

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: Стройиздат, 2010.
2. Распыление топлива пульсирующим газовым потоком / В.С. Северянин // Известия высших учебных заведений. – 1991. – Энергетика.

3. Испаряющаяся частица в пульсирующем газовом потоке / В.С. Северянин, В.М. Ракецкий, С.Н. Павленко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоснабжение.

Материал поступил в редакцию 06.03.13

PAVLENKO S.N. Pilot studies of dispersion of liquid a pulsing gas stream

The article presents the results of experimental researches of spraying a liquid in a pulsed gas-flow. It is shown that the spray will be better with the imposition of a ripple. The received data can be used in the design of industrial devices.

УДК 678.06

Дерещук Е.М.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА НАГРЕВА ПОЛИМЕРОВ ПРИ ИХ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ

Введение. В настоящее время в мире производится столько же полимеров, сколько выпускается черных и цветных металлов вместе взятых. В области переработки первичных полимеров можно выделить четыре основных направления [1]:

- приготовление различных композиций с введением в основной полимер различных добавок, способствующих улучшению эксплуатационных и технологических свойств первичных полимеров;
- изготовление изделий из термопластичных материалов, то есть технологический процесс изготовления детали состоит из плавления полимерного материала, механическая деформация его до конфигурации будущего изделия, охлаждение материала до температуры стеклования, при которой изделие может сохранять приданную ему форму;
- изготовление изделий из терморезистивных материалов, когда формирование химической структуры материала происходит на последней стадии переработки первичного полимера;
- изготовление изделий из мономеров, полимеризация готового изделия осуществляется непосредственно в форме.

При любом способе производства продукции из полимеров материал должен пройти определенные стадии деформаций. Причем существенное значение имеют как сами процессы деформаций, так и сопутствующие им тепловые и структурные эффекты. То есть большое значение имеют сведения о деформационных и структурных характеристиках расплава полимера, полученных в широком диапазоне температур и скоростей деформации. Эти сведения можно получить экспериментально в процессе реологических исследований расплавов полимеров.

Особенности плавления пластмасс. Основываясь на достоверности реологических исследований полимеров, можно построить математическую модель процесса и научно обосновать методы расчета технологических режимов и конструирования нового перерабатывающего оборудования.

Для этого рассмотрим в общем виде основные виды деформаций. Все полимерные материалы в определенном интервале температур способны к пластическому течению к необратимым деформациям. Всякую конечную деформацию можно представить как деформацию объемного сжатия или расширения, характеризующую изменение объема при неизменной форме. Согласно закону Гука, для материалов, находящихся в упругой стадии, относительная продольная деформация определяется по формуле:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (1)$$

относительная поперечная деформация равна:

$$\epsilon^{-1} = -\mu\sigma/E, \quad (2)$$

величина изменения относительного объема равна:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{(1-2\mu)\sigma}{E}, \quad (3)$$

где σ – нормальное напряжение, E – модуль упругости первого рода (модуль Юнга), μ – коэффициент Пуассона (для всех полимерных материалов при температурах выше температуры стеклования или температуры плавления коэффициент Пуассона близок к 0,5). Учитывая это, деформация полимерных тел может быть сведена к изменению формы тела, т.е. к деформации сдвига.

Относительная деформация сдвига, характеризующая изменение формы при неизменном объеме, равна:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \text{ или } \frac{\Delta S}{H} = \frac{F}{GA}, \quad (4)$$

где $\frac{\Delta S}{H} = \text{tg}\alpha$ – служит деформацией сдвига;

F/A – есть тангенциальное напряжение сдвига;

G – модуль упругости второго рода при сдвиге.

При нагреве большинство полимерных материалов проходят следующие стадии деформаций: упругую γ_Y , высокоэластическую, пластическую γ_P . Основной особенностью полимеров считается, что при их нагреве одновременно развиваются все три вида деформаций. Первые два вида носят обратимый характер, последняя деформация сдвига элементарной призмы расплава является необратимой. Таким образом, для деформации сдвига элементарной призмы, вырезанной из расплава, будет справедливо следующее уравнение:

$$\gamma = \gamma_Y + \gamma_B + \gamma_P. \quad (5)$$

Одновременное развитие всех трёх видов деформаций в условиях установившегося течения приводит к тому, что полимеры обладают свойствами аномально-вязких жидкостей или неньютоновских жидкостей. Скорость развития высокоэластической и пластической деформаций сильно зависит от температуры и градиента скорости сдвига частиц расплава. При достижении определённой температуры и критической скорости сдвига полимер, имея неньютоновские свойства расплава, начинает вести себя как ньютоновская жидкость.

Технологический процесс изготовления продукции из первичных полимеров считается дорогостоящим из-за высокой стоимости исходного материала, употребления большого количества энергии, стоимости дорогого оборудования и т.д. Однако если при производстве первичной продукции утилизировать отходы вторичного сырья в виде добавок, можно уменьшить стоимость изделий примерно на 30–35%.

Дерещук Евгений Михайлович, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Практические проблемы использования полимеров как вторичных ресурсов. Рассмотрим источники образования пластмассовых отходов. Они образуются на всех стадиях производства изделий, использования их в быту и различных областях промышленности. Все пластмассовые отходы можно разделить на две большие группы:

- технологические отходы, образующиеся при переработке полимеров и изготовлении из них изделий;
- бытовые и промышленные отходы – это отходы вышедших из употребления материалов и изделий, а также технические отходы, источником образования которых являются различные области промышленности. Из общего количества пластмассовых отходов около 60% образуется при использовании упаковочных материалов и изделий. Производственные и промышленные отходы составляют примерно 17%, на долю бытовых отходов приходится 20% [2].

Утилизация пластиковых отходов является общемировой проблемой, поэтому переработка (рециклинг) полимеров, бывших в употреблении, является важной задачей. Хотя содержание пластмассовых отходов в общей массе невелико – всего (7–8%), но низкий удельный вес их способствует увеличению объёма в отходах мусора и составляет примерно пятую часть. Кроме того, пластмассы имеют высокую стойкость к воздействию на них окружающей среды. Они хорошо сохраняются в естественных условиях в течение длительного времени и наносят большой вред экологии. Пока значительная часть пластмассовых отходов вывозится на свалки, закапывается или сжигается.

Предлагаемое решение интенсификации процесса при переработке пластмасс. В последнее время всё больше стали уделять внимания совершенствованию разработки процессов и методов утилизации и обезвреживания пластмассовых отходов, При этом можно выделить следующие основные направления:

1. Химическое разложение отходов с получением целевых продуктов.
2. Термическое обезвреживание с регенерацией выделяемой теплоты.
3. Вторичная переработка пластмасс, позволяющая получать гранулированное полимерное сырьё.

Пластмассовый мусор в обычном его состоянии нельзя использовать непосредственно в установках переработки вторичного сырья. Его нужно отсортировать, отделить от ненужных включений, измельчить, отмыть от грязи, высушить, затем в специальных устройствах переработать, получить гранулят или агломерат и только после этого из него можно сделать вторичную готовую продукцию.

Грануляция – это сложный и энергоёмкий процесс при переработке полимеров. В процессе гранулирования происходит уплотнение материала, усредняются характеристики вторичного сырья, в результате вязко-текучие свойства материала практически не отличаются от свойств первичных полимеров, иначе говоря, можно перерабатывать вторичное сырьё при тех же режимах экструзии и литья под давлением, что и первичное. Следует отметить, что гранулы вторичного сырья не требуют особых условий при их хранении, не подвергаются воздействию внешних факторов, химически инертны, гидрофобны.

На наш взгляд, особое внимание при вторичной переработке отходов из пластмасс следует уделить термопластам полиолефинам (полиэтилен – ПЭ, полипропилен – ПП, полистирол – ПС, поливинилхлорид – ПВХ, поликарбонат – ПК).

Эти термопласты после формования изделий сохраняют способность к их повторной переработке. Они могут многократно размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, незначительно теряя свои первоначальные свойства. Переработанные полиолефины сохраняют до 70% физико-механических показателей, присущих первичным материалам. Именно эти свойства обуславливают большой интерес к их вторичной переработке.

При производстве продукции из полимеров для придания им текучести требуются огромные затраты тепловой и механической энергии. Из теплотехники известно, что в теплообменных аппаратах теплота от нагревающей жидкости к нагреваемой среде передаётся преимущественно через разделяющую их стенку. Такой теплообмен называется теплопередачей. Причём количество переданной теплоты пропорционально зависит от величины коэффициента теплопередачи [3].

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6)$$

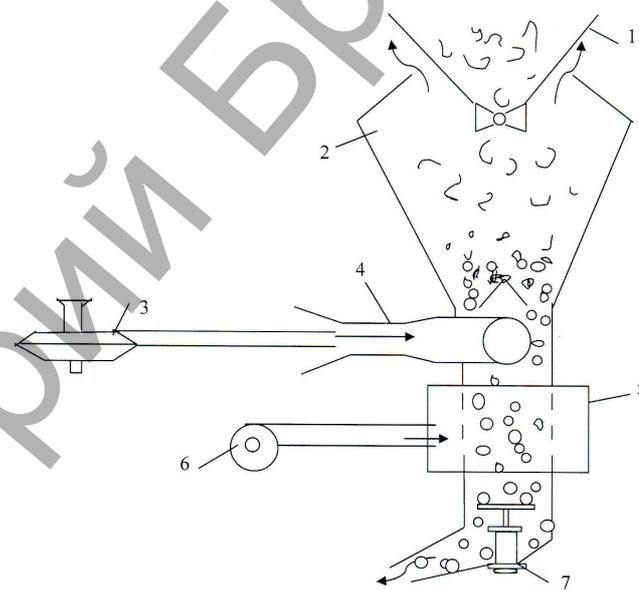
где α_1 – коэффициент теплоотдачи от нагревающего горячего газа к разделительной стенке, Вт/(м²·°C);

α_2 – коэффициент теплоотдачи от поверхности стенки к нагреваемому материалу, Вт/(м²·°C);

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м·°C);

δ – толщина стенки, м.

Из формулы видно, что коэффициент теплопередачи, в основном, зависит от коэффициентов теплоотдачи (α_1, α_2). Причём эффект может быть достигнут только при обоюдном их увеличении как со стороны горячих газов к стенке, так и от стенки к нагреваемому полимеру. В современных тепловых установках, где используются стационарные тепловые потоки, исчерпаны возможности повышения коэффициентов теплоотдачи, если не прибегать к дополнительным затратам.



1 – накопительный бункер, 2 – шахта, 3 – камера пульсирующего горения, 4 – эжектор, 5 – холодильная камера, 6 – вентилятор, 7 – электродвигатель

Рис. 1. Установка с пульсирующим горением для вторичной переработки пластмасс

БрГТУ для вторичной переработки пластмасс предложена установка (рис. 1) с тангенциальной камерой пульсирующего горения (КПГ) «улитка». В качестве эксперимента для получения восстановленного материала (агломерата) брались отходы производства в виде стружки после изготовления продукции из ПВХ.

Установка представляет собой конусную шахту, в которую из накопительного бункера поступает сырьё. Горячие газы от КПГ, разбавленные холодным воздухом в эжекторе, для понижения их температуры через вмонтированную трубу подаются в нижнюю часть шахты. Скоростной пульсирующий газозвдушной поток направляется против движения стружки, находящейся во взвешенном состоянии. Под действием теплоты частички стружки плавятся, объединяются со смежными частицами расплава и под собственным весом опускаются в камеру охлаждения, куда от вентилятора подаётся холодный воздух. Далее затвердевшие гранулы агломерата попадают на быстровращающийся диск и отбрасываются через лоток в ёмкость готовой продукции.

Заключение. Доктор технических наук, профессор Северянин В.С. и ученики его школы научно (теоретически и экспериментально) дока-

зали, что, сжигая топливо в пульсационном режиме, можно значительно увеличить коэффициент теплопередачи в тепловых установках. Кроме того, возникающая вибрация греющих поверхностей от пульсирующих газов способствует интенсификации теплообмена. В результате чего пластифицируемый материал по времени меньше находится под воздействием температур, следовательно, сохраняются его первоначальные физико-механические и структурные свойства.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торнер, Р.В. Основные процессы переработки полимеров (теория и методы расчёта). – М.: Химия, 1972. – 452 с.
2. Вторичная переработка пластмасс / Ф.Ла Мантия (ред.); пер. с англ. под. ред. Г.Е.Заикова – СПб.: Профессия, 2006. – 400 стр., ил.
3. Кузовлев, В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. – М.: Высшая школа, 1975 – 303 с., ил.

Материал поступил в редакцию 13.02.13

DERESCHUK E.M. Application of a non-stationary thermal mode of heating of polymers at their secondary processing

The use of time-dependent thermal heating mode polymers at recycling significant portion of the waste plastic manufacture either dumped, burned or buried. Existing methods and equipment of the secondary of polymer processing is very energy intensive and costly. We consider the opportunity for the use of recycled plastics intermittent burning. This will reduce the use of natural resources, improve the environment, reduce energy consumption.

УДК 697.922.566

Ратушняк Г.С., Степанковский Р.В.

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ СИСТЕМАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ

Введение. Неотъемлемыми составными аэродинамической сети для разделения, слияния, направления, распределения, регулирования потока воздуха являются фасонные части: колена, тройники, диффузоры, конфузоры, решетки, дроссель-клапаны [1], создающие местные сопротивления протеканию рабочей среды. Перестройка поля скоростей в местных сопротивлениях, образование вихрей и поддержания их вращения требует существенных потерь энергии. В связи с этим, течение воздуха через местные сопротивления сопровождается потерями давления, шумообразованием [1, 2].

Одним из основных недостатков при работе вентиляционной сети есть возникновение шума, который создается как самой вентиляционной установкой, так и при прохождении воздуха по воздуховодам и через фасонные части. Наличие высокого уровня шума ограничивает возможность применения вентилятора с заданными аэродинамическими параметрами или вынуждает прибегать к шумоглушающим приспособлениям, которые удорожают и усложняют систему вентиляции [2].

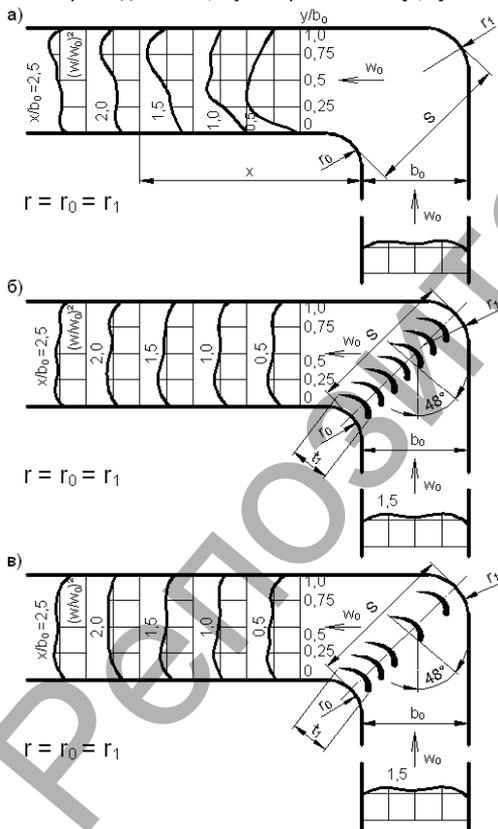
Снижение интенсивности вихреобразования в местных сопротивлениях, уменьшение коэффициентов местных сопротивлений и, соответственно, потерь давления в них является актуальной задачей, решение которой позволит повысить энергоэффективность систем вентиляции.

При проектировании аэродинамических систем на промышленных предприятиях, вследствие насыщенности инженерной инфраструктуры (технологического оборудования, строительных конструкций, разного рода коммуникаций), возникает сложность использования прямолинейных участков на значительных дистанциях, что влечет к необходимости использования большого количества колен с малым радиусом изгиба.

Использование фасонных частей аэродинамической сети с угловатыми удобообтекаемыми выступами обуславливает негативную аэродинамику прохождения рабочей среды через фасонную часть, вихреобразование, увеличения коэффициента местного сопротивления. Сопротивление колена может быть уменьшено не только скруглением или срезом кромок поворота, но и установлением направляющих лопаток. В первом случае увеличиваются габариты конструктивной части, во втором – сохраняется компактность [1].

Аэродинамическая решетка в колене, составленная из направляющих лопаток, вследствие развивающейся на ней аэродинамической силы, вызывает отклонение потока к внутренней стенке. При правильном выборе размеров, числа и угла размещения лопаток это отклонение потока предотвращает отрыв струи от стенок и образование вихревой области. При этом улучшается распределение скоростей по сечению за поворотом и уменьшается сопротивление колена [1] (рис. 1).

Для равномерного распределения скоростей непосредственно после поворота количество лопаток в колене принимают оптимальным (рис. 1, б) [1]



а) без лопаток; б) с установлением оптимального числа лопаток; в) с установлением уменьшенного числа лопаток

Рис. 1. Схема распределения безразмерных скоростей (скоростных давлений) в колене

$$n_{норм} = 2,13 \left(\frac{r}{b_0} \right)^{-1} - 1, \tag{1}$$

Ратушняк Георгий Сергеевич, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплогазоснабжения Винницкого национального технического университета.

Степанковский Роман Владимирович, аспирант кафедры теплогазоснабжения Винницкого национального технического университета. Украина, 21021, г. Винница, Хмельницкое шоссе, 95.