

УДК 621.744

Поступила 06.09.2017

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПЕСЧАНО-ГИПСОВЫХ ФОРМ INTENSIFICATION OF THE DRYING PROCESS OF SAND-GYPSUM MOLDS

*О. И. ПОНОМАРЕНКО, Н. С. ЕВТУШЕНКО, Д. В. МАРИНЕНКО, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина, ул. Кирпичева, 2.
E-mail: litvo21@kpi.kharkov.ua*

И. А. ГРИМЗИН, Научно-производственный центр «Европейские технологии машиностроения», г. Харьков, Украина, ул. Большая Панасовская, 101, корп. В-2

*O. I. PONOMARENKO, N. S. EVTUSHENKO, D. V. MARINENKO, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkov, Ukraine, 2, Kirpichova str. E-mail: litvo21@kpi.kharkov.ua
I. A. GRIMZIN, Scientific-production centre «European technologies for machine-building», Kharkov, Ukraine, 101, kor. V-2, Bolshaya Panasovskaya str.*

Предложены пути интенсификации процесса сушки форм на основе гипса. Разработан технологический процесс сушки форм с использованием микроволновой установки, позволивший повысить качество форм и стержней за счет стабилизации их размеров, а также качество сложных алюминиевых отливок.

The ways of intensification of the drying process of the forms based on gypsum are proposed. The technological process of forms' drying using microwave installation, enhancing the quality of the mold and core due to the stabilization of their sizes, as well as the quality of complex aluminum castings was designed.

Ключевые слова. *Формовочные смеси на основе гипса, сушка, микроволновая установка, алюминиевые отливки.*

Keywords. *Molding mixtures based on gypsum, drying, microwave installation, aluminum castings.*

Освоение производства современных приборов, механизмов и машин, повышение их экономичности, надежности и долговечности во многом зависит от технологии производства литых деталей.

В настоящее время в мелкосерийном и опытно-производственном производстве применяется технология литья цветных металлов в песчано-гипсовые формы. Область применения литья в такие формы весьма разнообразна. Это изготовление сложных отливок из цветных сплавов различной конфигурации: корпусные детали, турбинные колеса со сложными лопатками и т. п., художественное литье.

Преимуществами данного вида литья являются получение отливок с чистой поверхностью и высокой точностью, соизмеримыми с отливками, полученными литьем по выплавляемым моделям и литьем под давлением; простота технологического процесса получения отливки по модели, изготовленной из различных материалов (дерево, пластмасса, пластилин, любой металл и др.); малая теплопроводность форм и их достаточная прочность, что обеспечивает спокойное заполнение металлом сложных и тонкостенных отливок.

Кроме того, такая технология позволяет получать отливки разных размеров: от мелких до крупных, разной массы от нескольких граммов до десятков килограмм [1, 5–7].

Для изготовления песчано-гипсовых смесей используются широко распространенные дешевые материалы – гипс, песок, асбест и т. п. Такие формовочные смеси состоят из трех главных компонентов: огнеупорного материала – песка, кристобалита, шамота, маршалита; армирующего материала – различных сортов асбеста с разной длиной волокна и связки в виде гипса.

Отличительной особенностью формовочного материала на основе гипса является хорошая текучесть его в смеси с водой. Хорошая текучесть, чистота поверхностей после затвердевания и точность воспро-

изведения отпечатка делают возможным получение из них формы по любой сложной модели. Способность гипса быстро затвердевать, легкость и простота формовки также важные свойства этого материала.

На свойства формы и стержней оказывают влияние концентрация в смеси гипса, воды, различных видов связующих, огнеупорных наполнителей и их гранулометрический состав, температура и продолжительность сушки форм.

Однако на сегодня по-прежнему «узким» местом остается операция сушки форм. Сушка является энергоемкой и продолжительной операцией. Неполное просушивание даже небольших форм, изготовленных из смесей с максимальным содержанием гипса и асбеста, приводит к большим изменениям размеров форм при сушке [1, 5].

Поэтому цель работы – интенсификация процесса сушки форм и стержней на основе гипса в качестве связующего материала, позволяющего сократить время ее проведения, что даст возможность получать точные детали сложной формы необходимого качества.

Процессы, происходящие при нагревании формы или стержня, можно описать следующим образом [4].

В начальный период при нагревании формы на основе гипса происходит обезвоживание ее с образованием полугидрата $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и удаление из песчано-гипсовой смеси капельно-жидкой воды. При низких температурах или недостаточной длительности нагревания формы в ее составе может содержаться некоторое количество неразложившегося двуводного гипса. В зависимости от способа тепловой обработки происходит образование α - или β -модификации полуводного гипса.

Химическая реакция разложения двуводного гипса протекает теоретически при температуре 107 °С:



В интервале температур 170–200 °С происходит дальнейшая потеря гипсовыми формами кристаллизационной воды. В этом интервале температур начинает образовываться так называемый растворимый ангидрит (CaSO_4), активно соединяющийся с водой и вновь переходящий в полугидрат. При температурах 200–400 °С происходит почти полное удаление из гипса химически связанной воды и образуется смесь нерастворимого и растворимого ангидрита. Реакция гидратации проходит очень медленно.

При температуре выше 400–450 °С из гипса образуется ангидрит (CaSO_4), который практически не вступает в соединение с водой. При более высоких температурах 750–800 °С гипс частично разлагается с образованием окиси кальция. При дальнейшем повышении температуры выше 1000 °С количество окиси кальция в гипсе увеличивается.

Традиционная процедура сушки гипсовых стержней и форм включает в себя следующие операции: провяливание на стеллажах после изготовления в течение 1–2 сут, а затем их сушка в термокамере 56 ч при температуре от 80 до 150 °С.

Для интенсификации и сокращения процесса сушки форм и стержней предложено использовать микроволновую печь «Хот-Стрим» ДВ-6-02-6-100.

Сроки затвердевания форм и стержней на основе гипса зависят от ряда факторов: от качества сырья, тонкости помола, условий обжига, температуры окружающей среды, гипса и воды при приготовлении, состава смеси, величины водогипсового соотношения, длительности и условий хранения.

Для приготовления смеси использовали гипс марки Г-10 Н-III ДСТУ Б В.2.7-82-2010, кварцевый песок 1К₁ О₁ 025 (ГОСТ 2138-91), ПАВ, воду.

Гипс и песок смешивают в смесителе в соотношении 2:1 в течение 10 мин до получения однородной сухой массы. Количество воды берется в пропорции на 100 в. ч. смеси 45 в. ч. воды. Температура воды должна быть в пределах 15–20 °С. Теплую воду выше 30 °С применять не желательно. Это приводит к быстрой кристаллизации гипса с излишним выделением тепла и увеличением объемного расширения. В воду добавляют ПАВ из расчета 20 г на 10 л воды для улучшения проливаемости и заполняемости формы.

Жидкую смесь готовили в специальном миксере, который вращается с частотой 600–800 об/мин. Перемешивание производили в течение 45 с. Время затвердевания такой смеси 11–13 мин.

Для исследования процесса сушки были изготовлены четыре партии цилиндрических образцов диаметром 70 мм и высотой 110 мм. Три партии были установлены на стеллаж для провяливания. Первая партия образцов провяливалась в течение 40 ч, вторая – 24, третья – 16 ч. Четвертая партия образцов провяливание на стеллажах не подвергалась.

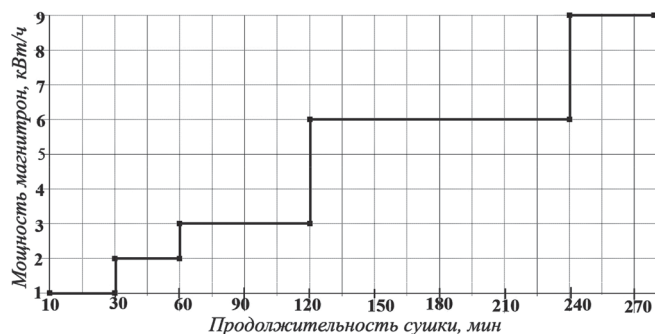


Рис. 1. Схема сушки гипсовых образцов

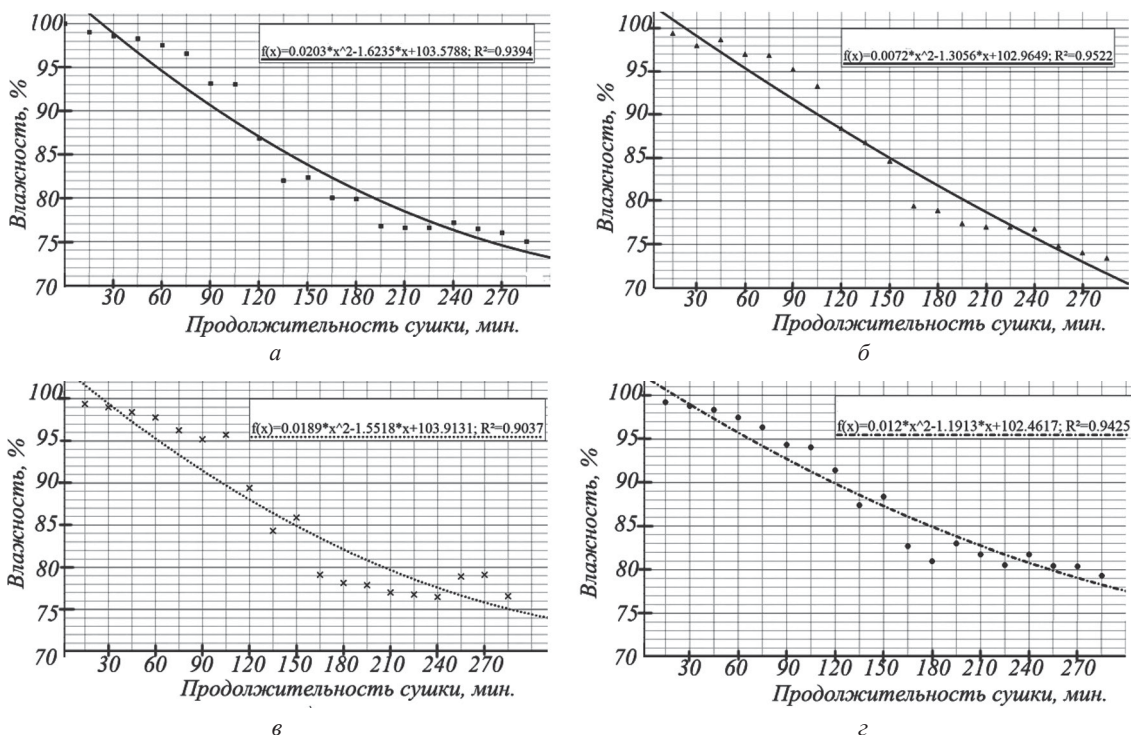


Рис. 2. Зависимость потери массы образцами от времени их сушки: а – для 1-й партии образцов; б – для 2-й; в – для 3-й; г – для 4-й партии образцов

Все образцы были взвешены и помещены в микроволновую печь «Хот-Стрим» ДВ-6-02-6-100. Сушку проводили по графику (рис. 1). Сначала включали один магнетрон, который работал 30 мин. Мощность одного магнетрона 1 кВт/ч. Затем включали второй магнетрон и сушка продолжалась еще 30 мин. Через 1 ч был включен третий магнетрон и сушку проводили в течение 60 мин. Через 2 ч после начала интенсивной сушки были включены еще три магнетрона и сушка продолжалась еще 2 ч. Затем были включены еще три магнетрона на 30 мин. Общее время сушки – 270 мин.

Оставшиеся образцы из микроволновой печи были перенесены в тепловой шкаф, где они находились в течение 24 ч при температуре 120 °С для удаления выступившей влаги с поверхности образцов.

Каждые 15 мин из микроволновой печи извлекали по три образца из каждой партии для взвешивания. Для взвешивания использовали весы лабораторные общего назначения с точность взвешивания 0,01 г.

Влажность образцов W определяли по формуле:

$$W = \frac{Q - Q_1}{Q} \times 100 [\%],$$

где Q – первоначальная масса образца до сушки, г; Q_1 – масса образца после сушки, г.

Для каждой партии образцов по результатам экспериментов были построены зависимости потери влаги образцами с течением времени сушки. На рис. 2 представлены зависимости потери массы образцами от времени сушки для каждой партии образцов.

В результате обработки данных в исследуемом интервале было установлено, что потерю массы образцами за время сушки можно описать экспоненциальными уравнениями.

В таблице приведены математические зависимости потери массы образцами за время сушки и величины достоверности аппроксимации R^2 .

Математические зависимости потери массы образцами за время сушки

Номер партии	Уравнение полиномы	Коэффициент достоверности
1	$y = 0,0203x^2 - 1,6235x + 103,5788$	$R^2 = 0,9394$
2	$y = 0,0072x^2 - 1,3056x + 102,9649$	$R^2 = 0,9522$
3	$y = 0,0189x^2 - 1,5518x + 103,9131$	$R^2 = 0,9037$
4	$y = 0,012x^2 - 1,1913x + 102,4617$	$R^2 = 0,9425$

Опытным путем установлено, что одновременное включение большого количества магнетронов (6–9) приводит к быстрому нагреву форм и стержней, что влечет за собой большой риск их полного разрушения. Кроме того, происходит стремительная потеря влаги в наружных слоях форм и стержней, что значительно увеличивает осыпаемость песка с их поверхности и приводит к образованию засоров в отливках. Прочность форм и стержней при этом резко снижается, нарушается геометрия размеров.

При эксплуатации установки с использованием 1–2 магнетронов формы и стержни нагревали очень медленно. Потеря влаги увеличивалась на 5–7% по сравнению с проявливанием на воздухе, время сушки при этом изменилось не существенно.

При режиме работы на 5–6 магнетронах формы теряют 20–25% влаги за промежуток времени 3–5 ч. Повторная сушка форм и стержней в микроволновой установке приводит к их полному разрушению.

Анализ проведенных исследований показал, что целесообразно использовать комбинированный режим сушки, включающий в себя предварительное проявливание на воздухе, затем плавную сушку в микроволновой установке и дополнительную сушку в тепловом шкафу. Заключительную операцию необходимо проводить на протяжении 20–24 ч для того, чтобы удалить влагу, которая выступает на поверхности форм и стержней при сушке в микроволновой установке. В противном случае при заливке металл «кипит» и в отливках возникают газовые раковины.

При данном режиме сушки формы нагреваются постепенно, только через 2 ч после начала сушки начинается видимое осветление ее поверхности и происходит интенсивная потеря влаги, температура поверхности образцов превышает 50 °С. После 270 мин такого режима образцы перестают терять влагу, поэтому их помещают в термощкаф для удаления влаги с поверхности. Лучшую чистоту поверхности и меньшую плотность имеют образцы из первой партии.

Экономический эффект при внедрении новой технологии сушки с использованием микроволновой вакуумной установки позволил практически вдвое сократить затраты на электричество. Таким образом, заливать металл в гипсовую форму по новой технологии можно уже через 1 сут после начала сушки, в то время как при стандартном подходе – через 3 сут.

Выводы

Практическое значение работы заключается в решении важной научной и технической задачи по сокращению технологического цикла изготовления литейных гипсовых форм и улучшению их свойств, что будет способствовать более широкому применению данного вида литья в промышленности.

Изучение механизма потери влаги гипсо-песчаными формами позволит вводить в состав смеси только необходимое количество воды, что ведет к снижению брака по газовым раковинам и улучшить качество поверхности отливки; определять оптимальное время сушки формы в зависимости от толщины ее стенки и состава формовочной смеси.

Разработаны математические зависимости потери влаги образцами от продолжительности сушки.

Проведены исследования процесса сушки песчаных форм на основе гипса и разработан технологический процесс сушки форм с использованием микроволновой установки, позволивший повысить качество форм и стержней за счет стабилизации их размеров, а также качество сложных алюминиевых отливок.

Предложенный режим сушки дает возможность снизить длительность сушки на 50% и, тем самым, уменьшить затраты на электроэнергию до 50–70% в зависимости от размеров стержня.

Разработанный технологический процесс сушки показал свою высокую эффективность и был апробирован в производственных условиях НПЦ «Европейские технологии машиностроения», г. Харьков.

Литература

1. **Иванов В. Н.** Специальные виды литья /под ред. В. С. Шуляка. М.: МГИУ, 2007. 316 с.
2. **Ефимов В. А.** Специальные способы литья: справ. / В. А. Ефимов, Г. А. Анисович [и др.]. М.: Машиностроение, 1991. 436 с.
3. **Оболенцев Ф. Д.** Качество литых поверхностей / Ф. Д. Оболенцев. М.: Машгиз, 1965. 284 с.
4. **Кестнер О. Е.** Точное литье цветных сплавов в гипсовые и керамические формы / О. Е. Кестнер, В. К. Бураданьянц. М.: Машиностроение, 1973. 287 с.
5. **Ясюков В. В.** Композиционные отливки с регулируемым поверхностным слоем / В. В. Ясюков, Т. В. Лысенко, К. В. Волянская // Металл и литье Украины. 2016. № 4. С. 36–40.
6. **Бураданьянц В. К.** Гипсовая оснастка для точного литья / В. К. Бураданьянц. М.: Машиностроение, 1963. 245 с.
7. **Мариненко Д. В.** Получение корпусных тонкостенных отливок в гипсовые формы / Д. В. Мариненко, О. И. Пономаренко, И. А. Гримзин // Матеріали Х міжнародної науково-практичної конференції «Литво-2016» (24–26 травня 2016г., м. Запоріжжя). Запоріжжя: Редакційний відділ ЗТПП, 2016. С. 180–181.