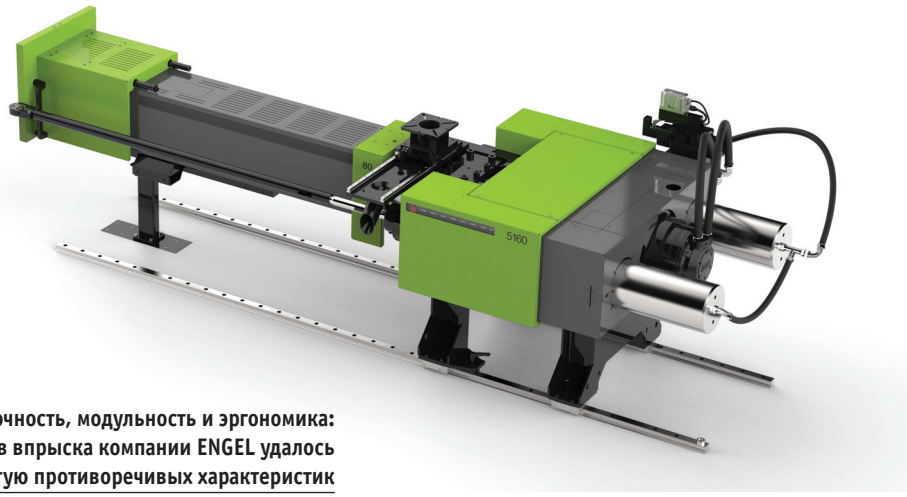
Благодаря новым узлам впрыска компании ENGEL Austria удалось добиться еще более высокой точности, производительности и эффективности работы гидравлических литьевых машин серий victory и duo. Только основанный на новой системной модели конструкторский подход позволил осуществить полноценную мехатронную оптимизацию всех компонентов.



Эффективность, производительность, точность, модульность и эргономика: при разработке новых гидравлических узлов впрыска компании ENGEL удалось добиться оптимального сочетания зачастую противоречивых характеристик

Полная оптимизация гидравлических узлов впрыска

Г. Диммлер, д-р, **Л. Гуглер, Й. Килиан,** д-р, **Ф. Пород, Г. Шотт,** ENGEL Austria GmbH

Узел впрыска вместе с узлом смыкания образуют сердце литьевой машины. Оба эти узла определяют производительность и оказывают решающее влияние на эффективность ее работы. Узлы впрыска (см. фото у заголовка статьи), представленные компанией ENGEL Austria GmbH (г. Швертберг, Австрия) на выставке K-2016, стали результатом многолетних разработок, выполнявшихся в сотрудничестве с Университетом Иоганна Кеплера (г. Линц, Австрия). Вместо точечной оптимизации отдельных компонентов команда исследователей приняла решение применить целостный подход к решению задачи с использованием мехатронной системной модели. В дополнение к этому особое внимание было уделено улучшению эргономики и более полному удовлетворению пожеланий конкретных клиентов.

Применение системной модели впервые позволило осуществить комплексную мехатронную оптимизацию узлов впрыска. Это означает, что их компоненты с самого начала рассматривались не каждый в отдельности, а как единая система. В результате все подсистемы были согласованы между собой до такой степени, что удалось объединить даже противоречащие друг другу на первый взгляд требования. Разработчики уделили равное внимание пяти факторам – эффективности, производительности, точности, модульности и эргономике.

Изменение температуры и давления в материальном цилиндре оказывает существенное влияние как на точность процесса впрыска, так и на стабильность, эффективность и производительность процесса. Для того чтобы учесть это влияние еще на стадии разработки, было проведено детальное тепловое моделирование с применением метода конечных элементов. Этот подход позволил виртуально протестировать различные мероприятия, которые в принципе можно предпринять для повышения точности регулирования, без необходимости создания соответствующего прототипа.

Для этого были не только оптимизированы механические компоненты, но и приведены в более полное соответствие друг с другом зоны нагрева материального цилиндра и зоны шнека, а также по-новому позиционированы датчики температуры. В результате было достигнуто более точное распределение тепловых потоков в системе регулирования, что, в свою очередь, способствовало повышению стабильности технологического процесса и точности регулирования. Только такой всеобъемлющий подход к разработке, который уже на стадии моделирования позволяет учесть требования классического машиностроения, технологических процессов и технологий регулирования, а также установить их соотношения друг с другом, сделал возможным достижение такого высокого уровня технологического процесса. Поддержание оптимизированного температурного режима оказывает наиболее заметное позитивное влияние на эффективность процесса пластикации, прежде всего, при переработке чувствительных к колебаниям температур полимерных материалов.

Более точное регулирование в пределах более широкого технологического окна

Для обеспечения еще более надежной с технологической точки зрения переработки более широкого спектра материалов был увеличен диапазон регулирования температуры в зоне загрузки материала. Даже при неизменных геоме-

трических параметрах шнека это решение способствовало увеличению производительности процесса пластикации, которое для обычных шнеков в зависимости от их диаметра может составить от 3,1 до 11,5 % (рис. 1). Еще более значительное повышение производительности достигается при использовании новых шнеков моделей UAS (Universal Automotive Screw), MBS (Mixing Barrier Screw) и SPC (Special Purpose Screw) (фото 1). Компания ENGEL разработала эти модели шнеков, также продемонстрированные на выставке K-2016, параллельно с новыми узлами впрыска и теперь имеет все возможности для полноценного использования резервов повышения производительности.

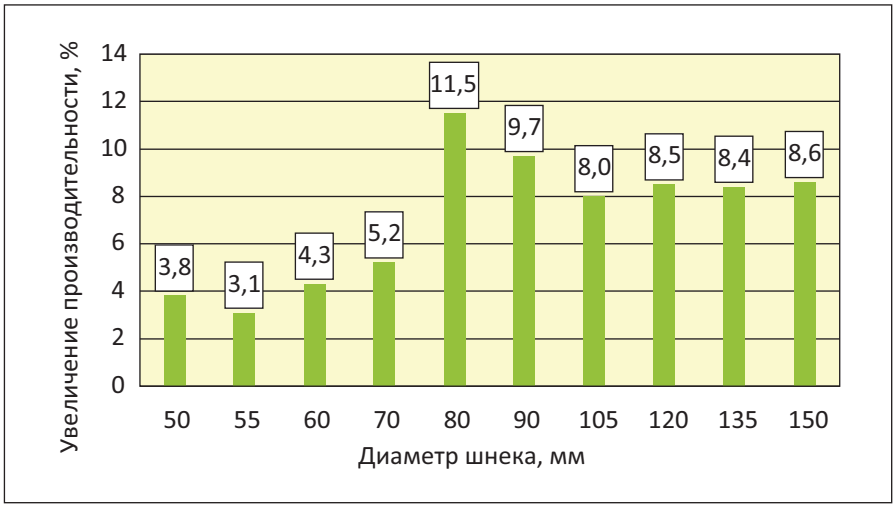


Рис. 1. **Относительное увеличение производительности процесса пластикации на новых узлах впрыска, измеряемой в граммах на оборот шнека, в зависимости от диаметра шнека** (все иллюстрации: ENGEL)

Фото 1. **Еще более значительное повышение производительности достигается при использовании шнеков новых моделей. Например, применение шнека модели UAS (Universal Automotive Screw) обеспечивает увеличение производительности при переработке широкого спектра материалов, включая полипропилен, наполненный стеклянными волокнами полиамид и даже чувствительные к напряжениям сдвига смеси поликарбоната и АБС-пластика**

Благодаря оптимизированной системе регулирования температуры и новой концепции охлаждения в загрузочной части машины даже при переработке материалов с высокой текучестью расплава, не требующих высокого крутящего момента, достигается повышенная производительность процесса пластикации. Новая система регулирования производительности позволяет при уменьшенном крутящем моменте обеспечить увеличенную частоту вращения шнека и тем самым расширить технологическое окно переработки полимерного материала (рис. 2).

Дополнительное повышение эффективности использования потребляемой энергии достигается за счет последовательного разделения зон нагрева и охлаждения, которое в случае относительно небольших узлов (до типоразмера 2460) обеспечивает-

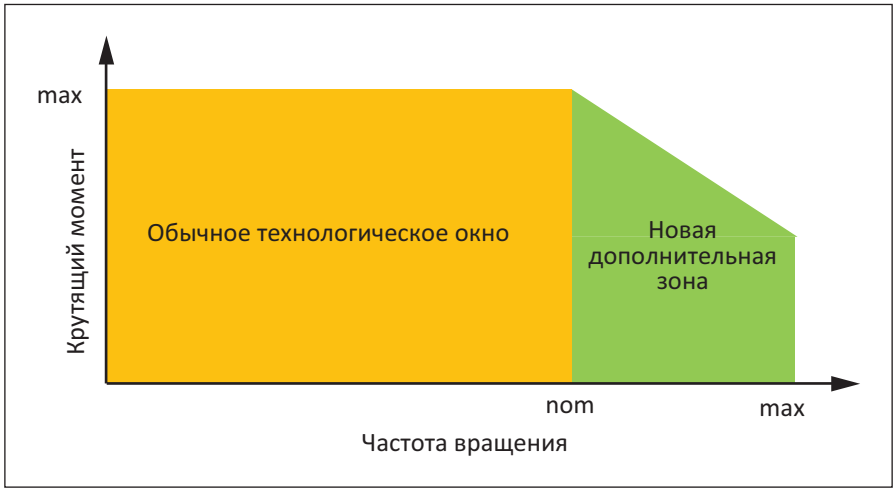


Рис. 2. **Новая система регулирования производительности пластикации расширяет технологическое окно процесса: max и nom – максимальное и номинальное значения соответственно**

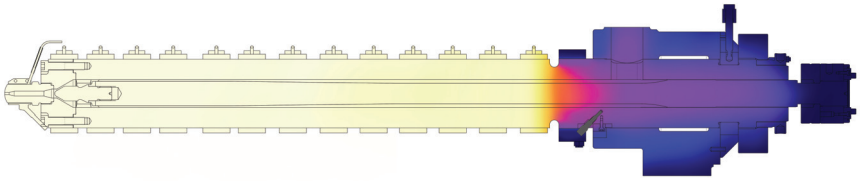


Рис. 3. **С целью минимизации энергопотерь при использовании узлов впрыска до типоразмера 2460 зоны нагрева и охлаждения в загрузочной части материального цилиндра отделены друг от друга разделительным тепловым пазом; для более крупных узлов применяется оптимизированное охладительное кольцо**

ся с помощью теплового разделительного паза, а для более крупных узлов (начиная с типоразмера 3660) – с помощью охладительного кольца (рис. 3).

Сервогидравлика теперь применяется и при стандартной комплектации машин

После разработки новых узлов впрыска компания ENGEL перешла на оснащение сервогидравлической системой ecodrive литьевых машин серий victory и duo стандартной комплектации, за счет чего добилась на них высокой эффективности использования потребляемой энергии. Поскольку это решение было принято на ранней стадии разработок, все компоненты узлов впрыска были самым основательным образом оптимизированы именно под сервогидравлику. Так, например, на всех новых машинах значительно уменьшен объем масла, что внесло значительный вклад в оптимизацию производственных затрат и охрану окружающей среды. В итоге 90 % малых и средних литьевых машин, а также 80 % больших гидравлических машин ENGEL были оснащены сервогидравликой ecodrive. Применение сервогидравлики на машинах стандартного исполнения было выполнено в соответствии с пожеланиями клиентов.

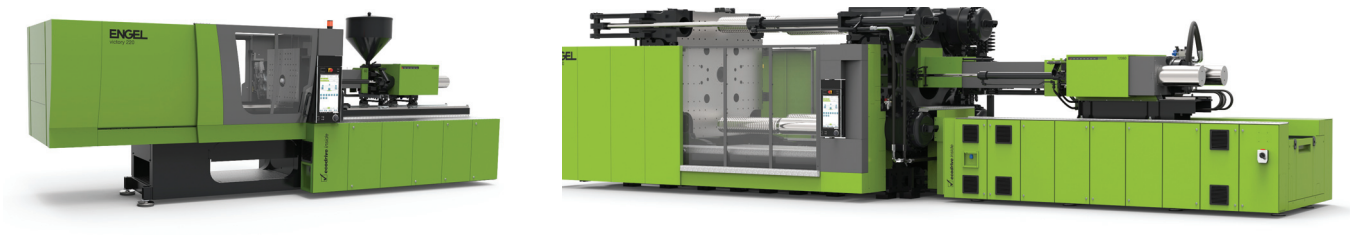
Дополнительному повышению стабильности технологического процесса и точности работы оборудования может способствовать система iQ weight control. Это техническое решение из программы inject 4.0 компании ENGEL уже успешно зарекомендовало себя на рынке в секторе электрических машин. Теперь этот программный продукт предлагается в качестве опции и для гидравлических литьевых машин. Система iQ weight control непрерывно контролирует объем впрыска, выявляет отклонения от заданного уровня и автоматически компенсирует их в пределах выполняемого периода впрыска. Это позволяет устранить влияние на технологический процесс колебаний параметров окружающей среды и свойств перерабатываемого материала и, как следствие, активно способствовать уменьшению количества брака.

Ускорение монтажа материального цилиндра

На основе своего богатого практического опыта компания ENGEL переконструировала большие узлы впрыска. В результате литьевые машины с еще более высокой точностью могут оптимизироваться в соответствии с индивидуальными требованиями для той или иной области применения. В общем и целом литьевые машины серий victory и duo закрывают очень широкий спектр возможных сфер применения. Серия victory включает в себя машины с усилиями смыкания от 280 до 5000 кН; при этом бесколонные модификации узлов смыкания еще больше расширяют возможности применения. Двухплитные литьевые машины серии duo предлагаются с усилиями смыкания от 3500 до 55 000 кН (фото 2).

Многообразие вариантов исполнения, как правило, сопровождается повышением уровня сложности оборудования. Действуя вопреки этому правилу, компания ENGEL постоянно делает ставку на модульные принципы построения машин с оптимизированными интерфейсами для систем нагрева цилиндра и на концепции типа «подключи и работай» (Plug-and-Play) для узлов пластикации. Модульная конструкция ускоряет процесс смены материального цилиндра и упрощает комбинирование различных узлов впрыска на литьевой машине. С целью повышения удобства наладки и обслуживания оборудования специалисты компании уже в самом начале выполнения каждого проекта собирают и анализируют пожелания клиентов.

Результатом таких максимально приближенных к практике разработок является среди прочего то, что материальный цилиндр без применения дополнительных приспособлений может быть смонтирован за пределами литьевой машины. Для этой цели материаль-



а *б*

Фото 2. **Оснащенные новыми узлами впрыска гидравлические литьевые машины серий victory (*а*) и duo (*б*) могут целенаправленно оптимизироваться в соответствии с индивидуальными пожеланиями пользователей**

ные цилиндры для всех машин каждой серии оснащаются устойчивыми ножками. Монтаж и демонтаж цилиндра не требует применения специальных инструментов, что ускоряет выполнение этих операций и уменьшает время простоев машин. Наиболее ощутимый выигрыш в эффективности достигается при работе с большими узлами, для замены которых достаточно освободить или затянуть всего лишь несколько болтов. Таким образом, на машинах ENGEL новой конструкции принцип быстрого крепления литьевых форм был успешно перенесен на материальные цилиндры.

Облегчают жизнь операторам и персоналу, поддерживающему гидравлические литьевые машины в работоспособном состоянии, и некоторые конструктивные особенности этих машин. Так, например, оптимизированное расположение распределительных шкафов и насосов для литьевых машин серии duo увеличенных типоразмеров существенно улучшает возможности доступа и обзорность узлов и машин в целом. Для машин отдельных моделей это даже позволяет уменьшить занимаемую ими производственную площадь. Новые ограждения насосных камер выполнены состоящими из двух частей и снабжены встроенными ручками. Кроме того, существенно уменьшена их масса. Благодаря этому ограждения очень быстро открываются, что позволяет экономить время на обслуживании насосов.

Заключение

Более трех лет эксперты компании ENGEL совместно со специалистами из Университета Иоганнна Кеплера изучали потенциальные возможности технико-технологической оптимизации и практической реализации пожеланий пользователей литьевых машин. Новые узлы впрыска, которые компания ENGEL продемонстрировала на выставке K-2016, стали результатом этой систематической широкомасштабной работы.

В качестве первого шага были открыты возможности поставки литьевых машин серии victory с узлами впрыска нового исполнения, начиная с типоразмера 860 (с диаметра шнека 45 мм), и серии duo до типоразмера 23060 (до диаметра шнека 170 мм). Первые машины были проданы уже вскоре после выставки K-2016, в ноябре 2016 г. Позитивные отзывы клиентов будут способствовать ускоренному освоению рынка.

Перевод ***А. П. Сергеенкова***

Full Optimization of Hydraulic Injection Units

G. Dimmler, L. Gugler, J. Kilian, F. Porod, G. Schott

Thanks to new injection units ENGEL has achieved higher precision, productivity and overall performance of the victory and duo series hydraulic moulding machines. The design concept based on new system model has allowed to carry out full optimization of all components.