
Аддитивные технологии в изготовлении судовых деталей методом литья

Ноговицин Никита Алексеевич

Актуальность данной темы заключается в том что, на данный момент производство единичных деталей сложной формы очень дорогой и металлоёмкий процесс. И для изготовления заготовок формы, которых приближенны к чистовым размерам используют методы литья. Но и литьё бывает разное. Новые технологии позволяют упростить и повысить точность литейных форм.

Литейное производство — один из старейших технологических процессов, известных человечеству. Еще в Бронзовом веке наши предки умели менять агрегатное состояние руды, переплавлять ее в жидкий металл, заливать в форму и получать нужную отливку. В конце XX века, с появлением цифрового моделирования и затем с бурным развитием [аддитивных технологий](#), наметились кардинальные перемены.

Основные традиционные виды литья

- литье в песчано-глинистые формы;
- оболочковое литье.

Роль аддитивных технологий

Выращивание моделей и форм путем [3D-печати](#) позволяет получить результаты, недостижимые средствами классических технологических процессов. Важное преимущество заключается также и в значительной экономии времени на изготовление модельной оснастки. Сокращение срока создания прототипов и возможность вносить изменения в конструкцию открыли широчайшие возможности для опытного производства.

Благодаря 3D-процессам можно забыть о всех минусах традиционного литья. К последним относятся:

- долгий производственный цикл;
- трудоемкость механической обработки;
- недостаточная точность;
- роль человеческого фактора.

Литейное производство

Литье в песчано-глинистые формы (ПГФ) — стандартизированная технология, наиболее распространенная и проверенная, а с точки зрения функциональности — самая продвинутая. Производства, ее использующие, как правило, оборудованы автоматическими формовочными и стержневыми линиями, применяют автоматическую заливку и т.д. Литье в ПГФ характеризуется наличием многоцветной металлической или деревянной модельной оснастки. Форма, которую с нее снимают и в которую затем заливают металл, — одноразовая и сделана из специальной песчано-глиняной формовочной смеси. Такие формы стало возможным изготавливать на 3D-принтерах. Как правило, в этом случае используется [технология CJP](#) (цветная струйная печать из композита на основе гипса).

Оболочковое литье оперирует одним из двух методов:

- [литье по выплавляемым моделям](#);

- [литье по выжигаемым моделям.](#)

Главная особенность этой технологии в том, что каждая модель используется один раз для отливки одного изделия, и сама форма, которая из нее получается, тоже одноразовая. При внедрении 3D-методов на производстве такого типа применяется:

- печать [воском](#) — для литья по выплавляемым моделям;
- печать [фотополимерной смолой](#) — для литья по выжигаемым моделям.

Литье в песчано-глинистые формы с использованием 3D-технологий

Процесс литья в ПГФ начинается с создания математической модели оснастки. Инженер-технолог или технолог-литейщик определяет линию разъема, усадку, уклон и другие параметры.

Затем эти данные передаются в аддитивную установку. Мы рассмотрим пример печати на 3D-принтере, принцип работы которого основан на [технологии цветной струйной печати](#) (CJP). Главное преимущество этой технологии в том, что, если модель по геометрии помещается в камеру построения, за одну операцию можно напечатать сразу несколько моделей.

Следующий этап — обработка модели. Обратите внимание: для экономии материала модель сделана пустотелой, с внутренним оребрением. В случае необходимости, пустой объем заливается простой эпоксидной смолой, чтобы придать конструкции большую жесткость. Так как гипс — материал не конструкционный, сама модель пропитывается смолой. После этого поверхность подвергается обработке (шпаклевке и шкурению) и покрывается специальной краской для модельной оснастки. Весь цикл изготовления методом литья в песчано-глинистые формы занимает не больше недели. По стойкости такая модель сопоставима с дерево-модельной оснасткой.

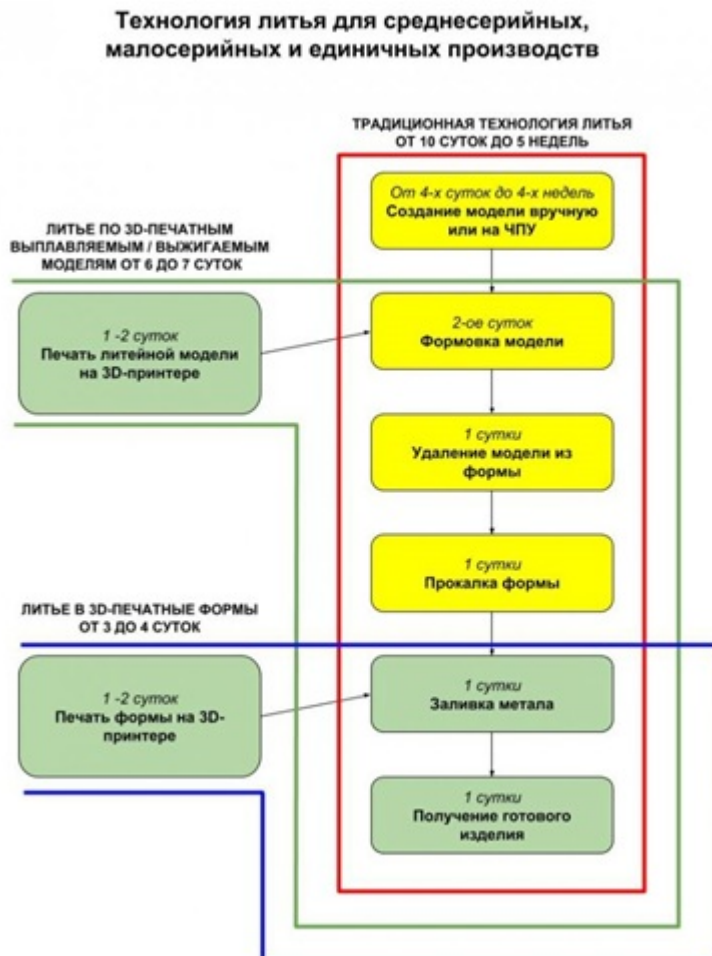


Рис.1 — Сравнение технологий Традиционного производства и 3D — печати.

Обработка, очистка и пропитка модели смолой

Таким образом, применение **аддитивных** технологий при литье в песчано-глинистые формы имеет следующие явные плюсы по сравнению с классическими методами:

- значительное сокращение производственного цикла;
- нет необходимости задействовать в процессе производства несколько инженеров-технологов или других специалистов;
- на 3D-принтере можно напечатать одновременно несколько изделий.

Сравнение с традиционной технологией

В традиционном процессе литья мастер-модель можно изготовить вручную или с помощью механической обработки. Вручную некоторые формы реализовать невозможно. Для изготовления мастер-моделей используют пятиосевые обрабатывающие центры с ЧПУ, что значительно увеличивает возможное разнообразие форм, но и стоимость такой восковки или мастер-модели заметно увеличивается. Такой путь получения отливки актуален для массового производства, в малой и средней серии он, чаще всего, экономически нецелесообразен — тут применение 3D-печати более рационально.



Рис.2 — Сравнение Традиционного производства и 3D — печать.

Таблица1 — Аналитическое сравнение методов.

| Изготовление | Традиционные технологии | Аддитивные технологии | Основное преимущество |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Готовое изделие или мастер-модель | Изготовление вручную или на станках | Печать с помощью всех доступных на рынке материалов. При этом прямая печать металлами на данный момент дороже, чем литье. | Скорость, высокая точность и детализация |
| Литейная модель | Изготовление вручную или на станках и с последующим выплавлением или выжиганием из формы | Печать с помощью воска, пластика и полимеров Технологии: FDM (FFF), SLS, SLA, DLP Материалы: воск (выплавление), REC Cast (выжигание), PMMA (выжигание), фотополимеры | Скорость, низкая зольность, умеренная точность |
| Песчано - глинистая форма | Изготовление литейных форм возможно только после формовки по мастер-модели | Литейные формы можно напечатать сразу. Технологии: Binder Jet, SLA Материалы: литейный песок | Скорость, высокая точность |

Вывод: аддитивный метод в литейных технологиях производства, являются перспективным методом, позволяющим многократно сократить экономические и временные затраты, а так же сократить металлоёмкость производства единичных и мелкосерийных заготовок сложных форм.