

Ключевыми темами международной выставки пластмасс и каучука «К-2022» (19–26.10.2022, Дюссельдорф), помимо цифровизации производства, стали экономика замкнутого цикла и защита окружающей среды, непосредственно связанные с решением задач переработки пластиковых отходов и рециклинга. В данном обзоре приводится краткая характеристика экспозиций некоторых ведущих машиностроительных компаний, занятых в данном секторе индустрии пластмасс.



Новые разработки в области рециклинга пластмасс на выставке «К-2022»

В группу компаний Starlinger с головным офисом в Вене входят две компании, для которых разработка технологий рециклинга и производство соответствующего оборудования являются основными компетенциями. Это Starlinger recycling technologies и Starlinger viscotec.

Starlinger recycling technology.

Основным направлением деятельности Starlinger recycling technology являются решения в области рециклинга пластмасс, призванные дать вторую жизнь бутылкам из ПЭТ. Так, широкую известность на рынке приобрели установки recoSTAR PET, обеспечивающие высокое качество производимого регранулята ПЭТ, в том числе за счет его полной очистки от летучих органических веществ (ЛОВ) (рис. 1). В дополнение к этому новая установка модели recoSTAR PET art, которая была в центре внимания на выставке, отличается особенно низким энергопотреблением, а также удобством и простотой технического обслуживания. Устройство предварительной сушки и экструдер, входящие в состав новой установки, были представлены на стенде Starlinger recycling technology в павильоне № 9, а реактор твердофазной полимеризации SSP (Solid

State Polykondensation) – на стенде Starlinger в павильоне № 16. Компания продемонстрировала также конструкторско-технологические решения для переработки полиэфирных волокон и бытовых полиолефиновых отходов, включая систему удаления их запаха.

Во время выставки для заинтересованных посетителей были организованы экскурсии на предприятие в г. Шверине (Германия), где они в процессе домашней выставки Dynamic Days могли более подробно ознакомиться не только с установкой recoSTAR PET art, но и с recoSTAR dynamic. Установки серии recoSTAR dynamic отличаются разнообразием перерабатываемых пленочных отходов – производственного или бытового происхож-

дения (рис. 2). Загрузочное устройство SMART-Feeder сушит, уплотняет и гомогенизирует исходный материал. А если речь идет о сильно влажных или загрязненных пленках, в том числе с нанесенной на них печатью, в установку интегрируется модуль высокоэффективной дегазации C-VAC, который устанавливается после фильтра расплава. Его эффективность объясняется в первую очередь увеличенной на 300 % поверхностью перерабатываемого расплава.

Непосредственное отношение к рециклингу имел еще один экспонат Starlinger – установка ad*starKON SXneo, предназначенная для производства так называемых цементных мешков будущего (cement bag of the future) –



Рис. 1. Установка recoSTAR PET по переработке ПЭТ-бутылок в высококачественный регранулят для производства новых бутылок, волокон и другой продукции (рис.1–3: Starlinger)



Рис. 2. Установка recoSTAR dynamic 145 с производительностью 1000 кг гранулята в час

клапанных мешков коробчатого типа AD*STAR* с долей вторичного материала 22 % (рис. 3). За счет применения новой запатентованной технологии gripTEC повышается коэффициент трения поверхности мешков. Благодаря этому они не соскальзывают, будучи уложенными друг на друга, что снижает опасность травмирования людей и экономит тонны сыпучих продуктов.

Starlinger viscotec. Компания Starlinger viscotec, которая специализируется на производстве обо-

рудования для переработки вторичного ПЭТ в продукцию, полностью пригодную для пищевого контакта, познакомила посетителей выставки «К-2022» со своими новыми и проверенными решениями. В их числе установки deCON20, deCON50, viscoSTAR и линия viscoSHEET.

Первые две установки производительностью 500 и 1200 кг/ч соответственно предназначены для сушки хлопьев rPET в целях сохранения величины характеристической вязкости η_V , а также для их очистки для пищевого контакта, обес-



Рис. 3. Установка ad*starKON SXneo, предназначенная для производства «цементных мешков будущего» на основе смесей первичного и вторичного ПП или ПЭТ

пыливания и др. (рис. 4). Они могут встраиваться непосредственно перед экструдером в действующих линиях по производству ПЭТ-листа. Экономия расходов обеспечивается прежде всего за счет более эффективной сушки хлопьев и повышения выхода продукции на 10–20 % благодаря более высоким объемной плотности и температуре полуфабриката после deCON. При этом достигается большая гибкость в эксплуатации, поскольку данная технология позволяет перерабатывать не только бутылочные хлопья,



**ПЕРЕРАБОТКА
БЫТОВЫХ
ОТХОДОВ
ПЛАСТМАСС В**

ЦЕННЫЕ РЕСУРСЫ

Линия по переработке постпотребительских отходов с узлом удаления запаха recoSTAR dynamic C-VAC

Технология уменьшения запаха Starlinger позволяет превращать бытовые пластмассовые отходы в превосходный, однородный гранулят без запаха для повторного использования с содержанием до 100%.

Превосходная функциональность с агломератором SMART feeder | с комплектом автоматической регулировки для большей производительности | с повышенной энергоэффективностью | с модулем каскадной дегазации C-VAC



www.starlinger.com

textile packaging | recycling technology | viscotec

PASSION FOR SOLUTIONS



а



б

Рис. 4. Установки deCON20 (а) и deCON50 (б) производительностью 500 и 1200 кг/ч соответственно (рис. 4–6: Starlinger viscotec)

но и композиции с повышенным содержанием собственных производственных отходов, а также агломераты или их смеси. В процессе переработки возможно даже увеличение значения iV .

Установки viscoSTAR служат для повышения характеристической вязкости (iV) и, соответственно, молекулярной массы гРЕТ-гранулята или хлопьев путем твердофазной поликонденсации. Монтируются они после гранулятора



Рис. 5. Установка viscoSTAR



Рис. 6. Линия viscoSHEET

в линиях, работающих в первую очередь по технологии «из бутылки в бутылку» (рис. 5).

Полностью автоматизированные экструзионные линии viscoSHEET с производительностью от 500 до 2000 кг/ч предназначены для выпуска из 100%-ного вторсырья ПЭТ-листа, пригодного к пищевому контакту (рис. 6). Для производства монослойного ПЭТ-листа без соэкструдеров была разработана линия viscoSHEETone, скомбинированная с модулем deCON 20.

Еще одна разработка Starlinger viscotec – это вискозиметр $iVON$, который встраивается непосредственно в экструдер и позволяет непрерывно контролировать величину iV перерабатываемого ПЭТ. Работает он следующим образом. С помощью двух шестеренчатых насосов, установленных по обе стороны измерительного капилляра и приводимых в действие серводвигателем, из экструдера через двухканальный адаптер с небольшим постоянным расходом забирается расплав ПЭТ, который после прохождения сквозь измерительный капилляр через тот же адаптер возвращается в экструдер. Автоматическое измерение iV основано на взаимосвязи между величиной iV , расходом и температурой расплава, а также перепадом давления в измерительном капилляре с известными значениями его длины и диаметра сечения.

Материал гРЕТ100, представленный на выставке, был недавно разработан для особенно требовательных отраслей, в которых применение обычного ПЭТ затруднено, а замкнутый цикл для упаковки из других материалов невозможен. Этот мономатериал белого цвета не только сохраняет все преимущества ПЭТ-листа, но и добавляет

новые, обладая повышенной стойкостью к УФ-излучению и теплостойкостью, что обеспечивает возможность его многократной повторной переработки (подробней – в ПМ № 1 2022 г., с. 32–34. – Прим. ред.).

Erema. В этом году в Дюссельдорфе все компании Erema Group (Erema, Powerfil, Pure Loop, Umac, Kesycle и Plasmac) впервые продемонстрировали свои новинки на одном выставочном стенде. В совокупности было представлено семь новых систем рециклинга пластмасс, способных обеспечить максимальную производительность переработки вторичных пластиков до 6 т/ч. Это стало возможным благодаря, в частности, технологическим новшествам узлов пластикации, специально разработанным для обеспечения высокой производительности при низком удельном потреблении энергии, и новому лазерному фильтру 2/406 с увеличенной на 50 % площадью фильтрации (рис. 7). Этот фильтр в исполнении Quattro может работать с максимальной пропускной способностью до 9000 кг/ч и оптимально подходит для сильно загрязненного расплава с содержанием посторонних примесей до 5 %, обеспечивая тонкость фильтрации до 70 мкм. При этом фильтрующая сетка непрерывно очищается с помощью скребка. «Увеличение площади фильтрации при той же производительности обеспечивает меньшее давление и более низкую температуру переработки, что позволяет использовать еще более тонкие сетки для достижения более высокого качества расплава», – поясняет Роберт Обермайр (Robert Obermaier), руководитель бизнес-подразделения Powerfil, разработавшего данный фильтр.



Рис. 7. Новый лазерный фильтр 2/406 с увеличенной на 50 % площадью фильтрации (рис. 7–8: Erema)

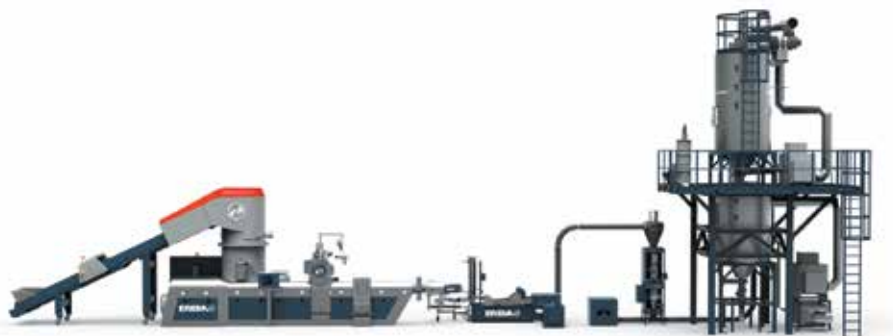


Рис. 8. Экструзионная линия Intarema TVEplus Re grindPro в сочетании с модулем ReFresher

Недавно Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов FDA (США) подтвердило пригодность к пищевому контакту вторичного ПЭВП, производимого на запатентованной экструзионной линии Intarema TVEplus Re grindPro в сочетании с модулем ReFresher для удаления ЛОВ с сильным запахом (рис. 8). Это стало возможным благодаря тонкой фильтрации и тщательной гомогенизации расплава, а также его последующей эффективной дегазации.

Совместно с немецким поставщиком вторичного сырья PreZero была также продемонстрирована технология переработки загрязненных отходов ПП, модифицированных добавкой Hyperform HPN компании Milliken (Бельгия). По данным партнеров по проекту, эта добавка не только улучшает физико-механические свойства регранулята ПП, но и сокращает время цикла литья из него тонкостенной упаковки (рис. 9).

Химическому рециклингу часто предшествуют механические процессы обращения с потоками отходов пластмасс. Под брендом Chemagema на выставке была представлена линейка технологий и оборудования для этих целей, включая технологию экструзии, целенаправленно адаптированную к последующим химическим процессам.

Как и на прошлой выставке «К» в 2019 г., Erema вновь на открытой площадке продемонстрировала линию для переработки различных потоков пластиковых отходов.

Lindner. Группа компаний Lindner со штаб-квартирой в г. Шпиталь-ан-дер-Драу (Австрия) специ-



Рис. 9. Тонкостенная литьевая упаковка, изготовленная из регранулята ПП, модифицированного добавкой Hyperform HPN (источник: Milliken)

ализируется на производстве оборудования для подготовки и переработки полимерных отходов – измельчении, сортировке, мойке и сушке. На выставке «К-2022» Lindner впервые представила усовершенствованную серию машин Jupiter BW для предварительного измельчения пленочных отходов, в которой основное внимание было уделено обеспечению равномерного потока и размера частиц, оптимизированного для последующей сортировки в ближнем инфракрасном диапазоне.

Модернизация машины серии Rafter для предварительной мойки с использованием ротора большего размера позволила увеличить время пребывания измельченных отхо-

дов в машине, что положительно сказывается на степени их очистки. Кроме того, была значительно увеличена производительность мойки – до 3 т/ч для пленок и 5 т/ч для твердых пластмасс.

За счет использования теплообменников и улучшенной теплоизоляции новая сушилка EcoDry для тепловой сушки отходов позволяет при прочих равных условиях сократить на 30 % потребление электроэнергии.

Как и в 2019 г., Lindner приняла участие в демонстрации своих технологий и оборудования на открытой площадке – в рамках Форума экономики замкнутого цикла VDMA, представив работающую технологическую линию с узлами измельчения, мойки и сушки пленочных отходов и встроенной системой очистки воды. Измельчение производилось с помощью одновалкового шредера новой энергоэффективной серии Micromat HP, который отличается особой простотой обслуживания и высокой пропускной способностью (рис. 10). По данным производителя, гибкая система быстросменных ножей и усовершенствованный привод делают эту серию универсальной с точки зрения обработки пленок и твердых пластмасс. В качестве



а



б

Рис. 10. Универсальный шредер серии Micromat HP в отдельности (а) и в составе технологической линии (б) (источник: Lindner)

«изюминки» было продемонстрировано, как полученные очищенные чистосортные хлопья пленок могут быть напрямую переработаны литьем под давлением без их предварительной грануляции.

NGR. Компания Next Generation Recyclingmaschinen (NGR) GmbH (г. Фельдкирхен, Австрия) представила на выставке установки для одноступенчатой вторичной переработки пластмасс (One-Step-Technology) и для жидкофазной поликонденсации LSP (Liquid State Polycondensation) отходов ПЭТ в процессе их плавления.

В первом случае речь идет об установке серии NXT:Gran, у которой в дополнение к повышению производительности измельчения вторичного сырья оптимизирована его подача в экструдер, что обеспечивает более высокую мощность его работы и, как следствие, значительное увеличение объема выпуска рециклята.

Установка LSP, по данным производителя, позволяет перерабатывать отходы ПЭТ в ПЭТ под брендом P:React, который по своим свойствам не только не уступает, но даже превосходит первичный материал, становясь полностью пригодным к контакту с пищевыми продуктами (рис. 11).

В ассортименте машиностроительной продукции WITTMANN Gruppe со штаб-квартирой в Вене входят дробилки – высокоскоростные ножевые серии G-Max и тихоходные с зубчатыми валками серии S-Max. В любой версии они позволяют получить из литников и бракованных изделий чистый дробленый материал для вторичной перера-



Рис. 11. Установка жидкофазной поликонденсации отходов ПЭТ (источник: NGR)



Рис. 12. Новая дробилка модели S-Max (источник: WITTMANN)

ботки. На выставке «К-2022» была представлена новая, дополняющая соответствующую серию двухвалковая дробилка модели S-Max 1 с камерой измельчения размерами 160×240 мм (рис. 12).

Низкая скорость вращения валов (максимально – 27 об/мин) означает высокий крутящий момент, меньший износ, снижение трудозатрат на техобслуживание, низкий уровень шума, уменьшенное энергопотребление и более равномерное измельчение даже трудноперерабатываемых производственных отходов в виде, например, брака или литников деталей из ПС, ПММА или стеклонеполненных термопластов. Привод на основе редукторного двигателя мощностью 0,75 кВт установлен вертикально, чтобы максимально уменьшить занимаемую площадь дробилки, благодаря чему она хорошо подходит в качестве приставной к литьевым машинам с усилием смыкания до 3000 кН.

Weima. На стенде Weima Maschinenbau GmbH (г. Ильсфельд, Германия) были представлены среди прочего два новых шредера и один пресс-отжим. Благодаря ро-



Рис. 13. Одновалковый промышленный шредер W5.18 (а) и его рабочая зона (б) (источник: рис. 13–14: Weima)

тору длиной 1800 мм и диаметром 500 мм одновалковый шредер W5.18 с номинальной мощностью 280 кВт измельчает практически все виды отходов пластика – твердые, пленочные и волокнистые (рис. 13). Измельчение происходит между вращающимися роторными ножами и неподвижными статорными контрножами, смонтированными на станине. Большой смотровой люк обеспечивает прямой доступ к ротору во время техобслуживания. Выгрузка измельченного материала может осуществляться в пневмотранспорт, шнековый транспортер или на ленточный конвейер. Для измельчения сильно загрязненных материалов – песком, почвой, металлическими или другими включениями – шредер оснащается рабочими компонентами с повышенной износостойкостью.

Шредер WLK 1000, предназначенный для более тонкого вторичного измельчения (размер частиц – до 10 мм), компактен, может быть оснащен ножами с различной геометрией режущей кромки в зависимости от вида перерабатываемых отходов и легко встраивается в производственные линии (рис. 14, а). Новый ротор модели FineCut длиной 1000 мм работает по принципу ножниц и сочетает в себе свойства классического измельчителя и режущей мельницы.

Многим переработчикам знакома проблема переработки мелких фракций измельченных пленочных бытовых отходов после их промывки.



Рис. 14. Шредер WLK (а) и пресс-отжим 1000 Puhler C.200 (б)

Дренажный пресс модели Puehler C.200, оснащенный мощным гидроцилиндром, спрессовывает рыхлые влажные хлопья пластика в почти сухие диски диаметром 200 мм, удобные для последующего измельчения (см. рис. 14, б). Отжатая жидкость сливается отдельно через поддон. Пресс-отжим может работать как в автономном режиме, так и в составе производственной линии.

Vesoplan. Компания Vesoplan AG (г. Бад-Мариенберг, Германия), специализирующаяся на производстве одновалковых дробилок, обновила свою линейку шредеров VAZ, уделив основное внимание обеспечению их большей гибкости и возможности измельчения различных материалов за счет модульной конструкции и возможности варьирования типоразмерами роторов, сит и приводов. Так, в зависимости от поставленной цели пользователь может выбирать между вариантами ротора с длиной 1700, 2000 и 2500 мм. Основными задачами при этом всегда являются максимальная производительность измельчения, высокая пропускная способность и однородное качество продукции с низким содержанием мелких частиц и небольшой дисперсией их размера.

Значительно увеличен объем камеры измельчения и имеется возможность плавной регулировки пропускной способности вплоть до максимальной даже при использовании отходов с малой объемной плотностью. Широкие двери и гидропривод для опускания сита обеспечивают удобство технического обслуживания шредера VAZ (рис. 15).

Шредер оснащен приводом HiTorg с высокими пусковым и номинальным крутящими моментами. Отсутствие дополнительных механических приводных элементов,



Рис. 15. Шредер VAZ (источник: Vesoplan)

таких как ременные или зубчатые приводы, маховики и муфты, делает шредер значительно более прочным и долговечным. Это позволяет значительно снизить затраты как на техническое обслуживание, так и на простои. Предотвращение даже одной незапланированной остановки производства из-за сломанного вала, сгоревшей муфты или неисправной трансмиссии оправдало бы использование привода HiTorg.

В завершение данного обзора следует добавить, что решением актуальных задач рециклинга полимерных материалов занимаются не только компании, непосредственно специализирующиеся в данной области индустрии пластмасс. Весомый вклад вносят и разработчики экструдеров-грануляторов, а также оборудования и технологий непосредственной переработки регранулятов в продукцию. Вот лишь несколько примеров.

Так, на выставке «K-2022» группа компаний ENGEL со штаб-квартирой в г. Швертберге (Австрия) продемонстрировала комплексный подход к рециклингу пластика методом литья под давлением, включая прямую переработку полимерных отходов в виде хлопьев сразу после их измельчения. Это инновационное решение значительно повышает энергетическую и экономическую эффективность вторичной переработки пластмасс, поскольку из технологического процесса исключается стадия гранулирования (более подробно – в ПМ № 9 2022 г., с. 12–16. – Прим. ред.).

Впечатляющим на стенде группы компаний KraussMaffei стал сложенный «дуэт» компаундера с литьевой машиной, на которых перерабатывались в новые изделия отходы трех полимеров с различной вязкостью. При этом стадия компаундирования была интегрирована в процесс литья под давлением без уменьшения времени цикла (более подробно – в ПМ № 9 2022 г., с. 11–13. – Прим. ред.).

Компания Windmüller & Hölscher (W&H) вместе с партнерами разработала концепцию многослойной пленки с водорастворимыми внутренними слоями,



Рис. 16. Результаты разделения отходов барьерной пленки на ПА и ПЭ (источник: W&H)

что делает возможным разделение других слоев друг от друга с получением полимеров сортовой чистоты, пригодных к вторичной переработке (рис. 16).

В павильоне Форума экономики замкнутого цикла VDMA компания Corperion GmbH (г. Штутгарт, Германия) представила свои экструзионные решения и технологии, позволяющие экономично перерабатывать в высококачественный регранулят широкий спектр вторичных пластмасс, в том числе ПЭТ (более подробно – на с. 4–9 данного номера журнала. – Прим. ред.).

Центральным экспонатом компании Leistritz Extrusionstechnik GmbH (г. Нюрнберг, Германия) на выставке стала усовершенствованная версия двухшнекового экструдера-компаундера серии ZSE iMAXX, который может работать как в автономном режиме, производя гранулированные компаунды, так и в составе линии по выпуску экструзионной продукции (листов или пленок) из вторичного сырья в виде дробленки или пленочных хлопьев, минуя стадию гранулирования (более подробно – на с. 4–9 данного номера журнала. – Прим. ред.).

Подготовил **Р. Б. Палыга** с использованием пресс-материалов компаний, упомянутых в данном обзоре

New Developments in the Field of Plastics Recycling at the K-2022 Trade Fair

The key topics of the international exhibition of plastics and rubber K-2022 (19-26.10.2022, Duesseldorf), in addition to the digitalization of production, were the topics of closed-cycle economics and environmental protection that directly related to solving the problems of plastic recycling. This review provides a brief description of the exposition of some of the leading engineering companies engaged in this sector of the plastics industry. ■