

Технические пластики, такие как полиоксиметилен (ПОМ), требовательны к режимам их переработки литьем под давлением. Большое влияние на качество изделий из таких материалов оказывает термостатирование литьевой формы, особенно если у отливок небольшая толщина стенки при протяженном пути течения потока расплава. Компания Blum, производящая компоненты для мебельной промышленности, внедрив на своем производстве технологию «умного» термостатирования, сумела сократить энергопотребление и уменьшить количество брака.



Пластиковые корпуса используемых в мебельной промышленности демпфирующих цилиндров, к литью под давлением которых предъявляются высокие требования из-за их сложной геометрии и типа материала

Размерная точность и снижение затрат в результате «умного» термостатирования

С. Цинкграф, ENGEL Austria GmbH (г. Швертберг, Австрия)

Н еброские на первый взгляд, светло-серые трубчатые детали включают в себя чувствительный механизм, который гарантирует, что ящики в кухонной мебели будут закрываться тихо и мягко, независимо от того, насколько сильно на них давят (см. фото у заголовка статьи). Высококачественные системы петель, выдвижных и откидных створок, разнообразная мебельная фурнитура – специализация компании Julius Blum GmbH, базирующейся в г. Хехсте (Австрия).

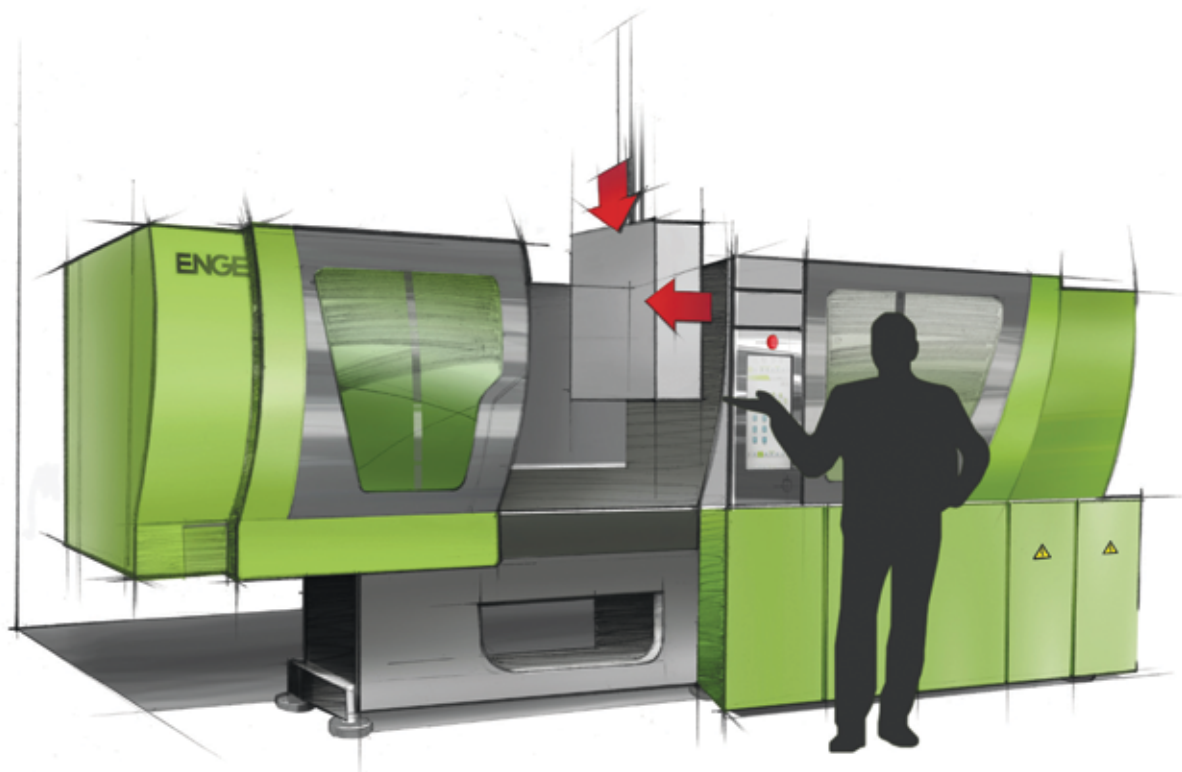
«Мы всегда стремимся быть на шаг впереди других производителей аналогичной продукции, – говорит Филипп Шлаттингер (Philipp Schlattinger), который отвечает за технологии переработки пластмасс в компании Blum. – Это необходимое условие для сохранения «места под солнцем» на высококонкурентном мебельном рынке». На заводе Blum в коммуне Фусах (австрийская федеральная земля Форарльберг, входящая в состав округа Брегенц) сложные по геометрии корпуса демпфирующих цилиндров, а также многие другие технические прецизионные детали для мебельной фурнитуры производятся литьем под давлением на бесколонных машинах компании ENGEL (рис. 1).

Более 30 лет назад компания Blum стала одним из первых пользователей бесколонной технологии литья и теперь внимательно следит за инновациями

своего партнера – компании ENGEL – в области цифровых технологий. Два года назад были вложены средства в первую производственную ячейку, оснащенную «умной» программной функцией iQ flow control и включающей распределители охлаждающей воды e-flowo и термостаты e-temp, которые на тот момент поставлялись в виде опытной серии (см. также вставку № 1).



Рис. 1. Цех литья компании Blum. Одна только экономия электроэнергии за счет внедрения «умной» системы термостатирования на машинном парке компании составляет шестизначную величину евро за год (все рисунки: ENGEL)



Бесколонные литьевые машины ENGEL victory

Нет колонн – нет преград

Уникальная бесколонная конструкция узла смыкания ENGEL victory позволяет использовать литьевые формы больших размеров, облегчает их обслуживание и значительно ускоряет замену пресс-форм, снижая при этом вероятность повреждений.

Минимальное трение в узле смыкания снижает эксплуатационные расходы. Запатентованный модуль Flex-Link обеспечивает гарантированную параллельность плит, равномерное распределение усилия смыкания и минимальный износ пресс-формы.

Системы автоматизации могут быть легко интегрированы в машину: из-за отсутствия колонн робот свободно перемещается в зоне узла смыкания. А компактная конструкция термопластавтомата делает возможным эксплуатацию оборудования в помещениях с низкими потолками.

Принцип «умного» термостатирования

При «умном» термостатировании литейной формы термостаты e-temp через коммуникационную платформу OPC UA интегрируются в систему управления литейной машиной, которая оснащена распределителем охлаждающей воды e-floмо (рис. 1). Этот прибор непрерывно измеряет в контурах термостатирования расход воды (Q) и значения температуры входящего в форму ($T_{вх}$) и выходящего ($T_{вых}$) потоков, а затем передает результаты измерений на термостат e-temp, который при отклонении перепада температур ($T_{вх} - T_{вых}$) от заданной величины с помощью программы-помощника iQ flow control осуществляет регулирование частоты вращения двигателя насоса термостата, изменяя соответствующим образом величину Q . В результате повышаются как стабильность протекания технологического процесса, так и эффективность использования потребляемой энергии.

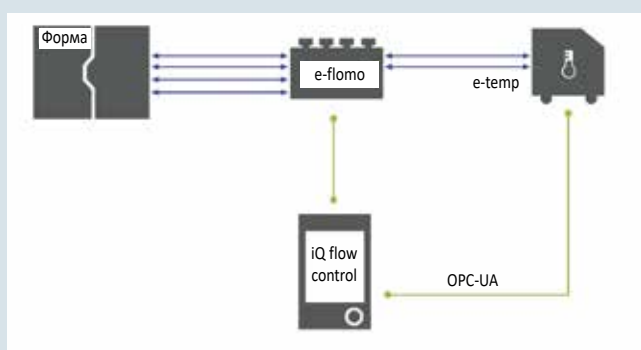


Рис. 1. Принципиальная схема «умного» термостатирования литейной формы (пояснения – в тексте справки)



Рис. 2. Новая версия XL термостатов e-temp с более высокой производительностью насоса, которая заменяет несколько небольших термостатов (а), и распределитель e-floмо premium (б)

На выставке «К-2019» в Дюссельдорфе компания ENGEL среди прочего представила распределитель e-floмо премиум-класса, а также новую, более мощную версию XL термостата e-temp, оснащенную насосом с повышенной производительностью, что позволяет заменить несколько небольших термостатов, рассчитанных на ту же самую температуру охлаждающей воды (рис. 2). В результате уменьшается установочная площадь и снижаются затраты на шланговую разводку, потребление энергии и техобслуживание. Благодаря более высокой производительности насоса увеличилась и максимальная нагревательная мощность термостата, которая может составлять 16 или 32 кВт. Даже в новом, более мощном исполнении e-temp остается компактным и подходит для многих литейных машин, располагаясь, например, под узлом смыкания и не требуя дополнительной площади.

«Демпфирующие цилиндры из ПОМ как объект производства с очень большой программой выпуска идеально подходили для испытания новой системы, – сообщает Мартин Зайлер (Martin Sailer), разработчик литейных форм в компании Blum. – Поскольку производственная ячейка использовалась исключительно для литья этих деталей, мы смогли максимально эффективно проверить новый для нас принцип термостатирования на многогнездной литейной форме». Для этих

целей бесколонная литейная машина e-victory 220 была оснащена четырьмя электронными распределителями охлаждающей воды модели e-floмо и четырьмя термостатами серии e-temp (рис. 2 и 3).

Система термостатирования литейной формы перестала быть «черным ящиком»

«Мы имеем очень хорошие литейные формы, но то, что происходит при литье в охлаждающих



Рис. 2. Бесколонная электрическая литейная машина e-victory 220, на которой на заводе Blum в многогнездной форме производятся корпуса демпфирующих цилиндров из ПОМ для мебельной промышленности



Рис. 3. Вид на бесколонную литейную машину e-victory 220 с обратной стороны: внизу слева – четыре термостата e-temp для многогнездной литейной формы

Три вопроса специалисту о термостатировании литьевых форм

В рамках подготовки данной статьи ее автором были заданы три вопроса *Клаусу Тенцлеру*, продукт-менеджеру ENGEL по термостатированию литьевых форм, на которые были получены исчерпывающие ответы.

– На конференции, проведенной ENGEL в октябре прошлого года в рамках онлайн-мероприятия live e-xperience, ваш доклад имел провокационное название: «Вы все еще поливаете или уже термостатируете?». И еще вы говорили о некоем «важном неизвестном», связанном с термостатированием литьевой формы. О чем это все?

– Для меня самым важным неизвестным в свое время было состояние литьевой формы, и в первую очередь состояние ее каналов термостатирования. Напрямую оно обычно не контролируется, хотя существенно влияет на качество производимых изделий. В большинстве случаев после установки новой формы на машину параметры процесса литья, включая режим охлаждения формы, регулируются до тех пор, пока не начнут выпадать из нее качественные детали. Для меня это всегда было неприятным положением вещей, потому что большая доля брака (около 20 %) вызвана именно ошибками термостатирования формы. Причем мы пока не говорим об эффективности процесса, а только о его надежности. Ресурсы времени и энергии слишком ценны, чтобы использовать их для создания брака.

Само собой разумеется, что каналы новой смонтированной формы должны быть без отложений или загрязнений для свободного прохода воды. Однако состояние формы постепенно меняется в течение срока ее службы, что сопровождается изменением расхода и давления потока воды в каналах охлаждения. Основная причина этого явления – отложения на их стенках. Но дело не столько в отложениях как таковых, сколько в их влиянии на изменение условий теплопередачи от воды отливке и, как следствие, на качество конечных изделий. При правильном же термостатировании литьевой формы заданный оптимальный режим ее охлаждения сохраняется даже при некотором изменении состояния каналов охлаждения. Именно эта задача была в свое время поставлена и успешно решена компанией ENGEL с помощью распределителя e-flo-mo, термостатов e-temp и программной функции iQ flow control (см. вставку № 1).

– Влияет ли термостатирование формы на качество поверхности пластиковых деталей?

– Безусловно. Равномерное распределение температуры в каждом оформляющем гнезде имеет решающее значение, например, для получения глянцевых поверхностей, чтобы на них не было матовых пятен, а степень глянца была однородной. При этом функция iQ flow control позволяет лишь однажды определиться с оптимальным перепадом температур ΔT между входящим и выходящим потоками охлаждающей воды в каком-либо контуре термостатирования, а потом величина этого перепада автоматически сохраняется в следующем цикле, так что качественные детали будут производиться без повторных серий литья по принципу «проб и ошибок». Режимы термостатирования



Клаус Тенцлер, для которого «правильное» термостатирование формы является одной из важнейших предпосылок качественного процесса литья

в отдельных контурах сохраняются в памяти контроллера и могут быть запрошены при необходимости.

– Как переработчик может определить, есть ли проблема с каким-либо конкретным каналом термостатирования?

– Это очень сложно в случае традиционных статических систем распределения охлаждающей воды, которые только контролируют установленные параметры термостатирования и подают сигнал тревоги лишь в случае их изменения. Для решения этой проблемы мы разработали распределитель e-flo-mo, а затем и его версию премиум-класса, измеряющие фактические значения ΔT в термостатирующих контурах, которые программа iQ flow control затем использует для динамического управления процессом термостатирования (см. вставку № 1). Такой принцип управления позволяет поддерживать заданное значение ΔT в каждом контуре литьевой формы за счет автоматического регулирования в нем расхода воды, так что установленный оптимальный перепад температур всегда остается неизменным и колебания процесса автоматически компенсируются. Если, например, в форме имеется 20 контуров термостатирования и в одном из них наблюдаются колебания скорости потока охлаждающей воды, которые в большинстве случаев вызваны загрязнением, то переработчик может сразу же определить, что это за контур. Для улучшения обращения с литьевыми формами для распределителя e-flo-mo premium была разработана также функция автоматической последовательной продувки охлаждающих каналов при смене партии продукции. После крепления новой формы на машине контуры термостатирования заполняются водой с одномоментным удалением воздуха из них. Это обеспечивает более быстрый запуск производства, поскольку термостату не нужно выполнять трудоемкую продувку формы. Другой аспект вопроса заключается в том, что если загрязнения остаются в форме, они снова распространяются в ее каналах через термостат. Такое неприятное явление полностью исключается с помощью нашего устройства последовательной продувки.

каналов, до сих пор было непонятно, – говорит г-н Шлаттингер, комментируя первоначальную мотивацию знакомства с технологией термостатирования ENGEL. – В случае неполадок чрезвычайно

сложно найти их причину, если имеешь дело с «черным ящиком».

Более десяти лет назад компания ENGEL поставила перед собой задачу сделать прослеживаемым

процесс охлаждения литьевых форм. «Причина этого стратегического решения заключалась в том, что, как показывает практика, около 20 % брака при литье под давлением вызвано ошибками термостатирования», – говорит *Клаус Тенцлер* (Klaus Tänzler), продукт-менеджер ENGEL в этой области (см. также вставку № 2). В настоящее время компания поставляет переработчикам интегрированные решения для «умного» термостатирования литьевых форм с помощью распределителя температуры воды e-flowo.

«В классическом процессе термостатирования используется статический поток охлаждающей воды, – объясняет Тенцлер. – И если что-то меняется в одном из охлаждающих каналов, это приводит к изменениям в других контурах, и распределение воды и температуры становится неравномерным. Напротив, наша динамическая система регулирует каждый контур индивидуально. Это означает, что температурное поле в литьевой форме остается постоянным даже при колебаниях в системе».

Из-за своей геометрии очень длинные и тонкостенные корпуса демпфирующих цилиндров относятся к числу особо сложных деталей в ассортименте Blum, изготавливаемых методом литья под давлением. Вместе с тем к ним предъявляются высокие требования по прочности, поскольку гарантия на них действует в течение всего срока службы мебели, в которой они установлены, а он составляет 20 лет. Также существуют проблемы, связанные с усадкой при литье перерабатываемого материала, которая особенно велика у ПОМ. «Благодаря новой системе термостатирования мы теперь можем очень хорошо контролировать усадку, влияющую на размерную точность деталей, от которой, в свою очередь, во многом зависит функциональность и долговечность нашей продукции, – говорит *Кристиан Акерль* (Christian Ackert), технолог Blum. – Теперь мы можем выдерживать допуски в пределах сотых долей миллиметра».

Переход к контролю перепада температур

В соответствии с размерами производимых деталей (см. фото у заголовка статьи) охлаждающие каналы в длинных тонких оформляющих знаках имеют очень малый диаметр, который может забиваться мелкими частицами, если они имеются в охлаждающей воде. «Только распределитель e-flowo смог предоставить нам данные, чтобы определить, все ли в порядке с расходом воды – говорит г-н *Зайлер*. – Таким образом, ошибки термостатирования могут быть обнаружены еще до того, как появится брак». «Все остальное – пустая трата энергии, сырья и времени», – добавляет *Патрик Йолер* (Patrik Johler) из отдела сбыта ENGEL.

Уже сама возможность регулировать расход охлаждающей воды в контурах термостатирования быстро убедила сотрудников Blum в преимуществах новой системы, эффективность которой повысилась при переходе на контроль перепада температур входящего и выходящего потоков. В результате вместо расхода постоянной поддерживается температура потока, выходящего из каждого отдельного контура,



Рис. 4. Команда, реализовавшая потенциал эффективности новой системы термостатирования (слева направо): *Мартин Зайлер* из Blum, *Патрик Йолер* и *Клаус Тенцлер* из ENGEL, *Кристиан Акерль* и *Филипп Шлаттингер* из Blum

и система потребляет ровно столько воды, сколько требуется, что дополнительно снижает энергопотребление.

Экономия электроэнергии на шестизначную величину евро

До инвестирования в новое термостатирующее оборудование корпуса демпфирующих цилиндров долгое время производились в форме с меньшим количеством оформляющих гнезд при использовании восьми термостатов. Поэтому сотрудники Blum, ответственные за проект, изначально предполагали, что увеличение гнездности в новой литьевой форме также должно привести к увеличению количества термостатов. Оказалось, наоборот: было увеличено количество гнезд, но уменьшено количество термостатов – до четырех (см. рис. 3). Это не только положительно повлияло на новые инвестиции, но и сократило производственные расходы.

В то время как обычные термостаты работают непрерывно на полной мощности, программная функция iQ flow control регулирует производительность насоса термостата в соответствии с требуемым расходом охлаждающей воды, что снижает затраты на техническое обслуживание и экономит энергию. Сегодня – именно благодаря этой экономии – iQ flow control стала стандартом на заводе Blum. «Если посчитать эффект по всему нашему машинному парку, то функция iQ flow control позволяет сэкономить нам электроэнергию на шестизначную величину евро в год», – говорит г-н *Шлаттингер* (см. рис. 1). Впечатляющий результат внедрения «умной» системы термостатирования общими усилиями специалистов ENGEL и Blum (рис. 4)!

Dimensional Accuracy and Cost Savings as a Result of Intelligent Temperature Control

S. Zinckgraf

The technical and economic efficiency of the implementation of a new temperature control system for injection moulds by ENGEL at the Blum company. ■