившего на регенерацию. При этом после завершения процесса очистки обеспечивается быстрое и беспрепятственное удаление сконцентрированных загрязнений самотеком. Анализ регенерированного растворителя показал, что очистка спирто-бензиновой смеси на ЭГД ректификационном аппарате обеспечивает необходимую степень чистоты смеси. Содержание канифоли в регенерате составляет менее 0,01 %. Жидкость бесцветна, прозрачна и не содержит нерастворимых веществ, видимых невооруженным глазом. Поскольку содержание канифоли в растворителе последней ванны промывки не должно превышать 0,025 % очевидно, что регенерированный растворитель может быть повторно использован в производстве электронной техники.

Итак, из исходного, поступившего на регенерацию растворителя отделяется чистая спирто-бензиновая смесь, а в испарителе установки – в кубовой жидкости остаются все загрязнения. Поскольку в процессе регенерации не использовались никакие дополнительные химические реагенты, основными компонентами кубовой жидкости являются канифоль, спирто-бензиновая смесь и механические примеси. Очевидно, что после отделения механических примесей кубовая жидкость также может повторно использоваться в производстве электронной техники в качестве флюса. Отделение механических примесей от флюса не представляет труда и согласно нормам может осуществляться фильтрацией. Для доведения флюса до требований ГОСТ остается понизить концентрацию канифоли путем добавления к нему этилового спирта. Этой операции можно избежать, если прекра-

тить регенерацию спирто-бензиновой смеси при концентрации растворителя в кубовой жидкости 60 % (вес.). Таким образом, в результате регенерации отработанного растворителя образуется чистая спирто-бензиновая смесь, освобожденная от канифоли и механических примесей, и кубовая жидкость. Спирто-бензиновая смесь сразу направляется на повторное использование при промывке печатных плат (рис. 3), а кубовая жидкость после фильтрации и добавления этилового спирта до требуемой концентрации может повторно использоваться в качестве флюса.



Рис. 3. Технологическая схема регенерации спирто-бензиновой смеси

2. ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ МАССООБМЕННЫЙ АППАРАТ

Для реализации описанной схемы регенерации технологических жидкостей в электрическом поле разработан ЭГД массообменный аппарат промышленного типа, защищенный патентами Республики Молдова [9, 10]. Аппарат содержит испаритель 1 (рис. 4) с расположенными в нем нагревательными элементами 2, массообменную часть 3, крышку 4 и конденсатор 5. Аппарат снабжен высоковольтным вводом 6, патрубками загрузки исходной смеси 7, вывода регенерированного растворителя 8 и слива концентрированных загрязнений 9. Массообменная часть 3 выполнена в виде пакета вертикальных заземленных труб 10, закрепленных в трубных решетках 11, 12 и снабженных рубашкой охлаждения 13, с патрубками подачи 14 и удаления 15 охлаждающей жидкости. Верхняя трубная решетка 11 одновременно является дном коллектора 16, а нижняя решетка 12 имеет нишу 17, где установлен изолятор 18 с центрирующим кронштейном 19. Соосно внутри труб 10 на кронштейне 19 закреплены высоковольтные электроды 20. На верхних концах высоковольтных электродов 20 установлен дистанционный кронштейн 21, центрирующийся высоковольтным вводом 6 и соединенный с источником высокого напряжения (не показан). Аппарат работает следующим образом. Исходная смесь для регенерации заливается в испаритель 1. Затем, включаются нагревательные элементы 2 и открывается подача охлаждающей жидкости, проходящей через рубашки охлаждения массообменной части 3 и конденсатора 5. После прогрева и продувки аппарата включается высоковольтный источник и на электроды 20 подается высокое напряжение. За счет тепла нагревательных элементов 2 в испарителе 1 кипит исходная смесь. Пар поступает в массообменную часть 3 и, проходя по кольцевым зазорам между трубами 10 и

электродами 20, частично конденсируется на охлаждаемой поверхности труб 10. Образованная флегма стекает по массообменной части в испаритель 1. При этом, в кольцевых межэлектродных зазорах массообменной части происходит противоточное взаимодействие пара и жидкости (флегмы), причем в условиях воздействия электрического поля высокой напряженности. Электрическое поле обеспечивает мелкодисперсное диспергирование жидкости в потоке пара, развитие площади поверхности контакта фаз и высокие скорости относительного перемещения фаз за счет ускорения капель электрическим полем. В результате массообмена между жидкостью и паром, по мере движения по массообменной части в верх, пар обогащается органическим растворителем, как более летучим компонентом, а флегма, стекающая в испаритель, обогащается водой, масложировыми загрязнениями и другими примесями.

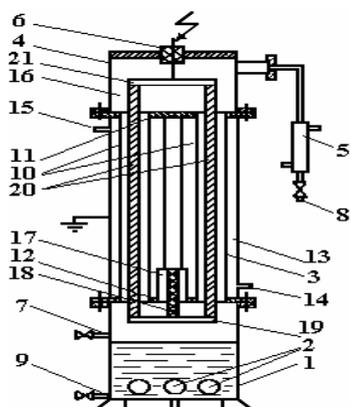


Рис. 4. ЭГД массообменный аппарат для регенерации органических растворителей

Таким образом, из массообменной части 3 в конденсатор 5 поступает пар с максимальным содержанием низкокипящего компонента. Здесь он

конденсируется и выводится из аппарата через патрубок 8 в виде регенерированного растворителя. После завершения отгонки растворителя из исходной смеси в испарителе остается вода, масложировые загрязнения, механические частицы и другие примеси, которые сливаются из аппарата через патрубок 9.

3. ВЫВОДЫ

Результаты работы позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Реализация электротехнологии регенерации органических растворителей ректификацией в электрическом поле возможна и обеспечивает глубокую и комплексную очистку растворителей от воды, органических загрязнений и взвешенных механических микропримесей.
2. Показано, что предложенные ЭГД массообменные аппараты превосходят наиболее эффективные традиционные колонны, как по диффузионным, так и гидродинамическим характеристикам. При значительно меньших габаритах и металлоемкости ЭГД ректификационные колонны обладают более высокой разделяющей способностью, позволяющей очищать органические растворители до высокой степени чистоты, необходимой в электронной и других отраслях промышленности.
3. Анализ полученных зависимостей интенсивности массообмена и эффективности очистки в электрических полях, изучение механизма воздействия поля и проведенные оценки различных режимов позволили выработать практические рекомендации для проектирования и изготовления регенерирующей установки промышленного типа.

-
- | | |
|--|--|
| <p>[1]. Полевой А.С. Глубокая очистка ацетона ректификацией в кварцевых колоннах с затопленной насадкой// Высокочистые вещества, 1987, № 2, с.60-66.</p> <p>[2]. Отраслевой стандарт ОСТ 11054.292-83 "Технологический процесс регенерации растворителей".</p> <p>[3]. А.С. 1669470 СССР, МКИ В01 Д 3/00. Способ разделения смеси ректификацией/ Ю.Н. Гордеев, Е.П. Максимук, Л.М. Молдавский, М.К. Болога. Оpubл. 15.08.91. Бюл. № 30.</p> <p>[4]. А.С. 1637818 СССР, МКИ В01 Д 3/00. Способ проведения массообменных процессов/Ю.Н. Гордеев, Е.П.Максимук, М.К.Болога.Оpubл.30.03.91.Бюл.№ 12.</p> <p>[5]. А.С. 1410999 СССР, МКИ В01 Д 3/32. Массообменный аппарат / М.К. Болога, Д.Ф. Узун, Ю.Н.Гордеев, Е.П.Максимук, М.Е.Волынский, А.В.Гращенков. Оpubл. 23.07.88. Бюл. № 27.</p> | <p>[6]. Максимук Е.П. Массопередача при ЭГД диспергировании жидкости// Молодежь и современная наука: Тезисы докл. Респ. конф. Секция физико-математических наук. Кишинев, 1989. с. 97-98.</p> <p>[7]. Максимук Е.П. Влияние электрических полей на массообмен в газожидкостных средах: Автореферат дис... канд. техн. наук. Киев, 1991.</p> <p>[8]. Maximuk E.P., Bologa M.K., Gordeev Yu.N. The influence of electric fields on the intensity of rectification// Journal of Electrostatics. 1993, v.30, p. 413-422.</p> <p>[9]. Патент Республики Молдова № 1476. Устройство для регенерации органических растворителей/ М.К. Болога, Е.П. Максимук. Оpubл. 31.05.2000, ВОПІ №5.</p> <p>[10]. Патент на полезную модель Республики Молдова N 28. Аппарат для ректификации/ Е.П. Максимук, М.К. Болога, О.А. Мациук. Оpubл. 31.07.99, ВОПІ №7.</p> |
|--|--|