

Новые конструкции кольцевых сопел

Д-р Хайнц Гросс

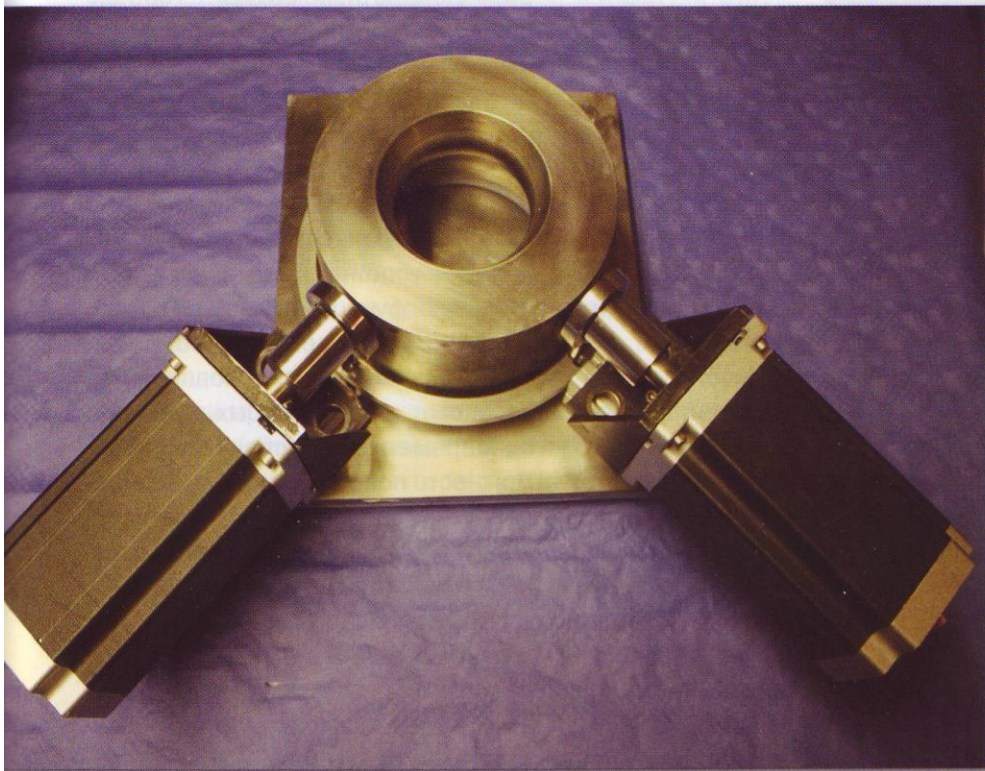


Рис. 1: Модель поворотного мундштука, в которой плоскость раздела между мундштуком и корпусом головки (или опорной плитой) уплотнена резиновым кольцом; это кольцо сжимается в той или иной степени для выполнения поворота мундштука при помощи двух шаговых двигателей, расположенных под углом 90°

При экструзии труб и шлангов, а также при раздувном формовании деталей приходится мириться с технологическими недостатками и идти на производственно-экономические компромиссы. Это сопровождается неоправданно высоким ростом расходов и ухудшением качества продукции. Из-за отсутствия доступных эффективных технологий в этой сфере все еще используют способы центрирования мундштука, которые мало соответствуют требованиям, предъявляемым к оптимальному решению для центрирования [1].

Несмотря на современные технические достижения, мундштуки по-прежнему центрируются вручную, при этом невозможно проконтролировать точность корректировки зазора канала для прохода расплава после центрирования. При экструзионно-раздувном формовании приходится даже приостанавливать производственный процесс, чтобы при помощи грубых регулирующих винтов, а зачастую и применяя удлиненные рычаги с помощью трубы, перемещать мундштук относительно дорна. В таких случаях, при смене мундштука уже невозможно точно воспроизвести однажды отрегулированный зазор между мундштуком и дорном, обеспечивающий изготовление качественных деталей. По технологическим и экономическим причинам и сегодня при экструзионно-раздувном формовании большинство полых изделий, для которых характерна неодинаковая степень вытяжки расплава по периметру, изготавливается без динамического радиального распределения толщины стенок, хотя это, несомненно, может заметно улучшить равномерность толщины в та-

ких изделиях. До появления технологии Flex Ring вообще не существовало решений, позволяющих реализовать динамическое радиальное распределение толщины стенок для мундштуков с диаметром менее 70 мм. Поэтому ранее вопрос о радиальном распределении толщины стенок при изготовлении небольших овальных бутылок даже не поднимался. При производстве емкостей, требующих применения мундштука большего диаметра, возникала проблема целесообразности значительных затрат на систему контроля и регулирования толщины стенок PWDS или Flex Ring. В ряде случаев производители полых изделий экструзионно-раздувным формованием отказывались от использования такого рода систем в связи с увеличением затрат на техническое обслуживание и увеличения количества технологических проблем. Экономическая целесообразность применения радиального распределения толщины стенок в большинстве случаев решалась индивидуально в зависимости от ситуации на предприятии и отношения лиц, принимающих решения. Поэтому

не удивительно, что, например, при изготовлении контейнеров для сыпучих грузов (IBC-контейнеры) одни производители используют неподвижные профилированные мундштуки, а другие – системы динамического радиального распределения толщины стенок.

Новые конструкции мундштука

Между тем уже существуют совершенно новые технические решения, представляющие в новом свете вопрос о достижимом качестве продукции, производственных расходах и сопутствующих издержках при экструзии труб, шлангов, рукавных пленок, а также листов и пленок из вспенивающихся материалов или при производстве полых изделий экструзией с раздувом. Так, уже запатентованная [2] поворотная технология, которая была

впервые представлена на выставке К 2010, предлагает совершенно иной подход к центрированию инструментов, образующих кольцевые каналы.

Поворотная технология центрирования мундштука

Для поворота мундштука могут использоваться регулировочные винты. Но его положение можно менять и посредством сервопривода (рис. 1). Решающее преимущество поворотной технологии перед традиционным решением с расположенными по окружности центровочными винтами состоит в возможности целенаправленного центрирования. При использовании поворотной технологии всегда известна величина перемещения сопла относительно дорна. Это также является преимуществом, поскольку позволяет каждый раз в точности воспроизводить однажды настроенное положение мундштука относительно дорна. Кроме того, перемещение мундштука может осуществляться с очень малым ша-

гом, что заметно повышает тонкость настройки и в конечном итоге ведет к более точному расположению мундштука относительно дорна. При этом поворотный вариант гораздо проще в обращении, чем стандартные средства центрирования. Как видно из рис. 1, он состоит только из простого резинового уплотнения и расположенных симметрично установочных винтов или, как показано на фотографии, сервоприводов. Резиновое уплотнение выполняет при этом две функции. Во-первых, оно надежно уплотняет плоскость раздела между корпусом головки и мундштуком. Во-вторых, оно одновременно обеспечивает возможность поворота мундштука в заданных пределах относительно корпуса головки или дорна. Тем самым поворотный мундштук проще в обращении по сравнению с мундштуками, регулируемые стандартными центровочными винтами. При этом он не только дешевле в изготовлении, но и требует меньше технического обслуживания и в меньшей степени подвержен отказам при эксплуатации. Именно при экструзионно-выдувном формовании поворотный мундштук проявляет максимальную производственно-экономическую эффективность, но только при условии, что он оснащен сервоприводом. В демонстрационной модели (рис. 1) для перемещения мундштука используются шаговые двигатели, которые не только оказываются экономически выгодными, но и обеспечивают исключительно высокую точность и воспроизведение параметров регулирования. Простой эксцентрик преобразует вращательное движение привода в поступательное, которое затем воздействует на буртик фланца мундштука, вследствие чего прокладка между мундштуком и корпусом головки сжимается в той или иной степени. Таким образом, формование трубообразной заготовки может точно корректироваться в любой момент времени. При этом не требуется вынужденная остановка производственного процесса и,

Рис. 2: Трубная головка, мундштук которой крепится при помощи байонетного затвора; для перемещения мундштука предусмотрено два специальных винта с мелкой резьбой с шагом 0,5 мм

Центровочные винты с байонетным замком

Мелкая резьба



следовательно, не снижается производительность установки. Благодаря точной установке мундштука в корпусе головки при поворотном исполнении сокращается время переналадки на другой размер мундштука, так как предварительное центрирование мундштука относительно дорна больше не требуется. Дополнительные преимущества создает и крепление мундштука в корпусе головки при помощи байонетного затвора. Подобное решение уже используется при экструзии труб (рис. 2). Благодаря точной установке мундштука в корпусе головки и центрированию посредством сервопривода, которое осуществляется централизованной системой управления экструзионной установкой, впервые удалось добиться того, что однажды отрегулированный зазор канала для прохождения расплава в процессе производства того или иного изделия остается неизменным и при производстве того же изделия в любое другое время. Это исключает затраты времени на оптимизацию процесса и гарантирует точное воспроизведение того зазора, который был достигнут в последнем производственном цикле.

При соответствующем конструктивном исполнении эластичного поворотного шарнира поворотный мундштук может соответствовать всем техническим требованиям к шиберным системам для производства изогнутых шлангов по технологии вакуумного формования. Именно в этой области применение поворотного мундштука обеспечивает заметное снижение расходов по сравнению с традиционными шиберными мундштуками, используемыми в настоящее время. Немаловажным преимуществом поворотного мундштука является и то,

Рис. 4: Топливная канистра, изготовленная по стандартной технологии (снизу) и по трехмерной технологии (сверху) [G = масса канистры; t_b = время раздува или охлаждения]



Рис. 3: Объемный формующий инструмент: выходная область мундштука имеет цилиндрическую форму, а дорн состоит из отдельных дисков со сложной трехмерной геометрией

что при эксплуатации не возникают проблемы герметичности и износа эластичного уплотнения по плоскости разъема корпуса головки и мундштука.

Мундштуки объемной конструкции

Трехмерная технология разработки формующего инструмента создает принципиально новую ситуацию и совершенно иные возможности в области изготовления полых изделий с применением динамического регулирования распределения толщины стенок по периметру. Трехмерная технология устраняет существовавшие прежде технологические ограничения. Она может применяться для любых используемых на практике диаметров мундштука. Кроме того, она позволяет преодолеть большую часть ограничений, препятствующих использованию систем PWDS или Flex Ring. Как и при использовании поворотного центрирования мундштука, при объемном профилировании канала мундштука удалось реализовать недостижимую прежде техническую функциональность, при этом сама конструкция мундштука стала проще по сравнению с уже существующими решениями. В отличие от стандартных мундштуков для раздувного формования, выходная часть мундштука объемной конструкции, на который заявлен патент, имеет не коническую, а цилиндрическую форму. Тем самым, оно больше не соответствует главному требованию, предъявляемому к стандартным мундштукам для раздувного формования, которое состоит в том, чтобы толщина стенок заготовки могла равномерно изменяться по периметру путем простого перемещения дорна или мундштука. На практике существуют головки, в которых для изменения толщины стенок по длине заготовки перемещается дорн, и головки, в которых перемещается мундштук. В мундштуках объемной конструкции неподвижная часть мундштука на выходе имеет, как правило, цилиндрическую форму. Подвижная

же часть мундштука, перемещающаяся в осевом направлении, состоит из отдельных профилированных дисков, из которых, по крайней мере, один диск имеет неправильную трехмерную форму, которую невозможно получить на токарном станке. Как и в фильерах для экструзии профилей, расплав предварительно распределяется в отдельных дисках так, чтобы средняя скорость на выходе из мундштука была постоянной по периметру канала, несмотря на разную величину зазора для прохода расплава. Преимущество такого решения состоит в том, что при идеальном конструктивном исполнении распределительных дисков скорость расплава на выходе из мундштука остается одинаковой по периметру окружности, даже если толщина стенок заготовки по окружности сильно различается. При перемещении дисков в осевом направлении, нижние диски, геометрия которых точно оптимизирована в соответствии с определенной областью заготовки, полностью выходят из мундштука таким образом, что геометрия этих нижних дисков больше не влияет на распределение потока расплава в инструменте. Аналогично над цилиндрической частью мундштука на выходе могут находиться отдельные диски, периметр которых практически не влияет на распределение потока расплава, если эти диски находятся в зоне, где высота канала для прохода расплава заметно больше, чем в цилиндрической части мундштука. Только когда после опускания дорна эти диски попадают в цилиндрическую выходную область, в которой высота канала заметно меньше, тогда их конфигурация сильно влияет на распределение локальных потоков расплава. На рис. 3 показан мундштук с дорном объемной конструкции, который для наглядности помещен на торцевую часть корпуса мундштука. На фотографии хорошо видны цилиндрическая часть мундштука на выходе и отдельные диски

дорна, одни из которых профилированы, а другие расположены эксцентрично относительно осевой центральной линии дорна или головки. На конце дорна находится короткий конический участок, так как здесь показан мундштук для головки с копильником, в которых кольцевой зазор должен перекрываться для заполнения копильника расплавом. Формующий инструмент, изготовленный по технологии 3D, позволяет реализовать такие перепады толщины стенок заготовки, которых невозможно достичь, используя систему PWDS, и с трудом можно получить при использовании более гибкой технологии Flex Ring. Рис. 4 поясняет это на примере поперечных сечений специальной канистры для бензина емкостью 6 литров. Нижняя канистра изготовлена с использованием стандартного конического сопла, имеющего постоянный профиль. Верхняя канистра изготовлена после дооснащения головки трехмерным инструментом. Рисунок и указанные на нем цифры говорят сами за себя и не нуждаются в дополнительных комментариях.

Под объемной технологией разработки и изготовления формующего инструмента подразумевают техническое решение, в котором используются массивные мундштук и дорн. В отличие от систем PWDS и Flex Ring, при выходе заготовки из мундштука его детали не деформируются. На рис. 5 изображен массивный трехмерный дорн, при помощи которого была изготовлена несимметричная канистра для бензина. Он состоит из отдельных дисков с различной геометрией поверхности, что обеспечивает целенаправленную оптимизацию распределения потока расплава в мундштуке. Таким образом, объемные решения формующего инструмента не нуждаются в

приводных устройствах и программном обеспечении для управления, которые используются в стандартных системах. Инструмент, изготовленный по трехмерной технологии, значительно дешевле, так как уменьшается количество покупаемых компонентов, что в свою очередь ведет к уменьшению частоты отказов при эксплуатации.

Совместное использование поворотного мундштука и объемной конструкции инструмента

Объединение эластичного поворотного механизма мундштука с трехмерной распределительной



Рис. 5: Трехмерный дорн, использованный для изготовления топливной канистры, показанной на рис. 4

профилированной конструкцией дорна создает многообразие технологических возможностей, которые невозможно получить при помощи других технологий, используемых в настоящее время в сфере раздувного формования. Преимущество их объединения состоит в том, что благодаря цилиндрической конструкции из расплава на мундштук передаются только сдвиговые усилия. Следовательно, для поворота мундштука необходимы только эти сдвиговые усилия, а также силы, необходимые для сжатия эластичного уплотнения. Соответственно, для выполнения поворота к приводным устройствам не требуется приложения больших усилий. Поэтому для этой цели идеально подходят недорогие и не требующие обслуживания шаговые двигатели.

Поворотное регулирование зазора канала для прохода расплава при выходе заготовки емкости позволяет учесть неравномерность вытяжки расплава по периметру. Одновременно, благодаря объемной конфигурации формующего инструмента и определенном осевому смещению подвижной части мундштука становится возможным точное распределение толщины стенок заготовки для емкости как в направлении ее вытяжки, так и по периметру. Для этого не обязательно приобретать совершенно новую раздувную головку, так как поворотная и трехмерная технологии предусматривают возможность дооснащения любой раздувной экструзионной головки с вполне приемлемыми затратами.

Выводы

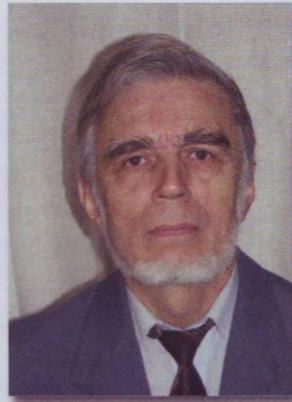
Новые технические возможности предлагаемых решений создают альтернативу прежним критериям, используемых при выборе оптимальных конструкций формующего инструмента для производства полых изделий специализированной формы. В том числе и потому, что, в сравнении с уже устоявшимися технологиями, кардинально изменились финансовые затраты на получение желаемого результата. Часто при переходе на новую технологию имеет место снижение затрат и улучшение качества изготавливаемой продукции. Достижимая экономия сырья, увеличение производительности оборудования (см. рис. 4) и повышение эксплуатационной надежности процесса экструзионно-раздувного формования становятся дополнительными аргументами, которые нельзя не принимать во внимание при принятии решения. Особенно перед покупкой новых установок или формующего инструмента необходимо оценить, насколько с производственно-экономической точки зрения целесообразно сделать выбор в пользу традиционных устоявшихся конструкций сопла. При наличии широкого выбора технических решений не помешает подумать и о том, каковы будут расходы на дооснащение, насколько можно будет повысить качество продукции и, конечно, каковы будут сроки окупаемости с учетом снижения расхода сырья, повышения производительности оборудования и сокращения потребности в рабочей силе.

Литература:

1. Гросс, Х. Ручное центрирование остается в прошлом // ПЛАСТКУРЬЕР, VM Verlag Koeln, 2010. № 6.
2. Выкладное описание изобретения DE 10 2005 026 726 A1: Экструзионная раздувная головка. Дата подачи заявки 09.06.2005.

→ Dr. -Ing. Heinz Groß
Kunststoff-Verfahrenstechnik
Ringstr. 137, 64380 Roßdorf, Germany
www.gross-k.de

Мнение эксперта



Валентин Володин, к.т.н.,
ведущий специалист
по экструзии,
эксперт журнала
ПЛАСТКУРЬЕР

О статье Хайнца Гросса "Новые конструкции кольцевых мундштуков"

Формование емкостей методом экструзии с раздувом охватывает производство как симметричных, так и несимметричных полых изделий. В последнем случае возникает серьезная проблема разнотолщинности стенок по периметру и высоте изделия. Существующие стандартные методы регулирования толщины стенок и обеспечения равномерного выхода расплава полимера по периметру формующего канала сопряжены с большими затратами труда и времени для получения приемлемого результата по разнотолщинности стенок. Кроме того, по условиям безопасности процесса приходится останавливать непрерывный процесс выхода заготовки из экструзионной головки и блокировать защитный механизм управления процессом при открытой форме.

Обычно регулирование толщины стенок заготовки и равномерность выдавливания расплава из формующей щели производится путем перемещения мундштука относительно дорна или дорна относительно неподвижного мундштука, а равномерность выдавливания по периметру кольцевой щели обеспечивают продольным смещением дорна с коническими участками относительно мундштука с подобной конфигурацией. Изменяя площадь поперечного сечения канала на некотором расстоянии от выхода из канала, добиваются относительно равномерного течения расплава на выходе.