



Общий вид линии мойки отходов пластмасс

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. В. Галихайдаров, основатель и технический директор компании GRAN GARO, генеральный директор ООО «РЕЦИКЛЕН ГРУПП»

Существуют ли универсальные линии для переработки отходов пластмасс? Чтобы можно было перерабатывать на них любых отходы – и твердые, и мягкие, причем независимо от степени их загрязненности и типа полимера. Бывает, что даже некоторые производители подобного оборудования положительно отвечают на этот вопрос, которым наверняка задается тот, кто хочет открыть свой бизнес в этой подотрасли. На самом же деле, если речь идет о получении на выходе качественного вторичного продукта, для каждого вида полимерных отходов существует не только своя оптимальная технологическая, но и бизнес-модель переработки. Попробуем более подробно разобраться с этим вопросом.

Забегая вперед, скажем, что право давать советы по выбору оборудования по переработке отходов пластмасс дает нам собственный опыт его разработки и производства в компании GRAN GARO и ежедневной эксплуатации его же на собственном заводе «РЕЦИКЛЕН ГРУПП», который по сути служит базой для «обкатки» тех или иных конструкторско-технологических решений.

Итак, в **любом** случае завод по переработке отходов пластмасс в качественный регранулят должен быть оснащен тремя линиями – мойки, гранулирования и водоочистки. Рассмотрим по порядку преимущества и недостатки той или иной комплектации этих линий на примере переработки полиолефинов, отходы которых встречаются, наверное, чаще всего. Но не вдаваясь при этом в более подробное, чем в данной статье, описание узлов указанных линий, считая, что это тема отдельного разговора.

1. МОЙКА ОТХОДОВ

В типичную комплектацию линии мойки отходов ПЭ и ПП, предлагаемую, например,

рядом китайских или турецких производителей, входит следующее оборудование:

- дробилка;
- узел фрикционной мойки;
- ванна флотации;
- узел фрикционной мойки;
- ванна флотации;
- моющая центрифуга;
- отжимной пресс.

Все вроде бы оптимально и разумно, но... Наш более чем 20-летний опыт показал неэффективность этой технологической схемы процесса, бесполезность некоторых узлов, например фрикционных моек, а также излишнее количество ванн флотации (в приведенном примере их две, но бывают и три). Кроме того, при использовании подобной линии возникает еще и ряд проблем как технологического, так и коммерческого характера. Во-первых: для многих видов отходов шредер будет гораздо более эффективнее и производительнее, чем дробилка. Для тех же, кто планирует работать с большим объемом труб, нужны вообще специализированные шредеры. Во-вторых, на линии с отжимным прессом невозможно будет



Статья подготовлена Е. В. Галихайдаровым по просьбе редакции журнала на основе его же доклада на организованной журналом конференции «Вторая жизнь полимерных материалов» (09.08.2023). – Прим. ред.

перерабатывать твердые отходы ПЭ или ПП (канистры, флаконы, поддоны, листы, трубы, брак и т. п.). А этот тип отходов может составлять до половины объема заготовки сырья.

На рисунке у заголовка статьи приведен пример линии GRAN GARO, предназначенной для мойки отходов ПЭ. Ее конфигурация выглядит следующим образом:

- шредер;
- интенсивная моющая центрифуга;
- ванна флотации;
- интенсивная моющая центрифуга;
- сушильная центрифуга;
- узлы сушки и депонирования для последующей подачи в линию гранулирования.

Практика показывает, что такая линия позволяет эффективно работать как с твердыми, так и с мягкими отходами полимеров и перерабатывать как слабо, так и сильно загрязненные отходы. Здесь следует вспомнить о трех ее главных задачах: измельчить, отмыть и высушить материал. Кому-то может показаться, что самое главное – это отмыть материал, тем более если речь идет о сильно загрязненных отходах, например, полигонного сбора. И хотя все три функции важны и нужны, но наиболее сложными из них являются измельчение и сушка вторсырья, а собственно мойка – самая простая задача. Поэтому во главе линии – в прямом и переносном смысле – находится не дробилка, а шредер (рис. 1), в который сырье может подаваться даже кипами вместе с проволокой, без предварительной сортировки (рис. 2). Измельченное сырье после шредирования содержит, как правило, много загрязнений (песок, землю, органику, бумагу, фольгу и пр.), но это не «страшно», поскольку будет удалено на следующих стадиях процесса. Здесь следует заметить, что качество конечного гранулята зависит главным образом не от внешних загрязнений, с которыми наше оборудование успешно справляется, а от смешения полимеров разного вида в отмываемых отходах (ПЭВП, ПЭНП, ПП и пр.).

Далее, правильное использование двух интенсивно моющих центрифуг, расположенных до и после ванны флотации, оказывается гораздо эффективней нескольких узлов фрикционной мойки, а главное – позволяет использовать только одну ванну флотации вместо двух или трех. И, наконец, взамен отжимного пресса выбрана сушильная центрифуга, которая подходит для обезвоживания и мягких, и твердых отходов, исключает опасность деструкции полимеров и оставляет на них минимальное количество как влаги, так и грязи (рис. 3).



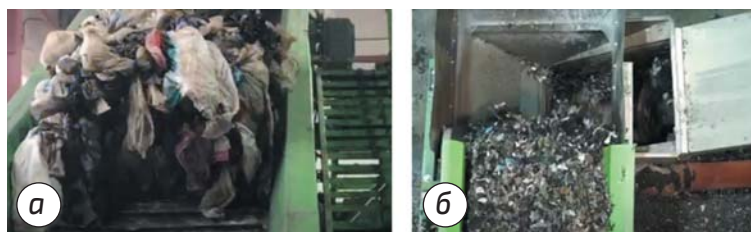
2. ГРАНУЛИРОВАНИЕ

Типичными для линии гранулирования являются вопросы о выборе вида загрузки, фильтра расплава, узла резки экструдата на гранулы и конфигурации экструзионной секции линии (одно, двух- или трехкаскадная). Рассмотрим по порядку эти вопросы, опираясь, например, на компоновку линии гранулирования GRAN GARO GR-160 (рис. 4).

Загрузчик. Из двух наиболее распространенных в настоящее время узлов загрузки материала в экструдер – компактор или засыпной волнометрический бункер – более предпочтительным является компактор ввиду его явных преимуществ. Во-первых, он позволяет подавать в экструдер материал практически с любой насыпной плотностью – и легкую пушонку, и агломерат, и дробленку, и даже очищенные, но не измельченные отходы пленки, спанбонда, мешков и т. д. Во-вторых,

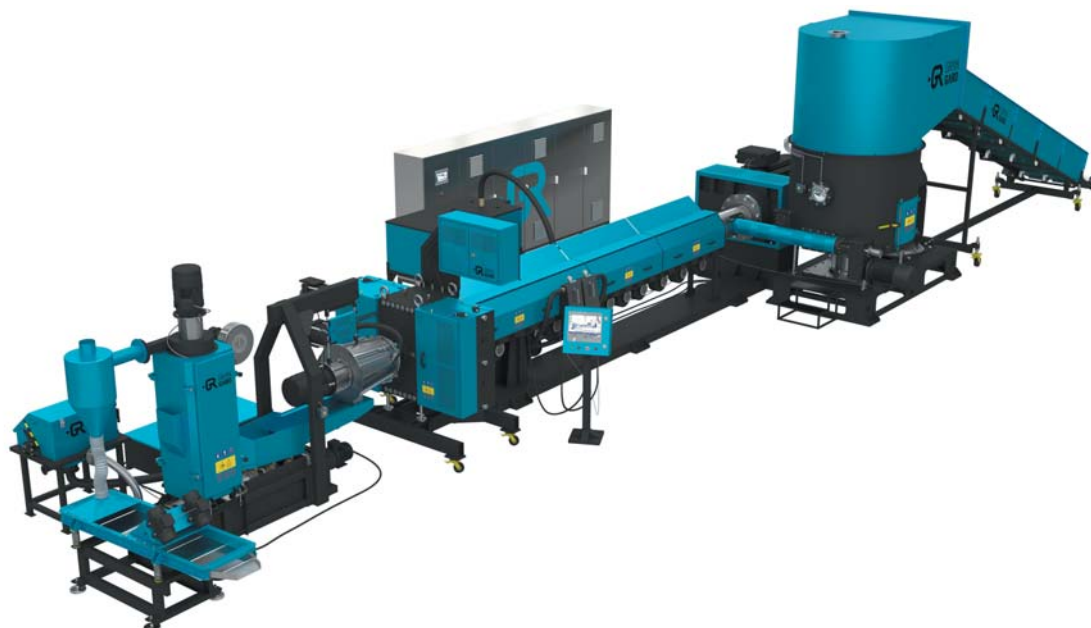
▲ **РИС. 1.** Примеры шредеров различного типоразмера с производительностью переработки от 500 до 1500 кг/ч (слева направо): GR-900, GR-1300 и GR-1700 (все рисунки: GRAN GARO)

▼ **РИС. 2.** Внешний вид отходов на входе в шредер (а) и выходе из него (б)



◀ **РИС. 3.** Сушильная центрифуга

РИС. 4. ▶
Общий вид
однокаскадной
линии
гранулирования
модели GR-160



он удаляет из материала остаточную влагу и подогревает материал непосредственно перед подачей в экструдер, повышая тем самым энергоэффективность всей линии гранулирования (рис. 5).

Известным решением является также принудительный загрузочный шнек (force-feeder). Однако его производительность существенно снижается при уменьшении насыпной плотности материала. Кроме того, он не решает проблемы с влажностью и может работать только с сухим материалом.

Экструдер. С технико-экономической точки зрения оптимальным выглядит использование однокаскадного экструдера, который традиционно предлагают практически все ведущие европейские производители. При надлежащей очистке отходов и благодаря правильной конфигурации шнека, узла дегазации, отлаженной совместной работе компактора и шнека, он без проблем справляется со всеми видами

отходов, обеспечивая и высокое качество гранулы, и высокую производительность. А двух- или даже трехкаскадные экструдеры следует считать решением, альтернативным по отношению к неэффективному однокаскадному. Понятно, что, если повторить стадии гомогенизации и фильтрации расплава, его качество будет лучше, но, например, два каскада (не говоря уже о трех) – это означает две шнековые пары и два фильтра. Как следствие, линия будет дороже, потребление электроэнергии выше, а обслуживание сложнее, требуя зачастую не одного, а двух операторов. Кроме того, в этом случае материал подвергается дополнительному термическому воздействию, что ему противопоказано из-за опасности деструкции. Если же увеличивать скорость прохождения материала через выбранный двухкаскадный экструдер, то, во-первых, «упремся» в его максимально допустимую производительность, а во-вторых, лишимся всех преимуществ двухкаскадной линии из-за недостаточно качественной гомогенизации материала и его неполной фильтрации. Так что, если и переходить на двух- или трехкаскадное исполнение линии гранулирования, следует понимать, что это – не от «хорошей жизни», а вследствие неэффективности линии мойки отходов и (или) в качестве компенсации конструкторско-технологической слабости узла загрузки и (или) первого экструдера. И надеясь при этом, что не до конца решенные проблемы с влажностью и загрязненностью материала удастся «дорешать» на линии гранулирования.

Фильтр расплава. Здесь следует заметить, что у каждого из известных на современном рынке фильтров расплава – лазерного, с обратной очисткой или шибберного со сменными сетками – есть свои преимущества и недостатки,

РИС. 5. ▶
Узел
компактирования
отмытых отходов





◀ РИС. 6. Шиберный фильтр со сменными сетками (а) и водокольцевой узел резки (б)

приведенные в табл. 1. Критериями сравнения при выборе того или иного решения служат степень загрязнения материала, качество фильтрации, стоимость фильтра и степень использования ручного труда (человеческий фактор). Считаем, что из технико-экономических соображений более предпочтительным является шиберный фильтр со сменными сетками, который в два-три раза дешевле, чем, например, лазерный, надежен и прост в эксплуатации и может эффективно работать как единственный на однокаскадном экструдере и фильтровать с тонкостью фильтрации 100 мкм (рис. 6, а).

Узел резки. Все три используемые в настоящее время технологии резки экструдата на гранулы – стренговая, подводная или водокольцевая – могут использоваться для разных перерабатываемых материалов и в этом отношении примерно равнозначны (табл. 2). Но с точки зрения известного соотношения «цена (в данном случае – узла резки) – качество (гранулы)» более предпочтительной выглядит водокольцевая (рис. 6, б).

В заключение раздела следует добавить, что особенностью линий гранулирования GRAN GARO является наличие предварительного удлиненного шнека сравнительно большого

Таблица 1. Преимущества и недостатки различных типов фильтра расплава

Тип фильтра	Преимущества	Недостатки
Лазерный	Может фильтровать сильно загрязненный материал, но лучше всего используется в качестве первого фильтра с тонкостью фильтрации 300-400 мкм на двухкаскадном экструдере. Требуется минимального обслуживания.	При тонкости фильтрации 100 мкм могут быть засорения и повреждения лазерного диска. При сильном загрязнении сырья или забивании фильтра происходят существенные потери расплава вместе с мусором. Стоимость приобретения – от 200 тыс. евро на 1000 кг/ч
С обратной очисткой	Возможна тонкость фильтрации 80-100 мкм, но при сильном загрязнении материала необходимо либо повышать тонкость фильтрации до 300-400 мкм, либо «смиряться» с потерями расплава. Стоимость – от 20 тыс. евро на 1000 кг/ч	Фильтрует только не сильно загрязненный материал. При большом количестве загрязнений происходят большие потери расплава вместе с мусором (иногда до 50 %). Требуется оператор для замены сетки по сигналу
Шиберный фильтр со сменными сетками	Может фильтровать сильно загрязненный материал, и работать как единственный фильтр на однокаскадной линии с тонкостью фильтрации 80-100 мкм. Стоимость – от 30 тыс. евро на 1000 кг/ч	Задействован ручной труд (оператор должен по сигналу менять сетки)

Таблица 2. Преимущества и недостатки различных способов резки

Тип резки	Преимущества	Недостатки
Стренговая	Узел может работать с разными материалами, в том числе с высокой текучестью, при смене фильер и настроек	Узел неудобен в эксплуатации, так как требует регулярного участия оператора. Велики потери расплава при порыве стренг
Подводная	Узел может работать с разными материалами (с широким диапазоном ПТР – от 0,3 до 80 г/10 мин) при смене фильер и настроек	Высокая стоимость узла резки (от 50 тыс. евро) и расходных компонентов, в частности ножей
Водокольцевая	Узел может работать с разными материалами при смене фильер и настроек. Надежен и прост в эксплуатации, доступен по цене и не образует больших отходов в процессе эксплуатации	Проблемы резки материалов с высокой текучестью (с ПТР более 40 г/10 мин)

диаметра, который забирает материал из компактора более эффективно, чем основной шнек с несколькими витками загрузочной части (как у обычных линий), сильнее уплотняет его и, как следствие, обеспечивает более высокую производительность основного экструдера с уже подготовленным подогретым сырьем.

3. ВОДООЧИСТКА

Необходимо сразу заметить, что комплекс водоочистки, обслуживающий оборотной водой линию мойки, – это сегодня обязательное решение для любого переработчика полимерных отходов как с экологической, так и технико-экономической точки зрения. Допустим, что свежую воду можно заполучить сравнительно недорого, но вот сливать куда-либо грязную не позволяют современные экологические стандарты и законодательные нормы. Но самое главное – это то, что водоочистной комплекс не только экономит расходы, но и «зарабатывает деньги». Экономия расходов достигается за счет обеспечения непрерывного поступления необходимого количества очищенной оборотной воды для мойки отходов пластмасс, причем с минимальным доливом в систему свежей воды. При этом осуществляется эффективное удаление в компактном виде большого количества загрязнений, образующихся в системе водоочистки. А рентабельность производства при наличии эффективной системы водоочистки обеспечивается благодаря высокой производительности как линии мойки, так и линии гранулирования за счет качественной очистки вторичного сырья и бесперебойности работы основного оборудования. Примером служит автоматизированный комплекс физико-химической очистки оборотной воды производительностью до 1000 м³/сут, выпуска-

емый компанией GRAN GARO (рис. 7). В целом процесс осуществляется в три стадии:

- механическая очистка;
- химическая очистка;
- обезвоживание и вывод иловых осадений.

Ниже приведены основные узлы, входящие в состав комплекса, и их назначение. Первые три осуществляют механическую очистку воды, следующие два – химическую.

Пескоуловитель. Удаляет мелкий гравий и песок из сточных вод. Состоит из безвального спирально-винтового транспортера и бункера.

Гидрофильтр. Представляет собой самоочищающийся фильтр тонкой механической очистки оборотной воды. Извлекает включения размером до 100 мкм.

Гидравлический компактор. Обезвоживает и уплотняет отходы типа «сечки» после гидрофильтра, на 50 % уменьшая в них содержание влаги.

Станции приготовления и дозирования коагулянтов и флокулянтов. Здесь приготавливаются и дозируются реагенты с производительностью от 100 до 10 000 л/ч в зависимости от типоразмера станции.

Седиментационно-флотационная установка (рис. 8). Служит для осаждения и удаления химически связанных загрязнений, а также для осветления стока. Пластинчатое внутреннее устройствократно повышает площадь осаждения.

Шнековый дегидратор. Окончательно обезвоживает иловый осадок, который остается после физико-химической очистки оборотной воды. В противном случае повышенное содержание жидкости в осадке увеличит его массу, объем и затруднит транспортирование и утилизацию. Зачастую здесь для удаления влаги используют дорогостоящие фильтр-прессы и декантеры. В отличие от них предлагаемый шнековый



РИС. 7. ▶
Общий вид водоочистного комплекса производительностью до 1000 м³/сут

дегидратор осадка дешевле и более эффективен, в том числе с точки зрения энергопотребления.

В целом же линия водоочистки может включать до 20 ед. оборудования, после которых до 99 % воды можно запускать обратно в оборот. А работать на полностью свежей воде в настоящее время никто себе не позволит из экономических и экологических соображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что, по нашему мнению, проверенному практикой, не существует универсального оборудования для переработки отходов пластмасс: полиолефины, ПЭТ, ПВХ, ПС, ПК, АБС-пластики – все по-разному перерабатываются. На российском рынке уже существует много компаний, которые специализируются на том или ином виде сырья, и, соответственно, жесткая конкуренция и «выживание» в ее условиях подразумевают специализацию предприятия. Поэтому компании, которые пытаются перерабатывать все виды отходов или даже концептуально задумываются об этом, заведомо ставят себя в слабую конкурентную позицию.

Имеются, конечно, исключения в виде малых предприятий в отдаленных регионах, где невозможно сфокусироваться на каком-то одном полимере, и компания на каком-то очень простом оборудовании и с большим вовлечением ручного труда пытается перерабатывать все виды отходов, что негативно сказывается на рентабельности бизнеса.

Вместе с тем мы вовсе не отрицаем необходимость гибкости бизнес-моделей производства. Например, начинающему производителю имеет смысл подумать о том, стоит ли инвестировать в линию гранулирования при переработке отходов ПЭТ, если стоимость ПЭТ-флексов сегодня не намного меньше стоимости регранулята. Но это сегодня.

Или взять, например, линию мойки, которая, предположим, не справляется со своей задачей. Тут возможны два решения – или вложиться в ее усовершенствование, или инвестировать в двухкаскадную линию гранулирования с лазерным фильтром на первом каскаде. Но в этом случае нужна более тонкая фильтрация расплава на втором с помощью, например, шибберного фильтра, иначе качество гранулы будет недостаточно для того, чтобы конкурировать на рынке.

И еще. То оборудование GRAN GARO, о котором говорилось, разработано с учетом всех лучших и проверенных решений ведущих европейских производителей. И в настоящее время, например, линию гранулирования при-



▲ РИС. 8. Седиментационно-флотационные установки различного типоразмера

мерно на 80 % мы производим самостоятельно, а 20 % – это компоненты из дружественных стран, т.е. никакой зависимости ни от европейских, ни от других недружественных стран в производстве этих линий сейчас у нас нет.

Что же касается экономической стороны вопроса, то практика показывает, что рентабельной переработка отходов становится при производительности 300 т/мес и более. В этом секторе российского рынка время от времени наблюдаются изменения – какие-то малые предприятия «прогорают» и закрываются, какие-то вновь открываются, но более или менее рентабельным бизнес становится именно при указанной производительности. И количество крупных переработчиков становится больше не только в центральном, но и в других регионах России. Потребление никуда не делось, вторичное сырье есть и будет, поскольку полимерных отходов становится все больше, и их нужно перерабатывать. Рециклинг – такая сфера деятельности, зарабатывать на которой сравнимо со своего рода искусством, потому что много составляющих в этом уравнении – по сырью, маржинальности, отходам и потерям, возникающим в процессе рециклинга. И те, кто справляется с этими задачами и «научается» зарабатывать, – задают, в свою очередь, тон производителям оборудования, которые не должны, в свою очередь, «экспериментировать» на заказчике. Именно поэтому требуется соответствующее качественное оборудование, которое будет стабильно и, главное, рентабельно работать, причем сразу же после запуска производства, выдавая заявленные показатели производительности процесса и качества продукции. ■

Machinery Choice for Post-consumer Plastic Recycling Industry

E. Galikhaidarov

The issues of optimal layout of technological lines for washing and granulating polymer waste, as well as a waste water treatment plant are discussed. Recommendations are given.