



УДК 621.74.04

Поступила 16.01.2017

РАЗРАБОТКА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРЕСС-ФОРМ ЛИТЬЯ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ

DEVELOPMENT OF HEAT-INSULATING COATINGS FOR DIE MOULD OF LOW-PRESSURE CASTING

*А. А. КОСОВИЧ, Т. Р. ГИЛЬМАНШИНА, Сибирский федеральный университет, E-mail: gtr1977@mail.ru,
Т. А. БОГДАНОВА, ООО «КиК», Е. Г. ПАРТЫКО, Д. Ю. КРИЦКИЙ, Сибирский федеральный
университет, Красноярск, Россия, пр. Свободный, 79. E-mail: elforion@mail.ru*

*A. A. KOSOVICH, T. R. GILMANSHINA, Siberian Federal University, E-mail: gtr1977@mail.ru,
T. A. BOGDANOVA, K&K LTD, E. G. PARTYKO, D. Yu. KRITSKY, Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia, 79, Svobodny ave. E-mail: elforion@mail.ru*

Рассмотрено влияние теплоизолирующих разделительных покрытий на качество легкосплавных колес. Проведено сравнение свойств разработанных составов и зарубежных аналогов. Выполнено компьютерное моделирование литья колеса методом низкого давления в окрашенную пресс-форму. Представлены результаты опробования разработанного состава в условиях действующего производства.

Influence of heat-insulating release coatings on quality of light-alloy wheels is considered. Comparison of properties of the developed compositions and foreign analogues is carried out. Computer simulation of wheel casting by low pressure method in the painted die mould is executed. Results of approbation of the developed composition under the conditions of existing industry are presented.

Ключевые слова. Покрытие, пресс-форма, литье под низким давлением, легкосплавное колесо.

Keywords. Coating, die mould, low-pressure casting, light alloy wheel.

Введение

В настоящее время в мире существует более 200 производителей легкосплавных автомобильных колес. Методом литья под низким давлением изготавливается подавляющее большинство (до 82%) в их суммарном объеме выпуска [1]. Безопасная эксплуатация алюминиевых колес обеспечивается соответствием принятым стандартам качества, определяющим их механические свойства: ГОСТ Р 50511-93, ГОСТ Р 52390-2005, ISO 3006:2015, ISO 3894:2015, ISO 7141:2005, DIN EN 1706 и др.

Несоответствие отливки принятым стандартам обычно вызвано возникновением различных дефектов, связанных с конструкцией колеса (сложный профиль сечения, тепловые узлы) и режимами литья (соблюдение гидродинамического и теплового режимов, ненаправленная кристаллизация и т. д.) [2].

Борьба с дефектами легкосплавных колес реализуется путем оптимизации их конструкции, совершенствования технологии приготовления и очистки расплава, оборудования, оснастки и методов защиты пресс-форм от воздействия металла. Перспективным решением данной задачи, не требующим больших экономических затрат, является применение специализированных покрытий, создающих на поверхности пресс-форм разделительный слой с требуемыми физико-химическими свойствами [3, 4].

Цель данной работы – разработка эффективных теплоизолирующих покрытий пресс-форм для повышения качества легкосплавных автомобильных колес.

Методика эксперимента

Работа выполнена на ООО «КиК» (г. Красноярск) и в лабораториях ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». Были взяты образцы серийно применяемого (D2) и альтернативного (H2) зарубежных покрытий, а также составов, разработанных на кафедре Литейного производства (Ж16).

Исследование общих и рабочих свойств серийно применяемого и разработанных покрытий проводили по ГОСТ 10772-78. Влияние покрытий на жидкотекучесть силумина АК12, являющегося наиболее распространенным в производстве колес, установлено при помощи спиральной пробы по ГОСТ 16438-70.

Сравнительная оценка газотворности исследуемых образцов получена по данным их дифференциально-термического анализа на термоанализаторе TA Instruments SDT Q600, совмещенном с ИК-Фурье спектрометром и газовой кюветой. Для замера теплопроводности покрытий в интервале температур 200–710 °С применяли метод лазерной вспышки.

Для оценки влияния серийного и разработанного покрытий на время кристаллизации и пористость отливок в программном пакете ProCAST выполнено моделирование литья в окрашенную пресс-форму. Расчет производили на основе геометрической модели колеса с оснасткой и нанесенным слоем покрытия.

Обсуждение результатов

На основе проведенных ранее исследований [5, 6] разработан ряд теплоизолирующих покрытий Ж16. Композиции содержат различное количество Al_2O_3 , являющегося достаточно плотным и теплопроводным компонентом.

Сравнение экспериментальных покрытий с зарубежными аналогами приведено в таблице.

Свойства зарубежных и разработанных теплоизолирующих покрытий

Свойство	Покрытие					
	альтернативное	серийное	разработанные составы			
			Н2	D2	Ж160	Ж161
Содержание Al_2O_3 , %	–	–	10	8	6	4
Содержание связующего, %	–	–	60			
Соотношение с водой	2:1	3:1	3:1			
Плотность, кг/м ³	1110	1090	1115	1115	1110	1110
Вязкость, с	11,7	10,8	11,4	11,3	11,2	11
Седиментационная устойчивость, %, отметки через, ч:						
0,5	57	38	35	39	44	51
1	51	32	30	34	38	47
3	42	25	27	31	36	42
7	36	20	22	26	29	38
24	29	20	22	24	27	35
Приведенная прочность слоя, кг/мм покрытия	26,04	29,40	129,52	129,37	129,22	129,08
Шероховатость поверхности слоя, мкм	8,15	7,58	9,73	9,71	9,68	9,65
Жидкотекучесть сплава АК12 по окрашенной форме, см	77	75	79	80	82	84
Относительная оптическая плотность выделяемых газов в интервале 690 ± 720 °С	–	0,04	0,03			

Отличительной особенностью разделительных покрытий серии Ж16 является высокая приведенная прочность, превосходящая зарубежные аналоги до 4,5 раз.

В наполнителе разработанных составов средний размер твердых частиц оксида алюминия составляет 2,63 мкм, а плотность – около 3800 кг/м³. В связи с этим последовательное уменьшение его количества приводит к незначительному снижению плотности и вязкости суспензий, а также прочности на истирание нанесенного слоя, сглаживанию его профиля неровностей.

За счет большого количества связующего седиментационная устойчивость повышена до 20% относительно получасовой отметки, что позволяет дольше хранить готовые покрытия без образования плотного осадка.

Содержание Al_2O_3 , являющегося наиболее теплопроводным компонентом предложенных составов, сказывается на длине пробы жидкотекучести расплава. Увеличение длины спиральной пробы прямо указывает на повышение их изоляционных свойств, т. е. на уменьшение коэффициента теплопроводности (рис. 1). Изменение характера кривой, наблюдаемое при понижении концентрации оксида с 8 до 6%, по-видимому, связано с ослаблением роли данного компонента в формировании теплофизических характеристик покрытия.

Относительная оптическая плотность газов в интервале 690–720 °С у разработанного покрытия на 1/4 меньше, чем у серийного. При прочих равных условиях меньшая газотворность дает основания предполагать снижение количества газовых дефектов в области обода и бортовой закраины колеса.

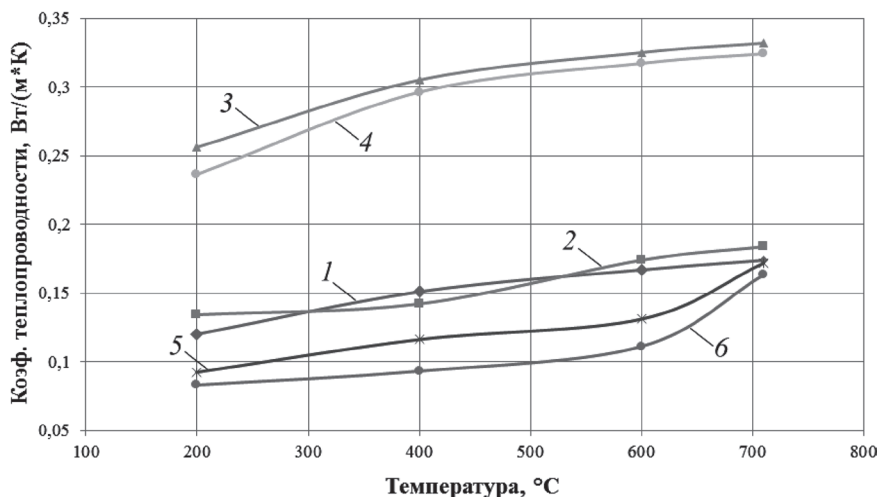


Рис. 1. Зависимость коэффициентов теплопроводности покрытий от температуры: 1 – альтернативное Н2; 2 – серийное D2; 3 – Ж160; 4 – Ж161; 5 – Ж162; 6 – Ж163

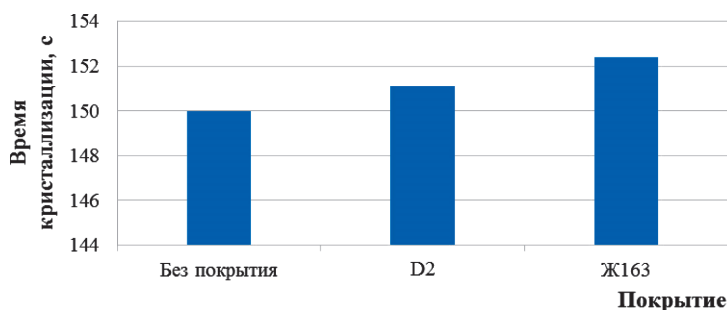


Рис. 2. Влияние разделительных покрытий на затвердевание колеса из сплава АК12

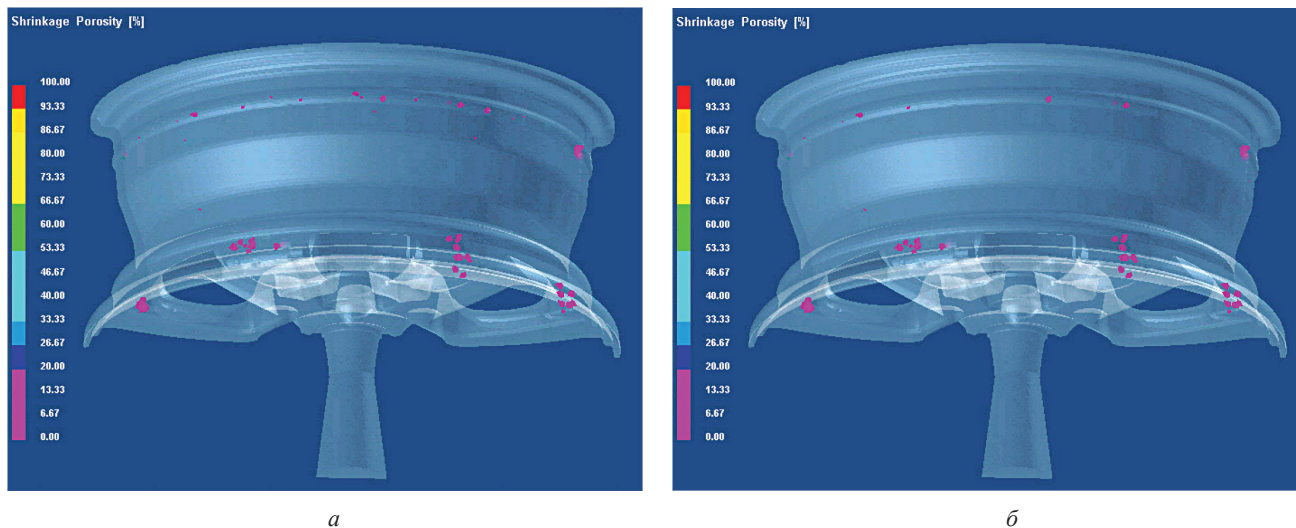


Рис. 3. Пористость легкосплавного колеса в зависимости от покрытия пресс-формы: а – D2; б – Ж163

Сравнение влияния покрытий на теплообмен в системе «расплав – разделительное покрытие – пресс-форма» основано на выполненных расчетах для серийного состава D2 и разработанного Ж163, обладающего лучшей теплоизолирующей способностью среди предложенных.

По результатам компьютерного моделирования, следствием регулирования интенсивности отвода теплоты от затвердевающего расплава к форме является изменение времени кристаллизации колеса. Снижение теплопроводности на 0,021 Вт/(м·К) относительно значения серийного покрытия дает увеличение времени кристаллизации на 1,3 с при полной окраске пресс-формы (рис. 2).

Влияние исследуемых покрытий на образование пористости легкосплавного колеса показано на рис. 3.

Как видно, разработанное покрытие не изменяет характерные зоны распределения пористости колеса, но несколько снижает ее количество. В большей степени устраняется пористость по ободу и в области хампа, т. е. обеспечиваются лучшие условия заполнения и питания тонких сечений.

Оценку влияния серийного и предлагаемого покрытий на качество литых колес осуществляли на производственных мощностях ООО «КиК». Промышленное опробование разработанного состава Ж163 проводили на трех моделях колес (Брент, Беринг и Creed) диаметром 16 дюймов, общий объем выборки превысил 2000 шт. Увеличение выхода годных отливок, прошедших рентген-контроль, составило: Брент – 2,59%; Беринг – 6,12; Creed – 8,90%.

Выводы

Таким образом, среди разработанных покрытий наименьшим коэффициентом теплопроводности при сохранении высокого уровня других свойств обладает композиция Ж163. Данный состав положительно влияет на жидкотекучесть расплава, способен улучшить газовый режим пресс-форм.

С помощью компьютерного моделирования подтверждена возможность использования предложенного состава для снижения интенсивности теплообмена в тонких сечениях отливок из алюминиевых сплавов при литье под низким давлением. По результатам опытно-промышленных испытаний установлено повышение выхода годного для колес диаметром 16 дюймов от 2,6 до 9,0%.

Литература

1. **Богданова Т. А.** Современные технологии изготовления дисков автомобильных колес [Электронный ресурс] / Т. А. Богданова, Н. Н. Довженко, Т. Р. Гильманшина, В. Н. Баранов, А. В. Чеглаков, Г. А. Меркулова, С. И. Лыткина, С. А. Худонов, А. А. Косович, Е. Г. Партыко // *Современные проблемы науки и образования* – 2014. № 5. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/5/567.pdf>
2. **Богданова Т. А., Довженко Н. Н., Гильманшина Т. Р.** [и др.]. Структурообразование литейных алюминиевых сплавов при литье под низким давлением. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. 164 с.
3. **Hamasaiid A.** Effect of mold coating materials and thickness on heat transfer in permanent mold casting of aluminum alloys / A. Hamasaiid, M. S. Dargusch, C. J. Davidson, S. Tovar, T. Loulou, F. Rezai-Aria, G. Dour // *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2007. Vol. 38. № 6. pp. 1303–1316.
4. **Nwaogu U. C.** Foundry Coating Technology: A Review / U. C. Nwaogu, N. S. Tiedje // *Material Sciences and Application*. 2011. № 2. pp. 1143–1160.
5. **Kosovich A. A.** Development experience of effective die mold coatings for low-pressure casting: prospects of using Krasnoyarsk region resources / A. A. Kosovich, T. R. Gilmanshina, T. A. Bogdanova, S. V. Belyaev, E. G. Partyko // *Proceedings of the Eighth International conference on Eurasian scientific development*. Vienna, 2016. pp. 148–150.
6. **Косович А. А.** Импортозамещающие разделительные покрытия для пресс-форм литья под низким давлением / А. А. Косович, Т. Р. Гильманшина, Т. А. Богданова, А. В. Чеглаков, П. Ю. Барбицкий, С. И. Лыткина, Е. Г. Партыко // *Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Техника и технологии*. 2016. Т. 9. № 5. С. 686–692.

References

1. **Bogdanova T. A., Dovzhenko N. N., Gilmanshina T. R., Baranov V. N., Cheglakov A. V., Merkulova G. A., Lytkina S. I., Khudonogov S. A., Kosovich A. A., Partyko E. G.** Modern manufacturing techniques disc auto-mobile wheel. *Advances in modern science*, 2014, no. 5. Available at: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/5/567.pdf> (Accessed 10 May 2016) (in Russian).
2. **Bogdanova T. A., Dovzhenko N. N., Gilmanshina T. R.** [at al.]. *Strukturoobrazovanie litejnyh aljuminievyh splavov pri lit'e pod nizkim davleniem* [Structure formation of aluminum casting alloy for casting under low-pressure]. Krasnoyarsk, 2015. 164 p. (in Russian).
3. **Hamasaiid A., Dargusch M. S., Davidson C. J., Tovar S., Loulou T., Rezai-Aria F., Dour G.** Effect of mold coating materials and thickness on heat transfer in permanent mold casting of aluminum alloys. *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2007, vol. 38, no. 6, pp. 1303–1316.
4. **Nwaogu U. C., Tiedje N. S.** Foundry Coating Technology: A Review. *Material Sciences and Application*, 2011, no. 2, pp. 1143–1160.
5. **Kosovich A. A., Gilmanshina T. R., Bogdanova T. A., Belyaev S. V., Partyko E. G.** *Development experience of effective die mold coatings for low-pressure casting: prospects of using Krasnoyarsk region resources*. Proc. 8th Int. Conf. «Eurasian scientific development». Vienna, 2016, pp. 148–150.
6. **Kosovich A. A., Gilmanshina T. R., Bogdanova T. A., Cheglakov A. V., Barbitsky P. Yu., Lytkina S. I., Partyko E. G.** Importozameshchajushhie razdelitel'nye pokrytija dlja press-form lit'ja pod nizkim davleniem [Import-substituting release coatings for molds of low-pressure casting]. *Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo Universiteta. Serija Tehnika i tehnologii = Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 2016, vol. 9, no. 5, pp. 686–692 (in Russian).