ВВЕДЕНИЕ

Одно из перспективнейших направлений сегодня в области упаковки в России – ПЭТ-тара. Как это не удивительно, но эта тенденция на отечественном рынке полностью соответствует общемировым тенденциям развития рынка тары и упаковки. Практически во всех развитых странах, производство и спрос на пластиковую тару в последнее время значительно увеличивается.

Пластиковые бутылки, как и другие разновидности тары, относятся, в соответствии с рыночной классификацией, к промышленным товарам, то есть товарам, чьими потребителями являются производственные предприятия, создающие в свою очередь товары или услуги для потребительского рынка. Особенность промышленных товаров – высокая зависимость от развития рынка конечного продукта, в данном случае, от рынка продукции, подлежащей розливу в ПЭТ-тару. Основные области применения пластиковых бутылок в качестве тары общеизвестны:

–пищевая промышленность (слабоалкогольные напитки, лимонад, минеральная вода, растительное масло и пр.)

– косметическая промышленность (шампунь, жидкое мыло, пена для ванны и прочее),

–медицина.

Но наибольший спрос следует отметить со стороны производителей продуктов питания и напитков. Хоть здесь и начинаются настолько привычные уже нам отличия российского рынка от европейского. Одни из крупнейших покупателей пластиковых бутылок или преформ – производители слабоалкогольных напитков, особенно пива. Так вот если в европейских странах традиционной упаковкой пива является стекло и жестяные банки, то в России особый интерес производители пива стали с некоторых пор проявлять именно к пластиковой таре. По данным маркетингового агентства «Бизнес-аналитика», потребление пива в пластиковой таре увеличилось с 10% в 1999 году до 17% в 2000 году, то есть возросло на 70%.

Преимущества пластмассовых бутылок очевидны: имея основные свойства стеклянных бутылок (прозрачность, сопротивление воздействиям окружающей среды, пара и кислорода, проникновению посторонних запахов и т.д.), они, бутылки из ПЭТ), намного легче и не подвержены механическим воздействиям. Кроме того, пластмассовые бутылки могут перерабатываться для повторного использования.

Из большого числа пластмассовых бутылок выделяются бутылки, изготовленные из полиэтилентерефталата (ПЭТ), для минеральной воды, газированных и спокойных напитков, соков, пива, спиртных напитков, масла, уксуса и т.д.

ПЭТ является исключительно безопасным материалом с точки зрения экологии. Материал безвреден при его использовании в пищевой упаковке, так как не содержит токсичных веществ, способных проникать в пищу при хранении.

В целом рынок ПЭТ-бутылок оценивается специалистами в 4,3-4,5 млрд. пластиковых бутылок в год. Эксперты прогнозируют дальнейшее увеличение спроса и предложения на ПЭТ-упаковку. Во-первых, благоприятно развиваются пищевая промышленность в целом и соответствующие отрасли в частности, во-вторых, некоторые свойства пластиковой тары просто уникальны. Перспективность этой упаковки очевидна, учитывая такие качества ПЭТ-упаковки, как эстетичность (возможны вариации в форме и цвете пластиковых бутылок), удобство для производителей (удобство процесса упаковки), продавцов (пластиковая тара удобнее при транспортировке – низкий вес, гибкость) и потребителей (удобство использования.), низкую стоимость, экологическую чистоту этой упаковки.

Вопрос экологичности ПЭТ-тары особенно актуален сегодня в развитых странах, где сбор и утилизация мусора, является не менее прибыльным занятием, чем производство продукции. Тем более, структура сбора мусора у населения основана на сортировке использованной тары, что облегчает процесс сбора и утилизации пластиковой упаковки заграницей. В нашей стране, к сожалению, переработка пластиковой тары в этом плане несколько затруднена. Термин «вторичное использование» подразумевается российскими предпринимателями в буквальном плане. Например, в конце июня этого года в Воронеже главный санитарный врач Михаил Чубирко подписал постановление "О запрещении повторного использования бутылок из преформы ПЭТ при продаже пищевых продуктов", так как повторное использование пластиковой тары может стать причиной отравления.

Технология производства пластиковой тары такова: на первом этапе из полимерного гранулята изготавливают преформы, которые на следующем этапе выдуваются с помощью специального оборудования. Пластиковые преформы в нашей стране производятся, в то время как найти отечественного поставщика гранулята достаточно проблематично. Тем более требования к качеству гранулята достаточно высоки, от него зависят показатели качества пластика – прочность, гибкость, жаростойкость, скорость переработки, вязкость, прозрачность), а следовательно, и качество готовой пластиковой упаковки. Поэтому гранулят чаще покупается российскими производителями преформ за границей.

Учитывая уникальные характеристики пластиковой тары и темпы роста популярности этого типа упаковки в других странах, можно сделать прогноз о росте использования пластиковой тары в нашей стране в целом. Российские предприятия сегодня стремятся к наращиванию производственных мощностей и увеличению объемов производства пластиковых преформ в соответствии с потребностями рынка. Единственное слабое место в этой цепочке – отсутствие предложения качественного отечественного гранулята в соответствующих объемах, но остается надежда, что столь перспективное направление, как производство полимерного гранулята, не останется без внимания предприимчивых инвесторов.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Развитие рынка полиэтилентерефталата. Конкурирующие материалы

Мировое Производство пластмасс возрастает на 5-6 % ежегодно и, по прогнозам, к 2010 г. достигнет 250 млн. тонн. Причем, наиболее быстро развивающимся сегодня является рынок полиэтилентерефталата (ПЭТ).

За последние 10 лет число мировых производителей ПЭТ удвоилось. С начала 1990-х годов двадцатого века по настоящее время наблюдается интенсивное развитие мирового производства ПЭТ. С 1990 по 1995 гг. темпы мирового спроса на ПЭТ в среднем составляли 15 % в год, с 1995 по 2000 гг. рост в среднем составлял уже 20 % ежегодно. Последние несколько лет рост мирового рынка ПЭТ составляет в среднем 10 % в год /1/.

Материалы из ПЭТ были разработаны в начале 1940-х годов и с тех пор показали универсальность их применения в легкой, пищевой промышленности, в станко - и приборостроении, в машиностроении, в медицине и фармацевтике и т.д.

ПЭТ теперь является наиболее широко применяемым материалом для производства бутылок. Бутылка в качестве безвозвратной тары наиболее популярна во всем мире; напротив, подлежащие возврату пластмассовые бутылки не нашли значительного применения. Спрос на ПЭТ-бутылки начал расти благодаря их применению для напитков, особенно для газированных безалкогольных напитков, минеральной воды и других, что в общей сложности составляет 80 % (тогда как пищевые продукты до 10 %) от общего объема ПЭТ, применяемого в упаковке. Рост применения ПЭТ явился результатом, главным образом, замены существующей упаковки; для газированных напитков он заменил стекло и, в меньшей степени, металлическую тару, а для воды он заменил поливинилхлорид (ПВХ) и стекло. Неясно, будет ли упаковка пива в ПЭТ прогрессировать быстрее рынка. Прогнозируемый рост для упаковки пива в ПЭТ-бутылках приблизительно 10 % в год в последующие пять лет.

С развитием технологий переработки ПЭТ стал подходящим упаковочным материалом для более разнообразных конечных применений. С развитием технологий переработки ПЭТ стал подходящим упаковочным материалом для более разнообразных конечных применений. Разработки использования полимеров с высокими барьерными свойствами по отношению к газу, проводятся множеством компаний. Они включают поливиниловый спирт (ПВС), полиамиды (ПА, найлоны) в многослойных структурах, покрытия с органическими материалами, использование по- ливинилиденхлорида (ПВДХ), эпоксиаминов в качестве внешних покрытий ПЭТ-бутылок, неорганические покрытия, включая кварц и оксид кремния, и покрытия плазменным напылением углерода и оксида кремния как изнутри, так и снаружи в ПЭТ-бутылках. Эти разработки расширят рынок ПЭТ для фасовки напитков, требующих высоких барьерных свойств, причем главной целью является упаковка пива, для которого сейчас преобладает стеклянная и металлическая тара. Существует также много применений для упаковки пищевых продуктов, особенно продуктов детского питания, которые в настоящее время в значительной степени упаковывают в стеклянную и металлическую тару. Новейшие разработки с жидкокристаллическими полимерами (ЖКП), акцепторами кислорода и нанокомпозитами расширят потенциал применимости ПЭТ.

Роль высокобарьерных полиэфиров, таких как полиэтиленафталат (ПЭН), альтернативного ПЭТ, была пока незначительной. ПЭН имеет лучшие барьерные и термические свойства, но более дорог, и его барьерные свойства по отношению к газу не настолько хороши, как у многих многослойных и с нанесенным покрытием материалов на основе ПЭТ. Модификация различных марок ПЭТ сополимеризацией или введением добавок позволила перерабатывать этот полимер с большей производительностью и, следовательно, большей экономичностью выдувным формованием на лучших перерабатывающих машинах и может также привести к снижению образования ацетальдегида (АА) для упаковки чувствительных к АА продуктов, типа минеральной воды. Модифицированные марки ПЭТ и новые технологические процессы, использующие горячеканальные формы и криогенное охлаждение для увеличения теплостойкости, расширяют применение ПЭТ для горячего заполнения напитков и пищевых продуктов.

С 1960-х гг. для упаковки пищевых продуктов применялся ПВХ. Во Франции возможность развития рынка упаковки из ПВХ для пищевого растительного масла появилась из-за трудности мойки стеклянной возвратной тары. ПВХ считался лучшим доступным полимерным материалом из-за его прозрачности, хорошей маслостойкости, низкого привкуса, запаха и цены. К концу 1960-х гг., когда было получено официальное разрешение на упаковку воды, во Франции в ПВХ-бутылки также стала упаковываться родниковая вода. Другие страны Европы последовали за Францией, и ПВХ оставался основным полимерным материалом для упаковки негазированной воды, соков, вина и пищевых масел в течение 20 лет, пока ему не был брошен вызов со стороны производителей ПЭТ. Жесткий ПВХ — аморфный полимер с хорошей жесткостью, прозрачностью и химической стойкостью и хорошими барьерными свойствами по отношению к газу. Большая часть ПВХ перерабатывается экструзионно-раздувным формованием и с появлением полимеров с высокой молекулярной массой, двухосной ориентацией для него открылся рынок упаковки газированной воды и безалкогольных напитков /1/.

В числе барьерных полимеров в 1960-х гг. фирма Monsanto разработала материал Lopac (AN/S), сополимер акрилонитрила и стирола (70/30). Первоначально бутылки получали экструзионно-раздувным формованием и литьем под давлением с последующим выдувом. Также возможна переработка с двухосной ориентацией; бутылки могли быть получены растяжением при раздуве преформ на оборудовании Monsanto. AN/S имеет превосходные барьерные свойства по отношению к газу, высокую твердость и превосходную прозрачность и химическую стойкость. В Monsanto разработали ориентированные Cycle-Safe бутылки из смолы Lopac. Для Cycle-Safe бутылок с высокими барьерными свойствами, жесткостью, возможностью повторного заполнения позже, в 1984 г. было получено подтверждение PDA на использование их для безалкогольных напитков. В Connecticut Technical Centre фирмы Monsanto установили промышленную линию для производства бутылок на 64 унции производительностью 125 бутылок в минуту с ежегодным объемом выпуска 50 млн. штук. Линия состояла из раздувной машины SBC 100, соединенной с литьевой машиной, установки для облучения электронным пучком и установки энергоснабжения. В Monsanto высоко оценили возможности рынка повторно заполняемых Cycle-Safe бутылок для безалкогольных напитков, потому что никакой другой полимерный материал не обладал жесткостью и теплостойкостью для мытья горячим раствором каустической соды.

Monsanto предложила лицензии на технологию получения возвратных Cycle-Safe бутылок и определила потенциальную возможность их использования для упаковки пива.

Основной патент описывает упаковочные материалы на основе сополимера акрилонитрила с содержанием его в пределах 55-90 % масс., с высокой стойкостью к кислороду и водяному пару, что придает улучшенные свойства упаковочному материалу. Другие патенты описывают использование акцепторов цианида водорода (HCN), таких как формальдегид, которые поглощают выделяемый HCN из расплава сополимера.

Также описывается использование облучения пучком электронов низкой интенсивности для удаления остаточного нитрильного мономера из преформ перед раздувным формованием, чтобы гарантировать соответствие требованиям PDA и устранение изменения вкуса содержимого бутылки, обеспечивая возможность этой тары для упаковки пищевых продуктов. Смола Lopac была полимером, который подходил для упаковки пищевых продуктов и напитков. Он имел более низкую плотность, чем ПВХ и ПЭТ, идеальную для облегченных бутылок. Он мог подвергаться двухосной ориентации, как указанные материалы. Также он обладал высокой прозрачностью, сопоставимой с ПЭТ, и лучшей, чем у ПВХ. Дополнительными преимуществами были его более высокие теплостойкость и барьерные свойства по отношению к газу по сравнению с ПВХ и ПЭТ.

Приблизительно в то же время в США появился другой сополимер акрилонитрила для упаковки пищевых продуктов — Ваrех, модифицированный каучуком сополимер акрилонитрила и метилакрилата. Материал был разработан фирмой SOHIO (Standard Oil Company, штат Огайо). Модификация каучуком используется для повышения ударных свойств, в противном случае свойства подобны сополимеру AN/S, с превосходной прозрачностью, химической стойкостью, высокой жесткостью и отличными барьерными свойствами по отношению к газу. Вагех 210 (AN/MA), сополимер акрилонитрила и метилакрилата (75/25), легко перерабатывается на обычных машинах раздувного формования, используемых для формования жесткого ПВХ. Также возможна двухосная ориентация. В 1979 г. несколько цилиндрических бутылок были произведены на машине фирмы Sidel (Solvay/Sidel ВАР) из Ваrех и нитрильных сополимеров Soltan фирмы Solvay для пастеризованного пива «Fischer» во Франции. Смола Ваrех получила разрешение PDA для применения в упаковке пищевых продуктов (но не для прямого контакта с напитками), однако бутылки из нее не подходили для горячего заполнения.

Далее следует рассмотрение альтернативных полимеров, ПВХ и сополимеров акрилонитрила с ПЭТ, и основных вопросов упаковки. Для ПВХ и сополимеров акрилонитрила проблемой являются остаточные мономеры: винилхлорид и акрилонитрил показали, что потенциально обладают вредным влиянием и их миграция из упаковки в продукт должна быть снижена до очень низкого уровня. В общем, проблема остаточного мономера в ПЭТ является незначительной и более контролируемой. Барьерные свойства сополимеров по отношению к газу намного лучше, чем у ПВХ и ПЭТ.

Сополимеры акрилонитрила не настолько жесткие, как ПВХ и ПЭТ. Ориентация улучшает физические и барьерные свойства и придает жесткость, достаточную для большинства упаковочных применений. Все три полимера имеют относительно низкую теплостойкость. Сополимеры акрилонитрила и ПВХ могут перерабатываться литьем под давлением, экструзией и экструзионно-раздувным формованием.

ПЭТ лучше подходит для литья под давлением; экструзионно-раздувное формование возможно только при использовании марок с очень высокой молекулярной массой. ПЭТ очень чувствителен к влаге во время переработки и будет быстро разлагаться, если материал был неправильно высушен. ПВХ и сополимеры акрилонитрила менее подвержены действию влаги, но более чувствительны к термодеструкции при переработке. Визуально ПЭТ является прозрачным и имеет хороший цвет и глянец, в большей степени, чем ПВХ. Сополимер акрилонитрила со стиролом AN/S имеет хорошую прозрачность, твердость и, из альтернативных полимеров, имеет визуальное и ощутимое восприятие, сходное со стеклом. Сополимеры акрилонитрила/метилакрилата включают компонент, который ухудшает прозрачность, цвет и глянец, но улучшает ударную вязкость. ПЭТ имеет белый оттенок; ПВХ и оба сополимера акрилонитрила — желтоватый.

ПВХ применялся в течение какого-то времени, но сейчас полностью заменен ПЭТ. Сополимеры акрилонитрила не регенерируются из-за остаточного мономера, смола Lopac исчезла с рынка, в то время как Ваreх на нем представлен. Рассмотрев и сравнив свойства полимеров и сополимеров приходим к выводу что лучше всего для производства газированных напитков и пива, т.е не очень чувствительных к кислороду напиткам, идеально подходит ПЭТ. По сравнению с другими перечисленными полимерами он обладает низкой стоимостью и в отличие от ПВДХ может перерабатываться литьем под давлением.

1.2 Производство ПЭТ

Сырьем для производства ПЭТ обычно служит диметиловый эфир терефталевой кислоты с этиленгликолем. Получают полиэтилентерефталат поликонденсацией терефталевой кислоты (бесцветные кристаллы) или ее диметилового эфира с этиленгликолем (жидкость) по периодической или непрерывной схеме в две стадии. По технико-экономическим показателям преимущество имеет непрерывный процесс получения ПЭТ из кислоты и этиленгликоля. Этерификацию кислоты этиленгликолем (молярное соотношение компонентов от 1:1,2 до 1:1,5) проводят при 240-270 оС и давлении 0,1 - 0,2 МПа.

Обычно материал с более низкой молекулярной массой (М - 20 000) применяется для изготовления волокон; в других приложениях используется материал с более высокой молекулярной массой.

Полученную смесь бис-(2-гидроксиэтил)терефталата с его олигомерами подвергают поликонденсации в нескольких последовательно расположенных аппаратах, снабженных мешалками, при постепенном повышении температуры от 270 до 300 оС и снижении разряжения от 6600 до 66 Па.

После завершения процесса расплав полиэтилентерефталата выдавливается из аппарата, охлаждается и гранулируется или направляется на формование волокна. Матирующие агенты (TiO2), красители, инертные наполнители (каолин, тальк), антипирены, термо- и светостабилизаторы и другие добавки вводят во время синтеза или в полученный расплав полиэтилентерефталата.

Достигнутая регулярность строения полимерной цепи повышает способность к кристаллизации, которая в значительной степени определяет механические свойства. Фениленовая группа в основной цепи придает жесткость скелету и повышает температуру стеклования и температуру плавления. Химическая стойкость ПЭТ близка к таковой у полиамидов, и он проявляет очень хорошие барьерные свойства. ПЭТ обладает способностью существовать в аморфном или кристаллическом состояниях, причем степень кристалличности определяется термической предысторией материала.
При быстром охлаждении ПЭТ аморфен и прозрачен, при медленном – кристалличен (до 50%).

Товарный ПЭТ выпускается обычно в виде гранулята с размером гранул 2-4 миллиметра. Производители ПЭТ в основном находятся за пределами России и СНГ.

Рис.1.1 Реакция поликонденсации терефталевой кислоты и этиленгликоля при получении ПЭТ.

1.3 Характеристика и технологические свойства ПЭТ

ПЭТ имеет высокую химическую стойкость к бензину, маслам, жирам, спиртам, эфиру, разбавленным кислотам и щелочам. Полиэтилентерефталат не растворим в воде и многих органических растворителях, растворим лишь при 40-150 град. С в фенолах и их алкил- и хлорзамещенных, анилине бензиловом спирте, хлороформе, пиридине, дихлоруксусной и хлорсульфоновой кислотах и др.. Неустойчив к кетонам, сильным кислотам и щелочам.

Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара.

 Аморфный полиэтилентерефталат – твердый прозрачный с серовато-желтоватым оттенком, кристаллический – твердый, непрозрачный, бесцветный. Отличается низким коэффициентом трения (в том числе и для марок, содержащих стекловолокно). Термодеструкция ПЭТ имеет место в температурном диапазоне 290-310 оС. Деструкция происходит статистически вдоль полимерной цепи; основными летучими продуктами являются терефталевая кислота, уксусный альдегид и монооксид углерода. При 900 °С генерируется большое число разнообразных углеводородов; в основном летучие продукты состоят из диоксида углерода, монооксида углерода и метана. Для предотвращения окисления ПЭТ во время переработки можно использовать широкий ряд антиоксидантов.

Длина макромолекулярной цепочки определяет молекулярную массу материала, его свойства и применение. Характеристическая вязкость — практическая мера молекулярной массы макромолекул. Она определяет потенциальное применение сырья, основанное на свойствах и условиях технологического процесса. Характеристическая вязкость описывает структуру цепочки, которая может содержать гомополимер (обычно линейная цепочка) или сополимер с ответвлениями основной линейной цепочки. Длина и сложность ответвлений цепочки могут изменяться и влиять на характеристическую вязкость так, что гомополимер с вязкостью 0,78 будет растягиваться совсем не так, как сополимер, имеющий такую же вязкость. Технологические свойства этих материалов различны: например, растягивание, режим растягивания, интенсивность плавления и температурный режим.

В табл. 1.1 приведены свойства ПЭТ, относящиеся к процессу производства тары и ее свойствам. Некоторые параметры меняются в зависимости от производителя и класса полимера.

Таблица 1.1 Свойства ПЭТ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Свойства полимера | Единица измерения | Величина |
| Характеристическая вязкость | г/см3 | 0,800 |
| Плотность кристаллической фазы | г/см3 | 1,400 |
| Плотность аморфной фазы | г/см3 | 1,335 |
| Объемная (насыпная) плотность | г/см3 | 785 |
| Молекулярная плотность: |  |  |
| К |  | 26 000 |
| к, |  | 52 000 |
| Степень кристалличности | % | 50 |
| Температура плавления | оС | 245 |
| Теплота плавления | кДж/кг | 59 |
| Удельная теплопроводность | Вт/(м•К) | 0,25 |
| Удельная теплоемкость | кДж/(м•К) | 0,27 |
| при температуре окружающей среды: |  |  |
| при 100 oС | кДж/(м•К) | 0,36 |
| при 280 oС | кДж/(м•К) | 0,49 |
| Свойства материала в таре: |  |  |
| толщина стенок | мм | 0,30 |
| плотность | г/см3 | 1,363 |
| Степень кристалличности | % | 25 |
| Предел текучести: |  |  |
| кольцевое направление | МПа | 172 |
| осевое направление | МПа | 69 |
| Предел прочности при растяжении: |  |  |
| кольцевое направление | МПа | 193 |
| осевое направление | МПа | 117 |
| Модуль упругости при растяжении: |  |  |
| кольцевое направление | МПа | 4,275 |
| осевое направление | МПа | 2,206 |
| Скорость влагопроводности | г/м2/24 ч | 2,3 |
| Скорость газопроводности: |  |  |
| О2 | см3/м2/24 ч | 31,0 |
| СО, | см3/м2/24 ч | 6,2 |

Рис. 1.2 Плотность и степень кристалличности

ПЭТ - частично кристаллический полимер с уровнем кристаллизации до 50 %. Кристаллизация — это расположение молекулярной цепочки в правильной геометрической зависимости. Плотность ПЭТ при комнатной температуре является мерой кристалличности (рис. 1.2).

Дифференциальная калориметрическая кривая на рис. 1.3 определяет 4 основные области, характеризующиеся диапазоном температур:

* температуру стеклования (< 70 °С);
* высокоэластичное/каучукообразное состояние (85-120 °С);
* диапазон кристаллизации (120-200 °С);
* температуру плавления (> 255 °С).

Рис. 1.3 Дифферинциальная калориметрическая кривая ПЭТ.

Важно понимать, что этот диапазон температур влияет на свойства готовой бутылки и условия процесса. Переход между областями не очень явный, переходы при температуре стеклования и при температуре плавления выражены наиболее резко.

Обычно тара не деформируется ниже температуры стеклования 60-75 С. Выше температуры стеклования можно деформировать ПЭТ-бутылку, хотя действуют силы, восстанавливающие форму (типа термически индуцированной кристаллизации).

Диапазон температур вязко-эластичности важен для двухстадийного выдува, в процессе которого возникает напряжение, приводящее к деформации материала до точки деформационного упрочнения. В результате получается однородная толщина стенок бутылок. Напряжение в материале, вызванное деформацией, зависит как от температуры, так и от скорости деформации. Чем выше деформация, тем выше напряжение, ограниченное максимальным коэффициентом растяжения. Чем выше температура деформации, тем ниже напряжение, что приводит к максимальному коэффициенту растяжения.

В оптимальном процессе растяжения достигается правильный баланс между температурой, скоростью растяжения и допустимым коэффициентом растяжения, который находится за точкой деформационного упрочнения, но перед точкой разрыва молекулярной цепочки. Процесс растяжения вызывает деформационное упрочнение, которое приводит к тому, что прочность материала в каждой точке готового изделия выше его исходной прочности. Чем шире диапазон температур, тем легче и последовательнее процесс, определяющий рабочий диапазон двухстадийного выдува, в результате которого возникает двухосная ориентация материала.

Напряжение вызывает структурное выравнивание молекул в ПЭТ, а затвердевание во время охлаждения материала ниже температуры стеклования и наделяет ПЭТ особыми свойствами. Это выравнивание и называется ориентацией. Ориентация частично обратима и вызывает увеличение плотности, тем самым, больше похожа на кристаллизацию под действием температуры. Однако эффект ориентации иной - молекулярная структура изменяется, обеспечивая другие свойства бутылки. Ориентация, вызванная механическим способом, используется для достижения некоторого уровня кристаллизации. Свойства механически вызванной ориентации и кристаллизации, вызванной температурой, существенно отличаются.

Кристаллизация ПЭТ является результатом воздействия высоких температур, которые выше температуры высокоэластичности ПЭТ. Однако часто этот диапазон температур может перекрываться в зависимости от сорта полимера, делая процесс более деликатным, - материал может начать кристаллизоваться во время повторного нагрева до достижения температуры высокоэластичности. Максимальная скорость кристаллизации достигается обычно при температуре около 160 °С. Этот экзотермический процесс можно наблюдать на дифференциальной калориметрической кривой (рис. 1.2). Он необратим, если материал переходит в область температуры плавления.

Кристаллизация сополимеров обычно отличается от кристаллизации гомополимеров, при этом поведение самих сополимеров также различается. Процесс кристаллизации инициируется центрами нуклеации (зародышеобразования). Кристаллизация распространяется от этих центров, образуя много маленьких кристаллов или немного больших. Агенты нуклеации добавляются к материалу для увеличения скорости кристаллизации, а ингибиторы, наоборот, замедляют этот процесс. Качество ПЭТ безусловно очень важно, но также важна цена модификации полимера.

Выше температуры плавления ПЭТ не прочный материал и легко деформируется. Распад макромолекулярных цепочек начинается при температуре около 300 оС, а при температуре выше 350 оС ПЭТ полностью разрушается. Лучшим условием считается, когда технологический процесс происходит при температуре выше температуры плавления или максимально приближен к ней. При плавлении ПЭТ выделяет ацетальдегид (АА), который образуется в результате процесса деградации части молекулярной цепочки. Он может собираться внутри материала и выходить наружу со временем. Это может придавать привкус продукту, расфасованному в ПЭТ-упаковку, которая изготовлена из преформы с высоким содержанием АА.

Влага, адсорбированная ПЭТ, также влияет на деградацию молекулярной цепочки. Поэтому необходим тщательный контроль за хранением полимера, преформ и бутылок. Рекомендуемые условия хранения: температура 20 °С и влажность менее 60 %. Преформы, которые хранятся больше трех месяцев, начинают стареть, что приводит к изменению их свойств. Готовые бутылки следует хранить не больше недели.

1.4 Ацетальдегид и его влияние на свойства ПЭТ

Ацетальдегид (АА) — вещество, выделяемое в небольших количествах при плавлении ПЭТ. АА способен к диффузии из стенок бутылок и влияет на вкус напитков, поэтому необходимо контролировать его выделение во время производства преформ. АА выделяется при полимеризации ПЭТ в расплаве и переходит в твердое аморфное состояние при охлаждении и грануляции. Частично АА выделяется во время твердофазной полимеризации, и в исходных гранулах может оставаться до 1,5 ррm (миллионной доли) ацетальдегида. Такое же количество АА выделяется при выдуве ПЭТ, а при литье выделяется больше АА. Образование АА не связано со сколько-нибудь заметной потерей внутренней вязкости, а является следствием перехода АА из твердого раствора в газообразное и/или жидкое состояние при высоких температурах. Это означает, что количество выделенного АА может быть уменьшено, если выбрать оптимальные условия литья, то есть минимизировать температуру. Поэтому необходимо обеспечивать:

* низкую температуру цилиндра;
* минимизировать скорость шнека, противодавление, скорость впрыска — все факторы, приводящие к дополнительному диссипативному выделению тепла;
* минимизировать время плавления (чем меньше время, тем лучше), так как чем больше ПЭТ находится при повышенной температуре, тем больше выделяется АА.

2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА

Выбор способа производства определяется, прежде всего, по конструкторскому оформлению изделия (погонажные и штучные) и по свойствам выбранного полимерного материала.

В проектируемом производстве используется ПЭТ для производства преформ. ПЭТ можно перерабатывать как экструзией, так и литьем под давлением. Литьем под давлением производят штучные изделия, а экструзией погонажные. Получение преформ может проходить при одностадийной и двухстадийной схемах.

Одностадийная схема - изготовление при помощи инжекционно-литьевой машины специальных заготовок, называемых преформами. После чего преформы, минуя станции охлаждения, подаются на выдув.

Такая схема позволяет экономить энергию и сокращает потребность в упаковочных материалах. Недостатками этой схемы является то, что производительность выдувного оборудования лимитируется производительностью инжекционно-литьевой машины, при неполадках останавливается все производство, требуются значительно большие площади под оборудование и склады готовой продукции, так как конечным продуктом одностадийной схемы производства является бутылка, которая по своим размерам и объему значительно превышает размеры преформ. Также недостатком данной схемы производства является большое количество отходов (до 35%).

При двухстадийной схеме производство преформ и бутылок между собой не связано. Преформы производятся специализированными предприятиями и реализируют на рынок самостоятельный товар. При двухстадийной схеме остается меньше производственного брака, а следовательно, затрачивается гораздо меньше сырья /3/.

Следовательно, для переработки ПЭТ подходит литье под давлением с использованием двустадийной схемы производства.

Литье под давлением является наиболее распространенным в переработке большинства промышленных термопластов. Его, но несравненно реже, используют также для изготовления деталей из некоторых разновидностей реактопластов. К основным достоинствам литья под давлением относятся: универсальность по видам перерабатываемых пластиков, высокая производительность в режиме автоматизированного процесса, высокая точность получаемых изделий, возможность изготовления деталей весьма сложной геометрической формы, недостижимой при использовании любых других технологий. Кроме того, литьем под давлением производят изделия армированные, гибридные, полые, многоцветные, из вспенивающихся пластиков и др. Метод позволяет формовать изделия массой от долей грамма до десятков килограммов. Известны примеры производства литьем под давлением деталей механизмов ручных часов (масса 0,006 г), оконных блоков и даже фрагментов ванных комнат с установленной арматурой (масса до 150 кг). Органической особенностью метода является его цикличность, что, в общем, сдерживает производительность этого процесса, по сравнению с непрерывными технологиями.

Принципиально, суть технологии литья под давлением состоит в следующем. (рис. 2.1.) Расплав полимера подготовлен и накоплен в материальном цилиндре литьевой машины (в данном случае - червячного типа) к дальнейшей подаче в сомкнутую форму (позиция а). Далее, материальный цилиндр смыкается с узлом формы, а пластикатор (в данном случае - невращающийся червяк) осевым движением со скоростью Voc перемещает расплав в форму (позиция б). В результате осевого движения червяка форма заполняется расплавом полимерного материала, а пластикатор смещается в крайнее левое (на рисунке 2.1 позиция в). Далее расплав в форме застывает (или отверждается - в случае реактопластов) с образованием твердого изделия (позиция г). Материальный цилиндр продолжает оставаться в сомкнутом с системой формы положении. В этой ситуации червяк начинает вращаться, подготавливает и транспортирует расплав в переднюю зону материального цилиндра и при этом отодвигается назад. После накопления требуемого объема расплава вращение червяка прекращается. Он занимает исходное к дальнейшим действиям положение. После завершения процесса затвердевания (отверждения) пластмассы форма размыкается, и изделие удаляется из нее (позиция д).

Для облегчения съема изделия материальный цилиндр может к этому моменту отодвинуться от узла формы. Далее цикл литья под давлением повторяется.

а)

б)

в)

г)

д)

Рис.2.1 Схема процесса литья под давлением

Конструкция литьевой машины обязательно включает: блок подготовки расплава и его подачи в форму (инжекционный узел); блок запирания (и размыкания) формы в виде прессового устройства с ползуном (узел смыкания); блок привода, обеспечивающего все виды движения подвижных устройств оборудования и оснастки; устройство управления литьевой машиной, реализующее требуемую последовательность взаимодействия блоков, силовых и кинематических узлов, а также температурные, скоростные, нагрузочные параметры, обеспечивающие оптимальный режим работы оборудования /3/.

Литьевые машины являются сложными и недешевыми устройствами, насыщенными современными техническими решениями.

Применение литьевых машин для реализации технологии литья под давлением требует квалифицированного технико-экономического обоснования, главные элементы которого: крупнотиражность и геометрическая сложность изделия, доступность и достаточность по технологическим, физико-механическим и эксплуатационным свойствам полимерного материала, выбранного для производства.

Современные литьевые машины (ЛМ) представляют собой сложные технические устройства, оснащенные разнообразными средствами автоматизированного управления параметрами технологического процесса. Нередко их называют термопластавтоматами (ТПА) или реактопластавтоматами (РПА) в зависимости от вида основного перерабатываемого материала /3/.

Конструкции литьевых машин весьма разнообразны. Основными классификационными признаками ЛМ являются усилие запирания формы (кН), то есть смыкания формы, создаваемое прессовым блоком, и объем впрыска или мощность, выражаемая числом кубических сантиметров расплава, которые могут быть подготовлены машиной для однократной подачи в литьевую форму. Выпускаемые промышленностью серийные литьевые машины, как правило, объединены в типоразмерные ряды по двум, указанным выше параметрам.

Кроме того, ЛМ подразделяются по технологическим и основным конструктивным признакам:

по способу пластикации – на одно-, двухпоршневые, поршневые, червячно – поршневые.

по особенностям пластикации – на ЛМ с совмещенной и раздельной пластикацией (предпластикацией);

по количеству пластикаторов – с одним, двумя и более пластикационными узлами;

по числу узлов запирания формы – одно-, двух- и многопозиционные (ротационные, карусельные);

по конструкции привода – электро- и гидромеханические, электрические;

по расположению оси цилиндра, узла пластикации и плоскости,

разъема литьевой формы – горизонтальные, вертикальные, угловые.

 1) 2) 3) 4)

Рис.2.2 Типы литьевых машин

1) - горизонтальные; 2) - угловые с вертикальной прессовой частью; 3) - вертикальные; 4) - угловые с горизонтальной прессовой частью.

Угловые ЛМ используются для литья крупных изделий с затрудненным извлечением из формы.

Вертикальные ЛМ наиболее удобны при производстве некрупных, в том числе армированных, деталей (обычно до 0,5 кг) в съемных формах.

Наибольшее распространение получили горизонтальные одночервячные с совмещенной пластикацией ТПА. Они обеспечивают объемы впрыска от 4 смЗ до 70 000 смЗ при усилии запирания формы от 25 до 60 000 кН /4/.

Иногда применяют раздельную пластикацию (рис. 2.3), при которой полимер сначала поступает из бункера 1 в вышеуказанный червячный предпластикатор 2, пригoтавливающий расплав, а затем через регулирующий кран 3 расплав направляется в поршневой пластикатор 4, осуществляющий дозирование и высокоскоростную инжекцию в форму. Использование червячно – поршневого пластикатора значительно увеличивает производительность литьевых машин.

4 3 2 1

Рис. 2.3 Схема червячно-поршневого пластикатора

Литьевые формы предназначены для непосредственного получения изделий из расплава, подготовленного в узле пластикации ЛМ. Поэтому их функция состоит в приеме расплава, его распределении по формообразующим объектам, в формовании изделий и затем в их выталкивании. Конструкции литьевых форм весьма разнообразны, что вызвано двумя главными причинами: широчайшим ассортиментом получаемых изделий и разнообразием перерабатываемых полимерных материалов. Кроме того, на конструкцию литьевых форм влияет вид материала (термо- или реактопласт), тип оборудования, характер производства, особые требования к изделиям и пр.

С точки зрения состояния полимерного материала в течение цикла производства изделия литьевые формы для термопластов подразделяются на холодно- и горячеканальные. В холодноканальных формах во время цикла формования затвердевает весь объем поступившего в форму материала. В горячеканальных - определенная зона формы, горячая, постоянно заполнена расплавом, часть которого периодически поступает в формующие полости, расположенные в охлаждаемой зоне.

В настоящее время в различных странах, в зависимости от уровня их технического развития, горячеканальными формами перерабатывают от 10 до 30 % термопластов. Горячеканальная технология считается перспективной и ее применение расширяется. Суть этой технологии довольно проста. Форма состоит из двух частей: холодной матрицы, в которой происходит формообразование изделий (рис.2.4, поз. 10), и значительно более сложной горячей части. Обогреваемые горячие каналы формы постоянно заполнены расплавленным полимерным материалом. Горячеканальная часть формы оснащена усовершенствованными предкамерными узлами впрыска (рис. 2.4, поз. 7, 8, 11) с точечным впуском.

Усовершенствование состоит, в частности, в использовании автономно управляемых игольчатых клапанов с индивидуальным пневматическим или иным приводом. В заданный момент игольчатый клапан перекрывает впускное отверстие (рис. 2.5, б), что не только прекращает течение расплава, но и позволяет практически исключить образование на поверхности изделия неровностей от литников. При работе инжекционный узел ЛМ постоянно сомкнут с формой, действие ее игольчатых клапанов согласовано с движением пластикатора.

Рис. 2.4 Устройство горячеканальной формы

Рис. 2.5 Горячеканальные сопла

1 - плита; 2 - горячеканальная камера; а) клапан открыт; б)клапан закрыт

3 - литниковая шайба; 4 - теплоизоляторы; 1-матрица; 2-сопло; 3-держатель;

5 - воздушный зазор; 6 - втулка установочная; 4-горячеканальная камера;

7 - сопло; 8 - нагреватель сопла; 9 - матрица; 5-игольчатый клапан;

10 - пуансон; 11 - предкамера 6-пневмопривод клапана

Достоинства горячеканальной технологии:

1. Полное отсутствие литниковых отходов.

2. Исключена операция отрыва литника от изделия.

3. Расплав полимера предельно приближен к формообразующей камере, что способствует повышению качества изделий.

4. Это же обстоятельство позволяет получать крупные по размеру изделия (пластмассовая мебель) с минимальной толщиной стенки и, следовательно, более эффективно использовать дорогостоящий полимерный материал.

Недостатки:

1. Ассортимент перерабатываемых полимеров ограничен требованиями термостабильности.

2. Расплав полимера должен быть маловязким (ПТР > 8 г/10').

3. Инжектирование расплава требует увеличения усилия впрыска в пластика торе.

4. Горячий блок формы оснащен высокоточными устройствами терморегулирования и управления.

5. Конструкция, устройство и обслуживание формы существенно сложнее по сравнению с холодноканальными. Все это является причинами высокой стоимости горячеканальных форм, применение которых требует тщательного технико-экономического обоснования (тираж изделий, их рыночная стоимость, продолжительность спроса и др.).

По числу оформляющих гнезд литьевые формы могут быть одно- и многогнездными.

В процессе литья под давлением необходимо контролировать следующие параметры:

- давление литья;

- температуру по зонам материального цилиндра;

- температуру пресс – формы;

- время выдержки под давлением.

Значения этих параметров подбираются в зависимости от свойств выбранного полимера по справочникам. Например температура расплава должна быть на 30 – 40 °С ниже, чем температура деструкции полимера. Разница между температурой нагревателей зоны загрузки и зоны дозирования обычно составляет 10 –20 °С, увеличиваясь от зоны загрузки к соплу.

Таким образом, в данном курсовом проекте выбрана следующая схема производства преформ:

- транспортирование свежего сырья

- сушка приготовленной смеси

- литье под давлением

- разбраковка, упаковка, маркировка

- дробление отходов.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНТРОЛЬ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

3.1 Характеристика и контроль исходного сырья

Сырьё полиэтилентерефталат (ПЭТ) представляет собой гранулы округлой или цилиндрической формы белого цвета без инородных включений.

Предназначен для изготовления преформ.

Таблица № 3.1 Характеристика и контроль качества сырья и вспомогательных материалов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование,Хим. формула | ГОСТ или ТУ | Регламентируемые показатели по ГОСТ или ТУ | Норма | Метод контроля |
| Полиэтилентерефталат , | ГОСТ Р 51695-2000ГОСТ Р 51695-2000ГОСТ Р 51695-2000ГОСТ Р 51695-2000ГОСТ 21553-76ГОСТ 18249 | 1.Содержание влаги и летучихвеществ, не более0,1, в %.2.Содержание остаточногомономера, в %.3.Ударная вязкость,не менее кДж/ м2кгс·см/см2)4. Разрушающее напряжение при растяжении МПа5.Температура плавления °С6. Характеристическая вязкость, дека л/г | 0,0040,023050-70>2550,75-0,86 | ВесовойГазожидкостная хроматографияНамаятниковыхприборахВ соответствии с паспортомДифференциальная сканирующая калориметрияВискозиметрия |

3.2 Характеристика и контроль готовой продукции

Преформы изготавливаются из синтетической полимерной смолы – полиэтилентерефталата пищевого назначения, разрешенного для использования в условиях прямого контакта с пищевыми продуктами Минздравом России.

Поверхность преформы гладкая, без морщин, забоин, не допускаются: облой, воздушные пузыри, инородные включения, кольца влаги. Допускаются царапины и другие дефекты, не влияющие на технологические свойства.

Преформа предназначается для раздутия бутылки, в которые в дальнейшем разливаются все различные напитки.

Таблица № 3.2 Характеристика и контроль качества готовой продукции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование, Химическая формула | ГОСТ или ТУ | Регламентируемые показатели по ГОСТ или ТУ | Допустимые значения показателя | Метод контроля |
| Преформа для 2 л | ТУ 2297-002-730362-24-2005 | 1. Размеры Высота, мм  Диаметр горлышка, мм  Толщина стенки преформы, мм Масса ,г2. Содержание ацетальдегида в преформе, ppm 3. Внешний вид и контроль напряжений в преформах в поляризованном свете | 140 мм 28 мм 3 мм50,5±0,5 г≤5Не допускается загрязнения на внешних и внутренних поверхностях наличие следов масла, влаги, пыли. | Геометрия горловины - комплексный калибр; толщина стенки преформы - магнитный измеритель толщины стенок.Весовой. На весах общего назначения не ниже 3го класса точности с точностью взвешивания ±0,01г.Газовая хроматография на хроматографе.Визуальный. Органолептический с применением штангенциркуля. |

4. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Транспортирование, подготовка и подача сырья

На производство преформ ПЭТ поступает в мягких специализированных контейнерах типа "биг-бег" весом до 1050 кг. Контейнеры автопогрузчиком со склада доставляются в загрузочную (поз. I). Сырье из контейнеров перегружается в силосы (поз. 1)при помощи кран-балки, откуда с помощью пневмотранспорта поступает в бункер осушителя технологической линии (поз. 2) инжекционно-литьевой машины (термопластавтомат) серии НУРЕТ компании "HUSKY INJECTION MOLDING SYSTEM S.A."(поз. 3). Необходимость осушения ПЭТ перед использованием обусловлена гигроскопичностью материала. Процесс удаления влаги осуществляется осушителем фирмы PIOVAN (Италия) (поз. 2).

Процесс сушки осуществляется горячим воздухом (t=185°C), который подготавливается в осушителе, затем проходит через бункер с ПЭТ, забирая из него влагу, и возвращается обратно в осушитель для подготовки к следующему циклу. Отработанный влажный воздух подается на картридж с адсорбентом, где из воздуха удаляется влага. Картридж подвергается регенерации горячим воздухом с температурой 300°С. В осушителе установлено 2 картриджа (один работает на поглощение влаги, другой находится на регенерации). Время сушки составляет 5 часов /10/.

4.2 Литье под давлением

Из бункера осушителя полимер порциями поступает в дозатор литьевой машины. Материальный цилиндр литьевой машины состоит из девяти зон. Каждая зона имеет определенную температуру. От зоны загрузки к зоне дозирования температура увеличивается для уменьшения выделения ацетальдегида. Расплавленный ПЭТ из червячного пластикатора подается в поршневой пластикатор, откуда под давлением подается в пресс-форму, где приобретает форму преформы. Для обеспечения охлаждения пресс-формы в заданном режиме, используется система охлаждения на 7°С. Для удаления образовывающегося конденсата из пресс-формы, установлена система микроклимата пресс-формы. При охлаждении пресс-формы происходит процесс кристаллизации расплавленного материала в форме. После охлаждения преформ, пресс-форма открывается и в ее зону заходит плита робота (поз. 4), в которую переходят преформы для дальнейшего охлаждения, после чего преформы сбрасываются на ленту транспортера, который загружает их в картонные короба.

Все технологические параметры регулируются на сенсорном дисплее.

В зависимости от вида преформы устанавливаются различные нормы технологического режима.

Для 2 л: Температура по зонам 300 – 290°С.

Давление 175\*105 Н/м2.

Время охлаждения 2,2 сек.

Объем впрыска 3241,2 см3.

Усилие смыкания формы 300 т.

При изготовлении необходимого количества преформ определенного размера, происходит смена пресс-формы и процесс повторяется.

4.3 Разбраковка, упаковка, маркировка

В процессе литья каждая отлитая партия преформ проходит визуальный осмотр по ГОСТ 166-8989 на соответствие предъявляемых требований.

Готовые качественные преформы, загруженные в картонные короба по 7000 шт. в каждом, ручной тележкой транспортируются в упаковочное отделение (поз. VI). После упаковки короба устанавливаются на деревянные поддоны и с помощью погрузчика транспортируются на склад готовой продукции (поз. V).

В сертификате качества указывают результаты проведённых испытаний и подтверждение соответствия преформ требованиям настоящих технических условий.

В документе о качестве также указывают:

наименование предприятия-изготовителя или его товарный знак;

адрес предприятия-изготовителя;

наименование изделия;

количество преформ;

цвет;

номер машины;

номер формы;

марку сырья;

дату изготовления.

4.4 Дробление отходов

В случае выхода бракованной преформы, либо сброса расплавленного сырья (при остановке машины) брак собирается в отдельную тару и поступает в дробилку ИПР-100-1-А (поз. 5), где подвергается измельчению до крошки размеров 2-4 мм. Полученная дробленка вновь используется в производстве (7 – 10 %). Процесс смешения со свежим сырьем происходит в бункере осушителя.

полиэтилентерефталат технологический оборудование форма

5. НОРМЫ И ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Таблица № 5.1 Нормы и параметры технологического процесса

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование стадий процесса | Продолжительность, мин | Температура, °С | Давление, бар | Кол-вокомпонентов | Прочие показатели |
| 1 | Сушка | 300 | 185  |  - | ПЭТ + дробленка | Точка росы -75°СЗагрузка бункера80-90% |
| 2 | Литье под давлением | 0,25 | Т1=300Т9 290Тформы=7 | 175 | Осушенный ПЭТ | Время охлаждения 2,2 сПредел обороташнека 44об/минОбъем впрыска3241,2 см3 |
| 3 | Дробление | 15 |  \_ |  \_ | Отходы | Производительность55кг/чЧастота вращенияротора 1000 об/мин |

6. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Таблица № 6.1 Пофазный контроль производства преформ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименованиестадий | Что контролируется | Частота и способ контроля | Нормы и технологические показатели | Методы испытаний | Кто контролирует |
| 1. | Приемка сырья | ГОСТ Р 51695-2000 | Каждая десятая партия | Нормы ГОСТ или ТУ  | По ГОСТ Р 51695-2000 | Лаборант ЦЗЛ |
| 2. | Сушка материала | Содержание влаги Время Температура | Каждая партия в осушителе |  не более 0,004% 5 часов 180°С | В осушителе по показаниям на дисплее | Оператор |
| 3 | Литье под давлением | ТемператураДавл. литьяВремя охлажденияУсилие смыкания | При каждойновой отливаемойпартии | 1,1секТ1= 300°СТ2=295°СТ3=294°СТ4=293°СТ5=292°СТ6=292°СТ7=292°СТ8=291°СТ9=290°С175\*105 Н/м22,2сек.300 т. | По показаниям на дисплее литьевой машины | Оператор- постоянно Технолог-1раз в смену |
| 4. | Разбраковка | Внешний вид изделия | Каждая партия | Согласно ТУ | Визуальный осмотр изделия | Контролер ОТК |
| 5 | Дробление | Степень помола | Каждая партия | 2-4 мм | По показаниям на дисплее дробилки | Рабочий цеха |

7. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ

Материальные расчеты составляют на основе чертежей и технических условий на детали, технологических регламентов и выполняют в виде таблицы (табл.7.1)

 ПЭТ

|  |
| --- |
| Транспортировка ПЭТФ |

|  |
| --- |
| Сушка ПЭТФ |

|  |
| --- |
| Литье под давлением |

|  |
| --- |
| Разбраковка |

|  |
| --- |
| Дробление |

 Качественная преформа

Рис 7.1 Блок-схема производства преформ

7.1 Расчет навесок, загружаемых в форму (Н)

Группа сложности изготавливаемых преформ– 3, т.е. это детали с любой развитостью поверхности и имеющие от одной до четырех резьб одного размера на внутренней или внешней поверхности. /1/.

К1- коэффициент, учитывающий безвозвратные потери (угар, летучие вещества, механическая обработка); К2- коэффициент, учитывающий возвратные отходы, которые образовались в технологическом цикле и годны для дальнейшей переработки (литники, первые отливки при выходе на технологический режим и т.д.); Навеска Н- количество материалов, загружаемое в форму, достаточное для полного оформления детали с учетом безвозвратных потерь и возвратных отходов, возникающих в процессе переработки пластических масс литьем под давлением /1/

Н=РД(1+К1+К2), г.

Н= 50,5(1+0,011+0,061) =54,14 г.

Возвратные отходы, которые учитываются коэффициентом К2, подвергаются дроблению. При этом возникают безвозвратные потери, которые в сумме учитываются коэффициентом К3. В процессе литья под давлением возникают безвозвратные отходы (первые отливки, облой и т.д.) которые не могут быть полезно использованы при современном техническом уровне оборудования и технологии. Безвозвратные отходы учитываются коэффициентом К4. Безвозвратные потери при сушке сырья учитываются коэффициентом К5. /5/

7.2 Расчет нормы расхода количества материала

Норма расхода Нр - количество материала, необходимое для изготовления деталей с учетом неизбежных потерь, возникающих как в процессе литья (угар, летучие и др.), так и на других этапах производства /5/.

Норму расхода определяют по формуле

Нр=Рд(Кр+К6), г

где КР- коэффициент расхода материала при условии невозможности использования возвратных отходов в том же производстве; К 6- коэффициент безвозвратных потерь сырья при транспортировке, хранении, расфасовке (рекомендуют К6= 0,001- 0,003; принимаем равным 0,002.)

Если возвратные отходы вновь используются на данном производстве, то коэффициент расхода материала определяют по формуле

Кр’= Кр - α\*К2/100

где α- количество возвратных отходов, используемое на данном производстве, %.

Кр’ =1,115-100\*0,061/100=1,054

Нр= 50,5(1,054 + 0,002)= 53,3 г.

Вывод: Чтобы изготовить преформу весом 50,5г. необходимо 53,3г. ПЭТФ, так как происходят неизбежные потери.

7.3 Масса готовой продукции, выпускаемой за год, определяется по формуле:

G=РД\*П\*10-6 т/год /5/.

G= 50,5\*250000000\*10-6= 12625 т/год;

7.4 Расход сырья за год определяется по формуле:

Gс= Нр\*П\*10-6 т/год /5/,

Где Рд- масса окончательно обработанной детали;

П-программа выпуска деталей в год.

Gс= 53,3\*250000000\*10-6= 13325 т/год;

Все полученные расчетом данные заносим в соответствующие графы табл. 7.1.

7.5 Расчет прихода и расхода сырья на каждой стадии

1) Масса готовой продукции составляет G=12625 т/год.

2) На разбраковке расход составляет 12625 т/год

Приход составит: 12625+K4G+K2G= 12625+429,25+770,13=13825 т/год.

3) На стадию дробления поступает K2G=770,13 т/год

Расход: K2G –K3G=770,13 – 12,6= 757,53 т/год.

4) На стадии литья под давлением расход составит: 13825 т/год

Приход составит: 13825+K1G = 13825+138,9 = 13963,9 т/год

5) На стадию сушки приход составит

13963,9+K5G-757,53 = 13963,9+0,008\*12625-757,53= 13306,9т/год.

6) На стадию транспортирования сырья приход составит

13306,9+K6G= 13306,9+0,002\*12625= 13332,2 т/год.

Результаты материального расчета изготовления преформ из полиэтилентерефталата (ПЭТ), литьем под давлением приведены в табл. 7.1.

В графе 1 указано наименование детали, в графе 2 - группа сложности детали, в графе 3 - масса Рд окончательно обработанной в соответствии с чертежом детали (без арматуры) и в графе 13 - программа выпуска деталей в год (П, шт./год).

Таблица № 7.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование детали | Группа сложности | Рд,г | Коэффициенты потерь материала | Н, г | Кр | Кр, |
| К1 | К2 | К3 | К4 |
| Преформы (2 л) | 3 | 50,5 | 0,011 | 0,061 | 0,001 | 0,034 | 54,14 | 1,115 | 1,054 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кр,+К6 | Нр, г | П шт/год | Gc, т/год | G, т/год | Безвозвратные потери материала т/год |
| K1G | K2G | K3G | K4G |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1,056 | 53,3 | 25\*106 | 13325 | 12625 | 138,8 | 770,13 | 12,6 | 429,25 |

(коэффициенты К5=0,008,К6=0,002, α =100%)

Все коэффициенты (К 1 – К 6) взяты из методических указаний /5/ в зависимости от марки используемого полимера и группы сложности изделия.

2) Найдем суточную производительность по готовому продукту:

τД – действительный фонд времени

τД= 365 – 20(ремонт)=345дней/год

12625000/345= 36594,2 кг/сут качественных преформ.

Найдем количество ПЭТ расходуемого в сутки:

13332200/345= 38643,5 кг/сут

Для выпуска 36594,2 кг/сут готовой продукции требуется 38643,5 кг/сут ПЭТ, а для 1т готовой продукции:

1000\*38643,5/36594,2= 1056 кг.

Аналогично найдем суточное потребление дробленки

757530/345= 2195,7 кг/сут.

Для выпуска 36594,2 кг/сут готовой продукции требуется 2195,7 кг/сут дробленки, а для 1т готовой продукции:

1000\*2195,7/36594,2= 60,00 кг

Полученные результаты представим в виде таблицы 7.2.

Таблица № 7.2 Постадийный материальный баланс производства

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование стадий | Приход | Потери | Расход |
| Компонент | т/год | % | т/год | Компонент | т/год |
| Транспортирование |  ПЭТ | 13332,2 | 0,19 | 25,3 | ПЭТ | 13306,9 |
| Сушка | 1.ПЭТ 2.ДробленкаИТОГО | 13306,9757,5314064,43 | 0,71 | 100,53 | Осушенный ПЭТ | 13963,9 |
| Литье под давлением | Осушенный ПЭТ | 13963,9 | 0,99 | 138,9 | Преформа | 13825 |
| Разбраковка |  Преформа | 13825 | 8,7 | 1200 | Качественная преформа | 12625 |
| Дробление | Брак | 770,13 | 1,6 | 12,6 | Дробленка | 757,53 |

Таблица № 7.3 Сводная таблица материальных расчетов

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование сырья | Расход |
| кг на 1т готового продукта |  кг/сут | т/год |
| ПЭТ | 1056 | 38643,5 | 13332 |
| Дробленка | 60,00 | 2195,7 | 757,53 |

8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

8.1 Выбор основного и вспомогательного оборудования

Основным оборудованием для получения изделий из пластмасс литьем под давлением являются термопластавтоматы (литьевые машины), которые выпускаются серийно. К вспомогательному оборудованию следует отнести сушилки, ленточные транспортеры, промышленные холодильники, средства для транспортировки сырья и его загрузки бункеры литьевых машин.

8.1.1 Литьевую машину выбирают по расчетному объему впрыска V’

V’ =К\*Н\*n/ρ ,см3

где К – коэффициент, учитывающий сжатие и утечки расплава при его впрыске в форму (К=1.2-1.3); Н - навеска материала, необходимая для отливки одной детали (графа 8, табл.7.1),г; n- гнездность формы; ρ - плотность полимера, г/см3 (ρПЭТ= 1,4 г/см3) По расчетному объему впрыска подбираем номинальный объем впрыска VН литьевой машины, которые заносим в соответствующие графы табл. 8.1.

V’= 1,2\*54.14\*72/1,4= 3241.2 см3

Выбор литьевых машин для литья под давлением ПЭТ Таблица № 8.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование детали | Н, г | n | V’, см3 | Марка машины V,см3 | Размеры детали, см | Fд, см2 | F, см2 | РЗАП, т(Р’ЗАП). | τшт мин | П, шт./год | τ, ч/год |
| Преформа (2 л) | 54,14 | 72 | 3241,2 | Husky HyPET 380 VH=3450 | d= 2,8g =14 | 127,4 | 9172,8 | 380 (321,1) | 0,0026 | 250000000 | 10833 |

Примечание к табл.8.1: d – диаметр детали, g – длина детали

8.1.2 Выбранную литьевую машину проверяют по следующим параметрам:

1) По удельному давлению на расплав полимера.

Для ПЭТ в справочнике /6/ подбираем давление литья (150 – 200 кг/см2). Удельное давление на расплав полимера, развиваемое литьевой машиной Husky HyPET 380 равно 994 кг/см2 и она может использоваться для литья ПЭТ, так как это значение выше давления литья.

2) По усилию запирания формы.

Расчетное усилие запирания формы можно определить по формуле /5/

Р’ЗАП = РУД\*К\*β\*F\*10-3, т,

где F- площадь проекции отливаемой детали см2(F=FД\*n ,где FД – площадь детали см2, n – гнездность формы FД= πdg+πd/2, см2 (см. графу 6 табл.8.1);РУД – инжекционное давление в нагревательном цилиндре кг/см2; К – коэффициент учитывающий, давление в форме к давлению в цилиндре (К= 0,2 - 0,8); β – коэффициент учитывающий, вязкость расплава в форме(β=1.0-1.2) коэффициенты β и К взяты из методических указаний /5/.

FД=3,14\*2,8\*14+3,14\*2,8/2=127,4см2,F=127,4\*72= 9172,8 см2

Р’ЗАП= 175\*0,2\*1\*9172,8\*10-3= 321,1 т;

Расчетные усилия запирания формы Р’ЗАП должны быть меньше или равны номинальному усилию запирания формы РЗАП ( графа 9, табл. 8.1), взятым из паспорта литьевой машины.

Так как это условие выполняется следовательно выбранные литьевые машины могут использоваться для производства преформ.

3) По ходу подвижной плиты узла запирания формы.

Расчетный ход подвижной плиты l’k определяется по формуле

l’k =K6\*b/К5

где К6 – коэффициент, учитывающий объем отливки (0,93) К5 и К6 – значения коэффициентов для проверочного расчета узла запирания формы литьевой машины /6/; b – высота отливаемой детали, мм; К5 – коэффициент, учитывающий отношение высоты самого глубокого отливаемого изделия к высоте формы(0,5).

l’k= 0,93\*140/0,5 = 260,4 мм;

Рассчитанные значения l’k меньше значения номинального хода подвижной плиты приведенного в паспорте машины Husky HyPET 380 и она может использоваться для производства преформ.

8.2 Расчет количества основного и вспомогательного оборудования

При наличии конкретной номенклатуры изделий, получаемых литьем под давлением, расчет количества литьевых машин выполняют по трудоемкости изготовления изделий, определяемой продолжительностью цикла литья, который состоит из технологического времени и вспомогательного неперекрываемого времени.

8.2.1 Норму штучного времени (штучное время) для литья деталей из пластмасс определяли по формуле

(τо + τв·к)·(1+ α1+ α2)·К1

τшт= 100 ,

 n

где τо - основное время, мин; τв – вспомогательное время, мин; к – коэффициент учитывающий тип производства (для крупносерийного производства к=1); К1 – коэффициент учитывающий количество литьевых машин обслуживаемых одним литейщиком (К1= 1) (значения к и К1 приведены в справочнике /5/) ; α2 –коэффициент, учитывающий затраты времени на отдых и личные надобности; α1 – учитывает время на облуживание рабочего места -(α2= 7 и α1= 4 для литья под давлением в съемной форме массой до 40 кг /5/); n- число гнезд формы.

8.2.2 Основное время берем по результатам практики.

τо = 0,1мин,

8.2.3 Вспомогательным временем называют время, которое тратится на операции, обеспечивающие выполнение основной работы.

Вспомогательное время рассчитывается по формуле /5/:

τв = τсм + τпр + τпу, мин

где τсм – время на съем изделия (0,037мин) ; τпр – время на протирку гнезд формы(0,02мин); τпу – времяна пуск или остановку машины(0,017мин). Значения составляющих вспомогательного времени приведены в /6/.

τв = 0,037 + 0,02 + 0,017= 0,074 мин

Рассчитаем норму штучного времени

 (0,1 + 0,074\*1)·(1 + 4+7)·1

 τшт = 100 = 0,0026 мин;

 72

Полученное штучное время заносим в графу 10 таблицы 10.1

8.2.4 Определим количество литьевых машин.

Время, потребное для выполнения годовой программы определяем по формуле:

τ = Пτшт /60 , ч/год /1/

где П – годовая программа выпуска, шт/год(графа 13, табл 7.1); τшт - штучное время (графа 10 таблицы 8.1); n- число гнезд формы( графа 3 табл. 8.1).

τ = 250000000\*0,0026/60 =10833 ч/год;

Рассчитанное время на выполнение годовой программы заносим в графу 12 таблицы 8.1.

Τ3450 = 10833ч/год.

Расчетное число машин, работающих в две смены по двенадцать часов каждая, в автоматическом режиме с VН =3450 см2 (для литья преформ из ПЭТ).

m’3450= τ3450/ τД

τД – действительный фонд времени

τД= 365– 20(ремонт)=345дней/год

345дней/год\*24час/день=8280ч/год

m’3450= 10833/8280 =1,3 устанавливаем две литьевые машины марки Husky HyPET 380 для литья преформ 2 л.

8.2.5 Определение количества сушилок

Производительность осушителя «Piovan» DР106 составляет 850 кг/час.

Расчетное число сушильных камер /5/

m’a = G\*103/ Ga\*τд,

где G – годовая масса высушиваемого полимера, т/год ( 13963,9 т/год); τд – действительный годовой фонд времени работы сушилок ( 8160 ч/год).

m’a= 13963,9\*103/850\*8160 =2,0 требуется две сушилки марки «Piovan» DР106

8.2.6 Количество дробилок для измельчения отходов производства определяют по формуле

m’д = G\*103/ Gд\*τд,

где G – годовая масса измельчаемых отходов, т/год ( 770,13 т/год табл. 7.2); τд – действительный годовой фонд времени работы дробилок (6800 ч/год); Gд – часовая производительность дробилки, кг/час.

Выбираем дробилку марки ИПР – 100-1-А, с часовой производительностью 55 кг/час /6/.

m’д= 770,13\*103/55\*6800 = 2 требуется две дробилки марки ИПР-100-1-А.

Таблица № 8.2

Спецификация основного и вспомогательного оборудования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Кол. | Размеры, мм | Техническая характеристика |
| 1 | Литьевая машина Husky HyPET 380 | 2 | 13994×4768×2743 | Номинальное давление литья 994 кг/см2Усилие смыкания 380 тСуммарная мощность 200 кВтНоминальный объем впрыска 3450 см3 |
| 2 | Осушитель «Piovan» DР106 | 2 | объем 2000 литроввысота 3160диаметр 1240 | Производительность 300 кг/часМощность 50 кВт |
| 3 | ДробилкаИПР-100-1-А | 2 | 400×340×850 | Производительность 15 - 20 кг/чЧастота вращения ротора 1000 об/минОбщая мощность 0.8 кВт |
| 4 | ХолодильникMINIBOX 2 | 1 | 920×500×1100 | Мощность 450 Вт |
| 5 | Ленточный транспортерNS 06 | 2 | 1800×450×1600 | - |
| 6 | Компрессорная установка GA – 45  | 1 | 1200×603×1200 | - |
| 7 | Робот (модель SP “ Fanuk”) | 2 | - | Общее время перемещения 1,5 сМакс. нагрузка рабочего инструмента манипулятора 200 кг |

9. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

9.1 Литьевая машина

Задача состоит в определении необходимой мощности нагревателей материального цилиндра инжекционного узла, работающего в расчетном режиме, и сопоставление ее с табличной мощностью выбранной литьевой машины. Для правильно выбранной машины должно соблюдаться неравенство:

Nрасч ≤ Nтабл.

Расчет ведут по уравнению теплового баланса:

Nмех + Nрасч = NG + Nп + Nохл./4/

Решая относительно Nрасч получим:

Nрасч = NG + Nп + Nохл - Nмех,

Рассчитаем тепловой баланс для литьевой машины Husky HyPET 380:

NG = Qc1(t2 – t1) 1/3600, Вт.

где NG – тепловая мощность, расходуемая на нагрев полимерного материала.

Q – фактическая пластикационная производительность литьевой машины, кг/час (300 кг/час); с1 – удельная теплоемкость ПЭТ(1800 Дж/кг·град) /5/; t1 и t2 – температура ПЭТ в зоне загрузки и зоне дозирования( 285 и 175 °С) /5/.

NG= 300\*1800(285 – 175)\*1/3600 = 16500 Вт.

Тепловая мощность, расходуемая на потери через боковую поверхность материального цилиндра (Nп):

Nп = Fα(tк – tв), Вт

где F – площадь наружной поверхности материального цилиндра; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м2град(α = 9,74 + 0,07(tк – tв); tк и tв – температура наружной поверхности кожуха материального цилиндра (50 - 60°С) /5/ и окружающей среды(25°С).

F=πdl, где d – диаметр цилиндра, l – длина

F= 3,14\*0,12\*2,5= 0,94 м2.

α = 9,74 + 0,07(50 – 25)= 11,49 Вт/м2град.

Nп= 0,94\*11,49(50 – 25)= 270 Вт.

Тепловая мощность, расходуемая на охлаждение зоны загрузки материального цилиндра (Nохл):

Nохл = Gв cг∆tв,

где - Gв – расход воды (3,1 кг/с ); cг – теплоемкость воды, Дж/кг·град (4190 Дж/кг·град /2/∆tв – предел температуры воды на входе и выходе из зоны охлаждения ( 8 °С /3/).

Nохл= 3,1\*4190\*8= 103912 Вт.

Тепловая мощность Nмех, выделяемая за счет преобразования механической энергии, определяется по уравнению

Nмех= 32\*10-5Qc1(t2 – t1)

Nмех= 32\*10-5300\*1800(285 - 175) = 19008 Вт.

Nрасч= 16500+270+103912 - 19008= 101674Вт= 101,674 кВт.

Nтабл= 250 кВт – из паспорта литьевой машины.

Так как Nрасч ≤ Nтабл. литьевая машина подобрана правильно.

Таблица № 9. Сводная таблица результатов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расход греющих и охлаждающих агентов | в сутки | в год |
| Тепловая мощность расходуемая на нагрев литьевых машин | 4800 кВт/сут | 1632000 кВт/год |
| Охлаждающая вода для охлаждения пресс-форм | 722,4 м3/сут | 245616 м3/год |

10. ОПИСАНИЕ ВНУТРИЦЕХОВОГО ТРАНСПОРТА

Проектируемое производство преформ механизировано. Все операции по перемещению поступающего сырья и готовой продукции осуществляется с помощью автопогрузчиков HYUNDAY 25D и специальных транспортных тележек. Подача сырья в сушилку и загрузочные бункера литьевых машин осуществляется автоматически с помощью пневмотранспорта идущего в комплекте с литьевой машиной.

Таблица № 10 Характеристика внутрицехового транспорта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип и марка внутрицехового транспорта | Номер позиции на технологической схеме | Количество | НазначениеВнутрицехового транспорта | Транспортируемый материал | Характеристики внутрицехового транспорта |
| HUYNDAY 5D |  | 1 | Транспортировка сырья и готовой продукции | ПЭТ и готовая продукция | Грузоподъемность 2500 кг, скорость транспортировки 5 км/час, высота подъёма 6м. |
| Транспортировочная тележка |  | 1 | Транспортировка готовой продукции в зону упаковки | готовая продукция | Грузоподъемность 2000 кг,Высотаподъёма 20 см. |

11. ОХРАНА ТРУДА

11.1 Анализ степени опасности технологического процесса

Все расчёты были произведены по методическим указаниям /7,8/.

Начальным этапом работы над разделом является детальный анализ предлагаемого в проекте технологического процесса, оборудования, операций и т.п. Отмечаются наиболее опасные операции, участки производства, оборудование, выявляются опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергаться как обслуживающий персонал, так и окружающая природная среда. Результаты такого анализа представлены в виде таблицы 11.1

Таблица № 11.1 Оценка степени опасности технологического процесса

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование цеха, участка | Наименование оборудования, тип, марка | Количество оборудования, шт. | Производительность, Ед .прод./ ед.врем | Технологические параметры(t,P и др.) | Перечень токсичных взрывопожароопасных веществ | Количество людей обслуживающих оборудование | Вредные и опасные факторы |
| Цех по производству преформ включающий | 1.Литье-вая машина Husky HyPET 3802.Осуши-тель «Piovan» DР106 3.Дроби-лка ИПР-100-1-А | 2 2 | до300 кг/часдо 300 кг/час10-30 кг/час | Т=300-280 °С;Р=160-190 кг/см2;Время цикла 9-11 сек.Т=180-190°СПродолжительность 5,5 часаПродолжительность цикла 10 мин | Полиэтилентерефталат и продукты его выделения:Ацетальдегид;Оксид углерода;Уксусная кислота | 121 | Вредные вещества 3 и 4-го класса опасности;Шум;Монотонность трудаЭл. токМонотонность труда;Опасные зоныЭл. токШум;ВибрацияЭл. токпыль |
| Упаковочная | - | - | - | - | - | - | Внутризаводской транспорт |

11.2 Обеспечение санитарно-гигиенических и экологических требований к качеству окружающей среды

11.2.1 Микроклиматические условия

Разрабатываемый технологический процесс при его реализации может оказывать негативное действие на качество воздуха за счет поступления водяных паров и теплоизбытков. Характеристику процессов и оборудования– источников избыточного тепла и влаги- можно представить в виде таблицы 11.2.

Таблица 11.2 Характеристика процессов и оборудования, влияющих на микроклиматические параметры

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование цеха, участка | Наименование оборудования | Количество оборудования, шт. | Теплоизбытки, кДж/ч | Характеристика помещении по теплоизбытка, кДж/м3∙ч | Избытки влаги, кг/ч |
| Цех по производству преформ включающий | 1.Литьевая машина Husky HyPET 3802. Осушитель «Piovan» DР1063.Дробилка ИПР-100-1-А | 222 | 82100 67900 28200 | 55- с незначительными теплоизбытками | С незначительными влагоизбытками |

Теплоизбытки являются незначительными, так как они составляют менее 84 кДж/м3ч, в этом случае производственное помещение относится к «холодным». Мероприятия по обеспечению допустимых параметров микроклимата:

* отопление в холодный период года;
* вентиляцию;
* тамбуры у входных дверей.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 для создания здоровых и безопасных условий труда необходимо, чтобы в проекте были предусмотрены предприятия, обеспечивающие санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к микроклиматическим условиям. Эти требования зависят от категории тяжести выполняемых работ и времени года. Выполняемые производственные работы относятся к третьей (тяжелой) категории тяжести работ – это работы, связанные с постоянным передвижением, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий. Требования, предъявляемые к микроклиматическим условиям, можно представить в таблице 11.3.

На участке по производству преформ работы средней тяжести IIа связанные с постоянной ходьбой, перемещение мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определённого физического напряжения.

На упаковке работа средней тяжести IIб связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжести до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

На участке загрузки работа тяжёлая связанная с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных тяжестей и требующие больших физических усилий

Таблица 11.3

Санитарно – гигиенические нормативы параметров микроклимата

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименов. участка | Категория тяжести работ | Период года |
| Холодный | Теплый |
|  Микроклиматические  |  параметры |
| оптимальные | допустимые | оптимальные | допустимые |
| t,°C | φ,% | ω,м/с | t,°C | φ,% | ω,м/с | t,°C | φ,% | ω,м/с | t,°C | φ,% | ω,м/с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1.Участок по по производству преформ | СреднейТяжестиIIа | 19-21 | 40-60 | 0,2 | 17-18,921,1-26 | 75 | не>0,3 | 21-23 | 40-60 | 0,3 | 18-19,9 | 65 | 0,2-0,4 |
| 2.Упаковочная | СреднейТяжестиIIб | 17-19 | 40-60 | 0,2 | 15,0-16,9 | 75 | не>0,4 | 20-22 | 40-60 | 0,3 | 20-21,924-28 | 70 | 0,2-0,5 |
| 3.Загрузочная | ТяжелаяIII | 15-17 | 40-60 | 0,3 | 13-15,918,1-21 | 75 | не>0,5 | 18-26 | 40-60 | 0,4 | 15-17,920,1-26 | 75 | 0,2-0,6 |

11.2.2 Оценка уровня загрязнения воздушной среды вредными веществами

Процесс производства преформ связан с использованием вредных веществ, которые могут поступать в воздух рабочей зоны за счёт испарения открытых поверхностей, утечки через неплотности технологического оборудования, при разгерметизации аппаратов, при неисправности вентиляционной установки. Приоритетным путём поступления токсичных веществ в организм человека является ингаляционный (через органы дыхания). Степень опасности воздействия вредных веществ на организм человека зависит от природы вещества, агрегатного состояния, полученной дозы, микроклиматических условий. Для снижения нежелательных последствий (хронических и острых отравлений) необходимо произвести оценку степени опасности веществ, используемых и получаемых в предлагаемом технологическом процессе. Результаты такой оценки представлены в таблице 11.4.

Таблица № 11.4 Показатели, характеризующие степень опасности веществ и материалов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование участка, оборудования | Выделяемые вещества, причинывыделения | Агрегатное состояние | Действие наорганизи | Класс опасности | Предельно допустимые концентрации, мг/м3 | Расход веществ кг/час | Количество выделяемых веществ  |
| г/с | т/год |
| ПДКрз | ПДКмр | ПДКсс |
| Участок по по производству преформ, литьевая машина Husky HyPET 300 | 1.Ацета-льдегид; | Газообразные вещества | Вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей | 3 | 5 | 0.01 | 0.01 | 0,001 | 0,00001 | 0,0075 |
| 2.Оксид углерода; | Вызывает головокружение, шум в ушах, чувство слабости | 4 | 20 | 5 | 3 | 0,00094 | 0,00027 | 0,0076 |
| 3. Уксусная кислота | Вызывает раздражение верхних дыхательных путей | 3 | 5 | 0,2 | 0.06 | 0,00036 | 0,00009 | 0,0029 |

Так как в проекте должна быть обеспечена максимальная безопасность при работе с вредными веществами, то необходимо предусмотреть комплекс мероприятий по снижению степени воздействия этих веществ на человека и окружающую среду. К наиболее эффективным средствам по ограничению степени воздействия вредных веществ являются: механизация и автоматизация технологического процесса, герметизация и укрытие оборудования, использование эффективной системы вентиляции, применение СИЗ и др. Предусмотренные в проекте мероприятия можно представить в виде таблицы 11.5

Таблица № 11.5 Мероприятия по обеспечению безопасности при работе с вредными веществами

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование участка, оборудования | Выделяемые вещества | Средства коллективной защиты | Метод контроля | Периодичность контроля | СИЗ |
| Участок по по производству преформ, литьевая машина Husky HyPET 380 | 1.Ацетальдегид;2. Оксид углерода;3. Уксусная кислота | Предусмотрены системы общеобменной вентиляции | газохромато-графический анализ | Для 3 классаопасности -1раз в кварталДля 4 класса опасности – раз в полгода | Костюм, комбинезон;Фартук, перчатки, сапоги резиновые;Ботинки кожаные;Рукавицы;Перчатки диэлектрические;Очки защитные;Фильтровальный противогаз. |

11.3 Расчет общеобменной вентиляции

Свободный объем производственного помещения составляет:

Vсв = 0,8·а·b·с

Где а – длина, м; b – ширина, м; с – высота, м;

V = 36 · 28·6 = 6048 (м3);

Vсв = 0,8 ⋅ 6048 = 4838,4 (м3).

Кратность воздухообмена: Кр = 6 ч-1 .

Объем воздуха, который следует удалять из помещения с помощью вытяжной общеобменной вентиляции:

LудОВ = Vсв · Кр = 4838,4 · 6 = 29030,4 (м3/ч).

Воздушный вентиляционный баланс отрицательный, так как возможно поступление в воздух помещения токсичных веществ. Количество воздуха, которое поступает в производственное помещение через систему общеобменной приточной вентиляции, рассчитывается по формуле:

LпрОВ = 0,9 · Lуд = 0,9·29030,4 = 26127,36 (м3/ч).

Выбираем 2 вентилятора марки ВЦО-1,5 с производительностью 21000-128000 м3/ч /7/.

Параметры вентиляционной системы приведены в таблице 11.6.

Таблица 11.6 Параметры вентиляционной системы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Производительность системы, м3/ч | Тип, марка и габариты вентилятора | Параметры работы вентилятора: число оборотов, напор, производительность | Количество | Характеристика электропривода (мощность, число оборотов) |
| Приточная общеобменная цеха |
| 64783,8 | ВЦО-1,5;2940×2880× 2400 | 980 об/мин; 434-255 кг/м2; 21-128 тыс.м3/ч | 1 | 35-245 кВт; 1500 об/мин |
| Вытяжная общеобменная цеха |
| 64783,8 | ВЦО-1,5;2940×2880×2400 | 980 об/мин; 434-255 кг/м2; 21-128 тыс.м3/ч | 1 | 35-245 кВт; 1500 об/мин |

12. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С помощью эффективной вентиляционной системы удаётся обеспечить санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к качеству воздуха в рабочей зоне и предупредить возникновение профессиональных заболеваний. Однако, удаляемые из помещения с вентиляционным воздухом вредные вещества, попадая в атмосферу, могут нанести значительный ущерб окружающей среде и людям, живущим вблизи проектируемого предприятия.

Для оценки степени экологической опасности выбросов загрязняющих веществ введены санитарно-гигиенические нормативы предельно-допустимых выбросов /7/.

ВЫВОДЫ

В данном курсовом проекте было спроектировано предприятие по производству преформ из полиэтилентерефталата для розлива напитков производительностью: 2 л – 250 млн. шт/год (12625 т/год).

Проведен анализ литературных источников по рассматриваемым вопросам. Выбрана и обоснована технологическая схема производства. Проведены материальные, технологические и тепловые расчеты на основании которого выбрано соответствующее оборудование. Разработаны разделы охраны труда и окружающей среды.

Спроектированное производство является современным и полностью автоматизированным. С экологической точки зрения оно является безопасным. Использование автоматических линий позволяет в значительной степени облегчить труд рабочих. Переработка отходов и повторное их использование сокращает затраты на покупку свежего сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производство упаковки из ПЭТ/Д. Брукс, Дж. Джайлз(ред); пер. с англ. под ред. О.Ю. Сабсая – СПб.: Профессия, 2006. – 368 с., ил.

2. Оленев Б. А. , Мордкович Е. М. Проектирование производств по переработке пластмасс. М.: Химия, 1982- 200 с.

3. Литье пластмасс под давлением/ Т. А. Оссвальд, Л. – Ш. Тунг, П. Дж. Грэманн; под ред. Э.Л. Калиничева – СПб.: Профессия, 2006. – 712 стр., ил.

4. Крыжановский В. К., Кербер М. Л. Производство изделий из полимерных материалов. С-Пб.: Профессия, 2004.-350 с.

5. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов по теме «Проектирование производств по переработке пластмасс методом литья под давлением». Сост. З. А. Кудрявцева, Ю. Т. Панов; Владим. гос. техн. ун-т; Владимир 1996.-40 с.

6. Пантелеев А.П. Справочник по проектированию для переработки пластмасс. М.: Машиностроение, 1986.-180 с.

7. Методические указания к разделу охрана труда и окружающей среды. Шведова Л.В.; Куприяновская А. П.; ИГХТУ Иваново 2002 г.-40 с.

8. Методические указания к разделу охрана труда и окружающей среды Чеснокова Т.А.; Шведова Л. В.;ИГХТУ Иваново 2009 г.-75 с.

9. Курсовое и дипломное проектирование по специальности « Технология высокомолекулярных соединений». Корженевский А. Б.; Николаева О. И. Иваново 2008 г.-143 с.

10. Муштаев В. И., Ульянов В. М., Сушка в условиях пневмотранспорта. М. Химия, 1984. – 232 с., ил.