

УДК 62-233.3/9

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В КОНСТРУКЦИИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПЕЧАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шевель Н.А.^{1,2}, Бурак В.А.¹, Лукьянчиков Е.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²РУП «Издательство Белорусский «Дом Печати»»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Данная работа посвящена изучению проблемы износа зубчатых колес, используемых в цифровой полиграфической машине. В ходе исследования были рассмотрены два зубчатых колеса, изготовленные из *PLA* и *ABS* пластика, и проведено сравнение их характеристик и долговечности. Результаты показали, что зубчатое колесо, изготовленное из *PLA* пластика, более устойчиво к износу и лучше сохраняет свои эксплуатационные свойства при повышенных температурах и циклических нагрузках, и этот материал может быть рекомендован для изготовления запасных деталей к принтерам.

Ключевые слова: зубчатые колеса, цифровая полиграфическая машина, полимерные материалы, печатное оборудование.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF POLYMER GEARS IN THE DESIGN OF GRAPHICS PRINTING EQUIPMENT

Shevel N.^{1,2}, Burak V.¹, Lukyanchikov E.²

¹Belarusian National Technical University

²Republican unitary enterprise "PUBLISHING HOUSE "Belarusian Printing House"

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. This work is dedicated to the problems of wearing of gears used in digital printing machines. During the research, two gears made of PLA and ABS plastics were considered, and their characteristics were compared. The results showed that the gear made of PLA plastic is more resistant to wear and better maintains the operational properties under high temperatures and cyclic loads, and this material can be recommended for manufacturing spare parts for printers.

Key words: gears, digital printing machine, polymer materials, printing equipment.

Адрес для переписки: Шевель Н.А., пр. Независимости 79/1, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
e-mail: shevel48@gmail.com

На данный момент одним из важнейших аспектов в производстве является поиск инновационных подходов в изготовлении деталей, способных заместить оригинальные без ухудшения функционирования оборудования, и 3D-печать пластиковых зубчатых колес представляет собой один из таких передовых методов. Этот подход к решению проблемы ремонтов из-за внезапных отказов будет продемонстрирован на примере изготовления косозубого зубчатого колеса для принтера марки *Xerox Versant 180*. Технология 3D-печати стала надежным и эффективным решением для многих отечественных предприятий и организаций, которые столкнулись с ограничениями на импорт и доступность запасных частей.

Узел зубчатых колес, внешний вид которого показан на рисунке 1, играет ключевую роль в функционировании принтера *Xerox Versant 180* так как отвечает за транспортировку бумаги по ленте печи, в которой происходит запекание тонера принтера.

Вся механическая составляющая данного печатного аппарата строится на тесной совместной работе полимерных и металлических зубчатых колес. Такое сочетание элементов узла приводит к удешевлению и дополнительной защите, когда

зубчатое колесо, передающее движение, изготовленное из металла, при работе не изнашивается, а износу подвергается исключительно одно зубчатое колесо, изготовленное из полимера и работающее в связке с ведущим металлическим зубчатым колесом, что также является дополнительной защитой от перегрузок электроприводов, используемых для точного перемещения бумаги в печатном оборудовании.



Рисунок 1 – Редукторный узел принтера в сборе

В процессе использования цифровой полиграфической машины *Xerox Versant 180* возникла

аварийная ситуация, связанная с критическим износом косозубого зубчатого колеса, изготовленного из полимерного материала. 3D-модель этого колеса представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – 3D модель зубчатого колеса

Из-за повышенной внутренней температуры в корпусе принтера *Xerox Versant 180*, которая достигала около 60 градусов Цельсия, и интенсивного вращения входящего в комплект рассматриваемого зубчатого колеса со скоростью около 600 оборотов в минуту, произошел постепенный износ зубьев колеса. Характер разрушения зубчатого колеса, уже не обеспечивающего нормальную работу узла принтера, показан на рисунке 2. Зубья шестерни истерлись и истончились.



Рисунок 3 – Внешний вид изношенного на 80 процентов зубчатого колеса

Для решения возникшей проблемы простая оборудования было принято решение заменить оригинальное зубчатое колесо новым колесом, изготовленным с использованием 3D-принтера на предприятии. Основные геометрические параметры колеса были следующие: высота – 6,7 мм, внешний диаметр – 19 мм, число зубьев – 15, модуль – 1,25, угол наклона зуба 80° .

Было изготовлено два зубчатых колеса из различных полимеров: *PLA* и *ABS* пластика. Выбор материалов был обоснован в первую очередь доступностью данных полимеров, а также свойствами этих материалов, которые обеспечивают пригодность этих материалов для деталей, работающих под циклическими нагрузками на относительно больших скоростях.

Полилактид (*PLA*) – биоразлагаемый пластик, который характеризуется экологической дружелюбностью, простотой использования и безопасностью, а также хорошей жесткостью и детализацией, что важно при моделировании и создании мелких деталей. Однако его недостатком является ограниченная термостойкость, из-за которой он может быть чувствителен к высоким температурам [1].

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) – инженерный пластик, который широко используется в приборостроении и машиностроении благодаря своим характеристикам, таким как прочность, ударопрочность, термостойкость, химическая стойкость, долговечность, легкообрабатываемость, изоляционные свойства и восприимчивость к *UV*-лучам.

Изготовленные колеса были установлены в оригинальный узел, после этого машина продолжила работать в штатном режиме. Во время эксплуатации оказалось, что время работы до отказа, вызванного критичным износом для зубчатого колеса, изготовленной из *ABS* пластика, в установке *Xerox Versant 180* оказалась 3 смены по 8 часов, в то время как шестерня из *PLA* пластика в режиме, предусмотренном документацией, проработала несколько месяцев без отказов и снижения качества работы печатного оборудования. Объяснить наблюдаемую ситуацию можно следующим образом:

1. *ABS* пластик обладает хорошей прочностью, но по заявленным характеристикам он менее устойчив к механическим нагрузкам и износу по сравнению с *PLA*.

2. *PLA* за счет большей вязкости, характерной для этого вида полимеров, обычно более устойчив к ударам и вибрациям, чем *ABS*. Это является одним из косвенных фактов его более качественных результатов по сравнению с *ABS*.

Таким образом, анализ свойств примененных для изготовления на замену оригинальной детали полимерных материалов и режимов работы рассматриваемого узла позволяет сделать вывод о том, что для пластиковых зубчатых колес в рассматриваемом принтере наиболее важным является обеспечение нужного значения вязкости материала, а повышенная температура в узле не оказывает особо значимого влияния на изменение характеристик материала.

Литература

1. Петрюк, И.П. *Материаловедение. Полимерные материалы и композиты* : учеб. пособие: Ч. 1 / И.П. Петрюк. – Волгоград : ВолгГТУ, 2011. – 68 с.