

## Пластмассы: мировые тенденции производства, применения, переработки и утилизации. По материалам выставок K-2019 и Пласт Евразия 2019.

### Plastics: the world trends of production, application, processing and recycling. Short review of K-2019 and Plast Eurasia 2019 Exhibitions.

*В.В. АБРАМОВ<sup>1</sup>, Н.М. ЧАЛАЯ<sup>1</sup>, О.И. АБРАМУШКИНА<sup>2</sup>*

*V.V. ABRAMOV<sup>1</sup>, N.M. CHALAYA<sup>1</sup>, O.I. ABRAMUSHKINA<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Союз переработчиков пластмасс, <sup>2</sup> АО «МИПП-НПО «Пластик»

<sup>1</sup>Association of Plastics Processors, <sup>2</sup> JSC MIPP-NPO Plastic  
tschalya@yandex.ru

В кратком обзоре авторы постарались представить основные тенденции развития отраслей производства пластмасс, их переработки, потребления изделий и утилизации пластмасс. При рассмотрении различных видов полимерных материалов авторы обратили внимание на появление нового марочного ассортимента, что, в свою очередь, привело к расширению областей применения пластмасс. Из большого объема информации были выбраны наиболее яркие примеры, подтверждающие отмеченные авторами тенденции.

*Ключевые слова:* ассортимент пластмасс, переработка пластмасс, утилизация пластмасс, тенденции развития

In a brief review, the authors tried to present the main trends in the development of the plastics manufacturing, processing, consumption and recycling sectors. When considering various types of polymeric materials, the authors drew attention to the emergence of a new brand assortment, which, in turn, led to the expansion of the plastics application. From a large amount of information, the most striking examples were selected, confirming trends noted by the authors.

*Keywords:* assortment of plastics, plastics processing, plastics recycling, development trends

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-53-60

#### *Введение*

Выставка Kunststoffe und Kautschuk справедливо считается в профессиональном сообществе ведущей по аккумулярованию основных идей и технических новшеств в области производства и переработки пластмасс, а также применения в различных отраслях.

Более 3000 экспонентов из 63 стран представили свои достижения на выставке K-2019. Примерно 200000 участников из 165 стран проявили интерес к производству нового марочного ассортимента пластмасс, технологиям и оборудованию для их переработки, а также ресурсосберегающим процессам производства изделий.

Выставка проводится один раз в три года и во многом определяет на последующий период основные мировые тенденции развития отрасли. Исторически выставка Kunststoffe начиналась при доминирующем участии фирм Германии, а в настоящее время она стала интернациональной. На K-1989 экспоненты из Германии составляли примерно 50% из 2174 компаний, и выставка занимала площадь 126330 м<sup>2</sup>. 30 лет спустя, на K-2019 на долю Германии пришлось 30% из 3157 экспонентов, а выставочная площадь составила 176886 м<sup>2</sup>.

Тем не менее, экспоненты из Германии по-прежнему доминируют, прежде всего, фирмы-производители оборудования для переработки пластмасс. Второе место по количеству экспонентов за последние 30 лет постоянно занимает Италия – около 15%.

Также представлено было значительное число участников из Нидерландов, Индии, Турции, Китая, США. Заметно увеличилось число участников и посетителей из России, Японии и Бразилии. Продемонстрировали свои научные и практические возможности университеты, научно-исследовательские институты, профильные журналы и издательства.

Если на выставке K-2016 основное внимание было уделено технической революции Industry 4.0 (в России это направление называют «цифровой экономикой»), то K-2019 больше ориентирована на создание «экономики замкнутого цикла» (ЭЗЦ) и вторичное использование пластмасс.

На конференции Всемирного совета по пластмассам (WPC), прошедшей на K-2019, в которой приняли участие представители

международной индустрии пластмасс из Европы, Азии (включая Китай и Индию), а также США, производители пластмасс подтвердили намерение продвигать ЭЗЦ и осуществлять конструктивный диалог с политиками, принимающими решения по снижению отрицательного воздействия отходов пластмассовой продукции на окружающую среду.

Основными причинами этого вектора развития явилась сложившаяся тревожная ситуация во многих странах мира с загрязнением окружающей среды, прежде всего Мирового океана, отходами пластмасс после их использования, а для стран ЕС – Директива ЕС.

Для решения этой задачи значительное число экспонентов (особенно крупных компаний из стран ЕС) считали необходимым показать свои решения в области ЭЗЦ не только в производстве пластмасс и технологиях их переработки, но, что очень показательное, и в области развития оборудования и инструментов.

Научно-исследовательские центры и институты считали своим долгом показать новые разработки в рамках этого вектора развития. Конечно, иногда это выглядело искусственно, так как раньше результаты многих аналогичных исследований просто преследовали бы цели повышения экономичности производства и применения изделий из пластмасс, теперь же они попутно способствовали снижению нагрузки на окружающую среду.

Однако необходимо отметить, что на K-2019 направление по усовершенствованию оборудования и технологий для развития технической революции Industry 4.0 также не осталась без внимания.

Из публикаций к открытию выставки K-2019 можно сделать вывод о замедлении темпов роста промышленности переработки пластмасс в мире.

В текущем году продажи VDMA (Союз немецких машиностроителей) ожидают как минимум на 10% ниже. Загрузка производственных мощностей в области переработки пластмасс снижается и в настоящее время составляет 77,4%.

Наиболее наглядно об этом состоянии говорит анализ работы одной из ведущих фирм по производству литьевых машин – фирмы Engel (Австрия). На основании этого анализа можно сделать следующие выводы:

В индустрии литья под давлением объемы продаж машин во всем мире сократились. Больше всего пострадала автомобильная промышленность, которая является крупнейшей из пяти областей потребления машин фирмы Engel. «Техническое литье» под давлением стало вторым по величине источником продаж. Подразделение «упаковка» остается на прежнем уровне, но испытывает все большее давление, хотя на продажах фирмы Engel практически не влияет запрет на использование некоторых одноразовых изделий из пластмасс. Замедление роста автомобильной промышленности затронуло все регионы, особенно Европу и Китай. После продаж на 1,6 млрд евро в 2018/19 финансовом году Engel зафиксировала снижение от 19 до 21% в текущем финансовом году, а общий объем производства составил менее 1,3 млрд евро.

С 4 по 7 декабря 2019 года состоялась ежегодная выставка Plast Eurasia 2019 в Стамбуле. Конечно, выставка имеет больше региональное значение, однако также представляет интерес для специалистов по пластмассам. На выставке были представлены более 900 экспонентов из 43 стран мира, а число посетителей превысило 30000 человек из 74 стран.

По своим размерам выставка примерно похожа на ежегодную выставку «Интерпластика» в Москве. Однако на Plast Eurasia значительно больше представлено действующего оборудования и, что существенно, большое количество турецких производителей оборудования. Было представлено несколько видов литьевых машин, в т.ч. с использованием манипуляторов, линий для производства раздувных полиолефиновых плёнок, оборудование для производства мешков и пакетов, поточная линия вакуумформования пищевой тары, оборудование для вторичной переработки отходов пластмасс и др.

На выставке в Стамбуле также широко использовалась идея «экономики замкнутого цикла». Были представлены фирмы по производству пластмассовой продукции из отходов, бывших в употреблении изделий, биоразлагаемые полимерные материалы и изделия из них.

Со времени открытия выставок прошло уже более полугода. За это время в экономике всех стран произошли серьёзные изменения в связи с эпидемией COVID-19. Эти события ещё больше усугубили экономическую ситуацию в сфере производства, переработки и применения пластмасс. Тем не менее, основные тенденции по эффективному развитию экономики замкнутого цикла в пластмассовой промышленности сохранились.

#### *Экономика замкнутого цикла в промышленности переработки пластмасс*

Лозунг «экономика замкнутого цикла» (ЭЗЦ), который в значительной степени стал ведущим на выставке K-2019, родился под давлением со стороны общества, обеспокоенного проблемой загрязнения природной среды, особенно Вирового океана. При этом ни во время переговоров с представителями фирм, ни в информационном пространстве вокруг K-2019 не возникли вопросы вредности использования пластмассовых изделий при правильном их применении, в том числе в производстве пищевой упаковки. А в условиях пандемии COVID-19 даже усилилось стремление использовать полимерную упаковку для разового применения. К сожалению, в российских средствах массовой информации такие претензии к пластмассовой продукции необоснованно возникают, что требует от научно-технической общественности грамотного и обоснованного разъяснения.

ЭЗЦ рассматривалась на стендах K-2019 уже не только как система по уменьшению загрязнений окружающей среды, но и как важный фактор повышения деловой активности, увеличения объёмов производства и эффективности применения пластмасс.

На рис. 1 представлена схема циркулярной экономики. В замкнутый цикл соединены процессы производства пластмасс и изделий из них, использование пластмассовых изделий в различных областях, сбор и сортировка отходов пластмасс, переработка во вторичное сырьё и последующее повторное применение.

Участниками ЭЗЦ являются производители полимерного сырья, продукции из пластмасс, оборудования; конечные потребители изделий из пластмасс; системы сбора отходов, предприятия по вторичной переработке пластмасс; законодательные и административные органы, общественные организации и другие сообщества.



Рис. 1. Схема циркулярной экономики (ЭЗЦ). [Источник:VDMA].

В Германии в 2017 году 46,7% собранных пластиковых отходов было переработано во вторичное сырьё, 52,7% использованы для получения энергии (сжигание). В настоящее время ставится задача последовательного увеличения доли вторичного сырья для повторного использования. Для этого необходимо усовершенствовать существующие технологии для сбора, дробления, очистки, классификации, сортировки, сушки и агломерации вторичного сырья. Технические характеристики полученных рециркулятов должны удовлетворять требованиям конечного продукта.

На K-2019 было представлено большое количество системных решений, которые должны удовлетворить растущие требования индустрии пластмасс, в том числе в части вторичной переработки. Эти требования распространяются как на производителей полимеров, так и на потребителей изделий и на процесс утилизации. Часто фирмы-производители полимеров заявляют, что при создании своего нового марочного ассортимента они стремятся максимально обеспечить возможность вторичной переработки.

Отвечая требованиям ЭЗЦ и призыву Резолюции ЕС, многие объединения принимают и публикуют свои обязательства по решению этой проблемы (в том числе используя химические и растворные методы утилизации отходов пластмассовых изделий). Например, по добровольному обязательству VinylPlus (европейская ПВХ-индустрия) приняла «Программу устойчивого развития» по увеличению годовой нормы вторичной переработки до 800000 тонн к 2020 году и уменьшению потребления энергии и ресурсов во всей производственной цепочке. Программа устойчивого развития действует во всех 28 государствах-членах ЕС, а также в Швейцарии. С 2000 года уже переработано более 5 миллионов тонн отходов ПВХ, что позволило сэкономить около 10 миллионов тонн CO<sub>2</sub>. Более подробно это направление изложено в последующих разделах. К сожалению, в России это важнейшее направление развития ЭЗЦ у крупных производителей пластмасс практически отсутствует.

Многие известные машиностроительные фирмы, главным образом из Германии, откликнулись на выполнение задач ЭЗЦ.

Фирма Egeta, известная как крупный производитель оборудования для рециклинга, которая продолжает совершенствовать оборудование, в т.ч. в части автоматизации, представила несколько передовых проектов на тему вторичной переработки пластмассовых изделий.

Фирма Bruckner Maschinenbau продолжает усовершенствование процесса двухосноориентированных плёнок в направлении создания замены многослойных барьерных ПП и ПЭ плёнок на «монопленки», что способствует упрощению их вторичного использования. С этой целью в технологическую цепочку перед поперечной ориентацией устанавливаются устройства нанесения слоя многофункционального покрытия, который после поперечной ориентации становится экстремально тонким, вплоть до наноразмеров. Из-за очень малой толщины слои не мешают сортировке и переработке, но обеспечивают, например, улучшение адгезии для последующей металлизации.

Фирма Reifenhauser демонстрирует новые возможности при производстве плоских многослойных барьерных плёнок. Усовершенствованные системы дозирования барьерных слоёв многослойной плёнки с интегрированной системой измерения и управления толщиной каждого слоя позволяют получать особо тонкие барьерные (РА или EVOH) слои. Это даёт возможность производить много-

слоистую плёнку с массой барьерных слоёв менее 5% от общего веса многослойной плёнки. Такая барьерная плёнка на основании решения Центрального реестра упаковки ЕС пригодна для вторичной переработки. Это техническое решение способствует также существенному повышению экономики процесса.

Известная в мире компания Leisritz совместно с компаниями NGR и Kühne разработала технологическое оборудование и технологии, с помощью которых можно экструдировать гранулы вторичного r-PET и получать вспененный лист. Лист (плёнка) может быть использован для производства упаковки (вместо картона) в качестве альтернативы обычной композитной картонной упаковке, например, для свежего молока, что улучшает возможность утилизации упаковки.

Во многих странах ведутся значительные исследовательские работы по расширению областей применения вторичных пластмасс с учётом возможных изменений свойств первичного материала в процессе его переработки.

В Германии уже давно спроектировали и стандартизировали систему отвода вод от дорожных покрытий, основанную на использовании труб, фитингов и ёмкостей для сбора загрязнений из вторичных полиолефинов.

Фирма Cabot анонсировала новую серию черного Masterbatch, изготовленного из постиндустриальной сажи и вторично переработанных полимеров. Новые составы были разработаны и для увеличения количества вторичных ингредиентов в конечных продуктах. Новый материал серии TECHBLAK 85 подходит для использования в литье под давлением, компаундировании и в плёночных покрытиях.

На выставке Пласт Евразия также многие фирмы показали хорошие примеры по реализации ЭЗЦ. Так, фирма Tanrikulplastic выгодно покупает в разных странах, в т.ч. в Европе, около 40000 тонн в год смешанных отходов пластмасс, перерабатывает их на установках автоматизированной системы разделения полимеров и выпускает на их основе широкий ассортимент модифицированных вторичных полимеров для различного использования.

В информационных материалах выставки К-2019 было показано, что основные источники загрязнений мирового океана находятся в странах Юго-Восточной Азии, в том числе и в Китае. Очевидно, в связи с этим на специальной конференции по вторичному использованию пластмассовых отходов выступили ведущие Китайские руководители промышленности переработки пластмасс. Были заявлены амбициозные планы по вторичной переработке пластмасс, названные «11 + 5 городов с нулевыми отходами». Были сделаны четкие заявления о невозможности возвращаться в «эпоху без пластика». В упаковочной отрасли планируется широко использовать биопластики, а также ПЭ, ПП, ПВХ и другие полимеры, а также «специальные» пути и методы их вторичного использования. Нефтехимическая промышленность Китая будет опираться на возобновление использования пластмасс.

На Китай приходится треть мирового производства и треть мирового потребления пластмасс. Нет сомнений, что Китай очень быстро займет ведущую позицию в мире и по регенерации пластмасс.

Хотелось бы отметить, что в России технологические новации в области ЭЗЦ решить проще, например, путём закупок, а вот совместная работа бизнеса с законодательными и административными органами требует гораздо больше усилий.

*Инновации в производстве и применении полимерных материалов*

#### Полиэтилен (ПЭ)

Помимо создания крупных мощностей по производству полиэтилена, также целесообразно создание небольших, но гибких производств с учетом тенденции роста потребления высококачественных и экологичных полиэтиленов. Повышенные требования предъявляются к полиэтилену в специальных областях использования:

- Подземные и подводные высоковольтные кабели, где используются только специальные марки, в том числе с повышенной термостойкостью и высокой чистотой;

- Полиэтиленовые трубы для транспортировки питьевой воды: в последнее время в ЕС были резко ужесточены требования в отношении количества остаточных катализаторов, побочных продуктов, в т.ч. продуктов деструкции и др.;

- Пластмассы медицинского назначения. Ассоциация немецких инженеров вводит новую инструкцию, в которой существенно возрастают требования к полимерному сырью.

Многие производители полиэтилена повышают требования к новым маркам, обеспечивающим, например, возможность экономии материалов за счёт более тонких стенок изделия с сохранением высоких прочностных свойств. Это обеспечивается за счёт применения мультиимодальных видов ПЭВП, сочетающих высокую жесткость с хорошей стойкостью к растрескиванию под напряжением.

Решающий импульс развитию ЭЗЦ могут дать химические методы переработки и рециклинг полиэтилена.

В настоящее время в отрасли инвестируются значительные ресурсы в процессы пиролиза или газификации полиэтиленовых отходов. Долно этих методов переработки стремятся увеличить за счет сбора полимерных фракций, не подлежащих вторичной переработке традиционными методами типа механического рециклинга. Одним из примеров такого сотрудничества является совместная работа LyondellBasell с технологическим институтом в Карлсруе. Получение синтез-газа при газификации или масел в результате пиролизического разложения в качестве замены нефти позволило бы решить проблему смешанных и загрязнённых отходов.

Еще один путь ЭЗЦ – это использование возобновляемого сырья. Спрос на такие виды ПЭ на биологической основе увеличивается. Известным примером является полиэтилен на основе сахарного тростника марки "I'm green PE" бразильского поставщика Braskem, Сан-Паулу.

#### Полипропилен (ПП)

Обращает на себя внимание тенденция использования различных сомономеров при производстве ПП, их влияние на чистоту полимера. Осуществляется активная замена старых производств. На массовые и гибридные процессы, такие как Spheripol и Spherizone от Lyondell Basell или Borstar от Borealis, приходится примерно 53% объема производства полимера, тогда как на газофазные процессы, такие как Unipol от Grace или Novolen от Lummus – около 44%.

Суспензионные процессы с применением растворителей используются для специальных целей, например, производства марок высокой чистоты, и составляют всего чуть менее 3%.

Широкое распространение получила политика создания специальных марок ПП для различных узконаправленных областей применения, например:

- фирма Borealis представляет марку RF 777MO, которая отвечает необходимым требованиям для производства пластмассовых крышек. Изделия из этой марки нейтральны к запаху и вкусу, имеют улучшенную текучесть (ПТР = 20 г/10 мин), а использование нуклеаторов приводит к стабильности размеров и высоким механическим свойствам.

- для мягких нетканых материалов предлагается гомополимер с более высоким ПТР марки PP 514M12 фирмы Sabic и HL912FB фирмы Borealis, которые имеют низкий уровень летучих.

- слоистый композит, состоящий из двухосноориентированной полипропиленовой пленки (БОПП) и неориентированных слоёв пленок из ПП. Преимущество этой комбинации заключается в использовании БОПП с повышенными барьерными свойствами и широким спектром свойств неориентированной полипропиленовой пленки. Свойства неориентированных слоёв из полипропилена обеспечивают стабильность размеров при высоких температурах (стерилизация, горячее заполнение), высокую жесткость и одновременно высокую прочность. Использование различных видов моноплёнок из различных марок полипропилена позволяет получать композитные полипропиленовые пленочные материалы, с успехом заменяющие барьерные плёнки из различных типов полимеров, что упрощает проблему их утилизации. Однако для получения такой многослойной плёнки требуется для каждого слоя специальный марочный ассортимент полипропилена с особыми свойствами: ударопрочный сополимер BC918CT (Borealis), Engage (Dow Chemical) и другие.

Массовое развитие механической переработки отходов для многих направлений их использования требует подтверждения качества, по крайней мере, близкого к первичному полипропилену, для целого ряда квалифицированных областей применения. Часто для расширения использования этого вторичного сырья требуется поиск новых областей применения.

В рамках ЭЗЦ в ЕС рассматривается необходимость снижения объёма сжигания пластмасс и возможное использование химической рециркуляции.

В этой области Sabc работает с британской компанией Plastic Energy по производству Tasoil в качестве основы для мономеров. Borealis сотрудничает с австрийской OMV, которая уже использует расширенную пилотную установку для своего процесса ReOil.

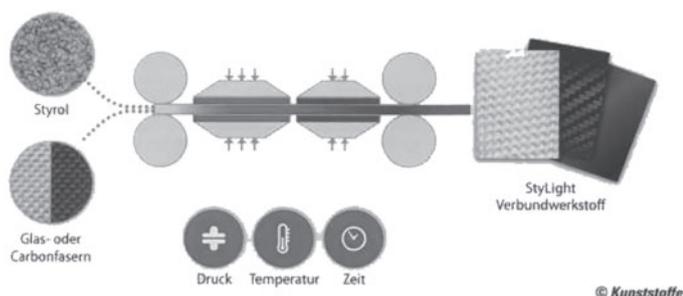
Многие потребители пластмасс в области упаковки ищут возможность замены традиционных полимеров. Несмотря на некоторый рост, реальная доля рынка биополимеров по-прежнему составляет около 1%, в то время как многие относят к биоразлагаемым типам даже такие полимеры, как био-ПЭ или био-ПЭТ. Следует также отметить, что возврат к традиционным материалам – металлу, стеклу или картону – обычно приводит к увеличению веса и объема выброса CO<sub>2</sub>.

**Сополимеры стирола**

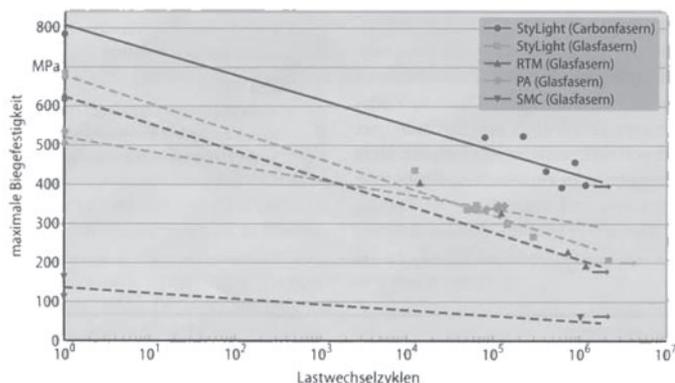
Очень хорошие эстетические и механические свойства стирольных полимеров значительно расширяются за счёт использования композитов, в том числе армированных волокон. Появились новые разработки марочного ассортимента для лазерного спекания, а также атмосферостойких видов пластика.

Целый ряд сополимеров стирола исследован на возможность декорирования их поверхностей лазерным лучом, что открывает новые возможности для применения таких изделий для внутренней отделки автомобилей. Разработчик Inios Styrolushen Group GmbH (Франкфурт, Германия) совместно с другими фирмами может в ближайшее время предложить эти процессы для автоиндустрии.

Функциональные органические/неорганические материалы марки StyLight (рис. 2) позволяют производить термопластичные многофункциональные композитные материалы. Они имеют очень хорошую жесткость при низкой плотности, поэтому подходят для особенно легких деталей во многих областях использования. Эти композитные материалы превосходят многие термопластичные изделия по жесткости и прочности (рис. 3). Композиты StyLight SAN значительно улучшают эстетику поверхности изделий. Высокая поляриность SAN облегчает окраску, печать и фольгирование.



**Рис. 2. Процесс StyLight в двухступенчатом прессе: предварительно пропитанные термопластичными стирольными пластиками полуфабрикаты обладают хорошими механическими свойствами и блестящей поверхностью (©Ineos Styrolution).**



**Рис. 3. Зависимость максимальной прочности на изгиб в соответствии с ISO 14125 от циклов нагружения при 23°C и относительной влажности 50%: стирольные пластики демонстрируют лучшие усталостные характеристики (© Ineos Styrolution).**

\*RTM – термореактивный полимер; \*SMC – полиэфирный препрег.

Устойчивое к царапинам покрытие из полимочевины. Сополимер стирола Luran S KR 2864C, обработанный ColorForm, очень устойчив к царапинам благодаря покрытию на основе полимочевины. Это обеспечивает стабильное качество и, следовательно, повышенную устойчивость. Применение этого метода позволяет получать изделие с глянцево-поверхностью.

Производители стирольных пластиков также создали свою ассоциацию. Ассоциация Styrenics Circular Solutions (SCS) со штаб-квартирой в Брюсселе была основана в середине 2017 года. Одной из целей компании является содействие рециклингу с помощью химической переработки отходов. Ассоциация демонстрирует свою ответственность за внедрение ЭЗЦ.

Химический рециклинг – это процесс, который обеспечивает качество переработанного полимера, которое нельзя достигнуть другими методами. При химическом рециклинге пластиковых отходов полимерные макромолекулы деполимеризуются до мономеров (рис. 4). Полистирол является наиболее известным примером массового пластика, который может быть переработан с использованием этого метода.

С этой целью был основан междисциплинарный и финансируемый государством исследовательский проект ResolVe. Целью исследовательского проекта, возглавляемого отделом исследований и разработок Ineos Styrolution, является экономичное использование отходов полистирола (ПС) в качестве сырья для высококачественных новых пластиковых изделий.

<p><b>Механический рециклинг</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ограниченные квоты на утилизацию стирольных полимеров</li> <li>Установленная процедура, но ограниченное применение сегодня</li> </ul>	<p><b>Растворный</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>например, для очистки использованных изоляционных плит XPS</li> <li>ограниченное применение 2019+</li> </ul>	<p><b>Деполимеризация</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Новый PS из рециклированных PS изделий</li> <li>нет ограничений в применении 2021+</li> </ul>
---	--	--

Zeit →

**Рис. 4. Различные процессы переработки. Химическая переработка должна увеличить скорость переработки ПС (© Ineos styrolution).**

Сотрудничество производителей пластмасс с разработчиками процессов химической переработки отходов, а также с переработчиками, сортировщиками и муниципалитетами, имеет важное значение для внедрения этих методов во всем мире. Для этой цели была создана система SCS, в которой участники объединяются в цепочку для создания ЭЗЦ. Это происходит не только в Европе, но и в Северной Америке.

Ineos Styrolution сообщила об успешном производстве полистирола из термически расщепленного вторичного полистирола после повторной очистки. Совсем недавно компания также объявила о сотрудничестве с компанией по утилизации и переработке отходов Indaver NV (Мехелен, Бельгия) для химической переработки полистирола.

**АБС-пластики (акрилонитрилбутадиенстирол)**

В ближайшие несколько лет ожидается рост потребления АБС-пластика за счёт рынка бытовой техники, электротехники и электроники. Новые разработки включают в себя марки АБС, наполненные стекловолокном, а также марки с более эффективной белой окраской.

Марочный ассортимент АБС разрабатывается не только для новых применений, но и для повышения экономичности и эффективности производства. В частности, производители бытовой техники и других изделий из АБС белого цвета хотят иметь возможность регулировать оттенки белого, а также получать недорогой предварительно окрашенный АБС «стандартного белого цвета». Благодаря уже имеющемуся пигменту в процессе экструзии или литья под давлением могут быть добавлены другие пигменты для получения точного оттенка белого цвета. Марка Terluran GP-35 White – это новый вид марки Terluran GP-35 натурального цвета, который является основой для других белых пигментов и содержит УФ-стабилизатор, что дает возможность значительно снизить расход суперконцентратов для получения требуемого качества материала. Terluran GP-35 White – это стандартная (многоцелевая) марка с хорошей текучестью и хорошей пластичностью, предназначенная для литьевых деталей с тонкими стенками или неблагоприятным соотношением длины течения к толщине стенки.

Марка АБС Novodur H801, армированная длинным стекловолокном, разработана несколькими партнерами специально для автомобильной промышленности. Она обладает высокой теплостойкостью, ударпрочностью и низким уровнем эмиссии летучих компонентов, а также низкотемпературной пластичностью, что важно для использования в салонах автомобилей.

Положительный баланс утилизации АБС практически невозможен из-за строгих требований в ряде областей применения. Всё же вторичные полимеры после модификации могут быть востребованы

в бытовой технике. Быстрый прогресс в технологии разделения и сортировки пластиковых отходов также позволяет использовать вторичный АБС разных цветов.

Однако поскольку каждая отдельная операция переработки термически нагружает пластик, все чаще предлагаются специальные добавки для компенсации влияния изменения свойств полимера при повторной переработке. Это повышает целесообразность рециклинга АБС и позволяет возвращать его в материальный цикл при сохранении высокого уровня свойств.

#### Поливинилхлорид (ПВХ)

Мировой спрос на ПВХ продолжает расти, и эта тенденция сохранится на ближайшие годы. Не только новые области применения изделий из ПВХ, но и существенное расширение существующих областей способствует росту объемов потребления ПВХ. Трубы и фитинги с долей 45% остаются самой большой областью применения. Это существенно отличается от доли аналогичного потребления ПВХ в России, несмотря на высокую надёжность и экономичность таких трубопроводных систем. Особенно важно обратить внимание на распространение ориентированных труб из жесткого ПВХ, обладающих высокой экономичностью.

В начале 2018 года была опубликована Стратегия ЕС по пластикам, где рассматривалась экономика замкнутого цикла. В этой части ЭЗЦ в индустрии ПВХ с ее добровольным обязательством по вторичной переработке ПВХ пионером считается VinylPlus. С 2000 года через VinylPlus было переработано более 5 миллионов тонн ПВХ. В 2018 году программа установила новый рекорд – 740000 тонн вторичного сырья, что означает экономию в 1,5 миллиона тонн CO<sub>2</sub>. Таким образом, вполне достижима обещанная в 2020 году вторичная переработка ПВХ в объеме 800000 тонн в год. В сентябре 2018 года VinylPlus обязалась перед Комиссией ЕС предоставить не менее 900000 тонн к 2025 году и не менее 1 миллиона тонн переработанного ПВХ к 2030 году для производства новых продуктов в ЕС.

В долгосрочной перспективе к 2040 году VinylPlus, наряду с другими европейскими организациями, обязуется помогать перерабатывать и повторно использовать до 70% всех отходов пластиковой упаковки. Это сложная задача, которая требует разработки новых процессов химической переработки вторичного сырья. Разработка такого процесса развивается в рамках проекта Circular Flooring по переработке напольных покрытий из ПВХ. Он основан на процессе CreaSolv из Института Фраунгофера, Фрайзинг. Одним из важных аспектов процессов растворения является отделение пластификаторов и, таким образом, сохранение переработанного материала практически в первозданном качестве. Если эта разработка окажется успешной, она также может быть интересна для переработки других отходов композитов ПВХ.

Конечно, существуют также загрязненные и смешанные ПВХ-содержащие отходы других пластмасс, которые не подлежат механической вторичной переработке или переработке с помощью растворителей. В настоящее время они перерабатываются термически или используются в качестве заменителя топлива. В отрасли разрабатываются технологии переработки таких отходов в синтез-газ и, в конечном итоге, в основные химические вещества, тем самым замыкая цикл.

#### Полиэтилентерефталат

ПЭТ-бутылки могут быть переработаны в новую пищевую упаковку. Системы возврата и процессы утилизации уже давно созданы в промышленном масштабе. ПЭТ-бутылки, изготовленные из 100% вторичного сырья, уже имеются на рынке. Тем не менее, у ПЭТ имеется конкурент.

В течение многих лет полиэтиленфураноат (ПЭФ) рекламировался как сырье, альтернативное ПЭТ, на биологической основе. Терефталевая кислота в этом полимере заменена фурандикарбоновой кислотой, которая может быть получена из возобновляемого сырья, такого как С6-сахара, то есть моносахариды с шестью атомами углерода. Этот биополимер существует уже много лет.

ПЭФ обладает многими положительными свойствами. Это, скорее всего, вызвало несколько преувеличенные ожидания отрасли по запуску его промышленного производства. Температура стеклования ПЭФ (от 86 до 88°C) немного выше, чем у ПЭТ (от 69 до 74°C). Это указывает на более низкую диффузию или лучшие барьерные

свойства. Говорят, что кислородный барьер ПЭФ примерно в 6–10 раз выше, чем у ПЭТ. Это позволило бы использовать бутылки ПЭФ для чувствительных к кислороду продуктов, таких как пиво или соки, без дополнительных кислородных барьеров или активных поглотителей кислорода.

Барьерные свойства ПЭФ по углекислому газу и водяному пару соответственно в 4–6 и в 2 раза выше, чем у традиционного ПЭТ. С другой стороны, температура переработки примерно 235°C, что ниже, чем у ПЭТ (265°C). При производстве бутылок ПЭФ это приведет к пониженным энергозатратам по сравнению с ПЭТ. Но ПЭФ еще не представлен на рынке, и барьерные свойства были определены только на опытных образцах. Остается выяснить, подтвердятся ли упомянутые и ожидаемые более благоприятные свойства ПЭФ по сравнению с ПЭТ.

В то время как установки полимеризации ПЭТ мощностью 500000 тонн в год находятся в эксплуатации, для ПЭФ имеется перспектива установки с производительностью от 5000 до 10000 тонн в/год. Тем не менее, BASF отказалась от совместного проекта с Avantium под названием Synvina. Запуск ПЭФ на рынке был отложен до 2025 года. Но фирма Avantium сообщила, что хочет вывести ПЭФ на рынок в одиночку. Если проблемы полимеризации будут решены и ПЭФ появится на рынке, этот упаковочный материал может снизить зависимость от ископаемого сырья в долгосрочной перспективе.

Доля рынка бутылок для напитков, изготовленных из полилактидов (PLA), незначительна и поэтому не представляет серьезной конкуренции ПЭТ. PLA чаще используются в сфере общественного питания или в пленках в качестве альтернативы ПЭТ. Но и там их доля на рынке составляет менее 1%, как показали недавние исследования (источник: FNR). Упаковочная промышленность полагается на традиционную переработку, а не на биополимеры.

Бутылка ПЭТ рассматривается в средствах массовой информации как успешный пример ЭЗЦ. Дискуссия вокруг ЭЗЦ в основном связана с морским мусором. Все согласны с тем, что загрязнение океана не может продолжаться. Однако основные страны – источники загрязнений – находятся за пределами Европы. Эти страны в полной мере освоили потребление упаковки, но еще не разработали инфраструктуру ее утилизации.

Для достижения амбициозных европейских целей по вторичной переработке в настоящее время страны рассматривают возможность закупки у потребителей ПЭТ-бутылок. На сегодня в Европе существует десять стран с системами закупки использованных ПЭТ бутылок: Швеция (ввод в 1984 году), Исландия (1989), Финляндия (1996), Норвегия (1999), Дания (2002), Германия (2003), Нидерланды (2005), Эстония (2005), Хорватия (2006) и Литва (2016) (источник: Reloop). Такие страны как Франция, Великобритания, Ирландия, Мальта, Португалия, Турция и Румыния планируют ввести системы закупки ПЭТ. Такая система обеспечивает высокую чистоту вторичного ПЭТ.

Химическая переработка ПЭТ в настоящее время переживает возрождение. Соответствующие процессы были разработаны десятилетия назад, но никогда не применялись в промышленных масштабах. После очистки мономеры могут использоваться для полимеризации. Преимущество химической переработки для ПЭТ заключается в том, что, в отличие от традиционной механической переработки, могут перерабатываться даже плохо подходящие для механической переработки многокомпонентные изделия, такие как многослойная пленка, текстиль или напольные покрытия. В результате доступное количество вторичного ПЭТ-сырья может сильно возрасти.

#### Полибутилентерефталат (ПБТ)

Кристаллизующийся материал, пригодный для литья под давлением, применяется для производства многих технических изделий. При среднем росте более 4% за последние пять лет глобальное потребление ПБТ в 2018 году достигло около 1200 тыс. тонн.

Рост рынка ПБТ естественным образом связан с устоявшимися рынками автомобилей и автомобильной электроники, электротехники.

Диапазон материалов, подходящих для этих отраслей, включает специально адаптированные продукты, которые могут быть, например, особенно легкотекучими, устойчивыми к гидролизу, огнестойкими или очень легко поддающимися лазерной сварке.

В области автомобильной электроники в основном преобладал спрос на материалы с особенно низким содержанием галогенов.

Соединения галогенов, способных к миграции, особенно в ионной форме, могут стимулировать или запускать процессы коррозии на электронных контактах. Материалы ПБТ соответствуют таким требованиям благодаря своим химическим свойствам.

Есть и новые области применения для проводов с высоким напряжением. Например, используются специальные высоковольтные разъемы, которые должны быть выполнены в сигнальном цвете RAL 2003 (пастельный оранжевый). На рынке уже существует спрос на цветные материалы по RAL 2003 с огнестойкими свойствами.

ПБТ конкурирует с ПП в секторе упаковки. В последние годы стали доступны типы ПБТ с низкой вязкостью, пригодные для литья под давлением, например, для тонкостенных капсул для кофе. В этой области ПБТ конкурирует с классической пластиковой упаковкой, часто из полипропилена. Его хорошие барьерные свойства как по отношению к влаге, кислороду или воздуху, так и запахам, говорят в пользу ПБТ. Сопоставимые барьерные свойства могут быть достигнуты только в классических упаковочных материалах, например, с использованием многослойных систем. Хорошие барьерные свойства ПБТ остаются его основным преимуществом для использования в производстве упаковки и обеспечивают экономичную эффективную и упрощенную утилизацию.

Совсем недавно появилась новая разработка от BASF – Ultradur B6560M2 FCTF. Этот продукт является первым видом ПБТ, разработанным для термоформования (TF). ПБТ показывает относительно резкий переход из расплава в затвердевшее состояние. Новая разработка предлагает материал с высокой вязкостью расплава, а также с широким диапазоном температур затвердевания. Это обеспечивает эффективную экструзию пленки на первом этапе и последующий процесс термоформования. Материал подходит для сектора упаковки, например, для производства чашек и подносов. Но его также можно использовать и в технике.

ЭЗЦ для сравнительно малотоннажного материала требует специального подхода, особенно для таких изделий как бутылки из смесей ПБТ + ПЭТ. Кроме того, использование вторичного сырья из таких источников в изделиях для электроники невозможно.

Одним из вариантов может быть процесс извлечения из таких изделий пиролизного масла. Это пиролизное масло может заменить нефть на нефтяной основе, которая расщепляется крекингом на химическое сырье, которое снова становится доступным для любого химического синтеза.

В долгосрочной перспективе ожидается глобальный рост производства материалов на основе ПБТ как в ключевых областях применения, таких как автомобильная электроника и электроника, так и на новых рынках, и новые возможности переработки, например, экструзия, расширят спектр областей применения.

#### Полиамид (ПА)

Компаунды заменяют ПА 66. Серия Nylaforce Dynamic от Brenntag GmbH является примером компаундов ПА 6 для замены ПА 66 для применения при высоких динамических нагрузках. Такой материал содержит 50 и 60% стекловолокна и характеризуется высокой прочностью на разрыв и эластичностью. В настоящее время Lanxess запускает Durethan P, новую серию компаундов ПА 6 с высокой прочностью. Содержание стекловолокна в них составляет от 30 до 60%. В автомобилестроении они являются альтернативой ПА 66 для масляных поддонов, модулей масляного фильтра, подшипников двигателя и шасси, соединительных тяг и систем пневматических пружин.

Цены на компаунды с красным фосфором в качестве антипиренов резко возросли. Экономичной альтернативой таким композитам с 25% стекловолокна является, например, не содержащий галогенов антипирен Durethan BKV25FN04 от Lanxess. Помимо всего прочего, это подходящая замена для изготовления катушек и статоров.

Из соображений безопасности одним из основных требований является высокая огнестойкость пластмасс. Обычно требуется классификация в тесте UL94. Марка Durethan BKV45FN04 соответствует этим требованиям. Благодаря своей очень высокой жесткости и прочности она подходит для ряда деталей аккумуляторных батарей. ПА 6 теперь также доступен в оранжевом цвете по RAL 2003. Марка полимера относится к ряду композитов оранжевого

цвета, разработанных компанией Lanxess, цвет которых устойчив даже при воздействии тепла. Они предназначены для пластикового корпуса токоведущих компонентов, таких как высоковольтные разъемы, находящиеся под более высоким напряжением. Эти изделия помечаются оранжевым цветом.

BASF и ещё примерно 30 международных компаний основали «Альянс по переработке пластиковых отходов». Химическая группа, работающая в Людвигсхафене, запустила проект под названием ChemCycling, целью которого является химическая переработка пластиковых отходов, когда они термохимическим способом превращаются в сырье, из которого создаются новые химические продукты, в том числе материалов, ранее не подлежащих вторичной переработке, например, многослойных или загрязненных пластмассовых изделий.

Также с использованием химического процесса, разработанного APK Aluminium und Kunststoffe AG, Мерзебург, могут быть переработаны многослойные пленки из ПЭ и ПА. Процесс разделения за счет растворителя приводит к получению чистых гранул со свойствами, подобными новым продуктам. Промышленная система, разработанная итальянской группой компаний Aquafil, Arco, использует отходы, содержащие ПА 6 (такие как старые рыболовные сети, ковровые или жесткие ткани), для химического восстановления капролактама. Затем его полимеризуют и используют для производства волокон из ПА 6, прежде всего для текстильной промышленности.

#### Полиметилметакрилат (ПММА)

В отличие от предыдущих лет, на продажи не оказывают сильно-го влияния отдельные области применения, как, например, устройства подсветки, используемые в телевизорах с плоским экраном. Скорее, рост основан на общем увеличении числа областей применения.

*Специальный материал для оптимального освещения в теплицах.* Благодаря исключительному светопропусканию ПММА применяют не только в телевизорах с плоским экраном, мобильных телефонах, декоративных дизайнерских светильниках и в подсвечиваемой рекламе, но также как часть функционального и энергосберегающего освещения для офисов и супермаркетов, улиц, спортивных арен и общественных мест. ПММА обеспечивает высокую точность изображения при изготовлении линз. Эта оптика может направлять свет настолько точно, что светодиодные светильники освещают большие площади равномерно и в то же время энергосберегающим образом.

Линзы из ПММА используются не только в светильниках. В теплицах нового типа в Нидерландах используются кровельные панели, которые содержат бесчисленное количество маленьких линз, изготовленных из специальной марки Plexiglas Solar. Они фокусируют солнечный свет, преобразуя солнечную энергию в тепловую и снижая энергопотребление.

Специальные марки ПММА модифицированы таким образом, что материал пропускает определенные световые длины волн, которые необходимы растениям для их роста, и в то же время он еще более устойчив к ультрафиолетовому излучению, чем стандартные виды.

Атмосферостойкость ПММА также используется в строительстве. Даже стандартный материал устойчив к ультрафиолетовому излучению благодаря своей молекулярной структуре. Он всё больше находит применение в качестве остекления дверей и элементов фасада.

#### Поликарбонат (ПК)

Крупнейшими потребителями ПК являются отрасли электроники, электротехники и бытовой техники – 35%; автомобильная промышленность – 20%. Применение ПК для корпусов светодиодов – 5%. При этом ожидается увеличение объемов производства светодиодов в связи с их экономичностью.

Расширяется применение композитов на основе ПК с волокнистыми наполнителями. Изделия из таких композитов лёгкие и прочные с хорошими поверхностными свойствами. Ожидается их опережающее развитие в электро- и электронной технике, в автостроении и в производстве спортивных товаров

Крупные производители ПК интенсивно работают над созданием системы ЭЗЦ в производстве и применении ПК и сокращением выбросов CO<sub>2</sub>. Фирма Covestro рассматривает ЭЗЦ как

главную задачу устойчивого развития и стремится построить ЭЗЦ по всей цепочке экономики, от производства ПК, изделий из него и до повторного использования. В дополнение к механической переработке, термическое и химическое расщепление полимерных цепей ПК возможно без особых усилий, так что мономеры ПК могут снова использоваться. Из состава смешанных отходов его также можно восстановить – идентифицировать с использованием ИК-спектроскопических методов, отсортировать и переработать.

#### Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК)

ПЭЭК относится к группе полиарилэфиркетонов (ПАЭК). Изделия из ПЭЭК имеют малый вес, высокую прочность и хорошую устойчивость к износу, высоким температурам, усталости и агрессивным химическим веществам. Это позволяет изделиям дольше эксплуатироваться и способствует свободе проектирования и экологичности.

Компания Victrex plc., Торнтон-Кливли (Великобритания) полностью специализируется на производстве ПЭЭК и ПАЭК. Ее производственные мощности составляют 7000 т/год. Компания также разрабатывает специальные марки материалов и изделий из них для отдельных отраслей и областей применения.

Компания разработала специальные марки ПАЭК при изготовлении прочных изделий методом лазерного спекания. Процесс обеспечивает более высокую скорость формования и повышенную прочность изделий по оси z. Это дает возможность получения изделий с прочностью, сопоставимой с изделиями, полученными методом литья под давлением.

Термопластичные композиты все больше используются в аэрокосмической промышленности, они позволяют значительно снизить вес конструкции. Широко используемые термопластичные препреги дают хорошие результаты по сравнению с термореактивными материалами (полиэфирами и др). При этом они не требуют дополнительного уплотнения в автоклавах.

Материал марки Victrex СТ 200 был недавно разработан для производства уплотнителей для экстремально низких криогенных температур. Материал обеспечивает лучшее уплотнение по сравнению с обычно используемыми материалами, такими как политетрафторэтилен (ПТФЭ), и он обладает также высокой стойкостью к ползучести при повышенных температурах.

Дальнейшее развитие позволило использовать ПЭЭК также в производстве разъемов Rampart Products, Хьюстон (Техас, США). Компания разработала полимерный материал для нового соединителя, используемого для передачи энергии и данных в буровом оборудовании, обеспечивающий надежное электрическое соединение при температуре 200°C и давлении около 1380 бар, защищающее дорогие датчики и электронику.

Широкое распространение получили изделия для хирургии, в частности, импланты из ПЭЭК, которые успешно заменяют стальные. Сегодня число используемых имплантов возросло до девяти миллионов, включая зубы, детали позвоночника и ортопедических зон. Улучшенный материал PEEK-Optima HA, разработанный фирмой InVivo Biomaterial Solutions, обеспечивает модуль упругости, подобный модулю упругости костей.

#### *Инновации в технологиях и оборудовании для переработки пластмасс*

На выставке K-2019 было представлено большое количество оборудования, как правило, действующего и крупнотоннажного.

Особое впечатление производила демонстрация работающего высокопроизводительного оборудования, установленного в одном и том же зале, выпускающего многослойные плёнки методом экструзии с раздувом. Ведущие мировые фирмы: Reifenhäuser Group, WittmannBattenfeld, KuhneGroup, MACCHI, Windmöller&Hölscher и другие представили свои достижения в этой области.

Основные тенденции в области конструкций оборудования для переработки пластмасс:

- продолжение политики Industry 4.0, заложенной ещё в экспозиции предыдущей выставки;
- дальнейшее повышение автоматизированного управления процессами переработки пластмасс;
- увеличение производительности оборудования и габаритов выпускаемых изделий;

- роботизация оборудования, прежде всего в процессах производства литьевых изделий, где уже используются системы, состоящие из нескольких роботов.

Производители оборудования также откликнулись на требования ЭЗЦ. Среди большого количества технологий и оборудования, представленного на K-2019, подтверждающими эти тенденции можно назвать следующие:

- фирма Milacron показала новую сервогидравлическую двухплитную литьевую машину. Машина охватывает диапазон усилия смыкания от 13000 до 60000 кН и доступна по мощности моделей в трех уровнях производительности. Модель на 60000 кН оснащена шнеком 230 мм. Два параллельных узла впрыска обеспечивают быстрый набор дозы расплава для впрыска. Основное внимание Milacron уделяет продукции для автомобильной промышленности, потребительским товарам, строительству, упаковке и бытовой технике.

- фирма Kiefel, одна из лидеров по производству вакуумформочного оборудования, представила на выставке новую высокоскоростную установку KTR 5.2 Speed для производства упаковочных ёмкостей, в т.ч. и одноразового использования. Несмотря на значительно увеличенную производительность, установки не требуют больших производственных площадей. Разработчики подумали обо всем: от управления процессами транспортировки пленки (рулонного материала), нагрева, станции формования, подачи воздуха в пресс-форму, охлаждения инструмента, смены инструмента до последующей оптимизированной автоматизированной упаковки изделий в картонные коробки. Возможно увеличение технологических циклов до 50 в минуту и увеличение силы штамповки до 400 кН. Длинный радиатор обеспечивает точное распределение тепла, идеально подходящее для полипропилена. Кстати, это один из примеров, когда предприятия, несмотря на критику одноразовой посуды, продолжают совершенствовать технологии и оборудование для её производства.

- фирма WernerKoch, специализирующаяся на производстве систем смешения и дозирования пластмасс, представила инновации в этой области. Фирма придает большое значение простоте подключения систем к основному оборудованию, удобству в обращении с перерабатывающим оборудованием благодаря мобильным и гибким контроллерам SLT и MCT. Для этого используется простой и интуитивно понятный интерфейс, который отображается на 7-дюймовом сенсорном экране. Необходимые параметры процесса рассчитываются полностью автоматически контроллером. Результатом является стабильно равномерный результат дозирования. В систему интегрированы расширенная память рецептов смесей и удобное управление ими, пароль и пользовательская иерархия, вывод аварийных сигналов и аварийных сообщений, история аварийных сигналов и многое другое. Благодаря легкой интеграции в корпоративную сеть через интернет потребители получают возможность централизованного контроля дозировки. Система создаёт все предпосылки для цифровой автоматизации подачи материала и имеет возможность постоянно оптимизировать отдельные этапы процессов при наличии данных по качеству конечной продукции и производительности процесса.

- фирма Arburg (производитель литьевых машин) обеспечивает прямое измерение внутреннего давления и температуры расплава, а также «дыхания» инструмента в режиме реального времени, что значительно повышает уровень автоматизации управления процессом, его производительность и качество изделий. Это улучшает технологические параметры процесса, особенно при нестабильном качестве сырья, в т.ч. вторичного.

- новый процесс пенообразования за счёт совмещения физического и химического методов продемонстрировала фирма Protec Polymer Processing. Физическое вспенивание пластиковых деталей осуществляется с помощью производственного раствора Somos Perfoamer. Фирма представила инновационный процесс литья под давлением вспененных изделий. Установка сочетает простоту управления процессами химического пенообразования с использованием повышенного давления физического пенообразования. Даже при небольшой толщине стенки изделия возможно получить хорошие результаты вспенивания и, следовательно, значительную экономию материала.

Усовершенствованную систему для очистки литьевых форм и инструментов сухим льдом представила фирма Cold Jet. Новая

очистительная машина PCS 60 может быть лучшим вариантом, когда речь идет о чистке инструментов на месте без риска появления остатков, вызывающих истирание. Машина представляет собой новую технологию струйной обработки сухим льдом и может установить стандарты для очистительных систем в ближайшие годы. PCS 60 оснащена запатентованной системой контроля частиц Cold Jet (PCS). Сухой лед разрезается на ромбовидные частицы необходимых размеров, и это дает пользователю большую гибкость для очистки многих типов поверхностей, таких как поверхности литевых форм, шнеков и даже заусенцев на деталях.

Фирма Colines, лидер по производству оборудования для изготовления многослойных высокоэффективных листов (по отношению массы к прочностным и изгибающим нагрузкам) с внутренним пузырчатым слоем, представила образцы новой продукции – теперь уже с двойным внутренним пузырчатым слоем. Технология позволяет оснастить линию несколькими различными ячеистыми матрицами в соответствии с конкретными требованиями потребителя (рис. 5).

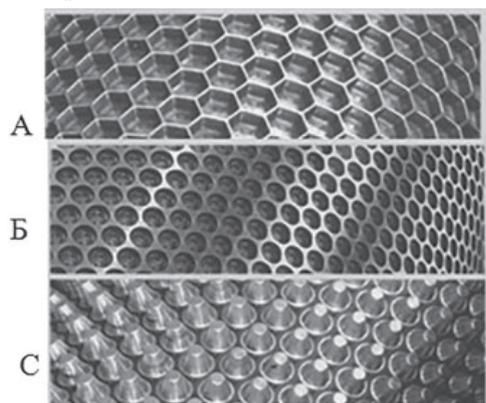


Рис. 5. Различные структуры многослойных листов: А – шестиугольная/сотовая структура, Б – пузырчатая структура, С – коническая (источник: фирма Colines).

Дополнительный средний лист в конструкции листа добавляется в версию, называемую BUBBLE GUARD® BOARD Duplex. Это решение создает прочную симметричную структуру с двумя пузырчатыми слоями, придающую листу высокую механическую прочность в сочетании с легкостью конструкции (рис. 6).

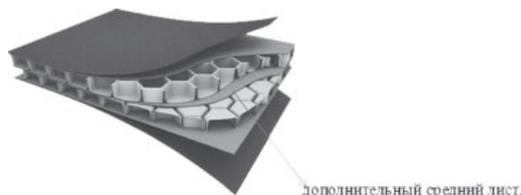


Рис. 6. Конструкция BUBBLE GUARD® BOARD Duplex, выпускаемая фирмой Colines.

Модель BUBBLE GUARD® BOARD Simplex предназначена для компаний, которым необходимо производить высокопрочные листы и доски весом не более 1500 г/м<sup>2</sup>, как правило, для изготовления тары для транспортировки тяжелых грузов, а также для таких областей как автомобилестроение и полиграфия. Отличительной характеристикой линии BUBBLE GUARD® BOARD Simplex является специально разработанная технология для производства листов с чрезвычайно низкой плотностью, до 100 г/м<sup>2</sup>, сохраняющих при этом высокие свойства прочности на изгиб.

Фирма Colines показала в действии экструзионную установку ALLrollEXALLrollEX 3000 плоскощелевой экструзии стретч-плёнки шириной 3 метра с высокой производительностью, скоростью и с экономным расходом энергии.

#### Научно-исследовательские центры и их значение

На выставке были широко представлены результаты работ институтов высшей школы и научно-исследовательских центров в области производства пластмасс и их переработки. Появилось значительное количество результатов совместной деятельности научно-исследовательских центров и промышленных фирм не только по отдельным

видам исследований, но и по высококвалифицированному техническому обслуживанию промышленных предприятий. Например, два новых центра технического обслуживания в США и Европе анонсирует фирма Polyplastics. Центр технических решений (TSC) в штаб-квартире в США уже открылся. Теперь аналогичное подразделение создано в европейском филиале в Раунхайме. Кроме того, Polyplastics будет постоянно представлять клиентам свои возможности по определению химических характеристик, анализу дефектов в изделиях и другие возможности технологической поддержки.

Фирма по производству литевых машин Haitian (Китай) заключила договор с Рейнско-Вестфальским техническим университетом (RWTH, Aachen) по дальнейшему совершенствованию автоматизации процесса в литевом оборудовании.

Хотелось бы обратить внимание, что в России необходимо шире использовать возможности ведущих кафедр ВУЗов по оказанию технической помощи, усовершенствованию технологий и созданию новых процессов в переработке пластмасс. Кафедра Санкт-Петербургского университета проводит обучение и повышение квалификации специалистов на современном европейском оборудовании. Кафедра МИТХТ много лет успешно сотрудничает с Группой ПОЛИПЛАСТИК на взаимовыгодных условиях. Желательно и далее наиболее полно использовать потенциал высшей школы для взаимовыгодного сотрудничества с предприятиями отрасли. А возможности использования опыта научно-исследовательских центров за рубежом могут быстрее вывести промышленность пластмасс на передовой уровень.

На К-2019 научно-исследовательские центры показали большое количество работ по автоматизации и контролю качества готовых изделий, в частности, по усовершенствованию технологии 3D печати. До сих пор, чтобы обнаружить дефекты печати на 3D принтере, такие как неровности или полости во внутренней структуре, необходимо провести рентгеновское обследование. В будущем качество изделия должно быть проверено уже во время печати. В рамках исследовательского проекта «Quali3D – Оптическое тестирование качества для экструзионной 3D-печати» в институте IPH (Ганновер) разрабатывают оптическую измерительную систему, которая может быть интегрирована в экструзионный 3D-принтер. Алгоритм обработки изображений предназначен для автоматической оценки полученных фотографий и выявления дефектов.

В 2019 году отмечали 70 лет всемирно известному научно-исследовательскому институту по переработке пластмасс ИКТ (Stuttgart) при RWTH (Aachen). На международном научно-техническом коллоквиуме в честь этой даты одной из главных тем было обсуждение вопросов экономики замкнутого цикла.

Институт ИКТ проводит широкий спектр работ по формированию композиций на основе коротких, длинных и непрерывных армирующих волокон. Полуфабрикат изделия забирается роботом, нагревается во время движения за счёт электросопротивления и помещается в форму для литья под давлением. Впоследствии полуфабрикат в форме покрывается полимером. Этот метод обеспечивает чрезвычайно короткое контролируемое время нагрева, экономит энергию и позволяет перерабатывать композиционные материалы с высокой вязкостью или с длинными волокнами без разрушения последних.

Лейбниц-Институт по исследованию полимеров (IPF, Dresden) считается ведущим институтом в Германии в переработке пластмасс.

Институт имеет четыре главных направления исследования:

- синтез и оптимизация полимерных систем, в т.ч. нанокompозитами и расширенной областью их применения;
- управление сложными биологическими механизмами с помощью функциональных полимерных материалов и разработки новых материалов для медицины;
- создание и исследования полимерных сетчатых высокомолекулярных структур;
- управление структурой полимеров в процессе их производства, формирования и конфекционирования.

Авторы надеются, что основные тенденции развития промышленности пластмасс, отмеченные в обзоре, найдут отражение в практическом использовании в России.