

УДК 669.791.3.

С. А. Требухов, В. Е. Храпунов, Р. А. Исакова, И. А. Марки

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»,
ул. Шевченко 29/133, Алматы, 050010, Казахстан,
E-mail: vohubert@mail.ru

ВАКУУМТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕМЕРКУРИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ЛЮМИНИСЦЕНТНЫХ ЛАМП

В статье приведена краткая характеристика разработанной вакуумтермической технологии и уникальной, непрерывно действующей аппаратуры для утилизации ртутьсодержащих приборов и изделий. Даны технологические характеристики в сравнении с аналогом. Описана конструкция и принцип действия установки. Приведены результаты балансовых испытаний по демеркуризации отработанных люминесцентных ламп.

Ключевые слова: ртуть, люминофор, демеркуризация, вакуум, экология.

Люминесцентные лампы дневного света являются наиболее экономичными по потребляемой электрической энергии и получили широкое применение во всём мире. Содержащаяся в люминесцентных лампах ртуть является потенциальным источником загрязнения окружающей среды. Ртуть относится к веществам первого класса опасности и обладает широким спектром клинических проявлений токсического действия на человеческий организм. Накопление и хранение таких отходов на территории предприятий допускается временно до отправки их на утилизацию в установленном порядке. В связи с тем, что в настоящее время из-за практически полного отсутствия утилизации отработанных ламп дневного света, во многих странах сложилась сложная экологическая обстановка, связанная с ртутным загрязнением окружающей среды.

До недавних пор отработанные лампы выбрасывались в мусорный бак и вывозились на свалку. Высокое содержание ртути в городской среде в существенной мере связано с использованием и периодическим выходом из строя разнообразных ртутьсодержащих изделий (люминесцентные и ртутные лампы, термометры, гальванические элементы, различные физические приборы с ртутным наполнением и т. п.). В зависимости от технологии и типа в каждой люминесцентной или специальной ртутной лампе содержится от 20 до 300 мг ртути, а в некоторых лампах ее количество достигает 350–560 мг. В настоящее время из-за отсутствия должного учёта и контроля за ввозом в Казахстан, хранением, эксплуатацией люминесцентных ламп и практически полным отсутствием их утилизации во многих регионах страны сложилась сложная экологическая обстановка, связанная с ртутным загрязнением окружающей среды. По данным Алматинского городского территориального управления охраны окружающей среды только в г. Алматы ежегодный учтенный оборот этих изделий составляет свыше 1 млн. единиц. При условии их 50 % выхода из строя ежегодно необходимо утилизировать более 500 тыс. единиц.

Основные недостатки применяемых на практике вакуумных технологий и аппаратов это: периодичность действия, обуславливающая низкую производительность, большой расход тепла, большие потери ртути при загрузке материала и выгрузке огарка, использование ручного труда. Сопоставление параметров разработанной вакуумной технологии и непрерывно действующей аппаратуры с аналогом периодического действия, производимого в России (УРЛ-2), приведено в табл.1.

Таблица 1

Сопоставление параметров разработанной вакуумной технологии и непрерывно действующей аппаратуры с аналогом периодического действия, производимого в России (УРЛ-2)

№ п/п	Параметры	Варианты		Примечание
		аналог	разработанный	
1	Производительность, шт./год	72 000	600 000–720 000	
2	Температура, °С	150–200	350–450	
3	Давление, кПа	10^{-3} – 10^{-4}	1,33–4,0	
4	Режим работы	периодический	непрерывный	
5	Содержание Hg в огарке, %	0,1	менее 0,01	
6	Степень отгонки Hg	96	более 99	
7	Содержание Hg в сбрасываемых в атмосферу газах, мг/м ³	более 0,02*	менее 0,01*	*в аналоге содержание Hg в газах выше ПДК (без учета механических потерь ртути при загрузочно-разгрузочных операциях)
8	Уд. расход эл. энергии, кВтч/т	700	200-250	

Перспективность производства по утилизации ртутьсодержащих приборов и изделий с использованием вакуумной технологии и непрерывно действующей аппаратуры определяется их соответствием повышенным требованиям к экологической безопасности и комплексному использованию природного, техногенного сырья и отходов промышленности [1–5].

Разработанные АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» (АО «ЦНЗМО», Республика Казахстан, г. Алматы) вакуумтермическая технология и непрерывно действующая вибровacuумная установка для переработки ртутьсодержащего минерального и техногенного сырья не имеют аналогов в мировой практике, содержат значительное количество элементов ноу-хау и позволяют извлечь более 99% ртути из различных отработанных приборов, изделий и отходов металлургической, химической и теплоэнергетической промышленности с получением её в виде товарного металла, соответствующего марке РЗ.

Для практического осуществления процесса утилизации, отработанные лампы предварительно поступают в герметичное дробильно-сортировочное устройство [6]. Установка молоткового ротора и грохота в герметичном корпусе, который имеет лотки для выгрузки подрешеточного и надрешеточного продуктов, снабженные затворами, практически исключает попадание ртутьсодержащей пыли, образующейся при дроблении, в окружающую среду. Снабжение дробильно-сортировочной установки системой аспирации, включающей устройство инерционной очистки, предусматривает глубокую очистку отсасываемой пылевоздушной смеси от пыли и паров ртути.

Люминесцентные лампы подлежали измельчению до класса крупности минус 10 мм. В качестве надрешеточного продукта получена металлическая фракция предметов неправильной формы, которая утилизирована в качестве лома. При проведении замеров на установке и в выбрасываемых аспирационных газах содержание ртути было значительно ниже предельно допустимой концентрации (ПДК) для рабочей зоны, равной 0,01 мг/м³.

Технология и аппаратура отработаны, испытаны в укрупнённом и опытно-промышленном масштабах, характеризуются небольшим расходом тепла (200–250 кВт ч/т), высокой надёжностью и эффективностью.

Установка (рис.1) включает в себя реактор с узлами загрузки и выгрузки огарка, узлы пылеулавливания, конденсации, санитарной очистки газов от паров ртути, вакуумную откачную систему и контрольно-измерительную аппаратуру.

Установка работает следующим образом. Фракция стеклянного боя крупностью минус 10 мм загружается в верхний бункер загрузочного устройства (1), основанного на принципе шлюзования. При этом верхний бункер отсечён от вакуумной системы и нижнего бункера посредством вакуумных затворов. После этого он герметизируется, подключается к вакуумной системе и происходит дегазация материала. По достижению заданных значений давления и температуры в реакционном пространстве открывается вакуумный затвор, установленный между бункерами загрузочного устройства, и материал пересыпается в нижний расходный бункер. Затем верхний бункер отсекается от нижнего и вакуумной системы, заполняется воздухом до атмосферного давления и цикл загрузки исходного сырья повторяется. Из нижнего бункера материал по горизонтальному виброзагрузчику с регулируемой скоростью (производительностью), осуществляемой путём изменения напряжения, подаваемого на электромагнитный вибратор, непрерывно поступает в основной возгоночный аппарат — реактор (2). Реактор представляет собой вертикальный винтовой виброконвейер, заключённый в герметичный корпус. Виброконвейер обогревается изнутри и термостатируется снаружи при помощи электрических нагревателей и снабжён двухвальным дебалансным вибратором (9), обеспечивающим сложные колебания с вертикальной и горизонтальной составляющей. Материал поступает на нижнюю тарель виброконвейера и под действием вибрационных колебаний перемещается по виткам снизу вверх. При этом материал нагревается и из него отгоняется ртуть и другие летучие компоненты. Огарок с верхнего витка

горизонтальным виброразгрузчиком (3) поочерёдно выгружается в один из двух параллельно установленных бункеров (5), обеспечивая тем самым непрерывность процесса. Парогазовая смесь поступает в обогреваемый циклонный пылеуловитель (4) для очистки от пыли и далее в конденсатор куллерного типа, где конденсируется ртуть. Уловленная пыль и ртуть по мере накопления выпускается в сборники методом шлюзования. После конденсации газы поступают в узел санитарной очистки (7) и затем вакуумным насосом (8) сбрасывается в атмосферу. Сконденсировавшаяся ртуть поступает в сборники ртутного конденсата (11).

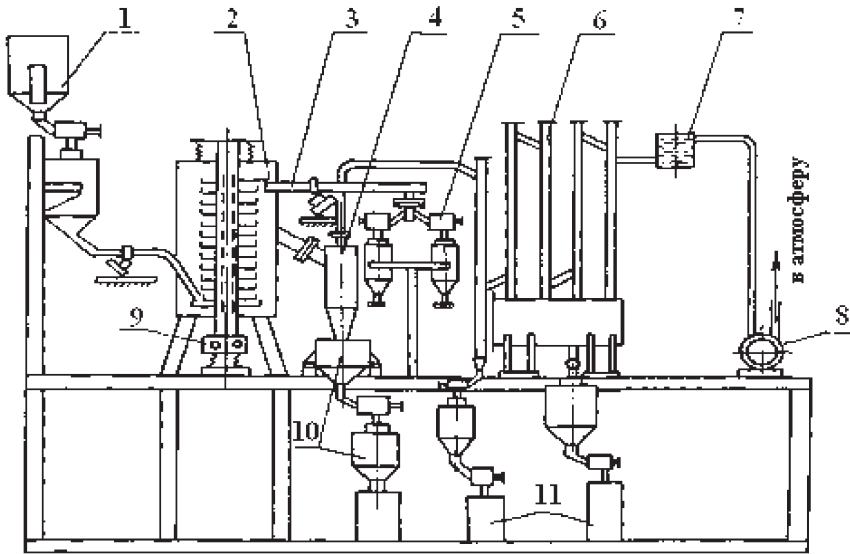


Рис. 1. Схема цепи аппаратов и коммуникаций непрерывно действующей вибровакuumной установки:

1 — верхний бункер загрузочного устройства; 2 — реактор; 3 — виброразгрузчик; 4 — пылеуловитель; 5 — огарочные бункера; 6 — конденсатор; 7 — фильтр санитарной очистки газов; 8 — вакуумный насос; 9 — двухвальный дебалансный вибратор; 10 — пылевые бункера; 11 — сборники ртутного конденсата

Технологические исследования по отгонке ртути из стеклобоя люминесцентных ламп проводились с усреднённой пробой люминофора, содержащей в %: 1,13 Hg; 50,7 SiO₂; 17 CaO; 8,7 P₂O₅; 6 Na; 2,2 MgO; 0,4 Pb; 0,4 Fe. Насыпная масса материала 1,3 т/м³ без утряски, 1,6 т/м³ с утряской, угол естественного откоса равен 38°. Процесс демеркуризации осуществляется в вакууме при давлении 1,33–4,0 кПа, температуре 350–450 °С из виброожуженного слоя материала. Виброожужение слоя осуществляется наложением на него вертикальных и дополнительно горизонтальных колебаний частотой 16–50 Гц и амплитудой 0,5–5,0 мм. При этом материал непрерывно перемещается через возгоночную зону и за 5–10 минут его пребывания в ней степень отгонки ртути достигает более 99 %. Это обусловлено тем, что

все возгоночные процессы, протекающие в вакууме, характеризуются значительно большей скоростью, а виброоживление слоя ведёт к увеличению коэффициентов тепло-, массообмена в 5–7 раз по сравнению со стационарным слоем. Огарки и выбрасываемые в атмосферу технологические газы по содержанию ртути соответствуют международным стандартам. Баланс распределения ртути по продуктам вакуумтермической переработки стеклянного люминофорного боя приведён в табл. 2. Выход огарка составил 95,05 %, металлической ртути 1,1 %, невязка по продуктам вакуумтермической переработки 3,85 %, при этом, распределение ртути составило: в огарке 0,084 % (содержание ртути 0,001 %), в конденсат 97,345 % (содержание ртути 99,9 %).

Таблица 2

Баланс распределения ртути по продуктам вакуумтермической переработки стеклянного люминофорного боя

№ пп.	Материал	Сухая масса, г	Выход, %	Содержание ртути		Распределение ртути, %
				г	%	
Загружено:						
1.	Исходный люминофор:	1000	—	11,30	1,13	100
	ИТОГО:	1000	—	11,30	1,13	100
Получено:						
1.	Огарок:	950	95,05	0,0095	0,001	0,084
2.	Металлическая ртуть:	11,0	1,10	11,00	99,9	97,345
	ИТОГО:	961,0	—	11,0095	—	97,429
	Невязка: г	39,0	—	0,2905	—	—
	%	3,9	3,85	—	—	2,571

Конечными продуктами вакуумтермической переработки люминофора отработанных ламп дневного света являются огарки и пыли с низким содержанием ртути (менее 0,01 мг/кг), направляемые на захоронение по 5 классу опасности (бытовые отходы), технологические газы, сбрасываемые вакуумным насосом в атмосферу после их санитарной очистки стандартными методами до норм ПДК, и товарная ртуть, направляемая потребителю.

Актуальность проблемы утилизации отработанных люминесцентных ламп без ущерба для окружающей среды остро встанет в ближайшее время для многих стран мира, т. к. ЕЭС принято решение о полной замене обычных ламп накаливания на энергосберегающие в ближайшие годы.

Таким образом, переработка отработанных люминесцентных ламп предлагаемым способом на разработанной непрерывно действующей вакуумной аппаратуре, позволит утилизировать отработанные ртутьсодержащие приборы и изделия без ущерба для окружающей среды.

Литература

1. Требухов С. А., Храпунов В. Е., Жунусова Г. Ж., Исакова Р. А., Клящицкая Н. Д. Вакуумтермическое извлечение ртути из техногенного сырья // КИМС. — 2001. — № 1. — С.81–85.
2. Храпунов В.Е., Жунусова Г.Ж., Акимжанов Ж.А. О вакуумтермическом выделении ртути из люминофора боя отработанных ламп дневного света // Цветные металлы. — 2001. — № 3. — С. 41–44.
3. Испарение ртути при пониженном давлении / В. Е. Храпунов, Р. А. Исакова, Г. Ж. Жунусова, А. С. Абрамов, С. А. Требухов, Д. А. Садвакасов // Изв. высш. учеб. завед. — Цветная металлургия. — 2003. — вып.5. — С. 4–10.
4. Храпунов В. Е., Исакова Р. А., Требухов С. А., Марки И. А. Пилотные испытания по вакуумтермической отгонке ртути // Промышленность Казахстана. — 2007. — № 8. — С. 40–41.
5. Абрамов А. С., Молдабаев М. К., Исакова Р. А., Храпунов В. Е., Требухов С. А. Вакуумтермическая переработка минерального и техногенного ртутьсодержащего сырья / Материалы. Междунар. науч.-техн. конф. «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья» — Екатеринбург, 2006. — С. 151–153.
6. Пат. 13649 Республика Казахстан, МКИ В02С23/16. Дробильно-сортировочная установка, преимущественно для ртутьсодержащих материалов / Храпунов В. Е., Володин В. Н., Зырянова Т. В., Требухов С. А., Марки И. А. — №2003/0216.1. Заявл. 13.02.03. Опубл. 14.07.06.

С. А. Требухов, В. Е. Храпунов, Р. А. Исакова, И. А. Марки

АТ «Центр наук про землю, металургію та збагачення»,
вул. Шевченка 29/133, Алмати, 050010, Казахстан

ВАКУУМТЕРМІЧНА ДЕМЕРКУРИЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЛЮМІНІСЦЕНТНИХ ЛАМП

Резюме

У статті представлена коротка характеристика розробленої вакуумтермічної технології та унікальної безперервно діючої апаратури для утилізації меркурійвмісних приладів та виробів. Наведені технологічні характеристики в порівнянні з аналогом. Описана конструкція та принцип дії установки. Приведені результати балансових випробувань по демеркуризації відпрацьованих люмінесцентних ламп.

Ключові слова: меркурій, люмінофор, демеркуризація, вакуум, екологія.

S. A. Trebukhov, V. Ye. Khrapunov, R. A. Isakova, I. A. Marki

JSC “Center of the Sciences of the Earth, Metallurgy and Ores Benefication”,
Shevchenko st., 29/133, Almaty, 050010, Kazakhstan

VAKUUM-THERMAL DEMERCURIZATION OF THE SPENT LUMINESCENT LAMPS

Summary

There are short characteristic developed vacuum-thermal technology and unique continuously operating equipment for recycling mercury-containing of devices and products is resulted in this article. Technical characteristics in comparison with analogue are given. The design and a principle of action of installation is described. Results of balance tests on demercurization the spent luminescent lamps are resulted.

Key words: mercury, luminophore, demercurization, vacuum, ecology.