

УДК 620.9

А. В. Дмитриев, С. Ф. Лорай, В. Э. Зинуров,
О. С. Дмитриева

АНАЛИЗ ПРОГРЕВА ФОРМ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ключевые слова: нагрев, изменение температуры, сталь, силумин.**В статье представлены исследования по нагреву плоских форм из стали, сплава алюминия и кремния (силумина) во времени. Параметры процесса нагревания в итоге влияют на эксплуатационные характеристики и качество готового продукта. Исследования показали, что изготовление формы из силумина, чем из стали, является более предпочтительным, поскольку за более короткий промежуток времени достигается равномерный прогрев.**Keywords: heat, change of temperature, steel, silumin.**The article presented a study on heating flat forms of steel, alloy of aluminum and silicon (silumin) over time. The parameters of the heating process as a result of affect the performance and quality of the finished product. Studies have shown that the production shape of silumin than steel is more preferable because a shorter period even heating is achieved.*

Анализ развития науки и техники в европейских странах и России показал, что значительное применение в промышленности нашли полимерные материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, необходимыми для создания многих изделий широкого круга назначения [1]. Так в Азии, США и Европе созданы крупнейшие комплексы по выпуску стирола, мощности многих из них превышают 1 млн тонн/год. При этом общее производство стирола в России составило в 2013 г. 609 тыс. тонн, ключевыми направлениями использования стирола являются производство полистирола (38%), вспененного полистирола (21%) и АБС-пластиков (17%) [2]. Стоит отметить, что полистирол применяют для самых разнообразных целей, до сих пор наблюдается большой интерес к нему и технологиям изготовления из него различных элементов.

Полистирол имеет ячеистую структуру с изолированными друг от друга порами, наполненными воздухом. Такое строение позволяет обеспечить безопасную транспортировку товара. Такой лоток упругий на ощупь, без запаха, не выделяет токсичных компонентов при контакте с продуктами, экологически безопасный. Вспениваются шарики полистирола в специальной машине для формовки изделий, химическая реакция происходит, как правило, при температуре 90°C, с добавлением при необходимости стабилизаторов. Формирование изделий происходит при помощи специальных форм. В формы засыпается сырье и под действием пара и сжатия шарики прилипают друг к другу. Процесс хорошо реализуется, однако производители, применяющие формы нестандартной конфигурации, сталкиваются с проблемой некачественного спекания гранул вспененного полистирола под действием давления и высокой температуры. Следствием является, что отдельные части формы подвержены воздействию тепла более продолжительное время, чем внутренние слои, что может привести к разрыву стенок ячеек и нарушению структуры поверхностных слоев материала. Кроме того, плотность готового изделия может отличаться от требуемой по техническим условиям. Поэтому изучение процессов синтеза полимеров на сегодняшний день является одной из самых актуальных тематик [3, 4].

Целью настоящей работы является исследование процесса прогрева формы для спекания вспененного

полистирола (рис. 1). Готовое изделие необходимо для транспортировки взрывателей, поэтому важной задачей является равномерный прогрев формы для того, чтобы конечный продукт обеспечивал удержание и фиксацию деталей, не допуская их детонации.

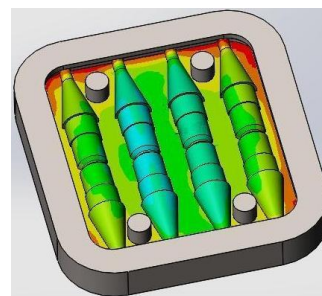


Рис. 1 – Форма для спекания гранул вспененного полистирола

Исследования проведены для форм, изготовленных из стали и силумина (коррозионностойкий сплав Al, содержащий 1-13% Si), высотой 6 см, шириной 30 см, длиной 31 см. Толщина формы не одинакова по ее высоте. Коэффициент теплопроводности стали при 20°C 47 Вт/(м·K), для силумина 127 Вт/(м·K). Температура нагрева t_n изменялась в диапазоне от 90 до 120°C, при этом на поверхности формы были зафиксированы минимальные и максимальные температуры, t_{min} и t_{max} соответственно. Температура меняется в направлении, перпендикулярном плоскости формы. Понятно, что наиболее быстро изменяется температура гранул, лежащих вблизи поверхности формы, так спекание осуществляется быстрее. По мере нагрева температура в каждой точке формы асимптотически приближается к температуре нагревающей среды. Время нагрева t составляет 600 с, начальная температура формы $t_0 = 20^\circ\text{C}$. С увеличением времени нагрева формы разница температур будет уменьшаться (рис. 2, 3). Для визуализации результатов исследования на графиках представлено изменение во времени отношения максимальной температуры поверхности формы к минимальной.

Результаты показали, что характер изменения параметра t_{max}/t_{min} во времени для формы из силумина и стали при температуре нагрева 90°C идентичен полученным результатам при температуре на-

грева 100°C (рис. 2, 3, линии 1 и 2), погрешность не превышает 2%.

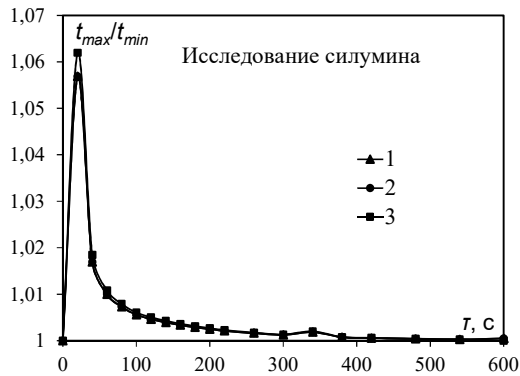


Рис. 2 – Характер изменения параметра t_{max}/t_{min} во времени для формы из силумина в зависимости от температуры нагрева t_n , °C: 1 – 90; 2 – 100; 3 – 120

В условиях передачи теплоты через стенку формы при внезапном изменении температуры гранул полистирола не вся теплота передается через стенку, поскольку часть теплоты уходит на изменение внутренней энергии самой формы, ее температуры [5]. Параметр t_{max}/t_{min} достигает своего максимума в случае силумина на 20 секунде прогрева формы (рис. 2), для формы из стали таким временем является 60 секунд (рис. 3), причем вне зависимости от температуры нагрева формы.

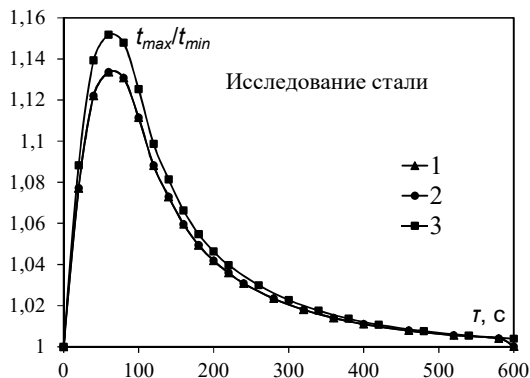


Рис. 3 – Характер изменения параметра t_{max}/t_{min} во времени для формы из стали в зависимости от температуры нагрева t_n , °C: 1 – 90; 2 – 100; 3 – 120

Изготовление формы из силумина, чем из стали, является более предпочтительным, поскольку за более короткий промежуток времени (≈ 100 с) достигается равномерный прогрев формы, следовательно, изготовление более качественного продукта (рис. 2).

Для того, чтобы оценить можно ли осуществить равномерный прогрев еще за более меньший период времени были проведены исследования для формы из силумина, толщина которой одинакова по всей ее высоте, т.е. в форме выполнены дополнительные вырезы. Разница между максимальной и минимальной температурами поверхности формы с вырезами при прочих

равных условиях стала меньше (рис. 4), снижение до 3%. Разница температур стремится к нулю с 80 секунды от начала прогрева формы. Параметр t_{max}/t_{min} достигает своего максимума также на 20 секунде прогрева формы.

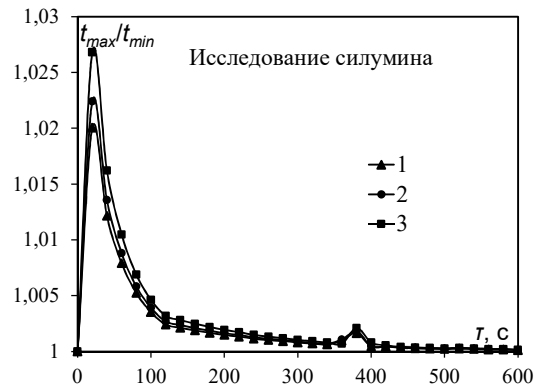


Рис. 4 – Характер изменения параметра t_{max}/t_{min} во времени для формы из силумина с вырезами в зависимости от температуры нагрева t_n , °C: 1 – 90; 2 – 100; 3 – 120

Таким образом, исследования показали, что прогрев форм из силумина и стали во времени зависит от начальной температуры нагревающей среды, температура среды 90°C является достаточной для процесса спекания гранул вспененного полистирола, обеспечивая более равномерный прогрев формы в любой ее точке. Выполнение вырезов в форме для организации одинаковой толщины по всей высоте элемента привел к положительным результатам, однако весь эффект стал ничтожным по сравнению с затратами на изготовление отливок из сплавов. Для лучшего эффекта необходимо подбирать материал формы с максимальным значением коэффициента теплопроводности, либо увеличение температуры нагревающей среды или способа нагрева.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-5215.2016.8 (договор № 14.Z56.16.5215-МК от 14 марта 2016 г.).

Литература

1. Е.Н. Каблов, *Авиационные материалы и технологии*, S, 7-17 (2012).
2. В.Я. Андрианов, *Нефтегазовая вертикаль*, 22, 62-66 (2014).
3. А.В. Опаркин, Н.В. Улитин, *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 18, 102-107 (2013).
4. А.В. Опаркин, И.И. Насыров, В.А. Сидельникова, Н.В. Улитин, Р.Я. Дебердеев, *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 7, 121-126 (2013).
5. Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. *Тепломассообмен*. МЭИ, Москва, 2011. 562 с.

© А. В. Дмитриев – зав. кафедрой ТОТ КГЭУ, ieremiada@gmail.com, С. Ф. Лорай – начальник военного представительства, В. Э. Зинуров – студент КГЭУ, vadd_93@mail.ru, О. С. Дмитриева – доцент кафедры ПАХТ НХТИ КНИТУ, ja_deva@mail.ru.

© A. V. Dmitriev – the head of «Theoretical basis of thermotechnics» chair, KSPEU, ieremiada@gmail.com, S. F. Loraj – chief military representative, V. Je. Zinurov – student of KSPEU, vadd_93@mail.ru, O. S. Dmitrieva – assistant professor of PACHT, NCHTI KNRTU, ja_deva@mail.ru.