

СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЦИФРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МЕТОДОМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ларских Екатерина Леонидовна

Институт машиностроения и транспорта, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия

Аннотация. В данном инженерном проекте были применены новые производственные технологии, которые включают в себя: 3D сканирование, 3D печать (аддитивные технологии), 3D моделирование, а также применение ЧПУ (числовое программное управление) станков. Внедряются новые технологии производства с применением автоматизированного оборудования в различных методах литья, которые в совокупности представляют собой алгоритм для определения трудоемкости и оптимального метода производства, с целью сокращения финансовых затрат предприятия, времени на разработку и изготовление промышленных образцов, а также сокращение количества брака и человеческого фактора.

Ключевые слова: литейное производство, оцифрование, деталь, 3D моделирование, 3D сканирование, промышленность, ЧПУ, деталь.

1. Введение

В данной работе основной целью автора ставится модернизация конструкции детали за счет внесения изменений в конструкцию посредством 3D сканирования и моделирования. Далее на основе полученной детали разрабатывались алгоритмы производства данной детали различными методами литейного производства для поиска оптимального метода изготовления и запуска в промышленное производство с учетом доступных ресурсов предприятия.

В работе была успешно разработана и произведена деталь “Винт” проходной печи отжига, а также были произведены испытания на предмет износостойкости.

1.1 Исследование важности и актуальности проблемы

Целью данного проекта являлся поиск оптимального метода производства различных промышленных образцов.

На основе данных разработок появляется возможность расширения производства и выхода на новые рынки при наименьших затратах. Предприятие сможет выполнять

коммерческие заказы, наладить прибыльное малосерийное производство, а также появится возможность производства деталей для ремонта оборудования на предприятии.

Итогом проекта являются детали, изготовленные различными методами, с учетом разработанных алгоритмов производства.

2. Методы и методологии

В данном проекте за основу взяты несколько методов литейного производства, каждый из которых имеет свои характерные особенности, такие как ресурсозатратность, объем изготавливаемой продукции, время на разработку и изготовление технической документации, качество и точность отлитых промышленных образцов.

В качестве объекта исследований была взята изношенная деталь – винт термической проходной печи. Термическая проходная печь используется для обработки труб и фасонных частей. Винт является составной деталью корпуса горелки печи и служит для рассеивания горячего потока воздуха путем его завихрения и высвобождения в окружающую среду, за счет чего происходит регулировка температуры воздуха внутри печи. При постоянной работе в агрессивной среде высоких температур в винтах образуются прогары и отверстия. Тем самым данная деталь быстро теряет свои механические свойства и требует замены. Для увеличения срока службы в конструкцию детали были внесены изменения (увеличена толщина винтовой части, а также центрального стержня). Данные изменения не повлияют на полноценное изменение корпуса горелки малой проходной печи, а также изменения внесены с учетом основных габаритов детали.

Общей целью данной работы является разработка алгоритмов для каждого из методов производства, таких как:

1. Опочное литье;
2. Безопочное литье;
3. Литье по выжигаемым моделям (аддитивные технологии).

3. Результаты

Любой метод литейного производства предусматривает создание 3D моделей, а также всей технической документации для отливки промышленных образцов. Первоначальным этапом является создание 3D модели изделия в программах компьютерного проектирования. В данном проекте использовалась программа SolidWorks. Данная программа имеет полный набор инструментов для создания полноценного чертежа и 3D модели, а также модифицирования оцифрованных объектов по желаемым характеристикам (габариты,

материал, конструкция, форма). Вся техническая документация создается в соответствии ГОСТ 2.109-73.

Для разработки проекта на основе создания алгоритмов литейного производства несколькими методами автором проектируется деталь – винт термической печи отжига. Создание модели технического процесса заключается в нескольких этапах:

1. Создание технической документации и 3D моделей детали (рисунок 1);

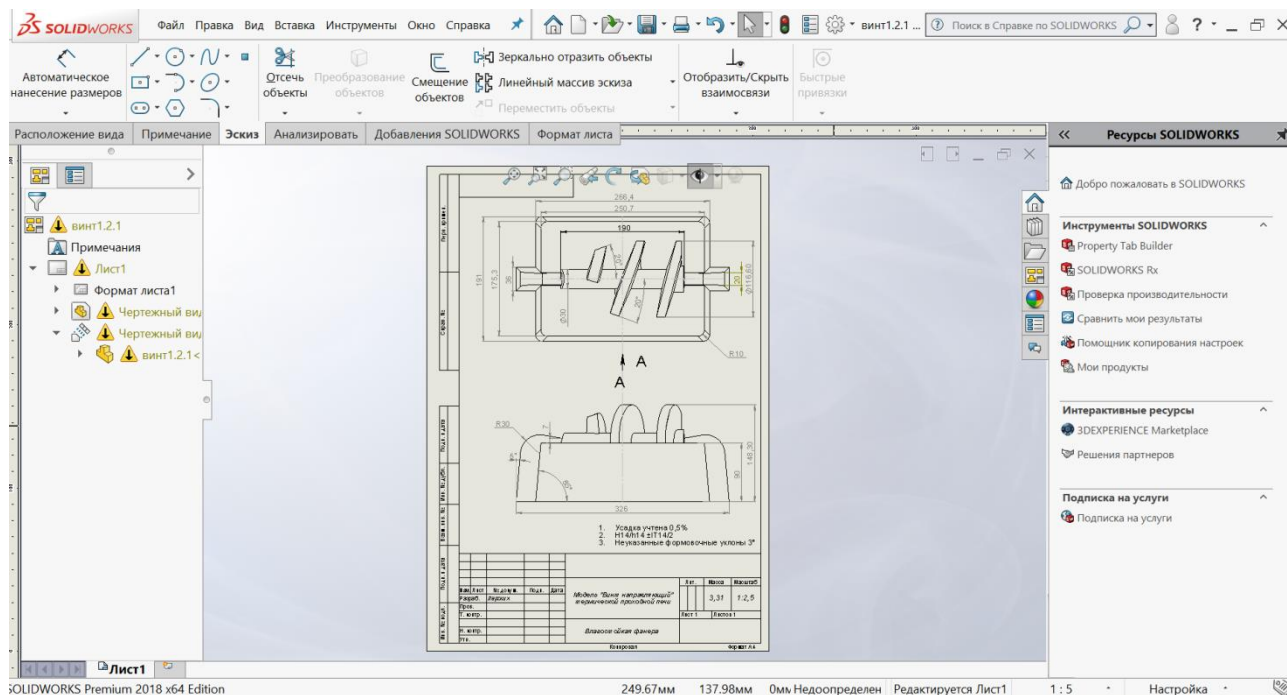


Рисунок 1. Чертеж модели из влагостойкой фанеры детали – “Винт” термической печи отжига

2. Преобразование детали в отливку (из требуемого материала), с наложением допусков, припусков и литейных уклонов (рисунок 2);

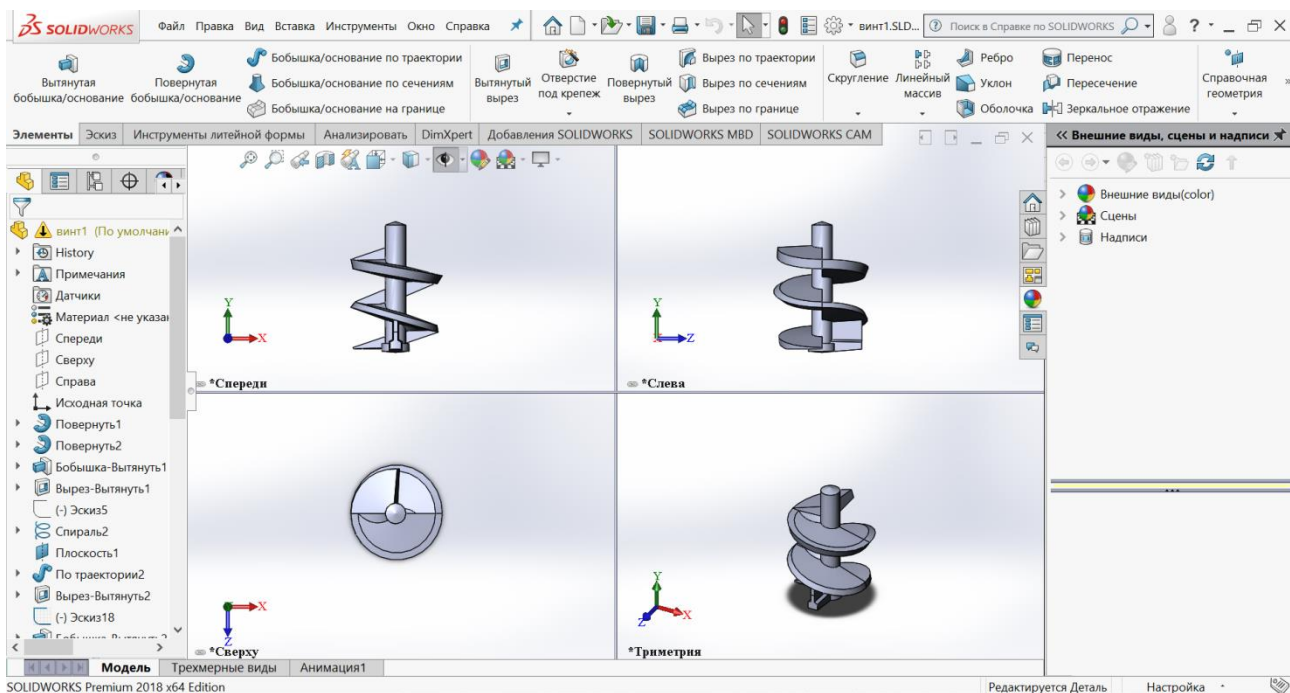


Рисунок 2. 3D модель отливки детали – “Винт” термической печи отжига

В разных методах литейного производства используются различные методы проектирования технического процесса. В опочном методе производства используются модели, которые в последствии устанавливаются на подмодельные плиты. На подмодельных плитах получают песчаные отпечатки в опоках. Далее два отпечатка соединяются и производится заливка металла. В безопочном методе производства песок засыпается в ящики из влагостойкой фанеры, которые производят процесс формовки песка без участия опок. При использовании выжигаемых моделей распечатанная модель из PLA помещается в любую емкость и засыпается песком. Далее в заформованном песке производятся отверстия для заливки металла.

3.1 Производство детали опочным методом литья

Опочный метод литейного производства используется при массовом изготовлении промышленных образцов (фасонных частей труб, деталей, ремонтных отливок).

После создания 3D модели литейной оснастки (рисунок 3) в программе SolidWorks, модель переносится в программу AlphaCam для создания маршрута движения инструмента на ЧПУ станке Proform X5.

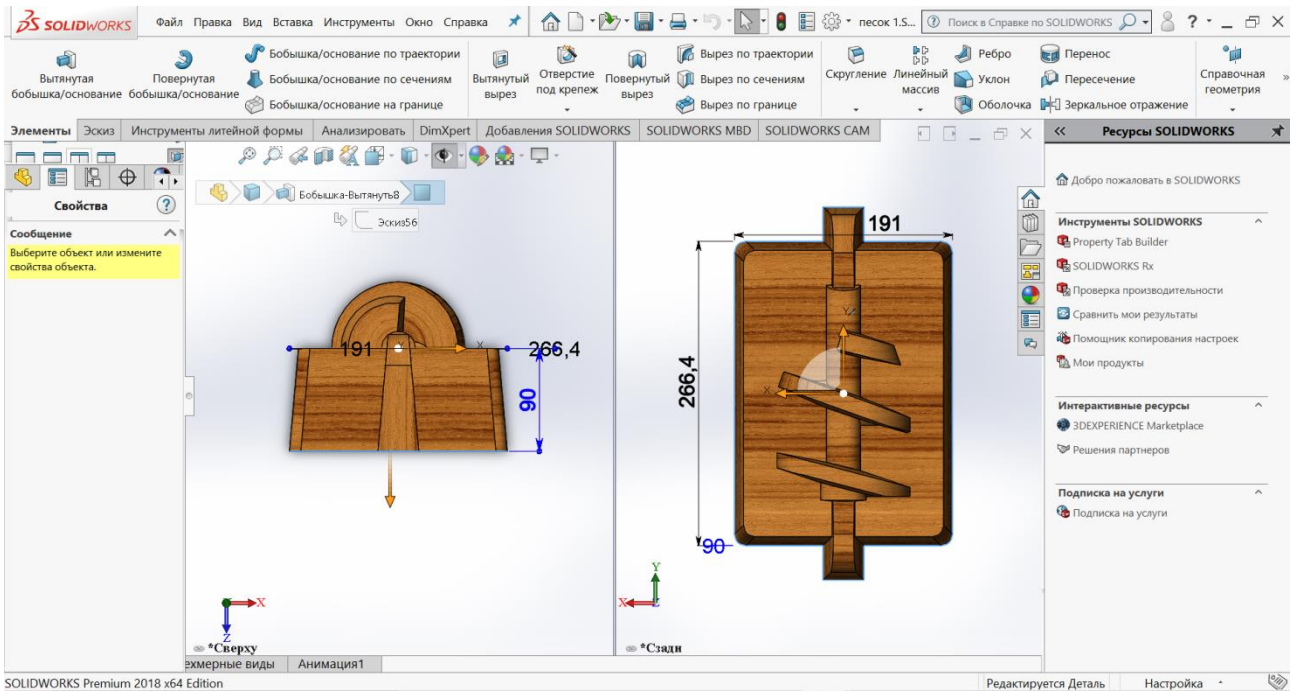


Рисунок 3. Подготовленная 3D модель для запуска на ЧПУ

При создании маршрута инструмента, учитываются все уклоны и скругления, которые указываются на чертежах (рисунок 4, рисунок 5), для подбора необходимого инструмента (фрезы).

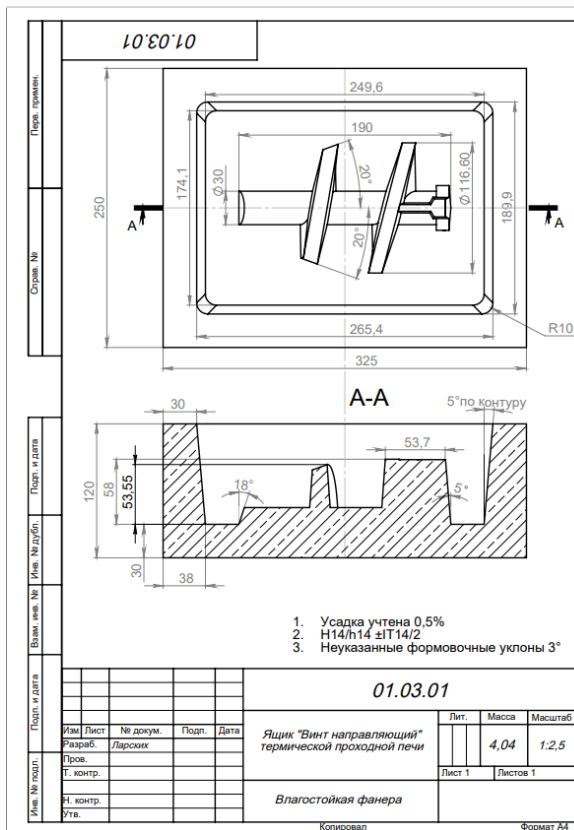


Рисунок 4. Чертеж ящика "Винт направляющий"

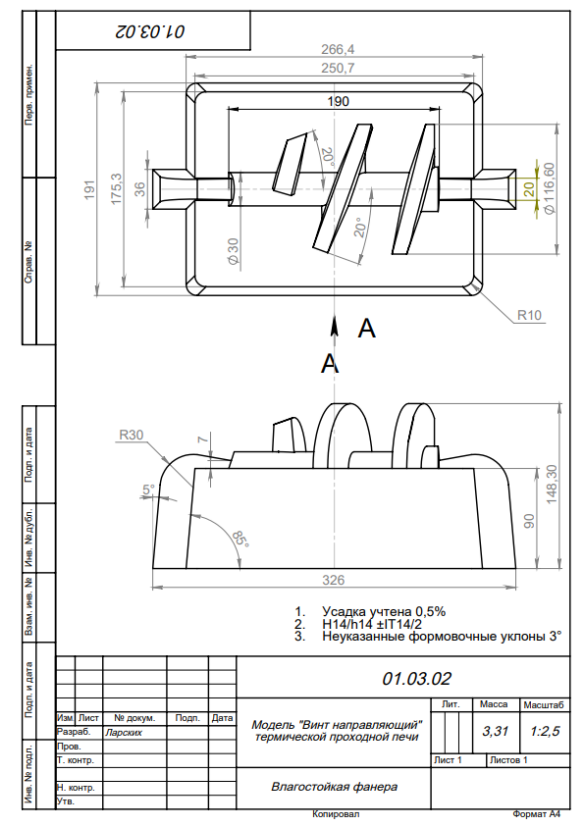


Рисунок 5. Чертеж модели "Винт направляющий"

Далее подготавливается необходимая заготовка, путем склеивания листов фанеры друг с другом (рисунок 6). После застывания клея, заготовку можно устанавливать в рабочую зону станка, и приступать к работе. Фрезы можно менять в процессе работы станка, для более эффективного его использования. В результате прохождения инструмента по заданному для него маршруту мы получаем готовую оснастку для литейного производства.



Рисунок 6. Обработанные заготовки

Если использовать в изготовлении опалубки влагостойкую фанеру, данные формы можно применять неоднократно.

После изготовления модели на ЧПУ станке ее устанавливают на подмодельную плиту. Опочный метод литейного производства предполагает использование рольганговой формовочной линии, на которой происходит формовка песчаного отпечатка. Далее в ящике из влагостойкой фанеры формируется перекрывной стержень с второй половиной изготавливаемой детали (винт термической печи отжига).

После того как формовочная смесь застывает производится заливка металла (ВЧШГ).

Опочный метод литья используется, в большинстве своем, на крупных литейных предприятиях с массовым производством. При данном методе производства требуется ежемесячный ремонт как рольганговой линии, так и опок с оснасткой. При отсутствии опок требуемой высоты происходит перерасход песчаной смеси, смолы, отвердителей, что негативно влияет на конечную стоимость готовой продукции. Поэтому опочный метод литья используют, в основном, для четко установленной номенклатуры изделий выпускаемых предприятий.

3.2 Производство детали безопасным методом литья

Безопасное литье не требует специальной линии производства. Формовка производится в полостях ящиков оснастки. Песчаные формы извлекаются и состыковываются вручную. Данный метод производства актуален при малых габаритах требуемой отливки. За счет малого объема формовки требуется меньшее количество формовочного песка и смолы, что сокращает затраты производства.

Безопасное литье, в большинстве случаев, используется при необходимости единичной отливки промышленного образца, а также при необходимости замены вышедших из строя деталей оборудования.

На литейных предприятиях часто прибегают к данному методу производства, так как отлитые заготовки в большинстве своем не имеют документации и расчетов на затраты. По внутренней документации оформляются служебные записки на изготовление ограниченного количества изделий.

Можно так же отметить, что данный метод активно используют литейные предприятия малого и среднего секторов экономики, за неимением больших мощностей массового производства.

Разработка методом безопасного литья схожа с методом опочного литья. Для начала создается вся требуемая техническая документация, которая включает в себя чертежи и 3D модели безопасных ящиков требуемой отливки (рисунок 7, рисунок 8).

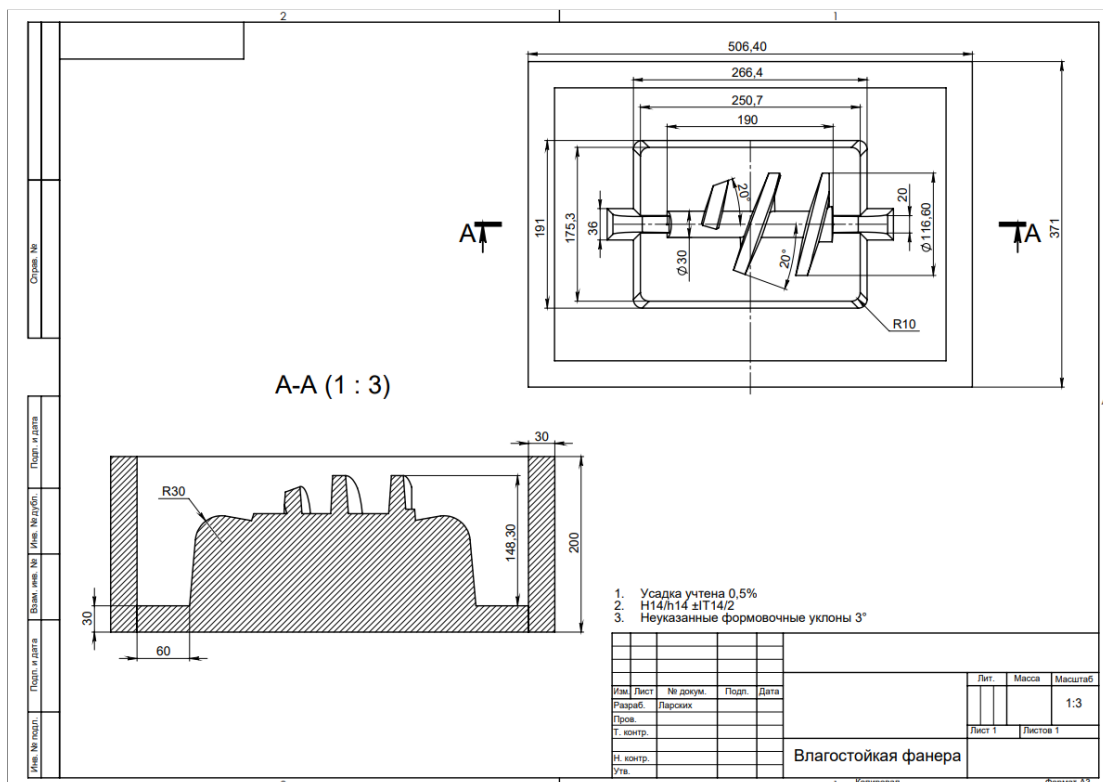


Рисунок 7. Чертеж ящика модели

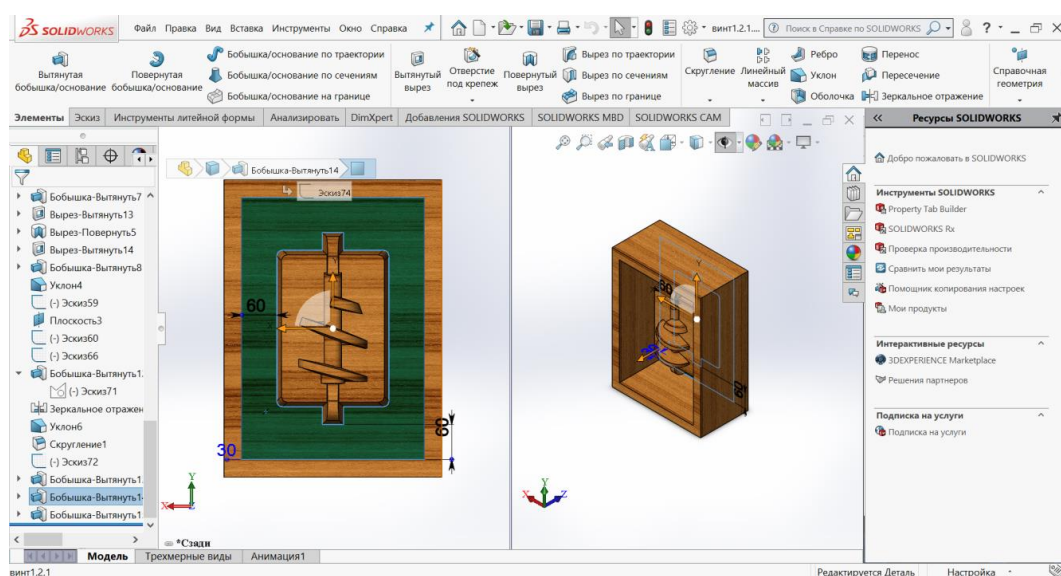


Рисунок 8. 3D модель безопочного ящика модели

Безопочная оснастка проектируется с учетом наименьших затрат формовочных материалов. Для предотвращения разрушения песчаной формы во время заливки отливок объемом не более 1 м^3 достаточно толщины стенки до раскаленного металла не более 30мм.

В отличие от опочного метода производства литых промышленных образцов безопочный метод имеет ряд отличий, таких как:

1. Наименьшие затраты формовочной смеси (песка, смолы);
2. Отсутствие необходимости использовать дорогостоящего оборудования (линии производства);
3. Значительное уменьшение человеческого ресурса, требуемого для производства отливок.

3.3 Производство детали методом литья по выжигаемым моделям

Литье по выжигаемым моделям – одна из разновидностей точного литья. Технология применяется при изготовлении ответственных деталей в наукоемких отраслях промышленности (авиакосмической, судостроительной, оборонной, автомобильной). Внедрение аддитивных технологий на литейном предприятии позволяет в значительной мере оптимизировать производственный процесс.

3.2.1 Применение аддитивных технологий

3D-печать дает возможность выращивать уникальные объекты сложной геометрии для получения высококачественных отливок. 3D-принтер воспроизводит практически любые формы и конфигурации, что невыполнимо при традиционном литье. Модели, которые созданы для литья по выжигаемым моделям аддитивными методами, могут быть гораздо тоньше, чем стандартно производимые в пресс-формах из пенополистирола.

Выращивание выжигаемых моделей на 3D-принтере производится методом лазерной стереолитографии – когда жидкий фотополимер затвердевает под действием лазера или УФ-лампы, – или многоструйного моделирования с помощью фотополимерного материала.

На основе существующего литейного предприятия в данной работе создана концепция внедрения новой технологии производства литых деталей. Данная технология послужит заменой полному циклу производства, в случаях необходимости малосерийного производства с учетом малых затрат. Актуальность данной технологии заключается в том, что при сложной конструкции детали значительно уменьшается объем требуемых работ (создание литниковой системы, монтирования подмодельных плит, цикл формовки) и постобработки.

Цикл производства включает в себя следующие этапы:

1. Построение выжигаемых моделей в стереолитографическом 3D-принтере;
2. Крепление моделей к вертикальному литниковому каналу;
3. Создание оболочковой формы методом погружения блока моделей в огнеупорный керамический раствор;
4. Покрытие оболочки мелким керамическим огнеупорным песком. Таких операций может быть несколько, в зависимости от того, сколько слоев твердой керамической оболочки нужно получить;
5. Выжигание моделей в прокалочной печи. Под воздействием температуры модель выгорает;
6. Заливка жидкого металла в форму;
7. Зачистка литников и проверка точности.

Постобработка моделей включает в себя удаление поддержек, промывку, удаление материала из внутренней структуры, закрытие дренажа. Поскольку модель пустотелая, внутри остается материал. При печати создается отверстие, через которое материал будет вытекать. Когда модель опустошается, дренажные отверстия закрывают специальными средствами (например, паяльником и пластиковым присадком или литейным воском).

3.4 Производство на основе реструктуризации детали при отсутствии необходимой документации

В данном проекте была разработана возможность ремонта и модернизации оборудования при износе деталей или изменении технологического процесса. С привлечением современных технологий 3D сканирования (оцифровки) появляется возможность переноса детали в цифровой вид, что позволяет модифицировать требуемые детали в реалиях современного производства.

В данной работе автором была модернизирована и восстановлена изношенная деталь – винт термической печи отжига (рисунок 9), что включает в себя полное рассмотрение всех аспектов работы данной детали, ее долговечность, выявление и устранение недостатков эксплуатации. На основе полученных данных были созданы 3D модели детали и технология ее производства с созданием чертежей с учетом всех доработок.



Рисунок 9. Деталь “Винт” до модернизации снятая с производства



Рисунок 10. Деталь “Винт” после модернизации (вид спереди)



Рисунок 11. Деталь “Винт” (вид в изометрии)

Данная методика применима к устаревшим деталям, используемым на протяжении долгого времени. При отсутствии чертежей и технической документации деталь подвергается сканированию (оцифрованию) и созданию, на основе доступного производства, технологического процесса ее изготовления. На литейных и машиностроительных предприятиях есть возможность разрабатывать собственные методики производства с использованием доступного оборудования. Данный метод позволяет обеспечить производство самовозобновляемыми ресурсами для ремонта и модернизации оборудования.

3.5 Проектирование детали путем оцифрования и преобразования методом 3D моделирования

На этапе сканирования (рисунок 12) создается пустотелая объемная модель по внешним контурам.



Рисунок 12. Сканирование детали – “Винт” термической печи отжига

Далее пустотелый контур преобразуется в твердотелую модель, которая в последствии будет интегрирована в программы 3D моделирования, в которых имеется возможность проводить все необходимые модификации (изменять габариты, создавать вырезы или отверстия, а также изменять существующую конструкцию). В процессе сканирования деталь покрывается эмалью белого цвета в несколько слоев (рисунок 13) для полного считывания всех поверхностей. Производится настройка и калибровка 3D сканера под требуемые габариты. Деталь помещается в область сканирования, путем ее поворота создается множество сканов, которые состыковываются друг с другом по заданным координатам. После получения всех необходимых сканов удаляются лишние дефекты и

неточности сканирования. Все сканы преобразуются в единую модель STL формата (рисунок 14).

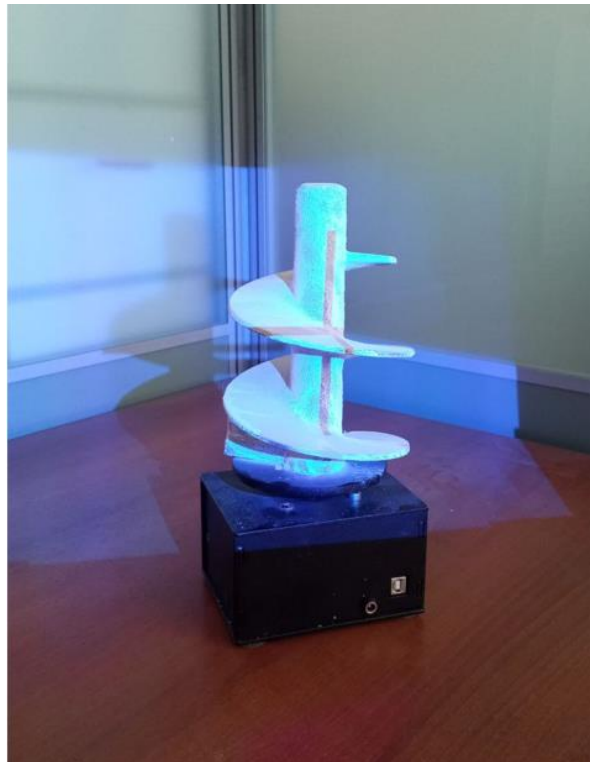


Рисунок 13. Покрытая эмалью деталь



Рисунок 14. STL модель полученная путем отцифрования детали

В данном проекте также была рассмотрена возможность увеличения срока службы конкретно взятой детали (винт термической печи отжига) за счет увеличения толщины основного стержня и винтообразной части. Данные модификации были выполнены в программе 3D моделирования SolidWorks. Данные изменения детали (винт) были рассчитаны с учетом ее внешних габаритов для возможности размещения детали в старом

корпусе вентиляционных отверстий термической печи отжига. Утолщение детали (винт) рассчитано таким образом, что не оказывает влияния на циркуляцию раскаленного воздуха, но при этом увеличивает срок службы за счет меньшего количества прогаров в тонкостенных местах детали.

Сложность производства данной детали в традиционном литье заключается в наличие теневых зон (рисунок 15), которые при формовке детали не заполняются формовочным песком. При утрамбовке и заполнении данных зон, песчаная форма не представляет возможности извлечения, что требует полного изменения конструкции, с последующей механической обработкой.

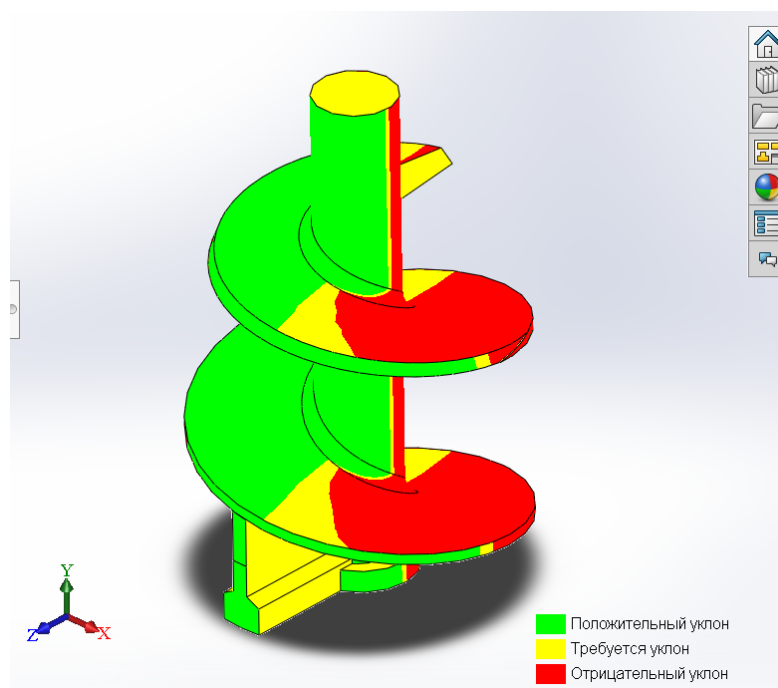


Рисунок 15. Теневые зоны отливаемой детали

После сканирования (оцифрования) контуры детали, полученные методом 3D сканирования, в местах деформации и сильного износа доводятся до первоначального вида. Места деформации оцифрованной детали дорабатываются с учетом увеличения срока службы. Далее, с учетом метода производства (литье, штамповка, фрезерная обработка, ковка) задаются требуемые характеристики (литейные уклоны и радиусы, усадки, допуски). Разрабатывается технология производства и вся необходимая документация. Деталь отправляется на производственный цикл.

4. Обсуждение

После оцифрования детали полученная 3D модель может быть использована во всех методах литейного производства, описанных в работе. После доработки детали и придания

ей необходимых технических параметров 3D модель можно использовать как базис для построения литейных моделей ящиков опочного и безопочного методов производства, воспроизводить модель с применением 3D печати и выжигать данную модель с последующим получением отливки.

При наличии на предприятии технического отдела разработок и обеспечения данного отдела оборудованием 3D сканирования появляются возможности модернизации и проектирования устаревших или изношенных промышленных образцов, в том числе в случае отсутствия технической документации к ним. Данный метод позволяет сократить время на разработку, а также упрощает работу технического персонала инженеров, проектировщиков и технологов.

5. Заключение

На основе полученной детали “Винт” термической печи отжига в данном проекте опытным путем были разработаны алгоритмы производства данной детали различными методами литейного производства с учетом доступных ресурсов предприятия.

В работе была успешно разработана и произведена деталь “Винт” проходной печи отжига, а также были произведены испытания на предмет износостойкости.

3D технологии конструирования, сканирования и печати, описанные в работе, активно внедряются во всех современных производствах. Данные технологии не только упрощают процесс создания и проектирования, а также позволяют увеличить объемы производства и расширить список изготавливаемой продукции, что в свою очередь позволит предприятию оставаться конкурентноспособным в условиях современных экономических реалий. С учетом поставленной государством задачи активного импортозамещения всей технологической и промышленной продукции данные алгоритмы будут высоко востребованы не только в литейном производстве, но и во всех отраслях машиностроения, металлургии и т.д.

Литература

1. ГОСТ 2.109-73. Межгосударственный стандарт. – Введ. с 27.07.73 впервые. - Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР : (Единая система конструкторской документации).
2. ГОСТ 17819-84. **Оснастка** технологическая **литейного** производства. Термины и определения (с Изменением N 1) от 20 декабря 1984. - Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР : (Единая система конструкторской документации).