

В цехе литья пластмасс на заводе P&G Braun круглосуточно, в четыре смены, более 3 т полимерных материалов перерабатывается в пластиковые детали электробритв и эпиляторов марки Braun. Новая система снабжения машин материалом, смонтированная компанией Koch-Technik без остановки производства, позволила повысить стабильность и гибкость технологического процесса, а также на 55 % сократить энергопотребление. Общая длина искусно смонтированных материалопроводов составляет около 6,3 км



## Система гибкого снабжения материалом производства на основе Industry 4.0

На заводе фирмы P&G Braun в г. Вальдюрне, входящей в состав компании Procter & Gamble Manufacturing GmbH и занятой крупносерийным производством электробритв и эпиляторов, постоянно расширяется ассортимент выпускаемой продукции. Одновременно растет число функциональных элементов этих изделий из полимерных материалов, которые изготавливаются на более чем 70 литьевых машинах. Переработке при этом подвергаются преимущественно такие термопласты, как ASA, ABS, PC, PC-PET, PA, PBT, POM, PPS и PP, которые выбираются в зависимости от назначения того или иного компонента электробритв и эпиляторов. Когда снабжение литьевых машин такими различными материалами стало слишком затруднительным и негибким, руководство завода решилось на инвестиции в модернизацию производства, обратившись в компанию Koch-Technik. В результате на заводе была смонтирована центральная система снабжения полимерным материалом всех литьевых машин и централизованная станция сушки материалов, причем без остановки круглосуточного хода производства. Кроме того, эти принципиальные преобразования, проведенные в рамках концепции Industry 4.0, позволили также заметно повысить энергоэффективность и стабильность технологических процессов, а также качество выпускаемой продукции.

**Н. Хек, Й. Йост**, Werner Koch Maschinentchnik GmbH (г. Испринген, Германия)

С 1954 г. на заводе P&G Braun в г. Вальдюрне выпускаются электробритвы марки Braun (см. также справку в статье – *Прим. ред.*). «Ассортимент полимерных изделий, производимых в нашем цехе пластмасс, предназначен для последующей сборки электробритв и эпиляторов. Высокое качество этой продукции подтверждено результатами тестирования, проведенного Обществом по контролю качества потребительских товаров», – говорит ведущий инженер завода *Франк Бройниг* (Frank Breunig), который отвечал за проект по реконструкции системы снабжения литьевого оборудования полимерным материалом. Большая

часть полимерных изделий производится силами собственного литьевого производства, которое включает более 70 круглосуточно работающих литьевых машин с усилием смыкания от 50 до 300 т.

Масса декоративных и функциональных пластиковых литьевых деталей сравнительно невелика и составляет от 0,5 до 50 г, но задачу снабжения литьевых машин полимерными материалами осложняет широкое разнообразие их видов, включая термопласты, усиленные волокнами. Ежедневно более 3 т полимерного гранулята поступает на производство для изготовления суточной нормы изделий. При этом к деталям де-

**Справка**

В 1954 г. в г. Вальдюрне (Германия) было положено начало производству безопасных бритв, ставших затем всемирно известными под маркой Braun. Еще раньше, в 1921 г., инженер *Макс Браун* (Max Braun) создал одноименное предприятие, а в 1949 г., запатентовав электробритву с гибкой сеткой для сухого бритья, заложил краеугольный камень в основание фирмы Braun AG, которая в 1967 г. стала сначала частью компании Gillette, а затем, в 2005 г., сохранила свой бренд, войдя вместе с Gillette в состав американского концерна Procter & Gamble. В настоящее время под крышей компании Procter & Gamble Manufacturing на заводе P&G Braun в г. Вальдюрне ведется автоматизированное крупносерийное производство электробритв и эпиляторов марки Braun с множеством пластиковых компонентов, изготавливаемых литьем под давлением.



коративного назначения предъявляются повышенные требования, главным образом, по внешнему виду и тактильным свойствам, а к функциональным деталям – по размерной точности и воспроизводимости других показателей качества.

**Требования к новой системе снабжения материалом**

Команда сотрудников завода P&G Braun, специально организованная для решения поставленной задачи, первым делом определилась с техническими требованиями к новой системе. Самые важные из них *Франк Бройниг* сформулировал следующим образом: «Каждый материал должен быть подан на соответствующую литьевую машину в течение самого короткого времени, в заданном количестве, с воспроизводимыми условиями загрузки, постоянными свойствами и с остаточной влажностью не выше максимально допустимой». Поэтому наряду с реализацией принципа централизованного распределения материала необходимо было автоматизировать этот процесс. Поскольку переработка многих материалов осуществляется в их небольших объемах и с достаточно частой сменой вида гранулята, был нужен также надежный механизм предотвращения подачи на какую-либо машину не соответствующего материала. Важной задачей было также усовершенствовать технологию сушки гигроскопичных полимерных материалов, обратив при этом особое внимание на энергоэффективность этого процесса и полностью реализовав возможности экономии энергии. Кроме того, с учетом требований цифровизации процессов управление централизованной системой снабжения материалом, включая его сушку, должно было быть интегрировано во внутреннюю систему планирования ресурсов на заводе P&G Braun. И, наконец, было абсолютно необходимо, чтобы выполнение всех

этих мероприятий по реконструкции системы снабжения материалом литьевого оборудования происходило одновременно с текущим производством и, по возможности, без его остановок.

**Новая концепция распределения материала на базе Industry 4.0**

Для подачи материала на литьевые машины компания Koch-Technik использовала проверенный принцип его вакуумной транспортировки, когда имеются центральная система создания постоянного вакуума и множество разводящих материалопроводов. Такое решение позволило транспортировать по системе воздухопроводов на достаточно большие расстояния гранулированный материал с насыпной плотностью 0,6–0,8 кг/л и с размером гранул от 2 до 4 мм. Чтобы была возможность снабжать любую машину любым требуемым материалом, вся система подачи и распределения материала была спроектирована состоящей из 5 отдельных подсистем (фото 1): первая из них подает материал в основной сушильный бункер, откуда затем предварительно подсушенный гранулят по четырем другим подсистемам распределяется не непосредственно по машинам, а подается на промежуточные потребители. Такое решение было обусловлено тем, что многие функциональные пластиковые детали электробритв изготавливаются методом многокомпонентного литья и требуют загрузки в соответствующую литьевую машину различных полимерных материалов. При этом каждый промежуточный потребитель был подключен к загрузочному сепаратору, смонтированному непосредственно на литьевой машине.

Чтобы предотвратить повторное увлажнение подсушенного гигроскопичного материала в разводящих воздухопроводах, была предусмотрена система двойного вакуумирования. Ошибки подачи несоответствующего материала на машины исключаются за счет предварительной проверки сканером штрихкода на октабинах или промежуточных контейнерах с материалом. Подсушенный материал по литьевым машинам распределяют четыре навигационные системы. Наконец, управление всеми процессами транспортировки и загрузки материала на перерабатывающее оборудование было централизовано, визуализировано и, согласно принципам Industry 4.0, интегрировано в систему планирования ресурсов завода P&G Braun.



Фото 1. Каждая из пяти отдельных подсистем подачи и распределения полимерного материала имеет собственную систему управления и пульт S7 с сенсорным экраном, которые интегрированы в систему визуализации Koch-Technik (все фото: Koch-Technik)

Так выглядит краткое изложение основных конструкторско-технологических решений по реконструкции системы снабжения литьевого производства завода P&G Braun полимерным материалом. А далее – более подробно об этих решениях и о полученных результатах.

### Энергосберегающая сушка гранулята с помощью системы управления ÖKO

Центральная система сушки гранулята была установлена в цехе литья на специально смонтированной для этих целей (причем без остановки производства) платформе. Три большие сушилки воздуха типа СКТ с системой управления ÖKO снабжают здесь сухим воздухом 38 сушильных бункеров производительностью до 1600 м<sup>3</sup>/ч (фото 2 и 3). Управление остаточной влажностью сухого воздуха осуществляется по его точке росы, так что после прохождения через подсушиваемый гранулят и насыщения от него влагой воздух снова поступает по замкнутому контуру в большую сушилку, где обезвоживается с помощью абсорбента. Одновременно во втором циркуляционном контуре осуществляется регенерация увлажненного до этого абсорбента, и как только подсушиваемый воздух достигает точки росы, равной –30 °С,



Фото 2. Платформа с размещенными на ней тремя большими сушилками воздуха типа СКТ для снабжения сухим воздухом 38 сушильных бункеров производительностью до 1600 м<sup>3</sup>/ч



Фото 3. Специалисты Koch-Technik (слева направо) – Ойген Остер (Eugen Oster) и Йоахим Йост (Joachim Jost) – во время настройки центральной системы сушки материала на заводе P&G Braun

что соответствует содержанию воды в сухом воздухе 0,33 г/м<sup>3</sup>, система управления автоматически переключает независимые контуры сушки и регенерации. По сравнению с принципом переключения через фиксированные интервалы времени управление процессом сушки по точке росы позволяет добиться постоянного качества подсушенного гранулята при меньшем энергопотреблении.

О бережном и не допускающем пересушивания процессе обезвоживания материала «заботится» запатентованная компанией Koch-Technik система управления ÖKO, которая распознает, достиг ли материал необходимой для переработки остаточной влажности, и в зависимости от результатов непрерывного мониторинга этого показателя продолжает или заканчивает процесс его сушки. Наряду с защитой от пересушивания материала такой принцип управления процессом позволяет, опять же, заметно сократить энергопотребление. Этому способствуют и вентиляторы с управляемыми по частоте вращения двигателями, которые автоматически уменьшают расход сухого воздуха, как только сушильные бункеры переводятся в режим покоя.

### Компоновка системы сушки, адаптированная к архитектуре машинного зала

При проектировании центральной системы сушки полимерных материалов необходимо было найти приемлемое решение относительно ее размещения вместе с системой распределения материала с учетом архитектурных особенностей цеха литья на заводе P&G Braun, в частности его крыши, под которой должна была располагаться платформа с системой сушки. Дело было в том, что, хотя кровельная конструкция машинного зала имела характерную для промышленных зданий шедовую форму, имелось несколько односкатных перекрытий для повышения светоотдачи, и это обстоятельство затрудняло размещение платформы с системой сушки. Тем не менее была решена и эта задача: в настоящее время все сушилки с точностью до сантиметра размещены на платформе высотой 3,5 м. При этом большие сушильные емкости – объемом от 100 до 250 л, а также малые – объемом от 20 до 60 л – были смонтированы таким образом, что их общая компоновка органично соответствовала геометрии крыши цеха (см. фото 2).

### Автоматическое распределение материала с помощью навигаторов

Одно из самых важных требований компании P&G Braun к новой системе снабжения материалом литьевого производства касалось бережной транспортировки высушенного до заданной остаточной влажности гранулята к соответствующей литьевой машине. До сих пор – при используемой на заводе децентрализованной сушке – наблюдались большие потери материала, в первую очередь, при его смене. После сравнительного анализа имеющихся на рынке систем распределения руководство завода выбрало навигатор компании Koch-Technik, позволяющий гибко, надежно, без потерь материала и попадания



Фото 4. Каждый из 4 навигаторов, представленный на данном фото на удалении (а) и крупным планом (б), имеет в среднем по 32 входа, гарантированно обеспечивая каждого потребителя подготовленным полимерным материалом

в него загрязнений, даже при его смене, осуществлять распределение материала по литьевым машинам. Такое решение было оптимальным для производства, на котором в течение суток происходит несколько смен перерабатываемого материала. Одна такая навигационная система имеет до 40 входящих и выходящих в нужном направлении материалопроводов (фото 4). Но это еще не все: если необходимы дополнительные входы и (или) выходы, то может одновременно использоваться несколько навигаторов, как это, собственно, и понадобилось на заводе P&G Braun. Теперь здесь каждый из четырех отдельных навигаторов оснащен собственной системой управления и имеет в среднем по 32 входа, гарантированно обеспечивая каждого потребителя соответствующим подготовленным материалом. На полпути движения материала к машинам, с помощью пневматических заслонок, происходит автоматическое соединение на заданный период времени соответствующих материалопроводов с трубопроводами, следующими к определенным машинам. При этом каждый процесс подачи материала регистрируется и документируется с помощью установленной системы визуализации Koch-Technik.

### Система визуализации в качестве интерфейса системы планирования ресурсов предприятия

Система визуализации Koch-Technik, поддерживаемая специальным программным обеспечением, в режиме реального времени прослеживает всю работу подключенного периферийного оборудования. Построенная по модульному принципу, она полностью адаптирована к системе снабжения материалом на заводе P&G Braun. При этом на мониторе центрального компьютера пользователь может проследить за состоянием всех устройств и станций хранения, сушки, транспортировки, распределения и сепарации материала, а при необходимости внести коррективы в тот или иной процесс. Кроме того, в памяти системы визуализации записываются и сохраняются все важные для процессов условия их протекания или их изменения – смена материала, температура сушки, действия оператора и др. Таким образом можно проследить «жизненный цикл» каждой партии материала. Наконец, система визуализации, будучи объединенной с системой планирования ресурсов P&G Braun, образно говоря, сама становится своего рода интерфейсом согласно принципам Industry 4.0,

Та же система визуализации предохраняет от ошибок при загрузке потребителей полимерным сырьем. Программное обеспечение системы, сохраняя в своей памяти данные о материалах и их смене, разрешит подачу соответствующего материала из мест его хранения в промежуточные контейнеры, а затем и на сушку только после сравнения и совпадения своих данных с информацией от отсканированного штрихкода на контейнере с материалом. Но сначала, перед заполнением гранулятом любого из 28 контейнеров, производится сканирование и сравнение штрихкодов на источнике материала и контейнере, которые должны соответствовать друг другу. И только при полном соответствии данных на контейнере данным на надлежащий материал система управления разрешает загрузку материала (фото 5).



Фото 5. Перед загрузкой гранулята в один из 26 контейнеров проводится сканирование имеющегося на них штрихкода, и контейнер открывается только в случае совпадения данных по материалу

То же самое касается 10 сборных пунктов, куда материал всасывается из октабинов. В каждом из этих пунктов имеются датчики, которые регистрируют загрузку материала от соответствующего октабина или смену октабинов. Поэтому и здесь полностью исключается случай загрузки ненадлежащим материалом.

### Монтаж новой системы без остановки производства

Важное требование заказчика о монтаже новой системы снабжения материалом литьевых машин на заводе P&G Braun без остановки производства было полностью выполнено. В результате была установлена на специальной платформе центральная система сушки гранулята и смонтированы 4 навигатора, а также примерно 6,3 км трубопроводных линий всасывания и подачи материала. Кроме того, были предусмотрены 84 загрузочных сепаратора типа A2 для дозирования малых количеств гранулята на литьевых машинах. Эти сепараторы емкостью всего лишь 2 л компактно располагаются непосредственно на машинах и со своей производительностью 5 кг/ч оптимально подходят для того количества материала, которое перерабатывается в какую-либо декоративную или функциональную деталь электробритв, выпускаемых на заводе P&G Braun.

Во всей системе снабжения материалом вакуумные насосы с вращающимся поршнем обеспечивают постоянный уровень вакуума для транспортировки гранулята. Управление вакуумными насосами по потребности с их регулировкой по частоте позволяет, с одной стороны, снизить потребление энергии, а с другой стороны, уменьшить уровень шума и износ материалопроводов. Каждый насос защищен центральным фильтром типа Sa3 от загрязнений в подаваемом воздухе. Защитные фильтры очищают воздух от всех посторонних частиц размером более 3 мкм. Чтобы понизить уровень шума от работающих насосов, они были смонтированы попарно друг над другом с шумозащитным кожухом, что позволило сэкономить место и понизить уровень шума до 8–10 дБ (фото 6).



Фото 6. Сдвоенная компоновка вакуумных насосов и шумозащитный кожух позволили сэкономить место в цехе и понизить уровень шума от работы насосов до 8–10 дБ

На последней стадии монтажа новой системы загрузочные сепараторы типа A2 были подключены к подающим материалопроводам поверх существовавшей трубопроводной разводки. Эту важную работу провели специалисты Koch-Technik. «Сепараторы-загрузчики материала заменялись непосредственно на наших литьевых машинах в процессе текущего производства продукции, и каждый очередной новый сепаратор сразу же вводился в эксплуатацию, практически без остановки литьевой машины», – вспоминает Торстен Келлер (Thorsten Koehler), специалист P&G Braun. С тех пор началась круглосуточная работа новой системы, позволившей не только упростить и при этом повысить надежность распределения материала, но и сделать процесс переработки более гибким и энергоэффективным. Достаточно сказать, что, как засвидетельствовали измерения, проведенные спустя полгода после ввода в эксплуатацию новой системы, экономия энергии, включая ее затраты на сушку материала, составила 55 % (!).

Это был не первый проект подобного вида, который компания Koch-Technik реализовала в условиях полностью загруженного выпуском плановой продукции производства, но на руководство завода P&G Braun сам процесс монтажа и его результаты произвели большое впечатление. При каждом удобном случае специалисты завода охотно показывают гостям завода искусно смонтированные, бесчисленные трубопроводные линии с плавными изгибами, по которым предназначенный к переработке материал всегда находит «правильную» дорогу к «правильной» литьевой машине.

### Заключение

Таким образом, если подводить итоги проведенной работы, то можно выделить следующие основные ее результаты:

- модернизировано снабжение материалом литьевого производства;
- монтаж новой системы проведен непосредственно в процессе текущего производства продукции, без его остановки;
- полностью автоматизированы процессы транспортировки и сушки перерабатываемых материалов;
- смонтирована новая, более энергоэффективная система сушки гранулята;
- установлена система мониторинга и визуализации процесса снабжения материалом производства, поддерживаемая соответствующим программным обеспечением и обслуживаемая с одного пульта управления с центральным компьютером;
- осуществлено сетевое объединение систем снабжения материалом и планирования ресурсов предприятия на базе принципов Industry 4.0.

### *The System of Flexible Supply with Material of Production on the Basis of Industry 4.0*

*N. Heck, J. Jost*

*Technical and economic advantages of a new system for flexible supply with polymer raw materials which was installed by Koch-Technik at P&G Braun plant without stopping of injection moulding production are described. ■*