

УДК 004.91; 005.007

DOI: 10.30987/article_5c0f808c2d56d6.67600899

Д.В. Левый, Н.Ю. Лакалина

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D-СКАНИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ 3D-ПЕЧАТЬЮ

Рассмотрена технология создания моделей деталей при помощи 3D-моделирования и 3D-сканирования. Описана разработка, позволяющая определять режимы печати, обеспечивающие необходимое качество изделия.

Ключевые слова: 3D-моделирование, 3D-сканирование, качество деталей, система прогнозирования качества, 3D-печать.

D.V. Levy, N.Yu. Lakalina

TECHNOLOGY FOR PARTS FORMATION USING 3D MODELING AND 3D SCANNING AND DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR QUALITY PREDICTION OF PARTS OBTAINED THROUGH 3D PRINTING

The paper reports the consideration of the technology for the creation of parts models with the aid of 3D modeling and 3D scanning. The necessity is established for the systematization of dependences for quality different parameters for parts manufactured upon printing conditions specified. There is set a number of problems as a result of the solutions of which an automated system is developed for predicting quality of parts made by a 3D printer (ABS, - PLA-plastic. The

procedures and samples for the strength tests of plastic products are presented. At present takes place filling the databank of the parameters of parts quality correlation (strength, roughness, accuracy) obtained by 3D printing with the specified printing modes (plastic type, filling percentage, thickness of print layer).

Key words: 3D modeling, 3D scanning, parts quality, system for quality prediction, 3D printing.

Введение

На сегодняшний день мы часто встречаемся с такими трудностями, как вышедшая из строя важная деталь оборудования, восстановление которой невозможно, а покупка её вызывает временные и материальные трудности. Представим, что необходима деталь с большим количеством сложных поверхностей, которую обычным мерительным инструментом измерить крайне затруднительно, чтобы получить результаты требуемой точности. Затем по этим данным нужно еще получить математическую модель.

В отличие от традиционных методов производства быстрое прототипирование изделий не предусматривает удаление материала (фрезеровка, сверление, стачивание) или изменение его формы (штамповка, ковка, изгиб, раскатывание). Объемное

прототипирование изделий выполняется путем послойного наращивания материала, из которого состоит модель, до образования единого целого - готового изделия. Особенность технологии снимает все ограничения на внутреннюю структуру получаемой модели, поэтому данная технология имеет перспективу использования для получения сложных конфигураций изделий. В настоящее время существует несколько направлений, позволяющих реализовать технологию быстрого прототипирования. По используемым материалам их можно подразделить на методы, применяющие жидкости (фотополимеры, электролиты, вода), порошки, твердые материалы (пластики, жидкие смолы, воски, металлы), листовые материалы (ламинированная бумага, пластик).

Технология создания деталей при помощи 3D-моделирования и 3D-сканирования

Благодаря 3D-моделированию любую деталь можно получить двумя способами:

- 3D-моделированием в программе КОМПАС-3D;
- 3D-сканированием при помощи 3D-сканера.

Рассмотрим подробно эти два способа на примере детали «Корпус» (рис. 1).

Первый способ - это 3D-моделирование в программе КОМПАС-3D. Данную деталь мы создали в программе КОМПАС-3D по измеренным мерительным инструментом размерам.

КОМПАС-3D - система трёхмерного моделирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий благодаря удачному сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования.

Проектирование машиностроительных и приборостроительных изделий накладывает высокие требования к используемому инструменту. Возможности системы обеспечивают проектирование машиностроительных изделий любой сложности и в соответствии с самыми передовыми методиками проектирования. В системе присутствуют инструменты для работы по методу «сверху вниз», или методике нисходящего проектирования, а также по уже привычному всем методу «снизу вверх».

Второй способ - сканирование детали с четырех сторон на 3D-сканере VT АТОМ с помощью поворотного стола. Точность сканирования для данного 3D-сканера составляет до 0,1% от размера сканируемого объекта. Средняя ошибка для размера 250 мм - 0,1 мм.

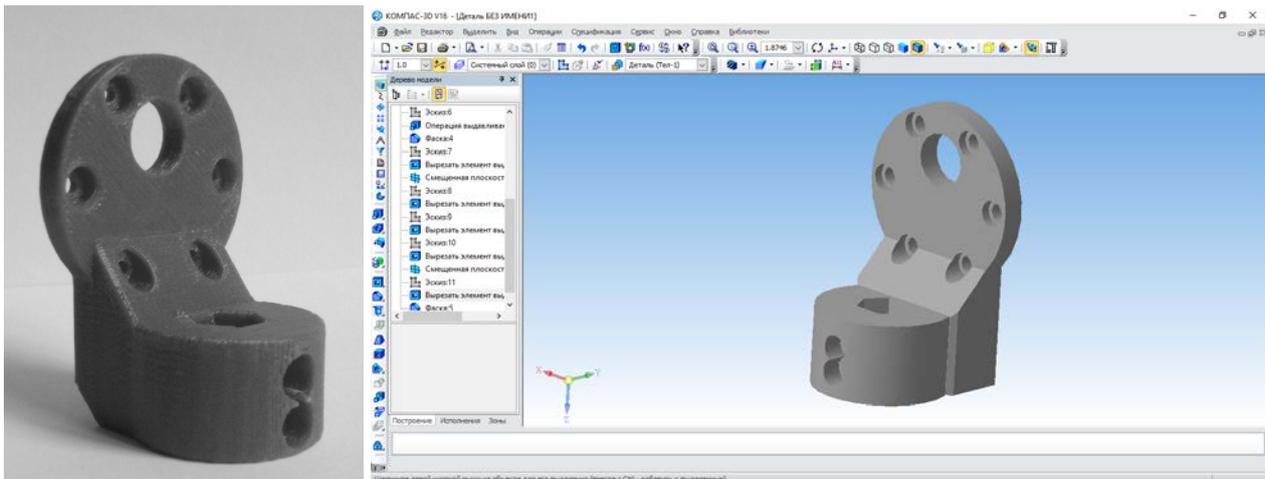


Рис. 1. Деталь «Корпус» (а) и 3D-модель детали «Корпус», созданная в КОМПАС-3D (б)

Отсканированные четыре вида детали необходимо соединить в одну целую модель. 3D-сканер позволяет в разы облегчить получение математической модели, пригодной для сравнения с эталонной моделью. Также сканирование можно применять для создания точных моделей сложнопрофильных объектов, которые в дальнейшем могут быть использованы для получения прототипов изделия, построения новых изделий на базе существующих.

3D-сканер является инновационным устройством, с помощью которого можно

создавать точные трехмерные модели реальных предметов с высокой степенью детализации. Кроме того, существует возможность получения о них информации. В частности, можно изучить поверхность, форму и цвет того или иного объекта в цифровом виде.

Трехмерные сканеры необходимы для решения различных задач в промышленности, науке, киноиндустрии, медицине, искусстве и многих других областях. Они незаменимы в тех случаях, когда необходимо зафиксировать форму объекта с

высокой точностью и за короткий промежуток времени. 3D-сканеры позволяют упростить и усовершенствовать ручной труд, выполнять задания повышенной сложности [1; 2].

Для того чтобы отсканированную деталь получить полностью готовой с заданной точностью поверхности, ее необходимо отправить на доработку в программу Netfabb.

В данном случае модели объекта из RVScanner экспортируются в Netfabb, где производится глобальная сшивка и базовая обработка, после чего группа STL-файлов экспортируется в стороннее ПО, где строится единая модель и затем редактируется

(происходит обрезка краев, устанавливается необходимая точность поверхности детали, сохраняется в нужном формате и т.д.).

После 3D-сканирования детали (рис. 2) мы получаем файлы в различных расширениях. Чаще всего 3D-сканеры сохраняют файлы в форматах *.stl, *.obj, *.ply.

Файлы с этими расширениями можно использовать после 3D-сканирования для 3D-печати или обработки на 3D-фрезерах, но для CAD-моделирования они не подходят. Поэтому простым пересохранением решить проблему не получится. Существует особая процедура перевода одного формата в другой.

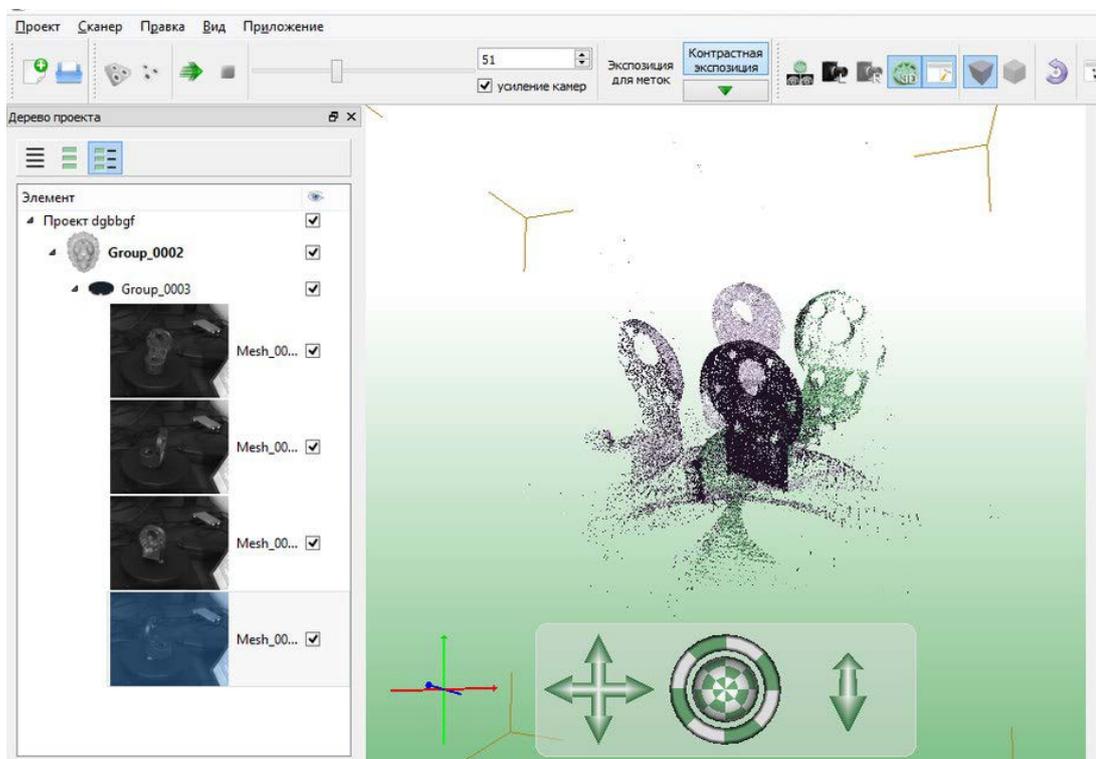


Рис. 2. Четыре вида отсканированной детали «Корпус» в программе «Объемные технологии»

Разработка системы прогнозирования качества деталей, полученных 3D-печатью

Рассмотрим 3D-принтеры, работающие по принципу FDM-печати (последовательная укладка выходящей из раздаточной головки полурасплавленной полимерной нити). Данные принтеры являются одними из самых дешевых. Модели, полученные при помощи технологии FDM, можно шлифовать, красить и, таким образом, достигать соответствия по внешнему виду с новым продуктом. Недостатками полученных моделей являются невысокая точность и от-

носительно низкая прочность. Однако в открытых литературных источниках нет данных о конкретных показателях моделей и взаимосвязи параметров печати с качеством полученных моделей.

В связи с этим целью дальнейшей работы была разработка программы для определения режимов 3D-принтера для обеспечения необходимых параметров модели. Были поставлены следующие задачи:

1. Определение параметров печати, влияющих на свойства распечатанной модели, и создание плана экспериментов.
2. Разработка 3D-модели образцов.
3. Распечатка образцов на 3D-принтере.
4. Проведение экспериментальных исследований на образцах.
5. Разработка математической модели на основе полученных данных.
6. Разработка программы для определения оптимальных параметров печати для обеспечения необходимого качества модели, меньшего времени печати или наименьшей себестоимости распечатанной модели.

Разработка данной программы позволит:

1. Расширить представления о возможностях 3D-печати.

2. Прогнозировать качество распечатанной модели.
3. Распечатывать модели необходимого качества.
4. Расширить рынок сбыта моделей 3D-печати.
5. Уменьшить количество брака за счет сокращения распечатки пробных деталей для достижения необходимого качества моделей.

Описанная программа была разработана, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [3].

Прочность материала при растяжении определяется по ГОСТ 11262-80 [4]. Образцы для испытаний термопластов и армированных пластиков должны соответствовать типу и размерам, указанным на рис. 3 и в таблице.

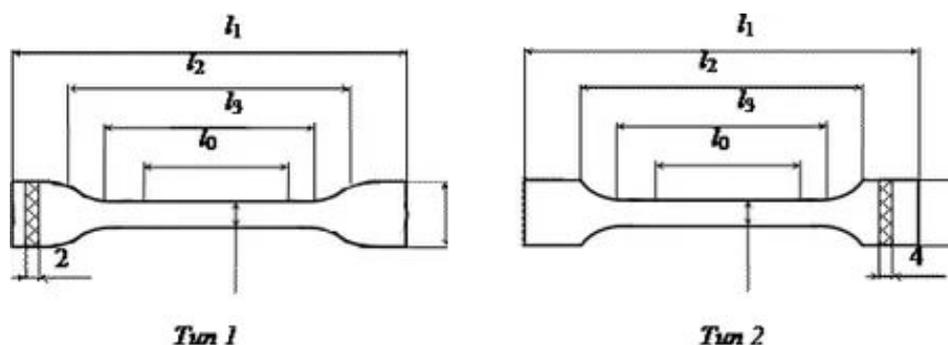


Рис. 3. Образцы для испытаний материалов на растяжение (числовые значения параметров приведены в таблице 1)

Образец типа 1 применяют для испытаний пластмасс с высоким относительным удлинением при разрыве (полиэтилен, пластифицированный поливинилхлорид),

образец типа 2 – для испытаний большинства материалов (термореактивные, термопластичные и слоистые пластики).

Таблица

Параметры образцов на растяжение

Размеры образца, мм	Образец типа	
	1	2
Общая длина l_1 , не менее	115	150
Расстояние между метками, определяющими положение кромок зажимов на образце, l_2	80 ± 5	115 ± 5
Длина рабочей части l_3	33 ± 1	60 ± 1
Расчетная длина l_0	25 ± 1	50 ± 1
Ширина головки b_1	$25 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5$
Ширина рабочей части b_2	$6 \pm 0,4$	$10 \pm 0,5$
Толщина h	$2 \pm 0,2$ (от 1 до 3)	$4 \pm 0,4$ (от 1 до 10)

Диаграмму растяжения строят при нагружении образца до разрушения. Скорость нагружения – $2,0 \pm 0,4$ мм/мин. По

удлинению в момент разрушения Dl определяют относительное удлинение при разрыве.

По максимальному значению нагрузки F_p вычисляют предел прочности при растяжении.

Удлинение измеряют прибором с погрешностью не более 2% в диапазоне 0,1...0,5 мм. База L_0 преобразователя перемещения, устанавливаемого на образец, - не менее 20 мм.

По диаграмме деформирования определяют значения нагрузок F_1 и F_2 и удлинения $D1_1$ и $D1_2$, соответствующие относительному удлинению 0,1 и 0,3%, и рассчитывают модуль упругости при растяжении.

При невозможности записи диаграммы деформирования модуль упругости оп-

ределяют при циклическом нагружении образца (до получения стабильных приращений) в диапазоне усилий от $F_1 = (0,05...0,1)F_p$ до $F_2 = 0,2F_p$. При значениях нагрузки F_1 и F_2 определяют приращение $D1$ на базе L_0 .

На рис. 4 представлена 3D-модель образца для испытаний на прочность. Образцы печатаются с различными заданными параметрами печати, и в ходе испытаний выявляются зависимости различных выходных параметров от заданных параметров печати.

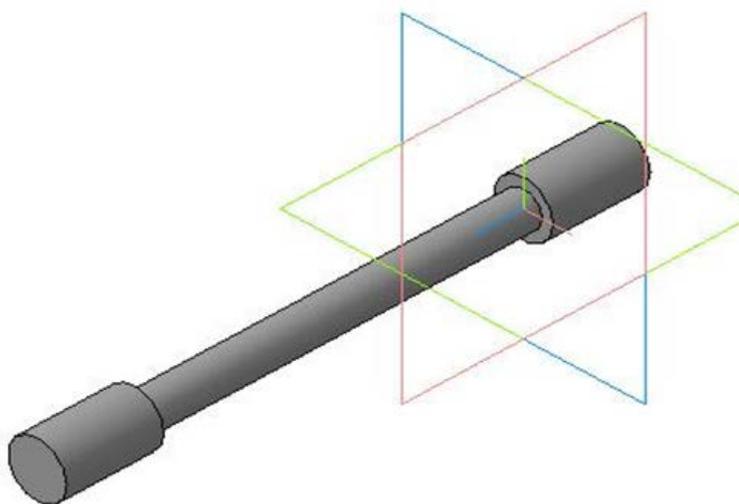


Рис. 4. 3D-модель образца для испытаний на прочность

В настоящее время происходит наполнение банка данных параметров взаимосвязи качества деталей (прочность, шероховатость, точность), полученных 3D-

Заключение

Благодаря 3D-сканированию мы получаем высокую детализацию (за счёт применения многокадрового подсвета). Мертвые зоны досканируются с других ракурсов. Нет ограничения на глубину рельефа. Сложные объекты сканируются с выбранных ракурсов без ограничений на положение сканера. И, самое главное, занимает это всего пару минут.

Технологии 3D-прототипирования бурно развиваются: появляются новые, совершенствуются старые, появляются новые направления использования принципов 3D-прототипирования. Предел разви-

печатью, с задаваемыми режимами печати (вид пластика, процент заполнения, толщина слоя печати).

тия отрасли ещё очень далеко, поэтому в ближайшем будущем можно ждать новых открытий в данной сфере. Применение 3D-прототипирования в учебном процессе позволит облегчить восприятие спроектированных изделий и повысить качество подготовки будущего специалиста. В научном направлении 3D-прототипирование - большой неизученный процесс. Нет литературных данных о взаимосвязи режимов печати с качеством получаемого изделия. Также неясно, какими свойствами будет обладать полученное изделие и как эти свойства меняются в процессе эксплуата-

ции. Данная разработка позволит расширить представления о возможностях 3D-печати, а также получить экономический эффект. Использование программы позво-

лит получать модели необходимого качества и тем самым расширить рынок сбыта распечатанных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канесс, Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Канесс, К. Фонд, М. Зеннаро. - МЦТФ, 2013. - 192 с. - URL: http://himfaq.ru/books/3d-pechat/Dostupnaya_3D_pechat_dlya_nauki_obrazovaniya-kniga.pdf.
2. Ганин, Н.Б. КОМПАС-3D: Трехмерное моделирование / Н.Б. Ганин. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 384 с.

3. Свид. 2016661214 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Д.В. Левый, О.М. Голембиовская, Г.Н. Корнакова, А.Г. Капустин; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «БГТУ» (RU). - № 2016661214; заявл. 09.08.16; опубл. 03.10.16, Реестр программ для ЭВМ. - 1 с.
4. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. - Введ. 1980-12-01. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 14 с.

1. Kaness, E. 3D printing accessible for science, education and sustainable development / E. Kaness, K. Fond, M. Zennaro. - MCTF, 2013. - pp. 192. - URL: http://himfaq.ru/books/3d-pechat/Dostupnaya_3D_pechat_dlya_nauki_obrazovaniya-kniga.pdf.
2. Ganin, N.B. КОМПАС-3D: 3D Modeling / N.B. Ganin. - M.: DMK Press, 2009. - pp. 384.

3. Cert. 2016661214 the Russian Federation. *Program Registration Certificate of Computer Program* / D.V. Levy, O.M. Golembiovskaya, G.N. Kornakova, A.G. Kapustin; FSBEI HE "BSTU" (RU) - applicant and right holder. - No. 2016661214; applied 09.08.16; published 03.10.16, Register of Computer Programs. - pp. 1.
4. RSS 11262-80. *Plastic. Method for Tensile Test.* - Introduct. 1980-12-01. - M.: Publishing House of Standards, 1986. - pp. 14.

Статья поступила в редакцию 20.09.18.

*Рецензент: д.т.н., профессор Липецкого государственного технического университета
Козлов А.М.*

Статья принята к публикации 12.11.18.

Сведения об авторах:

Левый Дмитрий Владимирович, к.т.н., доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, тел. 8-920-606-19-75, e-mail: dims78-1@yandex.ru.

Лакалина Нина Юрьевна, ст. преподаватель кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, тел. 8-910-232-21-03, e-mail: ninalakalina@yandex.ru.

Levy Dmitry Vladimirovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Machine-Tools and Tools", Bryansk State Technical University, e-mail: dims78-1@yandex.ru.

Lakalina Nina Yurievna, Senior lecturer of the Dep. "Machine-Tools and Tools", Bryansk State Technical University, e-mail: ninalakalina@yandex.ru.