



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-31-35>
УДК 621.74.043.2

Поступила 10.06.2020
Received 10.06.2020

РАЗРАБОТКА СОСТАВА СМАЗКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ С ВЫСОКОЙ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

А. А. ПИВОВАРЧИК, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, ул. Ожешко, 22. E-mail: piwchik21@tut.by,

А. М. МИХАЛЬЦОВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: michaltsov@tut.by,

Я. И. ТИШКОВА, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, ул. Ожешко, 22. E-mail: Tishkova_YI_19@student.grsu

В статье приведены требования, предъявляемые к смазке, используемой при литье под давлением цветных сплавов. Представлена методика проведения исследований по определению седиментационной устойчивости приготавливаемой смазки, а также приведены результаты исследования седиментационной устойчивости смазки, используемой при литье цветных сплавов под давлением. Установлено, что с целью существенного увеличения седиментационной устойчивости составов смазок для литья силуминов на основе выбранных компонентов необходимо подогреть предварительно исходные компоненты до температуры не ниже 80 °С и перемешать их при частоте вращения лопаток диспергатора не менее 6000 мин⁻¹. Оптимальный режим получения смазки с высокой седиментационной устойчивостью (более 200 сут) наблюдается при следующих температурно-временных показателях: температура подогрева исходных компонентов – не менее 90 °С, время перемешивания – 5 мин, частота перемешивания – 18000 мин⁻¹.

Ключевые слова. Смазка, полиметилсилоксановая жидкость, фус, седиментационная устойчивость, литье под давлением.
Для цитирования. Пивоварчик, А. А. Разработка состава смазки для литья под давлением с высокой седиментационной устойчивостью /А. А. Пивоварчик, А. М. Михальцов, Я. И. Тишкова // *Литье и металлургия*. 2020. №3. С. 31–35. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-31-35>.

DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF A LUBRICANT FOR INJECTION UNDER PRESSURE WITH HIGH SEDIMENTATION STABILITY

A. A. PIVOVARCHYK, Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, 22, Ozheshko str.

E-mail: piwchik21@tut.by,

A. M. MIKHALTSOV, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.

E-mail: michaltsov@tut.by,

Ya. I. TSISHKOVA, Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, 22, Ozheshko str.

E-mail: Tishkova_YI_19@student.grsu.by

The article describes the requirements for the lubricant used in injection molding of non-ferrous alloys. A methodology for conducting research to determine the sedimentation stability of a prepared lubricant is presented, as well as the results of a study of the sedimentation stability of a lubricant used in non-ferrous alloy die casting. It was established that in order to significantly increase the sedimentation stability of the compositions of lubricants for casting silumin based on the selected components, it is necessary to pre-heat the initial components to a temperature of at least 80 °С and mix them at a rotational speed of the dispersant blades of at least 6000 min⁻¹. The optimal mode of lubrication with high sedimentation stability (more than 200 days) is observed at the following temperature and time indicators: the temperature of the heating of the starting components is at least 90 °С, the mixing time is 5 minutes, and the mixing frequency is 18000 min⁻¹.

Keywords. Grease, polymethylsiloxane liquid, fus, sedimentation stability, injection molding.

For citation. Pivovarchyk A. A., Mikhaltsov A. M., Tsishkova Ya. I. Development of the composition of a lubricant for injection under pressure with high sedimentation stability. *Foundry production and metallurgy*, 2020, no.3, pp. 31–35. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-3-31-35>.

Введение

При литье под давлением (ЛПД) алюминиевых сплавов неотъемлемой частью технологического процесса является использование смазок, которые наносят на поверхность пресс-формы с целью образования экранирующего разделительного слоя. Роль смазок состоит в уменьшении усилий, возникающих на границе раздела отливка-литейная оснастка при кристаллизации сплава и его усадки. В момент удаления отливки из полости пресс-формы образующийся слой разделительной смазки способствует предотвращению задигов на поверхности отливок и металлических стержней [1–12]. Известно, что использование смазок способствует стабилизации температурного режима работы пресс-формы [1–6]. Смазки не должны оказывать негативного воздействия на качество поверхности отливки, заключающегося в появлении на теле отливок пятен, вследствие деструкции компонентов, входящих в состав смазки. Некорректный выбор компонентов смазки приводит к снижению коррозионной стойкости отливок, повышению газовой пористости и ухудшению санитарно-гигиенических условий труда заливщика [1–5].

В настоящее время в Республике Беларусь смазки как отечественные, так и зарубежные поставляются конечным потребителям в виде концентрированной эмульсии, в состав которой, как правило, входят основной смазывающий компонент, добавка, поверхностно-активные вещества (ПАВ), стабилизатор и разбавитель. В качестве разбавителя преимущественно используют воду. Перед использованием концентрат разбавляют водой в определенной пропорции, зависящей от толщины стенки отливки и ее конфигурации. В качестве основы смазок применяют тяжелые минеральные масла, животные и растительные жиры и их производные, озокерит, парафин, вазелин технический, высокомолекулярные кремнийорганические соединения и др. [1–8]. Назначение разбавителя – транспортировка смазывающих веществ к поверхности пресс-формы, поддержание приемлемого температурного фона пресс-формы путем регулирования концентрации смазки. С экологической точки зрения вода как разбавитель наиболее приемлема для использования в качестве дисперсионной среды [5–8]. Материалы, используемые в качестве основы смазок, в большинстве случаев являются гидрофобными, поэтому задача получения смазки с высокой седиментационной устойчивостью (СУ) усложняется в связи с необходимостью подбора эффективных ПАВ, создания необходимых температурно-временных условий для получения устойчивых эмульсий типа масло в воде (М/В). Потребитель заинтересован в приобретении продукции с более высокой СУ, так как это позволяет предприятию сформировать заказ на изготовление всей партии отливок в течение установленного отчетного периода.

Целью настоящей работы является исследование влияния температурно-временных показателей приготовления на седиментационную устойчивость смазки.

Методика проведения экспериментов

В качестве основы разрабатываемого состава смазки была выбрана высокомолекулярная кремнийорганическая жидкость ПМС 100, которая обладает высокими технологическими свойствами, интересными с точки зрения ЛПД: высокой разделяющей и кроющей способностью, высокой термостойкостью, низкой газотворностью [9–13]. Кроме того, выбранный материал – экологически безопасный продукт. При этом выбранная марка ПМС имеет некоторые существенные недостатки. К их числу следует отнести низкую смазывающую способность данного материала, а также высокую гидрофобность, вследствие того что полярная полиметилсилоксановая цепь экранирована неполярными метильными группами, что не позволяет получить эмульсию типа М/В с высокой седиментационной устойчивостью [5, 6–8].

С целью снижения гидрофобности полиметилсилоксановой жидкости, повышения ее смазывающей способности и, в конечном итоге, получения устойчивой эмульсии использовали дополнительные вещества – разрыхлители. Для сохранения или повышения смазывающей способности смазки в качестве таких веществ целесообразно опробовать экологически безопасные вещества растительного или животного происхождения. Они хорошо смешиваются с полиметилсилоксановыми жидкостями, особенно после незначительного их подогрева (до 50 °С), образуя густую однородную массу. Определенный интерес с этой точки зрения представляет фус. Фус является побочным продуктом, образующимся при переработке подсолнечного и рапсового масел, и содержит в своем составе целый комплекс ценных с точки зрения литья под давлением компонентов. Преимущественно это непредельные и предельные жирные кислоты (стеариновая, олеиновая), а также фосфолипиды. Суммарное содержание жирных кислот в составе фуса достигает 85% от объема вещества. Исследования показывают, что смазывающая способность данного материала на 37% превышает аналогичный показатель полиметилсилоксановой жидкости

марки ПМС 100 [1–6]. Можно предположить, что использование такого материала в составе смазки позволит повысить ее седиментационную устойчивость, а также смазывающую способность.

В качестве ПАВ при разработке состава водоэмульсионной смазки использовали неионогенный и анионный ПАВ: оксиэтилированный моноалкилфенол на основе триммеров изононила (неонол АФ 9–12) и 5%-ный раствор мыла хозяйственного в воде. Приготовление концентрата водоэмульсионной смазки осуществляли по следующей методике: точное дозирование исходных компонентов проводили объемным методом с использованием мерных мензурок; перед перемешиванием компоненты предварительно подогревали на водной бане до температуры 75 °С; температуру подогрева компонентов контролировали термометром марки А1 с ценой деления 1 °С. После подогрева исходных компонентов и ПАВ к ним добавляли разогретую до 80 °С воду и перемешивали в стеклянной таре емкостью 1,0 дм³ с помощью закрепленного на штативе диспергатора модели Basic T18 Ultra-Tuigaх при частоте вращения лопатки эмульгатора 6000 мин⁻¹. Время перемешивания компонентов, входящих в состав смазки, составляло 5 мин. После перемешивания отбирали пробу приготовленного концентрата смазки в пробирки с целью определения ее СУ. Критерием СУ полученной эмульсии на основе выбранных компонентов являлось время до появления признаков расслоения на различные по плотности фракции в отобранном объеме. В таблице приведены исследуемые составы смазок для литья под давлением алюминиевых сплавов на основе полиметилсилоксановой жидкости ПМС 100 с добавкой фуса.

Исследуемые составы смазок для литья под давлением алюминиевых сплавов

Номер состава смазки	Основа (ПМС 100),%	Добавка фус	ПАВ,%		Разбавитель (вода), %
			неонол АФ 9–12	мыльный раствор	
1	10	15	2,5	0,5	Ост.
2	10	20	2,5	0,5	Ост.
3	10	30	2,5	0,5	Ост.
4	10	35	2,5	0,5	Ост.

Анализ полученных результатов

СУ приготавливаемой эмульсии по указанной методике для всех исследуемых составов, приведенных в таблице, составляла 0,2–3,0 сут. Максимальное значение СУ было отмечено у составов 3 и 4. При этом СУ для данных составов – 2,8 и 3,0 сут соответственно. СУ составов 1 и 2 не превышала 5 ч. В дальнейшем было принято решение об изучении влияния температурно-временных показателей на СУ составов 3 и 4 ввиду максимального значения СУ, полученного при проведении исследований. Во время приготовления состава смазки установлено, что рост СУ эмульсии отмечен лишь после выдержки исходных компонентов в течение 2 мин при температуре свыше 80 °С и частоте перемешивания не менее 6000 мин⁻¹. Экспериментальные данные по влиянию температуры подогрева исходных компонентов на СУ эмульсии при времени их перемешивания 5 мин и частоте вращения лопатки диспергатора 6000 мин⁻¹ после их выдержки при температуре 80 °С в течение 2 мин приведены на рис. 1.

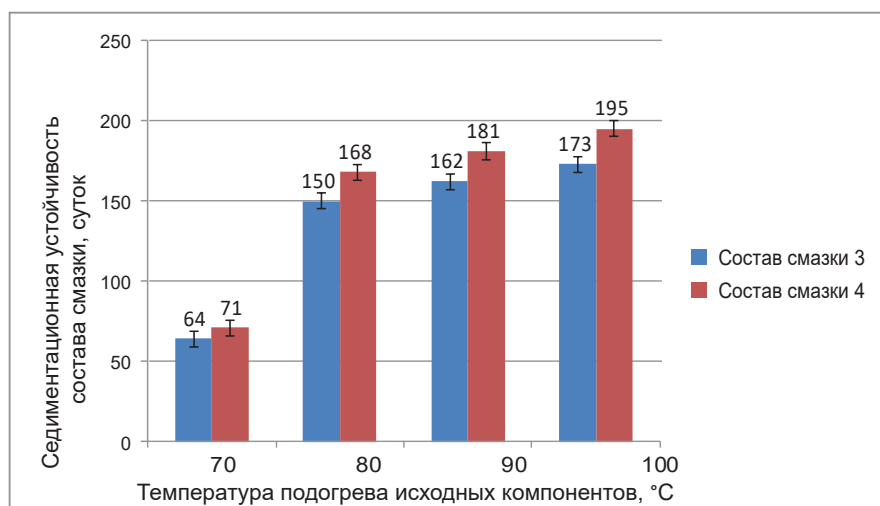


Рис. 1. Результаты исследования седиментационной устойчивости исследуемых составов смазки

Из рисунка видно, что СУ эмульсии после предварительной выдержки компонентов при определенной температуре увеличивается в 50–56 раз в сравнении с исходным значением и составляет для составов 3 и 4 150 и 168 сут соответственно. Полученный результат, по-видимому, можно объяснить тем, что, растворяясь в полиметилсилоксановой жидкости, фус снижает вязкость и плотность ПМС 100 и образует новую систему ПМС 100–фус, и, тем самым, способствует получению эмульсии, обладающей высокой СУ. Поскольку изменение вязкости, связанное с сопротивлением жидкости сдвигу, отражает надмолекулярную структуру изучаемой системы, можно сделать закономерное предположение о проникновении молекул добавок между молекулами ПМС, следствием чего может быть разрыхление системы. Об разрыхлении системы свидетельствует образование однородной белой массы на основе ПМС 100 и фуса после перемешивания данных компонентов вручную. Увеличение времени выдержки при нагреве исходных компонентов до 5 мин приводило к увеличению СУ эмульсии в среднем на 5–8 сут.

На рис. 2 показаны результаты исследований по влиянию частоты перемешивания исходных компонентов на СУ приготавливаемой смазки после их предварительной выдержки в течение 2 мин, времени перемешивания 5 мин, температуре перемешивания 80 °С.

Из рисунка видно, что с увеличением частоты перемешивания исходных компонентов СУ составов смазки увеличивается с 150 до 173 сут для состава 3 и с 168 до 231 сут для состава 4. Полученный результат по увеличению седиментационной устойчивости смазок объясняется тем, что при увеличении частоты перемешивания происходит более интенсивное измельчение мицеллы состава смазки за счет снижения поверхностного натяжения на границе раздела фаз масло-вода, что в свою очередь способствует образованию более устойчивой системы типа масло в воде.

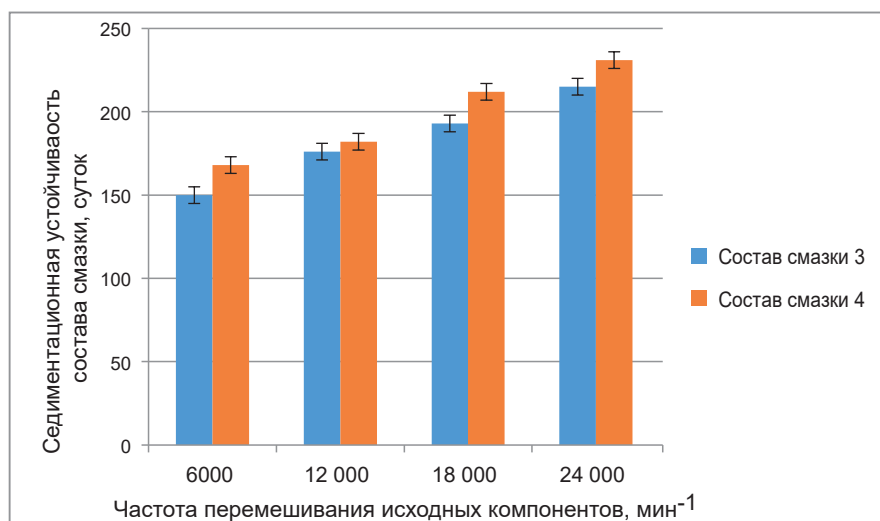


Рис. 2. Результаты исследований влияния частоты перемешивания исходных компонентов на седиментационную устойчивость приготавливаемой смазки

Выводы

В результате проведения исследований установлено, что с целью существенного увеличения СУ составов смазок для литья силуминов на основе выбранных компонентов необходимо подогреть предварительно исходные компоненты до температуры не ниже 80 °С и перемешать их при частоте вращения лопаток диспергатора не менее 6000 мин⁻¹. Оптимальный режим получения смазки с СУ более 200 сут наблюдается при следующих показателях: температура подогрева – не менее 90 °С, время перемешивания – 5 мин, частота перемешивания – 18000 мин⁻¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михальцов А. М., Розум В. А., Пивоварчик А. А. Водоэмульсионные смазки для пресс-форм литья под давлением // Литье и металлургия. 2005. № 4. С. 104–106.
2. Пивоварчик А. А., Михальцов А. М. Смываемость разделительных покрытий при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов методом литья под давлением // Литье и металлургия. 2018. № 1. С. 78–83.
3. Пивоварчик Е. В., Михальцов А. М. Смазка для изготовления песчано-смоляных стержней по нагреваемой оснастке // Литье и металлургия. 2018. № 1. С. 69–74.
4. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Суббота А. А. Газотворность разделительных покрытий для пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением // Литье и металлургия. 2010. № 4. С. 85–89.

5. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Розум В. А. Разработка водоэмульсионных смазок для пресс-форм литья под давлением // Литейное производство. 2006. № 3. С. 15–16.
6. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Слепнева Л. М. Разработка комплексного компонента на основе кремнийорганических полимеров для пресс-форм литья под давлением // Литье и металлургия. 2008. № 1. С. 129–133.
7. Пивоварчик А. А., Слепнева Л. М., Розум В. А. Разработка разделительных покрытий на основе кремнийорганических материалов для пресс-форм литья под давлением // Литейщик России. 2007. № 1. С. 36–40.
8. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А., Дятловский С. К. Материалы разделительных покрытий пресс-форм литья алюминиевых сплавов под давлением // Литейщик России. 2012. № 7. С. 38–40.
9. Пивоварчик А. А., Михальцов А. М. Формирование слоя разделительного покрытия на поверхности пресс-формы при литье под давлением // Литье и металлургия. 2015. № 1. С. 62–65.
10. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А. Исследование адгезионной способности смазок на основе кремнийорганических полимеров для литья под давлением алюминиевых сплавов // Литье и металлургия. 2007. № 1. С. 131–133.
11. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А. Эрозионная стойкость смазок при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов методом литья под давлением // Литье и металлургия. 2008. № 2. С. 47–51.
12. Михальцов А. М., Пивоварчик А. А. Накопление разделительных покрытий на рабочей поверхности технологической оснастки при литье под давлением алюминиевых сплавов // Металлургия: Респ. межвед. сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2007. № 31. С. 179–189.

REFERENCES

1. Mikhaltsov A. M., Rozum V. A., Pivovarchyk A. A. Vodojemul'sionnye smazki dlja press-form lit'ja pod davleniem [Water emulsion lubricants for injection molding molds]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2005, no 4, pp. 104–106.
2. Pivovarchyk A. A., Mikhaltsov A. M. Smyvaemost' razdelitel'nyh pokrytij pri izgotovlenii otlivok iz aljuminievyh splavov metodom lit'ja pod davleniem [Washability of separation coatings in the manufacture of castings from aluminum alloys by injection molding]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 1, pp. 78–83.
3. Pivovarchyk E. V., Mikhaltsov M. A. Smazka dlja izgotovlenija peschano-smoljanyh sterzhnej po nagrevaemoj osnastke [Lubricants for the manufacture of sand-smoothed rods by hydraulic tooling]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2018, no. 1, pp. 69–74.
4. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A., Subbota A. A. Gazotvornost' razdelitel'nyh pokrytij dlja press-form lit'ja aljuminievyh splavov pod davleniem [Gasification of separation coatings for die-casting molds of aluminum alloys under pressure]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2010, no. 4, pp. 85–89.
5. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A., Rozum V. A. Razrabotka vodojemul'sionnyh smazok dlja press-form lit'ja pod davleniem [Development of water-based lubricants for injection molds]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry production*, 2006, no. 3, pp. 15–16.
6. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A., Slepeva L. M. Razrabotka kompleksnogo komponenta na osnove kremnijorganicheskih polimerov dlja press-form lit'ja pod davleniem [Development of a complex component based on organosilicon polymers for injection molds]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2008, no. 1, pp. 129–133.
7. Pivovarchyk A. A., Slepeva L. M., Rozum V. A. Razrabotka razdelitel'nyh pokrytij na osnove kremnijorganicheskih materialov dlja press-form lit'ja pod davleniem [Development of separation coatings on the basis of organosilicon materials for die-casting molds]. *Litejshhik Rossii = Foundry of Russia*, 2007, no. 1, pp. 36–40.
8. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A., Dyatlovsky S. K. Materialy razdelitel'nyh pokrytij press-form lit'ja aljuminievyh splavov pod davleniem [Materials of separation coatings of die-casting molds of aluminum alloys under pressure]. *Litejshhik Rossii = Foundry of Russia*, 2012, no. 7, pp. 33–40.
9. Pivovarchyk A. A., Mikhaltsov A. M. Formirovanie sloja razdelitel'nogo pokrytija na poverhnosti press-formy pri lit'e pod davleniem [Forming a layer of the separation coating on the surface of the mold during injection molding]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2015, no. 1, pp. 62–65.
10. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A. Issledovanie adgezionnoj sposobnosti smazok na osnove kremnijorganicheskih polimerov dlja lit'ja pod davleniem aljuminievyh splavov [Study adhesiveness greases based on silicone polymers for injection molding of aluminum alloys]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2007, no. 1, pp. 131–133.
11. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A. Jerozionnaja stojkost' smazok pri izgotovlenii otlivok iz aljuminievyh splavov metodom lit'ja pod davleniem [Erosion resistance of lubricants in the manufacture of castings from aluminum alloys by injection molding]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2008, no. 2, pp. 47–51.
12. Mikhaltsov A. M., Pivovarchyk A. A. Nakoplenie razdelitel'nyh pokrytij na rabochej poverhnosti tehnologicheskoy osnastki pri lit'e pod davleniem aljuminievyh splavov [Accumulation of separation coatings on the working surface of the tooling when casting aluminum alloys under pressure]. *Metallurgija: Respublikanskij mezhdzvodstvennyi sbornik nauchnyh trudov = Metallurgy: Republican interdepartmental collection of scientific works*, Minsk, BNTU Publ., 2007, vyp. 31, pp. 179–189.