

УДК 661.185.4, 661.187, 535.345.1, 536.331

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСПЛАВЛЕНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ СВЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ****А.Н. Черепанов^а**^а Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, Leva0007@rambler.ru

Представлена новая технология расплавления химических веществ с просветляющейся жидкой фазой световым излучением. Предложен и опробован способ расплавления, основанный на воздействии световым излучением. Разработана конструкция излучателя на основе галогенных ламп, которая использовалась в качестве насадки на контактный нагреватель. Лампы помещались в индивидуальные прозрачные корпуса, что позволяет выровнять распределение температур по поверхности излучателя и избежать сильного перегрева ламп. Такие излучатели применялись для расплавления синтетических жирных кислот, используемых в производстве моющих средств. При проектировании конструкции излучателя использовались ранее разработанные методики расчета скоростей процесса плавления при комбинированном воздействии на расплавляемое вещество светового излучения и тепловой мощности, выделяемой на поверхности прозрачного корпуса. На основе расчетов и данных по световым и тепловым характеристикам излучателей определялось их необходимое количество и требуемое расстояние между ними. Экспериментальная проверка показала возможность проплавления канала глубиной 1 м за 5–6 ч. Это в 3 раза меньше, чем необходимо для проплавления канала контактным нагревателем. Энергопотребление увеличено всего на 7% относительно энергозатрат контактного нагревателя. При этом был проплавлен канал большего диаметра, чем при использовании только контактного нагревателя.

Ключевые слова: синтетические жирные кислоты, источники светового излучения, фазовый переход, галогенные лампы.

**ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF CHEMICAL AGENTS MELTING
BY LIGHT RADIATION****A. Cherepanov^b**^b Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, Leva0007@rambler.ru

The paper deals with new melting technology of chemical agents with antireflection liquid phase by means of light radiation. A method of melting is proposed, based on the light radiation effect. Emitter design based on halogen lamps is developed and used as a nozzle to the contact heater. The lamps are placed into individual transparent cases which gives the possibility to align the temperature distribution on the emitter surface and avoid excessive heat of the lamps. Such emitters were used for melting of synthetic fatty acids used in the production of detergents. Previously developed calculating methods for the melting process velocity of the combined influence of light radiation and thermal power released on the surface of the transparent case on the melting agents are used in the process of emitter designing. The number of emitters and the distance between them are determined in view of calculations and data of light and thermal characteristics of emitters. Experimental verification showed the possibility of channel depth melting equal to 1 m in 5-6 hours. This is three times less than it is necessary for channel melting by contact heater. At the same time energy consumption is increased only by 7% as compared with that one of the contact heater. Furthermore, the channel melted down has got a diameter larger than by using only a contact heater.

Keywords: synthetic fatty acids, sources of light, phase transfer, halogen lamp.

Введение

Большую техническую проблему на месте потребления химических продуктов составляет их перевод из твердой в жидкую фазу. Исходный продукт транспортируется в цистернах и крупногабаритных контейнерах из полимерных материалов с тонкой стенкой. Традиционные способы их расплавления энергозатратны, неэкологичны и требуют значительных затрат времени. Они основаны на подводе тепловой энергии, что малоэффективно вследствие низкой теплопроводности расплавляемых веществ. Обычно операция расплавления основывается на использовании «острого пара» [1] или на проплавлении канала контактным нагревателем. Наиболее распространенный способ расплавления основан на проплавлении канала в твердой фазе продукта с последующей рециркуляцией, т.е. прокачиванием подогретой вне контейнера жидкой фазы через проплавленный канал. При этом из отверстия на донной части контейнера принимается жидкая фаза, подогретая в отдельном теплообменнике, и подается обратно в контейнер через горловину в его верхней части. Из анализа многочисленных публикаций с описаниями традиционных методов нагрева и плавления [1–6] очевидна необходимость минимизации энергозатрат и ускорения процесса расплавления.

Объект исследований

Описанные в настоящей работе методы светового облучения применялись для расплавления синтетических жирных кислот (СЖК) фракции C₁₆–C₂₂, выделенных ректификацией или получаемых окислением твердого парафина или смеси твердого и жидкого парафинов. Эти кислоты применяются в производстве синтетических моющих средств, в мыловаренной промышленности в качестве компонентов для получения поверхностно активных веществ и в других производствах. Поставки таких жирных кислот,

как правило, осуществляются в полиэтиленовых контейнерах с формой, близкой к кубической, объемом около 1 м^3 , а иногда – в форме параллелепипеда с небольшим различием размера сторон. Заливка СЖК в контейнер производится сверху через горловину круглой формы диаметром 150–300 мм, а откачка осуществляется через штуцер с запорным краном, расположенным в нижней части контейнера. В обычных условиях СЖК находится в контейнере в твердом состоянии.

Температура застывания СЖК разных сортов составляет для высшего сорта – 47–54°C, первого сорта – 46,5–53°C, второго сорта – 46–53°C. Не допускается длительное хранение СЖК в жидком состоянии при повышенных, свыше + 90°C, температурах. При использовании традиционных методов нагрева с подводом тепловой энергии для таких веществ нельзя применять высокотемпературные источники тепловыделений вследствие достаточно низкой температуры воспламенения (примерно 120°C). Нежелательно попадание в контейнер в процессе разогрева кислоты посторонних веществ, например, конденсированной воды.

Ранее были разработаны и сформулированы критерии эффективности способов и устройств для расплавления химических продуктов [7]. Эти критерии позволяют определять совокупность параметров, обеспечивающих наилучшие рабочие характеристики каждого конкретного устройства для нагрева и расплавления твердой фазы органического вещества.

Целью настоящей работы является:

- описание разработанных автором новых энергосберегающих технологий расплавления химических веществ (на примере СЖК) световым излучением в крупногабаритном контейнере из полиэтилена;
- описание разработанного компактного излучателя, используемого в качестве насадки на традиционно используемый контактный нагреватель;
- проведение экспериментальных исследований на реальном объекте – крупногабаритном контейнере с СЖК с целью проверки эффективности предложенного способа и разработанного устройства на основе сопоставления с традиционно используемым контактным нагревателем.

Технология расплавления химических веществ световым излучением

Для обеспечения существенной экономии энергозатрат и времени, затрачиваемого на проведение операции расплавления химических продуктов, были проведены исследования и разработки новых способов и устройств для их реализации. Исследования проводились для смеси СЖК фракций C_{16} – C_{22} . Новый способ нагрева и плавления СЖК основан на применении светового излучения, поглощаемого как поверхностью непрозрачной твердой фазы, отделенной от излучателя расширяющимся во времени слоем частично прозрачной жидкой фазы, так и частично поглощающим, прилегающим к источнику излучения слоем жидкой фазы. При использовании поступательно движущегося излучателя дополнительным источником нагрева являются тепловыделения в самом источнике излучения. В качестве комбинированного источника излучения и тепловыделений использовалась галогенная лампа, помещаемая в прозрачный стеклянный корпус в виде пробирки, что позволяет выровнять распределение температур по поверхности излучателя и избежать сильного перегрева ламп [8–15].

Эффективность способа расплавления СЖК световым излучением была обоснована ранее результатами экспериментальных исследований спектров пропускания жидкой фазы СЖК, а также спектров излучения галогенных ламп [8, 12]. Одновременно были исследованы интегральные характеристики пропускания слоев жидкой фазы, а также световые и тепловые характеристики источников излучения на основе галогенных ламп. Выбор галогенных ламп обосновывался их сопоставлением с лампами накаливания по критерию скорости расплавления СЖК. Результаты этих исследований обобщены в работе [15].

Описание технологической установки для расплавления СЖК

На рис. 1 приведена фотография технологической установки для расплавления СЖК в полиэтиленовом контейнере.

Процесс расплавления канала в объеме СЖК продолжается до 18 ч, что значительно превышает длительность одной рабочей смены. Суть предлагаемого метода заключается в применении компактного излучателя, используемого в качестве насадки на наконечник контактного нагревателя. В качестве источника излучения использованы галогенные лампы, которые в результате проведенных нами исследований показали значительное преимущество перед лампами накаливания.

Конструктивная схема пучкового излучателя на основе галогенных ламп

Для эффективного проплавления канала в твердой фазе СЖК необходимо обеспечить достаточно большой диаметр канала, заполненного жидкой фазой. Для этого требуется построить конструкцию расплавляющего излучателя, состоящего из необходимого количества источников излучения. При этом во избежание воспламенения необходимо обеспечить допустимый тепловой режим на поверхности излу-

телей. Для этого необходимо размещение галогенных ламп в прозрачных стеклянных или кварцевых корпусах, при этом должна обеспечиваться рабочая температура галогенной лампы 300°C.

Рабочий излучатель служит насадкой на оконечность контактного нагревателя и может быть построен по схеме параллельно установленных излучателей, каждый из которых представляет собой галогенную лампу в корпусе (пучковая конструкция излучателя). Конструкция подобного излучателя представлена на рис. 2.

Для представленной конструкции был проведен расчет по ранее разработанной методике [15] с целью выбора мощности галогенных ламп и расстояний между корпусами излучателей. Излучатель был изготовлен и опробован в эксперименте по проплавлению канала в твердой фазе СЖК, заполняющей пластиковый контейнер кубической формы объемом 1 м³.



Рис. 1. Технологическая установка для расплавления синтетических жирных кислот в полиэтиленовом контейнере: 1 – контейнер с СЖК; 2 – контактный нагреватель с трубопроводом, в который подается горячая вода или пар; 3 – рычаг для подачи контактного нагревателя; 4 – узел для снабжения паром теплообменника, размещенного на контактном нагревателе

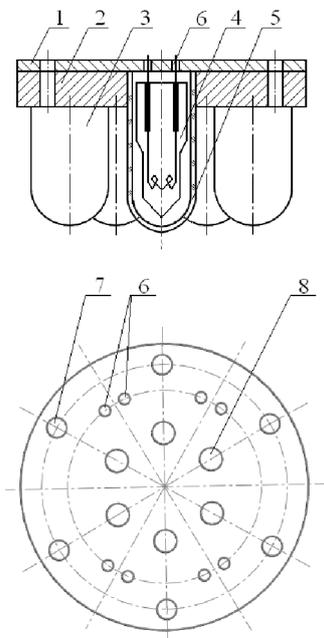


Рис. 2. Конструктивная схема оптического наконечника семилампового излучателя для проплавления канала в СЖК: 1 – текстолитовая шайба; 2 – шайба из дюралюминия с отверстиями для установки галогенных ламп; 3 – кварцевый корпус излучателя; 4 – галогенная лампа; 5 – прозрачная стенка кварцевого корпуса; 6 – отверстия для электрических проводов; 7 – отверстия для крепления шайб; 8 – отверстия для пропускания жидкой фазы

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальная проверка показала, что применение данного излучателя позволило проплавлять канал глубиной 1 м за 5–6 ч, что в 3 раза меньше, чем необходимо для проплавления канала контактным нагревателем. При этом мощность установки увеличена всего на 7% относительно энергозатрат контактного нагревателя, а потребляемая энергия для проплавления канала снижена в 2,8 раза. Кроме того, обеспечивался больший диаметр канала, заполненного жидкой фазой.

Основным недостатком конструкции излучателя, представленной на рис. 2, является застревание нагревателя с излучающей насадкой на краевых участках конструкции в случае перегорания галогенной лампы. А при выходе из строя центрального излучателя скорость проплавления понижается в 3 раза, что лишает пучковый излучатель преимуществ перед контактным нагревателем. Данного недостатка можно избежать за счет использования конструкции моноблочного излучателя, в котором все лампы размещаются в общем корпусе и влияние отдельно взятой лампы сглаживается. Однако это является предметом отдельного исследования.

Заключение

Разработана новая технология расплавления химических продуктов, основанная на сочетании светового и теплового воздействий. Предложена конструкция пучкового излучателя на основе галогенных ламп. По результатам экспериментальной проверки излучатель, используемый в качестве насадки на контактный нагреватель, показал высокую эффективность: достигнуто увеличение скорости проплавления канала в твердой фазе синтетической жирной кислоты в 3 раза. Контактный нагреватель необходим для поддержания химического продукта в расплавленном состоянии после прохождения светового излучателя через уже расплавленные участки канала. Приращение потребляемой установкой мощности на 7% компенсируется снижением общих затрат энергии в 2,8 раза за счет уменьшения длительности процесса. Весь процесс проплавления канала в твердой фазе синтетической жирной кислоты занимает 5–6 ч вместо 18 ч по традиционной технологии. Полученные результаты обосновывают необходимость дальнейшего совершенствования конструкции излучателя. Целесообразность развития работ в этом направлении неоспорима.

References

1. Berezhkovskii M.I. *Khranenie i transportirovanie khimicheskikh produktov* [Storage and transportation of chemical products]. Leningrad, Khimiya Publ., 1982, 256 p.
2. Bukhshtab Z.I., Mel'nik A.P., Kovalev V.M. *Tekhnologiya sinteticheskikh moyushchikh sredstv* [Technology of synthetic detergents]. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1988, 320 p.
3. Burdo Yu.I., Palevskii L.V., Badeshchenkov S.V., Grishchenko E.N. Osobennosti protsessa nepreryvnogo dozirovaniya zhidkogo sul'fonola v proizvodstve SMS [Features of the process of continuous dosing of liquid sulphonol detergent production]. *Novoe v oblasti tekhnologii, apparaturnogo oformleniya i razrabotki sredstv avtomatizatsii i mekhanizatsii protsessov proizvodstva TBKh* [New technology, hardware design and development of automation and mechanization of processes of production of household products]. Moscow, Research Institute for Technical and Economic Research of the Chemical Industry Publ., 1990, pp. 23–28.
4. Herman de Groot W., Adami I., Moretti G.F. *The manufacture of modern detergent powders*. Wassenaar, The Netherlands, Herman de Groot Academic Publisher, 1995, 199 p.
5. Woollatt E. *The manufacture of soaps, other detergents and glycerine*. Chichester, UK, Ellis Horwood, 1985, 473 p.
6. *Handbook of Detergents. Pt F: Production*. Eds U. Zoller, P. Sosis. Boca Raton, USA, CRC Press, 2009, 593 p.
7. Cherepanov A.N. Kriterii effektivnosti metodov rasplavleniya khimicheskikh produktov, transportiruemyykh v tverdoi faze [Performance criteria for methods of fusion of chemical products transported in the solid phase]. *Ekonomika i proizvodstvo*, 2003, no. 3, pp. 63–67.
8. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. Eksperimental'noe issledovanie vozmozhnostei ras-plavleniya sinteticheskikh zhirnykh kislot metodom svetovogo oblucheniya [Experimental study opportunities melting synthetic fatty acids method of solar irradiation]. *Khimicheskaya promyshlennost'*, 2004, no. 6, pp. 46–58.
9. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. Energeticheskii balans v tekhnologicheskikh ustanovkakh dlya rasplavleniya sinteticheskikh zhirnykh kislot [Energy balance in technological installations for melting synthetic fatty acids]. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2004, no. 10, pp. 34–41.
10. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. Metodika dlya inzhenernykh raschetov skorosti proplavleniya kanala v tverdoi faze sinteticheskikh zhirnykh kislot trubchatym kontaktnym nagrevatelem [Technique of engineering calculation speed penetration of the channel in the solid phase of synthetic fatty acids tubular contact heater]. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2003, no. 8, pp. 40–44.
11. Cherepanov A.N., Volynkin V.M., Khankov S.I. A method for calculating the melting rate of chemical products belonging to the class of synthetic fatty acids by a combined light- and heat-emitting source. *Thermal Engineering*, 2003, vol. 50, no. 7, pp. 571–577.
12. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. Issledovanie effektivnosti metodov rasplavleniya sinteticheskikh zhirnykh kislot, osnovannykh na ispol'zovanii istochnikov svetovogo izlucheniya [Study of efficiency of methods of melting synthetic fatty acids, based on the use of sources of light radiation]. *Khimicheskaya tekhnologiya*, 2004, no. 1, pp. 18–21.

13. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. *Ustroistvo dlya nagrevaniya i plavleniya khimicheskikh produktov. Svidetel'stvo na poleznuyu model' no. 20909* [Device for heating and melting of chemical products. Certificate on useful model no.20909]. Filing no. 2001118373. Priority date: 04.07.2001. Publication date: 10.12.2001. Bull. no. 34. IPC 7 V 67 D 5/00, V 65 D 88/74.
14. Volynkin V.M., Khankov S.I., Cherepanov A.N. *Ustroistvo dlya plavleniya i nagrevaniya khimicheskikh produktov. Svidetel'stvo na poleznuyu model' no. 21195* [Device for melting and heating of chemical products. Certificate on useful model no. 21195]. Filing no. 2001118375. Priority date: 04.07.2001. Publication date: 27.12.2001. Bull. no. 36. IPC 7 V 67 D 5/00.
15. Cherepanov A.N., Khankov S.I. *Metody rascheta protsessov rasplavleniya organicheskogo khimicheskogo syr'ya s prosvetlyayushcheysya zhidkoi fazoi* [Methods of calculation of processes of melting of organic chemical raw materials with the clarified liquid phase]. St. Petersburg, L.T. Tuchkov Scientific Technical Center, 2006, 230 p.

- Черепанов Аркадий Николаевич** – кандидат технических наук, докторант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, Leva0007@rambler.ru
- Arkady Cherepanov** – PhD, doctoral candidate, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, Leva0007@rambler.ru

УДК 681.7.068: 519.25

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НЕСОВЕРШЕНСТВАХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО СТЕРЖНЯ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА PANDA¹

Н.В. Семенов^a, Н.А. Труфанов^a, А.А. Адамов^b

^a Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, nikita@studio-gd.ru

^b Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия, adamov@icmm.ru

На основе экспериментальных данных о геометрии сечений партии силовых стержней для заготовки анизотропного оптического волокна типа Panda выявлены зависимости изменения радиальных размеров заготовок от угловой координаты. Описан алгоритм статистической обработки геометрических параметров, который позволяет найти подобие в геометрии сечений разных стержней и выявить характерную форму сечения для всех образцов. Алгоритм заключается в смещении точек зависимостей радиусов от угловых координат с целью нахождения кривых с максимальным показателем корреляции, а затем на основе найденных кривых находится распределение значений радиусов для каждой угловой координаты. Показано, что при изготовлении силовых стержней с переменным содержанием легирующих добавок по радиусу модифицированным методом химического осаждения из газовой фазы не удается получить идеально круглую форму поперечного сечения стержня. При этом наиболее существенные отклонения (до 10%) от кругового профиля фиксируются для границы, разделяющей легированную сердцевину стержня и наружный слой чистого кварца, а отклонения других границ от круга незначительны (десятые доли процента). Установлено, что закономерным образом в условиях данного технологического процесса реализуется некруговая форма поперечного сечения легированного ядра, которую можно условно назвать формой типа «огранка» (с тремя «гранями» разной длины). Последующий длительный контроль формы поперечного сечения силовых стержней подтвердил повторяемость полученных результатов.

Ключевые слова: силовой стержень, оптическое волокно Panda, технологический разброс геометрических параметров, статистическая обработка результатов измерений.

TECHNOLOGICAL IMPERFECTIONS OF FORCE ROD GEOMETRICAL PARAMETERS FOR PANDA OPTICAL FIBERS PRODUCTION²

N. Semenov^c, N. Trufanov^c, A. Adamov^d

^c Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, nikita@studio-gd.ru

^d Institute of Continuous Media Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia, adamov@icmm.ru

The paper deals with the dependence in radial dimensions changes of the workpieces on the angular coordinate based on experimental data about the geometry of the cross-sections of force rods batch for the production of anisotropic Panda-type optical fibers. An algorithm of geometrical parameters statistical processing is described, which gives the possibility to find the similarity in the geometry of the cross-sections of different force rods, and reveal the characteristic shape of the cross-section for all the samples. The algorithm contains the shift of points for dependence changes in radial dimensions of the workpieces on the angular coordinate in order to find curves with maximum correlation coefficient. Afterwards, the distribution of the radius values for each angular coordinate is found basing on the obtained curves. It is demonstrated that in case of the force rods production with variable amount of alloying dopes on the radius via the MCVD method, it is impossible to get

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №13-08-96036 p_ural_a).

² The work was done with financial support from the Russian Foundation for Basic Research (project №13-08-96036 r_ural_a)