

УДК 621.96

DOI 10.18698/0536-1044-2016-3-65-73

Основы обеспечения качества канавки на боковых поверхностях вращения при их вихревой обработке

У.М. Надиров, Н.М. Расулов

Азербайджанский технический университет, AZ1073, Баку, Азербайджан, пр-т Г. Джавида, д. 25

Fundamentals of Quality Assurance of the Grooves on Side Rotational Surfaces Machined by Vortex Method

U.M. Nadirov, N.M. Rasulov

Azerbaijan Technical University, AZ1073, Baku, Azerbaijan, H. Javid Ave., Bldg. 25



e-mail: nariman.rasulov@yahoo.com, n_ugurlu@mail.ru



Выведена математическая модель круговой подачи, функционально связанная с продольной подачей, при формировании уплотнительных канавок на боковых поверхностях вращения деталей вихревым методом. Определены основные конструктивные параметры элементов технологической оснастки, обеспечивающие функциональную связь между круговой и продольной подачами. Выявлены механизмы съема материала, присущие каждому методу: при обработке заготовки только вертикальной подачей — сплошной съем материала, при линейном перемещении заготовки, согласованном с ее поворотом, — прерывистый и сплошной съем материала при каждом обороте инструмента. Выведены математические модели кинематических составляющих неровностей, формируемых при обработке канавки на ее наружной и внутренней поверхностях и дне. Их величины определены при различных значениях продольной подачи заготовки. Приведен анализ полученных математических моделей и выявлены факторы, влияющие на качество поверхности. Показаны направления повышения качества поверхностей канавки.

Ключевые слова: нарезание канавки, вихревой метод, схема, качество поверхности, размерные связи, кинематическая составляющая неровностей.



A mathematical model is developed for the circular feed that is functionally related to the longitudinal feed when sealing grooves are formed on the side rotational surfaces using vortex machining. The basic design parameters of the tooling elements that ensure the functional relation between the circular and longitudinal feeds are determined. The mechanisms of material removal inherent to the method are determined. When the workpiece is machined using only the vertical feed, the material is removed continuously; when the workpiece is moved linearly, in coordination with its turn, the material is removed intermittently and continuously at each turn of the tool. Mathematical models of kinematic components of the irregularities that build up on the outer, inner and bottom surfaces of the machined groove are developed. Their values are determined for different values of the longitudinal feed. The obtained mathematical models are analyzed, and the factors impacting the surface quality are determined. Ways to improve quality of the groove surface are described.

Keywords: groove cutting, vortex method, scheme, surface quality, dimensional relationships, kinematic component of irregularities.

Для анализа технологических процессов и управления ими важно выявить связи и функциональные зависимости между входными и выходными параметрами технологической системы, включая конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей при их формировании. Это позволит обеспечить высокое качество изготовления деталей (изделий), оптимальные условия обработки и эффективность производства изделий [1–7].

В Азербайджанском техническом университете разработан вихревой метод обработки канавок для уплотнительных колец, предусмотренных на боковых поверхностях вращения. Сущность метода заключается в имитации размерных связей, присущих конструкции канавки, в технологических кинематических размерных связях при ее обработке. Размерные связи канавки приняты в качестве основы для разработки конструкции элементов технологической системы [8–12].

Известно, что при разработке технологической операции одной из основных задач является обеспечение требуемого качества создаваемой поверхности [3–5], а одним из показателей качества изготовления деталей, формирующих эксплуатационные показатели деталей, — геометрическое качество поверхности [3, 5, 13, 14]. Поэтому исследуем качество поверхностей канавки, созданных вихревым методом.

Неровности обработанных поверхностей складываются из двух составляющих [3, 15] — динамической и кинематической. *Динамическая составляющая неровностей* порождается вибрациями (колебаниями) элементов технологической системы вследствие их термических и упругих деформаций, а также локальными кинематическими погрешностями элементов приводов вращения инструмента и перемещения заготовки. Величина динамической составляющей неровностей зависит от жесткости элементов системы, а также от режима обработки, и носит случайный характер.

Кинематическая составляющая неровностей (КСН) порождается кинематикой схемы обработки, а также конкретными размерами элементов системы и размерными связями между элементами режима резания. Поскольку эти факторы постоянны, КСН стабильна и легко управляема с помощью элементов режима обработки. Динамическая составляющая неровностей формируется на базе КСН.

Исходя из вышеизложенного целесообразно провести разработку математической модели наибольшей высоты КСН, ее анализ и сравнение с допустимыми значениями шероховатости поверхности. КСН выражает наибольшее отклонение следа формообразующего инструмента, оставляемого на заготовке, от теоретического профиля. При этом показатели сформированных на обработанных поверхностях канавки неровностей имеют прямые связи со схемой резания, механизмом съема материала и корреляционной связью между продольной и круговой подачами.

Цель работы — выявление схемы съема материала и оценка качества поверхностей, сформированных при обработке канавок вихревым методом.

Связь между круговой и линейной подачами и ее обеспечение. В соответствии с кинематикой резания точность позиций профилей при их нарезании по описанной выше технологии определяется точностью увязки круговой S_k и продольной $S_{пр}$ подач.

К технологическим задачам процесса обработки относится обеспечение: вращения инструмента, имеющего соответствующие конструктивные элементы; согласованных продольной и круговой подач заготовки и вертикальной подачи инструмента (или заготовки) для достижения требуемой глубины канавки. Для вывода функциональной зависимости связи $S_k = f(S_{пр})$ используют соответствующие связи $S_k = f(t)$ и $S_{пр} = f(t)$, где t — время, в течение которого реализуются подачи.

Если машинное время, затрачиваемое на кольцевое формирование канавки по предлагаемой схеме обработки, равно t , то линейная длина d обработки канавки (рис. 1, а) определяется по формуле

$$d = S_{пр}t. \quad (1)$$

За период времени t круговая подача S_k заготовки обеспечивает ее поворот на угол α . Следовательно, функциональная зависимость между круговой подачей S_k и конструктивными параметрами резания (см. рис. 1, а) определяется формулой

$$S_k t = \frac{\pi D \alpha}{360}, \quad (2)$$

где D — диаметр окружности расположения канавки; α — угол обхвата профиля канавки по окружности симметрии.

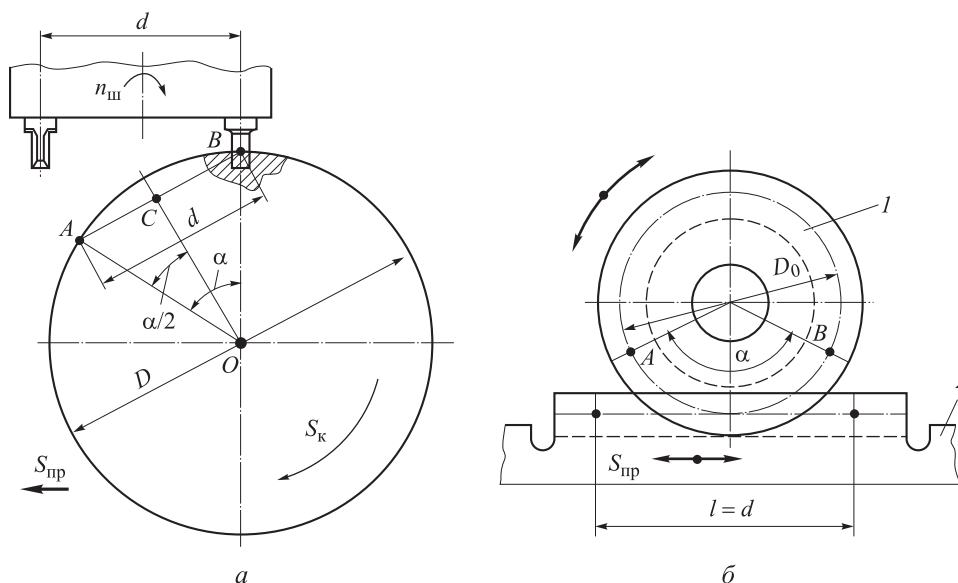


Рис. 1. Схемы обработки канавки (а) и узла, увязывающего продольную и круговую подачи (б)

Наибольший угол поворота заготовки равен углу α , образуемому хордой длиной d . Из треугольника OCA (см. рис. 1, а) получим

$$\alpha = 2\arcsin \frac{d}{D}. \quad (3)$$

С учетом формул (1)–(3)

$$S_k = \frac{\pi D S_{пр} \arcsin(d/D)}{180d}. \quad (4)$$

Выражение (4) является математической моделью круговой подачи и определяет функциональную связь последней с продольной подачей $S_k = f(S_{пр})$. Для нарезания канавки по предложенной схеме разработано конструктивно-технологическое решение, позволяющее реализовать зависимость (4).

Эффективность и точность процесса обработки в значительной степени зависят от реализации математической модели (4) круговой подачи. В качестве последней была выбрана передача колеса 1 — зубчатой рейки 2 (рис. 1, б).

Конструктивной задачей является обеспечение равномерного поворота заготовки на угол α при согласованном прямолинейном перемещении рейки на величину l , т. е. соблюдение условия $l = d$ (l — длина рабочей части рейки, см. рис. 1, б).

Решение задачи требует совмещения осей заготовки и зубчатого колеса передачи. Указанные условия работы механизма могут быть реализованы при определенном диаметре D_0 делительной окружности зубчатого колеса,

обеспечивающем условие $l = d$ (см. рис. 1, б). Исходя из этих условий диаметр делительной окружности зубчатого колеса определяется выражением

$$D_0 = \frac{360d}{\pi\alpha}.$$

Модуль передачи должен обеспечивать плавность передачи и требуемый коэффициент перекрытия.

Схема резания. Нарезание фасонных кольцевых канавок на боковых поверхностях осуществляется непрерывно вращающимся инструментом при вертикальном перемещении заготовки (рис. 2) и линейном перемещении заготовки, согласованном с ее поворотом (рис. 3, 4).

Вертикальное перемещение заготовки реализуется с помощью привода вертикальной подачи S_v станка (рис. 2, а). Толщина срезаемого слоя при проходе каждого инструмента постоянна и равна S_v/z (z — число инструментов в режущей головке), каждый инструмент снимает сплошной материал при каждом проходе. По мере углубления инструмента в заготовку площадь срезаемого слоя (площадь среза) прогрессивно увеличивается до достижения глубины, равной радиусу закругления инструмента, после чего остается постоянной. При этом происходит прерывисто-последовательное увеличение длины резания от минимального до максимального значения в течение всего рабочего процесса (рис. 2, в).

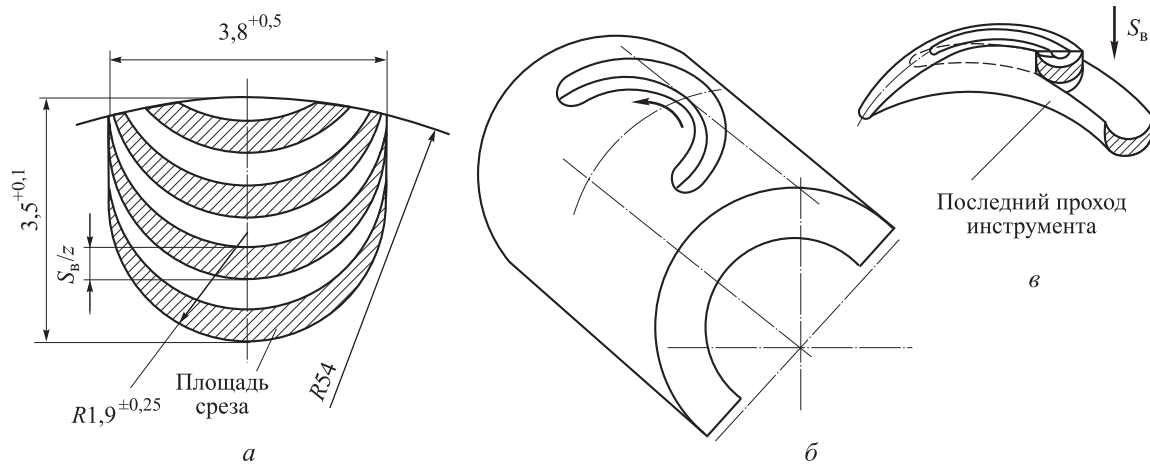


Рис. 2. Схемы нарезания канавки вертикальной подачей (а), формирования канавки при ее нарезании (б) и форма снимаемых материалов (в)

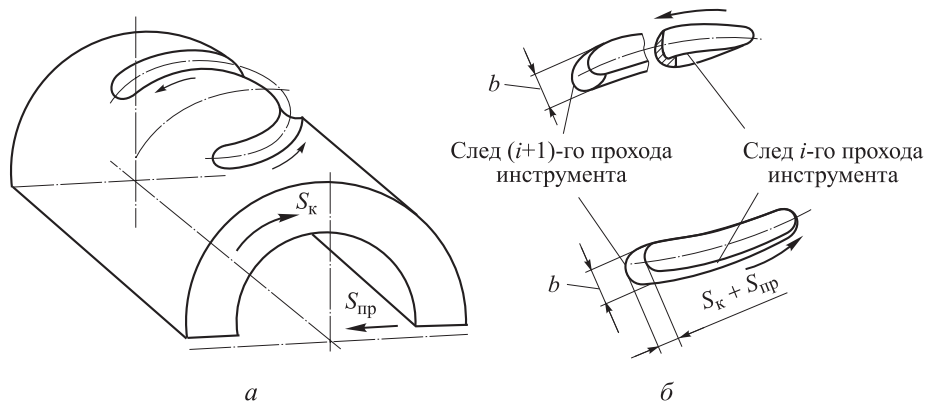


Рис. 3. Схема прерывистого съема материала при нарезании канавки круговой и поперечной подачами (а) и форма снимаемых материалов (б)

После достижения требуемой глубины h канавки вертикальное перемещение заготовки прекращается и начинается ее продольная подача. Согласованные продольная $S_{пр}$ и круговая S_K подачи заготовки осуществляются до окончательного нарезания канавки по всему периметру.

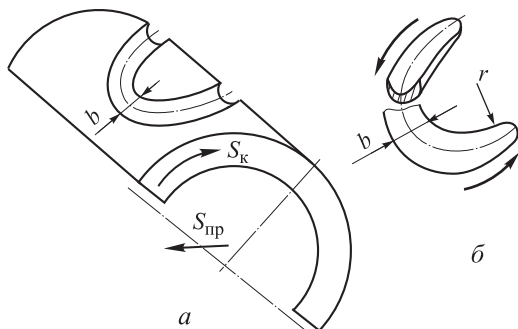


Рис. 4. Схема сплошного съема материала при нарезании канавки круговой и поперечной подачами (а) и форма снимаемого материала (б)

При нарезании канавки используют два вида механизма съема материала — прерывистый и сплошной.

Прерывистый съем материала (рис. 3, а) осуществляется при формировании канавки, когда резец за каждый проход снимает материал с двух сторон криволинейного контура — справа и слева от плоскости его симметрии, параллельной направлению продольной подачи. Снимаемый материал имеет клиновидную форму с закруглением при вершине (рис. 3, б).

Сплошной съем материала (рис. 4, а) реализуется в конце прерывистого формирования канавки, когда происходит слияние сформированных слева и справа профилей. Снимаемые материалы клиновидной формы пересекаются, а их головки срезаются (рис. 4, б).

Длина снимаемого материала по периметру нарезаемой канавки в основном неодинакова. Наибольшие ее размеры соответствуют последнему проходу при нарезании канавки верти-

кальной подачей и первому проходу при слиянии сформированных слева и справа профилей при нарезании канавки круговой и поперечной подачами.

Основы обеспечения качества обработанной поверхности. При нарезании канавок вихревым методом в период формирования двух соседних следов инструментов на заготовке последняя совершает прямолинейное перемещение согласно продольной подаче $S_{пр}$ и поворачивается вокруг своей оси в обратном направлении согласно круговой подаче S_k . При нарезании канавки двумя (или z) инструментами, равномерно расположенными по окружности, частота выступов неровностей соответствует повороту инструмента на угол 180° (или $360^\circ/z$).

Неровности на наружной и внутренней боковых поверхностях канавки (рис. 5, а, точки M и N) формируются при вращении инструмента его двумя противоположными лезвиями. Выведем математическую модель КСН на наружной поверхности канавки с последующим ее применением для внутренней поверхности.

Допустим, что нарезание канавки осуществляется двумя инструментами ($z = 2$). В i -м проходе первый инструмент формирует канавки на участке заготовки, проходящей через точку E , оставляя след a (рис. 5, б). При этом положение заготовки определяется позицией собственной оси, обозначенной точкой O_1 . Заготовка совершает линейное перемещение на величину $S_{пр}/z = S_{пр}/2$ с одновременным поворотом вокруг собственной оси. Ее ось достигает позиции O_2 . При этом участок заготовки, обозначенный точкой F , достигает позиции, обозначенной

точкой F_1 . За этот период времени заготовка совершает поворот вокруг своей оси на величину $S_k/2$, а ее участок F достигает зоны резания. При этом инструментальная головка совершает поворот на 180° и второй инструмент, снимая материал на участке F , оставляет свой след c на заготовке. Таким образом, второй инструмент осуществляет резание, когда участок F заготовки достигает позиции резания, соответствующей точке F_1 . После следующего поворота головки на 180° первый инструмент оставляет новый след своей траектории на заготовке и т. д. Образуется КСН с наибольшей высотой $R_{зк} = AB$. Анализ механизма формирования неровностей и геометрических построений позволил установить, что шаг неровностей (расстояние между впадинами или выступами) примерно равен $(S_k - S_{пр})/z$. В данном случае длина дуги S_k была принята равной длине ее хорды, так как величина их разности незначительна. Согласно схеме (см. рис. 5, б), высота КСН неровностей

$$R_{зк} = AC - BC. \tag{5}$$

Учитывая, что вершины КСН расположены симметрично относительно впадин, и используя геометрические связи и размерную цепь, образованную продольной и круговой подачами, определим:

$$AC = 0,5(d + b); \tag{6}$$

$$BC = 0,5 \sqrt{(d + b)^2 - 0,5 S_{пр}^2 \left(\frac{\pi \text{Darc} \sin(d/D)}{180d} - 1 \right)^2}, \tag{7}$$

где b — ширина канавки в плоскости резания (см. рис. 5, а).

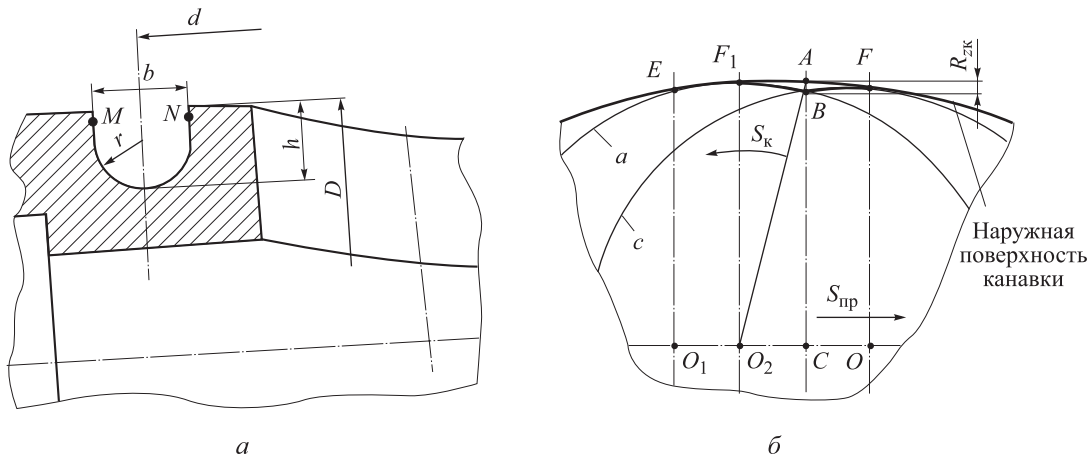


Рис. 5. Конструкция канавки (а) и схема формирования КСН на ее наружной поверхности (б)

Подставив выражения (6) и (7) в формулу (5), получим:

$$R_{\text{зк}} = 0,5 \left[d + b - \sqrt{(d + b)^2 - 0,5S_{\text{пр}}^2 \left(\frac{\pi \text{Darc} \sin(d/D)}{180d} - 1 \right)^2} \right]. \quad (8)$$

Выражение (8) является математической моделью КСН на наружной боковой поверхности канавки при ее обработке вихревым методом двумя инструментами.

Формирование КСН на внутренней боковой поверхности канавки происходит одновременно и аналогично образованию КСН на наружной поверхности. С учетом этого высота КСН на внутренней боковой поверхности канавки

$$R_{\text{зк1}} = 0,5 \left[(d - b) - \sqrt{(d - b)^2 - 0,5S_{\text{пр}}^2 \left(\frac{\pi \text{Darc} \sin(d/D)}{180d} - 1 \right)^2} \right]. \quad (9)$$

Выражение (9) является математической моделью КСН на внутренней боковой поверхности канавки.

Анализ формул (8) и (9) показал, что высоты КСН, формируемых на боковых поверхностях канавки (см. рис. 5, а, точки М и N), зависят от диаметра окружности, ее расположения, числа режущих инструментов и величины продольной подачи. При этом необходимо учитывать, что круговая подача имеет функциональную связь с продольной.

Формирование частоты КСН и ее шага на дне канавки аналогично их образованию на боковых поверхностях канавки. При этом неровность создается не на вертикальной плоскости,

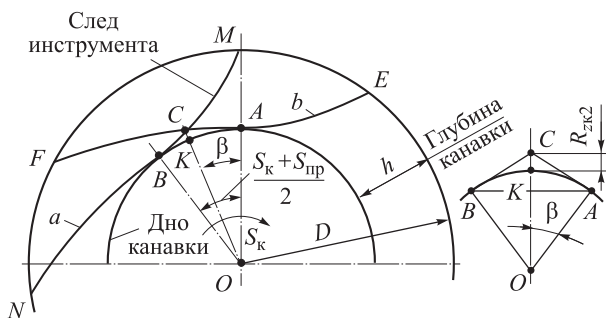


Рис. 6. Схема формирования КСН на дне канавки

а на горизонтальной. Режущая часть инструмента, формирующая дно канавки, вращается в горизонтальной плоскости. Несмотря на это, в результате синхронизации круговой подачи заготовки с вращением инструмента след последнего на заготовке соответствует криволинейной траектории (рис. 6). Для вывода математической модели КСН было принято, что остаточный след инструмента на дне канавки расположен на горизонтальной плоскости. В этом случае величина круговой подачи заготовки незначительна по сравнению с частотой вращения инструмента, и длина следа инструмента, формирующего профиль неровностей на дне канавки, мала.

На рис. 6 приведена схема образования КСН на дне канавки при ее формировании. При i -м проходе первый инструмент оставляет на заготовке след, обозначенный кривой FA . Следующий след инструмента на заготовке, обозначенный кривой NC , является результатом i -го прохода второго инструмента после поворота резцовой головки на 180° либо $(i + 1)$ -го прохода того же инструмента после поворота головки на 360° при одноинструментной обработке. При этом геометрическая фигура в виде треугольника ABC с криволинейными сторонами является несъемной, оставшейся частью материала. Точка пересечения следов C выражает наибольшее отклонение от теоретического профиля канавки (от ее дна). Следовательно, длина отрезка CK является наибольшей высотой КСН на дне канавки. Исходя из этого факта и имеющихся геометрических связей между элементами технологической системы, высоту КСН на дне канавки определяют с помощью выражения

$$R_{\text{зк2}} = CK = CO - KO. \quad (10)$$

Определив значения CO и KO в зависимости от конструктивно-технологических параметров и подставив их в выражение (10), получим

$$R_{\text{зк2}} = \frac{0,5D - h}{\cos \frac{90(S_k - S_{\text{пр}})}{\pi z (0,5D - h)}}. \quad (11)$$

Зависимость (11) является математической моделью КСН на дне канавки.

Для повышения качества поверхностей канавки необходимо увеличить число режущих инструментов и уменьшить величину продольной подачи. Однако уменьшение последней

Результаты расчета высот КСН

Высота неровностей, мкм	Продольная подача $S_{пр}$, мм/об				
	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0
$R_{zк}$	0,0001	0,0006	0,0024	0,0097	0,0386
$R_{zк1}$	0,0001	0,0007	0,0027	0,0108	0,0433
$R_{zк2}$	0,00004	0,0002	0,0009	0,0037	0,0148

обуславливает снижение эффективности процесса формообразования канавки, так как увеличивается основное время ее нарезания.

Для количественной оценки высот КСН на наружной и внутренней боковых поверхностях канавки и на ее дне в программе Excel проведен расчет зависимостей (8), (9) и (11) для уплотнительных канавок с конструктивными параметрами: $d = 66,8$ мм; $b = 3,8$ мм и $D \approx 110$ мм. Результаты расчета высот неровностей $R_{zк}$, $R_{zк1}$ и $R_{zк2}$ при различных значениях продольной подачи приведены в таблице.

Анализ полученных результатов показал, что высота КСН, формируемых на внутренней поверхности заготовки, имеет наибольшее значение. Поэтому при проектировании подобных технологических операций достаточно учитывать только неровности, формируемые на внутренней поверхности канавки. Следует отметить, что величина $R_{zк1}$ незначительна по сравнению с шероховатостью, допустимой для поверхности канавки ($Ra = 1,6$ мкм; $R_z = (4-5)Ra$). Следовательно, коэффициент запаса надежности технологического процесса имеет большое значение. Увеличение жесткости элементов технологиче-

ской системы (системы инструмента и заготовки) позволяет увеличить величину продольной подачи и тем самым повысить эффективность обработки канавки. Следует отметить, что при обработке уплотнительных канавок профильными резцами не рекомендуется подача более 0,5 мм/об.

Технология нарезания двумя инструментами профильных канавок по окружности на боковых поверхностях вращения деталей типа вкладышей внедрена на Сабунчинском научно-производственном объединении и машиностроительном заводе им. Б. Сардарова. У такой технологии, по сравнению с одноинструментной, машинное время обработки канавки сокращено более чем в 1,5 раза.

Выводы

1. Разработана математическая модель круговой подачи, функционально связанная с продольной подачей при формировании канавки. Определен конструктивный параметр элемента модернизации технологической системы, обеспечивающей математическую модель круговой подачи.

2. Рассмотрен механизм съема материала при вихревом методе обработки канавок на боковых поверхностях вращения.

3. Определены наибольшие высоты КСН на внешней и внутренней боковых поверхностях канавки, а также на ее дне. Показаны способы их уменьшения. Установлено, что наибольшая высота КСН формируется на дне канавки.

Литература

- [1] Жарский И.М., Баршай И.Л., Свидуневич Н.А., Спиридонов Н.В. *Технологические методы обеспечения надежности деталей машин*. Минск, Вышэйшая школа, 2005. 299 с.
- [2] Расулов Н.М. Управление качеством изделия в процессе его изготовления. *Вестник машиностроения*, 2013, № 2, с. 83–86.
- [3] Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Сулов А.Г., ред. *Справочник технолога-машиностроителя*. Москва, Машиностроение, 2003. Т. 1, 912 с.; т. 2, 944 с.
- [4] Сулов А.Г., Дальский А.М. *Научные основы технологии машиностроения*. Москва, Машиностроение, 2002. 684 с.
- [5] Колесников К.С., ред. *Технологические основы обеспечения качества машин*. Москва, Машиностроение, 1990. 250 с.
- [6] *ISO 9000: 2005 (E) Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*. Published 2012-01-16. 30 p.
- [7] *ISO 9000: 2008 (E) Quality management systems – Requirement (ITD)*. Standart published by ISO. 2008-11-15. 36 p.
- [8] Надиров У.М. Нарезание вихревым методом фасонных кольцевых канавок на боковых поверхностях вращения. *Современные методы и технологии создания и обработки*

- материалов. Сб. науч. тр., кн. 2: Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, Минск, ФТИ НАН Беларуси, 2015, с. 238–244.
- [9] Расулов Н.М., Надиров У.М. Особенности обработки вихревым методом кольцевых профилей на боковых поверхностях вращения. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2015, № 12, с. 48–54.
- [10] Nadirov U.M., Məmmədov K.S., Rəsulov N.M. Firlanma yan səthlərində yerləşən novların burulğan üsulu ilə emal keyfiyyətinin əsasları. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, 2014, cild 6, № 3, ss. 41–48.
- [11] Nadirov U.M. Firlanma yan səthlərində burulğan üsulu ilə kəsilmiş novların nahamarlıqlarının kinematiki toplananlarının riyazi modelləri. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası Xəbərləri. Milli Aviasiya akademiyası*, 2015, № 3, ss. 83–90.
- [12] Расулов Н.М. Управление технологическими размерными связями и эффективность обработки деталей машин. *Техника машиностроения*, 2003, № 3, с. 18–22.
- [13] Безъязычный В.Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин. *Справочник. Инженерный журнал*, 2001, № 4, с. 9–16.
- [14] Старжинский В.Е., Кане М.М., ред. *Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач*. Санкт-Петербург, Профессия, 2007. 832 с.
- [15] Маталин А.А. *Технология машиностроения*. Санкт-Петербург, Лань, 2010. 512 с.

References

- [1] Zharskii I.M., Barshai I.L., Svidunovich N.A., Spiridonov N.V. *Tekhnologicheskie metody obespecheniia nadezhnosti detalei mashin* [Technological methods of ensuring reliability of machine parts]. Minsk, Vysheishaia shkola publ., 2005. 299 p.
- [2] Rasulov N.M. Upravlenie kachestvom izdeliia v protsesse ego izgotovleniia [Make quality control under its production]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research]. 2013, no. 2, pp. 83–86.
- [3] *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelia* [Directory technologist-machinist]. Ed. Dal'skii A.M., Kosilova A.G., Meshcheriakov R.K., Suslov A.G. Moscow, Mashinostroenie publ., 2003, vol. 1, 912 p., vol. 2, 944 p.
- [4] Suslov A.G., Dal'skii A.M. *Nauchnye osnovy tekhnologii mashinostroeniia* [Scientific bases of technology of mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie publ., 2002. 684 p.
- [5] *Tekhnologicheskie osnovy obespecheniia kachestva mashin* [The technological basis for ensuring the quality of machines]. Ed. Kolesnikov K.S. Moscow, Mashinostroenie publ., 1990. 250 p.
- [6] *ISO 9000: 2005 (E) Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*. Standartinform publ., 2005. 30 p.
- [7] *ISO 9000: 2008 (E) Quality management systems – Requirement (ITD)*. Standartinform publ., 2008. 36 p.
- [8] Nadirov U.M. Narezanie vikhrevym metodom fasonnykh kol'tsevykh kanavok na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [Cutting vortex method shaped annular grooves on the sides of the rotation]. *Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniia i obrabotki materialov. Sb. nauch. tr. kn. 2. Tekhnologiya i oborudovanie mekh. i fiz-tekh. obrabotki* [Modern methods and technologies for the creation and processing of materials. Collection of Scientific Papers, vol. 2. Technology and equipment for mechanical and physical-technical processing]. Minsk, FTI NAN Belarusi publ., 2015, p. 238–244
- [9] Rasulov N.M., Nadirov U.M. Osobennosti obrabotki vikhrevym metodom kol'tsevykh profilei na bokovykh poverkhnostiakh vrashcheniia [The Specifics of Vortex Machining of Ring Profiles on Lateral Surfaces of Rotation]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building]. 2015, no. 12, pp. 48–54.
- [10] Nadirov U.M., Məmmədov K.S., Rəsulov N.M. Firlanma yan səthlərində yerləşən novların burulğan üsulu ilə emal keyfiyyətinin əsasları [The quality of the side surfaces of the process by means of rotation in the vortex bases gutters]. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri* [News of the Azerbaijan Academy of Engineering]. 2014, vol. 6, no. 3, pp. 41–48.

- [11] Nadirov U.M. Firlanma yan səthlərində burulğan üsulu ilə kəsilmiş novların nahamarlıqlarının kinematiki toplananlarının riyazi modelləri [With the rotation of the side surfaces of the vortex method of mathematical models to cut the gutters nahamarlıqlarının kinematiki toplananlarının]. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası Xəbərləri. Milli Aviasiya akademiyası* [News of the Academy of Engineering. National Aviation Academy]. 2015, no. 3, pp. 83–90.
- [12] Rasulov N.M. Upravlenie tekhnologicheskimi razmernymi svyaziami i effektivnost' obrabotki detalei mashin [Management of technological dimensional relations and efficiency of processing machine parts]. *Tekhnika mashinostroeniia* [Construction machinery]. 2003, no. 3, pp. 18–22.
- [13] Bez"iazychnyi V.F. Vliianie kachestva poverkhnostnogo sloia posle mekhanicheskoi obrabotki na ekspluatatsionnye svoystva detalei mashin [Influence of surface layer quality after machining on the performance properties of machine parts]. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal* [Handbook. An Engineering journal]. 2001, no. 4, pp. 9–16.
- [14] *Tekhnologiya proizvodstva i metody obespecheniya kachestva zubchatykh koles i peredach* [The technology of production and quality assurance methods gears and transmission]. Ed. Starzhinskii V.E., Kane M.M. Sankt-Peterburg, Professii publ., 2007. 832 p.
- [15] Matalin A.A. *Tekhnologiya mashinostroeniia* [Engineering Technology]. Sankt-Peterburg, Lan' publ., 2010. 512 p.

Статья поступила в редакцию 22.12.2015

Информация об авторах

НАДИРОВ Угурлу Магоммед оглы (Баку) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика». Азербайджанский технический университет (AZ1073, Баку, Азербайджан, пр-т Г. Джавида, 25, e-mail: n_ugurlu@mail.ru).

РАСУЛОВ Нариман Могбил оглы (Баку) — доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения». Азербайджанский технический университет (AZ1073, Баку, Азербайджан, пр-т Г. Джавида, 25, e-mail: nariman.rasulov@yahoo.com).

Information about the authors

NADIROV Ugurlu Mohammed oglu (Baku) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Engineering Graphics Department. Azerbaijan Technical University (AZ1073, Baku, Azerbaijan, H. Javid Ave., Bldg. 25, e-mail: n_ugurlu@mail.ru).

RASULOV Nariman Mogbil oglu (Baku) — Doctor of Science (Eng.), Mechanical Engineering Department. Azerbaijan Technical University (AZ1073, Baku, Azerbaijan, H. Javid Ave., Bldg. 25, e-mail: nariman.rasulov@yahoo.com).