

Заключение. На основании выше изложенного можно сделать вывод, что точность измерений геометрических параметров режущего инструмента зависит от правильности выбора метода и средств измерений, а также надёжности крепления во время измерений.

Список цитируемых источников

1. Литвинович, Т. П. Теория резания. Резание материалов. : метод. рук. по выполнению практ. работ для студентов инженерн.-техн. специальностей / Т. П. Литвинович : М-во образования Респ. Беларусь. Баранович. гос. ун-т — Барановичи : БарГУ, 2018. — 68 с.

УДК 62-1/-9

О. И. Наливко, Н. Ю. Кондратчик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ВОСТАНАВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПРИНТЕРА ПУТЕМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЕСТЕРНИ ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНОЛОГИИ FDM

Введение. На сегодняшний день компьютерное моделирование и 3D печать все больше и больше внедряются во все отрасли современного мира. 3D-принтеры давно перестали быть фантастикой, их с успехом применяют в различных областях от промышленности до медицины. Сегодня на 3D-принтерах конструктор может напечатать практически все, начиная деталями имея простую форму и заканчивая ювелирными украшениями. Для изготовления деталей одного наличия 3D-принтера – мало. Необходимо обладать знаниями моделирования и навыками работы с специализированными программами, которые зачастую поставляются вместе с 3D принтером. Каждая из таких программ (слайсеров) имеет первичные настройки. Однако, этого не всегда достаточно для решения задач, связанных с аддитивными технологиями. В процессе работы пользователь может самостоятельно принимать разнообразные настройки печати, которые изменяются в зависимости от конструктивных особенностей проектируемой модели изделия, а также свойств применяемого пластика. В данной статье рассмотрено применение FDM технологий на примере изготовления шестерни, которая входит в механизм принтера.

Основная часть. На рисунке 1 показан механизм в состав которого входит шестерня, вышедшая из строя. Для выполнения аналога вышедшей из строя детали, представленной на рисунке 2, воспользуемся системой автоматизированного проектирования Компас 3D.

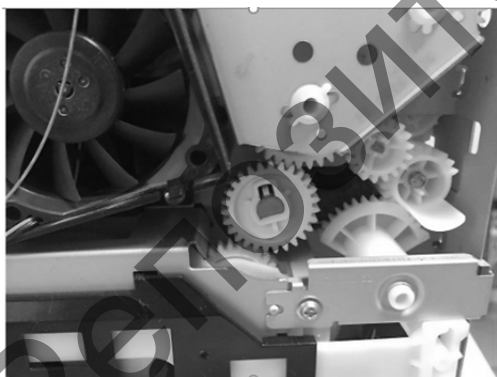


Рисунок 1 — Общий вид механизма принтера



Рисунок 2 — Шестерня, вышедшая из строя

Одним из основополагающих элементов модели, являются зубья шестерни. Плохо спроектированные шестеренки плохо сцепляются, имеют избыточное трение, давление, отдачу, неравномерную скорость вращения. Соответственно необходимо спроектировать зубья с эвольвентой аналогичной исходной

Эвольвента (инволюта) — это определенного рода оптимальная кривая, описываемая по какому-либо контуру. В технике эвольвенту окружности используют как профиль зубца для колес зубчатой передачи. Это делается для того, чтобы скорость вращения и угол сцепления оставались постоянными. Хорошо разработанный набор шестеренок должен передавать движение исключительно через вращение, с минимальным проскальзыванием.

Моделирование эвольвенты шестеренки с нуля — дело довольно время затратное, так что перед тем, как за него браться, имеет смысл воспользоваться автоматизированным способом расчёта.

Для правильности расчета воспользуемся одной из библиотек «Валы и механические передачи», а именно геометрических расчетов эвольвенты зуба по известным пермеаметрам. Параметры определим, обмеряв вышедшую из строя деталь. Интересующие нас параметры имеют значения $d_a = 31,5$ мм, ширина зубчатого венца $b = 11,5$ мм. Вид окна программы представлен на рисунке 3. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Геометрический расчет зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование и обозначение параметра	Определяемые параметры	Значение
Делительный диаметр, мм	d	28,125
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	31,5
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	26,85
Начальный диаметр, мм	d_w	29,456

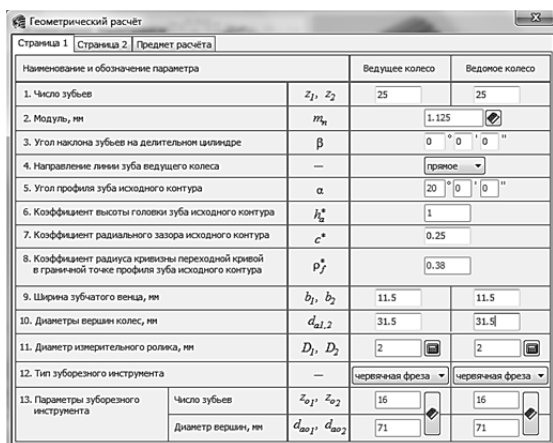


Рисунок 3 — Вид окна геометрического расчета



Рисунок 4 — Спроектированная модель шестерни

Принимая во внимание полученные результаты была спроектирована твердотельная модель, которая представлена на рисунке 4.

Следующим этапом изготовления стал выбор материала пластика, который будет использоваться для 3Dпечати шестерни. Самым популярным материалом является нейлоновый филамент (PA-6, PA-12, Nylon) — невероятно прочный, долговечный и многофункциональный материал для 3D-печати. Низкий коэффициент трения, надежное сцепление слоев и высокая температура плавления делает его отличным материалом для 3D-печати шестеренок. К недостаткам нейлона можно отнести его склонность к впитыванию влаги и сложность печати этим филаментом, а также стоимость данного материала в 2 раза если сравнивать его с PLA.

PETG (Полиэтилентерефталат-гликоль) — также жесткий и прочный материал, большим плюсом является его высокий показатель спекаемости слоев, хорошая адгезия к поверхности стола.

Из всего разнообразия пластиков для данной детали был использован PLA. Сравнивая его с ABS, PLA имеет большую жесткость и великолепные показатели в плане износостойкости, что делает его фаворитом если это позволяет температура. Низкий температурный порог, при котором деталь из PLA начинает искажаться, делают ABS лучшим выбором, когда речь идет о 75 градусах Цельсия (ABS начинает плавиться при 105). В рассматриваемом случае температура при эксплуатации не превышает значения 75 градусов, следовательно, применение пластика PLA целесообразней.

Биоразлагаемость PLA — переоцененное свойство. Да, PLA биоразлагаемый материал. Но это никак не может быть заметно конечному пользователю. Биоразлагаемость — совсем не то, что водорастворимость. Чтобы биоразложить пластик, требуются специальные устройства компостирования в управляемой внешней среде. Заключительным этапом проектирования является подготовка модели в специализированной программе.

Предпечатная подготовка 3D-модели является важной процедурой для печати по технологии FDM. Создание качественного прототипа по FDM технологии из 3D-модели является не простой задачей, ввиду ряда ограничений данной технологии. Для преодоления этих ограничений проводится предпечатная подготовка, которая доводит модель до вида, удовлетворяющего критериям печати по технологии FDM. При подготовке приходится решать проблему точного повторения геометрической формы, собираемости, внешнего вида и поиска материалов. Проведение правильной подготовки 3D-модели позволяет избежать нарушения геометрии и различных дефектов при печати прототипа[1].

На этапе создания 3D-модели для печати по FDM-технологии стоит учитывать размеры её отдельных элементов и её общие габариты. FDM-принтер не сможет напечатать деталь меньшего размера, чем диаметр используемого сопла. На модели необходимо выделить плоское основание, которое будет приклеиваться к столу для фиксации и с которого начнётся печать прототипа. Это необходимо для сохранения геометрии модели и во избежание смещений модели по осям координат. Если на модели сложно выделить такое основание или его площадь мала, то для такой модели необходимо подготовить подложку. Для полых 3D-моделей или 3D-моделей с нависающими элементами необходимо сгенерировать поддерживающие конструкции (поддержки) и настроить их соответствующим образом для экономии материала и простоты последующего удаления с прототипа [2].

Вид окна слайсера Cura с финальными настройками, представлен на рисунке 5.

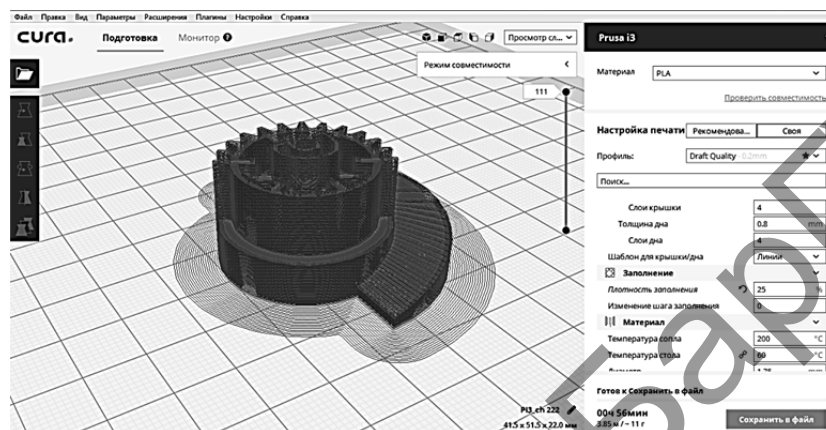


Рисунок 5 — Вид окна модели Cura

Заключение. Итак, в чем же преимущество 3D-печати шестеренок перед традиционными методами их изготовления, и насколько прочными получаются шестеренки?

Напечатанные пластиковые шестеренки относительно имеют не высокую стоимость, процесс изготовления занимает не так много времени, как кажется, можно без труда получить шестерню необходимой конструкции. Можно применять 3D-вариации конструкции шестерни. Процесс прототипирования и создания проходит быстро и чисто. Самое главное то, что 3D-принтеры стали достаточно распространены, так что можно осуществлять ремонт разнообразных узлов, тем самым продлевать срок службы всего механизма. Еще одно из преимуществ 3D-печати — нет необходимости изготавливать твердотельную модель в какой-то определенной системе автоматизированного проектирования, достаточно сохранить модель в необходимом формате STL и произвести настройку печати в выбранном слайсере.

Конечно, печатать шестеренки распространенным пластиком — это компромисс по качеству поверхности и износостойкости, если сравнивать с литыми или обработанными пластиковыми шестернями. Но если правильно все спроектировать, напечатанные шестеренки могут оказаться достаточно эффективным и разумным вариантом, а для некоторых решений — идеальным.

Список цитируемых источников

1. *Афанасьев, В. К.* 3D-принтеры. Статья. [Электронный ресурс] / 3DNews, 2004 – Режим доступа: : <http://www.3dnews.ru/peripheral/3dprint/>. – Дата доступа: 28.04.2021.
2. *Попов, С. Ю.* Программное обеспечение подготовки 3D-моделей к 3D-печати / С. Ю. Попов, А. Н. Зеленина, Н. М. Токарева // Вестн. Воронеж. ин-та выс. техн. — 2019. — Вып. 29. — С. 55—59.

УДК 658

В. Е. Наумова

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», Гомель, Республика Беларусь

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕКОНСТРУКЦИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СКОРОСТНОГО ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ

Введение. Строительство высокоскоростных магистралей (ВСМ) — «визитная карточка» высокоразвитых стран. Если в стране есть проектируемая ВСМ, то это говорит о ее стратегической активности в мировом экономическом сообществе. Такие крупные инфраструктурные проекты как ВСМ страны используют для