

УДК 621.74

СОЗДАНИЕ МАСТЕР-МОДЕЛЕЙ ПОСЛОЙНЫМ СИНТЕЗОМ ФОТОПОЛИМЕРА

Шумков А.А.¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, shumkov_89@mail.ru

Рассмотрен метод получения мастер-моделей (RP-прототипов) послойным синтезом для литья по выжигаемым моделям методом стероолитографии по технологии цифровой обработки светом (Digital Light Processing). Определена возможность получения моделей с внутренней регулируемой ячеистой структурой в виде типовой элементарной ячейки Вигнера–Зейтца. В качестве исходного материала использован сшитый фоточувствительный полимер Envisiontec SI500. В данной работе спроектирована компьютерная 3D модель в STL формате и получен опытный образец, представляющий собой оболочку, заполненную регулируемой ячеистой структурой. Определены оптимальные режимы засветки и толщина засвечиваемого слоя образца, с помощью которых можно регулировать размеры перемычек ячеистой структуры. Наличие в модели структуры в виде массива ячеек в дальнейшем позволит в разы сократить объем используемого материала и снизить давление на керамическую оболочку при его удалении.

Ключевые слова: мастер-модель, фотополимер, ячеистая структура, синтез-модели, цифровая обработка светом

CREATING A MASTER - MODEL LAYER BY LAYER SYNTHESIS PHOTOPOLYMERS

Shumkov A.A.¹

¹Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, shumkov_89@mail.ru

The method of obtaining a master - models (RP - prototypes) stratified synthesis for investment casting method steriolithography technology Digital Light Processing (Digital Light Processing). The determination of eligibility models with adjustable internal cellular structure in the form of a model of the unit cell of the Wigner - Seitz. The starting material used a crosslinked photosensitive resin Envisiontec SI500. In this paper we designed a computer 3D model in STL format, and produced a prototype, which is a shell filled with a controlled cellular structure. Determination of the optimal exposure modes and layer thickness illuminates the sample, with which you can adjust the size of the jumpers cellular structure. The presence of a model of the structure in the form of an array of cells in what follows, will allow, at times reduce the amount of material used and reduce the pressure on the ceramic shell when it is removed.

Keywords: master model, photopolymer, cellular structure, synthesis - models, digital light processing

Современные системы трехмерного компьютерного проектирования позволяют значительно сократить затраты времени и средств на разработку и конструирование новых деталей [3]. Переход на цифровое описание изделий – CAD и появившиеся вследствие его RP-технологии (RP-технологии быстрого прототипирования) произвели настоящую революцию в литейном производстве, особенно это проявилось в высокотехнологичных отраслях промышленности – авиационной и аэрокосмической области, атомной индустрии, медицине и приборостроении [4, 5]. Уход от традиционных технологий, применение новых методов получения литейных синтез-моделей за счет технологий послойного синтеза фотополимерного материала дали возможность радикально сократить время на создание новой продукции, улучшить качество, точность литых деталей и уменьшить отбраковку [7].

Наиболее широко RP-прототипы используются в качестве литевых выплавляемых моделей в литейном производстве для получения высокоточных и геометрически сложных металлических отливок [2, 6]. Использование RP-моделей в качестве выжигаемых моделей в

технологических процессах литья позволяет получать геометрически сложные металлические отливки с точностью не менее 12 квалитета и шероховатостями поверхностей в среднем 7Ra. Однако применение синтез-моделей (RP-прототипов) зачастую сопровождается растрескиванием и последующим разрушением литейной формы на стадии высокотемпературного удаления модельной массы.

Основная причина разрушения керамических форм в процессе удаления литейной модели связана с различием термомеханических свойств керамической оболочки и материала прототипа [1]. Один из способов снижения контактных напряжений между литейной моделью и керамической формой в процессе теплового воздействия заключается в замене монолитной модели на модель эквивалентной формы, представляющей собой оболочку с ячеистым наполнителем внутренней полости в качестве несущего каркаса, препятствующего потере устойчивости оболочки от воздействия остаточных напряжений. Проектирование таких синтез-моделей включает выбор формы и геометрических параметров ячейки, обеспечивающих, с одной стороны, минимальный уровень контактных напряжений, а с другой — сохранение заданных параметров точности полимерной модели на всем протяжении процесса изготовления и формования.

Целью данной работы является исследование возможности получения RP-прототипов с внутренней регулируемой структурой в виде ячеек типа Вигнера–Зейтца.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала использован сшитый полимер Envisontec SI500, который применяется в процессе стереолитографии. Для получения опытных образцов с регулируемой внутренней структурой в данной работе использован технологический процесс стереолитографии, схема которого представлена на рисунке 1. Основным отличием от классической стереолитографии являются уход от использования схемы с лазером для иницирования реакции фотополимеризации и замена его на несколько цифровых видеопроекторов, использующих технологию Digital Light Processing (DLP). Разработчиком данной технологии является компания Enviziontec (Германия). В качестве исходного материала для создания модели используется акриловый фотополимер. Суть процесса заключается в использовании «маски» каждого текущего сечения модели, проецируемой на рабочую платформу через специальную систему зеркал очень малого размера с помощью прожектора (содержащего две лампы с высокой яркостью света). Платформа после засветки слоя опускается ровно на толщину следующего слоя в ванну с жидким полимером. Формирование и засветка видимым светом каждого слоя происходят относительно быстро. Этим объясняется высокая скорость построения моделей (в среднем 1 см в час по высоте при шаге построения 50 мкм).

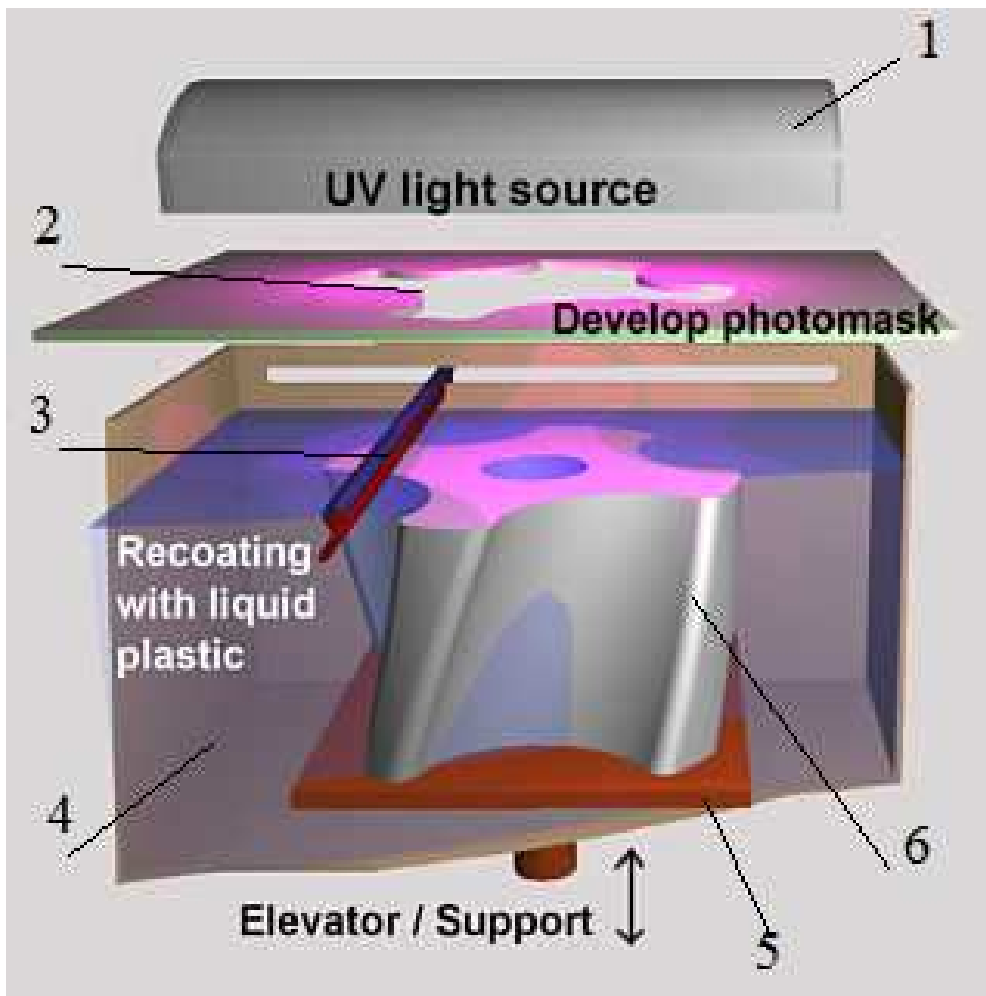


Рис. 1. Схема работы стереолитографической машины с применением технологии DLP: 1 – проектор; 2 – фотомаска; 3 – механизм выравнивания полимера; 4 – ванна с жидким полимером; 5 – опускаемое основание; 6 – модель из отвержденного полимера

При использовании шага в 25 мкм на моделях практически отсутствуют характерные для всех технологий послойного синтеза ступеньки от слоев. Такая возможность позволяет получать изделия с высоким качеством поверхности с шероховатостью до Ra0,1 и точностью размеров до 0,1 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения опытных образцов с внутренней регулируемой структурой использовалась установка Envisiontec Perfactory XEDE. Были проведены работы по моделированию образца, представляющего собой оболочку с толщиной стенки 0,5 мм, заполненную ячеистой регулируемой структурой (рис. 3). Для заполнения внутреннего объема образца использовалась элементарная единичная ячейка Вигнера–Зейтца, представляющая собой в STL-файле массив. Эксперименты проводились при различных параметрах времени засветки образца каждого последующего полимеризующегося слоя от 6,5 до 18 с.

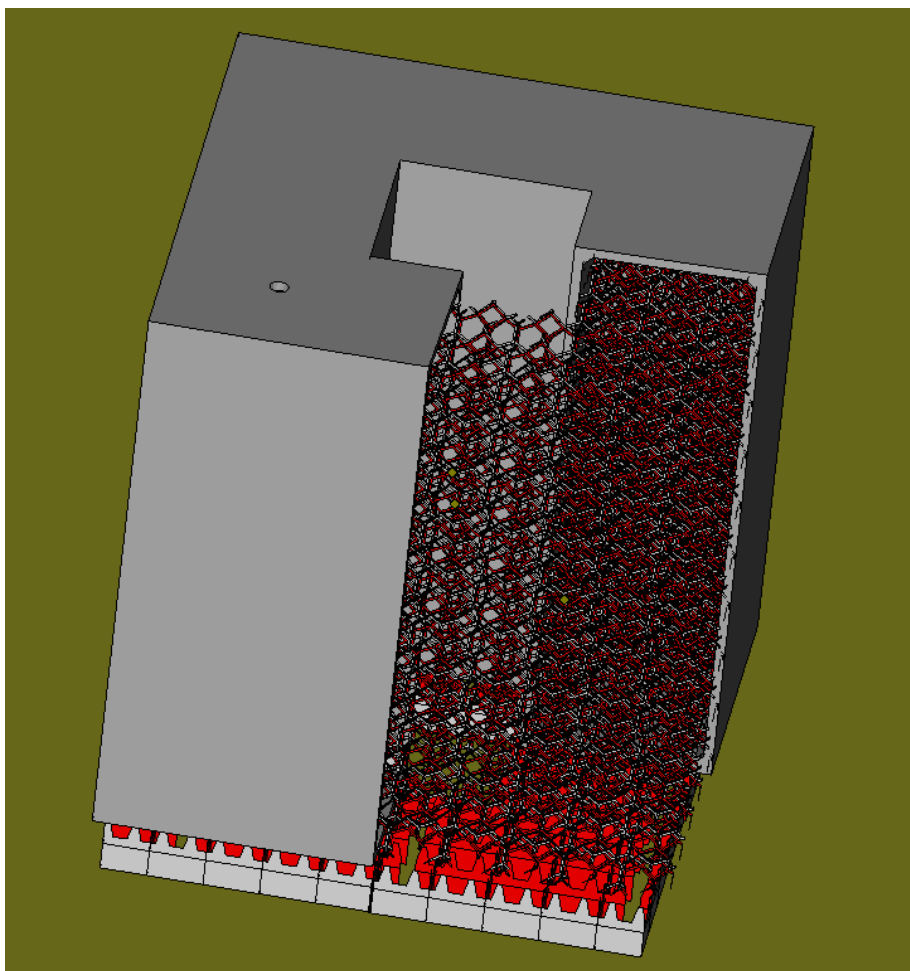


Рис. 3. CAD-модель оболочки куба, заполненная ячеистой структурой

В результате проведенной работы был получен опытный образец с толщиной стенки оболочки 0,5 мм, заполненной ячеистой структурой из фотополимерного материала SI500 (рис. 4). Время засветки каждого слоя 18 с (как оболочки, так и ячеистой структуры с толщиной перемычки 0,5 мм).

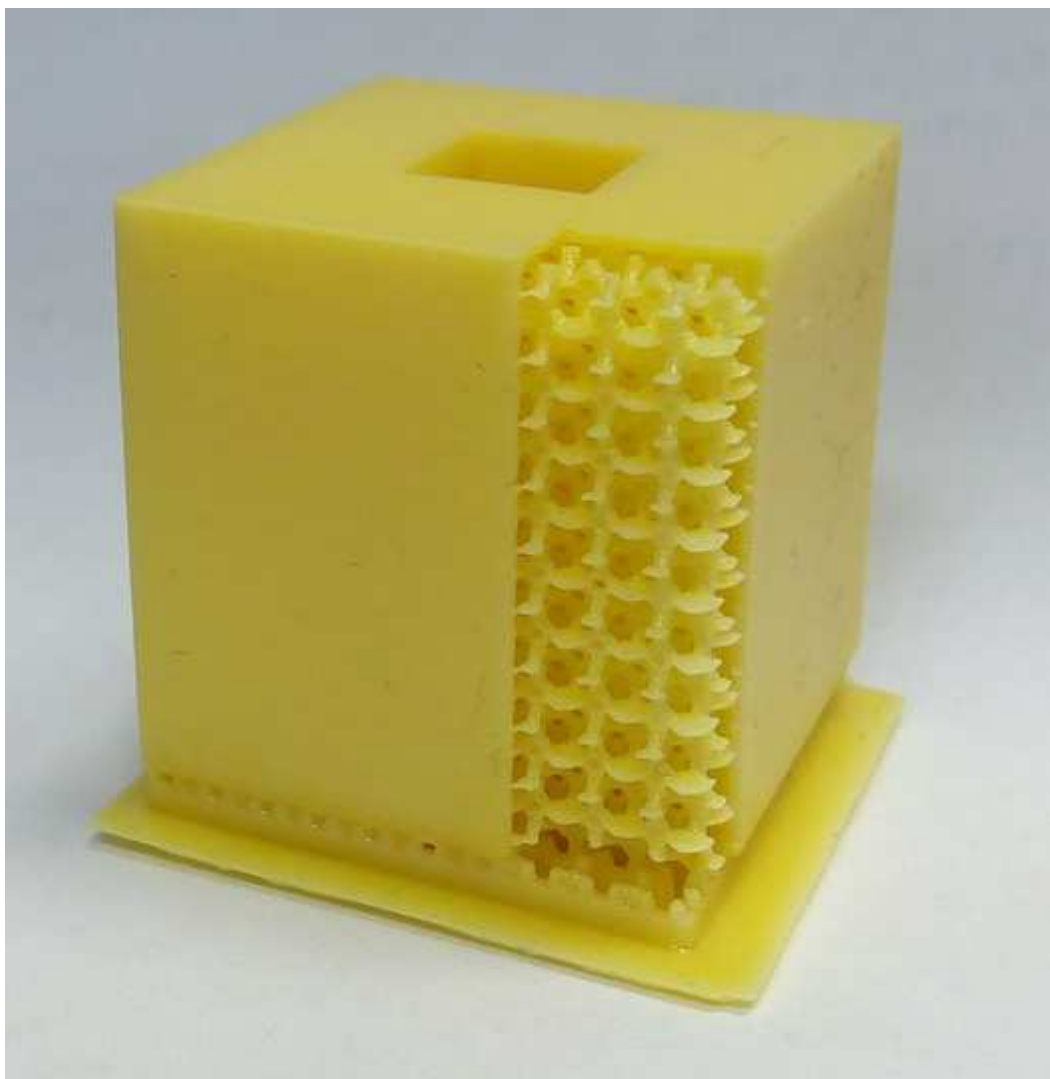


Рис. 4. Опытный образец с организованной ячеистой структурой

Варьируя параметрами засветки слоя полимеризующегося материала, возможно получение ячеек с толщиной перемычки в диапазоне размеров от 0,12 до 0,5 мм.

Заключение

Установлена технологическая возможность развития технологии получения сложных геометрических объектов с внутренней регулируемой ячеистой структурой. Потенциальное применение данной технологии возможно в литейном производстве, а именно в литье по выжигаемым моделям. С помощью замены монолитной мастер-модели на модель, представляющую оболочку с внутренней регулируемой структурой в виде ячеек, можно уменьшить давление выжигаемого модельного состава на керамическую форму путем подбора толщины оболочки, формы и размеров ячеек.

Список литературы

1. Васильев В.А., Морозов В.В. Изготовление стальных отливок по фотополимерным моделям путем выжигания их в литейной форме / Межд. НТК «Современные проблемы металлургического производства». Сб. труд. – Волгоград. 2002. – С. 336–337.
2. Васильев В.А., Морозов В.В., Шиганов И.Н. Использование методов послойного формирования трехмерных объектов в литейном производстве // Вестник машиностроения. 2001. — № 2. — С. 4–11.
3. Евсеев А.В. Оперативное формирование трехмерных объектов методом лазерной стереолитографии [Текст] / А.В. Евсеев, В.С. Камаев, Е.В. Коцюба и др. // сб. трудов ИПЛИТ РАН. – С. 26–39.
4. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов по направлению подготовки магистров «Технологические машины и оборудование» / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. [СПб., 2013] URL:<http://dl.unilib.neva.ru/dl/2/3548.pdf>
5. Зленко М. Технологии быстрого прототипирования – послойный синтез физической копии на основе 3D-CAD-модели // CAD/CAM/CAE Observer. 2003. № 2 (11). С. 2–9.
6. Скородумов С.В. Технологии послойного синтеза при создании объемных моделей для заготовительного производства. // Вестник машиностроения. – 1998. – № 1. – С. 20–25.
7. S.O. Onuh., Y.Y. Yusuf. Rapid prototyping technology: applications and benefits for rapid product development. // Journal of Intelligent Manufacturing. 1999. V. 10. PP. 301 – 311.

Рецензенты:

Сиротенко Л.Д., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

Ханов А.М., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.