

Куриный В. В., Свиридов А. В.
V. V. Kuriny, A. V. Sviridov

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

APPLICATION OF RAPID PROTOTYPING METHODS IN FOUNDRY PRODUCTION



Куриный Владислав Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: kmtlp@knastu.ru.

Mr. Vladislav V. Kuriny – PhD in Engineering, Assistant Professor at the Department of Foundry Machinery and Technology, Komsomolsk-on-Amur Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: kmtlp@knastu.ru.



Свиридов Андрей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: magistr010@rambler.ru.

Mr. Andrey V. Sviridov – PhD in Engineering, Assistant Professor at the Department of Foundry Machinery and Technology, Komsomolsk-on-Amur Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: magistr010@rambler.ru.

Аннотация. Кратко рассмотрены методы быстрого прототипирования и возможность их применения в литейном производстве.

Summary. Methods for rapid prototyping and their possible application in foundry are briefly overviewed.

Ключевые слова: методы быстрого прототипирования, форма, модель, отливка.

Key words: rapid prototyping methods, mould, pattern, casting.

УДК 621.74

Использование в литейном производстве технологий быстрого прототипирования (RP – rapid prototyping) может привести к существенному сокращению времени технологического цикла производства литья, расширению сортамента тонкостенных отливок; возможности изготовления более точных моделей; к повышению прочности и термостабильности моделей; достижению высокой экономической эффективности в условиях серийного и мелкосерийного производства [1]. Для достижения вышеперечисленных целей необходимо выполнение одного основного условия, а именно правильно выбрать метод быстрого прототипирования исходя из условий конкретного производства.

В настоящее время известно более 80 разновидностей технологий быстрого прототипирования [2]. Все разработанные технологии быстрого прототипирования можно подразделить по нескольким основным направлениям.

1 Технологии, основанные на отверждении жидкостей.

Отверждение светом по маске (Curing by light through masks). Из них наиболее известны технология DESCAF фирмы Light Sculpting Inc., технология RMPD фирмы MicroTEC,

Куриный В. В., Свиридов А. В.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

технология Microstereolithography – разработка лаборатории микросистем политехнического института Лозанны.

Отверждение УФ лазером (SINGLE BEAM) включает двенадцать разновидностей, из которых наиболее известны Стереолитография ИПЛИТ РАН, Stereolithography фирмы Aaroflex, Inc. технология (SOUP) фирмы Mitsubishi/CMET.

Отверждение двумя лазерами (CURING WITH TWO LASER BEAMS SIMULTANEOUSLY). Три технологии находятся в стадии разработки.

Отверждение УФ лампами: технология PolyJet компании Objet Geometries, технология (DLP) компании Envisiontec, технология FTI фирмы 3D Systems, технология MJM фирмы Stratasys.

Гибридный композиционный материал. Комбинация инъекционной технологии с УФ отверждением. Технология Objet 3D-printer фирмы Objet Geometries Ltd.

2 Порошковые технологии. Сплавление порошков (MELTING OF POWDER). Технологии спекания порошков включают шесть технологий, из которых наиболее известны технология DMLS фирмы EOS, технологии SLS, SLP, SLM фирмы 3D Systems, технология (SLRS) – разработка Техасского университета.

Технологии сплавления порошков включают восемь разновидностей, из которых самые известные технология (DMD) – разработка Мичиганского университета, технология (DLF) – разработка Лос-Аламаской национальной лаборатории.

Склеивание порошков (BINDING POWDER BY ADHESIVES). Технологии, разработанные на основе метода 3D печати, Массачусетского технологического института. Наиболее известны технология 3-DP-печати системы ZPrint от ZCorporation, технология DSPC фирмы Soligen.

Прессование керамики с оплавлением связующего вещества давлением (EXTRUSION OF CERAMICS WITH MELTED BINDER).

3 Изготовление моделей из твёрдых материалов (EXTRUSION OF MELTED MATERIAL).

Способы экструзии пластмасс включают в себя три технологии. Наиболее известная из них технология FDM фирмы Stratasys.

4 Методы, основанные на резке листовых материалов. Резка материалов лазером (CUTTING MATERIAL WITH A LASER). Наиболее известны LOM технологии фирм Helisys Inc, Ceramic Composite Inc, Landfoam Topographics. Резка материалов ножом (CUTTING MATERIAL WITH A KNIFE) представлена технологией PLT фирмы Kira Corporation.

Менее известны методы, основанные на сваривании (METHODS BASED ON WELDING) и напылении металла (SPRAYING OF METAL).

В литейном производстве методы быстрого прототипирования применяются для изготовления моделей и форм.

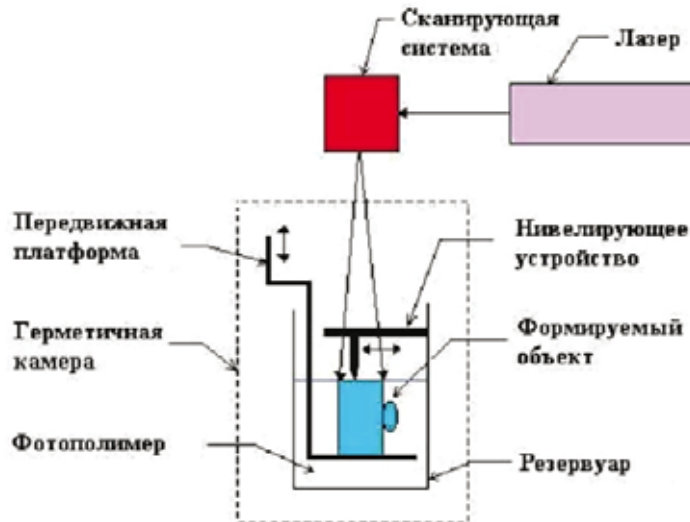
Известно, что для изготовления моделей многие предприятия используют модельные мастерские. Как правило, в них модели изготавливаются из твердых сортов древесины, пластмассы и мягких металлов. Изготавливают модели по-разному: на одних предприятиях детали фрезеруют на станках с ЧПУ, на других – полагаются на модельщиков. Необходимость наличия специально обученного персонала и утилизации отходов, трудоёмкость процесса изготовления, выделение пыли – это неполный перечень недостатков традиционного способа изготовления моделей. Для изготовления моделей можно применять методы быстрого прототипирования, которые автоматизируют процесс изготовления и позволяют значительно ускорить его.

Как правило, модели для литейного производства изготавливают из пластиков ABS, ABS Plus, ABS-M30 и ABS-M30i, поликарбоната PC, пластика из смеси PC и ABS, полифенилсульфона PPSF. Для этого используются технологии быстрого прототипирования, основанные на световом отверждении жидкости. Наиболее широко применяются технологии SLA компании 3D Systems (установки SLA-5000, SLA-7000) и PolyJet компании Objet Geometries (установки Eden330 Connex500).

Исторически технология SLA – первая технология быстрого прототипирования. Существует целый ряд компаний, развивающих это направление. Родоначальником и лидером на рынке SLA систем является компания 3D Systems (США). Принципиальная схема технологии стереолитографии приведена на рис. 1.

Рис. 1. Принципиальная схема стереолитографии

Процесс построения моделей осуществляется путем полимеризации, т.е. затвердевания жидкого фотополимерного материала под действием лазера [3; 4]. В ёмкость, заполненную фотополимерным материалом, опускается передвижная платформа, на которой и строится модель. Лазер очерчивает контуры модели. Затем передвижная платформа опускается в



ёмкость на двойную толщину готового слоя и создаётся новый слой. Процесс повторяется до полного изготовления детали. ABS в качестве материала для построения модели имеет несколько недостатков: из-за специфики технологии построения создается несколько грубая поверхность модели и стоимость полученной модели достаточно высокая. Только стоимость материала от 8000 до 9600 р. за 1 кг.

Компания Objet Geometries (Израиль) появилась на рынке RP с технологией PolyJet – основным конкурентом SLA – сравнительно недавно [5]. Первая система Eden330 была запущена в середине 2003 г. На сегодняшний момент по всему миру установлено более 1000 систем Objet. Темпы развития систем 3D печати Eden и расходных материалов FullCure наиболее прогрессивные. Процесс печати заключается в следующем. На плоскость построения блоком печатающих головок наносится жидкий фотополимер. На печатающей головке размещены две ультрафиолетовые (УФ) лампы, которые заменяют лазер, применяемый в SLA-установках. После нанесения слоя фотополимер полимеризуется под воздействием УФ света. Этим завершается построение одного слоя. Далее плоскость построения опускается на очень малый уровень и головки наносят следующий слой.

Толщина слоя – 16 микрон, что приводит к гладкости криволинейных поверхностей. Точность изготовления моделей до 0,1 мм. При высокой стоимости основного материала от 8000 до 9600 р. за 1 кг материал поддержки стоит в два раза дешевле, что удешевляет модель в целом. Аналогична технологии PolyJet технология MJM компании Stratasys с отверждаемым УФ фотополимером.

Работа 3D принтеров FDM (Fused Deposition Modeling) осуществляется за счёт наложения и отверждения полимерной нити на плоскость построения. Нить подаётся с катушки на экструзионную головку. Температура головки и скорость вращения подающих роликов настраиваются таким образом, чтобы в каждый момент времени наносилось одинаковое количество материала. В качестве поддержки, в паре используются дополнительная головка и дополнительная катушка с материалом поддержки [6].

Применение методов быстрого прототипирования для изготовления литейных форм в настоящее время ограничивается литьем в песчаные, гипсовые, керамические формы, литьем по выплавляемым и выжигаемым моделям [7].

В настоящее время для изготовления форм на гипсовой основе широко применяется технология 3-DP, реализованная в системе ZPrint компании ZCorporation. На плоскости построения равномерным слоем с заданной толщиной распределяется порошок на гипсовой ос-

нове [8]. Печатающая головка распыляет на порошок клеящее вещество. Затем плоскость построения опускается на малый уровень, соответствующий толщине слоя, и процесс повторяется. По окончании печати остаётся извлечь полученную модель и провести процедуру очистки от порошка, не покрытого клеящим составом.

Главными преимуществами принтеров ZCorp являются возможность печатать полноцветные модели, дешевизна расходных материалов и высокая скорость процесса печати.

В качестве расходных материалов используются различные типы порошков и клеящих составов производства ZCorp. Все порошки на гипсовой основе отличаются химическим составом, который определяет их физико-механические свойства. Кроме порошка и клея используются различные типы пропиток. Порошок на гипсовой основе хрупок. Основным недостатком является то, что в качестве основы для порошков применяется гипс, что ограничивает температуру заливаемых сплавов.

Этих недостатков лишен способ прямого изготовления керамических форм (DSPC), запатентованный Массачусетским технологическим институтом, исключительную лицензию на который имеет фирма Soligen [9].

Форма изготавливается послойно, и процесс создания каждого слоя включает в себя три этапа. Сначала виртуальная модель керамической формы "разрезается", создавая поперечное сечение в одной области. Затем валковым механизмом порошок раскатывается тонким слоем. После этого область поперечного сечения формы обрабатывается струйной головкой, наносящей связующее вещество. Просачиваясь в поры между частицами порошка, связующее вещество склеивает его. По завершении одного слоя модель керамической формы снова разрезается, теперь уже несколько выше, и процессы нанесения и склеивания повторяются. Этапы повторяются до тех пор, пока керамическая форма не будет изготовлена полностью. Затем форма очищается от избыточного порошка и обжигается. После чего форму можно заливать. Для литья в DSPC-формы можно использовать практически любые металлы. С помощью этой технологии изготавливают детали из алюминия, магния, мягкого железа и нержавеющей стали.

Развитием технологии PolyJet является технология "Lost-PolyJet", которую разработала венгерская компания Varinex Inc. совместно с литейной компанией Magygarment [9].

Метод "Lost-PolyJet" является более точным, в нем нет необходимости учитывать усадку модели. Вместо всей модели на 3D принтере Objet изготавливают оболочку, состоящую из двух половинок, которые склеивают, формируя модель. Затем модель покрывают тонким слоем воска. К модели подпаивают восковую литниковую систему. Наносят суспензию. После чего наносят первый слой обсыпки из кварцевого песка и затем высушивают. В общей сложности наносится 12-16 слоёв. Затем при температуре 100-120 °С выплавляется восковая литниковая система. Саму модель выжигают при температуре 800-950 °С. Затем оболочку прокаливают и заливают металл. При всей внешней сложности технологии Lost-PolyJet она значительно ускоряет процесс производства методом ЛВМ и делает его рентабельным при единичном и мелкосерийном производстве.

Главная особенность технологий быстрого прототипирования, на которую стоит обратить особое внимание, – это сокращение временных и финансовых затрат на ранних стадиях разработки новых изделий и, как следствие, конкурентное преимущество на современном рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстрое прототипирование из ABS в современном литейном производстве точных изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.umpro.ru/index.php>; <http://wiki.laser.ru/index.php>; <http://www.cad.dp.ua/obzors/SLA.php>; <http://www.print3d.by/Technology.html>; <http://www.cad.dp.ua/obzors/obzor3Dprint.php>.
2. Бирбраер, Р. А. Технология быстрого прототипирования в современном литейном производстве точных заготовок / Р. А. Бирбраер, А. Е. Колмаков, В. В. Столповский // Литейное производство. – 2004. – № 4. – С. 11-14.
3. Васильев, В. А. Теория и технология изготовления отливок методом RP / В. А. Васильев, В. В. Морозов, Н. М. Максимов // Литейное производство. – 2004. – № 4. – С. 5-8.
4. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
5. Артемьев, А. Ю. Технология быстрого прототипирования в литейной индустрии (ООО с ИИ "БИ-БУС Украина", г. Киев) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lityo.com.ua/li/s_218.html.