



УДК 621.74.043.2
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-34-37

Поступила 16.12.2018
Received 16.12.2018

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРЕСС-ФОРМ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

*А. М. МИХАЛЬЦОВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: mikhaltsov@tut.by,
А. А. ПИВОВАРЧИК, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, ул. Ожешко, 22. E-mail: piwchik21@tut.by*

Описаны факторы, оказывающие влияние на газосодержание в отливках при литье под давлением. Рассмотрена возможность удаления воздуха и газов из полости пресс-формы через вентиляционные каналы в процессе ее заполнения жидким металлом. Показано, что использовавшееся ранее допущение об истечении газов из пресс-формы как через отверстие в тонкой стенке не корректно. Выполненные расчеты, учитывающие фактор трения в узких вентиляционных каналах, показали, что необходимая площадь поперечного сечения вентиляционных каналов возрастает в 4–6 раз при их глубине, равной 0,12 мм. Если полученное значение площади поперечного сечения вентиляционных каналов не представляется возможным реализовать при заданной его глубине, для решения проблемы предлагается использовать сопутствующее процессу заливки жидкого металла вакуумирование.

Ключевые слова. *Литье под давлением, пресс-форма, жидкий металл, вентиляционные каналы, скорость прессования, отливка.*

Для цитирования. *Михальцов, А. М. Вентиляция пресс-форм при литье под давлением / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик // Литье и металлургия. 2019. № 1. С. 34–37. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-34-37.*

VENTILATION OF MOLDS FOR DIE CASTING

*A. M. MIKHALTSOV, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
E-mail: mikhaltsov@tut.by,
A. A. PIVOVARCHYK, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus, 22, Ozheshko str.
E-mail: piwchik21@tut.by*

This paper describes the factors that affect gas content in castings during pressure molding. The possibility of removing air and gases from the cavity of the mold through the ventilation channels in the process of filling it with liquid metal is considered. It is shown that the previously used assumption about the outflow of gases from the mold as through a hole in a thin wall is not correct. The calculations, taking into account the friction factor in narrow ventilation ducts, showed that the required cross-sectional area of the ventilation ducts increases 4–6 times with a depth of 0,12 mm. If the obtained value of the cross-sectional area of the ventilation ducts is not possible to realize, at a given depth, it is proposed to use an accompanying vacuum to solve the problem.

Keywords. *Die casting, mold, liquid metal, ventilation ducts, pressing speed, casting.*

For citation. *Mikhaltsov A. M., Pivovarchik A. A. Ventilation of molds for casting. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 1, pp. 34–37. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-34-37.*

Введение

Основными факторами, оказывающими влияние на газосодержание и пористость в отливках при литье под давлением, являются воздух и газы камеры прессования, литниковой системы и полости формы. Для их удаления используют вентиляционные каналы, площадь которых рассчитывают или устанавливают по известным методикам [1, 2]. При литье под давлением на машинах с холодной горизонтальной камерой прессования наряду с газами полости формы заметное влияние на газосодержание и пористость отливок оказывают газы свободного объема камеры прессования, а также газы, образующиеся при деформации смазки [3–5]. Однако, если заполнение камеры прессования производится без захвата газов, что достигается регулированием скорости первой фазы прессования и уменьшением длины второй фазы прессования, расчет площади вентиляционных каналов можно выполнять, учитывая только газы поло-

сти формы и литниковой системы. При этом в соответствии с допущениями, принятыми А. И. Вейником [1], процесс течения газов через вентиляционный канал рассматривается как адиабатный (теплообмен между газом и стенками вентиляционного канала отсутствует). Данное допущение обусловлено кратковременностью процесса и является вполне приемлемым.

Тогда секундный расход газа через вентиляционный канал рассчитывают по формуле:

$$G_{\text{сек}} = f u \rho, \text{ с}, \quad (1)$$

где f – площадь сечения вентиляционных каналов, м^2 ; u – скорость течения газа, м/с ; ρ – плотность газа в момент удаления из полости формы, кг/м^3 .

Количество газа, содержащееся в полости формы перед заполнением ее металлом, определяем по формуле:

$$G_0 = G_{\text{сек}} \tau, \text{ кг}, \quad (2)$$

где τ – время истечения газов из полости формы через вентиляционные каналы, с.

Согласно рекомендациям [1], при выборе времени истечения газа первоначально следует рассчитать ведущий процесс – процесс заполнения пресс-формы металлом. Полученное в результате расчета значение времени заполнения принимается за исходное при расчете вентиляции пресс-форм. При этом время заполнения пресс-формы металлом определяется или подбирается исходя из средней толщины стенки отливки и состава сплава [2].

Площадь вентиляционных каналов, необходимую для удаления количества газа, можно найти, используя равенства (1) и (2):

$$f = \frac{G_0}{u \rho \tau}, \text{ м}^2. \quad (3)$$

Масса газа определяется из следующего выражения:

$$G_0 = V_0 \rho_0 \tau, \text{ кг}, \quad (4)$$

где V_0 – объем полости формы и литников, м^3 ; ρ_0 – плотность газа в полости формы перед заполнением ее металлом, кг/м^3 .

Исходя из уравнения состояния газов:

$$\rho = \frac{P}{RT}, \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

Тогда формула (3) для расчета площади вентиляционных каналов при литье под давлением с учетом выражений (4) и (5) приобретает вид:

$$f = \frac{V}{u \tau} \frac{P_0}{P_1} \frac{T_1}{T_0}, \text{ м}^2, \quad (6)$$

где P_0 и T_0 – соответственно давление и температура газа в полости формы перед началом заполнения ее металлом; P_1 и T_1 – соответственно давление и температура газа в полости формы при заполнении ее металлом.

При расчете площади сечения вентиляционных каналов по формуле (6) задаются допустимым противодавлением газов в полости формы, исходя из условий ее заполнения металлом и требований, предъявляемых к отливке. Определенные трудности при использовании указанной формулы могут возникнуть при расчете скорости движения газов.

Целью настоящей работы является уточнение математической модели для расчета величины поперечного сечения вентиляционных каналов при литье под давлением.

Результаты исследований и их обсуждение

По методике, приведенной автором [6], были рассчитаны скорости движения воздуха в вентиляционных каналах глубиной 0,12 и 0,2 мм при длине 50 мм для различных условий заполнения пресс-формы алюминиевым сплавом в зависимости от давления. Результаты расчетов представлены на рис. 1, 2. Кривая для температуры воздуха 473 К соответствует заполнению полости пресс-формы алюминиевым сплавом по принципу минимального трения. При заполнении полости формы по принципу минимального трения температура воздуха принята равной 873 К.

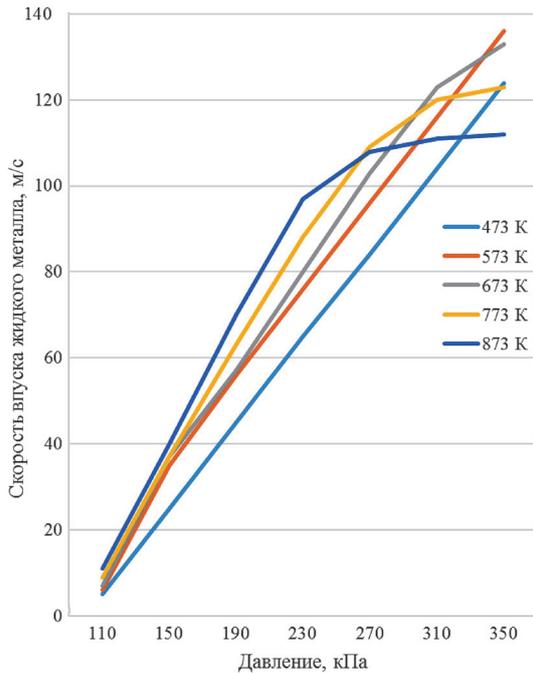


Рис. 1. Влияние давления на скорость движения воздуха при литье под давлением алюминиевых сплавов в каналах глубиной 0,12 мм

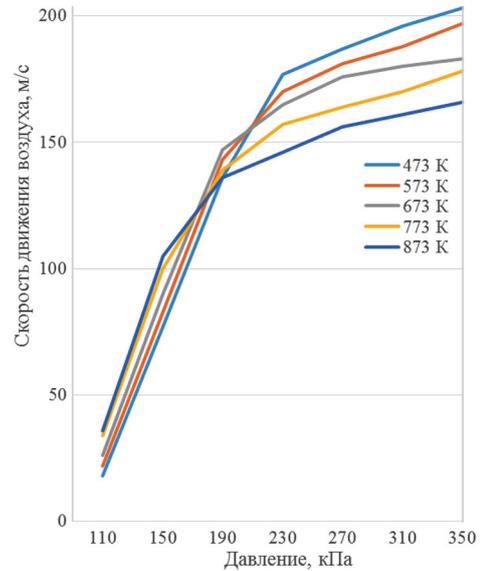


Рис. 2. Влияние давления на скорость движения воздуха при литье под давлением алюминиевых сплавов в каналах глубиной 0,2 мм

Для определения скорости движения воздуха в вентиляционном канале из точки с принятым значением противодействия, расположенной на оси X , восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с соответствующей кривой, рассчитанной с учетом температуры воздуха при данных условиях заполнения полости пресс-формы. Из точки пересечения проводим прямую, перпендикулярную оси Y . Точка пересечения данной прямой с осью Y и даст искомое значение скорости движения воздуха в вентиляционном канале (рис. 1, 2).

Также необходимо отметить, что при заполнении полости формы по принципу минимального трения $T_1 \approx T_0$ математическая модель (6) упрощается и имеет вид:

$$f = \frac{V P_0}{\mu \tau P_1}, \text{ м}^2. \quad (7)$$

В работе выполнен и представлен расчет площади поперечного сечения вентиляционных каналов для случая изготовления экспериментальной отливки из алюминиевого сплава «Пластина» толщиной 4 мм и объемом $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$. Время заполнения полости формы при скорости прессования 1 м/с составляло 0,01 с, а при скорости прессования 0,3 м/с – 0,033 с. В расчете принято условие, что при скорости прессования 0,3 м/с, соответствующей скорости впуска жидкого металла в полость пресс-формы, равной 10 м/с, заполнение формы осуществляется сплошным турбулентным потоком (принцип минимального трения). Допустимое противодействие газов в полости пресс-формы при этом принимали равным 172 кПа. При скорости прессования 1 м/с заполнение полости формы будет происходить по принципу максимального трения. В этом случае противодействие газов в полости пресс-формы принимали равным 202 кПа.

Результаты расчета площади поперечного сечения вентиляционных каналов, выполненные по формулам, представленным в работе [1], а также по предлагаемым формулам в настоящей работе приведены в таблице.

Влияние давления и температуры газа на площадь вентиляционных каналов пресс-форм литья под давлением

Давление, кПа	Температура, К	Площадь вентиляционных каналов $f \cdot 10^{-6}$, м ² , при соответствующей глубине		
		по формулам, указанным в работе [1]	по предлагаемым математическим моделям	
			$H = 0,12 \text{ мм}$	$H = 0,2 \text{ мм}$
172	473	1,43	6,5	2,85
202	873	5,30	34,8	11,9

Как следует из результатов расчетов, площадь поперечного сечения вентиляционных каналов глубиной 0,12 мм, полученная при использовании предлагаемых формул, в 4–6 раз превышает площадь поперечного сечения вентиляционных каналов, вычисленную для тех же условий по формулам, указанным в работе [1]. При увеличении глубины канала до 0,2 мм площадь его поперечного сечения, необходимая для удаления $2 \cdot 10^{-5}$ м³ воздуха, уменьшается по сравнению с глубиной канала 0,12 мм в 2–3 раза. Но при этом площадь поперечного сечения вентиляционного канала примерно в 2 раза превышает площадь поперечного сечения вентиляционного канала, определенную по формулам работы [1].

В случае, когда ширина вентиляционных каналов, определенная по предложенной методике, окажется больше половины длины периметра отливки в плоскости разреза, необходимо принимать специальные меры по снижению противодавления газов в полости формы за счет увеличения глубины и уменьшения длины вентиляционных каналов, либо применять сопутствующее вакуумирование [7] или иные способы.

Выводы

Представленная в работе методика позволяет более корректно рассчитывать необходимую площадь вентиляционных каналов для удаления воздуха и газов из полости пресс-формы при запрессовке ее металлом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейник А. И. Теория особых видов литья. М.: Машгиз, 1958. 300 с.
2. Михальцов А. М. Технология литейной формы: учеб. пособ. / А. М. Михальцов. Минск: БНТУ, 2011. 109 с.
3. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Суббота А. А. Газотворность разделительных покрытий для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением // *Литье и металлургия*. 2010. № 4. С. 85–89.
4. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А. Эрозионная стойкость смазок при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов методом литья под давлением // *Литье и металлургия*. 2008. № 2. С. 47–51.
5. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А. Исследование адгезионной способности смазок на основе кремнийорганических полимеров для литья под давлением алюминиевых сплавов // *Литейщик России*. 2007. № 7. С. 11–13.
6. Михальцов А. М. Исследование и разработка способов снижения газосодержания и пористости отливок из алюминиевых сплавов при литье под давлением: дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1985. 209.
7. Устройство для вакуумирования пресс-форм литья под давлением: а. с. 1574356 СССР, МКИ5 А 1 В 22 D 17/14 / В. А. Бахмат, А. М. Михальцов, В. А. Алешко, Г. В. Довнар, С. В. Киселев; Белорус. политехн. ин-т. № 4350717; заявл. 29.12.87; опубл. 30.06.90 // *Открытия. Изобрет.* 1990. № 24. С. 31.

REFERENCES

1. Vejnik A. I. *Teorija osobyh vidov lit'ja* [Special Casting Theory]. Moscow, Mashgiz Publ, 1958, 300 p.
2. Mikhaltsov A. M. *Tehnologija litejnoj formy: uchebn. posobie* [Mold technology: textbook. allowance]. Minsk, BNTU Publ., 2011. 109 p.
3. Mihaltsov A. M., Pivovarchyk A. A., Subbota A. A. Gazotvornost' razdelitel'nyh pokrytij dlja press-form lit'ja aljuminievyh splavov pod davleniem [Gas-creation of separating coverings for molds for diecasting of aluminum alloys]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2010, no. 4, pp. 85–89.
4. Mihaltsov A. M., Pivovarchyk A. A. Jerozionnaja stojkost' smazok pri izgotovlenii otlivok iz aljuminievyh splavov metodom lit'ja pod davleniem [Erosion resistance of lubrications at production of castings of aluminum alloys by means casting under pressure]. *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2008, no. 2, pp. 47–51.
5. Mihaltsov A. M., Pivovarchyk A. A. Issledovanie adgezionnoj sposobnosti smazok na osnove kremnijorganicheskih polimerov dlja lit'ja pod davleniem aljuminievyh splavov [Investigation of the adhesiveness of lubricants based on organosilicon polymers for die casting of aluminum alloys]. *Litejshhik Rossii = Rossian Foundryman*, 2007, no. 7, pp. 11–13.
6. Mikhaltsov A. M. *Issledovanie i razrabotka sposobov snizhenija gazosoderzhaniya i poristosti otlivok iz aljuminievyh splavov pri lit'e pod davleniem*. Diss. kand. tehn. nauk [Research and development of methods for reducing gas content and porosity of aluminum alloy castings during injection molding. Cand. of tech. sci. diss.]. Minsk, 1985. 209 p.
7. Bahmat V. A. e. a. *Ustrojstvo dlja vakuumirovanija press-form lit'ja pod davleniem* [Device for vacuum mold injection molding]. Patent USSR no. 1574356.