

Немного о Центре цифровых технологий



Рис.1 Центр цифровых технологий

АО «Центр цифровых технологий» - инжиниринговый центр, специализирующийся на технологиях литья. АО «ЦЦТ» расположен в Казани.

Мы располагаем двумя площадками – инжиниринговая площадка и литейное производство. На инжиниринговой площадке находится 3D принтер S-Max компании ExOne, который мы используем для печати литейных форм, промышленный рентгеновский томограф GE vtomex c450, 3D сканер ATOS III Triple Scan и суперкомпьютер. Томограф и сканер мы используем для неразрушающего контроля отливок, а также для реверсивного инжиниринга. Суперкомпьютер используется для газодинамических расчетов и моделирования процессов литья.

Имеется небольшое литейное производство с современным оборудованием и собственной лабораторией.

Инжиниринговый центр располагается на территории ОКБ им. Симонова, литейное производство на территории Казанского авиационного завода.

Кроме литья мы занимаемся 3D моделированием и проектированием, 3D сканированием, промышленной томографией, реверсивным инжинирингом.

Наша основная продукция – производство отливок из сплавов на основе алюминия и железа. На данный момент мы льем по технологии ХТС, а также в песчаные формы, напечатанные на 3D принтере. Все отливки проходят контроль на томографе и сканере. Процесс заливки предварительно моделируется в LVM Flow.

Литье, изготовленное с применением технологии 3D печати, поставляется на крупные машиностроительные предприятия России. Среди наших клиентов Казанский Авиационный Завод, ПАО «КАМАЗ», НП «КАМАЗ-автоспорт», АО ГМЗ «АГАТ» Ярославский моторный завод, ООО «Вило Рус», АО «НИИтурбокомпрессор» и другие компании.

Обзор 3D принтера ExOne S-MAX

Характеристики



Рис.2 Промышленный принтер ExOne S-MAX

3D принтер S-Max ExOne – промышленный 3D принтер, использующий в качестве материалов обогащенный литейный песок, фурановую смолу и отвердитель. Основное назначение принтера – печать литейных форм и стержней любой сложности.

Машина оснащена бункером с зоной печати 1800x1000x700 мм, время печати бункера при стандартной толщине слоя – 24 часа. Т.е. скорость печати – 30 мм/час. В нашей комплектации принтер имеет два бункера для обеспечения непрерывной печати, т.е. пока один бункер разгружается, второй в это время может печататься.

Точность печати по плоскости XY – до 0,08 мм, по оси Z (высота слоя) – 0,28 мм.

Принцип работы



Рис.3 Технические характеристики ExOne S-MAX

Принцип работы 3D принтера заключается в следующем: с помощью вакуумного насоса песок засасывается в миксер, где смешивается с отвердителем. Далее подготовленный песок поступает в устройство, которое называется рекоатер (recoater). Рекоатер наносит слой песка, смешанного с отвердителем, на бункер и разравнивает его. Далее печатающая головка наносит рисунок фурановой смолой, после чего платформа бункера опускается вниз на один слой. Далее процесс повторяется до полного построения бункера.

После завершения печати формы извлекаются и очищаются от несвязанного песка, покрываются огнеупорной краской, собираются в литейную форму и заливаются металлом. Желательно дать формам постоять в течение суток, чтобы набрать прочности.

Преимущества технологии

Данная технология позволяет выращивать стержни любой формы и сложности, изготовление которых невозможно классическими технологиями, такими как ручная формовка или с помощью формовочных машин. Кроме этого, большим плюсом является отсутствие необходимости закладывать в форме формовочные уклоны, что значительно упрощает задачу 3D моделирования как самой детали, так и литейных форм.

Качество печатаемых форм зависит от трёх факторов: качество обслуживания принтера, правильной настройкой, качества материалов.



Рис.4 Напечатанные формы

Обслуживание принтера

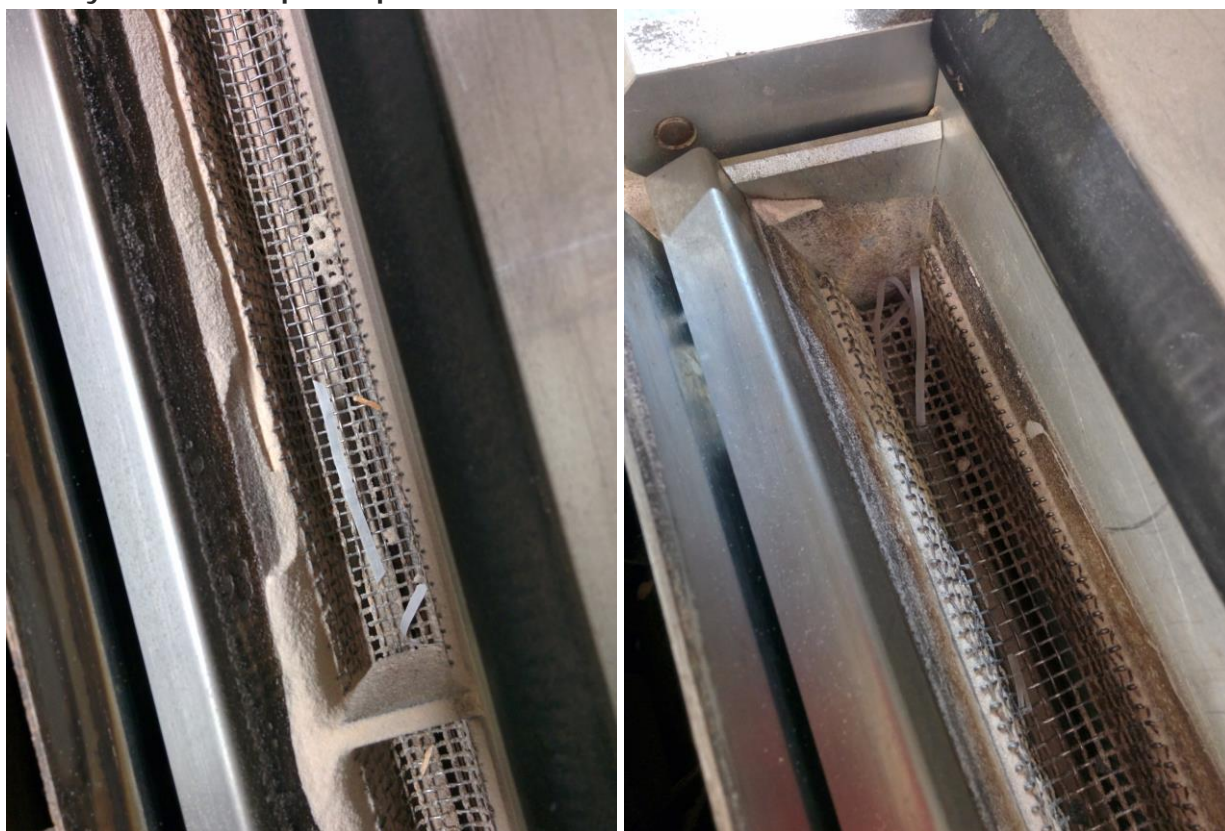


Рис.5 Мусор в рекоатере после печати

Принтер очень чувствителен к обслуживанию, а именно к чистке после печати. Плохая чистка принтера может привести к просыпанию камушков из рекоатера и, как следствие, появлению бороздок во время печати вплоть до глубоких незаполняемых рытвин при местах полном забивании рекоатера.

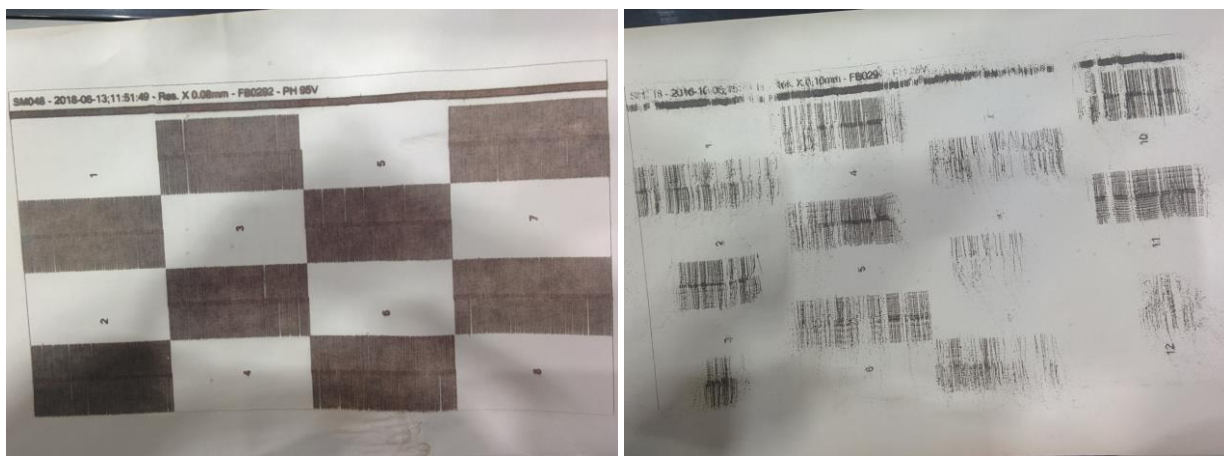


Рис.6 Хороший и плохой тестовый отпечаток

Неправильное обслуживание печатающей головки может привести к ее засорению или засыханию, вследствие чего ухудшается качество печати, а при сильном засыхании головка необратимо выходит из строя. Только тщательная чистка принтера между печатями гарантирует стабильно высокое качество печати и достаточную прочность форм.

Материалы для печати

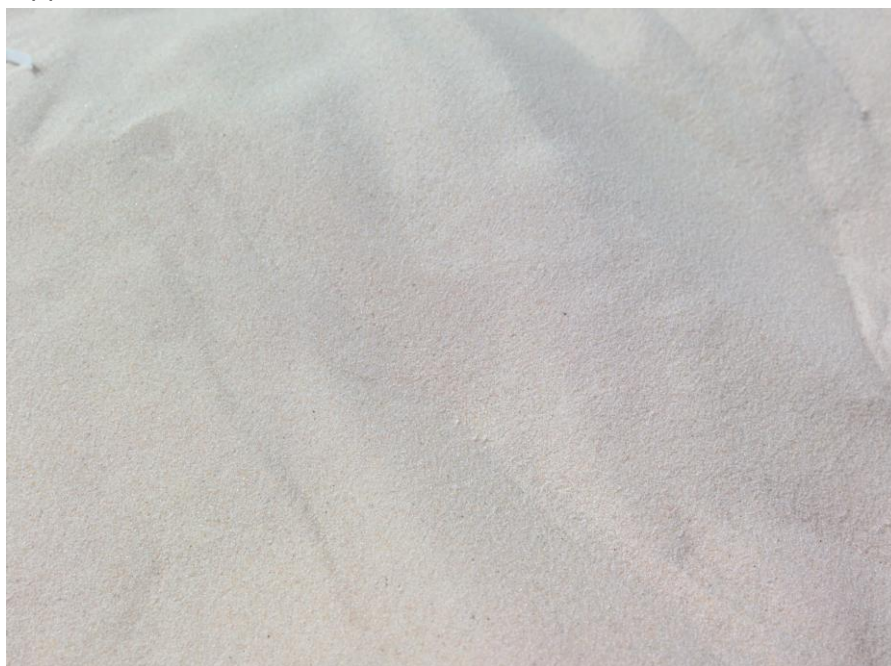


Рис.7 Песок кварцевый обогащенный

Оригинальные материалы принтера – немецкий песок фракцией 140 мкм, немецкое связующее, отвердитель и очиститель. Однако принтер можно перенастроить на другие материалы. К примеру, в нашем случае мы используем отечественный песок фракцией 100 микрон, отечественные отвердитель, связующее и очиститель.

Настройка принтера



Рис.8 Настройка угла наклона ножа рекоатера

В 3D принтере заложена возможность настраивать рецепт печати, а также некоторые механические настройки. Также настраивается толщина слоя. Неправильная настройка машины может привести к снижению прочности форм или получению искаженной геометрии.



Рис.9 Тестовые формы

Процесс настройки принтера – сложный и требует тщательного контроля. Единственный показатель, который контролируется просто – вес тестового бруска, который должен быть в определенных рамках. Слишком низкий вес бруска говорит о его хрупкости, слишком высокий вес влечет к искажению геометрии и снижению газопроницаемости. Однако вес бруска – показатель косвенный, поэтому мы дополнительно печатаем формы для контроля на разрывной машине и для проверки на газопроницаемость.

Плюсы/минусы 3D принтера

+ высокая производительность, сравнимая с производительностью формовочных машин + высокая надежность (при правильном обслуживании) + возможность настройки под разный песок + высокая точность печати + большая область печати + возможность непрерывной печати двух бункеров	– плохое ПО – неудобный интерфейс – имеющаяся функция продолжения прерванной печати не работает – требует тщательного обслуживания – нет механической очистки щели рекоатера – отсутствие удаленного управления – настройка принтера полностью ручная и неявная – отсутствие контроля качества поступающих в машину материалов – отсутствие системы автоматической прокачки связующего через головку при длительном простое во избежание засыхания
--	--

Особенности и трудности технологии

Раскладка форм перед печатью

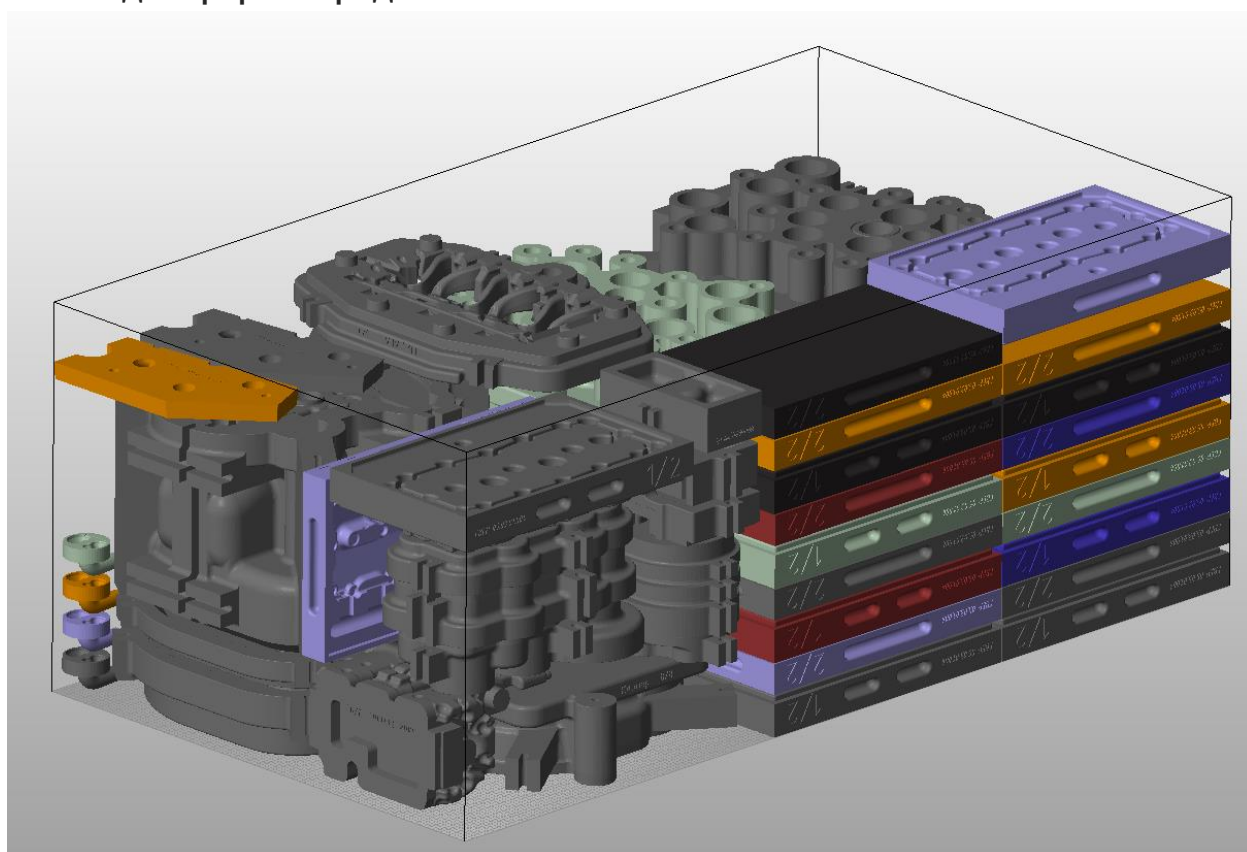


Рис.10 Раскладка перед печатью

В качестве программы-слайсера используется ПО Netfabb, которое входит в комплектацию. Поскольку что основное назначение 3D принтера S-MAX – изготовление литейных форм для опытных образцов или изделий малой серии, литейные формы в одном бункере могут быть

самых разных форм и габаритов. Возникает проблема оптимальной раскладки форм. К сожалению, программный алгоритм для этой задачи отсутствует и все приходится делать вручную. Задача напоминает игру в тетрис: требуется уложить все плотно, без пустот, соблюсти необходимые зазоры между формами и при этом постараться уложиться в минимальную высоту. Наибольшая трудность заключается в том, что в данном случае тетрис трехмерный, и задача становится кропотливой и трудоемкой. Но трудозатраты окупаются экономией песка, отвердителя, клинера, электроэнергии и снижением времени печати.

Стараться уложить формы плотно определенно стоит, и если не ради экономии денег, то хотя бы ради экологии: максимально плотная укладка снижает количество химических отходов.

Статистика, собранная по 100 печатям, показывает, что средняя степень черноты (отношение объема связанного песка к несвязанному с учетом обязательной охранной прослойки по всему периметру, шириной 20мм) достигает 35%.

Ориентация форм





Рис.11 Ступеньки от 3D печати

При раскладке форм стоит обращать внимание на то, как формы расположены в бункере. Поскольку толщина слоя – 0,28 мм, а точность по плоскости XY – 0,1 мм, ответственные поверхности стоит располагать по оси Z. Следы от ступенек вследствие 3D печати будут неизбежно видны на криволинейных поверхностях, это следует учесть при раскладке и стараться ориентировать такие поверхности вдоль оси Z.

Пример: цилиндр стоит располагать вертикально, в таком случае артефактов 3D печати удастся полностью избежать.

Борьба с хрупкостью

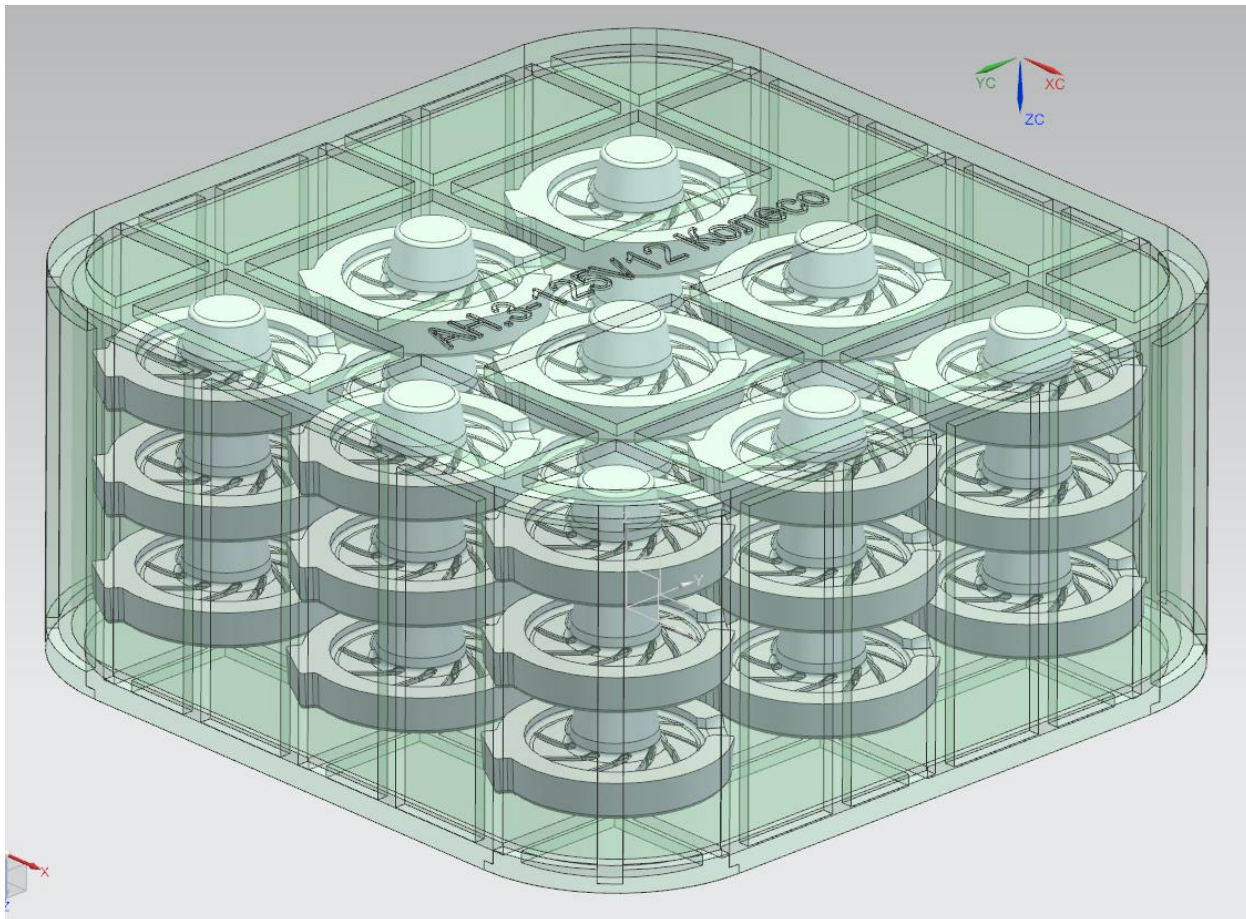


Рис.12 Формы в коробе

Еще одной проблемой является хрупкость форм. Для снижения процента брака при извлечении и транспортировке форм применяются следующие шаги:

- Формы должны побыть на воздухе как минимум сутки, чтобы набрать прочность
- В модели форм нужно закладывать выемки под пальцы или сквозные отверстия под трубы, если форма тяжелая
- По возможности избегать консольных элементов при проектировании
- Исключить вибрации и удары при транспортировке
- Мелкие формы печатать собранными внутри ящика с песком и транспортировать в таком виде

Борьба с термическим расширением

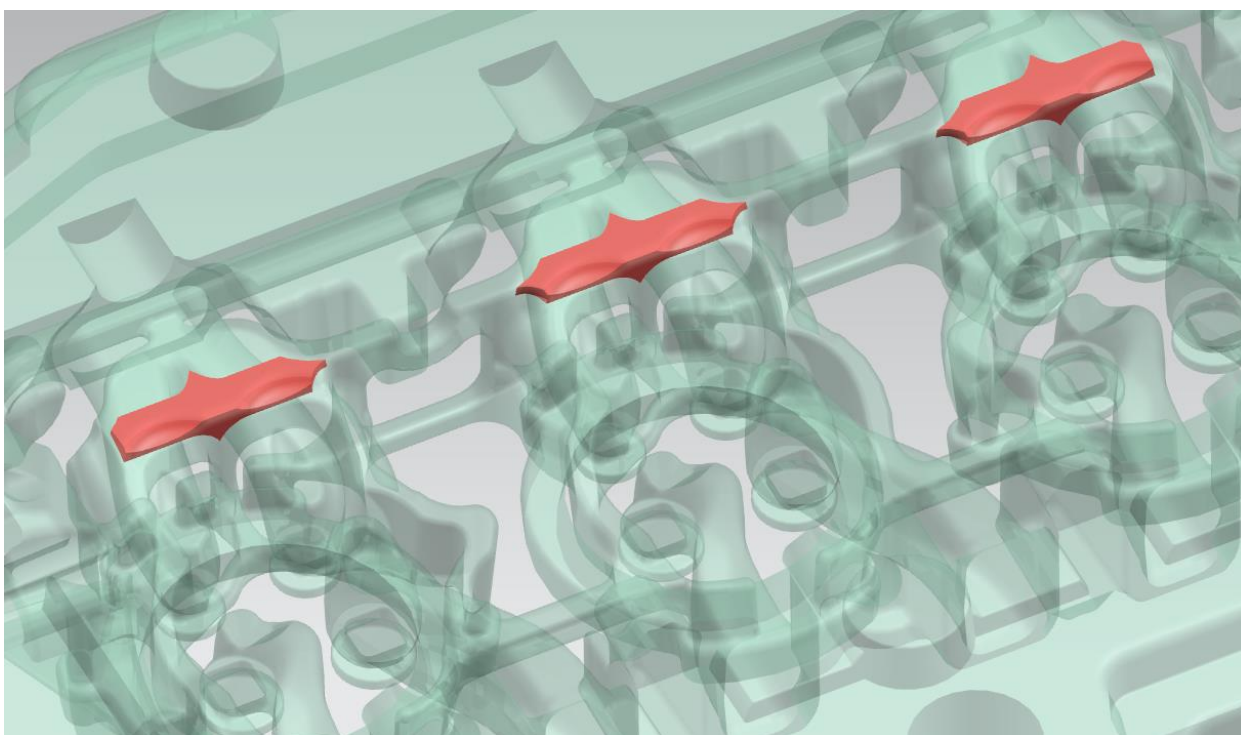
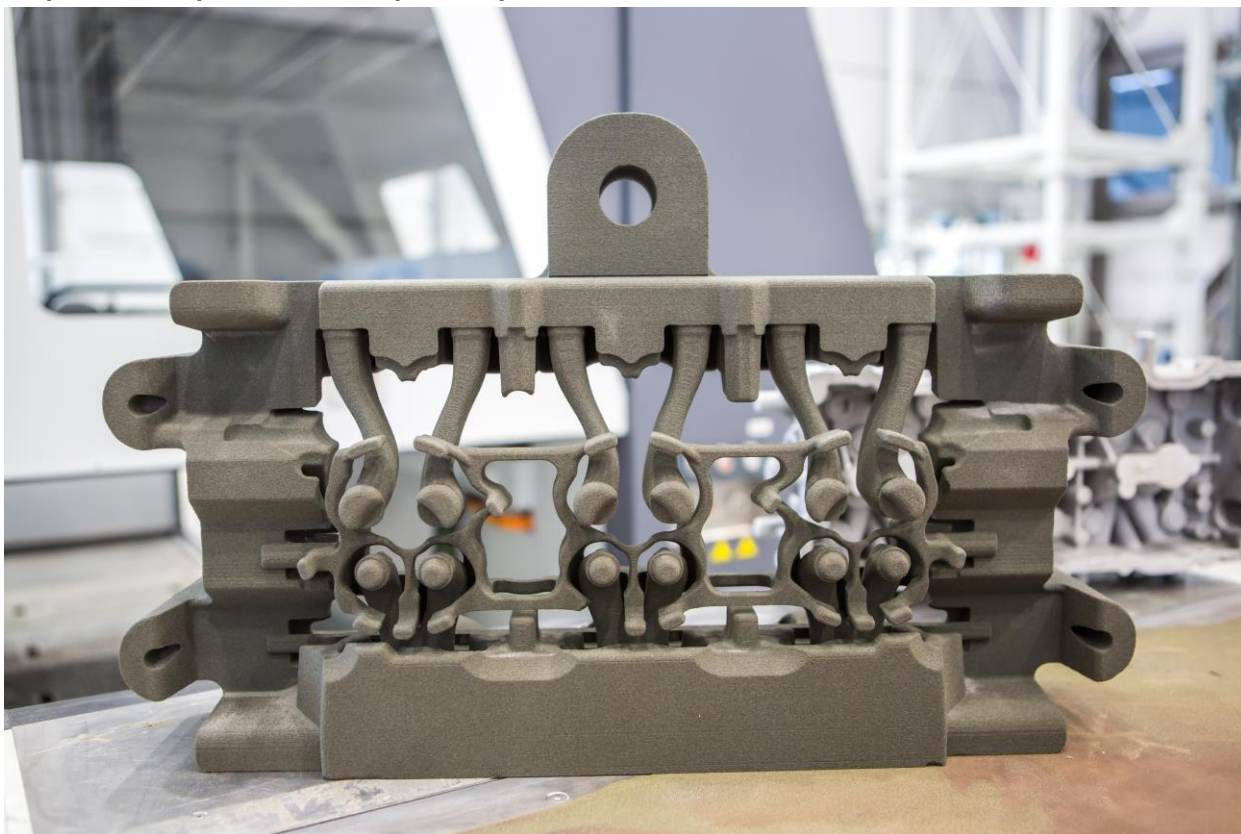


Рис.13 Полости для подвижности песка

В процессе проектирования форм следует учитывать разницу в линейном расширении металла и песка. При остывании расплава внутри формы тонкие места стержней могут трескаться, а трещины заполняться расплавом. Такой вид дефекта называется просечка.

Для борьбы с этим явлением в 3D модели стержней закладываются полые области рядом с теми местами, где возможны просечки. В полых областях песок остается несвязанным. Это обеспечивает песку внутри подвижность, а корке вокруг полости – сминание. Благодаря этому металлу «есть куда двигаться» при остывании. Такой способ помогает избежать разрушения в тонких местах стержней.

Борьба с низкой газопроницаемостью

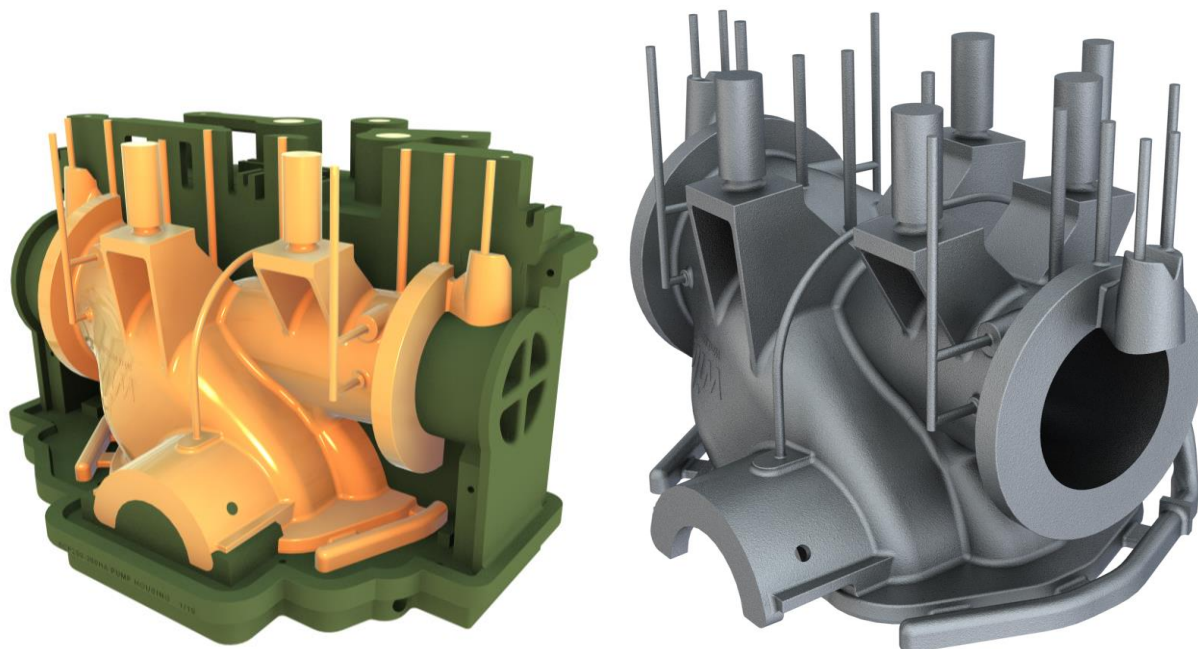


Рис.14 Сложная литниково-питающая система

Недостаток технологии в том, что мелкая фракция песка негативно влияет на газопроницаемость форм, вследствие чего отвод газов во время процесса заливки затруднен. Преимущество технологии в том, что она позволяет закладывать в формах газоотводы любой сложности.

Пример: проблему с сильным газовыделением чугуновой отливки решила система газоотводов, изображенная на рисунке.

Опыт нестандартного применения 3D принтера



Рис.15 Оснастка для выклейки композитов

Печатаемые формы применяются нами не только для литья. Есть опыт изготовления на 3D принтере оснастки для выклейки. Преимущество 3D печати в высокой скорости изготовления форм.



Рис.16 Статуэтки

Еще одно применение S-MAX ExOne – печать статуй. Бункер позволяет напечатать статую в полный человеческий рост.

[фото чужого]

Для того, чтобы сделать форму более прочной и убрать сыпучесть, форма дополнительно покрывается эпоксидной смолой.

Заключение

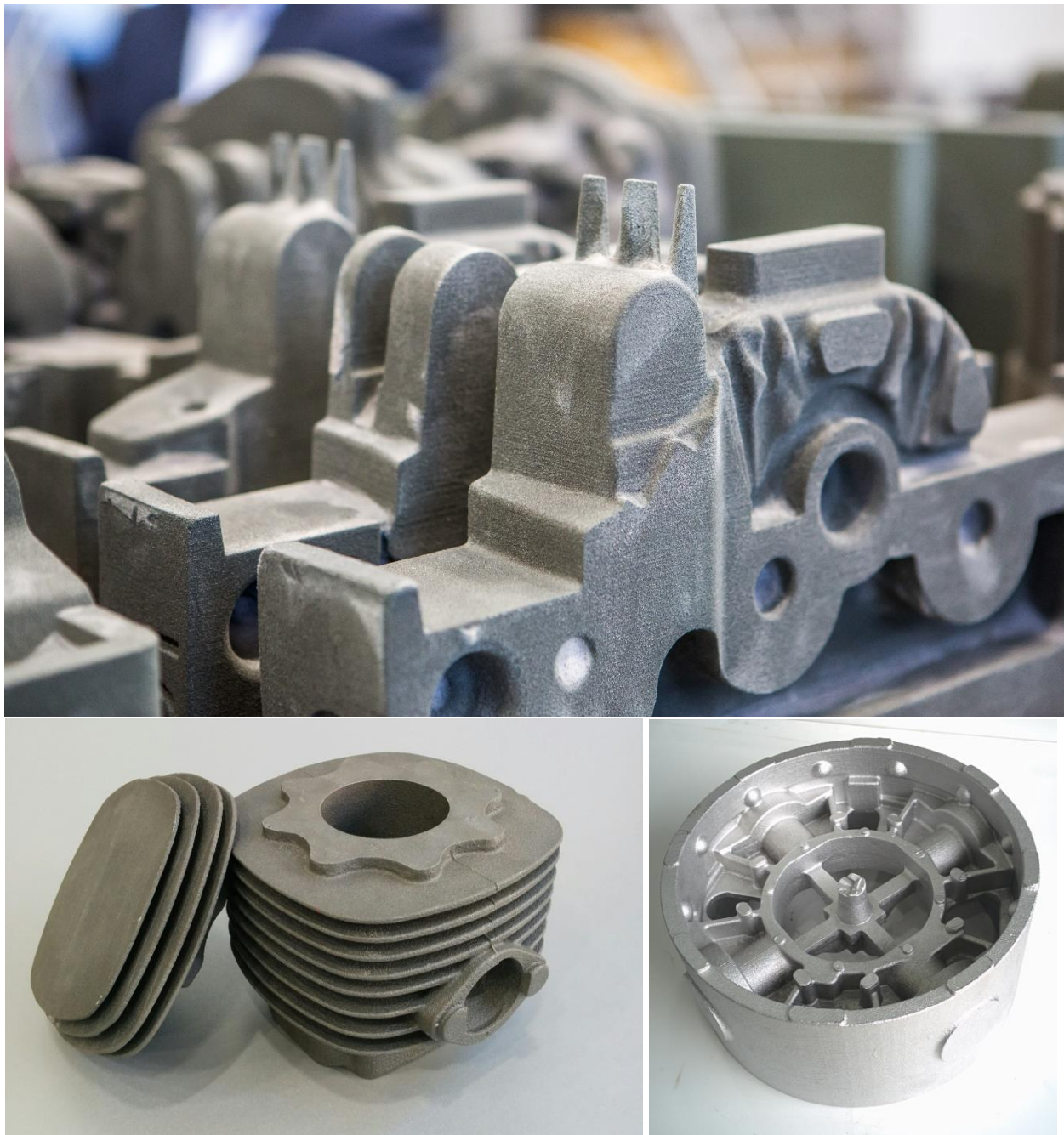


Рис.17 Формы и отливки

3D принтер может успешно применяться в автомобилестроении, авиастроении и других областях. Используемые материалы позволяют отливать сплавы на основе алюминия, железа, меди, магния и др. Технология имеет свои преимущества и недостатки по сравнению с традиционной технологией формовки:

Плюсы/минусы технологии по сравнению с традиционной

+ Низкая стоимость печати + нет необходимости изготовления литейной оснастки + нет необходимости закладывания литейных уклонов + позволяет изготавливать стержни любой сложности и размеров + высокая точность форм + выгодно при единичном изделии или малой серии + маленькие или сложные стержни выгодно даже для большой серии	– Худшая шероховатость поверхности – Ступеньки от 3D печати – Низкая газопроницаемость – Большие и простые формы невыгодно при большой серии
--	--