

Э. В. Гоголь, И. Х. Мингазетдинов, Г. И. Гумерова, О. С. Егорова,
С. А. Мальцева, И. Г. Григорьева, Ю. А. Тунакова

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРОВ

Ключевые слова: полимерные материалы, устройство, жидкий азот.

Предложено устройство с регулированием конечных размеров гранулята для рационального использования полимерных материалов в следующих после дробления технологических циклах переработки и утилизации полимерных отходов на промышленных предприятиях по производству изделий из полимерных материалов, а также на специализированных предприятиях по переработке полимерных отходов. Технический результат, на достижение которого направлено устройство, заключается в повышении качества и эффективности измельчения путем устранения вибраций и биения и регулирования температуры во всем объеме камеры измельчения.

Keywords: polymeric materials, device, liquid nitrogen.

The device with regulation of the final sizes of granulate for rational use of polymeric materials in production cycles of processing following after crushing and utilization of polymeric waste at the industrial enterprises for production of products from polymeric materials, and also at the specialized enterprises for processing of polymeric waste is offered. The technical result on which achievement the device is directed, consists in improvement of quality and efficiency of crushing by elimination of vibrations and beating and temperature regulation in all volume of the camera of crushing.

Введение

Устройства с регулированием конечных размеров гранулята дают возможность рационального использования полимерных материалов в следующих после дробления технологических циклах переработки и утилизации полимерных отходов и могут быть использованы на промышленных предприятиях по производству изделий из полимерных материалов, а также на специализированных предприятиях по переработке полимерных отходов [1].

Экспериментальная часть

Известны способы и устройства для измельчения полимерных материалов. В установке для криогенного измельчения пластмасс [2] используют газообразный низкотемпературный азот от испаряющегося жидкого азота, а измельчение материала ведут между двумя конусообразными элементами, один из которых неподвижен, а другой вращается. Недостатком данного устройства является сложность конструкции, отсутствие регулирования размера измельчения.

Известно устройство для измельчения полимерных материалов [3]. В данном устройстве режущий угол выполнен в виде усеченных конусов, один из которых представляет собой неподвижную решетку, а другой – соосно расположенный вращающийся режущий узел с боковой перфорацией, причем перфорация на неподвижной и подвижной решетке имеет радиальное расположение. Такое симметричное радиальное расположение перфораций при работе вызывает возникновение импульсных переменных давлений, что вызывает биение и вибрации всего оборудования. Кроме того, в зоне между двумя решетками полимерные материалы могут слипаться за счет повышения температуры, обусловленной трением.

Устройство [4], принятое за прототип, содержит корпус, в котором смонтированы в камере обработки по оси шнек и пара установленных соосно со шнеком измельчающих дисков, один из которых приводной, а другой – неподвижный, а также дополнительные пары измельчающих дисков, установленных последовательно, и диспергатор в виде тела вращения, закрепленного на оси между шнеком и измельчающими дисками, а в камере обработки в зоне расположения диспергатора установлено центрирующее кольцо, при этом приводные и неподвижные диски выполнены перфорированными. Отверстия перфорированных дисков выполнены с возможностью совмещения их при повороте приводных дисков, а по периферии перфорированные диски выполнены зубчатыми.

В установке полимерный материал подается шнековым транспортером, деформируется в диспергаторе и измельчается в перфораторе, состоящем из подвижного и неподвижного дисков, имеющих симметричные отверстия. Для исключения перехода полимера в термопластичное состояние в наружном корпусе рабочей камеры предусмотрена холодильная камера.

Недостатки прототипа следующие:

- симметричные отверстия на подвижных и неподвижных дисках вызывают возникновение импульсных давлений, что приводит к появлению биения и вибраций, ухудшающие эксплуатационные характеристики устройства;
- наличие холодильной камеры на наружном корпусе может предотвращать переход сырья в термопластическое состояние только для зоны, непосредственно примыкающей к холодильной камере – это зона диспергатора и зона зубьев, расположенных по периферии дисков. Ближе к центрам дисков температура сырья повышается и может быть достаточно высокой, при которой на дисковых ножах, в отверстиях вместо разрушения полимерного сырья будет происходить вязкое

смятие и залипание материала. Все это снижает качество и эффективность измельчения полимеров.

Технический результат, на достижение которого направлено предложенное устройство [5], заключается в повышении качества и эффективности измельчения путем устранения вибраций и биения и регулирования температуры во всем объеме камеры измельчения. Технический результат достигается тем, что в установке для измельчения полимеров в корпусе, содержащем шнек для подачи сырья, систему неподвижных и подвижных дисков с перфорацией, расположенных на общей оси вращения, новым является то, что установлен узел дозированной подачи хладагента, перфорация на подвижных и неподвижных дисках выполнена в виде продольных радиальных щелей, расположенных под взаимным относительным углом, причем ширина перфорационных щелей для каждой пары дисков выполнена переменной с уменьшением ширины по длине конфузора в направлении движения массы полимерного сырья, корпус в зоне измельчения выполнен конфузурным, а между режущими парными дисками расположены дополнительные шнековые элементы.

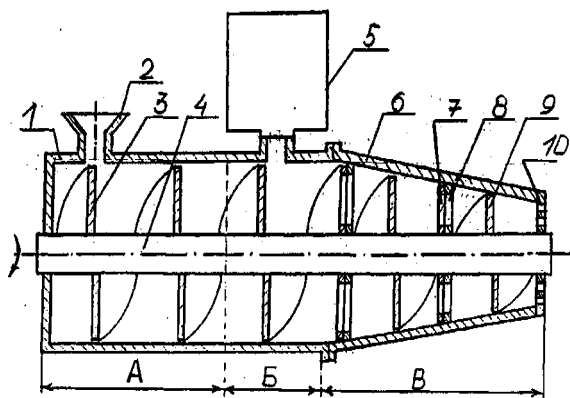


Рис. 1 – Устройство для измельчения полимерных материалов

Устройство состоит из корпуса 1 с бункером загрузки полимеров 2. В корпусе 1 расположен шнековый транспортер 3, установленный на вращающемся валу 4. На корпусе 1 в зоне подачи хладагента Б расположен узел подачи хладагента 5. Часть 6 корпуса 1 выполнена конфузурной, где размещено несколько пар, состоящих из подвижных 7 и неподвижных 8 дисков, а между парами дисков расположены дополнительные шнековые элементы 9. На выходе из конфузора установлена решетка 10.

Устройство работает следующим образом: полимерное сырье загружают через бункер загрузки 2 в корпус 1, которое шнековым транспортером 3 перемещается из зоны уплотнения А в зону подачи хладагента Б. Хладагент подается в корпус через узел подачи 5, под действием которого полимерное сырье теряет свою пластичность. Далее полимерное сырье поступает в конфузурную часть 6 корпуса. Выполнение корпуса в зоне измельчения А конфузурным способствует более плотной упаковке диспергируемой массы и исключает образование

застойных зон. Этому способствует и наличие дополнительных шнековых элементов 9, которые равномерно транспортируют полимерную измельчаемую массу от предыдущей пары дисков 6 и 7 к последующей паре. Наличие на неподвижных и подвижных дисках продольных перфораций, выполненных под углом α к радиусу диска и имеющих взаимный относительный наклон создает условия плавного резания полимерных материалов и за счет этого импульсные переменные давления, вибрации и биения не возникают, а выполнение перфорационных щелей на подвижном и неподвижном дисках каждой пары разной ширины, уменьшающейся от пары к паре в направлении к крышке 10 корпуса, обеспечивает постепенное дробление полимерного материала по мере продвижения сырья по конфузору и дает возможность регулирования среднего размера получаемых измельчаемых частиц. Регулирование возможно за счет сменных пар режущих дисков.

Пример реализации предлагаемого устройства:

В устройство загружают отходы полимерных материалов. Настраивают датчик температуры в камере Б на температуру $t_{\text{факт.}} < t_{\text{теплостойкости}}$ в соответствии с маркой перерабатываемого материала. Например, для полиэтилена $t_{\text{теплостойкости}} = 50^{\circ}\text{C}$; полиакрилата $t_{\text{теплостойкости}} = 60^{\circ} \div 80^{\circ}\text{C}$.

Величину $t_{\text{факт.}}$ выбирают на $15 \div 30^{\circ}\text{C}$ меньше $t_{\text{теплостойкости}}$ для того, чтобы гарантировать не превышение $t_{\text{теплостойкости}}$ при измельчении материала в зоне резания на неподвижных и подвижных дисках. При повышении температуры выше заданной, по сигналу обратной, через дозатор увеличивается количество подаваемого хладагента. В случае, если в качестве исходного сырья используют смесь полимерных материалов различных марок, то выбирают $t_{\text{факт.}}$ исходя из материала, имеющего наименьшее значение $t_{\text{теплостойкости}}$. Используемый хладагент – жидкий азот. Температура кипения: -196°C . Расход азота на килограмм готовой продукции – 0,07 кг. При количестве отходов – 300 т/год (160 кг/час при 260 рабочих днях в год), расход хладагента составит 2,1 т/год (11, 2 кг/час).

Были проведены эксперименты по определению температуры плавления некоторых полимеров. Наиболее важные показатели по этой категории представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температурные характеристики полимерных отходов

Полимер	Температура хрупкости, $^{\circ}\text{C}$	Температура стеклования, $^{\circ}\text{C}$	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Температура разложения, $^{\circ}\text{C}$	Температура разложения, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6
Полиэтилен высокого давления	80	105	103	92	250

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Полиэтилен низкого давления	-	-	132	125	-
Полипропилен	-	-10	172	-	300
Полистирол	-	-	167	155	-
Полиэтилен- терефталат	-	75	265	248	305

Литература

1. Государственные доклады о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2009-11 гг.

2. Пат. РФ 2153416 (2000). Измельчитель пластмасс. Дворецкий Г.В., Карев В.А., Попов В.П., Фадеев В.С., Чебыкин В.В.
3. Пат. РФ 2005606 (1994). Способ измельчения полимерных материалов и устройство для его осуществления. Павлов С.А.
4. Пат. РФ 2004443 (1993). Установка для измельчения полимеров. Восканян Р.А.
5. Пат. РФ 51933 (2006). Устройство для измельчения полимеров. Мингазетдинов И.Х., Глебов А.Н., Гоголь Э.В., Ктомас Б.Г., Мергалиева Р.Р.

© **Э. В. Гоголь** – канд. хим. наук, доц. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, ellinagogol@bk.ru; **И. Х. Мингазетдинов** – канд. техн. наук, проф. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ; **Г. И. Гумерова** – ст. препод. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, geri6872@mail.ru; **О. С. Егорова** – ст. препод. той же кафедры, egorova_olechka@yandex.ru; **С. А. Мальцева** – канд. хим. наук, доц. той же кафедры, smaltseva@yandex.ru; **И. Г. Григорьева** - доц. той же кафедры, grig406@yandex.ru; **Ю. А. Тунакова** – д-р хим. наук, проф. каф. технологии пластических масс КНИТУ, juliaprof@mail.ru.