

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, М. Д. Основы моделирования литейных процессов. Тепловая задача / М. Д. Тихомиров // Литейное производство. – 1998. – № 4. – С. 30–34.
2. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд; пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
3. Мондольфо, Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / Л. Ф. Мондольфо; пер. с англ.; под ред. Ф. И. Квасова, Г. Б. Строгонова, И. Н. Фридляндера. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
4. Строганов, Г. Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г. Б. Строганов, В. А. Ротенберг, Г. Б. Гершман. – М.: Металлургия, 1977. – 272 с.
5. Влияние структурного состояния расплава на кристаллизацию силуминов / П. С. Попель [и др.]. // Расплавы. – 1987. – Т. 1, вып. 3. – С. 31–35.
6. Новохатский, И. А. Особенности проявлений различных типов структурных превращений в металлических расплавах / И. А. Новохатский, В. З. Кисунько, В. И. Ладыанов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1985. – Т. 5. – С. 1–9.
7. Рафальский, И. В. Влияние температурного режима плавки на свойства литейных алюминиевых сплавов / И. В. Рафальский, А. В. Арабей // Литье и металлургия. – 2005. – № 2. – С. 132–134.

УДК 621.74.043:621.746.072

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

НАКОПЛЕНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Смазывание технологической оснастки является обязательным условием при изготовлении алюминиевых отливок методом литья под высоким давлением.

Нанесение на литейную оснастку разделительных покрытий способствует защите поверхностных слоев пресс-формы от эрозионного и теплового воздействия струи заливаемого металла, снижает трение отливки о пресс-форму в процессе извлечения, а водоземulsionные смазочные материалы, помимо прочего, обладают способностью охлаждать поверхностные слои пресс-формы.

На поверхность пресс-форм разделительные покрытия наносят вручную – квачом или щеткой-сметкой либо механизировано, с использованием распылителей различных конструкций. При этом предпочтение следует отдавать распылителям эжекционного типа, которые обеспечивают требуемое качество распыления смазочного материала и способствуют формированию на поверхности пресс-формы слоя смазки оптимальной толщины.

При ручном нанесении разделительного покрытия толщина слоя может колебаться от 5 до 40 мкм, а при механизированном составляет 0,5–15 мкм [1].

Механизированное нанесение водоземulsionных смазок стабилизирует теплофизические параметры, связанные с влиянием толщины смазочного слоя на условия формирования отливки и газовый режим работы пресс-формы [2]. После нанесения разделительного покрытия на поверхность пресс-формы разбавитель испаряется, а на оснастке остается тонкий слой смазывающего компонента, который обеспечивает беспрепятственное извлечение отливки. Но на практике данное положение выполняется не всегда либо не в полной мере из-за различной адгезионной способности смазок и их равномерного распределения по рабочей поверхности пресс-формы.

Практика литья под давлением также показывает, что при использовании некоторых смазочных материалов возможно их накопление на технологической оснастке. При этом, с одной стороны, возможно облегчение извлечения отливки из пресс-формы, а, с другой стороны, это может привести к образованию спаев, «мороза», и следов «пятен» на поверхности отливки, к увеличению ее пористости, и, как следствие, к снижению механических свойств [3].

Имеющиеся сведения [4, 5], не дают однозначного ответа на вопрос о термической устойчивости смазок, их способности противостоять эрозионному воздействию жидкого металла и накапливаться на поверхности технологической оснастки.

В данной работе выполнено исследование термической устойчивости смазок и их накопления на поверхности литейной оснастки.

Для сравнительной оценки использовали водоземulsionные смазки, приготовленные на основе нефтепродуктов (гидрофобизатора ГФК-1, масла Вапор), горного воска, готовую смазку фирмы «Петрофер» производства Германии, а также вновь разработанную смазку на основе кремнийорганических соединений.

Состав и физические свойства исследуемых смазок приведены в табл. 1.

Таблица 1. Состав и физические свойства испытуемых смазок

Смазка	Осно- ва, %	ПАВ, %	Разбави- тель, %	Плот- ность смазки, кг/м ³	Вязкость по виско- зиметру ВЗ-4 при темпера- туре 20 °С, с	рН смаз- ки
На основе гидрофобизатора ГФК-1	20	2,5	Остальное	950	13	7
На основе масла Валор	20	3,0	Остальное	965	13	7
На основе горного воска	20	3,0	Остальное	955	13	7
На основе смазки фирмы «Петрофер» производства Германии	—	—	—	925	12	7
На основе кремнийорганических соединений	20	3,0	Остальное	915	12	7

Перед проведением исследований концентраты смазок разбавляли водой в соотношении 1:20. Смазку наносили на поверхность стержня в течение 5 с с расстояния 0,2 м при давлении воздуха $2,5 \cdot 10^5$ Па перед каждой заливкой металла.

Способность исследуемых смазок к накоплению на поверхности оснастки оценивали по изменению усилия извлечения металлического конусообразного стержня из отливки при последовательном выполнении шести экспериментов. Методика проведения экспериментов представлена на рис. 1.

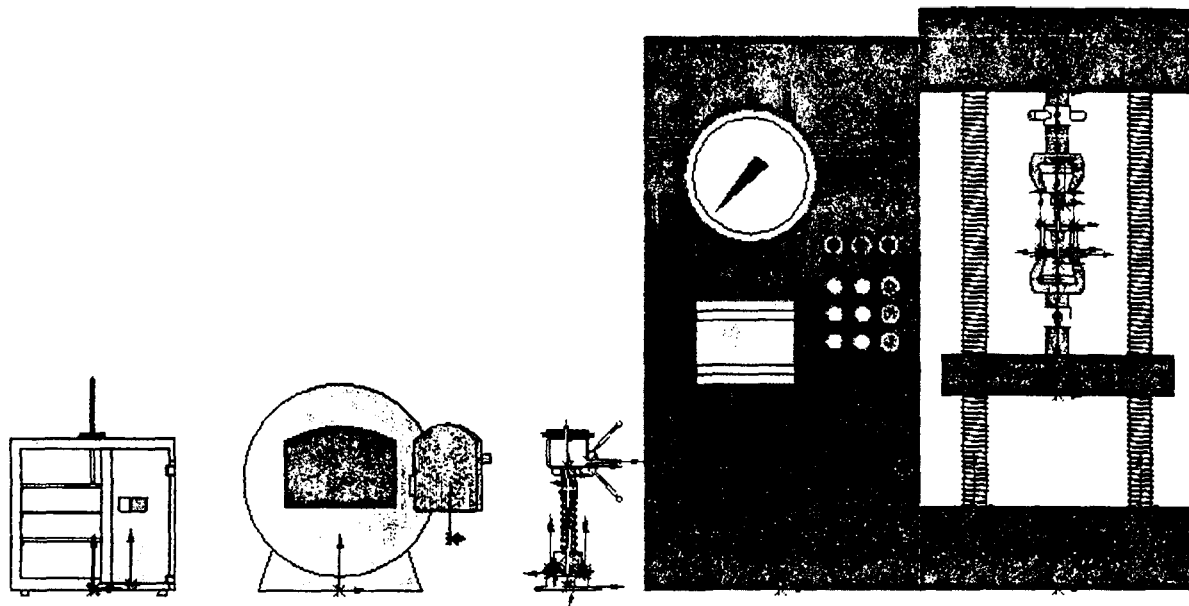


Рис. 1. Методика исследования накопления смазок на поверхности технологической оснастки

Смазка наносилась на стержень, прогретый в лабораторном сушиле СНОЛ-3,5 2 до температуры 250 °С. Рабочая часть стержня 1 имела уклон 30°, диаметр 10 мм, длину 45 мм, шероховатость стержня составляла 0,6R_a. Температура подогрева стержня контролировалась при помощи хромель-алюмелевой термопары (ХА) 3, введенной в камеру сушила. После нанесения смазки стержень устанавливали в специально изготовленный кокиль 4. Кокиль также предварительно прогревали в сушиле до температуры 250 °С. При установке кокиля на станину 5 происходит снижение его температуры до 230–235 °С. Эта температура при установившемся интервале между заливками металла сохраняется до окончания проведения эксперимента. После закрепления кокиля на станине и установки в него смазанного стержня производилась заливка расплавленного металла. Сплав АК12М2 расплавляли в графитовых тиглях ТГ-1, помещенных в муфельную печь 6. Масса навески металла во всех случаях составляла 50 ± 2 г, температура металла при заливке – 680 °С. Через 20 с после заливки стержень вместе с обжимающей его отливкой 7 извлекали из кокиля и устанавливали в специально изготовленное приспособление 8, которое в свою очередь было закреплено на разрывной машине Р5 9. Скорость движения станины 10 разрывной машины во всех случаях составляла 0,5 мм/с.

Фиксацию усилий, возникающих в процессе извлечения стержня из отливки, производили с помощью микропроцессорного устройства сбора и обработки информации ICD (в дальнейшем – устройства). На рис. 2 представлена функциональная схема устройства со схемой измерения.

Устройство построено на базе микропреобразователя (μP) ADuC836, символического жидкокристаллического индикатора (HL) типа 1602 и пульта управления (SB), состоящего из трех кнопок. Микропреобразователь состоит из цифровой и аналоговой частей. В цифровую часть микропреобразователя входит универсальный контроллер (MCU), несколько таймеров различного назначения и три последовательных интерфейса UART, SPI и SMBus (таймеры и интерфейсы на схеме не показаны). В аналоговую часть входят два 16-разрядных аналого-цифровых преобразователя (2×16-bit Σ-Δ ADC) со схемой ввода (коммутатор – MUX, буфер – BUF) и схемой предварительной обработки (усилитель – PGA) аналоговых сигналов. Таким образом, микропреобразователь может не только проводить

сбор и обработку цифровой информации, но и аналоговых сигналов. Сравнительно большой объем встроенной памяти программы позволяет ее свободную часть использовать для накопления и хранения данных.

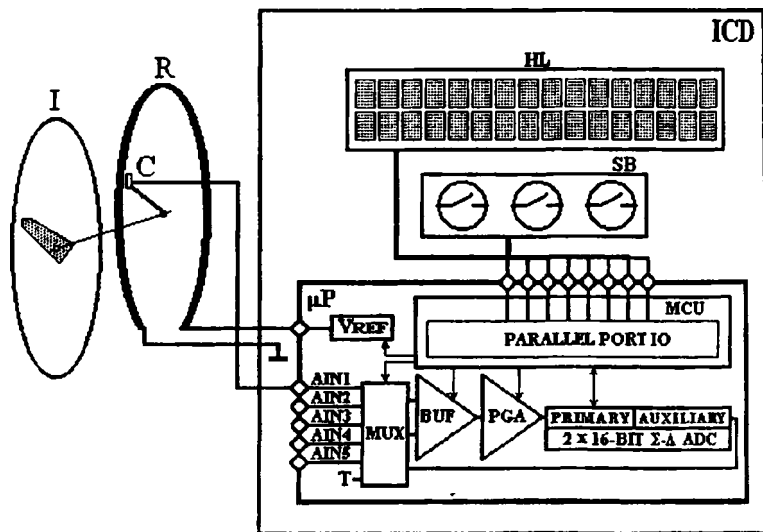


Рис. 2. Схема функциональная регистрации усилия извлечения стержня из отливки

Схема измерения выполнена из высокоточного проволочного потенциометра (R), поворотная ось движка (C) которого жестко связана с поворотной осью механического индикатора усилия разрыва (I). На реохорд проволочного потенциометра подается из микропреобразователя высокостабильное напряжение VREF, а с движка поступает на один из аналоговых входов микропреобразователя потенциал, пропорциональный усилию срыва отливки из стержня. Аналого-цифровой преобразователь преобразует аналоговый сигнал (потенциал) в цифровой код, который поступает в контроллер микропреобразователя для дальнейшей обработки.

Обрабатывающая программа в контроллере обеспечивает функционирование устройства в составе системы регистрации в двух режимах: контроля и сбора данных. После включения устройство функционирует в режиме контроля. В этом режиме производится

преобразование цифрового кода потенциала в абсолютное значение усилия извлечения стержня из отливки и вывод полученного значения на индикатор. После подготовки разрывного пресса к работе посредством нажатия кнопки на пульте устройство переводится в режим сбора данных. В этом режиме устройство, кроме вывода результатов на индикацию, вначале ожидает повышения усилия извлечения стержня до определенного уровня, а затем всю получаемую информацию записывает в оперативную память для последующего построения диаграмм. После снижения измеряемого усилия до определенного уровня завершается работа устройства в режиме сбора данных. При этом полученный в оперативной памяти фрейм данных переписывается в энергонезависимую память программ, а устройство возвращается в режим контроля. Одновременно в энергонезависимой памяти может храниться сколько угодно долго до 20 фреймов данных. По завершению работы с разрывным прессом оператор переносит устройство к персональному компьютеру и через СОМ-порт (UART) переписывает информацию в ПК. Интервал измерения, с которым производилась запись усилия извлечения отливки, составлял 0,05 с. На рис. 3 представлен общий вид прибора для измерения и записи показаний по усилию извлечения стержня из отливки.

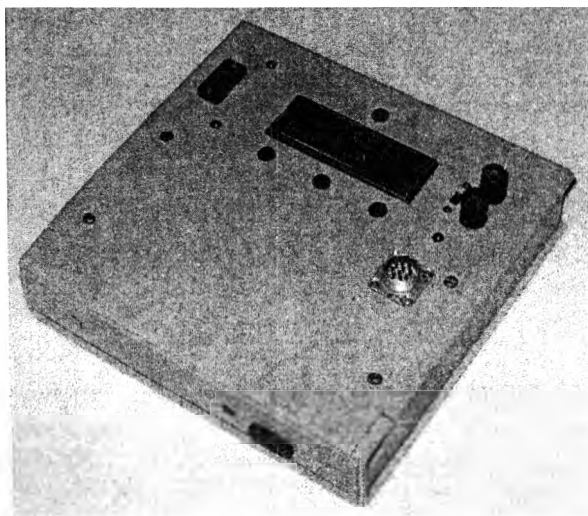


Рис. 3. Общий вид измерительного прибора

После обработки данных на ПК получали кривые изменения усилия срыва отливки со стержня по времени. Все они имели характерную особенность. Достигнув максимума, в момент срыва, кривая резко устремлялась вниз. Анализ полученных кривых показал, что удаление стержня из отливки во всех случаях происходит в течение 0,8–1,2 с. При этом стержень удаляется из отливки не плавно, со скольжением по поверхности отливки, а в момент достижения максимального значения усилия, отделяясь от отливки в режиме срыва. Данный вывод подтверждается практическими наблюдениями при проведении экспериментов.

Для сравнительной оценки полученных результатов выполненную работу срыва (съема) определяли по площади образованной кривой и осью X до момента срыва. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Работа срыва отливки со стержня при использовании различных смазок

Смазка	Номер эксперимента	Расчетная площадь, мм ²	Среднее значение площади, мм ²
1	2	3	4
Без смазки	1	6737,88	6584,31
	2	6631,28	
	3	6576,53	
	4	6451,25	
	5	6524,63	
Смазка на основе ГФК-1	1	2514,02	2544,30
	2	2424,21	
	3	2490,73	
	4	2620,03	
	5	2668,59	
	6	2551,27	
Смазка на основе масла Вапор	1	1489,92	1468,64
	2	1404,95	
	3	1436,02	
	4	1359,15	
	5	1336,55	
	6	1785,28	

1	2	3	4
Смазка на основе горного воска	1	1124,71	960,35
	2	878,82	
	3	914,11	
	4	881,21	
	5	854,97	
	6	1108,33	
Смазка «Петрофер», Германия	1	1132,14	768,88
	2	1085,72	
	3	576,59	
	4	432,84	
	5	325,07	
	6	990,95	
Смазка на основе кремний-органической жидкости	1	948,07	670,07
	2	806,25	
	3	903,27	
	4	456,58	
	5	328,15	
	6	274,09	
	7	920,14	

Видно, что при использовании смазок на основе нефтепродуктов (гидрофобизатора ГФК-1 и минерального масла Вапор) существенного изменения работы съема при последовательном выполнении шести экспериментов не наблюдается. Можно предположить, что накопления смазочного материала на поверхности стержня не происходит. Вероятно, это можно объяснить тем, что данные материалы обладают сравнительно невысокой адгезией к поверхности пресс-формы и относительно невысокой термической устойчивостью [6]. Кроме того, поверхность отливок, полученных с применением смазок, в состав которой входят выше названные материалы, имеет разводы серого цвета.

При использовании смазки на основе горного воска отмечено снижение работы извлечения отливки на 35–40 % при последовательном переходе от первого к пятому эксперименту. Полученный результат свидетельствует о накоплении смазки на поверхности стержня. В шестом эксперименте усилие извлечения возрастает до исходных значений. Возможно, это обусловлено тем, что образо-

вавшийся слой обладает сравнительно невысокой прочностью при данных условиях и разрушается при извлечении пятой отливки. Следует отметить, что при использовании данной смазки, на поверхности отливки образуется налет желтоватого цвета.

Аналогичная зависимость наблюдается при использовании смазки «Петрофер». При этом абсолютные значения работы съема, возникающие при извлечении стержня из отливки, примерно на 30 % ниже, чем при использовании смазки на основе горного воска.

Самые низкие значения работы съема получены при использовании смазки на основе кремнийорганических соединений. Следует отметить, что при последовательном переходе от первого эксперимента к шестому наблюдается постепенное снижение усилия извлечения, что свидетельствует о накоплении смазки на поверхности стержня. Следовательно, смазка на основе кремнийорганических соединений обладает большей адгезией к поверхности стержня и более высокой термостойкостью, чем рассмотренные выше смазки. Очевидно, это объясняется тем, что наряду с кремнийорганическими соединениями в составе смазки имеются материалы, содержащие в своем составе жирные кислоты (стеариновую и олеиновую). Известно [7–9], что они содержат карбоксильные группы (COOH), которые, попадая на металлическую поверхность, примыкают к ней, образуя упорядоченные, прочные граничные слои смазочного материала, обладающие высоким сопротивлением касательным нагрузкам.

Снижение работы съема отливки со стержня наблюдается на протяжении шести экспериментов. Затем происходит скачок значения работы съема до уровня первоначальных значений и выше. Можно предположить, что это происходит из-за того, что слой смазки, накопившийся на поверхности стержня, достиг критической величины и был сорван предыдущей отливкой, либо смыт струей жидкого металла. Отливки, полученные при использовании указанной смазки, имеют чистую, блестящую поверхность.

Таким образом, при использовании смазок на основе горного воска, кремнийорганических соединений, а также смазки «Петрофер» на поверхности оснастки образуется слой, способные к росту что выражается в последовательном уменьшении работы срыва отливки со стержня.

Через несколько заливок происходит разрушение образовавшегося слоя.

При первом нанесении смазки работа срыва в трех названных случаях различается незначительно. И если достаточно заметное уменьшение работы съема при работе на горном воске наблюдается уже во втором эксперименте, то аналогичное изменение при использовании смазок «Петрофер» и на кремнийорганической основе наблюдается только в третьем и четвертом экспериментах. Однако снижение работы съема в двух последних случаях проявляется наиболее сильно, достигая значений 30 % и менее от исходных. Это свидетельствует о более высокой термической стойкости названных смазок, а также их хорошей адгезии к поверхности пресс-формы.

Выполненные эксперименты, а также производственные испытания названных и разработанных смазок показали, что накопление смазок до значений, влияющих на качество поверхности отливок, не происходит. При дальнейшем повышении термостойкости смазок за счет использования более термостойких материалов такое явление вполне возможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белопухов, А. К. Технологические режимы литья под давлением / А. К. Белопухов. – М.: Машиностроение, 1985. – С. 109.
2. Зеленев, В. Н. Смазка пресс-форм литья под давлением / В. Н. Зеленев, Л. Е. Кисиленко. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 25.
3. Литье под давлением / А. К. Белопухов [и др.]. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. л-ры, 1962. – С. 145–147.
4. Рыжиков, А. А. О смываемости смазочных покрытий форм литья под давлением / А. А. Рыжиков, С. С. Храмов // Литейное производство. – 1982. – № 7. – С. 26–27.
5. Архипенков, Ю. В. Смываемость разделительных смазок форм литья под давлением / Ю. В. Архипенков, Г. И. Тимофеев // Литейное производство. – 1984. – № 3. – С. 22–23.
6. Михальцов, А. М. Исследование адгезионной способности смазок на основе кремнийорганических полимеров для литья под давлением алюминиевых сплавов / А. М. Михальцов, А. А. Пивоварчик // Литье и металлургия. – 2007. – № 1. – С. 131–134.
7. Груднев, А. П. Технологические смазки в прокатном производстве / А. П. Груднев, В. Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1975. – 366 с.
8. Груднев, А. П. Трение и смазки при обработке металлов давлением / А. П. Груднев, Ю. В. Зильберг, В. Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1982. – 309 с.
9. Ахматов, А. С. Молекулярная физика граничного трения / А. С. Ахматов. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. л-ры, 1963. – 472 с.