

ЦРТ: услуги рентгеновской томографии и промышленной 3D-печати для производства



Текст: Александра Башкирова



За последнее десятилетие в сфере промышленных технологий произошли существенные изменения – появились новые, недоступные ранее возможности, способные увеличить эффективность процессов и вывести производство на новый уровень. Инновационные цифровые технологии, такие как аддитивное производство и компьютерная томография, являются одними из них.

Создание деталей при помощи промышленной 3D-печати, а также контроль изделий с использованием компьютерной томографии – это новые процессы, внедренные пока лишь на некоторых отечественных предприятиях. Но они являются важным конкурентным преимуществом, поэтому приобретают всё большую популярность.

Скорость распространения этих технологий у нас в стране заметно ниже по сравнению со странами Европы и Азии. Причина этого и в консерватизме наших предприятий, и в нежелании искать «добра от добра», и определенные финансовые трудности. Также это связано с отсутствием достоверной и актуальной информации о применимости 3D-печати и компьютерной рентгеновской томографии в различных отраслях промышленности. Информация размещается в основном на обособленных порталах, не связанных с производством, и рассказывает о достижениях в области печати товаров широкого потребления. В специализированных изданиях данная тема в последнее время рассматривается все чаще, но до конкретных практических примеров дело доходит очень редко. В статье мы решили восполнить этот информационный пробел.

На базе ООО «Остек-СМТ» для осуществления прикладных работ и исследований, проведения мастер-классов и демонстрации высокотехнологичного оборудования был создан Центр развития технологий (ЦРТ), открытый для широкого круга заказчиков. ЦРТ включает в себя самую большую в Восточной Европе лабораторию компьютерной рентгеновской томографии, оборудованную передовыми установками компании General Electric, а также системами для рентгеноскопии, 3D-сканирования и аддитивного производства. На базе ЦРТ уже выполнено большое количество работ, связанных с решением широкого спектра задач в области метрологии и дефектоскопии и проведением исследований микроструктуры образцов (например, кернов), работ по обратному проектированию, а также работ, связанных с производством выжигаемых 3D-моделей для литья методом ЛВМ¹ и литьём мелких серий изделий из металла. Постоянными заказчиками Центра стали как крупнейшие предприятия, в том числе производители техники специального назначения, так и небольшие организации, включая индивидуальных предпринимателей, открывших для себя возможности аддитивных технологий.

В наших статьях мы будем знакомить вас с отдельными выполненными заказами для производственных предприятий, чтобы на практических примерах рассказывать о возможностях аддитивного производства и компьютерной рентгеновской томографии применительно к промышленности.

Для начала давайте рассмотрим, что такое технология ЛВМ. Технология ЛВМ – это метод, который используется предприятиями для литья деталей, обладающих сложной геометрией, и к точности которых предъявляются высокие



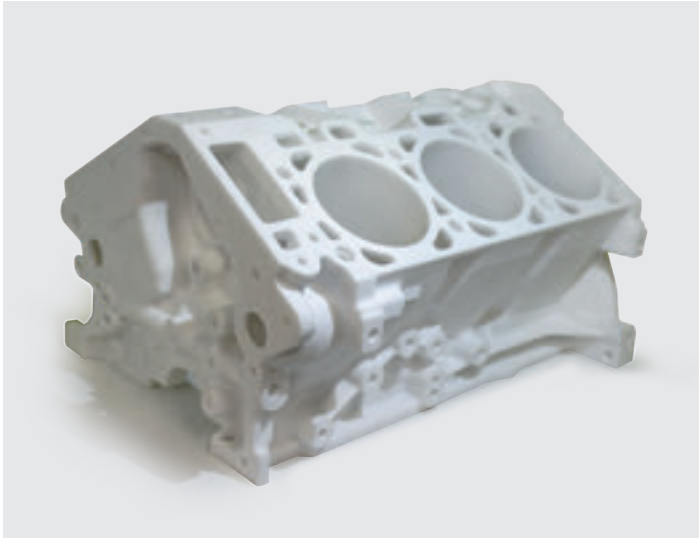
1 Напечатанные выжигаемые модели из ПММА и отливки из металла, сделанные с их помощью методом ЛВМ

требования. Использование метода позволяет получать отливки без существенных припусков, что сводит необходимость финишной механической обработки к минимуму, сокращая время на изготовление изделия, а также производственные отходы.

ЛВМ подразумевает наличие модели, так называемой восковки, изготавливаемой из легкоплавких материалов (стеарин, парафин, воск и др.), которая повторяет геометрию необходимого изделия из металла. Обычно при литье средней и крупной серии методом ЛВМ изготавливается металлическая или пластиковая пресс-форма, с помощью которой заливкой в форму легкоплавких составов создаются восковки. Для литья малой или опытной серии изготовление подобной пресс-формы является экономически нецелесообразным, и встает вопрос поиска относи-

Знаете ли вы, что переход с метода литья в песчаные формы на ЛВМ позволяет снизить себестоимость изготовления отливки в среднем на 30–60 %, а в отдельных случаях – более чем на 60 %? При этом способе изготовления деталей производственные отходы металла сокращаются в 6–7 раз, коэффициент его использования повышается с 0,2 до 0,85, а трудоемкость механической обработки снижается на 60–70 %.

¹ ЛВМ – литьё по выплавляемым моделям



2

Напечатанная из ПММА выжигаемая модель «Блок цилиндров» для литья методом ЛВМ

тельно дешевого решения этого вопроса.

Применение аддитивных технологий в решении подобных задач – отличная возможность снизить издержки благодаря низкой стоимости расходных материалов

Т 1

Сравнение традиционного способа изготовления оснастки и изготовления с помощью аддитивных технологий

ТРАДИЦИОННЫЙ СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОТЛИВКИ «КОЛЕСО РАБОЧЕЕ»

Изготовление пресс-формы для создания восковых моделей для литья методом ЛВМ



Срок реализации: от 20 рабочих дней
Итоговая стоимость: от 245 000 руб.*

* средний показатель по итогам запросов нескольких коммерческих предложений на разработку оснастки, отработку технологии и получение первой партии в количестве 6 шт.

ПРОИЗВОДСТВО ОСНАСТКИ ДЛЯ ОТЛИВКИ «КОЛЕСО РАБОЧЕЕ» ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

3D-печать моделей из ПММА на принтере Voxeljet VX500 для литья методом ЛВМ*



Срок реализации: от 10 рабочих дней
Итоговая стоимость: 9 500 руб./шт.**

Стоимость 3D-печати 1 шт. из ПММА: 3 500 руб.
Стоимость литья 1 шт. из алюминиевого сплава АК7ч: 6 000 руб.**

* Расчёты произведены в соответствии с ценовой политикой ЦРТ Остек-СМТ

** При заказе партии, кратной 6 шт.

и высокой производительности оборудования.

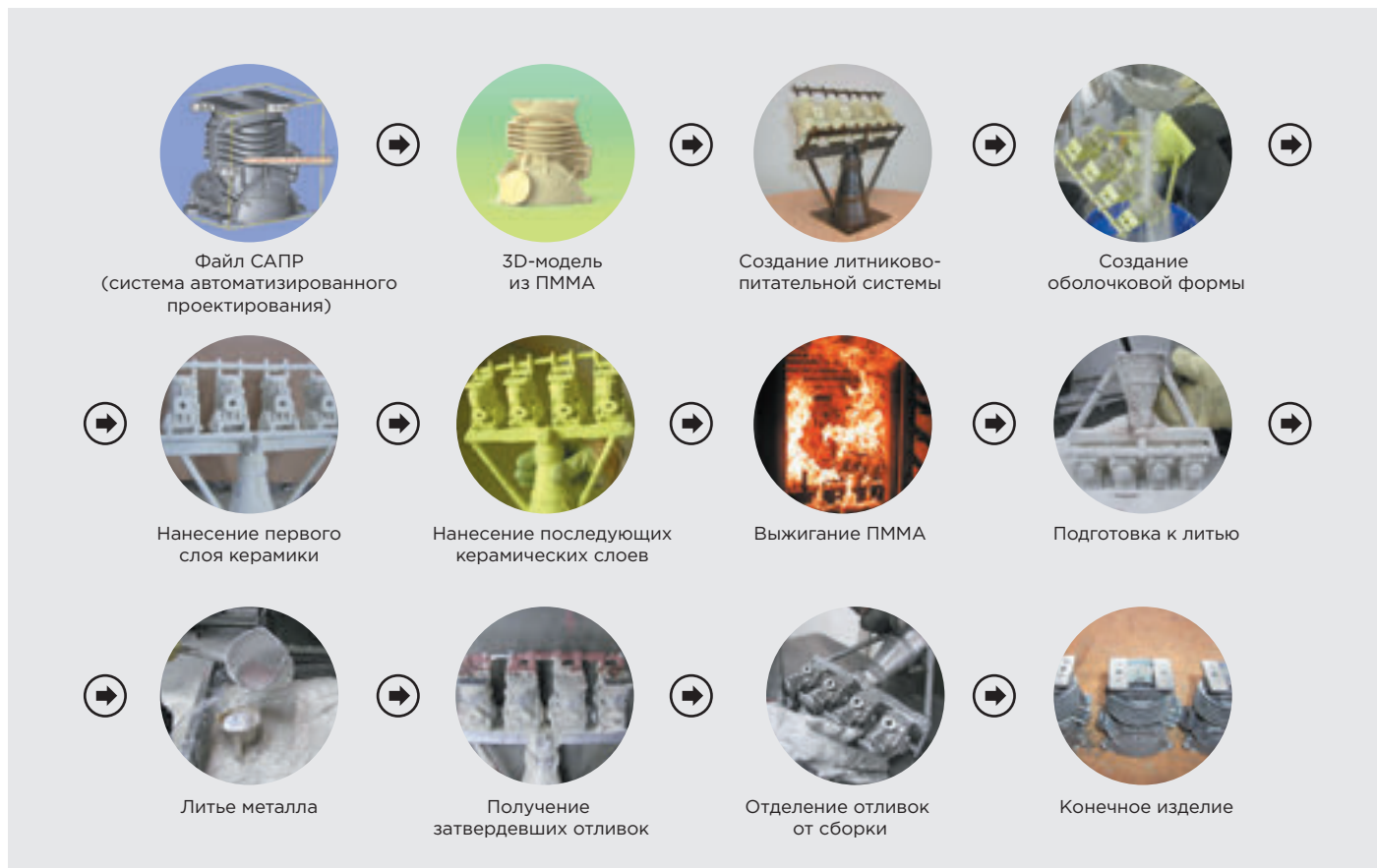
Изготовление оснастки

Одна из компетенций ЦРТ – изготовление оснастки для литья мелких серий изделий из металла методом ЛВМ с помощью промышленного 3D-принтера Voxeljet VX500, работающего по технологии Binder Jetting (послойное склеивание порошка связующим веществом) и позволяющего печатать из выжигаемого пластика ПММА¹. Порошок ПММА обладает низкой зольностью, которая составляет 0,02 %, этот материал специально разработан для точного литья методом ЛВМ. Помимо этого, Центр осуществляет изготовление мелкой серии отливок «под ключ», что включает: разработку математической трёхмерной модели отливки, 3D-печать оснастки из ПММА и дальнейшее литьё из металла. (рис 1, 2). Отливки изготавливаются в соответствии с конструкторской документацией и требованиями заказчика. Детали проходят выходной контроль и дефектоскопию с помощью компьютерной томографии, обеспечивающей метрологическую точность измерений.

Задачи, для которых обычно используется печать моделей из ПММА:

- получение опытных образцов изделий из металла,

¹ ПММА – полиметилметакрилат



3

Процесс литья по выжигаемым моделям, напечатанным из ПММА

имеющих сложную геометрию, для оценки эргономики и проведения испытаний;

- получение мелких серий конечных изделий из металла, имеющих сложную геометрию.

Процесс литья по 3D-моделям из ПММА незначительно отличается от традиционного способа, который предполагает использование восковок, благодаря чему доступен для использования на предприятиях, оснащённых участком ЛВМ. На рис 3 представлена схема, которая кратко описывает процесс литья по моделям из ПММА. На рис 4 продемонстрирована выжигаемая модель, отливка с остатками керамической формы и готовая отливка.

Для наглядного примера рассмотрим задачу изготовления мелкой серии отливок «Колесо рабочее» в количестве 6 шт. методом ЛВМ.

В Т1 приведено сравнение традиционного способа изготовления оснастки для литья и способа, в котором оснастка для литья производится с помощью аддитивных технологий. Объём изделия составляет 137 куб. см, габариты – 108 × 58 мм.

После очистки образцов, отлитых по ПММА-моделям, от литниково-питающей системы был проведён выходной контроль с помощью системы компьютерной томографии и профилометра. В ре-

зультате исследований получены следующие данные: точность изготовления отливки соответствует VI классу (ГОСТ Р 53464-2009), шероховатость поверхности $Ra = 28$ мкм, что удовлетворяет требованиям конструкторской документации.



4

Демонстрация процесса литья по ПММА-моделям: выжигаемая модель, отливка с остатками керамической формы и готовая отливка



5

Системы компьютерной томографии v|tome|x m300 и v|tome|x c450, установленные в Центре развития технологий Остек-СМТ

В рассмотренном примере наглядно продемонстрирована эффективность использования промышленной 3D-печати из ПММА при литье малых партий деталей из металла. Создание оснастки при помощи аддитивных технологий позволяет получать малые партии изделий из металла и опытные образцы в два-три раза быстрее, а также значительно снизить финансовые издержки.

Задачи в области метрологии и дефектоскопии

Центр развития технологий располагает не только оборудованием для аддитивного производства, но и современными системами компьютерной томографии v|tome|x m300 и c450 (рис 5), рентгеновской установкой с функцией томографии x|cube XL 225 и системой для промышленного 3D-сканирования

Одно из важных преимуществ томографии по сравнению с другими неразрушающими методами контроля – совмещение возможностей дефектоскопии внутренних областей, контроля геометрии и метрологической точности.

MetraSCAN 210 и может решать широкий спектр задач в области метрологии и дефектоскопии.

Рассмотрим пример выполненной работы для одного из заказчиков центра, целью которой являлось получение параметрической трёхмерной модели изделия «Колесо рабочее». Исходная конструкторская



6

Результаты сканирования образца «Колесо рабочее» с помощью системы компьютерной томографии v|tome|x m300

документация была утеряна, и была предоставлена только сама деталь. Очень часто для решения подобных задач используется технология 3D-сканирования. Но в данном случае, т.к. образец обладал внутренними полостями, произвести полное сканирование, не разрушая деталь, можно было только с помощью компьютерной томографии. После проведения сканирования и обработки полученных данных получили твердотельную математическую модель со всеми внутренними полостями с точностью 5,5 мкм.

Знаете ли вы, что современные технологии промышленной томографии позволяют не только осуществить измерения объекта с высокой точностью, в том числе его скрытых областей, но и обнаружить в нём трёхмерные микроскопические дефекты: трещины, поры и раковины.

На рис 6 показаны результаты сканирования образца «Колесо рабочее» с помощью системы компьютерной томографии v|tome|x m300 производства General Electric. Установка позволяет исследовать изделия размером 290 × 450 мм и весом до 20 кг. Максимальное напряжение рентгеновской трубки составляет 300 кВ, мощность – 500 Вт. Дополнительно в систему установлена нанофокусная трубка с ускоряющим напряжением 180 кВ для исследований изделий и материалов с высоким разрешением (менее 1 мкм).

Помимо обратного проектирования, наиболее часто решаемой специалистами центра задачей в настоящее время является неразрушающий контроль изделия.

Цель Центра развития технологий Остек-СМТ

Содействие развитию и продвижению технологий аддитивного производства, а также компьютерной рентгеновской томографии в России, обмен опытом между передовыми отечественными предприятиями. Высокая квалификация сотрудников центра и оснащённость современным высокотехнологичным оборудованием позволяют провести грамотный анализ задачи и подобрать необходимую технологию для её решения.

Центр развития технологий Остек-СМТ

Услуги промышленной 3D-печати выжигаемых моделей для литья из металла методом ЛВМ

Услуги литья из стали и цветных металлов мелких серий методом ЛВМ

Услуги компьютерной томографии

Услуги рентгеноскопии

Услуги промышленного 3D-сканирования

Услуги обратного проектирования

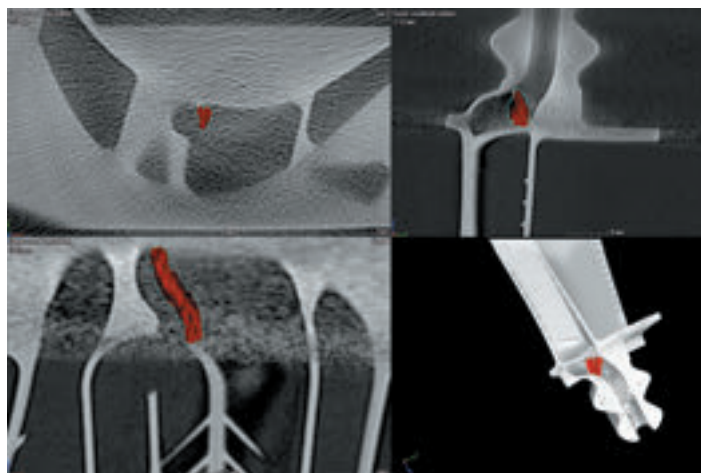
Клиенты Центра развития технологий Остек-СМТ:

- машиностроительные и приборостроительные компании;
- литейные и металлообрабатывающие предприятия;
- предприятия нефтегазовой и электронной отраслей;
- производители товаров народного потребления;
- научно-исследовательские институты и опытно-конструкторские бюро;
- университеты и образовательные центры;
- дизайнерские агентства.



7

Срез лопатки турбины, полученный с помощью системы компьютерной томографии v|tome|x c450 General Electric



8

Анализ скана лопатки турбины, полученного с помощью системы компьютерной томографии v|tome|x c450

В качестве примера рассмотрим задачу измерения и проверки лопатки турбины, изготовленной с помощью аддитивных технологий (метод селективного лазерного сплавления), на наличие внутренних дефектов.

На рис 7 представлен срез лопатки турбины, полученный с помощью системы компьютерной томографии v|tome|x c450 производства компании General Electric. Установка позволяет сканировать образцы с максимальным объемом 500 × 1000 мм и весом до 50 кг, максимальное напряжение рентгеновской трубки системы составляет 450 кВ, мощность – 1500 Вт.

На рис 7 показаны метрологические замеры в рамках одного среза лопатки для инспекционного контроля, на рис 8 – анализ внутренних дефектов. Использование компьютерной томографии позволило провести неразрушающий контроль изделия и выполнить отбраковку. Работы были выполнены с точностью 20 мкм.

Использование современных технологий для аддитивного производства, а также цифровых систем неразрушающего контроля позволяет существенно сократить затраты на изготовление продукции и проведение исследований, а также решить те задачи, реализовать которые ранее не представлялось возможным. □