

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Опыт внедрения методов прямого цифрового изготовления деталей в технологию литья по выплавляемым моделям

Евгений Кочкин, Артем Сапожников, ОАО «КБХА»,
Евгений Чаплинский, компания «Солвер»

Если еще 10 лет назад технология прямого цифрового изготовления деталей (Direct Digital Manufacturing, DDM) рассматривалась лишь в связи с научными разработками, считалась экзотической и применимой в основном для концептуального моделирования, сегодняшнее развитие технологий позволяет использовать оборудование DDM наравне со станками с ЧПУ. В статье рассказывается об опыте применения этой современной технологии в литейном производстве ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики» («КБХА»).

Разработка и производство сложных и наукоемких изделий, каковыми являются жидкостные реактивные двигатели (ЖРД), невозможно без применения качественно спроектированных и изготовленных литых заготовок, новейших технологий и высоко-технологичного оборудования. В свою очередь быстрый запуск в производство качественных литых деталей может быть обеспечен высоким уровнем конструкторско-технологической подготовки производства и продуманными мерами по сокращению сроков подготовки производства новых изделий. Однако производственная база большинства промышленных предприятий отрасли устарела, или не успела обновиться в достаточных масштабах, что вместе с длительными циклами и высокими затратами на производство и его подготовку не позволяют обеспечить оперативный выпуск новых образцов ЖРД.

Самой сложной и трудоемкой частью изготовления отливок методом литья по выплавляемым (выжигаемым) моделям является проектирование и изготовление пресс-форм для получения моделей отливок. Для этих работ

требуется привлечение высококвалифицированных конструкторов оснастки, применение дорогостоящего оборудования, высококвалифицированного ручного труда и, как правило, большие временные затраты. Однако есть другая возможность быстро, качественно и недорого изготавливать модели отливок — методом прямого цифрового изготовления моделей на установках быстрого прототипирования.

В современном мире получил распространение целый ряд различных технологий быстрого прототипирования.



Рис. 1. Модель «Корпус насоса» из ABS-пластика

Каждая из них обладает своими особенностями, достоинствами и недостатками, которые в итоге определяют области их применения. В «КБХА» для изготовления моделей отливок сегодня используют технологию и оборудование компании Stratasys, т.к. модели, полученные с их помощью, отлично вписываются в уже используемую традиционную технологию и позволяют реально сократить сроки производства.

Компания Stratasys вышла на мировой рынок со своей технологией FDM (Fused Deposition Modelin) — моделирование послойным наплавлением в 1988 году. Принцип создания моделей по этой технологии заключается в укладке разогретой полимерной нити в соответствии с математической 3D-моделью детали. Головка установки, которая управляется программой, выдавливая полимерную нить через разогретую фильеру, послойно выстраивает геометрию модели. Вторая фильера головки выстраивает поддержку для нависающих и тонкостенных элементов модели.

Применение моделей, полученных методом DDM из ABS-пластика, в серийной технологии литья по выплавляемым моделям было успешно отработано специалистами «КБХА» при технической поддержке компании «Солвер» еще в 2006 г. на деталях «Корпус насоса» и «Корпус турбины». Тогда для



Рис. 2. Модельный блок

Рис. 3. Литая деталь
«Корпус насоса»

получения отливки «Корпуса насоса» из стали ВНЛ-1 использовали ее модель из ABS-пластика (рис. 1), которую изготовили специалисты «Солвер» на установке Dimension 1200 SST на основе предоставленной предприятием матмодели. На изготовление модели потребовалось 38 часов.

При визуальном контроле на поверхностях новой модели наблюдались небольшие, высотой до 0,127 мм, «ступеньки», образующиеся вследствие особенностей технологии — послойного изготовления. Обмеры доступных мест модели показали, что их размеры с учетом заданной усадки полностью соответствуют конструкторской документации (КД).

Перед сборкой модели в блок с литниково-питающей системой (ЛПС) «ступеньки» сглаживались разогретой модельной массой Г1-М2. Модельный блок собирался с использованием стандартных элементов ЛПС, изготов-

ленных из модельной массы (рис. 2). ABS-пластик и модельная масса образуют надежное соединение, обеспечивающее все требования к прочности модельного блока. Покраска модельного блока и изготовление огнеупорной оболочки выполнялись по стандартной технологии.

Удаление модельной массы и пластика из формы осуществлялось в два этапа. Сначала модельная масса вылавлялась при температуре 150–165 градусов в ванне с расплавленной модельной массой. При этом пластик размягчался до потери формы. По данным фирмы Stratasys, температура 165 градусов является точкой размягчения ABS-пластика. На втором этапе пластик и остатки модельной массы выжигались в печи при температуре 650–750 градусов. После выжигания модели во внутренних полостях формы зола практически отсутствовала.

Полученная огнеупорная оболочка формовалась в опоку без наполнителя и заливалась расплавом стали ВНЛ-1, нагретым до температуры 1590 градусов. После остывания и очистки блока от керамики, пескоструйной обработки металлическим песком отливка отрезалась от литниковой системы на анодно-механическом станке.

С полученной отливкой затем выполнялись все операции стандартного технологического процесса, в том числе высокотемпературная газостатическая обработка, термические и гальванические операции, после чего она подвергалась контролю на соответствие геометрической точности и требованиям к качеству поверхности. Отклонения размеров от требований КД обнаружены не были. Шероховатость поверхности отливки, полученной по модели из ABS-пластика, не отличалась от шероховатости поверхности отливок, изготовленных по моделям из модельной массы Г1-М2, и соответствовала требованиям КД. Внешний вид отливки после механической обработки «Корпуса насоса» представлен на рисунке 3.

Таким образом:

- применение модели, полученной методом DDM из ABS-пластика, успешно вписалось в ранее используемый технологический процесс изготовления отливки методом ЛВМ;

- срок освоения новой отливки сократился в 3 раза за счет исключения из цикла подготовки производства проектирования и изготовления

Рис. 4. Модель
улиточного корпуса,
изготовленная из 4 частейРис. 5. Модель
корпуса, изготовленная
из 5 частейРис. 6. Модель корпуса
с элементами ЛПС,
изготовленная из 12 частей

пресс-форм для запрессовки модельной массы;

- повысилось качество отливок, что выражалось в 100-процентной повторяемости геометрических размеров за счет высокой прочности модели из ABS-пластика по сравнению с модельной массой;

- сократилось влияние человеческого фактора на качество отливок за счет существенного снижения доли ручного труда при изготовлении модельного блока.

Расчет экономической эффективности применения новой технологии по отношению к традиционному методу получения моделей отливок в пресс-



Рис. 7. Модель модельного блока, изготовленная из 24 частей

формах показал, что для небольшой партии деталей (до 10 штук) экономия составляет более 1,3 млн рублей.

На основании результатов полученного опыта в «КБХА» было принято решение о приобретении установки прямого цифрового изготовления моделей компании Stratasys для внедрения метода изготовления моделей из ABS-пластика в используемую технологию изготовления отливок методом ЛВМ.

Установка прямого цифрового изготовления деталей Dimension-1200es была приобретена и внедрена в июле 2011 года. За время эксплуатации в производстве установка наработала 5100 станко-часов, под нее было спроектировано и внедрено в стандартную технологию 23 наименования моделей для литья методом ЛВМ, изготовлено более 400 моделей с последующим получением годных отливок.

За это время также были отработаны и внедрены дополнительные технологические решения по применению установки в производстве:

- сборка крупногабаритных моделей из отдельно изготовленных частей (рис. 4);

- изготовление моделей совместно с литниковой системой (рис. 6 и 7);

- моделирование с целью проверки компоновки узлов и агрегатов;

- изготовление различных масштабных макетов.

С момента ввода в эксплуатацию установки Dimension-1200es в состав практически всех новых изделий «КБХА» теперь входят отливки, при изготовлении которых применяются модели, полученные методом прямого цифрового изготовления из ABS-пластика (рис. 8). В настоящее время установка Dimension-1200es продолжает активно и успешно использоваться в производстве моделей отливок.

В тех случаях, когда требования к геометрической точности отливок не позволяют использовать сборные модели, модели изготавливаются по кооперации с партнерами «КБХА», которые располагают установками с большими габаритными размерами рабочей зоны. Так, например, сотрудничество «КБХА» с «Солвер» позволило изготовить модели отливки «Колеса рабочего» диаметром 420 мм (рис. 9)..

ВЫВОДЫ

Применение технологии изготовления литых деталей с использованием моделей отливок, полученных методом DDM, при отработке и запуске в производство новых конструкций агрегатов ЖРД позволяет:

1. Исключить из процесса проектирование и изготовление трудоемких и дорогостоящих пресс-форм. При этом значительно сокращается время подготовки производства при изготовлении отливок методом ЛВМ. Также не задействуется высокоточное и специальное оборудование, в том числе с ЧПУ.

2. Снизить потребность в высококвалифицированных кадрах (в конструкторах пресс-форм, технолога, операторах станков с ЧПУ, слесарях-сборщиках, рабочих-лекальщиках и т.д.), задействованных в разработке и изготовлении пресс-форм, и перенаправить их на выполнение других работ основного производства.

3. Значительно облегчить возможность изменения конструкции деталей при доводке параметров агрегатов, исключив из процесса этап доработки пресс-форм и изготовления новых.

4. Снизить затраты на изготовление литых деталей, необходимых для отработки технологии и контроля геометрии. ■



Рис. 8. Примеры моделей отливок новых изделий



Рис. 9. Модель «Рабочее колесо» была изготовлена для «КБХА» в «Солвер» на установке Fortus 900ms