

Технология переработки отходов полимерных материалов

Цель занятия: освоение технологии переработки отходов полимерных материалов.

Основные задачи для решения на практических занятиях:

1. Оценка методов переработки отходов.
2. Подбор оборудования для механического измельчения.
3. Изучение технологического процесса интрузии.
4. Организация производства по измельчению отходов..

Теоретический материал

Утилизация пластмассовой продукции представляет наиболее сложную проблему по сравнению с переработкой других отходов в силу следующих особенностей:

отходы пластмассовой продукции не разлагаются под воздействием атмосферных условий и могут находиться в местах захоронения 50 и более лет без изменения своих геометрических размеров;

пластмассовые отходы имеют широкий ассортимент химического состава и, как правило, требуют разделения при их вторичной переработке с целью дальнейшего использования;

пластмассовые отходы, как сложные химические соединения, могут при их вторичной переработке оказывать серьезное негативное воздействие на окружающую среду.

Такая специфика пластмассовых отходов создает трудности в их переработке. Сюда же необходимо отнести вторичную переработку отходов на основе поливинилхлорида (ПВХ). Чистый ПВХ без стабилизаторов и пластификаторов начинает выделять HCl уже при нагреве до 100°C.

Под термином ПВХ следует понимать компаунд (композиционный материал) термопласта ПВХ и различного вида добавок как по ассортименту, так и по их количеству. Для линолеума используются пластикаты ПВХ со значитель-

ным содержанием пластификатора, стабилизаторов и минерального наполнителя (мела), содержание которого может составлять от 30 до 300% от количества смолы.

Линолеум представляет собой многослойный рулонный материал, в котором кроме полимерных слоев (пластиков ПВХ) содержатся не полимерные подложки (стеклоткани, войлок, ткани на основе природных и синтетических волокон и др.).

Вторичный ПВХ линолеум, образующийся при строительстве и сносе, представляет собой куски рулонного многослойного материала толщиной от 1,5 до 3,0 мм, длина и ширина которых определяется размерами помещений в сносимых строениях (ширина, как правило, 1,5-2,0 м). С учетом длительности и условий эксплуатации отходы ПВХ-линолеума отличаются от первичного материала содержанием пластификаторов и стабилизаторов и являются более жесткими. На кусках отходов ПВХ-линолеума могут содержаться остатки выравнивающих и крепежных составов (мастика, цементная стяжка) материалов.

Проблема утилизации пластмассовой продукции разделяется на две части:

1 - методы (технологии), позволяющие выделить из таких композиционных материалов, как линолеум, полимерную составляющую (ПВХ) и привести ее в состояние, пригодное для последующего использования (вторичной переработки), в рыночный восстановленный продукт;

2 - методы вторичной переработки выделенных фракций в рыночные продукты.

По первой части существуют следующие методы выделения ПВХ:

Химические методы переработки отходов ПВХ, в том числе линолеума, включают:

растворный метод, т.е. переработка с использованием растворителей, основанная на селективном растворении, разделении ПВХ от побочных продуктов и осаждении соединений (компаунда) ПВХ с последующей их сушкой и

возвратом растворителей снова в процесс. Этот метод известен как процесс «Винилуп»;

метод пиролиза, включающий в себя пиролиз с последующей очисткой и выделением конечных продуктов CaCl_2 , кокс, пиролизное масло (конденсат), металлы;

метод гидролиза, как переработка отходов путем гидролиза с последующим нагревом (пиролиз) твердой дехлорированной фракции. Полученные продукты - NaCl , углеводороды (C_nH_m), твердый осадок для производства пескоструйных материалов и металлов.

Преимущественным является растворный метод. Это подтверждается и широким развитием данного метода при строительстве заводов по переработке отходов ПВХ.

Механические методы переработки линолеума основаны на принципе отделения слоя (или слоев) ПВХ - компаунда от сопутствующих материалов, их дробления и возвращения в производство различных изделий. Такие методы широко распространены для других, содержащих ПВХ, композиционных материалов (оконные профили, кабели и др.), где более высокая доля ПВХ компаунда и его отделение от сопутствующих материалов более простое. Как правило, в этих процессах ПВХ - компаунды не подвергаются химическим превращениям.

По сравнению с химическими методами, механическая переработка не требует таких больших мощностей переработки, и это может быть решающим фактором для использования механического метода при переработке отходов полимерных материалов (ОПМ) в виде ПВХ - линолеума, образующихся при строительстве и сносе.

Вторичная переработка выделенных фракции ПВХ в рыночный продукт может быть различной в зависимости от метода переработки отходов линолеума.

Метод упруго-вязкого измельчения линолеума должен позволить получить гомогенную смесь ПВХ компаунда с материалом «подложки» или порошок ПВХ - компаунда с частичным содержанием подложки в виде волокон (ткани, ворса и т.д., в зависимости от типа линолеума).

Если при анализе вторичного ПВХ - компаунда его термостабильность окажется достаточной, то возможна технология экструзии профильных изделий (например, профилей строительного назначения - плинтусов темного цвета). В этом случае необходимо введение дополнительных ингредиентов, в том числе стабилизаторов.

Наиболее универсальным методом производства рыночного продукта из измельченных наполненных ПВХ - композиций может явиться технология интрузии для производства погонажных изделий.

Способ сдвигового высокотемпературного измельчения основан на явлении множественного растрескивания твердого тела и разрушения его на отдельные частицы в условиях интенсивного сжатия и одновременного деформирования сдвигом, осуществляемым при оптимально высоких температурах (например, в температурном интервале предплавления кристаллических или аморфно-кристаллических материалов). При этом твердое тело полностью разрушается и превращается в высокодисперсный порошок с удельной поверхностью от 0,1 до 10 м²/г в зависимости от типа измельчаемого материала.

Указанный способ реализуется в специальных установках - роторных диспергаторах и позволяет перерабатывать:

- отходы резины, отработанные авиа- и автомобильные шины с синтетическим металлокордом;
- отходы полиэтилена, полипропилена и полистирола;
- сшитые полимеры, пенополиуретан и сэвилен;
- капрон, отходы рыболовецких сетей;
- натуральный шелк, нити и лоскут тканей;
- целлюлозосодержащие композиционные материалы;

- волокно «кевлар», органо- и углепластики;
- отходы линолеума, искусственной и натуральной кожи;
- шелуху гречихи, лузгу подсолнечника, линт, стебли злаков;
- листья и плоды лекарственных растений;
- перья птиц и многие другие материалы.

Отличительными особенностями сдвигового высокотемпературного измельчения являются:

- экологическая чистота: не используется жидкий азот, поток охлажденного воздуха, органические растворители; не происходит образования газовых выбросов или загрязненных водных стоков;
- низкие энергозатраты на измельчение материала: от 100 до 500 кВт-ч/т.

Сдвиговое высокотемпературное измельчение, в принципе, может быть реализовано на таких установках, как обогреваемые вальцы или двухшнековые экструдеры, однако они не могут составить конкуренцию роторным диспергаторам, которые обеспечивают проведение процесса в непрерывном режиме и отличаются простотой и надежностью в сочетании с широкими функциональными возможностями. Лабораторные и промышленные роторные диспергаторы хорошо зарекомендовали себя как в научных организациях и на промышленных предприятиях России, так и за рубежом.

Процесс измельчения любого материала в нем включает 3 этапа: уплотнение и быстрый саморазогрев до той температуры, при которой энергозатраты на разрушение становятся минимальными (I); непрерывный «реологический взрыв» уплотненного слоя, приводящий к образованию топкого порошка (II) и на последнем этапе - интенсивное охлаждение образовавшегося порошка

Роторные диспергаторы отличаются:

- простотой и надежностью в сочетании с широкими функциональными возможностями;
- отсутствием специальных нагревателей;
- уникальной системой водяного охлаждения;

- отсутствием трущихся металлических поверхностей;
- сравнительно небольшими габаритами, не требующими больших производственных площадей.

Одним из наиболее интересных свойств промышленных диспергаторов является их способность самонастраиваться на температурный режим измельчения, соответствующий минимальным энергозатратам на измельчение данного материала. Оператор, управляющий работой диспергатора, может при этом регулировать средний размер образующихся порошковых частиц, получая их, например, со средним размером 20 или 400 мкм.

Замена одного измельчаемого материала на другой влечет за собой быстрое изменение температурного режима. Уже через 3-5 минут в камере сжатия и нагрев устанавливается режим, оптимальный для измельчения нового материала.

Наряду с вышеупомянутым оборудованием, в России гораздо более широко используются упрощенные диспергаторы, в основном - для измельчения резины. Однако, есть опыт их применения для переработки отходов ПВХ. Так в институте синтетических полимерных материалов РАН проведены эксперименты по измельчению линолеума. В результате был получен порошок ПВХ, однако он не был гомогенным, т.к. в смеси присутствовали нити подложки линолеума.

При применении данного метода предлагается следующий состав линии по утилизации линолеума, бывшего в употреблении:

- гильотинный нож для разрезки рулонов линолеума;
- дробление (первичное) на дробилках тяжелого типа (шредеры);
- отмывка (или продувка) измельченного продукта от грязи;
- сушка;
- диспергирование - получение порошка;
- отделение волокон подложки линолеума от порошка путем воздушной сепарации.

Метод механического измельчения.

Суть предложения состоит в переработке отходов ПВХ - линолеума с подложкой из фетра с производительностью 1000 кг/час. Материал поступает в рулонах. Подложка должна быть отделена, а слой ПВХ измельчен и вымыт.

В состав установки входят:

- 1 - специальный измельчитель тяжелого типа - для измельчения рулонов линолеума до размера 100x145 мм с энергозатратами 90 кВт;
- 2 - транспортерная лента - для транспортировки измельченного линолеума с магнитной головкой для удаления металла;
- 3 - направляющее устройство - для загрузки измельченного линолеума в мельницу;
- 4 - мельница - для более тонкого измельчения линолеума и последующего удаления материалов подложки с энергозатратами 90 кВт;
- 5 - воздуходувка - для транспортировки измельченного линолеума в установку для отделения войлока подложки с энергозатратами 11 кВт;
- 6 - просеивающая установка сито для отделения войлока от ПВХ с энергозатратами 11 кВт;
- 7 - интенсивная моечная машина - для отмывки измельченной крошки ПВХ;
- 8 - механическая сушка - для сушки полученной крошки ПВХ;
- 9 - воздуходувка для загрузки крошки ПВХ в Биг-Беги с энергозатратами 11 кВт;
- 10- электрошкаф - для регулировки питания всей установки;
- 11- механическая подготовка воды - состоит из водяного насоса для грязной воды с энергозатратами 7,5 кВт, фильтрационной установки, емкости для очищенной воды и циркуляционного водяного насоса (7,5 кВт).

Грязная вода собирается в емкости для грязной воды (учитывается водоборот и необходимость удаления шлама). Примерное потребление воды - 0,5 м³/час. Вода в обороте - 4,6 м³/час, расход энергии - 300 кВт.

Инtruзия - это процесс, при котором смешанные загрязненные бытовые и промышленные отходы преобразуются в пользующееся спросом сырье, пригодное для дальнейшего использования, что подразумевает снижение потребности в территориях для захоронения отходов.

Инtruзия предполагает решение, при котором разнородные материалы, не обязательно пластмассы, а, например, природные волокна, ореховая или кокосовая скорлупа, опилки могут быть объединены и смешаны таким образом, чтобы сформировался некий продукт.

Система трансформирует гетерогенные твердые и пластичные отходы полимеров промышленного, сельскохозяйственного и бытового происхождения в высококачественные конечные продукты, при этом не требуется особой сортировки или мытья.

Продукты инtruзии во многом могут заменить древесину и даже бетон в условиях повышенной влажности, а также при ведении дорожного строительства или иных строительных работ. С подобными продуктами можно обращаться как с древесным сырьем, в то время как они не подвержены воздействию термитов и других насекомых-вредителей, гниения, химических веществ.

Инtruзия дает вторую жизнь отходам пластмасс. Продукты не требуют особого обращения, что подразумевает снижение стоимости, долгий срок эксплуатации и возможность последующего рециклинга.

По сравнению с бетоном продукты инtruзии водостойкие, не подвергаются повреждениям при транспортировке, загрузке-выгрузке. Не пылят при резке и абсолютно устойчивы к воздействию низких температур.

Процесс инtruзии включает участки экструзии и формовки, таким образом, что с приемлемой производительностью можно получать достаточно объемную продукцию типа поддонов звукоизолирующих плит для транспортных магистралей.

Отходы, вне зависимости от того, брикетированы они или нет, загружаются на линии подготовки, где подвергаются дроблению, а затем по конвейеру перемещаются на гранулятор и уплотнитель в зависимости от типа (пластичные или твердые). После этого они загружаются в силосные башни, а затем направляются на силосы-смесители. Смесь загружается в специальный экструдер, где образуется гомогенизированный расплав, при чем деструкции полимерного материала не происходит.

Профили, полученные данным методом, могут подвергаться распилу, обстругиванию, обработке на станке, пайке, склейке, пигментированию и окрашиванию и, по данным фирмы-разработчика, могут успешно применяться для изготовления:

- гидротехнических сооружений (защита от водной эрозии почвы, причалов), так как не подвержены действию воды, в том числе и морской, не стачиваются во время прилива;
- для обустройства стойл и перегородок для домашних животных (лошадей и др.), благодаря долговечности и гигиеничности, по сравнению с древесиной;
- для обустройства мест отдыха, спортивных площадок и стадионов (лотки для мячей, сиденья, мусорные урны);
- идеальны для рекламных щитов, дорожных знаков, различных ограждений, т.к. легко окрашиваются и маркируются, можно создавать любые конструкции заборов, поддерживающие детали для деревьев и кустарников;
- благоустройства территории (посадочные места, мусорные урны, контейнеры для цветов и кустарников, отличающиеся легкостью и устойчивостью к нанесению рисунков и вандализму, шумозащитные щиты на дорогах);
- долговечность интрузионных изделий даст преимущество при использовании в качестве замены бетонным формам, в первую очередь, благодаря абсолютной влагоустойчивости.

Для сравнительного анализа технических характеристик методов переработки ПВХ -отходов, образующихся при строительстве и сносе, используются

такие показатели как характеристика получаемого продукта, принимаемая годовая мощность производства, стоимость основного технологического оборудования, потребность в электроэнергии, воде и паре, численность обслуживающего персонала, расход дополнительных технологических материалов и необходимые производственные площади, отнесенные на годовой выпуск конечного продукта и на тонну готового конечного продукта. Анализ перечисленных показателей проводится исходя из следующих предпосылок:

а) установленная (принимаемая) мощность для переработки отходов линолеума от сноса жилых зданий должна быть около 2000 т/год. Учитывая, что количество отходов линолеума в год составляет около 1-1,5 тыс. т, а поставка отходов может быть не ритмичной, то такая мощность вполне оправдана. Однако рассматриваемые методы переработки отходов при такой незначительной мощности являются малорентабельными. Поэтому следует рассматривать различные технологии с более высокими, хотя и минимальными для этого метода, объемами производства. Исключение составляет метод упруго-вязкого измельчения, по которому имеется возможность создания производства с мощностью около 2000 т в год.

При определении годовой мощности производства по каждому методу рассматривается объем производства по количеству перерабатываемых отходов линолеума и количеству получаемого ПВХ - компаунда. При этом выход готового продукта принимается равным 80% от исходного количества отходов, хотя эта величина может меняться на практике в меньшую сторону на 5-10% в зависимости от степени загрязненности отходов, существенных различий между типами линолеума в отдельных партиях отходов (толщина слоя ПВХ - компаунда, наличие и толщина подложки и др.).

Исключением является метод упруго-вязкого измельчения, при использовании которого для переработки отходов ПВХ - линолеума конечный продукт представляет собой порошкообразную, достаточно гомогенную смесь ПВХ с материалом подложки или порошок ПВХ -компаунда в случае безосновных ли-

нолеумов. Поэтому в табл. 7.6 (графа 4) показаны объемы годового производства как по перерабатываемому сырью - отходам линолеума, так и по конечному продукту - ПВХ - компаунду, на основании которого и рассчитывается экономичность каждого процесса;

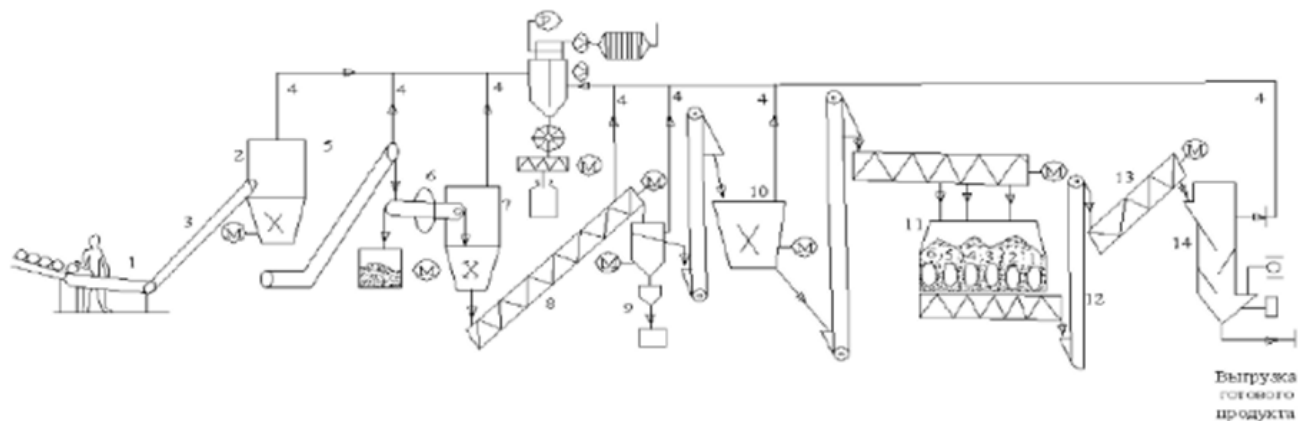


Рис. 1. Принципиальная схема переработки отходов ПВХ-линолеума методом механического измельчения с сухой очисткой

Технология переработки отходов ПВХ - линолеума по методу механического измельчения отходов полимеров с сухой очисткой (МИСО) состоит из следующих стадий

Стадия 1. Поставка отходов линолеума на завод. Отходы линолеума должны поставляться на завод в крытом транспорте в виде компактных рулонов. Крайне нежелательно поступление сырья с повышенной влажностью (более 1-2%), так как в этом случае необходимо предусматривать сушку материала, что удорожает процесс.

Стадия 2. Внешний осмотр и возможная сортировка отходов ПВХ - линолеума.

Внешний осмотр рулонов отходов линолеума проводится на столах с целью удаления крупных кусков загрязнений и посторонних включений (цемент, битум, металл, щебень и др.), а также, в случае необходимости, сортировка отходов линолеума по различным его типам.

Расчеты показывают, что при среднем размере рулонов 4 м" потребуется рассортировать около 75 рулонов в час. Для этого достаточно 4-х человек и одного стола площадью ~ 10 м² (рис. 1, поз. 1).

Стадия 3. Грубое измельчение отходов ПВХ - линолеума. Грубое (первичное) измельчение отходов линолеума осуществляется в валковых (шредерных) измельчителях. Такие первичные измельчители предназначены для предварительного измельчения крупногабаритных отходов. Размер загрузочного окна около 1200х1200 мм. Диаметр рулона ~ 500 мм. Мощность шредера составляет около 55 кВт (рис. 1, поз. 2). Эта стадия измельчения позволяет получить отходы линолеума с размерами достаточными для механизированной транспортировки и загрузки отходов линолеума в молотковую дробилку (рис. 1, поз. 7). Рабочие органы шредерного измельчителя изготовлены с использованием твердых покрытий с подпружиненными рабочими элементами, что защищает рабочие органы от поломки даже при попадании в рабочую зону вместе с отходами линолеума металлических предметов. На этой стадии переработки отходов в процессе дробления начинается процесс отделения подложки в виде «пуха» от ПВХ - компаунда и отделение в результате дробления загрязнений (пыли). «Пух» и «пыль» удаляются потоком отсасываемого воздуха (рис. 1, поз. 4). Удаление «пуха» и «пыли» обеспечивается на каждой ступени процесса измельчения и при транспортировке продукта от одной технологической операции к другой (рис. 1). В дальнейшем при описании технологических стадий процесса МИСО не следует останавливаться на операции для сухой очистки отходов линолеума. Уместно указать на важность расчета необходимых скоростей движения отсасываемого воздуха и их поддержание, поскольку более тяжелые частицы ПВХ - компаунда не должны отсасываться вместе с «пухом» и «пылью».

Стадия 4. Транспортировка отходов от «шредера» на стадию магнитного отделения металлических частиц.

Транспортировка отходов происходит в закрытом пластинчатом транспортере с целью увеличения скорости отсоса воздуха, удаляющего образующиеся «пух» и «пыль» (рис. 1, поз. 3). Транспортер имеет длину 3000 мм и ширину 250 мм. Потребляемая приводом транспортера мощность 0,75 кВт.

Стадия 5. Отделение металлических частиц и транспортировка отходов к молотковой дробилке. Отделение металлических частиц происходит при входе массы на ленточный транспортер, головной ролик которого оснащен магнитными уловителями. Металлические частицы собираются и подлежат сдаче в металлолом (рис. 1, поз. 6). Количество удаляемого металла на данной стадии ПИР определить невозможно. Очевидно, что этот момент не является критическим и может быть уточнен в процессе работы установки. Предварительно измельченные отходы транспортируются ленточным транспортером (рис. 1, поз. 6) в молотковую дробилку. Длина транспортера 6000 мм, ширина - 600 мм, мощность привода - 1,1 кВт.

Стадия 6. Измельчение отходов линолеума в молотковой дробилке. Следующая стадия измельчения преследует цель дальнейшего «взрыхления» подложки линолеума, измельчение ПВХ - компаунда до более мелкой стадии и отсоса, отделяющихся в молотковой дробилке, частиц «пуха» и «пыли» (рис. 1, поз. 7). На этой стадии от ПВХ - компаунда будет отделена значительная часть подложки, но сепарация измельченных отходов будет продолжаться еще и на последующих стадиях процесса.

Размер загрузочного окна молотковой дробилки составляет 420x420 мм и позволяет загружать предварительно измельченные в шредере отходы ПВХ линолеума в молотковую дробилку с транспортера. Диаметр ротора молотковой дробилки 450 мм, мощность привода 30 кВт. Дробленые отходы отводятся из дробилки с помощью шнека на следующий транспортер (винтовой элеватор).

Стадия 7. Транспортирование измельченных отходов ПВХ - линолеума на рассеивающее устройство. Транспортировка обеспечивается винтовым элеватором (рис. 1, поз. 8), за счет перемещения крошки по винтовой траектории обеспечивается дальнейшее отделение загрязнений («пуха» и пыли). Длина винтового элеватора 2000 мм. Потребляемая приводом мощность - 2,2 кВт.

Стадия 8. Вибрационное просеивание и разделение измельченных отходов ПВХ линолеума. Измельченные отходы линолеума поступают на следующую

стадию сепарации отходов, осуществляемую на виброситах. Вибрационное воздействие способствует наиболее полному отделению загрязнений. Мощность привода виброситовой установки 2,2 кВт (рис. 1, поз. 9).

Стадия 9. Окончательное измельчение отходов ПВХ - линолеума до заданного размера частиц крошки. Для этой операции используется ножевая роторная дробилка со сменными решетками, обеспечивающими заданный гранулометрический состав частиц крошки ПВХ -компаунда (рис. 1, поз. 10). На ножевую дробилку поступает ПВХ - компаунд, содержащий уже минимальное количество подложки, что обеспечивает возможность управлять гранулометрическим составом конечного продукта. Для выгрузки крошки ПВХ - компаунда и подачи ее на элеватор для дальнейшей транспортировки ножевая дробилка оборудована шнеком. Размер загрузочного окна ножевой дробилки 500х490 мм. Диаметр ротора - 300 мм. Потребляемая мощность - 30 кВт.

Стадия 10. Промежуточное силосование крошки ПВХ - компаунда. Для предварительного силосования (складирования) используется несколько силосов (емкостей). Система снабжена транспортирующими шнеками для загрузки крошки в силоса и выгрузки из них. Объем каждого силоса 5 м³ (рис. 1, поз. 11). Количество силосных емкостей определяется производственной необходимостью. Кроме силосов для промежуточного складирования необходима установка 1 бункера-смесителя, снабженного лопастными шнековыми мешалками для усреднения продукта по составу, загрузочным и выгружающим шнеками.

Стадия 11. Окончательное сепарирование остатков пыли и материалов подложки из крошки ПВХ компаунда. Из бункера-смесителя крошки ПВХ линолеума с помощью элеватора (рис. 1, поз. 12) направляется в дозирующее устройство (рис. 1, поз. 13), через которое крошка поступает в сепаратор. В сепараторе методом «провеивания» обеспечивается окончательная очистка крошки ПВХ компаунда от загрязнений и «пуха» (рис. 1, поз. 14). Из сепаратора через шлюзовой затвор очищенная крошка направляется в промежуточный бункер-дозатор для загрузки в транспортную тару (биг-бэги, мешки).

Стадия 12. Система очистки воздуха. Как было указано выше, все основные агрегаты установки соединены с отсасывающей линией (рис. 1, поз. 15), по которой все загрязнения и «пух» поступают в циклон, где отделяются и накапливаются. Установка оборудована воздушным фильтром площадью 50 м², антистатическими устройствами, автоматической системой контроля и управления освобождением (выгрузкой) накопившихся отходов (пыль, материал подложки), которые через шлюзовые затворы выгружаются в биг-бэги.

Расход воздуха для отсоса загрязнений для метода МИСО составляет около 100 м³/мин. Для компенсации этого расхода необходимо такое же количество наружного воздуха подавать в помещение. В зимнее время это потребует дополнительного расхода тепла. Для избежания этого следует устанавливать дополнительные фильтровальные установки с целью возврата воздуха в помещение.

При переработке отходов линолеума с подложкой из синтетических волокон фирма «Шумахер» имеет возможность переработать эти отходы в сыпучий агломерат. Для этого необходимо на стадии сортировки отходов обеспечить достаточно большую партию с «синтетической» подложкой. Фирмы готова обсуждать такую возможность и для отходов ПВХ - линолеума без отделения подложки. Для этого она готова провести опробование до 500 кг линолеума без оплаты. Транспортные расходы за счет заказчика.

Технология механического измельчения отходов ПВХ - линолеума с мокрой очисткой (МИМО). По этой технологии полученная крошка ПВХ - компаунда очищается отмывкой в воде. Процесс аналогичен процессу МИСО, но исключается окончательное сепарирование и сухая очистка крошки ПВХ - компаунда (рис. 2, поз. 14) и добавляются следующие технологические операции:

отмывка крошки ПВХ - компаунда водой. Отмывка осуществляется в роторном аппарате непрерывного действия (рис. 2. поз. 15). В случае необходимости используются моющие средства. Чистая крошка выгружается шнеком через шлюзовой затвор. Потребляемая мощность - 20 кВт.;

сушка крошки ПВХ - компаунда. Эта операция осуществляется в аппарате механической сушки, которая происходит за счет тепла, выделяющегося при трении частиц крошки компаунда друг от друга при интенсивном перемешивании (рис. 2, поз. 16). Потребляемая мощность механической сушилки 20 кВт.;

система водоочистки и возврата воды в замкнутый технологический цикл. Загрязненная вода собирается в емкость-отстойник, из которой насосами подается в систему фильтрации, а затем в линию замкнутого технологического цикла водоснабжения процесса. Загрязнения из емкости-отстойника (шлам) шнеком выгружаются в контейнеры и вывозятся на свалку. Потребляемая мощность около 10 кВт.

Получаемая по технологии МИМО крошка ПВХ - компаунда будет более чистой, чем по методу МИСО, однако увеличение инвестиционных затрат составит порядка 10-15%.

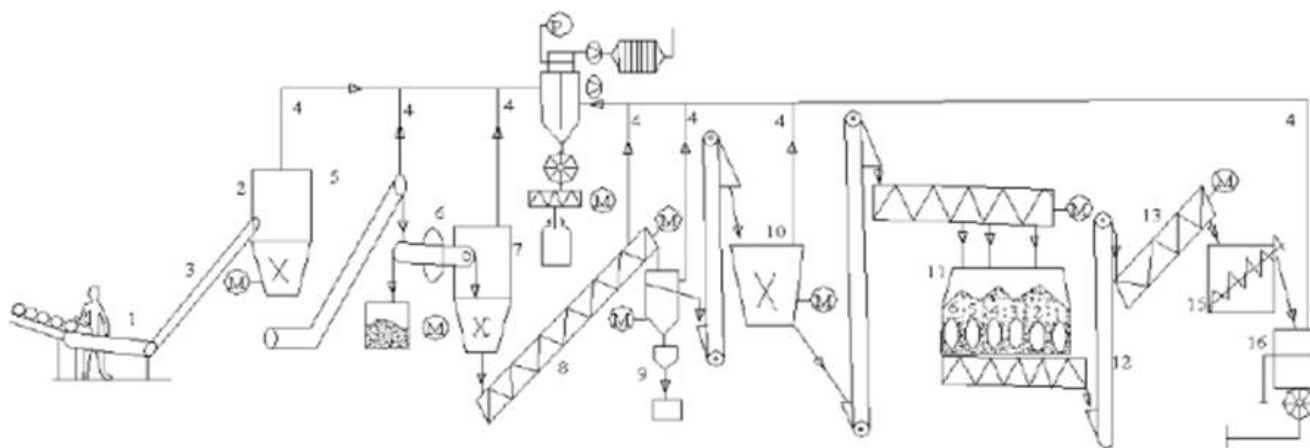


Рис. 2. Принципиальная схема переработки ПВХ - линолеума методом механического измельчения с мокрой очисткой

Чистота получаемых отходов МИСО составит около 97%, по методу МИСО - около 99%.

Метод упруго-вязкого измельчения является новым для переработки отходов ПВХ линолеума. В отличие от метода МИ, по которому уже имеются за рубежом промышленные установки, метод УВИ не прошел стадию комплексного опытно-промышленного производства, хотя в условиях лабораторного экспе-

римента показал ряд преимуществ и хорошие технологические возможности по измельчению отходов ПВХ - линолеума в мелкодисперсный порошок, включающий и материал подложки. Эти испытания показали, что есть все основания говорить о возможности создания механохимического процесса переработки ПВХ линолеума по методу упруго-вязкого измельчения.

Серьезной проблемой для организации промышленного процесса переработки отходов ПВХ - линолеума по методу УВИ является их очистка от загрязнений без операции их измельчения. На рис. 3 показана часть принципиальной схемы переработки отходов ПВХ -линолеума методом УВИ. Эта часть схемы отражает новый метод сухой очистки отходов линолеума и процесс предварительного измельчения полотен до размеров, обеспечивающих возможность загрузки экструдера-измельчителя.

Процесс очистки и предварительного измельчения состоит из следующих стадий:

Стадия 1. Транспортирование, промежуточное складирование и сортировка рулонов отходов ПВХ - линолеума. Эти процессы проводятся аналогично принципиальной схеме переработки отходов по методу МИСО. Широкие рулоны разрезаются гильотинными ножницами на полосы шириной 1-1,5 м и подаются на стол (рис. 3, поз.1).

Стадия 2. Транспортирование рулонов к устройству очистки. На этой стадии сортированные и предварительно проверенные на наличие в них крупных загрязнений отходы ПВХ -линолеума заправляются подложкой вниз в тянущие валки с регулируемой скоростью приема полотен линолеума (рис. 3, поз. 2). Валки снабжены регулируемым пружинным поджимом с целью предотвращения их случайной поломки при попадании жестких крупных загрязнений при невнимательной проверке полотен линолеума на стадии их сортировки и осмотра. Перед валками установлена защитная «шторка» (рис. 3, поз. 3).

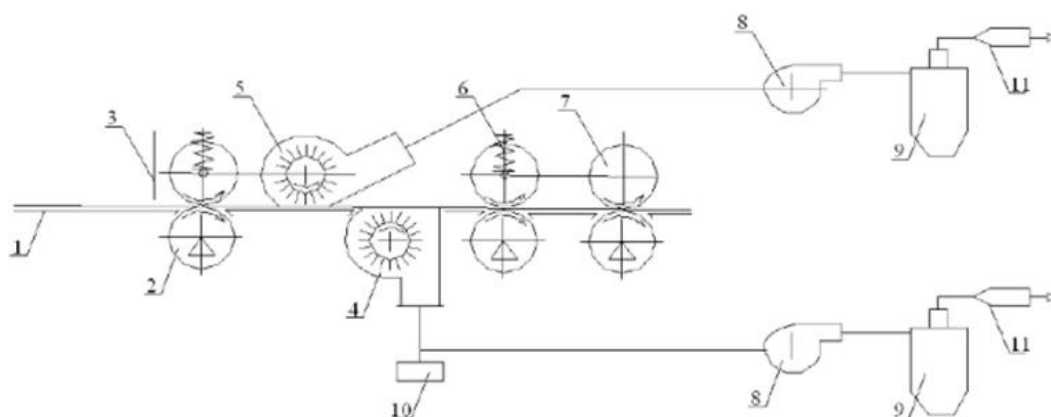


Рис. 3. Принципиальная схема узла сухой очистки для технологии переработки отходов ПВХ-линолеума по методу упруговязкого измельчения

Стадия 3. Стадия сухой очистки полотен отходов ПВХ - линолеума. После направляющих валков полотно линолеума подвергается «взрыхлению» со стороны подложки и очистке (протирке) со стороны ПВХ компаунда с помощью вращающихся верхней (рис. 3, поз. 5) и нижней щеток (рис. 3, поз. 4). При перемещении полотен линолеума между очищающими щетками подложкой вниз тяжелые частицы загрязнений лучше удаляются за счет гравитационных сил при «взрыхлении» подложки. Вращающиеся щетки находятся в кожухах, которые максимально возможно приближены к очищаемым поверхностям полотна линолеума. Выделяемые в момент «взрыхления» загрязнения в виде пыли отсасываются центробежными вентиляторами (рис. 3, поз. 8) и направляются в циклоны-пылесборники (рис. 3, поз. 9) с последующей фильтрацией выбрасываемого в атмосферу воздуха. Структура верхней и нижней щеток разная: со стороны подложки используются грубые щетки - аналогичные используемым в дорожных машинах, со стороны ПВХ - слоя - более мягкие, не вызывающие сдирания слоя компаунда. Число оборотов щеток должно быть регулируемым, так как они одновременно играют роль тянущего приспособления.

Стадия 4. Стадия предварительного измельчения полотен линолеума на полосы. Очищенный от загрязнений, линолеум с помощью тянущих валков

(рис. 3, поз. 6) подается в узел резки полотна линолеума на узкие полосы с помощью дисковых ножей (рис. 3, поз. 7). Ширина полос от 30 до 50 мм.

Стадия 5. Измельчение отходов ПВХ - линолеума в экструдер-измельчителе. Полосы подаются в загрузочный бункер двухшнекового экструдера, где захватываются вращающимися шнеками и измельчаются в тонкодисперсный порошок. Такой метод загрузки широко используется при переработке технологических отходов полимерных пленок.

Стадия 6. Прием конечного продукта переработки отходов ПВХ - линолеума осуществляется в бункера -накопители (силоса) промежуточного хранения, снабженные перемешивающими (для предотвращения слеживания порошка) и выгружающим шнеками. Процесс аналогичен процессу по технологии МИСО.

Стадия 7. Усреднение партий порошкообразного вторичного ПВХ материала. Усреднение партий порошка проводится в бункере, снабженном перемешивающими шнеками. Процесс аналогичен процессу по технологии МИСО.

Стадии 8. Дозирование и упаковка готового продукта проводится на автоматических весах в биг-бэги. Стадия реализуется аналогично процессу по технологии МИСО.

Габаритные размеры установки очистки отходов линолеума и резки его на ленты: длина около 7 м, ширина - 2 м. Потребляемая мощность около 20-25 кВт.

Использование для метода предлагаемой схемы очистки позволит уменьшить необходимые производственные площади на 25-30%.

Исходным сырьем являются отходы полимерных материалов на основе отходов ПВХ -линолеумов. Основной продукт переработки - вторичный ПВХ - компаунд. Дополнительные продукты не используются. Побочных продуктов, пригодных к использованию, при переработке как по методу МИСО, так и УВИ не образуется.

Техническая характеристика ОПМ на основе отходов ПВХ - линолеумов.

Исходное сырье - отходы полимерных материалов на основе ПВХ линолеумов, образующиеся при строительстве и сносе зданий, представляют собой рулонные материалы толщиной от 1,2 мм до 3 мм и шириной полотна от 1,5 м до 4 м.

Отходы полимерных материалов на основе ПВХ линолеумов не должны быть спрессованы, не должны содержать промасленные или содержащие растворители отходы, линолеумы на основе олифы, линолеумы с использованием каучуков и резины, линолеумы с применением металлической фольги, на основе из асбеста, картона, а также ковровые покрытия. Кроме того, на переработку по методу МИСО не принимаются отходы линолеумов на основе из полиолефинов и бумаги.

Содержание влаги в отходах ПВХ - линолеумов, поступающих на переработку не должно превышать 2% (особенно по методу УВИ).

Содержание загрязнений в виде пыли в отходах ПВХ - линолеумов, предназначенных к переработке методом УВИ, не должно быть выше 5%.

При наличии в партии отходов более 5% материала, не подлежащего переработке, бракуется вся партия и возвращается поставщику.

Учитывая многообразие составов как линолеумов в целом, так и входящих в них ПВХ - компаундов, целесообразно подразделять отходы ПВХ - линолеумов по следующим признакам: безосновный или имеющий основу, тип основы (полимерная плавкая - полиэфирная, полипропиленовая; неполимерная волокнистая - войлок, стеклоткань, бумага; неплавкая полимерная - латексная), соотношение: масса ПВХ - компаунда - масса подложки (20:80; 72:28; 50:50). Исходя из такого подразделения, отходы ПВХ - линолеума можно разбить на 6 типов, указанных в таблице 1.

Таблица 1

Типы отходов ПВХ-линолеумов и их характеристики

№ пп	Тип отходов ПВХ - линолеума	Тип подложки	Количество материала под- ложки, масс. %
---------	--------------------------------	--------------	---

1	Тип А	Плавкая полимерная	74-80
2	Тип Б	Плавкая полимерная	6-11
3	Тип В	Неплавкая войлочная	30-26
4	Тип Д	Без подложки	0
5	Тип Е	Неплавкая джутовая	5-10
6	Тип К	Неплавкая бумажная	5-10

Техническая характеристика вторичного ПВХ - компаунда, получаемого по методу МИСО.

Вторичный ПВХ компаунд - термопластичный материал представляет собой крошку неправильной формы, средний размер частиц которой определяется размером решетки роторного измельчителя и размером ячеек сита сепарирующего устройства и составляет от 3 до 20 мм.

Окраска крошки - неоднородная, определяется окраской кусков отходов ПВХ - линолеума.

Крошка не должна иметь резкого запаха.

Содержание влаги и летучих не более 0,5%, содержание пыли не более 0,5%.

Насыпная плотность вторичного материала зависит от типа линолеума и размера частиц крошки и соответствует 150-300 кг/м³ (определение насыпной плотности продуктов переработки отходов ПВХ - линолеума проводится согласно ГОСТ 11035-64 «Метод определения насыпной плотности формовочных масс, просыпаемых и не просыпаемых через воронку»).

Содержание материала подложки («вата», «пух») не более 3% масс.

Побочный продукт, образующийся при использовании метода МИСО - материал подложки в виде «пуха» («ваты»), представляет собой измельченный волокнистый материал подложки с включениями мелких частиц ПВХ - компаунда и пыли. «Пух» («вата») при извлечении из ножевой дробилки представляет собой очень рыхлую несыпучую массу с насыпной плотностью менее 50 кг/м³. «Пух» («вата») легко уплотняется при небольшом давлении.

Техническая характеристика вторичного ПВХ - компаунда, получаемого по методу УВИ.

Вторичный ПВХ - компаунд - термопластичный материал - представляет собой порошок с частицами продолговатой формы, фракционный состав которых определяется типом перерабатываемого линолеума и степенью его старения. Содержание частиц размером выше 1 мм не более 30%.

Насыпная плотность порошков вторичного ПВХ - компаунда от 320 до 410 кг/м³.

Свойства исходных отходов полимерных материалов (ОПМ) на основе отходов ПВХ линолеумов.

Исходные ОПМ на основе отходов ПВХ - линолеумов представляют собой рулонные материалы, состоящие из ПВХ компаунда и подложки (или без подложки).

В состав ПВХ - компаундов входят ПВХ суспензионного и/или эмульсионного типа, наполнители (мел, тальк, асбест), пластификаторы (диоктилфталат, дибутилфталат, хлорид-а-рафин, веретенное масло и др.), стабилизаторы (саликат свинца, стеарат свинца, барийкадмиевые соединения), смазки (стеарат кальция, стеариновая техническая кислота и др.), антистатика, пигменты.

Масса 1 м³ отходов ПВХ - линолеума зависит от типа линолеума и составляет от 1 кг до 2,7 кг.

Отходы ПВХ - линолеумов, образующиеся при строительстве и сносе зданий, не выделяют во внешнюю среду при нормальных условиях вредные вещества в количествах, превышающих ПДК или допустимый уровень (ДУ), утвер-

жденные Министерством здравоохранения (Минздрав СССР 20.09.1976 г. № 1508-76) и органами санэпиднадзора.

Отходы ПВХ линолеумов относятся к группе горючих материалов.

Свойства конечных продуктов переработки ОПМ на основе отходов ПВХ - линолеумов.

Свойства конечных продуктов переработки ОПМ на основе отходов ПВХ - линолеумов определяются методом их переработки во вторичный материал.

Свойства конечных продуктов переработки ОПМ на основе отходов ПВХ - линолеумов методом МИСО.

Вторичный термопластичный материал, получаемый при переработке отходов ПВХ -линолеумов, представляет собой крошку с размером частиц от 3 до 10 мм неоднородную по окраске.

По составу вторичный материал соответствует усредненному составу ПВХ - компаунда перерабатываемых отходов линолеумов.

Содержание влаги и летучих не более 0,5% масс, содержание пыли не более 0,5% масс, содержание материалов подложки в виде «ваты» («пуха») не более 3% масс.

Насыпная плотность вторичного материала зависит от типа линолеума и размера частиц крошки и составляет 150-300 кг/м³.

Вторичный ПВХ - компаунд набухает или растворяется во всех растворителях поливинилхлорида.

При нагревании до температуры 120-160°C способен переходить в вязкотекучее состояние.

При длительном нагревании при температуре свыше 150°C возможно разложение с выделением HCL и изменением окраски крошки до темно-коричневой.

В зависимости от степени состаренности вторичный ПВХ - компаунд проявляет различную способность к вальцеванию.

Текучесть вторичного ПВХ - компаунда оценивается по значению расхода через стандартный капилляр прибора ПИРТ (170оС, нагрузка 21,6 кг) и составляет от 7г/10 мин. до 12г/10 мин. Время термостабильности расплава вторичных ПВХ - компаундов, определяемое по изменению времени истечения постоянного объема расплава при прогреве при 170°С составляет от 7 мин. до 11 мин. в зависимости от типа отходов ПВХ - линолеума.

Предел прочности при растяжении образцов, полученных вальцеванием крошки, от 9,2 до 12 МПа, полученных прессованием вальцованного материала от 8,1 до 11,5 МПа.

Относительное удлинение при разрыве образцов, полученных вальцеванием крошки, не менее 70%, полученных прессованием отвальцованного материала не менее 60%.

Указанные свойства сведены в форму табл. 7.14.

Свойства конечных продуктов переработки О11М на основе отходов ПВХ - линолеумов методом УВИ.

Вторичный термопластичный материал, получаемый при переработке отходов ПВХ-линолеумов, представляет собой неоднородный по окраске порошок с частицами размером от 45 мкм до 2 мм (при продолговатой форме частиц длина может составить 4-5 мм).

Состав порошкообразного вторичного материала соответствует усредненному составу перерабатываемых отходов ПВХ линолеумов, включая подложку. Насыпная плотность порошкообразного вторичного материала зависит от типа линолеума и составляет от 320 до 410 кг. Порошкообразный вторичный ПВХ - материал набухает или растворяется во всех растворителях поливинилхлорида. При нагревании до температуры 120-160°С способен переходить в вязко-текучее состояние. При длительном нагревании при температуре свыше 150оС возможно разложение материала с выделением HCl и изменением окраски порошка до темно-коричневой.

Таблица 2

Свойства вторичного материала на основе отходов ПВХ - линолеума, полученного по методу МИСО

№ пп	Показатель	Размерность	Значение показателя	Метод определения
1	2	3	4	5
1	Фракционный состав не более 10 мм от 3 до 10 мм менее 3 мм	%	5-7 80-95 0,5	Ситовой анализ на ситах по ГОСТ 3584-73. Сита для определения размера частиц минеральных и неминеральных веществ
2	Насыпная плотность, не менее	кг/м ³	150	ГОСТ 11035-64 «Метод определения насыпной плотности формовочных масс, просыпаемых и не просыпаемых через воронку»
3	Массовая доля влаги и летучих, не более	%	0,5	ГОСТ 14043-77 «Метод определения массовой доли влаги и летучих», в термощкафу при 70°C
4	Показатель текучести расплава, не менее	г/10 мин	5,0	ГОСТ 11645-73 «Метод определения показателя текучести расплава термопластов», Т=170°C, Р=21,6 кг, капилляр 8х2 мм
5	Массовая доля пыли, не более	%	0,5	Ситовой анализ на ситах по ГОСТ 3584-73 «Сита для определения размера частиц минеральных и неми-

				неральных веществ» с размером ячеек 3 мм
6	Массовая доля «пуха», не более	%	3	Ручным разделением 500 г усредненной пробы крошки и взвешиванием «пуха»
7	Время термостабильности расплава, не менее	мин.	7	Прибор ПИРТ при 170°С, Р=21,6 кг, по изменению времени истечения постоянного объема расплава на i 15%
8	Разрушающее напряжение при растяжении, не менее - вальцованные образцы - прессованные образцы	МПа	9,0 8,0	ГОСТ 11262-80 «Метод испытания на растяжение». Вальцевание при 150°С, фрикция 1,2, Время вальцевания 5 мин. Прессование при 160°С, Р=10 МПа, время прессования 3 мин.
9	Относительное удлинение при разрыве, не менее - вальцованные образцы - прессованные образцы	%	70 60	

В зависимости от степени состаренности порошкообразный вторичный ПВХ - материал проявляет различную способность к вальцеванию.

Текучесть расплава порошкообразного вторичного ПВХ - материала оценивается по значению расхода через стандартный капилляр прибора ПИРТ (170°С, нагрузка 21,6 кг) и составляет от 5 до 12 г/10 мин.

Время термостабильности расплава порошкообразных вторичных ПВХ - материалов, определяемое по сохранению текучести расплава при прогреве при 170°C составляет от 6 мин. до 11 мин. в зависимости от типа отходов ПВХ - линолеума.

Предел прочности при растяжении образцов, полученных вальцеванием, не менее 8 МПа, полученных прессованием отвальцованного материала не менее 7 МПа.

Относительное удлинение при разрыве образцов, полученных вальцеванием, не менее 80%. полученных прессованием отвальцованного материала не менее 60%.

Указанные свойства приведены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства вторичного материала на основе отходов ПВХ - линолеума, полученного по методу УВИ

№ пп	Показатель	Размерность	Значение показателя	Метод определения
1	Фракционный состав - более 1,6 мм - от 1,0 до 1,6 мм - менее 1,0 мм	%	10-15 15-20 40-75	Ситовой анализ на ситах по ГОСТ 3584-73 «Сита для определения размера частиц минеральных и неминеральных веществ»
2	Насыпная плотность, не менее	кг/м ³	320	ГОСТ 11035-64 «Метод определения насыпной плотности формовочных масс, просыпаемых и не просыпаемых через воронку»
3	Массовая доля влаги и летучих, не более	%	0,5	ГОСТ 14043-77 «Метод определе-

				ния массовой доли влаги и летучих», в термощкафу при 70°C
4	Показатель текучести расплава, не менее	г/10 мин.	5,0	ГОСТ 11645-73 «Метод определения показателя текучести расплава термопластов», Т=170°C, Р=21,6 кг, капилляр 8х2 мм
5	Время термостабильности расплава, не менее	мин.	6	Прибор ИИРТ при 170°C, Р=21,6 кг, по изменению времени истечения постоянного объема расплава на± 15%
6	Разрушающее напряжение при растяжении, не менее - вальцованные образцы - прессованные образцы	МПа	8.0 7,0	ГОСТ 11262-80 «Метод испытания на растяжение». Вальцевание при 150°C, фракция 1,2, Время вальцевания 5 мин. Прессование при 160°C, Р=10 МПа, время прессования 3 мин.
7	Относительное удлинение при разрыве, не менее - вальцованные образцы - прессованные образцы	%	80 60	

Практическая часть

1. Не применяемый химический метод переработки отходов ПВХ

(?) растворный

(?) пиролиза

(!) биологического окисления

(?) гидролиза

2. Время термостабильности расплава порошкообразных вторичных ПВХ - материалов, определяемое по сохранению текучести расплава при прогреве при 170°C составляет...?

(!) от 6 до 11 мин

(?) от 1 до 5 мин

(?) от 10 до 15 мин

(?) от 3 до 10 мин

3. Вторичный термопластичный материал, получаемый при переработке отходов ПВХ -линолеумов, представляет собой

(!) крошку с размером частиц от 3 до 10 мм

(?) порошок

(?) гранулы размером от 5 до 10 мм

(?) полосы длиной до 10 мм

4. При нагреве до какой температуры чистый ПВХ без стабилизаторов и пластификаторов начинает выделять HCl?

(?) 50 °C

(?) 70 °C

(?) 140 °C

(!) 100 °C

5. Содержание загрязнений в виде пыли в отходах ПВХ - линолеумов, предназначенных к переработке методом УВИ, не должно быть выше

(?) 4%

(!) 5%

(?) 6%

(?) 7%

6. В состав установки для механического измельчения отходов ПВХ не входят:

(!) сито

(?) мельница

(?) воздуходувка

(?) транспортерная лента

7. Интрузия – это...

(!) процесс, при котором смешанные загрязненные бытовые и промышленные отходы преобразуются в пользующееся спросом сырье

(?) процесс, при котором отходы химической промышленности преобразуются в пользующееся спросом сырье

(?) процесс, при котором смешиваются отходы различных видов производства

(!) процесс, при котором разнородные материалы могут быть объединены и смешаны таким образом, чтобы сформировался некий продукт

8. Продукт, который не может быть выделен методом пиролиза

(?) CaCl_2 ,

(?) кокс

(?) металлы

(!) NaCl

9. Отходы полимерных материалов на основе ПВХ линолеумов, образующиеся при строительстве и сносе зданий, представляют собой%

(!) рулонные материалы толщиной от 1,2 мм до 3 мм и шириной полотна от 1,5 м до 4 м.

(?) рулонные материалы толщиной от 10 мм до 15 мм

(?) полосы длиной от 3 до 6 м

(?) полосы длиной от 1,5 до 3 м

10. Расход воздуха для отсоса загрязнений для метода МИСО составляет

(!) около 100 м³/мин

(?) около 150 м³/мин

(?) около 200 м³/мин

(?) около 150 м³/мин