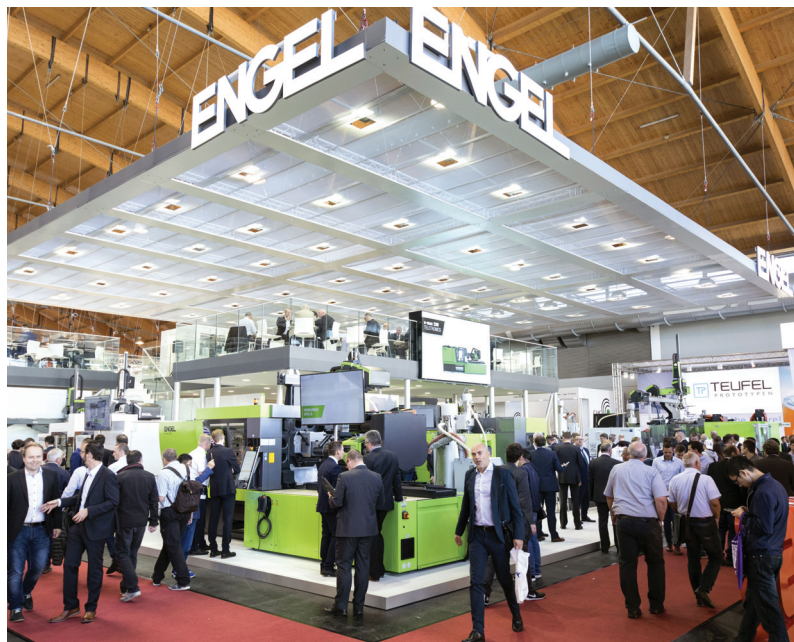


Предупредительное поддержание оборудования в рабочем состоянии, непрерывный контроль и самооптимизация технологических параметров, повышение производительности и коэффициента использования оборудования, быстрая перестройка в серийном и даже единичном производстве на новый вид продукции, более простой и понятный диалог оператора с машиной, сервис и устранение неполадок на удаленной связи... Эти и другие решения, основанные на принципах 4-й промышленной революции Industry 4.0 и направленные на повышение качества и снижение себестоимости продукции и, тем самым, на повышение конкурентоспособности предприятий, постепенно становятся нормой жизни в промышленности переработки пластмасс. Наиболее продвинутой в этом отношении отраслью выглядит литьевое производство полимерных изделий и одной из ведущих в этом направлении компаний является ENGEL Austria GmbH, создавшая систему поддержки своих клиентов в виде концепции inject 4.0.



Во время выставки Fakuma-2017 посетители стенда ENGEL, на котором все литьевые машины через автоматизированную систему управления производством authentig были соединены друг с другом, могли «вживую» ознакомиться с программными продуктами inject 4.0 и их технико-экономическими возможностями

Концепция inject 4.0 как инструмент повышения эффективности литьевого производства

Концепция inject 4.0, разработанная компанией ENGEL, опирается на принципы Industry 4.0, заключается в сетевом объединении всех составляющих литьевого производства и направлена на постоянное его совершенствование и повышение качества литьевой продукции на базе собственных программных продуктов. В результате такого подхода был создан обширный пакет программных продуктов и технических решений, который компания продолжает непрерывно расширять и совершенствовать.

1. «Умный» завод

Если рассматривать inject 4.0 как систему, то ее центральным звеном является «умный» завод (smart factory), в состав которого входят три подсистемы: «умное» оборудование (smart machine), «умное» обслуживание (smart service) и «умное» производство (smart production).

Благодаря сетевому объединению производственных систем, систематическому использованию машинных, технологических и производственных данных, а также использованию «умных» вспомогательных систем-помощников на «умном» заводе непрерывно происходит самооптимизация технологических процессов. Повышаются продуктивность и качество производства, и в то же время переработчики могут гибко реагировать на все более быстрое изменение требований.

1.1. «Умное» оборудование

Поскольку из-за возрастающей интеграции и автоматизации процессов производственные ячейки становятся все более сложными и комплексными, то управление ими и контроль должны быть максимально проще и интуитивней. Поэтому главная цель «умного» литьевого оборудования – расширение

возможностей его использования без необходимости дополнительного обучения его операторов специальным приемам и методам управления. В дальнейшем взаимодействие человека с машиной будет приобретать возрастающее значение.

В настоящее время компанией ENGEL разработаны и успешно опробованы на практике самоадаптирующиеся системы-помощники в виде 4 программных продуктов – **iQ weight control**, **iQ clamp control**, **iQ flow control** и **iQ vibration control**, интегрируемые в систему управления литьевой машины. Аббревиатура «iQ» (intellectual quality) расшифровывается как «интеллектуальное качество» и предусматривает интегрирование «интеллекта» экспертов в систему управления литьевой машины в целях улучшения хода технологических процессов и повышения качества выпускаемой продукции.

Программные продукты серии iQ оказывают реальную помощь пользователям за счет следующих факторов:

- эффективности процесса, заключающейся в повышении его производительности и улучшении воспроизводимости свойств литевых изделий благодаря непрерывному анализу параметров технологического процесса, выявлению возможных отклонений и незамедлительному их устранению во избежание брака;
- прозрачности технологического процесса, заключающейся в понятной для оператора визуализации состояния процесса с помощью информативных параметров и наглядного их представления;
- снижения нагрузки на персонал, например, путем автоматизированной настройки заданных параметров процесса.

1.1.1. iQ weight control

Первым программным продуктом из серии iQ стала программа iQ weight control, впервые представленная на выставке Fakuma-2012 и предназначенная для автоматического распознавания отклонений во время впрыска и «умной» корректировки режима литья в целях обеспечения постоянства массы деталей от цикла к циклу. В то время реализация таких возможностей управления процессом в режиме реального времени стала настоящим прорывом. Успешное применение программы iQ weight control на более чем 1500 литевых машин с электрическими узлами

Таблица 1. Максимальная $M_{\max}$ и минимальная $M_{\min}$ масса деталей, изготавливаемых без использования (а) и с использованием (б) программного обеспечения iQ weight control (см. также рис. 1)

Масса	Без iQ weight control	С iQ weight control
$M_{\max}$ г	5,216	5,199
$M_{\min}$ г	5,196	5,196
$M_{\max} - M_{\min}$ г	0,020	0,003

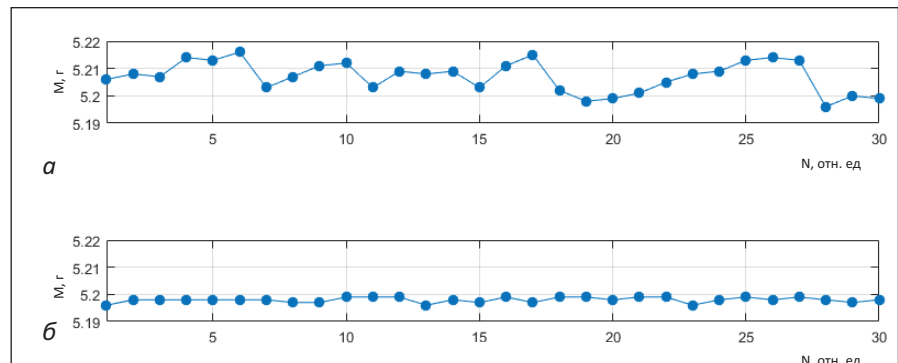


Рис. 1. Изменение массы M деталей в процессе литья под давлением без использования (а) и с использованием (б) программного обеспечения iQ weight control: N – порядковый номер цикла (все иллюстрации: ENGEL)

впрыска обеспечило ей заслуженное признание на рынке. Накопленные при этом практические результаты были применены для ее дальнейшего совершенствования. Новое поколение этой программы, интегрируемой в систему управления машины, наряду с корректировкой момента переключения и регулированием режима процесса впрыска обеспечивает автоматическое изменение давления подпитки на работающей машине.

Примером эффективности применения программы iQ weight control служат результаты измерения массы деталей от цикла к циклу литья под давлением на машине ENGEL victory 200H/50V/160 combi без использова-

ния и с использованием программного продукта iQ weight control (рис. 1). Деталью была тонкостенная вибрационная головка электрической бритвы, изготавливаемая из полифениленсульфида. Толщина ее стенки составляла 0,3 мм, длина течения расплава в оформляющем гнезде – 40 мм. Как оказалось, использование iQ weight control позволило на 85 % уменьшить разброс значения массы деталей – с 0,020 до 0,003 г (табл. 1).

1.1.2. iQ clamp control

Программный продукт iQ clamp control, впервые продемонстрированный на выставке Fakuma-2015, стал второй разработкой из серии

iQ. При его создании внимание специалистов ENGEL было сконцентрировано – в отличие от программы iQ weight control – на узле смыкания литейной машины. Программа iQ clamp control предназначена для автоматического регулирования и оптимизации усилия смыкания непосредственно в процессе литья в зависимости от «дыхания» формы.

Дело в том, что даже самые незначительные факторы, такие как, например, деформация литейной формы при ее «дыхании», могут существенным образом сказываться на качестве готовой продукции. Вследствие «дыхания» формы давление расплава частично снижает определяемую усилием смыкания силу сжатия частей литейной формы. Результатом этого становится небольшая деформация частей формы в пределах от нескольких тысячных до нескольких сотых долей миллиметра. В случае слишком большой или слишком малой величины этой деформации изделие может оказаться бракованным. Например, чрезмерно малое «дыхание» формы по причине слишком высокого усилия смыкания не обеспечивает достаточной вентиляции оформляющих гнезд и приводит к пригарам. А чрезмерно большое «дыхание» формы или слишком низкое усилие смыкания, напротив, могут вызвать перелив гнезд формы и образование грата.

Длительное время регулировку усилия смыкания приходилось выполнять только вручную. Используемые для этой цели методы измерений допускали принятие только субъективных решений и требовали от операторов большого практического опыта. Использование же максимально возможного усилия смыкания не только повышает опасность появления брака, но также ускоряет износ литейных форм и неоправданно увеличивает энергопотребление машины. На литейных машинах с электрическими узлами смыкания система iQ clamp control, предназначенная для автоматической оптимизации усилия смыкания, уже успешно зарекомендовала себя в масштабах мирового рынка. К выставке Fakuma-2017 компания ENGEL распространила область ее применения на гидравлические машины серии duo. Насколько эф-

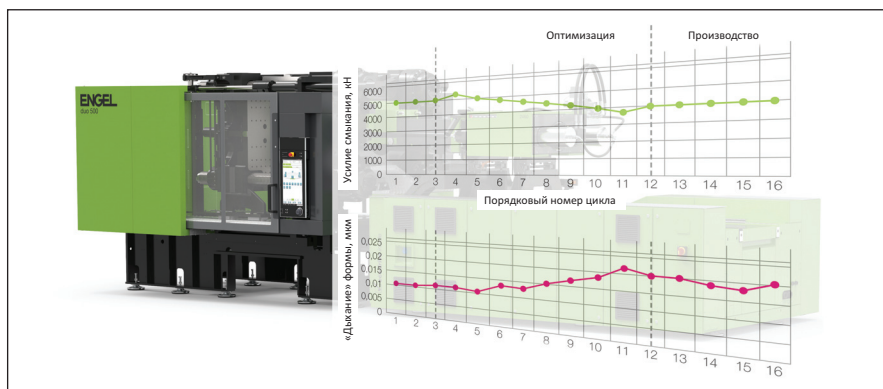


Рис. 2. На основе результатов оценки «дыхания» литейной формы (нижний график) программа iQ clamp control определяет оптимальное усилие смыкания и автоматически оптимизирует его от цикла к циклу (верхний график)

фективным может быть такое решение, показывает следующий пример (рис. 2). Установленное усилие смыкания для производства полипропиленовой крышки двигателя массой 510 г на литейной машине ENGEL duo 4400/700 составляло 5000 кН. При использовании же программы iQ clamp control оптимизированное усилие смыкания составило 4000 кН, т. е. на 20 % меньше.

1.1.3. iQ flow control

Назначение еще одного программного продукта – iQ flow control, входящего в серию iQ, заключается в «умном» термостатировании литейных форм, направленном на повышение стабильности процесса литья, воспроизводимости показателей качества литейных изделий и снижение потребления энергии на охлаждение формы. Новый подход к термостатированию формы компания ENGEL впервые продемонстрировала на выставке K-2016 в Дюссельдорфе. Термостаты e-temp, включающие в себя насосы с регулируемой

частотой вращения двигателя, были разработаны совместно с компанией HB-Therm. Они интегрируются в системы управления CC300 литейных машин компании ENGEL, оснащенных распределителями охлаждающей воды модели e-flo-mo, которые сами по себе являются самоадаптирующимися системами. Взаимодействие обоих компонентов системы термостатирования – термостатов e-temp и распределителей e-flo-mo – автоматически оптимизируется с помощью программы iQ flow control. Если распределитель в каком-либо режиме работы использует принцип регулирования расхода охлаждающей воды и перепада температур во входящем в форму и выходящем потоках, то система управления литейной машины автоматически корректирует частоту вращения привода насоса, снижая ее до минимально допустимого уровня и уменьшая тем самым потребление энергии. На термостаты, как правило, приходится значительная часть общего энергопотребления.

В качестве примера на рис. 3 приведено измеренное энергопотребле-

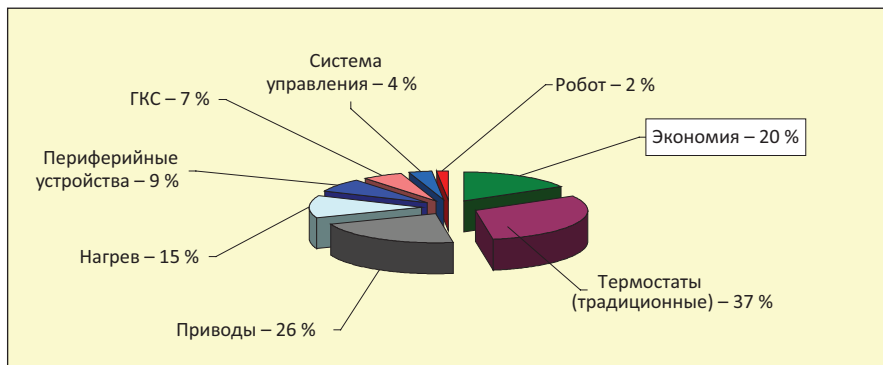


Рис. 3. Примерная структура потребления энергии различными компонентами литейной производственной ячейки: благодаря системе автоматического регулирования частоты вращения двигателей насосов термостатов общее энергопотребление удалось снизить на 20 % (ГКС – горячеканальная система)

ние реальной литьевой производственной ячейки. На полностью электрической литьевой машине ENGEL e-motion 170/80TL с двумя интегрированными термостатами типа e-temp H8-100 изготавливались изделия из АБС-пластика с массой впрыска по 7,1 г. При работе в традиционном режиме (с отключенной системой регулирования частоты вращения двигателя насоса) на термостаты приходилось 37 % от общего количества потребляемой энергии. Включение системы iQ flow control позволило уменьшить энергопотребление термостатов примерно наполовину без изменения расхода. Для производственной ячейки в целом это означает экономию до 20 % энергии.

1.1.4. iQ vibration control

Дополняет серию iQ программных продуктов программа iQ vibration control, предназначенная для активного подавления внешних помех движения робота и демпфированию его собственных вибраций при торможении. Благодаря этому достигается ускоренное позиционирование робота и, как следствие, некоторое снижение времени цикла.

1.2. «Умное» обслуживание

Переработчикам хорошо знакомы задачи и проблемы при обслуживании литьевого оборудования, в числе которых:

- непредвиденные простои;
- анализ первопричин неисправностей, отнимающий много времени;

- сбор необходимой информации по текущим сервисным случаям;

- использование различных каналов коммуникации при общении с поставщиком;

- необходимость быстрого получения запасных частей и т. д.

Именно для решения подобных проблем предназначено «умное» обслуживание, которое включает в себя комплекс программных и технических решений, разрабатываемых компанией ENGEL наряду с оказанием клиентам традиционных сервисных услуг. Дистанционное обслуживание и соблюдение требований опережающего поддержания оборудования в исправном состоянии, включая определение оставшегося срока службы его компонентов и заказ запчастей, для многих клиентов ENGEL стали уже нормой. Новый интернет-портал e-connect позволил сделать сотрудничество с ними еще более простым и оперативным (фото 1). При этом



Фото 1. Портал для клиентов e-connect, доступный с мобильных устройств, в своей новой версии имеет еще более наглядную структуру и новые функции

запросы могут отправляться с любого мобильного устройства, включая смартфон, причем его пользователь может постоянно удерживать в поле своего зрения процесс обработки запроса.

Начиная с выставки Fakuma-2017 все программные продукты «умного» обслуживания ENGEL – e-connect, e-connect.24, e-connect.monitor и программное приложение e-connect App – интегрированы в портал для клиентов e-connect. Это упрощает и ускоряет коммуникацию между переработчиками и компанией ENGEL и обеспечивает в любое время и независимо от месторасположения оценку состояния машин, уровня обработки заказов на сервис и поддержку, а также стоимости и доступности запасных частей.

1.3. «Умное» производство

«Умное» производство предназначено для анализа и повышения эффективности эксплуатации всего парка оборудования. В полимерной промышленности для коммуникации между объединенными в сетевую структуру основным технологическим оборудованием, периферийными устройствами, датчиками и пользовательскими базами данных все шире применяется коммуникационная платформа OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture). В рамках концепции inject 4.0 и с учетом рекомендаций Euromap эта платформа является источником цифровой

информации для системы планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning) и созданной ENGEL собственной автоматизированной системы управления производственными процессами (Manufacturing Execution Systems, MES) – authentig. Эта система, являющаяся основой «умного» производства, была разработана фирмой T.I.G Technische Informationssysteme GmbH, которая, сохраняя определенную самостоятельность, в то же время является частью группы компаний ENGEL.

Система authentig позволяет сделать прозрачными все основные параметры машин и процессов, улучшить планирование использования производственных мощностей и облегчить обработку статистических данных. Адаптируясь к специфическим требованиям литейного производства, эта система предлагает особенно глубокую вертикальную интеграцию данных вплоть до уровня отдельных гнезд литейной формы. Ее программное обеспечение делает наглядным процесс литья, чтобы, например, оптимально загрузить все имеющиеся мощности машинного парка или чтобы скоррелировать производительность процесса с его экономической. Система authentig построена по модульному принципу и, благодаря этому, может быть точно приспособлена под индивидуальные требования. В состав authentig входят следующие модули:

- authentig Monitoring (обеспечивает оперативную оценку состояния производства и его оптимизацию);
- authentig Planning (обеспечивает наглядное планирование производства);
- authentig Optimizer (обеспечивает оптимальные результаты планирования);
- authentig Quality (обеспечивает полное документирование производственных данных и сведений о качестве продукции);
- authentig Setup (обеспечивает правильные настройки машины);
- authentig Mobile (обеспечивает мобильное информирование);
- authentig Production Monitor (обеспечивает наглядность производства);



Рис. 4. Составляющие общей экономии производственных затрат за год на заводе компании WEIDPLAS после внедрения системы управления производством authentig (при 45 рабочих неделях в году)

- authentig Maintenance (обеспечивает контроль и планирование техобслуживания);
- authentig Analyzer (регистрирует производственные показатели и обеспечивает возможность принятия решений нажатием кнопки);
- authentig Energy (обеспечивает оптимальное энергопотребление).

Примером эффективности системы управления производством authentig служит опыт швейцарской компании WEIDPLAS, одним из направлений работы которой является производство изделий из пластмасс для автомобилестроения. Оказалось, что инвестиции, вложенные компанией в эту систему, окупились после всего лишь через 4,5 месяцев после ее внедрения на производстве (рис. 4).

4. inject 4.0 на выставках Fakuma-2017 и «Интерпластика-2018»

Во время выставки Fakuma-2017 (17–21.10.2017, г. Фридрихсхафен, Германия) посетители стенда ENGEL, на котором все литейные машины через систему authentig были соединены друг с другом, могли самостоятельно ознакомиться –

как «вживую» на работающих машинах, так и в многочисленных встречах с экспертами – с программными продуктами inject 4.0 и открыть для себя ряд новых возможностей (см. фото у заголовка статьи). Было продемонстрировано, насколько просто эта система обеспечивает полную прозрачность технологических параметров процессов. Так, все изготавливаемые на выставке детали в виде логотипа inject 4.0 снабжались кодом QR, с помощью которого спустя много времени после выставки можно вызвать сохраненные системой authentig технологические данные о каждой индивидуальной детали (фото 2).

Новинкой, подготовленной к выставке, был сертифицированный интерфейс, который упрощает интеграцию данных между системами authentig и ERP SAP. Был также «вживую» продемонстрирован самый «молодой» из модулей системы authentig – Energy, который делает наглядным не только расход энергии отдельными потребителями в литейном производстве, но и «подрезает» пики потребляемой ими электрической мощности. Становится возможным определять и реализовывать пределы реально необходимого энергопотребления для каждого отдельного потребителя, способствуя заметному сокращению энергии, потребляемой всем машинным парком и, соответственно, ее стоимости. Этот модуль поддерживает переработчиков при сертификации их системы энергетического менеджмента согласно нормам ISO 50 001.

Тема inject 4.0 получит продолжение на выставке «Интерпласти-



Фото 2. Деталь в виде логотипа inject 4.0 и с кодом QR, с помощью которого в любое время можно вызвать сохраненные системой authentig технологические данные о данной конкретной детали



Фото 3. Автоматизированный комплекс для производства иглодержателей безопасных шприцев будет представлен на выставке «Интерпластика-2018» в исполнении для чистого помещения

ка-2018» (23–26.01.2018, ЦБК «Экспоцентр», Москва). Так, две машины серий victory и e-victory, которые будут представлены на выставочном стенде ENGEL, будут объединены в сеть, что позволяет отслеживать состояние оборудования и данные процесса в режиме реального времени с одного центрального компьютера. Кроме того, посетители выставки смогут в режиме реального времени наблюдать на панели управления литьевой машины ENGEL victory 160, оснащенной гидравлическим узлом впрыска нового поколения, за принципом действия программы iQ weight control при изготовлении коробок для часов.

Та же программа – iQ weight control – будет поддерживать постоянную массу впрыска (всего лишь 0,08 г) от цикла к циклу на второй машине – ENGEL e-victory 80 с электрическим узлом впрыска, на которой будут изготавливаться филигранные иглодержатели с различной толщиной стенки, что требует очень высокой точности литья (фото 3). Кроме того, благодаря общей системе хранения данных система управления CC300 обеспечивает четкое согласование движений литьевой машины и робота.

Наконец, специальная зона на стенде будет посвящена системе управления производством authentig. Тем самым ENGEL наглядно продемонстрирует новые возможности inject 4.0.

*Подготовил к. т. н. А. П. Сергеевков
с использованием информационных
материалов компании ENGEL*

inject 4.0 as a Tool to Boost Energy Efficiency in Injection Moulding

Industry 4.0 is a buzzword. For injection moulding machine manufacturer ENGEL Industry 4.0 is a vision of the future – the future that has already arrived in some areas. For years now, many processors have already been using products and solutions that substantially improve productivity, efficiency, availability and flexibility in manufacturing through the systematic utilization and networking of data. ENGEL is now continuing to expand its offering in this area under the inject 4.0 brand name. The article deals with technical and economic opportunities provided by inject 4.0 for plastic processors. ■