МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ТОБОЛЬСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (филиал)**

Кафедра химии и химической технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой «Химии и
химической технологии»
_____ Егорова Г.И.
«_____»_____2017 г.

Проектирование экструдера получения полипропилена ООО «СИБУР Тобольск»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к бакалаврской работе
БР.18.03.02. 072.137.2017.00.ПЗ

НОРМОКОНТРОЛЕР:
к.т.н., доцент
_____ Егоров А.Н.

РУКОВОДИТЕЛЬ:
д.т.н., профессор
_____ Калекин В.С.

РАЗРАБОТЧИК:
студент группы МХПбз-12
_____ Емельяненко А.А.

Бакалаврская работа
защищена с оценкой_____
Секретарь ГЭК
_____ Беляк Е.Л.

Тобольск, 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ТОБОЛЬСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (филиал)

Кафедра химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Химии и химической технологии»
_____ Г.И. Егорова
«12» января 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Ф.И.О. студента гр. МХПбз-12: Емельяненко Александр Александрович
Ф.И.О. руководителя ВКР: Калекин Вячеслав Степанович, д.т.н., профессор
Тема ВКР: «Проектирование экструдера получения полипропилена ООО «СИБУР Тобольск»» утверждена приказом по институту (филиалу) от 30.12.2016 г. № 072
Срок предоставления завершенной ВКР на кафедру «25» мая 2017 г.
Исходные данные к ВКР: мощность 300 000 тонн в год

Содержание расчетно-пояснительной записки

Наименование главы, раздела	Количество листов графической части	% от объема ВКР/ДП	Дата выполнения
Введение		1-2	17.04.17
Литературный обзор		25-30	24.04.16
Технологическая часть	2-3	30-35	29.04.16
Механическая часть	1-2	15-20	08.05.17
Безопасность и экологичность проекта	1	5-10	15.05.17
Выводы и заключения		2	22.05.17

Всего листов в графической части ВКР 5-7 листов (слайдов)

Дата выдачи задания: 12.01.2017 г.

_____
Подпись руководителя

Задание принял к исполнению

_____
Подпись студента

РЕФЕРАТ

Целью дипломной работы являлся расчет экструдера получения полипропилена.

Ключевые слова: экструдер, полипропилен, шнек.

Цели исследования достигаются при решении следующих вопросов:

- проведение технологического расчета;
- исследование процесса полимеризации;
- осуществление подбора необходимого вспомогательного оборудования;
-исследование способов безопасного монтажа и эксплуатации экструдера.

Дипломный проект состоит из следующих частей:

- введение;
- литературный обзор;
- технологическая часть;
- механическая часть;
- экономическая часть;
- заключение.

Введение обосновывает актуальность производства полипропилена и его применение в различных отраслях промышленности.

В разделе «Литературный обзор» рассматривается суть процесса полимеризации, механизм гомополимеризации пропилена, виды экструдеров, описывается процесс экструзии.

В разделе «Технологическая часть» рассматривается характеристика продуктов и сырья, конструкция и принцип работы экструдера, автоматизация и контроль производства.

В разделе «Механическая часть» приведен расчет экструдера, а в частности: расчет толщины стенки цилиндра, шнеков, гранулятора и производительности экструдера.

ESSAY

The objective of the thesis was to calculate the extruder for the production of polypropylene.

Key words: extruder, polypropylene, screw.

The objectives of the research are achieved when solving the following issues:

- carrying out of technological calculation;
- study of the polymerization process;
- the selection of the necessary auxiliary equipment;
-Examination of ways of safe installation and operation of the extruder.

The project consists of the following parts:

- Introduction;
- literature review;
- technological part;
- mechanical part;
- The economic part;
- conclusion.

Introduction proves the relevance of the production of polypropylene and its use in various industries.

In the "Literary review" section the essence of the polymerization process, the propylene homopolymerization mechanism, types of extruders, the extrusion process are described.

In the section "Technological part" the characteristics of products and raw materials, the design and operation of the extruder, automation and production control are considered.

In the section "Mechanical part" the calculation of the extruder is given, in particular: calculation of wall thickness of the cylinder, screws, granulator and productivity Extruder.

Содержание

Введение

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР……...…9

1.1. Процесс полимеризации и его классификация……10

1.2. Сущность и химизм процесса полимеризации пропилена……....11

1.3. Механизм гомополимеризации пропилена…….…….15

1.4. Назначение компонентов катализатора……....16

1.5. Экструзия полимеров……..……18

1.5.1. Принципиальная схема экструдера……..…….18

1.5.2. Виды экструзии……...……..19

1.5.3. История развития экструзии……...……19

1.5.4. Виды экструдеров……..……...20

1.5.5. Классификация шнековых экструдеров……...……..24

1.5.6. Параметры экструзии……..…….25

1.5.7. Конструктивные особенности шнеков экструзионных машин…..26

1.5.8. Конструктивные особенности оформляющих головок экструдера.30

1.6. Описание процесса используемого на предприятии ООО “Тобольск-Полимер”……..….31

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ……..……...36

2.1. Характеристика сырья и продуктов……36

2.2.Потребляемые количества сырья и средств обеспечения производства……36

2.3.Конструкция и принцип работы экструдера……...37

2.3.1.Схема узла экструзии.....……37

2.3.2.Экструдер.....…… 37

2.3.2.1.Описание экструдера.....……..37

2.3.2.2.Регулируемые переменные, влияющие на режим работы экструдера……39

2.3.2.3.Нерегулируемые переменные, влияющие на режим работы экструдера.....……..……43

2.3.2.4.Энергетическая потребность экструдера……..44

2.3.3.Шнеки экструдера.....45
2.3.4.Система регулирования дроссельного клапана.....46
2.3.5.Загрузочная воронка экструдера.....46
2.3.6.Перепускной клапан.....46
2.3.7.Блок сменных фильтров.....47
2.3.8.Поточное измерение ПТР (реометр).....49
2.3.9.Подводной гранулятор……..
2.3.9.1.Описание подводного гранулятора……..
2.3.9.2.Регулируемые переменные, влияющие на режим работы подводного гранулятора……
2.3.10.Блок горячего масла……..
2.4.Пуск и останов узла экструзии……
2.4.1.Пуск экструдера гранулятора…….
2.4.2.Регулировка размера гранул……...
2.4.3.Переход с одного продукта на другой……..
2.4.4.Останов экструдера……..
2.4.5.Дренаж бака воды грануляции……
2.4.6.Дренаж гранулятора…….
2.4.7.Замена ножей гранулятора……..
2.4.8.Аварийный останов узла экструзии……
2.5.Контроль и автоматизация производства……

ВВЕДЕНИЕ

Экструзия – технология получения изделий путем продавливания расплава материала через формующее отверстие Экструзия – технологический процесс, который применяют для непрерывного производства полимерных изделий высокого качества, точных размеров с требуемой производительностью.

Полипропилен – один из наиболее широко использующихся пластиков. Технология переработки полипропилена сравнительно проста, для этого подходят все основные способы переработки пластмасс. Для переработки полипропилена не требуется применения узкоспециализированного оборудования.

При использовании экструзии получают полипропиленовые трубы для холодного и горячего водоснабжения, канализации; сотовый полипропилен, листовой полипропилен, профили, волокна, вспененные изделия, а также самые разнообразные полипропиленовые пленки для нужд всех отраслей промышленности. Применяя литье под давлением и термо-вакуумное формование для изготовления изделий, получают разнообразные упаковочные материалы из полипропилена, а также одноразовую посуду. Упаковка из полипропилена – бурно развивающийся сегмент сегодняшнего рынка пластиковых изделий. Кроме того, достаточно крупными потребителями гранулированного полипропилена в России являются компании, производящие товары бытового назначения, канцтовары, игрушки. Некоторые марки полипропилена перерабатываются также экструзионно-выдувным и ротационным способами для получения разного рода емкостей, сосудов и тары.

Для создания высокоэффективного производства необходимо использовать высокоскоростные машины, имеющие более точное и автоматизированное регулирование параметров экструзионных технологических процессов, внедрять полную механизацию и автоматизацию основных и вспомогательных операций,

объеденённых общей программой и системой дистанционного управления компьютерами.

В России в настоящее время производится порядка 700 тыс. тонн гранулированного полипропилена. При этом потребление на внутреннем рынке составляет 800 тыс. тонн, и дефицит компенсируется за счет импорта. Ожидается, что с запуском новых мощностей – “Полиома” Ангарского завода и “Тобольск-Полимера” – эта ситуация изменится. Марочный ассортимент расширится. Производство вырастет до 1675 тыс. тонн и увеличится доля экспорта.

1. Литературный обзор

1.1. Процесс полимеризации и его классификация

Полимеризация – процесс образования высокомолекулярного вещества (полимера) путем многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера, олигомера) к активным центрам в растущей молекуле полимера. Молекула мономера, входящая в состав полимера, образует так называемое мономерное (структурное) звено. Элементный состав (молекулярные формулы) мономера и полимера приблизительно одинаков.

Обычно мономерами являются соединения, содержащие кратные связи, которые способны, раскрываясь, образовывать новые связи с другими молекулами, обеспечивая рост цепей.

Механизм полимерицамии обычно включает в себя ряд связанных стадий:

- инициирование – зарождение активных центров полимеризации;

- рост (продолжение) цепи – процесс последовательного присоединения молекул мономеров к центрам;

- передача цепи – переход активного центра на другую молекулу;

- разветвление цепи – образование нескольких активных центров из одного;

- обрыв цепи – гибель активных центров.

В основу классификации полимеризации могут быть положены различные признаки, такие как:

а) число типов молекул мономеров:

- гомополимеризация – полимеризация одинаковых мономеров;

- сополимеризация – полимеризация двух и более разных мономеров;

б) природа активного центра и механизм процесса:

- радикальная полимеризация – активными центрами являются свободные радикалы;

- ионная полимеризация – активные центры ионы или поляризованные молекулы;

в) агрегатное состояние полимеризуемой системы:

- полимеризация жидкого мономера в отсутствие растворителя (полимеризация в массе) или растворе под действием инициаторов радикальной или ионной природы либо диспергированных или гранулированных твердых катализаторов;

- полимеризация в водных эмульсиях и суспензиях;

- полимеризация в твердой фазе под действием ионизирующего излучения;

- полимеризация газообразного мономера под действием ионизирующего излучения или на поверхности твердого катализатора;

г) структура области, в которой сосредоточены активные центры:

- объемная полимеризация – полимеризация во всем объеме мономера;

- фронтальная полимеризация – экзотермическая полимеризация в узком фронте, распространяющемся в среде мономера;

- эмульсионная полимеризация – полимеризация на поверхности высокодиспергированных частиц мономера в эмульсии;

д) способ инициирования:

- фотополимеризация – образование полимеров под воздействием УФ излучения;

- термическая полимеризация – протекает под воздействием тепла;

- радикальная полимеризация – протекает под воздействием ионизирующих излучений;

е) структурные особенности получения полимера:

-стереорегулярная полимеризация – полимеризация с образованием полимеров с упорядоченной пространственной структурой;

ж) технологические особенности полимеризации:

- полимеризация при высоком давлении и др.

Полимеризация была открыта ещё в середине XIX века, практически с выделением первых способных к полимеризации мономеров (стирола, изопрена, винилхлорида, метакриловой кислоты). Однако суть полимеризации как цепного процесса образования истинных химических связей между молекулами мономера

была понята лишь в 20-30-е гг. XX века благодаря работам Г. Штаудингера, С. В. Лебедева, Б. В. Бызова, К. Циглера.

В 1922 г. Химик Штаудингер доказал, что полимеры представляют собой соединения, состоящие из больших молекул, атомы которых связаны между собой ковалентными связями.

1.2. Сущность и химизм процесса полимеризации пропилена

Процесс полимеризации пропилена является одним из основных процессов в нефтехимической промышленности.

Для производства полипропилена требуется пропилен высокой степени чистоты. Содержание таких примесей, как ацетиленовые и сернистые соединения, кислород, окись и двуокись углерода, не должно превышать сотых и тысячных долей процента.

Продуктом процесса полимеризации пропилена является полипропилен. Полипропилен выпускается в виде порошка белого цвета или гранул с насыпной плотностью 0.4-0.5 г/см^3. Полипропилен выпускается стабилизированным, окрашенным и неокрашенным.

Полипропилен, как правило, производится в трех формах:

- гомополимер
- статистический сополимер
- гетерофазный ударопрочный сополимер

Самые важные свойства различных типов полипропилена – наиболее легкий из всех известных жестких полимеров (относительная плотность 0,9); он отличается высокой прочностью при ударе и многократном изгибе, износостойкостью, низкой паро- и газопроницаемостью; хороший диэлектрик. Полипропилен является экологически чистым материалом.

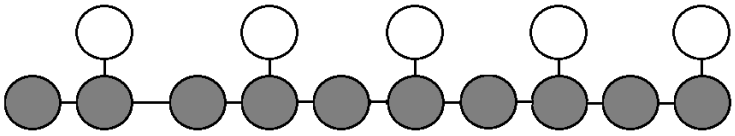
Реакция полимеризации лежит в основе промышленного получения полипропилена. Полимеризация – это реакция образования макромолекул путем

последовательного присоединения молекул мономера к растущему активному центру.

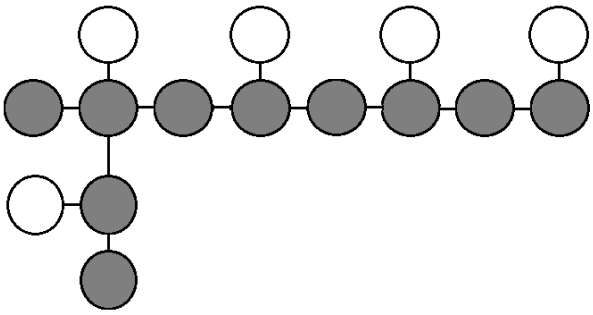
Растущая цепь полипропилена содержит метильную группу (“-CH3”), соединенную с каждым вторым атомом углерода. Ориентация метильных групп очень важна при определении физических свойств и практической пригодности полимера для промышленности.

Пространственную структуру полипропилена определяют три фактора:

1. Степень разветвления – линейная структура (следующая мономерная единица добавляется к концу цепи) или разветвленная (следующая мономерная единица присоединяется к главной, образуя боковую цепь). На рисунке 1.2.2. схематически показаны два возможных варианта, боковая метильная группа выделена белым цветом. Метильная группа присоединена к одному из атомов углерода, который является элементом двойной связи.



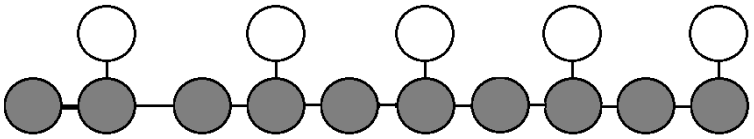
А. Линейная



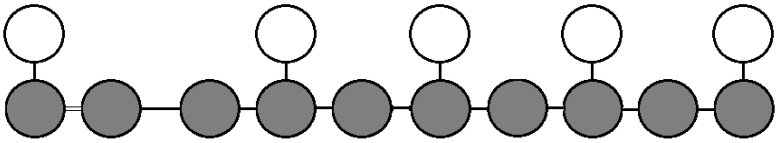
В. Разветвленная

Рис. 1.2.2. Присоединение мономера пропилена к растущей ПП цепи с образованием линейной (А) и разветвленной (В) структуры.

2. Боковая метильная последовательность: метильная группа присоединяется по типу “голова-хвост” или она иногда включается по типу “голова к голове” или “хвост-хвост”:



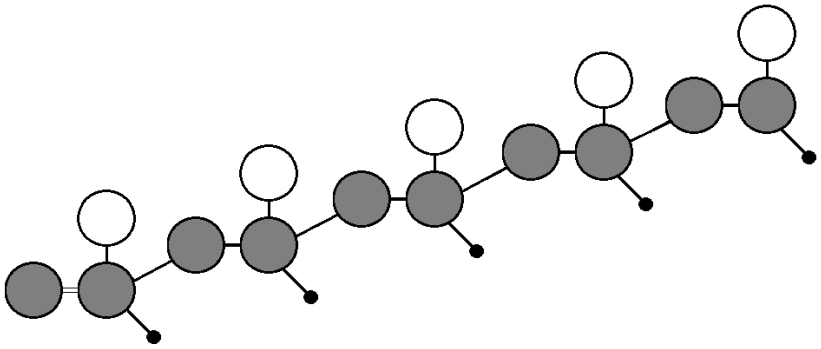
А. Голова к хвосту



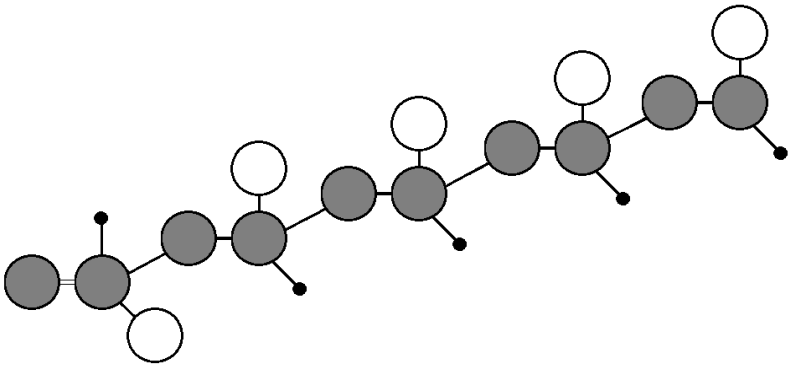
В. Хвост к хвосту

Рис. 1.2.3. Присоединение пропилена к растущей ПП цепи по типу “голова-хвост” (А) и “хвост-хвост” (В).

3. Пространственная ориентация: метильные группы располагаются по одну сторону от плоскости основной цепи (изотактический полимер) или метильные группы расположены со строгой последовательностью по разные стороны от плоскости основной цепи (синдиотактический полимер). На рисунке 1.2.4. показаны два возможных варианта присоединения; третичный водород включен с целью показать направление.



А. Совпадающая ориентация



В. Противоположная ориентация

Рис. 1.2.4. Присоединение пропилена к растущей ПП цепи с той же (А) и противоположной (В) стороны.

Кроме того, в полипропилене могут содержаться участки с атактической (полипропилен с беспорядочным расположением боковых метильных групп) и стереоблочной стризотактичуктурой (регулярно чередуются различные по длине изотактические и атактические участки).

Стабильность структуры (или стереорегулярность) изотактическиго материала позволяет полимерной цепи сворачиваться в спиральную конфигурацию, обладающую высокой степенью регулярности, что приводит к образованию кристаллических участков в продукте. Такая кристалличность обеспечивает привлекательные физические и механические свойства

изотактического ПП: высокая температура плавления (160-165°С), низкая плотность (900-910 кг/м^3), высокая устойчивость и прочность при растяжении, умеренная прочность при ударе и отличная устойчивость к химическим веществам и растрескиванию под воздействием напряжения. Таким образом, наибольшую ценность представляет собой полимер с регулярной структурой – изотактической и синдиотактической. [6]

Атактический ПП (побочный продукт изотактического полимера) представляет собой тягучий, некристаллический материал, используемый в случаях, когда требуется меньшая прочность, такая как производство адгезивов и кровельные работы. Когда пропилен полимеризуется с использованием каталитической системы CDi, изотактической материал составляет до

99 весового % гомополимера. Соответственно низкое содержание атактического полимера, изготовленного с помощью данной системы (1,0-1,3 вес. %) устраняет необходимость оборудования для удаления атактического материала, требуемого при процессах с применением каталитических систем предыдущего поколения. Кроме того, высокая эффективность катализатора устраняет необходимость дополнительного оборудования для удаления остаточного количества металлов, оставшихся от катализатора. [7]

1.3. Механизм гомополимеризации пропилена, используемый на предприятии ООО “Тобольск-Полимер”

Полимеризация пропилена с использованием каталитической системы четвертого поколения CDi (более общее известное название – каталитическая система Ziegler-Natta, названная в честь её изобретателей) может быть описана с помощью следующих четырех основных этапов реакций:

1. Активация: сокатолизатор (ТЭА) реагирует с $TiCl_4$ на поверхности катализатора на носителе и восстанавливает Ti с (+4) до (+3), таким образом, активируя Ti для полимеризации. Реакция алкилирования идет между ТЭА и активной точкой с образованием Ti-C.

2. Инициация: молекула пропилена включается между связью Ti-C в химически активной точке с образованием начинающейся цепи полипропилена.

3. Рост цепи: молекулы пропилена последовательно включаются к активной точке и цепь полимера растет снаружи (т.е. она увеличивается) от поверхности частицы катализатора.

4. Обрыв цепи: Молекула водорода включается к активной точке и завершает процесс путем образования метильной группы (т.е. “–CH3”) на конце цепи. [1]

Обрыв цепи может также происходить путем реакции с ядами катализатора; при этом активная точка может необратимо инактивироваться и делаться недоступной для дальнейшей полимеризации.

Скорость течения расплава (MFR) измеряется как количество граммов расплавленного полимера, экструдируемого за 10 минут через стандартную цилиндрическую головку в реометре. По мере увеличения молекулярной массы полимера, запутанность цепей возрастает, увеличивается кажущаяся вязкость, а количество полимера, экструдируемого через головку, снижается. Таким образом, MFR обратно пропорционален молекулярной массе полимера. [8]

1.4. Назначение компонентов катализатора, используемого на предприятии ООО “Тобольск-Полимер”

Каталитическая система, обладающая высокой активностью, CDi (HAC), состоит из следующих компонентов:

1. Катализатор CDi;

2. Сокатолизатор триэтилалюминий (ТЭА);

3. Внешний модификатор силан.

Катализатор CDi содержит тктрахлорид титана ($TiCl_4$) и внутренний модификатор (ди-n-бутилфталат или DNBP), на носителе – хлориде магния ($MgCl_2$), CDi представляет собой новейший тип семейства катализаторов CD. Компоненты катализатора и модификатор запатентованы INEOS. Данная

каталитическая система четвертого поколения “Ziegler-Natta” превосходит по производительности катализатора и стереоспецифичности предшествующие каталитические системы без носителя.

Срок хранения катализатора CD в минеральном масле изучался в ходе исследований и разработок. В одном исследовании катализатор CD в более 8 лет и при этом он сохранил свою производительность и качество в ходе исследований с применением опытной установки. Поэтому ожидается, что катализатор CDi, суспендированный в инертных жидких углеводородах, сохранит свое рабочие качества. Однако не рекомендуется хранить катализатор CDi в течение длительного времени и при повышенных температурах. Также не следует хранить катализатор в холодных помещениях, его следует хранить в хорошо вентилируемых местах, защищенных от прямого солнечного света.

Наконец, частицы катализатора достаточно устойчивы к излому или трению, таким образом, перед использованием в процессе предполимеризации или другого этапа предварительной обработки не требуется.

Сокатализатор триэтилалюминий

Триэтилалюминий (ТЭА) используется в качестве сокатолизатора в каталитической системе CDi. ТЭА поставляется в чистой (не разбавленной) форме и подается в процесс непосредственно из транспортировочного контейнера.

Полагают, что разновидностями, обладающими каталитической активностью, во всех катализаторах, используемых при промышленном производстве изотактического ПП, являются соединения трехвалентного титана (Ti^{+3}). В катализаторах на носителе, таких как CDi, четырехвалентный титан (Ti^{+4}), содержащийся на носителе, восстанавливается до активного Ti^{+3} и неактивной разновидности Ti^{+2} путем реакции с ТЭА. ТЭА также инициирует полимеризацию, замещая один из атомов Cl в активной точке алкильной группой с образованием первой связи Ti-C.

Помимо функции в качестве сокатолизатора, ТЭА также действует как акцептор, удаляющий следы определенных ядов катализатора в мономере, минерального масла и всех иных сырьевых материалов. Это является важным, поскольку требования к чистоте сырьевых материалов, касающиеся катализаторов на носителе, таких как CDi, значительно более строгие, чем требования к катализаторам предшествующего поколения, не имеющих носителя. Однако если уровни примесей в сырьевых материалах намного превышают значемия спецификации на катализатор CDi, вероятно очищающий эффект ТЭА окажется недостаточным для защиты катализатора.

Внешний модификатор силан

Функция внешнего силана заключается в обеспечении дополнительной стереоспецифичности путем контролирования ориентации мономера, когда он включается в полимерную цепь. Без внешнего силана, несмотря на содержание внутреннего модификатора в частицах катализатора, образуются избыточные количества атактического материала. Увеличение скорости подачи силана в целом снижает образование атактического материала, но снижает эффективность катализатора. Другим положительным эффектом силана является замедление затухания активности катализатора, что обеспечивает поддержание реакции в течение более длительного времени. [1]

1.5. Экструзия полимеров

1.5.1. Принципиальная схема экструдера

Экструзия – это способ переработки полимерных материалов непрерывным продавливанием их расплава через формующую головку, геометрическая форма выходного канала который определяет профиль получаемого изделия или полуфабриката.

Экструдер состоит из: корпуса с нагревательными элементами; рабочего органа (шнека (винт Архимеда), диска, поршня), размещенного в корпусе; узла загрузки перерабатываемого материала; силового привода; формующей головки;

системы задания и поддержания температурного режима, других контрольно-измерительных и регулирующих устройств.[9]

1.5.2. Виды экструзии

Существует три вида экструзии:

- Холодная экструзия – возможны только механические изменения в материале вследствие медленного его перемещения под давлением и формованием этого продукта с образованием заданных форм.

- Теплая экструзия – сухие компоненты сырья смешиваются с определенным количеством воды и подаются в экструдер, где наряду с механическим его подвергают ещё и тепловому воздействию. Продукт нагревается извне. Получаемый экструдат отличается небольшой плотностью, незначительным увеличением в объеме, пластичностью, а также ячеистым строением. Иногда экструдату необходимо подсушивание.

- Горячая экструзия - процесс протекает при высоких скоростях и давлениях, значительном переходе механической энергии в тепловую, что приводит к различным по глубине изменениям в качественных показателях материала. Кроме того, может иметь место регулируемый подвод тепла как непосредственно к продукту, так и через наружные стенки экструдера. Массовая доля влаги в сырье при горячей экструзии составляет 10..20 %, а температура превышает 120^{o}C. [10]

1.5.3. История развития экструзии

Экструзия как способ получения изделий из вязких материалов применялась ещё в древнем Китае для изготовления традиционного пищевого продукта – вермишели из мучного теста. Позднее этот процесс стал использоваться для изготовления изделий из цветных металлов (в основном из свинца), строительных материалов (глина для кирпича), а также для получения мыла. Для этой цели пользовались прессами поршневого типа, приводимыми в движение мускульной

силой человека. При этом способе производства некоторое количество материала помещалось в цилиндр машины и с помощью поршня (плунжера) выдавливалось через простой инструмент. [11]

В середине XIX века в Англии и Германии начали использовать вместо ручного привода прессов механические или гидравлические и применять прессы для покрытия гуттаперчей (невулканизированная резиновая смесь) проводов и морских кабелей. Периодичность (прерывность) действия поршневого пресса создавали при этом весьма серьезные затруднения, что способствовало замене поршневого пресса подающим шнековым устройством, которое могло непрерывно опрессовывать кабель гуттаперчевой массой. С тех пор шнековые прессы стали широко применятся для переработки резиновых смесей.

В первое время при переработке полимерных материалов использовались шнековые машины, применявшиеся для переработки резиновых смесей, но со шнеками большей длины.

Однако специфические свойства полимерных материалов (вязкотекучесть, эластичность, вязкоупругость и зависимость вязкости от температуры и скорости сдвига) привели к созданию специальных типов шнековых машин – экструдеров для переработкиполимерных материалов. Все возрастающие требования к экструдерам обусловили разработку и создание экструдеров с увеличенными длинами шнеков, со специальными шнеками для дегазации и диспергирования наполнителей, а также к выпуску многошнековых (двухшнековых, трехшнековых, планетарных) и дисковых экструдеров. В настоящее время шнековые машины отличаются большим разнообразием конструкций, типов и могут быть классифицированы по конструктивным и технологическим признакам. [10]

1.5.4. Виды экструдеров

Червячные экструдеры

Червячные экструдеры подразделяются на одношнековые, двухшнековые и многошнековые.

Наиболее простым оборудованием для экструзии является одношнековый (отночервячный) экструдер без зоны дегазации. Такие экструдеры широко применяются для производства пленок, листов, труб, профилей. Основными элементами экструдера являются обогреваемый цилиндр, винтовой шнек (с охлаждением или без него), сетки, размещаемые на решетке и адаптер.

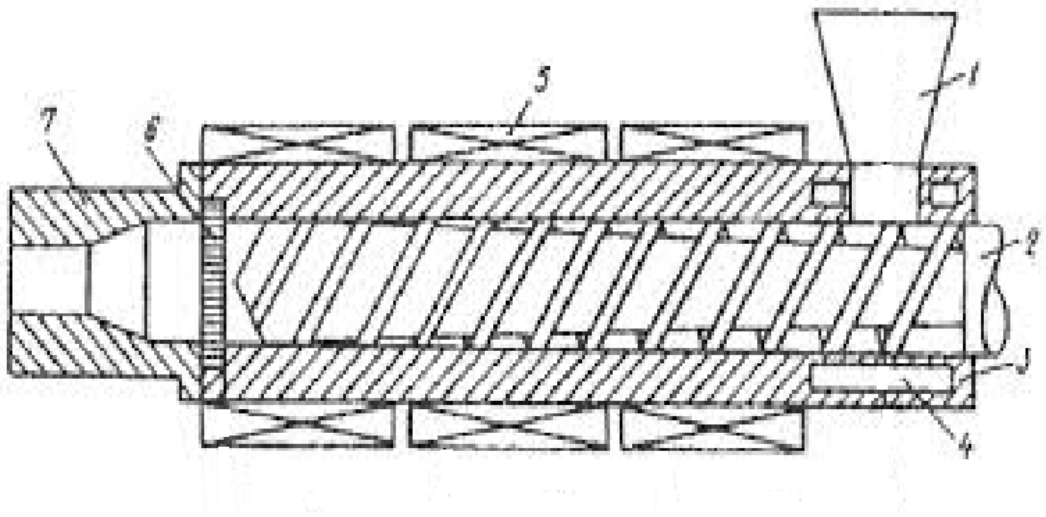


Рис. 1.5.4.1. Схема одношнекового экструдера: 1 – бункер; 2 – шнек; 3 – цилиндр; 4 – полость для циркуляции воды; 5 – нагреватель; 6 – решетка с сетками; 7 – формующая головка с адаптером.

Обслуживать стандартный одношнековый экструдер несложно. Для подготовки оператора экструдера обычно требуется от одного до нескольких месяцев. Ремонт и обслуживание одношнекового экструдера сводится к замене и прочистке фильтрующих сеток, замене трансмиссионного масла в приводе, замены электрических предохранителей, ремонт или замена нагревателей цилиндра. После наработки прописанного производителем экструдера количества машино-часов необходимо разобрать экструдер и заменить при необходимости шнек и цилиндр.

В зависимости от природы полимера, технологических режимов переработки применяются шнеки различного профиля с разным шагом и

глубиной витков. В зависимости же от вида выпускаемого изделия применяют либо коротко-, либо длинношнековые машины, т.е. с малым или большим отношением длины L к диаметру D шнека (L/D) . Значения D и L/D являются основными характеристиками одношнекового экструдера. [15]

В середине 30-х годов XX века появляется новый тип экструдера для переработки пластмасс – двухшнековый, в конструкцию которого был заложен принципиально иной механизм продвижения перерабатываемого материала, чем в одношнековом, - принудительный. Несомненными преимуществами двухшнековых экструдеров являются хороший захват исходного материала в зоне питания (загрузки) независимо от его агрегатного состояния и формы частиц материала, принудительное продвижение материала к формующему инструменту и взаимная самоочистка шнеков.

Основными элементами двухшнековых экструдеров (рис 1.5.4.2) являются два шнека 2, врвщвющиеся навстречу друг другу (или в одну и ту же сторону) в цилиндре 1. Перерабатываемый материал загружается в экструдер через загрузочное окно 6 (материальный бункер не показан), и с помощью шнеков 2 разогретый энергонагревателями 3 расплав полимера выдавливается через формующий инструмент 4. Температурный режим переработки контролируется термопарами 5. Привод шнека состоит из электродвигателя 9 и редуктора 8, а возникающее распорное усилие воспринимается подшипниковым узлом 7, состоящим из последовательно расположенных двумя рядами упорных и радиальных подшипников качения.

Большие осевые усилия, развиваемые двухшнековыми экструдерами, воспринимаются упорными подшипниками, диаметральные размеры которых ограничиваются межосевым расстоянием между шнеками.

Упорные подшипники, смонтированные на двухшнековых машинах в пределах межосевых расстояний, могут иметь пониженную долговечность по сравнению с одношнековыми экструдерами. Поэтому для двухшнековых экструдеров разрабатываются специальные конструкции упорных подшипников.

В этих экструдерах точно так же, как и в одношнековых, применяются консольно закрепленные шнеки. [3]

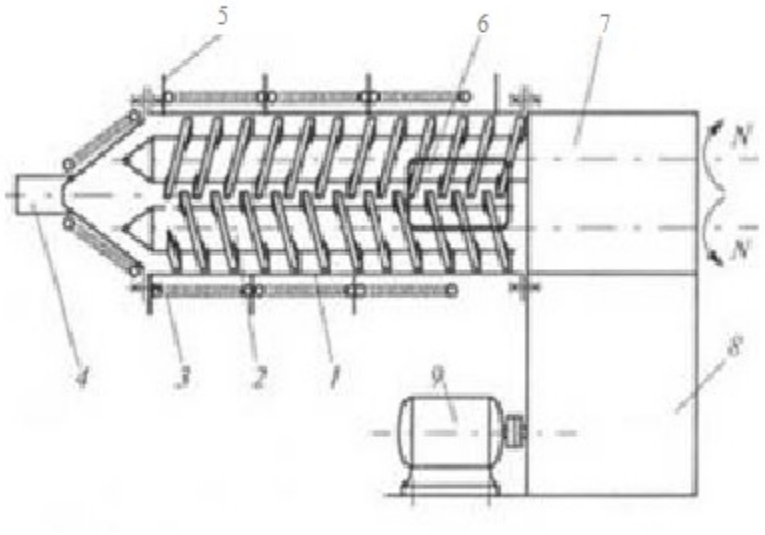


Рис. 1.5.4.2. Конструктивная схема двухшнекового экструдера

Двухшнековые экструдеры могут применятся как в тех же случаях, что и одношнековые, так и в специальных условиях, когда одношнековые экструдеры не справляются с задачами. В российских реалиях экструдеры в подавляющем большинстве случаев используются для экструзии полимеров которые невозможно переработать на стандартной одношнековой экструзионной линии Как правило, двухшнековые экструдеры в обязательном порядке оснащаются устройством дегазации. Двухшнековые экструдеры различают двух основных типов:

- экструдеры со шнеками, находящимися в зацеплении (с однонаправленным или противоположно направленным вращением шнеков)

- Экструдеры со шнеками, не находящимися в зацеплении (с однонаправленным или противоположно направленным вращением шнеков)

1.5.5. Классификация шнековых экструдеров

Выделяют следующие виды шнековых экструдеров:

а) по конструкции корпуса станины:

- шнековые машины с неподвижным корпусом;
- с откатным корпусом;
- с литой станиной;

б) по способу регулирования и поддержания температуры:

- шнековые машины с электрическим обогревом;
- с водяным охлаждением;
- с воздушным охлаждением;
- с паровым обогревом;

в) по типу привода:

- шнековые машины с электродвигателями постоянного тока, регулируемого по схеме “мотор-генератор” или при помощи ртутных, селеновых или кремниевых выпрямителей;
- с коллекторным электродвигателем переменного тока с бесступенчатой регулировкой числа оборотов;
- с электродвигателями переменного тока с бесступенчатыми вариаторами;
- с электродвигателями переменного тока с коробкой скоростей;

г) по количеству шнеков в корпусе машины:

одношнековые;

двухшнековые;

многошнековые;

д) по конструкции шнеков:

- машины с простым профилем шнека (цилиндрическим, с постоянным и переменным объемами витка);

- со сложным профилем шнека (со шнеками специальной формы для создания перемешивающего и гомогенизирующего эффекта – с эксцентричным шнеком, переменным шагом, с наборным шнеком из кулачков и.т.д.);

- с дегазацией;

- с короткими шнеками и отношением длины шнека к его диаметру L/D = 12 (для пепеработки резин);

- с длинными шнеками и отношением длины шнека к его диаметру L/D более 12 (для переработки пластмасс).

Следует отметить, что основными конструктивными показателями машин являются число оборотов, диаметр шнека и отношение L/D.

Рекомендуемый ряд размеров для выбора шнека следующий:

Диаметр шнека D – 20, 25, 32, 45, 63, 90, 125, 160, 200, 250, 320, 400 мм;

L/D – 5, 8, 10, 12 (для резиновых смесей);

L/D – 15, 20, 25, 30, 35 и более (для переработки пластмасс);

По скорости вращения шнеков:

- машины тихоходные, с числом оборотов до 150 об/мин;

- быстроходные, с числом оборотов шнека более 150 об/мин.

1.5.6. Параметры экструзии

К основным параметрам метода экструзии принято относить: температуру по зонам агрегата, уровень давления расплава, температура зон головки, а также режимы охлаждения экструдированного профиля.

К основным технологическим параметрам экструзионной машины принято относить характеристики шнека, которым она оснащена:

Длина

Диаметр

Показатель отношения длины шнека к диаметру

Скорость вращения

Профиль шнека.

Главной характеристикой формующего инструмента, который включает в себя головку и калибрующий узел, является коэффициент сопротивления течению расплава полимера.

К агрегированным показателям работы любой экструзионной машины можно отнести эффективность работы, которая рассчитывается как отношение производительности к потребляемой им мощности.

1.5.7. Конструктивные особенности шнеков экструзионных машин

Червяк предназначен для транспортирования материала от загрузочного бункера, перемешивания и создания определенного давления у выхода цилиндра, достаточного для продавливания расплава через профилирующую головку.

Геометрические параметры червяка: шаг, угол наклона нарезки и глубина винтового канала оказывают основное влияние на количество тепла выделяющегося за счет сил внутреннего трения в процессе деформации полимера, а, следовательно, и на технологическую мощность.

Сжатие материала по мере его продвижения в головке достигается за счет уменьшения объема винтового канала, которое может быть плавным, ступенчатым или комбинированным. Характер изменения объема винтового канала по длине червяка зависит от перерабатываемого материала.

При проектировании червяка важное значение уделяется конструктивному выполнению окончания червяка. От формы окончания червяка зависят

достижение наибольшей однородности расплава, создание определенного градиента давления в головке и беспульсирующее течение потока.

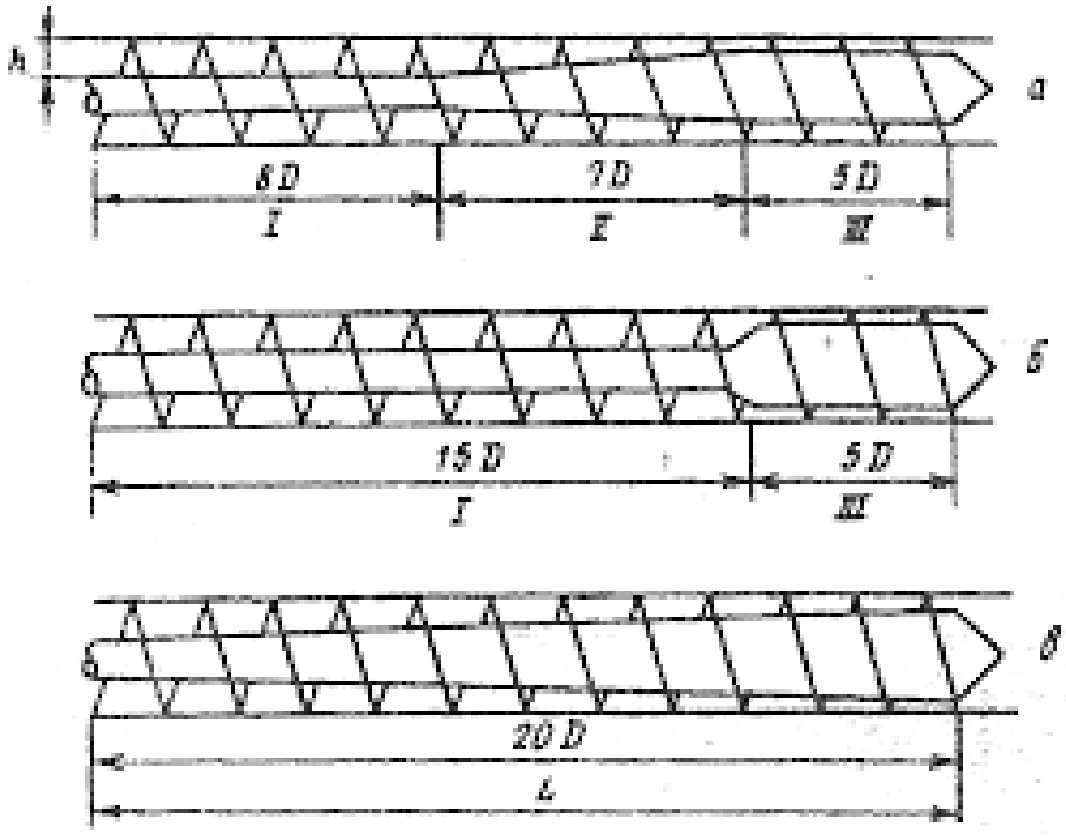


Рис. 1.5.7.1. Конструктивные схемы шнеков одношнекового экструдера: а – шнек общего назначения с тремя (I, II, III) геометрическими зонами; б – шнек для переработки высококристаллических полимеров; в – шнек для экструзии ПВХ, ПП и т.д. Где D – наружный диаметр; L – длина (технологическая) шнека; h – глубина нарезки шнека.

В отличие от одношнековых экструдеров в корпусе двухшнековых экструдеров параллельно располагаются два шнека. Поскольку транспортирование материала в таком экструдере происходит не за счет сил трения, а принудительным его продавливанием под действием согласованно вращающихся шнеков, то морфология и агрегатное состояние полимерного

материала не влияют на производительность машины. Поэтому двухшнековые экструдеры могут перерабатывать порошковые и гранулированные материалы.

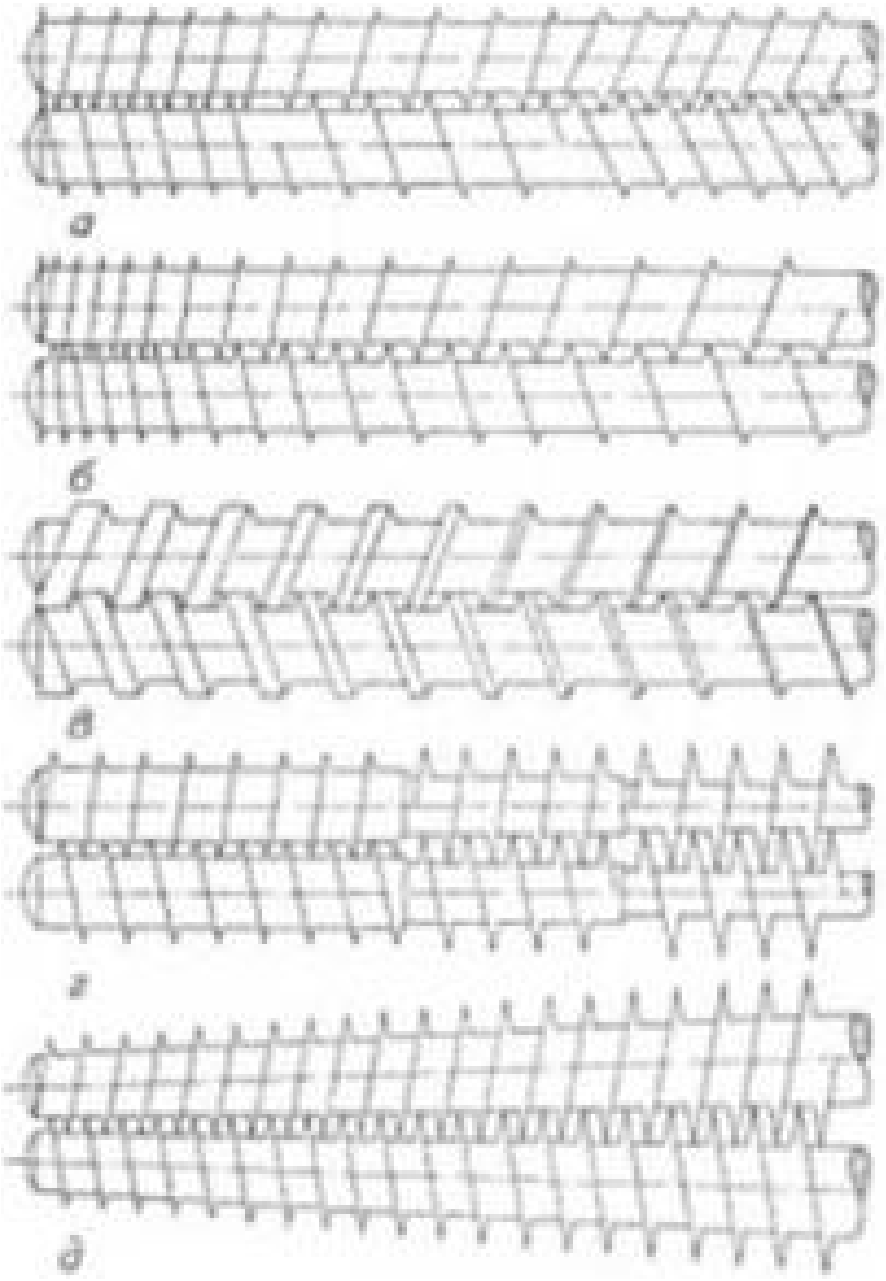


Рис. 1.5.7.2. Конструктивные схемы шнеков двухшнекового экструдера

На рис. 1.5.7.2. представлены конструктивные схемы различных шнеков, предназначенных для переработки разных полимеров. Шнеки первого типа (рис. 1.5.7.2, а) имеют три зоны с различным шагом винтовой нарезки. Они хорошо зарекомендовали себя при переработке термочувствительных материалов и обеспечивают хорошее смешение. Шнеки второго типа (рис1.5.7.2. б) в зоне выдавливания имеют меньший шаг винтовой нарезки, что обеспечивает необходимую степень сжатия материала. В шнеках третьего типа (рис. 1.5.7.2. в) степень сжатия обеспечивается увеличением ширины гребня винтового канала. В шнеках четвертого и пятого типов, представленных на рис. 1.5.7.2. г,д, необходимая степень сжатия достигается за счет уменьшения глубины винтового канала.

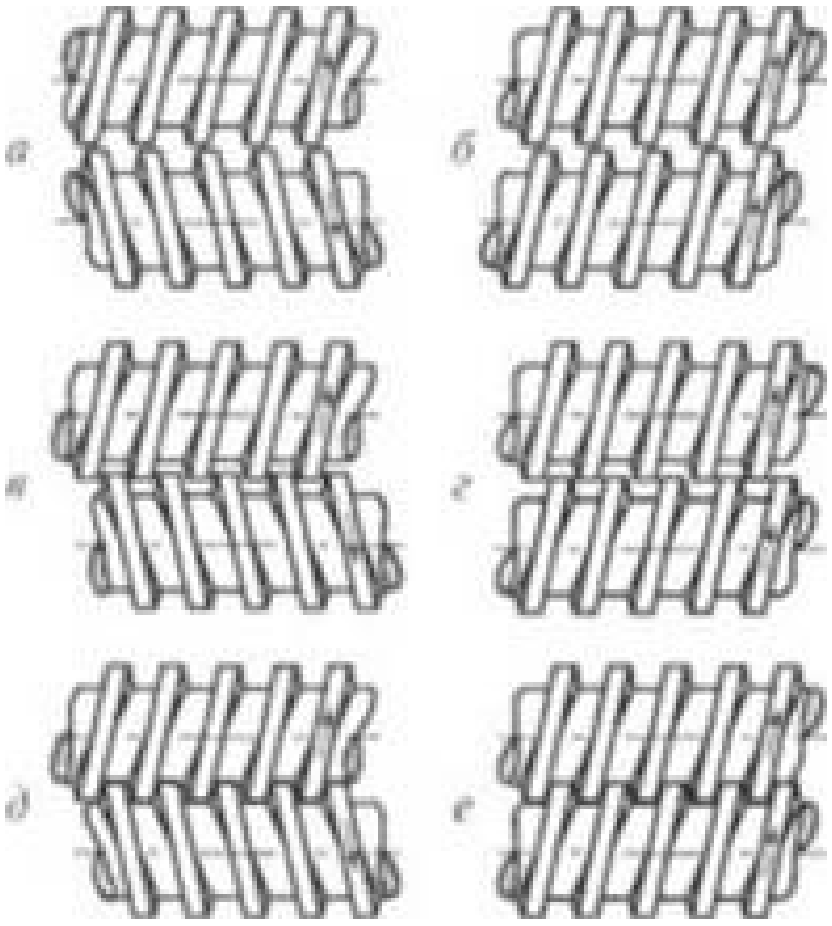


Рис. 1.5.7.3. Схемы сопряжения шнеков двухшнекового экструдера

При вращении в одну сторону направление винтовой нарезки обоих шнеков совпадает (рис. 1.5.7.3. б, г, е), в случае встречного вращения оно различно (рис. 1.5.7.3. а, в, д).

В зависимости от назначения и конструкции шнеки двухшнековых экструдеров могут не зацепляться друг с другом (рис. 1.5.7.3. в, б) или находится в зацеплении (рис. 1.5.7.3. в-е). В первом случае двухшнековые экструдеры работают как два одношнековых экструдера, но при этом за счет массообмена между двумя шнеками будет обеспечено хорошее смешение исходных компонентов.

В случае зацепляющихся шнеков для лучшего смешения предусматривается наличие зазоров зацепления (рис. 1.5.7.3. в, г), но при этом будет наблюдаться меньшая производительность экструдера за счет потоков утечек через боковые зазоры и радиальные зазоры зацепления. Шнеки с плотным зацеплением (рис. 1.5.7.3. д, е) обеспечивают высокую производительность и хорошую самоочистку. Но при этом следует учесть, что изготовление шнеков с плотным зацеплением обходится дороже, чем два других варианта.

1.5.8. Конструктивные особенности оформляющих головок экструдера

По мере прохождения термопласта в червячном экструдере меняется его состояние – от твердого в области загрузочной воронки до расплавленного, в дозирующей зоне и головке.

Обычно расчет производительности и давления в экструдере ведется по дозирующей зоне, т.к. течение расплава описывается изученными гидродинамическими законами вязкой жидкости.

Общий поток расплава в дозирующей зоне складывается из трех отдельных потоков: вынужденного, обратного и утечек.

Вынужденный поток возникает вследствие адгезии расплава к неподвижной стенке цилиндра. Максимального значения вынужденный поток достигает при отсутствии давления на выходе, т.е. когда экструдер работает без головки, как транспортирующая машина.

Обратный поток возникает при установке на выходного элемента, решетки или клапана, которые оказывают сопротивление потоку расплава. По мере продвижения материала к головке, давление возрастает и материал из зоны большего давления начинает перетекать в зону меньшего. Т.к. прямой поток значительно больше обратного, имеет место только уменьшение его на величину обратного потока.

Назначение головки экструдера – формование расплавленного полимера в изделие. Внутри головки проходит канал, сечение которого меняется от круглого до сечения, соответствующего профилю изделия на выходе.

Тип экструдера, выбранный для расчета в данном проекте – двухшнековый экструдер с самоочищающимися шнеками, вращающимися в одном направлении и находящимися в зацеплении.

1.6. Описание процесса, используемого на предприятии ООО “Тобольск-Полимер”

Технологический процесс разделен на следующие основные участки:

- Участок 211/221 – Загрузка катализатора, модификатора и триэтилалюминия
- Участок 212/222 – Полимеризация
- Участок 213/223 – Деактивация и дегазация порошка + извлечение пропилена
- Участок 214/224 – Окончательная обработка продукта
- Участок 215/225 – Гомогенизация продукта
- Участок 218 – Нейтрализация триэтилалюминия

Участок 211/221 – на данном участке осуществляется подготовка катализатора, сокатализатора и модификатора для загрузки в реактор. Катализатор выгружается в соответствующую емкость, откуда подается в реактор. Сокатализатор (триэтилалюминий) загружается непосредственно из транспортировочного баллона. Модификатор загружается непосредственно из транспортировочного баллона или сначала направляется в емкость дополнительного модификатора, откуда затем подается в реактор. Подача компонентов каталитической системы в реактор-полимкризатор производится путем продувки небольшим количеством свежего пропилена.

Участок 212/222 – на данном участке в реактор-полимеризатор подается свежий мономер (пропилен). Пропилен вступает в реакцию с образованием порошка гомополимера пропилена, который удаляется из реактора.Отходящие из реактора газы охлаждаются и частично конденсируются; двухфазный поток разделяется на поток охлаждающей жидкости и потоки газов рециркуляции, которые возвращаются в реактор для отвода тепла реакции. В поток газа рециркуляции добавляется свежий водород для регулировки молекулярной массы полимера, которая определяется отдельно на основе скорости течения расплава.

Газы, отводимые с участков полимеризации, подвергаются обработке на участке 218, где происходит нейтрализация триэтилалюминия.

Свежеполученный порошковый полимер деактивируется и дегазируется на участке 213/223 с использованием двухступенчатой процедуры. Первоначальная дегазация проводится в расширительном рукавном фильтре, откуда извлеченные газы направляются обратно на участок 212,222. После этого дегазированный порошковый полимер загружается в продувочную колонну, где происходит деактивация катализатора и удаление остатков газов (данные действия осуществляются одновременно, в качестве продувочного газа используется влажный азот).

Деактивированный и дегазированный порошковый полимер направляется далее для окончательной обработки на участке 214/224, где он смешивается с добавками и гранулируется.

Отходящие из продувочной колонны газы, в основном состоящие из азота с примесью углеводородов, направляются в установку извлечения пропилена на участке 213.

Готовые гранулы подаются в блендеры для гомогенизации на участке 215/225, после чего направляются на хранение.

Рассмотрим подробнее участок 214/224 – Окончательная обработка продукта (экструзия).

Комплектный узел экструзии и гранулирования предназначен для гомогенизации, экструдирования и гранулирования смеси полипропилена с различными добавками , и получения товарного стабилизированного полипропилена.

Комплектный узел включает две секции:

I – смешения (гомогенизации) и гранулирования;

II – сушки и разделения гранул полипропилена.

Секция смешения и гранулирования предназначена для приема сырья: смеси полимера с различными добавками в фиксированных весовых пропорциях, его плавления, перемешивания расплава (гомогенизация), продавливание расплава через фильерную плиту, нарезка на гранулы в водяной камере и отправка по водному конвейеру гранул полимера для осушки и разделения. Основным оборудованием секции является экструдер.

Секция сушки и разделения гранул полипропилена предназначена для сушки и сортирования гранул по размеру.

Полученный продукт – порошок из колонны продувки поступает самотеком на шнековый питатель через секторный питатель на выходе колонны продувки. Количество полимера, подаваемого в экструдер, регулируется скоростью секторного питателя. По мере продвижения порошка по шнековому питателю к

нему добавляются аддитивы. Аддитивы добавляют к полипропилену для улучшения характеристик продукта (стабильность, цвет, реологические свойства, жесткость и яркость). Из шнекового питателя порошок с аддитивами подается в загрузочную воронку экструдера.

Из загрузочной воронки экструдера под действием силы тяжести сырьевая смесь поступает непосредственно на шнеки экструдера, частично плавится и перемещается далее. Под воздействием шнеков смешения специальной конфигурациипоступающая сырьевая смесь размегчается, плавится,перемешивается и превращается в однородный расплав, перемещаясь при этом в зону выхода.

Расплав полимера выходит под давлением из последней секции шнека экструдера, фильтруется в непрерывно работающем устройстве замены блоков фильтра и гранулируется в подводном грануляторе. Реометр вязкости (индекса) расплава установленный внутри экструдера обеспечивает поточное измерение показателя ПТР продукта при грануляции.

Перед сетчатым фильтром установлен датчик давления полимера настроенный на максимально-допустимое давление получаемого полимера, при достижении данного значения экструдер останавливается.

Перед фильерой предусмотрена точка отбора проб на поточный анализатор с постоянной регистрацией значения индекса расплава полученного полимера.

В подводном грануляторе расплав полимера выдавливается через фильеру на кассету с ножами, где вращающиеся ножи нарезают полимер на гранулы. Эти гранулы затвердевают при контакте с водой грануляции, которая тоже подается насосом в зону кассеты с ножами. Смесь гранул и воды грануляции направляется в сепаратор, где вода отделяется от гранул за счет силы тяжести, затем под действием центробежной силы в сушилке. Обезвоживание достигается с помощью ротора специальной конструкции, расположенного в центре сушилки, и экранной сетки. В процессе сушки гранулы полимера движутся по винтовой траектории от дна до верха сушилки. Для увеличения воздушного потока и

улучшения качества осушки предусмотрен вентилятор влажного воздуха. Воздух от вентилятора сбрасывается в атмосферу. Центробежная сушилка включается в работу только при включенном вентиляторе.

Сепаратор оборудованный устройством для отлавливания агломерата, состоит из серий наклонных пластин с пневматической заслонкой в нижней части. Агломераты удаляются при срабатывании уровня который заставляет открываться клапан. После открытия клапана агломерат под собственным весом по трубе собирается на отметке 0.0 в мешки типа Big-Bag. При нормальной работе клапан должен стоять в автоматическом режиме в закрытом положении. При пусковых операциях экструдера клапан может быть переведен в ручной режим и открыт. Это необходимо чтобы не тратить время на заполнение камеры агломератом и не доводить до срабатывания блокировки на открытие клапана, тем самым удаляя заблаговременно образовавшийся агломерат.

Высушенные гранулы из сушилки перемещаются самотеком на экранную решетку вибросита, где за счет вибрации от гранул правильной формы отсеиваются крупные гранулы и мелочь полимера.

В случае неисправности вибросита имеется возможность переключить трехходовой клапан в линию байпаса помимо вибросита с открытием клапана на этой линии в бункер.

Из бункера гранулы с помощью пневмотранспортера для транспортирования гранул полимера перемещаются в силосы смешения.

Вода грануляции самотеком возвращается в резервуар воды грануляции и проходит через сепаратор для удаления полимерной пыли. Небольшое количество деминирализованной воды добавляется в резервуар воды грануляции для поддержания уровня.

Вода из резервуара воды грануляции подается в теплообменник, где она охлаждается и направляется в подводный гранулятор. Для защиты от эрозии, возникающей от контакта с водой, содержащей небольшое количество полимерной пыли, теплообменники воды грануляции выполняют из

нержавеющей стали. Температура циркулирующей воды грануляции, и её расход контролируются с целью обеспечения благоприятныхусловий резания. При пуске система нагревается до рабочей температуры с помощью пара низкого давления в резервуар грануляции.

В здании экструзии предусмотрена вакуумная система очистки. Гибкий шланг может быть подсоединен к системе в любой необходимой точке. Вакуумная система очистки подсоединяется к станции загрузки мешков типа Big-Bag. Всасываемый воздух и пыль направляются на продувочный фильтр вакуумной системы с вентилятором. Пыль отделяется и затаривается как отходы на станции загрузки мешков данного типа, а чистый газ отводится в атмосферу.

2. Технологическая часть

2.1. Характеристика сырья и продуктов

Технология компании INEOS по производству полипропилена в газовой фазе представляет собой передовйю и эксплуатационно- гибкую технологию, позволяющую получить широкий марочный ассортимент продукции высокого качества.

Этот пункт содержит информацию о сырье и средствах обеспечения производства, требуемых для Тобольского комплекса по производству полипропилена.

Азот. На установку по производству полипропилена подается азот высокого и низкого давления со следующими спецификациями:

Азот низкого давления

Компонент	Спецификация лицензиара	Спецификация на границе установки
Азот	99,9 об.% мин.	99,9 об.% мин.
Кислород	10 ppm об. макс.	10 ppm об. макс.
вода	5 ppm об. макс	

CO_2 и CO	5 ppm об. макс	
Общая сера	5 ppm об. макс	5 ppm об. макс
Хлор		5 ppm об. макс
Водород	5 ppm об. макс	
N_2O	5 ppm об. макс	5 ppm об. макс
Соединения серы	5 ppm об. макс	

Азот высокого давления

Компонент	Ед. изм.	Спецификация на границе установки
Азот	об. %	99,95
Кислород	об. %	≤ 0,05

Условия на границе установки

Состояние: Газ, непрерывная подача

Снабжение азотом доступно при следующих условиях:

	Температура (C°)				Давление (кг/см^2 изб.)	
	Мин.	Норм.	Макс.	Расчетн.	рабочее	расчетное
Высокого давления (АВД)	-40	окруж среды	38	+68/-52	32	40
Низкого давления (АНД)	-40	окруж среды	38	+68/-52	3,2	7,0
Очень низкого давления (АОНД)	-40	окруж среды	38	+68/-52	0,15	0,3

Пониженного очень низкого давления (АПОНД)	-40	окруж среды	38	+68/-52	0,07	0,1

Азот высокого давления (АВД) имеется на границе установки по выпуске полипропилена. Он используется для технического обслуживания и продувки.

Азот низкого давления (АНД) имеется на границе установки по выпуску полипропилена.

Азот очень низкого давления (АОНД) генерируется в пределах установки путем понижения давления азота низкого давления (АНД). Он используется для создания атмосферы инертного газа для порошка и создания азотной подушки на участке окончательной обработки.

Пропилен

Состав пропилена

Компонент	Единица измерения	Спецификация на границе установки	Спецификация компании INEOS
Пропилен	масс. % мин.	99,5	99,5
Пропан	масс. % макс.	0,5	0,5
Этан	ppm масс. макс.	(1)	(1)
N_2+CH_4	ppm масс. макс.	(1)	(1)

Этилен	ppm масс. макс.	(2)	(2)
Ацетилен	ppm масс. макс.	(2)	(2)
Метилацетилен	ppm масс. макс.	7(2)	7(2)
Пропадиен	ppm масс. макс.	7(2)	7(2)
Пропин	ppm масс. макс.	(2)	(2)
Бутадиен	ppm масс. макс.	8(2)	8(2)
Бутаны	ppm масс. макс.	(1)	(1)
Пентан	ppm масс. макс.	(1)	(1)
Гексан+Нонен	ppm масс. макс.	5	5
Водород	ppm масс. макс.	2	2
Диоксид углерода	ppm масс. макс.	2,0	2,0
Кислород (молекулярный)	ppm масс. макс.	1,0	1,0
Вода	ppm масс. макс.	1,0	1,0
Метанол	ppm масс. макс.	1,0	1,0
Изопропанол	ppm масс. макс.	5,5	5,5
Монооксид углерода	ppb масс. макс.	300	300
Сера (элементарная)	ppb масс. макс.	500	500
Сернистый карбонил (COS)	ppb масс. макс.	300	300
Сероводород	ppb масс. макс.	500	500
Арсин	ppb масс. макс.	50	50

Фосфин	ppb масс. макс.	30	30
Аммиак	ppm масс. макс.	5	5

Примечания: (1) Всего инертных (N_2,CH_4,C_2H_6,изобутан, и-бутан): 540 ppm масс. макс.

(2) Всего непропиленовых ненасыщенных соединений (ацетилен, этилен, метилацетилен, аллен, пропин, бутадиен, бутен): 50 ppm масс. макс.

Пропилен, поставляемый в границы технологической установки, соответствует спецификации лицензиара. Поэтому, никакой дополнительной очистки не требует.

Условия на границе установки

Состояние: Порошок, непрерывное снабжение

Условия на границе установки

	Минимальное значение	Нормальное значение	Минимальное (пиковое) значение	Расчетное значение
Давление ($кг/см^2$)	1	-	-	1
Температура (^oC)	20	-	40	-
Скорость подачи (т/ч)	-	62,5	-	75

Возврат охлаждающей воды

Условия на границе установки

	Мин.	Норм.	Макс.	Расчетн.
Давление ($кг/см^2$ изб.)	4	5		10
Температура (^oC)	20	35	35	120

Деминерализованная вода

Состав деминерализованной воды

Компонент	Ед. Изм.	Спецификация
pH (25^oC)		7,5 – 8,0
SiO_2	мг/л	0,02 макс
Общее железо (Fe)	мг/л	0,01 макс
Мутность	НЕМ (нефел. ед. мутн.)	отсутствует
Цвет		бесцветная
Суспендированные твердые вещества	ppm масс.	нет
Растворенные твердые вещества	ppm масс.	0,1
Натрий в виде Na	ppm масс.	0,04
Общая жесткость в виде $CaCO_3$	ppm масс.	ниже предела обнаружения
Общий CO_2	ppm масс.	ниже предела обнаружения
Медь в виде Cu	ppm масс.	0,003
Бактерии (кишечная	степень	нет

палочка)		
Хлориды в виде Cl	ppm масс.	0,01
Кислород	ppm масс.	насыщается при окр. усл.
Общий органический углерод	ppm масс.	<0,2
маслянистое вещество	ppm масс.	<0,2

Условия на границе установки

Состояние: Жидкость, непрерывная подача

Условия на границе установки

	Мин.	Норм.	Макс.	Расчетн.
Давление ($кг/см^2$ изб.)		4,5		10
Температура (^oC)	5	20	40	55

Пар низкого давления

Условия на границе установки

Состояние: Пар (ненасыщенный), непрерывная подача

Условия на границе установки

	Мин.	Норм.	Макс.	Расчетн.
Давление ($кг/см^2$ изб.)	4,0	4,5	5,5	10
Температура (^oC)	156	160	175	240

2.2. Потребляемые количества сырья и средств обеспечения производства

Оценка потребления сырья основана на материальных балансах, отображенных в комплекте проектно-конструкторской документации для типичных гомополимеров; приводимые количества относятся к потреблению нетто, то есть к количеству сырья, вводимого в установку, за вычетом количества, покидающего установку, с учетом концентраций веществ в парообразном состоянии.

Часовое потребление сырья для типичных гомополимеров пропилена

Сырьевой материал	Гомополимер, скорость течения расплава (MFR) 30	Гомополимер с MFR 1	Гомополимер с MFR 30	Гомополимер с MFR 1
линия	1	1	2	2
производительность (т/ч)	37,5	37,5	37,5	37,5

пропилен, (кг/ч) (кг/тонна ПП)	37573 1001	37573 1001	3757 1001	3757 1001
Водород, ($м^3$/ч) ($м^3$/тонна ПП)	126 4,0	11,3 0,36	126 4,0	11,3 0,36

Суммарное сальдо потребления средств обеспечения производства

Средство обеспечения	Нормальное потребление		Пиковое потребление	
линия	1	2	1	2
производительность (т/ч)	37,5	37,5	37,5	37,5
пар низкого давления (кг/ч)	3,2	3,2	4092	4092
Деминирализованная вода (кг/ч)	3000	3000	10000	10000
Охлаждающая вода ($м^3$/ч)	-	-	2587	2587
АВД (н.$м^3$/ч)	0	0	2541	2541
АНД (н.$м^3$/ч)	308	308	829	753
АОНД + АПОНД (н.$м^3$/ч)	151	143	251	243

2.3. Конструкция и принцип работы экструдера

2.3.2. Экструдер

2.3.2.1. Описание экструдера

Экструдер – это цилиндр с двумя одновременно вращающимися в одном направлении шнеками, находящимися в зацеплении. основное назначение экструдера – транспортировка, подача, гомогенизация в расплаве, разгрузка и создание избыточного давления полимера. Экструдер работает при высокой температуре до 400 ºС и давления до 24 Мпа (240 кгс/см^2 изб.). Для правильной и безопасной эксплуатации предусмотрено несколько блокировок для предупреждения аварийных состояний в целях защиты экструдера от повреждений или для предупреждения оператора о технологических неисправностях.

В поставку экструдера входит главный привод, представляющий собой трехфазный асинхронный двигатель. Редуктор двухскоростной для высоких и низких оборотов. При установке высоких оборотов двигатель может передавать максимальную мощность привода экструдера. Переключение скорости на выходе с высокой на низкую производится при помощи ручного рычага на редукторе основного привода. Для переключения рычага переключения передачь необходимо останавливать работу экструдера. При незначительной выработке можно снижать обороты.

Температура корпуса экструдера напрямую зависит от реологии получаемого полипропилена, поэтому в процессе работы с помощью электротенов и впрыска конденсата поддерживается необходимая температура.

Корпус экструдера подразделяется на 7 участков. На первом участке в зоне загрузочного бункера сырья экструдера, необходимо только водяное охлаждение для предотвращения прилипания порошка к внутренней стенке цилиндра; остальные 6 участков или охлаждаются, или обогреваются, поэтому имеют кожухи для подачи охлаждающей воды и электрические нагреватели с внешней

стороны материального цилиндра. Состояние каждого участка кожуха контролируется регуляторами температуры, которые регулируют необходимость обогрева или охлаждения, т.е. включают и выключают электротены и производят впрыск конденсата для охлаждения.

При необходимости охлаждения: подача охлаждающей воды от блока циркулирующей воды подается в кожух того участка, на который поступил сигнал от регулятора температуры для открытия клапана на линии циркуляции охлаждающей воды.

При необходимости обогрева: на определенном участке кожуха включается электрообогреватель.

Так, по всей длине корпуса экструдера:

- охлаждение в начале зоны смешения (в зоне подачи порошка) для повышения эффективности продвижения;

- нагрев в зоне расплавления и гомогенизации;

- далее в зоне в зоне смешения требуется охлаждение корпуса экструдера для снятия тепла, полученного от смешивания и движения расплава, и для снижения вязкости полимера, чтобы повысить эффективность смешивания.

- нагревание в зоне распределения и выхода.

Корпус в зоне сеточного фильтра и фильеры обогреваются горячим маслом для поддержания заданной температуры, которая непосредственно влияет на форму и размер получаемых гранул полимера. По причине разной реологии расплава на различных марках получаемого полипропилена кроме температуры корпуса экструдера необходимо регулировать производительность экструдера. При производстве полипропилена с высоким пределом текучести расплава (в том числе с добавлением пироксида) для исключения образования агломератов в зоне нарезки гранул производительность экструдера требуется держать в высоких диапазонах. При производстве марок с низким пределом текучести (трубные марки) производительность экструдера ограничивается высокой нагрузкой на электродвигатель и упорные подшипники валов в редукторе.

Блок гидравлического масла состоит из насоса, резервуара, переключающих клапанов. Клапана предназначены для приведения в движение цилиндров, передвигающих пеналы с картриджными фильтрами и клапан для переключения отводного клапана по полимеру.

Блок циркулирующей очищенной охлаждающей воды обеспечивает циркуляцию по замкнутому контуру охлаждающей воды при максимальной температуре до 90 ^{o}C через кожухи цилиндра экструдера.

Основные компоненты экструдера:

1. Электродвигатель главного привода
2. Двигатель стартера
3. Двухскоростной редуктор с системой смазки. Система смазки включает:
   a. масляные насосы
   b.масляные фильтры
   c. масляные охладители
   d. пусковой подогреватель масла
4. пяти-сегментовые шнеки с вращением в одном направлении, находящиеся в зацеплении и рабочий цилиндр. Зоны цилиндра включают:
   a. зона питания (загрузки)
   b. зона гомогенизации в расплаве
   c. зона нагнетания/дегазации
   d. зона выгрузки
5. Система регулирования дроссельного клапана
6. Загрузочная воронка экструдера
7. Перепускной клапан
9. Системы воды/масла/пара для контроля температуры
10. Устройство замены блоков фильтра
11. Реометр вязкости (индекса) расплава
12. Подводный гранулятор

2.3.2.2. Регулируемые переменные. влияющие на режим работы экструдера

Экструдер предназначен для смешивания исходной смеси полипропилена/аддитивов и подачи этого однородного расплава в систему блоков сменных фильтров. Температура расплава гомополимера на выходе из экструдера обычно составляет от 228°С до 233°С для марок с ПТР 35 гр/мин и от 252°С до 255°С для марок с ПТР 2,25 гр/мин. Эти значения являются лишь ориентировочными, так как конструкция каждого шнека, технологические условия, расплав и рецептура стабилизаторов носят уникальный характер. Например, марки с небольшим количеством стабилизаторов более чувствительны к деструкции, и температуры свыше 232°С являются для них слишком высокими. Поэтому после пуска необходимо уменьшить интенсивность перемешивания и, следовательно, регулировать температуру. Обычно в случаях снижения ПТР ниже 1.5 гр/мин рыработку экструдера необходимо уменьшить, так как он может достичь максимальной нагрузки на главный привод или увкличению температуры расплава свыше 270°С.

Существует 4 основных регулируемых переменных, которые используют для обеспечения оптимального режима эксплуатации по производству целевого продукта. Эти переменные включают: (1) интенсивность подачи порошка, (2) скорость) вращения шнека, (3) установку дроссельного клапана и (3) температуру рабочего корпуса. В случае марок с регулируемой реологией интенсивность дозирования пероксида также влияет на производительность экструдера, но не является регулируемой переменной, так как расход пероксида завиисит от заданного ПТР продукта, хотя количество удельной энергии, передоваемое полимеру или продукту с регулируемой реологией, некоторым образом влияет на интенсивность дозирования пероксида. Температура расплава является важной зависимо й переменной для обеспечения воспроизводимости продукта и регулируется главным образом с помощью установки дроссельного клапана.

Интенсивность подачи порошка

Интенсивность подачи порошка определяет выработку экструдера, уровень заполнения и время пребывания в экструдере. Чем выше интенсивность подачи порошка, тем выше уровень заполнения. Уровень заполнения можно увеличить, уменьшив степень открытия дроссельного клапана и, соответственно, наоборот. Уровень заполнения зоны гомогенизации в расплаве обеспечивается также посредством конструкции шнека. Расположение пластифицирующих блочных элементов с обратным шагом создает определенные участки шнека, которые заполняются даже независимо от низкого уровня заполнения. После заполнения уровня увеличение интенсивности загрузки приведет к уменьшению времени пребывания.

Максимальная интенсивность подачи порошка определяется значением ПТР, скоростью вращения шнека и удельным потреблением энергии полимером.

Общее удельное потребление энергии для конкретной производительности и конкретного ПТР можно рассчитать. Можно использовать эти расчеты для обеспечения соответствующего качества продукта при всякой производительности. Если для конкретной марки данные параметры значительно меняются, это может означать выработку другой полимерной матрицы.

Скорость вращения шнека

Скорость вращения шнека является очень важной регулируемой переменной для контроля количества энергии передаваемой для нагрева полипропиленового материала. Функциональным показателем скорости вращения шнека является не только градиент скорости сдвига, но и общая энергия, передаваемая полимеру. Механические ограничения по питанию основаны на предельных значениях крутящего момента и скорости вращения. Общее количество энергии увеличивается пропорционально скорости вращения шнека для сохранения установленного ограничения по крутящему моменту. Это приведет к следующим результатам: при постоянном удельном потреблении энергии произойдет увеличение выработки; при постоянной выработке улучшается гомогенизация.

Теоретически скорость вращения ротора можно считать одной из наиболее чувствительных переменных величин, так как большая часть энергии передается через механическое воздействие на полимер. Однако трудности изготовления и обслуживания большого привода с регулируемой скоростью, а также финансовые затраты чрезвычайно высоки. На практике подводимая мощность является переменной величиной, наиболее часто ограничивающей производительность экструдера. В результате конструкция шнека, как правило, оптимизирована для работы при максимальной скорости вращения шнека для обеспечения максимальной выработки.

Регулирование дроссельного клапана

В зоне выгрузки экструдера предусмотрен дроссельный клапан. Уставка этого клапана во многом определяет количество материала, находящегося в зоне гомогенизации расплава, а также силу механического сдвига, применяемую к полимеру в период пребывания в зоне гомогенизации и протекания по экструдеру. Для надежной работы дроссельного клапана, корпус пазового клапана оборудования электрообогревателя, исключение которого регулируется с помощью регулятора, который поддерживает заданную температуру корпуса.

Отверстие дроссельного клапана обеспечивает наиболее независимое регулирование температуры расплава и степень гомогенизации в экструдере. Контроль температуры расплава влияет на однородность продукта. Открытие клапана является независимой, регулируемой оператором переменной величиной.

При уменьшении отверстия дроссельного клапана усиливается противоток материала, и происходит более плотное заполнение зоны гомогенизации в расплаве. Это увеличивает время пребывания и обеспечивает более интенсивную гомогенизацию и повышение температуры. Напротив, при увеличении отверстия клапана заполнение зоны гомогенизации происходит менее интенсивно, время пребывания расплава сокращается, гомогенизация происходит менее интенсивно и температура снижается. В некоторых случаях положение клапана также влияет на проход расплава через экструдер, если при регулировании ручного клапана

полимеру передается большое количество удельной энергии. В этом случае единственный способ предупреждения отключения привода экструдера по сильному току - уменьшение прохода расплава через экструдер.

Теоретически максимально возможное открытие клапана необходимое для расплава и смеси полимера применяется для обеспечения минимального удельного энергопотребления для максимальной выработки. На практике, особенно при высокой производительности, дальнейшее увеличение отверстия клапана никак не влияет на температуру расплава и потребность в электроэнергии. Это происходит потому, что определяющим фактором потребления энергии теперь является только конструкция шнека,_и изменение величины отверстия клапана фактически не имеет значения, так как шнек уже заполнен. Степень открытия клапана можно регулировать и, в случае необходимости, можно немного поэкспериментировать для оптимизации отверстия клапана при наработке каждой марки.

При переходе с марки, имеющей более низкий ПТР, на марку с более высоким ПТР существуют конкурирующие факторы, способные в конечном итоге определить необходимую степень открытия клапана. Одним из определяющих факторов является соотношение между расходом пероксида и расходом удельной энергии. Часто можно наблюдать снижение расхода пероксида при увеличении передачи удельной энергии полимеру. Эта зависимость, в частности, важна в период наработки продуктов с высокими реологическими свойствами, особенно в тех случаях, когда продукт содержит некоторое количество этилен пропиленового сополимера. Для снижения расхода пероксида во время наработки этих марок желательно увеличивать подвод удельной энергии посредством закрытия отверстия клапана. Но поскольку грануляции пластифицированного материала затруднена из-за низкой прочности и вязкости расплава с высокими реологическими свойствами, во многих случаях целесообразно увеличить прочность и вязкость расплава посредством снижения его температуры. Это может сопровождаться открытием дроссельного клапана.

Температура рабочего корпуса

Вероятно, наименее важной регулируемой переменной является температура рабочего корпуса. Это связано с большим количеством материала, проходящего через экструдер по отношению к сравнительно небольшой площади поверхности для переноса тепла. В некоторых случаях продуманное использование нагрева или охлаждения может содействовать в пограничных ситуациях.

Обычно тепло в зоны рабочего корпуса подают задолго до пуска для термовыдержки металлических компонентов и затвердевшего полимерного расплава. Для термовыдержки требуется в среднем до 5 часов, чтобы разогреть шнек и зону рабочего корпуса, и ещё от 3 до 5 часов для плавления полимера, или в общей сложности от 8 до 10 часов. В экстремальных случаях(холодный пуск, пуск при полном экструдоре) перед пуском может возникнуть необходимость термовыдержки в течение 12 часов и более.

Вскоре после запуска шнека необходимо изменить среду регулирования температуры в зонах рабочего корпуса экструдера с разогревающей на охлаждающую. В зоне питания всегда необходимо применять охлаждение для предупреждения преждевременного плавления и образования пробки.

2.3.2.3. *Нерегулируемые переменные, влияющие на режим работы экструдера*

Влияние ПТР материала

Одной из самых независимых переменных величин, влияющихъ на режим работы экструдера, является ПТР дозируемого порошка. Расход порошка увеличивается приуменьшении ПТР, так как при увеличении вязкости расплава увеличивается поглощение энергии при заданной скорости вращения шнека и его производительности. Может потребоваться увеличить степень открытия клапана, чтобы шнек постоянно был заполненным. Увеличение ПТР сокращает расход порошка, и степень открытия клапана можно уменьшить.

Не следует превышать ограничение потребляемой мощности экструдера во время нормального режима работы. С точки зрения механической прочности редуктор и шнеки экструдера обычно проектируют таким образом, чтобы они могли длительно выдерживать максимальную мощность главного привода экструдера. Ток возбуждения блокируется при 100% максимальной мощности, что приводит к останову экструдера в случае превышения максимальной мощности. На случай отказа блокировки для механического ограничения крутящего момента предусмотрена муфта трения, которая предупреждает повреждение редуктора или валов шнека. Максимальная нагрузка на главный двигатель данной конфигурации составляет приблизительно 7500 КВт для высоких оборотов и примерно 6000 КВт для низких оборотов.

Теоретически при повышении ПТР порошка свыше 20 град/мин имеются возможности увеличения выработки благодаря наличию требуемой удельной мощности, мощности на массу продукта, снижения подачи электроэнергии. Однако в некоторой точке ограничивающим фактором будет являться полное заполнение зоны гомогенизации в расплаве. Если продолжать увеличение выработки при одной и той же скорости вращения шнека, порошок начнёт плавиться в зоне транспортировки. Это фактически ограничивает количество порошка, нормально продвигающегося по направлению к зоне гомогенизации в расплаве, так как зона транспортировки предназначена для транспортировки порошка, а не для плавления пластифицированного материала, и поэтому ограничивает текучесть и, в конечном итоге, способность к плавлению.

Для материалов с регулируемой реологией необходимо учитывать ещё одну переменную для гомогенизации. Вязкость расплава уменьшается из-за воздействия переоксида на полимерную цепочку. Конечная вязкость расплава зависит от ПТР на входе полимера и количества дозируемого пероксида. Температура на выходе и эффективность смешения зависят от ПТР на входе и на выходе. Степень открытия дроссельного клапана зависит от вязкости расплава на выходе, однако повышение температуры в результате более высокого ПТР,

вероятно приводит к сужению отверстия по сравнению с его величиной при наработке продуктов с регулируемой реологией, имеющих такой же ПТР.

2.3.2.4. Энергетическая потребность экструдера

Многие факторы влияют на расход энергии, но самое большое воздействие на окончательную потребность в энергии оказывает реология расплава. Это зависит от расхода , и от температуры расплава полимера. Как было описано ранее, степень открытия дроссельного клапана также влияет на конечный результат. Обычно данные факторы оптимизируют для обеспечения максимального удельного потребления энергии, которое необходимо для решения поставленных технологических задач.

Опыт предприятий в Хьюстоне и в Гиле показал, что ограничение общей производительности линии экструзии происходит из-за ограничения мощности главного электродвигателя или из-за недостаточного соотношения длины к диаметру экструдера (порошок не плавится до конца и налипает на фильтры). Поэтому оборудование экструзии необходимо рассчитывать для обеспечения соответствующей способности к перемешиванию. Максимальный расход зоны выделения может быть ограничен ещё одним фактором, таким как ограничение по крутящему моменту в экструдере или ограничению гранулятора или ограничению

дозирования порошка или аддитивов в экструдер. Точные факторы, ограничивающие производительность будут обусловлены ПТР полимера, насыпной плотностью или характером аддитивов.

2.3.3. Шнеки экструдера

Пара шнеков состоит из следующих зон:

Зона питания (загрузки):

Порошок и аддитивы подаются в зону питания из различных дозаторов; далее они транспортируются из зоны загрузочной воронки в зону гомогенизации в расплаве. Зона питания всегда охлаждается для предупреждения спекания порошка и аддитивов. Конструкция шнека в этой зоне предусматривает транспортировку. Для быстрого продвижения порошка вперёд под загрузочным бункером предусмотрен однозаходный шнек. Затем шнек переходит в двухзаходную конфигурацию, и зазор поджимают для обеспечения сжатия и увеличения скоростей сдвига, когда порошок приближается к зоне гомогенизации расплава. Подплавление полимера начинается в этой секции шнека, когда порошок начинает испытывать сжатие и усиление сдвига.

Зона гомогенизации в расплаве:

Здесь происходит смешивание и плавление материала. Большая часть нагревания, плавления и гомогенизации происходит в этой зоне. Энергия для плавления полимера поступает главным образом из главного привода. Конструкция шнека в этой зоне состоит из пластифицирующих блочных элементов с положительным и отрицательным шагом витков и перемешивающим элементом. В зависимости от толщины эти пластифицирующие блочные элементы могут обеспечить большие усилия сдвига, способствуя и плавлению, и перемешиванию полимера. Элементы, вращающиеся в обратном направлении, создают плавильное «болото»,заполняя секцию пластифицирующих блочных элементов и ограничивая поток нерасплавленного полимера.

Дегазация/Зона нагнетания:

За зоной гомогенизации в расплаве следует вентиляционное отверстие для удаления увлечённых газов, переносимых порошком, а также всех других летучих материалов, содержащихся в подаваемом порошке. Однако это выходное отверстие не используется, т.к. невозможно предупредить образование вентиляционных пробок. После вентиляционного отверстия шнек состоит из транспортировочных элементо. Диаметр винтового наконечника в этой зоне уменьшается, и шнек перестаёт находиться в зацепленном состоянии. Шнеки в

этой зоне механизма действуют как два независимых одношнековых экструдера. Конструкция несцепленного состояния шнеков позволяет минимизировать, выделенную при внутреннем трении теплоту в этой зоне. Характерная особенность данной конструкции заключается в том, что дополнительное смешивание и усилие сдвига не могут воздействовать на плавление материала.

Зона выгрузки:

Расплав полимера выходит из двух независимых зон несцепленных шнеков в общий канал протока в систему блоков фильтров. Перепускной клапан расположен непосредственно перед системой фильтров для обеспечения выгрузки пускового материала из экструдера.

2.3.4.Система регулирования дроссельного клапана

В экструдере предусмотрен пазовый клапан с электродвигателем. С помощью одновременно движущихся верхних и нижних пластин пазового клапана можно расширять или сужать проход потока полученного расплава, т.е. изменяя размер щелевого зазора, можно эффективно контролировать и управлять степенью смешения расплава полимера в зависимости от качественного и количественного состава загружаемого сырья.

2.3.5.Загрузочная воронка экструдера

Смесь твёрдых, жидких или расплавленных добавок и полимера из смесителя непрерывного действия подаётся в приёмный бункер сырья с защитным экраном экструдера. Дозирование порошка полимера и твёрдых (порошкообразных) аддитивов регулируется для поддержания требуемой пропускной способности и состава стабилизации. При нормальном режиме работы дозирующее устройство гранул, являющееся также массовым расходомером, обеспечивает обратную связь для регулирования расхода порошка полипропилена путём изменения скорости вращения секторного питателя порошка. Данный контур управления с обратной связью также регулирует соотношение удельных массовых расходов аддитивов путём изменения скорости дозаторов аддитивов.

В бункере сырья экструдера предусмотрен сигнализатор максимального уровня. Для предотвращения попадания кислорода в экструдер предусмотрена продувка бункера азотом. Азот из коллектора установки после клапана регулятора с давлением $p_{изб}$= 0,03 Мпа (0,3 кгс/см^2) изб. непрерывно подается через реометр с сигнализацией минимального расхода под защитный экран (решетка состоящая из трех сегментов с ячейкой 2х2 см.) бункера приема сырья. Данная сетка необходима только на период пусконаладочных работ по полимеризации и экструзии, для выдавливания крупногабаритных посторонних предметов оставшихся в трубопроводах после монтажа.

2.3.6. Перепускной клапан

Во время пуска или сбоев необходимо отвести полипропилен из насоса расплава и другого оборудования, следующего далее по технологической линии. Перед пуском необходимо произвести промывку рабочего цилиндра экструдера для удаления отложений нагара, образовавшегося в корпусе во время останова. С этой целью на выходе экструдера перед блоком сменных фильтров был предусмотрен перепускной клапан для отвода некондиционного материала в контейнер. Перепускной клапан также позволяет заполнить экструдер и фильеру полимером перед пуском механизма. перепускной клапан используется совместно с трехходовым клапаном рециркуляционной воды гранулятора, мотором гранулятора и регулятором давления на кассете с ножами в последовательности действий во времени. Это предусмотрено для того, чтобы вода поступала в камеру гранулятора одновременно с полимером, выходящим из фильеры. Расчет времени очень выжен для обеспечения соответствующего пуска и предупреждения замерзания отверстий фильеры или выхода некондиционного продукта в результате преждевременного или запоздалого поступления воды в камеру гранулятора.

Перепускной клапан оснащен гидравлическим приводом, шиберной заслонкой и имеет верхнее впускное отверстие, позволяющее перепуск в последующее оборудование, и нижнее выпускное отверстие, позволяющее производить перепуск потока в конвейерную систему, в контейнер (тележку) или контейнер для некондиционного материала. Перепускной клапан смонтирован в конечной части экструдера.

Во время нормального режима работы температура продуктов, имеющих ПТР <1, может достичь 270^{o}C и выше. Поскольку деструкция полипропилена в воздухе происходит при температуре свыше 260^{o}C, и он может самовоспламеняться, необходимо соблюдать меры предосторожности при наработке продуктов с ПТР <1, выходящих из экструдера.

Одним из наиболее важных компонентов линии экструзии полимеров является блок сменных фильтров(фильтры расплава). Это устройство состоит из набора фильтров и их держателя и предназначено для конечного фильтрования полимерного расплава перед грануляцией. Двойная сетка позволяет менять фильтры без остановки линии экструзии или перепуска некондиционного продукта.

Комплект фильтров, установленный между выходным отверстием экструдера и подводным гранулятором, представляет собой выдвижную конструкцию с двумя сетчатыми фильтрами цилиндрической формы. Фильтры состоят из отдельных слоев металлической сетки с разным размером ячейки, стянутых и соединенных сваркой в один лист. Поток полимера проходит через один из двух фильтров перпендикулярно. Для предупреждения падения давления на фильтре из-за повреждения корпуса и дополнительной опоры внутри сетчатого корпуса предусмотрен уровень с отверстиями (под названием “распределительная решетка”).

В ходе эксплуатации фильтры устанавливают на пути полимерного расплава с помощью выдвижного блока сменных фильтров (механизм для замены

фильтров). В блоке находятся два корпуса цилиндрической формы. Гидравлические цилиндры приводятся в действие гидравлическим маслом. Осевые выемки на внешней поверхности цилиндров предназначены для стравливания воздуха при замене экранной сетки. Скользящие цилиндры- пеналы имеют три позиции: рабочая позиция, позиция стравливания воздуха, позиция замены сетки.. Для замены фильтра сначала вытягивают один цилиндрический корпус и заменяют фильтр. После замены фильтра первый цилиндрический корпус возвращают на место и повторяют операцию в той же последовательности со вторым цилиндрическим корпусом. Перед заменой сеток необходимо разгрузить экструдер до минимально возможной нагрузки (7-17 т/ч).

Выбор фильтров, образующих фильтрующий блок, а так же размер ячейки для мелких фильтров окончательной очистки определяются технологическими условиями. Стандартно фильтрующий блок состоит из многослойных фильтров. Самые мелкие фильтры устанавливают между фильтрами первичной очистки, затем для их укрепления устанавливают распределительную решетку. Таким образом, если, например, указывая фильтр с размером ячейки 250 меш, фильтрующий блок может быть организован следующим образом: фильтры с размером ячейки 40 меш перед мелкоячеистым фильтром и фильтры с размером ячейки 100, 80 и 40 меш между данным фильтром и держателем. Цель установки фильтров с крупными ячейками состоит в том, чтобы обеспечить механическую опору для более неустойчивых и мелкоячеистых фильтров. Если фильтры с крупными ячейками не применяются, расплав полимера может просто выдавить через отверстия в опорном цилиндрическом корпусе, что приведет к забивке отверстий фильеры. Это сводит к нулю процесс фильтрования и даже может привести к появлению обрывков проволоки в составе продукта.

Фильтры отфильтровывают только твердые частицы, превышающие размер ячейки мелкоячеистого фильтра. Мягкие частицы, такие как полимерные гели, обычно не удерживаются фильтрами. Следовательно несмотря на то, что фильтры во многих случаях уменьшают количество посторонних примесей в продукте,

только очень пристальное внимание ко всему производственному процессу установки и чистоте материалов помогает производить чистые и высококачественные продукты.

Точный размер ячейки фильтра, необходимый для каждой марки, определен в спецификациях. Однако обычно для марок, предназначенных для литьевого формования, производства волокон и пленки, используются фильтры с размером ячейки 60 и 250 меш.

После фильтрации полимер проходит через блок подводного гранулятора. Здесь размер отверстия фильеры определен в зависимости от требований к размеру гранул. Поскольку эксплуатация гранулятора требует соблюдения точного соотношения температуры расплава, температуры фильеры и температуры воды охлаждения гранул для выработки высококачественных гранул, свобода действий относительно противодавления ограничена из-за большого падения давления на фильтре. В целом, необходимо применять фильтры с наибольшим из возможных размеров ячейки (с учетом конечного потребления продукта и требованиям к чистоте расплава), так как фильтры с мелкими ячейками требуют более частых замен и являются более энергоемкими.

2.3.8. Поточное измерение ПТР (реометр)

Для марок с регулируемой реологией целесообразно предусматривать поточное измерение ПТР. Поточный реометр включен в систему экструдера. Выходные данные реометра используются в РСУ для регулирования дозировки пероксида с целью обеспечения ПТР в рамках требований спецификации. Для расплавов с неконтролируемой реологией реометр не выполняет функцию непосредственного контроля, но позволяет подтвердить ПТР, чтобы гарантировать отсутствие факторов деградации полимера. Это позволяет своевременно устранять такие проблемы, как приток воздуха, неполадки дозатора стабилизаторов или резкое увеличение температуры в системе.

Поточный реометр состоит из двух основных компонентов: измерительной головки и блока управления. Конструкция измерительной головки позволяет устанавливать её рядом с экструдером.

2.3.9. Подводный гранулятор

2.3.9.1. Описание подводного гранулятора

Блок подводной грануляции расположен непосредственно после блока сменных фильтров. Блок сменных фильтров и подводная фильера соединены с помощью короткого, обогреваемого цилиндрического адаптера. В этом адаптере находятся разрывная мембрана, индикатор давления расплава и термопара для определения температуры расплава. В нем так же предусмотрено соединение с анализатором расхода расплава. Эксплуатация и контроль подводной системы грануляции очень важны для производства гранул высокого качества.

Подводная система гранулирования вулючает:

1.Подводный гранулятор

a. Фильера

b. Водяная камера

c. Кассета с ножами

2. Приводной двигатель гранулятора

3. Система охлаждающей воды кассеты с ножами охлаждения и транспортировки гранул в центрифугу и вибросито. Эта система включает:

a. Водяные насосы гранулятора

b. Охладители воды гранулятора

c. Емкость воды гранулятора

Расплав полимера продавливается через блок сменных сит и поступает в подводный гранулятор. Как только расплав поступает в подводный гранулятор, он проходит через адаптер фильеры, который натравливает массу полимерного расплава к отверстиям фильеры. Под давлением расплав проходит через отверстия фильеры, образуя стринги. На выходе из отверстий фильеры

вращающиеся ножи внутри водяной камеры нарезают эти стринги на гранулы заданной длины.

Фильера равномерно обогревается горячим маслом, чтобы исключить застывание расплава полимера в форсунке и обеспечить получение гранул одного размера.

Блок кассеты с ножами для резки гранул присоединяется к фильерной плите с помощью пневмокаретки, защелкивается кольцевым замком и стягивается с помощью 4-х масляных гидравлических замков, которые после 10-20 минут работы экструдера после запуска затягиваются гайками вручную. Ось кассеты с ножами соединена с электродвигателем. В камере предусмотрены два боковых окошка, одно для подсветки, другое для визуального наблюдения за процессом нарезки.

Предусмотрен “запрет пуска” двигателя кассеты, если водная камера для резки гранул не закреплена на фильерной плите или при открытом окошке.

После соединения камеры нарезки гранул с фильерой должно быть высокое давление масла 17-18 Мпа (170-180 кгс/см^2) изб. на соединении камеры нарезки и фильеры. При падении давления до 14 Мпа (140 кгс/см^2) изб. в гидравлической системе замков произойдет останов экструдера.

Водяной насос непрерывно подает воду в камеру, где находится кассета с ножами. Вода непрерывно охлаждает вновь образованные гранулы и сторону выхода фильеры. ие гранул при нарезке является очень важным, так как помогает снизить степень агломерирования или образования комков. Логикой системы не предусмотрен автоматический пуск резервного насоса при останове рабочего, т.к. при работе двух насосов создается избыточное давление более 0,4 МПа (4 кгс/см) изб. и камера для нарезки может не выдержать, т.е. могут быть раздавлены стеклянные смотровые окна.

Охлаждение фильеры представляет определенные трудности, так как добавляется тепловая нагрузка на систему горячего масла, питающую фильеру, и в случае неравномерного распределения масла может усилиться забивка

отверстий фильеры. Тепловая нагрузка на систему воды также увеличивается. Во многих конструкциях фильер предусматривают покрытие поверхностей, не соприкасающихся с резцовой головкой, керамическим составом для уменьшения потерь тепла.

Заполнение и подпитка резервуара циркуляционной воды производится по уровню конденсатом водяного пара из сети установки автоматически:

-низкий уровень - открывается клапан на линии напорного водяного конденсата;

-высокий уровень - клапан закрывается.

Для подогрева воды в сборнике воды перед пуском экструдера используется водяной пар низкого давления, отфильтрованный в фильтре, который подается под слой воды в сборник через специальный нагреватель. Перед пуском экструдера вода в сборнике должна быть нагрета до температуры 50-60 °С.

Из сборника вода подается насосом в холодильник пластинчатого типа, где в качестве хладоносителя используется оборотная вода.

На линии нагнетания насоса после холодильника предусмотрен трехходовой переключающий клапан, в зависимости от положения которого поток воды для нарезки гранул направляется либо в водную камеру экструдера, либо обратно в сборник.

При нормальной работе вода, с постоянной регистрацией расхода по датчику, поступает в водную камеру экструдера, затем направляется в разделитель воды от гранул полипропилена и далее после фильтрации в фильтре возвращается в сборник воды.

Необходимая температура циркулирующей воды для резки после пластинчатого холодильника поддерживается и регулируется с помощью регулятора посредством воздействия на клапан для изменения расхода оборотной оборотной воды в холодильник.

2.3.9.2. Регулируемые переменные, влияющие на режим работы подводного гранулятора

Существует четыре переменных величины, которые необходимо контролировать для обеспечения удовлетворительной работы подводного устройства для ножей. Это следующие переменные: (1) температура на фильере, (2) температура циркуляционной воды для охлаждения гранул, (3) скорость оборотов кассеты с ножами и (4) чистота поверхности фильеры/ножей. Циркуляция воды обычно непрерывная, но может незначительно меняться в зависимости от расхода гранул.

Температура горячего масла на фильере

В блоке подводной кассеты с ножами перед фильерой и в отверстиях фильеры находится горячий расплав, а после фильеры - охлаждающая вода. Поэтому важно поддерживать надлежащий дифференциал температур на фильере для обеспечения соответствующего охлаждения гранул, с одной стороны, а также для предупреждения забивки отверстий фильеры «замерзшим» (затвердевшим) полимером. Контроль дифференциала температур производится с помощью подачи горячего масла в каналы, предусмотренные в корпусе фильеры рядом с отверстиями фильеры.

Тепло постоянно подводится к пластине фильере для обеспечения плавного пуска и предупреждения замораживания отверстий во время эксплуатации. Даже частичное блокирование отверстий из-за замерзания полимера приводит к повышению давления на фильере, увеличению усилия сдвига из-за обратного хода полимера в экструдере и к выходу гранул нестандартной формы или нестандартного размера из-за неравномерного распределения расплава, проходящего через отверстия фильеры. Могут потребоваться некоторые изменения для корректировки ПТР. При работе с расплавами с высоким ПТР целесообразно понижать температуру расплава с тем, чтобы максимально увеличить вязкость расплава и, тем самым, оптимизировать нарезку и форму гранул. С другой стороны, фильера не является основным средством контроля

температуры расплава. Единственный способ очистки фильеры - это остановка линии. По этой причине не рекомендуется эксплуатация фильеры при температуре ниже температуры замерзания полимера. Контроль температуры расплава производится перед фильерой, а контроль температуры фильеры регулируется для минимизации дополнительного обогрева. Эффективный контроль температуры при использовании горячего масла зависит от соответствующего подвода тепла в масляный резервуар и его расхода.

Температура циркуляционной воды для охлаждения гранул

Температура охлаждающей воды для кассеты с ножами и ее расход можно использовать для оптимизации формы гранул. Когда стринги расплава полипропилена проходят через отверстия в фильере и нарезаются на гранулы соответствующей длины, производится охлаждение гранул, так как вода для охлаждения гранул полностью заполняет рабочую поверхность фильеры и водяную камеру. Тепло, отводимое с поверхности фильеры и от расплава полимера, должно уравновешивать тепло корпуса фильеры, передаваемое горячим маслом и горячим расплавом полимера.

Температура охлаждающей воды является критическим параметром только в том плане, что она влияет на эксплуатацию гранулятора и форму гранул. Если температура слишком низкая, это может привести к слишком большим потерям тепла на фильере, что в конечном итоге приведет к замораживанию. Эта функция выполняется за счет конструктивной особенности фильеры, и если использовать изоляционный материал для защиты всех поверхностей (за исключением режущей поверхности), то можно получить дополнительный резерв. Низкая температура воды может также привести к трудностям осушки гранул, если наличие удельной теплоты от других источников для испарения остаточной воды недостаточно. С другой стороны, низкие температуры могут улучшить форму гранул для марок с высоким ПТР, так как быстрое охлаждение поверхности гранул может противодействовать уменьшенной вязкости расплава, характерной для этих материалов.

При слишком высокой температуре воды могут возникнуть другие проблемы. Так это может сказаться на форме гранул и привести к образованию гранул с хвостами. С другой стороны, исследование, проведенное отделом исследований и разработки INEOS (R&D) установило, что более высокая температура оказывает некоторое положительное воздействие на единообразие (однотипность) гранул. Температуру воды необходимо либо настраивать, либо поддерживать постоянной в зависимости от воздействия температуры на качество гранул и на позиционирование ножей. Если положение ножей не является проблемой, расплавы с высоким ПТР, для которых образование хвостов является проблемой, могут работать при более низких температурах для минимизации образования хвостов и смазанных форм. Для расплавов с низким ПТР можно реализовать такие преимущества, как улучшение единообразия гранул и уменьшение потребности энергии при работе с более высокими температурами.

Температура воды для охлаждения гранул автоматически контролируется расходом воды из теплообменника воды грануляции. Вода для охлаждения гранул подается насосом, который отбирает воду из резервуара воды грануляции. Небольшое количество деминерализованной воды добавляется в резервуары воды грануляции для поддержания уровня.

Важно, чтобы вода для охлаждения гранул была чистой. Многие полимерные продукты применяются для производства пленок и тонких волокон, а также в медицинской и пищевой промышленности, где загрязнение недопустимо. Необходимо соблюдать все меры предосторожности, чтобы такие материалы, как стабилизирующие аддитивы, вымывающиеся из продукта, не накапливались в системе воды. Эту проблему можно минимизировать, обеспечив непрерывный дренаж переливом около 2.5% охлаждающей воды и замены ее свежей водой с помощью подпитки свежей водой.

Вода емкости воды для охлаждения гранул должна периодически смешиваться в направлении сверху вниз, и сверху необходимо удалять слой всплывающих осадков и осаждений. В соответствии с требованиями к уровню

качества воды её можно очищать с помощью альгицида для предупреждения образовании органических веществ.

Контур воды для охлаждения гранул рассчитан на стандартный диапазон рабочих температур 40-65°С. Горячая вода может вызвать такие же тяжелые ожоги, как ожоги от огня и даже привести к летальному исходу. Поэтому необходимо предусмотреть соответствующее обучение, инструктаж и меры предосторожности при выполнении работ вблизи системы горячей воды.

Скорость вращения кассеты с ножами

Скорость вращения кассеты с ножами должна соответствовать производительности экструдера для наработки гранул заданного размера. Скорость также зависит от количества лезвий на кассете и от количества отверстий в фильере.

Необходимо соответствующее обслуживание фильеры, т.к. состояние фильеры (забивка отверстий) может оказывать влияние на скорость вращения кассеты с ножами. Фильера загрязняется с течением времени в зависимости от выпускаемых марок и используемых аддитивов. Рекомендуемая практика - снижать температуру на фильере с 300°С до 200°С, если линия не работает в течение более 4-х часов, и даже ниже, если линия будет стоять более продолжительное время. Это сократит количество углерода, образующегося на фильере, и таким образом уменьшит возможность забивки отверстий фильеры из-за отложения нагара.

Каждая полимерная марка имеет несколько разные экструзионные характеристики, что тоже влияет на требуемую точность регулирования скорости вращения кассеты с ножами. Эти различия полимерных марок в сочетании с различными условиями экструзии, замораживании отверстий фильеры, влияния температуры воды охлаждения гранул делают непрактичным составление графика или диаграммы для определения уставки скорости вращения кассеты с ножами. Даже во время наработки заданной полимерной марки возникает необходимость регулирования скорости вращения кассеты с ножами для

обеспечения требуемого размера гранул. Это необходимо из-за различий полимерных марок (в пределах спецификации) и различий условий экструзии. Сложности усугубляются в результате воздействия неконтролируемых переменных, таких как количество отверстий на фильере или изменений технологического давления из-за загрязнения фильтра.

В общем, чем меньше скорость вращения кассеты с ножами (т.е. количество оборотов в минуту), тем легче обеспечивать требуемый размер гранул. Поэтому эффективно работать с высоким процентом открытых отверстий фильеры. Когда ножи двигаются по поверхности фильеры, давление воды между обратной стороной ножей и фильерой падает. При высокой скорости вращения кассеты с ножами падение давления может быть таким низким, что может произойти локальное вскипание воды (или кавитация). Кавитация приводит к эрозии фильеры и очень вредна для фильеры (уменьшает срок службы). Низкая скорость вращения кассеты с ножами уменьшает кавитацию, что позволяет увеличить срок службы фильеры.

Зазор между кассетой с ножами и фильерой и его регулировка/корректировка

Зазор: Зазор между кассетой с ножами и фильерой очень важен, т.к. является основным фактором, определяющим внешний вид и качество гранул. Если зазор слишком большой, будут произведены бесформенные деформированные гранулы с длинными хвостами. Если зазор слишком маленький, ножи будут соприкасаться с фильерой с большой силой, в результате чего износ ножей будет большой и срок их эксплуатации сократится.

При выработке полипропиленов необходимо предусмотреть измеряемый зазор между фильерой и ножами. Для соответствующей регулировки ножей необходимо подогреть систему до рабочей температуры. Очень важна сила соприкосновения ножа и фильеры.

ПТР вырабатываемого полимера может иметь большое значение для срока работы ножей. Полимеры с высоким ПТР чаще тянутся и образуют хвосты.

Поэтому необходимо большее контактное давление (нажатие) для обеспечения качества резки/рубки. По этой причине ножи для резки полимеров с высоким ПТР имеют более короткий срок службы.

Подгонка для определения оптимального зазора между ножами и фильерой зависит от давления на фильеру, марки полимера, температуры расплава и пропускной способности (производительности), поэтому такая подгонка не может быть фиксированной. Ее необходимо проверять после каждого пуска и периодически в ходе эксплуатации. Перед пуском важно произвести подгонку нового комплекта ножей к фильере для нормального режима работы экструдера и системы воды для охлаждения гранул, но без расхода полимерного расплава. После подгонки необходимо провести ревизию режущей кромки всех ножей, чтобы убедиться, что ножи будут показывать равномерный износ по кромке, указывающий на хороший и равномерный контакт всех ножей с фильерой. Заточку всегда необходимо производить при циркуляции воды для гранул в камере.

Рекомендуемая практика - отмечать постоянный износ ножей 0.01мм каждые несколько часов. Если износ ножей меньше, тогда необходимо обратить внимание на увеличение напорного давления.

Центрирование: Если зазор кажется приемлемым, но нарезка все же некачественная, тогда рекомендуется остановить экструдер и произвести проверку центрирования. Если во время пуска много ножей ломается около шейки ножа, тогда обязательно необходима центровка.

Новейшие конструкции имеют нежесткие ступицы, обеспечивающие несколько больший допуск при центровке. Однако все-таки рекомендуется также производить проверку центровки даже при наличии гибких систем. В некоторых технологиях также применяется эбонит/жесткий каучук, который требует проверку, т.к. эти материалы будут изнашиваться и со временем терять эластичность.

2.3.10. Блок горячего масла

Блок горячего масла предназначен для подачи горячего масла с температурой 175 + 300 °С на обогрев корпуса в зоне сеточного фильтра с устройством замены фильтров, отводного клапана и фильеры.

Масло в емкости хранится под небольшим давлением азота. При снижении давления в резервуаре - клапан на линии азота низкого давления открывается, при повышении давления - этот же клапан на линии азота закрывается, при этом открывается клапан на линии сдувки в атмосферу.

Температура масла регулируется с помощью регулятора на подаче масла на обогрев корпуса зоны устройства смены сит и регулятор на подаче масла на обогрев фильеры, автоматически включая или отключая электронагреватель. Автоматического переключения между насосами не предусмотрено. При останове насоса или его поломке необходимо в кратчайший срок отсечь не работающий насос запорной арматурой на всасе и на нагнетании и с помощью ключа выбрать на локальной панели в комнате горячего масла исправный насос, открыть отсекающие арматуры на всасе и закрыть на нагнетании. Открыть байпас арматуры на нагнетании и включить насос в работу. Постепенно, отрегулировать давление на нагнетании и после прогрева линии открыть постепенно основную арматуру на нагнетании, а байпас арматуры на нагнетании постепенно закрыть. Стравить с верхней точки трубопровода воздух на прямой и обратной линиях подачи диатермического масла в фильеру и устройство смены сит с отводным клапаном полимера. Далее отрегулировать основной арматурой на нагнетании насоса давление. Так же перед пуском насоса открыть подпитку диатермического масла с емкости. Давление на нагнетании насосов по местному манометру отрегулировать в пределах 0,5-0,65 МПа (5-6,5 кгс/см2) и перепад по дифманометру должен составлять 0,05-0,06 МПа (0,5-0,6 кгс/см). При уменьшении перепада до 0,03 МПа (0,3 кгс/см2) необходимо проверить фильтра на всасе насосов.

2.4. Пуск и останов узла экструзии

2.4.1. Пуск экструдера и гранулятора

1. Проверить работоспособность маслосистемы редуктора, основного двигателя и гидравлического масляного насоса. Смеситель, фильера, крепеж фильеры должны быть нагреты и горячее масло должно поступать на устройство смены сит, фильеру и отводной клапан.

2. Перенаправить лоток отходов из центрифуги гранул в разгрузочный бункер. Гранулы, идущие на вибросито направить туда же. Проверить работоспособность центрифуги, вибросита и нагнетателей и направление потока в гомогенизатор некондиционных гранул узла смешения и хранения гранул.

3. Проверить соотношение аддитивов в питателе аддитивов и талька. Проверить их направление в экструдер. Проверить заполнение системы водяного насоса гранулятора. Проверить расход и температуру воды режущего устройства.

4.Проверить состояние ножей и установить напорное давление воздуха, чтобы отвести ножи. Отрегулировать скорость ножей на заданную величину для пуска.

5.Проверить правильность комплекта сит в экструдере.

6.Запустить электродвигатель разгрузки. Поставить ручную тележку под отводной клапан и под фильеру для сбора чистого материала.

7.После снижения силы тока разгрузочного двигателя до установленной величины остановить разгрузочный двигатель и отключить разгрузочное устройство.

8.После появления индикации разрешения на пуск основного двигателя, запустить основной двигатель экструдера. Система загрузки экструдера запустится автоматически.

9.Подавать полимер через перепускной клапан до тех пор, пока скорость подачи не станет постоянной, а расплав полимера - чистым. Заменить тачку под отводным клапаном на пустую.

10.Когда поток полимера станет удовлетворительным, перевести отводной клапан в положение «Открыт». При этом закрывается сбросной клапан и начинается продавливание полимера через комплект сит и фильеру.

11.Пропускать расплав полимера через фильеру при отведенном грануляторе до тех пор, пока все матричные отверстия не будут заполнены и поток полимера не станет однородным.

12.Перенаправить поток полимера обратно на пол.

13.Немного увеличить скорость подачи

14.Зачистить поверхность фильеры скребком, а затем присоединить гранулятор к поверхности фильеры и зафиксировать его в этом положении.

15.Как только гранулятор будет зафиксирован у фильеры нажать кнопку «Автозапуск». Автозапуск переводит линию расплавленного полимера в положение «Открыто», запускает кассету с ножами гранулятора, запускает нагнетание напорного воздуха на кассету с ножами и переводит линию воды гранулятора в положение “открыто” (вода поступает в водяную камеру режущего устройства).

16.Начать увеличивать скорость подачи порошка в экструдер до нужной производительности, как только будет выполнен «Автозапуск» и нарезка гранул станет удовлетворительной.

17.При увеличении скорости следить за давлением. Увеличивать скорость гранулятора и регулировать напорное давление воздуха нужно как можно быстрее во избежание повреждения ножей и поверхности фильеры.

18.Следить за силой тока на грануляторе, внешним видом гранул, руководствуясь диаграммой «частота вращения - давление».

19.Отрегулировать температуру цилиндра, положение щелевого диска и скорость кассеты с ножами для достижения необходимого количества производимых гранул.

20.Установить лоток отходов и вибросито в нормальное положение после проверки внешнего вида гранул.

21.Запустить реометр текучести расплава.

22.После проверки всех условий, в том числе показателя текучести расплава, скорости подачи аддитивов, коэффициента разбавления, формы и внешнего вида гранул, перевести поток в первичный гомогенизатор гранул.

2.4.2. Регулировка размера гранул

1.Брать пробы гранул в месте пробоотбора каждые 4 часа или при смене производительности или продукта. Для точности измерения весы для этих целей должны проходить калибровку каждые 6 месяцев.

2.Поставить пустую колбу на весы.

3.Установить весы на ноль.

4.Медленно добавить гранулы в емкость, пока весы не покажут один грамм. Посчитать гранулы.

5.Если результат подсчета гранул не соответствует спецификации, изменить скорость гранулятора на следующие значения: разделить плановое количество на количество по результату подсчета и умножить на частоту вращения гранулятора.

6.Чтобы проверить, выполняются ли требования спецификации, нужно взять новую пробу гранул после 15 минутного перерыва.

7.Если изменилась производительность, следует изменить скорость гранулятора: разделить новую производительность на старую производительность и умножить на частоту вращения гранулятора.

2.4.3. Переход с одного продукта на другой

1.Получить спецификации и рекомендуемые эксплуатационные условия по марке следующего продукта.

2.Определить время для перехода на другую марку продукта.

3.Определить следующие переменные параметры процесса из спецификации новой марки:

- показатель текучести расплава гранул;

- коэффициент разбавления пероксида (оценка);

- размер ячейки комплекта сит;

- массовое соотношение аддитивов.

2.Добавить аддитивы в выбранные бункеры аддитивов и питатели аддитивов (тальк при необходимости).

3.Связаться с лабораторией и сообщить о предстоящей смене продукта для калибровки реометра и взятия дополнительных проб' гранул для проведения анализа.

4.Убедиться, что необходимые комплекты сит имеются в наличии.

5.Выбрать марку продукта из базы данных рецептуры и загрузить рецептуру марки продукта с помощью кнопки загрузки рецептуры: «Загрузить». Активный рецепт при этом не будет отменен.

6.Проверить соответствие материала в выбранных лотках аддитивов и параметров рецепта по умолчанию с помощью функции «Загрузка рецепта», кнопка: «Проверка». В случае соответствия, разрешение на загрузку рецепта выдается с помощью кнопки загрузки рецепта «Загрузить» или существует возможность отменить операцию для загрузки нового продукта (кнопка прервать»). Цвет кнопок «Загрузить», «Прервать» меняется на зеленый. В случае несоответствия, кнопки загрузки рецепта «Загрузить», «Прервать» являются нерабочими.

7.За час перед переходом начать регулировку температуры экструдера настройку фильеры, основываясь на рекомендованных эксплуатационных условиях для следующего сорта.

8.При смене продукта необходимо следить за концентрацией кислорода в загрузочном лотке экструдера. Сделать необходимые регулировки системе сдувок, чтобы уменьшить концентрацию ниже 1,0% мольн., особенно при производстве марок с неуправляемым показателем текучести расплава и непероксидных марок. Предпочтительно, чтобы содержание кислорода было как можно ниже.

9.Перевести поток гранул на гомогенизатор некондиционных гранул.

10.Включить питатель аддитивов и начать загрузку аддитивов в данной пропорции, загрузив новую рецептуру марки продукта.

11.При необходимости изменить параметры реометра.

12.В зависимости от марки, начать и/или остановить подачу пероксида, пользовать ранее рассчитанное значение LDR пероксида как плановое.

13.Ввести в РСУ необходимые параметры процесса по экструдеру:

- температура смесителя
- открытие щелевого диска
- температура фильеры
- температура воды гранул

14. Если необходимо заменить комплект сит.

15.Дождаться стабильного состояния. Оно определяется как достижение заданной скорости подачи пероксида и подачи аддитивов при заданной концентрации в течение как минимум 10-15 минут.

16.После достижения стабильного состояния отправить в лабораторию пробу гранул. Тест пробы должен быть проведен для определения концентрации аддитивов и показателя текучести расплава.

17.Переключиться на основной гомогенизатор гранул, если результаты находятся в рамках технических условий.

18.Если лабораторные результаты неудовлетворительны, сразу после получения данных по аддитивам и показателю текучести расплава, внести необходимые изменения в поправочный коэффициент аддитивов и/или реометра. Лаборатория должна выдавать результаты проб быстро (15-30 минут) во время перехода, чтобы минимизировать потенциал производства некондиции.

19.После 10 минут необходимых регулировок расхода аддитива и/или пероксида, взять еще одну пробу гранул.

20.Повторить пробоотбор и регулировку пока все расхождения (реометр концентрация аддитивов) не будут устранены.

2.4.4. Останов экструдера

1.Перевести поток гранул на гомогенезатор некондиционных гранул.

2.Активировать автоматический останов экструдера в РСУ или использовать функцию автоматического останова на местном пульте вления.

3.Остановить экструдер и направить полимер на пол.

4.После промывки камеры гранулятора выключить напорное давление гранулятора и включить обратное давление. Остановить гранулятор.

5.Открыть спускной клапан полости кассеты с ножами и опорожнить полость в технологический канализационный сток.

6.Убедиться, что полость кассеты с ножами полностью опорожнена и затем безопасно отсоединить гранулятор.

7.Отвести гранулятор.

8.Отключить охлаждающую воду, идущую в зоны цилиндра экструдера, и выключить обогрев.

2.4.5. Дренаж (опорожнение) бака воды грануляции

1.Установить 3-ходовой клапан в байпасное положение

2.Выставить уставку для воды грануляции на 40°C. Вода будет охлаждаться в охладителе воды гранулятора.

3.Прекратить подачу деминерализованной воды/конденсата в бак воды грануляции.

4.Запустить насос воды грануляции, чтобы он работал, пока температура в баке не достигнет 40°C.

5.Когда вода грануляции достигнет максимальной температуры подачи в погружную систему (40°C), измеренной в баке, остановить насос воды грануляции.

6.Открыть дренажный клапан бака до его полного опорожнения.

2.4.6. Дренаж (опорожнение) гранулятора

1.По окончании останова экструдера, перед опорожнением гранулятора вода охлаждения должна быть охлаждена до 40°С.

2.Запустить систему воды охлаждения гранул.

3.Выставить уставку на 40°С.

4.Когда вода охлаждения достигнет максимальной температуры дачи в погружную систему (40°С), измеренной в баке, остановить насос цы грануляции.

5.Опорожнить водяную камеру с помощью ручного клапана на щуляторе.

2.4.7. Замена ножей гранулятора.

1.Закрепить кассету с ножами на рабочем столе.

2.Отсоединить каждый нож от кассеты, откручивая по два винта на каждом ноже.

3.Подсоединить новые ножи к кассете. Проверить, чтобы все лезвия были плоскими и параллельными в пределах 0,025 мм. При работе с новыми ножами, оставить пластиковую крышку, установленную поставщиком, на острой кромке.

4.Снять кассету с ножами с рабочего стола и установить крышку кассеты. Поднять кассету с рабочего стола за крышку и положить в деревянную коробку.

5.Остановить питатель порошка, экструдер и гранулятор выключатся автоматически.

6.Остановить водяные насосы гранулятора, перекрыть подачу и возврат воды гранулятора и спустить воду из гранулятора.

7.Отсоединить и отвести гранулятор от фильеры. Установить крышку фильеру гранулятора.

8.Выключить электропитание гранулятора.

9.Установить крышки на каждый нож перед тем как снимать кассету с ножами.

10.Установить крышку кассеты с ножами. Вывернуть болты и вытащить кассету с ножами. Положить кассету с ножами в деревянную коробку. Пмоенять все сломанные ножи.

11.Установить новую кассету с ножами, закрутить болты и снять крышку кассеты с ножами.

12.Очистить контактную поверхность установки гранулятора. Проверить уплотнительное кольцо на наличие повреждений и налипания гранул.

13.Разблокировать двигатель привода гранулятора.

14.Очистить полимер от фильеры и подсоединить гранулятор к фильере.

15.Запустить поток воды гранулятора через кассету с ножами.

16.Запустить гранулятор и отрегулировать скорость’ на 900 об./мин. (Скорость подтверждается поставщиком).

17.Подвести ножи вплотную к фильере и установить напорное давление воздуха на 3 бар (изб.). Дать ножам поработать вплотную к фильере в течение 210 минут.

18.Остановить гранулятор и отсоединить гранулятор от фильеры.

19. Проверить износ ножей при трении о фильеру и, если изнашиваемые поверхности ножей достаточно ровные, то гранулятор готов к запуску.

2.4.8. Аварийный останов узла экструзии

1.Активировать «Немедленный останов экструдера» с помощью кнопки в РСУ, нажать аварийную кнопку на местной панели управления экструдером.

2.Данная операция прекращает все виды загрузки в экструдер и останавливает экструдер в соответствии с логической схемой останова ПЛК (программируемый логический контроллер).

2.5. Контроль и автоматизация производства

Компьютеризированная система управления "CENTUM VP" (далее по тексту - "система") предназначена для управления технологическим процессом производства полипропилена.

Система выполняет следующие функции:

- управление в локальных системах автоматического регулирования с обратной связью (регулирование отдельных параметров, в том числе каскадное регулирование);

- выполнение алгоритмов ПАЗ, в случае возникновения пред аварийной ситуации;

-логическое управление двухпозиционными исполнительными механизмами (отсекателями);

- отображение на экране монитора текущих значений параметров процесса, режима (статуса) контуров управления и положения исполнительных механизмов;

- сигнализация предельных значений и отдельных параметров;

- выдача сообщений на печатающее устройство (принтер);

- распечатка на принтере рабочих (режимных) листов;

-регистрация и архивирование информации о параметрах технологического процесса с возможностью их последующего воспроизведения на экране монитора или в виде распечатки принтера.

Система состоит из двух целевых подсистем:

- информационно-управляющей;

- противоаварийной автоматической защиты.

Информационная:

-обнаружение и сигнализация отклонений технологических параметров от заданных значений;

- сигнализация состояния основного технологического оборудования;

- сигнализация исполнительных механизмов;

- сигнализация результатов действия ПАЗ.

Управляющая:

- ручное дистанционное управление оператором HIS исполнительными механизмами;

- формирование и передача управляющего сигнала на исполнительные механизмы.

Противоаварийная автоматическая защита предназначена для:

- обнаружения предаварийных ситуаций на объекте;

- перевода технологического процесса производства в безопасное положение по заданной программе.

Система управления состоит из:

- 3 станции оператора HIS с функциями наблюдения, контроля и управления;

- 4 станции управления;

- 3 печатающих устройства (PRT) станций оператора;

- 1 инженерная станция HIS с функциями разработки, наблюдения, контроля и управления;

- 1 станция оператора HIS выполняет функции сервера удаленного доступа под управлением сетевой операционной системы Microsoft Windows.

HIS - станция оператора. Является рабочим местом аппаратчика, выполняющего функции оператора (дистанционное управление технологическим процессом со станции управления).

PRT - принтер, предназначен для распечатки режимных листов оператора, сообщений о нарушениях режима и о состоянии системы и технологического процесса.

Печать режимных листов происходит автоматически в заданное время. Отрывать готовую распечатку режимного листа можно только после окончания работы принтера.

В сообщениях о нарушении режима указываются позиция, параметр нарушения дата и время.

Сообщения оператора включают сведения о дате и времени включения и выключения того или иного оборудования, переключения режимов.

Выводимая на принтер информация о нарушениях режима и о состоянии процесса одновременно записывается в памяти компьютера рабочей станции и может быть восстановлена в виде распечатки позднее, в любое время.

Если во время печати сообщений о нарушениях технологического режима отключить принтер, то в памяти компьютера помимо всей информации будет зарегистрирован и сам факт этого отключения.

Система "CENTUM VP" имеет высокую отказоустойчивость и обеспечивает надежную, эффективную и безопасную эксплуатацию установок производства. Станция управления ежесекундно проводит опрос всех приборов из регулируемых контуров, сравнивает с установленными заданиями и вырабатывает управляющие воздействия, посылаемые к исполнительным механизмам, а вся информация поступает на рабочую станцию оператора HIS, где на различных панелях (окнах) представляется в привычной и доступной пониманию оператора форме (в виде лицевой панели прибора, тренда, мнемосхемы).

Информация различного типа на соответствующих панелях экрана HIS или окнах. Панель, развернутая во весь экран, может быть сжата в несколько раз, а полученное окно может быть помещено в удобное место на экране монитора.

В качестве первичных приборов применяются:

- для измерения давления
    - •манометры технические,
    - •датчики давления,
    - •сигнализаторы давления;
- для измерения расхода
    - •диафрагмы,
    - •вихревые расходомеры,
    - •дифманометры;
- для измерения уровня
    - •буйковые уровнемеры,
    - •пьезоуровнемеры,
    - •сигнализаторы уровня,
    - •радиоизотопные уровнемеры;
- для измерения температуры

•термопары,

•термометры,

•термометры сопротивления.

Для регулирования параметров применяются регулируемые клапаны.

Охлажден

3. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Исходные данные

Получаемый продукт: Полипропилен в виде гранул диаметром 3-5мм.

Производительность: 300000 т. в год, 37,5 т. в час.

Размеры шнеков: D = 0,308м.; L/D = 33, отсюда L = 10,16м; межосевое расстояние шнеков 0,866·D=0,267м.

Конструкция шнеков: сегментированная (набранная из сегментов, смонтированных на валу шнека).

Главный привод: 7500 кВт, 980 об/мин.

Скорость миксера: 2 скорости, фиксированные, низкая = 190 об/мин, высокая = 240 об/мин.

Стартерный двигатель: 75 кВт, 980 об/мин

Выбранный материал шнеков, цилиндра и фильеры: сталь 38Х2МЮА – сталь для изготовления ответственных нагруженных деталей, обладающая высокой прочностью и твердостью. Используется при температурах до 450ºС.

Выбранный материал ножей гранулятора: сталь 440С – нержавеющая сталь, обладающая высокой прочностью, твердостью и износостойкостью.

Выбранный материал корпуса экструдера: сталь 45 – сталь конструкционная углеродистая качественная для деталей, от которых требуется повышенная прочность.

3.2. Расчет геометрии шнеков и частоты их вращения

Конструкция экструдера подразумевает наличие двух идентичных шнеков, поэтому в этом подразделе расчеты будут производиться по одному из шнеков.

К основным геометрическим параметрам шнека относятся: его внешний диаметр D, шаг t и глубина нарезки h, угол наклона винтовой нарезки φ, ширина гребня витка e, величина радиального зазора между гребнем нарезки и корпусом материального цилиндра δ.[18]

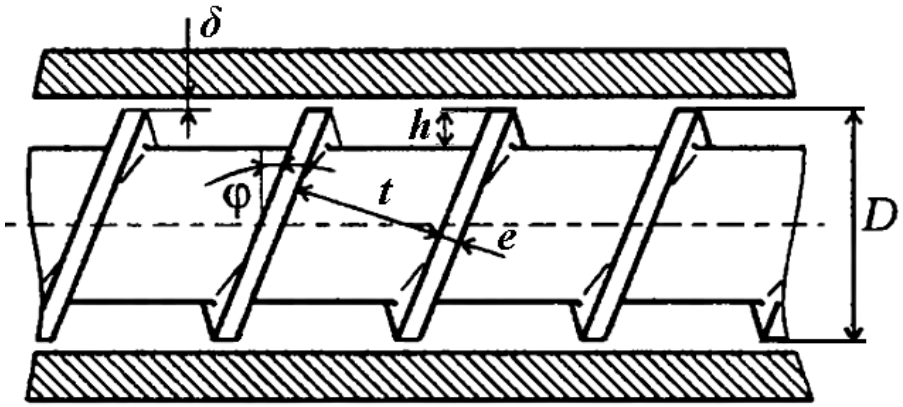


Рис 3.2.1. Схема винтового канала экструдера

Шаг нарезки *t*:

- в зоне загрузки:

Угол наклона винтовой нарезки принимаем $\varphi = 20^{o}$

$$t_1 = 0{,}8D \tag{3.1}$$

$$t_1 = 0{,}8 \cdot 308 = 246{,}4 \text{ мм}$$

32 витка с t = 246,4 мм.

- в зоне выдавливания:

Угол наклона винтовой нарезки принимаем $\varphi = 18^{o}$

$$t_2 = 0{,}53D \tag{3.2}$$

$$t_2 = 0{,}53 \cdot 308 = 163{,}2 \text{ мм}$$

14 витков с t=163,2 мм

Глубина винтового канала шнеков *h*:

$$h = 0{,}15 \cdot D \tag{3.3}$$

$$h = 0{,}15 \cdot 308 = 46{,}2 \text{ мм}$$

При выборе толщины витка *e* (ширины гребня) необходимо учитывать, что увеличение толщины витка приводит к повышению расхода мощности, а уменьшение ее – к образованию значительного потока утечки через зазор между внутренней поверхностью материального цилиндра и наружной поверхностью витка шнека. Ширина гребня витка шнека неизменна и равна:

$$e = 0{,}1 \cdot D \tag{3.4}$$

$$e = 0{,}06 \cdot 308 = 18{,}5 \text{ мм}$$

Радиальный зазор между внутренней поверхностью материального цилиндра и наружной поверхностью витка шнека:

$$\delta = 0{,}01 \cdot D \tag{3.5}$$

$$\delta = 0{,}01 \cdot 308 = 3 \text{ мм}$$

Критическая частота вращения шнека в зоне загрузки шнековой машины может быть определена по следующему соотношению:

$$n_{кр} = \frac{205}{60 \cdot \sqrt{D}}, \text{ с}^{-1} \tag{3.6}$$

где D – диаметр шнека, м.

$$n_{кр} = \frac{205}{60 \cdot \sqrt{0{,}308}} = 6{,}16 \text{, с}^{-1}$$

Рабочая частота вращения шнека равна:

$$n_p = 0{,}7 \cdot n_{кр} \text{, с}^{-1} \qquad (3.7)$$

$$n_p = 0{,}7 \cdot 6{,}16 = 4{,}3 \text{, с}^{-1}$$

3.3. Расчеты шнеков на прочность, жесткость и устойчивость

Основное требование, предъявляемое к шнекам, – обеспечение наибольшей производительности при необходимом качестве пластикации и наименьшей потребляемой мощности, которые зависят не только от реологических свойств смеси, но и конструктивных параметров шнека.

Задачей прочностного расчета является проверка запроектированных на основании предыдущих расчетов размеров шнека и определение максимально допустимого прогиба с целью недопущения контакта витков шнека с внутренней поверхностью цилиндра. Расчетная схема шнека представлена на рис. 3.3.1.[19]

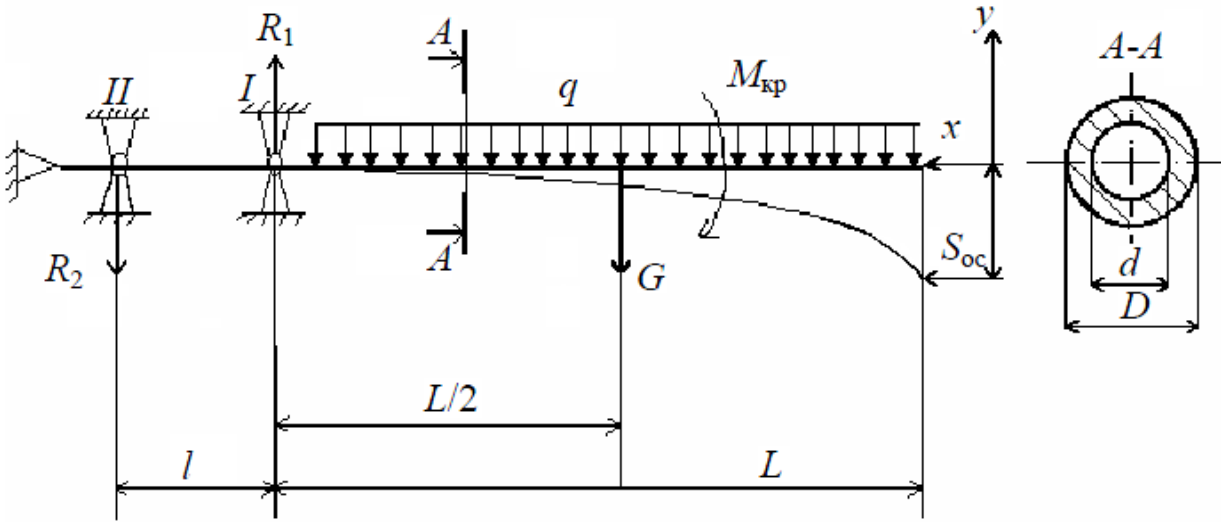


Рис. 3.3.1. Расчетная схема нагружения шнека и его опор:

$S_{ос}$ – осевое усилие от давления перед формующим инструментом;

G – вес материала шнека; R_1, R_2 – реакции в опорах I и II, соответственно.

Прочностной расчет шнеков производится, исходя из максимально возможных значений крутящего момента $M_{кр}$ и осевого усилия $S_{ос}$, величины которых рассчитываются по формулам (3.8) и (3.9)

$$M_{кр} = 573 \cdot \frac{N}{n}, \qquad (3.8)$$

где $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ – мощность, затрачиваемая на продвижение материала по каналу шнеков, кВт; n – частота вращения шнеков, с$^{-1}$.

$$S_{ос} = P_{max} \cdot F, \qquad (3.9)$$

где P_{max} - максимальное давление развиваемое шнеками, Мпа; P_{max} = 24 Мпа; F – площадь поперечного сечения шнека.

Расчет шнеков возможен в двух вариантах в зависимости от его жесткости (гибкости)[19]:

- рассматривается действие максимального осевого усилия $S_{ос}$ и крутящего момента $M_{кр}$ с учетом собственного веса шнека;
- расчет на продольно-поперечный изгиб с учетом максимального осевого усилия $S_{ос}$ и собственного веса шнека.

Для определения варианта расчета проверяем шнек на гибкость по формуле:

$$\lambda_{в} = \frac{\mu \cdot L}{i} \qquad (3.10)$$

где $\lambda_{в}$ – гибкость вала шнека; μ – коэффициент, зависящий от способа закрепления концов вала, в данном частном случае μ = 2; L – длина шнека, м; i – радиус инерции сечения, определяемый из:

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}}, м$$

где $J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \cdot (1 - \alpha^4), м^4$ – момент инерции поперечного сечения A-A (см. рис. 3.2); $F = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \cdot (1 - \alpha^2), м^2$ – площадь поперечного сечения шнека в сечении A-A; $\alpha = \frac{d}{D}$, где d – диаметр осевого отверстия шнека, м; d = 0,075м.

После подстановки значений J и F получим:

$$i = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{1 + \alpha^2}, м$$

$$\alpha = \frac{0,075}{0,308} = 0,244$$

где

$$i = \frac{0,308}{4} \cdot \sqrt{1 + 0,244^2} = 0,079, м$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 0,308^4}{64} \cdot (1 - 0,244^4) = 0,00044, м^4$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,308^4}{64} \cdot (1 - 0,244^2) = 0,00042, м^2$$

По формуле (3.10) находим значение $\lambda_{в}$. Если $\lambda_{в} < 50$, то расчет шнека проводим по первому варианту, если $\lambda_{в} \geq 50$, то по второму.

$$\lambda_{в} = \frac{2 \cdot 10,16}{0,079} = 257,22$$

$\lambda_{в} > 50$, значит расчет проводим по следующему варианту:

При продольно-поперечном изгибе уравнение изогнутой оси шнека:

$$E \cdot J = \frac{d^2 \cdot y}{d \cdot x^2} = M_u \tag{3.11}$$

Уравнение изгибающего момента:

$$M_u = \frac{q}{k^2} \cdot (1 - \cos kx) + M_н \cdot \cos kx + \frac{Q_н}{k} \cdot \sin kx \tag{3.12}$$

где параметр $k = \sqrt{\frac{P}{E \cdot J}}$; P – рабочее давление в экструдере, Па; P = 45 Мпа; E – модуль упругости стали шнека, МПа; E = 200000 Мпа; J – момент инерции поперечного сечения шнека, м^4; J = 0,00044 м^4; q - распределенная нагрузка, Н/м (см. рис. 3.2); $q = \rho \cdot g \cdot L$; ρ – плотность стали шнека, кг/м^3; ρ = 7650 кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; g = 9,81 м/с^2; $M_н$ – начальное значение изгибающего момента при x = 0; $Q_н$ – начальное значение поперечной силы при x = 0, равное:

$$Q_н = \frac{q \cdot (L - \frac{1}{k} \cdot \sin kL)}{\cos kL} \tag{3.13}$$

Найдем параметр k и распределенную нагрузку q:

$$k = \sqrt{\frac{45}{200000 \cdot 0,00044}} = 0,72$$

$$q = 7650 \cdot 9,81 \cdot 10,16 = 762472,44 \text{ Н/м}$$

Для изгибающего момента, подставив из уравнения (3.13) значение $Q_н$ в уравнение (3.12), получим:

$$M_u = \frac{q}{k^2} \cdot (1 - \cos kx) + \frac{q \cdot (L - \frac{1}{k} \cdot \sin kL)}{k \cdot \cos kL} \cdot \sin kx = 0 \tag{3.14}$$

Для определения $M_{u\,max}$ исследуем уравнение (3.14) на максимум:

$$\frac{dM_u}{dx} = \frac{q}{k} \cdot \sin kx + \frac{q \cdot (L - \frac{1}{k} \cdot \sin kL) \cdot k}{k \cdot \cos kL} \cdot \cos kx = 0 \tag{3.15}$$

После соответствующих преобразований получим:

$$tgkx = tgkL - \frac{k \cdot L}{\cos kL} \tag{3.16}$$

Из уравнения (3.15) находим значение x, при котором изгибающий момент M_u будет максимальным, и по формуле (3.14) найдем величину максимального изгибающего момента $M_{u\,max}$.

При x = 11 изгибающий момент M_u максимален. Найдем величину максимального изгибающего момента:

$$M_u = \frac{762472,44}{0,72^2}\cdot\left(1-\cos\left(0,72\cdot 11\right)\right)+\frac{762472,44\cdot\left(10,16-\frac{1}{0,72}\cdot\sin\left(0,72\cdot 10,16\right)\right)}{0,72\cdot\cos\left(0,72\cdot 10,16\right)}\cdot ¿ ¿$$

$$¿\sin\left(0,72\cdot 11\right)=1482709,95 \text{ Н·м}$$

Максимальное касательное напряжение на поверхности шнека[20]:

$$\tau_{\max}=\frac{M_{кр}}{W_p} \quad (3.17)$$

С учетом полярного момента сопротивления сечения шнека максимальное касательное напряжение будет:

$$\tau_{\max}=\frac{16\cdot M_{кр}}{\pi\cdot D^3\cdot\left(1-\alpha^4\right)} \quad (3.18)$$

где $M_{кр}$ находим из (3.8). Для этого найдем N по (3.19):

$$N=N_1+N_2+N_3+N_4, \text{ кВт} \quad (3.19)$$

где N_1 – потребляемая мощность между корпусом и шнеками, кВт; N_2 – в зазорах между боковыми поверхностями шнеков, кВт; N_3 – в зазоре между вершиной и впадиной витков, кВт; N_4 – на выдавливание материала в формующей головке, кВт.

$$N_1=\frac{2\cdot 10^{-3}\cdot\left(1+\frac{\alpha}{360}\right)\cdot e\cdot\pi^2\cdot D^2\cdot n\cdot\tau_1}{\cos\phi} \quad (3.20)$$

где $\alpha=2\cdot\arccos\frac{A}{D}$ - центральный угол, соответствующий зоне перекрытия шнеков, град; A – межосевое расстояние шнеков, м; D – наружный диаметр шнеков, м; e – ширина вершины витка шнеков, м; n – частота вращения шнеков, с$^{-1}$; $\tau_1=f\left(grad\,\vartheta_1\right)=\eta\cdot grad\,\vartheta_1$ - напряжение сдвига, Па; η – вязкость полипропилена, Па·с; η = 80 Па·с; $grad\,\vartheta_1=\frac{\pi\cdot D\cdot n}{\delta_1}$, с$^{-1}$; $\delta_1 = 0,01\cdot D$ – зазор между гребнем шнека и внутренней поверхностью цилиндра, м; φ – угол подъема винтовой линии нарезки шнеков, град (φ = 5° – при однозаходной нарезке шнеков).

$$\alpha=2\cdot\arccos\frac{0,267}{0,308}=240$$

$$\delta_1=0,01\cdot 0,308=0,00308 \text{, м}$$

$$grad\,\vartheta_1=\frac{3,14\cdot 0,308\cdot 3,05}{0,00308}=957,7 \text{, Па}$$

$$\tau_1=80\cdot 957,7=76616 \text{, Па}$$

Находим N_1 из (3.20):

$$N_1=\frac{2\cdot10^{-3}\cdot\left(1+\frac{240}{360}\right)\cdot0,0185\cdot3,14^2\cdot0,308^2\cdot3,05\cdot76616}{\cos5}=13,53$$, кВт

$$N_2=\frac{3,3\cdot10^{-5}\cdot\pi\cdot D^3\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\left(1-\cos\frac{\alpha}{2}\right)\cdot n\cdot\tau_2}{\cos\phi} \quad (3.21)$$

где $\tau_2=f(grad\vartheta_2)=\eta\cdot grad\vartheta_2$, Па; $grad\vartheta_2=\frac{2\cdot\pi\cdot D\cdot n}{\delta_{2cp}}$, с$^{-1}$; $\delta_{2cp}=\frac{\delta_1+t-2\cdot e}{2}$, м.

$$\delta_{2cp}=\frac{0,00308+0,2464-2\cdot0,0185}{2}=0,106$$, м

$$grad\vartheta_2=\frac{2\cdot3,14\cdot0,308\cdot3,05}{0,106}=55,66$$, с$^{-1}$

$$\tau_2=80\cdot55,66=4452,8$$, Па

Находим N_2 из (3.21):

$$N_2=\frac{3,3\cdot10^{-5}\cdot3,14\cdot0,308^3\cdot\sin\frac{240}{2}\cdot\left(1-\cos\frac{240}{2}\right)\cdot3,05\cdot4452,8}{\cos5}=0,054$$, кВт

$$N_3=\frac{5,4\cdot10^{-7}\cdot\pi^2\cdot n\cdot e\cdot D\cdot\alpha\cdot(D-d)\cdot\tau_3}{\cos\phi} \quad (3.22)$$

где $\tau_3=f(grad\vartheta_3)=\eta\cdot grad\vartheta_3$, Па; $grad\vartheta_3=\frac{2\cdot\pi\cdot D\cdot n}{\delta_{3cp}}$, с$^{-1}$; $\delta_{3cp}=\frac{\delta_1+\delta_2}{2}$, м; $\delta_2=\frac{D-d}{2\cdot\cos\frac{\alpha}{2}}$, м.

$$\delta_2=\frac{0,308-0,075}{2\cdot\cos\frac{240}{2}}=0,233$$, м

$$\delta_{3cp}=\frac{0,00308+0,233}{2}=0,118$$, м

$$grad\vartheta_3=\frac{2\cdot3,14\cdot0,308\cdot3,05}{0,118}=50$$, с$^{-1}$

$$\tau_3=80\cdot50=4000$$, Па

Находим N_3 из (3.22):

$$N_3=\frac{5,4\cdot10^{-7}\cdot3,14^2\cdot3,05\cdot0,0185\cdot0,308\cdot240\cdot(0,308-0,075)\cdot4000}{\cos5}=0,021$$, кВт

$$N_4 = 2,75 \cdot 10^{-7} \cdot P \cdot \left(D^2 - d^2\right) \cdot \pi \cdot A \cdot n \cdot t \cdot \alpha \quad (3.23)$$

где P – перепад давления по длине рабочих органов, Па. P = 5000000 Па.

Находим N_4 из (3.23):

$$N_4 = 2,75 \cdot 10^{-7} \cdot 5000000 \cdot \left(0,308^2 - 0,075^2\right) \cdot 3,14 \cdot 0,267 \cdot 3,05 \cdot 0,2464 \cdot 240 = 18,55 \text{, кВт}$$

Находим N из (3.19):

$$N = 13,53 + 0,054 + 0,021 + 18,55 = 32,155 \text{, кВт}$$

Находим крутящий момент $M_{кр}$ из (3.8):

$$M_{кр} = 573 \cdot \frac{32,155}{3,05} = 6041 \text{, Н·м}$$

Находим максимальное касательное напряжение по формуле (3.18)

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot 6041}{3,14 \cdot 0,308^3 \cdot \left(1 - 0,244^4\right)} = 1057278,7 \text{ (Н/м}^2\text{) = 1,05 (МПа)}$$

Максимальное нормальное напряжение от максимального осевого усилия $S_{ос}$ и распределенной нагрузки q будет равно:

$$J_2 = \frac{\pi \cdot \left(D^4 - d^4\right)}{64} \text{, МПа} \quad (3.24)$$

$$J_2 = \frac{3,14 \cdot \left(0,308^4 - 0,075^4\right)}{64} = 0,00044 \text{, МПа}$$

Условие прочности шнека по третьей теории прочности[19]:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4 \cdot \tau_{max}^2} \le [\sigma] \quad (3.25)$$

где $\sigma_{max} = \frac{S_{ос}}{F} + \frac{M_{и\,max}}{W_{н.о.}}$; $S_{ос}$ находим из (3.9); $M_{и\ max}$ – максимальный изгибающий момент от распределенной нагрузки шнека, Н•м; $M_{и\,max} = \frac{\gamma \cdot F \cdot L^2}{2}$; $\gamma = \rho \cdot g$, Н/м^3; ρ – плотность материала шнека, кг/м^3; ρ = 7650 кг/м^3; $F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(1 - \alpha^4\right)$ - площадь поперечного сечения шнека относительно нейтральной оси, м; $W_{н.о.}$ – осевой момент сопротивления относительно нейтральной оси, м^3; $W_{н.о.} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot \left(1 - \alpha^4\right)$; [σ] – допускаемые напряжения для материала шнека (сталь 400с), Н/м^2; [σ] = 147 Мпа.

$$W_{н.о.} = \frac{3,14 \cdot 0,308^3}{32} \cdot \left(1 - 0,244^4\right) = 0,00286 \text{, м}^3$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,308^2}{4} \cdot \left(1 - 0,244^4\right) = 0,0742 \text{, м}^2$$

$$\gamma = 7650 \cdot 9,81 = 75046,5 \text{, Н/м}^3$$

$$M_{\text{и max}} = \frac{75046,5 \cdot 0,0742 \cdot 10,16^2}{2} = 287403,3 \text{, Н·м}$$

$$S_{\text{ос}} = 20 \cdot 0,0742 = 1,48 \text{, Н·м}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1,48}{0,0742} + \frac{287403,3}{0,00286} = 100490684,28 \text{ (Н/м}^2\text{)} = 100,5 \text{ (МПа)}$$

Проверяем условие прочности по (3.25):

$$\sqrt{100,5^2 + 4 \cdot 1,05^2} \le 147$$

$100,52 < 147$, условие прочности выполняется.

Максимальный прогиб шнеков $f_{\max} = y_{\max}$ определяется следующим образом. Подставим значение изгибающего момента из уравнения (3.14) в дифференциальное уравнение изогнутой оси шнека (3.11) и получим:

$$E \cdot J \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{q}{k^2} \cdot (1 - \cos kx) + A \cdot \sin kx \qquad (3.26)$$

где $A = \dfrac{q \cdot \left(L - \dfrac{1}{k} \cdot \sin kL \right)}{k \cdot \cos kL}$

После двойного интегрирования уравнения (3.26) и нахождения значений постоянных интегрирования C_1 и C_2 уравнение изогнутой оси шнека примет вид:

$$E \cdot J \cdot y = \frac{q \cdot x^2}{2 \cdot k^2} + \frac{q}{k^4} \cdot \cos kx - \frac{A}{k^2} \cdot \sin kx + \left(\frac{q}{k^3} \cdot \sin kL + \frac{A}{k} \cdot \cos kL - \frac{p \cdot L}{k^2} \right) \cdot x +$$

$$+ \frac{q \cdot L^2}{2 \cdot k^2} - \frac{q}{k^4} \cdot \cos kL + \frac{A}{k^2} \cdot \sin kL - \frac{q \cdot L}{k^3} \cdot \sin kL - \frac{A \cdot L}{k} \cdot \cos kL$$

Максимальный прогиб шнеков $f_{\max} = y_{\max}$ будет при $x = 0$ и определится по формуле:

$$f_{\max} = \frac{1}{E \cdot J} \left[\frac{q}{k^2} \cdot \left(\frac{1}{k^2} + \frac{L^2}{2} \right) - \frac{1}{k} \cdot \left(\frac{q}{k^3} + A \cdot L \right) \cdot \cos kL - \frac{1}{k^2} \cdot \left(\frac{q \cdot L}{k} - A \right) \cdot \sin kL \right] \qquad (3.27)$$

$$A = \frac{762472,44 \cdot \left(10,16 - \dfrac{1}{0,72} \cdot \sin(0,72 \cdot 10,16) \right)}{0,72 \cdot \cos(0,72 \cdot 10,16)} = 18534899$$

$$f_{\max} = \frac{1}{200000 \cdot 0,00044} \cdot ¿ \left[\frac{762472,44}{0,72^2} \cdot \left(\frac{1}{0,72^2} + \frac{10,16^2}{2} \right) - \frac{1}{0,72} \cdot \left(\frac{762472,44}{0,72^3} + 18534899 \cdot 10,16 \right) \cdot ¿ \right] ¿¿$$

¿

$$f_{\max} = 0,0012 \text{, м}$$

Коэффициент запаса устойчивости определяется[21]:

$$n_y = \frac{P_{\max кр}}{P_{\max}} \geq [n_y] \quad (3.28)$$

где $P_{max\ кр}$ = 50 Мпа – критическое давление на шнек; P_{max} = 24 МПа – максимальное давление в цилиндре, развиваемое шнеком; $[n_y]$ = 2 – допускаемый коэффициент запаса устойчивости для шнеков.

$$n_y = \frac{50}{24} = 2,33 \text{, МПа}$$

$$2,08 > 2 \text{, верно}$$

3.4. Расчет толщины стенки цилиндра экструдера

Цилиндр является основным узлом шнековой машины. К цилиндру крепится формующая головка и загрузочное устройство, а внутри цилиндра вращается шнек. Различные виды обогрева или охлаждения цилиндра позволяют обеспечивать заданный технологический процесс переработки полимеров. Так как экструдер двухшнековый, цилиндр имеет эллиптическую форму с шириной равной 581мм и высотой 314мм. Толщину стенки S принимаем равной 50 мм.

Проверим толщину стенки на прочность[22]:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \quad (3.29)$$

где $[p]$ - допускаемое давление, Мпа; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение равное 180 Мпа для выбранной стали 38Х2МЮА; φ = 1 – коэффициент прочности сварных швов; с = 2 мм - прибавка для компенсации коррозии и эрозии; D – диаметр цилиндра. Пренебрегая овальной формой цилиндра принимаем D = 581мм.

$$[p] = \frac{2 \cdot 180 \cdot 1 \cdot (50 - 2)}{581 + (50 - 2)} = 27,4 \text{, МПа}$$

Допускаемое давление должно быть больше максимального достигаемого давления в цилиндре:

$$[p] > P_{\max} \quad (3.30)$$

$27,4 > 24$, значит толщина стенки цилиндра выбрана верно

Также цилиндр имеет рубашки с водяным охлаждением и электрическими нагревателями, расчет которых в данном дипломе не приводится в связи с отсутствием нужной для этого информацией.

3.5. Расчет гранулятора

При расчете грануляторов определяют коэффициент геометрической формы фильеры К. Значение К дает представление о давлении расплава в фильтре и его вязкости. При резке гранул расплав может размазываться на решётке и прилипать

к ножу. Для устранения этого дефекта частота вращения ножа должна быть достаточной, чтобы сила инерции преодолевала силу адгезии.

Значение коэффициента К в данном случае: $K = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$.

Расчет гидравлического сопротивления головки. При определении общего сопротивления головки, учитывая сложную конфигурацию ее рабочей части, используют способ замены реальных каналов моделями, имеющими простейшую конфигурацию, поддающуюся аналитическому описанию.

При таком подходе общее сопротивление формующей головки[23]:

$$\Delta p_{Г} = \frac{\mu_{э} \cdot V}{K}, \text{ Па} \qquad (3.31)$$

где $\mu_э$ = 3012 Па•с – эффективная вязкость расплава при градиенте скорости γ_i в данном канале[17 табл. 13 с. 55]; V = 7,29 м^3/с – расход расплава через рассматриваемую модель канала.

$$\Delta p_{Г} = \frac{3012 \cdot 7{,}29}{2{,}8 \cdot 10^{-4}} = 78{,}4 \cdot 10^{5}, \text{ Па}$$

Параметры формующей головки (фильеры):

D = 2,5 – диаметр, м; $n_{отв}$ = 1908 – количество отверстий, шт. Размеры отверстий фильеры делаются с учетом того, что полипропилен при выходе из головки разбухает на 20%. Следовательно диаметр отверстий равен 2,5 мм.

Параметры отрезного блока:

Привод - 150 КВт; скорость отрезного блока - от 65 до 650 об/мин; ножи – 20 шт; износ ножей - максимум 6 мм.

Параметры сборника (бункера) для нарезки гранул

Емкость с водой для гранул объемом 25 м^3; водяной насос мощностью 101,5 КВт; расход воды для нарезки гранул – 231 м^3/ч; температура воды для нарезки - 90ºС; уровень в сборнике (бункере) воды – 90%; давление воды – 0,1 Мпа.

3.6. Расчет производительности экструдера

По найденным ранее данным проверим производительность экструдера.

Процессы течения расплавленного материала в машинах данного типа более сложны, чем в одношнековых экструдерах, и еще недостаточно изучены, в связи с чем расчет этих машин в основном базируется на эмпирических данных.

Приводим формулу, характеризующую объемную производительность двухшнекового экструдера с вращением шнеков в одну сторону[19]:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K \cdot n}{K + \beta + \gamma}, \text{ м}^3/\text{с} \qquad (3.32)$$

где $K = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$ - коэффициент геометрической формы канала головки, *м^3*; n - частота вращения шнеков, *с$^{-1}$*; α - константа прямого потока, *м^3*; β - константа обратного потока, *м^3*; γ - константа потока утечек, *м^3*.

Константы прямого, обратного потока и потока утечек для зоны дозирования шнеков соответственно, *м^3*:

$$\alpha = \frac{\pi \cdot D \cdot h \cdot (t - i \cdot e) \cdot \cos^2 \varphi}{2}$$

$$\beta = \frac{h^3 \cdot (t - i \cdot e) \cdot \sin(2 \cdot \varphi)}{24 \cdot L_з}$$

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot tg\,\varphi \cdot \sin\varphi}{10 \cdot L_з \cdot e}$$

где t - шаг винта (в зоне загрузки), *м*; h - глубина винтового канала (нарезки), *м*; i - число заходов винтовой нарезки; e - толщина гребня, *м*; φ - угол винтовой нарезки; z - радиальный зазор между гребнем шнека и рабочим цилиндром, м; $L_3 = 3$ - длина зоны нагнетания, *м*.

$$\alpha = \frac{3,14 \cdot 0,308 \cdot 0,0462 \cdot (0,246 - 1 \cdot 0,0185) \cdot \cos^2 20}{2} = 3,03 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3$$

$$\beta = \frac{0,0462^3 \cdot (0,246 - 1 \cdot 0,0185) \cdot \sin(2 \cdot 20)}{24 \cdot 3} = 5,1 \cdot 10^{-8}, \text{ м}^3$$

$$\gamma = \frac{3,14^2 \cdot 0,308^2 \cdot 0,003^3 \cdot tg\,20 \cdot \sin 20}{10 \cdot 3 \cdot 0,0185} = 4,63 \cdot 10^{-9}, \text{ м}^3$$

Объемная производительность экструдера:

$$Q = \frac{2,99 \cdot 10^{-3} \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot 4,3}{2,8 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-8} + 4,57 \cdot 10^{-9}} = 0,0208, \text{ м}^3/\text{с}$$

При плотности материала ρ = 500 кг/м^3 объемная производительность экструдера, кг/ч:

$$Q' = Q \cdot \rho \cdot 3600 \qquad (3.33)$$

$$Q' = 0,0208 \cdot 500 \cdot 3600 = 37500, \text{ кг/ч}$$

$$Q_{зад.} = 37,5$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1.Проведен литературный и патентный обзор по процессу экструзии, выявлены основные условия эффективности процесса экструзии при получении полипропилена.

2.Разработана конструкция формующей головки

3.Определена производительность экструдера

4.Рассчитана мощность экструдера

5. Проверена геометрическая устойчивость шнека

По итогам работы подготовлены публичные доклады, подготовлены публикации и статьи. Результаты работы рекомендованы для внедрения на ООО «Тобольск – Полимер»

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева З.А., Ермолаева Е.В.Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии»:учебное пособие. – Владимир: ВЛГУ, 2003. – 230 с.

2. СИБУР Холдинг начал строительство завода «Тобольск — Полимер». Строительство комплекса предусмотрено государственной стратегией развития химической и нефтехимической промышленности РФ на период 2015 года.// Тюменский Бизнес-журнал, 2010.№ 4. – С. 34.

3. Володин В.П. «Экструзия профильных изделий из термопластов». – СПб.: Профессия, 2005. – С 345.

4. Соколов М.В., Клинков А.С. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин. – М.: Издательство «Машиностроение - 1», 2004. – 345 с.

5. Давыдов В.Н., Лукасик В.А. Расчет основного оборудования, перерабатывающего полимеры: Учебное пособие. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет.2008. – 230 с.

6. Клинков А.С., Шашков И.В. Оборудование и технология вторичной переработки отходов полимерных материалов. – Тамбов: «Издательство Тамбовского государственного технического университета», 2007. – 235с.

7. Абраменков Э.А. Червячные формующие машины. Экструдеры: учебное пособие. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 1992. – 345с.

8. Крыжановский В.К., Кербер М.Л. Производство изделий из полимерных материалов. – СПб.: Профессия, 2008. – 324 с

9. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: Химия, КолоС, 2005. – 340с.

10.Головкин Г.С. Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, КолоС, 2007.

11.Гиберов З.Г., Журавлев М.И. Оборудование заводов пластических масс»: атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1973. – С. 34.

12.Патент № 2384378. Аппарат непрерывной экструзии ХОКИС Дэниел Джон (GB). Патентообладатель БВЕ ЛИМИТЕД (GB)

13.Патент Apparatus for continuous extrusion United Kingdom Atomic Energy Authority

14. Патент Continuous extrusion of metals. Metal Box Public Limited Company.

15.Патент № 2097189