

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  $\alpha$  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  $t_{\text{теплостойкости}} = 500^{\circ}\text{C}$ ; полиакрилата  $t_{\text{теплостойкости}} = 600 \div 800^{\circ}\text{C}$ . Величину  $t_{\text{факт}}$  выбирают на  $15 \div 300^{\circ}\text{C}$  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:  $-196^{\circ}\text{C}$ . 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.

Полимер	Температура хрупкости, °C	Температура стеклования, °C	Температура плавления, °C	Температура размягчения, °C	Температура разложения, °C
Полиэтилен высокого давления	80	105	103	92	250
Полиэтилен низкого давления	132	125	-	-	-
Полипропилен	-10	172	-	-	300
Полистирол	-	167	155	-	-
Полиэтилен-терефталат	75	265	248	305	-