

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 403 с.
2. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др.; Под общ. Ред. Б.А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
3. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: Учебное пособие / В.Е. Антонюк, М.М. Кане, В.Е. Старжинский и др. – Мн.: УП “Технопринт”, 2003. – 766 с.
4. А.с. 1653917 СССР, МКИ В23F 5/28. Способ нарезания цилиндрических зубчатых колес / В.А. Терентьев, А.И. Трофимов. – Оpubл. Б.И., 1991, №21.
5. А.с.1504019. Зубообрабатывающий станок роторного типа / Терентьев В.А., Терентьева И.В., Трофимов А.И. - Оpubл. БИ, 1989. №32.
6. Данилов В. А. Научные основы технологии формообразования сложных поверхностей резанием: Дисс. д-ра техн. наук: 05.03.01, 05.02.08 / Полоцкий гос. ун-т. - Новополоцк, 2002. – 318 с.
7. Голембиевский А. И. Основы системологии способов формообразующей обработки в машиностроении/ Под ред. В. А. Петрова. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 168 с.

УДК 621.91.04

Данилов В.А., Яловский О.В.

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ТОРЦОВЫХ ЗУБЧАТЫХ КОНТУРОВ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Применяемые в промышленности технологии механической обработки торцовых зубчатых контуров (ТЗК) деталей типа кулачковых и храповых муфт, специальных плоских зубчатых колес и т.п. по производительности и точности уступают технологиям обработки других зубчатых деталей, например, цилиндрических колес. В этой связи синтез прогрессивных методов формообразования ТЗК имеет важное значение для создания эффективных способов обработки, режущих инструментов и станочного оборудования.

Даная задача рассматривается ниже исходя из известного представления метода формообразования любой поверхности как возможного сочетания методов образования ее производящих линий – образующей и направляющей [1]. На основе анализа возможных сочетаний методов формообразования произво-

дящих линий поверхностей ТЗК, характерных для них производящих элементов и исполнительных движений, получены следующие схемы формообразования.

1. Образующая и направляющая создаются методом копирования ($Kn - Kn$). По данной схеме ТЗК образуется, например штамповкой, (рис. 1, а), т.е. без движения формообразования. Для ее реализации необходимо одно установочное движение Π_1 . Отличительными особенностями данной схемы являются: высокая производительность процесса формообразования ТЗК; всю информацию о геометрии получаемых поверхностей и их взаимном расположении несет инструмент (точность и качество получаемых поверхностей зависит от точности изготовления инструмента); отсутствие возможности формирования закрытых пазов, что определяется конструкцией инструмента и методом генерации поверхности; сложность изготовления инструмента и его не универсальность; ограниченность размеров получаемого зубчатого контура мощностью оборудования, жесткостью оснастки и инструмента; процесс деления, в силу особенностей метода формообразования, протекает мгновенно.

2. Образующая создается методом копирования, а направляющая – методом обката ($Kn - Об$). Одним из технологических способов получения ТЗК является накатывание мелкозубых плоских зубчатых контуров (рис. 1, б). Для генерации поверхностей таким методом необходимо одно движение формообразования $\Phi_v(B_1, B_2)$, а также установочное движение $Усм(\Pi_3)$. При этом всю информацию о расположении и геометрии получаемых поверхностей несет инструмент. Движение деления происходит непрерывно, по мере качения инструмента по заготовке. По сравнению с рассмотренным выше данный метод является более универсальным, однако им невозможна обработка ТЗК резанием.

3. Образующая создается методом копирования, а направляющая – методом следа ($Kn - Сл$) (рис. 1, в). Для реализации этой схемы необходимо одно движение формообразования $\Phi_v(\Pi_1)$, а также движения деления $D(B_3)$ и установки $Усм(\Pi_2)$. Отличительными особенностями данной схемы являются: простая геометрия инструмента по сравнению со схемами-аналогами; точность профиля впадины определяется точностью изготовления инструмента, что накладывает дополнительные требования к его изготовлению; возможна обработка закрытых пазов; дискретность движения деления предопределяет увеличение вспомогательного времени. Повышение производительности данной схемы возможно за счет обработки двух впадин за один проход, а также одновременной обработки нескольких деталей.

4. Образующая формируется методом копирования, а направляющая – методом касания ($Kn - Кс$). Данному методу формообразования поверхности соответствует фрезерование пазов ТЗК инструментом дискового типа (рис. 1, г). В большинстве случаев при реализации такой схемы получения производя-

щих линий движение деления дискретно. Для реализации данного метода получения поверхностей необходимы два движения формообразования: $\Phi_v(B_1)$ и $\Phi_{s1}(П_2)$, движение установки $Усм(П_3)$ и движение деления $Д(B_4)$. В простейшем случае, когда профиль паза по длине описан окружностью радиусом, равным радиусу инструмента, необходимость в движении подачи $\Phi_{s1}(П_2)$ отпадает. При схеме $(Kn - Kc)$, в отличие от $(Kn - Cl)$, в обработке одновременно участвует несколько режущих кромок, что позволяет повысить производительность и стойкость инструмента. Необходимо отметить, что схема предполагает использование более сложного инструмента по сравнению со схемой, реализующей метод $Kn - Cl$. Схема позволяет формировать закрытые пазы.

5. Образующая и направляющая формируются методами обката $(Ob - Ob)$. Для осуществления этого метода необходимы два движения формообразования: $\Phi_v(B_1, B_2)$ – качение накатного инструмента по заготовке и $\Phi_s(B_3)$ – движение подачи, заключающееся в повороте оси вращения инструмента в вертикальной плоскости, а также движение установки заготовки относительно инструмента $Усм(П_4)$ (рис. 1, е). По сравнению с методом, представленным на рис. 1, б, рассматриваемый позволяет формировать пазы большей длины, при этом усилие, действующее со стороны инструмента на заготовку, меньше, поскольку меньше площадь контакта инструмента с деталью. Недостатками данного метода являются: более низкая производительность по сравнению со схемами 1 и 2; сложность реализации движения B_3 , что требует усложнения кинематики оборудования.

6. Образующая и направляющая формируются методом $(Ob - Cl)$, которому соответствует технологический метод зубочернения инструментом в виде круглого зуборезного долбяка (рис. 1, ж.). Режущий инструмент совершает поступательное движение $П_1$ и вращательное движение B_2 , согласованное с вращением заготовки B_3 . Указанные движения образуют движения формообразования: $\Phi_v(B_2, B_3)$ и $\Phi_s(П_1)$. Движение $П_4$ является установочным. Метод обеспечивает высокую производительность, позволяет управлять формой впадины паза по длине.

7. Направляющая формируется методом касания, а образующая – методом обката $(Ob - Kc)$ инструментом червячного типа (рис. 1, з.). Для реализации метода необходимы два движения формообразования $\Phi_v(B_1, B_2)$ и $\Phi_s(П_3)$, а также установочное движение $Усм(П_4)$. Его особенностями являются: высокая производительность вследствие непрерывности процесса деления; возможность управления производительностью формообразования за счет числа режущих элементов в витке при условии постоянства точности формообразования; ограниченность формы получаемых пазов в продольном направ-

лении; невозможность формирования закрытых пазов; сложность инструмента и его неуниверсальность.

8. Направляющая формируется методом обката, а образующая – методом следа (*Сл – Об*). Данная схема реализуется при обработке инструментом в виде круглого зуборезного долбяка (рис. 1, к). Для этого необходимы два движения формообразования: $\Phi_v(\Pi_1)$ – движение резания, а также $\Phi_{s1}(B_2, B_3)$ – движение подачи. При формировании глубоких пазов необходимо также движение врезания $Bp(\Pi_4)$. Метод обладает высокой производительностью, поскольку наличие обката в значительной степени сокращает вспомогательное время. К его недостаткам можно отнести невозможность формирования закрытых пазов и сложность изготовления инструмента.

9. Направляющая и образующая формируются методом следа (*Сл – Сл*). Формирование ТЗК методом двойного следа обеспечивает схема обработки резцовыми головками с использованием согласованных круговой подачи и движения врезания (рис. 1, л). Для получения пазов заданной формы необходимы движения формообразования $\Phi_v(B_1, B_2)$ и $\Phi_{s1}(B_3, \Pi_4)$. Особенности данной схемы: широкие возможности управления формой пазов в продольном и поперечном направлениях; более простая настройка инструмента по сравнению с аналогичными схемами; возможность обработки закрытых пазов.

10. Образующая генерируется методом следа, а направляющая – методом касания (*Сл – Кс*). Данный метод генерации производящих линий присущ схеме шлифования (фрезерования) впадин пазов, которая представлена на рис. 1, м, при этом формирование производящих линий осуществляется в последовательности, представленной на рис. 2. Для реализации данных методов генерации производящих линий необходимы следующие движения формообразования: $\Phi_v(B_1)$ – движение резания; быстрая подача профилирования $\Phi_{s1}(\Pi_2, \Pi_3)$; медленное перемещение заготовки или инструмента вдоль обрабатываемого паза $\Phi_{s2}(\Pi_4)$. Необходимо также движение деления $D(B_5)$, которое носит дискретный характер. Особенности данной схемы: меньшая производительность по сравнению с другими схемами получения ТЗК, что обусловлено методом генерации поверхностей и дискретным движением деления $D(B_5)$; простота конструкции и изготовления инструмента; схема не позволяет обрабатывать закрытые пазы; схема пригодна для обработки впадин пазов ТЗК, у которых длина пазов меньше их ширины.

11. Образующая и направляющая создаются соответственно методами касания и обката (*Кс – Об*). Такой метод формообразования реализуется схемой, представленной на рис. 1, о. Это профильное шлифование (фрезерование) впадин пазов с помощью дискового шлифовального круга (фрезы), основанное на трех движениях формообразования: $\Phi_v(B_1)$ – движение резания, $\Phi_{s1}(\Pi_2)$ и $\Phi_{s2}(\Pi_3, K_4)$ – движения подачи. Основные особенности схемы: невысокая

производительность в силу особенностей сочетания методов касания и обката, а также наличия при профилировании дискретного движения деления $D(B_5)$; простота изготовления инструмента по сравнению с аналогичными схемами; схема не позволяет получать закрытые пазы; сложность реализации движения подачи $\Phi_{s2}(P_3, K_4)$; схема позволяет управлять формой паза в его поперечном сечении, при этом управление его формой в продольном направлении ограничено.

12. Направляющая создается методом следа, а образующая – методом касания. Данная схема соответствует фрезерованию (шлифованию) пазов с использованием согласованных в двух направлениях подач (рис. 1, п). Последовательность выполнения производящих линий представлена на рис. 3. Данный метод получения пазов основывается на трех движениях формообразования $\Phi_v(B_1)$, $\Phi_{s1}(P_2)$, $\Phi_{s2}(P_3)$. Этой схеме присущи: невысокая производительность формообразования из-за большого числа циклов относительных перемещений и дискретности движения деления $D(B_5)$; простота конструкции и изготовления инструмента; нельзя обрабатывать некоторые формы закрытых пазов.

13. Образующая и направляющая формируются методом двойного касания ($Kc - Kc$). Данному методу получения пазов на торцах соответствует фрезерование пальцевой фрезой (шлифование головками) пазов с использованием согласованных в трех направлениях подач (рис. 1, р). Каждая из криволинейных производящих линий образуется двумя движениями Φ_v и Φ_{s1} или Φ_{s2} . Для осуществления этого метода теоретически требуется иметь четыре движения формообразования, но так как в этих случаях движение резания Φ_v участвует в создании обеих линий, то практически необходимы три движения. Данный метод включает три движения формообразования $\Phi_v(B_1)$ – движение резания, $\Phi_{s1}(P_2, P_3)$ и $\Phi_{s2}(P_3, P_4)$ – движения подач. Основные особенности данного метода: высокая универсальность, которая обусловлена возможностью управления формой поверхностей пазов при обработке; схема позволяет обрабатывать как открытые, так и закрытые пазы; низкая производительность получения заданных поверхностей, обусловленная многоцикловым характером обработки.

Другие методы образования пазов на торцах ТЗК ($Ob - Kn$, $Sl - Kn$, $Kc - Kn$, рис. 1, д, и, н) практически не осуществимы, так как скорость генерации образующей производящей линии в этих схемах меньше, чем направляющей.

Таким образом, формообразование ТЗК возможно множеством представленных методов и схем обработки, что, с учетом установленных их достоинств и недостатков и исходя из требований к универсальности и производительности, позволяет выбрать рациональные схемы или их сочетания для эффектив-

ного использования и модернизации имеющегося, а также проектирования нового станочного оборудования.

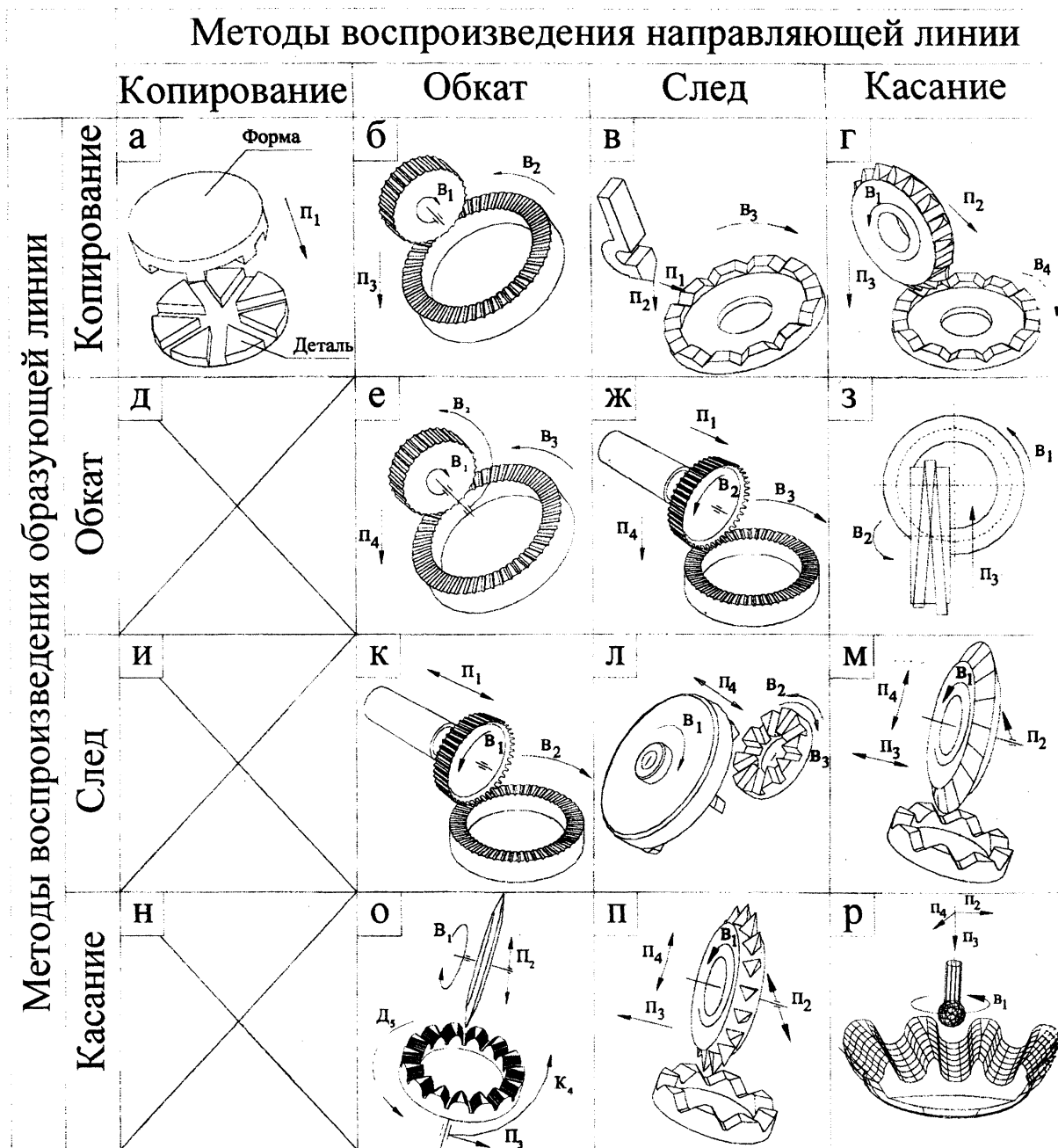


Рис. 1. Методы геометрического образования поверхностей торцовых зубчатых контуров

ЛИТЕРАТУРА

1. Кинематическая структура металлорежущих станков. Федотенко А.А. – М.: Машиностроение, 1970. – 403 с.