

4.7 Технологии машиностроения

УДК 621.883:004.356

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС ИЗ ABS-ПЛАСТИКА

*Дрюков В.В., доц., Гришаев А.Н., ст. пр., Кузьменков С.М., асс.,
Котов А.А., асс.*

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены вопросы, связанные с определением температурного порога начала деформации зубчатых колес, изготовленных из ABS-пластика. Изготовление зубчатых колес при помощи аддитивных технологий имеет ряд преимуществ перед традиционными способами, важнейшим из которых является возможность получения зубчатых колес сложной формы при относительно низкой их стоимости. При этом возникает проблема выбора материала для обеспечения температурной устойчивости деталей при рабочих температурах.

Ключевые слова: зубчатые колеса, ABS-пластик, температурные деформации.

Зубчатые колеса широко применяются в машинах любого назначения. Изготовление их при помощи аддитивных технологий открывает новые перспективы. Важнейшим преимуществом здесь является возможность получения зубчатых колес сложной формы относительно дешево. При этом возникает проблема правильного выбора материала, особенно при существенных рабочих температурах [1], в которых должна применяться деталь. Изделия, изготовленные из ABS-пластика, имеют лучшую температурную устойчивость, чем изделия из PLA-пластика [2]. Однако конкретный диапазон этой устойчивости на сегодняшний день определяется в справочной информации слишком неточно.

При проведении исследований мы использовали технические требования, выданные ООО «Рубикон» (г.Витебск), которое применяет зубчатые колеса, изготовленные при помощи аддитивных технологий, в своих промышленных установках в рамках программы импортозамещения. Согласно этим требованиям, диапазон рабочих температур для изделий различного назначения составляет от 100 до 150 °С. В используемых промышленных установках создается незначительная нагрузка на колесо. Здесь необходим обоснованный выбор материала на основе экспериментального исследования.

При исследовании контролировались следующие геометрические показатели зубчатого колеса: минимальный диаметр окружности вершин зубьев D , минимальный диаметр окружности впадин d , максимальный шаг зубьев P . Исследования проводились с зубчатыми колесами номинальным диаметром окружности вершин 96 мм, числом зубьев 30.

Для контроля использовалось сканирование с разрешением 360 dpi и программное обеспечение Artec Studio 11, которое позволяет сравнить геометрические параметры исследуемого зубчатого колеса, с расчетными значениями.

Для нагрева образцов применялось электрическое термоустройство MEMMERT со следующими характеристиками: мощность, Вт – 2200; установка диапазона температур – 20–300 °С; точность регулировки – 0,5 °С.

Методика проведения исследований состояла из следующих этапов: изготовление образцов зубчатых колес из ABS Plus-пластика; установка образцов в нагревательную камеру термоустройства; нагрев экспериментальных образцов до заданной температуры; контроль геометрических показателей образцов зубчатых колес. В нашем исследовании фактором эксперимента является температура нагрева. Интервал варьирования установлен от 80 до 160 °С. Шаг составляет 5 градусов.

По результатам экспериментов методом наименьших квадратов были получены регрессионные модели. Зависимость изменения диаметра окружностей вершин зубьев от температуры нагрева характеризуется следующей зависимостью:

$$D = -0,0025t^2 + 0,4588t + 74,976, \quad (1)$$

где t – температура нагрева, °С.

Коэффициент детерминации, характеризующий достоверность аппроксимации, составляет $R_2 = 0,9945$. Расчетное значение критерия Кохрена $\text{Грасч.} = 0,11$. Табличное значение $\text{Гтабл.} = 0,47$. Таким образом, $\text{Грасч.} < \text{Гтабл.}$, следовательно, дисперсии однородны.

Расчетная величина критерия Фишера $\text{Фрасч.} = 1,09$. Выполняется условие $\text{Фрасч.} < \text{Фтабл.} = 4,45$, следовательно, предложенная модель является адекватной.

Зависимость изменения диаметра окружностей впадин зубьев от температуры нагрева соответствует уравнению

$$d = -0,0007t^2 + 0,1334t + 77,946 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации составляет $R_2 = 0,9979$. Критерий Кохрена $\text{Грасч.} = 0,109 < \text{Гтабл.} = 0,47$. Условие однородности дисперсий выполняется. Расчет по критерию Фишера:

$\text{Фрасч.} = 1,06 < \text{Фтабл.} = 4,45$, следовательно, математическая модель адекватна.

Аналогично получаем уравнение зависимости изменения шага зубьев от температуры нагрева:

$$P = 5 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,0104t + 9,9328 \quad (3)$$

Коэффициент детерминации модели высокий и составляет $R_2 = 0,9942$. Критерий Кохрена $\text{Грасч.} = 0,13 < \text{Гтабл.} = 0,47$, значит дисперсии однородны. По критерию Фишера:

$\text{Фрасч.} = 1,08 < \text{Фтабл.} = 4,45$, что показывает адекватность предложенной модели.

Графические зависимости контролируемых показателей от температуры нагрева, представляющие результаты экспериментов, приведены на рисунках 1 и 2.

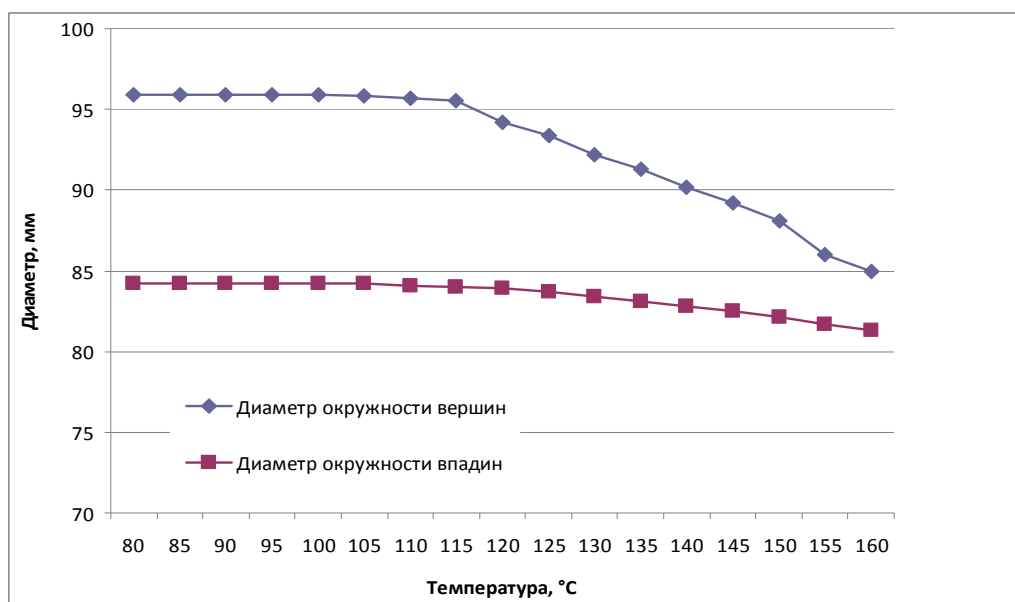


Рисунок 1 – Графическая зависимость диаметров окружностей вершин и впадин зубьев от температуры

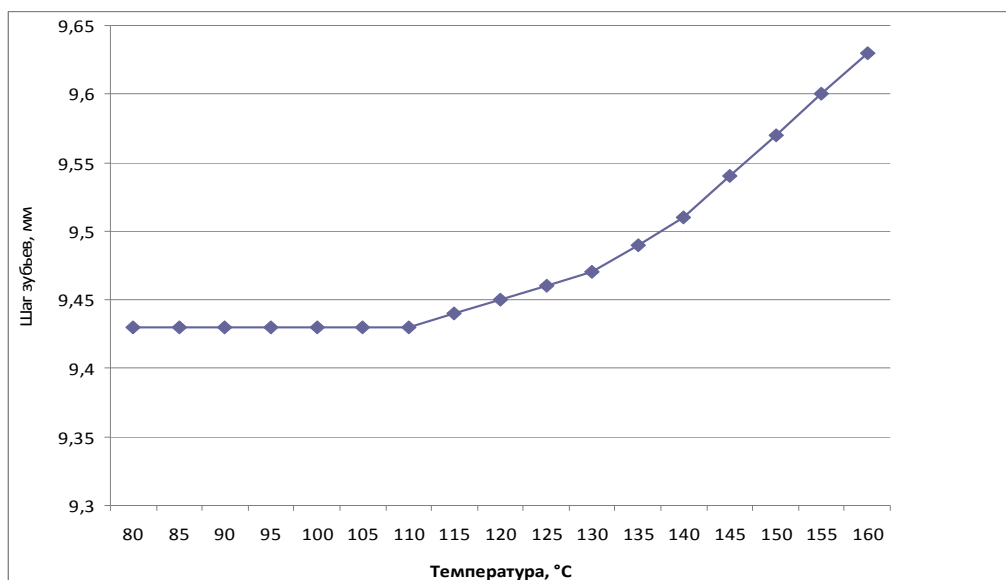


Рисунок 2 – Графическая зависимость шага зубьев от температуры

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что важнейшие геометрические характеристики зубчатых колес, изготовленных из ABS Plus-пластика методом аддитивных технологий, при статическом нагреве сохраняют стабильность до температуры 110 °С, после чего начинается быстрое нарастание деформаций. Эти данные позволяют точнее определить возможности применения зубчатых колес из указанного материала в проектируемых механизмах.

Разработаны математические модели изменения диаметров окружностей вершин и впадин, а также шага зубьев от температуры нагрева зубчатых колес, изготовленных из ABS Plus-пластика методом аддитивных технологий.

Список использованных источников

1. Кэнесс, Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро. – Москва, 2013. – 192 с.
2. Lipson, H., Kurman, N. (2013), *Fabricated: The New World of 3D Printing*, Wiley, 280 с.
3. Григорьев, Ю. Д. Методы оптимального планирования эксперимента / Ю. Д. Григорьев. – Санкт-Петербург, 2015. – 320 с.

УДК 677.077.625.22

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИСЛОТОСТОЙКИХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

Ольшанский В.И., к.т.н., проф., Крюк А.Е., маг.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена классификация верха специальной защитной одежды стойкой к воздействию кислот и щелочей. Описаны экспериментальные исследования кислотостойких, теплофизических и физико-механических свойств материалов верха специальной защитной одежды.

Ключевые слова: кислотостойкость, разрывная нагрузка, кислотозащитная спецодежда, кислотонепроницаемость, коэффициент теплопроводности, моделирование растяжения.

Спецодежда представляет собой частичный или полный барьер между человеком и различными вредными факторами окружающей среды, именно поэтому её проектирование