

Вторичная переработка полимерных материалов (RegrindPro® – качественный скачок)



К. Китцбергер, Ерема, Австрия

Чтобы использовать вторичные полимерные материалы для полноценной замены первичного полимерного сырья, должны выполняться два основных условия. Во-первых, необходимо иметь в достаточном количестве вторичные материалы, а во-вторых, должны существовать возможности для их экономической переработки в регрануляты с заранее заданными свойствами. В этом отношении использование дробленого материала в качестве исходного сырья для вторичной переработки открывает очень широкие возможности.

Предисловие

В сфере переработки термопластичных полимерных материалов вторичные грануляты, производимые на основе дробленых полимерных отходов, представляют собой важную альтернативу более дорогим первичным материалам. Во многом это обусловлено тем, что дробленку проще, чем, например, пленочные отходы, рассортировать с образованием односортовых потоков, направляемых на вторичную переработку. Источниками сырья для такой вторичной переработки могут быть следующие виды использованной продукции (рис. 1):

- толстостенные упаковки, например, бутылки из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) для гигиенической или косметической

продукции, изготовленные выдувным формованием;

- изделия, изготавливаемые методами термоформования или литья под давлением из полипропилена (ПП) и полистирола (ПС) (в частности, крышки и колпачки, стаканчики, чашки и т. п.);
- полимерные элементы электрического и электронного оборудования;
- различные детали автомобилей, такие как бамперы, моноблоки аккумуляторных батарей, трубки из моторного отсека и др.

Помимо односортности, для переработчиков важное значение имеют реологические свойства вторичных материалов, которые должны обеспечивать бесперебойную их дальней-



шую переработку и возможность получения конечных изделий с требуемыми функциональными свойствами. При этом речь идет не только о механических характеристиках, но и о качестве поверхности, окрашиваемости изделий и даже об их запахе. Все эти обстоятельства обуславливают очень высокий уровень требова-

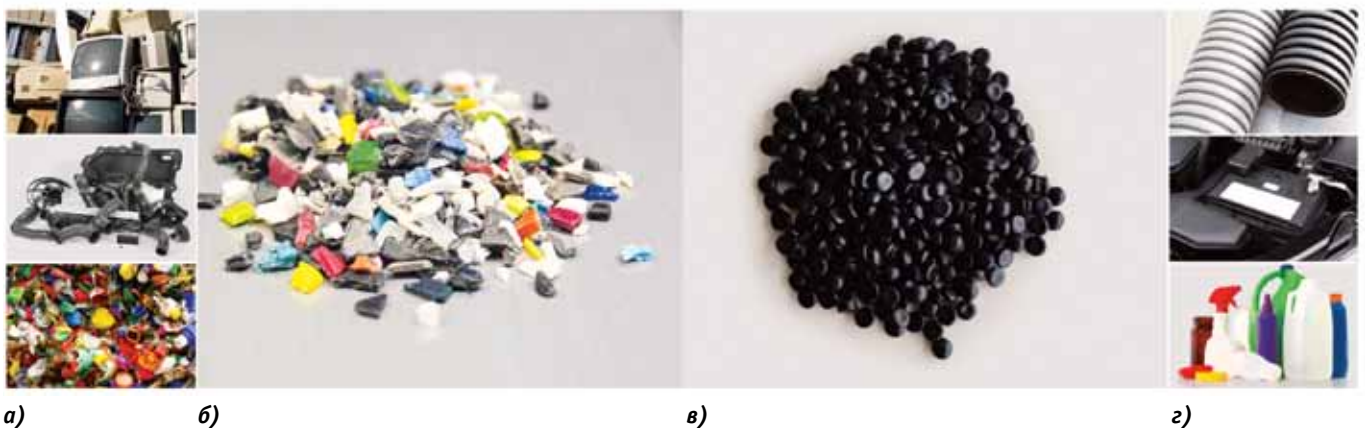


Рис. 1. Отходы полимерных изделий (упаковка, детали автомобилей и электроники) (а) после измельчения (б) перерабатывают во вторичное сырье – гранулы (в) для изготовления новых изделий (г)



Рис. 2. RegrindPro® для переработки измельченных отходов полимерных изделий

ний к методам вторичной переработки, что далеко не всегда обеспечивалось существовавшими до сих пор на рынке традиционными технологиями и их техническим оснащением. Австрийская компания EREMA смогла устранить этот пробел: новая установка INTAREMA® RegrindPro®, благодаря особенно щадящим условиям технологического процесса и высокоэффективной фильтрации материала, наилучшим образом перерабатывает все виды дробленых материалов в оптимизированные для разных областей применения регрануляты.

Особые требования к вторичной переработке дробленых материалов

Дробленый материал благодаря высокой насыпной плотности (200–600 кг/м³) и сыпучести, как правило, можно без осложнений подавать в дозированном количестве в экструдер, и он не требует дополнительного уплотнения или измельчения. Особая задача при этом заключается в необходимости щадящего расплавления достаточно крупных частиц дробленого материала, так как они требуют более продолжительного времени для нагрева и расплавления по сравнению, например, с тонкими пленками. Поэтому в традиционных системах вторичной переработки дробленый материал через бункерные системы в

холодном состоянии подается в одноили двухшнековые экструдеры увеличенной длины.

Увеличение времени пребывания материала в экструдере, а также воздействие на него значительных сдвиговых напряжений приводят обычно к частичной деструкции полимера и негативным образом отражаются в дальнейшем на механических свойствах изготавливаемых конечных изделий. Кроме того, под воздействием сдвиговых напряжений происходит измельчение содержащихся в дробленом материале частиц посторонних примесей, в результате чего резко снижается эффективность фильтрации расплава. По сравнению с одношнековыми экструдерами, в двухшнековых экструдерах с сонаправленными шнеками этот эффект усиливается еще и за счет того, что из-за меньшего перепада давления ухудшается (почти в 3 раза) тонкость фильтрации. В свою очередь, одношнековые системы, в которые подается холодный дробленый материал, утрачивают технологическую гибкость: на одной и той же установке невозможно осуществить экономичную переработку дробленых материалов разных видов, например, ПЭВП и ПП, с обеспечением одинаковых требований к качеству.

В дополнение к этому при переработке на той и другой производственных

системах материалов с влагосодержанием до 8 % необходимо предусматривать их предварительную энергозатратную сушку.

Таким образом, процесс рециклинга должен обеспечивать возможность переработки различных видов дробленых материалов – ПП, ПЭ, ПС, АБС-пластика и др. – с самой разной насыпной плотностью, разным влагосодержанием и наличием посторонних примесей разных видов, включая частицы резины, силикона, мягкие посторонние включения типа древесины и бумаги, а также инородные полимеры, например, полиэтилентерефталат или полиамид. Эти посторонние примеси должны эффективно удаляться, так как при производстве бутылок, труб и других изделий в настоящее время стремятся максимально уменьшить их толщину, что делает подобные изделия более подверженными появлению дефектов, обусловленных загрязняющими перерабатываемый материал примесями.

Учитывая все эти факторы, специалисты компании EREMA пришли к выводу, что необходимо осуществлять загрузку экструдеров для вторичной переработки предварительно разогретым дробленым материалом. Тем самым обеспечиваются условия для более щадящей его переработки и эффективной фильтра-

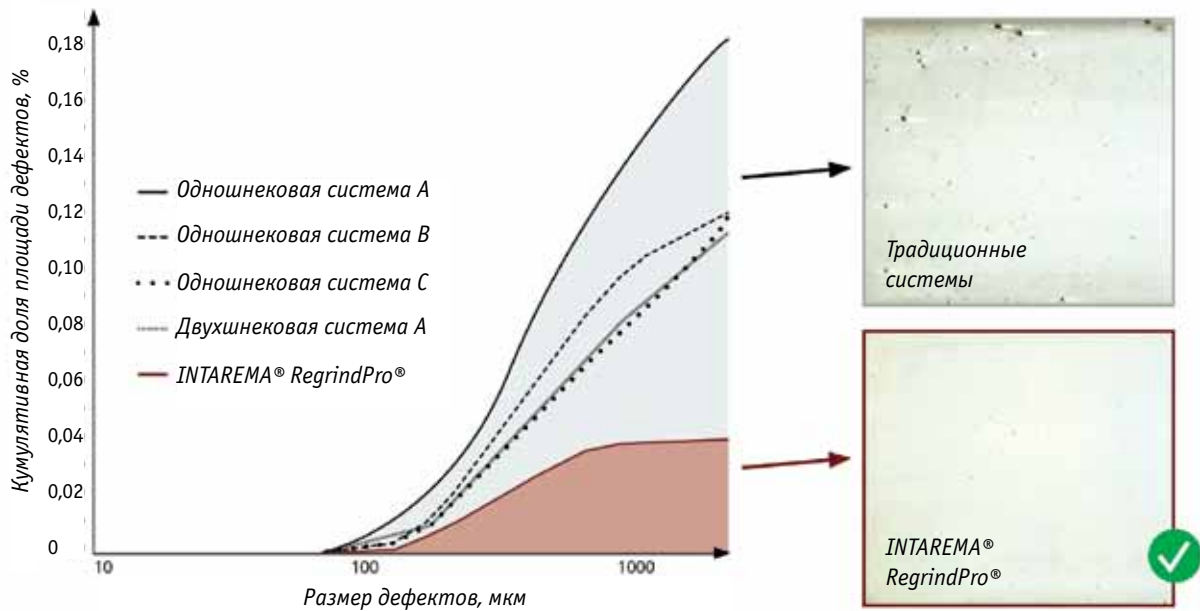


Рис. 3. Эффективность фильтрации расплава на традиционных одно- и двухшнековых системах и на установке INTAREMA® RegrindPro®

ции. Именно эти положения и стали ключевыми при разработке инновационной технологии RegrindPro® и одноименного комплекса, в состав которого входит модуль предварительного кондиционирования материала и экструдер с универсальным шнеком (рис. 2).

Технология RegrindPro®

Задача нагрева дробленого материала перед подачей его в экструдер решается с помощью модуля предварительного кондиционирования, в котором обработка материала осуществляется в максимально щадящем для него режиме под воздействием диска ротора, оснащенного специальными рабочими элементами. Благодаря медленному вращению диска ротора, а также оптимизированным под каждый перерабатываемый материал температурно-временным условиям кондиционирования и дегазации, крупные влажные частицы дробленого материала эффективно перемешиваются и высушиваются даже при высоком уровне заполнения ими бункера модуля. Увеличенное время пребывания в модуле частиц дробленки имеет важное значение не только для их сушки, но и для их

равномерного прогрева. Дополнительным преимуществом более продолжительного пребывания дробленого материала в модуле является возможность введения (при необходимости) и равномерного распределения в его массе порошкообразного наполнителя, например, CaCO_3 , в количестве до 20 %. После обработки в модуле предварительного кондиционирования сухой и прогретый материал поступает в дозированном количестве в непосредственно соединенный с этим модулем экструдер, в котором расплавляется под воздействием короткого универсального шнека и относительно низких сдвиговых напряжений. Дополнительные преимущества, особенно важные для сыпучих материалов, в том числе дробленых, обеспечивает технология противотока (Counter Current), разработанная компанией EREMA. Шнек экструдера при этом заполняется практически без давления и потому захватывает ровно столько материала, сколько необходимо.

Одновременно процесс расплавления при минимальных сдвиговых напряжениях обеспечивает повышение эффективности фильтрации расплава, поскольку удастся избежать дополнительного измельчения содержащихся

в материале частиц органических или минеральных посторонних примесей. Благодаря этому лучше удаляются из расплава даже такие примеси, как частицы древесины и бумаги, которые при щадящих условиях переработки не разделяются на волокна и сохраняют достаточно большие размеры для их эффективного отделения в фильтре расплава.

Благодаря комбинации оптимизированного предварительного кондиционирования с универсальным шнеком, работающим в максимально щадящем режиме, установка RegrindPro® обладает высокой гибкостью в отношении выбора вида перерабатываемого материала. Это позволяет при максимальной производительности и в щадящих условиях перерабатывать на одной и той же установке дробленые материалы, отличающиеся друг от друга температурами плавления и теплосодержанием (например, ПП и ПЭВП).

В экструдере расплавленный материал пропускается через недавно усовершенствованный компанией EREMA «лазерный» фильтр расплава, а точнее — фильтр, отверстия в фильтрующей сетке которого получены путем лазерной обработки. Это



дало возможность на 15 % увеличить количество отверстий и одновременно уменьшить их диаметр, тем самым повысив тонкость фильтрации.

Кроме того, благодаря оптимизированной геометрии скребков и конструкции выпускной системы непрерывное удаление посторонних примесей осуществляется быстрее, чем прежде.

В дополнение к этому используются и принципы запатентованной компанией EREMA технологии TVEplus®, суть которой сводится к фильтрации расплава перед его дегазацией и гомогенизацией. В целом, все эти новшества не только способствуют уменьшению содержания мелких частиц в расплаве и улучшению результатов фильтрации, но и дают возможность удалять посторонние примеси из материала еще до того, как они начнут выделяться в форме газов и создавать при этом неприятные запахи, которые возможны, например, в случае переработки отходов упаковки для пищевой продукции.

Технологию Re grindPro® можно также использовать в комбинации с разработанной компанией EREMA технологией вторичной переработки и компаундирования COREMA®. При этом появляется возможность в рамках одного технологического процесса изготавливать на основе дробленых материалов компаунды с требуемыми характеристиками.

Результаты сравнительных испытаний

На рис. 3 представлены результаты сравнительной оценки эффективности фильтрации расплава на традиционных одно- и двухшнековых системах и на установке INTAREMA® Re grindPro®. В качестве исходного сырья во всех случаях использовали один и тот же дробленый ПП, а из полученных регранулятов в аналитической лаборатории компании EREMA изготавливали пленки на экструдере OCS ME25/25D-V3 с измерительной системой. Дефекты пленок при этом регистрировались в автоматическом режиме и распределялись по их размерам на несколько категорий с последующим суммированием площади

всех дефектов по отдельным категориям. Использованный чувствительный метод тестирования позволил сделать видимыми оставшиеся во вторичном грануляте частицы посторонних примесей, а затем получить количественную и качественную оценку технологии вторичной переработки. Большое количество дефектов, обусловленных наличием посторонних примесей в тестируемых пленках, означало, что при дальнейшей переработке регранулята в конечных изделиях также будут возникать механические и оптические дефекты. На рис. 3 в форме зависимости кумулятивной (накопленной) доли φ площади дефектов в общей площади образцов от размера R этих дефектов представлены результаты исследования пленок из регранулятов ПП, полученных на разных установках. Оказалось, что при использовании установки INTAREMA® Re grindPro® зависимость $\varphi(R)$ уже при величине дефектов, равной 400–450 мкм, достигает максимума и затем остается на постоянном уровне, соответствующем значению около 300 ppm (0,03 %). Кривые же, соответствующие пленкам, полученным при использовании загружаемых холодным материалом одно- и двухшнековых экструзионных систем, напротив, характеризуются постоянным ростом, существенно превышая в области измерений отметку в 1000 ppm (0,1 %). Таким образом, результаты сравнения отчетливо показывают, что расплав на установке INTAREMA® Re grindPro® фильтруется значительно лучше и после фильтрации содержит меньше частиц посторонних примесей, которые к тому же имеют и меньшие размеры. Различия в качестве полученных пленок видны даже невооруженным глазом (рис. 3). Именно эти различия решающим образом сказываются на качестве поверхности готовых изделий, изготавливаемых из вторичных гранулятов.

Заключение

Таким образом, чтобы реализовать на практике потенциальные возможности использования регранулятов дробленки для полноценной

замены ими первичных полимерных материалов, необходимо применять специальные технологии вторичной переработки. Компании EREMA удалось разработать новую технологию и установку INTAREMA® Re grindPro®, которые в максимальной степени оптимизированы для вторичной переработки дробленых материалов:

- в узле предварительного кондиционирования крупные частицы дробленого материала равномерно прогреваются и подготавливаются к процессу экструзии;
- процесс расплавления частиц прогретого дробленого материала в экструдере протекает в щадящих условиях и при минимальном воздействии сдвиговых напряжений. Это предотвращает измельчение частиц посторонних примесей перед фильтрацией расплава и повышает ее эффективность;
- предварительный нагрев дробленого материала обеспечивает возможность переработки полимеров с разными температурами плавления и разным теплосодержанием без замены шнека и при сохранении высокой производительности оборудования;
- использование узла предварительного кондиционирования позволяет осуществлять переработку материалов с начальной влажностью до 8 % в широком диапазоне варьирования насыпной плотности – от 30 до 800 г/л. Кроме того, обеспечивается возможность введения в перерабатываемый материал гранулированных добавок и до 20 % порошкообразного наполнителя.

Комплекс Re grindPro®, который в принципе может быть использован на всех установках серии INTAREMA® (T, TE, TVEplus®) и COREMA®, обладает сочетанием преимуществ, позволяющих перерабатывать дробленые материалы во вторичные грануляты, соответствующие конкретным областям применения. Получаемыми регранулятами может заменяться до 100 % исходного сырья при изготовлении конечной продукции. *Ж*