

УДК 66.099.2

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ВОСКА

Захаров Н.М.¹, Бурмистров Л.С., Белобородова А.И.

*Филиал Уфимского государственного нефтяного
технического университет в г. Салавате
e-mail: ¹ znm@piset.net*

Аннотация. В рамках решения проблемы расфасовки полиэтиленового воска в мелкую тару изучена возможность его гранулирования с использованием ленточного и барабанного кристаллизаторов. Разработана технологическая схема блока гранулирования, в состав которой входит накопительная обогреваемая ёмкость и кристаллизатор.

Проведены лабораторные испытания по получению гранулята, по результатам которых определены основные размеры кристаллизаторов. Подобрано оборудование для комплектации блока гранулирования.

Экономическими расчетами показана целесообразность рекомендации применения методов в производстве.

Ключевые слова: полиэтиленовый воск, температура плавления, расплав, гранулирование, оборудование, барабан, ленточный кристаллизатор

Полиэтиленовый воск (далее воск) является побочным продуктом при производстве полиэтилена высокой плотности. Воск относится к синтетическим продуктам и в различных отраслях промышленности используется в качестве исходного сырья. Его выпускают в виде расплава, кристаллизующегося при охлаждении.

Для поставки потребителю воск заливается в металлические бочки объемом 200 литров, где охлаждается до образования сплошной твердой массы. Перед промышленным применением воск расплавляют или растворяют. В этой связи у потребителя возникает ряд технологических и экологических проблем, связанных с его извлечением из тары и измельчением.

Извлечение из бочек может производиться двумя способами: путем нагрева бочек или ручным способом (дроблением твердой массы) с последующим извлечением расплава или кусков. Температура плавления воска порядка 130 °С, но при его извлечении из бочек возможны перегревы. Это приводит к выделению в воздух рабочего помещения вредных веществ. По степени воздействия на организм человека воск относится к 4 классу опасности (малоопасное вещество по ГОСТ 12.1.007) и при нормальной температуре не выделяет вредных веществ. Однако, при нагревании до 200 °С происходит частичная деструкция воска с выделением в воздух гексана. Перегрев до температуры 250 °С и выше приводит к выделению в воздух формальдегида, ацетальдегида, органических кислот, оксида углерода, которые оказывают на организм человека отравляющее воздействие,

приводящее к удушью, нарушениям функций центральной нервной системы, раздражению слизистых верхних дыхательных путей и оболочки глаз, возникновению аллергических реакций.

При извлечении воска из бочек дроблением твердой массы происходит образование частиц с широким диапазоном размеров (от кусков до мелкой крошки). В большинстве случаев дробление проводится ручным способом и сопровождается рассыпанием воска по полу производственных помещений, что может привести к попаданию воска в организм человека и распространению его по территории, прилегающей к производственным помещениям. Присутствие воска в почве, водоемах и канализации приводит к загрязнению окружающей среды веществами более опасными, чем сам воск. К таким веществам относятся формальдегид и ацетальдегид (соответственно 2 и 3 классов опасности по ГОСТ 12.1.007).

В качестве одного из вариантов решения вышеуказанных проблем был рассмотрен процесс гранулирования получаемого воска с последующим затариванием гранулята в мелкую тару. Предлагается два варианта реализации процесса:

1. гранулирование путем капания или истечения струек (получение стренг) расплава воска на охлаждаемую поверхность с последующим сбором отвердевших (кристаллизовавшихся) капель или резанием стренг. В результате получают гранулы однородные по форме и размерам;

2. гранулирование методом ломания тонкого листа закристаллизовавшегося воска (толщиной от 1 до 3 мм) с получением гранул, неоднородных по составу.

Технологическая схема блока гранулирования воска приведена на рис. 1.

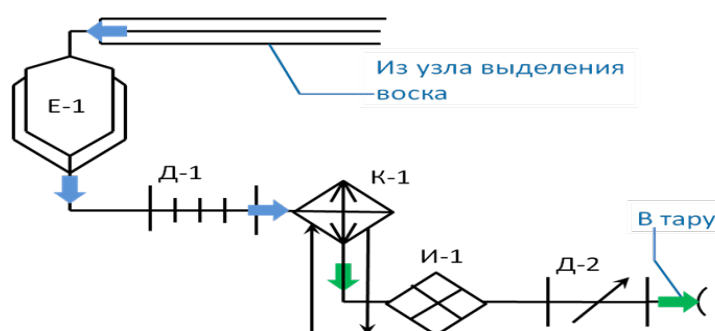


Рис. 1. Технологическая схема блока гранулирования воска

Расплав воска поступает по обогреваемому трубопроводу из узла выделения воска (установка получения полиэтилена высокой плотности) в накопительную емкость с рубашкой Е-1, где непродолжительное время хранится в расплавленном виде перед гранулированием. К трубопроводу и емкости с рубашкой подведен паровой трубопровод и линия отвода конденсата. Далее воск поступает на

распределительное устройство Д-1, через которое стекает тонким слоем на кристаллизатор К-1. В кристаллизаторе К-1 происходит отверждение воска, охлаждение до температуры, при которой исчезает адгезия. Кристаллизатор К-1 охлаждается обратной водой. Нагретая вода охлаждается в воздушном холодильнике (на схеме не показан). Закристаллизовавшийся слой воска снимается с кристаллизатора и дробится измельчителем И-1. После измельчения воск сыпается в емкость-дозатор по массе Д-2 (фасовочный дозатор). Далее гранулированный воск отгружается в тару для поставки потребителю.

Тепловым расчетом емкости с рубашкой определена площадь поверхности и толщина изоляционного слоя для поддержания температуры расплава воска (150 °С), которые составили, соответственно 10 м² и 30 мм. Рассчитан диаметр трубопровода для подачи пара в рубашку емкости ($D_y = 50$ мм).

При выборе способов гранулирования были изучены варианты аппаратного оформления, наиболее широко применяемые в промышленности: экструзионные машины, трубчатые, ротационные, ленточные, барабанные и дисковые кристаллизаторы, а также аппараты для отверждения диспергированных расплавов [1]. Поскольку расплав воска обладает низкой вязкостью [2], то для отверждения расплава воска выбраны варианты с использованием ленточного и барабанного кристаллизаторов.

Вариант 1. Ленточный кристаллизатор. В качестве транспортирующего элемента в кристаллизаторе используется металлическая лента, на которой происходит отверждение расплава воска при охлаждении с образованием твердого слоя. В данном случае воск подается на ленту в виде сплошного слоя. Схема гранулятора представлена на рис. 2.

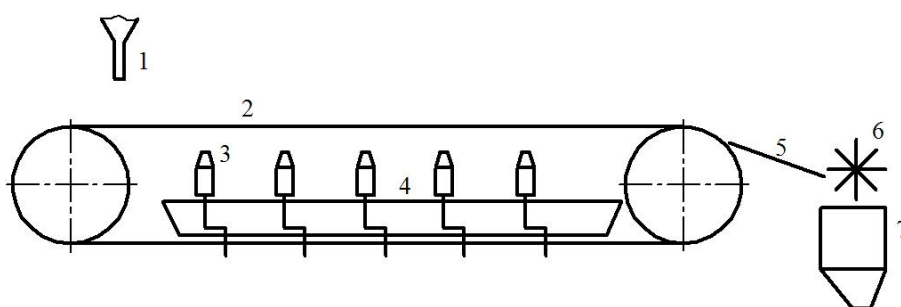


Рис. 2. Схема гранулятора:

- 1 – дозатор; 2 – ленточный кристаллизатор;
- 3 – форсунки; 4 – ёмкость сбора воды;
- 5 – скребок; 6 – ломающее устройство;
- 7 – емкость приема гранулята

Дополнительное охлаждение твердого слоя на ленте необходимо для того, чтобы исключить адгезию между получаемыми гранулами. С ленты твердый слой поступает на ломающее устройство, где и образуется гранулят. Подача расплава осуществляется на некотором расстоянии от оси барабана, чтобы избежать стекания расплава.

Таким образом, верхнюю ветвь ленты кристаллизатора можно разбить на три участка (рис. 3): L_1 – участок растекания, L_2 – участок отверждения, L_3 – участок остывания.

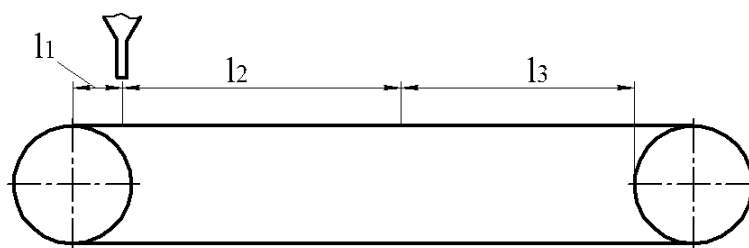


Рис. 3. Расчетная схема ленточного кристаллизатора

На выбор материала ленты влияют следующие факторы: величина адгезии расплава к материалу, теплопроводность материала, малый удельный вес. Этим требованиям соответствует алюминий марки А7 [3].

Для предотвращения адгезионного взаимодействия расплава с лентой на неё предварительно наносится специальное антиадгезионное покрытие или осуществляется регулярное орошение ленты жидким антиадгезивом [4].

Охлаждение ленты осуществляется снизу холодной водой, т.к. продукт имеет высокую температуру кристаллизации (от 120 до 130 °С) и получаемый гранулят должен быть сухим [2].

Длина участка растекания L_1 подбирается экспериментально в зависимости от текучести расплава. Для определения длины участка отверждения L_2 необходимо установить зависимость времени отверждения расплава от толщины слоя на ленте.

Авторами были проведены экспериментальные исследования и расчеты по установлению влияния толщины слоя расплава воска на поверхности ленты на время отверждения расплава [5]. Эксперименты проводились на лабораторной установке (рис. 4). Изменяя линейную скорость ленты и толщину слоя расплава на её поверхности, производили замеры времени, которое затрачивается на отверждение воска.

По результатам экспериментов были построены оптимизационные кривые (рис. 5).

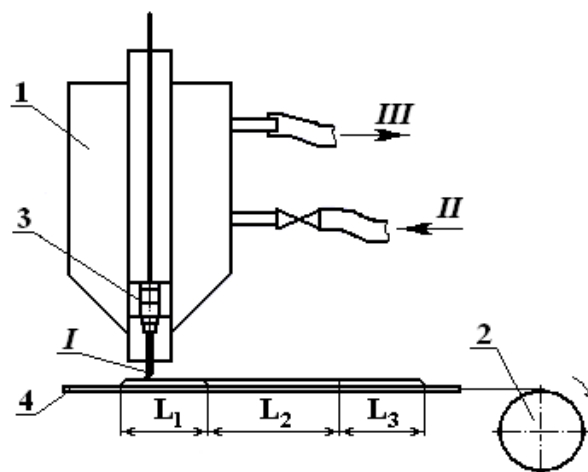


Рис. 4. Схема лабораторной установки

1 – обогреваемая ёмкость; 2 – приводной барабан;
 3 – дозатор расплавленного воска; 4 – металлическая подложка;
 I – расплавленный воск; II – теплоноситель (горячий поток);
 III – теплоноситель (холодный поток)

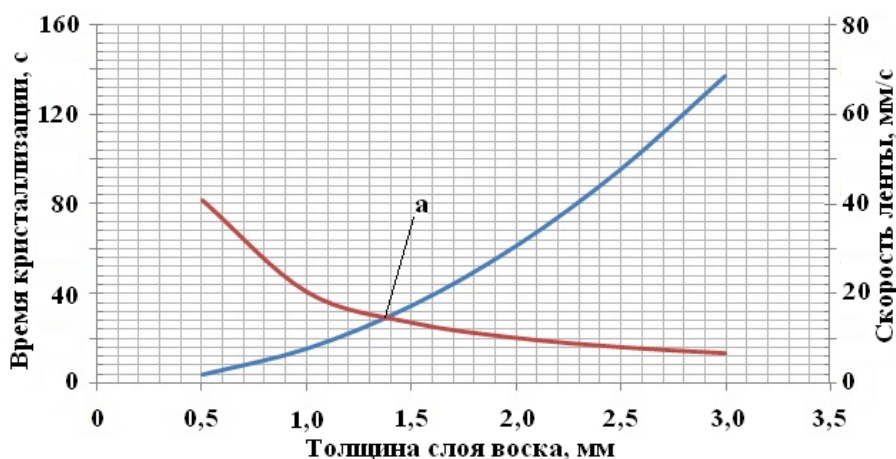


Рис. 5. Графики зависимости времени отверждения расплава и скорости ленты от толщины слоя расплава

Точка *a* пересечения кривых на рис. 5 соответствует оптимальным параметрам процесса кристаллизации. По полученным значениям времени отверждения τ и скорости ленты v определяем длину участка отверждения L_2 :

$$L_2 = v \cdot \tau. \quad (1)$$

Длина участка остывания L_3 рассчитывается по формуле

$$L_3 = \frac{F}{a}, \quad (2)$$

где F – площадь поверхности теплообмена (м^2) определяется по формуле

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{CP}}, \quad (3)$$

где Q – тепловая нагрузка, Вт;

K – коэффициент теплопередачи Вт/(м²·К);

Δt_{CP} – среднелогарифмическая разность температур, °С.

Общая длина ветви ленты конвейера

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4, \quad (4)$$

где L_4 – запас длины, учитывающий погрешность расчетов.

Вариант 2. Барабанный кристаллизатор. Кристаллизатор барабанного типа отличается компактностью и представляет собой непрерывно вращающийся барабан, на внешнюю поверхность которого подается расплав. Отвердевший продукт снимается при помощи ножа. На рис. 6 приведена схема барабанного кристаллизатора с верхним питанием.

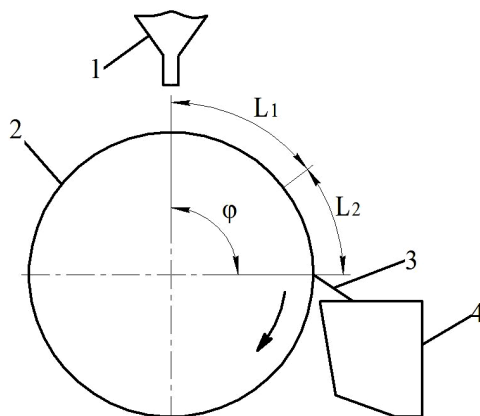


Рис. 6. Схема барабанного кристаллизатора с верхним питанием:

1 – дозатор расплава; 2 – барабан; 3 – снимающий нож;

4 – емкость приема продукта

Для интенсификации процесса кристаллизации барабан обычно охлаждается с внутренней стороны. В качестве хладоагента чаще всего используется вода, реже применяется жидкий аммиак, фреоны и т.п. (поглощение тепла, выделяющегося расплавом, происходит за счет испарения хладоагента в полости барабана).

Для определения размеров барабанного кристаллизатора использованы оптимизационные кривые (рис. 5), т. к. они построены для ленточного кристаллизатора с охлаждением ленты диспергированной водой снизу. Наружная поверхность барабана разбита на два участка протяженностью L_1 и L_2 : L_1 – участок отверждения; L_2 – участок остывания.

Температура продукта перед съемом определяется экспериментально. Если сразу после отверждения между частицами отсутствует адгезия, то длина участка остывания L_2 равна нулю. Размеры L_1 и L_2 рассчитываются соответственно по формулам (1) и (2).

Линейная скорость рассчитывается по формуле

$$v = G / (a \cdot \delta), \quad (5)$$

где G – расход расплава, мм³/с;

a – ширина барабана, мм;

δ – толщина кристаллизующегося слоя воска, мм.

Частота вращения барабана, обеспечивающая полное отверждение и, если необходимо остывание, рассчитывается по формуле

$$n = \frac{v \cdot \phi}{6 \cdot (L_1 + L_2)}, \quad (5)$$

где n – число оборотов барабана, об/мин;

v – линейная скорость стенки барабана, м/с;

ϕ – рабочий угол поворота (рис. 6), град.

Схема с верхним питанием кристаллизатора выбрана для уменьшения габаритных размеров блока за счет того, что кристаллизатор возможно расположить под емкостью для хранения расплава (рис. 7).

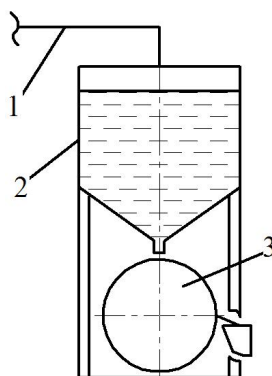


Рис. 7. Схема блока получения гранулята из расплава с применением барабанного кристаллизатора:

1 – линия подачи воска в емкость хранения расплава;

2 – емкость хранения расплава;

3 – барабанный кристаллизатор

При этом нет необходимости использования насоса для подачи расплава из емкости хранения к кристаллизатору. Полученный в блоке гранулят из емкости приема продукта поступает на линию расфасовки в тару.

Дополнительное уменьшение габаритных размеров барабанного кристаллизатора возможно при увеличении рабочего угла поворота ϕ (рис. 6).

Расчет основных характеристик кристаллизаторов проведен для двух вариантов исполнения:

– ширина ленты ленточного кристаллизатора $a = 1000$ мм, длина ленты, на которой происходит процесс кристаллизации, $l = 2000$ мм, диаметры ведущего и ведомого барабанов $DB = 800$ мм;

– диаметр барабана барабанного кристаллизатора составил 1120 мм, рабочая ширина 1,2 м, длина участка кристаллизации на наружной поверхности барабана равна 1460 мм, частота вращения барабана $n = 0,52$ об/мин.

Для изготовления емкости с рубашкой выбрана сталь ВСтЗсп (ГОСТ 380 – 2005), для ленты ленточного кристаллизатора – алюминиевый сплав А7 (ГОСТ 4784-97), для барабанного кристаллизатора – материал барабана сталь 20Х13 (ГОСТ 7805-87).

Так как для настройки режима охлаждения воска необходимо изменять скорость ленты, то привод ленточного кристаллизатора комплектуется из червячного редуктора (из-за большого передаточного отношения) и цепного вариатора.

Выбран редуктор червячный с передаточным числом 70,4 типа 6Ч-320ES-70,4 (производитель НТЦ «Редуктор», г. Санкт – Петербург) и цепной вариатор с передаточным числом от 12 до 13,5 марки ВЦ 3А-12-13,5 (производитель НТЦ «Редуктор», г. Санкт – Петербург), электродвигатель 4АМ90ЛА8У3 ($P_{ном} = 0,75$ кВт, $n_{ном} = 700$ об/мин).

Для привода барабанного кристаллизатора выбраны червячный редуктор ($u_2 = 26,5$), цепной вариатор (передаточное число от 5,6 до 6,2) и электродвигатель ($P_{ном} = 0,75$ кВт, $n_{ном} = 700$ об/мин).

Выводы

1. Предложение на совершенствование процесса расфасовки полиэтиленового воска является достаточно интересным и может быть рекомендовано к внедрению.

2. Поскольку температура гранулированного воска близка к атмосферной, то его расфасовку можно производить в бумажные мешки и полиэтиленовую тару различной вместимости. Это позволит устранить большие трудности, связанные с извлечением воска у потребителей.

3. Несмотря на то, что расчеты носят приближенный характер, размеры предлагаемого оборудования получены с небольшим запасом. Существенных технических проблем, связанных с конструкцией оборудования блока гранулирования и возможностью автоматизации процесса, нет.

4. Экономический эффект достигается в основном за счет сокращения потерь воска при расфасовке и при использовании его потребителем.

Литература

1. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники кристаллизации расплавов. М.: Химия, 1975. 352 с.
2. СТО 05766575-107-2010. Воск полиэтилена суспензионного высокой плотности. ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», 2010. 11 с.
3. ГОСТ 13726-97. Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. М.: Стандартиформ, 1999. 49 с.
4. Sandvik Process Systems. <http://www.processsystems.sandvik.com>
5. Захаров Н.М., Бурмистров Л.С. Расчет длины конвейерной ленты ленточного конвейера // Материалы II Международной заочной научно-практической конференции (24 января 2011, г. Чебоксары). Чебоксары: НИИ педагогики и психологии, 2011. С. 175 - 179.

THE DEVELOPMENT OF METHOD THE GRAINED POLYETHYLENE WAX OBTAINMENT

N.M. Zakharov¹, L.S. Burmistrov, A.I. Beloborodova

Ufa State Petroleum Technological University,

Salavat branch, Salavat, Russia

e-mail: ¹ znm@pisem.net

Abstract. *Within the scope of the problem of polyethylene wax prepaking into shallow container the possibility of its graining using the conveyer-tape and barrel crystallizer was studied. Technological scheme of graining unit was developed. The scheme contains a storage heated container and a crystallizer.*

The laboratory experiments for getting granulated material were held and the main features of crystallizers were determined. The equipment for constructing a graining unit was taken.

Economic estimates show reasonability of introduction these methods into production.

Keywords: *polyethylene wax, temperature of melting, melt, graining, equipment, barrel, conveyer-tape crystallizer*

References

1. Gel'perin N.I., Nosov G.A. *Osnovy tekhniki kristallizatsii rasplavov* (Fundamentals of melt crystallization techniques). Moscow, Khimiya, 1975. 352 p.
2. STO 05766575-107-2010. *Vosk polietilena suspenzionnogo vysokoi plotnosti* (The wax of suspension polyethylene of high density). JSC "Salavatnephteorgsintez", 2010. 11 p.
3. GOST 13726-97. *Lenty iz alyuminiya i alyuminievykh splavov. Tekhnicheskie usloviya* (Aluminium and aluminium alloys strips. Specifications). Moscow, Standartinform, 1999. 49 p.
4. Sandvik Process Systems. <http://www.processsystems.sandvik.com>
5. Zakharov N.M., Burmistrov L.S. *Raschet dliny konveiernoi lenty lentochного konveiera* (Calculation of conveyor belt length of conveyer-tape crystallizer) in *Materialy II Mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Proceedings of the II international extra-mural scientific practical conference). Cheboksary, NII pedagogiki i psikhologii, 2011. PP. 175 - 179.