Полиенко А.А., Тихомирова О.Г.

Металлическое литье или металлическая 3D-печать

ФГАОУВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики»
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/lj-05-2019-40

idsp: ljjournal-05-2019-40

Аннотация

Аддитивное производство – это новая ступень промышленного производства. Оно включает 3D-печать от автомобильных деталей до самолетов или домов, 3D-печать меняет мир вокруг нас. Но как работает инновационная и довольно молодая технология печати металлом по сравнению с классическим литьем, которое использовалось веками?

Ключевые слова: традиционное металлическое литье, 3D-печать металла, селективное лазерное плавление, прямое металлическое лазерное спекание, Binder Jetting, литье по выплавляемым моделям

Abstract

Additive production is a new stage of industrial production. It includes 3D printing from automotive parts to airplanes or homes, 3D printing is changing the world around us. But how does the innovative and rather young metal printing technology work compared to the classic casting that has been used for centuries?

Keywords: traditional metal casting, 3D metal printing, selective laser melting, direct metal laser sintering, Binder Jetting, lost wax casting

Традиционное литье металла

История методов литья классических металлов начинается в средневековье. Процесс включает в себя несколько этапов. Прежде всего, вам нужно изготовить копию вашего конечного продукта. Для создания реплик вы можете использовать разные материалы, одним из которых является дерево. Дизайн на реплике должен также включать систему заполнения и некоторую дополнительную поддержку. Затем вам нужно создать форму на основе этой реплики. Существует несколько методик работы с формовочными материалами, наиболее популярным из которых является песок.

Первым шагом является подготовка реплики, этот процесс будет отличаться для разных материалов. Как только у вас будет копия вашего конечного продукта, должна быть разработана система наполнения. Важно помнить, что реплика должна выходить из песчаной формы, поэтому она не может быть шире снизу, чем сверху. Это называется подрезкой и означает, что копия не может быть удалена.

При проектировании ваших деталей и системы наполнения вы также должны учитывать тот факт, что жидкий металл быстро затвердевает, и он может не достичь более высокого уровня вашей конструкции до его полного затвердевания. Чтобы избежать этого, вы должны спроектировать головку подачи.

Затем все это должно быть скопировано в форму. Необходимо приготовить две песчаные формы. Следующим шагом является зеркальное отражение объекта в специальном песке для создания одной формы. Вторая форма используется для системы наполнения, куда будет наливаться металл, и при необходимости также может использоваться для второй части вашего объекта. Затем формы заклеиваются одним верхом другого, поэтому система заполнения соответствует форме вашего объекта.

Как только две формы соединены, чтобы металл не просочился между двумя слоями песка, металл нагревают и разжижают. Процессы литья включают в себя очень быстрое закалывание металла в форму через систему подачи.

Последний шаг - очистить объект от песка и удалить систему наполнения. Теперь объект готов к любой дополнительной полировке и удалению лишнего материала при необходимости.

Технологии 3D-печати металла

3D печать предлагает несколько способов изготовления деталей из металла. Рассмотрим 4 технологии 3D-печати на металле: селективное лазерное плавление (SLM), прямое лазерное спекание металла (DMLS), струйное вяжущее и литье по выплавляемым моделям. SLM, DMLS и Binder Jetting - это технологии на основе порошка, они используют 3D-печать металлического порошка для создания ваших деталей. Мы рассмотрим все эти технологии.

Селективное лазерное плавление

Селективное лазерное плавление (SLM) - это технология аддитивного производства, в которой для создания ваших деталей используется металлический порошок. Металлический 3D-принтер наносит тонкий слой металлического порошка на поверхность, затем лазер расплавляет металл, создавая форму вашей 3D-модели. Следующий слой порошка помещается, и процесс повторяется. Металл плавится при высокой температуре, а детали, напечатанные на 3D-принтере, требуют времени охлаждения.

С технологией SLM вы можете интегрировать несколько компонентов в один объект, что снижает затраты и экономит время на сборку ваших деталей. Выбор Selective Laser Melting для вашего производства также предоставит вам очень прочные детали, которые в то же время могут иметь тонкие стенки, снижающие вес ваших деталей. Они также будут иметь жаропрочность.

Для SLM часто применяется алюминий AlSi7Mg0,6 , состоящий в основном из алюминия (90%), кремния (7%) и магния (0,6%). Этот материал обладает хорошими механическими свойствами и может использоваться для деталей, подверженных высоким напряжениям.

Прямое металлическое лазерное спекание

Технология прямого металлического лазерного спекания (DMLS) также использует металлический порошок для 3D-печати функциональных деталей. Процесс такой же, как и для SLM: металлический 3D-принтер наносит слой металлического порошка, а затем лазерный луч спекает порошок в форме 3D-модели. Процесс DMLS очень полезен для тех, кому необходимо изготавливать свои металлические детали для создания прототипов или производства с небольшим объемом, исключая трудоемкие инструменты. Это также позволяет создавать сложные и очень подробные проекты, которые были бы невозможны при использовании любой другой технологии из-за ограничений традиционных производственных процессов.

Свойства металлических деталей, напечатанных с использованием SLM и DMLS, будут схожими. Они будут иметь хорошие механические характеристики, модели могут быть достаточно подробными, а также полностью функциональными, подготовленными для использования или интегрированными в более крупный объект.

Разница между SLM и DMLS заключается в температуре, при которой расплавляется металлический порошок, и материалах, которые вы можете использовать. В DMLS чаще всего применяется нержавеющая сталь 316L и титан 6Al-4V.

Binder Jetting

Как и технологии, упомянутые выше, Binder Jetting - это метод 3D-печати на основе порошка. Однако при использовании этого метода аддитивного производства лазер не используется. Металлический порошок сплавляется со связующим жидким компонентом и слегка отверждается между каждым слоем. Binder Jetting - самый быстрый и дешевый процесс 3D-печати на металле. Основным преимуществом Binder Jetting является высокая индивидуальность и быстрое производство, однако, эта технология больше подходит для нужд прототипирования, декоративных и декоративных деталей или ювелирных изделий.

Применяется два металлических порошка для 3D-печати с Binder Jetting: сталь / бронза 420SS / BR и нержавеющая сталь 316.

Литье по выплавляемым моделям

Литье по выплавляемым моделям - это единственный метод 3D-печати, в котором не используется металлический порошок. Технология основана на впрыскивании металла в форму. Мастер-модель, как правило, построенная из воска, благодаря 3D-печати, является идеальной копией готового продукта. После того, как мастер-модель напечатана в 3D, поверх нее выливают форму из гипса. Когда гипсовая форма готова, жидкий металл

впрыскивается в форму для замены воскового рисунка, который сливается через древовидную структуру для создания объекта.

Используются в основном 3 различных металла для литья: серебро, латунь и бронза.

Литье металла и 3D-печать: подружиться с врагом

Аддитивное производство не обязательно должно быть конкурентом традиционного литья металла. Оно может очень хорошо дополнить классические методы производства и улучшить их. Лучший пример сочетания Аддитивного производства и Классического литейного производства - это 3D-печать копий мастер-объектов. 3D-печать обеспечивает высокий уровень детализации, который был недоступен до использования методов аддитивного производства. И оно также ускоряет процесс предварительной подготовки традиционного литья металла.

Хорошим примером двух технологий, работающих вместе, является литье по выплавляемым моделям. Благодаря аддитивному производству достигается высокий уровень индивидуальной настройки восковой копии оригинального дизайна, напечатанной на 3D-принтере. Процесс ускоряется благодаря 3D-печати, а восковая копия легко снимается.

Еще один способ сочетания Аддитивного производства и классического литья металлов - это 3D-печать пластиковых копий конечного продукта. Как и в случае с литьем по выплавляемым моделям, 3D-печатные копии будут плавиться, создавая идеальную, изготовленную на заказ пресс-форму, которую можно использовать для традиционных методов литейного производства.

Кроме того, 3D-печатные модели также отлично подходят для наиболее часто используемых форм для литья металла, изготовленных из песка. Благодаря Additive Manufacturing модель будет детализирована и оставит точную форму вашего дизайна в песке для производства точных металлических изделий.

Когда использовать традиционное литье металла?

Классический литейный завод отлично подходит для больших деталей.

Если планируется производить большие механические детали, такие как компоненты двигателя или большие шестерни для машин, Классическое литье отлично подходит для этой цели. Аддитивное производство не будет столь эффективным с крупногабаритными деталями из-за ограничений размеров, которых может достичь 3D-принтер. Основная цель производства механических частей для их функциональности. Внешний вид не важен вообще, он должен иметь хорошие механические свойства, и, если большой размер также важен для производства, традиционное литье металла предоставит отличные детали.

Традиционное литье металла будет дешевле производить большое количество деталей.

Классический литейный завод также будет полезен, если вам нужно несколько копий ваших деталей. Затраты на производство уменьшаются с количеством деталей, тогда как для использования Аддитивного производства стоимость остается неизменной.

Как вы можете улучшить свое производство с помощью 3D-печати по металлу?

Высококачественные и четко сформулированные 3D-печатные детали

3D-печать также обеспечивает гораздо большую свободу дизайна, высокий уровень детализации, индивидуальную настройку, и, если точность важна для вашего дизайна, выберите «Аддитивное производство». Более того, с помощью 3D-печати вы можете создавать детали, которые будут сочленены, что невозможно при традиционном литье металла. Это не только экономит время сборки, но и дает вам совершенно новые дизайнерские возможности.

3D печать быстрее

Если время играет важную роль в вашем производственном процессе, Аддитивное Производство - правильное решение для вас. Металл 3D-печать намного быстрее, чем традиционное литье по нескольким причинам. Начиная с подготовки к производству, для металлической 3D-печати ваших деталей вам просто необходима 3D-модель. По сравнению с литьем по металлу, где вам нужно не только спроектировать детали, систему

наполнения и подающую головку, но и создать пресс-форму, 3D-печать экономит вам много времени.

Кроме того, процесс постпроизводства намного быстрее для металлических 3D-печатных деталей. Имейте в виду, что литье металла включает в себя методы снятия механической обработки для отсоединения системы наполнения и подающей головки, а также ручное удаление металла, который пролился между формами, прежде чем вы даже перейдете к чистовой обработке поверхности. Для деталей с 3D-печатью необходимо только удалить опоры.

Аддитивное производство дает вам больше контроля

Само производство может показаться более быстрым для металлического литья, поскольку жидкий металл быстро затвердевает, но вы не можете контролировать процесс. Аддитивное производство имеет гораздо более стабильный процесс производства. Существует вероятность сбоя 3D-принтера, и, если такая ситуация произойдет, мы можем немедленно отреагировать и остановить процесс. Метод литья металла не дает такой возможности, так как вы не видите, что происходит внутри пресс-форм.

При традиционном литье металлов также существует риск затвердевания жидкого металла, прежде чем он достигнет более узких частей вашего объекта. Чтобы избежать этого, необходимо создать дополнительную часть конструкции, которая называется головкой подачи. Позднее его необходимо удалить из конечного продукта, что замедляет процесс постпроизводства. Кроме того, во время заполнения окисление может вызвать образование пузырьков в металле, и небольшие кусочки песчаной формы могут попасть внутрь вашей детали, что повлияет на свойства объекта.

3D-печать помогает вам создавать более легкие детали

Если вам нужно, чтобы ваши детали были легкими, Аддитивное Производство предоставляет вам множество вариантов для достижения этой цели. Чтобы уменьшить вес ваших деталей, ваши 3D напечатанные детали могут иметь стенки, заполненные решетчатыми структурами.

Хорошие механические свойства

Методами Адаптивного производства, такими как Селективное лазерное плавление и прямое лазерное спекание металлов, печатные части также очень прочные и имеют высокую термостойкость. Металлические 3D-печатные объекты с SLM и DMLS будут иметь лучшие механические свойства, поскольку они производятся при более высокой температуре.

Является ли Metal 3D печать новой промышленной революцией?

Правда, традиционные методы литья металла выгодны, если ваши детали должны быть огромными. Однако, если вам требуется, чтобы изготовленные на заказ и точные детали были полностью функциональными для вашего объекта, 3D-печать - это то, что вам нужно. Аддитивное производство предоставит вам свободу, необходимую для разработки именно той модели, которая вам нужна, обеспечит быстрые результаты и может значительно улучшить вашу производственную систему. Благодаря разнообразию 3D-технологий ваши металлические печатные детали могут быть спроектированы и изготовлены на вашем компьютере.

1. Э. Кэнесс, Доступная 3D-печать для науки образования и устойчивого развития) / К. Фонда, М. Дзеннаро. – МЦТФ Абдус Салам, 2013. –194 с.;
 2. Uwe Kyalau, Kai Goerlich, and Robert Mitchell: How 3D Printing Will Disrupt Manufacturing [Электронный ресурс] // DIGITALISTMAG.COM [Б. м.], 2019. URL: <https://www.digitalistmag.com/executive-research/how-3d-printing-will-disrupt-manufacturing/> (дата обращения: 15.05.2019);
 3. Using 3D Printing for Metal Casting: Part 1 [Электронный ресурс] // MATTERHACKERS.COM [Б. м.], 2017. URL: <https://www.matterhackers.com/articles/using-3d-printing-for-metal-casting-part-1/> (дата обращения: 17.05.2019);
 4. How Can 3D Printing Benefit Metal Casting? Here Are 3 Ways [Электронный ресурс] // AMFG.AI - Additive Manufacturing Workflow Automation Software [Б. м.], 2018. URL: <https://amfg.ai/2018/11/15/3d-printing-metal-casting/> (дата обращения: 18.05.2019);
 5. 3D принтер по Металлу [Электронный ресурс] // MAKE-3D.RU : это путеводитель по 3d-печати.[Б. м.], 2019. URL: <https://make-3d.ru/articles/3d-printer-po-metallu-kak-eto-vozmozhno/> (дата обращения: 27.05.2019).
-