



Для оценки технического состояния шнека его уже не приходится демонтировать. Система e-connect.monitor позволяет «заглянуть» во внутреннее пространство материального цилиндра и «увидеть», в каком состоянии находится шнек

Поддержание в исправности литьевых машин, основанное на их техническом состоянии

Специалисты, занимающиеся поддержанием оборудования в исправном состоянии, должны ежедневно обеспечивать постоянную готовность своего производственного оборудования к использованию и одновременно стремиться к снижению расходов на работы по техобслуживанию и на хранение запасных частей. Четвертая промышленная революция Industry 4.0, направленная на повышение уровня объединения производственных систем в сетевые структуры и системное использование машинных параметров, открывает в этой области новые перспективы. На выставке K-2016 компания ENGEL впервые продемонстрировала систему e-connect.monitor, предназначенную для предупредительного поддержания в исправности отдельных элементов литьевых машин, основанного на их реальном техническом состоянии, и исключения тем самым внеплановых простоев из-за внезапных отказов этих элементов.

Г. Диммлер, д-р, **П. Капеллер**, **Й. Килиан**, д-р, **Р. Пфайль**, д-р, **К. Шенеггер**, ENGEL Austria GmbH (г. Швертберг, Австрия)

Работающие в производственных условиях литьевые машины до сих пор уподобляются «черному ящику». Состояние элементов машин, отвечающих за нормальное протекание технологического процесса и качество выпускаемой продукции, остается загадкой для операторов. С целью предотвращения «неприятных неожиданностей» в виде внезапных отказов на некоторых предприятиях подверженные износу элементы заменяются через определенные интервалы времени. Это позволяет исключить внеплановые простои оборудования, свести к минимуму простои, связанные с заменой узлов, и предотвратить повреждение частей машины, сопряженных с заменяемыми узлами и элементами узлов. Однако, такой подход связан и с серьезными недостатками для эксплуатирующего оборудования предприятия, поскольку замена узлов выполняется раньше, чем это действительно необходимо. При этом увеличиваются расходы на поддержание оборудования в работоспособном состоянии и снижается коэффициент его использования.

Новая система e-connect.monitor, разработанная компанией ENGEL, напротив, позволяет в полной мере использовать ресурсы элементов машин и в то же время с высокой точностью планировать необходимые простои. Для этого система постоянно контролирует фак-

тическое состояние особенно важных для нормального протекания технологического процесса элементов работающего оборудования и оценивает допустимый остаточный срок их службы. Как следствие, повышается коэффициент использования оборудования и снижаются расходы на поддержание его в работоспособном состоянии. Новое техническое решение стало дополнением к программе inject 4.0 компании ENGEL в области «умного» сервисного обслуживания и ознаменовало собой новую веху на пути к созданию «умных» предприятий. Система e-connect.monitor в настоящее время является единственной на рынке, обеспечивающей возможность предупредительного поддержания в исправности элементов литьевых машин, базирующегося на оценке их реального состояния. В качестве первого шага при реализации своей системы компания ENGEL продемонстрировала на выставке K-2016 в Дюссельдорфе два его модуля, предназначенных для контроля состояния пластикационного шнека и для онлайн-контроля состояния приводов с шариковыми винтовыми парами.

Максимальное использование срока службы шнека

Пластикационные шнеки литьевых машин находятся под воздействием интенсивных механических нагрузок. Несмотря на обеспечение строгого соответствия матери-

ала, геометрических характеристик и поверхностной обработки шнеков особенностям перерабатываемых полимерных материалов, шнеки подвержены износу и срок их службы меньше срока службы литевой машины. Ранее для оценки реального состояния шнеков их приходилось демонтировать со значительными затратами времени на этот процесс. Это означает останов производственного процесса, охлаждение машины, демонтаж фланца шнековой пары и извлечение шнека. На больших литевых машинах для выполнения всех этих операций может потребоваться до двух полных рабочих дней.

С целью сокращения этих затрат времени компания ENGEL разработала на основе современной сенсорной техники новую измерительную систему, которая без осложнений может быть смонтирована на внешней стороне материального цилиндра (фото 1). Эта система работает по принципу ультразвуковой (УЗ) эхо-импульсной дефектоскопии и потому не нуждается в непосредственном контакте со шнеком (см. фото у заголовка статьи). Вводимые и отраженные УЗ-волны могут беспрепятственно проходить через стенку цилиндра и расплав полимера. В качестве измеряемой величины используется расстояние между витками шнека и внутренней поверхностью материального цилиндра, которое по мере увеличения продолжительности работы шнека постепенно увеличивается и не должно превышать определенного предельно допустимого значения, зависящего от требований, предъявляемых к изготавливаемым литевым изделиям, используемого материала и особенностей исполнения поверхности шнека (рис. 1). В общем и целом считается, что износ витков шнека среди других видов износа является фактором, в наибольшей степени влияющим на качество протекания процесса литья под давлением.

Измерения выполняются сотрудником сервисной службы компании ENGEL, который непосредственно на месте оценивает качество измерительных сигналов и завершает процесс измерения при получении достоверных данных (фото 2). В общей сложности для полу-

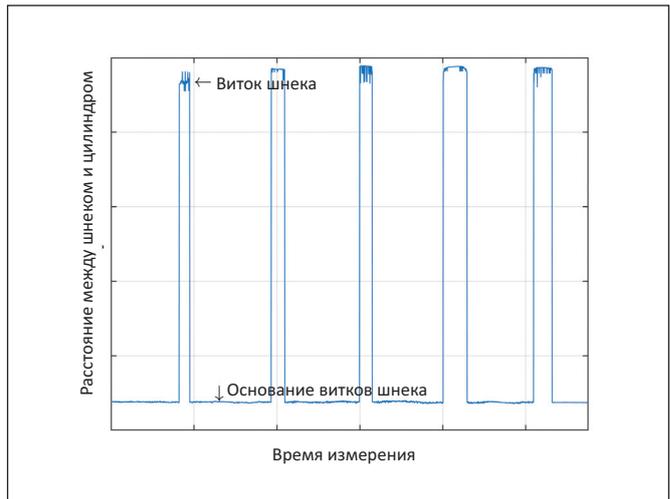


Рис. 1. Результаты измерения расстояния между шнеком и стенкой материального цилиндра с помощью ультразвука. Периодические впадины на диаграмме соответствуют профилю шнека. На диаграмме можно отчетливо распознать участки, соответствующие виткам и основаниям витков шнека

чения необходимых данных требуется несколько минут. Результаты измерений через коммуникационную систему передаются в компанию ENGEL, где обрабатываются и анализируются с помощью специально разработанной математической модели. В перспективе результаты анализа данных будут передаваться переработчику полимеров онлайн-методом через специальный портал для клиентов e-connect. При условии систематической проверки состояния шнека система позволяет на основании величины его износа за определенный период времени рассчитать остаточный срок службы шнека.

Периодичность выполнения измерений определяется в зависимости от условий эксплуатации машины. Решающее значение при этом имеет, прежде всего, вид перерабатываемого материала. Так, например, наполненные стеклянными волокнами полимеры predisполагают, как правило, более интенсивный



Фото 1. Новая измерительная УЗ-система без осложнений может быть смонтирована на внешней стороне материального цилиндра, как это показано на примере бесколонной машины с усилием смякания 5000 кН, установленной на предприятии компании Praher Plastics Austria (все иллюстрации: ENGEL)



Фото 2. Для получения необходимых данных о состоянии шнека – в данном случае на машине модели ENGEL duo 16050/1700, оснащенной шнеком с диаметром 135 мм и установленной на предприятии компании Schoefer – требуется несколько минут. Результаты измерений анализируются автоматически

износ, чем менее абразивные ненаполненные полимеры, и потому обуславливают выбор более коротких интервалов времени между последовательными измерениями. К числу других факторов, оказывающих влияние на интенсивность износа, относится среди прочего время цикла.

Прогнозирование остаточного срока службы позволяет пользователю машины заменять шнеки в оптимальные моменты времени. Он может своевременно заказать новый шнек и организовать его поставку точно к запланированному времени замены. Таким образом, система e-connect.monitor обеспечивает возможность сокращения простоев и исключает необходимость в создании внутризаводского склада запасных частей. В долгосрочной перспективе систематический контроль технического состояния способствует также оптимизации технологического процесса, так как анализ параметров износа позволяет выявлять и устранять путем соответствующей корректировки технологического режима критические условия переработки материалов, ускоряющие износ компонентов оборудования.

Проверено практикой еще до выхода на рынок

Как и многие другие разработки ENGEL, новое техническое решение e-connect.monitor основывается на тесном сотрудничестве компании с ее заказчиками. Задолго до вывода на рынок компания начала проводить практическое тестирование и дальнейшее совершенствование новой системы. В качестве партнеров при выполнении этой работы выступили компании Praher Plastics Austria GmbH и Schoefer GmbH, располагающиеся в непосредственной близости от штаб-квартиры ENGEL в г. Швертберге.

Важной сферой деятельности компаний-партнеров является производство высококачественной арматуры, клапанов для плавательных бассейнов и фитингов из АБС-пластика, поливинилхлорида, полипропилена, наполненного стеклянными волокнами полипропилена и поливинилиденфторида. Модуль для предупредительной системы обслуживания шнека был установлен на разных машинах компании ENGEL, включая бесколонную машину с усилием смыкания 5000 кН, оснащенную шнеком с диаметром 90 мм. На этой машине изготавливали из АБС-пластика шестиходовой клапан с обратной промывкой, предназначенный для использования в песочных фильтрующих системах плавательных бассейнов и в установках для очистки загрязненных вод. Такие клапаны должны надежно функционировать в очень сложных условиях эксплуатации. Кроме того, по причине переменной толщины стенок подобные изделия предъявляют высокие требования к точности работы литьевой машины.

Клапаны производятся в больших количествах, что требует систематического контроля состояния шнека литьевой машины. «Раньше нам приходилось демонтировать шнеки с большими затратами времени и простоями машин. В настоящее время измерения выполняются в течение 15 мин без необходимости останова оборудования. Это означает, что мы можем чаще получать информацию о техническом состо-

янии шнека и обеспечиваем себе более высокий уровень надежности технологического процесса», – сообщил *Вильгельм Рабер* (Wilhelm Raber), руководитель сектора литьевого оборудования и производства в компании Praher. В рамках развития сотрудничества с компанией ENGEL сначала на протяжении года техническое состояние шнека проверяли через каждые шесть недель. «При возникновении проблем с технологическим процессом мы можем уменьшить интервалы времени между проверками и тем самым исключить износ шнека, как возможную причину этих проблем. Это позволяет существенно ускорить поиск источника возникших нарушений», – подчеркнул *Вильгельм Рабер*.

Компания Schoefer специализируется на производстве изделий с особенно высококачественной поверхностью, предназначенных, главным образом, для использования в автомобильной промышленности. Для их изготовления используется широкий спектр исходных материалов, включая АБС-пластики, полипропилены, полиамиды, полиметилметакрилат и поликарбонаты. «Мы находимся в нескольких минутах езды на автомобиле от компании ENGEL и потому пользуемся всеми преимуществами быстрого обеспечения запасными частями», – отметил *Йозеф Фрешель* (Josef Froeschl), руководитель производства в компании Schoefer. Важной особенностью оборудования компании Schoefer является, прежде всего, специфическая геометрическая форма шнеков. «Особая конфигурация шнека предполагает необходимость его индивидуального изготовления. Благодаря тому, что мы можем теперь с помощью системы e-connect.monitor прогнозировать остаточный срок службы своих шнеков, у нас появляются значительные преимущества, которые заключаются в возможности лучшего планирования своих действий и исключении стрессовых ситуаций, связанных с внеплановыми простоями оборудования», – продолжил *Фрешель*. Обе партнерские компании – Praher и Schoefer – объявили о своем намерении продолжать систематические проверки технического состояния шнеков своих машин даже по окончании периода проведения тестовых испытаний. Они и в дальнейшем будут оставаться партнерами компании ENGEL в ее новых разработках.

Онлайн-отслеживание технического состояния шпинделей

Система e-connect.monitor может быть использована не только для обслуживания изнашивающихся в процессе работы узлов и деталей, но и для контроля других важных элементов литьевой машины. Наряду с модулем для шнеков на выставке K-2016 был представлен также модуль для контроля приводов с шариковыми винтовыми парами (шпинделей), которые являются «сердцем» каждой электрической литьевой машины. Шпиндели преобразуют осевые движения в радиальные и наоборот. Поскольку каждая литьевая машина имеет несколько шпинделей и выход из строя любого из них приводит к останову всей производственной установки, техническое состояние приводов с шарико-

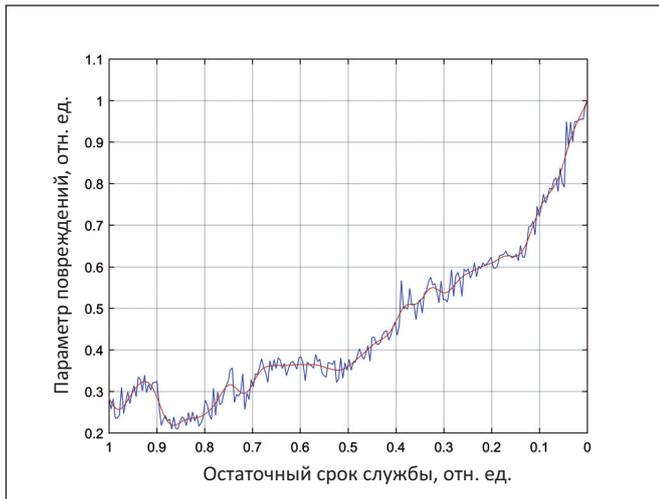


Рис. 2. С помощью математической модели система e-connect.monitor на основе предварительно вычисленного параметра повреждений определяет относительный остаточный срок службы шпинделя

выми винтовыми парами – в отличие от пластикационного шнека – необходимо контролировать непрерывно.

Для этой цели могут быть использованы разные методы. Среди прочего они связаны с определением и анализом температуры, частотных характеристик и мощности. Получаемые в процессе измерений данные с помощью объединяющего алгоритма пересчитываются в так называемый «индикатор» (иначе – параметр) повреждений, характеризующий техническое состояние шпинделя с точки зрения степени его пригодности для восприятия нагрузок (рис. 2). Значение параметра повреждений изменяется обратно пропорционально остаточному сроку службы: чем больше это значение, тем меньше остаточный срок службы шпинделя. Путем подключения к порталу клиента система e-connect сможет в перспективе оповещать пользователя машины о том, что шпиндели достигли своего критического состояния. При необходимости систему можно запрограммировать таким образом, что сообщение о наступлении опасной ситуации бу-

дет сопровождаться автоматическим выставлением заказа на поставку запасных частей и вызов сервисного инженера.

«Умные» процессы обеспечивают повышение производительности, эффективности и качества продукции

Целью четвертой промышленной революции Industry 4.0 является создание «умного» заводов, на которых все производственные машины и их отдельные элементы обмениваются между собой необходимой информацией и непрерывно самооптимизируются. Как следствие, обеспечивается существенное повышение их производительности, эффективности работы, качества продукции, и гибкости технологического процесса. В центре внимания находятся три сферы деятельности: машины, производственные процессы и сервисное обслуживание. Компания ENGEL уже сегодня может предложить в виде системы inject 4.0 специальные разработки и технические решения для каждой из этих сфер деятельности, причем совершенствование этой системы непрерывно продолжается. В области «умного» обслуживания (smart service) компания начала предлагать своим клиентам систему e-connect.monitor, позволяющую значительно улучшить показатели их работы. Оба представленных на выставке K-2016 модуля этой системы уже запатентованы. В стадии разработки находятся другие модули.

Перевод А. П. Сергеенкова

Condition-Based Predictive Maintenance on Injection Moulding Machines

G. Dimmler, P. Kapeller, J. Kilian, R. Pfeil, C. Schoenegger

Maintenance personnel have to ensure a high availability of the manufacturing systems and at the same time reduce the costs for maintenance work and the stocking of spare parts. With the increased networking of production systems and systematic use of machine data, Industry 4.0 is opening up new opportunities. At K 2016 ENGEL presented a first solution for condition-based predictive maintenance of critical components in injection moulding machines. ■