

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

АНАЛИЗ ЯВЛЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗОНЕ КОНТАКТА «ОТЛИВКА – СТЕРЖЕНЬ» ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Для облегчения извлечения отливки из полости пресс-формы при литье под давлением используют разделительные покрытия (смазки). Как правило, это специально подготовленные составы, включающие основу и некоторые добавки, а также разбавитель. Работоспособность покрытий и в конечном итоге качество отливок зависят от выбора основного компонента.

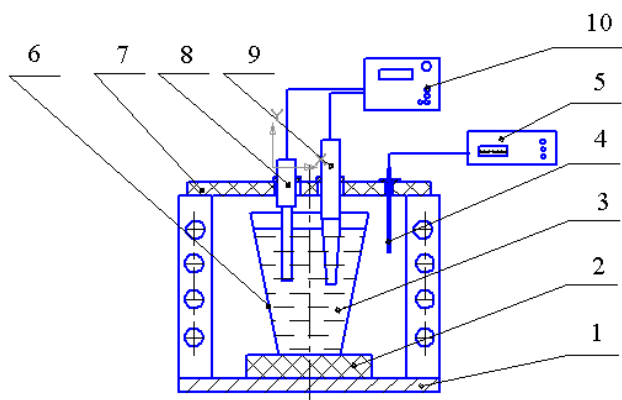
Для обоснованного выбора компонентов разделительного покрытия необходимо изучить условия, в которых оно работает.

Полной деструкции продуктов разделительного покрытия на поверхности пресс-формы после заливки расплава не происходит, вследствие дефицита кислорода и кратковременности цикла. При этом на границе раздела «отливка-стержень» разделительное покрытие присутствует в пароконденсированном состоянии и тем самым создает парожидкостный промежуточный слой, который препятствует затеканию расплава в микронеровности на поверхности стержня. При данных условиях работы поведение разделительного покрытия следует рассматривать как поведение ньютоновской жидкости, при котором разделительный слой способен противостоять высоким давлениям, не изменяя своего объема, а изменяя вязкость. Можно предположить, что под воздействием высоких давлений со стороны расплава разделительное покрытие частично перетекает из микровпадин на поверхность микровыступов. Это позволяет уменьшить фактическую площадь контактов поверхностей, следовательно, разделительное покрытие будет способствовать более легкому отеснению материала отливки в момент его деформационного торможения.

С целью подтверждения либо опровержения возможности миграции разделительного покрытия в момент затвердевания отливки

проведена серия экспериментов. Методика проведения экспериментов заключалась в измерении электрического сопротивления на границе раздела «отливка-стержень» в момент заливки и затвердевания сплава (рисунок 1).

Для определения сопротивления на границе раздела «стержень – отливка» была создана измерительная ячейка, состоящая из керамической крышки тигля, в которой крепились смазанный стержень и контактная пластина. Стержень и контактную пластину перед установкой предварительно обезжировали и прогревали в сушиле до температуры 250 °С. Затем через отверстие в керамической крышке тигля проставляли стальной стержень, к которому крепилась клемма измерительной схемы. Вторую клемму подсоединяли к контактной пластине. Непосредственно перед заливкой металла на рабочую поверхность стержня наносилось разделительное покрытие.



1 – нагревательная установка; 2 – шамотная плита; 3 – расплав; 4 – термопара;
5 – потенциометр; 6 – алундовый тигель; 7 – керамическая крышка; 8 – контактная
пластина; 9 – стержень; 10 – записывающий ОМ-метр

Рисунок 1 – Методика проведения экспериментов по определению сопротивления на границе раздела «отливка – стержень»

Далее расплавленный металл (сплав АК12М2) заливали в прогретый до температуры 250 °С и установленный на шамотную плиту в нагревательной установке алундовый тигель. Температура за-

ливки металла составляла 620 °С. Температура в установке контролировалась при помощи термопары, подсоединенной к потенциометру. В момент заливки металла контактная пластина имела нулевое сопротивление. При заливке металла и его кристаллизации происходило обжигание стержня, которое приводило к изменению сопротивления на границе раздела «стержень-отливка». Это фиксировалось с помощью записывающего ОМ-метра (рисунок 2), предназначенного для сбора и обработки информации. ОМ-метр включается в режим сбора информации и в течение 20 секунд, через каждые 0,4 секунды, проводит измерения сопротивления контакта между отливкой и стержнем с записью результатов в оперативную память контроллера. По истечении заданного времени устройство завершает измерения, а полученный массив данных переписывается в энергонезависимую память. Энергонезависимая память имеет объем достаточный для хранения до 20 массивов данных одновременно, поэтому по завершению очередного сбора информации устройство готово к проведению следующего цикла измерений. По завершению работ содержимое энергонезависимой памяти передается через СОМ-порт в персональный компьютер, и по результатам строятся графики изменения сопротивления контакта во времени.



Рисунок 2 – Общий вид устройства для измерения сопротивления в зоне контакта отливки и стержня

Для сравнения вначале были выполнены эксперименты с использованием несмазанного стержня, а затем с использованием разделительного покрытия. Полученные данные по изменению сопротив-

ления в зоне контакта отливки и стержня представлены на рисунках 3 и 4.

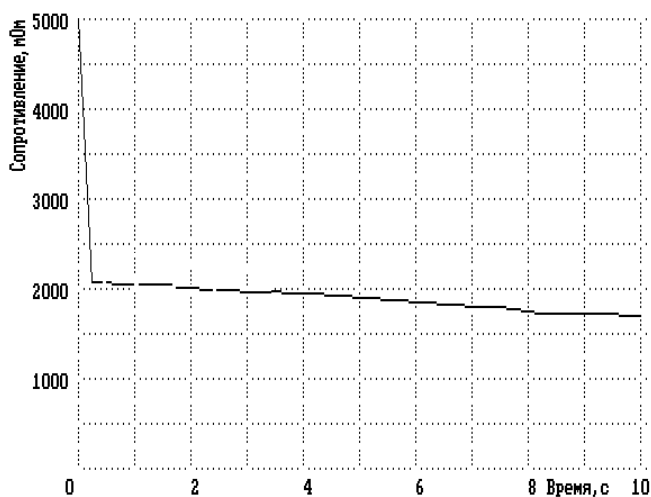


Рисунок 3 – Изменение сопротивления в зоне контакта отливки и стержня без использования разделительного покрытия

Из рисунка 3 очевидно, что при использовании несмазанного стержня сопротивление вначале снижается, что обусловлено увеличением площади контакта при заполнении кокиля расплавом. При достижении значения 2000 мОм сопротивление немного возрастает, а затем плавно снижается.

При использовании смазанного стержня сопротивление уменьшается в процессе заливки до 1000 мОм, а затем начинает повышаться (рисунок 4).

Наличие существенного сопротивления на границе «отливка–стержень» в первом случае обусловлено окислением поверхности стержня под действием температуры расплава, а снижение сопротивления – увеличением площади контакта на поверхности раздела «отливка–стержень» в результате усадки сплава.

Снижение сопротивления практически до 1000 мОм на границе раздела во втором случае, очевидно, обусловлено созданием восстановительной атмосферы в результате деструкции компонентов

разделительного покрытия. Повышение сопротивления при длительнейшей выдержке отражает продолжающиеся процессы деструкции смазочного слоя. Вероятно, это происходит за счет выдавливания разделительного покрытия из микронеровностей на поверхности стержня, обусловленного усадкой отливки при ее охлаждении.

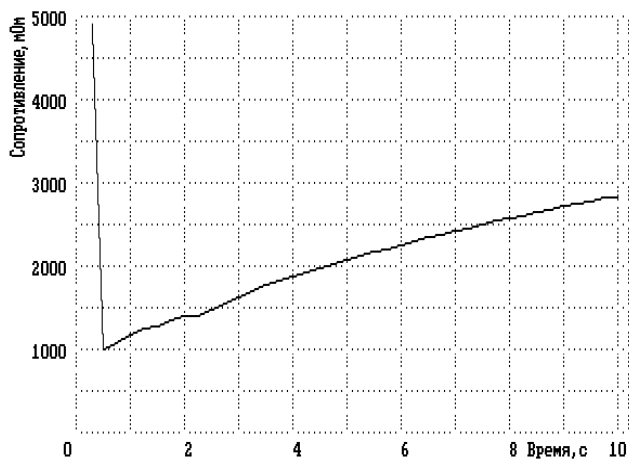


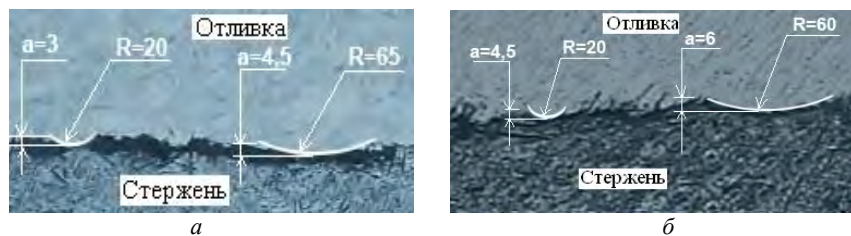
Рисунок 4 – Изменение сопротивления в зоне контакта отливки и стержня с использованием разделительного покрытия

В результате исследований установлено, что наличие разделительного покрытия на поверхности пресс-формы в момент затвердевания и охлаждения отливки способствует уменьшению поверхности контакта «отливка-форма» за счет распространения разделительного покрытия.

Если на поверхности оснастки присутствует некоторое количество разделительного покрытия, то при пластическом оттеснении материала, вызванном скольжением индентора, перед ним «бежит» волна пластически деформируемого металла. При этом отдельные частицы материала вначале перемещаются вверх, а потом опускаются вниз после прохождения индентора [1–3].

Это условие выполняется при соотношении $a/R = 0,5-0,6$ (a – глубина внедрения мягкого материала в твердый; R – радиус внедрившейся поверхности). Царапин и задиоров на поверхности металла при данном соотношении не образуется. Аналогичные яв-

ления протекают в начальный момент перемещения более мягкой отливки относительно более твердого стержня при литье под давлением. На рисунке 5 представлены результаты исследования возможности заполнения расплавом микронеровностей на поверхности стержня при наличии различных разделительных покрытий.



а – покрытие на основе нефтепродуктов; *б* – покрытие на основе полиметилсилоксановой жидкости ПМС300

Рисунок 5 – Заполнение расплавом микронеровностей на поверхности стержня при наличии разделительного покрытия, $\times 250$

Из рисунка видно, что разделительные покрытия уменьшают глубину затекания металла в микровпадины стержня при литье под давлением. В результате параметр a уменьшается, а радиус внедрившейся поверхности R увеличивается. При этом соотношение a/R составляет $0,07-0,22$. Также видно, что использование разделительного покрытия на основе термостойких материалов уменьшает глубину затекания расплава в 1,5 раза по сравнению с разделительным покрытием на основе нефтепродуктов. Таким образом, разделительное покрытие нивелирует рельеф поверхности стержня, заполняя при этом микронеровности на поверхности стержня и предотвращая доступ в них расплава. Это создает более благоприятные условия для пластического оттеснения металла отливки.

Выполненный анализ явлений, возникающих в зоне контакта «отливка – стержень» при литье под давлением, позволяет более обоснованно сформулировать требования, предъявляемые к основе разрабатываемых разделительных покрытий:

– для эффективной работы разделительные покрытия в первую очередь должны обладать высокой термостойкостью, которая позволит получать и сохранять достаточный экранирующий слой на поверхности пресс-формы. Это в свою очередь создаст благоприятные условия для разделения поверхностей;

– в составе разделительного покрытия должны также присутствовать компоненты, которые имели бы высокие смазывающие свойства. Это позволит создать благоприятные условия для разделения поверхностей в первоначальный момент удаления отливки из пресс-формы.

Литература

1. **Крагельский, И.В.** Трение и износ / И.В. Крагельский. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
2. **Гриб, В.В.** Лабораторные испытания материалов на трение и износ / В.В. Гриб, Г.Е. Лазарев. – М.: Наука АН СССР, 1968. – 141 с.
3. **Макушок, Е.М.** Механика трения / Е.М. Макушок. – Минск: Наука и техника, 1974. – 256 с.

УДК 621.74.021

Н.В. ЧАЙКИНА (СРО РАЛ, г. Сафоново),
В.А. ЧАЙКИН, д-р техн. наук (филиал МГОУ, г. Сафоново),
С.П. ЗАДРУЦКИЙ, канд. техн. наук,
В.А. РОЗУМ, канд. техн. наук,
И.Л. ЗЫКОВИЧ,
О.В. СКУРАТОВИЧ (БНТУ)

КОМПЛЕКСНАЯ КАРБОНАТНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВОВ СИЛУМИНА

Основное негативное влияние на свойства отливок из Al-сплавов оказывает водород и пленообразные неметаллические включения Al_2O_3 [1], для удаления которых широко используется флюсовое рафинирование [2]. Особую группу составляют универсальные флюсы и препараты, обработка которыми позволяет совместить ряд операций (покровную защиту, рафинирование и модифицирование). В составы флюсов и препаратов вводятся в основном фториды и хлориды, поэтому общим их недостатком является токсичность выделяющихся при обработке расплавов веществ.