

Технологические параметры процесса литья под давлением

Гавариев Р.В.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ» г.Набережные Челны, Россия

Аннотация: В статье рассмотрен процесс оптимизации процесса литья под давлением различных цветных сплавов. Рассмотрены основные технологические факторы, определяющие уровень качества получаемых изделий, а также ресурс технологической оснастки. Выявлены моменты, позволяющие оптимизировать существующие распространенные технологии изготовления литых изделий. Осуществление повышение качества отливок, полученных методом литья под давлением возможно за счет оптимизации технологических факторов. Кроме этого возможно повышение эксплуатационного ресурса технологической оснастки, а именно пресс-форм для литья под давлением

Ключевые слова: литье под давлением, технологический процесс, пресс-форма, отливка.

Для составление оптимального технологического процесса для изготовления изделий методом литья под давлением, необходимо рассмотрение его основных параметров.

К основным технологическим параметрам литья под давлением относятся [1]:

- положение прессующего поршня S , м;
- скорости первой v_1 и второй v_2 фаз прессования, м/с;
- время нарастания давления подпрессовки $t_{под}$, с;
- давление подпрессовки $p_{под}$, МПа;
- усилие запирания пресс-формы $P_з$, кН;
- время выдержки отливки в пресс-форме $t_в$, с;
- температура пресс-формы на расстоянии 20 мм от формообразующей поверхности (температурный фон пресс-формы) T_{20} , °С;
- температура расплава в печи T_m , °С.

К вспомогательным технологическим параметрам относятся:

- давление рабочей жидкости в поршневой p_n и штоковой $p_{ш}$ полостях цилиндра прессования, МПа;
- давление расплава в пресс-форме $p_ф$, МПа;
- усилие прессования $P_{пр}$, кН;
- усилие выталкивания отливки P_0 , кН;
- длительность первой фазы прессования t_1 , с;
- длительность второй фазы прессования t_2 , с;
- длительность третьей фазы прессования t_3 , с;
- длительность цикла $t_ц$, с;

- время заполнения пресс-формы металлом $t_{зан}$, с;
- температура формообразующей поверхности пресс-формы (температура пресс-формы) T_{ϕ} , °С

На рис.1 изображена схема процесса литья под давлением и последующей обработки отливок.

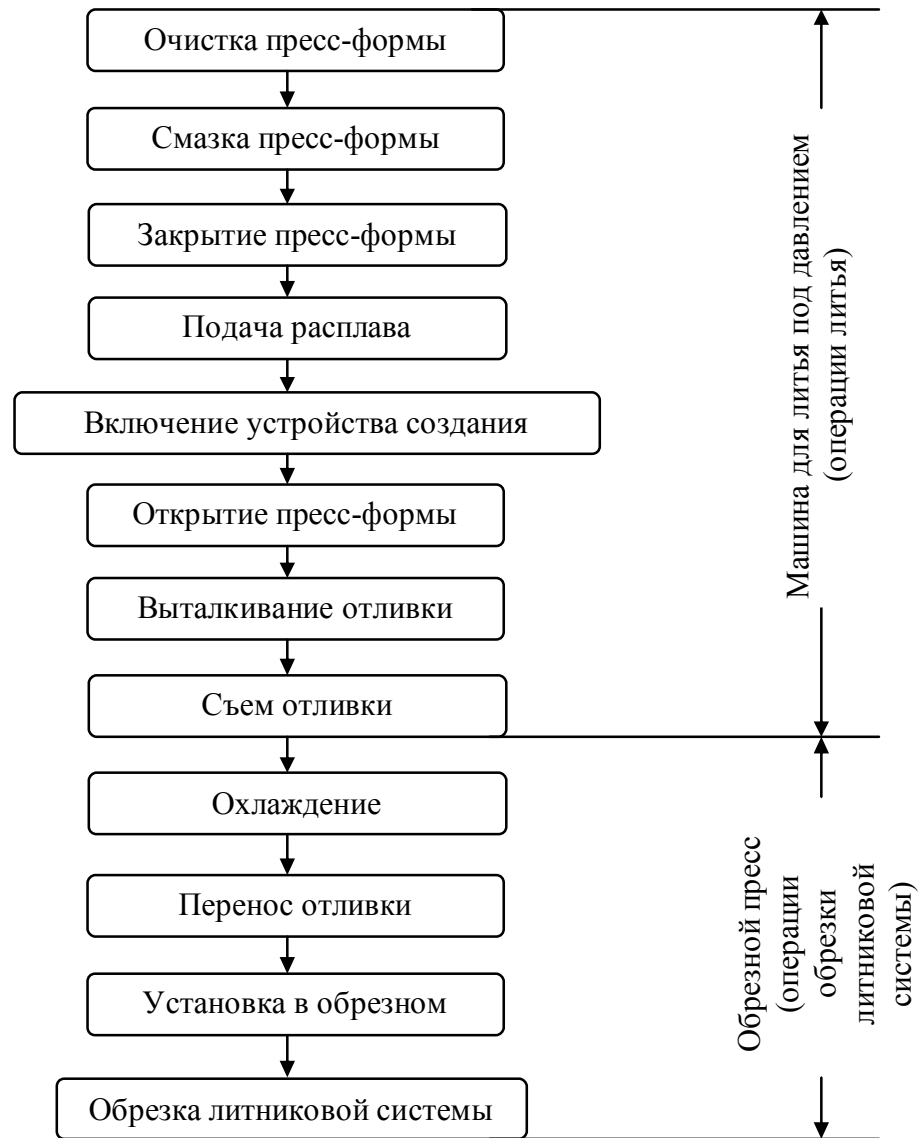


Рисунок 1– Схема процесса литья под давлением и последующей обработки отливок.

Методы контроля технологических параметров:

1) Контроль параметров процесса непрерывным методом.

Процесс изготовления детали литьем под давлением состоит из нескольких фаз прессования в зависимости от типа машины, конструкции механизма прессования и требований технологии.

Длительность фаз прессования определяют следующим образом:

первой фазы t_1 - от начала движения прессующего поршня до момента изменения скорости прессования, вызванного включением привода следующей фазы прессования;

второй фазы t_2 - от момента окончания первой фазы до момента окончания заполнения пресс-формы расплавом;

третьей фазы t_3 - от момента окончания заполнения пресс-формы расплавом до окончания кристаллизации расплава в питателе и полной остановки прессующего поршня.

Время заполнения пресс-формы расплавом $t_{зан}$ определяют от начала входа расплава в питатель до окончания заполнения пресс-формы расплавом [2].

Расчетное время заполнения пресс-формы расплавом $t_{зан}$, с, вычисляют по формуле:

$$t_{зан} = \frac{V}{F_{кп} * v_2}, \quad (1.1)$$

где V - объем отливки с промывниками, м³;

$F_{кп}$ - площадь поперечного сечения камеры прессования, м²;

$$F_{кп} = \frac{\pi * d_{кп}^2}{4}, \quad (1.2)$$

где $d_{кп}$ - диаметр камеры прессования, м;

v_2 - средняя скорость второй фазы прессования, м/с.

Время нарастания давления подпрессовки $t_{нод}$ следует считать от момента окончания заполнения пресс-формы расплавом до момента создания давления подпрессовки, определяемого пересечением кривой давления в поршневой полости цилиндра прессования с прямой, проведенной на уровне 95% от установившегося давления в этой полости.

Давление подпрессовки $p_{нод}$ следует определять как установившееся давление расплава в пресс-форме или как установившееся давление в поршневой полости цилиндра прессования после окончания в ней переходного процесса.

Скорости первой v_1 , и второй v_2 фаз прессования следует определять как средние скорости прохождения прессующим поршнем баз определенной длины $S_{1Б}$ и $S_{2Б}$. Длину базы, в зависимости от типа машины, выбирают из ряда 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; 0,16 м.

При определении скоростей v_1 и v_2 по кривой перемещения прессующего поршня S центр баз $S_{1Б}$ и $S_{2Б}$ располагают в середине хода поршня в соответствующей фазе прессования. Скорости v_1 и v_2 , м/с, определяют по формулам:

$$v_1 = \frac{S_{1Б}}{t_{1Б}}, \quad (1.3)$$

$$v_2 = \frac{S_{2Б}}{t_{2Б}}, \quad (1.4)$$

где $t_{1Б}$ - время прохождения прессующим поршнем соответствующей базы.

При записи на осциллограмме только кривой скорости v , без кривой S , за скорости первой и второй фаз прессования следует принимать средние значения скоростей на временных отрезках $t_{1Б}$ и $t_{2Б}$, расположенных в центрах соответствующих зон прессования, при этом $t_{1Б} = 1/3 t_1$, а $t_{2Б} = 1/3 t_2$.

Для первой и второй фаз прессования давление рабочей жидкости в поршневой $p_{нод}$ и в штоковой $p_{ш}$ полостях цилиндра прессования и давление расплава в пресс-форме $p_{ф}$ определяют как среднее на участках $S_{1Б}$ и $S_{2Б}$ или на временных отрезках $t_{1Б}$ и $t_{2Б}$ соответственно. К принятому обозначению давления добавляют индекс, указывающий на соответствующую зону прессования. Например: $p_{н1}$ — давление в поршневой полости цилиндра прессования в первой фазе; $p_{ш2}$ — давление в штоковой полости во второй фазе.

Давление расплава в пресс-форме $p_{ф}$ в третьей фазе прессования следует определять после окончания переходного процесса в поршневой полости цилиндра прессования [3].

Расчетное давление расплава в пресс-форме $p_{ф3}$, МПа, рассчитывают по формуле:

$$p_{ф3} = \frac{D^2}{d_{кп}^2} p_{доп}, \quad (1.5)$$

где D — диаметр поршня цилиндра прессования, м.

Усилие запирания пресс-формы P_3 , кН, определяют как сумму растягивающих усилий P_i , приходящихся на каждую колонну машины:

$$P_3 = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (1.6)$$

Усилия P_i необходимо определять по показаниям датчиков, установленных на каждой колонне.

За усилие запирания в данном цикле работы машины следует принимать усилие, определенное после полного запирания пресс-формы и до начала прессования.

Расчетное усилие прессования $P_{ур}$, кН, в различных фазах следует определять по следующим формулам:

$$P_{урi} = \frac{\pi * 10^3}{4} D^2 * p_{ni} - \frac{\pi * 10^3}{4} (D^2 - d^2) p_{шi}, \quad (1.7)$$

фаза подпрессовки

$$P_{урз} = \frac{\pi * 10^3}{4} D^2 * p_{нод}, \quad (1.8)$$

где d — диаметр штока цилиндра прессования, м;

$p_{ni}, p_{шi}$ — давление в соответствующей фазе прессования, МПа;

i — номер (индекс) фазы прессования.

Расчетное усилие выталкивания отливки P_0 , кН, вычисляют по формуле:

$$P_0 = \frac{\pi * 10^3}{4} D_B^2 * P_{вmax}. \quad (1.9)$$

где D_B — диаметр поршня цилиндра выталкивания, м;

$P_{вmax}$ — максимальное давление в поршневой полости цилиндра в момент начала выталкивания (выхода) отливки из пресс-формы, МПа.

Температуру пресс-формы T_{ϕ} измеряют термопреобразователем с металлической термопарой (датчиком температуры), рабочий конец которой закреплен (приварен, припаян) на расстоянии не более 2,0 мм от формообразующей поверхности пресс-формы [4].

Температуру пресс-формы в начале цикла необходимо измерять от момента подачи команды «Запирание» до начала прессования.

Температурный фон пресс-формы T_{20} измеряют термопреобразователем с металлической термопарой, рабочий конец которой закреплен (приварен, припаян) на расстоянии 20 мм от формообразующей поверхности пресс-формы.

Температурный фон пресс-формы в начале цикла следует измерять от момента подачи команды «Запирание» до начала прессования.

Температуру расплава в печи T_m измеряют термопреобразователем по ГОСТ 6616-74, опущенным в тигель с расплавленным металлом, в комплекте с потенциометрами классов точности от 0,2 до 1,0 по ГОСТ 7164-78.

Температуру расплава в печи T_m в начале цикла следует измерять от момента подачи команды «Запирание» до начала прессования.

2) Контроль параметров процесса дискретным методом

При дискретном методе контроля параметров регистрирующее устройство должно зафиксировать в каждом цикле работы машины величину параметра в заданной точке или заданном интервале внутри цикла.

Длительность фаз прессования и время заполнения пресс-формы при дискретном методе контроля параметров не определяют.

Время нарастания давления подпрессовки t_{nod} следует определять как время, за которое давление в поршневой полости цилиндра прессования возрастает от заданного минимального p_n^{min} до заданного максимального p_n^{max} давления [5].

Давление p_n^{min} следует устанавливать в пределах $p_a > p_n^{min} > 0,75 p_a$, а давление p_n^{max} в пределах $p_n^{max} = 0,95 p_{nod}$, где p_a – давление в аккумуляторе машины, МПа.

Давление подпрессовки p_{nod} следует определять после окончания переходного процесса в поршневой полости цилиндра прессования, но не позднее трех секунд после остановки прессующего поршня (после заполнения пресс-формы расплавом).

За скорости первой v_1 и второй v_2 фаз прессования принимают среднюю скорость прессующего поршня на базе определенной длины $S_{1Б}$ и $S_{2Б}$ или на временных отрезках определенной длительности и соответственно.

Допускается определять скорости первой и второй фаз прессования как мгновенные скорости прессующего поршня в точках, расположенных в центрах соответствующих фаз прессования. Положение центра фаз прессования допускается определять как по величине хода прессующего поршня, так и по времени прохождения им соответствующей фазы прессования.

Давление рабочей жидкости в поршневой p_n и штоковой $p_{ш}$ полостях цилиндра прессования и давление расплава в пресс-форме p_{ϕ} следует

определять в соответствии с требованиями указанные выше. Допускается определять $p_n, p_{ш}, p_f$ в центрах соответствующих фаз прессования.

Усилие запираания пресс-формы определяют в соответствии с требованиями указанные выше в промежуток времени от окончания полного закрытия пресс-формы и до начала прессования.

Усилие прессования P_{np} в различных фазах и усилие выталкивания отливки P_0 следует определять в соответствии с требованиями указанные выше.

Температуры T_f, T_{20}, T_m , измеряют термопреобразователями в соответствии с требованиями указанные выше. Для каждого цикла их необходимо регистрировать между подачами команд «Запираание» и «Прессование».

Время выдержки отливки в пресс-форме t_e следует определять как время от момента подачи команды «Прессование» до момента подачи команды «Раскрытие пресс-формы».

Длительность цикла $t_{ц}$ равна времени между командами «Запираание» соседних циклов.

3) Методика оценки стабильности параметров

Стабильность (нестабильность) параметра необходимо определять степенью отклонения параметра в процессе работы от его среднего значения.

Оценку стабильности параметра x следует проводить по среднеквадратическому отклонению S_x и интервалу отклонения Δx полученным не менее чем из 5 экспериментов.

Сравнение стабильности одного и того же параметра в различных сериях наблюдений x_i и x_j необходимо проводить по соотношению S_{xi} к S_{xj} или по соотношению A_{xi} к A_{xj} , где A_{xi} - отношение интервала Δx к среднему значению параметра x_i , выраженное в процентах

$$A_{xi} = \frac{\Delta x_i}{x_i} 100\% \quad (1.10)$$

Статистическую обработку последовательности из n наблюдений параметра необходимо проводить при едином доверительном уровне всех оценок критериев и интервалов равном 0,95 по стандартным программам математического обеспечения ЭВМ. [1]

Таким образом, осуществление повышение качества отливок, полученных методом литья под давлением возможно за счет оптимизации технологических факторов. Кроме этого возможно повышение эксплуатационного ресурса технологической оснастки, а именно пресс-форм для литья под давлением.

Библиографический список:

1. ГОСТ 26689-85. Машины для литья под давлением. Методы контроля технологических параметров – М.: Изд-во стандартов, 1985. 16с.
2. Гавариев Р.В., Леушин И.О., Савин И.А. Анализ влияния теплового баланса на показатель эксплуатационной стойкости пресс-форм для литья под давлением //Заготовительные производства в машиностроении. М. 2016. №1. С.7-9

3. Гавариев Р.В., Савин И.А., Леушин И.О. Оптимизация теплового баланса пресс-форм при литье под давлением Zn-сплавов под давлением Zn-сплавов // "Литейное производство" М.2014 № 7. с.26-29

4. Савин И.А., Марков В.В. Нищенков А.В. Плохов С.В. Методика теоретического расчета поверхностного натяжения металлических расплавов на основе физической модели энергетического состояния жидкости // "Справочник. Инженерный журнал" (с приложением) М.-2014. -№ 5. с.48-52

5. Гавариев Р.В., Леушин И.О., Савин И.А. Проблема прогнозирования эксплуатационного ресурса пресс-форм литья под давлением цинковых сплавов и некоторые пути ее разрешения//Справочник. Инженерный журнал с приложением. М. 2013. № 6 с.26-29