

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОПОЛИСТИРЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ

А. С. Григор ¹, С. Ю. Ковылин ², В. А. Марков ¹

¹ Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

² ОП ООО «Полимет», г. Тольятти, г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрен процесс получения газифицируемых моделей из разных фракций пенополистирола и исследованы их физико-механические свойства.

Ключевые слова: модель, пенополистирол, физико-механические свойства

RESEARCH OF TECHNOLOGY OF RECEIVING EXPANDED POLYSTYRENE MODELS

A. S. Grigor ¹, S. Yu. Kovylin ², V. A. Markov ¹

¹ Altai State Technical University, Barnaul, Russia

² OP ООО «POLIMET», Togliatti, Barnaul, Russia

In article process of receiving gasifiable models of different fractions of expanded polystyrene is considered and their physicomachanical properties are investigated.

Ключевые слова: model, expanded polystyrene, physicomachanical properties

Способ литья по газифицируемым моделям был предложен и запатентован для изготовления художественных отливок в 1958 г. Модель из пенопласта, обладающая малой объемной массой, формируется в любой формовочной смеси так, что образуется неразъемная форма.

Перед заливкой формы модель не извлекается, а металл через литник заливается непосредственно на модель, которая под действием его теплоты газифицируется, освобождая полость формы.

Главная особенность этого технологического процесса – применение не извлекаемой перед заливкой металла модели – определяет основные его достоинства:

- повышается точность отливок благодаря неразъемной форме, отсутствию операции извлечения модели, смещению полужформ и стержней при сборке, что позволяет уменьшить припуски на механическую обработку;

- можно изготавливать отливки сложной конфигурации без применения стержней, так как формовка осуществляется по «чистой» модели;

- упрощается процесс изготовления литейной формы, отпадает необходимость применения отъемных частей, стержней, а при использовании сухих дисперсных наполнителей без связующего или ферромагнитных материалов, формовка и выбивка форм после заливки существенно упрощаются;

- снижается трудоемкость обрубки и чистки отливок ввиду отсутствия заливок и заусенцев, появляющихся на отливках из-за разъема формы и применения стержней;

- расширяются возможности автоматизации и механизации процессов изготовления отливок.

Развитие литейного производства в последние годы характеризуется созданием новых и существенным совершенствованием ранее применявшихся технологических процессов, что открывает возможности получения металлических отливок с недостижимыми ранее качественными характеристиками, как в отношении размерной точности, состояния поверхности, тонкостенности и сложности конфигурации, так и по физико-механическим свойствам металла.

Эти достижения литейного производства во многом связаны с использованием новых технологических материалов, таких как пенополимеры, для изготовления моделей.

Литье по газифицируемым моделям находит все большее применение на многих предприятиях, расширяется область его использования для различной номенклатуры и сплавов. В данном расчете рассмотрено производство пенополистироловых моделей головки цилиндра двигателя с годовой программой выпуска 90 тысяч штук.

Однократность использования модели предопределила относительно высокую стоимость получаемых по ней отливок. При этом модель из формы не извлекается, что позволяет повысить качество отливки. Изготовление моделей из пенопласта позволяет получать отливки сложной конфигурации и с заданной структурой. Однако важным преимуществом использования для литья металлов по газифицируемым моделям является то, что технологические процессы легко поддаются регулированию комплексной автоматизации и управлению с помощью микропроцессорной техники, что позволяет решить задачи не только повышения, но и стабилизации качества отливки. Для определения важных свойств пенополистирола для изготовления газифицируемых моделей была разработана методика с использованием имеющегося лабораторного оборудования. Однако линейная усадка не определялась, так как для ее определения требуется прибор с самописцем и высокой точностью измерения. Для получения фасонных отливок по газифицируемым моделям требуемого качества необходима качественная модель. Чтобы получить качественную модель в заводской лаборатории должен проводиться входной контроль получаемого полистирола, так как свойства материала различных партий могут меняться даже в пределах одной марки.

У полученного полистирола после предварительного вспенивания (время которого должно быть оговорено в технологическом процессе) и вылеживания (высушивания) на воздухе не менее 4 ч определяется насыпная масса.

Далее из предвспененного полистирола изготавливают образцы для проведения испытаний. Для определения объемной массы, прочности пенополистирола при сжатии, влажности предлагается использовать образец цилиндрической формы (в отличие от образцов в виде куба предлагаемых в литерату-

ре) со стандартными размерами, то есть диаметр образца 50 мм и высота образца 50 мм.

При изготовлении литейной формы на модель действуют изгибающие нагрузки, что может послужить причиной получения бракованной отливки, предлагается испытывать образцы пенополистирола на изгиб.

Для определения прочности пенополистирола при статическом изгибе используется образец в виде бруса свободно лежащего на двух опорах. Используется образец размерами 20x20x120 мм.

Для определения прочности на разрыв (так как при недостаточной прочности при извлечении модели из пресс-формы модель может порваться) используется стандартный образец-восьмерка, который используется для определения разрывной прочности формовочных смесей.

Так как для определения свойств пенополистирола (осуществления входного контроля) нет специализированного оборудования, была разработана методика определения его свойств на обычном лабораторном оборудовании для формовочных и стержневых смесей.

В нашем случае использовалась лабораторная машина 04116 – «машина испытательная для определения предела прочности формовочных и стержневых смесей».

Для проведения испытаний перед процессом изготовления образцов-моделей был проведен рассев исходного полистирола на стандартном наборе сит (было рассеяно 50 г). Полученный гранулометрический состав представлен на рисунке 1.

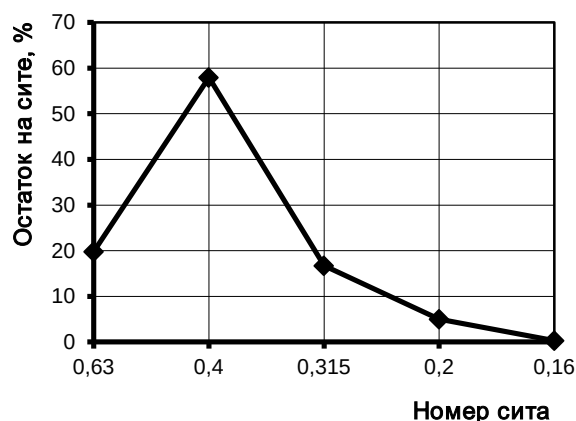


Рисунок 1 — Гранулометрический состав пенополистирола ПСВ-Л-1С

После этого фракции 0,63, 0,4 и 0,315 были вспенены в течение разного временного отрезка – 3, 6, 9, 12, 15 и 18 минут. Затем предварительно вспененный материал был высушен на открытом воздухе в течение суток. По истечении суток проводилось определение насыпной массы пенополистирола, таким образом – взвешивалась навеска 4 грамма и высыпалась в мерный цилиндр. После уплотнения встряхиванием измерялась высота насыпанного материала, и вычислялся объем занимаемый пенополистиролом. После произведенных расчетов были получены зависимости насыпной массы от времени предварительного вспенивания и величины исходных гранул. Результаты сведены в графики, изображенные на рисунке 2.

Процесс предварительного вспенивания проходил в кипящей воде $t = 97...100^{\circ}\text{C}$ и при этом определялась слипаемость гранул. При предварительном вспенивании полимера из расхода 0,25 кг на 1 м поверхности, слипшиеся гранулы образовывали комки размером не более 20 мм. Из этого можно сделать вывод о том, что класс слипаемости пенополистирола марки ПСВ-Л-1С находится в пределах 0 – 1 класса.

После определения насыпной массы изготавливались образцы-цилиндры, после их вылеживания определялась объемная масса образцов. Для этого штангенциркулем измерялись образцы с точностью до 0,1 мм и взвешивались с точностью до 0,01 г.

Объемная масса моделей определялась по формуле:

$$\rho_{\text{мод}} = M/V$$

где M – масса образца, V – объем образца.

Полученные данные измерений и расчетов представлены на графике зависимости на рисунке 3.

Твердость моделей из пенополистирола определялась твердомером модели 071 (заводской номер 526-962). Твердость газифицируемых моделей зависит от объемной массы и гранулометрического состава. Результаты исследования пенополистиролловых моделей приведены на рисунке 4.

Прочность пенополистирола при сжатии в соответствии с техническими условиями определяется при 10 %-ной деформации образцов в виде куба. Прочность моделей является важным свойством, так как обеспечивает получение литейной формы и отливки с точными размерами и чистой поверхностью. При недостаточной прочности модели возможна ее деформация при формовке, что является недопустимым.

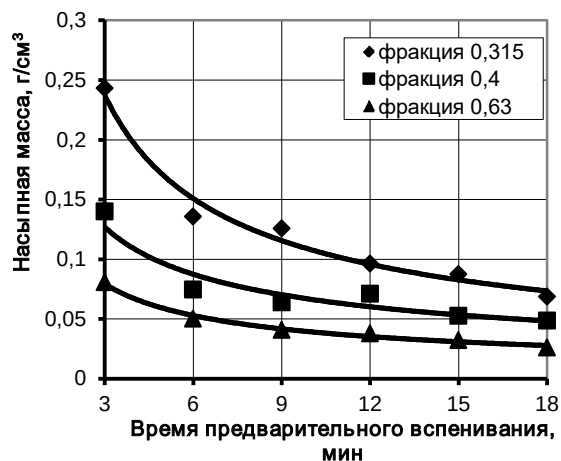


Рисунок 2 – Влияние времени предварительного вспенивания на насыпную массу образцов из пенополистирола

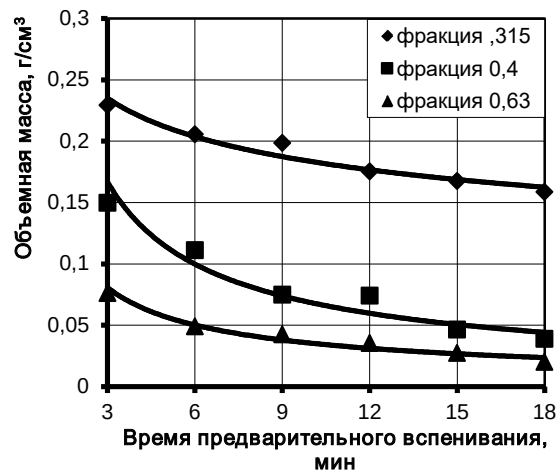


Рисунок 3 – Влияние времени предварительного вспенивания на объемную массу образцов из пенополистирола

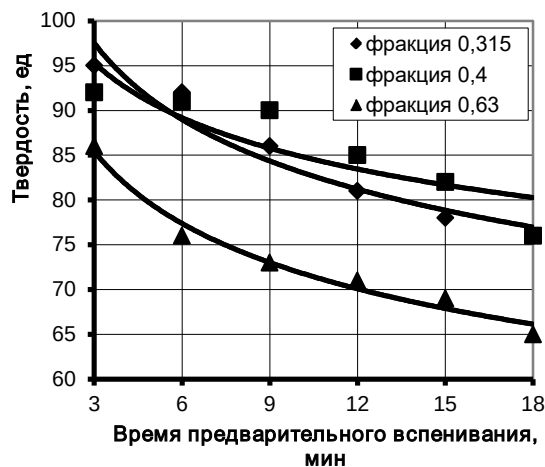


Рисунок 4 – Влияние времени предварительного вспенивания на твердость образцов из пенополистирола

Для пенополистироловых газифицируемых моделей 10 %-ная деформация недопустима, так как при такой деформации модели будет забракована отливка. Поэтому для определения прочности пенополистирола при сжатии достаточно 1 %-ной деформации.

После проведения исследований на твердость моделей из пенополистирола фракций 0,315, 0,4 и 0,63 были получены следующие результаты, которые представлены на рисунке 5.

Прочность пенополистироловых моделей на разрыв определяется для того, чтобы при извлечении модели из пресс-формы не произошел ее разрыв, так как газифицируемые модели достаточно хрупкие. Разрыв образцов-восьмерок производился на машине 04116 снабженной специальными зажимами и реверсом. Результаты проведенного эксперимента представлены на рисунке 6.

Прочность при статическом изгибе определялась на машине 04116, снабженной специальным приспособлением, которое позволяло свободно лежать образцу на двух опорах и воспринимать нагрузку, приложенную в его центре.

На рисунке 7 отражает зависимость прочности при статическом изгибе от времени предварительного вспенивания.

Насыпная и объемная масса определялись с помощью мерного цилиндра, весов ВЛК и штангенциркуля, прочности определялись на машине 04116, имеющейся в заводской лаборатории.

В процессе предварительного вспенивания происходит нагрев гранул полистирола. Легкокипящая изопентановая фракция или изопентан испаряются при 28...30 °С и создают внутри гранулы во всем ее объеме значительное давление. При 80 °С полистирол размягчается, переходит в каучукоподобное состояние и под действием паров изопентана растягивается; гранула приобретает ячеистое строение. Эти процессы приводят к увеличению объема гранул в десятки раз. Соответственно, насыпная масса подвспененных гранул уменьшается с увеличением продолжительности тепловой обработки до некоторого определенного значения.

При предварительном вспенивании после нагрева и выдержки в течение определенного времени подвспененные гранулы охлаждаются на воздухе. В это время полистирол, охлаждаясь ниже температуры стеклования, вновь превращается в стеклообразное состояние, а изопентан переходит в жидкость, что приводит к образованию вакуума внутри ячеек гранул. В процессе выдержки происходит диффузия воздуха внутрь ячеек.

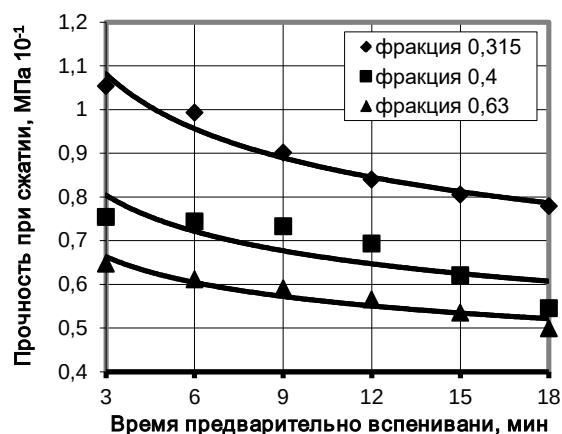


Рисунок 5 – Влияние времени предварительного вспенивания на прочность при сжатии образцов из пенополистирола

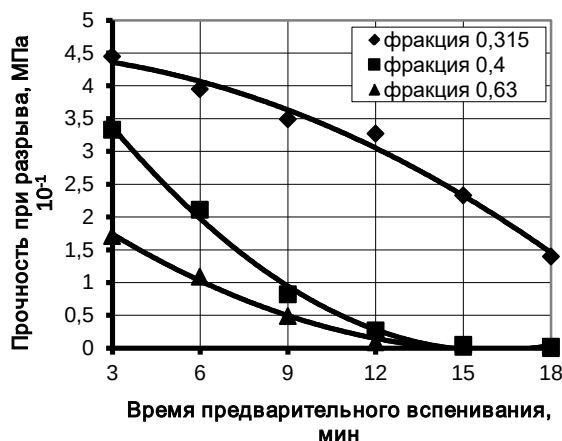


Рисунок 6 – Влияние времени предварительного вспенивания на прочность образцов из пенополистирола при разрыве

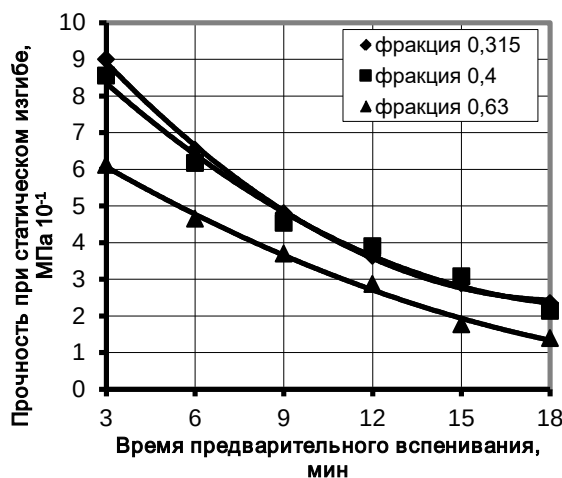


Рисунок 7 – Влияние времени предварительного вспенивания на прочность образцов из пенополистирола при статическом изгибе

Так как полистирол ПСВ-Л-1С был произведен в 2015 году часть, находящегося внутри гранул газа в процессе диффузии испарилась. Исходя из того, что срок хранения пенополистирола составляет 4 месяца, мы получили насыпную массу пенополистирола большую, чем та, которая приводится в литературных данных.

Объемная масса напрямую зависит от насыпной массы, поэтому величины насыпной массы получились выше рекомендованных литературных данных (рекомендуемая объемная масса из пенополистирола для изготовления газифицируемых моделей $0,02...0,035 \text{ г/см}^3$), а для испытываемого пенополистирола ПСВ-Л-1С она составляет $0,2433...0,0687 \text{ г/см}^3$ (для фракции 0,315 при времени предварительного вспенивания 3...18 мин); $0,1399... 0,0486 \text{ г/см}^3$ – для фракции 0,4; $0,0808... 0,0261 \text{ г/см}^3$ – для фракции 0,63.

По результатам проведенных испытаний образцов из пенополистирола на сжатие и статический изгиб мы видим, что прочности образцов находятся в пределах $0,499... 1,054 \text{ МПа} \cdot 10^{-1}$ (на сжатие) и $1,388... 9,0 \text{ МПа} \cdot 10^{-1}$ (на статический изгиб), что является вполне допустимым для моделей из пенополистирола. При предварительном вспенивании 15...18 мин, прочности образцов минимальны, однако это не имеет принципиального значения, так как время предварительного вспенивания выбирается в пределах 3...9 мин.

Так как испытания образцов из пенополистирола при разрыве ранее не проводились и в литературе не приводились данные о разрывной прочности пенополистироловых моделей, то мы можем только обозначить их, т. е. полученная прочность при разрыве стандартного образца восьмерки составляет $4,45...0,02 \text{ МПа} \cdot 10^1$, (при времени предвспенивания 3...9 мин – $4,45...0,49 \text{ МПа} \cdot 10^{-1}$).

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что ПСВ-Л-1С с таким сроком хранения можно использовать для неотвеченного литья, при продолжительности предварительного вспенивания 3...9 мин, так как при этом получают образцы с наиболее приемлемыми (оптимальными) прочностными показателями, но объемная масса остается высокой из-за просроченности материала. Для ее уменьшения можно порекомендовать отсеивать фракцию 0,315 перед предварительным вспениванием и отсеивать не вспененные гранулы после предварительного вспенивания. Возможно, после этого произойдет повышение прочностных свойств материала.

Григор Андрей Сергеевич¹ – к.т.н., доцент
Марков Василий Алексеевич¹ – д.т.н., профессор
Ковылин Сергей Юрьевич² – директор

¹ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия

² ОП ООО «Полимет», г. Тольятти, г. Барнаул, Россия