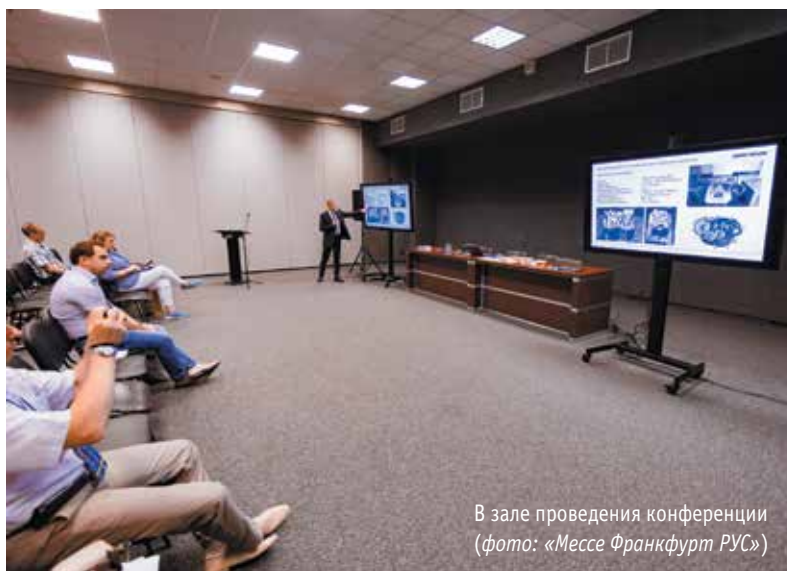


В рамках деловой программы выставки «РОСМОЛД-2019» в МВЦ «Крокус-Экспо» 19 июня 2019 г. состоялась очередная техническая конференция «Литье пластмасс под давлением. Формы, технологии, оборудование», организованная ЦОП «Профессия» и выставочной компанией «Мессе Франкфурт РУС». Генеральным спонсором конференции выступила компания «Японские литьевые машины», официальными спонсорами были «Т-Молд» и DMG MORI, медиа-партнером – журнал «Полимерные материалы».



В зале проведения конференции
(фото: «Мессе Франкфурт РУС»)

Литье пластмасс под давлением. Формы, технологии, оборудование

Конференция включала две тематические сессии, названия которых соответствуют заголовки разделов данного краткого обзора докладов, сделанных на этом мероприятии.

1. Формы и технологическая оснастка. Конструирование, изготовление, обслуживание

Открыл первую сессию *Андрей Антошин*, генеральный директор ООО «Дэррен», выступлением на тему: «Инновационные инструментальные стали сверхвысокой теплопроводности для изготовления пресс-форм» (фото 1). Докладчик



Фото 1. Выступает Андрей Антошин
(фото 1, 2, 5, 6, 8, 10, 11: «Мессе Франкфурт РУС»)

особенно подчеркнул, что данные марки сталей по своим техническим и эксплуатационным характеристикам ничем не уступают материалам, традиционно используемым для изготовления форм, но при этом имеют уникальные показатели по теплопроводности. Известно, что именно быстрый подвод и отвод тепла и его равномерное распределение по форме и по отливке определяют ход процесса литья и, как следствие, качество производимой детали, а также, что немаловажно, производительность процесса.

Доклад на тему «Эффективность применения ГКС и моделирования в Moldex3D на примере формы для сложного изделия» сделал *Игорь Багимов*, менеджер по развитию производства оснастки «Т-Молд» (г. Севастополь), которое накопило более чем 20-летний опыт проектирования, изготовления и эксплуатации литьевых форм, штампов и др. (фото 2). В качестве примера в докладе было взято изделие «колпак», отличающееся достаточно высокой массой (около 600 г), почти половина которой приходится на медную закладную деталь (фото 3, а). Другой особенностью

изделия является разнотолщинность, причем в некоторых местах толщина стенки колпака достигает 10 мм, так что изделие можно считать толстостенным. Для литья колпаков в начале 2000-х гг. была разработана и изготовлена одностенная холодноканальная форма с массой порядка 180 кг и 4 точками впрыска. Термостатирование формы было комбинированным: использовалась водяная система охлаждения в сочетании с электрическими нагревателями.

Было замечено, что у ряда колпаков после литья наблюдается растрескивание, в частности,



Фото 2. Выступает Игорь Багимов

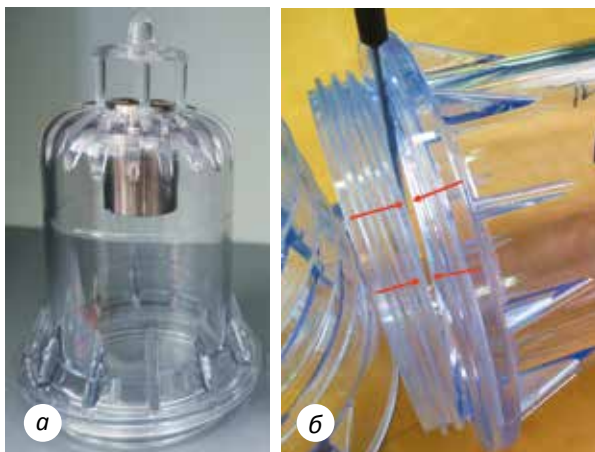


Фото 3. Внешний вид изделия «колпак» (а) и характерное месторасположение трещины на колпаке (показано стрелками) (б)



Фото 4. Матрица литьевой формы с каналами термостатирования на наружной поверхности

в области их резьбы (см. фото 3, б). Практика показывает, что типичной причиной этого явления у изделий из поликарбоната (ПК), из которого была изготовлена полимерная часть колпака, является наличие высоких остаточных напряжений, что было подтверждено с помощью поляризационно-оптического метода и путем воздействия растворителя на поверхность изделия.

Обрисовав таким образом проблему, докладчик далее рассказал о тех конструкторско-технологических мероприятиях, которые были предприняты для ее решения. В их числе были:

- изготовление новой литьевой формы с ее термостатированием с помощью только водяного термостата (фото 4);
- осуществление литья через одну точку впрыска, что позволило существенно сократить общую длину спаев в отливке;
- применение горячеканальной системы (ГКС) в виде центральной обогреваемой литниковой втулки;

• упрочнение формообразующих поверхностей, что позволило получить более качественную поверхность изделия, облегчить его съём, исключить образование царапин и др.

Теоретический анализ закономерностей течения расплава в процессе литья, проведенный с помощью программы Moldex3D, подтвердил правильность принятых решений и одновременно позволил сократить время на проведение эксперимента.

В результате выполненных мероприятий удалось добиться других улучшений, помимо предотвращения растрескивания колпаков. Так, использование новой формы с ГКС и водяной системы термостатирования позволило значительно снизить мощность впрыска, сократить расход дорогостоящего ПК за счет снижения массы литника с 8 до 1 г, снизить трудоемкость процесса литья благодаря исключению необходимости извлечения холодноканального литника и до полутора уменьшить время разогрева

формы до заданной температуры. В заключение докладчик поблагодарил известных специалистов – *Игоря Барвинского* и *Владимира Дувидзона* – за оказанную помощь и поддержку в работе.

Своим опытом поделились и специалисты немецких компаний. Выступлением на тему «Управление последовательностью раскрытия пресс-форм. Тяговые механизмы STRACK(R)» конференцию продолжил *Андрей Мультатули*, представитель фирмы Strack Norma (фото 5). Далее с докладом «Единый технологический комплекс изготовления формообразующих деталей литьевых форм: материал – станки – инструмент – технологии DMG MORI» выступил *Константин Винтер*, представитель фирмы Deckel Maho Pfronten, входящей в состав концерна DMG MORI (фото 6). Затем участники конференции с большим интересом прослушали выступление специалистов Schuelken Form. Генеральный директор *Марко Шулькен* представил компанию, а ее российский



Фото 5. Выступает Андрей Мультатули



Фото 6. Выступает Константин Винтер



Фото 7. Выступает Исаак Гольдберг

представитель *Михаил Анисимов* рассказал о деятельности компании в России, технических подходах, применяемых в работе, и представил практические кейсы, предлагаемые Schuelken Form на российском рынке.

Завершилась сессия докладом «Инновационные технологии для решения актуальных проблем литья термопластов» *Исаака Гольдберга*, известного автора монографий и публикаций на тему проектирования литьевой оснастки (фото 7). В своем выступлении он рассказал об особенностях использования литьевых машин в комбинации с робототехническими системами и поворотными столами, о литьевом прессовании, о модульных литьевых формах со сменными вставками, о технологии quick-stream удаления готовых изделий из формы не выталкиванием, как обычно, а вытягиванием при помощи специальной пластины, что экономит время и удешевляет литьевую форму за счет отсутствия системы выталкивания. На примере литья пластикового тюбика для зубной пасты с колпачком он детально рассмотрел варианты оптимизации процесса литья термопластов за счет использования различных инновационных технологий.

Комментируя выступление докладчика, *г-н Антошин* отметил, что некоторых проблем, решаемых здесь при помощи инновационных технологий, можно было бы избежать, используя для производства литьевых форм стали сверхвысокой теплопроводности.

2. Литьевые машины и вспомогательное оборудование. Контроль качества, выявление и устранение проблем

Открыл вторую сессию конференции *Игорь Барвинский*, главный специалист АО «СиСофт», выступивший на тему «Неоднородность структуры литьевых деталей из термопластов и ее влияние на качество» и посвятивший свой доклад памяти *В. А. Брагинского*, видного российского специалиста, внесшего существенный вклад в развитие отечественной индустрии пластмасс (фото 8).



Фото 8. Выступает *Игорь Барвинский*

Важность темы, поднятой докладчиком, заслуживает несколько более подробного освещения. На основе предложенной им клас-

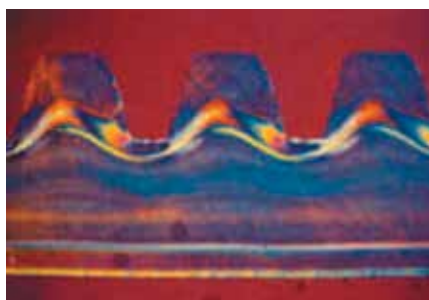


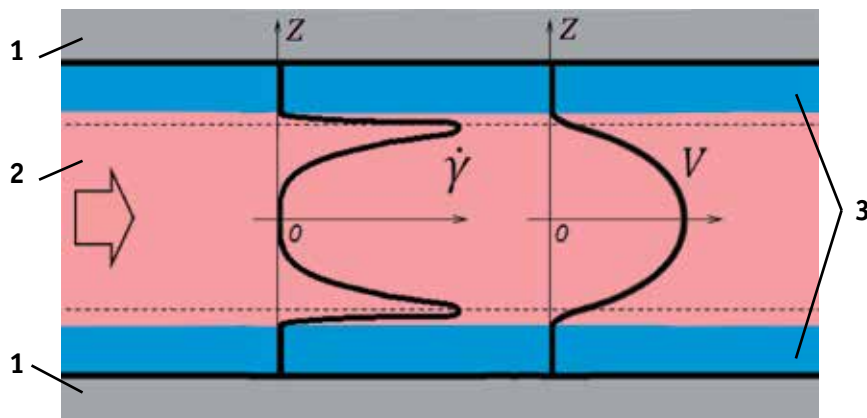
Фото 9. Микросрез литьевой детали из полиамида ПА66 в поляризованном свете с отчетливо различаемой слоистостью структуры (источник: *E. Voehtle*)

сификации *Игорь Барвинский* последовательно рассмотрел разновидности структурных неоднородностей, причины их возникновения, влияние на качество литьевых деталей, проблемы, вызываемые

ими, а также возможности их учета в инженерных расчетах с помощью программного обеспечения Moldex3D (версия 17) компании CoreTech System (см. таблицу).

Литьевым деталям из термопластов присуща неоднородность структуры, которая возникает в основном вследствие периодичности литья под давлением, конструктивных особенностей деталей и литьевых форм, а также неоднородности состава термопластичного материала и может оказывать негативное влияние на внешний вид, размерную точность и эксплуатационные характеристики деталей. Характерной неоднородностью литьевых деталей является, например, слоистость их структуры (фото 9), причинами которой в общем случае служат условия течения, уплотнения и охлаждения расплава в оформляющей полости литьевой формы, процессы ориентации волокнистого наполнителя при течении расплава и др. (см. таблицу).

Основная причина возникновения слоистой структуры – изменение условий ее формирования в направлении толщины стенки оформляющей полости. Например, так называемые слои сдвига являются следствием характерных профилей скоростей течения и сдвига при течении расплава (см. рисунок). При этом максимум скорости сдвига, во многом определяющей формирование слоистой структуры деталей из наполненных



Характерные профили линейной скорости течения V и скорости сдвига $\dot{\gamma}$ – при установившемся течении расплава термопласта в канале постоянной сечности и симметричном охлаждении со стороны его стенок: 1 – стенка оформляющей полости; 2 – расплав; 3 – застывший пристенный слой


Разновидности и причины неоднородности структуры литьевых деталей, ее влияние на качество и возможность учета в инженерных расчетах

Причины структурной неоднородности	Разновидности структурной неоднородности	Влияние на качество и типичные проблемы	Возможность учета
1. Условия течения, уплотнения и охлаждения расплава в оформляющей полости, процессы ориентации волокнистых наполнителей и пр.	Слоевая структура	Оптимизация слоевой структуры позволяет улучшить определенные характеристики качества	Частично
2. Изменение локальных условий течения и охлаждения расплава в оформляющей полости из-за влияния технологического режима (профилей скорости впрыска и давления выдержки, условий переключения на выдержку под давлением), конструкции детали и литьевой формы	Неоднородность слоевой структуры в различных областях детали	Проблемы: снижение точности, механических и других характеристик	Частично
3. Температурная неоднородность дозы расплава из-за диссипации при сдвиговом течении и адиабатическом сжатии расплава	Неоднородность слоевой структуры в областях детали	Проблемы: снижение точности, механических и других характеристик	Нет
4. Повышенная неоднородность дозы расплава, присутствие нерасплавленного термопласта из-за неадекватных условий пластикации	Неоднородность слоевой структуры в областях детали	Проблемы: непроплавы, снижение точности, механических и других характеристик.	Нет
5. Неоднородность состава композиции при использовании суперконцентратов (для окрашивания или с модифицирующими добавками) из-за неадекватных условий пластикации, несовместимости компонентов и пр.	Неоднородность материала детали, неоднородность слоевой структуры в областях детали	Проблемы: дефекты внешнего вида (разнотонность и др.), снижение точности, механических и других характеристик	Нет
6. Отсутствие «ловушек» для «холодной капли» в холодноканальной литниковой системе	«Холодная капля»	Проблемы: непроплавы, снижение точности, механических и других характеристик	Нет
7. Процессы деструкции и сшивания под действием высокой температуры или длительного времени пребывания в материальном цилиндре, высоких скоростей напряжений сдвига	Неоднородность материала детали	Проблемы: дефекты внешнего вида (пригары, разнотонность и др.), снижение точности, механических и других характеристик	Нет
8. Неустойчивое заполнение формы (струйное заполнение, «тигровые полосы» и пр.)	Локальные нарушения слоевой структуры	Проблемы: дефекты внешнего вида, снижение точности, механических и других характеристик	Частично
9. Образование спаев	Локальные нарушения слоевой структуры вблизи спая, «канавка» на поверхности детали (линия спая)	Проблемы: видимые линии спая, снижение механических характеристик (низкая прочность) спаев и пр.	Частично
10. Влияние воздуха и летучих, высокая объемная усадка	Газовые включения и пустоты	Проблемы: пористая структура, усадочные полости, пузыри, снижение механических характеристик из-за внутренних концентраторов напряжений	Частично
11. Изменение фазовой структуры блок- и привитых сополимеров, а также смесей полимеров в процессе переработки	Фазовое разделение	Проблемы: неравномерный блеск (например, у АБС-пластиков) и пр.	Нет
12. Влияние частиц наполнителя на структурообразование в их окрестности	Неоднородность структуры вблизи частиц наполнителя	Проблемы: снижение механических характеристик из-за внутренних концентраторов напряжений	Нет
13. Миграция частиц наполнителя при течении расплава	Неравномерное содержание частиц наполнителя в детали	Высокий блеск минералонаполненного ПП. Проблемы: неравномерный блеск, снижение точности, механических характеристик из-за внутренних концентраторов напряжений	Частично

и ненаполненных термопластов, соответствует перегибу на эпюре скоростей течения V .

Негативное влияние неоднородности структуры на качество литьевых деталей в большинстве случаев может быть существенно уменьшено или даже полностью устранено путем оптимизации технологического процесса, конструкции детали и литьевой формы.

В некоторых случаях проблемы могут быть решены путем оптимального выбора материала детали или его специальной модификацией. В любом случае сократить время, затрачиваемое на оптимизацию материала или режима литья, помогает математическое моделирование процессов формирования слоевой структуры. Дополнительную информацию о проблемах литья

пластмасс и продуктах Moldex3D можно найти на сайтах www.csoft.ru и www.barvinsky.ru.

В заключение своего сообщения Игорь Барвинский поблагодарил д. т. н. Э. Л. Калинцева и к. т. н. М. Б. Саковцеву за поддержку в работе, а компанию CoreTech Co. Ltd. – разработчика Moldex3D – за предоставленную информацию и программное обеспечение.



Фото 10. Выступает Константин Крейг

Большой интерес у аудитории вызвал доклад *Константина Крейга*, менеджера по продажам компании «Японские литевые машины», на тему «Причины успеха электрических термопластавтоматов JSW в России» (фото 10). Г-н Крейг подробно изложил принципы и особенности работы гидравлических и электрических термопластавтоматов (ТПА), провел их сравнительный анализ. Отдельно докладчик подчеркнул экономические выгоды от перевода производства с «гидравлики» на «электрику» (сокращение времени цикла и энергопотребления, уменьшение уровня брака, износа оборудования и пр.). Оказалось, что эти темы волнуют очень многих – вопросы, последовавшие за этим, касались конкретных примеров преимущества использования электрических ТПА по сравнению с привычными для большинства гидравлическими. В частности, аудиторию интересовало, могут ли такие машины применяться для высокоточного литья и за счет чего будет достигнута точность отливки. Г-н Крейг пояснил, что электрический ТПА управляется сервоприводом, который срабатывает с очень высокой частотой (до 16 раз в секунду), за счет чего система более быстро и точно воспроизводит заданный технологический режим, что позволяет отливать с прецизионной точностью даже мелкие и микро-детали с очень сложной геометрией.

Интересный вопрос задал докладчику г-н *Гольдберг*: «Известно, что у гидравлических ТПА потери давления могут достигать 40 %. На-

сколько, по вашему мнению, изменились бы показатели таких машин, если в гидравлической системе заменить масло на какую-либо несжимаемую жидкость?». Г-н Крейг пояснил, что основные потери энергии в таких литевых машинах связаны не со свойствами гидравлической среды, а с тем, что много энергии требуется на ее перекачку по гидросистеме, тогда как электрическим ТПА это не требуется. Они могут быть настроены так, чтобы каждое движение вообще выполнялось от отдельного сервопривода.

Затем перед аудиторией выступил *Владимир Корчагин*, ведущий инженер компании «YUDO Россия» с докладом «Выбор типоразмера сопла ГКС в зависимости от материала и геометрии изделия на примере продукции YUDO». Как известно, ГКС позволяют полностью или частично избавиться от литников, что дает значительную экономию материала, позволяет сократить время цикла и улучшить внешний вид изделий (не нужно дополнительно обрабатывать следы от литников). Существуют методики, позволяющие быстро спроектировать ГКС и подобрать сопла оптимального типоразмера. При этом учитывается форма, масса и геометрия детали, толщина ее стенок, необходимость смены цвета. Не менее важно знать параметры литья, например температуру формы, а также свойства и состав используемого полимерного материала (ПТР расплава, наличие добавок и т. п.). Докладчик подробно описал процедуру проектирования ГКС, а затем продемонстрировал видео, на котором средствами мультипликации был последовательно показан процесс сборки горячеканальной формы и ее работа.

Доклад «Охлаждение термопластавтоматов. Оптимизация технологического процесса» представил *Георгий Сваржевский*, специалист по оборудованию компании «Европолимер-Трейдинг». Он отметил, что охлаждение литевых машин является очень важным процессом при производстве полимерных изделий, поскольку оптимальный температурный режим работы ТПА способствует обеспечению качества выпускаемой продукции, экономии



Фото 11. Выступает Владимир Дувидзон

электроэнергии, повышению производительности и продлению срока службы оборудования. Для обеспечения максимальной эффективности процесса, охлаждающее оборудование (в данном докладе рассматривался чиллер) в каждом случае должно отвечать потребностям конкретного производства. Докладчик назвал основные типы чиллеров, кратко охарактеризовал их преимущества и недостатки и обозначил критерии выбора промышленного чиллера для предприятий, занимающихся литьем пластмасс под давлением.

Все большее внимание переработчиков на российском рынке привлекает полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), один из наиболее распространенных на практике представителей полиариэфиркетон. Особенностям технологической подготовки производства (ТПП) изделий из ПЭЭК был посвящен доклад, сделанный *Владимиром Дувидзоном*, руководителем направления по обработке полимерных материалов ООО «ИФ АБ Универсал» (г. Москва) (фото 11). В начале своего сообщения он кратко охарактеризовал тот уникальный комплекс эксплуатационных свойств ПЭЭК, который выделяет этот полимер в группе термопластов: высокие тепло- и термостойкость, низкое выделение дыма и токсичных газов при горении, износостойкость, хорошие диэлектрические свойства, очень высокие упруго-прочностные свойства, стабильность размеров, химическая стойкость и стойкость к гидролизу. Однако ПЭЭК сравнительно дорог: его стоимость в зависимости от марки и производителя



составляет в настоящее время от 5 до 15 руб./г. И чтобы литьевое производство изделий из ПЭЭК было экономически выгодным для предприятия, требуется продуманная ТПП, включая выбор оптимального режима сушки ПЭЭК, соответствующего типоразмера литьевой машины и его узла впрыска, оптимальной системы охлаждения формы, «правильного» термостата и др. Например, высокая температура плавления ПЭЭК (343–387 °С) требует очень высокой для термопластов температуры пластикации в материальном цилиндре литьевой машины (360–400 °С) и определяет повышенную температуру формы (160–220 °С), что в совокупности с высоким давлением выдержки (40–80 МПа) накладывает специальные требования к выбору, например, материала материального цилиндра и шнека, а также формообразующих деталей (ФОД) формы. Свои рекомендации по отдельным вопросам ТПП изделий из ПЭЭК г-н Дувидзон подкрепил конкретными примерами. В общем же случае для переработки ПЭЭК

требуются термостат с температурой масла 200–250 °С и литьевая машина, способная обеспечить температуру литья 450 °С, причем время пребывания расплава при этой температуре с учетом нахождения в горячеканальной системе не должно превышать примерно 10 мин, а извлечение отливки желательно проводить роботоманипулятором. В заключение докладчик остановился на сравнительном анализе возможностей и способов аддитивного производства изделий из ПЭЭК и дал конкретные рекомендации по выбору ПЭЭК, предназначенного для переработки по данной технологии, и соответствующего оборудования.

Завершилась конференция выступлением генерального директора компании «Промышленные технологии» Ильи Евстрина, который рассказал о созданной в компании системе сбора и анализа параметров работы литьевой машины и формы, которую ее разработчики назвали «Прозрачное производство». Система определяет текущую производительность

каждой машины и каждой формы в режиме реального времени, общий и средний расход электроэнергии на один цикл и за час, анализирует фактическую загрузку каждой единицы оборудования, выявляет потери производительности из-за сбоев в работе и простоев, а также в режиме реального времени отслеживает темпы выполнения производственных планов и при необходимости сигнализирует о вероятности срыва плана. Система призвана обеспечить руководителей ключевой информацией для принятия управленческих решений и тем самым повысить эффективность работы литьевого производства. ■

Подготовил к. т. н. **В. Н. Мырнин**
с использованием материалов докладчиков

Plastic Injection Moulding. Moulds, Technologies, Equipment

During the exhibition ROSMOULD-2019 19 June 2019 held another technical conference «Plastic Injection Moulding. Moulds, Technologies, Equipment». A brief overview of the presentations made at the event is provided.

Европейский рынок крышек и колпачков: спрос растет, сфера применения расширяется

Пластиковые крышки и колпачки, изготавливаемые литьем под давлением, являются неотъемлемой частью многих видов емкостей и контейнеров для повседневного использования, таких как бутылки, банки, флаконы, канистры, тубы, всевозможная гибкая и картонная упаковка для продуктов, напитков и пр. Их прямое назначение – закрывать и открывать упаковку, а часто и закрывать ее повторно. В ряде случаев на них возлагаются и другие функции, например барьерные или защитные.

В настоящее время наиболее часто используемым материалом для изготовления крышек и колпачков, безусловно, является пластик. И многие производители упаковки, в прошлом традиционно использовавшие для этого алюминий, жести, стекло или пробку, сейчас все чаще отдают предпочтение пластику. Причина вполне объяснима – крышки

и колпачки из пластика заметно легче, их использование сулит явные экономические и экологические выгоды, они более просты в производстве и обработке, сохраняют качество и безопасность содержимого и предлагают широкие возможности для дизайна упаковки.

Однако эта тенденция наблюдается не во всех сегментах рынка. Так, виноделы в последние годы отдают предпочтение металлическим крышкам, и эта тенденция сохранится в будущем. Но даже несмотря на это, рынок пластиковых колпачков и крышек в ближайшие годы ожидает



устойчивый рост. По прогнозам консалтинговой компании Ceresana, спрос на этот вид изделий в Европе к 2021 г. может достичь примерно 460 млрд единиц. В первую очередь – это крышки для одноразовых ПЭТ-бутылок, производство которых неуклонно растет вслед за ростом спроса на воду в упаковке малого объема. Вторых, продукция косметической и фармацевтической отраслей, где пластиковые крышки дополняют пластиковую же упаковку. Но крышки и колпачки из пластика все шире применяются и для укупорки тары из других материалов, например из стекла. И благодаря этому производители пластиковых крышек и колпачков сейчас получили доступ к новым для себя сегментам рынка.

www.ceresana.com