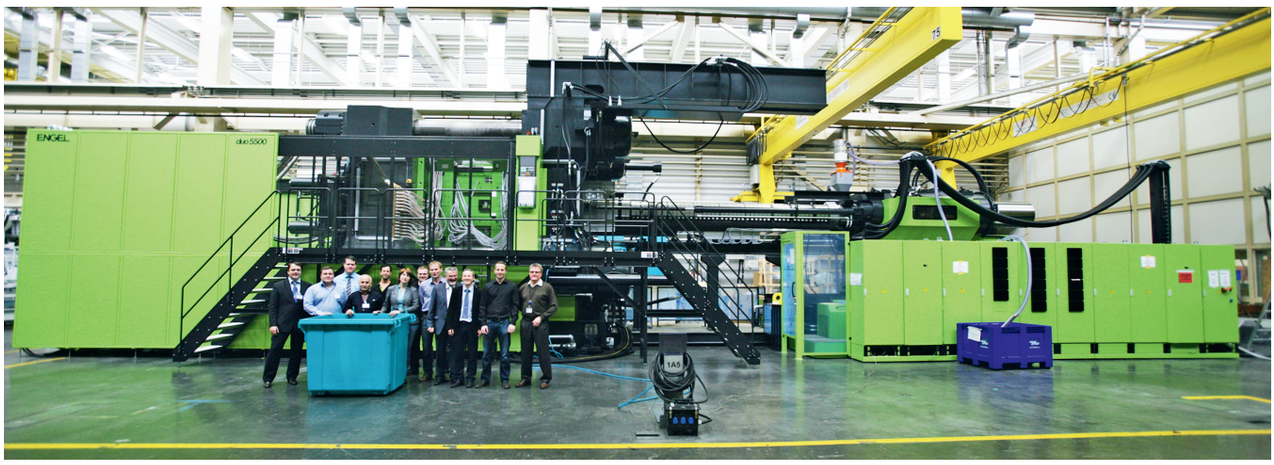



**Партнеры по разработке технологии литья под давлением мусорных контейнеров объемом 1100 л на фоне литьевой машины модели ENGEL duo 5500, оснащенной литьевой формой с размерами 2103×1950×1970 мм**

# Литьевая форма уменьшенного тоннажа для крупногабаритных контейнеров

Применив современные методы конструирования, австрийская компания Haidlmair, специализирующаяся на изготовлении литьевых форм, смогла существенно уменьшить массу своей крупногабаритной формы по сравнению с традиционными формами, используемыми для производства мусорных пластиковых контейнеров. Поскольку основная доля массы приходится на неподвижную часть литьевой формы, то одновременно удалось существенно снизить энергопотребление литьевой машины. Поставленные задачи были решены с применением методов моделирования процесса литья под давлением.

**Моника Ридль**

Когда речь заходит о литьевых формах для производства декорированных, функциональных и удобных для переноски ящиков для напитков, едва ли кто-либо может превзойти достижения специализирующейся на изготовлении таких форм компании Haidlmair GmbH (г. Нуссбах, Австрия). Специалисты компании Haidlmair не только изготавливают литьевые формы по существующим чертежам, но и оказывают поддержку своим заказчикам при разработке и оптимизации выпускаемой ими продукции в отношении совершенствования конструкции и использования литьевых форм. Преимущества такого подхода четко сформулировал *Харальд Каллер* (Harald Kaller), руководитель группы проектирования и конструирования в компании Haidlmair: «Уже при первых переговорах с заказчиками мы всегда имеем в виду возможности серийного производства рассматриваемых изделий и практическую реализуемость соответствующей литьевой формы. Это позволяет максимально быстро определить места расположения литников, а также разработать дизайнерское оформление формы и все необходимые элементы, облегчающие извлечение отформованных изделий, исключив тем самым внесение бесчисленных поправок и изменений на стадии между проектированием и изготовлением литьевой формы».

## Применение численных методов для решения проблем процесса литья под давлением

Решение этой задачи требует прежде всего, большого опыта. Начиная с 2006 г. конструкторы Haidlmair используют для этой цели принципы моделирования на основе программного обеспечения Autodesk Simulation Moldflow Adviser, позволяющего решать поставленные задачи с учетом особенностей процесса заполнения формы, возможности образования холодных спаев и расположения литников. «Прежде чем приступить к изготовлению каждой конкретной литьевой формы, мы осуществляем ее анализ с применением специально разработанного программного обеспечения. Таким обра-



Kunststoffe_06_2015.indd 6 29.05.2015 13:04:57

зом мы выявляем возможные проблемы предстоящего литья под давлением, появление которых можем предотвратить на основе проведенного анализа с применением численных методов. Для нас это означает приобретение важных гарантий на успех и предотвращение дорогостоящих конструкторских изменений изготовленной литьевой формы. Как правило, нам удается исключить корректировку разработанной литьевой формы и по меньшей мере на неделю сократить время на ее создание», – сообщил *Харальд Каллер*.

Методы моделирования применяются в г. Нуссбахе всеми 20 конструкторами. *Харальд Каллер* отмечает при этом прежде всего простоту использования расчетных компьютерных программ: «Конструкторы без проблем справляются с программным обеспечением, даже если не пользовались им на протяжении двух или трех недель». При разработке более сложных литьевых форм с 2012 г. применяется программное обеспечение Autodesk Simulation Moldflow Insight, который обеспечивает более широкие возможности, чем метод Moldflow Adviser. В частности, оно позволяет, особенно при необходимости изготовления «замысловатых» изделий, провести анализ ряда дополнительных задач, связанных, например, с возможным короблением изделий при их охлаждении или каскадным управлением процессом впрыска.

Использование пакета программ Moldflow Insight оказывается полезным и при выполнении компанией Haidlmair новых проектов, в частности, при создании литьевых форм для изготовления крупногабаритных контейнеров. *Мартин Пюрстингер* (Martin Puerstinger), конструктор литьевых форм из сектора разработки новой продукции, пояснил в этой связи: «С помощью системы моделирования Moldflow мы на ранней стадии выполнения проекта получаем большой объем информации, например, о том, какое давление впрыска или какое усилие смыкания требуется для изготовления изделия. Благодаря этому мы может давать заказчикам обоснованные консультации, в частности, по выбору литьевой машины, на которой будет устанавливаться наша литьевая форма».

## Ответственная задача

Создав литьевую форму для изготовления мусорных контейнеров объемом 1100 л, компания Haidlmair отважилась войти в группу производителей крупногабаритных литьевых форм. Этот проект стал для компании очень ответственным во всех смыслах слова. Форма массой почти 80 т стала самой большой из всех, которые компания когда-либо прежде проектировала и изготавливала. С момента ввода в эксплуатацию она безупречно работает на литьевой машине модели ENGEL duo 5500 с усилием смыкания 55 тыс. кН (изготовитель – компания ENGEL Austria GmbH, г. Швертберг, Австрия) (см. титульное фото). При этом сложившаяся вокруг *Харальда Каллера* команда не ограничилась стандартным подходом, а занялась кропотливым изучением возможностей значительного уменьшения размеров и массы литьевой формы.

Для создания максимально легкой и компактной литьевой формы компания Haidlmair перенесла в другой класс типоразмеров свою концепцию, которая была уже многократно проверена при изготовлении литьевых форм для производства ящиков для напитков. Главная особенность заключалась в специфическом распределении усилий между частями литьевой формы, обеспечивающем возможность поддержания высокого давления впрыска – на уровне около 1000 бар. Такое значительное давление впрыска обусловливалось среди прочего относительно малой толщиной стенок мусорного контейнера и большими размерами литьевой формы, предопределяющими длинные пути течения.

## Новая концепция создания компактной и в то же время стабильной литьевой формы

Формование наружной поверхности контейнера осуществляется на стороне неподвижной крепежной плиты литьевой машины с помощью матрицы, образуемой 4 раздвижными частями, линии раздела между которыми проходят вдоль углов контейнера (фото 1). В сомкнутом состоянии формы, когда осуществляются впрыск расплава полимерного материала, заполнение формы и охлаждение изделия, эти 4 части составной матрицы также находятся в сомкнутом состоянии внутри охватывающей их рамы, в которой они фиксируются и центрируются. При этом часть воспринимаемого ими давления передается на примыкающие к ним участки этой поддерживающе-центрирующей рамы, имеющей поперечное сечение клиновидной формы. При раскрытии формы эти 4 части матрицы, выталкиваемые на некоторое расстояние из поддерживающе-центрирующей

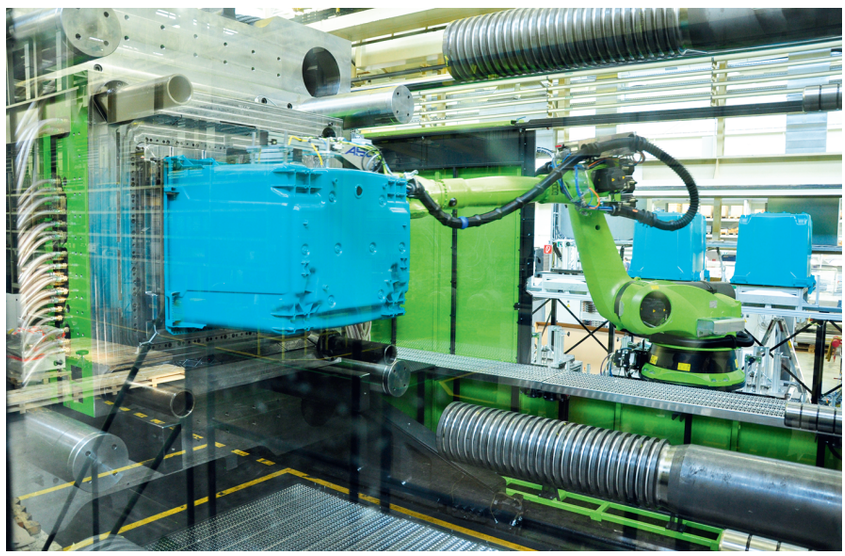


*Фото 1.* **Литьевая форма для изготовления мусорного контейнера объемом 1100 л в раскрытом состоянии. Более легкая половина формы с пуансоном (слева) крепится на подвижной плите литьевой машины, ее сопловая, более тяжелая половина (справа) включает в себя составную матрицу для формования наружной поверхности и крепится на неподвижной плите машины**



Kunststoffe_06_2015.indd 7 29.05.2015 13:04:59

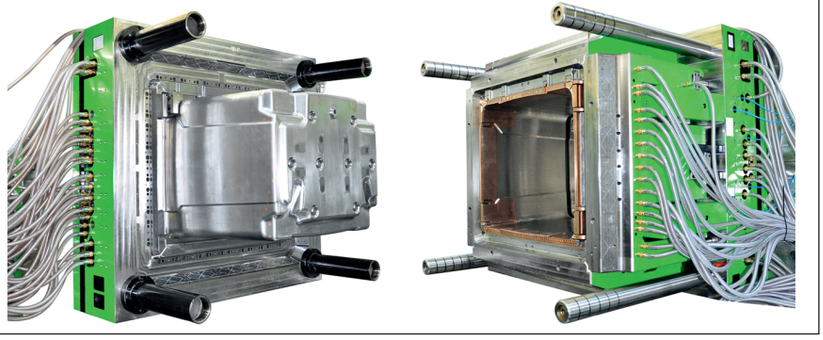


*Фото 2.* **Свободный доступ к половине формы с пуансоном, на котором остается готовое изделие после ее размыкания, существенно облегчает извлечение контейнера роботом-манипулятором** (иллюстрации: Haidlmair)

рамы, несколько расходятся друг от друга, освобождая внешнюю поверхность изделия. Подвижная половина формы вместе с пуансоном и оставшимся на нем изделием отходит от неподвижной половины, после чего робот-манипулятор снимает изделие с пуансона (фото 2).

В традиционных литьевых формах для изготовления крупногабаритных контейнеров, имеющих монолитную сопловую часть, усилия, передаваемые в результате воздействия давления в форме, воспринимались исключительно плитой с оформляющим гнездом формы, что приходилось делать ее значительно более тяжелой и более габаритной по сравнению с плитой, создаваемой в соответствии с новой концепцией. Если масса традиционных литьевых форм для подобного рода изделий составляет в среднем около 100 т, то компании Haidlmair удалось уложиться в 77 т.

Более низкая масса облегчает обращение с литьевой формой, в частности, ее транспортировку, а также закрывание и открывание формы на литьевой машине. К этому следует добавить также значительное снижение энергозатрат на эти движения.

Еще одним важным преимуществом новой концепции является то, что более тяжелая половина формы с матрицей крепится на неподвижной плите литьевой машины. Таким образом, приводной системе машины приходится перемещать только более легкую часть с пуансоном, что, в свою очередь, обеспечивает снижение необходимой мощности привода и энергопотребление литьевой машины в целом.

Литниковая система имеет восемь точек впрыска, обеспечивающих эффективную подачу 30 кг трудно текучего расплава полиэтилена высокой плотности и высокоточное заполнение гнезда формы по всему объему, включая краевые зоны. Система охлаждения включает в себя в целом 100 контуров охлаждения – по 16 в каждой из 4 частей матрицы, 10 дополнительных в базовой плите с системой впрыска, а также 26 контуров охлаждения на подвижной половине формы, обеспечивающих охлаждение пуансона.

При конструировании литьевой формы команда *Харальда Каллера* ни в чем не полагалась на волю случая. Никакого опыта использования нового принципа построения литьевых форм подобного типоразмера коллектив прежде не имел. Поэтому один из основных вопросов заключался в том, чтобы проверить, доста-

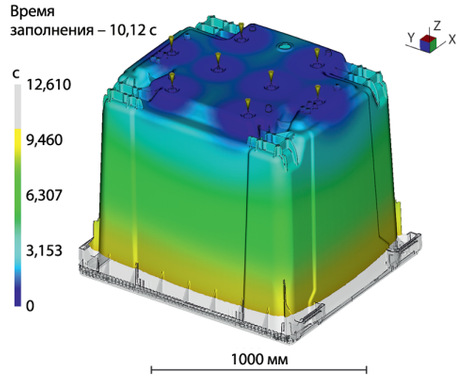



*Рис. 1.* **Результаты моделирования процесса заполнения расплавом литьевой формы с применением программы Moldflow Insight: равномерная по контуру смена цвета доказывает равномерность процесса заполнения, начиная с 8 точек впрыска, расположенных в области дна формуемого мусорного контейнера**

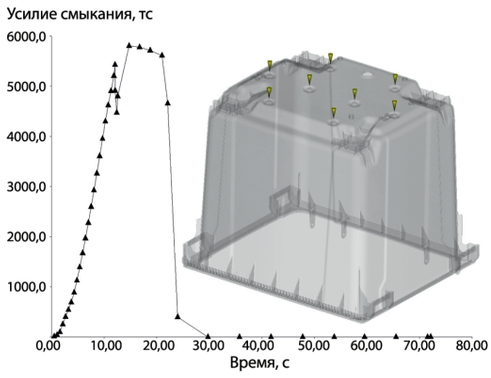



*Рис. 2.* **Моделирование усилия смыкания показало, что его максимальное значение составляет около 6000 тс. Это означает, что для данной литьевой формы вполне можно использовать литьевую машину с усилием смыкания 55 тыс. кН**

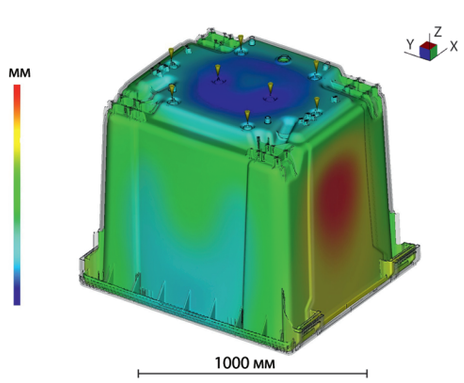
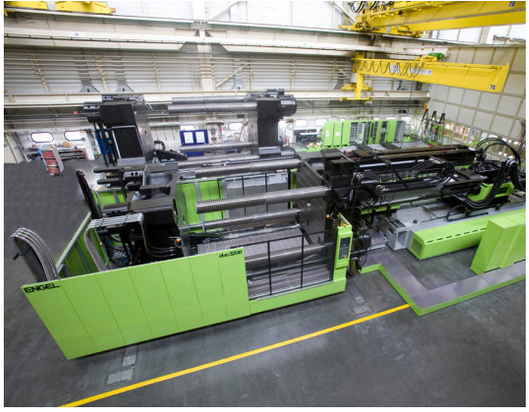



*Рис. 3.* **Путем компьютерного анализа коробления изделий конструкторы компании Haidlmair смогли исследовать различные варианты и определить наилучший из них. На рисунке показан результат анализа контейнера с минимальным короблением**



Kunststoffe_06_2015.indd 8 29.05.2015 13:05:00



# ENGEL **duo**

с усилием смыкания от 350 до 5500 тонн

## **Мощные машины** для литья габаритных изделий

Мы предлагаем:

- **Компромиссные партнерские цены**
- **Многолетнюю рассрочку непосредственно от компании ENGEL** (в том числе дорогостоящих проектов)
- **Выгодные технические преимущества:**
  - Возможность эксплуатации в помещениях с низкими потолками за счет автоматического устройства вытяжения колонн
  - Минимальные эксплуатационные расходы (небольшая площадь размещения, минимальный объем гидравлического масла, низкое электропотребление и пр.)
  - Автоматизация роботами ENGEL (возможна разработка проекта «под ключ»)
  - Самая быстрая машина в своем классе
- **Долговечность и высокую производительность оборудования** при стабильном технологическом процессе
- **Профессиональное круглосуточное сервисное обслуживание** в России, Беларуси и Украине

## Каждый год в Россию поставляется 25–35 машин ENGEL **duo**

ENGEL
be the first.

ООО «ЭНГЕЛЬ» | 121357, г. Москва, ул. Верейская, д. 17
бизнес-центр «Верейская плаза-2», офис 511
тел.: +7 (495) 269-39-20 | факс: +7 (495) 269-86-33
e-mail: info.ru@engel.at | www.engelglobal.ru

точно ли надежна конструкция литьевой формы, чтобы выдерживать высокое давление впрыска несмотря на уменьшенную массу формы.

## Проверка достоверности результатов путем моделирования

Необходимые для этого данные конструкторы получили в результате компьютерного анализа, проведенного с применением программного обеспечения Autodesk Simulation Moldflow Insight. В итоге были выявлены многочисленные значимые точки литьевой формы, для которых в форме текстовой базы данных были зафиксированы значения давления, соответствующие максимальному давлению впрыска. Эта информация вместе с данными для трехмерной модели конструкции формы была передана во внешний вычислительный центр для обработки и анализа с применением метода конечных элементов.

В результате было установлено, что конструкторы все сделали правильно: литьевая форма выдержала проверку методом конечных элементов. Практические испытания, в свою очередь, подтвердили правильность выполненных расчетов. В настоящее время заказчик с использованием новой литьевой формы изготавливает за один час от 23 до 26 четырехколесных мусорных контейнеров, что соответствует времени цикла от 140 до 160 с.

Выполненный с применением метода моделирования анализ процесса заполнения формы позволил исследовать кинетику и равномерность течения расплава (рис. 1), проверить правильность расчета усилия смыкания формы (рис. 2), изучить коробление изделий (рис. 3) и выявить оптимальное с точки зрения равномерного заполнения гнезда формы расположение точек впрыска. Специалисты компании Haidlmair провели компьютерный анализ нескольких вариантов, внесли небольшие поправки и получили в результате оптимальное решение.

Успешное выполнение этого проекта утвердило компанию Haidlmair в намерении сконцентрировать свою дальнейшую деятельность на крупногабаритных литьевых формах. Успешный шаг в этом направлении стал возможным не в последнюю очередь благодаря использованию метода моделирования с применением программного обеспечения Autodesk Moldflow.

*Перевод А.* ***П. Сергеенкова***

## *Injection Mould of the Reduced Tonnage for Large-size Containers*

***M. Riedl***

***Having applied modern methods of designing, the Austrian Haidlmair company specializing on production of injection moulds could reduce significantly the mass of the large-size mould in comparison with the traditional moulds used for production of garbage containers. As the main share of weight is the share of motionless part of a mould, at the same time it was succeeded to reduce energy consumption of the injection moulding machine significantly. These tasks were solved with application of modeling methods.***

*Riedl M.* Weniger Tonnage fuer die Tonne // Kunststoffe 104 (2014) 11. S. 30–33.
© Carl Hanser Verlag, Muenchen.



Kunststoffe_06_2015.indd 10 29.05.2015 13:05:06