

DOI: 10.15593/2224-9877/2018.1.11

УДК 621.914.6

В.К. Перевозников

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ, ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛАВНЫМ ПОДНУТРЕННЫМ ПРОФИЛЕМ

Изделия с винтовыми поверхностями получили широкое распространение в автомобилестроении, станкостроении, инструментальном производстве. Обработка винтовых поверхностей, в том числе и винтовых стружечных канавок режущих инструментов, является сложной аналитической задачей в области проектирования режущего инструмента.

В связи с повышением требований к качеству металлорежущих инструментов, обрабатывающих винтовые поверхности, определение параметров установки дисковых инструментов для обработки винтовых поверхностей является одним из главных и сложных вопросов в инструментальном производстве.

Это обстоятельство объясняется тем, что профиль винтовой поверхности не совпадает с профилем инструмента и исходные данные на чертеже изделия зачастую задаются в разных сечениях и разными параметрами, т.е. без учета необходимости решения задач по выбору параметров установки: a_w – межосевого расстояния детали и дискового инструмента; ε – угла скрещивания между положительным направлением оси детали и отрицательным направлением оси инструмента (межосевой угол) и ψ – угла поворота торцового профиля детали относительно линии межосевого перпендикуляра.

Предложен метод блокирующих линий, позволяющий точно, без переходных кривых и подрезов в зоне касания профиля винтовой поверхности с инструментом второго порядка, находить оптимальные параметры установки дисковых инструментов.

Проведен анализ формы графиков блокирующих линий при нахождении параметров установки дисковых инструментов, обрабатывающих винтовые поверхности с плавным поднутренным профилем.

Представлены результаты исследований, которые показывают влияние угла наклона винтовой поверхности на форму блокирующих линий и ограничений на выбор параметров установки.

Установлено, что с изменением угла наклона винтовой поверхности изменяются параметры установки инструментов. С увеличением угла ω параметр ψ увеличивается, а параметр ε уменьшается. Наиболее оптимальные параметры установки можно достичь лишь при углах ω в пределах от 10° до 60° . В этих пределах достигается примерное равенство углов τ в узловых точках профиля винтовой поверхности.

Ключевые слова: винтовая поверхность, параметры винтовых поверхностей, параметры установки, блокирующие линии, угол наклона, угол профиля, угол скрещивания осей, угол поворота профиля, межосевое расстояние, дисковый инструмент.

V.K. Perevoznikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

EFFECT OF THE SCREW SURFACE INCLINATION ANGLE CHOICE OF DISK TOOLS SET PARAMETERS IN PROCESSING A SMOOTH HELICAL SURFACES WITH UNDERCUT PROFILE

Products with helical surfaces are widely used in the automobile industry, machine tool manufacturing and tool industry. The helical surface machining, including spiraled flute of cutting tool, is a difficult analytical task in the cutting tool design.

In connection with severization of requirements to metal-cutting tools quality, machining helical surface, the learn of disk tools installation options for machining helical surfaces is one of the most important and complicated problem in tool industry.

This circumstance is explained by the fact that the profile of the helical surface does not match the profile of the tool, and the source data from the detail drawing is often defined in different cross-sections and different parameters: without taking into account the need to solve the problems of installation options choice: a_w – the centre distance of detail and disk tool; ε – the angle of crossing between the positive direction of the part axis and the negative direction of the tool axis (axial angle) and ψ – the rotation the end profile part relating to the line of the centre distance perpendicular.

The method of blocking lines is proposed. It lets find the optimum parameters of the installation disk tools right without connecting curves and undercuts in the touch area of the helical surface profile with the tool of the second order.

The analysis of blocking lines graphic forms depending on disk tools installation options, machining helical surfaces with a smooth undercut profile, is done.

Research results that show the influence of the lean angle of helical surface to blocking lines form and installation options limits are given.

It is found that with changing the lean angle of helical surfaces the installation settings tools also change. With the angle increase ω – the setting ψ is growing, but the setting ε is reduced. The most optimal installation settings can be achieved only if the angle ω is in the range of 10° to 60° . Within these limits the approximate equality of angles τ in the nodal points of helical surface profile is achieved.

Keywords: helical surface, the helical surfaces settings, installation settings, blocking lines, lean angle, profile angle, the angle of crossing of axes, rotation profile, centre distance, disk tool.

Метод блокирующих линий для нахождения параметров установки дисковых инструментов (ДИ) при формообразовании винтовых поверхностей (ВП) является универсальным, пригоден для любого профиля ВП, позволяет отыскать оптимальные параметры установки дисковых инструментов для их обработки [1–3].

Для расширения технологических возможностей профилирования дисковых инструментов при формообразовании ВП необходимо выявить и проанализировать влияние основных конструктивных элементов этих поверхностей на форму блокирующих линий и ограничений параметров установки, которые обеспечивали бы их полную обработку без подрезов, недорезов и образования переходных кривых.

За основу был принят вариант ВП канавки с базовыми конструктивными размерами (рис. 1): наружный диаметр $D = 50$ мм; передний угол фрезы в торцовом сечении $\gamma = 15^\circ$; радиус дна канавки $\rho_1 = 5,2$ мм; число зубьев $Z = 8$; глубина канавки $h = 8$ мм; величина фаски $f = 1$ мм; задний угол в точке C в торцовом сечении $\alpha = 15^\circ$; винтовой параметр $P = 25$, угол наклона винтовой поверхности $\omega = 45^\circ$. При этом диаметр инструмента и межосевое расстояние соответственно были приняты следующими: $d_{ao} = 55,0$ мм, $a_w = 48,5$ мм [4, 5].

На рис. 2 представлены графики блокирующих линий для базового варианта с углом $\omega = 45^\circ$.

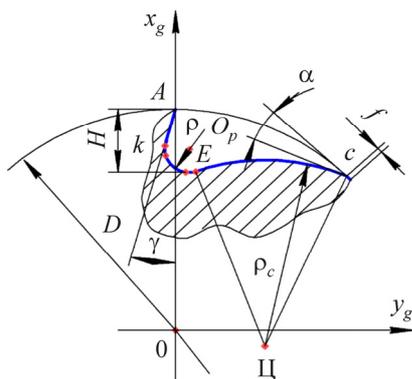


Рис. 1. Профиль винтовой поверхности с плавным поднутренным профилем

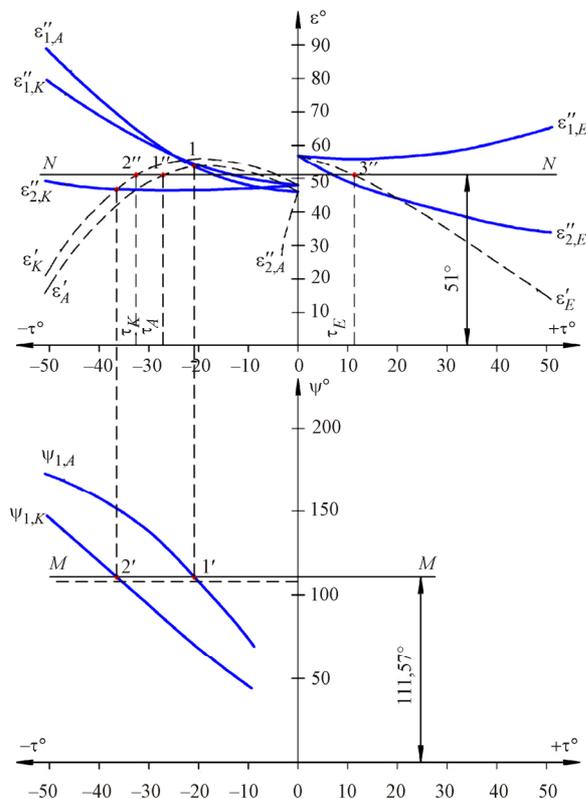


Рис. 2. Блокирующие линии для поиска параметров установки ДИ при угле $\omega = 45^\circ$

Постановка задачи

Проведя анализ формы графиков блокирующих линий (см. рис. 2) и ограничений на выбор параметров установки, можно заметить, что области между линиями $\varepsilon''_{1,K}$ и $\varepsilon''_{2,K}$, $\varepsilon''_{1,E}$ и $\varepsilon''_{2,E}$ для точек K и E недостаточно широкие, параметры установки находятся в более узких пределах и это создает трудности при выборе их оптимальных значений. Область между линиями $\varepsilon''_{1,A}$ и $\varepsilon''_{2,A}$ для точки A имеет достаточные размеры, параметры ψ и ε могут изменяться в широких пределах (см. рис. 2), и поиск их оптимальных значений представляет меньше трудностей.

Следует предположить, что мнимое значение ε''_2 для точки A получается в том случае, если радиус кривизны в рассматриваемой точке $\rho = \infty$ (в расчетах принимаем $\rho = 10^5$), поэтому ограничения по второму условию формообразования отсутствуют.

Параметры ψ и ε имеют далеко не оптимальное значение, в особенности для точки E (угол профиля по отношению к линии межосевого расстояния сопряженных поверхностей детали и ДИ $\tau_E = 12^\circ$). Для увеличения параметра ε_E необходимо уменьшить угол τ_A и, соответственно, угол τ_K , что нежелательно, так как это вызовет уменьшение параметра ψ . Следовательно, для того чтобы добиться оптимальных параметров ψ и ε , необходимо изменять другой параметр установки, а именно межосевое расстояние a_w , которое зависит от диаметра дискового инструмента d_{ao} .

Установлено, что изменение диаметра дискового инструмента приводит к расширению области между блокирующими линиями. Увеличение диаметра дискового инструмента приводит к увеличению угла ψ и не оказывает существенного влияния на угол ε , а уменьшение диаметра инструмента приводит к расширению области между блокирующими линиями, что способствует более широкому выбору параметра ε .

Таким образом, для поиска оптимальных значений параметров установки необходимо проведение исследований конструктивных параметров винтовой поверхности [6, 7]. Основным параметром винтовой поверхности является угол наклона ω винтовой канавки относительно оси. Через угол ω можно определить винтовой параметр канавки по формуле

$$P = \frac{r}{\operatorname{tg} \omega},$$

где r – наружный радиус винтовой канавки, равный $D/2$, мм [8, 9, 10].

Исследования

При проведении исследований влияния угла наклона ω винтовой поверхности на форму блокирующих линий и ограничений на выбор параметров установки (ПУ) были приняты следующие значения угла ω : 5° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° .

На рис. 3–5 представлены графики блокирующих линий при формообразовании винтовой поверхности с базовыми конструктивными параметрами (см. рис. 1) для углов ω , соответственно равных 10° , 30° и 60° .

После проведения анализа графиков блокирующих линий получим следующие значения параметров установки $\varepsilon = 81^\circ$, $\psi = 34^\circ$ (см. рис. 3); $\varepsilon = 64^\circ$, $\psi = 65,7^\circ$ (см. рис. 4); $\varepsilon = 32,5^\circ$, $\psi = 178,9^\circ$ (см. рис. 5).

Анализируя форму графиков блокирующих линий и ограничений на выбор параметров установки, можно заметить, что при малых углах ω диапазон действительных значений ε'' находится в более узких пределах и это создает трудности при выборе оптимальных значений параметров установки.

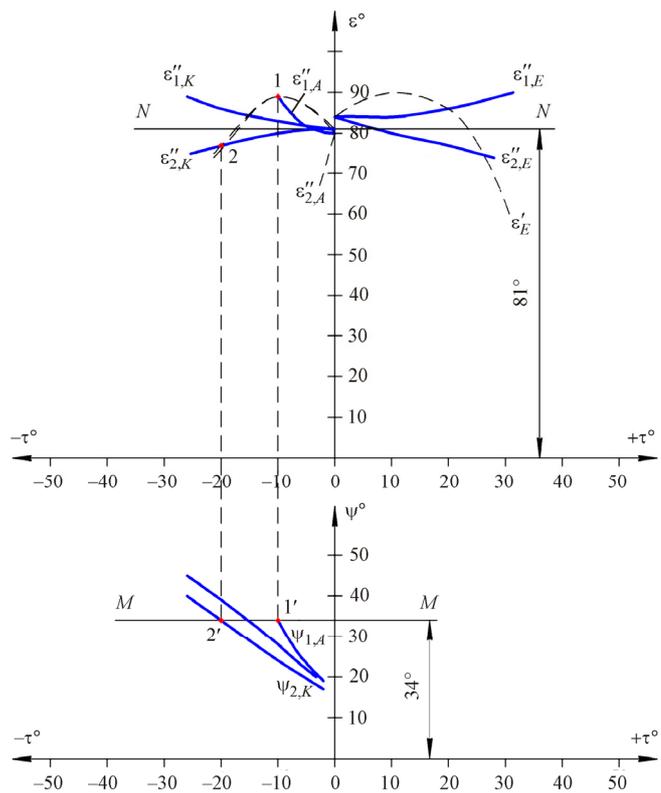


Рис. 3. Блокирующие линии для поиска ПУ при $\omega = 10^\circ$

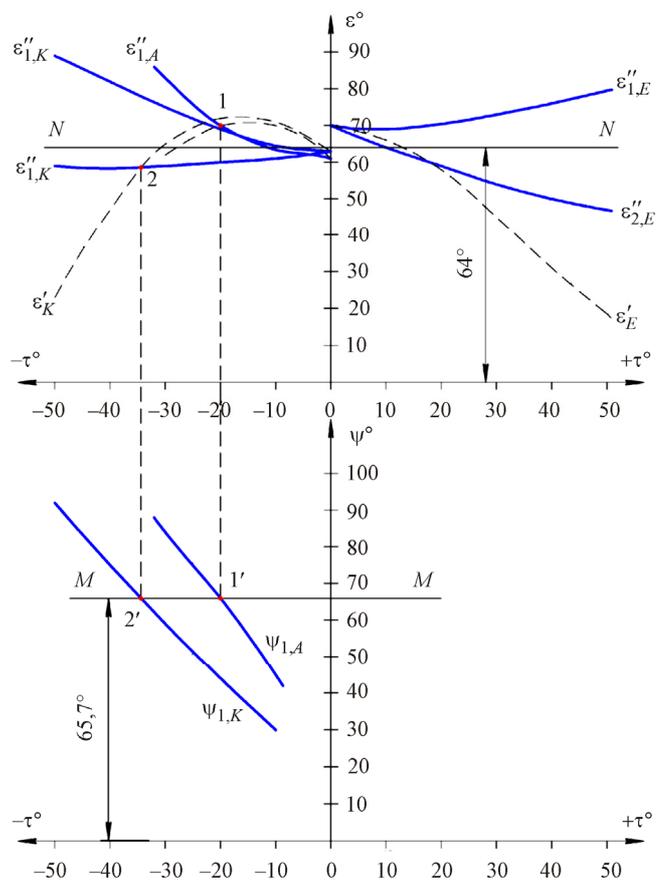


Рис. 4. Блокирующие линии для поиска ПУ при $\omega = 30^\circ$

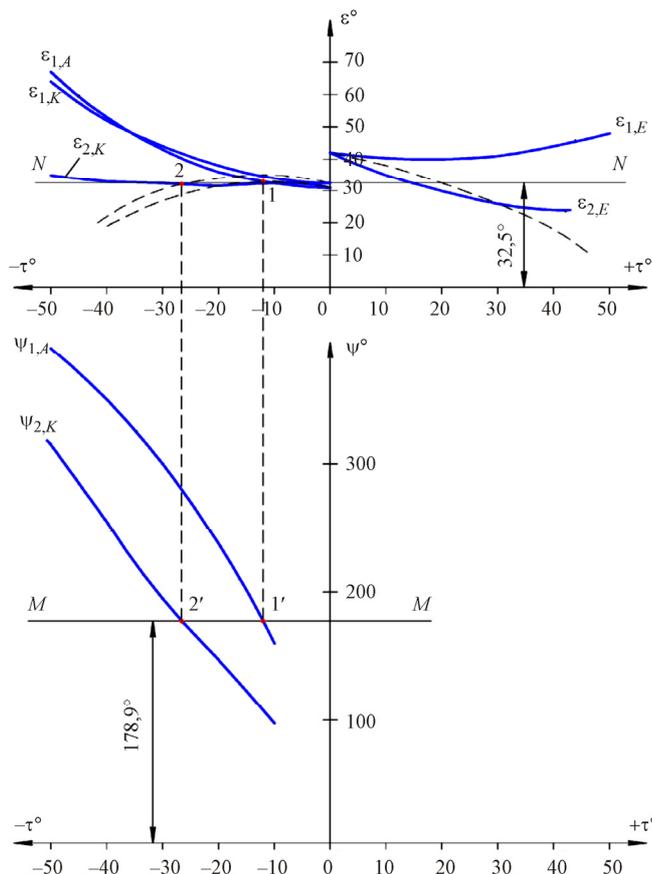


Рис. 5. Блокирующие линии для поиска ПУ при $\omega = 60^\circ$

Так, при угле $\omega = 10^\circ$ (см. рис. 3) для точек A и K верхняя граница графиков $\varepsilon''_{1,A}$, $\varepsilon''_{1,K}$, $\varepsilon''_{1,E}$ соответствует следующему значению углов τ : 10° , 26° , 28° . При угле $\omega = 5^\circ$ аналогичные значения τ составляют 4° , 16° , 16° . Это приводит к затруднению выбора параметров ε и ψ и значительному уменьшению углов $|\tau_A|, |\tau_K|$. Кроме того, меняется характер линий ε''_2 для точек K и E , так как значения ε''_2 в этих точках при увеличении угла τ снижаются более интенсивно, чем аналогичные значения при $\omega = 45^\circ$. И наоборот, значения ε''_1 в точке A при малых углах τ возрастают более интенсивно, чем при больших.

При больших углах ω наблюдается обратная картина. Так, при угле $\omega = 60^\circ$ (см. рис. 5) значения ε''_1 в точке A при увеличении углов τ возрастают медленнее, чем при $\omega = 45^\circ$, и находятся в большем диапазоне углов τ , чем при $\omega = 10^\circ$. Значения ε''_2 в точке K также уменьшаются при изменении τ от 0° до 20° , а далее увеличиваются. Область между линиями $\varepsilon''_{1,E}$ и $\varepsilon''_{2,E}$ заметно сужается. Это приводит к тому, что параметр ε при $\omega = 60^\circ$ находится в более узких пределах.

На рис. 6 представлена зависимость параметров установки ε и ψ от угла наклона ω винтовой поверхности с плавным поднутренным профилем.

Из графика следует, что при возрастании угла ω от 5° до 60° параметр ψ увеличивается, а параметр ε уменьшается. Это объясняется тем, что с увеличением ω уменьшается винтовой параметр P , так как они связаны формулой $P = r / \text{tg } \omega$, а следовательно, согласно зависимостям [2]

$$\varepsilon''_{1,2} = \arctg \left(G \pm \sqrt{G^2 - E} \right),$$

$$\psi^{\text{II}} = \frac{n_2 \cos \tau - n_1}{\sin \tau} - \tau + n_3$$

уменьшаются значения $\varepsilon''_{1,2}$ при уменьшении τ в узловых точках, что приводит к уменьшению параметра ε и, соответственно, к увеличению ψ .

Однако незначительное уменьшение параметра ε приводит к резкому увеличению параметра ψ , особенно это происходит при больших значениях угла ω .

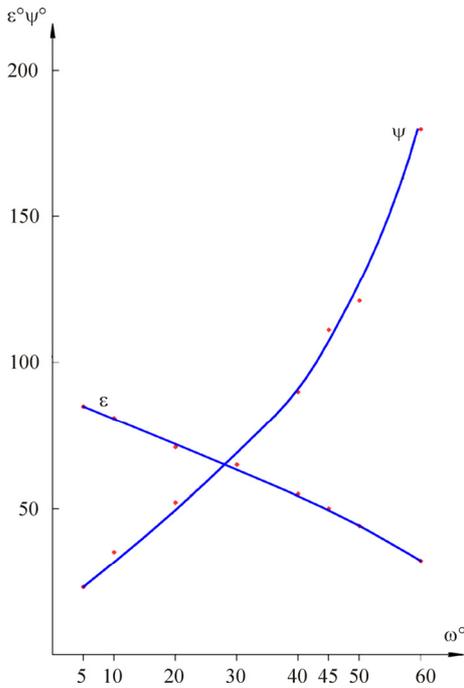


Рис. 6. Зависимость параметров установки ε и ψ от угла наклона ω

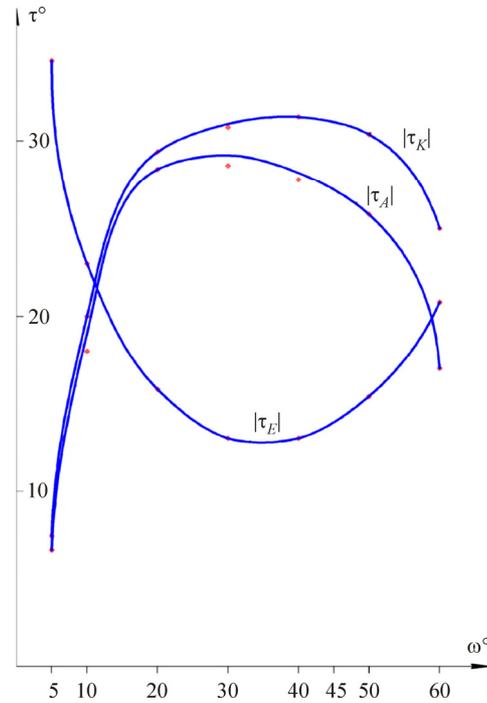


Рис. 7. Зависимость углов $|\tau_A|$, $|\tau_K|$, $|\tau_E|$ от угла наклона ω

На рис. 7 представлена зависимость углов $|\tau_A|$, $|\tau_K|$, $|\tau_E|$ в узловых точках от угла наклона ω . Изменение углов $|\tau_A|$, $|\tau_K|$, $|\tau_E|$ от угла ω носит достаточно сложный характер, так как угол ω оказывает влияние не только на параметры установки ε и ψ , но и на значения параметра ε' в точках A , K , E . Как следует из рис. 7, наиболее оптимальных параметров установки можно достичь лишь при углах ω , значения которых в пределах $10^\circ < \omega < 15^\circ$ и $55^\circ < \omega < 60^\circ$. В этих пределах достигается примерное равенство углов τ в точках A , K , E . Однако следует учитывать, что при больших углах ω параметры установки находятся в очень узких границах.

Заключение

1. Проведенные исследования показали, что угол наклона винтовой поверхности ω оказывает значительное влияние на форму блокирующих линий и ограничений на выбор параметров установки дисковых инструментов, обрабатывающих винтовые поверхности. При изменении угла ω возникают затруднения при выборе оптимальных параметров установки ψ и ε из-за слишком узких границ их существования.

2. Установлено, что при возрастании угла наклона винтовой поверхности ω параметр установки ψ увеличивается, а параметр ε уменьшается, при этом незначительное уменьшение параметра установки ε приводит к резкому увеличению параметра ψ , особенно это происходит при больших значениях угла наклона ω .

3. Изменение углов профиля τ в узловых точках профиля носит достаточно сложный характер. Наиболее оптимальные значения параметров установки и примерное равенство углов τ в узловых точках профиля можно достичь лишь при углах ω в пределах $10^\circ < \omega < 15^\circ$ и $55^\circ < \omega < 60^\circ$.

Список литературы

1. Иванов В.А., Перевозников В.К. Метод блокирующих линий при формообразовании сложно-профильных винтовых поверхностей дисковым инструментом // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – Ижевск: Изд-во Ижев. гос. техн. ун-та, 2013. – № 3(59). – С. 28–32.
2. Перевозников В.К., Иванов В.А., Коротаев Ю.А. Оптимизация параметров установки инструментов, обрабатывающих винтовые стружечные канавки. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 95 с.
3. Схиртладзе А.Г., Иванов В.А., Перевозников В.К. Проектирование режущих инструментов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2006. – 208 с.
4. Проектирование режущих инструментов / В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников, И.А. Коротков. – М.: Глобус, 2006. – 272 с.
5. Проектирование фрез для обработки винтовых канавок сверл аналитическим и графическим методами: учеб. пособие / Ю.В. Федоров, С.Л. Леонов, А.А. Хоменко, Э.В. Кениг. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с.
6. Bawa H.S. Manufacturing processes // *Milling. Generation Helical Grooves*. – 2004. – № 7(7.24). – P. 103–104.
7. James Callari and Editorial Director. LIGHT Grooves offer big boosts in film processing // *Lastic Technology*. – 2012. – P. 1–5.
8. Щуров И.А. Расчет профиля дискового инструмента для обработки винтовой поверхности // *Станки и инструменты*. – 1996. – № 1. – С. 19–21.
9. Gentcho, Nankov. Profiling of rotation tools for forming of helical surfaces. Original Research Article // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 1998. – № 38(9). – P. 1125–1148.
10. Wang Cai, Yaoxiong He, Cqngxin Li. The International of Advanced Manufacturing Technology // *A Manufacturing Model of Helical Groove on Rotary Burr and a Universal Post Processing Method*. – Springer London, 2006. – 29(100). – P. 8–16.

References

1. Ivanov V.A., Perevoznikov V.K. Metod blokiruiushchikh linii pri formoobrazovanii slozhno-profil'nykh vintovykh poverkhnostei diskovym instrumentom [Method of the blocking lines when shaping figurine screw surfaces the disk tool]. *Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni M.T. Kalashnikova*. Izdatel'stvo Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2013, no. 3(59), pp. 28–32.
2. Perevoznikov V.K., Ivanov V.A., Korotaev Iu.A. Optimizatsiia parametrov ustanovki instrumentov, obrabatyvaiushchikh vintovye struzhechnye kanavki [Optimization of parameters of the unit of the tools processing screw struzhechny flutes]. Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2012, 95 p.
3. Skhirtladze A.G., Ivanov V.A., Perevoznikov V.K. Proektirovanie rezhushchikh instrumentov [Design of the cutting tools]. Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2006, 208 p.
4. Grechishnikov V.A., Skhirtladze A.G., Ivanov V.A., Perevoznikov V.K., Korotkov I.A. Proektirovanie rezhushchikh instrumentov [Design of the cutting tools]. Moscow: Globus, 2006, 272 p.
5. Fedorov Iu.V., Leonov S.L., Khomenko A.A., Kenig E.V. Proektirovanie frez dlia obrabotki vintovykh kanavok sverl analiticheskim i graficheskim metodami [Design of mills for processing of screw flutes of drills analytical and graphic by methods]. Barnaul: Izdatel'stvo Altaiskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2008, 96 p.
6. Bawa H.S. Manufacturing processes. *Milling. Generation Helical Grooves*, 2004, no. 7(7.24), pp. 103–104.
7. James Callari and Editorial Director. LIGHT, Grooves offer big boosts in film processing. *Lastic Technology*, 2012, pp. 1–5.

8. Shchurov I.A. Raschet profilia diskovogo instrumenta dlia obrabotki vintovoi poverkhnosti [Calculation of a profile of the disk tool for processing of a screw surface]. *Stanki i instrument*, 1996, no. 1, pp. 19-21.

9. Gentcho, Nankov. Profiling of rotation tools for forming of helical surfaces. Original Research Article. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1998, no. 38(9), pp. 1125–1148.

10. Wang Cai, Yaoxiong He, Cqngxin Li. The International of Advanced Manufacturing Technology. *A Manufacturing Model of Helical Groove on Rotary Burr and a Universal Post Processing Method*. Springer London, 2006, 29(100), pp. 8–16.

Получено 19.10.2017

Об авторе

Перевозников Виктор Константинович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры сварочного производства, метрологии и технологии материалов Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: msi@pstu.ru.

About the author

Viktor K. Perevoznikov (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department Weiding Production, Metrology and Technology of Materials, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: msi@pstu.ru.