

Изделия из жидкого силиконового каучука уже не одно десятилетие производятся на литьевых машинах. Если первоначально из жидкого силикона изготавливались в основном соски для детей, то позднее пришло время сложных изделий, в том числе медицинского назначения. В настоящее время к ним все чаще и в возрастающем количестве добавляются микроизделия, производство которых связано с особыми требованиями к условиям технологического процесса. В данной статье описываются особенности используемых для этой цели литьевых машин, причем особое внимание уделено технологии дозирования.

Литьевая машина модели Boy XS со смесительным насосом



Литьевое оборудование для изготовления мелких силиконовых изделий

М. Кляйнебрам, Dr. Boy GmbH & Co. KG, (г. Нойштадт-Фернталь, Германия)

Уже почти 40 лет на литьевых машинах перерабатывают двухкомпонентные жидкие силиконы. Из них наряду с огромным количеством детских сосок в настоящее время изготавливаются технические изделия (такие как уплотнители и мембраны) и в увеличивающихся объемах – сложные изделия медицинского и другого назначения.

Современный технический уровень

Традиционной формой поставки состоящего из двух компонентов материала является групповая упаковка, состоящая из двух, двадцати или 200-литровых резервуаров. К литьевой машине оба компонента подаются с помощью смесительного насоса под высоким давлением, проходя при этом достаточно большие расстояния. Непосредственно перед поступлением в узел пластикации материал попадает в смесительную камеру, после чего с помощью статического смесителя и игольчатого клапана передается в литьевую машину.

В качестве критериев качества, характеризующих работу смесительных насосов, используются стабильность и точность обеспечения требуемого соотношения компонентов, производительность транспортирующей системы и возможность полного опорожнения резервуаров. Предлагаемые в настоящее время на рынке установки позволяют переработчикам беспрепятственно обеспечивать в автоматическом режиме высокую производительность оборудования.

Новые требования

В настоящее время все чаще возникает необходимость в производстве формованных мелких и микроизделий медицинского назначения и для использования в качестве

уплотнителей. Одновременно с этим зачастую требуются поставки подобных изделий малыми партиями.

Эти новые требования непосредственно касаются литьевых машин и смесительных насосов. Существующие в настоящее время производственные установки на практике часто оказываются уже не в состоянии обеспечить эффективную переработку жидких силиконов. Компания Dr. Boy GmbH & Co. KG, известная как производитель литьевых машин с усилиями смыкания до 1000 кН, имеет в своей программе поставок целый ряд моделей машин, вполне пригодных для изготовления мелких изделий. К таковым относится, например, литьевая машина модели Boy XS с усилием смыкания 100 кН, оптимально подходящая для производства высокоточных мелких изделий (см. фото у заголовка статьи).

Эффективные технические решения появились и в секторе смесительных насосов. Когда перерабатываются объемы материалов в пределах нескольких литров или требуются специальные составы смесей, затраты труда и материалов на очистку и повторный пуск в работу смесительных насосов обычных типоразмеров могут оказаться настолько высокими, что одни лишь расходы на перезаправку оборудования превзойдут все мыслимые пределы.

Таким образом, для создания производственной установки, пригодной для изготовления микро- или мелких формованных изделий малыми партиями, необходимо разработать легко управляемую и обслуживаемую систему, отвечающую специфическим требованиям, предъявляемым к этой сфере производства.

В качестве наиболее важных критериев могут быть названы:

- возможность переработки материалов в малых количествах;

- простота очистки установки;
- минимальный объем материала в зоне между резервной емкостью и соплом машины;
- легкость обслуживания;
- возможность введения красителей или других дополнительных компонентов с минимальными затратами;
- возможность контроля качества (при необходимости);
- выгодное соотношение показателей «цена – качество».

Литьевые машины

Литьевые машины серии Boy XS/Boy XS V или Boy 25 E и Boy 35 E, специально разработанные для экономически эффективного производства микроизделий, могут быть оптимальным образом оснащены для переработки чувствительных к внешним воздействиям силиконовых смесей, изготовления самых мелких формованных изделий или для использования в процессе лабораторных исследований.

При создании узла пластикации для переработки жидких силиконовых каучуков выбор был остановлен на шнеке с диаметром 14 мм. Комбинация статического смесителя в системе подачи материала и динамического смесителя в форме шнека является залогом максимально эффективного перемешивания материала. Конструкция обратного клапана обеспечивает оптимальное течение потока материала. Запорный элемент имеет минимальную массу и минимальную величину хода, за счет чего достигается максимально высокая воспроизводимость результатов его работы при минимальных затратах на обслуживание.

В стандартном исполнении машина оснащается соплом с запорной иглой, приводимой в действие пневматическим устройством. При необходимости может быть использовано также термостатируемое водой удлиненное устройство, в котором запорная игла герметизирована относительно поверхности гнезда формы. Такое устройство позволяет полностью исключить образование отходов при изготовлении силиконовых изделий, причем без необходимости использования дополнительных холодноканальных устройств в литьевой форме (фото 1).

Очистка узла пластикации также может выполняться в случае необходимости очень быстро всего лишь несколькими движениями. Малые размеры узла позволяют, отвинтив несколько винтов, без осложнений извлечь его из машины и разобрать.

Разработка нового смесительного насоса

Основной задачей смесительного насоса является подача требуемого объема материала в литьевую машину за приемлемое время пластикации. При этом в транспортирующей системе создается статическое давление, обеспечивающее течение компонентов смеси непосредственно после начала процесса пластикации в литьевой машине и открывания клапана, отделяющего смесительный насос от литьевой машины. Создаваемое при транспортировке материала давление и вращение шнека обеспечивают его дозирующее движение. После подачи шнеком предварительно установленного объема материала (объема дозирования) клапан смесительного насоса закрывается, а вращательное движение шнека останавливается.

Повышенные расходы на обслуживание системы смесительного насоса с клапаном, имеющим запорную иглу, возникают, прежде всего, в тех случаях, когда работа системы пластикации связана с малыми объемами впрыска и необходимостью частой чистки. С технической точки зрения, стабильное повышенное давление в узле пластикации обеспечивает достаточно высокую точность дозирования. По этой причине было принято решение отказаться от расположенного за пределами узла пластикации устройства для отделения смесительного насоса от литьевой машины. С исключением клапана отпадает и необходимость довольно затратной очистки этого механизма.

При смешивании компонентов материала в соотношении 1:1 вполне допустимым является отклонение их содержания в смеси от требуемых значений в пределах нескольких процентов. Тем не менее имеет смысл стремиться к объемному смешиванию компонентов с соблюдением точно заданного их соотношения. При этом следует учитывать, что компоненты могут отличаться друг от друга по вязкости. После интенсивных переговоров с производителем насосов – компанией EMT – была разработана компактная и удобная в обслуживании смесительная система, обеспечивающая хорошие возможности для переработки разных материалов в малых количествах и при минимальных расходах на очистку (фото 2).

Одним из условий при создании этого насоса было обеспечение возможности переработки материалов, расфасованных в упаковки малого объема. Вместе 20-литровых резервуаров было решено использовать картриджи объемом 1 л. Для специально подготовленных материалов такая форма поставки имеет определенный смысл. При необходимости возможен также переход на картриджи других типов с разумными затратами на переналадку.

Дозирование компонентов А и В в смесительном насосе осуществляется с помощью механически соединенных между собой поршневых устройств. При этом заполнение камер дозирования осуществляется в течение отрезка времени цикла, остающегося после стадии дозирования. Этот временной отрезок более чем достаточен для того, чтобы обеспечить не только заполнение камер, но и выровнять разницу в давлениях, возникающую из-за различной вязкости компонентов. Одновременно с на-

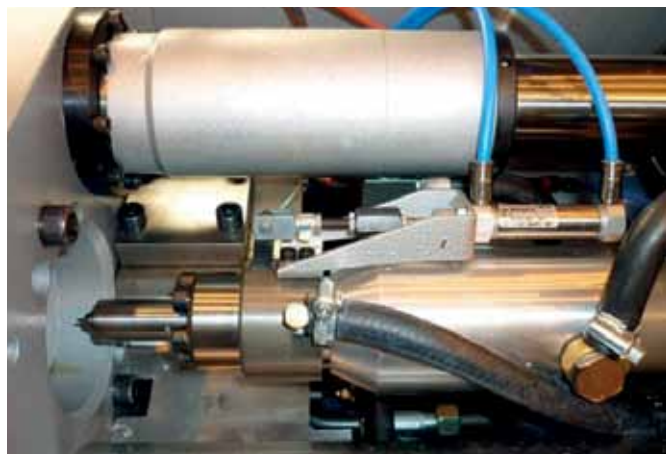


Фото 1. При безлитниковом литье под давлением сопло с запорной иглой непосредственно примыкает к изготавливаемому микроизделию (все фото: Dr. Boy)



Фото 2. Смесительный насос компании ЕМТ для работы с упаковками жидкого силиконового каучука, имеющими небольшой объем

чалом стадии дозирования направление перемещения поршней изменяется на противоположное, и оба компонента подаются в направлении смесительной камеры. Переключение осуществляется по сигналу на дозирование, поступающему от литьевой машины. Создаваемое в процессе заполнения в дозирующих цилиндрах давление распространяется через дозирующие каналы и смеситель вплоть до пластикационного цилиндра. В системе пластикации литьевой машины создается воспроизводимое с высокой точностью давление, что способствует обеспечению высокой точности дозирования.

Смешивание компонентов осуществляется непосредственно перед входом в узел пластикации. В качестве статических смесительных элементов используются традиционные стержнеподобные смесительные элементы, которые при переработке обладающих низкой вязкостью материалов могут быть изготовлены из пластика. Благодаря невысокой стоимости таких элементов снабженные ими смесители могут применяться как одноразовые, и очистка в данном случае является экономически нецелесообразной. Очистка прочих частей смесителя максимально упрощается, так как после извлечения смесительных элементов очищать приходится только отверстия.

Благодаря компактной конструкции смесительного насоса весь узел может быть смонтирован на литьевой машине в непосредственной близости от входного отверстия узла пластикации. Преимуществом такой конструкции является то, что длину каналов для подвода материала можно уменьшить до минимума. При длине каналов, которая существенно меньше 1 м, одновременно могут быть уменьшены размеры их поперечного сечения; даже при диаметре от 6 до 8 мм эти каналы обеспечивают беспрепятственное движение транспортируемого материала без применения высокого давления. В дополнение к этому дозирующий насос также может быть смонтирован непосредственно на машине, что делает очень компактной конструкцию установки в целом (см. фото у заголовка статьи).

Такой смесительный насос вообще не требует собственного блока управления. Необходимые переключения при его работе выполняются по сигналам, поступающим от дозирующей системы литьевой машины компании ВОР. В случае необходимости в установку с минимальными затратами могут быть интегрированы дополнительные устройства для контроля за работой смесительного насоса. В частности, может быть предусмотрен контроль уровня заполнения картриджей, индикация давления

при подаче обоих компонентов смеси и (или) измерение расхода. Питающее напряжение подается от разъема для подключения дозирующей системы.

С помощью специальных, используемых на смесительном насосе, цветных картриджей обеспечивается возможность точного введения в смесь красителей или других добавок в количестве 1 или 2 %. При этом благодаря механической взаимосвязи между отдельными компонентами удается с очень высокой точностью выдерживать требуемый состав смеси.

Компактная конструкция формы

Сформулированные выше требования накладывают свой отпечаток и на разработку конструкции литьевой формы. Зачастую литьевая форма должна иметь достаточно большое число гнезд и одновременно обеспечивать высокую точность изготовления силиконовых микроизделий. Во многих случаях можно использовать небольшие, экономичные и удобные в обслуживании литьевые формы. Для их обогрева применяются регулируемые зоны нагрева, которые позволяют с высокой точностью управлять температурой формы и отслеживать этот параметр в процессе протоколирования режима технологического процесса на литьевой машине.

Очень важной темой при разработке технологического процесса является извлечение готовых силиконовых микроизделий. Зачастую наличие вырезов или даже просто высокая эластичность формованных изделий требуют применения весьма затратных систем для их извлечения, позволяющих обеспечить надежную работу производственной установки в автоматическом режиме. При извлечении очень мелких изделий часто исключается возможность использования щеточных извлекающих устройств, так как подобный способ извлечения связан с потерей многих изделий или застревания их в щетках.

Для полноценного управления системой извлечения изделий через литьевую машину может быть использована специальная вспомогательная система, являющаяся частью общей системы управления Procan-Alpha литьевой машины (фото 3). Наряду с выталкивающей системой и свободно программируемыми пневматическими устройствами предусмотрен также интегрированный



Фото 3. Панель интегрированного модуля управления манипуляторами (в настоящее время обслуживание панели управления можно проводить и на русском языке. – Прим. ред.)



**Фото 4. Устройство
для извлечения
готовых изделий**

блок управления, который обслуживает разработанную специально для этой машины систему извлечения изделий из формы (фото 4). Важное значение при его создании было уделено легкости обслуживания – в том числе необученным персоналом – а также возможности интегрирования в базу данных управления литьевой формой.

Заключение

Компактные литьевые машины компании Boy – такие как Boy XS, Boy 25 E и Boy 35 E – наряду с вертикальными вариантами исполнения этих машин представляют собой высокоэффективное оборудование для переработки специальных полимерных материалов, а также для из-

готовления микроизделий. Смена материала, требующая полной очистки всей системы, может осуществляться на этих машинах со сравнительно низкими затратами. Перечисленные выше машины позволяют организовать экономически эффективное производство микроизделий с относительно низкой производительностью (по материалу) и низкими затратами. Протоколирование и контроль всего технологического процесса осуществляются через высокоэффективную систему управления на основе измеряемых фактических значений параметров этого процесса. Все подлежащие регулированию параметры, включая параметры настройки манипуляторов, включены в базу данных, соответствующую изготавливаемому формованному изделию.

Перевод А. П. Сергеевкова

Kleinebrahm M. Spritzgiessmaschinen fuer die Herstellung kleinster Silicon-Formteile // GAK. 2015. Nr. 10. S. 690-692.

Injection Moulding Machines for Manufacture of Small Silicone Parts

M. Kleinebrahm

LSR parts have already been produced using injection moulding machines for decades. While in the early phase mainly baby nipples have been manufactured from LSR more complex parts, e. g. for medical engineering applications, have subsequently added to the product range and recently more and more LSR micro parts requiring a special process technology are fabricated. The present article characterises the special attributes of the injection moulding machines being utilised for that turning particular attention to the dosing technique being required.