

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25>**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАЗУЮЩИХ ПРЯМЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИНТОВОЙ СТРУЖЕЧНОЙ КАНАВКИ МЕТЧИКА**

Научная статья

Нещадим С.В.^{1,*}¹ ORCID : 0009-0009-0800-7841;¹ Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (serg8122000[at]yandex.ru)

Аннотация

В работе был проведён анализ статей, посвящённых способам моделирования винтовых стружечных канавок осевых инструментов. Описана методика получения поверхности винтовых стружечных канавок при помощи образующих прямых. Представлено моделирование профиля винтовой канавки метчика путём задания образующих линий, которые создают поверхность канавки при их движении вдоль спирали. Были исследованы несколько вариантов форм и расположения образующих линий, получены величины отклонений полученной передней поверхности для метчика М30 ГОСТ 17933-72. Выявлено, что для заданной в ГОСТе формы стружечной канавки невозможно подобрать такие форму и расположение образующих, которые обеспечивали бы необходимый профиль.

Ключевые слова: моделирование, винтовая стружечная канавка, осевой режущий инструмент, метчик.

USE OF THE METHOD OF FORMING LINES FOR THE DESIGN OF THE SPIRAL LEAD OF A SCREWING TAP

Research article

Neshchadim S.V.^{1,*}¹ ORCID : 0009-0009-0800-7841;¹ Bauman Moscow state technical university, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (serg8122000[at]yandex.ru)

Abstract

The article analyses articles on methods of modelling spiral leads in axial tools. The technique of obtaining the surface of spiral leads by means of forming lines is described. Modelling of the profile of a spiral lead of a screwing tap by specifying the forming lines which create the surface of the groove as they move along the spiral is presented. Several variants of forms and arrangement of forming lines have been studied, the values of deviations of the obtained front surface for the tap M30 GOST 17933-72 have been obtained. It was found that for the given in GOST form of spiral lead it is impossible to select such a form and location of the forming lines, which would provide the necessary profile.

Keywords: modelling, spiral lead, axial cutting tool, screwing tap.

Введение

Метод задания винтовой канавки путём сдвига направляющей вдоль спирали позволяет математически точно моделировать получаемую канавку инструмента и инструмент второго порядка для неё, а также получать необходимый профиль инструмента второго порядка. Данный способ используется в [1] для получения стружечной канавки сверла. Многие работы в этой области можно разделить на 2 подхода: построение канавки, исходя из профиля инструмента, а также получение требуемого профиля инструмента при заданной форме канавки.

В работе [2] демонстрируется получение канавки шлифовальным кругом прямого профиля. В работе [3] дополнительно рассматривается вариант круга с округлением части профиля, отвечающего за исполнение передней поверхности инструмента. В [4] проводится аналогичное исследование, но уже для канавки, полученной дисковой фасонной фрезой, а в [5] – стандартной концевой фрезой. В статье [6], [7], [8] исследовались компьютерные технологии, применяемые для формообразования поверхностей деталей.

В работах [9], [10] решалась прямая задача профилирования, то есть нахождение требуемой формы инструмента для получения заданной винтовой канавки.

Во всех представленных работах исследовалось получение канавок спиральных свёрл и фрез, которые не имеют больших перепадов кривизны, и поэтому хорошо описываются методом задания канавки образующими прямыми. Целью данного исследования было определение возможности применения данного метода для проектирования инструментов с усложнённой формой канавки, в частности, для спиральных метчиков.

Объект исследования

В качестве исследуемого объекта выбрана канавка метчика М30, профиль стружечной канавки в торцевом сечении по ГОСТ 17933-72 представлен на рисунке 1, а его размеры – в таблице 1

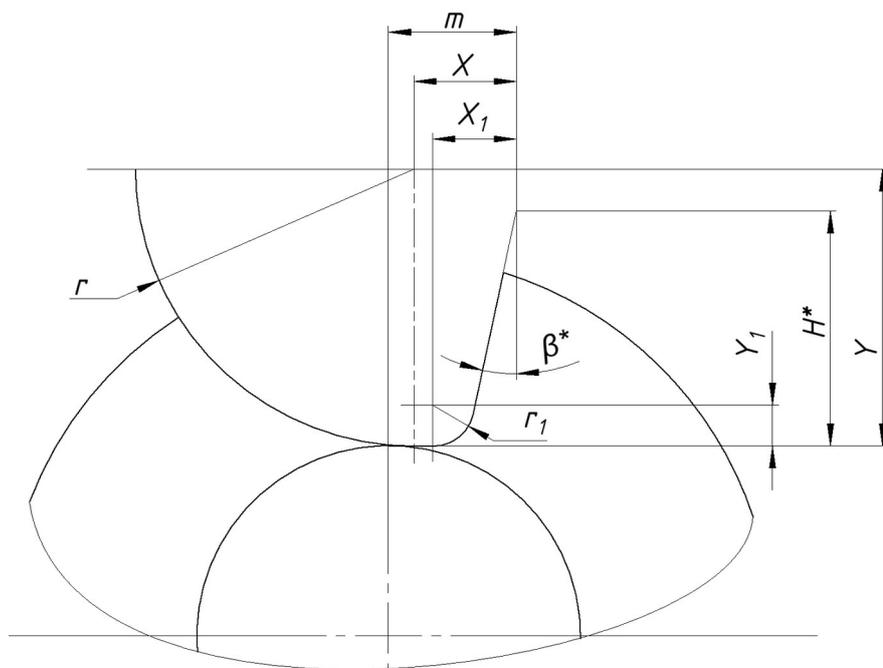


Рисунок 1 - Профиль стружечной канавки в торцевом сечении
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.1>

Таблица 1 - Размеры стружечной канавки
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.2>

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Диаметр сердцевин, мм	Y, мм	Y ₁ , мм	X, мм	X ₁ , мм	r, мм	r ₁ , мм	H, мм	, °	m, мм	Число зубьев в z
30	15	10,9	1,6	3,05	2,8	10,9	1,6	7,1	12	1,41	4

Стоит заметить, что при таком построении канавки передний угол не будет соответствовать требуемому, поэтому было принято решение построить профиль таким образом, чтобы в нормальном сечении передний угол равнялся 10 градусам, чему соответствует передний угол 8,7 градусов в осевом сечении.

Построение профиля канавки

Методика построения канавки подробно описана в статье [1], задание винтовой поверхности осевого инструмента двумя образующими прямыми представлена на рисунке 2. Образующие a_0K_0 и b_0K_0 , наклонённые на углы φ_a и φ_b соответственно, лежат в плоскости M, которая перекачивается по опорному цилиндру сердцевин инструмента (d_c) по спирали с углом наклона ω , которая в данном случае получается вращением плоскости вокруг оси Z (движение v) и одновременным движением вдоль оси Z (движение P). След от движения этих образующих создаёт форму винтовой стружечной канавки инструмента.

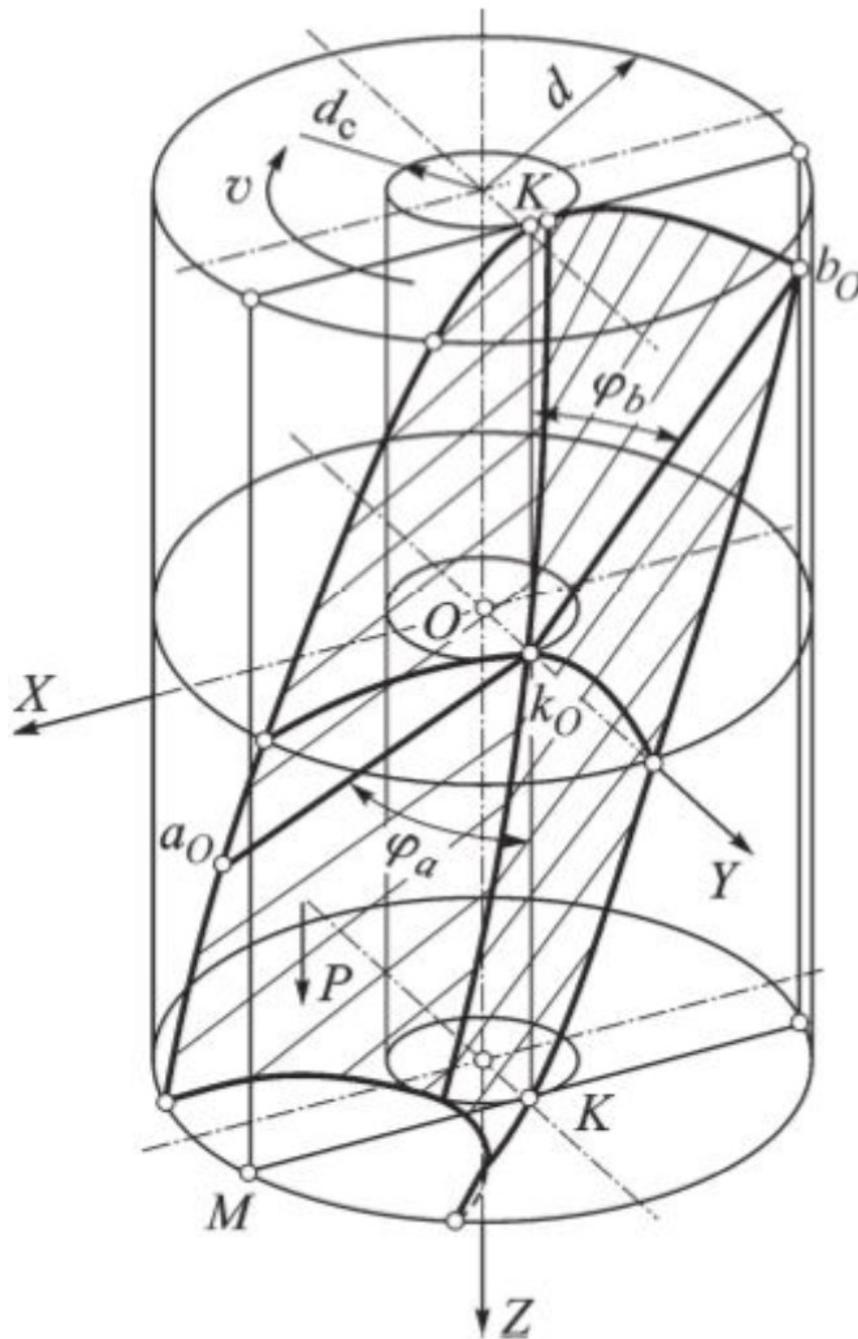


Рисунок 2 - Задание винтовой поверхности канавки
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.3>

Из-за сложной геометрии профиля винтовой канавки метчика данная схема не обеспечивает требуемую форму и передний угол, поэтому были предприняты модификации данной схемы, представленные на рисунке 3, а именно:

1. Излом плоскости M , в которой строятся образующие прямые, путём ввода наклона плоскости спинки зуба и передней поверхности за счёт углов ψ_a и ψ_b соответственно.
2. Замена образующей, ответственной за переднюю поверхность, дугой окружности радиусом R_b .

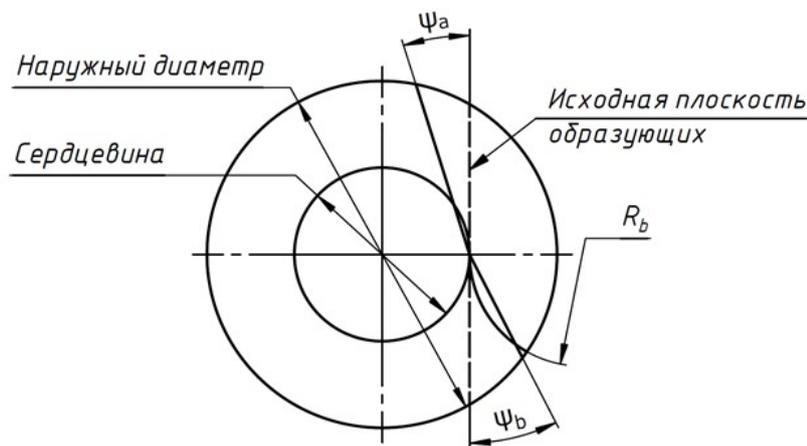


Рисунок 3 - Модификации схемы построения образующих винтовой поверхности

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.4>

Критерием удовлетворительности полученной формы канавки была назначена погрешность получаемого профиля равная 0,05 мм, что примерно соответствует припуску на шлифование передней поверхности метчика. Моделирование производилось в программе Autodesk Inventor 2023.

Создание излома в плоскости построения образующих

Первый вариант изменения методики построения профиля канавки заключается в разделении плоскости, в которой строятся образующие, на две, варьируя при этом угол между новыми плоскостями и изначальной.

Благодаря углу ψ_a получение требуемой спинки зуба обеспечивается при любых значениях ψ_b и ψ_b . Используя только излом плоскости образующих при значениях $\alpha=48^\circ$, $\beta=20,8^\circ$, $\psi_a=19^\circ$, $\psi_b=81,1^\circ$ была достигнута погрешность относительно требуемого профиля 0,5 мм. Стоит отметить, что при разломе плоскости и наклоне под углом против часовой стрелки, образующая начинает пересекать сердцевину, а не касаться её, поэтому опорный цилиндр сердцевины был увеличен таким образом, чтобы сердцевина полученной канавки приходила к требуемому значению. Полученный профиль канавки представлен на рисунке 4.

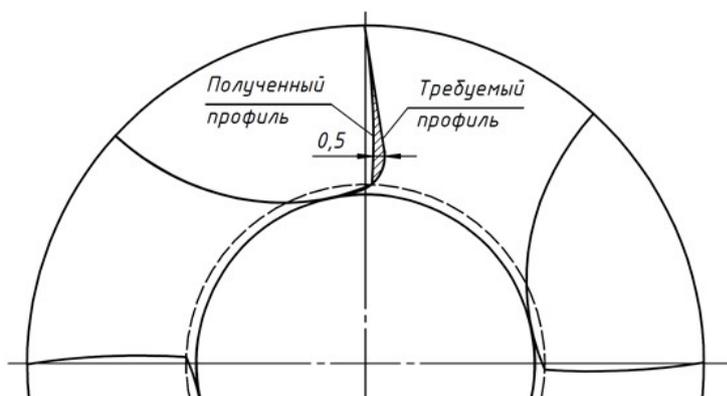


Рисунок 4 - Профиль винтовой канавки, полученный путём разлома плоскости образующих

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.5>

Создание дугообразной образующей, отвечающей за переднюю поверхность

Главная проблема при профилировании канавки метчика – резко изменяющаяся кривизна профиля канавки в той половине зуба, где располагается передняя поверхность и радиус округления дна канавки. Решить её можно путём замены образующей в торцевом сечении дугой окружности, касательной прямолинейной образующей, создающей спинку зуба. Это позволит избежать излома на дне канавки, сохранив плавный переход половин профиля. Также образующую спинки зуба следует наклонить таким же образом, как это описывалось в предыдущем пункте, для большей гибкости настройки профиля получаемой канавки.

При таком способе построения образующей существует 2 разных сценария:

1. Центр дуги лежит за пределами внешнего диаметра метчика, в этом случае при изменении радиуса незначительно меняется кривизна получаемой канавки, что не помогает канавке приблизиться к требуемому профилю.

2. Центр дуги лежит внутри канавки, в таком случае на передней поверхности получаемого профиля образуется точка перегиба, благодаря которой искривлённую получаемую переднюю поверхность возможно будет приблизить к требуемой форме.

На рисунке 5 представлен профиль канавки, полученный при следующих значениях: $\varphi_a=48^\circ$, $\varphi_b=25^\circ$, $\psi_a=20,8^\circ$, $R_b=4,7$ мм, при которых получено минимальное значение погрешности 0,15 мм.



Рисунок 5 - Профиль винтовой канавки, полученный путём замены образующей на дугу
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.25.6>

Таким образом, можно сделать вывод, что заменой образующей, отвечающей за переднюю поверхность, на дугу окружности, можно ближе всего приблизиться к требуемому профилю канавки в сравнении с вышеописанными методами, однако присутствующая погрешность формы передней поверхности всё ещё превышает принятые за максимум критерии. Также применение дуг окружности усложнит процесс математического описания профиля канавки.

Заключение

1. Метод задания профиля канавки образующими прямыми, лежащими в касательной к опорному цилиндру сердцевинки метчика, не может быть использован из-за значительного отклонения профиля получаемой канавки.

2. Создание излома на касательной плоскости и разнесение образующих линий в две наклонные под своими углами плоскости позволяет получить требуемую форму спинки зуба, а также создать более близкую по форме переднюю поверхность инструмента. Однако в таком случае на дне канавки получается излом, который нужно дополнительно скруглять, а также остаётся недорезанный материал в области радиуса скругления дна канавки.

3. Замена образующей, отвечающей за переднюю поверхность, на дугу окружности позволяет точнее приблизиться к требуемому профилю канавки, но всё же не даёт достаточной точности исполнения передней поверхности, а также усложняет математическое моделирование профиля канавки.

4. Общие наблюдения, проведённые по ходу работы:

а. Наклон образующей, отвечающей за спинку зуба, позволяет при любой конфигурации остальных параметров получить требуемый профиль спинки зуба.

б. Параметр $\varphi_b=20..25^\circ$ обеспечивает заданное значение переднего угла.

Исходя из вышеперечисленного, следует, что применять данный метод для описания канавки не рекомендуется из-за специфики формы канавки метчиков.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Малевский Н. П. Профилирование стружечных канавок спиральных свёрл и определение профиля их нормального сечения / Н. П. Малевский, Б. Д. Даниленко, В. С. Булошников // Главный механик. — 2015. — 5-6. — с. 36-40.

2. Хисамутдинов Р. М. Программа построения профиля стружечных канавок концевой инструмента / Р. М. Хисамутдинов, А. И. Фасхутдинов // Известия высших учебных заведений.. — 2010. — 1. — с. 54-56.

3. Гречишников В. А. Определение профиля обрабатываемой винтовой поверхности при заданном профиле инструмента / В. А. Гречишников, Б. Е. Седов, В. Б. Романов // Известия ТулГУ. Технические науки. — 2013. — 8. — с. 154-163.

4. Петухов Ю. Е. Исследование влияния параметров установки на профиль инструмента второго порядка. Материалы всероссийской научно-образовательной конференции «Машиностроение – традиции и инновации» (МТИ-2011) / Ю. Е. Петухов, А. П. Бега // МГТУ «СТАНКИН». — 2011. — 1. — с. 106-109.

5. Петухов Ю. Е. Способ формообразования фасонной винтовой поверхности стандартным инструментом прямого профиля / Ю. Е. Петухов, П. В. Домнин // Вестник МГТУ "Станкин". — 2011. — 3. — с. 102-106.
6. Ляшков А. А. Компьютерные технологии при формообразовании поверхностей детали / А. А. Ляшков // Омский научный вестник. — 2011. — 3. — с. 10-13.
7. Мальков О. В. Профилирование стружечных канавок резбовых фрез / О. В. Мальков, И. А. Павлюченков, В. Н. Козяр // Известия вузов. Машиностроение. — 2018. — 3 (696). — с. 3-13.
8. Мальков О. В. Определение профиля передней поверхности в торцевом сечении зубьев резбовых фрез с винтовыми стружечными канавками / О. В. Мальков // Машиностроение и компьютерные технологии. — 2014. — 10. — с. 44-59.
9. Панчук К. Л. Компьютерное графическое профилирование дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей / К. Л. Панчук, В. Ю. Полшков, И. В. Бутко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2011. — 3. — с. 69-74.
10. Панчук К. Л. Профилирование дискового инструмента для обработки винтовых канавок детали / К. Л. Панчук, Ю. Н. Вивденко, А. В. Климов // Омский научный вестник. — 2008. — 1. — с. 35-40.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Malevskij N. P. Profilirovanie struzhechnyh kanavok spiral'nyh sverl i opredelenie profilja ih normal'nogo sechenija [Profiling Of Shaving Grooves On The Bores And Defining Profile Of Bore Normal Cross-Section] / N. P. Malevskij, B. D. Danilenko, V. S. Buloshnikov // Chief mechanical engineer. — 2015. — 5-6. — p. 36-40. [in Russian]
2. Hisamutdinov R. M. Programma postroenija profilja struzhechnyh kanavok kontsevoogo instrumenta [The program of profiling helical grooves of end cutting tools] / R. M. Hisamutdinov, A. I. Fashutdinov // News of higher educational institutions.. — 2010. — 1. — p. 54-56. [in Russian]
3. Grechishnikov V. A. Opredelenie profilja obrabatyvaemoj vintovoj poverhnosti pri zadannom profile instrumenta [Determination of the profile of the machined screw surface for a given tool profile] / V. A. Grechishnikov, B. E. Sedov, V. B. Romanov // News of Tula State University. Technical science. — 2013. — 8. — p. 154-163. [in Russian]
4. Petuhov Ju. E. Issledovanie vlijanija parametrov ustanovki na profil' instrumenta vtorogo porjadka. Materialy vserossijskoj nauchno-obrazovatel'noj konferentsii «Mashinostroenie – traditsii i innovatsii» (MTI-2011) [Study of the influence of installation parameters on the second-order tool profile. Materials of the All-Russian scientific and educational conference "Mechanical Engineering – Traditions and Innovations" (MIT-2011)] / Ju. E. Petuhov, A. P. Bega // MSTU "STANKIN". — 2011. — 1. — p. 106-109. [in Russian]
5. Petuhov Ju. E. Sposob formoobrazovaniya fasonnoj vintovoj poverhnosti standartnym instrumentom prjamogo profilja [Method for shaping a shaped helical surface using a standard straight profile tool] / Ju. E. Petuhov, P. V. Domnin // Bulletin of MSTU "Stankin". — 2011. — 3. — p. 102-106. [in Russian]
6. Ljashkov A. A. Komp'yuternye tehnologii pri formoobrazovanii poverhnostej detali [Computer technologies in the shaping of part surfaces] / A. A. Ljashkov // Omsk Scientific Bulletin. — 2011. — 3. — p. 10-13. [in Russian]
7. Mal'kov O. V. Profilirovanie struzhechnyh kanavok rez'bovyh frez [Profiling the flutes in thread-milling cutters] / O. V. Mal'kov, I. A. Pavljuchenkov, V. N. Kozjar // News from universities. Mechanical engineering. — 2018. — 3 (696). — p. 3-13. [in Russian]
8. Mal'kov O. V. Opredelenie profilja perednej poverhnosti v tortsevom sechenii zub'ev rez'bovyh frez s vintovymi struzhechnymi kanavkami [Definition of the Face Profile in the End Section of the Teeth of the Thread Milling Cutters with Helical Flutes] / O. V. Mal'kov // Mechanical engineering and computer technology. — 2014. — 10. — p. 44-59. [in Russian]
9. Panchuk K. L. Komp'yuternoe graficheskoe profilirovanie diskovogo instrumenta dlja obrabotki vintovyh poverhnostej [Computer graphic profiling of disk tools for processing screw surfaces] / K. L. Panchuk, V. Ju. Polshkov, I. V. Butko // Bulletin of Kuzbass State Technical University. — 2011. — 3. — p. 69-74. [in Russian]
10. Panchuk K. L. Profilirovanie diskovogo instrumenta dlja obrabotki vintovyh kanavok detali [Profiling a disk tool for processing helical grooves of a part] / K. L. Panchuk, Ju. N. Vivdenko, A. V. Klimov // Omsk Scientific Bulletin. — 2008. — 1. — p. 35-40. [in Russian]