

## Регулирование скорости пресс-поршня машин литья под давлением

*Своевременное переключение ступеней скорости дает возможность получить оптимальные характеристики разгона пресс-поршня и за счет этого повысить точность регулирования. Определены параметры, влияющие на оптимальное значение моментов переключения скорости пресс-поршня: масса отливки, ее температура и вязкость. Разработан метод определения оптимальных моментов переключения пресс-поршня по ступеням скорости и структурная схема устройства регулирования скорости пресс-поршня машины литья под давлением (ЛПД).*

**Ключевые слова:** пресс-поршень, камера прессования, скорость, заполнение

**В**ведение. Скорость прессования – один из главных параметров, характеризующих технологический режим литья под давлением (ЛПД). По известной величине скорости прессования на основе полуэмпирических зависимостей можно определить такие параметры процесса, как продолжительность заполнения полости формы и скорости впуска металла в форму.

Оптимальное заполнение металлом пресс-формы обеспечивается его вводом в пресс-камеру с постоянным ускорением и последующей запрессовкой с постоянной скоростью [1]. Путь пресс-поршня можно разбить на несколько характерных участков с соответствующими законами регулирования. Первый участок 0,03...0,10 м определяет движение пресс-поршня до перекрытия заливочного окна. Для предотвращения выплеска металла из окна ускорение на этом участке должно быть небольшим – 0,1...1,0 м/с<sup>2</sup>. После того как пресс-поршень перекроет заливочное окно, начинается второй этап запрессовки, на котором можно быстрее достигнуть заданной величины скорости пресс-поршня с большим ускорением. Скорость запрессовки – от 0,2 до 10,0 м/с, а ускорение – от 1 до 1200 м/с<sup>2</sup>. По достижении скорости пресс-поршня заданного значения начинается третий этап запрессовки, характеризующийся постоянной скоростью поршня.

Традиционно управление скоростью пресс-поршня осуществляется по пройденному пути и его ускорению. При этом моменты переключения режимов движения пресс-поршня, отсчет которых ведется от его конечного положения, определяются пройденным путем [2]. Однако расчетное конечное положение и режим ввода металла изменяются в зависимости от массы и физических свойств (температуры, вязкости) последнего. Некомпенсированное изменение этих параметров приводит к таким дефектам в отливках, как несплитины и газонасыщенность.

**Постановка задачи.** Цель проведения исследований – разработка метода определения оптимальных моментов переключения пресс-поршня по ступеням скорости.

**Результаты исследований.** Как показали исследования [3], фазу высокой скорости прессования необходимо включить до того, как степень заполнения камеры прессования составит 100 %. Если эта фаза начнется при полном заполнении камеры, то при разгоне пресс-поршня в момент перехода с фазы медленной скорости до высокой произойдет преждевременное охлаждение металла в литниковой системе и его частичная кристаллизация. Это уменьшит площадь живого сечения питателя и рабочую скорость прессования. Преждевременное же включение фазы высокой скорости приведет к повышенному газосодержанию в металле. Своевременное переключение ступеней скорости дает возможность получить оптимальные характеристики разгона пресс-поршня и за счет этого повысить точность регулирования.

Управление скоростью пресс-поршня осуществляется по пройденному им эффективному пути  $L$ , м, определяемому по формуле

$$L = (n + \Delta n_1)L^*, \quad (1)$$

где  $n$  – число импульсов, поступающих с датчика хода пресс-поршня;  $\Delta n_1$  – поправка;  $L^*$  – путь, пройденный щелевой линейкой между двумя последовательными импульсами, м.

Поправку в число импульсов  $\Delta n_1$  определяют в зависимости от массы, температуры и вязкости металла по формуле

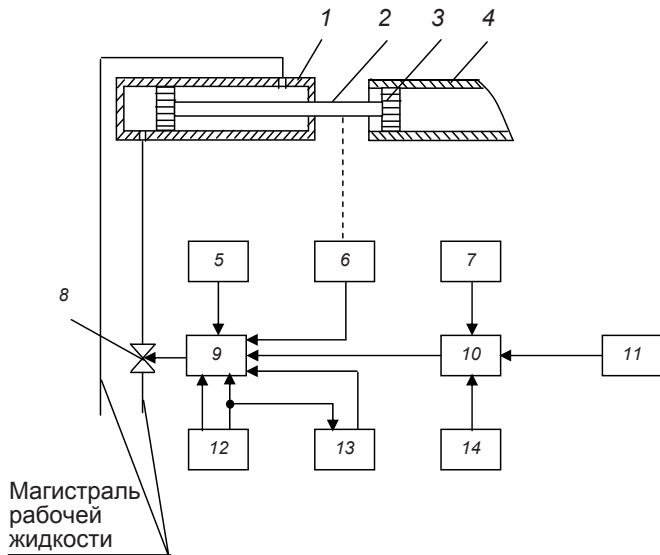
$$\Delta n_1 = [1 + \alpha_1 m/m_n - \alpha_2(t - t_n) + \alpha_3(\vartheta - \vartheta_n)] / L^*, \quad (2)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коэффициенты;  $m, m_n$  – фактическая и нормируемая дозы металла, кг;  $t, t_n$  – фактическая и нормируемая температуры металла, °С;  $\vartheta, \vartheta_n$  – фактическая и нормируемая кинематическая вязкости металла, м<sup>2</sup>/с.

Значения коэффициентов машины ЛПД типа АЛ711Б08 стакана диаметром  $d = 0,09$  м равны:  $\alpha_1 = 0,87$  м,  $\alpha_2 = 0,019$  м/°С,  $\alpha_3 = 0,24 \cdot 10^4$  с/м. Для других значений диаметров стакана  $d^*$  коэффициенты  $\alpha_i^*$  определяют по формуле

$$\alpha_i^* = \alpha_i d^2 / (d^*)^2. \quad (3)$$

Устройство регулирования скорости пресс-поршня (рис. 1) работает следующим образом.



**Рис. 1.** Структурная схема устройства регулирования скорости пресс-поршня машины ЛГД: 1 – гидравлический цилиндр; 2 – шток; 3 – пресс-поршень; 4 – камера прессования; 5 – блок ввода начальных условий, определяемых параметрами отливки; 6 – датчик хода пресс-поршня (выключатель импульсов ДФ-4У1); 7 – тензометрический преобразователь типа ДСТБ-С-060; 8 – золотник; 9 – блок формирования управляющих воздействий; 10 – операционный блок; 11 – термopара ТХА-0515 в графитовом наконечнике; 12 – блок «запуск-остановка»; 13 – таймер; 14 – датчик вязкости металла

При получении инициативного сигнала начала запрессовки с выхода блока 12 (запуск-остановка) производится сброс-запуск таймера 13 и блока формирования управляющего воздействия 9. С блока 9 на пропорциональный золотник 8 (следящий дросселирующий гидрораспределитель С1250 в комплекте с блоком управления БУГ-02-И1) выдается управляющее воздействие, равное начальной уставке  $I_0$ . Золотник 8 открывается, рабочая жидкость поступает в гидравлический цилиндр 1. Шток 2 приводит в движение пресс-поршень 3. Со штоком 2 жестко связана щелевая линейка датчика хода пресс-поршня 6 (выключатель импульсов ДФ-4У1).

Показания датчика 6 непрерывно поступают в блок формирования управляющих воздействий 9, который «опрашивает» таймер 13, операционный блок 10 и вычисляет ход пресс-поршня по формуле (1). Затем производится сравнение пройденного пути пресс-поршнем с уставкой начала разгона  $L_1$  (первого участка пути пресс-поршня, соответствующего прохождению заливочного отверстия камеры прессования 4). При выполнении условия  $L \leq L_1$  – управляющее воздействие  $I_0$ ; при выполнении условия  $L_1 \leq L \leq L_2$  (где  $L_2$  – уставка длины второго участка хода пресс-поршня, м), – управляющее воздействие  $I_1$ , мА, которое вычисляется в зависимости от скорости пресс-поршня

$$I_1 = k_1 v_y - k_2 (v - v_y), \quad (4)$$

где  $k_1, k_2$  – коэффициенты пропорциональности для данных условий равны 0,2 и 0,9 мА·с·м<sup>-1</sup> соответственно;  $v_y, v$  – уставка и текущее значение скорости пресс-поршня, м/с.

Корректировка коэффициентов пропорциональности для других диаметров стакана производится аналогично корректировке коэффициентов  $\alpha_i$  по формуле (3).

Текущую скорость пресс-поршня определяют по формуле

$$v = L^* / \Delta\tau, \quad (5)$$

где  $\Delta\tau = \tau_{(i+1)} - \tau_i$  – промежуток времени между двумя последовательными опросами таймера, с;  $i$  – порядковый номер опроса.

Уставку скорости пресс-поршня рассчитывают по формуле

$$v_y = \sqrt{2a_y(L - L_1) + v_1^2}, \quad (6)$$

где  $a_y$  – уставка ускорения пресс-поршня на втором участке его хода, м/с<sup>2</sup>;  $v_1$  – скорость пресс-поршня на первом участке, м/с.

При выполнении условия  $L > L_2$  управляющее воздействие устанавливается равным максимальному значению  $I_{\text{макс}}$ , мА:

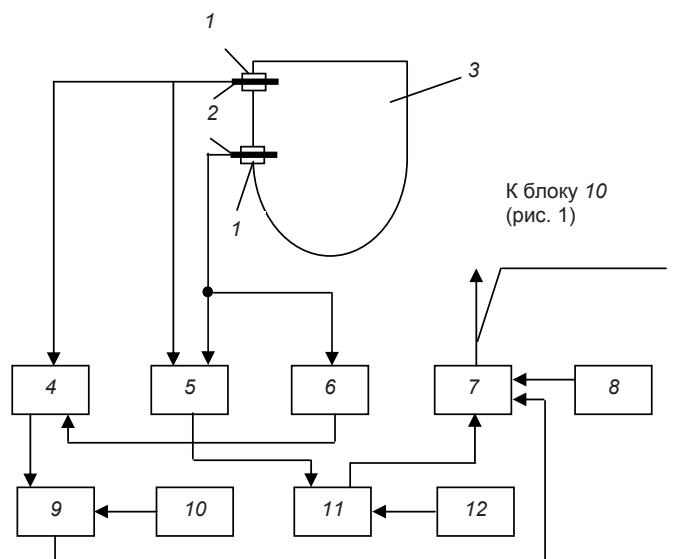
$$I_{\text{макс}} = k_1 v_{\text{макс}}, \quad (7)$$

где  $v_{\text{макс}}$  – уставка максимальной скорости пресс-поршня, м/с.

При поступлении сигнала размыкания плит с выхода блока 12 (запуск-остановка) из блока формирования управляющих воздействий 9 на золотник 8 поступает сигнал  $I = 0$ .

Структурная схема напряжений, пропорциональных температуре металла (от датчика 11 – термopара ТХА-0515 в графитовом наконечнике); массе металла (от датчика 7 – тензометрический преобразователь типа ДСТБ-С-060, смонтированный на заливочном устройстве); вязкости металла (от датчика 14) приведена на рис. 2.

Вязкость металла определяют по скорости его слива из заливочного ковша в заливочную машину. По мере слива заданной массы нарушается контакт между жидким металлом и верхним контактным датчиком 2 (датчики установлены в заливочном ковше 3 через огнеупорные диэлектрические пробки 1). Единичный сигнал от верхнего контактного датчика 2 поступает в узел И4, а нулевой сигнал от нижнего контактного датчика 2, инвертируясь в узле НЕ6,



**Рис. 2.** Структурная схема датчика вязкости: 1 – диэлектрические пробки; 2 – контактные датчики; 3 – заливочный ковш; 4, 5 – операционные узлы «И»; 6 – операционный узел «НЕ»; 7 – интегратор; 8 – токовый задатчик; 9 – ключ, подающий импульс для сброса; 10, 12 – блоки ввода заданных значений; 11 – ключ остановки интегратора

также поступает в узел И4. Единичное напряжение с выхода блока 4 включает ключ 9, подающий импульс для сброса запуска интегратора 7, суммирующего постоянный выходной сигнал с токового задатчика 8. При дальнейшем сливе нарушается контакт между жидким металлом и нижним контактным датчиком 2. На выходе второго узла И5 появляется единичное напряжение, производящее через ключ 11 остановку интегратора 7, выходное напряжение которого пропорционально вязкости металла при сливе заданной массы.

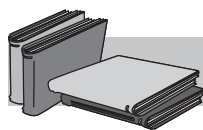
Испытание макета устройства регулирования скорости пресс-поршня машины ЛПД дало возможность осуществить регулирование скорости с более высокой точностью, что снижает возврат отливок на 9 %,

увеличивает выход годного на 0,3 % и производительности – на 7,5 %.

### **Выводы**

При движении пресс-поршня можно выделить три характерных участка: до прохождения заливочного окна; разгона; постоянной скорости. На оптимальное значение моментов переключения скорости пресс-поршня влияют масса отливки, ее температура и вязкость. Учет этих параметров дает возможность существенно повысить технико-экономические показатели процесса ЛПД.

Дальнейшие исследования будут проведены в направлении включения регулятора скорости в общую систему управления машиной ЛПД.



## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Белопухов А. К., Коротков Р. А. Расчет параметров заполнения дисперсно-турбулентным потоком // Автоматизация и прогрессивная технология литья под давлением. – М.: МДНТП, 1984. – С. 95-99.
2. Голод В. М., Савельев К. Д. Теория, компьютерный анализ и моделирование литейных процессов // Литейщик России. – 2011. – № 2. – С. 13-16.
3. Коротченко А. Ю., Коротченко И. А., Зарубин А. М. Моделирование течения расплава в камере прессования при литье под давлением // Там же. – 2008. – № 12. – С. 19-22.

### **Анотація**

*Богусhevський В. С., Антoнeвич Я. К.*  
**Регулювання швидкості прес-поршня машин лиття під тиском**

*Своєчасне перемикання ступенів швидкості дає можливість отримати оптимальні характеристики розгону прес-поршня і за рахунок цього підвищити точність регулювання. Визначено параметри, що впливають на оптимальне значення моментів перемикання швидкості прес-поршня: маса відливки, її температура і в'язкість. Розроблено метод визначення оптимальних моментів перемикання прес-поршня по ступенях швидкості та структурна схема пристрою регулювання швидкості прес-поршня машини лиття під тиском (ЛПТ).*

### **Ключові слова**

*прес-поршень, камера пресування, швидкість, заповнення*

### **Summary**

*Bogyshevsky V. S., Antonevich Ya. K.*  
**Control of press-plunger speed in die-casting machine**

*Timely speed gear changing allows get the best performance acceleration of the press-piston, and thus improve the accuracy of regulation. The parameters which impact on the optimal value of switching times of the press-piston speed are casting weight, the temperature and viscosity. A method for determining the optimal switching time of press-piston speed step and block diagram of the press-piston speed control device on die-casting machine are developed.*

### **Keywords**

*press-plunger, press chamber, speed, filling*

Поступила 27.03.13