



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-17-22>
УДК 621.74

Поступила 15.04.2024
Received 15.04.2024

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИЛВЕНТ В КОНСТРУКЦИИ ФОРМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

В. И. ЧЕЧУХА, ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», г. Минск, Беларусь, ул. Макаенка, 23
М. А. САДОХА, С. В. КОРЕНЮГИН, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: cadoxa@rambler.ru

Рассмотрены варианты повышения качества отливок при литье под давлением. Представлены варианты исполнения и размещения чилвент в пресс-форме. Описан практический опыт применения чилвент в целях совершенствования вентиляционной системы пресс-формы для обеспечения снижения дефектности отливок по газовым раковинам и пористости.

Ключевые слова. *Литье под высоким давлением, отливка, дефекты отливки, газовые раковины, газовая пористость, качество литья, пресс-форма, проектирование пресс-форм, вентиляционная система пресс-формы, САПР.*

Для цитирования. *Чечуха, В. И. Практика использования чилвент в конструкции форм литья под давлением / В. И. Чечуха, М. А. Садоха, С. В. Коренюгин // Литье и металлургия. 2024. № 2. С. 17–22. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-17-22>.*

THE PRACTICE OF USING CHILL VENTS IN CONSTRUCTION INJECTION MOLDING FORMS

V. I. CHECHUKHA, OJSC “Minsk Mechanical Works named after S. I. Vavilov – Management Company of Holding BelOMO”, Minsk, Belarus, 23, Makaenka str.
M. A. SADOCHA, S. V. KARENIUHIN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: cadoxa@rambler.ru

Options for improving the quality of castings during injection molding are considered. The variants of the design and placement of the chill vents in the mold are presented. The practical experience of using chill vents in order to improve the ventilation system of the mold to ensure a reduction in the defect of the gas sink molds and porosity is described.

Keywords. *High-pressure casting, casting, casting defects, gas sinks, gas porosity, casting quality, mold, mold design, mold ventilation system, CAD.*

For citation. *Chechukha V. I., Sadokha M. A., Kareniuhin S. V. The practice of using chill vents in construction injection molding forms. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 2, pp. 17–22. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-17-22>.*

Известно, что литье под высоким давлением (ЛПД) отличается от других способов литья, прежде всего, высокой скоростью заполнения полости пресс-формы расплавом, а также воздействием высокого давления на затвердевающую отливку.

Важнейшую роль в обеспечении качества получаемых отливок играет пресс-форма, а именно грамотно спроектированные и рассчитанные литниковая и вентиляционная системы и, что немаловажно, система регулирования температуры пресс-формы и отдельных ее частей.

Формообразующие части пресс-формы изготавливаются из инструментальных сталей (часто используется сталь 4Х5МФС), остальные элементы – из более дешевых сталей (например, из стали 45). Срок службы пресс-формы зависит от многих факторов, однако в среднем пресс-формы для простых отливок с одной плоскостью разреза выдерживают до 100 000 съемов, средней сложности – 60 000 съемов, а повышенной сложности – до 45 000 съемов.

Большое влияние на стойкость оснастки также оказывает температурный режим работы ее формообразующих элементов, который обеспечивается термостатированием. Как правило, элементы оснастки, испытывающие повышенный перегрев (литниковая втулка, рассекатель, область вставок ползунов в местах расположения канала питателя, отдельные вставки и знаки), подвергаются интенсивному охлаждению.

Процесс получения отливки при ЛПД заключается в следующем: под действием пресс-поршня расплав из камеры прессования через щелевой питатель поступает в сомкнутую полость пресс-формы со скоростью 2,5–4,5 м/с. Затем отливку выдерживают под высоким давлением порядка 750 бар в течение всего времени кристаллизации. После этого пресс-форму раскрывают и отливку выталкивают из подвижной полуформы.

Основными видами дефектов отливок при ЛПД являются газовая пористость и газовые раковины. Это связано с тем, что при заполнении пресс-формы расплав запрессовывается в рабочую полость с очень высокой скоростью (полное заполнение отливки происходит в большинстве случаев за доли секунды). При этом воздух и продукты разложения смазочных материалов из наполнительной камеры и полости формы могут захватываться расплавом или из-за сложной конфигурации отливки не успеть выйти из рабочей полости пресс-формы через каналы вентиляционной системы.

Часто встречаются отливки с наличием «глухих» мест, когда технически очень сложно или вообще невозможно выполнить промывники и вентиляционные каналы. В таких случаях для снижения вероятности образования газовых дефектов в отливках ответственного назначения, испытываемых на герметичность, эффективно применяется метод ЛПД с вакуумированием полости формы и камеры прессования. Это значительно повышает себестоимость выпускаемой продукции и снижает производительность процесса литья.

Альтернативный вариант снижения дефектности отливки по газовым дефектам – увеличение пропускной способности вентиляционных каналов пресс-формы путем применения специальных конструктивных элементов – чилвент (Chill vents), выполняемых в виде соответствующих вставок (рис. 1).



Рис. 1. Чилвента

Принцип работы чилвент основан на том, что быстрое охлаждение и кристаллизация расплава при входе его в вентиляционный канал, образуемый чилвентой, позволяет исключить вероятность выхода расплава за пределы пресс-формы в процессе литья при одновременном увеличении сечения вентиляционного канала. Чилвента состоит из двух половин, одна располагается в подвижной половине пресс-формы, вторая, ответная, в неподвижной.

В большинстве случаев чилвенты изготавливают из бериллиевой бронзы. Высокая теплопроводность материала и специальная конфигурация канала в виде гребенки позволяют выполнить сечения вентиляционных каналов толще, чем при классическом исполнении, что значительно повышает возможность удаления газов из полости формы.

Чилвенты могут быть изготовлены также из инструментальной стали, но при этом необходимо обеспечить их дополнительное охлаждение через свой собственный контур путем подключения к системе охлаждения.

В серийном производстве ОАО «ММЗ им. С.И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» изготавливают отливки ответственного назначения повышенной сложности «Корпус», используемые в изделии регулятор давления с адсорбером, предназначенный для установки в пневмосистеме грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов. Он обеспечивает осушку воздуха, нагнетаемого компрессором в пневмосистему транспортного средства и поддерживает давление в системе в заданных пределах. Поэтому к отливке предъявляются высокие требования как к поверхностям после механической обработки, так и к герметичности (подвергается испытанию при давлении сжатого воздуха 1,6 МПа).

В процессе производства данной отливки имеется ряд проблем с наличием дефектов в виде газовых раковин и пористости, вскрываемых при механической обработке.

С целью повышения качества изготовления отливок была создана экспериментальная пресс-форма, конструкция которой существенно отличается от ранее используемой: радикальному изменению подверглись литниковая и вентиляционная системы, системы термостатирования и охлаждения.

На рис. 2 показаны 3D-модели отливок «Корпус» с литниковой системой, получаемые на серийной пресс-форме и экспериментальной с усовершенствованной конструкцией.

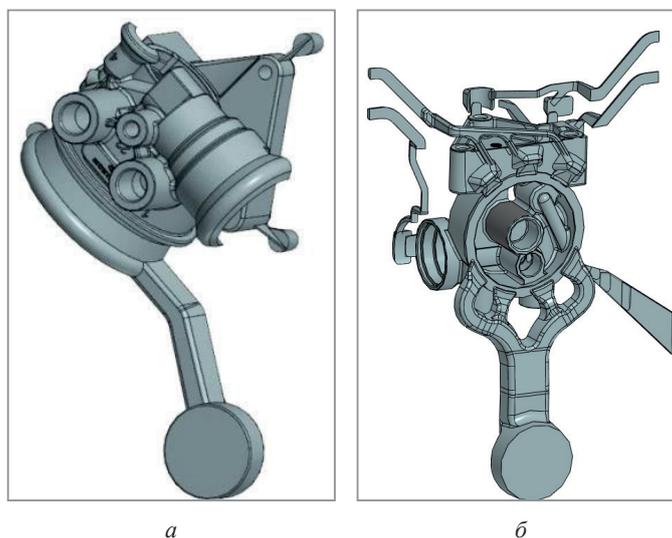


Рис. 2. 3D-модель отливки «Корпус» с литниковой системой с применением пресс-формы: *а* – серийной конструкции; *б* – экспериментальной с усовершенствованной конструкцией литниковой и вентиляционной системы

Основная цель экспериментальных работ – определение эффективности использования чилвент при создании тяжелой оснастки. В случае положительного результата предполагается внедрение эффективных решений в производство при получении однотипной номенклатуры ответственных отливок повышенной сложности.

На рис. 3 показана разработанная 3D-модель пресс-формы с применением в конструкции двух чилвент.

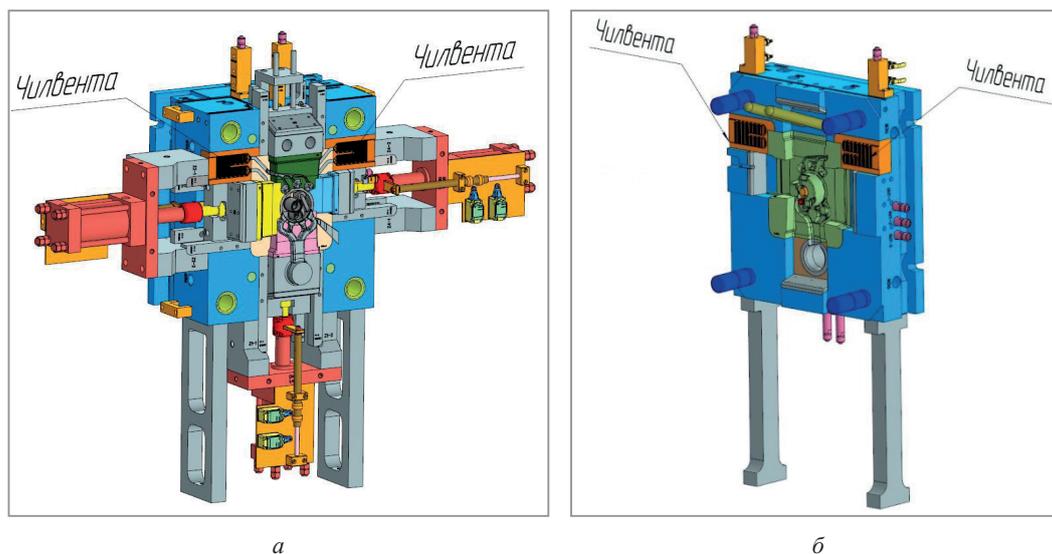


Рис. 3. Пресс-форма с применением в конструкции двух чилвент:
а, б – соответственно подвижная и неподвижная половина пресс-формы

В пресс-форме предусмотрены отдельные контуры термостатирования таким образом, чтобы в определенных зонах матрицы и пуансона с разным перегревом (в месте подвода литниковой системы, в зоне формообразования отливки) была возможность минимизировать градиент температур. Система термостатирования и водяного охлаждения показана на рис. 4.

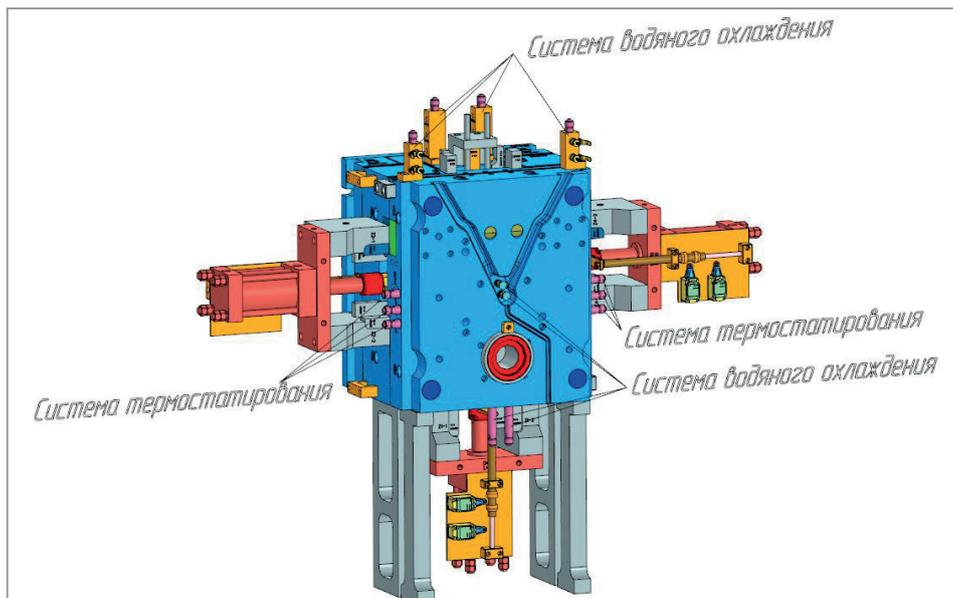


Рис. 4. Система термостатирования и водяного охлаждения пресс-формы.
Общий вид пресс-формы без неподвижной плиты крепления

Кроме охлаждения формообразующих частей ползунов, предусмотрено отдельное охлаждение двух знаков через их внутренние полости (рис. 5), позволяющее эффективно снизить перегрев в тепловых узлах отливки. Охлаждение знаков также способствует получению плотной структуры в поверхностном слое отливки на большую глубину, чем без охлаждения.



Рис. 5. Система внутреннего охлаждения знака

Охлаждение литниковой втулки позволяет минимизировать вероятность подклинивания поршня и вместе с тем сократить время производства отливки «Корпус».

Для перемещения ползунов в конструкции экспериментальной пресс-формы предусмотрены гидроцилиндры вместо наклонных клиньев. Данное решение обеспечивает более стабильную работу оснастки и снижение вероятности ее выхода из строя.

На рис. 6 показана отливка с литниковой и вентиляционной системой, полученная на экспериментальной пресс-форме.

Заполнение сплавом полости в экспериментальной пресс-форме производится через четыре питателя, что обеспечивает возможность удаления литника методом обломки вместо обрезки полуколлекторного на ленточнопильном станке при серийной технологии. Операция обломки литника является более производительной. Количество промывников в экспериментальной пресс-форме увеличено с 4 до 8 шт. на отливку, что способствует повышению качества литья за счет полного удаления загрязненной порции сплава из формообразующей части полости пресс-формы.

Эффективность применения чилвент можно объяснить увеличенным сечением вентиляционного канала. На рис. 7 показано сравнение толщины каналов при классической конструкции вентиляционной системы пресс-формы и с применением чилвент.

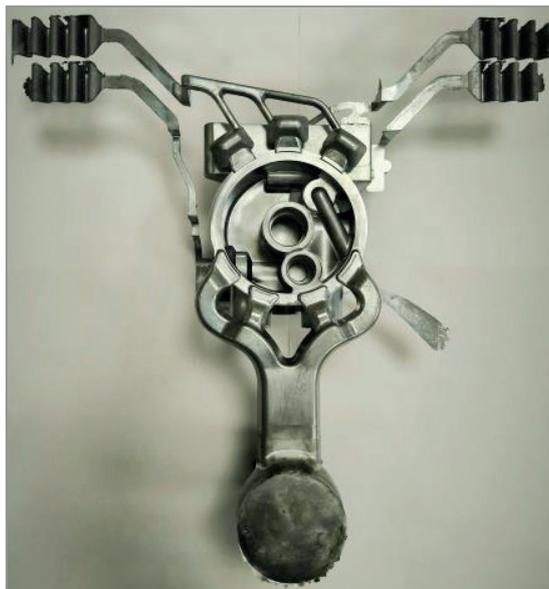


Рис. 6. Отливка «Корпус» с литниковой и вентиляционной системой, полученная на экспериментальной пресс-форме

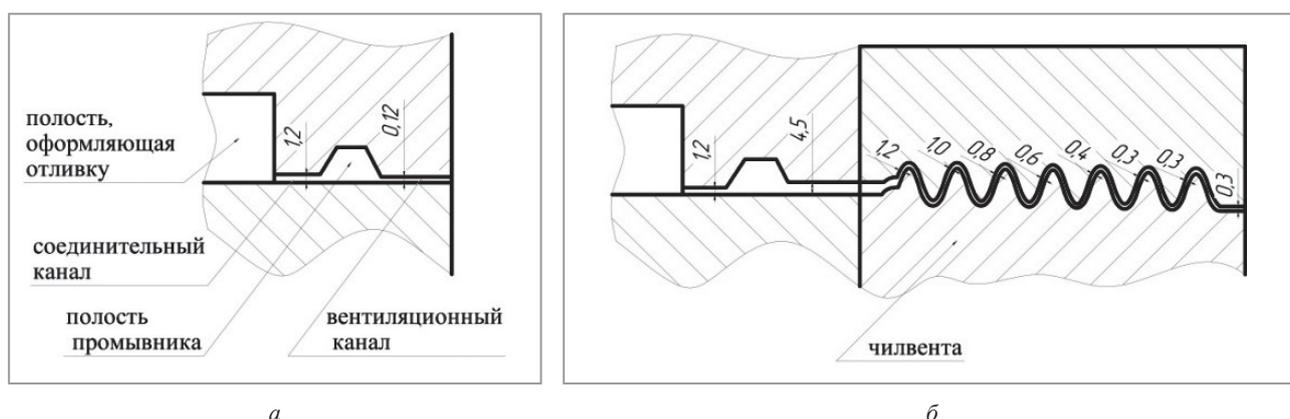


Рис. 7. Толщина вентиляционных каналов при классической конструкции вентиляционной системы пресс-формы (а); с применением чиллент (б)

Суммарная площадь поперечных сечений вентиляционных каналов при конструкции пресс-формы без чиллент составляет $18,75 \text{ мм}^2$, с применением чиллент – $53,66 \text{ мм}^2$. Использование чиллент позволяет получить суммарную площадь поперечного сечения вентиляционных каналов на 35% больше, чем при классическом исполнении, что оказывает положительное влияние на ее пропускную способность и повышение эффективности вывода газов.

При разработке технологии литья и создании экспериментальной оснастки проведено моделирование процесса заполнения полости экспериментальной пресс-формы сплавом в системе компьютерного моделирования литейных процессов «ПолигонСофт». Установлено, что в утолщенных местах, на двух бобышках, возможно образование усадочной пористости (рис. 8). Это обусловлено конфигурацией самой отливки, так как имеются резкие переходы от тонкого сечения стенки отливки к толстым. Кроме того, бобышки расположены удаленно от питателей, что не позволяет в полной мере создать условия для передачи усилия подпрессовки к этим массивам. Адекватность модели подтверждается реальной отливкой (рис. 9). Однако реальная усадочная пористость небольшая и находится вне припуска под механическую обработку, профиль после нарезки резьбы в бобышках получается полным. Это не отражается на качестве отливки в целом.

В результате внедрения в производство экспериментальной пресс-формы снижен процент брака по газовым дефектам за счет совершенствования литниковой и вентиляционной системы, а также системы термостатирования и охлаждения оснастки с 4,6 до 0,5%. Это позволяет расширить примененные технологические приемы на создание тяжелой оснастки для получения и других отливок ответственного назначения повышенной сложности, испытываемых на герметичность.

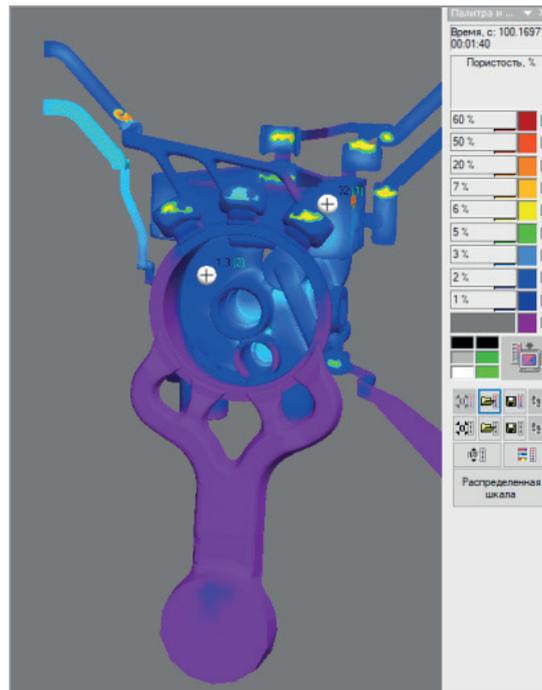


Рис. 8. Распределение пористости в отливке после охлаждения

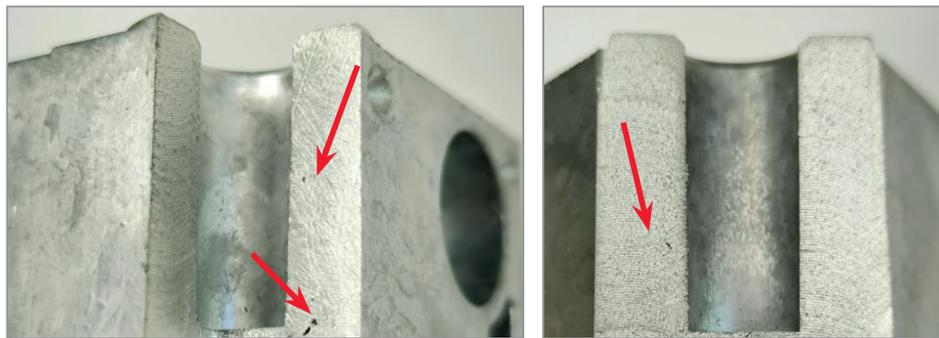


Рис. 9. Местные разрезы отливки

ЛИТЕРАТУРА

1. **Михальцов, А.М.** Технология литейной формы: учеб.-метод. пособие / А.М. Михальцов.– Минск: БНТУ, 2011.– 109 с.
2. **Сенопальников, В.М.** Технология специальных видов литья: учеб. пособие / В.М. Сенопальников, В.Л. Сивков, М.А. Гейко.– Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014.– 155 с.
3. **Скворцов, В.А.** Конструирование и расчет деталей пресс-форм литья под давлением: учеб.-метод. пособие / В.А. Скворцов, Ю.А. Николайчик.– Минск: БНТУ, 2019.– 50 с.
4. **Волочко, А.Т.** Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий / А.Т. Волочко, М.А. Садох.– Минск: Беларуская навука, 2011.– 387 с.

REFERENCES

1. **Mikhailtsov A.M.** *Tekhnologiya litejnoj formy: ucheb.-metod. posobie* [Foundry mold technology: educational manual]. Minsk, BNTU Publ., 2011, 109 p.
2. **Senopalnikov V.M., Sivkov V.L., Geiko M.A.** *Tekhnologiya special'nyh vidov lit'ya: ucheb. posobie* [Technology of special types of casting: textbook manual]. Nizhnyj Novgorod, NNSTU named after R. E. Alekseev Publ., 2014, 155 p.
3. **Skvortsov V.A., Nikolaychik Yu.A.** *Konstruirovaniye i raschet detalej press-form lit'ya pod davleniem: ucheb.-metod. posobie* [Design and calculation of parts of injection molds: educational manual]. Minsk, BNTU Publ., 2019, 50 p.
4. **Volochko A.T., Sadoha M.A.** *Alyuminij: tekhnologii i oborudovaniye dlya polucheniya lityh izdelij* [Aluminum: technologies and equipment for producing cast products]. Minsk, Belaruskaya navuka, 2011, 387 p.