

**ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗУБЬЕВ ВТУЛОК МУФТ С ГЕОМЕТРИЕЙ
ПРИБЛИЖЕННОЙ К ГРУППОВОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МЕТОДОМ ОБ-
КАТКИ НА СУЩЕСТВУЮЩЕМ СЕРИЙНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

Грубка Р.М., Михайлов А.Н., Феник Л.Н., Лучко С.И.

(ДонНТУ, г. Донецк, Украина).

Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Аннотация: Работа посвящена разработке технологического способа нарезания зубьев втулок муфт с геометрией приближенной к групповой пространственной методом обкатки на существующем серийном оборудовании стандартным режущим инструментом. Способ основывается одновременном изменении межосевого расстояния между инструментом и заготовкой и сообщении заготовке дополнительного вращательного движения

Ключевые слова: зубчатая муфта, инструмент, заготовка, способ, пространственная геометрия, относительные движения

1. Введение

Наиболее современными способами повышения эксплуатационных свойств зубчатых муфт является реализация пространственного соединения между зубьями обоймы и втулки [1, 2]. В том числе и соединения обоймы с прямолинейной образующей и втулки с групповой пространственной геометрией на боковой поверхности зубьев, способные компенсировать изменяющиеся погрешности монтажа валов [3, 4, 5]. Структура любой пространственной геометрии зубьев, существенно отличается от структуры зубьев с прямолинейной или криволинейной образующей, так как предполагает непрерывное изменение толщины зуба, как по его длине, так и по его высоте [3, 4, 5]. Вследствие чего технологические способы нарезания зубчатых венцов зубчатых венцов с пространственной геометрией как правило основываются на соблюдении двух условий второго способа Оливье и подразумевают использование специального технологического оборудования и режущего инструмента, что не всегда оправдано в условиях того или иного производства [1, 6, 7]. При этом универсальное зуборезное оборудование, имеющиеся на предприятиях, может быть использовано для получения зубчатых венцов с геометриями приближенными к заданным пространственным.

Способы нарезания зубчатых венцов цилиндрических зубчатых колес с модифицированными зубьями на существующем серийном оборудовании описаны в литературе [8, 9, 10, 11]. Они основаны на смещении инструмента, либо в радиальном, либо в тангенциальном, либо одновременно и в радиальном и тангенциальном направлениях относительно заготовки. Однако для их реализации на практике необходимо применение специального режущего инструмента. Данное обстоятельство обусловлено особенностями структуры пространственных геометрий и кинематикой относительных движений инструмента и заготовки в процессе нарезания зубчатого венца [12]. Вместе с тем имеющийся на предприятиях стандартный режущий инструмент может быть использован для нарезания зубчатых венцов с различного рода пространственными геометриями и в том числе для обработки зубьев втулок зубчатых муфт с геометрией приближенной к групповой пространственной. Поэтому актуальной задачей является установление взаимосвязи между геометрией зуба втулки зубчатой муфты с простран-

венной геометрией, геометрией режущей кромки инструмента и траекторией относительного перемещения инструмента и заготовки в процессе нарезания зубчатого венца.

Целью данной работы является разработка технологического способа фрезерования зубьев втулок муфт с геометрией приближенной к групповой пространственной методом обкатки на существующем серийном оборудовании стандартным режущим инструментом.

В основу данной работы поставлена задача по определению взаимосвязи геометрии боковой поверхности зубьев втулки зубчатой муфты с пространственной геометрией, геометрии режущей кромки инструмента и траектории относительного перемещения инструмента и заготовки в пространстве.

2. Основное содержание и результаты работы.

Получение зубчатых венцов втулок зубчатых муфт с геометрией приближенной к групповой пространственной возможно при изменении межосевого расстояния между инструментом и заготовкой, при сообщении заготовке дополнительного вращательного движения и при одновременном изменении межосевого расстояния и сообщении заготовке дополнительного вращательного движения. Причем, в соответствии с этими способами зубья с заданной геометрией могут быть нарезаны за один рабочий ход на одной четвертой части боковой поверхности зуба втулки при применении стандартного режущего инструмента. Получение части боковой поверхности зуба с заданной геометрией обусловлено тем, что траектория относительного перемещения инструмента в пространстве не проходит через ось симметрии зубчатого венца. Нарезание одной четвертой части боковой поверхности зуба втулки за один рабочий ход является нецелесообразным, вследствие возникновения дополнительных погрешностей обработки зубчатого венца вызванных подналадкой станка. Нарезание же на всей боковой поверхности зуба втулки групповой пространственной геометрии за один рабочий ход инструмента в соответствии с предложенными способами невозможно из-за структуры самой пространственной геометрии.

При эксплуатации зубчатых муфт в контакте находится не вся боковая поверхность зубьев, а только часть ее. Причем части, которые одновременно могут находиться в контакте, расположены как бы по диагонали зуба. Поэтому целесообразным является совместная обработка частей боковой поверхности зуба втулки, которые могут одновременно находиться в контакте с соответствующими частями впадины зуба обоймы.

Обработка за один рабочий ход режущего инструмента одновременно работающих при эксплуатации частей зубчатого венца, возможно при прохождении траектории относительного перемещения инструмента в пространстве через ось симметрии зубчатого венца. Обеспечить прохождение траектории относительного перемещения режущего инструмента через ось симметрии зубчатого венца возможно введением дополнительного изменения межосевого расстояния между инструментом и заготовкой, что позволит использовать в процессе обработки стандартный режущий инструмент [13].

Для получения оставшихся частей боковой поверхности зубьев необходимо выполнить второй проход режущим инструментом. При этом фреза должна быть повернута в противоположную сторону относительно оси симметрии зубчатого венца (рис. 1).

Как известно, в процессе фрезерования зубьев по методу обкатки совершается ряд согласованных движений. Так с вращением инструмента связано движение деления заготовки. А при нарезании косозубых зубчатых колес заготовка за счет кинематических связей станка получает дополнительное вращательное движение, направление которого

зависит от того, какое направление должен иметь нарезаемый зуб и от направления нарезки зубьев фрезы. Для удобства рассмотрения процесса нарезания зубьев с геометрией приближенной к групповой пространственной остановим заготовку, тогда траектория относительного перемещения центра инструмента — прямая линия, расположенная под углом к оси вращения заготовки (рис. 1).

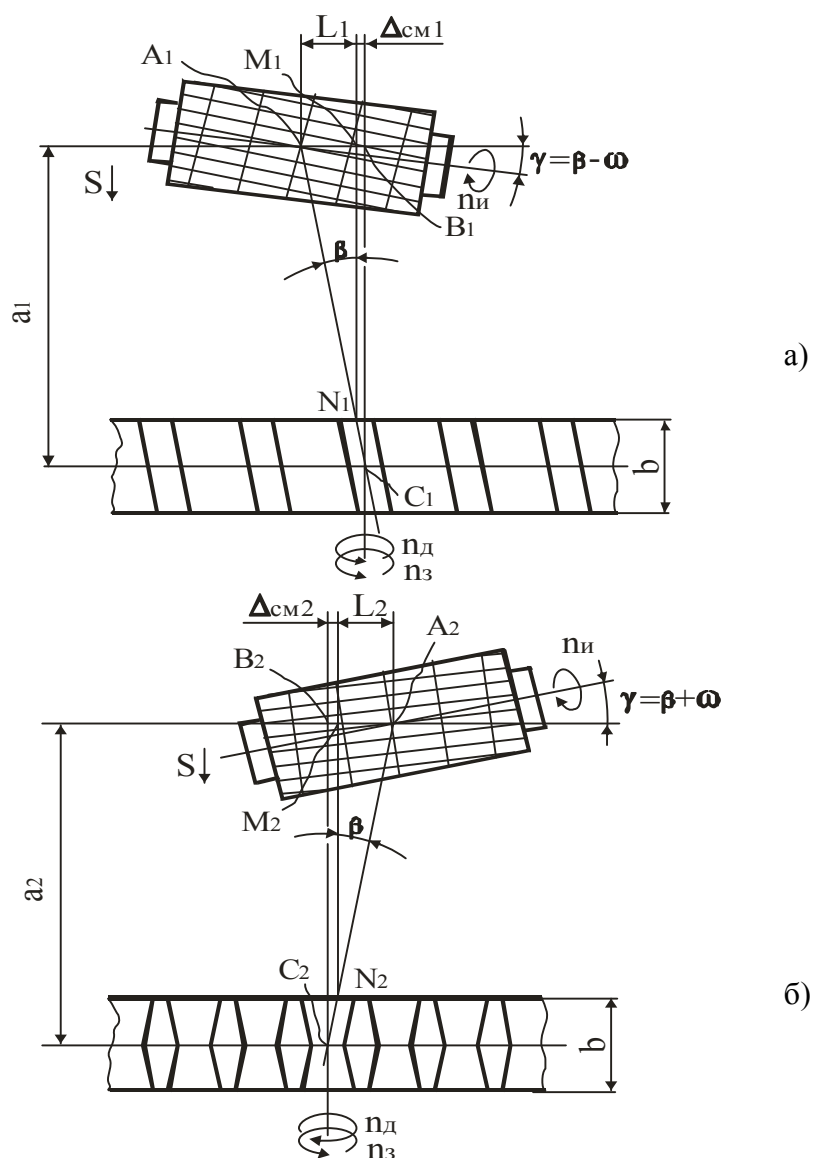


Рис. 1 Траектории перемещения инструмента в относительном движении при остановленной заготовке: а) первый рабочий ход; б) второй рабочий ход

В соответствии с предложенным способом (рис. 1) обработка ведется одним и тем же инструментом при неизменных режимах резания. Изменяется только взаимное расположение заготовки и инструмента, а также направление дополнительного вращения стола, сообщаемого дифференциалом.

Для получения зубьев с требуемой геометрией в процессе обработки необходимо обеспечить пересечение траекторий относительного перемещения инструмента, как для первого, так и для второго проходов в точке принадлежащей плоскости симметрии зубчатого венца (рис. 1). Для чего после выполнения первого прохода необходимо сместить инструмент в плоскости перпен-

дикулярной оси вращения заготовки на величину $\Delta_{см}$. При этом, если данное смещение инструмента не выполнять, то точка пересечения траекторий относительного перемещения инструмента в пространстве будет принадлежать плоскости торца зубчатого венца, что не позволит получить зубья заданной формы — с разделенной на две части боковой поверхностью.

Исходя из условия, что траектории относительного перемещения инструмента и заготовки должны пересекаться в плоскости симметрии зубчатого венца, величину $\Delta_{см}$ можно определить по зависимости (рис. 1):

$$\Delta_{см} = \Delta_{см1} + \Delta_{см2}, \quad (1)$$

где $\Delta_{см1}$ и $\Delta_{см2}$ — соответственно расстояния от проекции оси вращения заготовки на плоскость, в которой перемещается ось инструмента до траектории перемещения инструмента для первого и второго проходов, измеренные на торце зубчатого венца.

Для определения величины расстояния $\Delta_{см1}$ рассмотрим треугольники $\Delta A_1 B_1 C_1$ и $\Delta A_1 M_1 N_1$. Треугольники $\Delta A_1 B_1 C_1$ и $\Delta A_1 M_1 N_1$ подобны так, как:

$$\angle A_1 C_1 B_1 = \angle A_1 N_1 M_1 = \beta; \angle A_1 B_1 C_1 = \angle A_1 M_1 N_1 = 90^\circ.$$

А значит справедливо равенство:

$$\frac{M_1 N_1}{B_1 C_1} = \frac{A_1 M_1}{A_1 B_1}, \quad (2)$$

где

$$A_1 B_1 = L_1 + \Delta_{см1}; A_1 M_1 = L_1; B_1 C_1 = a_1; M_1 N_1 = a_1 - \frac{b}{2}, \quad (3)$$

где a_1 — расстояние от центра фрезы до плоскости симметрии зубчатого венца;
 b — ширина зубчатого венца.

Подставив значения (3) в формулу (2) получим:

$$\frac{a_1 - \frac{b}{2}}{a_1} = \frac{L_1}{L_1 + \Delta_{см1}}. \quad (4)$$

Выразив из зависимости (4) $\Delta_{см1}$ и проведя преобразования, получим:

$$\Delta_{см1} = \frac{L_1 \frac{b}{2}}{a_1 - \frac{b}{2}}. \quad (5)$$

Как видно из рисунка рис. 1 а):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L_1}{a_1 - \frac{b}{2}}, \quad (6)$$

где β - угол наклона линии зубьев.

А значит формула (6) для определения величины $\Delta_{см1}$ примет следующий вид:

$$\Delta_{см1} = \operatorname{tg} \beta \frac{b}{2}. \quad (7)$$

Рассмотрев аналогичным образом треугольники $\Delta A_2B_2C_2$ и $\Delta A_2M_2N_2$ (рис. 1 б) так же можно получить и для значения $\Delta_{см2}$ зависимость вида:

$$\Delta_{см2} = tg\beta \frac{b}{2}.$$

Окончательно формула для определения величины смещения инструмента в плоскости перпендикулярной оси вращения заготовки после выполнения первого рабочего хода примет вид:

$$\Delta_{см} = btg\beta. \quad (8)$$

Таким образом, величина смещения инструмента в плоскости, перпендикулярной оси вращения заготовки, зависит только от ширины зубчатого венца и угла наклона линии зубьев и не зависит от того, какой путь должен пройти инструмент до начала процесса резания.

3. Заключение.

В представленной работе описан технологический способ нарезания зубчатых венцов цилиндрических колес с пространственной геометрией на существующем серийном оборудовании стандартным режущим инструментом. А так же приведены зависимости для определения величины смещения инструмента в плоскости перпендикулярной оси вращения заготовки, выполняемого после получения одной части зубчатого венца и необходимого для получения боковой поверхности зуба разделенной на две равные части.

Список литературы: 1. Михайлов А.Н. Разработка методов повышения несущей и компенсирующей способности зубчатых муфт: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.02 — «Машиноведение и детали машин» / А.Н. Михайлов. — Харьков, 1986. — 25с. 2. Михайлов А.Н. Основы синтеза геометрии внутренних пространственных зацеплений с равным числом внутренних и наружных зубьев / А.Н. Михайлов, С.А. Рыбина, Д.В. Перов, Т. Оливер // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. — Донецк, Донец. гос. техн. ун-т., 2000. — Вып. 10. — С. 149—161. 3. Грубка Р.М. Синтез структуры групповой пространственной геометрии зубьев втулок зубчатых муфт / Р.М. Грубка, А.Н. Михайлов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. — Донецк: Донец. нац. техн. ун-т, 2004. — Вып. 27. — С. 71-75. 4. Пат. № 68689 України, F16D3/18. Зубчаста муфта: О.М. Михайлов, Р.М. Грубка (Україна). — № 2003098808; Заявл. 29.09.2003; Опубл. 16.08.2004, Бюл. № 8. — 4 с. 5. Грубка Р.М. Технологічне забезпечення формоутворення зубців втулок муфт із просторовою геометрією, що компенсує змінні похибки монтажу валів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.08 — «Технологія машинобудування» / Р.М. Грубка. — Донецьк, 2010. — 22с. 6. Грубка Р.М. Способ чистовой обработки зубьев втулок зубчатых муфт с групповой пространственной геометрией и устройство для его осуществления / Р.М. Грубка, А.Н. Михайлов, С.И. Коштовный // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. — Донецьк: Донец. нац. техн. ун-т, 2006. — Вип. 31. — С. 83-90. 7. Пат. № 82357 України, B23F 19/00. Спосіб обробки зубів із просторовою модифікацією: О.М. Михайлов, Р.М. Грубка, О.М. Лахін (Україна). — № a200510006; Подано 24.10.2005; Опубл. 10.04.2008, Бюл. № 7. —

4 с. **8.** Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др.; под общ. ред. Б.А. Тайца. — 3—е изд., перераб. и допол. — М.: Машиностроение, 1990. — 464 с. **9.** Тайц Б.А. Производство зубчатых колес / Б.А. Тайц — М.: «Машиностроение», 1975. — 512 с. **10.** Грубка Р.М. Методика определения параметров для настройки зубофрезерного станка при фрезеровании зубьев втулок зубчатых муфт с пространственной геометрией / Р.М. Грубка, А.Н. Михайлов, Л.Н. Феник, С.И. Лучко // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. — Донецьк: Донец. нац. техн. ун-т, 2011. — Вип. 41. — С. 112-118. **11.** Грубка Р.М. Фрезерование зубьев втулок зубчатых муфт с пространственной геометрией / Р.М. Грубка, В.В. Польченко // Модернизация машиностроительного комплекса России на научных основах технологии машиностроения (ТМ - 2011) [Текст] + [Электронный ресурс]: Сб. тр. 3-й междунар. Науч.-техн. конф., г. Брянск, 19-20 мая 2011 г./ Под общ. Ред.. А.Г. Сулова. — Брянск: Десяточка, 2011. — С. 38 – 39. **12.** Грубка Р.М. Кинематико-геометрический анализ движений элементов зубьев зубчатых муфт в условиях перекоса осей валов / Р.М. Грубка, Е.А. Буленков// Практика и перспективы развития институционального партнерства: Материалы третьего Международного научно-практического семинара в г. Таганроге 4–6 июня 2002 г. В 2 кн. — Таганрог: ТРТУ, 2002. — Кн. 2. — С. 53-57. **13.** Пат. № 91935 України, В23F 9/00. Спосіб виготовлення циліндричних зубчатих виробів з подовжньою модифікацією зубів: Р.М. Грубка, О.М. Михайлов, Л.М. Фенік (Україна). — № а2009 01631; Подано 25.02.2009; Опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17. — 6 с.

ФРЕЗЕРУВАННЯ ЗУБЦІВ ВТУЛОК МУФТ ІЗ ГЕОМЕТРІЄЮ НАБЛИЖЕНОЮ ДО ГРУПОВОЇ ПРОСТОРОВОЇ МЕТОДОМ ОБКАТКИ НА ІСНУЮЧОМУ СЕРІЙНОМУ ОБЛАДНАННІ

Грубка Р.М., Михайлов О.М., Фенік Л.М., Лучко С.І. (ДонНТУ, м.Донецьк, Україна).

Анотація. Робота присвячена розробці технологічного способу нарізування зубців втулок муфт із геометрією наближеною до групової просторової методом обкатки на обладнанні, що випускається серійно, стандартним різальним інструментом. Спосіб ґрунтується на одночасній зміні міжосової відстані між інструментом і заготовкою та наданням заготовці додаткового обертального руху

Ключові слова: зубчаста муфта, інструмент, заготовка, спосіб, просторова геометрія, відносні рухи

MILLING OF TeeTH GEAR COUPLING SLEEVES WITH APPROXIMATE GROUP SPACE GEOMETRY ON EXISTING STANDARD EQUIPMENT

Grubka R.M., Mikhailov A.N., Fenik L.N., Luchko S.I. (DonNTU, Donetsk, Ukraine).

Phone/Fax: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Abstract. This work is dedicated to developing technological method to cutting teeth sleeves with approximate group space geometry on an existing serial equipment standard cutting and tool. method is based simultaneous change center to center distance between the tool and the workpiece and imparted workpiece of additional rotational motion

Keywords: gear coupling, tool, workpiece, method, spatial geometry, the relative motion

Надійшла до редколегії 16.06.2011 р.