

УДК 621.746.464

**О. И. Воронова, Т. В. Лысенко, В. В. Ясюков**

Одесский национальный политехнический университет, Одесса

### **ЛЕГКООТДЕЛЯЕМЫЕ ПРИБЫЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК ПРЕСС-ФОРМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

*Разработана технология применения легкоотделяемых прибылей для отливок пресс-форм литья под давлением. Пережим между прибылью и отливкой осуществляется керамической перегородкой. Фигурные керамические перегородки возможно использовать для дополнительного подогрева металла в прибыли за счёт экзотермической смеси. Применение керамических перегородок повышает выход годного на 5-10 % и обеспечивает отделение прибылей от отливок путём отламывания.*

**Ключевые слова:** пресс-форма литья под давлением, легкоотделяемая прибыль, керамическая перегородка.

*Розроблено технологію використання додатків, які легко відділяються, для виливків прес-форм лиття під тиском. Перетиск між надливом і виливком здійснюється керамічною перегородкою. Фігурні керамічні перегородки можливо використовувати для додаткового підігріву металу в надливі за рахунок екзотермічної суміші. Використання керамічних перегородок підвищує вихід придатного на 5-10 % і забезпечує відділення надливів від виливків шляхом відламування.*

**Ключові слова:** прес-форма лиття під тиском, додаток, який легко відділяється, керамічна перегородка.

*Technology of application of the easily separated risers is worked out for founding of injection mold. An fullering between a riser and casting comes true by a ceramic barrier. The figured ceramic barrier it maybe to use for the additional heating of metal in risers due to exothermic mixture. Application of ceramic barrier promotes an yield on 5-10 % and provides isolating of risers from founding by breaking off.*

**Keywords:** easily separated riser, founding of injection mold, ceramic barrier.

#### *Актуальность работы*

**В** практике работы литейных цехов литья под давлением (ЛПД) используется формообразующая оснастка, выполненная механической обработкой проката высоколегированных сталей (хромовольфрамомолибденовых и др.). Стоимость оснастки, изготовленной таким способом, велика; большое количество металла идёт в стружку. Учитывая низкую стойкость вставок пресс-форм, большое количество их, придя в негодность, отправляется в лом.

Оснастка ЛПД работает в сложных условиях циклически изменяющихся

температур и напряжений. Это порождает термическую усталость материалов, проявляющуюся в виде сетки трещин на рабочей поверхности вставки пресс-формы. Природа разрушения материалов от термической усталости заключается не только в истирании, наклепе, появлении дислокаций, но и охрупчивании, приводящем к снижению пластичности и прочности.

В процессе эксплуатации на термостойкость оснастки оказывают влияние многочисленные факторы, среди которых структурные, физико-химические и физико-механические свойства сплавов, фазовый и химический составы, величина зерна и т. п.

При замене механической обработки литьём в керамизированные формы используется переплав лома высоколегированных сталей. Для получения отливок с физико-механическими свойствами, сопоставимыми со свойствами кованных сталей, необходимо проведение различных мероприятий: снижение в расплаве количества неметаллических включений и газов; кристаллизация металла под избыточным давлением; предотвращение окисления и обезуглероживания поверхности отливки при контакте с керамикой; создание направленного затвердевания при кристаллизации. Особое значение приобретает устройство литниково-питающей системы: прибыль должна обеспечить получение отливки без усадочных раковин и пористости. Для высоколегированных сталей отделение прибыли, как технологического элемента, от отливки является трудоёмким процессом. Использование огневого реза неизбежно влечёт за собой трещины вследствие низкой теплопроводности инструментальных сталей.

### *Сущность и методы исследования.*

Для облегчения процесса отделения прибыли от отливки применили легкоотделяемые прибыли. Особенность их конструкции заключается в устройстве пережима (установка пластины или перегородки) между прибылью и отливкой, который играет роль надреза и уменьшает сечение перехода от прибыли к отливке. При этом прибыль работает нормально только в том случае, если пластина прогревается и достигает температуры металла прибыли в период процесса заливки или ещё до затвердевания металла в прибыли. Небольшого отверстия в пластине достаточно для нормального питания отливки жидким металлом, так как питание отливки и при отсутствии перегородки происходит, главным образом, через центральную часть прибыли, где сосредоточен самый горячий, жидкотекучий металл. Таким образом, если пластина прогрета до температуры жидкого металла, прибыли будут работать нормально, независимо от величины отверстия и толщины пластины. Это положение является основной теоретической предпосылкой метода устройства легкоотделяемых прибылей.

Понижение температуры металла прибыли с перегородками весьма незначительно. Например, в легкоотделяемой прибыли, работающей нормально, керамическая пластина толщиной 10 мм, при высоте прибыли 180 мм понизила температуру прибыли с 1500 до 1480 °С. Из этого можно сделать вывод, что при устройстве прибыли с перегородками необходимо выбирать перегородки минимальной толщины, но не в ущерб их прочности.

Изготовление отливок с легкоотделяемыми прибылями имеет свои технологические особенности. Одна из особенностей заключается в необходимости тщательной вентиляции перегородки и формы в месте её установки. Вентиляционные наколы осуществляются в радиальном направлении и должны совпадать с наколами формы. При отсутствии вентиляции в отливке образуются открытые усадочные раковины и газовые дефекты.

Исходя из теории расчёта параметров процесса газовой выделения, температура на поверхности перегородки при заливке жидкого металла достигает своего значения практически мгновенно, в этом слое начинается деструкция связующего. Одновременно с продвижением фронта тепла движется фронт газообразования. При этом одновременно может возникнуть несколько фронтов; фронт газообразования

## Проблемы технологии формы

с низкой температурой образуется быстрее и быстрее движется, и т. д. Таким образом, можно сказать, что в условиях литейной формы любое газотворное вещество характеризуется  $t_n$  – эффективной температурой деструкции и абсолютной газотворной способностью ( $\Gamma$ ). С учётом допущений количество газов, выделившихся из перегородки, будет:

$$Q = \chi_n S \Gamma \quad (1)$$

где  $\chi_n$  – толщина слоя смеси, прогретого до эффективной температуры  $t_n$ ;  $S$  – площадь взаимодействия;  $\Gamma$  – абсолютная газотворная способность.

Величину  $t_n$  слоя смеси толщиной  $\chi_n$  можно определить, используя выражение для температурного поля литейной формы:

$$t_d = (t_n - t_0) \left( 1 - \frac{\chi_d}{\chi_2} \right)^{n_2} + t_0. \quad (2)$$

Величина  $\chi_2$  определяется, где  $t_n$  – температура перегородки на поверхности контакта с металлом;  $t_0$  – начальная температура перегородки;  $\chi_2$  – толщина прогретого слоя смеси;  $n_2$  – показатель степени кривой (параболы), описывающей температурное поле перегородки.

$$\chi_2 = \sqrt{2n_2(n_2 + 1)a_2\tau}, \quad (3)$$

где  $a_2$  – коэффициент температуропроводности стержневой смеси. С учётом выражения (3) формула (2) после преобразования принимает следующий вид

$$\chi_d = \sqrt{2n_2(n_2 + 1)a_2} \left[ 1 - \frac{n_2 \sqrt{t_d - t_0}}{t_n - t_0} \right] \sqrt{\tau} = m_0 \sqrt{\tau}, \quad (4)$$

где  $m_0$  – теплофизический коэффициент, определяющий скорость продвижения вглубь перегородки фронта температуры  $t_n$ ;  $\tau$  – время от начала заливки.

Объём выделившихся газов определяется, используя выражение (1) и (4):

$$Q = \Gamma S m_0 \sqrt{\tau} = A \sqrt{\tau}, \quad (5)$$

где  $A = m_0 \Gamma S = aS$  абсолютный коэффициент газовыделения;  $a = m_0 \Gamma = A / S$  – относительный коэффициент газовыделения, приведённый к единице площади.

Из формулы (5) можно определить скорость газовыделения в форме

$$\omega = \frac{dQ}{d\tau} = \frac{aS}{2\sqrt{\tau}}. \quad (6)$$

Из этого выражения видно, что  $\omega$  в начале процесса велико.

Анализ этих положений показывает, что как объём, так и скорость газовыделения велики, поэтому для получения отливок без газовых раковин необходимо выведение газов как через отливку до начала её кристаллизации, так и через знаки перегородки.

Подвод металла при данной технологии может осуществляться как сифонным способом, так и способом «литник на перегородку». Такая система подвода металла обеспечивает заполнение прибыли горячим металлом, создаёт предпосылки к более направленному затвердеванию отливки, исключает операцию отрезки литника. Измерения температуры в перегородке при различных способах подвода металла подтверждают более быстрое достижение высокой температуры металлом прибыли

при методе «литник на перегородку». При этом способе песчаные перегородки использовать нельзя, так как кроме интенсивного газовыделения, они легко размываются металлом и являются источниками экзогенных включений.

В качестве материала для перегородок использована твёрдофазная керамика, изготовленная по ГПСМО-процессу из циркона, плавленного кварца, молотого шамота.

Технологический процесс изготовления перегородок состоит в следующем: по пресс-форме отливается соляная легкорастворимая вставка на основе мочевины. Температура плавления такой соли 131 °С. Расплавленная соль заливается в пресс-форму и через 3-4 мин готовая вставка извлекается. Затем пресс-форма собирается для изготовления керамической перегородки с мочевиной вставкой; в собранную пресс-форму под давлением вводится паста ГПСМО следующего состава: 82 % огнеупорного порошка, 2 – стеарина и 16 – парафина. Конфигурация мочевиной вставки и перегородки-сырца с мочевиной вставкой показана на рис 1.

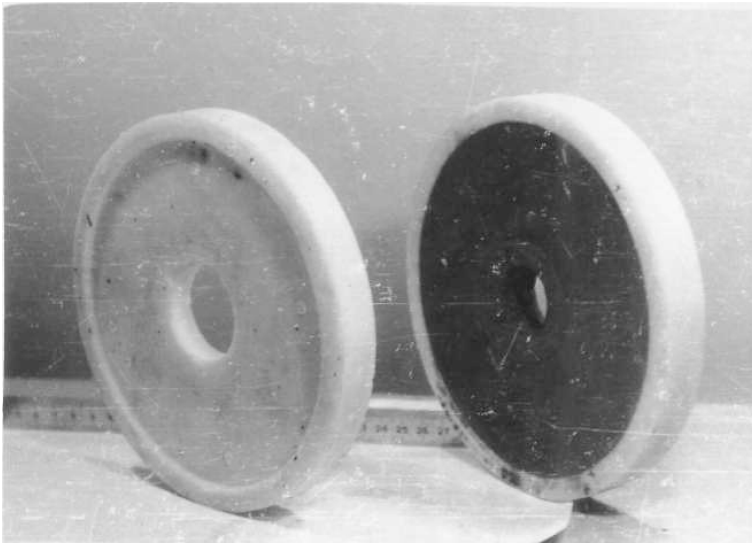


Рис. 1. Мочевинная вставка и перегородка-сырец

После непродолжительного остывания (30-40 с) пресс-форму раскрывают, а полученную керамическую перегородку с мочевиной вставкой помещают в проточную воду. Полное удаление вставки происходит в течение 15-20 мин. Полученная перегородка-сырец подвергается тепловой обработке – обжигу до температуры 1100° в засыпке окиси алюминия. Форма обожжённой керамической перегородки показана на рис. 2.

Принятая конструкция керамических перегородок обусловлена необходимостью удаления керамики из кольцевой щели между отливкой и прибылью большого диаметра.

Кроме того, кольцевой зазор в керамической перегородке можно использовать в качестве полости для заполнения экзотермической смесью в целях улучшения условий питания отливки [2, 3, 4].

Заливались технологические пробы с фигурными и плоскими (толщина 5 мм) керамическими перегородками. Во всех случаях диаметр отверстия перегородок составлял 30 мм. Для сравнения качества питания были залиты технологические пробы с песчано-глинистыми перегородками, диаметр отверстия этих перегородок равен 40 мм.

Расположение усадочных раковин и их характер выявлялись с помощью гамма-дефектоскопа ГУП-05-1 с источником излучения  $^{60}_{27}\text{Co}$  мощность источника 240  $\mu$  кюри.

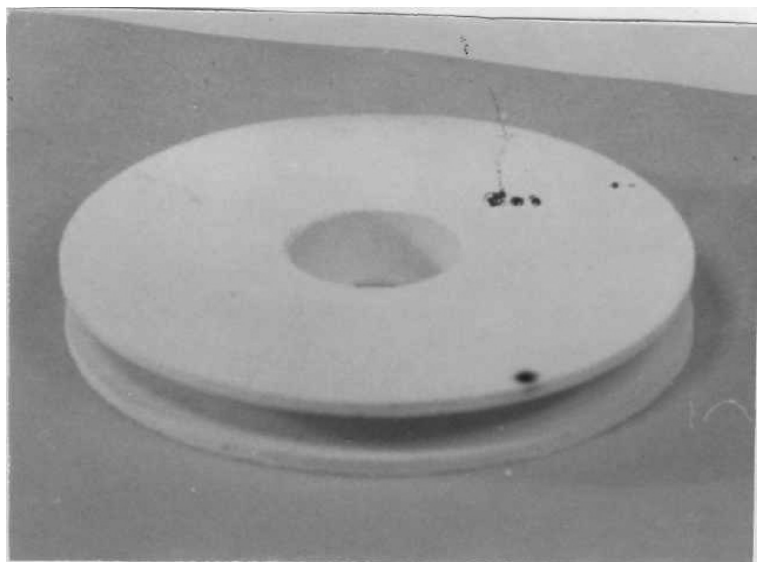


Рис. 2. Обожженная керамическая перегородка

Оценка качества питания технологических проб производилась по выходу годного и коэффициенту запаса:

$$K = h/H_{\text{пр}} \quad (7)$$

где  $h$  – расстояние от низа прибыли до усадочной раковины, мм;  $H_{\text{пр}}$  – высота прибыли, мм.

Результаты исследований представлены в таблице.

### Результаты использования перегородок из различных материалов

Отливка				Прибыль			Выход годного, %	$h$ , мм	К
диаметр	высота	масса	тип перегородки	диаметр	высота	масса*			
120	150	19,5	песчано-глинистая	140	120	11,8	62,3	24	0,20
120	150	19,0	плоская керамическая	140	120	11,4	62,5	91	0,75
120	150	20,0	фигурная керамическая	140	120	10,8	64,9	99	0,82

\* – масса прибыли с литниковой системой

Из приведённых данных видно, что коэффициент запаса у отливок с керамическими перегородками выше (0,75 и 0,82), чем у отливок с песчано-глинистыми перегородками (0,2, см. табл.). Это позволяет снизить вес прибыли и увеличить выход годного на 5-10 % без ущерба для качества отливок. При использовании керамических перегородок взамен песчано-глинистых имеет место более эффективное действие прибыли, так как в этом случае обеспечиваются благоприятные условия направленного затвердевания отливки.

Коэффициент тепловой аккумуляции керамической перегородки на цирконовой основе в 2,0-2,5 раза превышает коэффициент  $b_2$  песчано-глинистой смеси. Следовательно, керамическая перегородка более длительное время имеет возможность сохранить температуру контакта, рассматриваемую из условия

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{м}} \cdot b_{\text{м}} + T_{\text{пр}} \cdot b_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} + b_{\text{м}}} \quad (8)$$

где  $T_{\text{м}}$  – контактная температура;  $b_{\text{м}}$  – коэффициент тепловой аккумуляции металла;  $T_{\text{пр}}$  – температура перегородки;  $b_{\text{пр}}$  – коэффициент тепловой аккумуляции перегородки.

С этой точки зрения целесообразен дополнительный разогрев керамической перегородки путём применения экзотермической смеси, которая помещается в кольцевой щели фигурной перегородки (рис. 3, 4).



Рис. 3. Перегородка с экзотермической смесью и прибылью, полученная с использованием этой перегородки

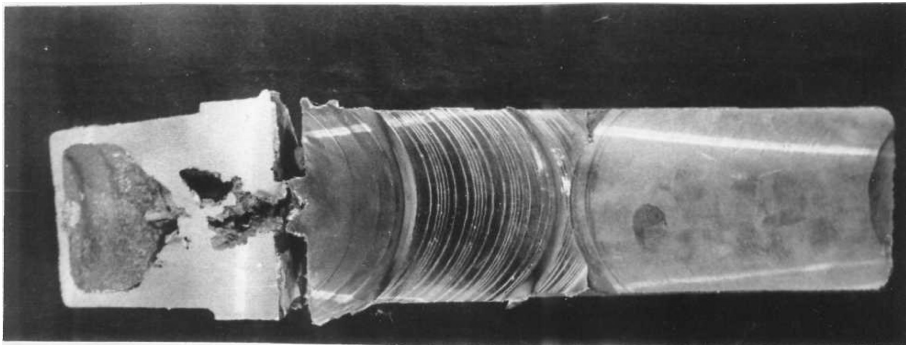


Рис. 4. Отливка из стали 40X5MFC, полученная с использованием керамической перегородки с экзотермической смесью

В качестве экзотермической смеси использовались, %мас.: алюминиевая стружка – 22, кузнечная окалина – 45, ферросилиций – 19, опилки – 4, азотнокислый калий – 10, жидкое стекло – 2-3 сверх 100 %. Температура загорания такой смеси около 1100 °С, длительность горения 120-150 с. Температура металлов в прибыли повышается на 100-120 °С.

#### Выводы

- Отделение прибылей от отливок из высоколегированных сплавов затрудняется из-за низкой теплопроводности сплавов и большой вероятности образования трещин при огневой резке.



- В качестве пережима между прибылью и отливкой предложены плоские и фигурные керамические перегородки, обладающие более высокой прочностью, отсутствием газотворности и возможностью использования дополнительного подогрева металла в прибыли за счёт экзотермической смеси.
- Сравнение результатов показывает, что применение керамических перегородок повышает выход годного на 5-10 % без ущерба для качества отливок и значительно облегчает отделение прибылей от отливок путём отламывания.



### Список литературы

1. А. С. СССР Диафрагма для отделения прибыли от отливки. / *В. В. Ясюков, Ф. Д. Оболенцев.* – № 502709; от 22.10.75.
2. *Оболенцев Ф. Д., Ясюков В. В.* Применение керамических перегородок с обогревом для легкоотделяемых прибылей. – Технология и организация производства. – Киев: 1978. – № 4. – С. 37-39.
3. *Липтуга И. В., Воронова О. И., Ясюков В. В.* Технология изготовления литых вставок пресс-форм. – Машиностроитель. – Киев: 1989. № 1. – С. 23-24.
4. *Ясюков В. В.* Конструкция литниковых систем для получения качественных отливок вставок пресс-форм. – Новые разработки в области жаропрочных сплавов. – Красноярск, 1993. – С. 69-72.
6. *Ясюков В. В., Лысенко Т. В., Солоненко Л. И.* Технологические методы повышения эксплуатационной стойкости отливок. – Материалы II международной научно-практической конференции «Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология». – Киев, ФТИМС НАНУ. – 2012. – С. 183-185.

Поступила 07.07.2015

**К сведению читателей  
и подписчиков!  
Телефон редакции  
журнала "Процессы литья"  
(044) 424-04-10**