

Е.В. МIRONENKO, д.т.н., проф.<sup>1</sup>,

Г.П. КЛИМЕНКО, д.т.н., проф.<sup>1</sup>,

А.С. МАНОХИН, к.т.н., с.н.с.<sup>2</sup>,

О.А. ОХРИМЕНКО, д.т.н., доц.<sup>3</sup>,

Е.В. КАМЧАТНАЯ-СТЕПАНОВА, асп.<sup>4</sup>,

Донбасская государственная машиностроительная академия<sup>1</sup>,

Институт сверхтвердых материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины<sup>2</sup>,

Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского»<sup>3</sup>,

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»<sup>4</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ПОЛЯ РЕЗАНИЯ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ С РАЗДЕЛЬНОЙ СХемой ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Физическая сущность, сопровождающая процесс резания червячной фрезой с раздельной схемой формообразования, такие как неравномерность загрузки и стойкость зубьев фрезы, путь резания и характер распределения износа зубьев, неравномерность процесса резания, динамические нагрузки при встречном зубофрезеровании исследуем с помощью контактных полей резания фрезы и заготовки [1, 2, 3, 4].

Контактное поле резания ABCD (рис. 1) правого корпуса фрезы при встречном фрезеровании прямозубого колеса, построенное специально разработанным графическим способом, представляет собой развертку на плоскость обработанной поверхности зуба колеса со следами на ней профилирующих точек зубьев инструмента. Зубья, число которых сокращено для ясности графического построения, пронумерованы в порядке их вступления в резание по линии зацепления.

Графическое построение контактного поля и дальнейший вывод формул длин срезаемых слоев основаны на приближенном определении проекций дуг контакта  $l_i$  каждого из зубьев фрезы с припуском как отрезков прямых (рис. 1), при повороте фрезы от зуба к зубу на угол  $\varphi_i = \frac{360^\circ}{z_\Phi}$ . Погрешность определения параметров по предлагаемым формулам не превышает 1%, что вполне приемлемо для практических выводов.

Кривая CD основание контактного поля – геометрическое место точек выхода зубьев инструмента из припуска  $\Delta$ , имеющего неравномерный характер распределения вдоль эвольвентной поверхности зуба после черновой прорезки впадин специальными дисковыми фрезами.

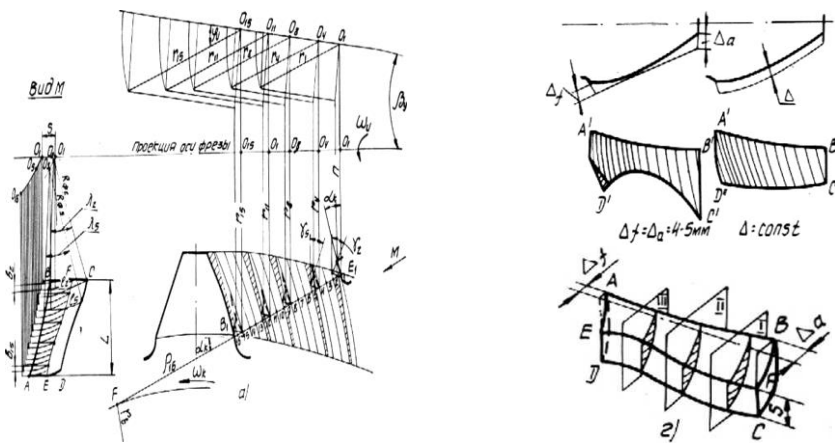


Рис. 1. Контактное поле резания правого корпуса червячной фрезы с раздельной схемой резания: а – графический способ построения контактного поля; б, в – форма контактного поля в зависимости от характера распределения припуска; г – объем металла, срезаемый за один оборот корпуса фрезы

Ширина срезаемого слоя равна сумме переменных по длине рабочих участков  $a_i$  и  $b_i$  кромки (рис. 2, б) и постоянных по длине рабочих участков  $c$  и  $d$  (рис. 2, а). Таким образом, ширина стружек, срезаемых зубьями правозаходной фрезы, определяется по формулам:

для левого корпуса:

$$b_{i,l} = a_i + d = \left[ r_b \left( tg \alpha + tg \frac{\Psi}{2} \right) - \frac{P_b}{z_\Phi} (i - 1) \right] tg(\Psi - \mu) + d \quad (1)$$

для правого корпуса:

$$b_{i,r} = b_i + c = \left[ r_b \left( tg \alpha + tg \frac{\Psi}{2} \right) - \frac{P_b}{z_\Phi} (i - 1) \right] tg(\mu) + c \quad (2)$$

Для левозаходной фрезы формулы (1) и (2) меняются местами.

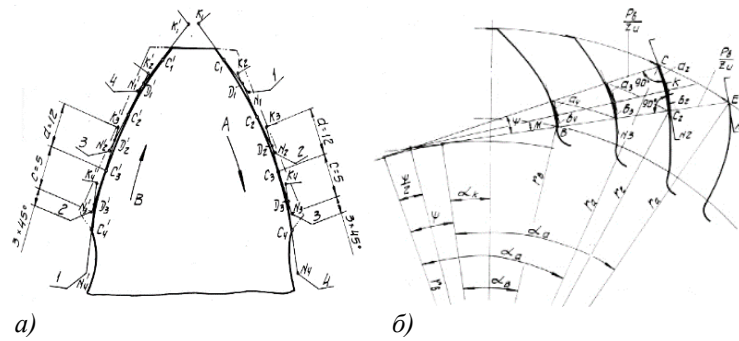


Рис. 2. Определение ширины срезаемых слоев: а – схема последовательного наложения кромок фрезы на профиль зубьев колеса; б – рабочие участки кромок расположенные выше ( $b_i$ ) и ниже ( $a_i$ ) точек профилирования

На (рис. 3, б, г) показаны недеформированные слои, срезаемые зубьями обеих корпусов правозаходной фрезы с отдельной схемой формообразования. Обработка правой боковой поверхности зуба колеса (рис. 2, а) и (рис. 3, а) правым корпусом фрезы (ПК) осуществляется в направлении по стрелке А от головки зуба к ножке. Зубья корпуса, из-за сравнительно небольшой длины участков кромок С (рис. 2, а) и отсутствия перекрытия резцов на выходе из припуска, образуют уступы У. При последующих резах через один оборот колеса на срезаемых слоях (рис. 3, б) образуются выступы Р. Эти выступы, служащие как бы ребрами жесткости, затрудняют процесс деформирования металла слоев, что может способствовать повышению температуры резания.

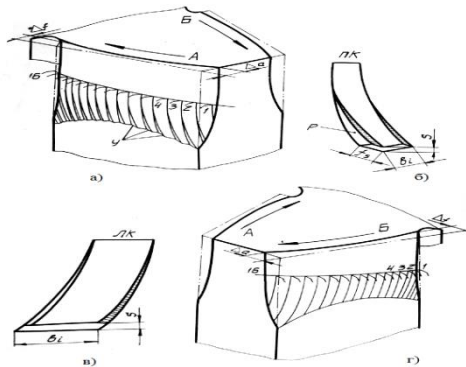


Рис. 3. Форма слоев, срезаемых зубьями правозаходной фрезы с отдельной схемой формообразования: а - образование уступов (У) при работе правого корпуса; б - форма слоя, срезаемого зубьями правого корпуса; в - схема обработки поверхности зуба левым корпусом; г - форма слоя срезаемого зубьями левого корпуса

Зубья левого корпуса (рис. 3, в), вступающие в резание по стрелке В, не образуют уступов на выходе из припуска. Перекрытие резцов не нарушается, т.к. участки кромок d (см.рис.2, а) имеют в 2,5 раза большую длину, чем участки С. Поэтому слои, срезаемые зубьями левого корпуса более благоприятны по форме, чем у правого корпуса. Форма срезаемых слоев, как известно, оказывает влияние на температуру резания. Можно предположить, в этой связи, что зубья правого корпуса, срезающие слои более сложной формы, будут иметь и больший, по сравнению с зубьями левого корпуса, износ.

Для более полного понимания процесса обработки зубьев червячной фрезой необходимо изучить, как выполняется работа резания каждым из ее зубьев в контактном поле резания, т.е. установить характер врезания зубьев фрезы в металл заготовки. Известно, что характер врезания зубьев червячной фрезы оказывает заметное влияние, как на стойкость инструмента, так и на качество обработанной поверхности. Анализ процесса врезания зубьев выполняется при рассмотрении траектории движения какой-либо точки режущей кромки каждого из них в кинематике взаимных движений инструмента и заготовки

#### Література:

1. Гасанов М.И., Клочко А.А., Черкашина Г.И., Перминов Е.В Групповые маршрутные технологические процессы восстановления крупногабаритных зубчатых колес на основе имитационного моделирования с учетом прогрессирующих видов износа // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб.наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – Вип. 42. – С. 28–36.
2. Гасанов М.И., Пермяков О.А.1, Шелковий О.М., Клочко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43–44.
3. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol.2:

Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246.

4. Технологическое обеспечение эксплуатационных параметров цилиндрических зубчатых передач при аппроксимативном решении контактно-гидродинамических задач смазки // В.Д. Ковалев, Ю.В. Тимофеев, А.Н. Шелковой, А.А Клочко, Д.А. Кравченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 11–19. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.