

# Охладители расплава для экструзии со вспениванием

Традиционные способы производства не позволяют изготавливать охладители расплава, в полной мере отвечающие многочисленным техническим требованиям или потребностям заказчика. Но существуют аддитивные технологии, которые предоставляют большую свободу для конструирования. Они позволяют изготавливать нестандартные устройства, решающие индивидуальные задачи в отношении габаритов или технической эффективности.

*Доктор Хайнц Гросс, владелец компании Heinz Gross Kunststoff-Verfahrenstechnik*

Аддитивные технологии позволяют оптимизировать сечение внутренних охлаждающих змеевиков охладителей расплава таким образом, чтобы они обладали большой площадью поверхности теплообмена и при этом не создавали большого сопротивления течению расплава полимера. Сечения змеевиков выполняются таким образом, чтобы иметь суженное начало и конец, в направлении течений расплава. Такое сечение охлаждающих змеевиков предотвращает образование вредных для потока расплава застойных зон.

С помощью технологии селективного лазерного плавления (Selective Laser Melting, SLM) также могут изготавливаться небольшие по размеру охладители расплава, предназначенные для лабораторных экструзионных линий. При изготовлении таких устройств традиционными методами сложно добиться необходимого уровня охлаждения расплава при приемлемом сопротивлении его течению.

Требования, предъявляемые к охладителю расплава, могут сильно отличаться в зависимости от условий эксплуатации и размера экструзионной линии. Поэтому в идеальном случае охладители расплава должны рассчитываться индивидуально в соответствии с технической необходимостью. Традиционные способы производства не позволяют решить эту задачу прежде всего в тех случаях, когда нельзя выйти за рамки трудозатрат и стоимости производства, поскольку в большинстве случаев необходимо использовать стандартные компоненты. При этом, например, круглые трубы, необходимые для создания системы с оптимальной геометрией для течения расплава, отсутствуют, поэтому используются квадратные или в лучшем случае овальные трубы небольшого размера. Также на практике существуют трудности с герметичным соединением охлаждающих змеевиков с корпусом охладителя.

## **Новая концепция охладителя расплава**

Новая концепция охладителя расплава была разработана с нуля с использованием расширенных производственных



*Рисунок 1. Конструкции охладителя расплава, изготовленного по технологии селективного лазерного плавления в разрезе*

возможностей, которые обеспечивает технология SLM. Особенно важно то, что новая концепция позволяет выпускать охладители расплава в широком диапазоне требований без изменения его принципиальной конструкции.

В корпусе охладителя находятся впускная и выпускная камеры для охлаждающей жидкости (рис. 1). Обе камеры пролегают по всей длине и по всему периметру устройства. За счет этого поддерживается одинаковая заданная температура по всей наружной поверхности. Чтобы свести потери эффективности до минимума, эти камеры разделены воздушным зазором.

Теплоноситель подается по коротким охлаждающим змеевикам, каждый из которых проходит от одной стороны стенки проточного канала расплава к его противоположной стенке. Для увеличения площади охлаждающие змеевики имеют форму синусоиды, а их поперечное сечение имеет вы-



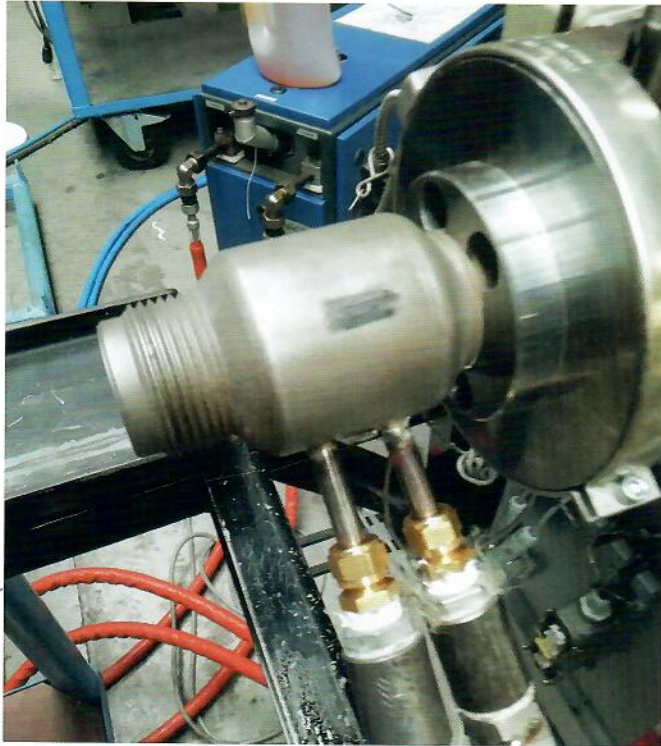


Рисунок 2. Охладитель расплава, присоединенный к небольшому двухшнековому экструдеру, который использовался в процессе испытаний

тянутую в длину в направлении течения и оптимальную для потока форму, которая обеспечивает минимальное сопротивление охладителя течению расплава. Для предотвращения образования застойных зон возле стенок проточного канала охлаждающие змеевики имеют суженные начало и конец. Толщина стенки охлаждающих змеевиков сознательно сделана небольшой. Тем самым достигается большая площадь поверхности контакта для переноса энергии от расплава к теплоносителю, а стенки охлаждающих змеевиков создают лишь небольшое тепловое сопротивление.

Охлаждающие змеевики проходят поперек потока расплава. Теплоноситель подается в них на одной стороне проточного канала через впускной канал. Заканчиваются охлаждающие змеевики на противоположной стороне в выпускном канале охладителя расплава. Таким образом, охлаждающие змеевики в проточном канале имеют очень небольшую длину, поэтому на участке от впуска до выпуска теплоноситель почти не нагревается. Чтобы, несмотря на этот неизбежный нагрев, обеспечить максимально равномерное охлаждение расплава, теплоноситель в соседних охлаждающих змеевиках протекает в противоположных направлениях. Размеры отдельных охлаждающих змеевиков и расстояние между ними могут свободно выбираться. При этом в зависимости от условий применения необходимо найти допустимый компромисс между минимально возможным сопротивлением течению расплава и максимально равномерным градиентом его температуры. С увеличением расстояния между охлаждающими

змеевиками сопротивление течению уменьшается, однако при этом возрастает градиент температур в расплаве.

Чтобы обеспечить минимально возможный градиент температур в охладителе расплава, за каждым коротким участком охлаждающего змеевика, если смотреть по направлению потока расплава, предусмотрена зона смешивания. Несмотря на то, что участок охлаждения имеет незначительную протяженность, на нем все же возникает совсем небольшой перепад температур между расплавом, который протекает рядом с охлаждающим змеевиком, и расплавом, который протекает на некотором удалении от него. В расположенной далее зоне смешивания эти слои перемешиваются, и температура расплава вновь немного выравнивается, прежде чем охлаждение расплава продолжится в следующей зоне устройства. Каждая следующая зона повернута на  $45^\circ$  относительно предыдущей зоны, что обеспечивает дополнительное снижение перепада температур расплава. На конце охладителя за последней зоной охлаждения расположена удлиненная зона смешивания, которая позволяет повысить однородность распределения температуры расплава на конце охладителя.

### Свобода при поддержании заданной температуры

В охладителе расплава, изготовленном по технологии SLM, можно обеспечить раздельное управление температурой в отдельных зонах охлаждения.

Особенно такие модульные охладители расплава эффективно применять в лабораторных установках для получения заданных в программе испытаний значений противодавления и степени охлаждения расплава.

Охладители расплава, произведенные с использованием генеративной технологии, в зависимости от требований могут изготавливаться из стандартной инструментальной стали или из нержавеющей стали. Пользователь также может сво-

Рисунок 3. Фильтра, состоящая из трех деталей, которая была спроектирована специально для исследований







Рисунок 4. Фильтры для исследований, присоединенная к охладителю расплава, с шестиугольной решеткой в проточном канале на выходе фильеры

бодно выбрать охлаждающую среду, например воздух, воду или масло, и даже в случае необходимости заменять теплоноситель.

Первый такой охладитель расплава был спроектирован для небольшой лабораторной производственной линии. На рис. 2 показан охладитель расплава, присоединенный к экструдеру с помощью фланцевого соединения. Первые лабораторные испытания проводились с использованием материала SABIC LDPE 1905UO. В нулевом испытании к экструдеру был присоединен только охладитель расплава, в котором поддерживалась заданная температура 115°C. В стационарном состоянии при расходе 8 кг/ч температура расплава на выходе составила 115°C, а падение давления составило 3,5 Н/мм<sup>2</sup> (35 бар). За счет снижения температуры теплоносителя до 97°C расплав удалось охладить до температуры 107,5°C, при этом давление увеличилось до 3,9 Н/мм<sup>2</sup> (39 бар). С присоединенной фильерой (рис. 4), которая после нагрева, необходимого для запуска, не термостатировалась активным образом, температура фильеры, измеренная на наружной поверхности, составила 96°C, температура расплава на выходе составила 110°C, а падение давления — 8,3 Н/мм<sup>2</sup> (83 бар).

После получения этих данных к смесителю расплава была присоединена лабораторная фильера, также изготовленная по технологии SLM, состоящая из трех частей: собственно фильеры, насадки с эластичными губками и двух калибровочных лопастей, обеспечивающих бесступенчатое изменение

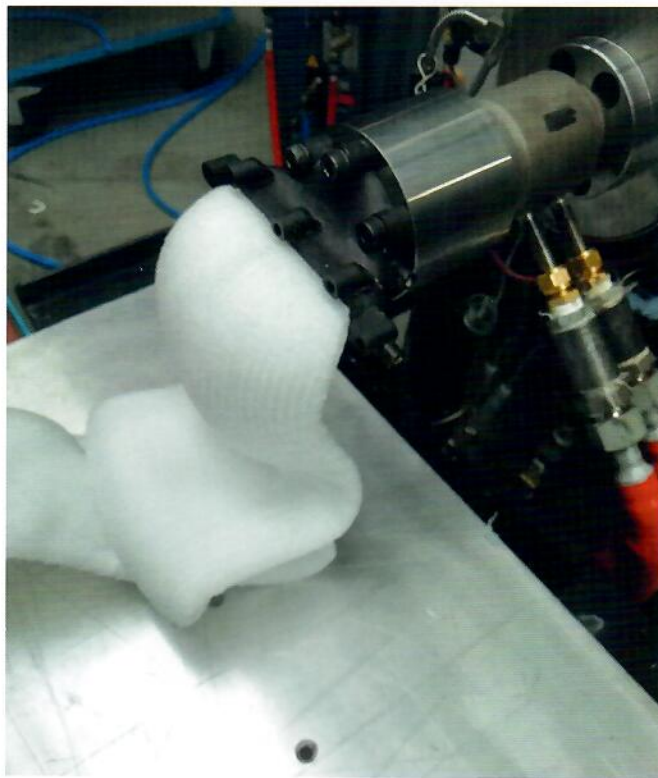


Рисунок 5. Благодаря специальной форме проточного канала на выходе фильеры возможно получить вспененный материал большой толщины

толщины вспененного материала в ходе испытания (рис. 3). На первом этапе присоединялась только фильера с высотой проточного канала на конце мундштука 7 мм. Чтобы гарантировать высокое сопротивление течению, необходимое для вспенивания, на конце проточного канала была встроена специальная шестиугольная решетка (рис. 4). Она позволила подтвердить принципиальную возможность того, что с помощью фильеры, имеющей соответствующую форму проточного канала, можно получить вспененный материал большой толщины (рис. 5).

Первые испытания подтвердили, что с помощью аддитивной технологии можно выпускать охладители расплава, оптимизированные для конкретных условий производственного процесса. Изготовленные таким способом охладители способны эффективно охлаждать расплав, при этом возникающее сопротивление течению расплава остается в допустимых пределах. Было доказано, что даже для небольших лабораторных линий возможно сконструировать охладитель с высокой удельной мощностью охлаждения, позволяющий достигнуть хорошей однородности температуры расплава. Поскольку охладитель представляет собой цельную деталь без паяных или сварных соединений, то опасность возникновения утечек в процессе эксплуатации отсутствует.

*Dr.-Ing. Heinz Gross Kunststoff-Verfahrenstechnik*

www.gross-k.de