



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Демидов А.В.

ФГБОУ ВО "МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "СТАНКИН", Москва, Россия (127055, город Москва, Вадковский пер., д.3а), e-mail: artem.molodets@bk.ru

В данной статье рассмотрены возможности использования аддитивных технологий в изготовлении одноразовых форм литейного производства, что способствует повышению точности получаемой заготовки, а также снижению цикла изготовления одноразовой формы как для единичного, так и для серийного типов производства.

Ключевые слова: литье по выплавляемым моделям, литье в песчано-глинистые формы, литье в оболочковые формы, аддитивные технологии, 3D печать.

THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN FOUNDRY PRODUCTION TO OPTIMIZE THE MANUFACTURING PROCESS OF THE PRODUCT

Demidov A.V.

MOSCOW STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY "STANKIN", Moscow, Russia (127055, Moscow, Vadkovsky per., 3a), e-mail: artem.molodets@bk.ru

This article discusses the possibilities of using additive technologies in the manufacture of disposable molds for injection molding, which helps to increase the accuracy of the resulting workpiece, as well as reduce the cycle of manufacturing a disposable mold for both single and serial types of production.

Keywords: Investment casting, casting in sand-clay molds, casting in shell molds, additive technologies, 3D printing.

В нынешнее время, все чаще считается, что традиционные методы литья требуют большое количество ресурсов не только материальных, которые затрачиваются на изготовление мастер-модели, за счет использования станков с ЧПУ, но и временных. В среднем, на изготовление готовой заготовки, по традиционному методу, уходит от 15 до 35 суток. Также, важной проблемой традиционного метода, является невозможность изготовления мастер-модели сложной конфигурации, что в дальнейшем приводит к большему количеству механической обработки.

Для оптимизации технологического процесса литья, необходимо минимизировать количество механической обработки, а также ускорить процесс изготовления мастер-модели, для получения литейной формы. В нынешнее время есть несколько вариантов решения данной задачи, все варианты основаны на использовании аддитивных технологий, и работают за счет

выращивания физического объекта из цифровой модели, за счет послойного скрепления материала. Применение 3D печати позволяет сократить процесс получения литейной формы, и сокращает процесс изготовления готовой заготовки в 2 – 6 раз.

Использование аддитивных технологий в процессе литья можно формально разделить на две группы, изготовление мастер-моделей для дальнейшего получения литейных форм и изготовление уже готовых литейных форм, минуя процесс изготовления мастер-моделей.

В первую группу входят такие методы, как селективное лазерное спекание, технология послойной печати, фотополимерная печать, а также метод цифровой светодиодной проекции.

Метод селективного лазерного спекания основан на спекании порошка лазерным лучом. Данный метод используют для создания мастер-моделей большого размера, с средней точностью, при этом процессе не требуются поддержки, что сокращает количество использования материала. Для дальнейшего выжигания материала мастер-модели из формы используют пластики с примесями воска [1].

Метод послойной печати основан на послойном наплавлении нитей материала для получения мастер-модели. Данный метод подходит под менее точные модели средних размеров, из-за погрешности перемещения печатающей головки, а также необходимости использования поддержек для предотвращения провисания материала. Исходя из этого, данный метод более трудоемкий, так как процесс литья содержит не только создание мастер-модели, но и удаление поддержек и постобработку мастер-модели перед литьем.

Метод фотополимерной печати состоит в отверждении лазером слоя жидкого светочувствительного материала. Данным методом можно изготавливать модели высокой точности, но малого или среднего размера. Как и при селективном лазерном спекании, метод не требует поддержек, но из-за среды печати также необходима постобработка в виде промывки и засвечивания. Для производства выжигаемых мастер-моделей используются полиамиды, нейлоны, полиуретаны [2].

Метод цифровой светодиодной проекции так же основан на засвечивании слоя материала для его застывания, но использует для этого жидкокристаллическую матрицу. Исходя из того, что экран засвечивает сразу всю поверхность слоя, то скорость получения модели будет быстрее, чем при селективном лазерном спекании. Этот метод можно считать наиболее оптимальным в данной группе, по соотношению качества и затраченного времени на изготовления мастер-модели.

Во вторую группу входят такие методы, как Binder Jetting, а также Solar Sinter. Данные методы являются новыми, и еще не нашли своего места в литейном производстве.

Метод Binder Jetting основан на послойном нанесении слоев клейкого вещества, которые пропитываются песком, для получения литейной формы. Данный метод не требует постобработки и позволяет получить геометрически сложные заготовки больших размеров. Исходя из отсутствия необходимости изготавливать мастер-модель, данный метод сокращает цикл изготовления отливки, тем самым оптимизирует весь процесс изготовления изделия.

Метод Solar Sinter позволяет, за счет концентрации солнечной энергии, добиться высоких температур для плавления песка. Данный метод имеет низкую точность, по этой причине является наименее эффективным в производстве, хоть и затрачивает мало ресурсов для производства литейной формы [3].

В данных группах каждый метод имеет свои достоинства и недостатки, но все пригодны для использования в литейном производстве и будут экономически целесообразней, чем традиционные методы получения мастер-модели и литейных форм.

Процесс внедрения аддитивных технологий в литейное производство требует большого количества времени и подготовки. Для перехода от традиционного литья потребуется выбрать правильный метод аддитивных технологий, исходя из вида производства, количества и геометрии выпускаемых изделий. Характерной чертой, при использовании аддитивных технологий при литье является универсальность, так как можно получать изделия любой геометрии и любого размера [4].

Исходя из достоинств и недостатков, можно выделить преимущества аддитивных технологий относительно традиционного метода:

1. Использование аддитивного производства позволяет снизить количество механической обработки, тем самым повышает коэффициент использования материала, и снижает затраты на выполнение механической обработки;
2. Повышение прочностных свойств отливки, исходя из возможностей получения сложной геометрии;
3. Меньшее время производства отливки, исходя из удаления большинства этапов производственного процесса традиционного литья;
4. Снижение себестоимости готового изделия в долгосрочном периоде, исходя из меньших затрат на постобработку и изготовления мастер-моделей и литейных форм;
5. Упрощение готового изделия, для снижения массовых характеристик, без потери жесткости и твердости.

Рассмотрим процесс использования аддитивных технологий в литейном производстве на примере корпуса плунжерного насоса, а также главные отличия от традиционного метода.

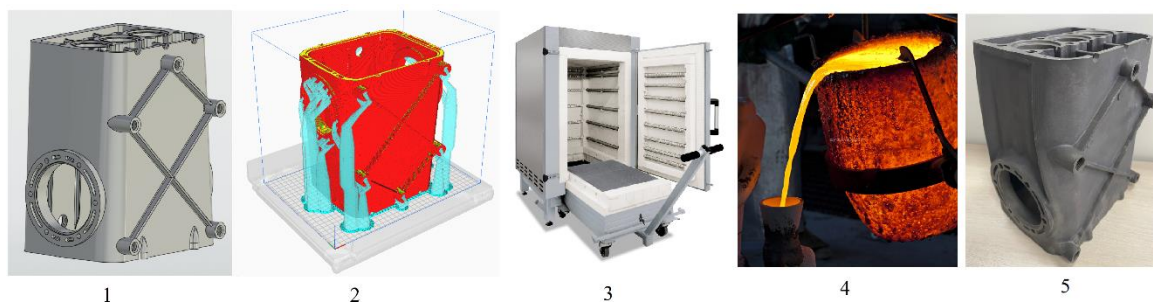


Рисунок 1 – Цикл получения отливки, путем использования аддитивных технологий в литейном производстве:

1 – проектирование мастер-модели в CAD системе; 2 – разработка управляющей программы для 3D печати; 3 – выжигание мастер-модели из литейной формы; 4 – отливка изделия в литейную форму; 5 – готовая отливка, после постобработки

Полный цикл изготовления отливки корпуса плунжерного насоса с помощью аддитивных технологий состоит из ряда операций (рис. 1): [5-7]

Первая операция: исходя из технического задания, проектируется трехмерная модель необходимого изделия, с добавлением литейных уклонов и радиусов, с литейными припусками на обработку, а также с литниковыми системами;

В сравнении с традиционным вариантом получения мастер-модели отличия заключаются в геометрии самой заготовки, так как вариант изготовления восковки очень трудоемкий, и не сможет покрыть сложную геометрию данного корпуса.

Вторая операция: исходя из геометрии детали, ее габаритных размеров, и требований по точности, был выбран метод послойной печати, из-за возможности без больших затрат изготовить мастер-модель большого размера. По ранее спроектированной 3D модели разрабатывается управляющая программа для 3D принтера в специальном стайсере. Слайсер подобран по ранее выбранный метод послойной печати, следовательно разделит модель на слои, опираясь на заданные характеристики, а также устанавливает древовидные поддержки, для предотвращения провисания ряда поверхностей. В итоге данной операции получаем напечатанную мастер-модель, на которой необходимо убрать поддержки, и произвести постобработку.

В традиционном варианте изготовления мастер-модели отсутствует данная операция, вместо нее производят изготовление специальной формы для получения восковки, что занимает большую часть времени, исходя из сложности проектирования данной формы, и повышенных требований к качеству получаемой восковки. Так же восковка в дальнейшем требует доработки, так как зачастую ее собирают из разных частей вручную.

Третья операция: данная операция заключается в нанесении и закреплении специального состава, на поверхностный слой мастер-модели, для создания литейной формы. Данная процедура проводится многократно, для наращивания слоя нужной толщины. После полного цикла создания литейной формы, ее отправляют в печь для полного застывания и выжигания мастер-модели. В конце данной операции литейную форму извлекают из печи, и не давая остыть переходят к следующей операции.

В сравнении с традиционным методом отличия минимальны, у воска, используемого в данном методе текучесть чуть ниже, чем у материала, используемого в аддитивных технологиях, что накладывает ограничения по геометрии отливки.

Четвертая операция: цикл данной операции начинается с подготовки материалов для плавления, в дальнейшем данный материал расплавляют, убирают образовавшийся шлак и производят заливку металла в литейную форму. Далее происходит затвердевание сплава, и охлаждение отливок в литейной форме. После полного остывания отливку выбивают из литейной формы.

Пятая операция: основана на постобработке отливки, удаление литников, прибылей, удаление стержней и очистка поверхности, тем самым после выполнения данной операции на выходе получаем готовую отливку высокого качества.

В дальнейшем четвертая и пятая операции не имеют особых отличий от традиционного метода, но качество поверхности получаемой отливки будет хуже, чем при использовании аддитивных технологий. Также количество дальнейшей механической обработки, для получения готового изделия, будет значительно отличаться, так как при использовании

аддитивных технологий необходимо будет обрабатывать только те поверхности, которые будут контактными, тогда как при традиционном методе необходимо будет обработать большую часть поверхностей, исходя из требований к данному корпусу, объему камеры, крепежным элементам.

В данной работе рассмотрены некоторые возможности использования разных методик аддитивных технологий в литейном производстве, на примере изготовления детали корпус плунжерного насоса. Также было проведено сравнение показателей, которые напрямую влияют на экономические, повышая не только сложность изготовления данного изделия, но и время выполнения полного цикла изготовления отливки.

Список литературы

1. Производство точных отливок /И. Дошкарж, Я. Габриель, М. Гоушть, М. Павелка. М.: Машиностроение, 1979.— 296., ил.
2. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технологий литейного производства. М., «Машиностроение», 1974, 472 с.
3. Могилев В. К., Лев О. И. Справочник литейщика. — М.: Машиностроение, 1988. — 272 с: ил.
4. Аддитивное производство : учебное пособие для вузов / Тарасова Т. В. ; Моск. гос. технологический ун-т "Станкин". - М. : Инфра-М, 2019. - 194 с. : ил.
5. Аддитивные технологии и прототипирование : учебно-методическое пособие / Подкопаев С. А., Демишкевич Э. Б. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский ун-т). - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. - 48 с. : ил.
6. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие / Ляпков А. А., Троян А. А. - СПб. : Лань, 2022. - 119 с. : ил.
7. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий : учебное пособие / Попович А. А., Суфияров В. Ш., Разумов Н. Г. [и др.].

References

1. Production of precision castings /I. Doškarž, J. Gabriel, M. Gousht, M. Pavelka. M.: Mechanical Engineering, 1979. - 296., ill.
 2. Titov N.D., Stepanov Yu.A. Foundry production technologies. M., “Mechanical Engineering”, 1974, p.472 .
 3. Mogilev V.K., Lev O.I. Foundryman’s Handbook. - M.: Mechanical Engineering, 1988. - p.272: ill.
 4. Additive manufacturing: textbook for universities / Tarasova T. V.; Moscow state Technological University "Stankin". - M.: Infra-M, 2019. - p.194 : ill.
 5. Additive technologies and prototyping: educational manual / Podkopaev S. A., Demishkevich E. B.; MSTU im. N. E. Bauman (national research university). - M.: Publishing house of MSTU im. N. E. Bauman, 2021. - p. 48: ill.
 6. Polymer additive technologies: textbook / Lyapkov A. A., Troyan A. A. - St. Petersburg. : Lan, 2022. - p. 119: ill.
 7. Materials and additive technologies. Modern materials for additive technologies: textbook / Popovich A. A., Sufiyarov V. Sh., Razumov N. G. [etc.].
-