

12. Каширцев, Л.П. Литейные машины. Литье в металлические формы: учебное пособие / Л.П. Каширцев. – М. : Машиностроение, 2005. – 368 с.

13. Михальцов, А.М. Разработка вододисперсионных смазок для пресс-форм литья под давлением / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик, В.А. Розум // Литейное производство. – 2006 – № 3. – С. 15–16.

УДК 621.74.043.2+621.7.079

А.М. МИХАЛЬЦОВ, канд. техн. наук,  
А.А. ПИВОВАРЧИК, канд. техн. наук (БНТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРЕСС-ФОРМ ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

**Введение.** Одной из причин высокого газосодержания отливок при литье под давлением является газовыделение покрытий, наносимых на рабочую поверхность пресс-форм перед запрессовкой металла [1–3].

Покрyтия для механизированного нанесения обычно состоят из основы, растворителя (разбавителя), поверхностно-активных веществ и различных специальных присадок. В качестве основы используются масла, жиры, кремнийорганические материалы, графит (преимущественно в виде коллоидных препаратов); реже применяются соли. После нанесения покрытия растворитель испаряется, а на поверхности пресс-формы остается тонкая экранирующая пленка [4].

Газотворность покрытий определяется в основном газотворностью основы разделительного покрытия. Поэтому при выборе основы необходимо учитывать ее влияние не только на усилие извлечения отливки из пресс-формы или стержней из отливки, но и на газовый режим формы, а, следовательно, на пористость в отливках.

Целью данной работы является определение газотворной способности разделительных покрытий для литья алюминиевых сплавов под давлением.

**Методика проведения экспериментов.** Для исследования газотворности разделительных покрытий в БНТУ на кафедре «Металлургия литейных сплавов» была разработана специальная методика, учитывающая изменение объема сильфона при выделении газов из дозы испытуемого покрытия (фиксируемое датчиком перемещения) и основанная на изменении давления в замкнутом объеме при выделении газа из дозы исследуемого разделительного покрытия. Сущность методики заключается в следующем. В стальной тонкостенный колпачок 1 (рисунок 1) помещается доза исследуемого компонента или покрытия. Колпачок с помощью резьбового соединения крепится к тонкостенному наконечнику промежуточной камеры 2. Герметизация камеры по резьбовому соединению достигается с помощью прокладок из отожженной меди. В промежуточной камере, помещенной в электрическую печь сопротивления 3, поддерживается заданная температура. Нагрев камеры предусмотрен для предотвращения конденсации паров покрытия. Быстрый нагрев колпачка с дозой покрытия обеспечивается при его погружении в ванну с расплавленным свинцом. Необходимая температура свинцовой ванны в тигле 4 поддерживается с помощью электрической печи сопротивления 5, включенной в сеть через лабораторный автотрансформатор. Печи 3 и 5 могут перемещаться по вертикальным направляющим 6 (для погружения колпачка 1 в ванну с расплавленным свинцом). Поскольку свинец обладает высокой теплоемкостью, прогрев тонкостенного колпачка до рабочей температуры происходит очень быстро. Длительность прогрева тонкостенного колпачка определяли по специально снятой осциллограмме нарастания температуры на обеих поверхностях его донной части (рисунок 2). Как видно, прогрев колпачка до рабочей температуры происходит в течение первых 2 с.

В реальных условиях литья под давлением разделительное покрытие наносится на разогретую поверхность пресс-формы. При этом разбавитель и некоторая часть покрытия успевают испариться. Поэтому колпачок с дозой покрытия для имитации нанесения на горячую поверхность пресс-формы предварительно выдерживался в печи сопротивления в течение 3 мин при температуре 200 °С.

Часть покрытия или компонента, оставшаяся после предварительной обработки, возгорается и частично окисляется при погружении колпачка в свинцовую ванну и создает в камере 2 (рисунок 1) избыточное давление. Камера с помощью специального переходника 7, обладающего низкой теплопроводностью, сообщается с измерительной полостью датчика давления 8. В работе использован мембранный тензометрический датчик типа ФКМ-20, изготовленный в виде полумостовой схемы с активным сопротивлением каждого плеча около 100 Ом. Давление образовавшихся газов, фиксируемое датчиком, передается на усилитель 9 типа ТА-5. Усиленный сигнал записывается с помощью осциллографа 10. Температура в тигле 4 и промежуточной камере 2 милливольтметрами 11.

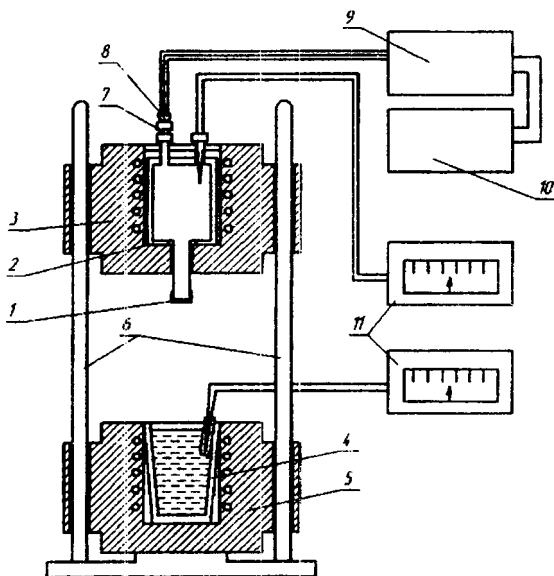


Рисунок 1 – Схема установки для исследования газотворности разделительных покрытий

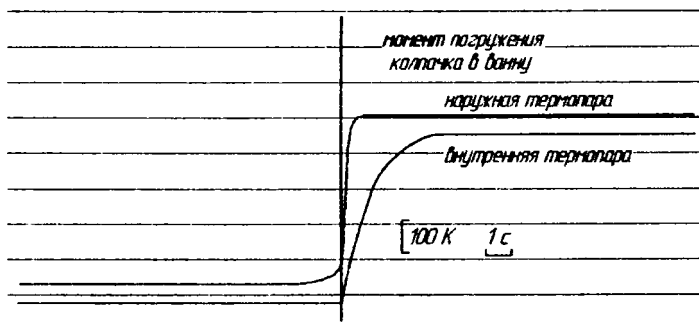


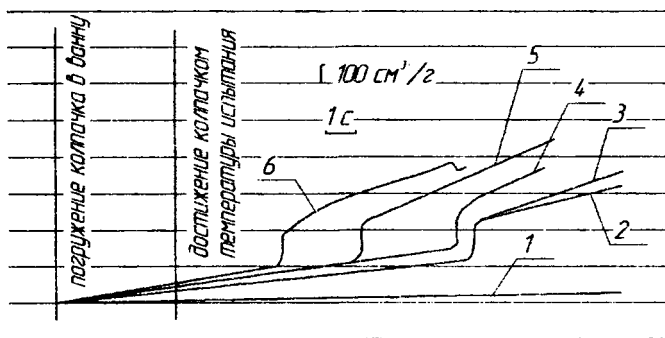
Рисунок 2 – Осциллограмма нарастания температуры на наружной и внутренней поверхностях стального колпачка при погружении его в ванну расплавленного свинца

Объем промежуточной камеры  $V_1$  в начальный момент находится при атмосферном давлении  $P_1$ . Изменение давления в камере на величину  $\Delta P$  за счет выделения газов из дозы покрытия соответствует изменению объема  $\Delta V$ . Следовательно, объем выделившихся газов определяется соотношением:

$$\Delta V = \frac{\Delta P}{P_1} V_1. \quad (1)$$

**Результаты исследования и их обсуждение.** Изучали следующие разделительные покрытия и вещества, которые можно использовать в качестве основы: смазка ЛД, воск, вазелин технический, масло Вапор, полиметилсилоксановая жидкость (ПМС 300), гидрофобизатор ГФК-1. Температура свинцовой ванны и промежуточной камеры при этом составляла  $600^\circ\text{C}$ , что соответствует температуре запрессовываемого алюминиевого сплава.

После погружения колпачка с дозой покрытия в свинцовую ванну давление в промежуточной камере начинает возрастать, что свидетельствует о начале газовыделения (рисунок 3.). К моменту прогрева колпачка до температуры испытания удельное газовыделение при деструкции покрытий имеет следующие значения: ПМС 300 – до  $15\text{ см}^3/\text{г}$ , масло Вапор и гидрофобизатор ГФК-1 –  $74\text{--}80\text{ см}^3/\text{г}$ , воск и вазелин технический –  $90\text{--}95\text{ см}^3/\text{г}$ , смазка ЛД –  $100\text{--}110\text{ см}^3/\text{г}$ .



1 – ПМС 300; 2 – ГФК-1; 3 – масло Вапор; 4 – вазелин технический;  
5 – воск; 6 – смазка ЛД

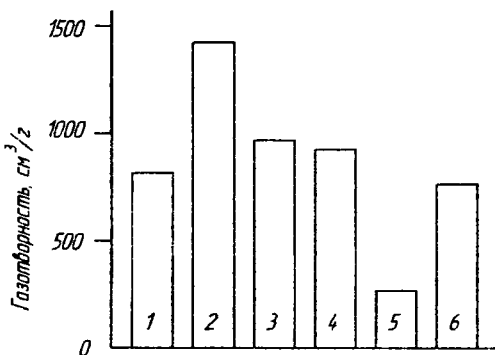
Рисунок 3 – Оциллограмма изменения давления газа в промежуточной камере при термической деструкции различных материалов

После достижения колпачком температуры испытания давление в промежуточной камере продолжает возрастать. При этом на кривых изменения давления (за исключением ПМС 300) через промежуток времени 2–6 с наблюдается резкий подъем. Это свидетельствует, по-видимому, о диссоциации более сложных молекул на простые, происходящей с увеличением объема.

Как видно, наименьшей термической устойчивостью и несколько меньшей газотворностью в рассмотренном интервале времени обладает масло Вапор и гидрофобизатор ГФК-1. Полная газотворность исследуемых материалов определялась при выдержке дозы покрытия в течение 20 с. После указанного интервала времени давление в промежуточной камере обычно изменяется незначительно. Полученные экспериментальные данные приведены на рисунке 4.

По газотворности исследованные разделительные покрытия и предполагаемые компоненты для их приготовления можно условно разделить на три группы. Наиболее высокой газотворностью (1400 см<sup>3</sup>/г) обладает воск. Вторую группу составляют вещества, находящиеся при нормальных условиях в жидком или маслообразном состоянии: смазка ЛД, масло Вапор, вазелин технический и гидрофобизатор ГФК-1. Газотворность их колеблется в пределах

790–970 см<sup>3</sup>/г. Самой низкой газотворностью (300 см<sup>3</sup>/г) из исследованных материалов обладает ПМС 300.



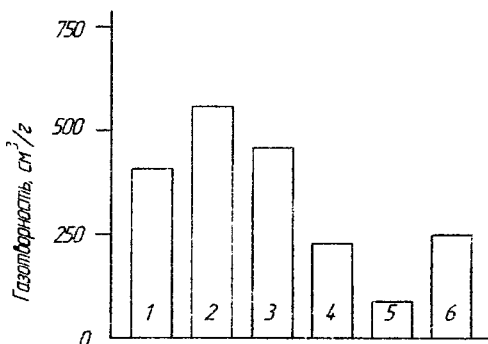
1 – смазка ЛД; 2 – воск; 3 – вазелин технический; 4 – масло Вапор;  
5 – ПМС300; 6 – гидрофобизатор ГФК-1

Рисунок 4 – Газотворность исследуемых материалов при температуре испытания 600 °С

Перечисленные материалы могут применяться также при литье под давлением более легкоплавких сплавов. Поэтому определенный интерес представляет термическая стойкость основы при более низких температурах. Исследования, проведенные при температуре 400 °С, показали, что процесс газовыделения из исследованных материалов протекает слабо. Все материалы, за исключением смазки ЛД, при 400 °С в течение 10 с выделяли менее 20 см<sup>3</sup>/г газов. Из смазки ЛД выделилось за это же время до 100 см<sup>3</sup>/г газов. При повышении температуры до 500 °С процесс газовыделения заметно активизируется. При этом наиболее высокой газотворностью обладают воск, смазка ЛД и вазелин технический (рисунок 5). Заметно ниже газотворность масла Вапор, гидрофобизатора ГФК-1 и ПМС 300.

Заполнение полости формы металлом при литье под давлением осуществляется в течение сотых долей секунды. Поэтому на газовый режим формы оказывает влияние не полное количество газов, которое может выделиться при данной температуре из дозы смазки, а только некоторая часть. Анализ осциллограмм, полученных с по-

мощью разработанной методики при температуре 600 °С, показывает, что к моменту прогрева колпачка до заданной температуры газотворность смазки ЛД, воска, вазелина технического, масла Вапор составляет 75–110 см<sup>3</sup>/г.



1 – смазка ЛД; 2 – воск; 3 – вазелин технический; 4 – масло Вапор;  
5 – ПМС300; 6 – гидрофобизатор ГФК-1

Рисунок 5 – Газотворность смазочных материалов при температуре испытания 500 °С

Степень влияния газотворности разделительного покрытия на газотворный режим процесса предлагается оценивать с помощью критерия  $z$ , представляющего собой отношение объема газов, выделившихся из дозы покрытия к объему полости формы. Объем газов, с учетом газотворности покрытий, который необходимо удалить через вентиляционные каналы при литье по принципу максимального трения, можно определить по формуле:

$$\Delta V = V_{\phi} \left( \frac{T_m}{T_{\phi}} + z \right), \quad (2)$$

где  $V_{\phi}$  – объем полости пресс-формы, м<sup>3</sup>;  $T_m$  – температура металла, заполняющего полость пресс-формы, К;  $T_{\phi}$  – температура пресс-формы, К.

При литье по принципу минимального трения объем удаляемых газов будет равен

$$V = V_{\phi}(1 + z). \quad (3)$$

Значение критерия  $z$  будет зависеть от отношения толщины слоя разделительного покрытия к толщине стенки отливки, а также от газотворности самого покрытия.

Обычно толщина экранирующего слоя покрытия, при использовании автоматизированного и механизированного нанесения, находится в пределах от 1 до 30 мкм. Если толщину разделительного слоя принять равной 5 мкм, а газотворность масляных смазок –  $100 \text{ см}^3/\text{г}$ , то критерий  $z$  при изменении толщины стенки отливки от 2 до 8 мм будет принимать значения соответственно от 0,52 до 0,14 (рисунок 6).

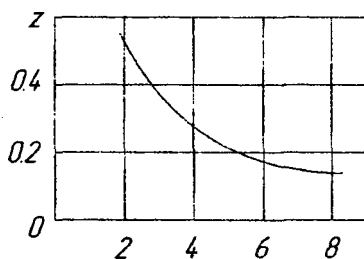


Рисунок 6 – Влияние толщины стенки отливки на величину критерия  $z$

Таким образом, полная газотворность исследованных разделительных покрытий колеблется в широких пределах: от 300 до  $1450 \text{ см}^3/\text{г}$ . В момент достижения температуры испытания их газотворность (за исключением ПМС 300) находится на уровне  $75\text{--}110 \text{ см}^3/\text{г}$ .

### Выводы

1. Кинетика процесса термодеструкции смазывающих материалов, установленная с помощью разработанной методики, показывает, что наибольшей термической устойчивостью обладает ПМС 300.

2. Для уменьшения газотворной способности вновь разрабатываемых разделительных покрытий пресс-форм литья алюминиевых сплавов и уменьшения газовой пористости отливок предпочтение при выборе материалов, используемых для приготовления покрытий, следует отдавать полиметилсилоксановым жидкостям, так как



данные материалы обладают высокими температурами начала термической деструкции, и кратковременно сохраняют свои эксплуатационные свойства при температуре 400–450 °С.

### Литература

1. James, Graff. Pulver-Trennmittel als Trennstoffe für das nache Jartaysend / Graff James, Paul Hibner, Paula Pachllke-Dumont, Thomas Schulte, Holder Schwarz, Michael Woodcock // Giesserei-Erfahrungsaustausch. – 1999. – 43. – № 7. – 361 p.

2. Зеленев, В.Н. Смазка пресс-форм литья под давлением / В.Н. Зеленев, Л.Е. Киселенко. – М.: Машиностроение, 1983. – 144 с.

3. Михальцов, А.М. Разделительные покрытия на основе кремнийорганических полимеров для литья под давлением алюминиевых сплавов / А.М. Михальцов, А.А. Пивоварчик // Metallurgia: Респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск : Бел. наука, 2006. – Вып. 30. – С. 130–139.

4. Пивоварчик, А.А. Разработка разделительных покрытий на основе кремнийорганических материалов для пресс-форм литья под давлением / А.А. Пивоварчик, Л.М. Слепнева, В.А. Розум // Литейщик России. – 2007. – № 1. – С. 36–40.

УДК 621.745.56

Г.А. РУМЯНЦЕВА, канд. техн. наук,  
Л.В. ТРИБУШЕВСКИЙ,  
Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук (БНТУ)

### АНАЛИЗ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЛАВКЕ ОКИСЛЕННЫХ ОТХОДОВ В КОРОТКОПЛАМЕННОЙ РОТОРНОЙ ПЕЧИ

Рост объемов потребления и расширение областей применения алюминия привело к увеличению количества мелкодисперсных и загрязненных отходов с содержанием алюминия от 40 до 85 %, эффективная переработка которых невозможна на традиционном обо-