

УДК 621.83.06

## ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОЛЕС ПЕРЕДАЧИ С ПЛОСКОКОНИЧЕСКИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

А. Н. МОЙСЕЕНКО, А. М. ФЕДОРЕНКО, Ю. В. МАШИН, В. Л. КОМАР

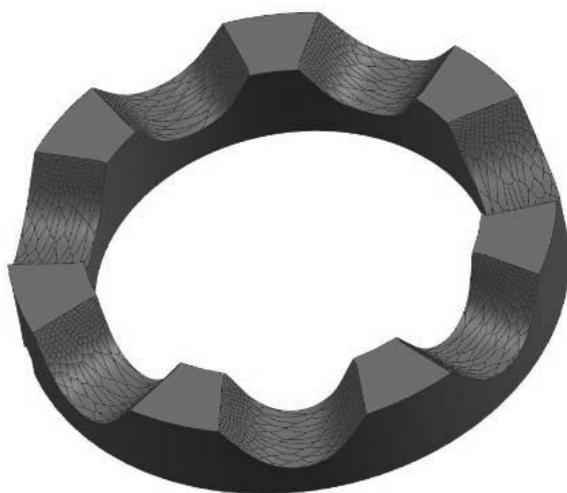
Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Зубчатые колеса с торцовыми зубьями являются основными элементами плоскоконического зацепления сферической роликовой передачи (СРП) с двухрядным сателлитом [1]. Целью исследований являлись анализ существующих и разработка новых методов изготовления центральных колес, контактирующих с двумя рядами роликов, установленных на сателлите передачи, а также поиск оптимального варианта с учетом возможности использования оборудования Белорусско-Российского университета.

Универсальным способом является получение колес с помощью аддитивных технологий. Данный вариант был реализован с помощью порошкового 3D-принтера по разработанной модели в системе NX (рис. 1, а).

а)



б)



Рис. 1. Центральное колесо СРП: а – модель, разработанная в NX; б – изготовленные образцы колес

Зубчатые колеса были изготовлены, согласно разработанным в NX моделям, с помощью порошкового 3D-принтера Shining Pro 250S производства KHP (рис. 1, б). Материал колес – нержавеющая сталь 316L (российский аналог – сталь 03X17H14M3), твердость поверхностей после спекания – 170...190 НВ. Недостатки метода: пониженная точность, вызванная в том числе усадкой материала при остывании, и недостаточная контактная прочность зубьев колеса. В связи со стремительным развитием аддитивных технологий данные недостатки могут быть устранены в перспективе, но на настоящий момент повышение качества обработки связано с необходимостью применения дорогостоящего

оборудования и материалов, что не всегда оправдано.

При применении металлообрабатывающего оборудования следует отдельно рассматривать изготовление профиля зубьев сферической фрезой с радиусом рабочей поверхности, не превышающем минимальные радиусы обрабатываемых поверхностей. Центр фрезы в процессе обработки перемещается по замкнутым траекториям, смещаясь от прохода к проходу в радиальном направлении. При данном методе обработки можно использовать фрезерные центры с ЧПУ с тремя координатами ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) для перемещения инструмента и заготовки (центр ТМ1 НААС в Белорусско-Российском университете). Недостатками метода являются малая производительность и волнистость поверхности, обусловленная расстоянием, на которое смещается фреза при завершении очередного прохода. Более перспективной является обработка поверхностей цилиндрическими фрезами, имитирующими роликое зацепление СРП. Диаметр фрезы при этом равен диаметру роликов. Для реализации этого метода необходимы станки с ЧПУ с четырех- и более координатной обработкой, например токарно-фрезерные обрабатывающие центры с наклонно-поворотными столами или (и) со шпинделями, имеющими возможность наклона (поворота). Данное оборудование имеет высокую стоимость и не всегда есть в наличии на машиностроительных предприятиях.

При единичном и мелкосерийном производстве экономически оправданной будет являться разработка специального приспособления, закрепляемого на столе фрезерного станка. Приспособление должно иметь отдельный привод, который обеспечивает сферическое движение заготовки, согласованное с движением подачи инструмента – цилиндрической фрезы. В конструкцию привода должны входить копир либо эксцентрик. При этом возможно изготовление колес на станке с трехкоординатной обработкой, однако возникает вопрос по точности перемещений, обеспечиваемых приспособлением.

Одним из вариантов изготовления колес методом копирования [2] является применение конических фрез. Данный метод предполагает профилирование инструмента для каждого колеса, что при небольших объемах выпуска и многовариантности проектируемых редукторов нецелесообразно.

Оптимальным вариантом на данном этапе выбрано изготовление профиля зубьев с помощью сварочного робота FANUC AM1001C/7L с установленным шпинделем для фрезерной обработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Analysis of contact strength of spherical roller transmission with double-row pinion / M. E. Lustenkov, A. N. Moiseenko // IOP Conf. Series: International Conference on Mechanical Engineering and Modern Technologies (MEMT 2020). – 2021. – Vol. 1118 (2021) 012006. – P. 6.

2. **Лустенков, М. Е.** Расчет геометрии адаптированного профиля эллипсной шариковой передачи / М. Е. Лустенков // Технология машиностроения. – 2005. – № 5. – С. 36–38.