

УДК 621.9

Равская Н. С., Охрименко А. А.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ КОНИЧЕСКИМИ ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Для преодоления основного недостатка, который заложен в схемах резания стандартных модульных червячных фрез – неравномерность загрузки зубьев и лезвий, повышение на этой основе стойкости до полной отработки и разработано множество разных видов этих инструментов, и опробовано разные схемы их усовершенствования [1–3].

Разновидностью прогрессивной схемы резания является вершинно-нагруженная схема. К инструментам, которые работают по этой схеме, можно отнести конические червячные фрезы.

Применение конических червячных фрез при нарезании цилиндрических зубчатых колес позволяет более равномерно распределить нагрузку между зубьями и соответственно повысить стойкость инструмента. Производственные испытания показали, что эффект повышения стойкости при применении конических червячных фрез повышался при увеличении числа зубьев обработанных колес.

Анализ прогрессивных схем срезания [4] позволяет предположить, что эффект равномерности распределения нагрузки между зубьями повышается, если конические червячные фрезы расположить на одной оправке. При таком расположении фрез может быть реализованы различные схемы многопроходной обработки [2].

Целью работы является, наряду с определением исходной инструментальной поверхности, решение задачи распределения работы резания между двумя коническими фрезами. Эта цель может быть достигнута при условии, что длины фрез, установленных на одной оправке должны полностью формировать эвольвентный профиль обрабатываемого колеса, что и определяется углом наклона сопряженной с колесом рейки и возможное количество обрабатываемых ее зубьев.

Определение условий формирования эвольвентного профиля зубчатых колес при их обработке двумя коническими зуборезными фрезами устанавливаемые на одной оправке, что позволяет более эффективно влиять на распределение нагрузки между зубьями этих фрез.

Схема формообразования двумя коническими червячными фрезами цилиндрических зубчатых колес изображена на рис. 1. Обработка колес осуществляется на зубофрезерном станке. Две конических червячных фрезы, установленные на одной оправке, вращаются вокруг своих осей с угловой скоростью $\bar{\omega}_0$. Как обычно, скорости $\bar{\omega}_0$ и $\bar{\omega}_1$ кинематически связаны. Для однозаходных фрез при повороте заготовки на один зуб фреза совершает один оборот.

В процессе обработки совершается также движение подачи, в результате которого поверхность зубьев колеса скользит «сама по себе». Поэтому при определении исходной инструментальной поверхности это движение не учитывается [5]. Исходная инструментальная поверхность образуется по второму способу.

Для каждой фрезы находятся сопряженные с зубчатым колесом рейки, а затем, рассматривая движение рейки относительно инструмента, определяется огибающая поверхность, которая и будет исходной инструментальной поверхностью. Исходная поверхность, сопряженная с боковой эвольвентной поверхностью зубьев колеса, будет совокупностью эвольвентных винтовых поверхностей.

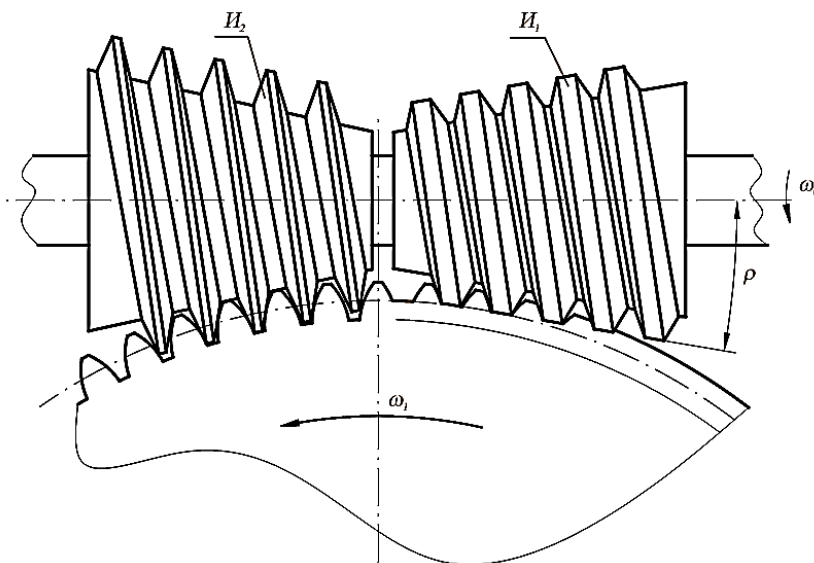


Рис. 1. Схема формообразования двумя коническими червячными фрезами цилиндрических зубчатых колес

Рассмотрим распределение работы резания между двумя червячными фрезами.

Для того чтобы распределить работу резания между двумя червячными фрезами, у червячной фрезы, которая первой – начинает процесс обработки, уменьшается высота витка h_1 исходной инструментальной поверхности. Поэтому первая фреза частично срезает материал заготовки и формирует только часть профиля зубчатого колеса. В результате уменьшения высоты зуба червячной фрезы, спроектированный на базе исходной инструментальной поверхности h_1 можно проектировать инструмент с большим числом режущих зубьев и соответственно повышать его работоспособность.

Длины рассматриваемых конических червячных фрез необходимо рассчитывать так, чтобы они полностью формировали эвольвентный профиль обрабатываемого зубчатого колеса. Для этого необходимо, чтобы на фрезе полностью воспроизводился активный участок линии зацепления.

Рассмотрим формирования эвольвентного профиля первой фрезой (рис. 2). По построению BE равен:

$$BE = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1.25m \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (1)$$

где h – высота ножки зуба обрабатываемого колеса.

Для того, чтобы создать прочную конструкцию режущего инструмента увеличиваем размер BE на шаг зубьев рейки. Тогда длина первой фрезы, измеренная по её оси, будет равна:

$$L = (1.25m \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \pi m) \cos \rho + 1.25m \cdot \sin \rho, \quad (2)$$

Размер SM будет равен:

$$SM = r_1 \cdot \sin \rho = \frac{mZ}{2} \cdot \sin \rho, \quad (3)$$

где r_1 – радиус делительной окружности обрабатываемого колеса;

ρ – угол наклона рейки сопряженной с обрабатываемым колесом.

Для того чтобы можно было на одной оправке разместить две конические фрезы, необходимо чтобы выполнялось условие: $SM \geq L$.

Следовательно:

$$\frac{mZ}{2} \cdot \sin \rho \geq L, \quad (4)$$

или

$$\frac{mZ}{2} \cdot \sin \rho \geq (1.25m \cdot \operatorname{ctg} \alpha + \pi m) \cos \rho + 1.25m \cdot \sin \rho, \quad (5)$$

На рис. 2. представлен график зависимости $Z_{\min} = f(\rho)$: Анализ этой зависимости показывает, что с увеличением ρ минимальное значение числа зубьев уменьшается.

Исходя из второго условия форма образования угол ρ должен быть меньше угла α профиля исходного контура:

$$\rho < \alpha, \quad (6)$$

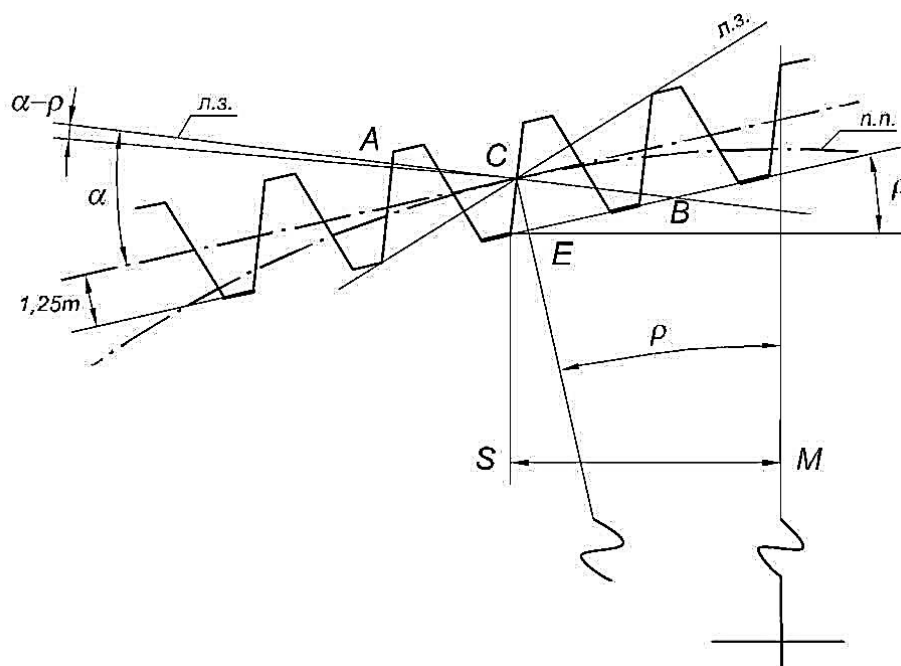


Рис. 2. Формирования эвольвентного профиля первой фрезой

Поэтому обработка двумя коническими фрезами возможна для зубчатых колес с определенным числом зубьев Z .

В момент врезания в общем случае, могут резать обе конические червячные фрезы, установленные на одной оси. В этом случае вторая фреза проектируется на базе исходной инструментальной поверхности, у которой исходный червяк имеет полную высоту витков. Таким образом, высота зуба, второй конической фрезы будет равна $h = 2,5 m$.

Условия работы конических фрез в исходный период врезания зависит от угла τ установки оси оправки. Угол τ установки оси оправки выбирается приблизительно равным углу подъема резьбы исходного червяка на среднем диаметре [4, 7]. Чем меньше угол τ , тем в меньшей степени работает в переходный период вторая полнопрофильная фреза.

При большом угле τ вторая фреза может вступать в работу тогда, когда первая фреза полностью сформирует свою часть профиля зуба. Тогда у второй фрезы можно соответственно уменьшить высоту зубьев и увеличить их число. Увеличение угла τ установки оправки можно достигнуть за счет уменьшения диаметра фрез, а также за счет применения многозаходных фрез.

Увеличенная величина угла τ имеет место при обработке косозубых зубчатых колес. В этом случае обе конические червячные фрезы, установленные на одной оправке, в переходной период врезания, работают, как правило, независимо друг от друга. Поэтому в этом случае можно у обеих конических червячных фрез выбирать уменьшенные высоты зубьев.

Условия снятия припуска двумя коническими фрезами в переходной период зависят от расстояния между ними. С увеличенным расстоянием в большей мере независимо работают обе фрезы. Допустимое расстояние между фрезами зависит от числа зубьев обрабатываемого зубчатого колеса и угла ρ наклона производящего контура рейки. Таким образом, за счет выбора величины угла ρ можно в определенной степени влиять на характер взаимодействия обоих конических червячных фрез при срезании припуска в переходный период врезания.

ВИВОДИ

В статье решена задача определения длины червячных фрез, при которой формируется полный эвольвентный профиль зубчатого колеса, рассмотрено формообразование цилиндрических прямозубых и косозубых двумя коническими червячными фрезами, установленными на одной оправке. Установлено, что формирование количества зубьев обрабатываемых такими фрезами зависит от угла наклона производящего контура этих фрез.

На основании анализа работы конических фрез в период врезания показано, что он зависит от угла τ установки оси оправки. От угла τ зависит также и высота зубьев полнопрофильной фрезы. Показано, что при нарезании косозубых колес с увеличенными углами τ , фрезы, установленные на одной оправке, в период врезания работают независимо друг от друга. Выбором величины угла ρ наклона производящего контура можно влиять на припуск при врезании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Равская Н. С. *Обработка цилиндрических зубчатых колес коническими червячными фрезами* / Н. С. Равская, А. А. Охрименко // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем*. 1995. – Вип. № 4 – С. 39–43.
2. Грицай І. Є. *Підвищення ефективності двох перехідного нарізання зубчастих коліс черв'ячними фрезами з модифікованим профілем* / І. Є. Грицай, І. С. Афтаназів // *Вісник НТУУ «КПІ», Машинобудування* 2001. – № 35. – С. 140–149.
3. Медведицков С. Н. *Высокопроизводительное зубонарезание фрезами* / С. Н. Медведицков – М. : *Машиностроение*, 1981. – 104 с.
4. Овумян Г. Г. *Повышение производительности и качества чистового зубонарезания* / Г. Г. Овумян, Е. В. Езерский, С. А. Хухрий. – М. : *Машиностроение*, 1979. – 64 с.
5. Овсянников В. С. *Аналитическое определение схемы резания при обработке червячных колес*. / В. С. Овсянников // *Сборник исследования зубообрабатывающих станков, инструментов и резания металлов*. – Саратов – 1972. – Вип. № 54. – С. 132–134.
6. Равська Н. С. *Багатопрохідне оброблення зубчастих коліс черв'ячними зуборізними фрезами* / Н. С. Равська, О. А. Охріменко, Я. Р. Дубик // *Вісник НТУУ «КПІ», Машинобудування* – 2010. – № 58. – С. 254–258.
7. Родин П. Р. *Основы формообразования поверхностей резанием* / П. Р. Родин – К. : *Вища школа*, 1977. – 190 с.
8. Филатов В. П. *Эксплуатационные возможности процесса цилиндрических зубчатых колес червячными фрезами* / В. П. Филатов, Т. Ю. Ротницкая // *Станки и инструмент* – 1995. – № 9 – С. 139–144.