

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

КАРПЕНКО АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ

УДК 621.992.04

Нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками

Спеціальність 8.05050302 – інструментальне виробництво

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
магістр**

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Равська Наталія Сергіївна
Національний технічний університет України «КПІ»,
м. Київ, професор кафедри інтегрованих технологій
машинобудування імені П.Р. Родіна

Рецензенти доктор технічних, професор
Гейчук Володимир Миколайович
Національний технічний університет України «КПІ»,
м. Київ, професор кафедри конструювання верстатів
і машин

кандидат технічних наук
Гладський Максим Миколайович
начальник відділу ТОВ «Прогресстех-Україна»

Консультант з охорони праці та техніки безпеки кандидат технічних наук, ст. викл.
Лук'яненко А.О.
Національний технічний університет України «КПІ»,
м. Київ, доцент кафедри охорони праці, промислової
та цивільної безпеки

Захист відбудеться „ 15 ” червня 2015 року об 10 годині на засіданні ДЕК кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 615-22

З дисертацією можна ознайомитись на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 611-22

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність досліджень. Зубчасті колеса - найбільш розповсюджені в машинобудуванні. Вони застосовуються для передачі обертання між паралельними, перехресними, та мимобіжними осями за допомогою циліндричних, конічних, черв'ячних та гвинтових зубчастих передач. В залежності від конструкції зубчастого колеса, форми його зуба, вимогами до точності та шорсткості поверхонь та обсягу виробництва застосовуються різні способи виготовлення та різні зуборізні інструменти.

Арочні передачі – вид зубчастих передач який заслуговує особливої уваги, оскільки мають ряд переваг в порівнянні з іншими. До таких переваг відноситься більша навантажувальна здатність, відсутність осьових зусиль та здатність самовстановлюватися під навантаженням, простіші у виготовленні ніж шевронні. Також в арочних передачах не буває однопарного зачеплення, тільки двох- або трьохпарне, завдяки чому зменшується навантаження на кожен зуб, зменшується деформація зубів, підвищується довговічність. Окрім цього, це єдиний вид зубчастих передач, в якому не спостерігається значне підвищення рівня шуму при збільшенні навантаження.

Незважаючи на всі переваги цих передач, вони менш поширені, адже відсутня єдина технологія їх виготовлення, не досліджена технологічність їх збирання, відсутні дослідження по керуванні плямою контакту та вплив цього на роботу передачі. Тому розробка методів обробки арочних зубчастих коліс, спрямованих на подальше їх впровадження в промисловість та підвищення технологічності їх виготовлення є актуальною задачею.

Одним з перспективних способів виготовлення арочних зубчастих коліс є торцеве фрезерування методом копіювання. Даний спосіб обробки є простим у використанні і достатньо продуктивним, Проте, даний вид обробки потребує більш детального дослідження.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в розробці способу нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання з евольвентним профілем в торцевих перерізах зубчастого колеса.

Задачами дослідження являються:

- Аналіз способів обробки арочних зубчастих коліс;
- Дослідження формоутворення арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання;
- Отримання аналітичних залежностей для розрахунку профілю арочного колеса в нульовому та довільних торцевих перерізах;
- Дослідження впливу основних характеристик зубчастого колеса на величину відхилення профілю зуба в торцевих перерізах;
- Встановлення меж застосування способу обробки арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання;
- Розробка способу виготовлення арочних зубчастих коліс методом копіювання на верстатах з ЧПК.

Об'єкт дослідження – процес нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання.

Предмет дослідження – відхилення профілю арочних зубчастих коліс від евольвентного в довільних торцевих перерізах.

Методи дослідження. Виконані дослідження базуються на методах теорії проектування різальних інструментів, теорії різання матеріалів, та математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна полягає у теоретичному дослідженні величини відхилення профілю арочного зубчастого колеса в довільних торцевих перерізах та виведенні на основі схеми формоутворення аналітичних залежностей для розрахунку величини відхилення.

В процесі реалізації роботи проведена експериментальна перевірка теоретичних досліджень а також запропонований спосіб обробки арочних зубчастих з евольвентним профілем зуба по всій ширині колеса торцевими головками методом копіювання на верстатах з ЧПК.

Практичне значення отриманих результатів. За виведеними аналітичними залежностями розрахунку величини відхилення профілю арочного зубчастого колеса від евольвентного в довільних торцевих перерізах досліджений вплив параметрів зубчастого колеса та радіусу різцевої головки на величини відхилення профілю а також встановлені межі застосування способу обробки арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання.

Публікації та доповіді на конференціях. По темі магістерської дисертації опублікована 1 стаття в фаховому журналі та проведена апробація результатів на 3 конференціях, в тому числі на одній міжнародній.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку посилань із 27 найменувань, 4 додатків. Основний текст дисертації викладено на 92 стор. Повний обсяг становить 165 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження і задачі, які автор розв'язує у роботі.

У першому розділі проведений аналіз переваг арочних зубчастих коліс та області їх застосування, розглянуті та проаналізовані існуючі способи нарізання арочних зубчастих коліс методами обкату з послідовною обробкою випуклих та

увігнутих сторін зубів, з використанням пальцевої фрези на верстаті з ЧПК, оснований на обробці нульовим інструментом, коли обробка виконується однією профілюючою точкою та методу обробки обкатом в умовах обертового руху різців. Висвітлені переваги та недоліки обробки арочних зубчастих коліс методом обкату, розглянуті та проаналізовані способи обробки методами копіювання.

На базі першого розділу сформульовано мету та задачі роботи.

У **другому розділі** на основі схеми формоутворення (рис. 1) розглянуті причини виникнення відхилень профілю зуба арочного зубчастого колеса в довільних торцевих перерізах, що знаходяться на певній відстані від нульового, який проходить через вісь різцевої головки, в зв'язку з чим обґрунтована необхідність визначення координат точок профілю в нульовому перерізу з метою подальшого визначення величини відхилення в довільних перерізах. На основі аналізу виведених залежностей для розрахунку величини відхилення профілю показано, що основними параметрами, що впливають на величину відхилення є модуль зубчастого колеса, кількість зубів, радіус різцевої головки та відстань перерізу до нульового.

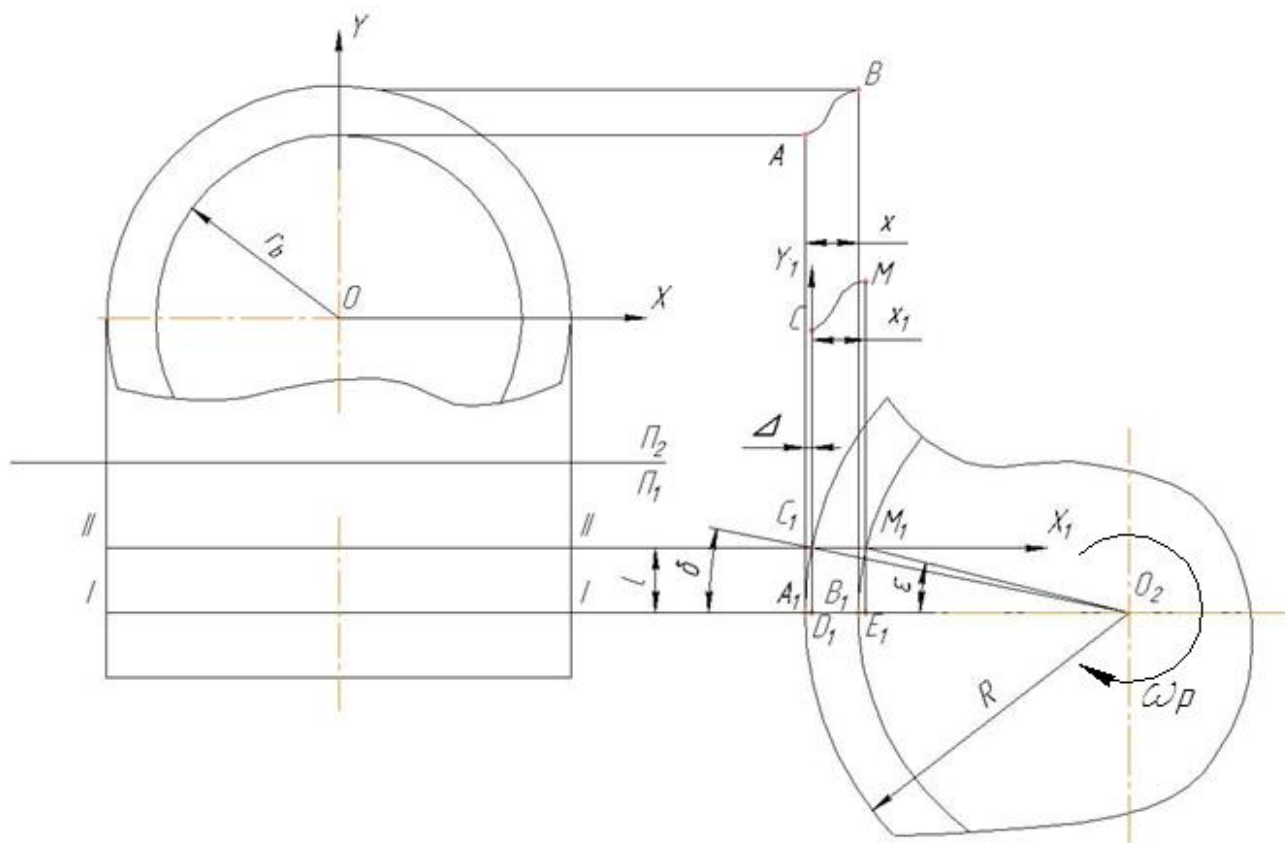


Рисунок 1 – Схема формоутворення

За допомогою виведених аналітичних залежностей досліджений вплив основних параметрів на величину відхилення профілю зуба а також встановлені межі застосування способу обробки арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання.

В третьому розділі згідно методики експериментальних досліджень, яка включає підготовку інструмента та вимірювальної техніки, нарізання арочного зубчастого колеса торцевою головкою методом копіювання та вимірювання відхилення профілю зуба арочного колеса від евольвентного в різних торцевих перерізах проведене експериментальне вимірювання відхилення профілю зуба від евольвентного в довільному торцевому перерізі, для чого було виготовлене арочне зубчасте колесо. Результати вимірювань після обробки представлені у вигляді графіків на рис. 2 для нульового торцевого перерізу та на рис. 3 для торцевого перерізу, що лежить на відстані 10мм від нульового.



Рисунок 2 – Значення відхилень по висоті зуба в нульовому перерізі

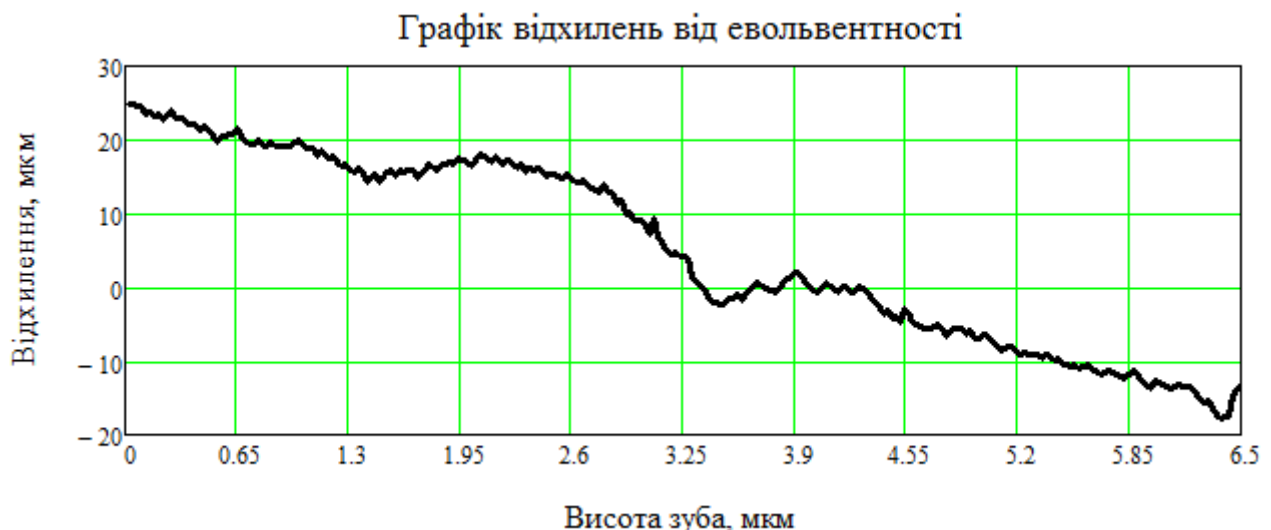


Рисунок 3 – Значення відхилень по висоті зуба в торцевому перерізі що знаходиться на відстані 10мм від нульового

Проведене порівняння експериментальних вимірювань профілю зуба арочного зубчастого колеса зі значеннями отриманими в результаті аналітичних

розрахунків, що підтвердились в ході аналізу даних отриманих з експерименту. В зв'язку з чим запропонований спосіб формоутворення точних арочних зубчастих коліс (рис. 4) на верстатах з ЧПК, а також представлені залежності для розрахунку координат зміщень заготовки в процесі обробки.

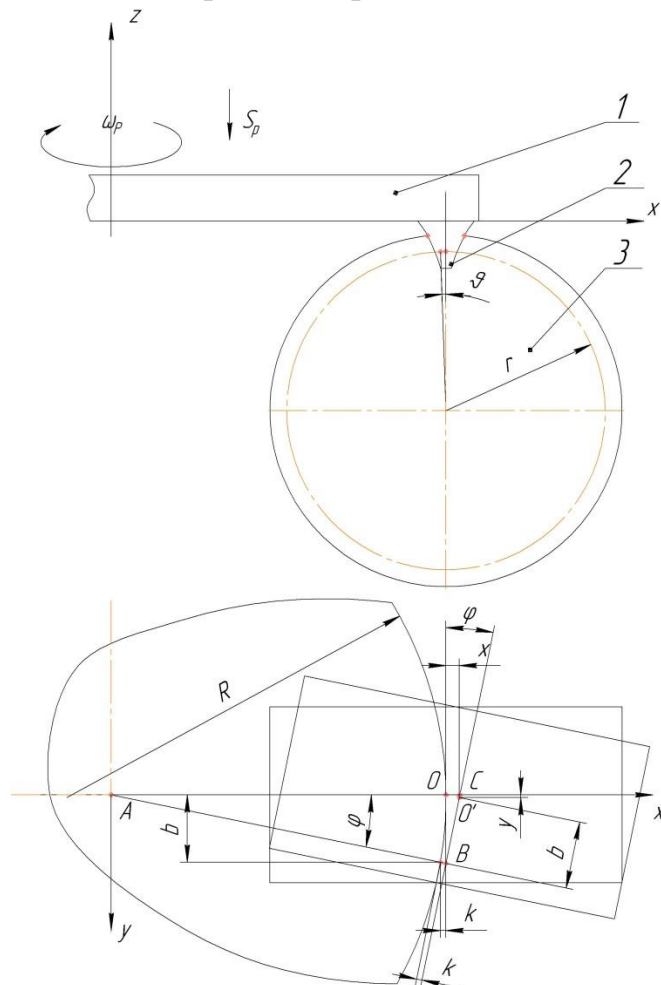


Рисунок 4 – Схема формоутворення методом копіювання зі зміщенням заготовки

Даний спосіб дозволяє отримати арочні зубчасті колеса з евольвентним профілем зуба по всій ширині рахунок зміщень заготовки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вирішена задача можливості нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання.

2. Показано, що відхилення профілю зуба арочного зубчастого колеса від евольвентного при нарізання торцевими головками методом копіювання залежить від відстані цього перерізу до нульового, що проходить через вісь головки, модуля зубчастого колеса, кількості зубів та радіусу різцевої головки.

3. Встановлено, що при нарізанні зубів арочного зубчастого колеса методом копіювання, зі збільшенням модуля величина відхилення зменшується до певного

значення, після чого починає збільшуватись, зі збільшенням кількості зубів колеса та радіусу різцевої головки величина відхилень профілю зменшується. Дуже сильний вплив на величину похибки має ширина зубчастого колеса, зі збільшенням ширини зростає значення відхилень профілю від евольвентного.

4. Встановлені межі застосування способу нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання.

5. Розроблена схема формоутворення нарізання арочних коліс методом копіювання з евольвентним профілем зуба по всій ширині колеса.

СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. Карпенко А.В. Черв'ячна фреза з незалежними величинами задніх вершинних та бокових кутів / Карпенко А.В., Каричківський М.І., Равська Н.С. // Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена Дню науки. – К., 2014. – С.39-40.

2. Карпенко А.В. Визначення профілю зуба арочного колеса в довільному перерізі / Карпенко А.В., Равська Н.С. // Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена Дню науки. – К., 2015. – С.44-45.

3. Воробйов С.П. Особливості нарізання арочних зубчастих коліс методом копіювання / Воробйов С.П., Карпенко А.В., Равська Н.С. // XIII Міжнародна науково-технічна конференція "Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку" – Краматорськ., 2015.

4. Патент на корисну модель № 98988, України, Черв'ячна фреза для обробки зубчастих коліс / Равська Н.С, Охріменко О.А., Каричківський М.І., Карпенко А.В. // Власник – Національний технічний університет України «КПІ». – дата реєстрації 12.05.2015.

АНОТАЦІЯ

Карпенко А.В. Нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 8.05050302 – інструментальне виробництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – Київ, 2015

На підставі дослідження існуючих методів обробки арочних зубчастих коліс обрано спосіб нарізання арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання. Перевагами даного методу є простота у використанні а також продуктивність.

Проведено аналіз способів обробки арочних зубчастих коліс. Досліджене формоутворення арочних зубчастих коліс торцевими головками методом копіювання, виведені аналітичні залежності для розрахунку координат профілю колеса в нульовому та довільному торцевому перерізі, досліджений вплив основних характеристик зубчастого колеса та радіусу різцевої головки на величину відхилення профілю зуба від евольвентного в торцевих перерізах, встановлені межі застосування способу.

Для перевірки аналітичних залежностей впливу основних параметрів колеса та радіусу різцевої головки на величину відхилення профілю від евольвентності в довільних торцевих перерізах використовувалось раніше виготовлене арочне зубчасте колесо. Вимірювання проводились на евольвентомірі, по результатам яких проаналізована можливість використання аналітичних розрахунків, в зв'язку з чим запропонований спосіб обробки арочних зубчастих коліс з евольвентним профілем перерізу по всій ширині зуба на верстатах з ЧПК.

Ключові слова. Арочні колеса, торцева головка, відхилення профілю, евольвентність.

АНОТАЦІЯ

Карпенко А.В. Нарезание арочных зубчатых колес торцовыми головками

Диссертация на соискание научной степени магистра по специальности 8.05050302 – инструментальное производство. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт». – Киев, 2015.

На основании исследований существующих методов обработки арочных зубчатых колес выбран способ нарезания арочных зубчатых колес торцовыми головками методом копирования. Преимуществами данного метода является простота, и также производительность.

Проведен анализ способов обработки арочных зубчатых колес. Исследовано формообразование арочных зубчатых колес торцовыми головками методом копирования, выведены аналитические зависимости для расчета координат профиля колеса в нулевом и произвольном торцевом сечении, исследовано

влияние основных характеристик зубчатого колеса и радиуса резцовой головки на величину отклонения профиля от эвольвентного в торцовых сечениях, установлены пределы использования способа.

Для проверки аналитических зависимостей влияния основных параметров колеса и радиуса резцовой головки на величину отклонения профиля от эвольвентного в произвольных торцовых сечениях использовались раньше изготовленное арочное зубчатое колесо. Измерения проводились на эвольвентомере, по результатам которых проанализирована возможность использования аналитических расчетов, в связи с чем предложен способ обработки арочных зубчатых колеса с эвольвентным профилем сечения по всей ширине зуба на станках с ЧПУ.

Ключевые слова. Арочные колеса, торцовая головка, отклонения профиля, эвольвентность.

ABSTRACT

Karpenko A.V. Cutting arched gears by the face cutter head

MSc thesis by specialty 8.05050302 – Tool Production. – National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. – Kyiv, 2015

Based on studies of existing processing methods arched gears is selected arched cutting gears by face heads up. The advantage of this method is the ease of use and productivity.

The analysis methods of processing arched gears. Research forming arch gears socket heads by copying, Analytical dependences for calculation of wheel profile coordinate zero and arbitrary face-section explored the impact of the main characteristics of gear and range incisive heads on the deviation from the involute tooth profile in the face section, limits the use of the method .

To test the analytical dependences of basic parameters influence radius wheels and incisive heads on the deviation from the profile involute in arbitrary end sections used previously manufactured arched gear. Measurements that were carried shows, that in which the results analyzed the possibility of using analytical calculations, and therefore the proposed method of processing arched gears with involute profile section across the width of the tooth on CNC machines.

Keywords. Arched gears, face cutter head, profile deviation, involute