

УДК 621.74.04:621.746.3

Т. Л. Тринева

ЧАО «Конструкторско-технологическое бюро верификационного моделирования и подготовки производства», Харьков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ ИЗ ФОТОПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ RP (БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ – МЕТОД SL-СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ)

Рассмотрены вопрос получения качественных отливок путем быстрого изготовления технологичной литейной оснастки, а также один из методов новых технологий, а именно технологий RP (быстрого прототипирования – метод SL-стереолитографии), который является одним из прогрессивных методов быстрого изготовления литейной оснастки или производства отливок опытных партий. Приведены результаты исследований фотополимерного материала на предмет зависимости его физического состояния от изменения температуры. Установлены границы перехода материала образцов из одного физического состояния в другое в интервале температур 20-300 °С.

Ключевые слова: технология RP (быстрого прототипирования), 3D модели, стол построения установки, фотополимерные материалы, метод SL-стереолитографии, «выращивание» изделия, Quick Cast технология.

Розглянуто питання отримання якісних виливків шляхом швидкого виготовлення технологічного ливарного оснащення, а також один із методів нових технологій, а саме технологій RP (швидкого прототипування – метод SL-стереолітографії), котрий є одним з прогресивних методів швидкого виготовлення ливарного оснащення або отримання виливків дослідних партій. Наведено результати досліджень фотополімерного матеріалу на предмет залежності його фізичного стану від зміни температури. Встановлено межі переходу матеріалу зразків з одного фізичного стану до другого в інтервалі температур 20-300 °С.

Ключові слова: технологія RP (швидкого прототипування), 3D моделі, стіл побудови установи, фотополімерні матеріали, метод SL-стереолітографії, «вирощування» виробу, Quick Cast технологія.

Question of the reception of the qualitative casting rises in article by way the quick fabrication technological foundry rig. It is considered one of the methods new technology, as follows technology

RP (Rapid Prototyping – a method SL-stereolitografi), which is one of progressive of the methods of the quick fabrication of the foundry rig or making the casting of the initial lots. The brought results of the studies photopolymer material on subject of the dependencies his (its) physical condition from change the temperature. This has allowed to install borders of the turning the material sample from one physical condition in another in interval of the temperature 20-300 °C.

Keywords: technology RP (Rapid Prototyping), 3D models, table of the building of the installation, photopolymer materials, method SL-stereolitografi, «growing» products, Quick Cast technology.

Качество литейной продукции существенно зависит от технологической оснастки, которая используется при изготовлении песчаных и металлических форм. Вместе с тем известно, что существующие технологии получения такой оснастки предусматривают использование алюминиевых сплавов, легированных сталей и чугуна СЧ-20, а также сложной механической обработки, которая предусматривает длительный цикл ее получения [1-3].

Создание высокотехнологичной литейной оснастки за короткий срок, которая бы обеспечила производство качественных отливок, возможно при условии адаптации разновидностей технологий быстрого прототипирования (RP), а именно технологии стереолитографии – SL, которая осуществляется на установке SLA-5000.

Стереолитография – это технология ускоренного производства прототипов и моделей путем послойной фотополимеризации жидкого полимера лазерным излучением. Технология стереолитографии предусматривает геометрическое воспроизводство модели послойно-дисперсионным отверждением жидкого фотополимера с помощью UV лазера (фотополимеризация). Обычная толщина слоя составляет 0,025-0,20 мм, размеры стола построения – 508×508×508 мм, точность изготовления изделий – ±0,05 мм. Данный метод построения твердотельных изделий является самым точным из имеющихся на Украине технологий быстрого прототипирования. Схема построения твердотельного изделия на установке SLA-5000 представлена на рис. 1.

Основными элементами установки SLA-5000, участвующими в процессе построения, являются: 1 – подвижная платформа; 2 – лазер; 3 – зеркала; 4 – жидкий полимер; 5 – изделие; 6 – ванна.

3D CAD модель, предварительно построенная в любом графическом программном пакете, например, «Solid Works», строится послойно на подвижной платформе 1, которая к моменту построения расположена непосредственно под поверхностью полимера 4, находящегося в ванне 6. Луч лазера 2, управляемый компьютером, преломляясь о зеркала 3, попадает на поверхность жидкого полимера, «сканируя» поверхность изделия построения 5, которая на данный момент отражает высоту заданного слоя построения. Происходит полимеризация или твердение жидкого слоя, после чего платформа опускается вниз на величину следующего слоя построения, таким образом слой за слоем строится твердотельное изделие, которое в дальнейшем твердеет в среде ультрафиолетовой радиации в камере PCA-500.

Использование технологии стереолитографии в литейном производстве достаточно широко описано авторами работ [4-14].

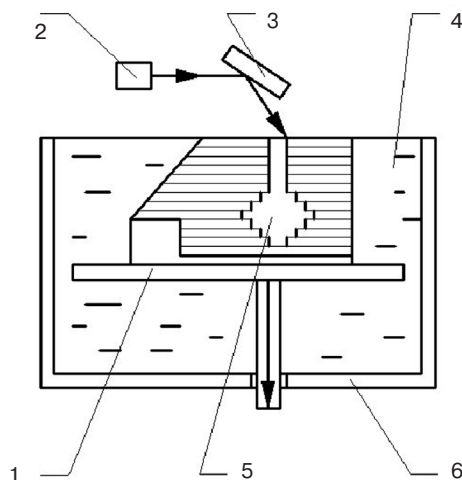


Рис. 1. Схема построения на установке SLA-5000 [4]

С целью эффективного использования возможностей технологий быстрого прототипирования (RP), а именно технологии лазерной стереолитографии (SL), в литейное производство, были проведены исследования свойств фотополимерного материала, применяемого данной технологией.

Стереолитографический фотореактивный материал SL7540 (фотополимерная смола фирмы Vantico и RPC Cure 300 Швейцария), который по свойствам можно отнести к аналогу эпоксидных смол, находясь в жидком состоянии, регулирует вязкость в зависимости от увеличения скорости построения и уменьшения усадки.

Исследования по изучению поведения фотополимерной смолы при изменении температуры велись параллельно с УкрНИГИЛитМашем.

Прежде всего, ставилась задача: выяснить и изучить влияние температуры и скорости ее роста на физическое состояние фотополимерных моделей. Скорость нагрева образцов повышали путем изменения исходной температуры пространства печи от комнатной до 300, 500, 800 °С.

При анализе кривых, изображенных на рис. 2, необходимо отметить следующее: $Do_{общ}$ – общая деформация при нагружении; $Do_{ост}$ – остаточная деформация после снятия груза.

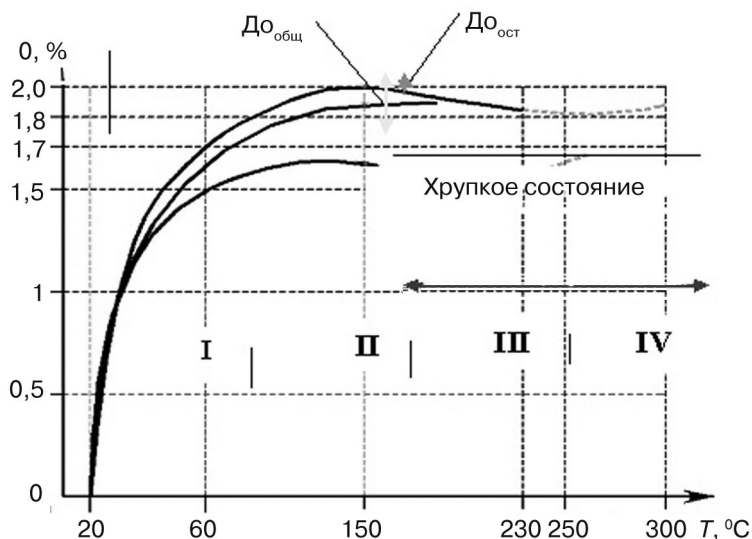


Рис. 2. Зависимость физического состояния фотополимерного материала от изменения температуры

Упругое стеклообразное состояние сохраняется до 60 °С, затем начинается переход в высокое эластичное состояние. Об этом свидетельствует отклонение штриховой кривой от исходной кривой, полученной без приложения нагрузки. При этом с ростом эластичности растет и остаточная пластическая деформация образцов, хотя она незначительная. Это позволило установить границы перехода материала образцов из одного физического состояния в другое в интервале температур 20-300 °С, то есть

- I – от 20-60 °С (упругое стеклообразное);
- II – от 60-150 °С (эластичное, высокопластичное);
- III – от 150-230 °С (вязкотекучее, начало термодеструкции);
- IV – от 230-300 °С (обильное газовыделение);
- от 150-300 °С – (хрупкое состояние).

Переход в вязкотекучее состояние, а затем в хрупкое начинается при температуре свыше 150 °С. Следует отметить, что в начале этого периода начинается термодеструкция (газовыделение) образца с увеличением интенсивности при 250-300 °С.

Итак, по характеру полученных кривых на граничных температурных промежутках, изображенных на рис. 2, можно судить об изменении физического состояния испытуемого образца из фотополимера.

При изменении температуры в интервале 20-300 °С четко выражены три периода состояний: упругое или стеклообразное (20-60 °С), высокопластичное (60-150 °С) и хрупкое (свыше 150 °С).

Следует отметить, что с переходом из упругого состояния в эластичное остаточная и пластическая деформации возрастают, а затем после достижения максимальной эластичности начинают падать, и материал переходит в хрупкое состояние. С началом хрупкого состояния начинается газовыделение (деструкция), которое достигает максимального значения при 250-300 °С.

Предварительный нагрев пространства печи до 300, 500 и 800 °С приводит к существенному снижению длительности каждого периода. При этом отмечаются временные «накладки» одного периода на другой, то есть не завершившись (скажем, переход из высокопластичного состояния в хрупкое) начинается активное газовыделение, что, по всей вероятности, связано с мгновенным перегревом поверхностного слоя образцов.

Дополнительные исследования данного материала были изучены с целью внедрения **Quick Cast технологии в литейное производство совместно с УкрНИГИЛит-Машем**. На технологию получения отливок из жаропрочных сплавов путем выжигания Quick Cast моделей при 850 °С был получен патент Украины [6].

Установили следующее:

- в интервале температур 15-100 °С материал модели в отвержденном состоянии имеет тепловое расширение до 2 %, что предопределяет опасность разрушения формы при выжигании модели;

- при нагреве больше 70 °С материал приобретает эластичность;

- после нагрева выше 120 °С материал модели начинает крошиться;

- после 170 °С меняет цвет на коричневый, при указанной температуре становится явно заметной термоокислительная деструкция полимера, которая становится особенно сильной (с обильным газовыделением) при температуре выше 250 °С.

Во всем исследованном интервале температур 15-300 °С плавление материала не наблюдалось, что обуславливает опасность коксообразования при выжигании модели.

Поглощение связующего раствора может достигать 10-12 %, что предопределяет возможность образования зольных остатков в полости формы после выжигания модели.

Полученные результаты практически полностью совпадают с изложенными ранее, поэтому на их основе можно сделать основной вывод о возможности выжигания модели и обжиг форм производить с применением термоудара, что предусматривает загрузку формы в печь при температуре ~ 800 °С с тем, чтобы процесс термодеструкции модели опережал ее термическое расширение.



Список литературы

1. *Оболенцев Ф. Д.* Точность и качество поверхности отливок. – М.: Машгиз, 1962. – 152 с.
2. Точность отливок / Под ред. Б. Б. Гуляева – М.: Машгиз, 1960. – 205 с.
3. *Яценко Л. Л.* Точность отливок и эффективность литейного производства. – Л.: Машгиз, 1981. – 278 с.

4. *Тринева Т. Л.* Технологические процессы изготовления литейной оснастки с использованием методов быстрого прототипирования: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 2009. – 200 с.
5. Пат. 74183 Україна, В22С7/00, В22С7/04, В22С7/06. Пристрій для оснащення в технології утворення ливарної форми (його варіанти) / С. І. Чернишов, Ю. Б. Вітязев, В. В. Барков, Т. Л. Триньова. – Опубл. 15.11.05, Бюл. № 11.
6. Пат. 74257 Україна, В22С9/00, В28В11/00, В32В18/00. Спосіб виготовлення керамічної форми / С. І. Чернишов, Ю. Б. Вітязев, О. П. Триньов, Т. Л. Триньова та ін. – Опубл. 15.11.05, Бюл. № 11.
7. *Якунин В. П.* Лазерная стереолитография – безотходная технология быстрого послойного изготовления изделий из жидких полимеров // Литейн. пр-во. – 1999. – № 7. – С. 5-6.
8. *Васильев В. А.* Технология послойного прототипирования для изготовления литых изделий // Там же. – 1999. – № 7. – С. 7-11.
9. *Кулагин В. В., Скородумов С. В.* Изготовление оснастки с использованием стереолитографических моделей // Там же. – 1999. – № 7. – С. 11-14.
10. *Васильев Ф. А.* Толщина слоя как параметр процесса лазерной стереолитографии // Там же. – 1999. – № 7. – С. 14-16.
11. *Васильев В. А.* Литье по полимерным выжигаемым моделям // Там же. – 1999. – № 7. – С. 16-18.
12. Применение моделей, полученных лазерной стереолитографией, для изготовления форм /А. В. Евсеев, М. М. Камаев, М. М. Новиков и др. // Там же. – 1999. – № 7. – С. 18-19.
13. *Вермель В. Д., Козлов В. А., Шустов А. А.* Возможности применения полимерных моделей // Там же. – 1999. – № 7. – С. 23.
14. *Ключков Б. Я.* Использование стереолитографических моделей для изготовления гальванопластикой электродов-инструментов и литейной оснастки // Там же. – 1999. – № 7. – С. 24.

Поступила 25.09.2012

Вниманию авторов!

*Статьи, поступающие в редакцию, должны иметь аннотации и ключевые слова на русском, украинском и английском языках. Объем статьи — не более **10 стр.**, рисунков — не более **5**.*

*Статьи подаются как на бумажном, так и электронном носителях. Для текстовых материалов желательно использовать формат **doc**. Для графических материалов — формат **jpeg**. Графические материалы необходимо сохранять в отдельных файлах. Фотографии, рисунки, графики и чертежи должны быть черно-белыми, четкими и контрастными.*

Статьи в редакции проходят научное рецензирование.