

Таблица 8. Микроструктура чугуна в гильзах

Номер плавки	Основа сплава	Графит			Фосфидная эвтектика		
		распределение	форма	размер	форма	распределение	кол-во, %
1	П(FeO)	ПГр1 ПГр2	ПГф1 ПГф2	ПГд45 ПГд90	ФЭ3-5	Фэр1-2	4-5
2	П(FeO)	ПГр2 ПГр3	ПГф1	ПГд90	ФЭ3-4	Фэр1-2	3-5
3	П(FeO)	ПГр2 ПГр3	ПГф2	ПГд45 ПГд90	ФЭ4-5	Фэр1-2	4-6
4	П(FeO)	ПГр1 ПГр2	ПГф1 ПГф2	ПГд90	ФЭ4-5	Фэр1-2	4-6

Использование на Лидском ЛМЗ медь- и никельсодержащих присадок, а также оптимизация всего легирующего комплекса позволяют снизить затраты на ферросплавы, исключить поставки первичного никеля и меди, расширить объемы производства гильз, стабилизировать качество отливок, утилизировать образующиеся в РБ отходы (шлаки, отработанные катализаторы, железоникелевые батареи и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М., Статистика, 1974. – 162 с.
2. Леках С. Н., Мартынюк М. Н., Слуцкий А. Г. и др. Экономное легирование железоуглеродистых сплавов. – Минск: Наука і техника, 1996. – 176 с.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1971. – 158 с.

УДК 621.74.021

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

РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Главным направлением развития современной технологии литья под давлением является повышение качества получаемых отливок. Опыт крупнейших отечественных предприятий показывает, что качест-

во отливок, получаемых литьем под давлением, производительность труда, стойкость пресс-форм, санитарно-гигиенические условия труда в цехе и в конечном итоге эффективность производства в значительной мере зависят от используемых составов смазочных материалов для пресс-форм, технологии и режимов их нанесения, надежности механизированных и автоматизированных систем смазывания.

С повышением требований к качеству отливок, усложнением их конфигурации, увеличением объемов производства и созданием автоматических комплексов литья под давлением возникла проблема разработки смазочных материалов, обеспечивающих надежное осуществление технологического процесса и получение отливок заданного качества. Наряду с этим с увеличением объемов потребления смазочных материалов возникла другая не менее важная проблема сокращения выделения вредных паров и газов в окружающую среду – атмосферу цеха, сточные производственные воды.

Смазывание литейной оснастки производят с целью уменьшения усилий, необходимых для удаления отливки из полости пресс-формы и стержней из отливки. Кроме того, смазки препятствуют образованию задиrow и привара материала отливки к поверхности пресс-формы. Неудовлетворительная смазка приводит к поломке отливки, прошивке отливки толкателями, выходу из строя пресс-формы [1]. С другой стороны, обильное, избыточное смазывание пресс-формы способствует образованию спаев, «мороза» и следов «пятен» на поверхности отливки, а также увеличению пористости в отливках.

Хороших во всех отношениях смазочных материалов для пресс-форм машин литья под давлением на данный момент не существует.

Цель данной работы – создание новых высокотехнологичных водорастворимых разделительных покрытий на основе кремнийорганических соединений с высокой седиментационной устойчивостью, обладающих хорошими смазывающими свойствами и способствующих улучшению санитарно-гигиенических условий труда.

Многие отечественные предприятия в настоящее время используют водорастворимые смазки, в том числе зарубежные марок Любрик, Петрофер, Треннекс.

На поверхность пресс-форм разделительные покрытия наносят с использованием распылителей различных конструкций. Предпочте-

ние следует отдавать распылителям эжекционного типа, которые обеспечивают требуемое качество распыления и более просты в эксплуатации и обслуживании. Механизированное нанесение водоземulsionных смазок способствует равномерному распределению смазывающего компонента на рабочей поверхности формы и является одним из основных факторов получения качественной отливки.

Смазки для пресс-форм при литье под давлением обычно состоят из смазывающего компонента (основы), наполнителя, разбавителя и поверхностно-активных веществ (ПАВ). В промышленности в качестве смазывающих компонентов (основы) использовались продукты переработки нефти, в основном тяжелые минеральные масла, графит (преимущественно в виде коллоидных препаратов), а также горный воск, различные животные жиры и другие компоненты, близкие по свойствам к перечисленным выше. Существует предположение, что после нанесения смазки на поверхность оснастки разбавитель испаряется, а на оснастке остается тонкий слой смазывающего компонента, который обеспечивает беспрепятственное извлечение отливки. Но на практике данное предположение выполняется не всегда либо не в полной мере.

Однако применение рассмотренных выше смазывающих компонентов зачастую ухудшает внешний вид производимой продукции, наблюдаются различного рода подтеки и пленки на поверхностях отливок, ко всему прочему продукты нефтепереработки ухудшают санитарно-гигиенические условия труда. Используемый в качестве основного смазывающего компонента горный воск налипает на поверхность оснастки пресс-форм, что приводит к короблению отливки.

В настоящее время в качестве смазывающих компонентов широко используются масла на основе кремнийорганических полимеров – полиметилсилоксановые (ПМС) жидкости. Данные полимеры производятся в широкой номенклатуре и обладают высокой термостабильностью (до 320 °С), хорошим разделяющим действием, обусловленным их исключительной текучестью и связанной с ней способностью легко образовывать пленки на различных поверхностях. Интерес представляют кремнийорганические полимеры кинематической вязкостью 100–400 мм²/с с температурой вспышки не ниже 305 °С. Использование ПМС кинематической вязкостью от 5 до 100 мм²/с при литье

под давлением практически исключается, так как температура вспышки данных веществ менее 200 °С, что ниже рабочей температуры оснастки. ПМС жидкости кинематической вязкостью >400 мм²/с являются дорогостоящими и дефицитными. Помимо перечисленных выше достоинств ПМС жидкости являются экологически чистыми продуктами, поэтому их использование позволяет значительно улучшить санитарно-гигиенические условия труда на предприятии.

Однако получить эмульсию на основе ПМС жидкостей, обладающую высокой седиментационной устойчивостью, достаточно трудно. Для этого необходимо использовать поверхностно-активные вещества.

ПАВ можно разделить на ионогенные и неионогенные [2]. К ионогенным относят анионные и катионные ПАВ. К анионным можно отнести арилаты, алкилаты сульфоновой кислоты, соли щелочных металлов, например натриевые соли алкилсерных кислот – это моющие средства, а также моющие вещества, применяемые в народном хозяйстве. К катионным ПАВ относят гидрохлориды алкиламинов или галоиды алкиламмония.

К неионогенным ПАВ относят алкилгликозиды, эфиры сахарозы и жирных кислот, оксиэтилированные моноалкилфенолы [3]. Использование неионогенных ПАВ основано на их биполярности, которая позволяет связывать в устойчивую мицеллу основной смазывающий компонент и молекулы разбавителя, а также на понижении поверхностного натяжения на границе раздела мономер–вода.

Катионные ПАВ для получения эмульсий не использовались, так как они эффективны при наличии кислой среды, которая в производственных условиях приводит к коррозии оснастки.

Анионные ПАВ, образующие комплексы только со смазывающими компонентами, могут быть рекомендованы для получения эмульсий.

Седиментационная устойчивость разрабатываемых смазок определяется тем, насколько удачно будут подобраны ПАВ.

В качестве разбавителей ранее использовались органические растворители. Одним из представителей является уайт-спирит, однако его использование приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий труда, а именно к загрязнению атмосферы цеха вредными газами.

При использовании воды данный недостаток устраняется в полной мере, к тому же применение воды в качестве разбавителя является неперенным условием создания новых водоразбавляемых смазок. Но практически все смазывающие компоненты в воде нерастворимы и не смачиваются ею. Для преодоления этого препятствия используются поверхностно-активные вещества.

Получение смазки на основе кремнийорганических полимеров с использованием традиционных ПАВ не удавалось, поэтому пришлось прибегнуть к нетрадиционным подходам. Приготовление эмульсий на основе кремнийорганических полимеров осуществлялось при помощи двухлопастного смесителя с частотой вращения лопаток 6000 мин^{-1} . Перед перемешиванием компоненты, выбранные для получения смазки, подогревали на водяной бане. Температура подогрева составляла $80\text{--}85 \text{ }^\circ\text{C}$, время перемешивания компонентов – 10 мин. Затем производили отбор пробы смазки в пробирку и устанавливали в штатив. Седиментационная устойчивость смазки определялась до появления признаков расслоения.

В данной серии экспериментов для повышения седиментационной устойчивости были опробованы анионные и неионогенные ПАВ в комбинации с различными добавками: этаноламинами (триэтаноламин), одноатомными и двухатомными спиртами (гликолями), содой, жидким стеклом, растительными маслами, жировым гудроном, а также жирными кислотами. Предполагалось, что перечисленные добавки будут способствовать стабилизации эмульсии. Величина добавок во всех экспериментах составляла 5 об. %.

Исходная седиментационная устойчивость эмульсий на основе кремнийорганических полимеров с высокой молекулярной массой при использовании анионного ПАВ составляла примерно 2 ч. При использовании неионогенного ПАВ седиментационная устойчивость эмульсии возросла до 10 ч. В качестве неионогенного ПАВ в данной серии экспериментов использовали оксипропилированный моноалкилфенол на основе триммеров изононила.

Увеличение в составе смазки количества ПАВ не приводило к значительному повышению седиментационной устойчивости эмульсии. Так, при увеличении количества ПАВ в 2 раза седиментационная устойчивость выросла в среднем на 0,5 ч. Экспериментальные

данные по изменению седиментационной устойчивости при вводе различных добавок к анионному и неионогенному ПАВ приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Влияние добавок на седиментационную устойчивость эмульсии при использовании анионного ПАВ

Добавка к ПАВ	Анионный ПАВ (без добавки)	Одноатомный спирт	Многоатомный спирт (гликоли)	Этаноламины (триэтаноламин)	Жидкое стекло	Сода	Растительное масло	Жировой гудрон	Жирные кислоты
Седиментационная устойчивость, ч	2	3	3,1	1,5	2,2	2	3,3	2,8	4,2

Таблица 2. Влияние добавок на седиментационную устойчивость эмульсии при использовании неионогенного ПАВ

Добавка к ПАВ	Неионогенный ПАВ (без добавки)	Одноатомный спирт	Многоатомный спирт (гликоли)	Этаноламины (триэтаноламин)	Жидкое стекло	Сода	Растительное масло	Жировой гудрон	Жирные кислоты
Седиментационная устойчивость, ч	10	22	28	12	11	16	1020	122	2100

Из полученных экспериментальных данных видно, что наилучший результат достигнут при использовании неионогенного ПАВ с незначительной добавкой жирных кислот. Седиментационная устойчивость эмульсии на основе кремнийорганических полимеров с применением упомянутого комплекса ПАВ увеличилась более чем в 200 раз.

Очевидно, данный результат можно объяснить тем, что жирные кислоты по своей природе также являются ПАВ. Кроме того, жирные кислоты обладают хорошими смазывающими свойствами, так как в своем составе содержат жиры органического происхождения. Как известно, органическая основа хорошо удерживается на поверхности наполнителя за счет физической и химической адсорбции.

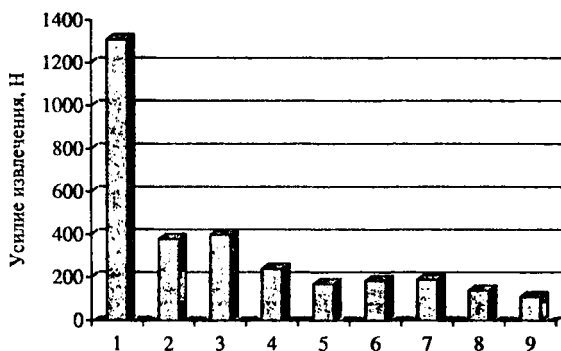
Разработанные составы смазки прошли исследование на морозоустойчивость. Температура замерзания смазки на основе кремнийорганических соединений составила $-0,3$ °С. Необходимо отметить, что коагуляции и коагистенции смазки при переходе из жидкого состояния в твердое и наоборот не наблюдалось. После подогрева эмульсия принимает прежний вид и не изменяет своих эксплуатационных свойств.

Таким образом, для получения водорастворимой смазки на основе кремнийорганических полимеров с высокой седиментационной устойчивостью необходимо использовать неионогенный ПАВ и добавку в виде жирных кислот. Вновь разработанная смазка обладает высокой степенью гидрофильности и перед использованием легко разбавляется водой в соотношении 1:10–1:40 в зависимости от сложности отливки. Седиментационная устойчивость вновь разработанной эмульсии не уступает используемым в производстве зарубежным аналогам.

Проведены также исследования по определению смазывающей способности как компонентов, используемых при производстве смазок, так и вновь разработанных смазок на их основе. Сравнительную оценку прошли такие вещества, как гидрофобизатор ГФК-1, растительное масло, жир животный, жировой гудрон, жирные кислоты, масло Вапор, горный воск и кремнийорганический полимер, а также составы смазок на основе перечисленных компонентов.

Смазывающую способность смазок оценивали по усилию извлечения металлического стержня диаметром 10 мм из кокильной отливки. Смазки наносили на поверхность стержня при помощи квача и распылителя. При проведении исследований применяли алюминиевый сплав АК12М2. Температуру заливки металла контролировали при помощи термопары, и во всех случаях она составляла 680 °С.

В первой серии экспериментов исследовали смазывающую способность исходных веществ. Время до извлечения стержня из отливки во всех случаях составляло 5, 10 и 20 с. Смазывающие компоненты наносили на поверхность стержня квачом. Полученные экспериментальные данные представлены на рисунке. Тяжелые минеральные масла (ГФК-1) и масло Вапор позволяют снизить усилие извлечения стержня из отливки в 4–5 раз. Натуральные



Усилие извлечения стержня при использовании различных смазывающих компонентов: 1 – без смазки; 2 – гидрофобизатор ГФК-1; 3 – масло Вапор; 4 – жировой гудрон; 5 – жир животный; 6 – растительное масло; 7 – жирные кислоты; 8 – горный воск; 9 – кремнийорганический полимер с высокой молекулярной массой

продукты в данных условиях обладают более высокими смазывающими свойствами. Жир, растительное масло и жирные кислоты уменьшают усилие извлечения в 6–7 раз, кремнийорганический полимер – в 12 раз.

Водоэмульсионные смазки, приготовленные с использованием указанных компонентов, также прошли исследование смазывающей способности по приведенной выше методике.

Экспериментальные данные приведены в табл. 3. Видно, что без смазки при уменьшении времени выдержки стержня в отливке с 20 до 5 с усилие извлечения снижается в 4 раза. При использовании

Таблица 3. Определение смазывающей способности различных смазок

t, с	Без смазки	Усилие извлечения, Н, при смазке на основе						
		ГФК-1	масла Вапор	жирового гудрона	жира животного	жирных кислот	кремнийорганического полимера с высокой молекулярной массой	зарубежного аналога
5	360	93/69	102/75	52/39	23/12	36/20	14/8	18/9
10	780	125/85	140/98	84/68	63/44	75/50	32/24	35/26
20	1320	780/600	830/660	635/565	560/470	780/490	410/330	450/354

Примечание. В числителе – смазывание квачом, в знаменателе – расплылителем.

смазки усилие извлечения уменьшается от 8 до 45 раз. Наименьшее снижение усилия извлечения отливки наблюдается при использовании ГФК-1, наибольшее – при использовании кремнийорганического полимера в комбинации с жирными кислотами.

Необходимо отметить также более высокую смазывающую способность в составе смазок натуральных продуктов – жира животного и растительного масла. В некоторых случаях жиры и растительные масла обладают более высокими смазывающими действиями, чем нефтепродукты. Однако они более дороги и дефицитны, что значительно ограничивает их использование.

Хорошие смазывающие свойства жирных кислот можно объяснить наличием в их составе органического жира. У жирового гудрона – промежуточное положение из-за присутствия большого количества примесей. Из проведенных исследований видно что, кремнийорганический полимер предпочтителен.

Эксперименты подтвердили предположение о более низкой смазывающей способности водоземulsionных смазок по сравнению с исходными компонентами. В среднем усилие извлечения отливки при переходе от исходных компонентов к эмульсии увеличивается в 2–3 раза. Однако получение качественной отливки связано с использованием водоземulsionных смазок на основе кремнийорганических полимеров и механизированным смазыванием технологической оснастки.

Существенное влияние на усилие извлечения оказывает способ нанесения смазки на рабочую поверхность стержня. Во второй серии экспериментов проводили оценку методов нанесения смазки. Смазку наносили на поверхность стержня при помощи квача в первом случае и при помощи распылителя во втором. Во всех случаях при нанесении смазки распылителем усилие извлечения снижается в результате образования равномерного слоя на поверхности стержня.

Разработанная смазка прошла промышленное опробование и показала хорошие результаты на предприятиях Республики Беларусь, Российской Федерации и Украины.

Таким образом, для получения водоземulsionной смазки на основе полиметилсилоксановых жидкостей необходимо использовать

неионогенный ПАВ с добавкой жирных кислот. Данная смазка обладает хорошими смазывающими свойствами, позволяет механизировать процесс нанесения разделительного покрытия, является экологически безопасной и способствует улучшению санитарно-гигиенических условий труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленев В. Н., Кисиленко Л. Е. Смазка пресс-форм литья под давлением. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 4–5.
2. Артеменко А. И., Тикунова И. В., Малеванный В. А. Справочное руководство по химии. – М.: 2003. – С. 284.
3. Говарикер В. Р., Ршеванатхан В. З., Шридхар Дж. Полимеры. – М.: Наука, 1990. – С. 62–63.